



Betriebsdatenerfassung einer Dimplex Wärmepumpe vom Typ LA 40TU

Energieeinsparung und Optimierung von Wartungsintervallen
mit Hilfe von Datenanalyse

Abstract

Dieses Projekt hat zum Ziel die Betriebsdaten der installierten Wärmepumpe zu erfassen, um das Betriebsverhalten analysieren zu können. Die gesammelten Daten sollen im Anschluss dazu genutzt werden, Optimierungspotential für den Betrieb zu identifizieren. Dieses Projekt dient dazu zwei Fragen zu evaluieren:

1. Welche Betriebsdaten können erfasst werden, die ein Fachunternehmen dabei unterstützen den anlagenbezogenen Wartungsvertrag zu erfüllen und gleichzeitig die Arbeitszeiten vor Ort zu reduzieren? ([#SmartService](#))
2. Welche Betriebsdaten werden benötigt, um den Betrieb der Wärmepumpe noch weiter zu optimieren, sodass eine nachhaltige Energieeinsparung möglich wird? ([#renewables](#))

Um die Betriebsdaten zu erfassen, ist es im ersten Schritt notwendig eine sog. „Netzwerkkarte“ in der Steuereinheit der Wärmepumpe zu installieren. Diese ermöglicht einen browserbasierten Zugriff auf die Steuerung und hat standardmäßig einen CSV-Datenlogger installiert.

Die Betriebsdaten im CSV-Format werden anfänglich „manuell“ analysiert, um das Verhalten der Wärmepumpe „kennenzulernen“. **Im zweiten Teil des Projektes soll mittels einer IoT Anwendung eine automatisierte Datenanalyse implementiert werden.**

Die Steuerung wird über einen Siincos [LTE-Router](#) an das Internet angebunden, der gleichzeitig auch einen Remote Access auf die Einstellungen von einem entfernten Standort aus ermöglicht.



Motivation

Wärmepumpen ermöglichen eine CO2 neutrale Beheizung und Warmwasserbereitung in Gebäuden, gelten als sehr effizient und sind vor allem wesentlich **wartungsärmer** als Gebäudeheizungen, die (fossile) Brennstoffe nutzen.

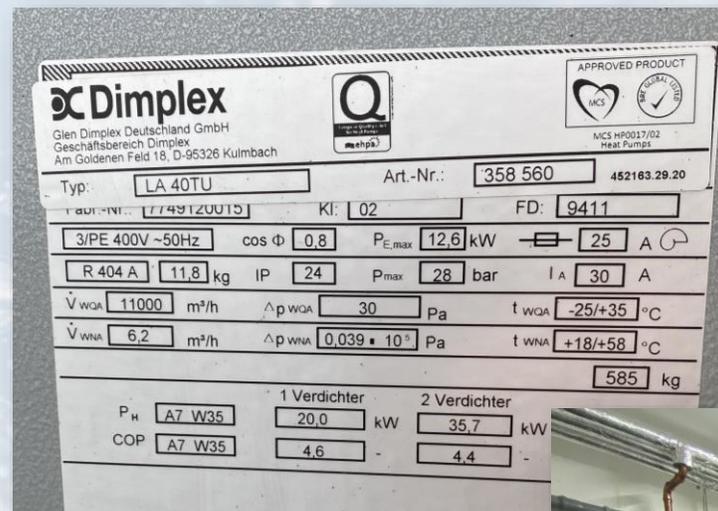
Da moderne Wärmepumpen über **intelligente Steuerungen** verfügen – liegt es als Betreiber einer Wärmepumpe nahe – die **Betriebsdaten** mittels **IoT-Anwendung** permanent zu erfassen. Somit kann der **Energieverbrauch** getrackt und anschließend **optimiert** werden.

Des Weiteren unterstützt die **IoT Datenerfassung Fachunternehmen** dabei, die **Performance der Wärmepumpe zu monitoren** und ihre **Wartungspläne dynamisch anzupassen** ([#SmartService](#)). Dies sorgt für mehr Komfort auf beiden Seiten – bei dem Betreiber und Service-Partner.



Installierte Anlage

- Dimplex LA 40TU
 - Anschlussleistung ($P_{E,max}$): 12,6 kW
 - Anzahl Verdichter: 2
 - Leistung 1. Verdichter (P_H): 20,0 kW
 - Leistung 2. Verdichter (P_H): 35,7 kW
 - Kältemittel: R 404 A – 11,8 kg
- Brauchwasservorrat: ca. 500 l
 - mit zusätzlicher elektrische Flanschheizung
- Pufferbehälter Fußbodenheizkreise: ca. 300 l
 - mit zusätzlicher elektrische Flanschheizung
- Beheizung Gebäude: Fußbodenheizung (ausschließlich)



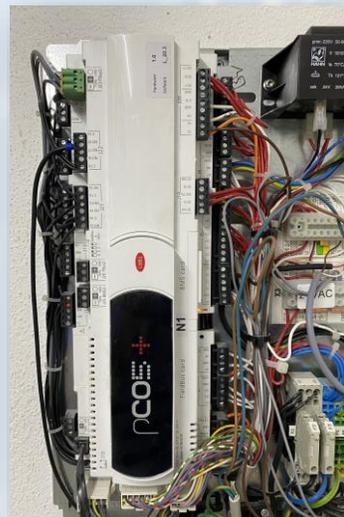
Flanschheizungen



Steuereinheit: Dimplex Wärmepumpenmanager

Die Steuerung der Wärmepumpe – von Dimplex auch *Wärmepumpenmanager* genannt - erinnert an eine SPS und ist ein Fabrikat der Firma CAREL. In diesem Setup ist die pico5+ verbaut. Diese kann mit einer **Netzwerkkarte (NWPM)** erweitert werden, um das System mit **hilfreichen Zusatzfunktionen** zu ergänzen:

- **Komfortablere Anpassung von Einstellungen über einen Webbrowser** (im Vergleich zu integriertem Display)
- **Alarmer und Fehler per Mail senden**
- **Logdaten im CSV-Format speichern**
- **Logdaten per Mail senden**
- **ModbusTCP zur IoT Datenerfassung (oder Integration in Gebäudeleittechnik)**



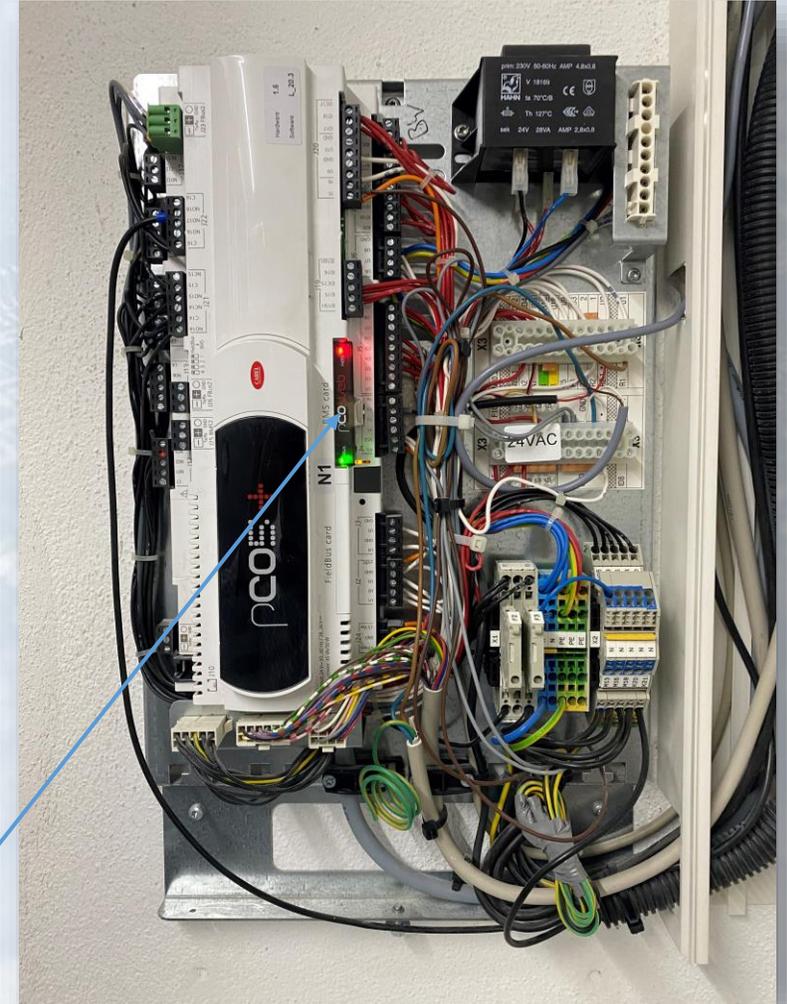
Einbau Netzwerkkarte und Internetanbindung



Einschub Netzwerkkarte



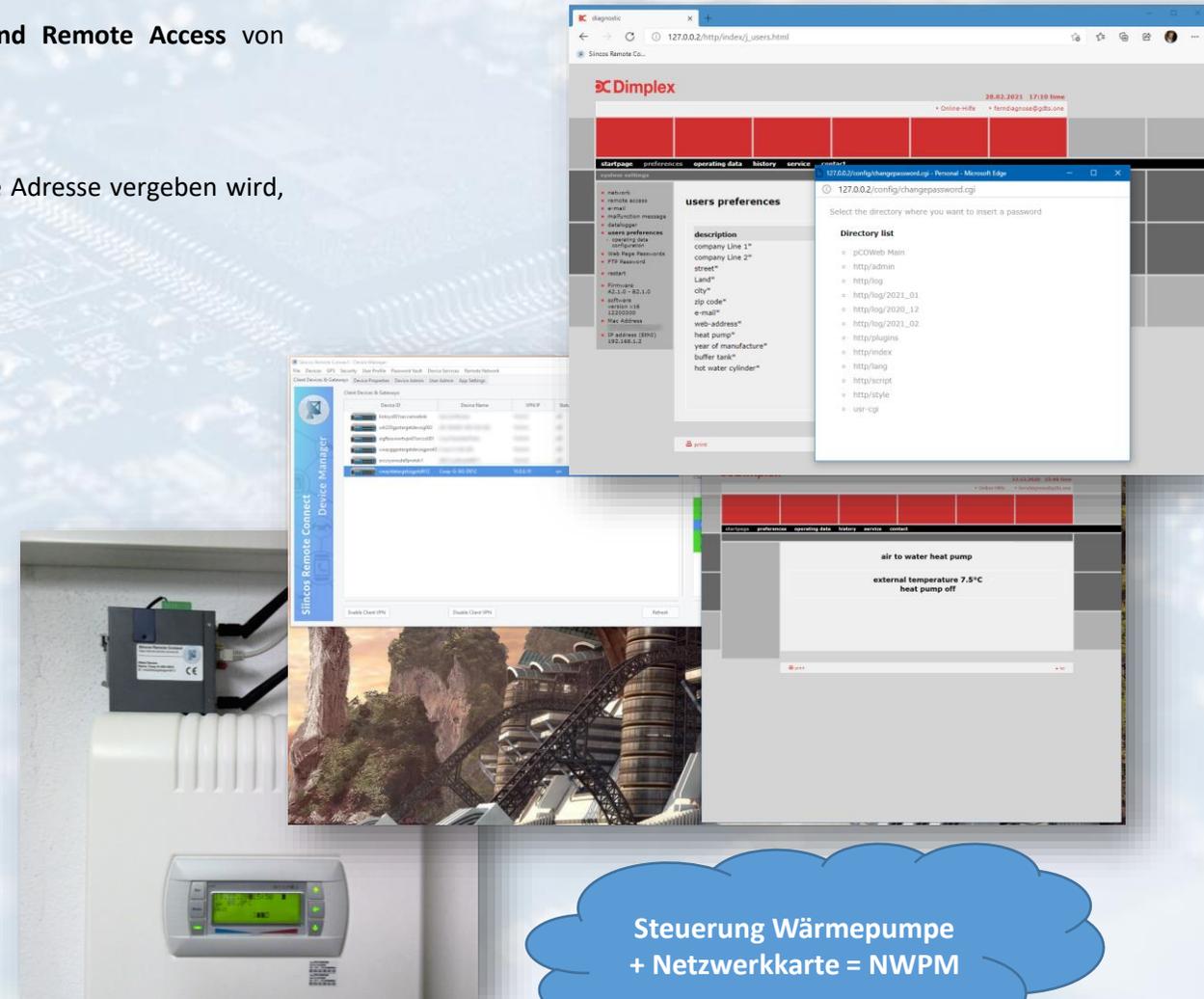
Netzwerkkarte eingebaut



Internetanbindung & Grundfunktionen Netzwerkkarte



- Anbindung der Steuerung an einen LTE-Router zur Herstellung der **Internetverbindung und Remote Access** von entferntem Standort aus (weitere Infos <https://siincos.de>)
- Die Netzwerkkarte bezieht standardmäßig die IP-Adresse über DHCP – damit immer die gleiche Adresse vergeben wird, sollte im **DHCP Server diese Adresse reserviert werden**
- Übersicht und Konfiguration der IoT & Grundfunktionen Dimplex „Netzwerkkarte“ (NWPM):
 - Zugriffsberechtigungen und Passwörter
 - Datenlogger Konfiguration
 - Datenfelder entsprechend der Software-Version konfigurieren
 - E-Mail Konfiguration für Events
 - E-Mail Client Einstellungen
 - Alarm-Meldungen
 - Tägliche Betriebsdaten als CSV-Datei
 - Systemeinstellungen und Komfortfunktionen Wärmepumpe
 - Heizkreise, Heizkurve und Zirkulation
 - Brauchwasser, Thermische Desinfektion, etc.
 - Etc.



Steuerung Wärmepumpe
+ Netzwerkkarte = NWPM

E-Mail Client & Server Konfiguration

Im Falle eines **Fehlers** kann die **Wärmepumpen-Steuerung** eine **E-Mail versenden** und die zuständige Stelle darüber informieren. Hierzu wird ein lokaler SMTP-Server bzw. ein lokales SMTP-Relay benötigt. In unserem Fall übernimmt diese **Aufgabe das Siincos LTE-Gateway**. Zur Mail-Server Konfiguration gelangt man über:

http://<ip-nwpm>/http/index/j_email.html

Hier wird nicht nur der Mail Server konfiguriert sondern auch die Absender-Adresse und die spezifischen Empfänger. Es können maximal 5 Empfänger festgelegt werden.

Im zweiten Schritt kann dann die Mail Benachrichtigung für den Fehlerfall eingerichtet werden, hierzu wird ein Betreff und ein E-Mail Body (Benachrichtigungstext für Mail) festgelegt. Zur Konfiguration gelangt man über:

<http://<ip-nwpm>/usr-cgi/notifcfcg.cgi?type=0&var=57>

IP Adresse der
Netzwerkkarte
NWPM

The top screenshot displays the 'e-mail configuration' page in the Siincos Remote Connect interface. It includes a sidebar menu with options like 'network', 'remote access', 'e-mail', 'management message', 'debugger', 'users preferences', 'Web Page Passwords', and 'Firmware'. The main content area is titled 'e-mail configuration' and contains a table with 'description' and 'current settings' columns. Fields include: username, password, e-mail konto, identification, responding to, destination #1-5, SMTP server address, SMTP server port, and SMTP encryption (universal time coordinated (UTC)).

The bottom screenshot shows the 'Notification Editor' page. It features a 'Retry' section with a dropdown for 'Retries' (set to 10) and a 'Timeout' dropdown (set to 1 sec). Below are input fields for 'Var OID1' through 'Var OID5'. There is a 'Recipients Enabled' section with a list of recipients and a 'Submit' button. The 'E-Mail Configuration' section includes a 'Subject' field with a dropdown (set to 'NWPM Error Detected (date)'), a 'Body' field with radio buttons for 'From file', 'From text', and 'NWPM Status', and an 'Enable Attachment' section with radio buttons for 'Disabled' and 'Enabled'.

CSV Datenlogger Konfigurieren

Über den integrierten Datenlogger können die Betriebsdaten mitgeschrieben werden. Diese werden auf dem internen Speicher der Netzwerkkarte abgelegt und können später entweder über ftp, ssh oder den Browser abgerufen werden. Alternativ / zusätzlich besteht die Möglichkeit sich die täglichen Logdaten per Mail zusenden zu lassen.

Der Datenlogger muss zu Beginn eingerichtet werden. Dazu zählt das Festlegen der gewünschten Datenfelder und die Auswahl der Sampling Rate (0,5 oder 1 Minute).

Die „Beschriftung“ der Datenfelder erfolgt in Abhängigkeit des **Index** und der **Software Version**. Das Mapping kann im [Dimplex Wiki](#) eingesehen werden. In unserem Fall handelt es sich um die **L-Software** Version. Die Einstellungen für den Datenlogger erreicht man über:

http://<ip-nwpm>/http/index/j_logger.html

The image shows a multi-panel view of the Dimplex data logger configuration and operation. On the left, a browser window displays the 'Betriebsdaten' (Operational Data) table with columns for Name, Index, Software Version, and Type. Below it is the 'Ausgänge' (Outputs) table. On the right, another browser window shows the 'datalogger configuration' page with various settings like 'description', 'core values', and 'additional values'. At the bottom, a terminal window shows the execution of commands to set up the logger, including creating directories, setting permissions, and running a cron job to generate log files.

Index	Name	JL-Software	H-Software	Typ
1	Außertemperatur	27		Analog
2	Rücklauftemperatur	29		Analog
3	Rücklaufauftemperatur	28		Analog
3	Warmwassertemperatur	30		Analog
5	Verlauftemperatur	31		Analog
6	Wärmepumpenstrom	-		Analog
7	Wärmepumpenstrom	41		Analog
9	Temperatur 2 Heizkreis	33		Analog
10	Temperatur 3 Heizkreis	35		Analog
11	Raumtemperatur 1 RT-RTH Econ	36		Analog
12	Raumtemperatur 2	38		Analog
13	Raumfeuchte 1 RT-RTH Econ	37		Analog
14	Raumfeuchte 2	39		Analog

Index	Name	JL-Software	H-Software	Typ
41	Verdichter 1	80		Digital
42	Verdichter 2	81		Digital
43	Primärpumpe / Ventilator (M11)	82		Digital
44	2/Wärmesauger	83		Digital
45	Heizungpumpe (M13)	84		Digital
46	Warmwasserpumpe (M18)	85		Digital
47	Mischer (M21) Auf	86		Digital
48	Mischer (M21) Zu	87		Digital
49	Zusatzwärmepumpe (M16)	88		Digital
50	Flaschheizung	89		Digital
51	Heizungpumpe (M15)	90		Digital
52	Mischer (M22) Auf	91		Digital
53	Mischer (M22) Zu	92		Digital
56	Schwimmbadpumpe (M19)	95		Digital
57	Raumtemperaturung (M5)	-		Digital
58	Heizungpumpe (M14)	-		Digital
59	Kühlpumpe (M17)	-		Digital
60	Heizungpumpe (M20)	-		Digital
61	Primärpumpe Kühlen (M12)	-		Digital

```

127.0.0.2 - PuTTY
Using username "root".
Keyboard-interactive authentication prompts from server:
End of keyboard-interactive prompts from server
[root@PC0Web908B0515:41104 ~]# cd /mnt/data/
cd: /mnt/data/customer/images/overlay/: tmp/
[root@PC0Web908B0515:41104 ~]# cd /mnt/data/overlay/www/
upper/ work/
[root@PC0Web908B0515:41104 ~]# cd /mnt/data/overlay/www/upper/flash/
bin_users/ cache/ etc/ http/ usr-og1/
[root@PC0Web908B0515:41104 ~]# cd /mnt/data/overlay/www/upper/flash/
bin_users/ cache/ etc/ http/ usr-og1/
[root@PC0Web908B0515:41104 ~]# cd /mnt/data/overlay/www/upper/flash/http/log/
[root@PC0Web908B0515:43144 log]# ls -al
total 28
drwxr-xr-x 3 httpadmin httpadmin 4 Dec 13 13:20 .
drwxr-xr-x 10 httpadmin httpadmin 4 Nov 28 13:10 ..
-rw-r--r-- 1 httpadmin httpadmin 1 Nov 28 13:22 .htpasswd
drwxr-xr-x 2 httpadmin httpadmin 4 Dec 13 00:00 2020_12
lrwxrwxrwx 1 root root 1 Dec 13 00:00 lastlog.csv.gz -> /usr/local/root/flash/http/log/2020_12/12.csv.gz
-rw-r--r-- 1 httpadmin httpadmin 1 Dec 13 14:48 powerup-log.csv
[root@PC0Web908B0515:43145 log]# cd 2020_12/
[root@PC0Web908B0515:43150 2020_12]# ls -al
total 320
drwxr-xr-x 2 httpadmin httpadmin 4 Dec 13 00:00 .
drwxr-xr-x 3 httpadmin httpadmin 4 Dec 13 13:20 ..
-rw-r--r-- 1 root root 22 Dec 2 00:00 01.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 22 Dec 3 00:00 02.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 21 Dec 4 00:00 03.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 18 Dec 5 00:00 04.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 22 Dec 6 00:00 05.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 22 Dec 7 00:00 06.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 22 Dec 8 00:00 07.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 18 Dec 9 00:00 08.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 18 Dec 10 00:00 09.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 20 Dec 11 00:00 10.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 21 Dec 12 00:00 11.csv.gz
-rw-r--r-- 1 root root 21 Dec 13 00:00 12.csv.gz
[root@PC0Web908B0515:43153 2020_12]#
  
```


Fazit – Funktionen Dimplex „Netzwerkkarte“

Die Netzwerkkarte und die damit komfortabler zugängliche Konfiguration der Steuerung mittels Webbrowser ist eine durchaus sinnvolle Ergänzung der gesamten Heizungsinstallation, da **Einstellungen und Verbrauchswerte schneller und bequemer eingesehen** werden können.



Die **Alarmfunktion per Mail** ist **vielversprechend**, da jede **Störung direkt mitgeteilt** wird und man die Fehlfunktion nicht erst bemerkt, wenn „die Wohnung schon kalt ist“. (Glücklicherweise läuft unsere Anlage bisher störungsfrei und wir mussten das Feature noch nicht nutzen.)



Der Datenlogger erfüllt seinen Zweck durch permanentes Logging, jedoch ist die Auswertung von größeren Zeiträumen sehr umständlich, da die einzelnen Daten der CSV-Dateien erst zusammengeführt werden müssen. Eine **automatische Datenauswertung gestaltet sich somit schwierig und erfüllt nicht die Erwartungen, die man an eine „moderne IoT Anwendung“ stellen würde.**



Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die vorhandene Steuerung samt NWPM-Netzwerkkarte um IoT-Funktionen zu erweitern. Diese **IoT-Anwendung soll nachhaltig** dazu genutzt werden können, **den Energieverbrauch zu beobachten und zu optimieren**. Gleichmaßen soll die IoT-Anwendung helfen, **erforderliche Wartungsintervalle zu verlängern** und dem **Service-Partner die Möglichkeit bieten dem Vor-Ort-Wartungseinsatz vorzubeugen** bzw. besser planen zu können.



Entwicklung und Implementierung – IoT & App

Der folgende Teil des Read-Decks konzentriert sich auf die Erweiterung der Wärmepumpensteuerung mittels einer eigens dazu programmierten IoT-Anwendung. Diese soll nachfolgende Anforderungen erfüllen, vor allem aber die Betriebsdaten kontinuierlich mitschreiben und komfortabel visualisieren können.

1. Anforderungen

1. Kontinuierliche Erfassung der Betriebsdaten
2. Strukturierte und persistente Speicherung der Betriebsdaten (z.B. auf einem Edge Device)
3. Komfortable Visualisierung der Betriebsdaten (z.B. über Webanwendung)
4. Anwendung über Internet erreichbar (Authentifizierung erforderlich)

2. Umsetzung

1. NWPM Steuerung und Edge Device vernetzen (über Siincos Router)
2. Remote Access Profil in Siincos Remote Connect einrichten
3. ModbusTCP über die NWPM Webanwendung (Netzwerkkarte) aktivieren
4. Benötigte Daten und ModbusTCP Registeradressen erfassen (Dimplex Wiki)
5. IoT-Anwendung auf Edge Device implementieren & installieren



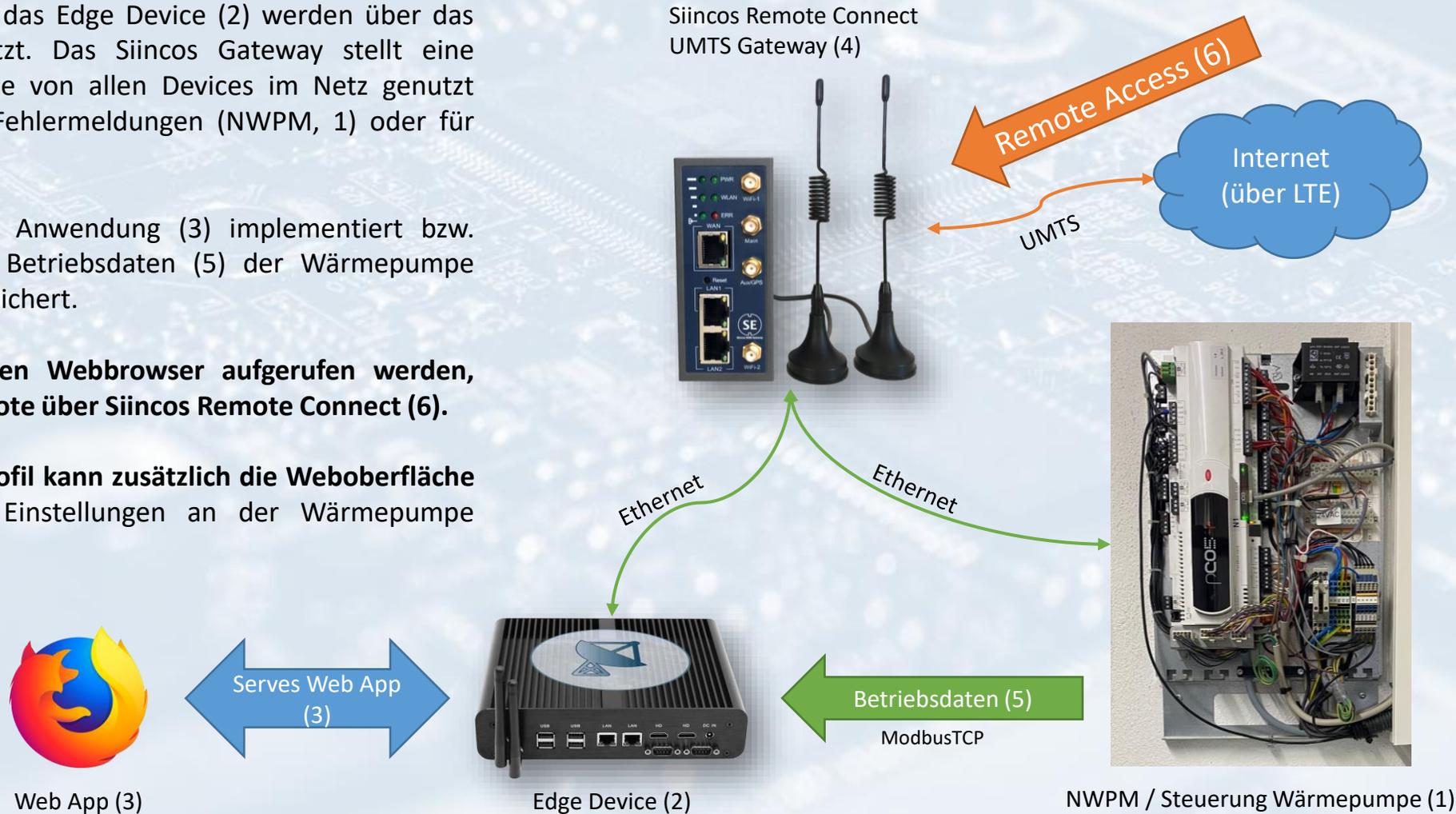
Systemarchitektur – IoT Hardware

Die Steuerung der Wärmepumpe (1) und das Edge Device (2) werden über das Siincos Gateway (4) miteinander vernetzt. Das Siincos Gateway stellt eine Internetverbindung über UMTS bereit, die von allen Devices im Netz genutzt werden kann, z.B. für den Versand von Fehlermeldungen (NWPM, 1) oder für Softwareupdates (Edge Device, 2).

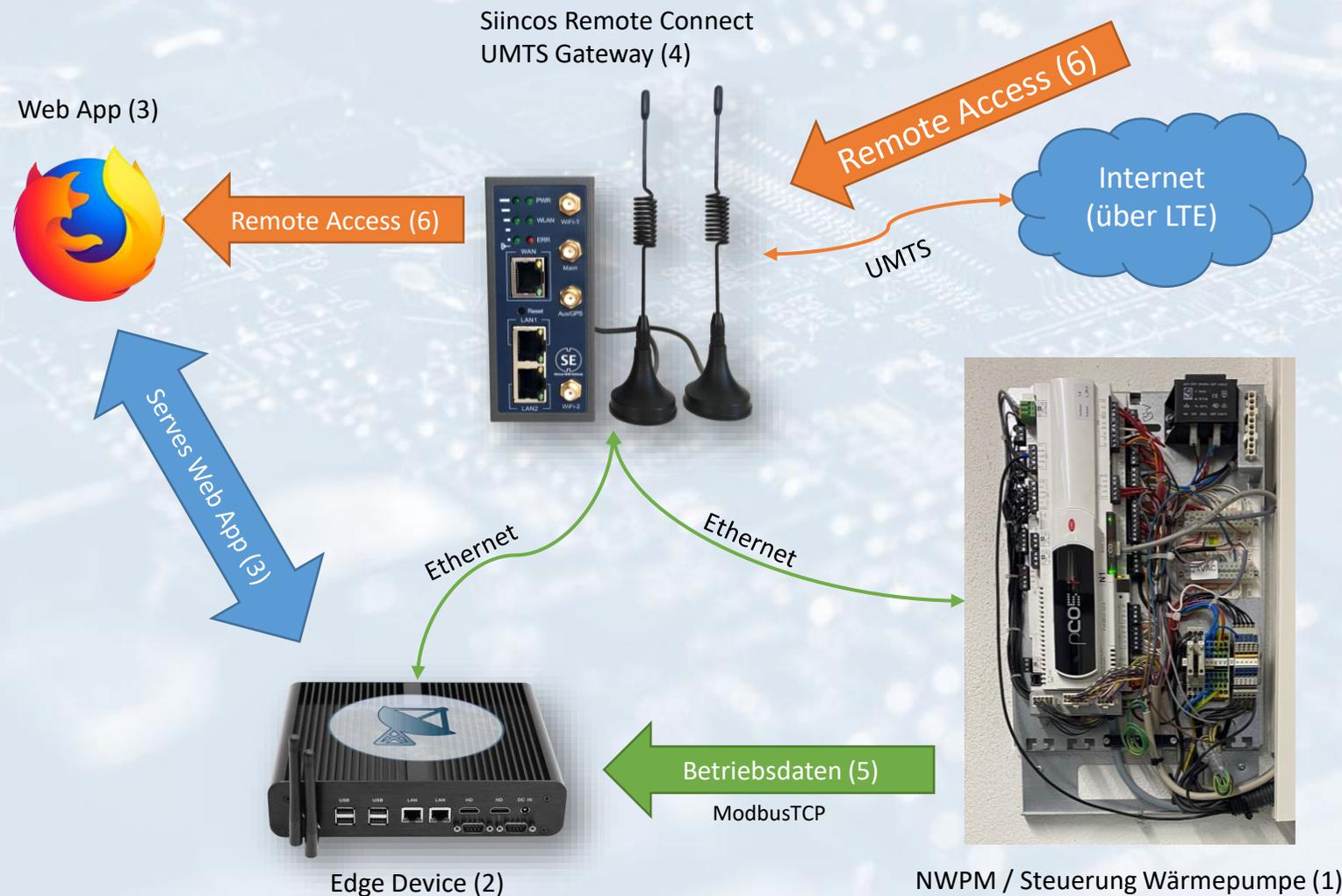
Auf dem Edge Device (2) wird die IoT Anwendung (3) implementiert bzw. installiert, welche über ModbusTCP die Betriebsdaten (5) der Wärmepumpe ausliest und lokal in einer Datenbank abspeichert.

Die IoT Anwendung (3) kann über einen Webbrowser aufgerufen werden, entweder aus dem lokalen Netz, oder remote über Siincos Remote Connect (6).

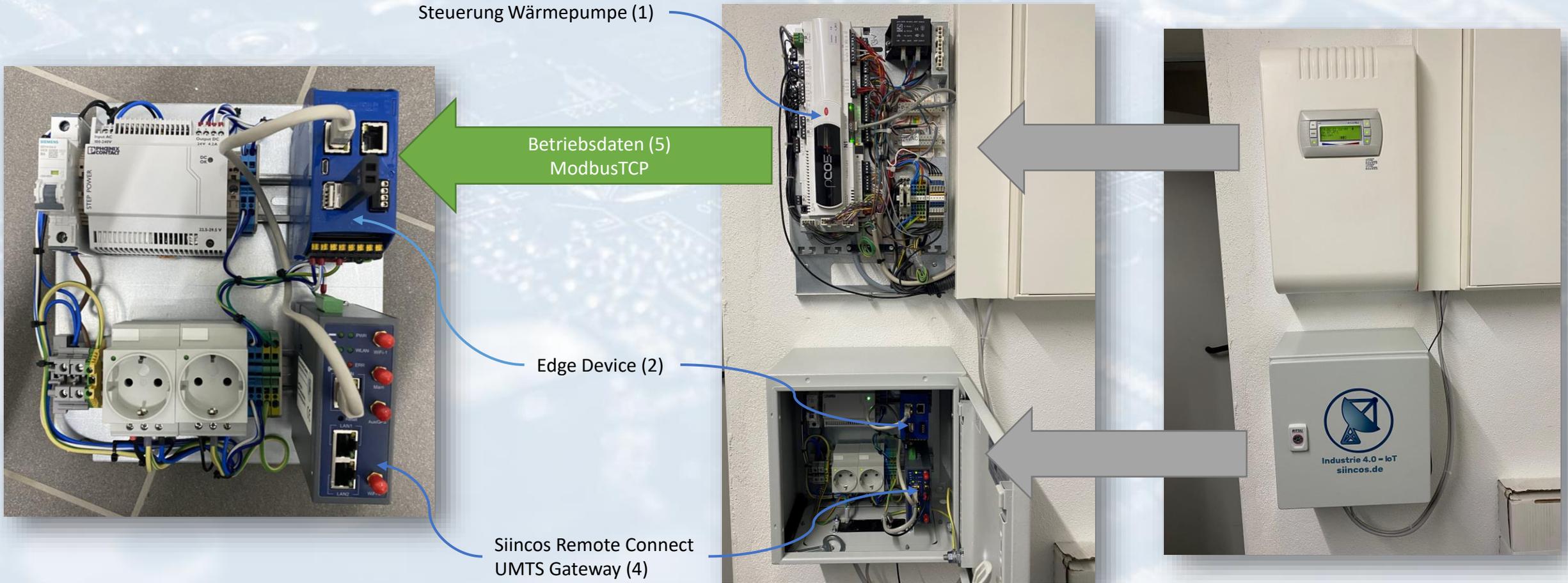
Mit dem eingerichteten Remote Access Profil kann zusätzlich die Weboberfläche der NWPM (1) erreicht werden, um Einstellungen an der Wärmepumpe vorzunehmen.



Systemarchitektur – IoT Hardware



Setup – IoT Hardware



Siincos Remote Connect Profil einrichten

Device Service Editor - Admin Access

Device ID: Cway-G-SIG-D812
Device Name: cwayldetargetsigprtd812

Service ID	Name	Protocol	Remote IP	Remote Po	Local IP	Local Port	Connection	Service Path
cwayldetarget	GW Settings	http	10.8.0.10	80	127.0.0.1	80		
cwayldetarget	GW Settings Tunnel	http	192.168.1.1	80	127.0.0.1	80		
cwayldetarget	Dimplex NWPM Overview	http	192.168.1.2	80	127.0.0.2	80		
cwayldetarget	Dimplex NWPM Admin	http	192.168.1.2	80	127.0.0.2	80	admin	
cwayldetarget	Dimplex NWPM Shell	ssh	192.168.1.2	22	127.0.0.2	22		
cwayldetarget	NWPM ModbusTCP Server	modbustcp	192.168.1.2	502	127.0.0.2	502		
cwayldetarget	Linux Edge Shell	ssh	192.168.1.3	22	127.0.0.3	22		
cwayldetarget	NWPM WebData	http	192.168.1.3	8888	127.0.0.3	8888		apps/NWPM_WebControl.ipynb?appmode_scroll=0

Export... Import... Add Edit Delete

Profil für **Remote Access (6)** auf die **Webanwendung der NWPM / Wärmepumpen-Steuerung (1)** und ModbusTCP

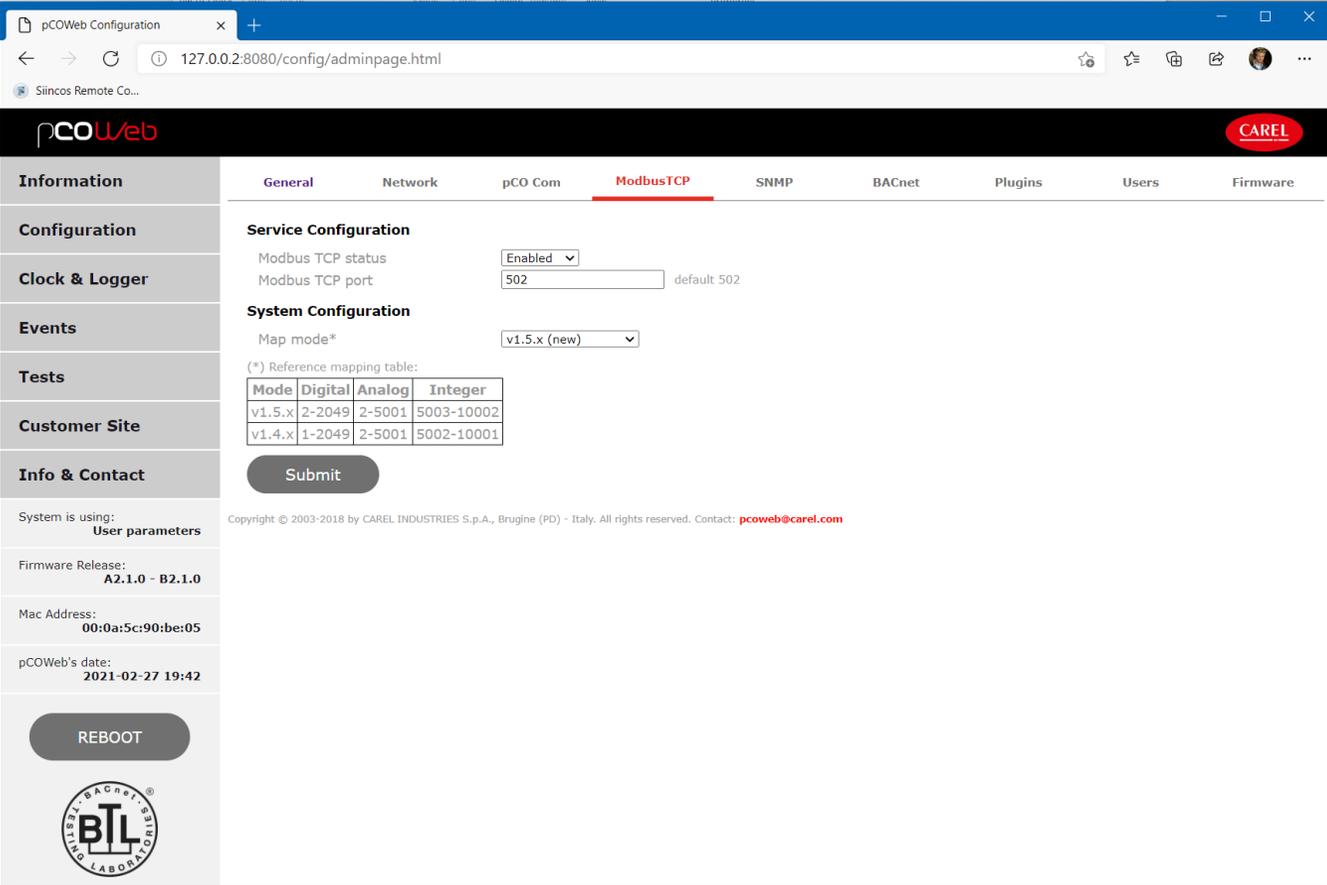
Profil für **Remote Access (6)** auf **das Edge Device** und die darauf implementierte IoT Anwendung zur Betriebsdatenerfassung der Wärmepumpe (2)

Siincos Remote Connect erlaubt den Zugriff auf Geräte und deren Services in entfernten Netzen.

Dies soll auch für die Steuerung der Wärmepumpe und des installierten Edge Devices ermöglicht werden, um z.B. **dem Service-Partner Zugriff auf die IoT Anwendung zu gewähren und ihm somit die Wartung und den Support zu erleichtern.**

ModbusTCP Server aktivieren

ModbusTCP Server aktivieren auf „NWPM Netzwerkkarte“



The screenshot shows the pCOWeb Configuration interface for the ModbusTCP server. The 'Modbus TCP status' is set to 'Enabled' and the 'Modbus TCP port' is 502. A 'Submit' button is visible at the bottom of the configuration section.

Mode	Digital	Analog	Integer
v1.5.x	2-2049	2-5001	5003-10002
v1.4.x	1-2049	2-5001	5002-10001

`http://<ip-nwpm>/config/adminpage.html`

IP Adresse der
Netzwerkkarte
NWPM

„Das Modbus-Protokoll ist ein Kommunikationsprotokoll, das auf einer Master/Slave- bzw. Client/Server-Architektur basiert. Es wurde 1979 von Gould-Modicon für die Kommunikation mit seinen speicherprogrammierbaren Steuerungen ins Leben gerufen. In der Industrie hat sich der Modbus zu einem De-facto-Standard entwickelt, da es sich um ein offenes Protokoll handelt. Seit 2007 ist die Version Modbus TCP Teil der Norm IEC 61158.“
[vgl. Wikipedia](#)

ModbusTCP Register Mapping (L Software Version)

ModbusTCP Register: Betriebsdaten

Name	ModbusTCP Adr.	Datentyp	Einheit
Außentemperatur	1	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Temperatur Rücklauf	2	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Temperatur Vorlauf	5	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Solltemperatur Rücklauf	53	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Temperatur Warmwasser / Brauchwasser	3	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Solltemperatur Warmwasser / Brauchwasser	58	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Temperatur Wärmequelleneintritt	6	16-bit Float (s)	(1/10) °C
Statusmeldungen*	103	16-bit (u)	--
Wärmepumpen Sperre*	104	16-bit (u)	--
Störmeldungen*	105	16-bit (u)	--
Betriebsmodus*	5015	16-bit (u)	--

Offizielle Liste im Dimplex Wiki:

http://www.dimplex.de/wiki/index.php/NWPM_Modbus_TCP#Datenpunktliste



ModbusTCP Coils: Digitale Steuerausgänge

Name	ModbusTCP Adr.	Datentyp	Einheit
Verdichter 1	41	Boolean	--
Verdichter 2	42	Boolean	--
Ventilator / Primärpumpe	43	Boolean	--
2. Wärmeerzeuger	44	Boolean	--
Heizungspumpe Heizkreis 1	45	Boolean	--
Zusatzumwälzpumpe	49	Boolean	--
Brauchwasser / Warmwasser Pumpe	46	Boolean	--
Zirkulationspumpe	51	Boolean	--
Flanschheizung	50	Boolean	--

Die hier gezeigten Tabellen spiegeln die Betriebsdaten wieder, welche von der IoT Anwendung über ModbusTCP von der NWPM (1) ausgelesen, abgespeichert und verarbeitet werden.

Die Registerkonfiguration der NWPM unterscheiden sich entsprechend der Software Version, hierzu Aufkleber auf dem NWPM beachten.



ModbusTCP Register Mapping (L Software Version)

ModbusTCP Register: Historie Umweltenergie

Name	ModbusTCP Adr.	Datentyp	Einheit
Wärmemenge Heizen 1...4	5096	16-bit (u)	kWh
Wärmemenge Heizen 5...8	5097	16-bit (u)	kWh
Wärmemenge Heizen 9...12	5098	16-bit (u)	kWh
Wärmemenge Brauchwasser 1...4	5099	16-bit (u)	kWh
Wärmemenge Brauchwasser 5...8	5100	16-bit (u)	kWh
Wärmemenge Brauchwasser 9...12	5101	16-bit (u)	kWh

ModbusTCP Register: Historie Betriebsstunden

Name	ModbusTCP Adr.	Datentyp	Einheit
Betriebsstunden Verdichter 1	72	16-bit (u)	h
Betriebsstunden Verdichter 2	73	16-bit (u)	h
Primärpumpe / Ventilator	74	16-bit (u)	h
2. Wärmeerzeuger	75	16-bit (u)	h
Heizungspumpe	76	16-bit (u)	h
Warmwasserpumpe	77	16-bit (u)	h
Flanschheizung	78	16-bit (u)	h



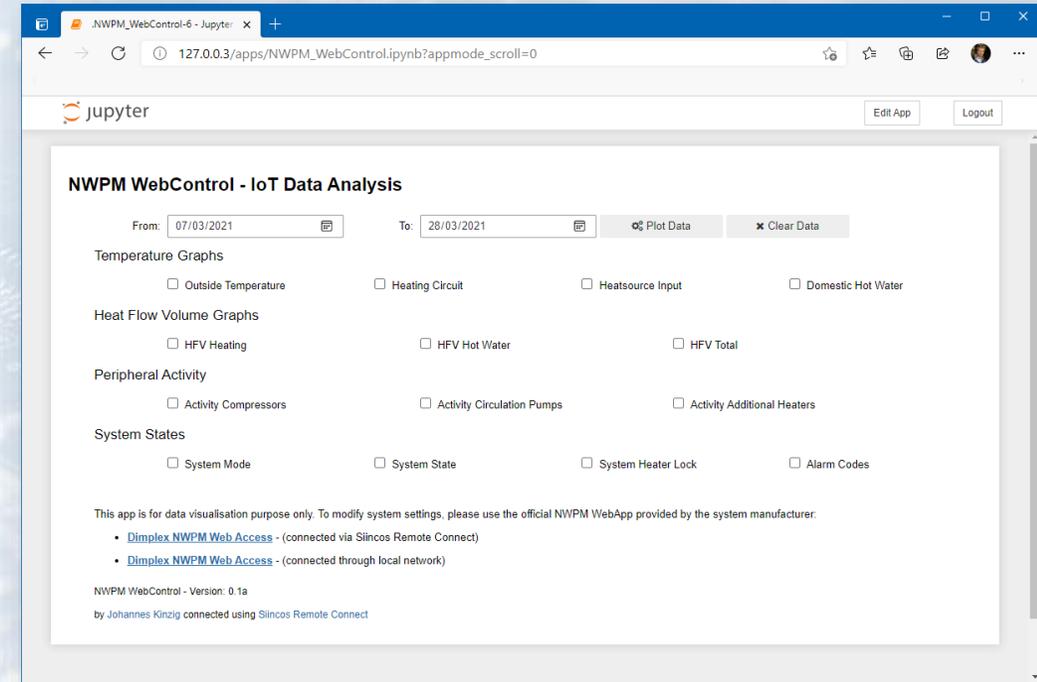
Features – IoT Anwendung

- Datenlogger
 - Betriebsdaten aus NWPM abfragen (minütlich)
 - Betriebsdaten persistent speichern (in Datenbank)
- Betriebsdaten grafisch darstellen in Abhängigkeit des ausgewählten Zeitraums
 - Temperaturen
 - Wärmemenge
 - Aktivitäten Peripherie (Pumpen/Kompressoren)
 - Systemzustand

Die IoT Anwendung ist in Python geschrieben und wird in Jupyter ausgeführt. Jupyter bringt den gesamten Funktionsumfang von Python – im Besonderen die Möglichkeit zur Auswertung und grafischen Darstellung von Daten – in den Webbrowser. Aus diesem Grund eignet es sich hervorragend für die hier benötigte IoT Anwendung, da alle Betriebsdaten komfortabel im Browser dargestellt werden können.

Die verfügbaren Graphen können über die jeweilige Checkbox aktiviert werden. Über den Date Picker wird eine Auswahl des Zeitraums getroffen, in dem die Daten geplottet werden sollen.

Im Hintergrund läuft ein CRON Job, der minütlich ein Skript (Python) ausführt, welches die Betriebsdaten über ModbusTCP vom NWPM abfragt und in der Datenbank abspeichert. Als DBMS kommt PostgreSQL zum Einsatz.



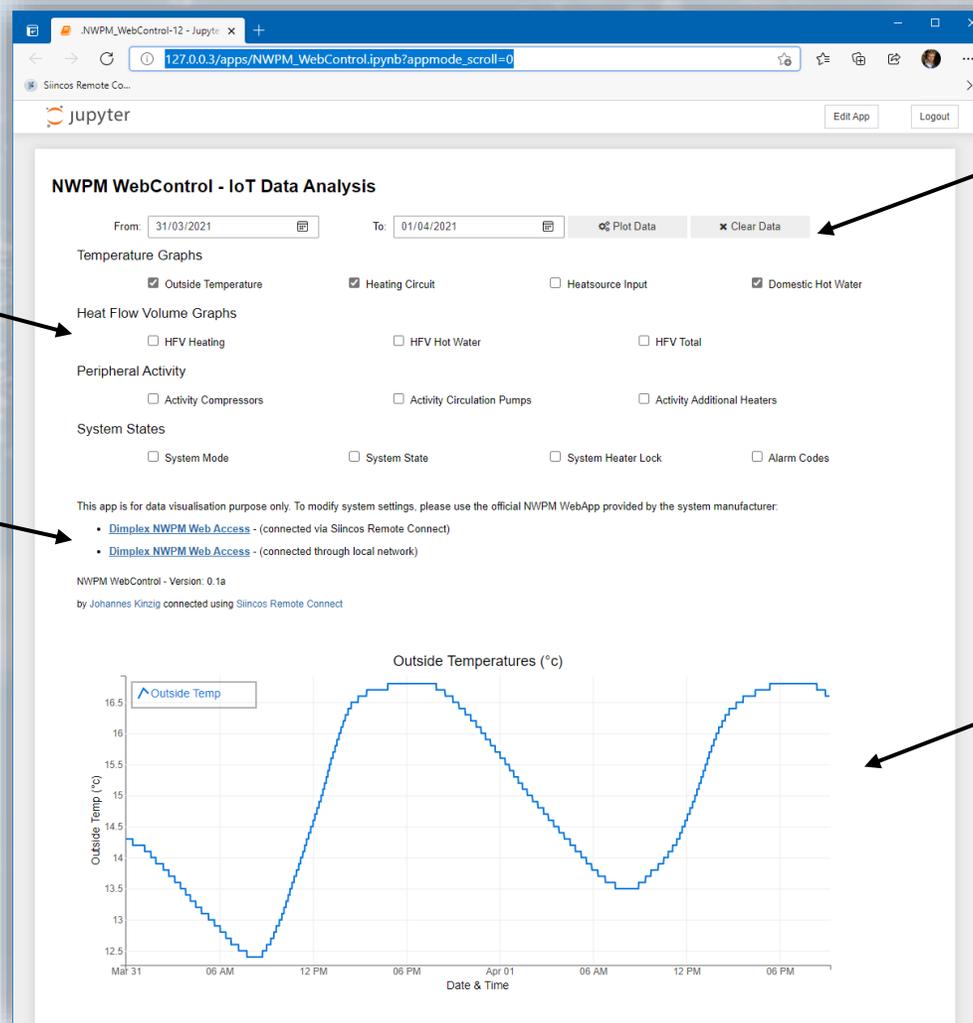
Die hier gezeigten Features und Softwarekomponenten laufen alle auf dem Edge Device (2) und können über den Webbrowser genutzt werden.



Features – IoT Anwendung

Verfügbare Graphen auswählen

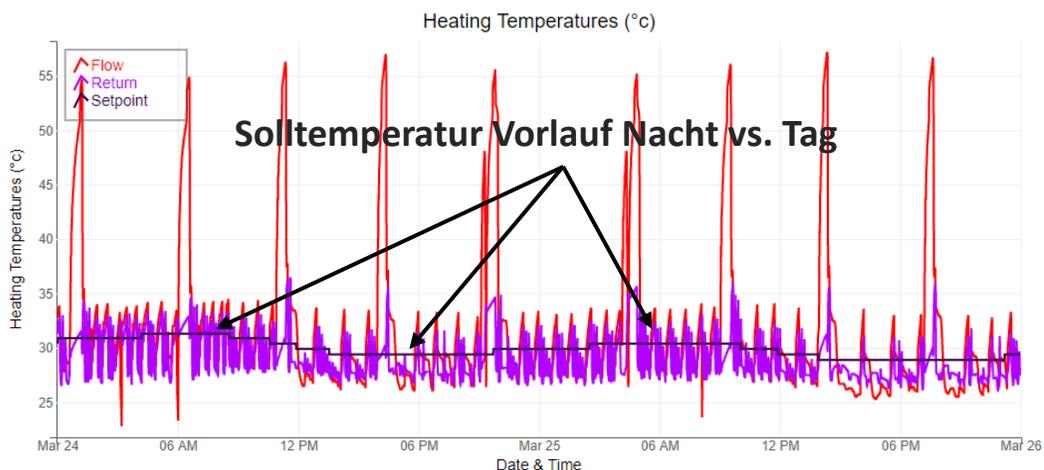
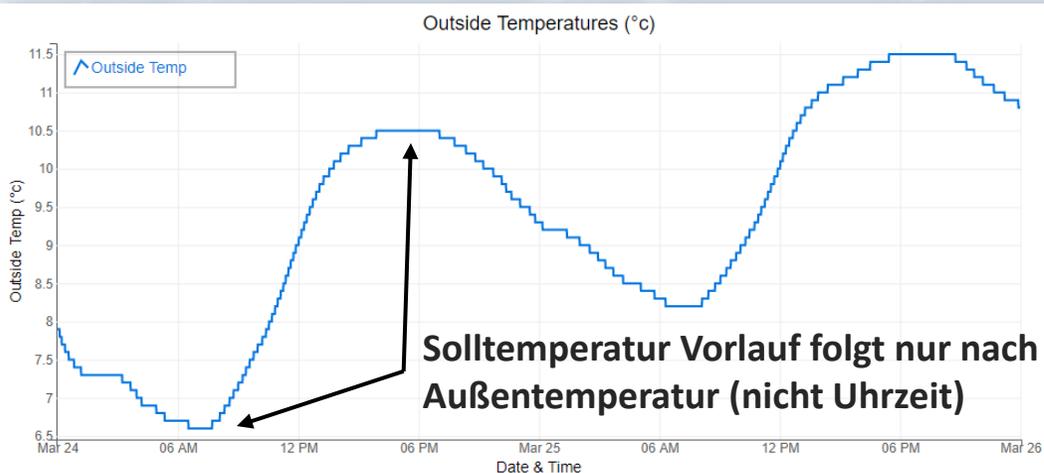
Direktlinks zur Webanwendung der Wärmepumpensteuerung (NWPM)



Zeitraum auswählen (über Date Picker)

Darstellungsbereich Graphen & Charts

Übersicht Betriebsdaten - Heizkreis (IoT Anwendung)



Zeitraum:

24.03.2021 – 26.03.2021

Diagramme:

Außentemperaturverlauf, Heizkreis

- Temperatur außen
- Temperatur Vorlauf
- Temperatur Rücklauf
- Solltemperatur Rücklauf

Beobachtung und Interpretation:

Die beiden Diagramme zeigen jeweils die Außentemperatur (°C) und die Temperaturen im Heizkreis an. Die Wärmepumpe ist im aktuellen Betriebszustand (Auto), die Temperaturregelung erfolgt per Zweipunktregler, das System ist rücklaufgeregelt.

Der rote Graph stellt die Vorlauftemperatur dar, die je nach Betriebszustand des Kompressors schnell ansteigt. In violett ist die Rücklauftemperatur (Regelgröße) dargestellt, die sich in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur verhält. Der schwarze Graph entspricht der „Solltemperatur Rücklauf“ (Führungsgröße).

Anhand der Diagramme kann man erkennen, dass die Solltemperatur nicht konstant bleibt. Folglich verfügt die Steuerung über eine dynamische Sollwertanpassung. Die Sollwertanpassung richtet sich nach der Außentemperatur, sinkt die Temperatur, dann steigt der Sollwert, steigt die Außentemperatur, dann sinkt der Sollwert.

Die Diagramme zeigen aber auch, dass die dynamische Sollwertanpassung unabhängig von der Uhrzeit erfolgt. Dies hat zur Folge, dass die Wärmepumpe nachts die Temperatur im Heizkreis anhebt (geringere Außentemperatur) und tagsüber die Temperaturen absenkt (höhere Außentemperatur). Die Differenz im Sollwert zwischen Tag und Nacht betragen ca. 4K – 28°C tagsüber, 32° nachts.

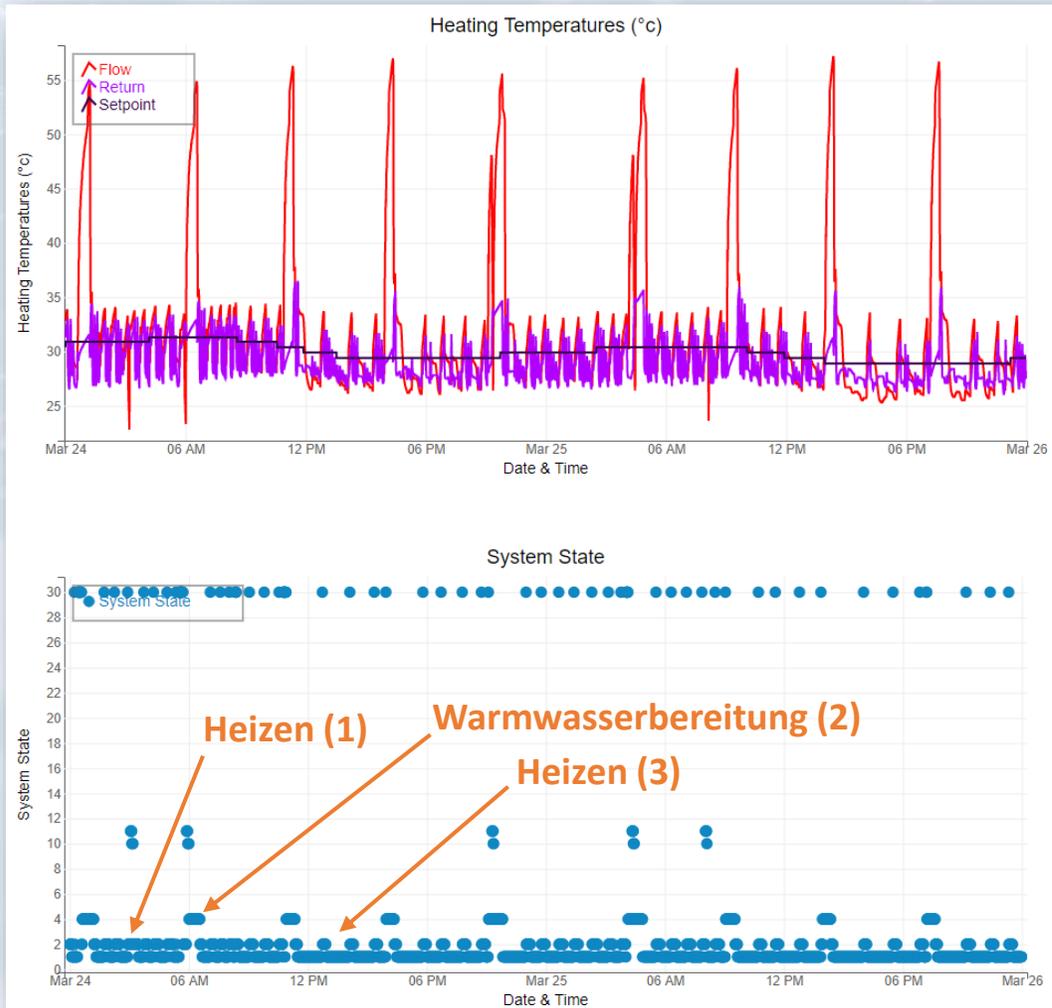
Der Sollwert erreicht nachts, um ca. 3:00 Uhr sein Maximum, die Anpassung zur Absenkung der Temperatur beginnt um ca. 9:00 Uhr, sein Minimum erreicht der Sollwert um ca. 15:00 Uhr.

Optimierungsvorschlag:

Dieses Verhalten der Steuerung sollte angepasst werden, da nachts in der Regel keine höheren Raumtemperaturen benötigt werden. Hier könnte man die Nachtabsenkung oder eine zeitlich begrenzte Sollwertabsenkung einstellen. Die Steuerung der Wärmepumpe verfügt über diese Funktionalität und die entsprechenden Einstellungen könnten direkt vorgenommen werden.

Die hier dargestellten Interpretationen und Analysen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit!

Übersicht Betriebsdaten - Heizkreis (IoT Anwendung)



Zeitraum:

24.03.2021 – 26.03.2021

Diagramme:

Heizkreis, Systemzustand

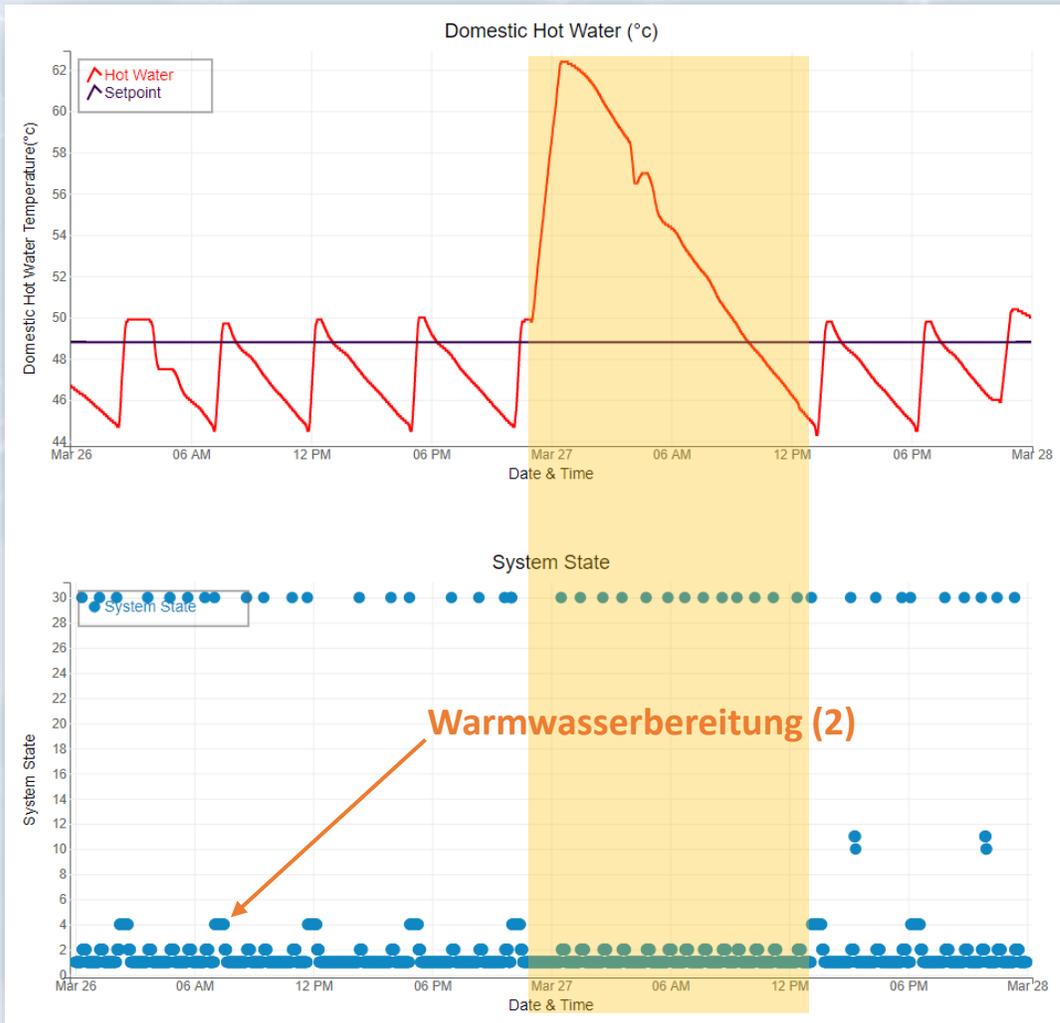
- Systemzustand:
- 1. Aus
- 2. Heizen
- 4. Warmwasserbereitung
- 10. Abtauen
- 11. Durchflussüberwachung
- 30. Sperre

Verifikation:

Die vorherige Annahme wird bestätigt. Das Betriebszustandsdiagramm zeigt deutlich den Systemzustand „Heizen“ vermehrt nachts (1), aufgrund der Sollwertführung basierend auf der Außentemperatur. Dies führt somit zu erhöhten Einschaltzeiten der Kompressoren und somit zu erhöhtem Strombedarf. Dieser könnte eingespart werden, wenn man die (durchaus reale) Annahme trifft, dass eine Solltemperatur im Rücklauf von ca. 28°C nachts ausreicht.

Tagsüber wird in den Systemzustand „Heizen“ wesentlich seltener gewechselt (3). Der Systemzustand „Warmwasserbereitung“ wird nachts und tagsüber ca. gleich oft erreicht, sodass sich hier auf den ersten Blick keine Einsparungen ergeben (2).

Übersicht Betriebsdaten - Brauchwasser (IoT Anwendung)



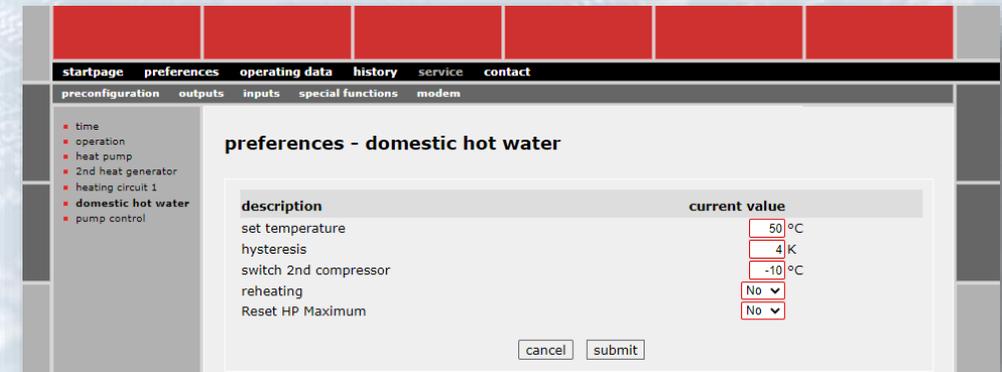
Zeitraum:

26.03.2021 – 28.03.2021

Diagramme:

Brauchwasseraufbereitung, Systemzustand

- Temperatur Heißwasser
- Solltemperatur Heißwasser
- Systemzustand



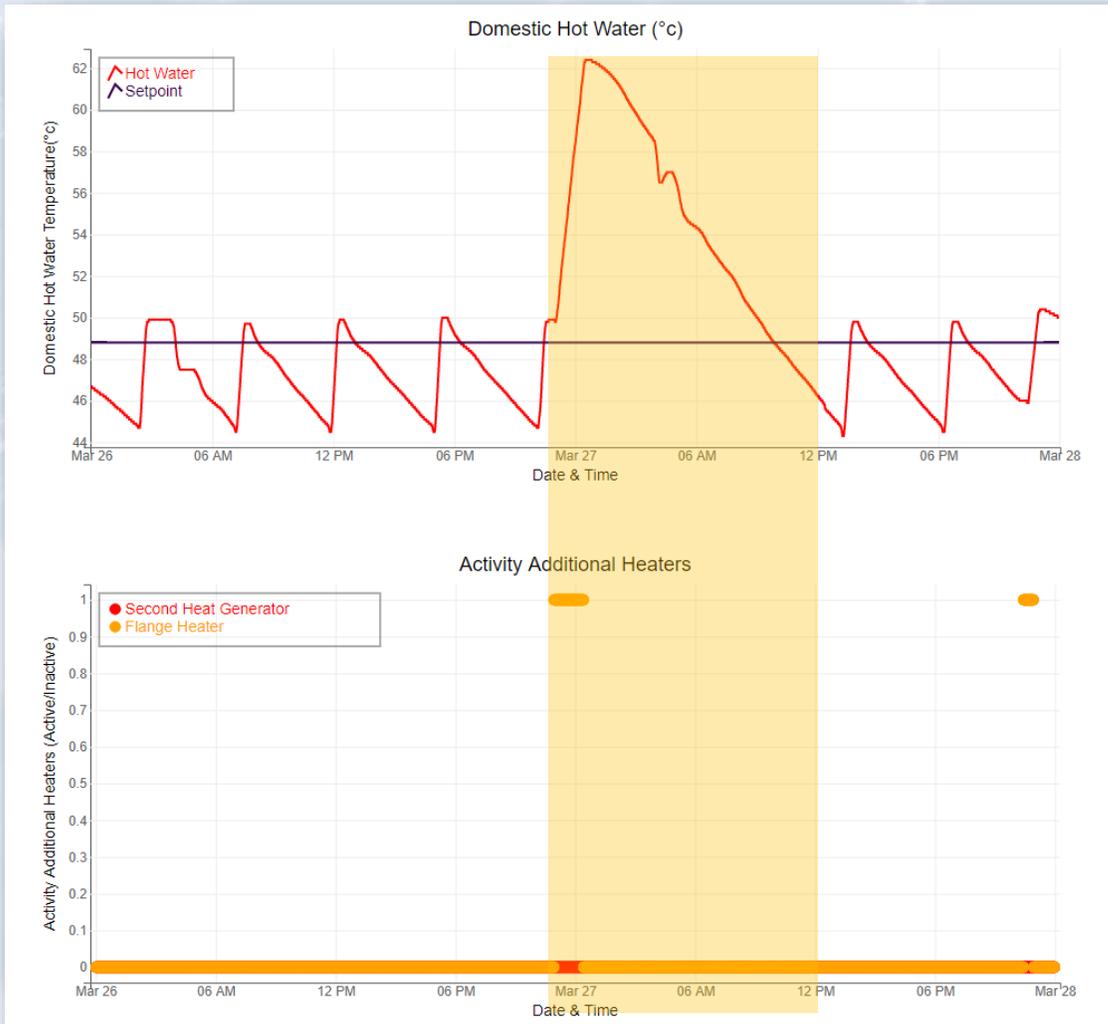
Verifikation der Systemeinstellungen (Brauchwasserbereitung):

Ein weiterer Vorteil der IoT-Anwendung ist die Überprüfbarkeit der Systemeinstellungen und das bessere Verständnis der einzelnen Parameter.

Das obere Diagramm zeigt den Temperaturverlauf des Brauchwasservorrates sowie den eingestellten Sollwert. Die Temperatur bewegt sich zwischen 45 und 50 °C. Die Hysterese von 5K entspricht in etwa den Einstellungen im NWPM (siehe Screenshot oberhalb).

Die gelbe Markierung im Diagramm zeigt die thermische Desinfektion („Legionellschaltung“) des Brauchwassers, in dieser Zeit ist die Wärmepumpe nicht aktiv, um das Brauchwasser zu beheizen. Dies erfolgt über einen elektrischen Zuheizung in Form der Flanschheizung.

Übersicht Betriebsdaten - Warmwasser (IoT Anwendung)



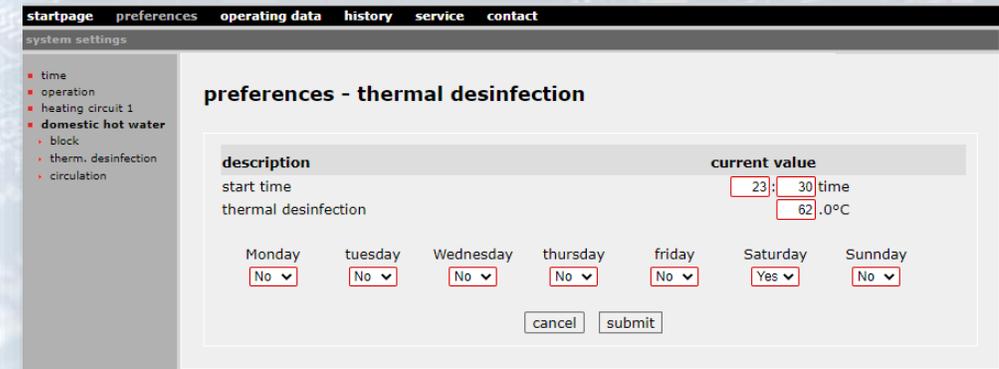
Zeitraum:

26.03.2021 – 28.03.2021

Diagramme:

Warmwasseraufbereitung, Flanschheizung

- Temperatur Heißwasser
- Solltemperatur Heißwasser
- Einschaltdauer Flanschh.



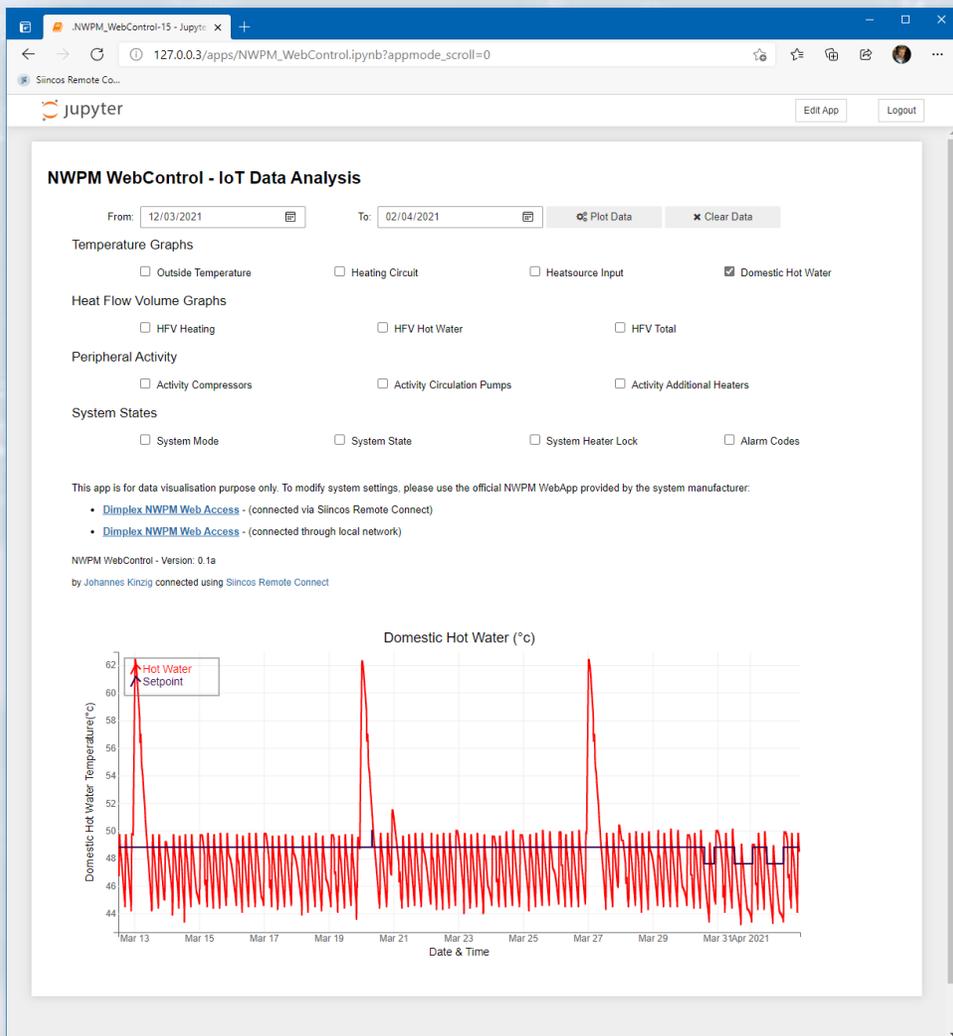
Verifikation der Systemeinstellungen (thermische Desinfektion):

Dieses Diagramm zeigt ebenfalls den Brauchwassertemperaturverlauf, in gelb markiert wieder die thermische Desinfektion („Legionellenschaltung“).

Als zusätzliches Diagramm darunter wird die Einschaltdauer der Flanschheizung gezeigt. Wie auf der vorigen Folie schon vermutet, erfolgt die Beheizung des Brauchwassers zu Desinfektionszwecken mit der elektrischen Flanschheizung.

Der im NWPM eingestellte Sollwert von 62°C wird recht genau erreicht, der angegebene Startzeitpunkt stimmt auch mit den Einstellungen überein (siehe Abbildung oberhalb).

Übersicht Betriebsdaten - Desinfektion (IoT Anwendung)



Zeitraum: 12.03.2021 – 02.04.2021

Diagramme: Warmwasseraufbereitung

● Temperatur Heißwasser
● Solltemperatur Heißwasser

Dokumentation und Nachweisbarkeit von Einstellungen (z.B. thermische Desinfektion):

Unter gewissen Umständen erscheint es sinnvoll, gegenüber Dritten nachweisen zu können, dass bestimmte Einstellungen an der Wärmepumpe vorgenommen wurden.

Darunter kann z.B. die thermische Desinfektion („Legionellenschaltung“) fallen, um den Anwohnern/Nutzern belegen zu können, dass diese Funktion aktiv ist und zyklisch ausgeführt wird/wurde.

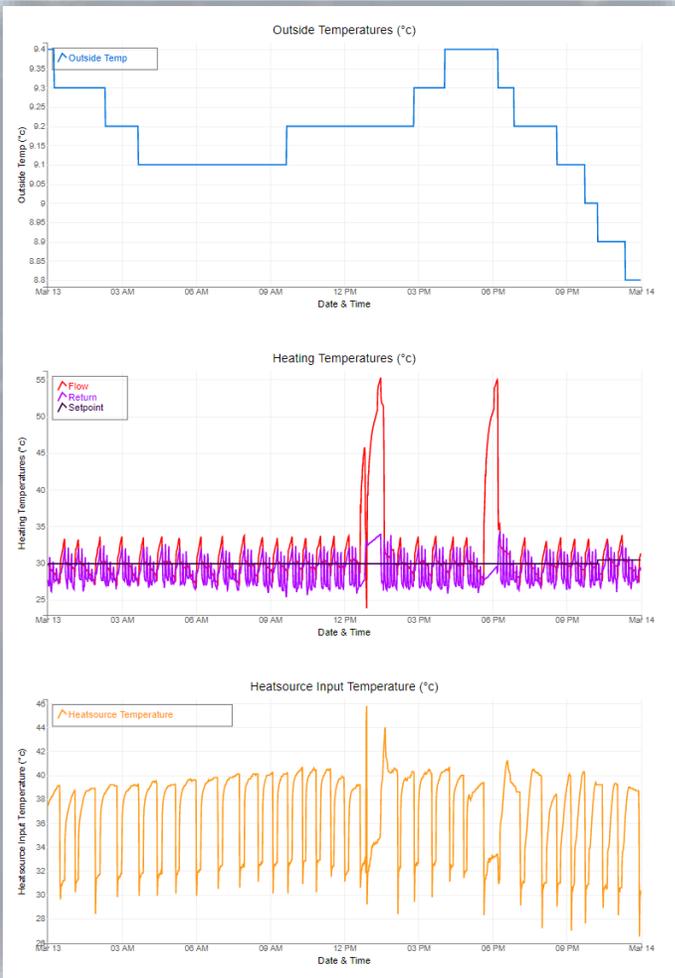
Erkennung von Fehlfunktionen und Defekten:

Die Auswertung der historischen Daten erlaubt außerdem Fehlfunktionen oder defekte Komponenten zu erkennen. Bleibt die zyklisch erhöhte Brauchwassertemperatur aus, obwohl diese im NWPM konfiguriert wurde, kann man von einem defekten elektrischen Heizer ausgehen.

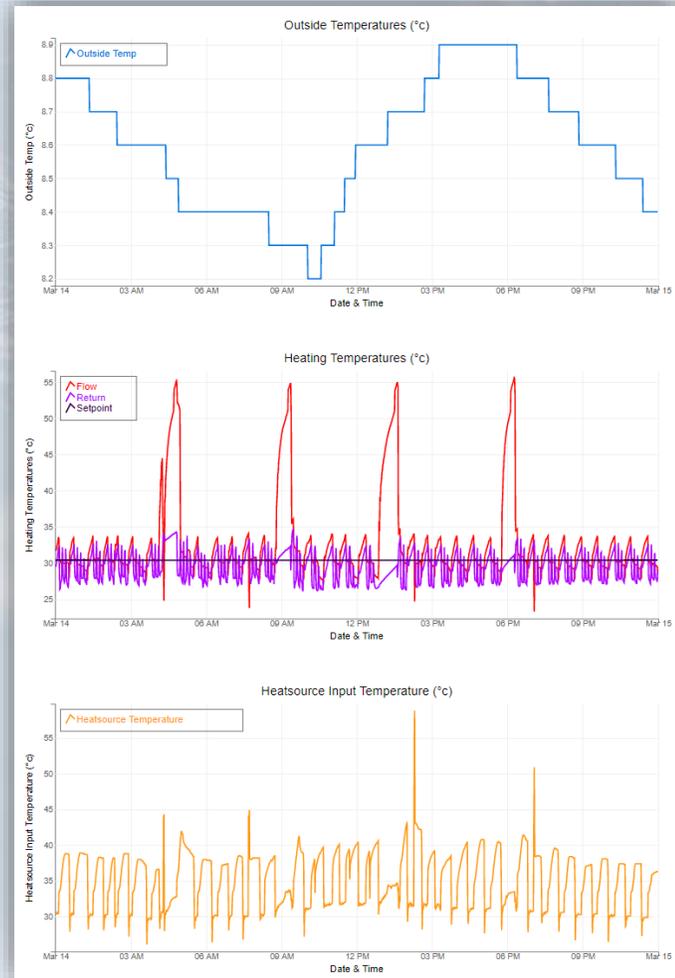
Übersicht Betriebsdaten - Wärmeerzeugung (IoT Anwendung)



Betriebsdaten: 13.03.2021



Betriebsdaten: 14.03.2021



Wartung anhand von Betriebsdaten #PredictiveMaintenance

Die Betriebsdaten werden permanent geloggt und persistent gespeichert. Somit können diese zu jeder Zeit weiterverarbeitet werden, so z.B. zu Wartungszwecken oder im Fehlerfall.

Sollten bestimmte Temperaturen in den Heizkreisen nicht mehr erreicht werden („die Wohnung bleibt kalt“), kann man anhand den Graphen nachvollziehen, welche Temperaturen tatsächlich erreicht werden und zu welchem Zeitpunkt diese nicht mehr erreicht wurden.

Fallbeispiel „Fußbodenheizung bleibt kalt“:

Wird die eingestellte Rücklauftemperatur nicht mehr erreicht, dann kann anhand der Daten geprüft werden, ob die Vorlauftemperatur beim Heizen ansteigt.

Ist dies der Fall, dann liegt kein Defekt an der Wärmepumpe (Wärmeerzeuger) vor, ggf. ist eine Umwälzpumpe im Heizkreis nicht funktionsfähig.

Die Vorlauftemperatur kann dann zusätzlich mit der Temperatur der Wärmequelle („Compressor Hot Gas Line“) verglichen werden und letztlich auch mit der Brauchwassertemperatur. Dies könnte dann Aufschluss über den Funktionszustand des Mischers geben.

Benefit:

Alle diese möglichen Fehler können im Vorfeld anhand der geloggtten Betriebsdaten geprüft werden, dazu muss kein Servicetechniker an den Aufstellort der Wärmepumpe. Der Servicetechniker benötigt lediglich Zugang zu der IoT-Anwendung, um die Betriebsdaten einsehen und plotten zu können.

Dies kann über Siincos Remote Connect erfolgen (siehe Folie „[Systemarchitektur – IoT Hardware](#)“ und „[Siincos Remote Connect Profil einrichten](#)“)

Fazit

Die **IoT Anwendung ist eine gute Ergänzung zu der Netzwerkkarte der Wärmepumpensteuerung (NWPM)**. Sie erlaubt es die eingestellten Parameter anhand der eigentlichen, realen Betriebsdaten zu beobachten und zu verifizieren. Somit bietet sie die **Möglichkeit Optimierungen zu erkennen und die entsprechenden Einstellungen im NWPM anzupassen**.

Die vorigen Folien zeigen, dass das alleinige visuelle Analysieren der Betriebsdaten schon einen sehr guten Aufschluss über das Betriebsverhalten der Wärmepumpe gibt:

- Einsparung von Energie (Strom) ist möglich durch geschicktes Anpassen der Betriebsparameter, sodass die Einschaltzeiten der Kompressoren verringert werden
- Fehler ohne lokale Fehlersuche am Aufstellort können identifiziert werden
- Die Betriebsdaten geben guten Aufschluss über den Gesamtzustand des Systems
- Nachweisbarkeit von eingestellten Parametern durch Darstellung in der IoT-Anwendung, z.B. „Legionellenprüfung ist aktiv“, siehe Folie „[Übersicht Betriebsdaten - Desinfektion \(IoT Anwendung\)](#)“

Zusammengefasst bedeutet dies, dass die beiden **ursprünglichen Fragestellungen nach der Energieoptimierung und nach der Optimierung der Wartungsintervalle von Folie „Abstract“ mit „Ja“ beantwortet werden können** und die Erweiterung der bestehenden Anlage durch die gezeigte IoT-Anwendung einen **monetären Mehrwert** bietet – sowohl für den Betreiber der Anlage, als auch für das mit dem Service betraute Fachunternehmen.



Anmerkungen zu lokalen klimatischen Gegebenheiten und der energetischen Struktur von Gebäuden

Das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland ist in 15 Klimaregionen unterteilt. Diese Klimaregionen unterscheiden sich in den Jahresmitteltemperaturen der sogenannten Test-Referenzjahre. Die jeweilige Klimaregion bestimmt die anzusetzenden Jahreswerte der Außenlufttemperaturen für die jeweilige Heizlastberechnung.

Die Klimaregion „4 — Potsdam“ mit einem Jahreswert von 9,5 °C ist die maßgebliche Klimaregion, mit der der öffentlich-rechtliche Wärmeschutznachweis geführt wird, danach werden auch die KfW-Effizienzhäuser konfiguriert.

Betrachtet man den Temperaturunterschied zwischen den Regionen, die tiefste „Fichtelberg“ mit 3,8 °C und „Mannheim“ mit 11,1 °C erkennt man schnell, dass eine standardisierte Heizkurve keinen optimierten Betrieb ermöglicht, da eben diese Aspekte nicht betrachtet werden.

Eine Anpassung an die tatsächliche Klimaregion, in der das Haus errichtet wird, ebenso wie die Anpassung an die Energiecharakteristik des Gebäudes und der Bewohner-Gepflogenheiten erfolgt üblicherweise nicht, sie wird in der Regel versäumt.

Damit sind die Betriebskosten, also Energieverbrauchskosten für die Beheizung und Warmwasserbereitung nicht in dem Maße optimiert, wie man es unter Klimaschutzanforderungen eigentlich machen sollte – schließlich werden Wärmepumpen in aller Regel mit elektrischem Strom betrieben, der in der Regel nicht klimaneutral erzeugt wird.

Nur mit statistisch aussagefähigen Daten lässt sich die Betriebskurve dem Bedarf anpassen – Siincos Remote Connect macht das möglich.

Projektansprechpartner



Spektrum Ingenieurgesellschaft mbH
Johannes Kinzig (M.Sc.)

Kinzigtalblick 12
63571 Gelnhausen

+49 6051 5388991

Mail: siincos@spektrum-engineering.de

Web: <https://siincos-remote-connect.de>

 [linkedin.com/company/siincos/](https://www.linkedin.com/company/siincos/)

 [instagram.com/spektrum.engineering/](https://www.instagram.com/spektrum.engineering/)

 [Projekt im Siincos Blog anschauen](#)

