

Verbesserung der Energieeffizienz mit Hilfe individueller Gebäuderegelung

Praxiserfahrung und individuelle Programmierung



Inhalt

Motivation und Ziele

Kommunikation zwischen den installierten Geräten

Individuelle Gegebenheiten am Gebäude

Umsetzung in der Programmierung

Programmierbeispiel



Motivation und Ziele

Energetische Sanierungsmaßnahmen am EFH:

PV-Anlage

Hybridheizung mit Gas-Brennwert und Wärmepumpe
(Planung 2021)

Kommunikation zwischen den Komponenten zur Optimierung
des Effizienz (v. a. Eigenverbrauch von PV-Strom)

Anpassung der Regelung DIY



Auswahl der Geräte

Sinnvolle Kommunikation zwischen den Geräten meist nur für alle Geräte von dem gleichen Hersteller (**Bindung!**), z. B. PV-Anlage von Viessmann

Fachmann/Experteneinstellungen an Fernzugriff oder Herstellercloud gebunden

Individuelle Einstellungen für besondere Gegebenheiten vor Ort nicht/kaum möglich

Nachteile für Effizienz



Installierte Komponenten

PV-Anlage mit Wechselrichter und Batteriespeicher RCT

Gas-Brennwertgerät Viessmann Vitodens

Luft-Wasser-Wärmepumpe Viessmann Vitocal

Heizwasserpufferspeicher

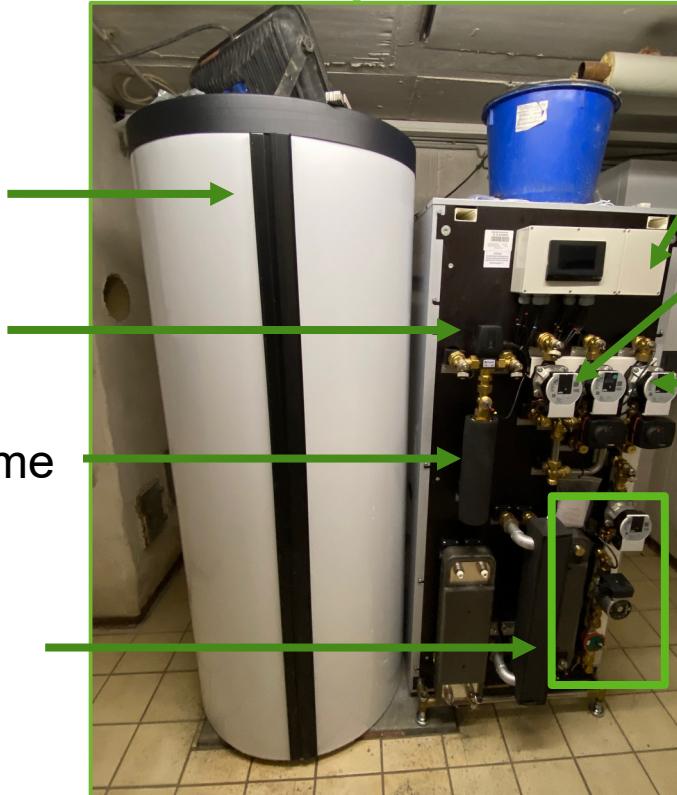
Concept Tower der Fa. Energy concept

Frei programmierbarer Regler TA UVR 16x2



Concept Tower

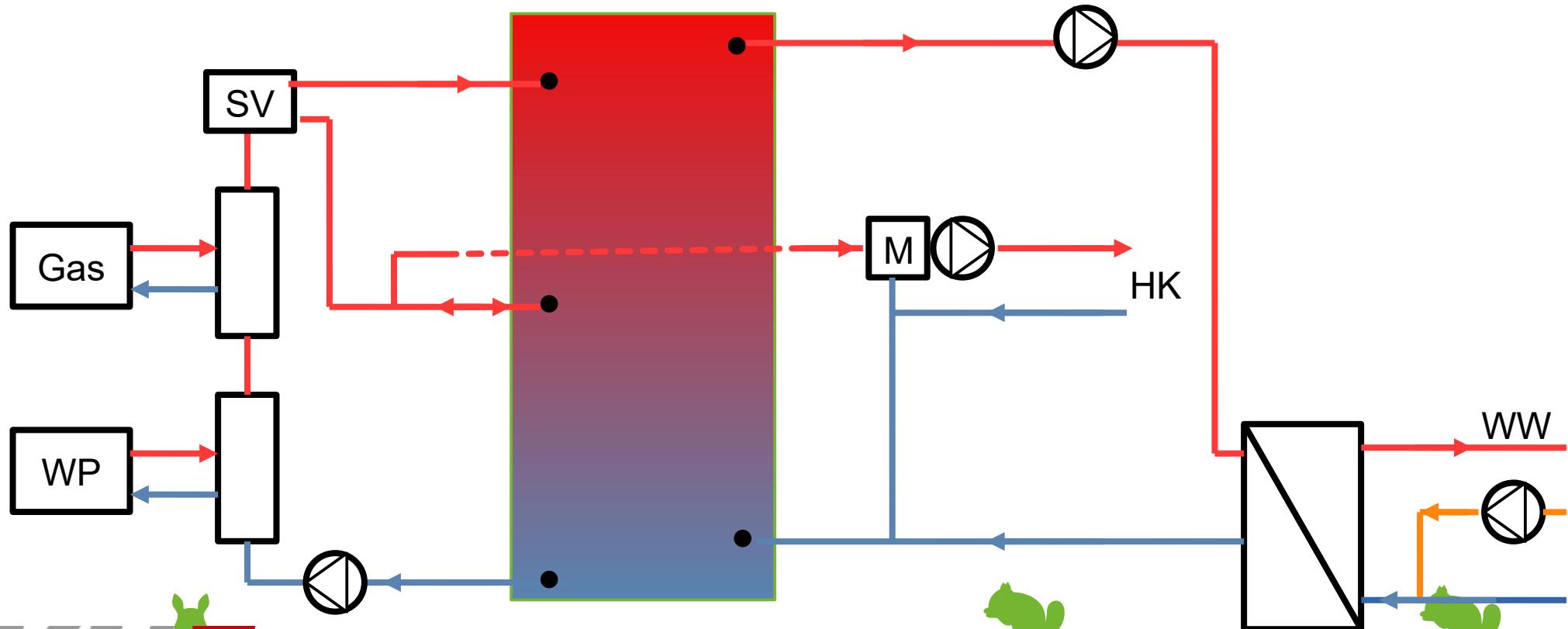
Heizwasserpufferspeicher
Schichtladeventil
Hydraulische Weiche Gastherme
Hydraulische Weiche Wärmepumpe



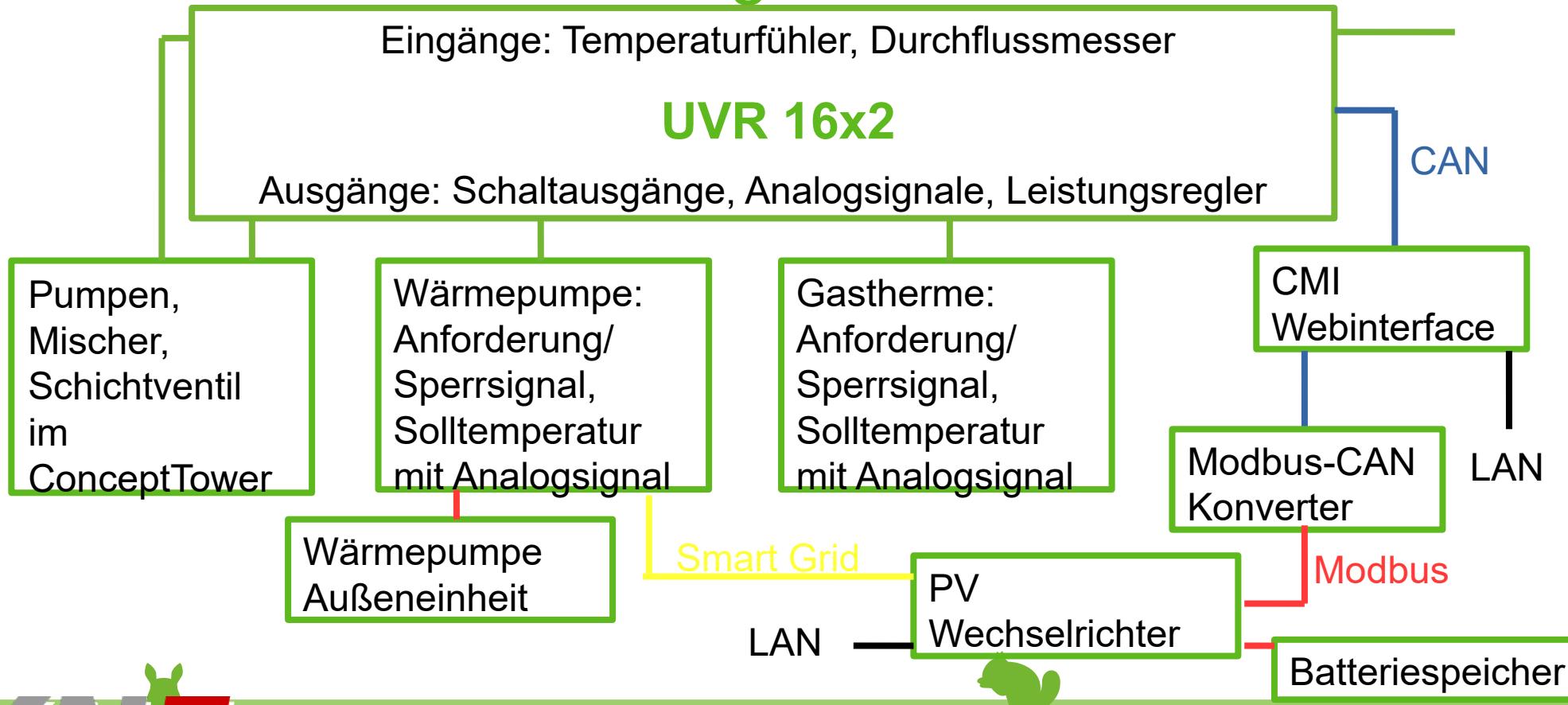
Regler UVR 16x2
Speicherladepumpe
Heizkreispumpen und Mischer
Warmwasserbereitung und Zirkulation



Hydraulik (vereinfacht)



Vernetzung der Geräte



Vernetzung der Geräte

Heizungsregelung mit Einstellungen für Heizkreis und Warmwasser erfolgt zentral im UVR-Regler

Wärmeerzeuger **sollen** nach Vorgabe aus UVR arbeiten

UVR bezieht Info über PV-Strom aus Wechselrichter und sorgt für Anpassung der Wärmepumpe

Wechselrichter regelt selbstständig Batterieladung oder Netzeinspeisung (**Strategie!**)

UVR erweiterbar, z. B. für Wallbox

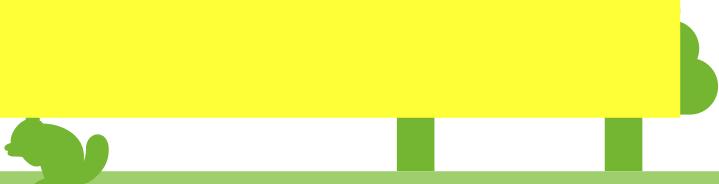
Nicht-Möglichkeiten der Kommunikation

Regelung der Leistungsmodulation der Wärmerzeuger
Heizung oder Warmwasserbereitung

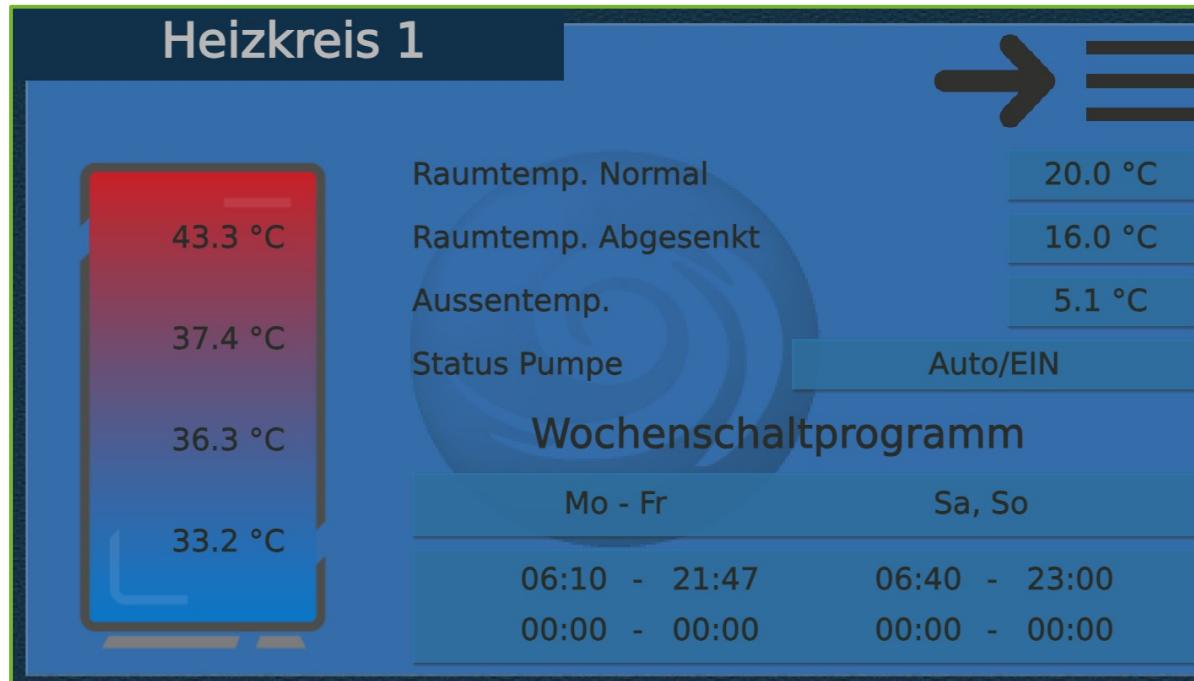
Heizstabzuschaltung der Wärmepumpe
nur an Wärmepumpe intern regelbar
Abstimmung auf Anforderung von UVR

Fun Fact

Ausfall der LAN-Verbindung am Wechselrichter, Daten über
CAN-Bus am UVR abrufbar

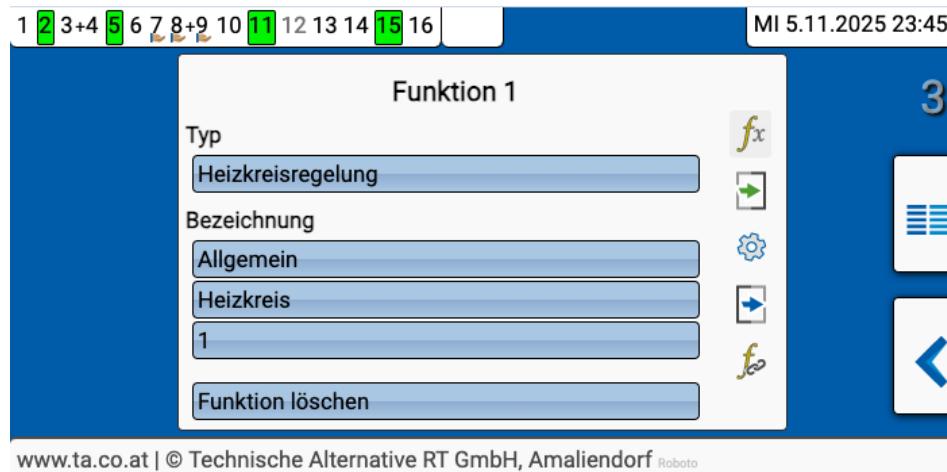


Benutzeroberfläche vom Fachhändler



Expertenmodus am Regler

Funktionen als Module der Steuerung



Expertenmodus am Regler

Freigabe/Sperre der Funktion

Eingangssignale aus

Ergebnis anderer Funktion
einstellbaren Fixwert

Messwert Sensor
Systemwert
CAN-Eingang

Heizkreis 1	
Freigabe	EIN
Freigabe Pumpe	EIN
Freigabe Mischer	EIN
Warmwasservorrang	AUS
Raumtemperatur	unbenutzt
Vorlauftemperatur	43.0 °C
Außentemperatur	4.8 °C
Externer Schalter	127
Status Zeitbedingung	EIN
Raumsolltemperatur	unbenutzt
Kalenderbetriebsart	Nicht aktiv(0)
Kalenderraumsollt.	0.0 °C
Fensterkontakt	unbenutzt
Heizen mit externer VL.Solltemp.	unbenutzt
Externe VL.Solltemp.	65.0 °C
Offset Raumsolltemp.	0.0 °C
Offset Vorlaufsolltemp.	3.0 °C

Eingänge

fx

g

h

f

Expertenmodus am Regler

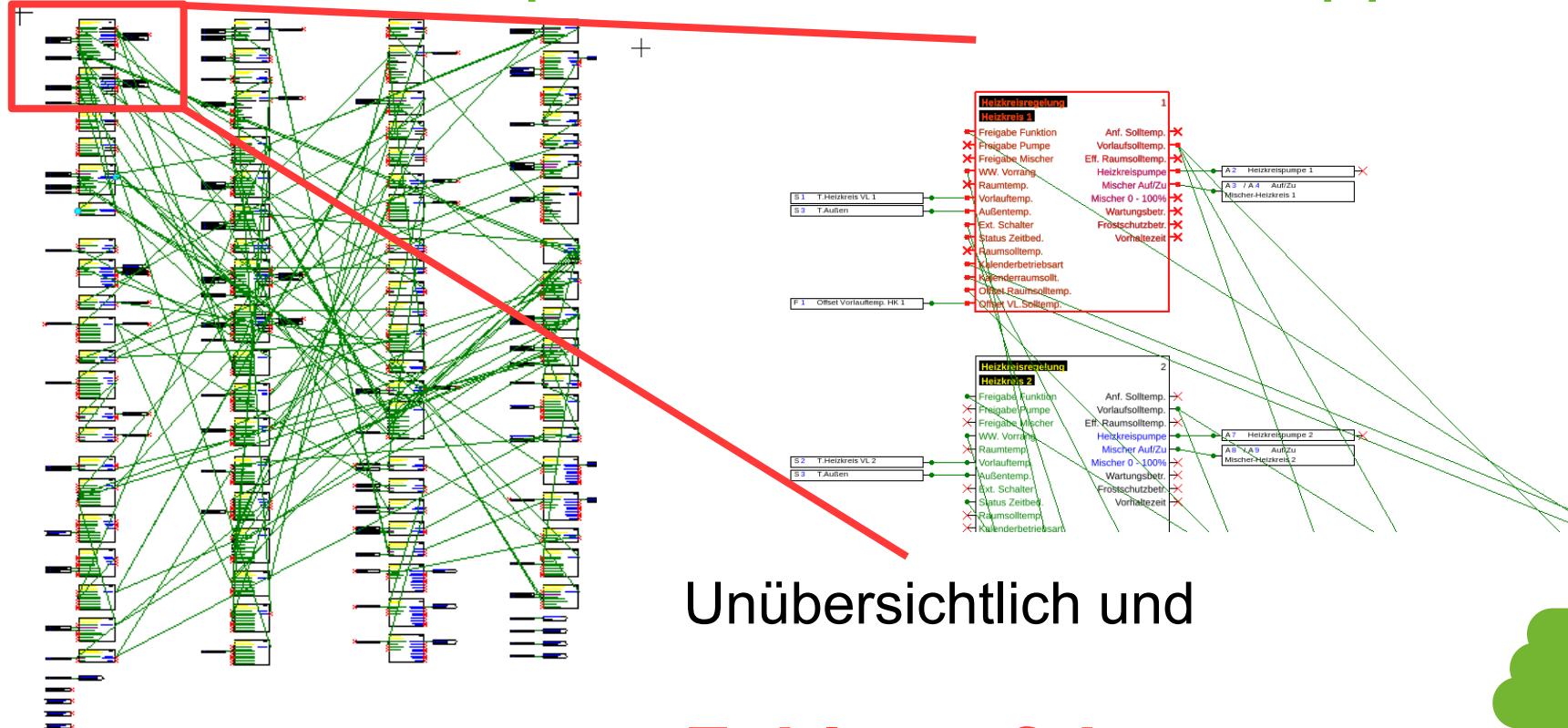
Ausgabe der Ergebnisse an

Ausgänge am Regler
Eingang an anderer Funktion

Heizkreis 1	
Vorlaufsolltemperatur	42.4 °C
Effektive Raumsolltemperatur	20.0 °C
Heizkreispumpe	EIN
Mischer Auf/Zu	AUS
Mischer 0 - 100%	85.5 %
Ausgänge Funktion	Ausgänge Funktion
Wartungsbetrieb	AUS
Frostschutzbetrieb	AUS
Betriebsart	Normal(1)
Betriebsstufe	Intern(4)
Vorhaltezeit	0m
T.Raum < Soll	EIN
T.Raum < Soll (Absenk)	EIN
T.Vorlauf Soll > Min	EIN
T.Außen < Max	EIN
T.Außen < Max (Absenk)	EIN
T.Vorlauf < Max	EIN
Restlaufzeitzähler	19m 59s
Mischer offen	AUS
Mischer geschlossen	AUS
Mittelwert AT Regelung	4.7 °C
Mittelwert AT Abschaltung	4.7 °C
Anforderungssolltemp.	42.4 °C
Vzzeitzähler Frostschutz	0s



Graphische Oberfläche Tapps2



Individuelle Gegebenheiten

EFH energetisch saniert

Fun Fact

Sanierungsbedürftigkeit des Dachs am 0. Advent 2020
festgestellt

Sonnenseite Ausrichtung Süd-West 225°
→ Betrieb Wärmepumpe günstiger am Nachmittag



Individuelle Gegebenheiten

Dachneigung 45°

→ Steigerung der PV-Erzeugung im Winter

Heizkörper ca. 20 % überdimensioniert

→ Heizkurve niedrigerer Vorlauf möglich, hoher Durchfluss

Warmwasserbedarf überwiegend am Morgen/Vormittag

→ Nachteil wegen PV-Stromerzeugung am Nachmittag

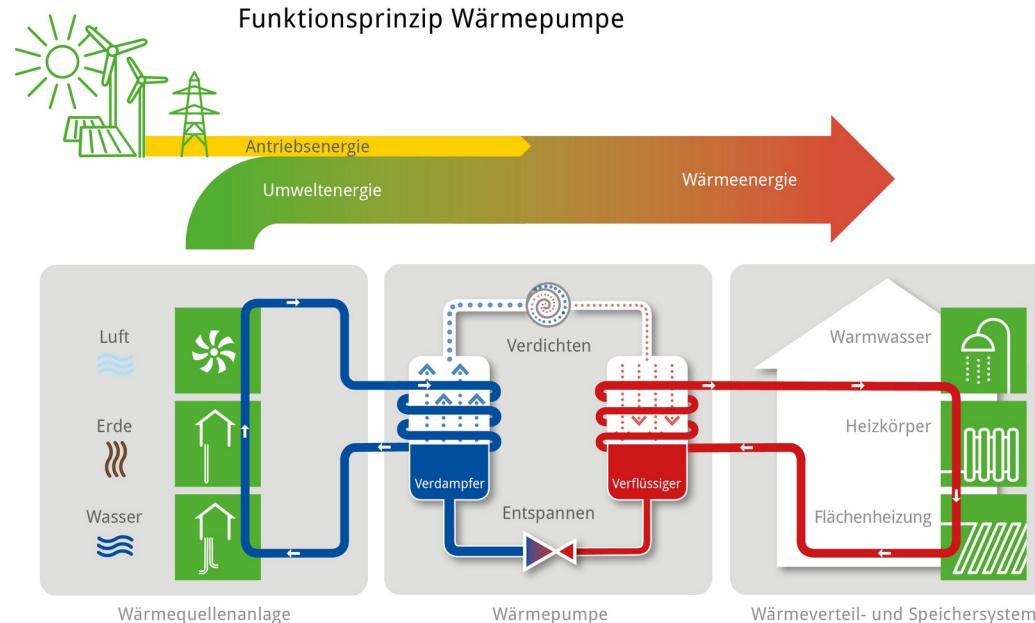
Geringe Einspeisevergütung

→ Eigenverbrauch optimieren



Effizienz der Wärmepumpe

Kreisprozess in der Außeneinheit:



Effizienz der Wärmepumpe

$$\text{Leistungszahl } \varepsilon = \frac{\text{Nutzleistung (Wärme)}}{\text{zugeführte elektrische Leistung}} = c \cdot \varepsilon_c = c \cdot \frac{T_w}{T_w - T_k}$$

$$\text{Jahresarbeitszahl JAZ} = \frac{\text{effektiv genutzte Wärmemenge}}{\text{benötigte elektrische Energie}}$$

T_w = Vorlauftemperatur in K, T_k = Außentemperatur in K

ε_c = ideale Leistungszahl, $c \approx 0,4$

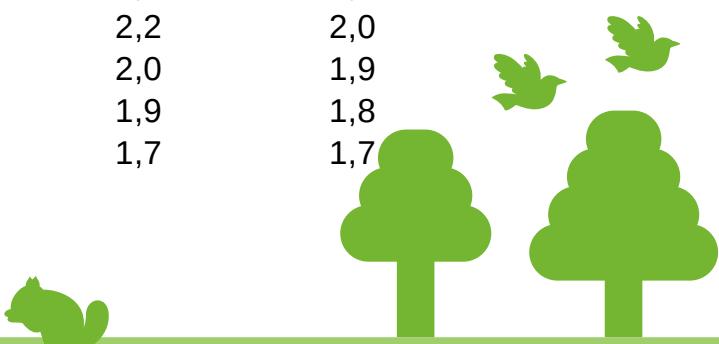
JAZ Jahresmittelwert



Effizienz der Wärmepumpe

Werteübersicht:

ϵ	$T_w/^\circ\text{C}$					
$T_k/^\circ\text{C}$	35	40	45	50	55	60
30	24,6	12,5	8,5	6,5	5,2	4,4
25	12,3	8,3	6,4	5,2	4,4	3,8
20	8,2	6,3	5,1	4,3	3,7	3,3
15	6,2	5,0	4,2	3,7	3,3	3,0
10	4,9	4,2	3,6	3,2	2,9	2,7
5	4,1	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4
0	3,5	3,1	2,8	2,6	2,4	2,2
-5	3,1	2,8	2,5	2,3	2,2	2,0
-10	2,7	2,5	2,3	2,2	2,0	1,9
-15	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8
-20	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,7



Beispiel Warmwasser und Zirkulation

Trinkwassererwärmung im Plattenwärmetauscher

Pufferspeicher muss WW-Solltemperatur + Offset haben

Für Wärmepumpe hohe Temperatursollwerte vermeiden

Zeitprogramm für WW-Bereitung einschränken

Temperaturschichtung im Pufferspeicher nutzen

→ Ist-Temperatur Speicher oben oft höher als Solltemperatur



Beispiel Warmwasser und Zirkulation

Zeitprogramm Warmwasser auf Vormittag (hoher Bedarf) beschränkt, sonst reduzierte Solltemperatur, bei außerplanmäßigm Bedarf einmalige Anforderung

Anforderung an Wärmequelle erst, wenn Ist-Temperatur im Puffer oben zu niedrig wird, vorher mit Schichtventil untere Schicht auf niedrigere Temperatur für Heizkreis erwärmen

Solltemperatur für Wärmetauscher folgt Ist-Temperatur im Speicher oben



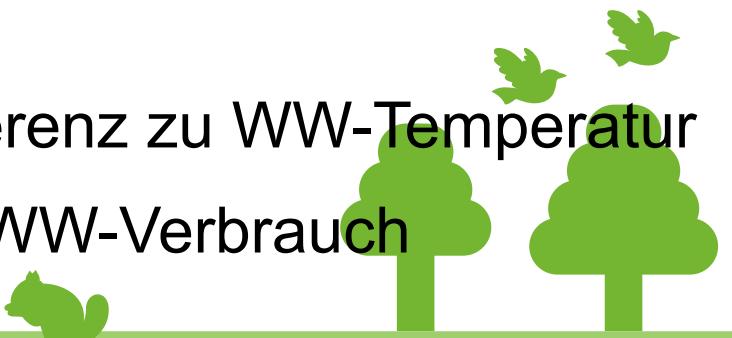
Beispiel Warmwasser und Zirkulation

Funktion „Anforderung Warmwasser“ für Trinkwasserspeicher

Ausgänge nur für Solltemperatur Pufferspeicher und Vorrang
(Beladung Puffer nach Zeitprogramm, einmal am Tag
vollständig auf mit Vorrat in oberer Schicht)

Ladepumpe für Wärmetauscher wird nur bei WW-Durchfluss
geschaltet

Taktung Zirkulation mit Temperaturdifferenz zu WW-Temperatur
Aktivierung durch Zeitprogramm oder WW-Verbrauch



Beispiel Warmwasser und Zirkulation

Anforderung Warmwasser	
Freigabe	EIN
Warmwassertemp. oben	41.5 °C
Warmwassertemp. unten	36.0 °C
Status Zeitbedingung	EIN
Solltemperatur oben	36.0 °C
Solltemperatur unten	36.0 °C
Minimaltemperatur oben	40.0 °C
Minimaltemperatur unten	35.0 °C
Offset Solltemperatur oben	0.0 °C
Offset Solltemperatur unten	0.0 °C
Externer Schalter	unbenutzt
Einmal Laden	AUS
Fertig Laden	AUS
Solltemperatur Einmal Laden	55.0 °C

Solltemperatur
Heizkreis

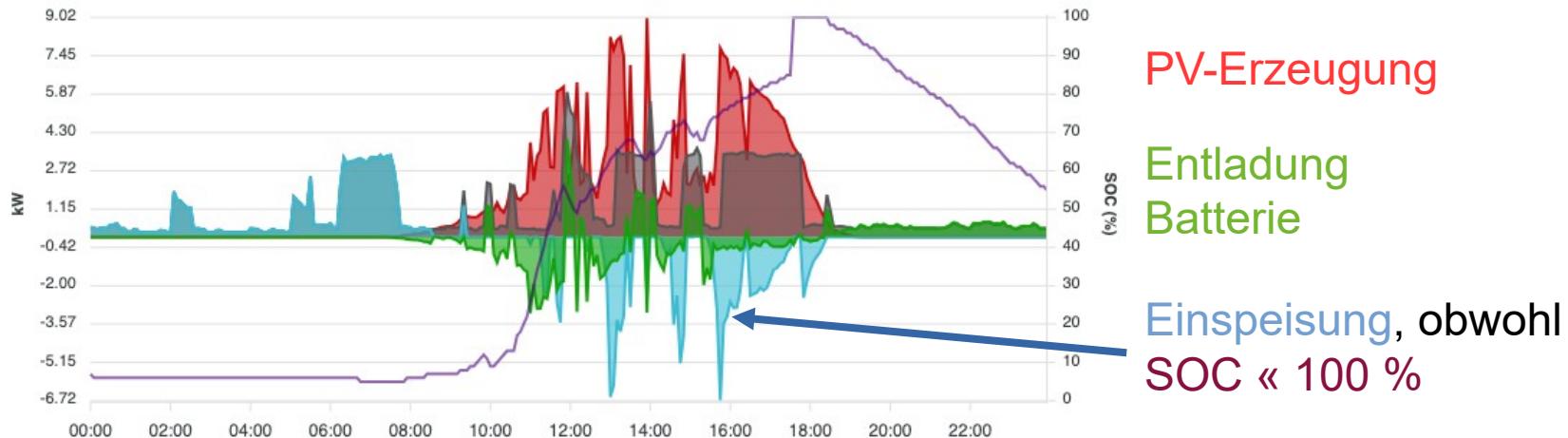
Solltemperatur
Warmwasser

→ Anforderung
WP 31,8 °C

Sollwert WQ	
Freigabe	EIN
Ergebnis (Freigabe = Aus)	0.0 °C
Freigabe Eingangsvariable 1	EIN
Eingangsvariable 1	31.8 °C
Freigabe Eingangsvariable 2	EIN
Eingangsvariable 2	5.0 °C
Freigabe Eingangsvariable 3	AUS
Eingangsvariable 3	36.0 °C
Freigabe Eingangsvariable 4	EIN
Eingangsvariable 4	5.0 °C
Freigabe Eingangsvariable 5	EIN
Eingangsvariable 5	5.0 °C

Beispiel PV-Überschuss

Lade- und Einspeisestrategie Wechselrichter:



Abfangen der Einspeisung, **aber** Entladung der Batterie bei zu hohem Verbrauch vermeiden



Beispiel PV-Überschuss

Anforderung Wärmepumpe:

Eliminieren von kurzen Schwankungen in der PV-Erzeugung

→ Mittelwert über 20 min

Beginn Überschussanforderung bei Netzeinspeisung $\geq 2,0 \text{ kW}$

Ende Überschussanforderung bei Netzeinspeisung $\leq 0,25 \text{ kW}$

Leistungsaufnahme der Wärmepumpe senkt Netzeinspeisung

→ sofortiges Abschalten nach Anlauf der Wärmepumpe
vermeiden



Beispiel PV-Überschuss

Regelung Solltemperatur Wärmepumpe:

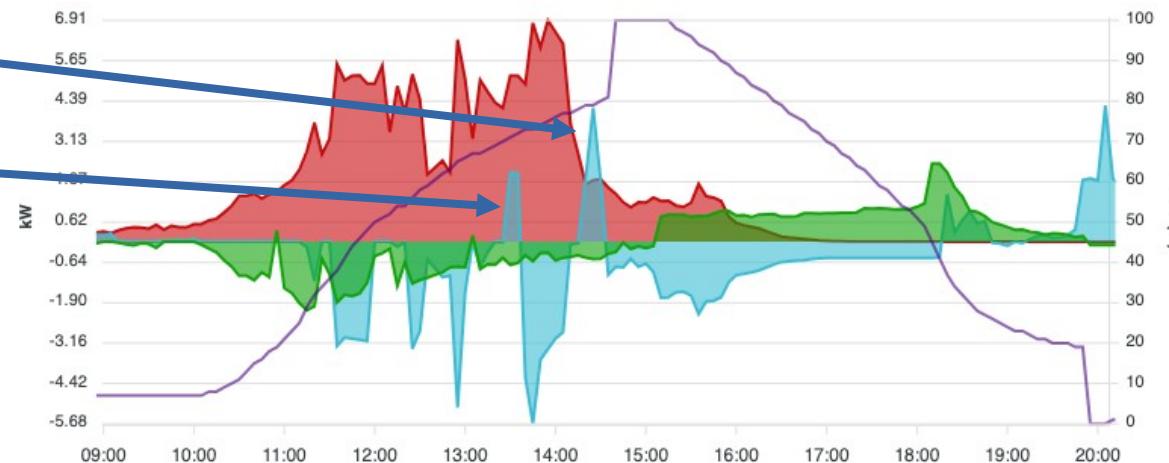
Differenz Rücklauftemperatur und Solltemperatur begrenzen, sonst geringere Leistungszahl und Übersteigung des PV-Überschusses

- Während Heizperiode Überhöhung der Raumtemperatur WP läuft länger bei niedrigerer Temperatur mit höherer Leistungszahl und geringerem Stromverbrauch
- dynamische Solltemperatur 3 K über Temperatur im Pufferspeicher oben 2



SOC → 100 %

WP mit Heizstab



PV-Erzeugung

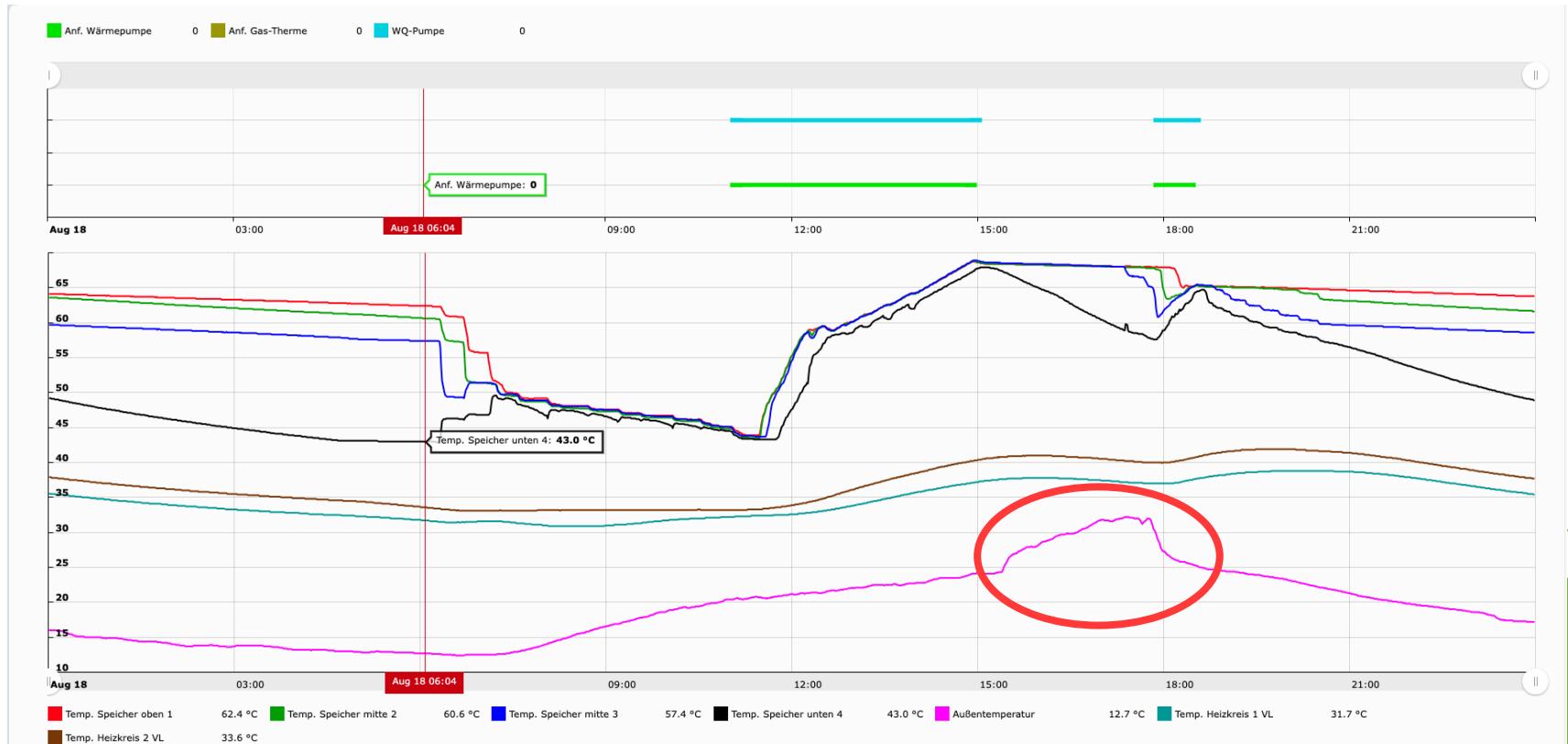
Batterieleistung

Netz

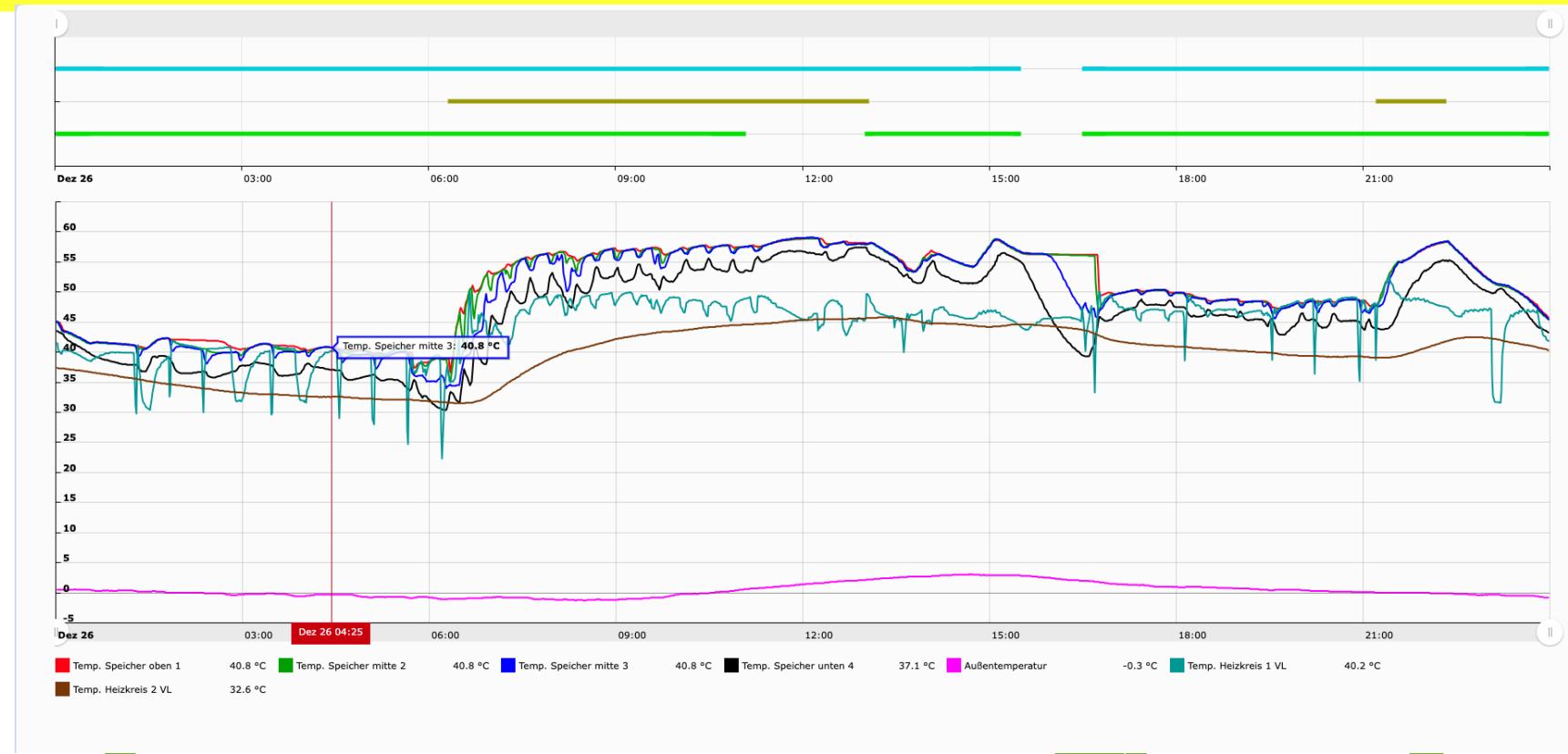
SOC



Beispiel sonniger Sommertag



Fun Fact: Last Christmas



Erfahrungen

Gas-Brennwertgerät für Hybridbetrieb:

Stromkostenersparnis für Wärmepumpe wird nach ca. 15 Jahren Zusatzkosten für Gasgerät amortisieren
→ spätere nur Installation einer stärkeren Wärmepumpe

Verbrauch/Autarkie: Strom Gas

Mai bis August: > 90 % 0

November bis Januar: 10 % bis 30 %

ca. 1200 kWh/m



Empfehlungen

Warmwasserzirkulationen in allen Systemen vermeiden

Nur notwendige Teilkreise im Leistungssystem nutzen
v. a. im Sommer und der Übergangszeit

Heizflächen voll nutzen, dafür niedrigere Temperaturen

Speicher- und Nachwärmeffekte bedenken

Individuelle Gegebenheiten und Verbrauchsverhalten so weit
wie möglich in der Regelung berücksichtigen

→ **Einsparpotential**



Quellen

Technische Alternative (www.ta.co.at)

Technische Alternative Wiki (wiki.ta.co.at)

energy-concept (www.energy-concept.eu)

RCT Power (www.rct-power.com/de)

Bundesverband Wärmepumpe e. V. (www.waermepumpe.de)

timeanddate (www.timeanddate.de)



Programmierbeispiel

Motivation:

Außenfühler an NW-Seite wird nachmittags von Sonne bestrahlt
→ zu hohe Messwerte führen zu geringerer VL-Temperatur
→ „Hardwarelösung“ nicht zielführend

„Softwarelösung“:

Korrektur der Messwerte zu den Zeiten einer
Sonnenbestrahlung auf den Außenfühler
→ individuelle Programmierung einer Funktion am Regler



Programmierbeispiel

Konzept:

Korrektur des Messwertes nur zu den Zeiten aktiv, wenn Sonne auf Außenfühler scheint

- Uhrzeit Problem Sommer- und Winterzeit, Zeitgleichung
- Im Winter Sonne zu niedrig für Strahlung auf Außenfühler
- Daten aus Systemwerten Sonnenrichtung und -höhe

Bei Bewölkung geringe/keine Sonnenstrahlung und
Messwerterhöhung

- Korrektur bei geringer PV-Leistung verringern



Programmierbeispiel

Umsetzung:

Einschaltbedingung Sonnenrichtung $> 225^\circ$ UND
Einschaltbedingung Sonnenrichtung $< 260^\circ$ UND
Einschaltbedingung Sonnenhöhe $> 12^\circ$ UND
Einschaltbedingung PV-Leistung $> 5 \text{ kW}$ →
Korrektur Messwert um -3 K

Überprüfen der Bedingungen mit Vergleichsfunktionen
UND-Verknüpfung mit Logikfunktion
Freigabe Mathematikfunktion für Wertekorrektur



Bonus: Hybridmanagement

Überlegung:

Leistungszahl der Wärmepumpe muss mindestens so hoch sein wie das Verhältnis der Arbeitspreise Strom/Gas

- dann Wärmepumpe günstiger
- sonst Gas günstiger

Umsetzung:

Bestimmung der Maximaltemperatur der Wärmepumpe für Außentemperaturen zur Einhaltung der Leistungszahl

- Wärmepumpe heizt bis zur jeweiligen Maximaltemperatur
- bei höheren Solltemperaturen Zuschaltung der Gastherme



Bonus: Hybridmanagement

kWh Strom/ct	26,2	28,82	28,85	
kWh Gas/ct	8	12,3	10,52	
ökologisch				
T max/°C				
	min. Leistungszahl	3,28	2,34	2,74
AT/° C				1,70
20		61	80	70
15		55	74	64
10		49	68	58
5		44	62	52
0		36	51	43
-5		30	45	37
-10		24	39	31
-15		19	33	26
-20		13	27	20
				47

