



# Der deutsche Winter-Strommix ist bereits jetzt schon “grün“ genug für Wärmepumpen!

Teil 1 - 24 Monate Betriebserfahrung und Optimierung einer L/W-Wärmepumpe in einem Altbau

Teil 2 – Vergleich der externen und internen Messung der Arbeitszahlen der Wärmepumpe

Teil 3 - Vergleich CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärmepumpe –versus- Gas-Brennwertkessel (monatl. CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren ! )

Teil 4 – dynamische Stromtarife und netzdienlicher Betrieb einer Wärmepumpe

Artikel aus



Ausgabe  
05/2024

16. EffizienzTagung - klimaneutral Bauen + Modernisieren - 8. und 9. November 2024 | Hannover Congress Centrum



## Winter-Strom-Mix ist bereits grün genug für Wärmepumpen!

Der erste Teil des Vortrags präsentiert Daten eines zweijährigen Verbrauchs- und Betriebs-Monitorings einer Luft-Wasser-Wärmepumpe (7 kW). Das Monitoring umfasst u.a. Kompressor-Laufzeit, Startvorgänge, das „Eigenleben“ des elektrischen Heizstabes sowie weitere Möglichkeiten der Betriebsoptimierung.

Teil 2 vergleicht externe Messungen mit internen Messwerten der WP-Regelung zur Bestimmung der Energiemengen und Arbeitszahlen

Teil 3 untersucht die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz von Wärmepumpe und vorherigem Gas-Brennwert-Kessel. Es zeigt sich zum einen, dass der deutsche Strommix bereits sehr grün ist, auch im Winter, zum anderen liefert selbst in einem sanierten Bestandsgebäude eine L/W-Wärmepumpe eine deutliche CO<sub>2</sub>-Reduktion von 50 % gegenüber einem effizienten Gas-Brennwert-Kessel.

Teil 4 schätzt das Potenzial zur Betriebskosten-Reduzierung durch dynamische Strompreise /flex-Strom-Tarife ab und zeigt die erforderlichen Änderungen im Wärmepumpen-Betrieb sowie dem Heizverhalten auf

# - Energieeffizient denken - vernetzt handeln

## Über uns

- ✓ beks EnergieEffizienz, gegründet in 2006 als Unternehmen der gemeinnützigen Klimaschutzagentur energiekonsens
- ✓ als 100-prozentige Tochter werden erzielte Jahresüberschüsse an die gemeinnützige Klimaschutzagentur ausgeschüttet und dort für Klimaschutzprojekte eingesetzt.
- ✓ unsere Dienstleistungen richten sich an Institutionen, Kommunen, Unternehmen und Wohnungswirtschaft.
- ✓ In Bremen verwurzelt ist die beks mit ihren Beratungsleistungen im Nordwesten tätig.

## Unsere Leistungen



## Unsere Kunden



## Unser Team

ein interdisziplinäres Team aus Architekten, Ingenieuren, Physikern, Energiemanagern und Umweltwissenschaftlern bietet langjährige Erfahrung und Fachwissen im Bereich Energieeffizienz, Bauen, Sanieren und Projektmanagement.

# Wärmepumpen-Mythen im Fakten-Check



**...Wärmepumpen eignen sich nur für Neubauten oder komplett sanierte Gebäude! ... funktionieren nur mit einer Fußbodenheizung!! ... die Umrüstung kostet über 300.000 EUR !!!**

Von: FELIX RUPPRECHT  
25.04.2023 - 14:15 Uhr

Weiterlesen mit

Die Wärmepumpe soll DER große Heilsbringer der Heiz-Wende werden, sagen Wirtschaftsminister Robert Habeck (53, Grüne) und seine Top-Berater.

**Doch jetzt kommt raus: Mit dem aktuellen Strommix sind die Anlagen womöglich sogar klimaschädlicher als Gas-Heizungen! Lesen Sie mit BILDplus, warum Wärmepumpen dem Klima erst mal NICHTS bringen.**

**Wer's glaubt wird selig!**

**...den größten Mythen auf den Zahn gefühlt !!**

# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

**Ausgangs-Situation: Siedlerhaus BJ 1950 / in 1999 Anbau Holzständerbauweise und Altbau saniert**

Wohnfläche „verdoppelt“ (70m<sup>2</sup>->150 m<sup>2</sup>) und Gasverbrauch „halbiert“ >> Faktor 4 / **Heizlast ca. 6 bis 7 kW**

Gas-Verbrauch ursprünglich von 28.000 auf **16.000 kWh/a (Hs)** Heizen: 80 kWh/m<sup>2</sup>a WW: 25 kWh/m<sup>2</sup>a

U-Werte Wand/Dach/Fenster 0,22 / 0,23 / 1,4 -> **Gebäudehülle heute(!) nicht mehr BEG-Förderfähig !**

**keine Fußbodenheizung !** sondern gut dimensionierte Platten-Heizkörper -> **Gebäude: „Wärmepumpen ist ready“**

über 20 Jahre Betrieb mit nahezu 100% Brennwert-Nutzen, dank tiefer Vor/Rücklauf-Temperaturen 50°C/40°C

**Brennwert-Check! Messung ca. 1,0 Liter Kondensat pro m<sup>3</sup> Gas bei - 8°C Außentemperatur !**

Brennwert-Kessel (26 Jahre) am Ende der technischen Nutzungsdauer / dann in 2020 Totalschaden!!

> defekte Hauptplatine, > keine Ersatzteile mehr ... > Zwischenlösung mit „gebrauchter“ Gas-Brennwert-Therme  
...passiert natürlich während der Planungsphase und Förderantragstellung /

BAFA-Bescheid Nov 2020 / Antragserweiterung in 2021: Nachträglich Einbau einer Wohnungslüftung mit WRG

Verlängerung um 1 Jahr beantragt und bewilligt/ Fertigstellung Nov 2022 /

Verwendungsnachweis: Mrz 2023 / Förderbescheid nach 5 Tagen!



# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

Frage an die Experten-Runde: Welcher jährlicher Stromverbrauch ist für die Luft/Wasser-Wärmepumpe und Lüftung zu erwarten?

Anmerkung: keine Fußboden-Heizung vorhanden ! kein PV zur Unterstützung !!

Stromverbrauch in kWh/a	unter 3.000	3000 bis 3500	3500 bis 4000	4000 bis 4500	4500 bis 5000	5000 bis 6000	über 6.000	über 8.000
Anzahl /Einschätzung								

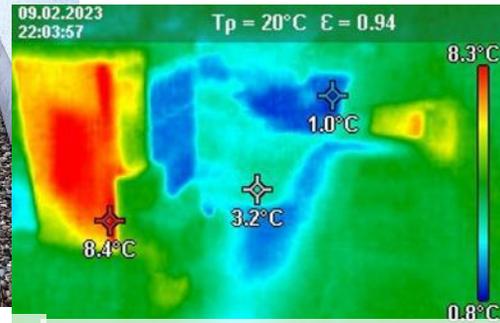
2.700 kWh/a für „Heizen“ inkl aller Umwälzpumpen  
900 kWh/a für „WW-Bereitung“  
250 kWh/a für Wohnungslüftung mit WRG  
**3.850 kWh/a für Gesamt-System**

# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH



# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

Aufbau der Außeneinheit / Sicherheitsabstände zur Kellertreppe und Fenster (Kältemittel R290 Propan)/  
frostfreie Grube für Kondensatablauf / Rohrleitungen mit 100% ENEC Dämmung/  
verlegt in KG Rohr 160mm / Dämmschürze über Kanal mit 60mm XPS



die Dämmschürze  
über dem Kanal wirkt!  
(>> blauer Bereich der Thermografie)

Abschätzung  
Leitungsverluste > 3%  
Verluste im Stromverbrauch  
enthalten!



Vereisung und Abtauen  
des Verdampfers  
je nach Witterung  
4 bis 6 mal pro Tag!



„optische“ Einhausung,  
um Sichtbarkeit von Straßenseite  
zu verhindern !

keine akustische Einhausung  
erforderlich, da < 50 dBA  
im Tagbetrieb



# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

Umbau des Heizungsraums / 2-Speicher-System mit 500 Liter Hzg Puffer + 300 Liter WW-Speicher  
(zu schmale Kellertüre (74cm) großer Kombi-Speicher 800 Liter mit 78 cm Durchmesser)

neuer Elektro-Schaltschrank mit vier Zählerplätzen (Platz für 2-Richtungszähler, WP, PV, Wallbox, APZ Feld)

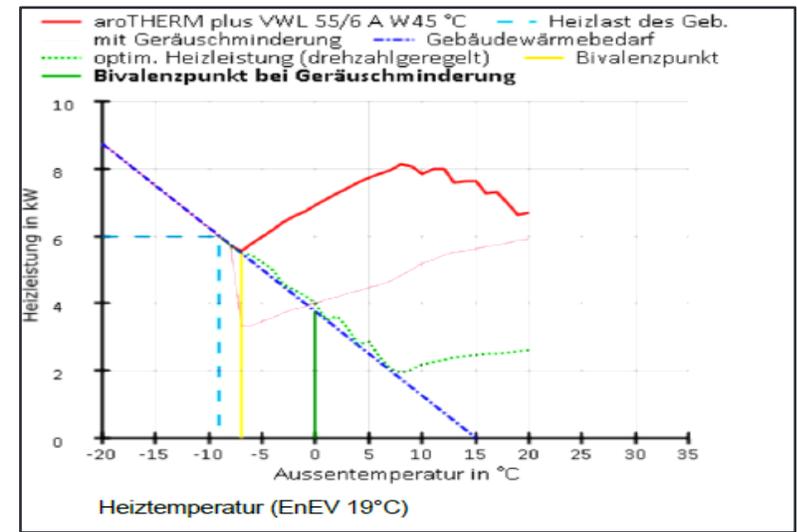
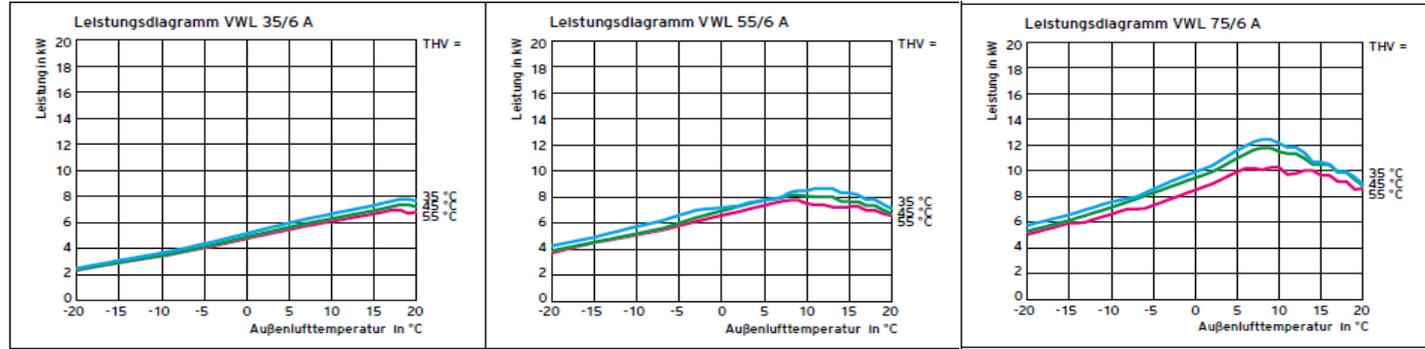




aroTHERM plus mit uniTOWER

aroTHERM plus / uniTOWER

VWL 35/6 A mit uniTOWER - VWL 125/6 A mit uniTOWER / VIH QW 190/6



JAZ-Rechner des bwp

-9°C Bremen /HGZ +12°C  
40°C/35°C V/R  
WW 55°C Anteil 15%

	VWL35	VWL55	VWL75
JAZ (Hzg)	4,1	4,1	4,7
JAZ (WW)	3,1	3,1	3,5
JAZ (ges)	3,9	3,9	4,5
COP (A2/W35)	3,59	3,60	4,2
Nennleistung (A-10/W45)	3,8	5,5	7,0 kW
Heizlast-10° 6 kW Heizstab erforderlich?	ja	ja	nein
Heizlast +7° 2,5 kW Nennleistung ( A7 /W35)	3,3	3,4	4,6 kW

Gewählt: aroTherm plus / VWL 75/6A Kältemittel R290 /Propan  
Heizungspuffer 500 Liter / WW 300 Liter  
Hydraulik-Einheit mit 7 kW Heizstab

Begründung: insg bessere JAZ, bessere COP bei A2  
größerer Verdampferflächen/Ventilator

absolut monovalent /kein Heizstab erforderlich => Netzdienlichkeit hoch!

ca. 1,0-1,5 kW Heizleistung als Reserve für längere  
Sperzeiten von 4-6 Std => Netzdienlichkeit hoch!

immer ausreichende Leistung bzw Abregelung im „Flüsterbetrieb“  
möglich / Leistungsdroslung bei Außentemp. > 5 °C

dafür 500 l Heizungspuffer + 300 l WW zur Laufzeitverlängerung  
Kontrolle der Kompressorlaufzeit

Frage: wenn in Zukunft mehr als 1 Mio Wärmepumpen im Netz den elektr. Heizstab bei sehr kalten Bedingungen dringend benötigen... weil so dimensioniert wurde!... wie Netzdienlich ist das? Nach §14a wird auch der Heizstab auf 4,2 kW abgeregelt! Dann lieber mit 4,2 kW die Wärmepumpe betreiben...  
...MONITORING - 24 Monate Betriebserf

# Messkonzept für das Monitoring der L/W-Wärmepumpe

## Schema einer Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Bilanzgrenze für das Gesamtsystem

Erfassung des gesamten Stromverbrauches, Antriebsenergie des Kompressors, Hilfsenergie für Regelung, Förderpumpen, elt. Heizstab,

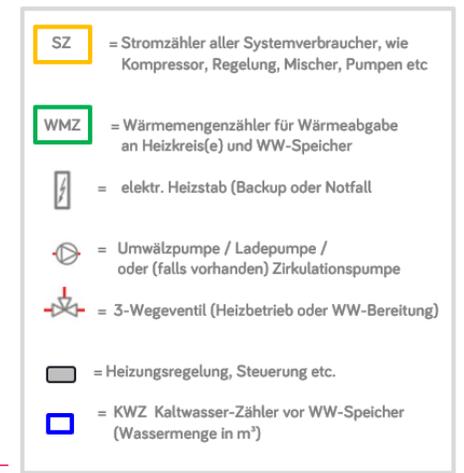
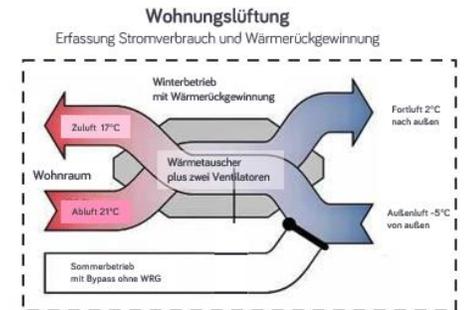
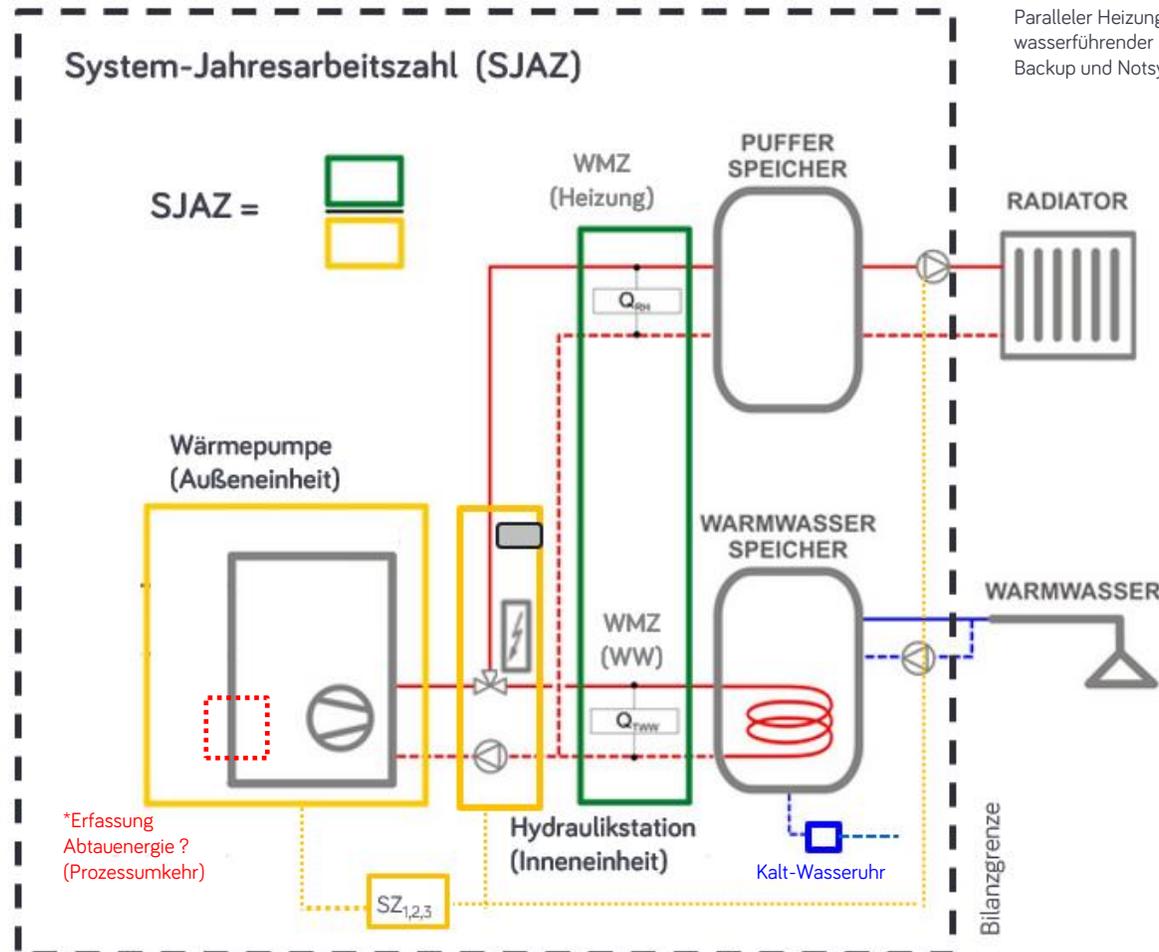
gelieferte Wärmemengen für Heiz- und Warmwasser-betrieb.

Jahresenergiemengen für die Ermittlung der System-Jahres-Arbeitszahl\* (SJAZ)

Lüftungssystem mit Erfassung von Stromverbrauch und Wärmerückgewinnung (WRG)

Arbeitszahl Lüftung = WRG / Stromverbrauch

\*Problem: derzeit noch keine Erfassung der Abtau-Energie / Vereisung des Verdampfers / Abtauenergie aus Heizungspuffer durch Prozessumkehr /  
> Info aus 3. Ebene in der System-Regelung?  
> zukünftig über Hersteller-App ?



# Messkonzept für das Monitoring der L/W-Wärmepumpe

Messkonzept: externe Wärmemengenzähler vor Hzg-Puffer und WW-Puffer, Kalt-Wasseruhr, 3 Hutschienen-Zähler für WP-Einheit, extra für elt. Heizstab und Lüftungsanlage, Lastgangerfassung über WLAN mittels „power fox“, Datenlogger für Temperatur-Messung von Vor/Rücklauf



WMZ vor Heizungspuffer und WW-Speicher



Stromzähler für Lüftungsgerät



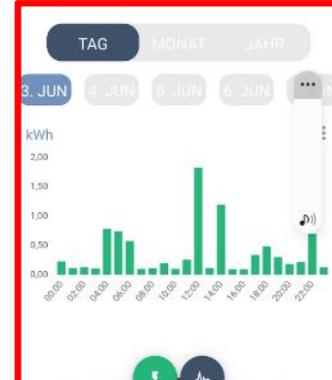
Zähler für elt-Heizstab



Stromzähler für Außeneinheit und Hydraulikeinheit



digitaler Stromzähler mit aufgesetztem „power-fox“ Lastgang Auslesung über SO-Schnittstelle und WLAN



Datenlogger



Analoge Temperatur-Anzeige bis 120 °C sinnlos bei WP mit nur 25°C bis 40°C Vorlauf



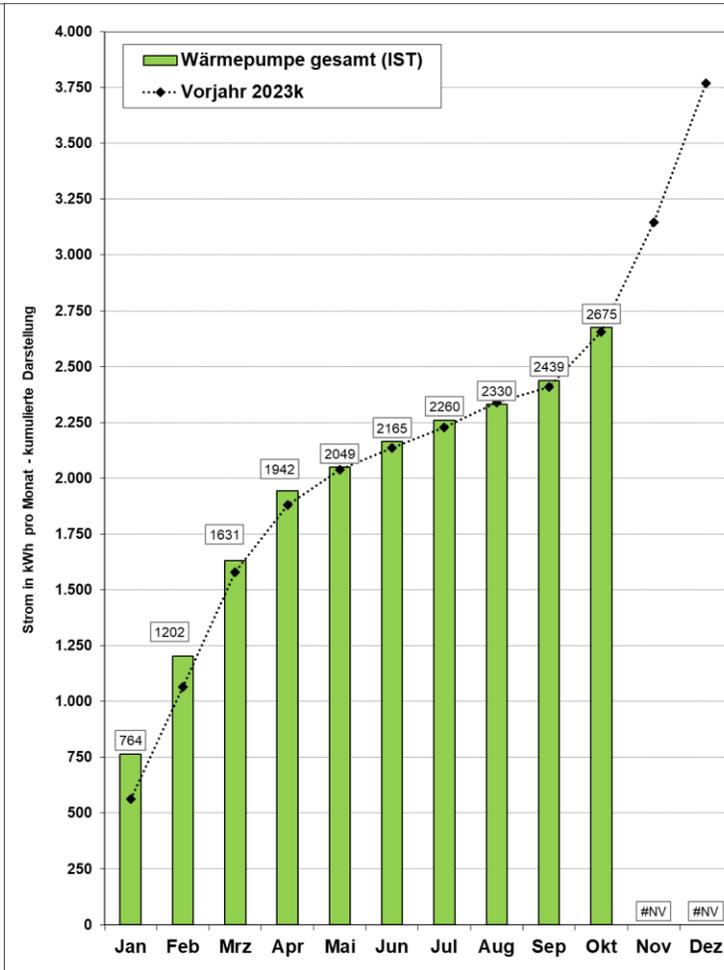
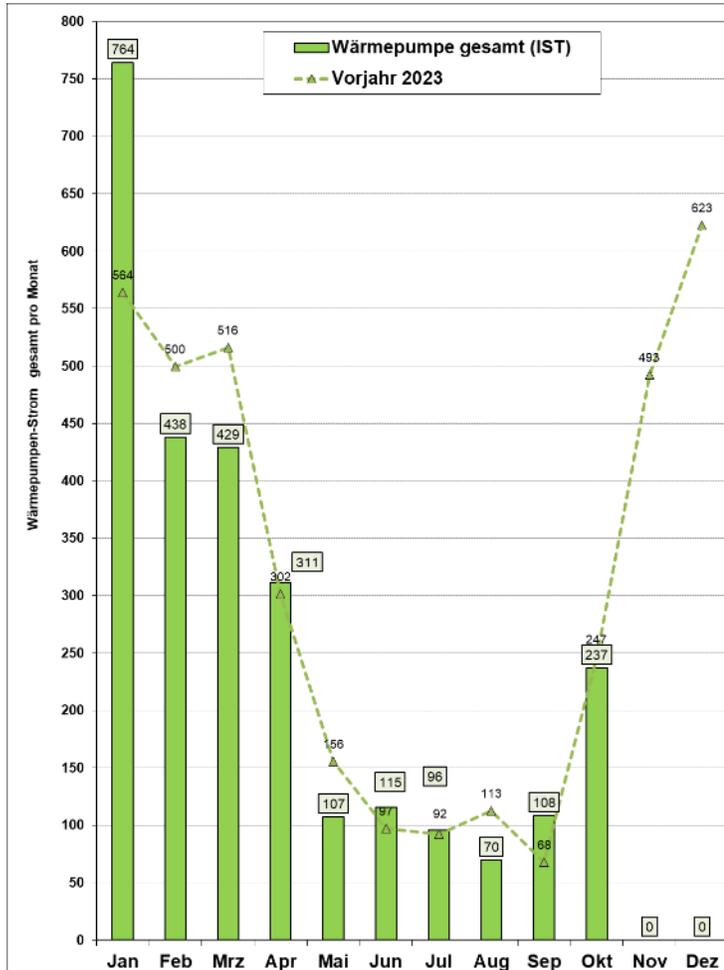
Kaltwasser-Zähler vor WW-Speicher

## Zusatzkosten des Messkonzeptes

- 2 x WMZ ca. 300 €
  - 1 x Wasseruhr (ungeeicht) ca. 25€
  - 3 x Hutschienenzähler (ein-phasig) 3x45€
  - IR-Auslesekopf für digitalen Stromzähler ca. 90€
- Summe ohne Einbau: 550 €**

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

- Messergebnisse & erreichte Effizienzwerte / Was die Wärmepumpen-App nicht kann !



## Strom-Verbrauch „gesamt“ (Hzg & WW)

- ✓ Vergleich aktueller Verbrauch mit den Monatswerten aus dem Vorjahr
- ✓ Kumulierte Darstellung
- ✓ Wie liegt der Verbrauchstrend?
- ✓ Läuft etwas aus dem Ruder?

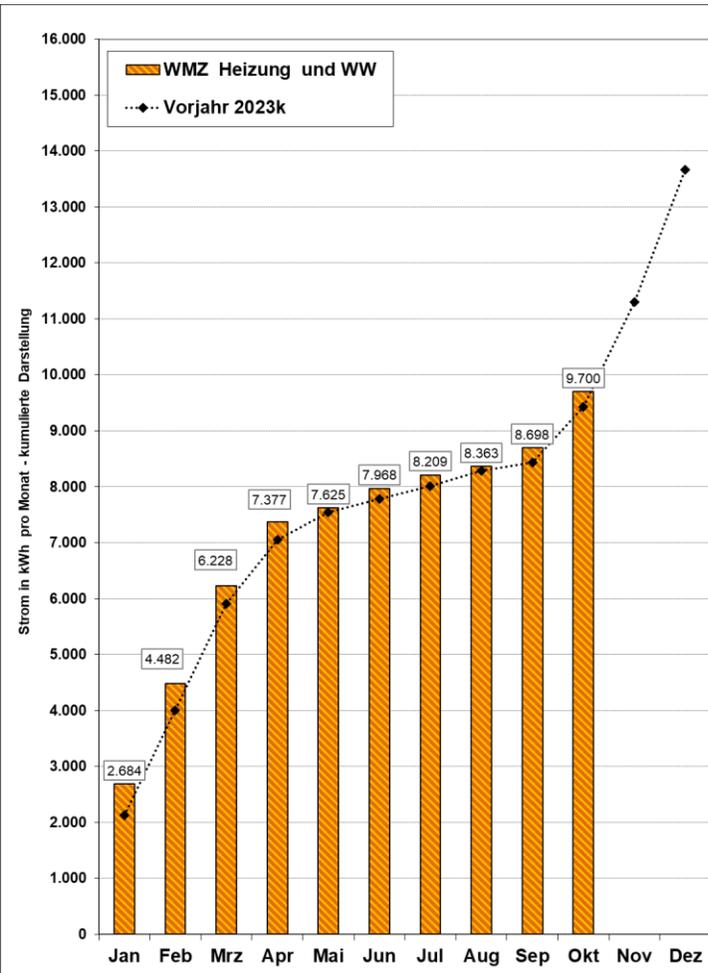
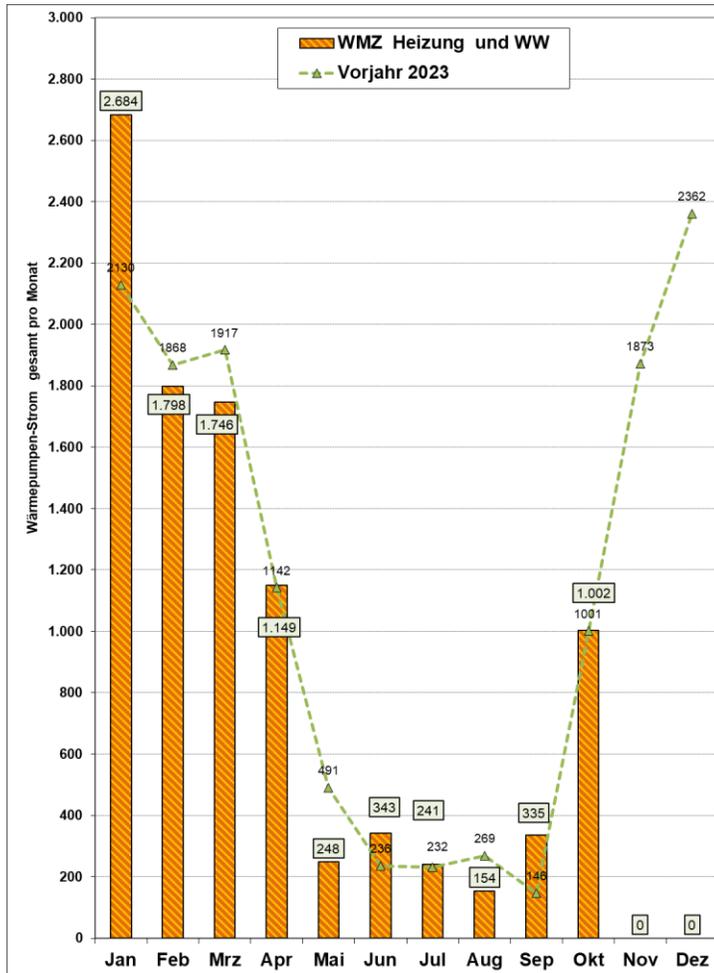
## drei typische Betriebsphasen

Anteile des Jahres-Stromverbrauches

<b>Kern-Winter: Nov/Dez/Jan/Feb/Mrz</b>	<b>73%</b>
Übergangszeiten: Apr / Sep	15%
Sommer-Betrieb: Mai/Jun/Jul/Aug/Sep	12%

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

- Messergebnisse & erreichte Effizienzwerte / Was die Wärmepumpen-App nicht kann !



## Wärmeerzeugung gesamt

- ✓ Vergleich aktueller Verbrauch mit den Monatswerten aus dem Vorjahr
- ✓ Kumulierte Darstellung
- ✓ Wie liegt der Verbrauchstrend?
- ✓ Läuft etwas aus dem Ruder?

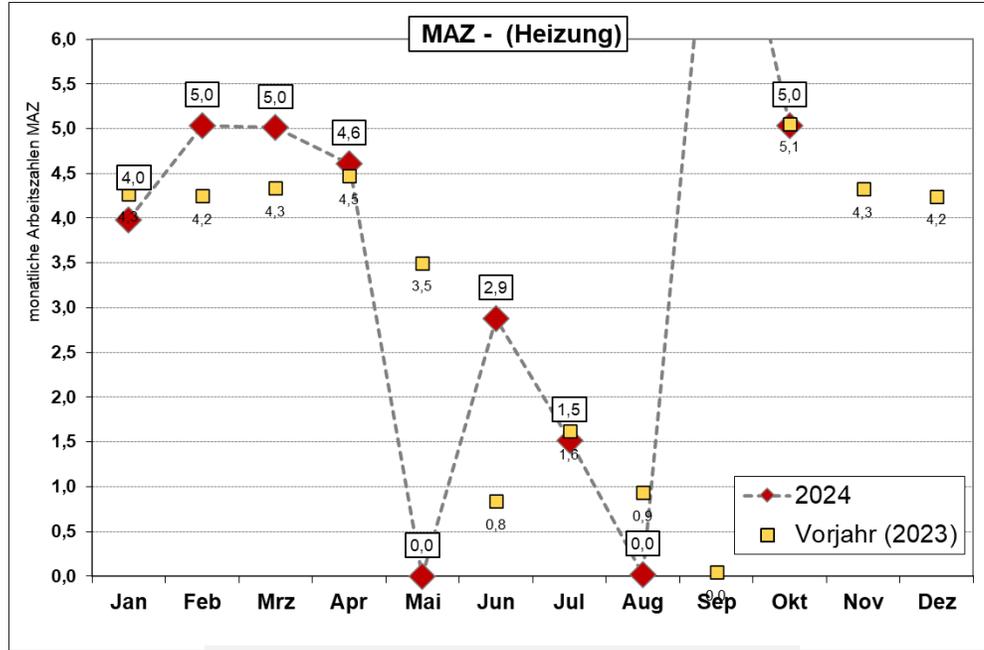
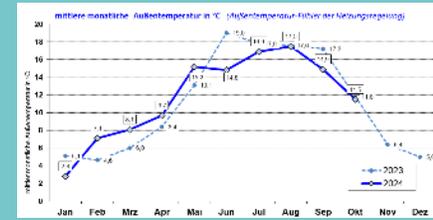
## drei typische Betriebsphasen

Anteile der Jahres-Wärmemengen

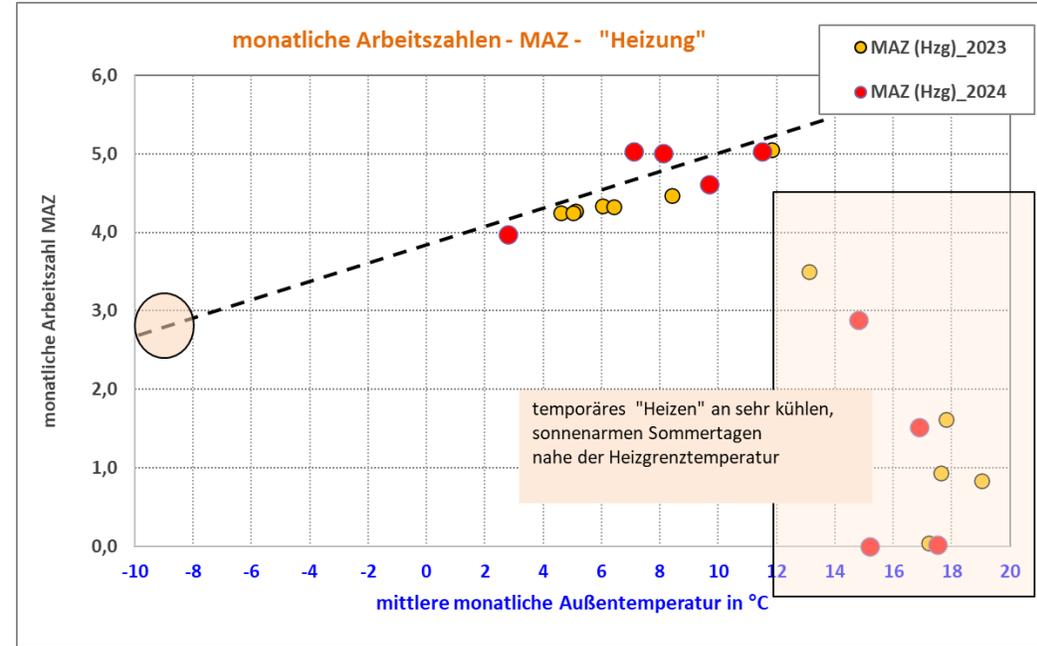
<b>Kern-Winter: Nov/Dez/Jan/Feb/Mrz</b>	<b>74%</b>
Übergangszeiten: Apr / Sep	16%
Sommer-Betrieb: Mai/Jun/Jul/Aug/Sep	10%

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## monatliche Arbeitszahl (WAZ) für „Heizen“



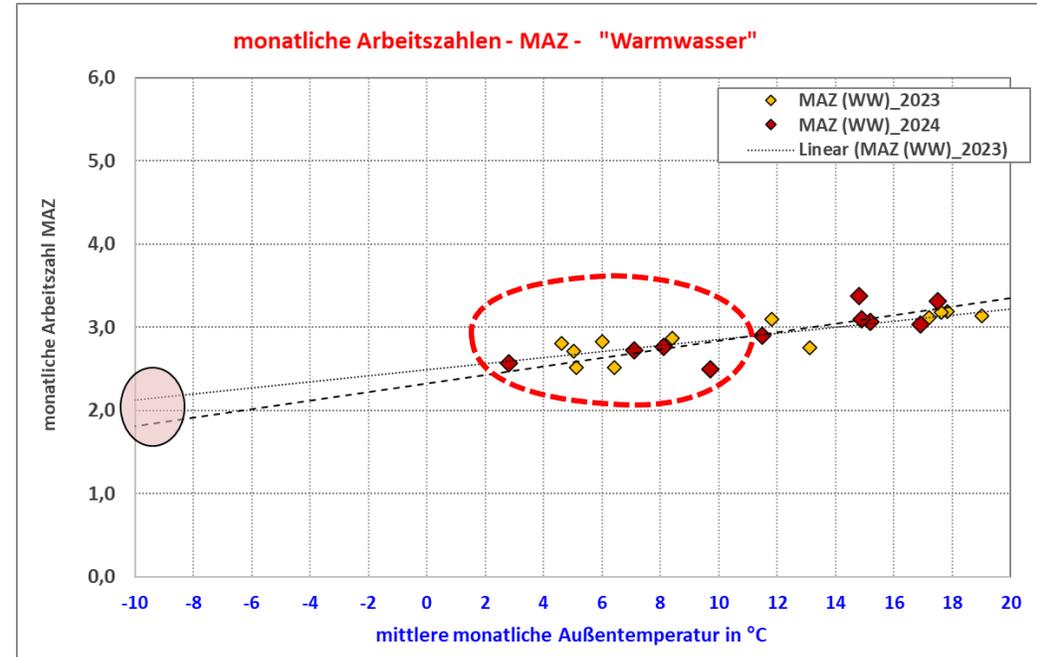
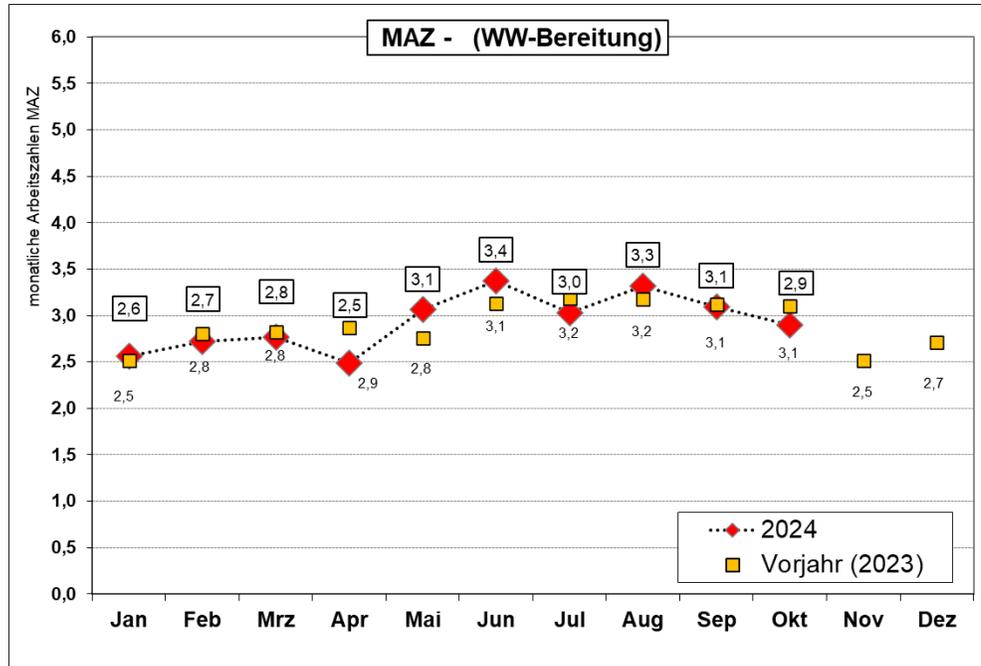
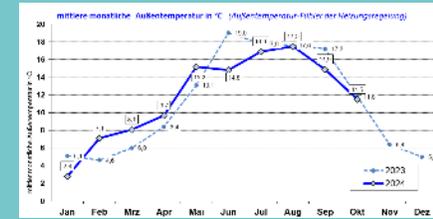
temporäres "Heizen" an sehr kühlen, sonnenarmen Sommertagen, nahe der Heizgrenztemperatur; Standby-Verbrauch Kompressor-einheit (Ölwannen-Heizung ?)



Konsequenz: leider geringe Effizienz bei „Heizen“ im Sommerfall!!  
 > WP-Kompressor lang aus  
 > Pufferspeicher abgekühlt, muss erst aufheizen  
 Einfluss insgesamt? **aber völlig undramatisch!**  
 da geringer Verbrauch & Börsen-Strompreis „billig“  
 oder eigener PV-Strom vorhanden !

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## monatliche Arbeitszahl (WAZ) für „Warmwasser“



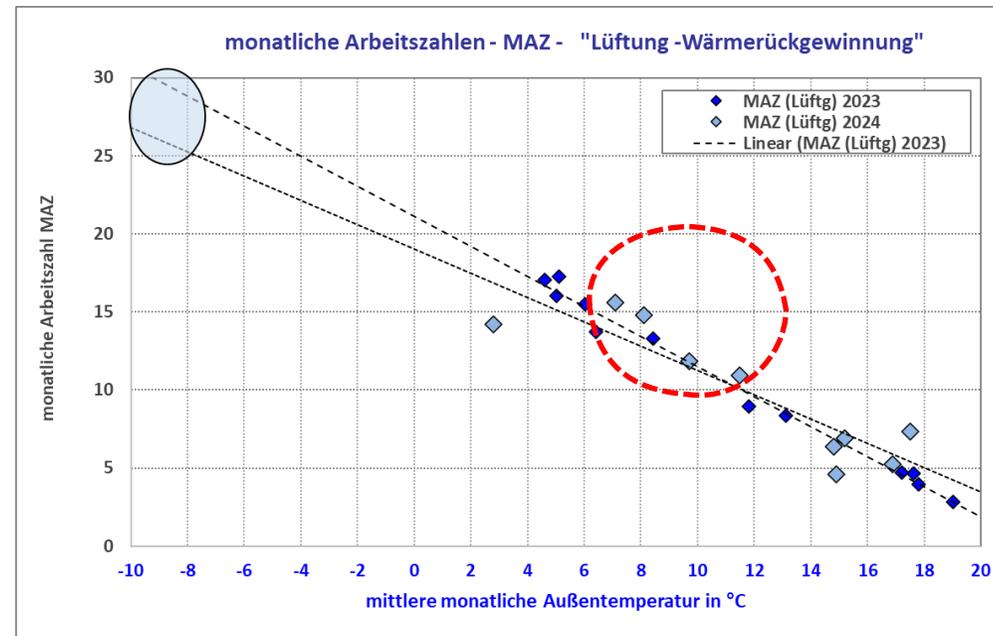
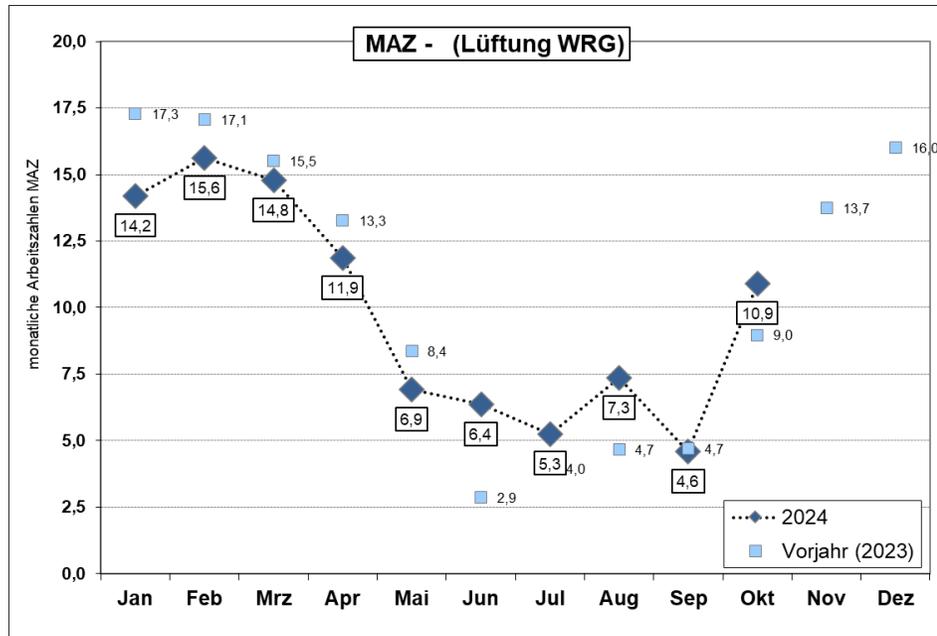
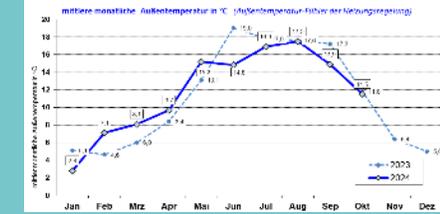
auch im „Kernwinter“ eine gute Arbeitszahl von 2,6 bis 2,7  
im Sommer hohe Arbeitszahlen von 3,1 bis 3,4

Frage: Kann eine Brauchwasser-Wärmepumpe da mithalten?  
Bilanz über das Jahr?

Arbeitszahl bei Norm-Außentemperatur -9°C  
im Bereich von 1,8 bis 2,2  
Betrifft aber nur 3 bis 5 Tage pro Jahr!  
Zum Vergleich: ein Durchlauferhitzer hat ganzjährig  
eine Arbeitszahl von nur 0,98 !

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## monatliche Arbeitszahl für „Wohnungslüftung mit WRG“



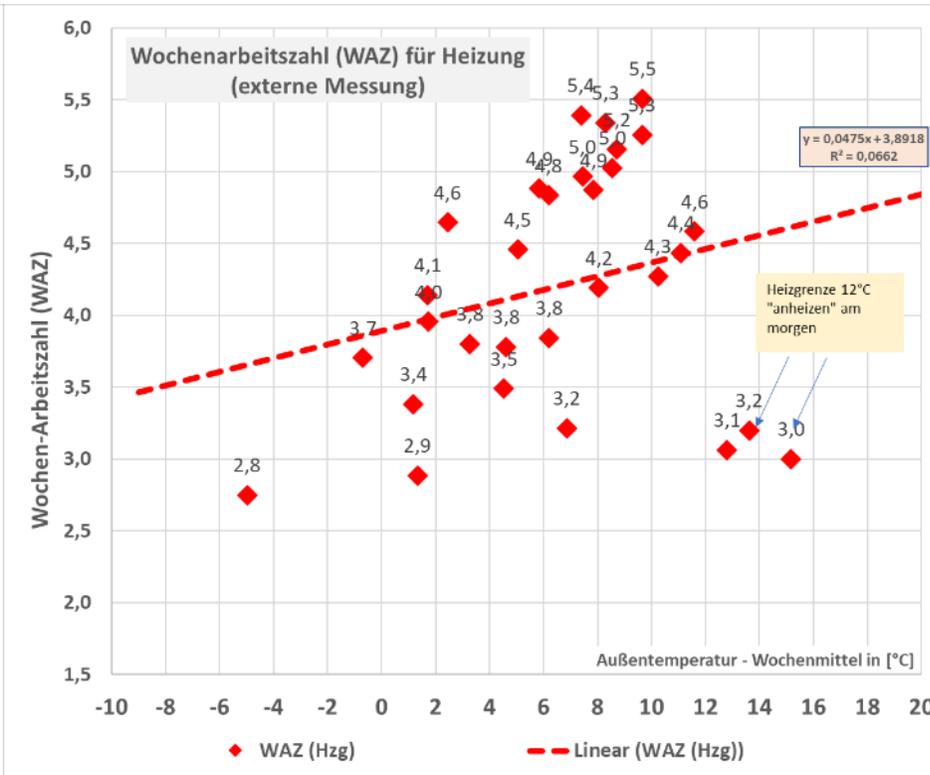
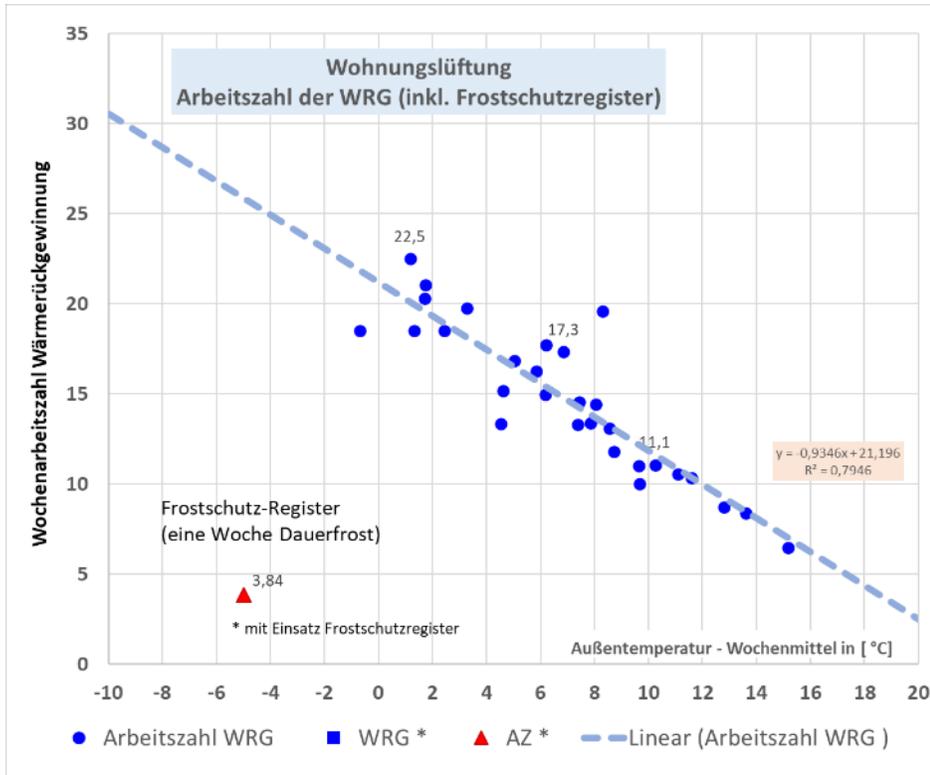
hocheffiziente Wohnungslüftung  
mit Passivhaus-Zertifizierung  
Wärmerückgewinnungsgrad 82%  
geringer Strombedarf 28 W bei 160 m<sup>3</sup>/h  
spezif. Stromverbrauch 0,18 Wh/m<sup>3</sup>

Arbeitszahl der WRG im Bereich von 10 bis 15 !  
Wohnungs-Lüftung mit WRG und L/W-Wärmepumpe  
ergänzen sich perfekt gerade im „Kernwinter“

Fazit: WRG spart vor allem im Winter  
mehr Strom als PV-Erzeugung zur Eigenbedarfsdeckung beitragen kann!!  
» eine WRG ist damit netzdienlich und senkt die Heizlast

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## wöchentliche Arbeitszahl (WAZ) für L/W-Wärmepumpe und Wohnungslüftung mit WRG



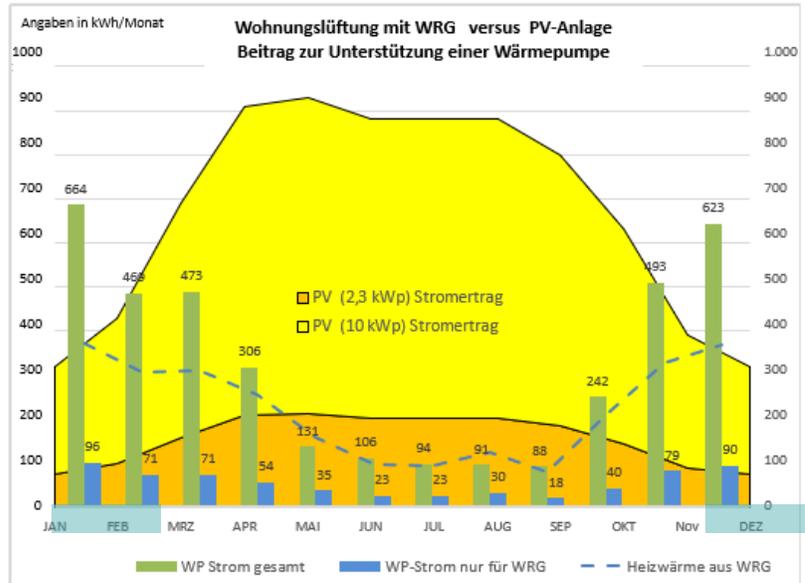
Auswertung  
Wochen-Arbeitszahl im  
„Kern-Winter“  
Nov 2022 bis Apr 2023

Die Wohnungslüftung mit WRG leistet genau dann einen großen Beitrag, wenn

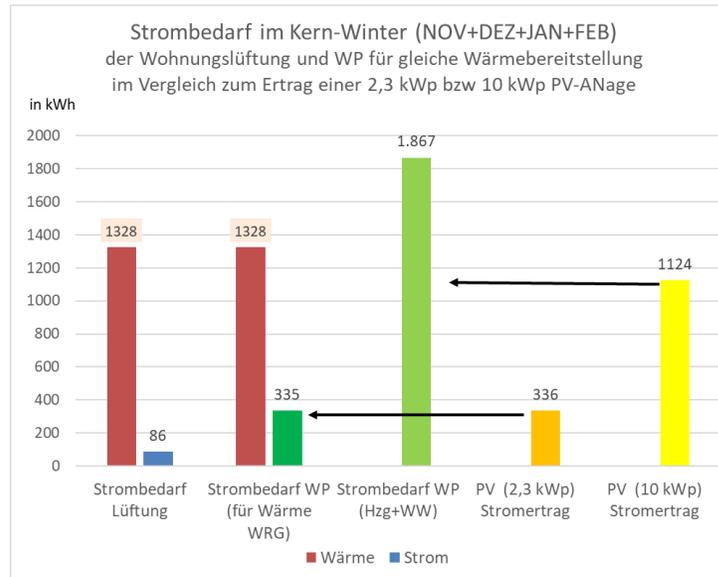
die L/W-Wärmepumpe bei tiefen Außen-Temperaturen eine geringere Effizienz hat

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## Beitrag Wohnungslüftung mit WRG versus PV-Anlage zur Unterstützung einer Wärmepumpe



Kern-Winter „Jan/Feb / Nov/Dez“  
ca. 50% bis 60% des Heiz-Strombedarfes



### Vergleich der Stromeffizienz im Zeitraum des Kern-Winters (Nov + Dez + Jan + Feb)

Strombedarf der Wohnungslüftung für die Wärmerückgewinnung bzw. die erforderliche Stromerzeugung aus PV, um die gleiche Wärmemenge zusätzlich durch eine Wärmepumpe, jedoch mit schlechter Arbeitszahl, zu decken

Wohnungslüftung mit WRG mit nur Strombedarf: 86 kWh zur Wärmerückgewinnung von 1.328 kWh/a Nutzwärme mit hoher Arbeitszahl von über 15

WRG ist um Faktor 3,9 besser

erforderlicher Wärmepumpen-Strom von 335 kWh um vergleichbare Heizwärme von 1.328 kWh zu liefern bei einer typischen Arbeitszahl von 3,5 bis 4,0

alternativ Stromerzeugung aus PV um Strom-Bedarf der WP zu decken:

kleine PV-Anlage (2,3 kWp) zur Erzeugung von 336 kWh

große PV-Anlage (10 kWp) Erzeugung von 1.114 kWh kann bestenfalls 60% der Stromnachfrage der WP im Kern-Winter abdecken (ca. 50% - 60% des Strombedarfes der WP fallen im Kern-Winter an!)  
Ertrag PV: Süd-orientiert/ 60° Neigung simuliert für den konkreten Standort der WP

Anmerkung: dieser Vergleich hinkt!

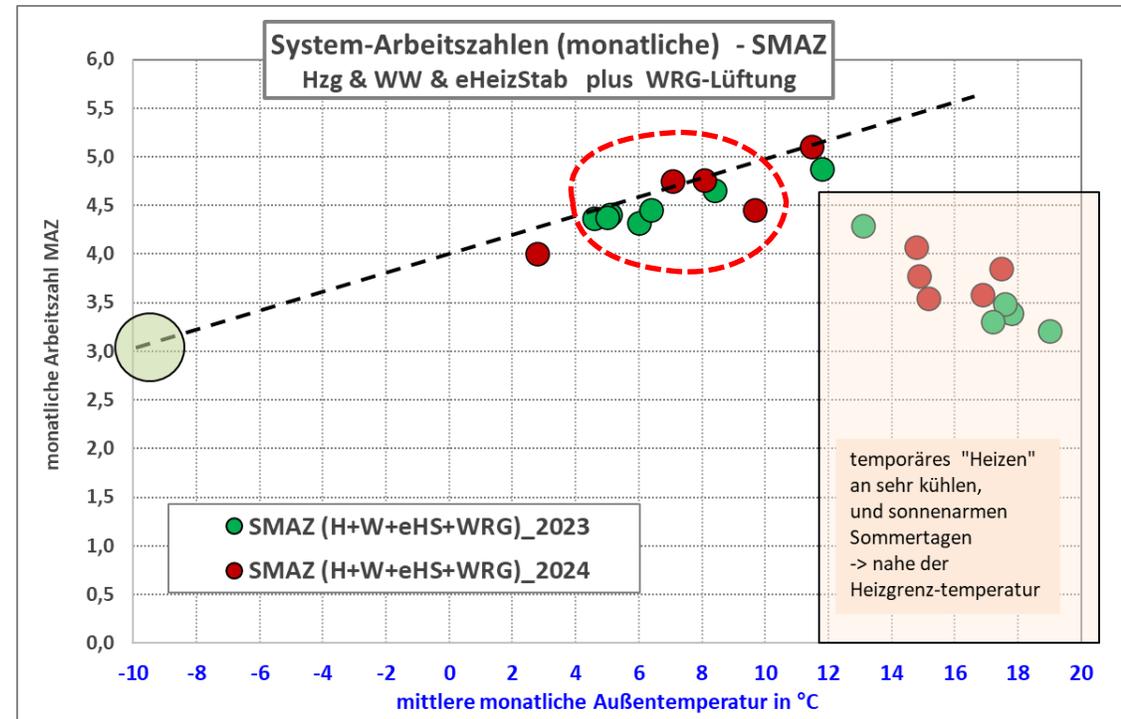
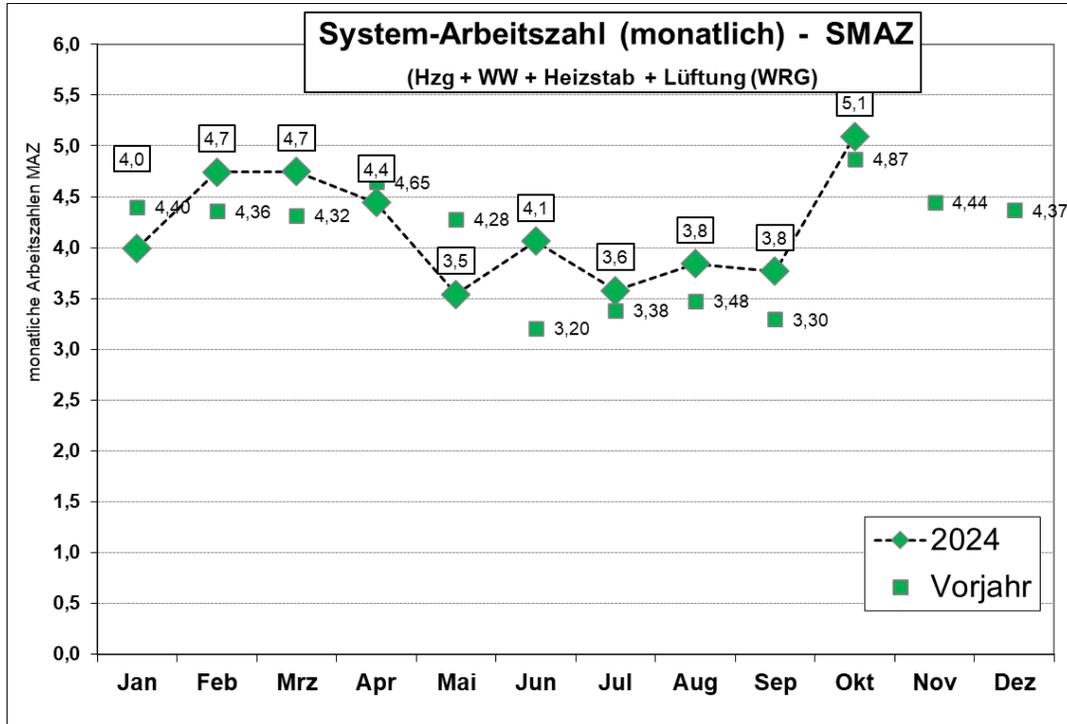
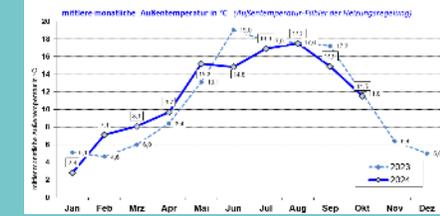
Die Wohnungslüftung liefert mit der Wärmerückgewinnung „immer“ eine Unterstützung der Wärmepumpe für 24 h / 7 Tage

Die PV-Anlage läuft im Winter nur wenige Std am Tage und liefert keinen Ertrag in den kalten Nächten.

Die Wohnungslüftung mit WRG ist daher wesentlich „netzdienlicher“ als eine PV-Anlage zur Unterstützung der Wärmepumpe!

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## monatliche System-Arbeitszahl (SWAZ) für „Heizen & WW & Lüftung“ inkl. Heizstab



System-Arbeitszahl im Bereich von 4,5 bis 5,0 !

Fazit: eine L/W-Wärmepumpe in Verbindung mit einer Wohnunglüftung mit WRG liefert vergleichbare Effizienzen wie eine (deutlich teurere) Geothermie-Anlage mit Fußbodenheizung

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## System-Jahresarbeitszahl für „Heizen & WW & Lüftung“ inkl. Heizstab

Prognose JAZ-Rechner **bwp** Bundesverband Wärmepumpen e.V.

Vollant aroTHERM plus VWL 75/16 // COP (A-7/W35 / A2W35 A7W35) 2,75 / 4,20 / 5,33  
 V/R 40/35°C / -5°C / Heizgrenze 12°C / monovalent / WW-Anteil 25% / Speicher-Temperatur 55°C

**Berechnung ohne Zusatzheizung (für die Förderung relevant)**

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Heizbetrieb	4,4
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe für Trinkwassererwärmung	3,1
Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlage	4,0

Ermittlung der System-Jahresarbeitszahlen SJAZ		Messzeitraum Nov 2022 bis Okt 2023	
Nutzerverhalten: mittlere Raumtempertur von 20°C bis 22°C je nach Raum Wohnfläche 150 m² komplett beheizt / ca. 3,5 Pers/Haushalt / WW-Verbrauch: 36 m³/a entspr. 99 l/d mit 55°C Soll-Temp.			
	"externe" Messung (ext. EnergieZähler)	"interne" Messung (Anzeige WP-Regler plus App-Daten)	
<b>Stromverbrauch inkl. E-Stub.</b>			
Stromverbrauch Hzg + E-Stub	2.763 kWh 76%	2.757 kWh 76%	"intern" ist Anteil E-Stub im Verbrauchs-Anzeige bereits enthalten
Stromverbrauch WW + E-Stub	857 kWh 24%	884 kWh 24%	
Summe Hzg+WW+E-Stub	3.620 kWh 100%	3.641 kWh 100%	
<b>Stromverbrauch WP (SZ1)</b>	3.549 kWh 98%	3.641 kWh	Abweichung zur externen Messung
E-Heizstab (SZ2)	72 kWh 2%	E-Stub oben enthalten	
<b>Strom gesamt</b>	<b>3.620 kWh 100%</b>	<b>3.641 kWh</b>	<b>0,6%</b>
<b>Energieertrag aus "Umweltwärme"</b>			
Heizg. / WW		HZG 7.281 kWh WW 1.521 kWh	Ermittelt aus interner Anzeige
<b>Wärmemengen-Zähler = Wärmemengen brutto</b> * inkl. Speicher/Abtauverluste)		rechn. ermittelt = Umweltwärme + Stromeinsatz	
Heizwärme (WMZ1)	11.045 kWh 82%	10.038 kWh 81%	-9%
WW-Wärme (WMZ2)	2.479 kWh 18%	2.405 kWh 19%	-3%
<b>Wärme gesamt</b>	<b>13.524 kWh 100%</b>	<b>12.443 kWh 100%</b>	<b>-8%</b>

Berechnung JAZ ohne Korrektur der Pufferspeicher-Verluste und Abtau-Energie!

System-Jahresarbeitszahl	Messung "extern"	"intern"	zum Vergleich JAZ-Rechner gemäß BWP
SAZ (Hzg.) (41°C/ 36°C)	4,0	3,6	4,4 (40°C/ 35°C)
SJAZ (WW) (55°C)	2,9	2,7	3,1 (55°C / Anteil 25%)
SJAZ gesamt	3,7	3,4	4,0 gesamt
Abweichung zum JAZ-Rechner (bwp)	$\Delta$ JAZ = -0,3 -7%	-0,6 -15%	Herstellerangaben: Messung auf Prüfstand unter Idealbedingungen, die in der Praxis nicht erreichbar sind!

### \*\*\*Lüftung und Wärmerückgewinnung

Stromverbrauch Lüftung (SZ3 "extern")	264 kWh	davon elektr. Frostschutzregister ca. 20 kWh pro Jahr entspr. Anteil von 7%
Wärmerückgewinnung (App-Anzeige "intern")	2.604 kWh	
<b>Arbeitszahl Lüftung</b>	<b>9,9</b>	

Bilanz mit Anrechnung der Wärmerückgewinnung und Stromverbrauch der Lüftungsanlage

### System-Jahresarbeitszahl - mit Anrechnung der Lüftung und WRG\*\*\*

System-Jahresarbeitszahl	Messung	"extern"	"intern"	Vergleich mit JAZ Rechner gemäß BWP inkl. Lüftung so nicht möglich
SJAZ (Hzg. + Lüftg.) (41°C/ 36°C)	4,5	4,5	4,2	
SJAZ (WW) (55°C)	2,9	2,9	2,7	
SJAZ gesamt	4,2	4,2	3,9	

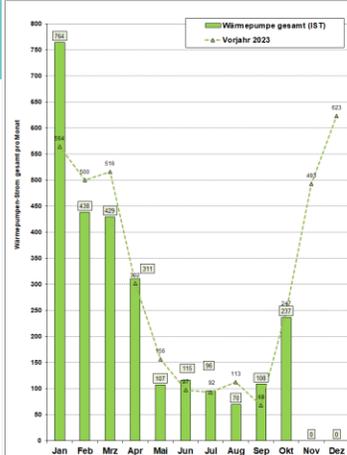
### Abschätzung der Speicher- und Abtauverluste

Heizungspuffer (Vol.490 l /35°C)	214 kWh/a	Speicherverlust gemäß EnergieLabel 81 W
Abtauvorgänge (8 l/325 mal)	242 kWh/a	Abtau-Verluste (Zuordnung nur für Hzg-Betrieb)
<b>Summe anrechenbare Verluste</b>	<b>456 kWh/a</b>	<b>als Abzug vom Nutzen für Heizwärme</b>
WW-Speicher (Vol. 280 l /55°C)	449 kWh/a	Speicherverlust gemäß EnergieLabel 58 W

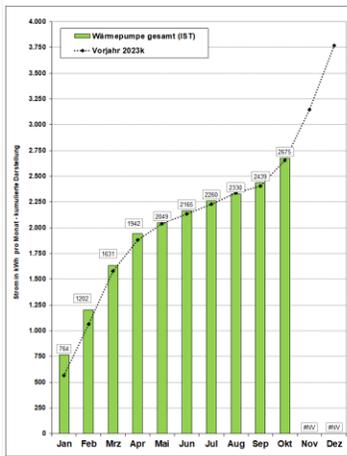
# Minimal-Monitoring für Wärmepumpensysteme (monatsscharf)

## Wärmepumpen-Verbrauchs-Monitoring (Vers. 2.0)

Stromverbrauch WP: Heiz+WW+Lüftung / Summen-Zähler



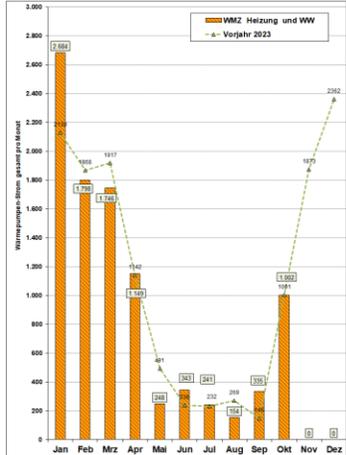
Stromverbrauch WP: Heiz+WW+Lüftung



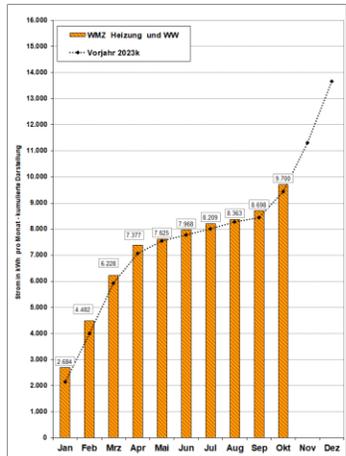
Ergebnisse	Stromverbrauch in kWh		spezif. Verbrauch in kWh/m²	
	Vorjahr 2023	aktuell	Vorjahr 2023	aktuell
Heizen	2713	1783	66%	1,8 12
WW-Bereitung	869	702	81%	6 5
Lüftung (Strom)	249	191	77%	2 1
gesamt	3831	2676	70%	26 18

## Wärmepumpen-Typ VAILLANT atherom 7 kW

Wärmeerzeugung (Heizung+WW) ohne WRG-Lüftung



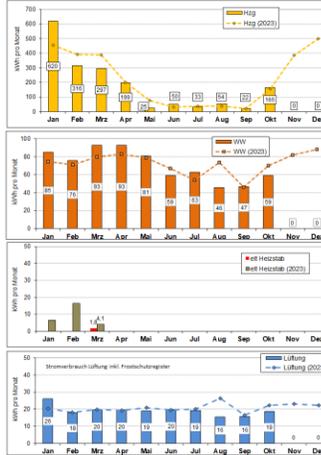
Wärmeerzeugung (Heizung+WW) ohne WRG



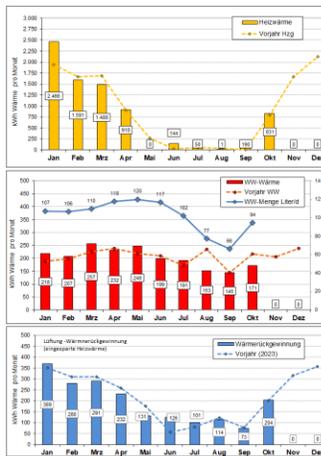
Ergebnisse	Wärmeverbrauch in kWh		spezif. Verbrauch in kWh/m²	
	Vorjahr 2023	aktuell	Vorjahr 2023	aktuell
Heizen	11174	7679	69%	74 51
WW-Bereitung	2493	2021	81%	17 13
Lüftung (WRG)	2614	1921	73%	17 13
gesamt	16281	11621	71%	109 77

## Minimal-Controlling von Stromverbrauch, Wärmelieferung, System, Kompressorlaufzeiten / Kompressor-Startvorgänge / Jahres-Arbeitszahlen

Stromverbrauch WP: Heiz + WW + eHeizstab + Lüftung

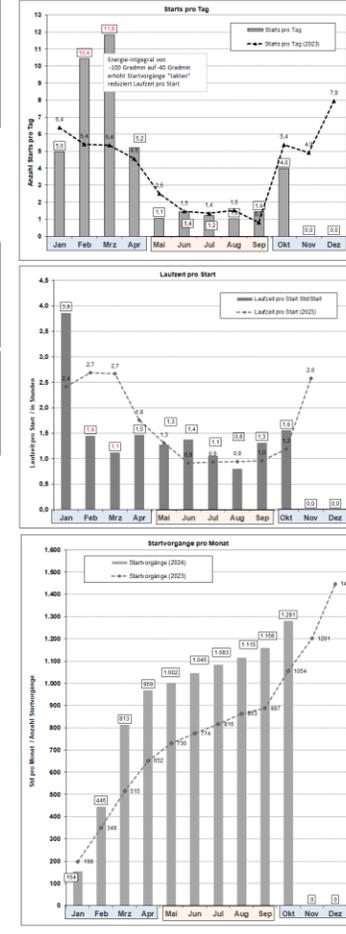


erzeugte Wärmemengen für Heizen und WW-Bereitung / WW-Menge pro Tag



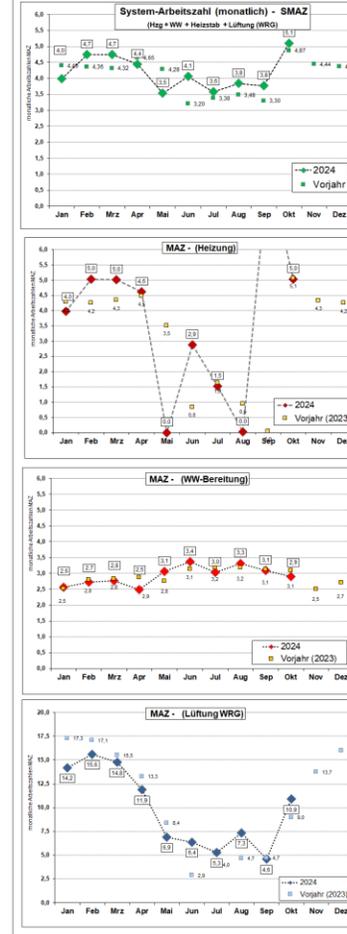
Ergebnisse	Wärmelieferung in kWh		%
	Vorjahr	aktuell	
Heizen	11.174	7.679	69%
WW-Bereitung	2.493	2.021	81%
Lüftung (WRG)	2.614	1.921	73%
gesamt	16.281	11.621	71%

Kontrolle der Kompressorlaufzeiten und Häufigkeit der Startvorgänge



2024	Kompressor-Laufzeit		Startvorgänge	
	Stichtag	Stichtag	Stichtag	Stichtag
Jahres-Mittel oder Summe	2.076	6,8	1,6	1201
Winter (P12 Tage)	1847	12,2	1,7	1002
Sommer (P53 Tage)	223	1,5	1,2	199

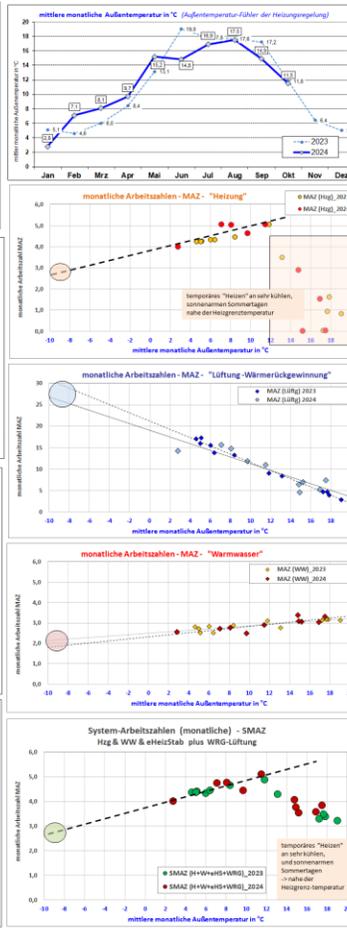
monatliche Arbeitszahlen (MAZ) = Ebene der Wärmepumpe



Ergebnisse (externe Messung)	JAZ-Jahresarbeitszahl	
	Vorjahr	aktuell
JAZ (Heizen)	4,16	4,31
JAZ (WW-Bereitung)	2,87	2,88
JAZ (Lüftung+WRG)	10,5	10,0
SJAZ (gesamtes System)	4,32	4,34

Wohnfläche: 150 m² Pers-Anzahl: 3 Jahr: 2024 Vers. 2.0

mittlere monatliche Außentemperatur / Temperatur-Plot der monatlichen Arbeitszahlen (MAZ)



CO2 Emissionen		Stromkosten	
Vorjahr	aktuell	Vorjahr	aktuell
0,45 g/kWh	0,45 g/kWh	35 €/Monat	35 €/Monat
1,72 t/a	1,20 t/a	1541 €/a	937 €/a
	70%	112 €/Monat	78 €/Monat

Minimaler Aufwand (wenn monats-scharf)

- ✓ 2x WMZ
- ✓ 1x Kaltwasser
- ✓ 3 x Strom

ggf. auch Gas-Verbrauch wenn Hybrid-System

auf System-Ebene (Fachhandwerker-Ebene)

Kompressor- ✓ Laufzeit ✓ Startvorgänge

Erfassung von ✓ Außen-Temp. ✓ WRG der Lüftung über Heizungsregler

insg. nur 10 bis 11 Parameter und Erfassung 12 mal Jahr

...so viel Zeit darf sein!

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## „Takten tötet die Wärmepumpe!“

die „Lebensversicherung“ der Wärmepumpe:

- > lange Laufzeiten pro Start
- > wenige Starts pro Tag

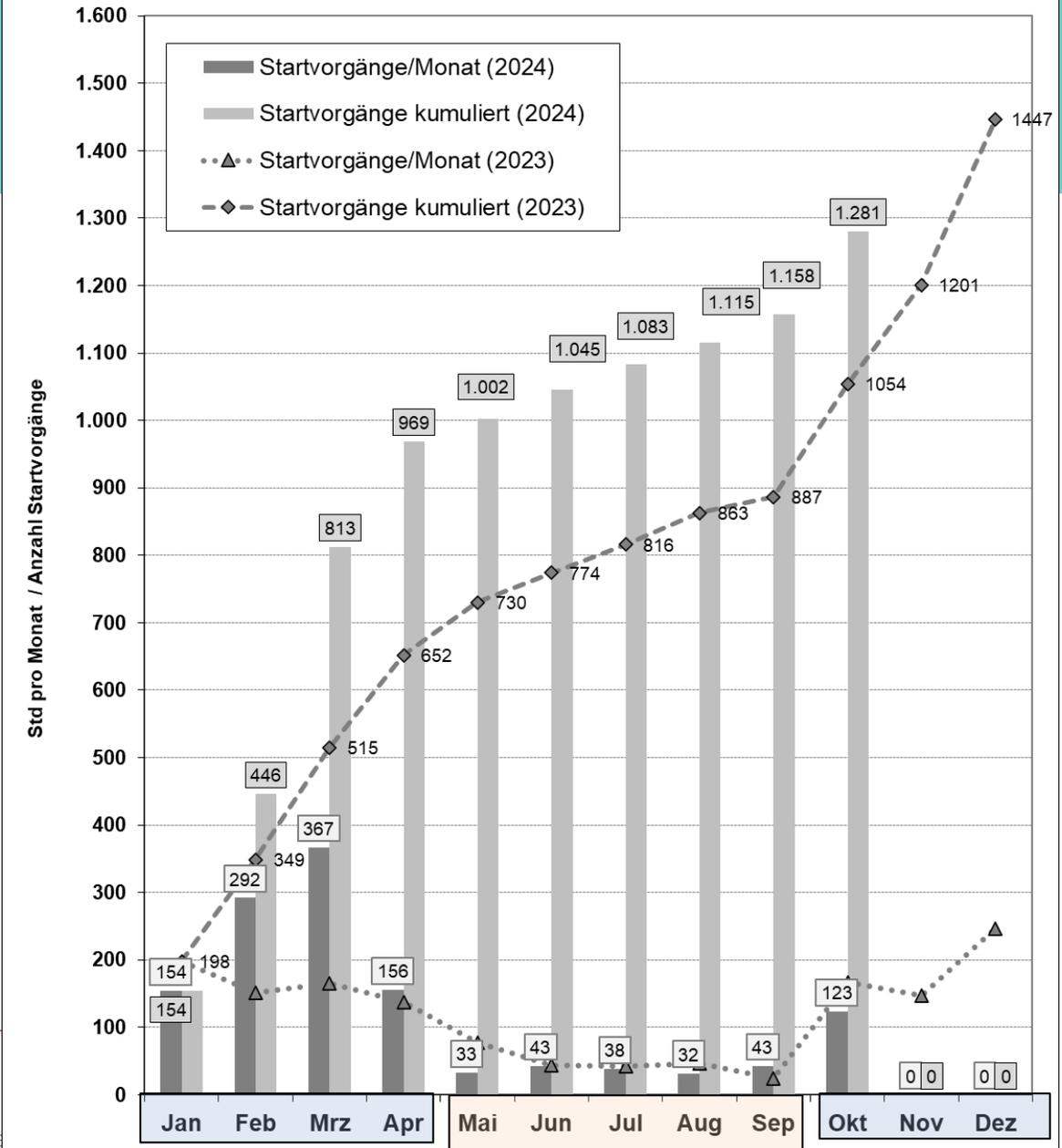
### Was hilft?

monatliche Kontrolle von

- > Kompressor-Laufzeit und
- > Anzahl der Startvorgänge

lästige Pflicht für den Betreiber ? Ärgerlich: diese Daten werden nicht auf der Heizungs-App angezeigt, sondern müssen in der Hydraulik-Station in der Fachhandwerker-Ebene per Hand angelesen werden! / >>> Hier sind die Wärmepumpen-Hersteller gefordert !

Startvorgänge 1) pro Monat und 2) kumuliert



# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

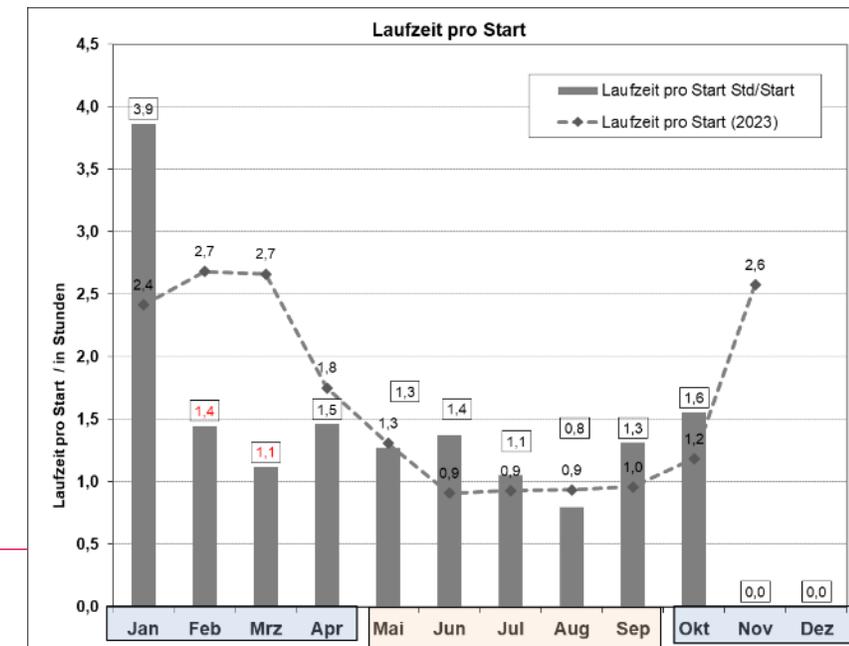
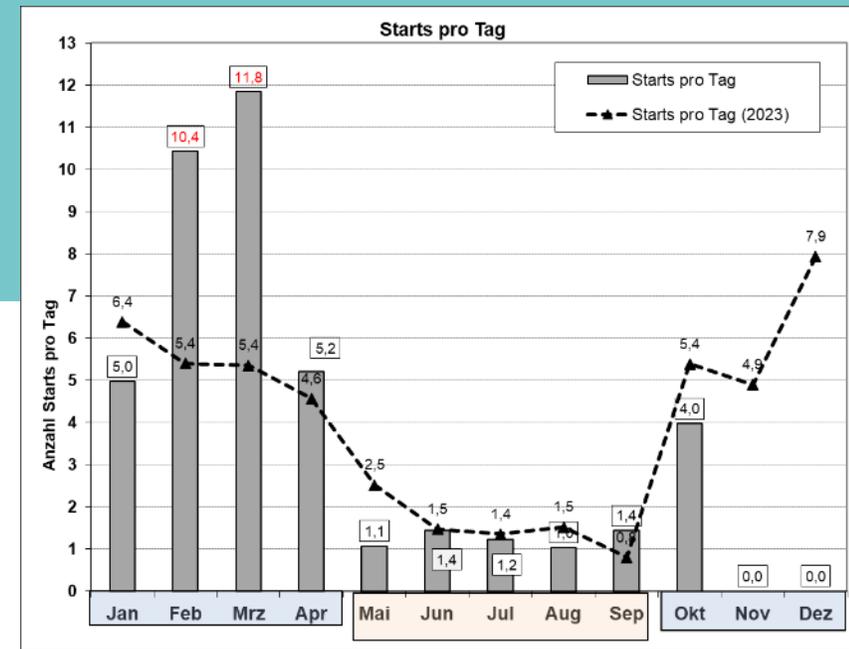
		2023 (Jan-Dez) -12 Monate				
Betriebsart		Kompressor Laufzeit	Laufzeit pro Tag	Laufzeit pro Start	Startvorgänge	Starts pro Tag
		/Std	Std/Tag	Std/Start		
Laufzeiten und Starts für "Heizen" & "WW"	Jahres-Mittel oder Summe	2.909	8,0	2,0	1.447	4,0
	Kern-Winter (151 Tage)	2.223	14,7	2,4	908	6,0
	Übergangszeit (61 Tage)	438	7,2	1,4	304	5,0
	Sommer (153 Tage)	248	1,6	1,1	235	1,5

Kern-Winter: 6 bis 7 Starts inkl. Abtauvorgänge, inkl. 1 Start für WW  
Frühjahr/Herbst: 4 bis 5 Starts keine Abtauvorgänge, inkl. 1 Start für WW  
Sommer: nur 1 Start pro Tag für WW-Bereitung

Laufzeit pro Start: 1,1 bis 2,5 Std pro Startvorgang



Abtau-Vorgänge nur im Kernwinter



# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

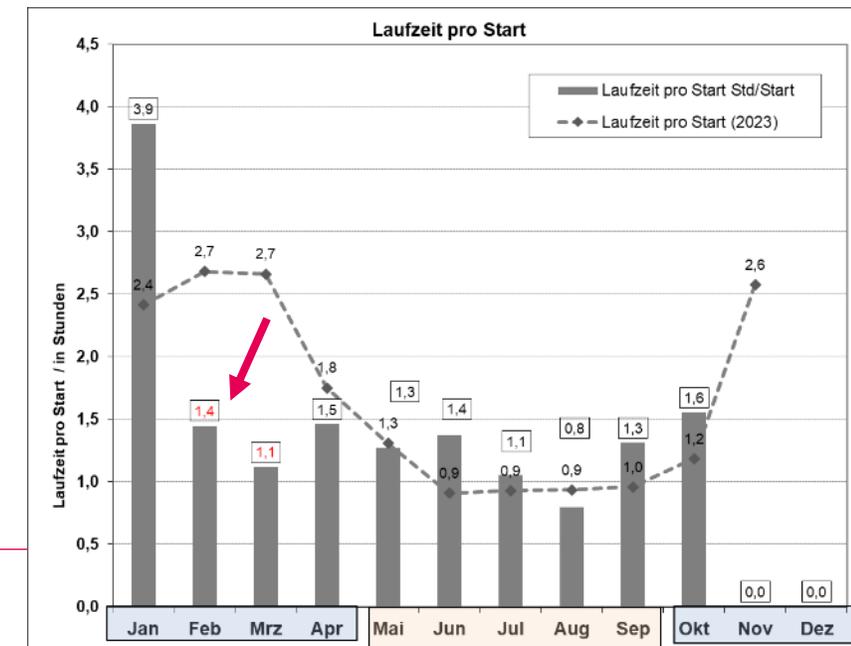
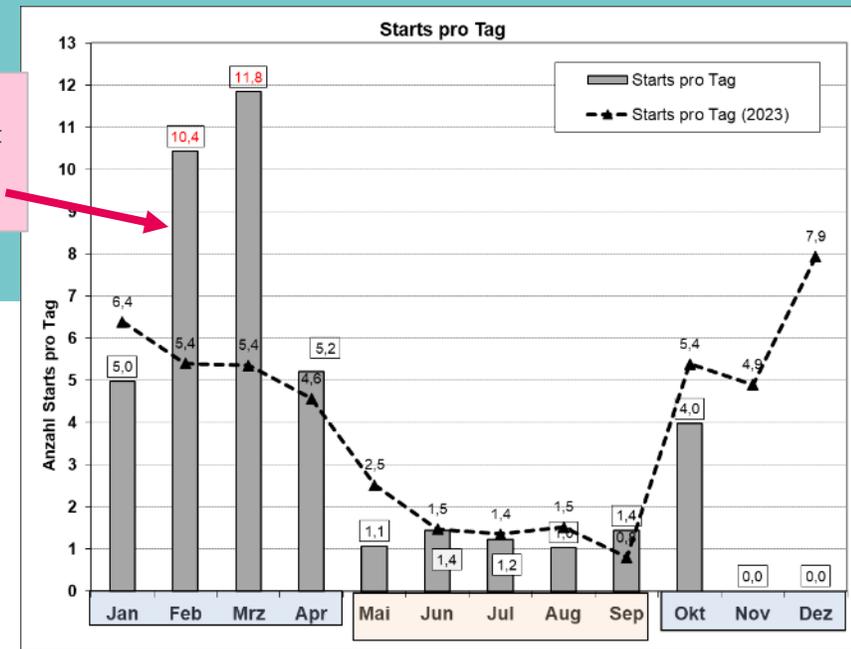
## Einstellungsfehler

Energie-Integral auf -40 Gradmin gesenkt  
> erhöht Startvorgänge > "takten"  
> reduziert Laufzeit pro Start

## Was hilft um lange Laufzeiten zu generieren?

- ✓ **keine Überdimensionierung der Heizleistung**
  - im Vorfeld der Planung drei Möglichkeiten
  - EAV „EnergieAnalyse aus dem Verbrauch“
  - Heizlast über Gebäudehülle
  - raumweise Heizlast im Rahmend des Hydraulischen Abgleiches
  
- ✓ **Kein unnötiger Betrieb im „Leerlauf“ oder Bereitschaft**
  - Begrenzung/Reduzierung der Heiz-Phasen auf notwendige Zeiten
  - Heizgrenz-Temperatur konsequent nutzen
  - WW-Bereitung im Sommer nur 1x pro Tag etc.

(in unserem Fall: aktuell nach 24 Monaten 2x 8760 Std = 17.520 Std  
Kompressor Laufzeit nur 5.883 Std entsprechend 33% der Zeit)



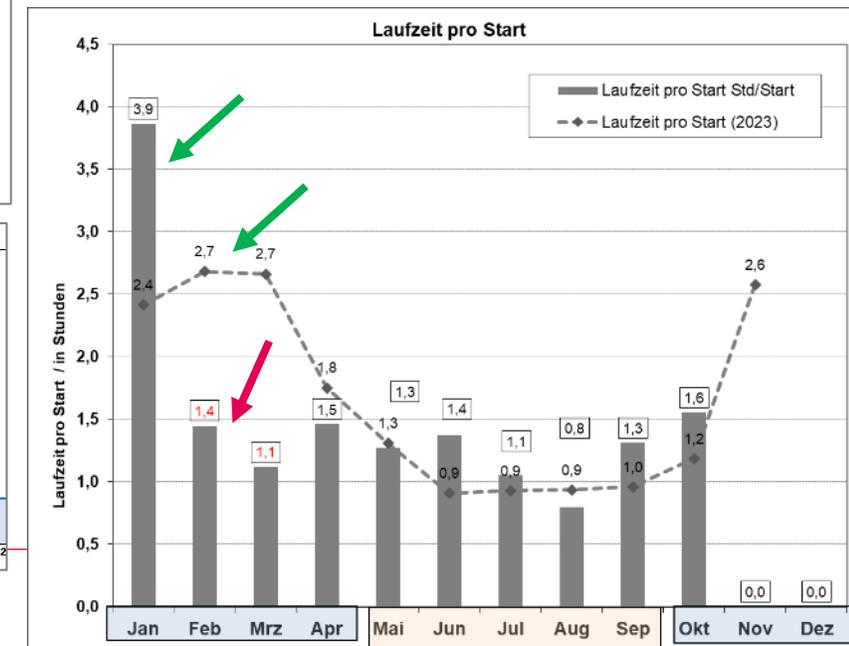
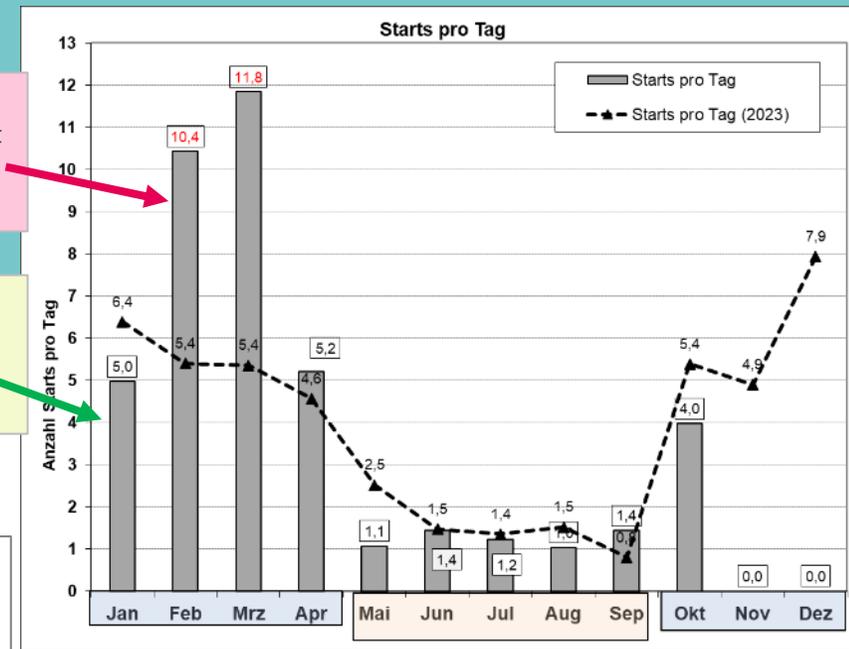
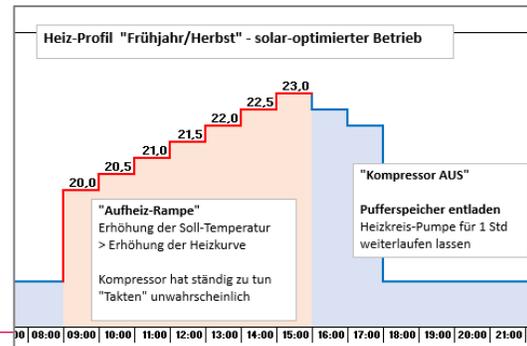
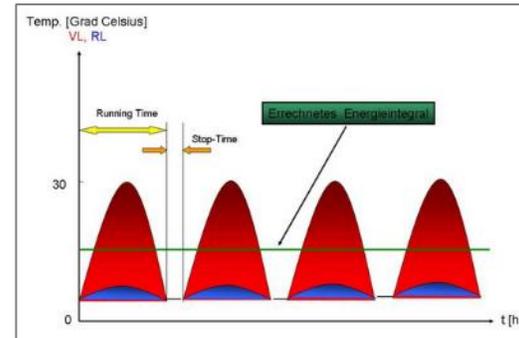
# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## Was hilft um lange Laufzeiten zu generieren?

- ✓ **Ausreichend großes Volumen des Pufferspeichers**  
die Puffergröße korreliert mit der Heizlast des Gebäudes und der Dauer von „Sperrzeiten“ des Netzbetreibers oder den teuersten Zeitfenstern bei einem dynamischen Strompreis  
i.d.R. sind das 2 Std bis 4 Std am Tag
- ✓ **Regelparameter Energie-Integral**  
(zeitlicher Abbau der Hysterese Vor/Rücklauf)  
Möglichst hoher Wert von -100 bis -120 Grad-min einstellen
- ✓ **„Aufheiz-Rampe“ fahren**  
bei relativ kurzen Zeitfenstern im Frühjahr/Herbst und einer Solar- & Außentemp. -optimierter Betriebsweise am Tage  
Solltemperatur um 0,5 bis 1 K pro Std erhöhen  
„das Haus ist der Strom-Speicher“!  
mit der Folge: der Kompressor hat ständig zu tun...

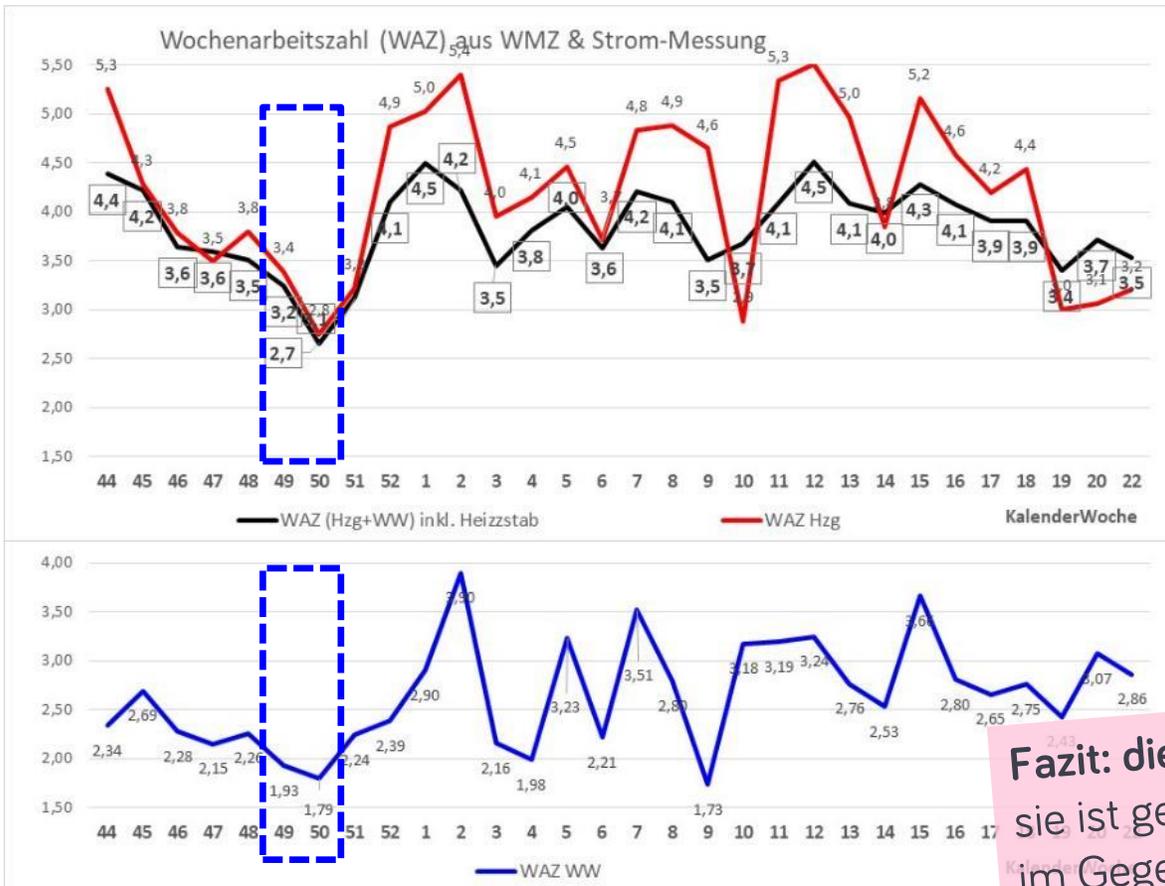
**Einstellungsfehler**  
Energie-Integral auf -40 Gradmin gesenkt  
> erhöht Startvorgänge > "takten"  
> reduziert Laufzeit pro Start

**Optimierung**  
Energie-Integral auf -100 Gradmin erhöht  
> reduziert Startvorgänge  
> lange Laufzeit pro Start



# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## Kälte-Test



der Härte-Test:  
zweite Dezember Woche 2022  
(12.-18.12.2022 / Woche #50)  
mit -5°C bis -11 °C Dauerfrost!

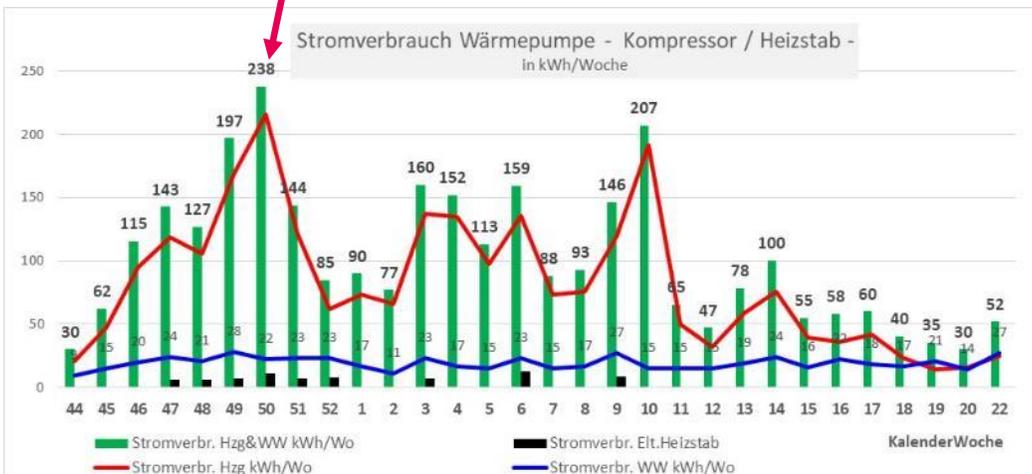
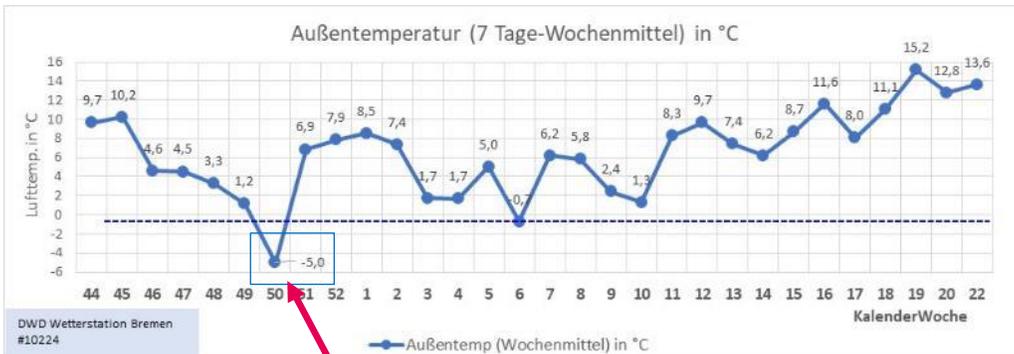
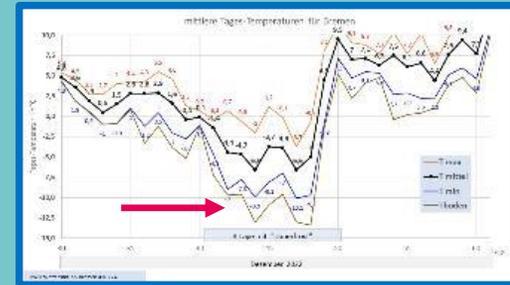
Wöchentliche Arbeitszahl (WAZ)  
**WAZ „Heizen“ 2,7**  
**WAZ „WW“ 1,8**



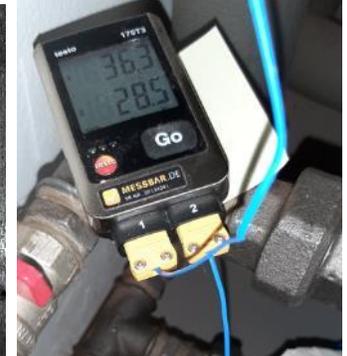
**Fazit: die Wärmepumpe ist kein Strom-Fresser!**  
sie ist genau dann wesentlich netzdienlicher  
im Gegensatz zur  
Infrarot-Strahlungsheizung mit AZ von 0,99  
und Durchlauferhitzer mit einer AZ von 0,96

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

Härte-Test: zweite Dezember Woche  
(12.-18.12.2022)  
mit -5°C bis -11 °C Dauerfrost!!



Heizkurve:  
Steigung = 0,4  
bei -10°C Außentemp.  
max Vorlauf: 38 °C



WP-Strom: 238 kWh/Woche  
Heizstab: 11 kWh/Woche (5%)

Lüftung:  
Frostschutz-Register ausgelöst



im Mittel  $238/7 = 34$  kWh/Tag entspricht 1,4 kW elt  
oder der Leistung eines Föhns!  
das schafft keine IR-Strahlungs-Heizung

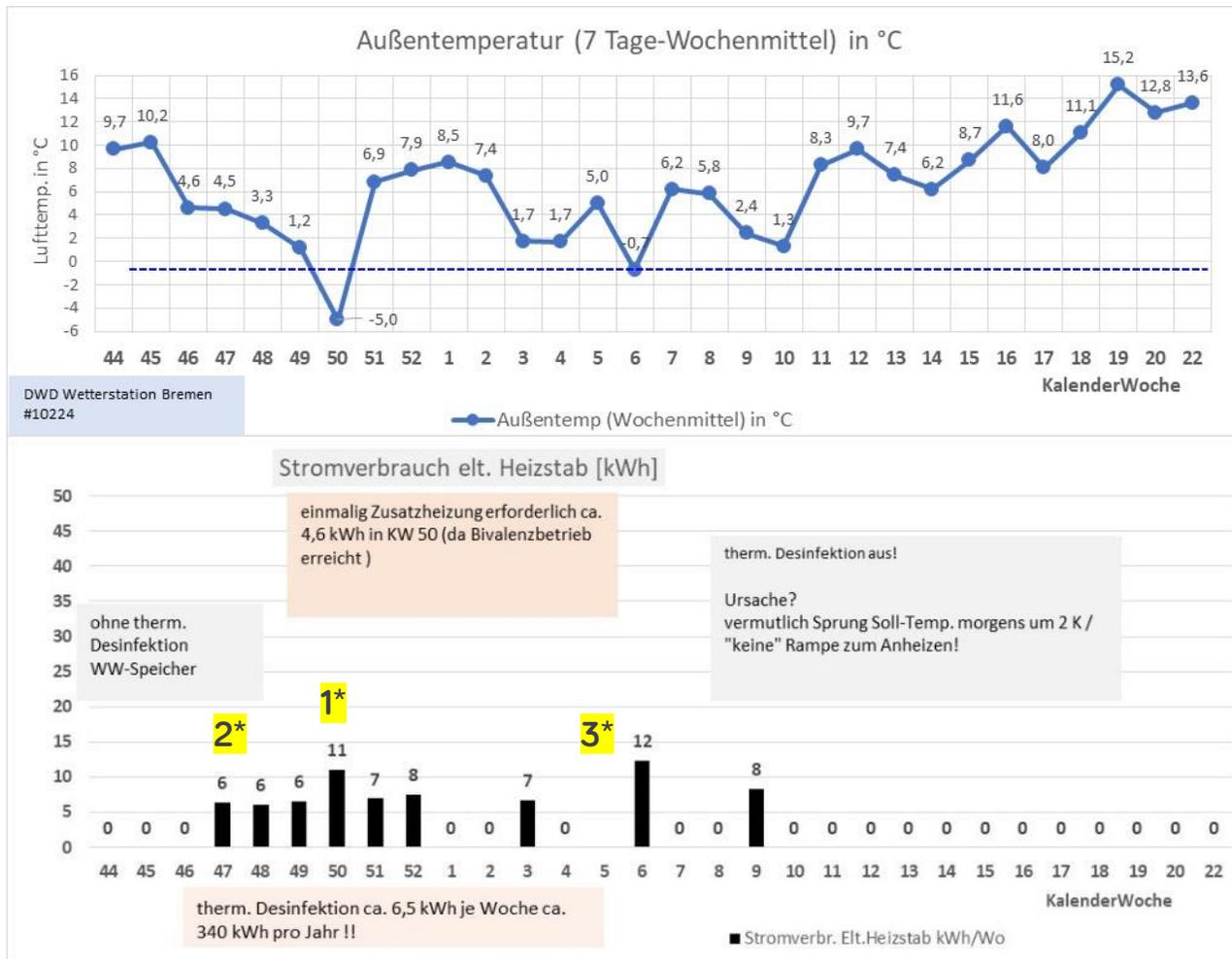


# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## Achtung: Elt- Heizstab führt ein Eigenleben!



eigener Hutschienenzähler für E-Heizstab  
Amortisation < 1 Jahr



### Optimierung Heizstab

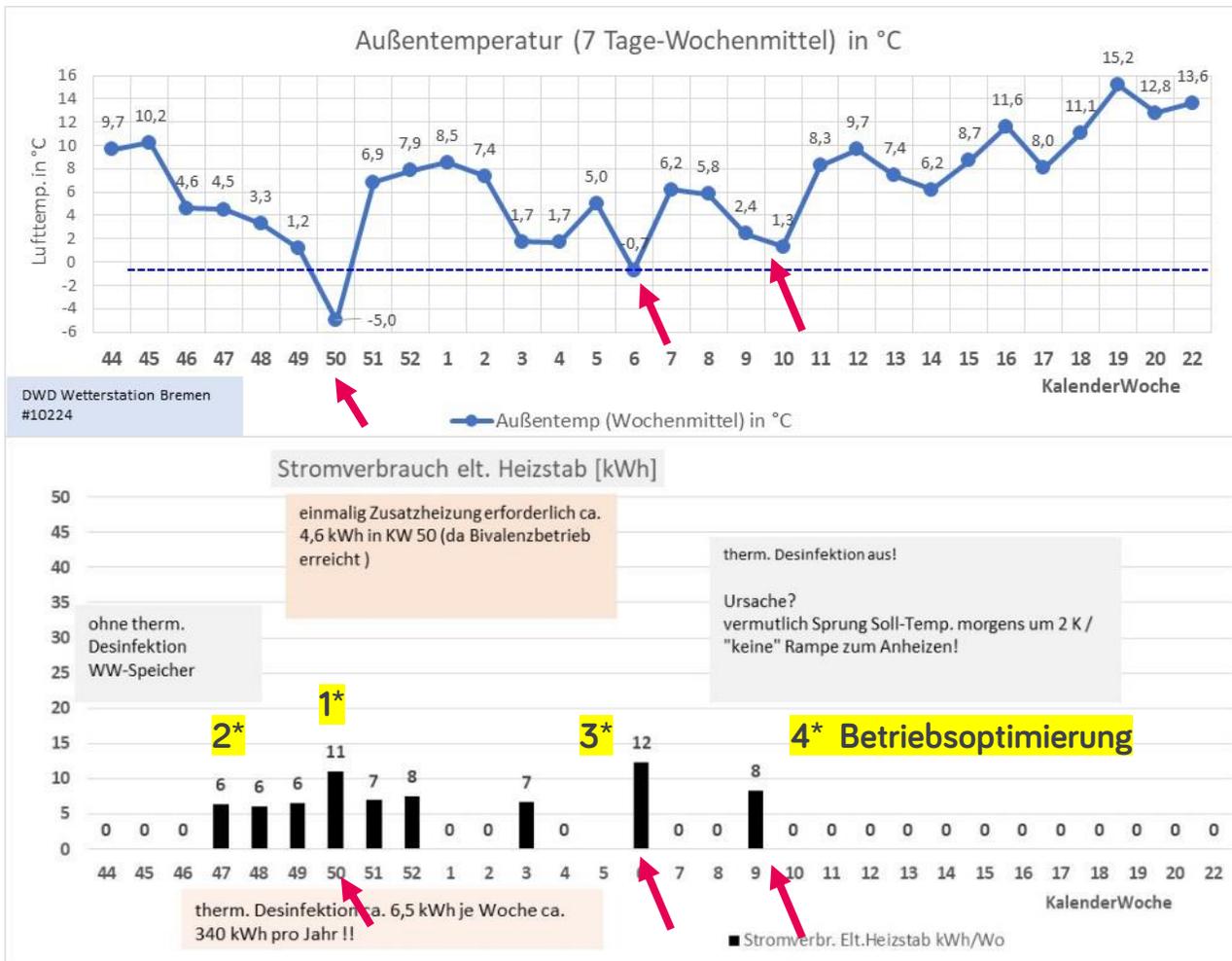
- 1) Bivalenter Betrieb in KW 50 (12. - 17. Dez) noch aktiv ca. 11 kWh/Woche  
Ursache: Bivalenz-Punkt „Heizung“ war zu hoch eingestellt -4°C > abgesenkt auf -9°C
- 2) Legionellen-Programm:  
elt Heizstab übernimmt die thermische Desinfektion!!  
wichtig: zuerst WW-Speicher durch WP bis 60°C aufheizen lassen und erst dann mit Legionellen Programm (65°C) starten  
  
Einspar-Potenzial: WP per Handbetrieb am Wochenende < WW-Speicher auf 60°C aufheizen 52x (6 - 6/3) = 200 kWh/a 70€/a
- 3) Aufheizprozess am Morgen nach Absenkungsprogramm mit 3K/Std WP-Heizleistung nicht ausreichend > Heizstab wird zugeschaltet!  
Einsparpotenzial: mit „Rampen-Funktion aufheizen > geringer Anstieg von 0,5 K pro ½ Std möglich  
Regelung erlaubt bis zu 12 Zeitintervalle !!!

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## Achtung: Elt- Heizstab führt ein Eigenleben!

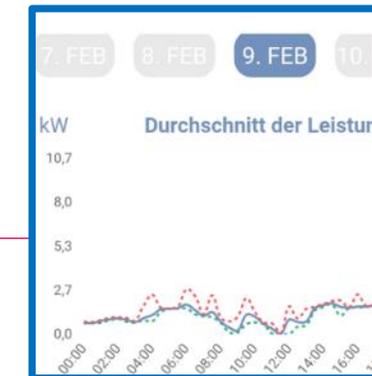
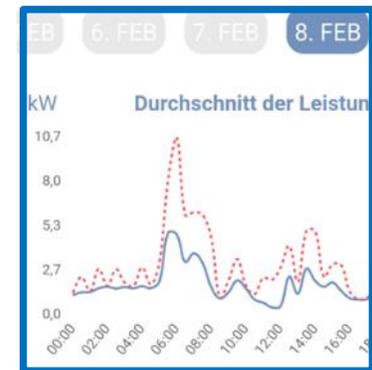
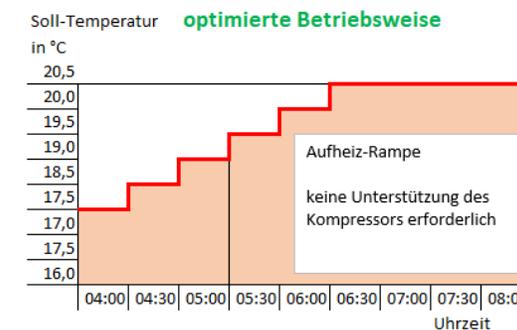
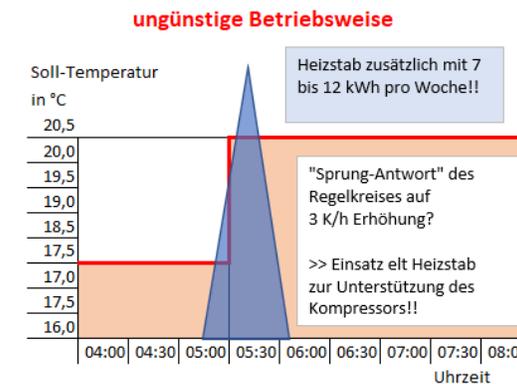


eigener Hutschienenzähler für Heizstab  
Amortisation < 1 Jahr



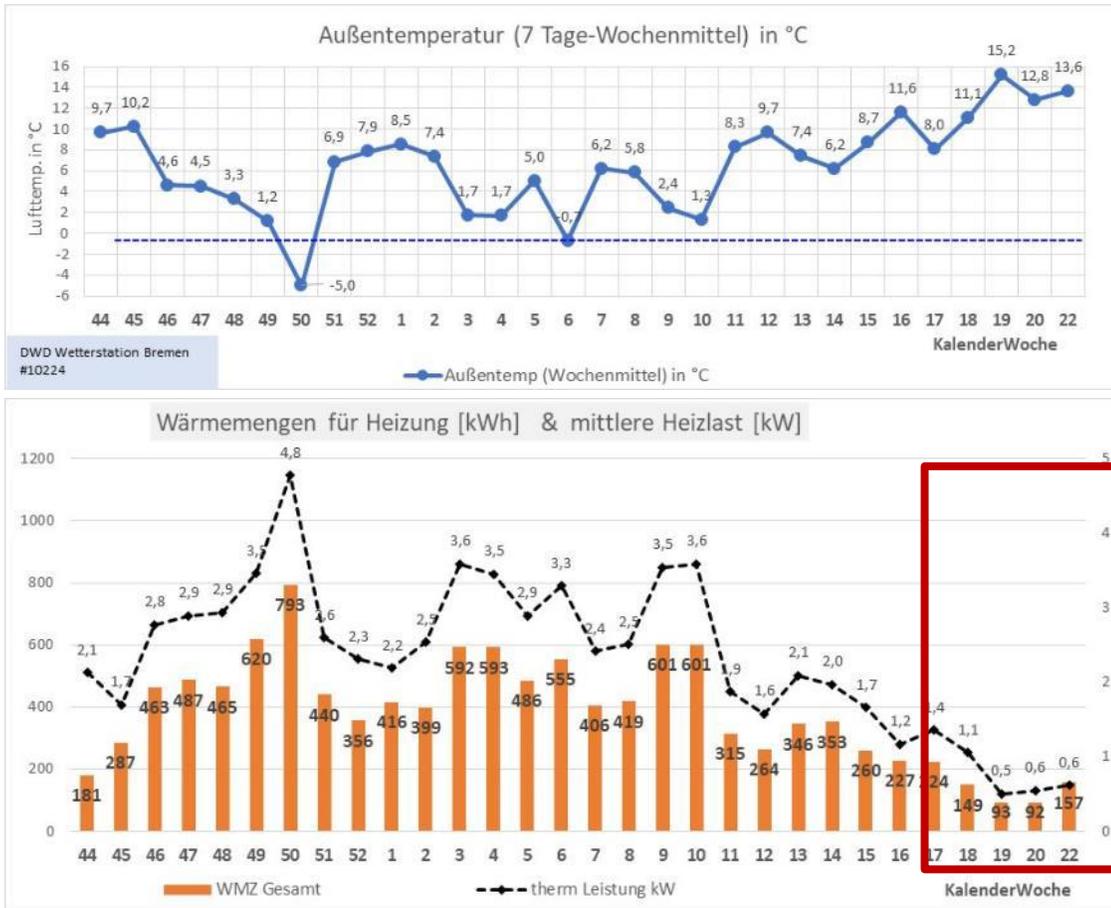
### „Wegschalten“ des Heizstabes durch

- 4) Aufheizprozess am Morgen nach Absenkungsprogramm mit „Rampe“ aufheizen  
z.B. 1 K pro ½ Std und keine starken Sprünge 3 K pro Std



# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## Achtung: Sommer-Heizgrenze kann nicht tief genug eingestellt werden !



auch im April, Mai bis Juni können noch sehr kühle Nächte auftreten („Eisheiligen“ mit Außen-Temp. deutlich unter der Heizgrenze von 12°C) und Tagsüber ist kein Heizbetrieb mehr erforderlich! die solare Gewinne sind hoch genug, um tagsüber 20 -22°C Raumtemperatur zu erreichen, das Gebäude kühlt nur noch langsam aus

**Konsequenz: „automatisches“ und „unbemerkt“ Anheizen am frühen Morgen**

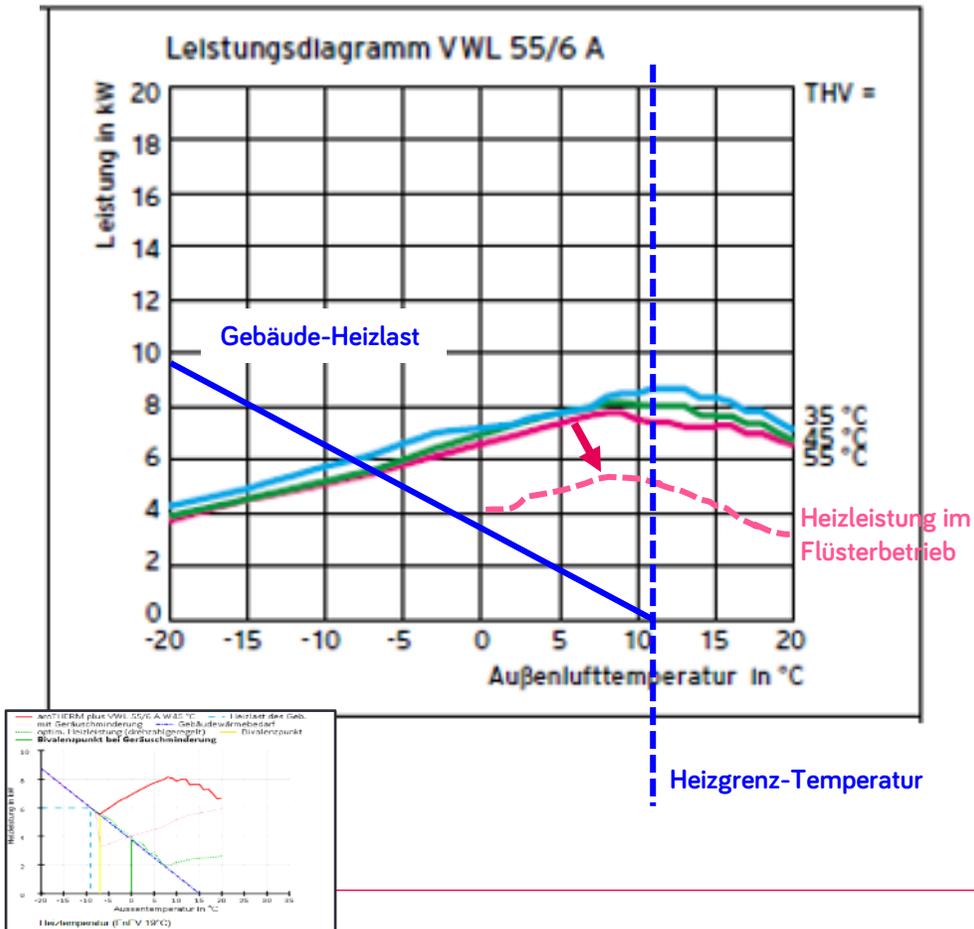
mit nennenswerte Heizenergie-Mengen von 90 bis 160 kWh pro Woche weil Sommer-Heizgrenze (12°C) noch zu hoch eingestellt ist

**Optimierung/Korrektur: AT um +3K anheben => Heizgrenze = 7°C oder den Heizbetrieb komplett abschalten!**



# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Erfahrung und Betriebsoptimierung

## „Flüsterbetrieb“ (silent modus) zur Laufzeitverlängerung nutzen?



Flüstermodus eigentlich für den (leisen) Nachtbetrieb gedacht.

- > Reduzierung der Verdichter-Leistung **und**
  - > Reduzierung der Drehzahl des Ventilators (weniger Schall)  
(Reduzierung auf 40% / 50% / 60% einstellbar)
- ergo: weniger Luftdurchsatz durch Verdampfer  
Aber: weniger Luftdurchsatz bedeutet auch weniger Effizienz

Wenn aber in Zeiten des „Überangebots“...

mit hohen Außentemperaturen (5°C bis 15°C bzw. Heizgrenze)  
„billiger“ Börsen-Strom oder PV-Eigenverbrauch vorhanden ist,  
...spielt die geringere Effizienz im Flüster-Betrieb keine große Rolle!

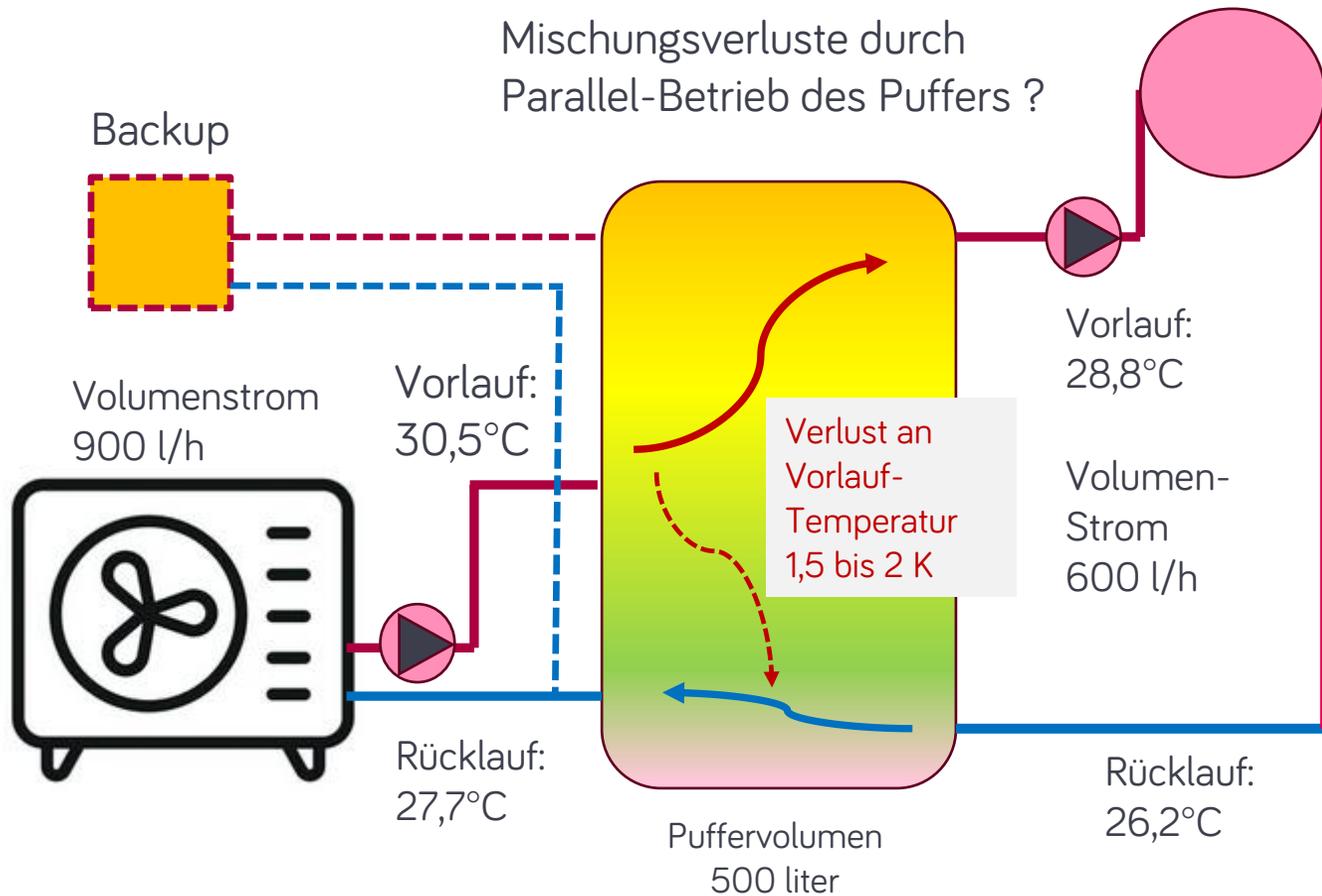
**>> die intern reduzierte Leistung verlängert aber die Laufzeit des Kompressors >> und damit entstehen weniger Kompressor-Starts!**

>> eine niedrige Heizgrenze von 10°C bis 12 °C (weil gut gedämmtes Gebäude) entschärft das Problem der „Überdimensionierung“ ohnehin, da bereits kein Betrieb mehr erforderlich

# Wieso Parallel-geschalteter Puffer? Hydraulische Weiche (Entkopplung der Volumenströme)

## Laufzeitverlängerung und Überbrückung von „Sperrzeiten“

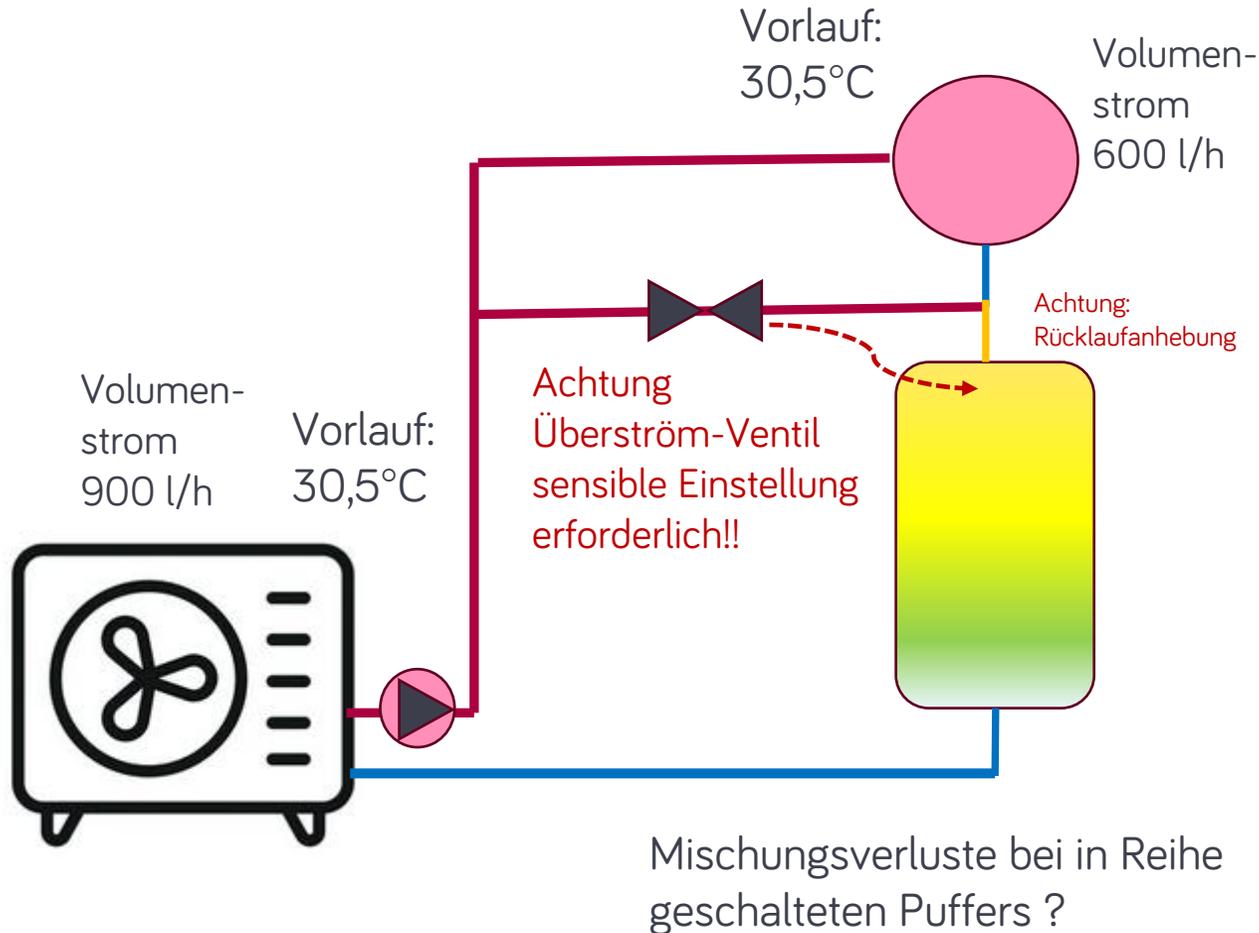
### Einbindung eines Holzofen als Backup /Notversorgung



#### Puffer in Parallel-Schaltung

- + hydraulische Entkopplung
  - Sekundärkreis-Pumpe erforderlich
  - leichte Mischungsverluste?
  - Höhere Speicher-Verluste (da höhere Temp.)
- + Einbindung eines bivalenten System als Backup-System ? > im Rücklauf nicht machbar

Wieso Parallel-geschalteter Puffer?    Hydraulische Weiche (Entkopplung der Volumenströme)  
 Laufzeitverlängerung und Überbrückung von „Sperrzeiten“    Einbindung eines Holzofen als Backup /Notversorgung



### Alternative Puffer in Reihenschaltung im Rücklauf

- + max. Vorlauf-Tempertur geht ohne Verluste in den Heizkreis
  - + keine Sekundärkreis-Pumpe erforderlich
  - +/- keine Mischungsverluste?
  - Überströmventil zur Entkopplung erforderlich!  
 sensible Einstellung notwendig  
 (kann auch zu Mischungsverlusten führen,  
**Rücklaufanhebung = Energievernichtung!**)
  - Einbindung eines Holzofen mit Wassertasche als Backup-System ? > **im Rücklauf nicht machbar**
- das Bivalente Heizsystem (z.B. Holzofen, Gas-Therme) mit höheren Vorlauf-Temperaturen (weil Spitzenlast) darf erst nach der Wärmepumpe (Grundlast) seine Wärme in das System einspeisen!

# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

## Teil 2 - 24 Monate Verbrauchs-Monitoring

## Vergleich „externe“ und „interne“ Messwerte

# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Vergleich „externe“ und „interne“ Messwerte



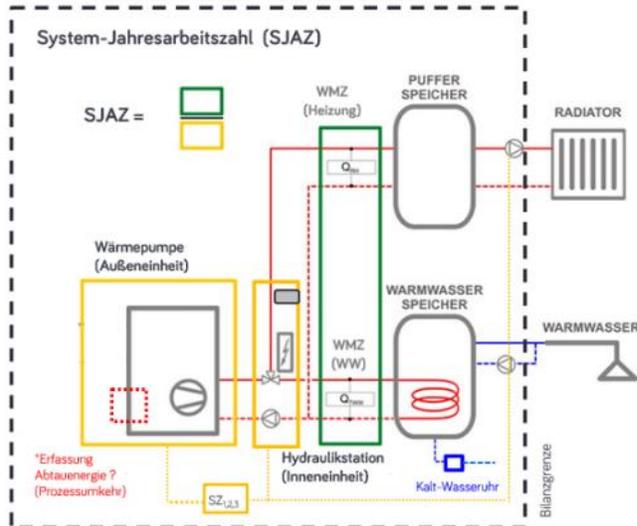
**Energie- und Effizienzanzeige als Voraussetzung einer BEG-Förderung**  
Ab dem 1. Januar 2023 müssen die Energieverbräuche und Wärmemengen eines förderfähigen Wärmeerzeugers angezeigt werden.

**Erfüllt die Wärmepumpen-App die Anforderungen der BEG-Förderrichtlinie?**

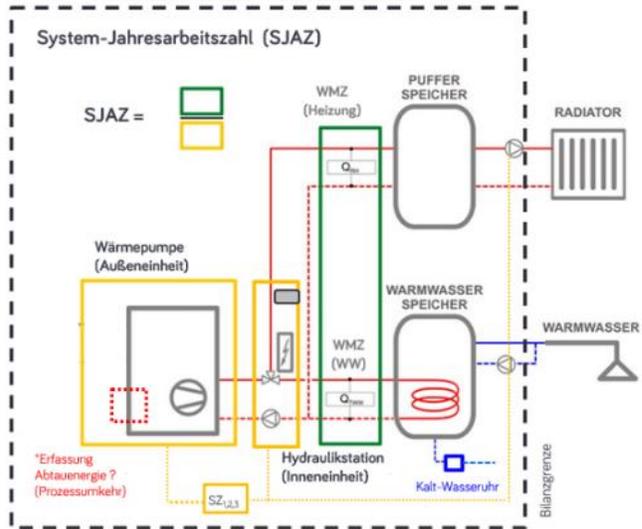
**Wie genau wird gemessen?  
Vergleich der externen und internen Ergebnisse**

**"Wer viel misst, misst Mist !"  
„Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser !“  
Lohnt sich der Aufwand für eigene WMZ und Stromzähler?**

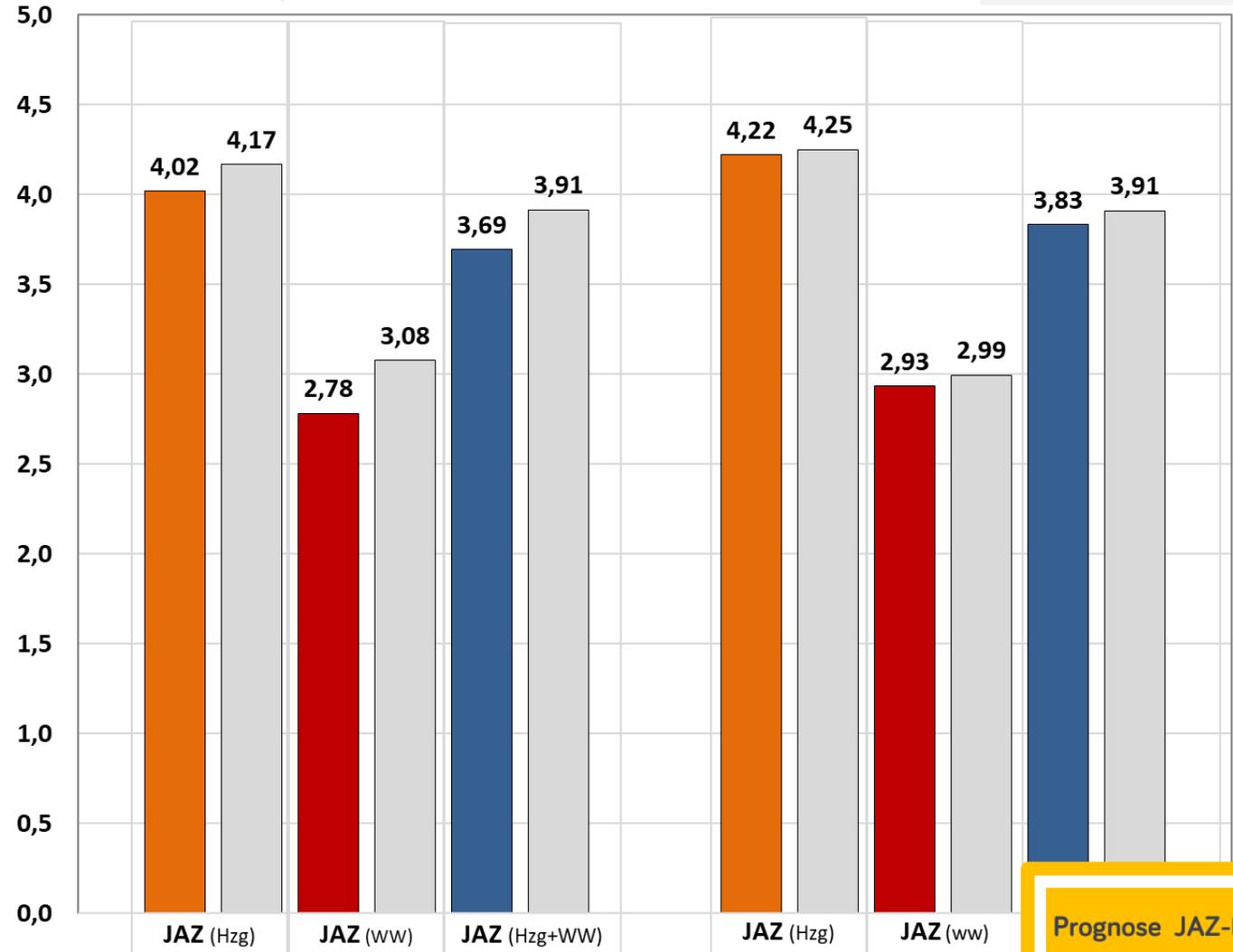
**Was könnte/ was muss bei der App verbessert werden?**



# 24 Monate Verbrauchs-Monitoring Vergleich „externe“ und „interne“ Messwerte



## Jahresarbeitszahl (JAZ) Vergleich: "intern" - versus - "extern"



**Prognose JAZ-Rechner** Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Vaillant aroTHERM plus VWL 75/6 // COP (A-7/W35 / A2W35 A7W35) 2,75 / 4,20 / 5,33  
V/R 40/35°C / -9°C / Heizgrenze 12°C / monovalent / WW-Anteil 25% / Speicher-Temperatur 55 °C

**Berechnung ohne Zusatzheizung (für die Förderung relevant)**

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Heizbetrieb	4,4
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe für Trinkwassererwärmung	3,1
Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlage	4,0

# Vergleich „externe“ und „interne“ Messwerte und Jahresarbeitszahlen

## Energiemengen für das „Heizen“

Stromaufwand und erzeugte Heizwärme weichen in beiden Heizperioden etwa 10% bis 12% ab.

Fakt:

- > „extern“ wird die Abtauenergie (aus dem Heizungspuffer) als „Nutzen“ miterfasst und gewertet! (Prozessumkehr: läuft der WMZ rückwärts?)
- > „intern“ vermutlich wird Abtauenergie exakt erfasst und nicht als „Nutzen“ gewertet ??
- > Stromversorgung für Mischer und Heizkreispumpe nach Pufferspeicher läuft nicht über Hydraulik-Station? wird aber auf WP-Zähler extern erfasst?

## Energiemengen für die „Warmwasser-Bereitung“

Stromaufwand und erzeugte Warmwasser-Wärme weichen in beiden Heizperioden nur um 3% bis 5% ab

Insgesamt weichen die Strommengen nur 6% von einander ab, während die Wärmemengen bis zu 10% differieren

Ursache: physikalisch ist Strommessung wesentlich einfacher, während die Volumenstrommessung und Messung kleiner Temperaturdifferenzen wesentlich aufwendiger, fehleranfälliger ist)

## Stromverbrauch, Wärmeerzeugung und Jahresarbeitszahl (JAZ)

für "Heizung" & "Warmwasser" & "gesamt" - inkl. elt Heizstab

Vergleich der "internen" und "externen" Messung und Verbrauchserfassung - alle Angaben in kWh --  
(Ablesefehler "extern": manuelles Ablesung zum 1. des Monats plus/minus 1/2 Tag Verzug)

Messperiode	2023 (Jan-Dez)			2024 (Jan-Okt / 10 Monate)		
	"intern"	"extern"	Differenz absolut / in %	"intern"	"extern"	Differenz absolut / in %
Strom (Hzg)	2.441	2.696	256 9,5%	1.624	1.807	184 10,2%
Strom (WW)	867	824	-43 -5,2%	705	677	-28 -4,2%
<b>STROM (ges)</b>	<b>3.308</b>	<b>3.520</b>	<b>213 6,0%</b>	<b>2.329</b>	<b>2.484</b>	<b>156 6,3%</b>
Wärme (Hzg)	9.802	11.174	1.372 12,3%	6.852	7.680	828 10,8%
Wärme (WW)	2.410	2.493	83 3,3%	2.068	2.021	-47 -2,3%
<b>WÄRME (ges)</b>	<b>12.212</b>	<b>13.667</b>	<b>1.455 10,6%</b>	<b>8.920</b>	<b>9.701</b>	<b>781 8,1%</b>
<b>JAZ (Hzg)</b>	<b>4,02</b>	<b>4,14</b>	<b>0,13 3,1%</b>	<b>4,22</b>	<b>4,25</b>	<b>0,03 0,7%</b>
<b>JAZ (WW)</b>	<b>2,78</b>	<b>3,03</b>	<b>0,25 8,1%</b>	<b>2,93</b>	<b>2,99</b>	<b>0,05 1,8%</b>
<b>JAZ (Hzg &amp; WW)</b>	<b>3,69</b>	<b>3,88</b>	<b>0,19 4,9%</b>	<b>3,83</b>	<b>3,91</b>	<b>0,07 1,9%</b>
<b>Energie-Aufwendung (witterungskorrigiert = pro Gradtag)</b>						
Heizgradtage HGT20/13	2871 Kd			1851 Kd		64% Veränderung geg. 2023
	"intern"	"extern"		"intern"	"extern"	"intern" "extern"
Strom (Hzg) / HGT	0,85	0,94	kWh/Kd 10%	0,88	0,98	103% 104%
Wärme (Hzg) / HGT	3,41	3,89	kWh/Kd 14%	3,70	4,15	108% 107%
<b>Warmwasser-Aufwendung pro m³ Wassermenge</b>						
WW-Menge	36,0 m³/a			30,9 m³/a		86%
	"intern"	"extern"		"intern"	"extern"	"intern" "extern"
Strom (WW) / m³	24,1	22,9	kWh/m³ -5%	22,8	21,9	95% 96%
Wärme(WW) / m³	66,9	69,2	kWh/m³ 3%	66,9	65,4	100% 94%

# Vergleich „externe“ und „interne“ Messwerte und Jahresarbeitszahlen

## Jahres-Arbeitszahl - JAZ (Heizen)

- > logisch: die JAZ „extern“ ist daher stets höher als „intern“
- > da Stromaufwand und Wärmemenge aber gleiche Abweichungen zeigen, ist die die Abweichung der JAZ „Hzg“ tendenziell eher kleiner
- >> etwa 1% bis 3%

## Jahres-Arbeitszahl JAZ (Warmwasser)

für 2023 etwa 8% in 2024 etwa 2%

## Jahres-Arbeitszahl gesamt JAZ (Hzg & WW)

- > da die Energiemengen für „Heizen“ um den Faktor 4 höher sind als bei „Warmwasser“ dominiert das „Heizen“ die JAZ „gesamt“
- > die JAZ gesamt ist „extern“ daher tendenziell 3% bis 5% höher als „intern“

Insgesamt liegen die Jahresarbeitszahlen „intern“ und „extern“ nicht weit auseinander, da auch die externe Messung fehlerbehaftet ist, kann man der internen Messergebnisse durchaus „vertrauen“

## Stromverbrauch, Wärmeerzeugung und Jahresarbeitszahl (JAZ)

für "Heizung" & "Warmwasser" & "gesamt" - inkl. elt Heizstab

Vergleich der "interen" und "externen" Messung und Verbrauchserfassung - alle Angaben in kWh --  
(Ablesefehler "extern": manuelles Ablesung zum 1. des Monats plus/minus 1/2 Tag Verzug)

Messperiode	2023 (Jan-Dez)			2024 (Jan-Okt / 10 Monate)		
	"intern"	"extern"	Differenz absolut / in %	"intern"	"extern"	Differenz absolut / in %
Strom (Hzg)	2.441	2.696	256 9,5%	1.624	1.807	184 10,2%
Strom (WW)	867	824	-43 -5,2%	705	677	-28 -4,2%
<b>STROM (ges)</b>	<b>3.308</b>	<b>3.520</b>	<b>213 6,0%</b>	<b>2.329</b>	<b>2.484</b>	<b>156 6,3%</b>
Wärme (Hzg)	9.802	11.174	1.372 12,3%	6.852	7.680	828 10,8%
Wärme (WW)	2.410	2.493	83 3,3%	2.068	2.021	-47 -2,3%
<b>WÄRME (ges)</b>	<b>12.212</b>	<b>13.667</b>	<b>1.455 10,6%</b>	<b>8.920</b>	<b>9.701</b>	<b>781 8,1%</b>
JAZ (Hzg)	4,02	4,14	0,13 3,1%	4,22	4,25	0,03 0,7%
JAZ (WW)	2,78	3,03	0,25 8,1%	2,93	2,99	0,05 1,8%
JAZ (Hzg & WW)	3,69	3,88	0,19 4,9%	3,83	3,91	0,07 1,9%
<b>Energie-Aufwendung (witterungskorrigiert = pro Gradtag)</b>						
Heizgradtage HGT20/13	2871 Kd			1851 Kd		64% Veränderung geg. 2023
	"intern"	"extern"		"intern"	"extern"	"intern" "extern"
Strom (Hzg) / HGT	0,85	0,94 kWh/Kd	10%	0,88	0,98	103% 104%
Wärme (Hzg) / HGT	3,41	3,89 kWh/Kd	14%	3,70	4,15	108% 107%
<b>Warmwasser-Aufwendung pro m³ Wassermenge</b>						
WW-Menge	36,0 m³/a			30,9 m³/a		86%
	"intern"	"extern"		"intern"	"extern"	"intern" "extern"
Strom (WW) / m³	24,1	22,9 kWh/m³	-5%	22,8	21,9	95% 96%
Wärme(WW) / m³	66,9	69,2 kWh/m³	3%	66,9	65,4	100% 94%

# Vergleich „externe“ und „interne“ Messwerte und Jahresarbeitszahlen

## Witterungskorrektur und Nutzereinfluss

bezieht man die Strom- und Wärmemengen für das „Heizen“ auf die jeweiligen Heizgradtage  
 ergibt sich kein relevanter Unterschied für  
 daher kann von einem vergleichbaren Heizverhalten in den Messperioden 2023 und 2024 (mit 10 Monaten) ausgegangen werden

bezieht man die Strom- und Wärmemengen zur „Warmwasser-Bereitung“ auf die jeweiligen Kaltwassermengen (in m<sup>3</sup>)  
 ergeben sich nur geringe Unterschied  
 daher kann von einer vergleichbaren Nutzwärmeanforderung (Wassermenge und gleich hohe WW-Temperaturen (etwa 55 °C) in den Messperioden 2023 und 2024 ausgegangen werden

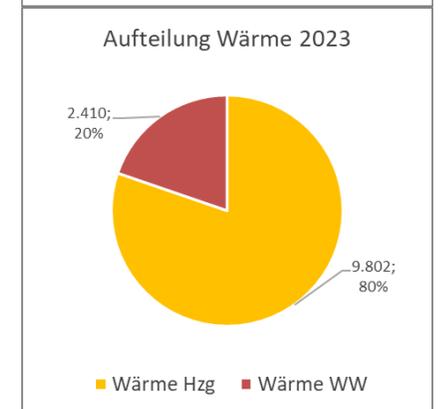
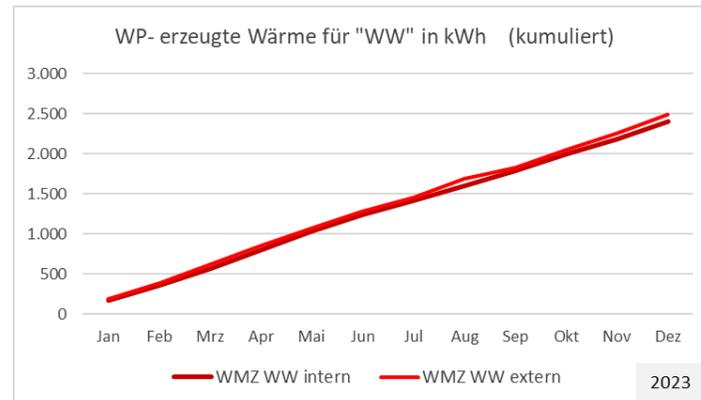
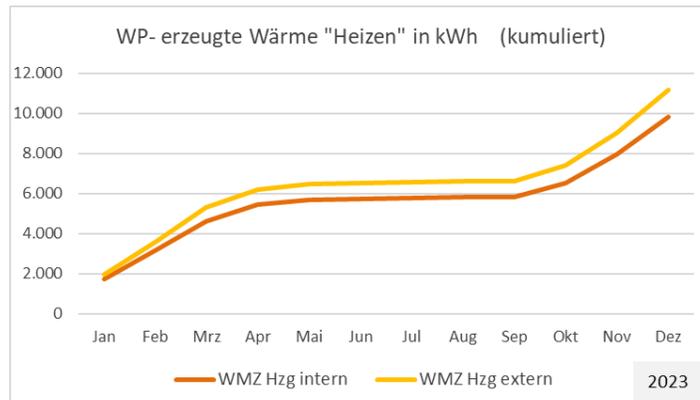
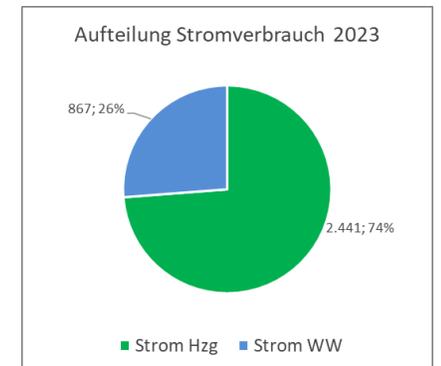
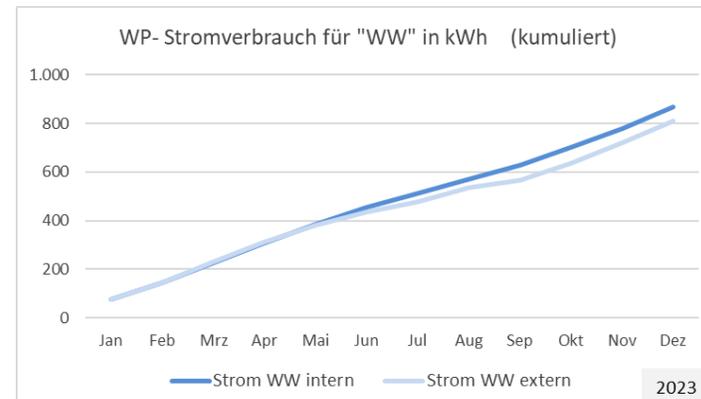
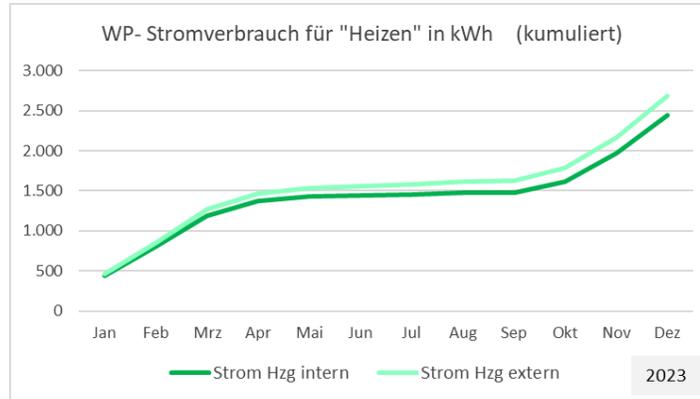
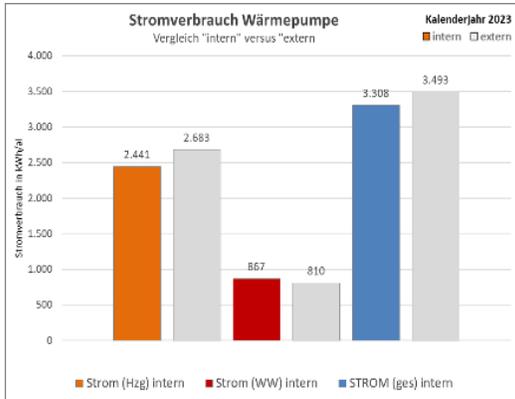
Die Unterschiede bei interner und externe Messung beruhen daher nicht auf Einfluss der Witterung bzw. unterschiedlichem Nutzerverhalten

## Stromverbrauch, Wärmeerzeugung und Jahresarbeitszahl (JAZ) für "Heizung" & "Warmwasser" & "gesamt" - inkl. elt Heizstab

Vergleich der "internen" und "externen" Messung und Verbrauchserfassung - alle Angaben in kWh --  
 (Ablesefehler "extern": manuelles Ablesung zum 1. des Monats plus/minus 1/2 Tag Verzug)

Messperiode	2023 (Jan-Dez)			2024 (Jan-Okt / 10 Monate)		
	"intern"	"extern"	Differenz absolut / in %	"intern"	"extern"	Differenz absolut / in %
Strom (Hzg)	2.441	2.696	256 9,5%	1.624	1.807	184 10,2%
Strom (WW)	867	824	-43 -5,2%	705	677	-28 -4,2%
<b>STROM (ges)</b>	<b>3.308</b>	<b>3.520</b>	<b>213 6,0%</b>	<b>2.329</b>	<b>2.484</b>	<b>156 6,3%</b>
Wärme (Hzg)	9.802	11.174	1.372 12,3%	6.852	7.680	828 10,8%
Wärme (WW)	2.410	2.493	83 3,3%	2.068	2.021	-47 -2,3%
<b>WÄRME (ges)</b>	<b>12.212</b>	<b>13.667</b>	<b>1.455 10,6%</b>	<b>8.920</b>	<b>9.701</b>	<b>781 8,1%</b>
<b>JAZ (Hzg)</b>	<b>4,02</b>	<b>4,14</b>	<b>0,13 3,1%</b>	<b>4,22</b>	<b>4,25</b>	<b>0,03 0,7%</b>
<b>JAZ (WW)</b>	<b>2,78</b>	<b>3,03</b>	<b>0,25 8,1%</b>	<b>2,93</b>	<b>2,99</b>	<b>0,05 1,8%</b>
<b>JAZ (Hzg &amp; WW)</b>	<b>3,69</b>	<b>3,88</b>	<b>0,19 4,9%</b>	<b>3,83</b>	<b>3,91</b>	<b>0,07 1,9%</b>
<b>Energie-Aufwendung (witterungskorrigiert = pro Gradtag)</b>						
Heizgradtage HGT20/13	2871 Kd			1851 Kd		64% Veränderung geg. 2023
	"intern"	"extern"		"intern"	"extern"	"intern" "extern"
Strom (Hzg) / HGT	0,85	0,94	kWh/Kd 10%	0,88	0,98	103% 104%
Wärme (Hzg) / HGT	3,41	3,89	kWh/Kd 14%	3,70	4,15	108% 107%
<b>Warmwasser-Aufwendung pro m<sup>3</sup> Wassermenge</b>						
WW-Menge	36,0 m <sup>3</sup> /a			30,9 m <sup>3</sup> /a		86%
	"intern"	"extern"		"intern"	"extern"	"intern" "extern"
Strom (WW) / m <sup>3</sup>	24,1	22,9	kWh/m <sup>3</sup> -5%	22,8	21,9	95% 96%
Wärme(WW) / m <sup>3</sup>	66,9	69,2	kWh/m <sup>3</sup> 3%	66,9	65,4	100% 94%

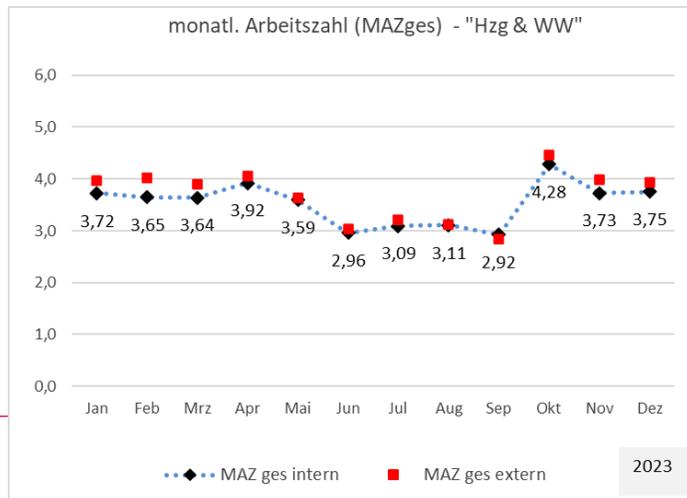
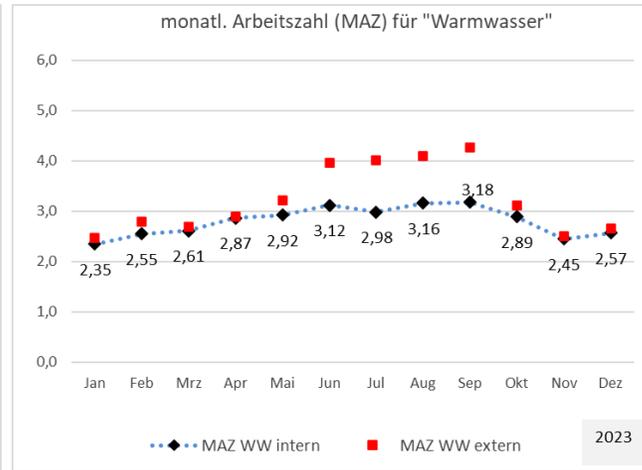
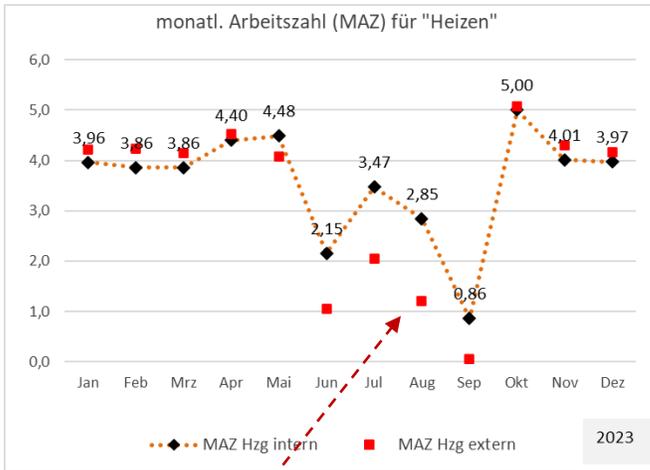
# Vergleich „externe“ und „interne“ monatliche Messwerte und Arbeitszahlen



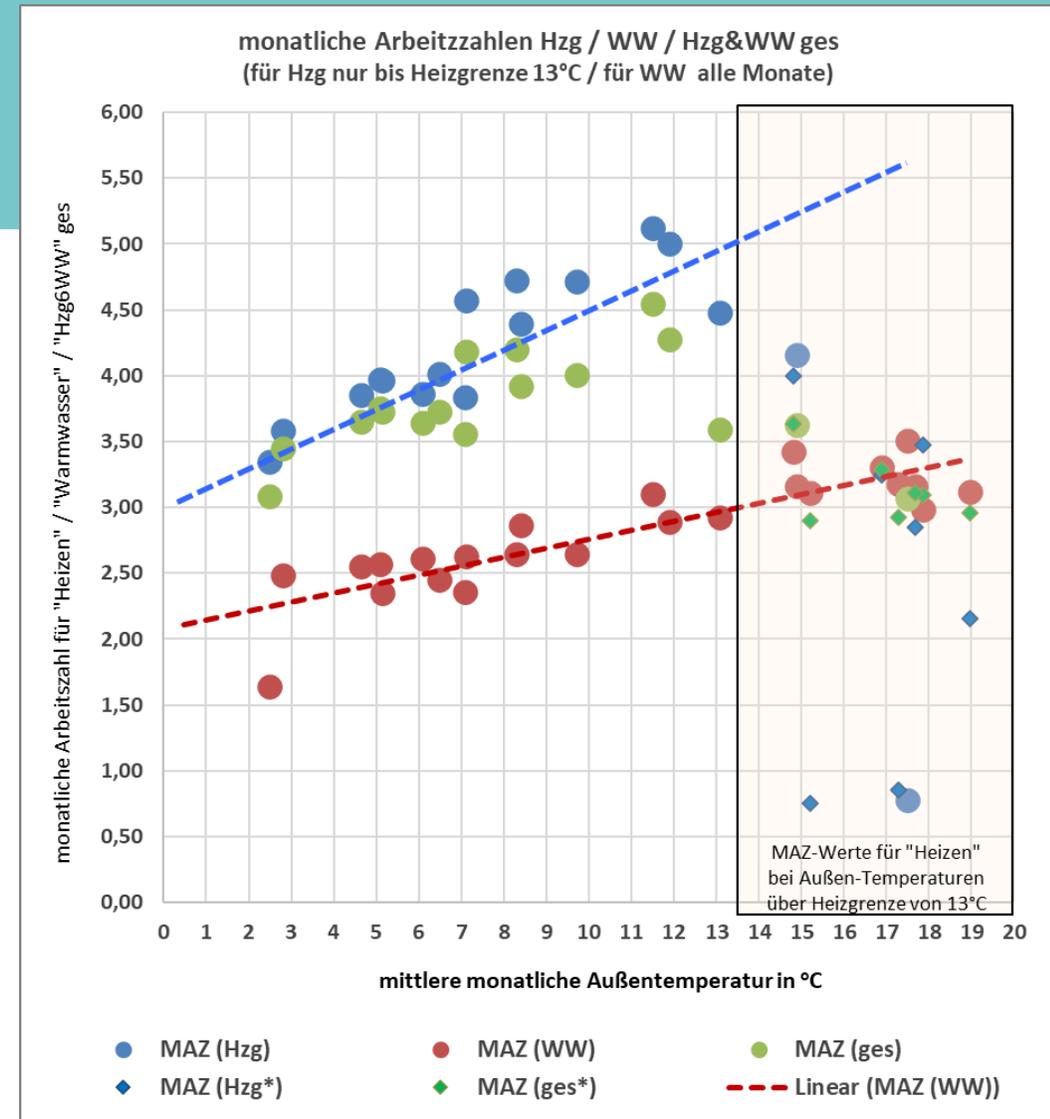
Anmerk: WW-Verbrauch 36 m³/a  
100 Liter/Tag etwa 25 bis 33 Liter/Kopf

Leichte Abweichungen bei Raumwärme nur geringe Abweichung bei WW-Bereitung

# Vergleich „externe“ und „interne“ monatliche Messwerte und Arbeitszahlen



Auch bei interner Messung zeigt sich eine geringere Effizienz beim „Heizen“ in der Sommer-Periode  
Ursache: ?



# Vergleich „externe“ und „interne“ monatliche Messwerte und Arbeitszahlen

**Fazit:**  
Im Großen und Ganzen kann man sich auf die „interne“ Messung und Anzeigen verlassen!



Erfüllt die Wärmepumpen-App die Anforderungen der BEG-Förderrichtlinie?

✓ JA - Energiemengen Strom, Umweltwärme, Nutzenergie, JAZ, täglich, wöchentlich, monatlich, jährlich..., Außen/Innen-Temperatur etc.

Wie genau wird gemessen? Vergleich „externen“ versus „internen“

✓ akzeptable Abweichungen von 5% bis 10%

☒ auch externe Messung ist fehlerbehaftet/auch systematischer Fehler möglich

„Wer viel misst, misst Mist“ ! oder „Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser“ !?  
Lohnt sich der Aufwand für eigene WMZ und Stromzähler?

✓ ja/nein Kosten externe Messung (ca. 550 EUR) entspricht

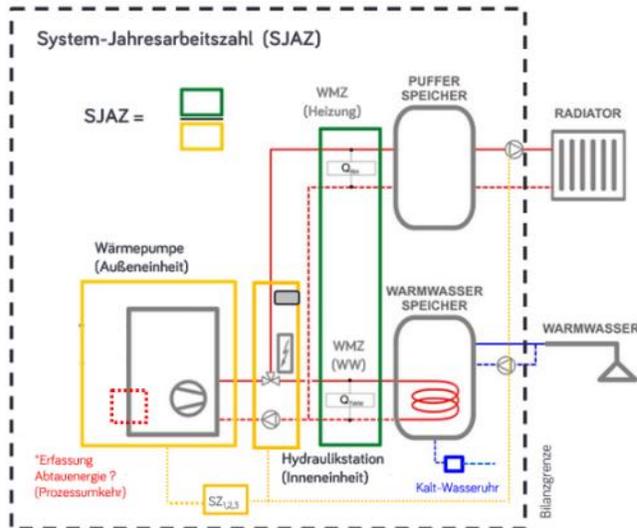
Stromkosten einer halben Heizperiode oder 30 EUR pro Jahr (15 Jahre Nutzung)

☒ externe Messergebnisse müssen auch erfasst und bewertet werden, sonst nutzlos

Was könnte bei der Wärmepumpen-App verbessert werden?

☒ es fehlen Kontrollmöglichkeit der Kompressor-Laufzeit und Startvorgänge (Lebensversicherung der Wärmepumpe ! Wie soll Fern-Diagnose dazu erfolgen ??)

☒ Speicherung verschiedener Heizprofile (bis zu 12 Zeitfenster / Kern-Winter, Frühjahr/Herbst, Sommer)



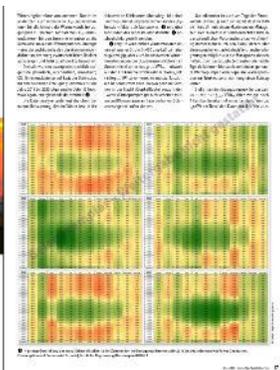
# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

**Teil 3 - der deutsche Winter-Strommix ist bereits jetzt schon  
“grün“ genug für Wärmepumpen!**

**Vergleich CO<sub>2</sub>-Bilanz von Wärmepumpe –versus- Gas-Brennwertkessel  
mit monatlichen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren**

**Mythos: „Wärmepumpen bringen nix für den  
Klimaschutz, denn sie laufen im Winter  
sowieso mit Kohlstrom?“...  
>>>WIDERLEGT!**

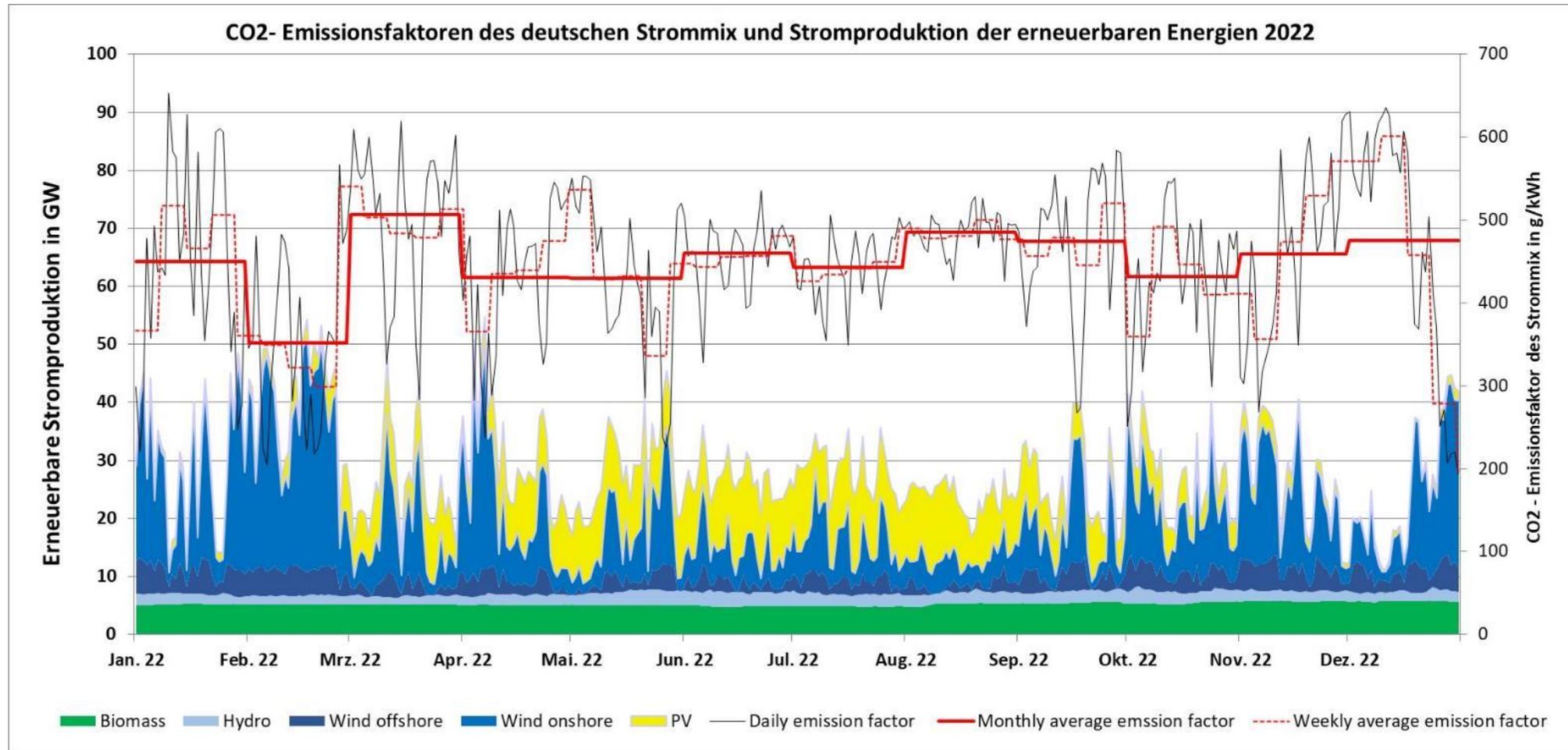
Hinweis: ausführlicher Artikel des Autors dazu in TGA&E Ausgabe Mai 2024



<https://www.tga-fachplaner.de/energie/technik/dekarbonisierung-auch-der-winter-strommix-ist-gruen-genug-fuer-waermepumpen>

# Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter mit Kohlstrom

Frage: wie setzt sich der Strom-Mix über das Jahr zusammen und welche CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren ergeben sich?

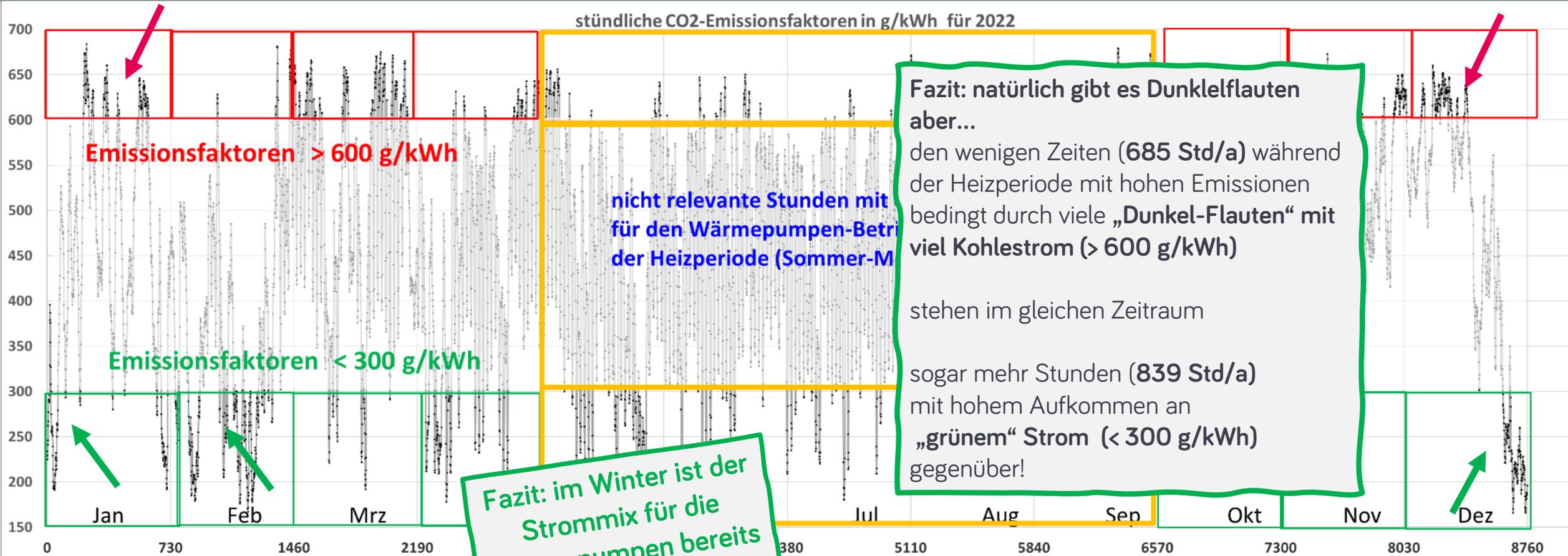


CO<sub>2</sub>-  
Emissionsfaktor  
Strom-Mix 2022 -  
Monatsmittelwerte  
in [ g/kWh ]

JAN	450
FEB	352
MRZ	506
APR	431
MAI	429
JUN	460
JUL	443
AUG	486
SEP	475
OKT	432
NOV	459
DEZ	475
JAHR	450

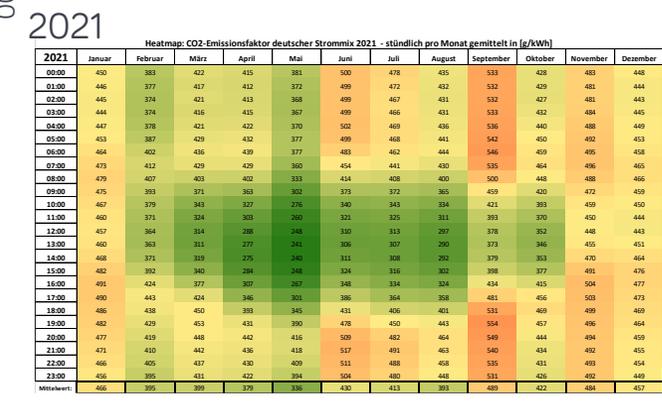
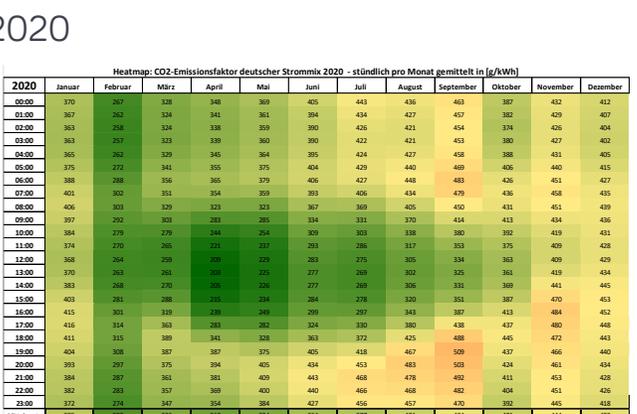
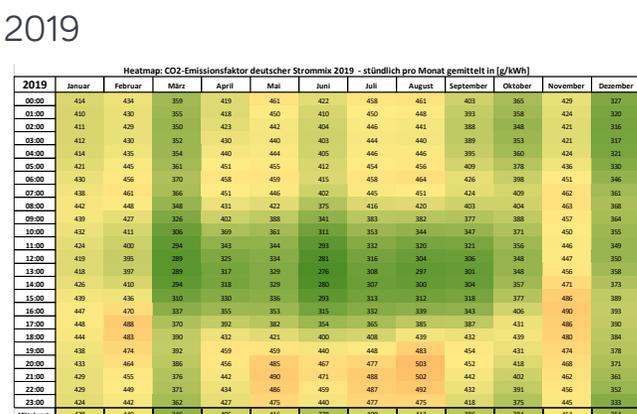
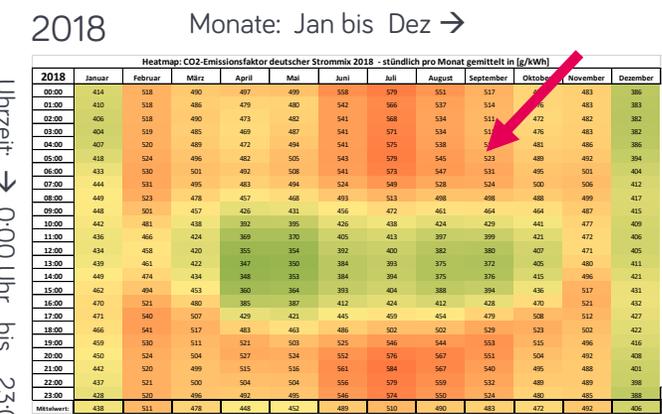
# Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter mit Kohlstrom!

Frage: wie setzt sich der Strom-Mix über das Jahr zusammen und welche CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren ergeben sich?



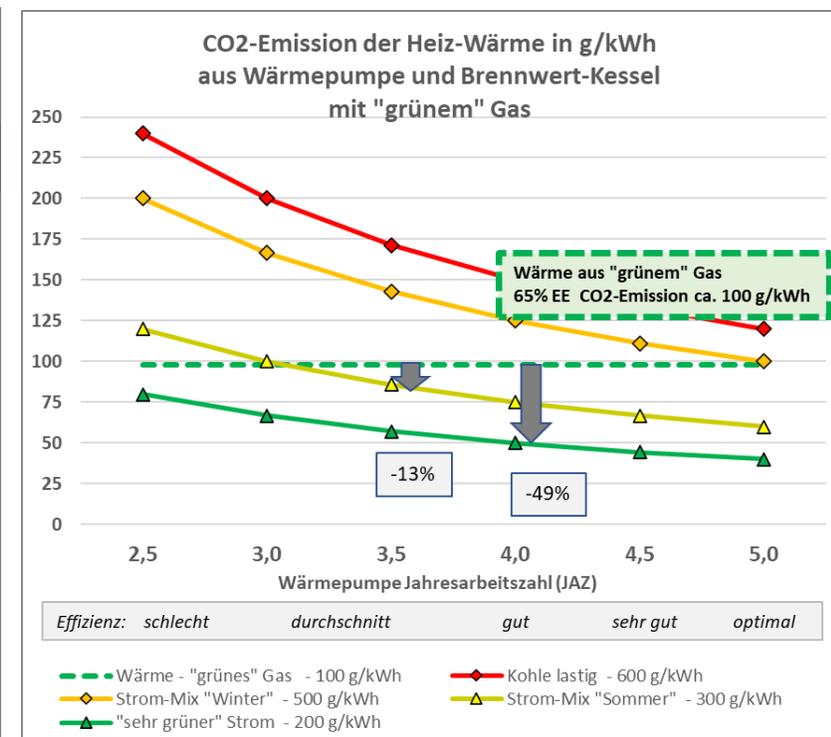
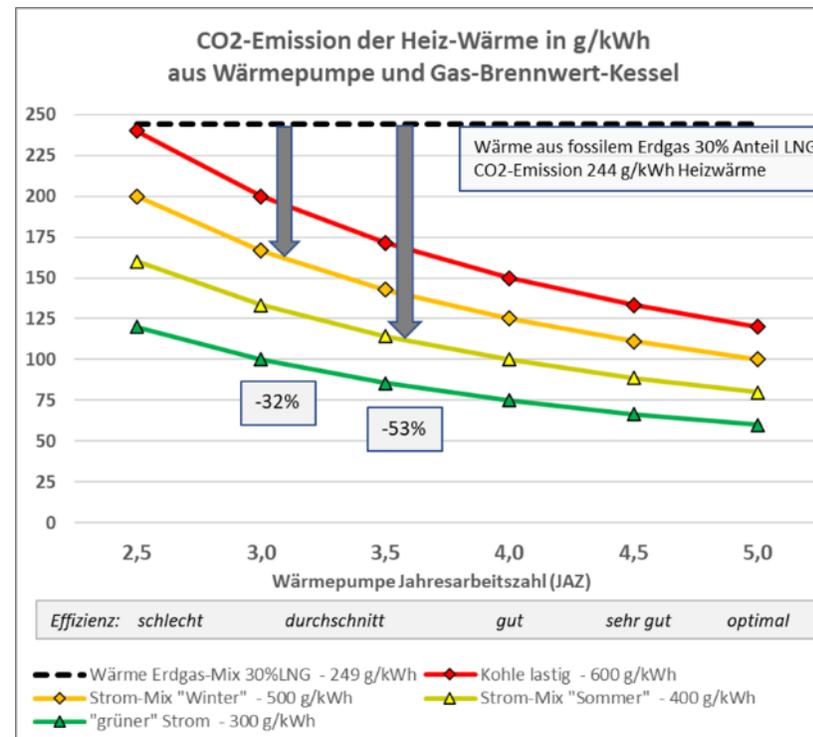
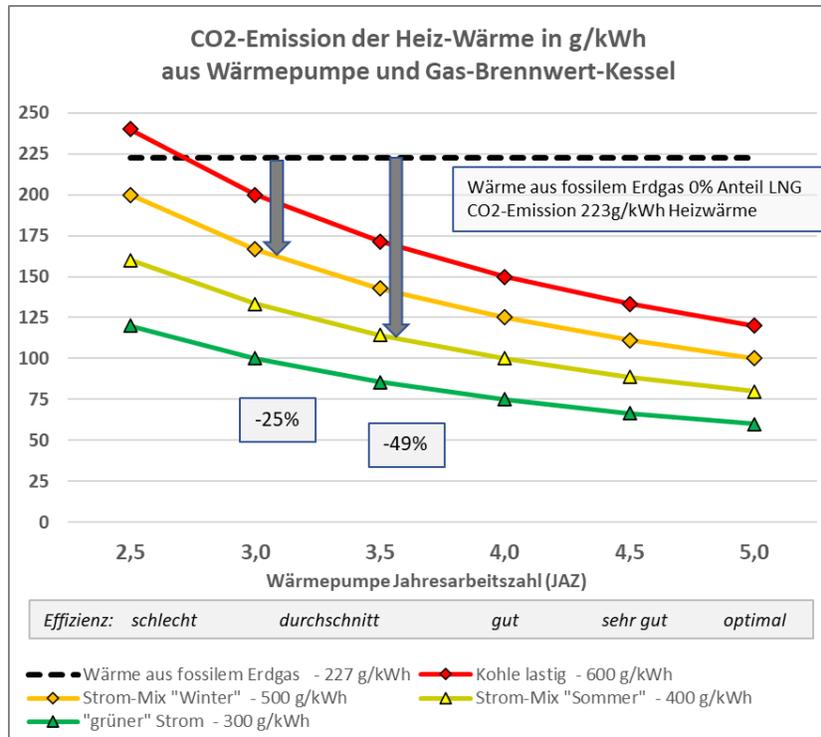
# Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter mit Kohlestrom

## Bewertung: der Strom im Winter ist für die Wärmepumpe bereits „grün“ genug!



# Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter mit Kohlestrom!

**Bewertung: ja, kann man behaupten? stimmt aber nicht!! ... wir rechnen nach!**



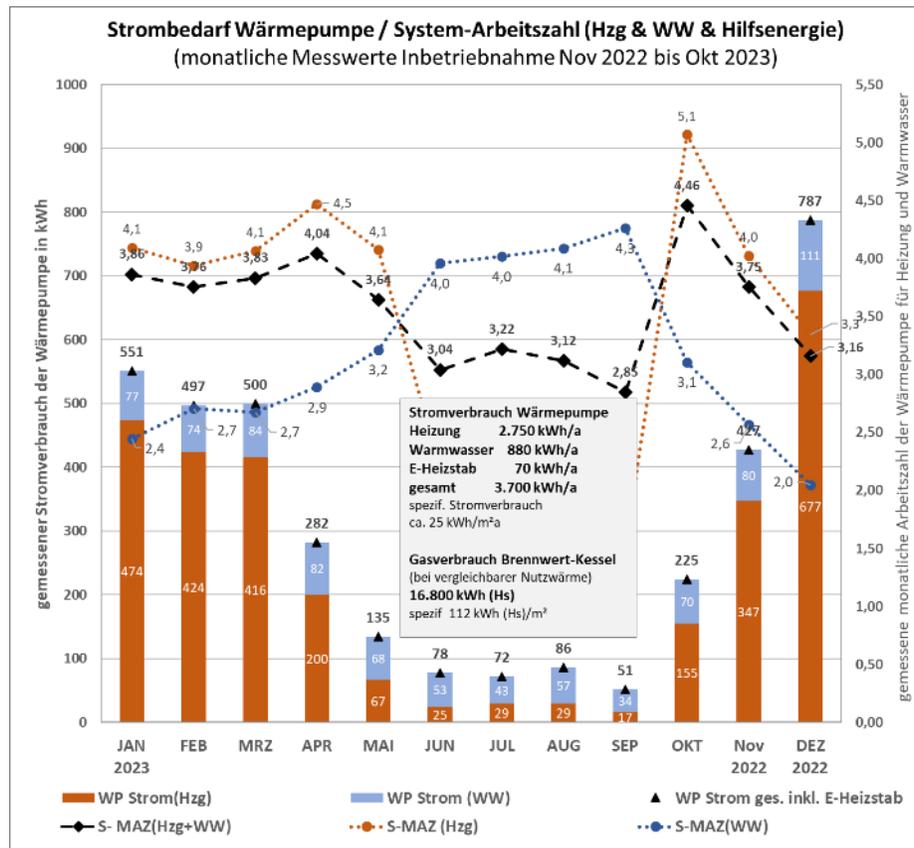
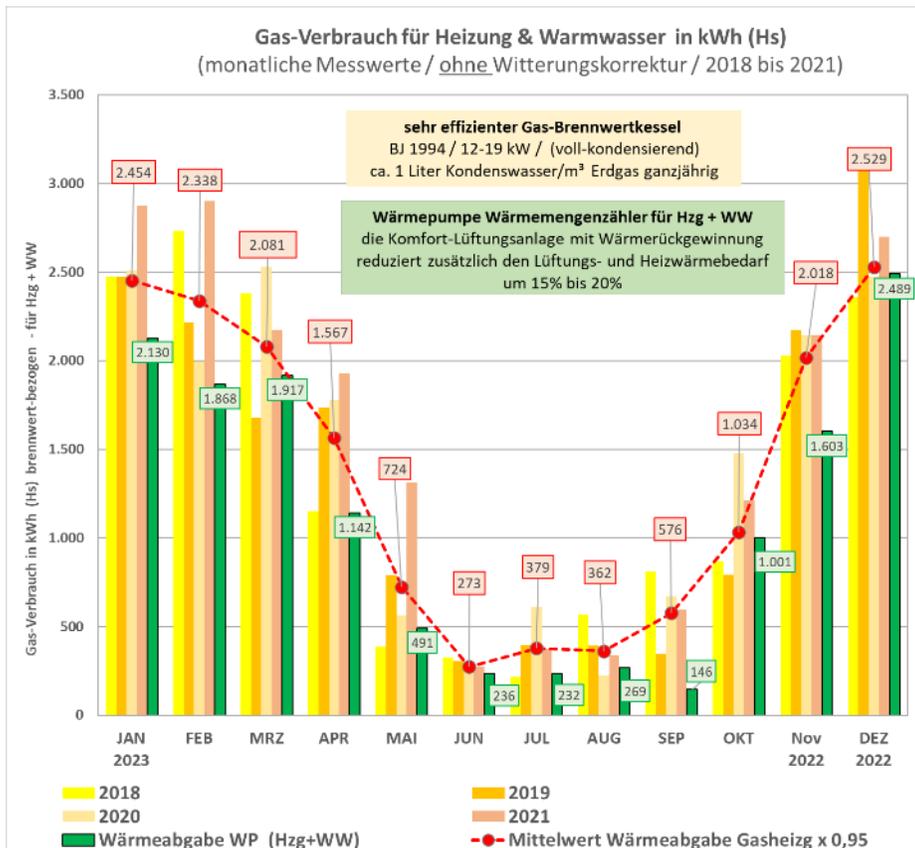
Wärmepumpe versus ->Erdgas-BrennwertKessel

-> Erdgas-Mix (30% LNG)

-> „grüne“ Gas

# Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter mit Kohlestrom !

und hier der Gegenbeweis !! >> Monitoring - Messwerte aus 12 Monaten Heizbetrieb\*

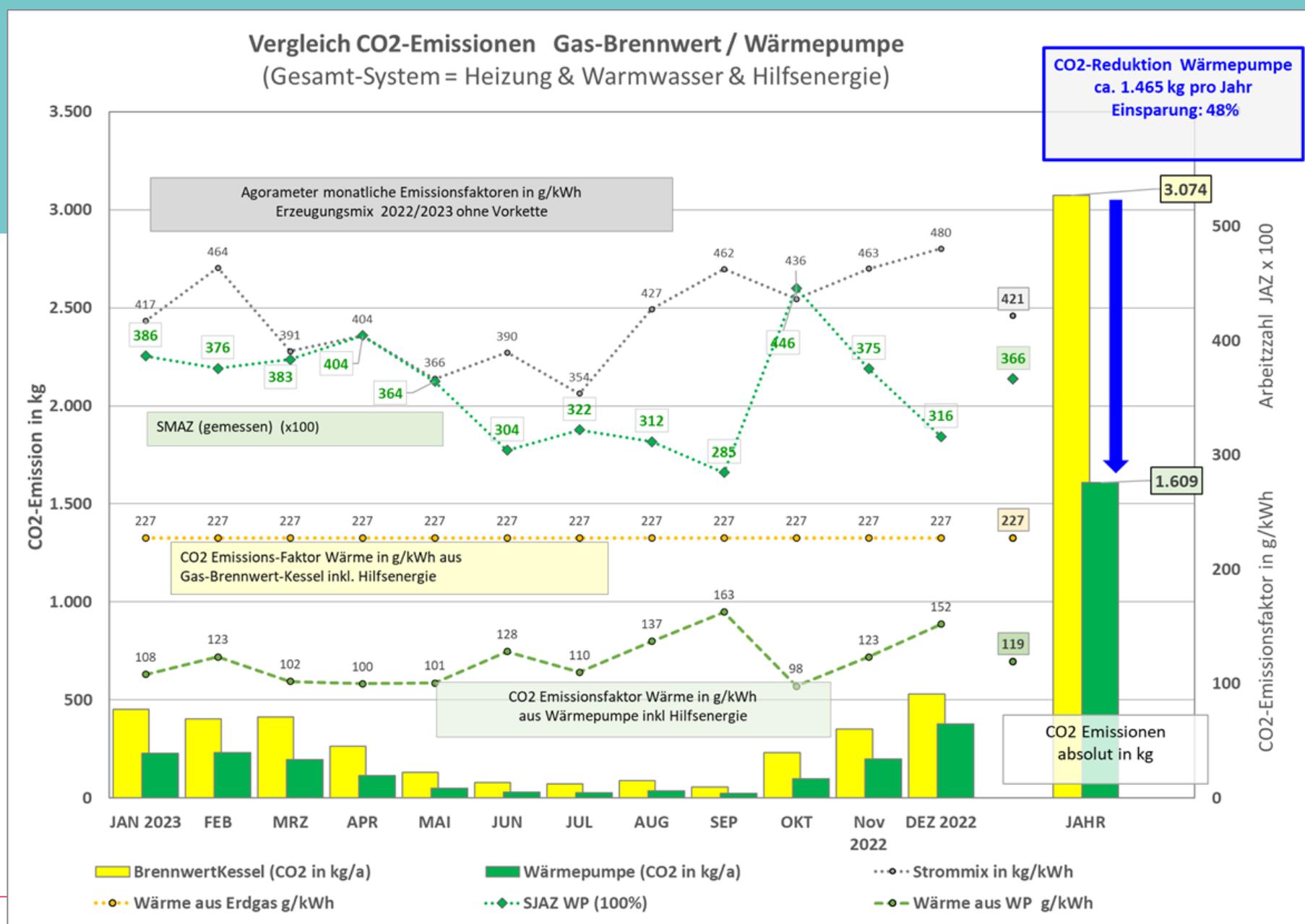


Monat	2022	2023*	2024*
Jan	450	417	347
Feb	352	464	329
Mrz	506	391	341
Apr	431	404	270
Mai	429	366	278
Jun	460	390	288
Jul	443	354	291
Aug	486	427	309
Sep	475	462	309
Okt	432	394	
Nov	459	403	
Dez	475	372	
Mittel	450	404	307

**Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter nur mit Kohlestrom !**

**der Gegenbeweis !!  
Messwerte aus 12 Monaten Heizbetrieb\***

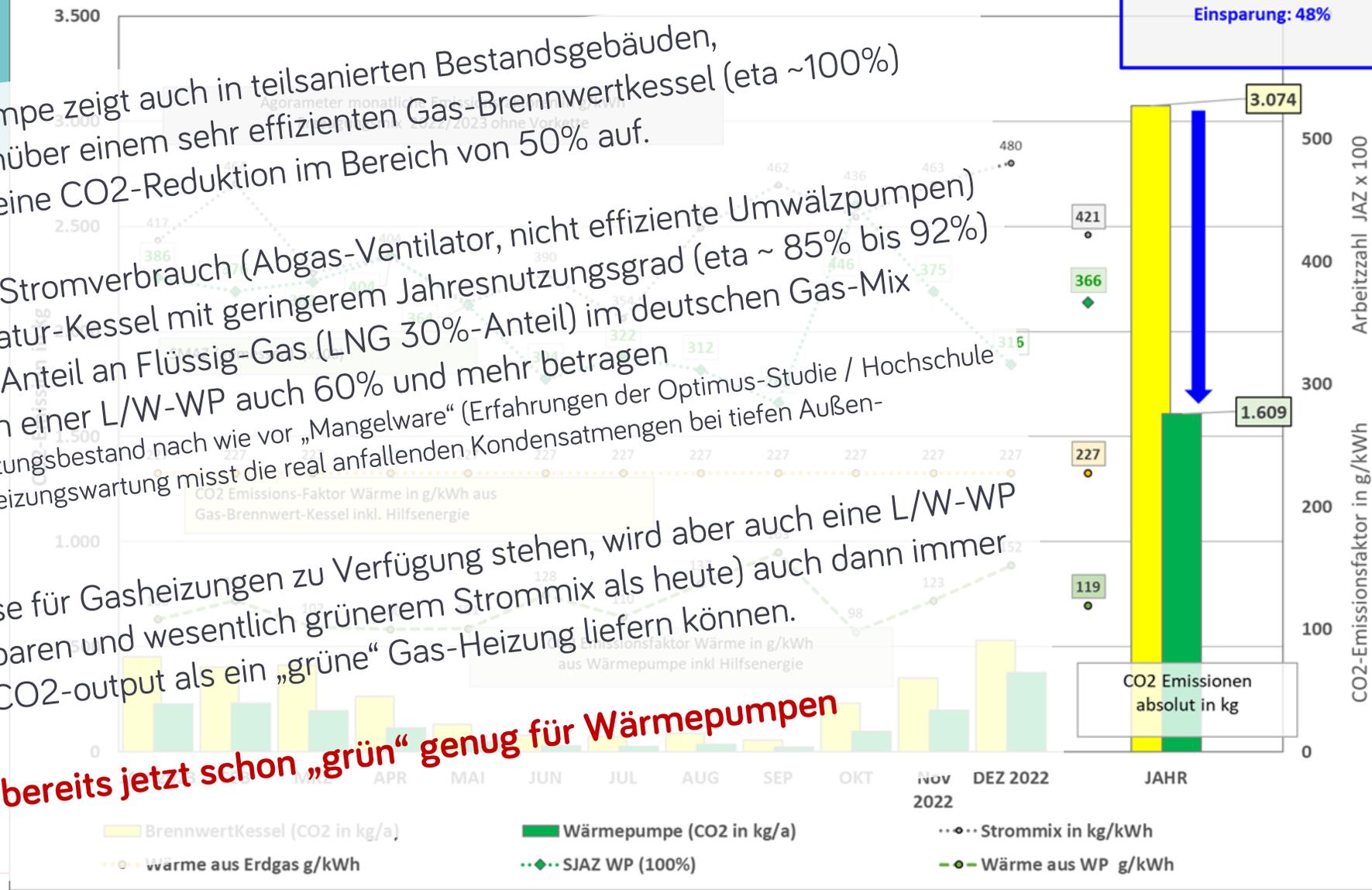
**CO2-Reduktion ca. 50%  
L/W-Wärmepumpe schlägt effizienten Gas-Brennwert-Kessel !**



# Mythos: Wärmepumpen bringen nichts für den Klimaschutz, denn sie laufen im Winter nur mit Kohlestrom!

## Vergleich CO2-Emissionen Gas-Brennwert / Wärmepumpe (Gesamt-System = Heizung & Warmwasser & Hilfsenergie)

**CO2-Reduktion Wärmepumpe**  
ca. 1.465 kg pro Jahr  
Einsparung: 48%



Eine moderne Luft/Wasser-Wärmepumpe zeigt auch in teilsanierten Bestandsgebäuden, ohne eine Fußboden-Heizung..., gegenüber einem sehr effizienten Gas-Brennwertkessel (eta ~100%) beim aktuellen Stromerzeugungsmix eine CO2-Reduktion im Bereich von 50% auf.

Werden zusätzlich auch der oft hohe Stromverbrauch (Abgas-Ventilator, nicht effiziente Umwälzpumpen) oder ein gewöhnlicher Niedertemperatur-Kessel mit geringerem Jahresnutzungsgrad (eta ~ 85% bis 92%) bilanziert und zukünftig ein erhöhter Anteil an Flüssig-Gas (LNG 30%-Anteil) im deutschen Gas-Mix unterstellt, dürfte die CO2-Reduktion einer L/W-WP auch 60% und mehr betragen (effiziente Brennwert-Kessel sind aber im Heizungsbestand nach wie vor „Mangelware“ (Erfahrungen der Optimus-Studie / Hochschule Ostfalia) und weder Schornsteinfeger noch Heizungswartung misst die real anfallenden Kondensatmengen bei tiefen Außentemperaturen)

Sollten zukünftig mehr „grüne“ Gase für Gasheizungen zu Verfügung stehen, wird aber auch eine L/W-WP (wegen dem dann ohnehin verfügbaren und wesentlich grünerem Strommix als heute) auch dann immer noch Heizwärme mit geringerem CO2-output als ein „grüne“ Gas-Heizung liefern können.

**Fazit: der Winterstrommix ist bereits jetzt schon „grün“ genug für Wärmepumpen**

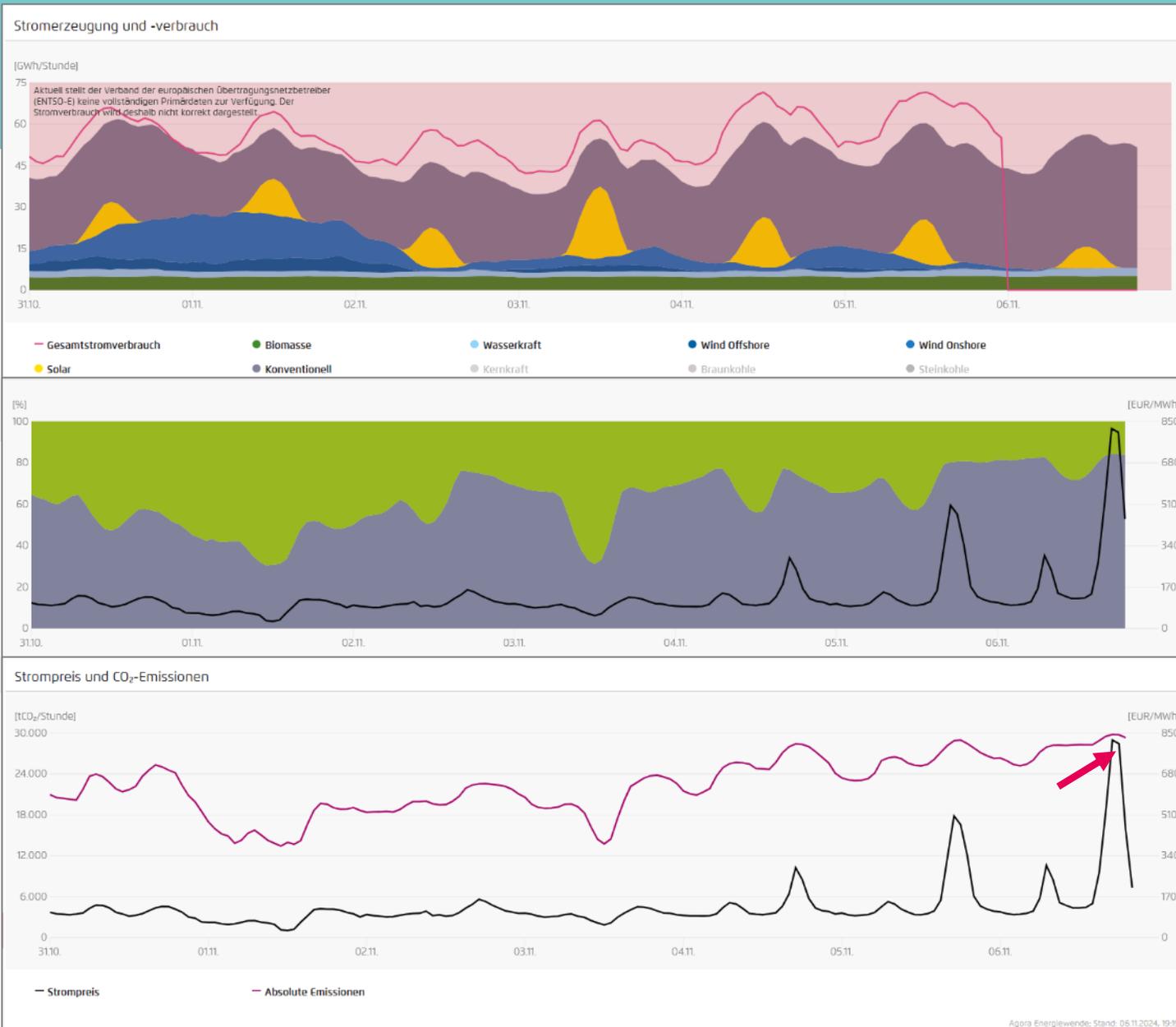
# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH

- Teil 4** - dynamische Stromtarife ab 2025 nur mit „smart meter“
- netzdienlicher Betrieb der Wärmepumpe gefordert !
  - §14a EnWG 2024 steuerbare Verbrauchseinrichtung

Die Frage ist nur:  
Wie kommt das „Preissignal“  
in die Wärmepumpen-Regelung?

Das Instrument:  
das Haus ist der Stromspeicher !

# Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH



## der aktuelle Strom-Mix erste November Woche 2024

Dunkel-Flaute Do 6.11.24  
 Hochnebel, Flaute, viel Kohle und Import  
 Es wurde teuer!!

**Spotmarkt/day-ahead market 6.11.24 /17:00**

mit Netzentgelt, Steuern, Abgaben

**Wärmepreis (TAZ 4,0)**

**114 ct/kWh**

**29 ct/kWh**

*flop!*

**Strompreis im Sommer typ.**

**25 ct/kWh**

**Wärmepreis (TAZ 4,0)**

**6 ct/kWh**

*Top!*

**Wärmepreis Gas-Brennwert**

**11 ct/kWh (Hs) x 1,11 / 0,95**

**13 ct/kWh**

# Dezember 2022

## „heatmap“ für den Börsen-Strompreis inkl. aller Abgaben und Steuern

### in ct/kWh

# Dezember 2023



Dez 22																															Mittelwert des Strompreises für		Dez 22	
zentgette	für Brer ca.		18 bis		20 ct/kWh		Mittel	19 ct/kWh																							Strompreis in ct/kWh			
mpreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	stündlich	Zeitzone	
00:00	48,2	49,6	42,8	42,1	39,5	48,8	45,5	47,7	52,4	50,2	49,1	47,0	49,6	46,5	49,0	48,6	47,4	36,6	31,0	29,8	37,2	34,9	33,9	27,1	31,0	24,0	21,3	23,0	18,9	20,1	19,0	38,5	0:00 bis 6:00	37,2
01:00	48,1	48,4	42,6	41,0	38,6	46,8	42,6	47,1	49,6	49,6	48,3	46,8	47,8	46,0	48,1	47,8	46,1	35,9	29,6	28,2	36,5	33,6	33,9	24,0	30,2	22,7	20,0	22,3	18,9	19,5	19,0	37,4		
02:00	47,5	48,9	42,2	42,1	37,3	46,6	39,4	46,0	49,2	48,1	47,8	46,4	47,5	45,9	46,9	47,0	45,0	36,0	28,2	28,2	36,9	33,0	33,6	24,0	29,7	21,7	19,6	20,0	18,9	19,3	19,0	36,8		
03:00	46,5	48,9	41,4	39,9	37,2	46,8	39,0	46,0	48,8	47,7	46,3	46,0	46,7	46,8	46,0	46,0	43,6	36,2	26,6	26,6	35,8	32,2	32,8	22,3	28,1	21,1	19,5	19,0	18,8	19,1	19,0	36,2		
04:00	46,2	49,1	42,1	39,9	35,4	47,7	42,0	46,5	49,4	47,5	45,8	45,8	47,2	47,0	46,4	47,3	42,9	36,2	26,8	27,2	35,9	31,8	33,1	22,6	27,6	20,8	20,1	19,0	18,8	19,1	19,0	36,3		
05:00	47,3	50,4	43,5	40,3	44,1	49,9	44,9	49,0	50,8	47,7	45,9	47,4	50,6	50,1	48,0	48,6	42,7	35,9	29,9	28,9	37,0	34,6	33,9	23,8	27,6	20,6	21,0	19,0	18,9	19,5	19,0	37,8		
06:00	54,3	55,2	44,2	40,2	48,2	56,1	44,4	51,6	54,9	48,5	47,1	58,2	55,9	55,9	52,7	53,5	42,8	35,8	36,5	34,0	40,9	37,4	35,9	24,8	27,6	20,8	22,0	20,7	19,0	20,1	19,0	40,6	6:00 bis 10:00	45,8
07:00	64,1	60,4	44,3	40,9	55,9	64,5	53,5	59,0	64,5	50,4	47,0	69,5	69,0	68,5	62,3	64,9	43,9	36,7	43,0	39,0	44,3	41,5	37,9	28,8	28,3	21,3	27,1	22,1	19,0	21,4	19,0	45,5		
08:00	65,4	63,3	44,7	44,5	59,6	64,6	57,3	63,7	66,4	53,6	48,3	73,5	76,2	73,0	68,0	73,3	48,1	40,0	44,0	41,3	46,3	41,4	40,7	31,2	30,0	22,9	28,6	23,3	19,9	21,8	19,1	48,2		
09:00	65,2	62,3	47,2	47,9	59,0	65,0	53,6	64,4	66,5	58,7	51,0	70,4	74,3	76,0	68,0	75,2	49,0	40,0	43,9	41,5	46,0	41,4	41,2	33,6	30,3	24,4	29,0	25,4	19,6	21,9	19,0	48,7		
10:00	64,3	61,7	50,1	49,1	59,0	64,3	51,5	63,8	66,1	60,9	51,7	69,5	70,8	75,5	66,5	73,3	49,2	40,8	43,9	41,0	44,2	41,5	41,5	32,9	31,0	24,9	28,6	25,8	19,5	21,6	19,0	48,5	10:00 bis 17:00	48,1
11:00	63,6	60,0	50,6	49,7	61,2	65,0	49,5	63,6	67,4	60,2	53,5	68,8	69,5	75,8	64,1	73,1	47,1	40,6	43,7	41,7	43,8	41,4	41,2	33,0	31,1	24,9	29,8	25,0	19,4	21,5	18,8	48,3		
12:00	62,8	59,4	49,7	49,5	59,5	64,4	48,7	63,8	67,1	58,8	53,8	68,0	67,3	71,6	59,7	68,2	46,0	37,6	43,9	40,9	42,9	41,4	41,4	32,8	29,1	24,5	30,0	24,2	19,2	20,8	18,6	47,3		
13:00	63,7	57,4	49,3	49,2	58,3	63,6	51,3	63,8	66,0	56,6	51,5	67,3	69,6	70,5	58,7	65,9	44,5	41,4	43,6	40,6	42,3	40,7	41,9	33,0	28,6	22,0	31,4	23,7	19,3	21,0	18,7	46,9		
14:00	65,4	49,8	50,6	49,6	60,3	64,9	59,8	64,4	66,6	56,7	51,8	69,6	74,3	70,5	64,5	65,6	45,7	42,0	43,9	41,8	43,1	40,3	41,6	34,1	28,3	22,3	32,9	26,1	21,0	21,6	18,8	48,0		
15:00	65,3	47,8	50,6	49,8	62,0	64,4	62,7	64,7	66,4	58,4	52,7	72,6	76,0	71,9	66,0	65,5	47,4	43,0	43,9	41,5	41,9	40,0	41,0	35,0	30,0	22,4	33,3	26,1	21,5	21,8	18,8	48,5		
16:00	64,8	47,2	52,1	51,5	62,1	65,2	64,4	65,3	66,5	61,1	55,2	74,9	78,0	73,5	67,5	66,9	49,5	42,4	43,9	41,8	41,5	40,3	41,2	35,3	30,3	23,8	33,8	27,6	21,7	21,1	18,9	49,3		
17:00	67,4	56,9	54,9	53,7	63,5	66,9	60,9	68,8	69,8	64,0	60,4	77,8	85,5	78,0	69,0	69,5	52,5	41,9	43,9	41,9	43,6	40,4	40,4	35,6	32,0	24,5	34,9	28,0	22,5	22,1	19,0	51,3	17:00 bis 22:00	47,6
18:00	66,0	52,4	53,3	49,5	62,3	64,4	59,0	64,9	66,7	63,3	62,0	74,9	78,6	74,7	69,0	68,0	51,4	41,1	43,9	42,4	42,5	41,4	40,0	34,0	31,0	24,2	35,5	27,7	24,1	21,2	19,0	50,0		
19:00	64,8	53,0	50,2	49,2	61,8	60,8	57,8	64,4	64,2	61,1	60,3	69,8	71,3	71,1	67,6	65,8	48,2	39,8	41,7	42,0	41,6	41,2	38,8	32,9	30,0	24,9	34,7	26,2	23,8	20,4	18,9	48,3		
20:00	62,1	44,2	48,1	45,2	58,2	55,9	59,9	62,4	63,0	55,1	57,4	68,0	64,2	67,8	63,0	59,2	45,4	32,0	37,8	41,8	40,1	39,1	37,1	32,0	30,8	24,8	33,8	24,5	21,7	19,3	18,9	45,6		
21:00	56,9	52,4	48,0	46,9	52,3	50,9	51,7	54,3	56,6	51,4	52,5	59,9	54,4	58,7	55,8	52,5	43,6	35,3	36,5	41,9	37,8	37,4	34,2	31,0	29,7	24,9	31,9	23,6	21,5	19,1	18,9	42,7		
22:00	53,1	46,9	46,9	45,6	51,5	49,5	49,1	51,8	52,8	49,8	51,4	55,1	51,1	54,2	52,6	49,9	40,6	33,6	35,6	40,1	36,1	36,1	33,9	30,7	29,2	23,9	29,8	22,5	21,6	19,0	18,9	40,7	22:00 bis 24:00	39,6
23:00	49,5	44,6	43,4	43,3	48,3	46,4	47,1	48,9	50,6	47,8	49,6	50,3	47,3	51,9	49,6	47,5	39,0	30,5	31,0	37,5	33,0	35,2	31,0	30,1	29,0	20,9	27,6	21,1	21,1	19,0	18,9	38,4		

# Februar 2023

„heatmap“  
für den  
Strompreis  
in ct/kWh

Feb 2023																										Mittelwert des Strompreises für		Feb 2023			
Netzentgelte	für Brer ca.				18 bis		20 ct/kWh Mittel		19 ct/kWh																				Strompreis in ct/kWh		
Strompreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	stündlich	Zeitzone	
00:00	27,0	26,4	29,8	28,9	32,6	33,5	33,6	35,0	30,0	31,3	28,0	32,0	32,8	32,6	32,5	30,3	29,6	21,8	29,9	26,9	24,1	33,0	32,5	32,4	28,1	29,6	31,3	32,4	30,3		
01:00	25,8	25,8	29,0	29,6	32,7	33,4	33,2	34,5	30,8	31,3	27,5	31,5	32,3	32,2	32,1	30,7	28,9	22,6	29,4	24,1	23,6	31,9	32,1	30,8	27,3	29,3	32,3	31,5	29,9		
02:00	25,6	26,1	28,4	30,3	31,9	33,5	33,0	34,0	30,5	30,6	27,5	32,2	32,3	32,2	32,0	30,5	28,3	22,6	29,0	23,9	23,8	31,5	31,9	30,8	26,9	29,3	32,3	31,4	29,7		
03:00	25,7	26,7	27,8	31,2	32,1	33,2	32,9	33,8	30,5	30,7	27,2	31,8	31,9	32,2	32,0	30,3	27,6	23,4	28,3	22,4	24,3	31,9	31,5	30,5	26,5	29,6	31,5	31,5	29,6		
04:00	24,8	27,9	27,4	31,5	30,6	33,0	33,2	33,6	31,0	30,9	27,2	30,8	32,1	32,2	31,7	30,5	27,1	25,3	28,3	21,9	25,9	32,0	31,5	30,8	27,2	29,4	31,0	31,6	29,7		
05:00	26,5	28,3	27,9	31,7	30,3	33,9	33,6	33,9	32,3	31,5	27,1	30,9	32,7	33,2	32,7	31,0	28,1	26,0	28,8	22,8	28,5	32,9	32,0	30,7	26,8	29,6	33,0	33,1	30,4		
06:00	28,6	30,6	29,0	32,7	30,4	36,6	36,1	36,6	34,5	34,4	27,3	29,8	35,3	35,6	35,1	33,6	29,5	27,2	28,9	26,2	31,8	34,7	34,4	32,7	26,7	29,7	35,4	35,2	32,1		
07:00	30,3	32,9	29,8	34,6	30,6	39,1	38,8	38,7	36,4	37,6	27,7	30,6	38,6	39,0	37,5	35,7	31,3	28,3	29,8	26,8	33,9	36,3	36,0	34,5	27,4	30,0	37,7	36,8	33,8		
08:00	31,1	36,0	30,0	35,4	31,0	40,3	40,4	40,6	36,3	38,6	28,3	33,9	40,6	39,7	37,9	36,5	32,0	30,0	30,4	26,6	34,4	36,6	36,8	34,5	28,0	29,9	37,7	37,6	34,7		
09:00	30,1	36,8	30,0	36,0	30,8	39,1	38,2	36,8	30,1	34,9	28,4	33,4	38,6	37,1	36,1	35,6	30,5	30,5	30,8	24,0	32,1	35,5	36,0	34,0	27,7	29,6	35,7	35,0	33,3		
10:00	29,5	36,0	28,8	35,4	30,7	37,5	36,3	31,8	30,4	33,0	28,3	33,6	36,3	32,8	34,3	34,0	29,2	29,8	30,6	23,2	31,9	34,3	34,5	32,1	26,4	28,7	34,3	32,0	32,0		
11:00	29,1	35,7	29,3	34,6	31,2	37,0	33,2	31,6	30,2	32,2	28,0	33,0	34,4	32,9	32,2	32,3	28,2	29,3	30,4	21,4	30,7	32,7	34,0	29,9	25,5	28,3	32,6	31,4	31,1		
12:00	28,9	34,7	29,2	33,9	30,6	35,9	33,0	31,5	30,1	30,9	28,3	32,0	33,0	32,0	31,1	30,8	28,1	28,4	29,9	21,4	30,3	32,0	33,2	30,3	24,9	27,5	32,9	30,7	30,6		
13:00	28,9	34,3	28,9	32,3	29,7	35,1	32,5	31,5	30,0	30,8	28,1	31,0	32,7	31,5	31,1	30,9	25,8	27,3	29,1	21,2	30,4	31,9	32,7	29,8	23,5	24,5	32,6	30,9	30,2		
14:00	28,6	35,1	28,8	32,4	30,0	35,4	33,8	31,5	31,1	30,0	28,4	31,0	33,0	31,7	31,1	31,8	22,7	27,6	28,9	23,2	30,9	32,6	32,5	29,1	25,3	24,5	32,2	31,3	31,2		
15:00	28,9	35,3	29,2	33,2	30,6	36,1	36,2	32,4	34,8	31,8	29,1	31,5	34,7	32,2	31,9	32,5	22,4	28,7	29,8	24,2	32,1	34,1	32,5	29,9	27,2	27,5	32,2	32,3	31,2		
16:00	29,3	35,7	29,8	34,5	31,5	37,2	38,0	34,7	35,5	31,4	30,8	32,5	35,6	34,3	33,5	33,1	26,0	30,0	31,1	24,7	33,9	34,7	33,0	30,0	28,7	28,9	34,3	34,4	32,4		
17:00	29,9	36,8	30,2	36,0	33,8	38,9	41,2	37,4	36,3	34,9	34,4	34,9	37,8	37,1	34,9	35,6	27,0	31,9	33,1	28,5	35,5	35,5	34,2	31,0	31,3	32,0	36,1	36,3	34,4		
18:00	30,2	37,3	30,4	37,4	36,1	40,4	43,6	38,2	35,6	32,0	34,3	35,8	41,2	39,0	36,4	35,7	28,1	33,7	34,9	30,3	36,8	36,5	35,5	32,6	32,6	34,4	38,0	38,4	35,5		
19:00	29,1	36,2	29,8	37,0	36,1	39,5	41,9	34,3	32,5	29,8	33,1	35,9	37,7	38,3	35,5	35,1	27,5	34,0	34,8	29,9	36,7	36,3	35,5	30,7	32,1	34,7	38,8	38,4	34,8		
20:00	28,8	33,2	29,4	35,8	35,6	37,6	38,9	33,5	30,6	29,8	33,0	35,0	37,8	36,6	33,4	33,4	25,0	32,5	32,8	28,3	36,0	35,2	34,6	28,1	30,7	34,4	36,4	36,5	33,3		
21:00	28,5	33,4	29,3	34,8	34,4	35,6	37,8	32,4	32,6	28,5	32,8	33,1	35,9	35,0	32,4	32,8	23,7	31,1	31,7	27,8	34,9	34,4	34,1	29,5	29,2	33,2	35,0	34,8	32,4		
22:00	27,6	32,0	30,3	34,2	34,6	35,0	36,3	31,8	31,0	27,9	33,4	34,2	35,1	34,1	32,3	31,8	23,4	30,7	30,8	27,9	34,3	34,0	33,6	28,3	30,5	32,8	34,3	34,4	32,0		
23:00	26,9	29,4	29,8	32,7	33,4	34,4	35,3	30,9	30,8	23,5	32,8	32,8	34,0	33,2	30,9	29,8	21,2	30,4	28,5	25,9	33,3	32,4	32,1	26,9	29,7	32,3	33,9	33,2	30,7		

Feb 2024																										Mittelwert des Strompreises für		Feb 2024				
Netzentgelte	für Brer ca.				18 bis		20 ct/kWh Mittel		19 ct/kWh																				Strompreis in ct/kWh			
Strompreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	stündlich	Zeitzone	
00:00	23,7	25,4	21,5	22,5	19,0	22,5	23,1	26,4	25,0	25,3	24,5	25,4	25,9	25,1	25,2	24,2	24,7	25,2	23,4	24,8	24,1	22,0	19,9	25,6	24,7	24,8	24,8	25,0	24,5	24,1		
01:00	23,1	25,0	20,3	20,0	19,0	21,8	22,6	26,3	24,9	25,4	24,4	25,2	25,5	24,9	25,1	24,1	24,7	24,5	23,3	24,4	23,8	21,7	19,1	25,4	24,5	24,7	24,8	24,9	24,3	23,7		
02:00	23,2	24,8	19,7	19,3	19,0	19,7	22,4	26,2	24,6	25,4	24,3	25,1	25,3	24,6	25,0	24,0	24,6	24,1	23,4	24,4	23,7	21,7	19,1	25,0	24,5	24,6	24,7	25,1	24,0	23,5		
03:00	23,3	24,5	20,1	19,1	19,0	19,3	23,7	26,3	24,2	25,4	23,7	24,9	25,0	24,5	25,0	23,9	24,5	24,0	23,4	24,3	23,5	21,8	19,0	24,5	24,5	24,2	24,7	25,3	23,7	23,4		
04:00	23,7	24,3	19,9	19,0	19,0	19,2	24,4	26,4	24,0	25,4	23,4	24,9	25,0	24,5	25,2	24,1	24,5	24,0	23,5	24,3	23,5	22,7	19,0	24,5	24,5	24,3	24,7	25,4	23,7	23,5		
05:00	24,5	24,5	19,9	19,0	19,0	20,9	25,0	26,8	24,2	25,6	23,6	25,5	25,4	24,8	25,6	24,4	24,5	23,8	24,2	24,5	24,0	23,8	19,0	24,7	24,5	24,8	25,3	25,7	24,3	23,9		
06:00	25,9	25,7	20,6	19,0	22,9	24,0	26,5	27,7	24,9	26,1	23,9	26,6	26,1	25,3	26,2	24,9	24,5	23,6	25,9	26,1	25,6	25,6	23,0	25,2	24,7	26,0	26,4	26,4	25,2	25,0		
07:00	27,6	26,7	22,4	19,1	24,9	25,8	27,7	30,0	25,7	26,5	24,3	27,5	27,2	26,3	27,2	25,9	24,7	23,9	26,9	27,8	27,1	26,7	24,7	25,6	25,0	27,0	28,6	28,9	26,4	26,1		
08:00	28,3	27,9	23,6	19,9	25,2	25,2	27,7	32,3	26,0	26,8	24,5	29,4	27,9	27,0	27,3	26,1	25,5	23,7	27,4	28,1	27,5	27,2	24,9	25,4	25,2	27,2	28,6	29,4	26,4	26,6		
09:00	27,6	27,6	23,6	20,0	24,7	25,1	27,6	30,4	25,8	27,0	24,8	28,7	26,5	26,0	26,9	25,5	25,3	23,3	26,5	26,9	26,0	26,4	24,2	24,8	25,2	26,4	27,1	27,5	26,0	26,0		
10:00	27,4	27,1	22,6	20,1	24,3	24,7	27,1	28,8	26,0	26,5	25,1	27,5	25,9	25,4	26,4	24,4	25,2	23,0	26,1	26,0	25,4	26,2	23,7	23,9	24,6	25,7	25,9	26,4	25,0	25,4		
11:00	26,7	26,5	22,0	20,3	23,0	24,2	26,8	28,2	26,0	25,9	25,6	26,9	25,4	25,3	26,0	24,3	25,1	23,1	25,9	25,1	25,0	25,9	23,2	23,6	24,4	25,5	25,5	25,8	24,5	25,0		
12:00	25,8	25,5	22,1	20,4	19,7	23,3	26,6	27,9	25,8	25,8	25,5	25,7	25,1	25,3	25,7	24,2	24,8	23,0	25,2	24,4	24,3	25,9	22,7	23,0	24,0	24,8	24,9	25,4	24,4	24,5		
13:00	24,7	24,7	22,1	19,5	19,1	23,3	26,9	28,1	25,8	25,7	25,2	25,4	25,0	25,4	25,6	24,2	24,5	23,0	25,1	24,1	24,1	25,9	22,4	22,2	23,6	24,8	24,9	25,1	24,6	24,3		
14:00	25,9	24,5	23,1	20,0	19,5	23,0	26,8	28,5	26,3	26,0	25,4	25,4	25,3	25,9	26,0	24,4	24,9	23,3	25,6	24,2	24,4	25,5	22,9	22,8	24,0	25,1	25,5	25,2	24,5	24,6		
15:00	26,5	24,3	23,4	20,6	24,3	24,0	27,8	28,4	27,2	26,7	25,6	25,6	26,1	26,2	26,5	25,3	25,9	24,4	25,9	24,6	25,6	25,5	24,0									

April 2023

„heatmap“ für den Strompreis in ct/kWh

Apr 23																										Mittelwert des Strompreises für		Apr 23							
Netzentgelte für Brer ca.		18 bis		20 ct/kWh		Mittel	19 ct/kWh																										Strompreis in ct/kWh		
Strompreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	stündlich	Zeitzone			
00:00	27,2	26,0	29,9	30,1	31,8	32,6	29,0	31,4	31,8	28,8	19,1	28,8	28,7	30,8	31,4	30,2	30,5	29,5	29,2	29,0	28,8	28,9	29,5	27,8	28,6	28,5	29,7	29,2	30,6	28,9	29,2	0:00 bis 6:00	28,5		
01:00	25,4	25,0	29,8	30,0	30,8	31,4	28,9	30,4	30,8	27,2	19,1	27,6	27,5	30,3	30,2	29,3	30,1	29,2	28,8	28,4	28,2	28,5	28,7	27,4	28,5	28,3	29,1	28,3	29,9	28,1	28,5				
02:00	24,4	24,9	29,8	30,4	31,0	31,0	29,0	30,4	31,0	26,8	19,1	27,1	26,9	30,7	30,4	29,3	29,9	29,1	29,0	28,7	28,1	28,2	28,5	27,2	28,4	28,4	28,8	28,0	29,6	27,8	28,4				
03:00	22,9	25,0	29,4	30,5	30,8	30,5	29,2	30,1	30,8	26,2	19,1	26,9	26,3	30,3	29,8	29,1	30,0	29,1	28,9	28,5	28,3	28,3	27,9	26,6	28,2	28,2	28,6	28,3	29,5	27,6	28,2				
04:00	22,6	24,9	29,0	30,7	31,5	30,5	29,3	30,1	30,8	26,0	19,6	27,0	26,1	30,3	29,5	29,3	30,0	29,1	29,1	28,7	28,3	28,1	27,7	26,5	28,2	28,3	28,7	28,3	29,1	27,6	28,2				
05:00	22,5	25,0	30,0	31,2	32,4	31,5	29,7	30,2	30,8	26,3	22,4	27,6	27,3	31,7	29,4	29,4	30,5	29,1	29,6	29,3	28,5	28,6	27,9	27,7	28,7	29,1	29,7	28,6	29,3	27,8	28,7				
06:00	22,4	24,9	32,9	33,5	35,6	33,3	29,3	30,5	31,0	27,0	28,4	29,8	29,2	33,5	29,6	29,4	33,1	31,7	32,0	31,8	31,1	29,0	28,0	30,5	31,2	31,5	31,6	30,4	29,3	27,6	30,3				
07:00	24,2	26,0	35,8	37,0	39,8	35,2	29,7	31,9	30,9	26,8	29,6	31,5	30,5	36,2	29,5	29,3	36,9	33,0	32,9	33,4	32,5	29,3	28,4	32,4	32,4	33,0	33,3	31,4	29,9	27,2	31,7				
08:00	25,1	26,6	35,4	36,9	37,0	34,6	30,1	32,3	31,3	25,9	29,8	32,6	30,9	36,6	29,6	30,0	39,1	34,5	32,9	33,5	32,5	28,9	28,3	32,5	32,5	32,0	32,6	31,7	30,6	26,5	31,8				
09:00	25,0	25,6	31,8	33,8	33,2	31,9	29,4	31,9	30,2	24,5	28,4	32,2	29,3	34,1	29,2	30,5	35,3	32,4	30,9	32,0	29,6	27,6	28,0	31,7	30,0	28,5	29,9	31,1	29,7	24,0	30,1				
10:00	24,0	24,2	29,4	30,8	31,0	30,5	29,2	30,5	29,0	21,2	24,4	31,0	27,6	32,0	28,8	30,1	32,6	29,6	28,0	29,8	28,0	26,6	26,9	30,1	28,6	27,8	28,5	30,3	29,4	21,8	28,4				
11:00	23,6	24,0	27,9	30,2	30,5	29,5	29,1	29,7	27,7	19,0	19,9	30,2	27,9	30,9	28,4	29,8	30,8	29,4	25,5	28,7	26,7	23,5	23,8	29,8	27,5	28,5	28,4	29,6	28,3	19,6	27,3				
12:00	23,1	23,3	27,1	29,9	30,4	29,4	28,2	29,2	27,2	18,9	19,0	29,1	28,0	29,8	27,9	29,4	29,5	28,5	22,0	28,4	21,8	21,6	22,6	28,8	26,9	28,4	28,3	29,2	27,2	18,7	26,4				
13:00	22,9	21,6	26,5	29,8	30,4	29,3	27,7	28,9	25,0	18,1	19,0	28,7	28,4	29,6	27,4	28,8	29,2	27,5	19,5	28,0	19,0	20,0	20,0	28,5	26,3	28,5	28,1	28,3	26,9	18,5	25,7				
14:00	22,4	20,4	26,2	29,7	30,4	29,6	27,5	28,5	24,5	18,2	19,0	28,8	28,2	29,6	27,2	28,5	28,7	27,5	19,0	27,9	19,0	19,6	19,5	27,7	25,4	28,4	28,3	28,0	25,6	18,7	25,4				
15:00	22,6	20,5	26,9	29,9	30,4	29,8	28,2	28,4	24,6	18,6	19,0	28,7	29,5	29,9	27,5	28,4	28,7	26,8	19,3	27,7	19,5	22,0	22,5	27,5	25,5	28,3	28,5	27,9	25,9	19,1	25,7				
16:00	23,1	22,2	27,2	30,3	30,6	30,0	29,1	28,8	26,4	19,0	19,7	29,0	28,3	29,5	28,3	28,6	28,7	26,9	21,3	28,2	24,9	26,7	25,4	27,6	26,4	28,8	28,6	28,1	27,0	20,4	26,6				
17:00	24,2	23,2	29,0	31,2	32,6	31,1	29,8	29,7	27,6	20,9	27,2	30,0	30,0	30,7	28,9	29,1	29,1	28,4	26,2	29,4	28,0	28,5	29,0	28,8	27,4	30,2	29,2	29,0	27,5	26,1	28,4				
18:00	27,5	29,0	32,4	33,7	34,7	33,0	31,8	31,2	30,5	23,5	32,1	32,5	32,0	32,8	30,3	30,5	31,2	29,8	28,5	31,9	31,3	30,3	31,6	30,7	29,1	31,8	31,6	30,6	29,0	29,7	30,8				
19:00	28,1	32,0	34,8	37,0	39,0	34,0	32,9	32,5	32,0	25,6	35,2	33,5	36,1	34,2	32,3	32,3	33,4	32,0	31,0	33,2	33,1	32,2	32,8	32,5	32,2	33,8	34,4	31,0	30,8	31,1	32,8				
20:00	27,5	32,2	34,6	36,7	38,2	33,4	32,5	33,0	32,3	23,1	35,5	32,0	37,1	34,2	32,5	33,0	33,3	32,5	32,1	33,6	33,4	32,0	32,7	32,6	33,4	34,5	35,4	31,5	30,9	31,4	32,9				
21:00	26,6	31,1	33,3	34,6	35,5	31,9	32,5	32,7	31,6	21,2	33,1	31,3	35,1	34,1	31,8	32,5	32,4	31,1	31,3	32,5	31,6	31,7	31,5	32,2	32,4	33,6	33,2	31,4	31,0	31,2	31,9				
22:00	27,0	30,3	32,2	33,1	34,1	30,5	32,7	32,5	30,5	20,2	32,1	29,9	32,9	32,4	31,8	32,0	31,3	29,9	30,0	31,9	29,6	29,5	30,7	31,0	31,5	32,0	31,5	30,7	30,6	30,7	30,8				
23:00	25,7	29,9	30,3	32,0	32,9	29,8	32,2	31,7	29,7	19,0	30,1	28,8	32,3	31,0	30,9	31,5	29,9	29,0	29,2	29,6	28,9	29,1	30,0	29,1	29,1	31,1	29,2	29,5	30,0	29,9	29,7	30,3			

April 2024



Apr 24																										Mittelwert des Strompreises für		Apr 24							
Netzentgelte für Brer ca.		18 bis		20 ct/kWh		Mittel	19 ct/kWh																										Strompreis in ct/kWh		
Strompreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	stündlich	Zeitzone			
00:00	24,0	19,8	26,4	24,5	25,3	23,3	20,1	26,1	26,8	21,3	26,3	26,6	25,0	19,0	27,2	19,2	27,4	28,2	26,7	25,0	27,2	26,9	27,8	27,2	27,4	27,0	28,0	24,6	25,3	26,4	25,2				
01:00	23,9	19,1	26,2	24,2	24,9	23,5	19,0	26,1	25,9	19,6	25,7	26,2	23,9	19,1	27,1	19,0	27,4	27,7	25,1	24,8	26,1	26,8	27,7	26,8	27,0	26,4	27,9	23,6	25,0	25,7	24,7				
02:00	23,6	19,1	26,0	24,0	24,6	23,7	19,0	25,8	25,5	19,6	25,2	25,9	21,4	19,1	26,8	19,0	27,1	27,9	24,1	24,7	26,0	26,8	27,6	26,7	26,7	26,5	27,7	23,0	24,9	26,0	24,5				
03:00	23,4	19,1	26,3	24,2	24,7	23,8	19,0	26,1	25,0	19,9	24,9	25,9	20,9	19,1	26,8	19,1	27,2	27,8	23,9	24,8	25,4	27,0	27,5	26,5	26,6	26,4	27,9	22,2	25,2	26,0	24,4				
04:00	23,9	19,2	26,2	24,2	24,4	24,1	19,0	26,2	25,2	21,6	24,9	26,0	21,0	19,2	26,5	20,7	27,3	28,0	23,8	25,1	25,4	27,0	27,6	26,7	26,5	26,7	27,8	21,8	26,7	26,0	24,6				
05:00	24,2	19,7	26,9	24,5	25,3	24,5	19,0	26,7	25,8	24,0	24,6	26,8	21,5	19,6	27,7	22,6	27,4	28,3	23,9	25,3	25,4	27,8	28,8	27,2	27,4	27,4	27,6	21,6	27,5	26,9	25,2				
06:00	24,9	24,7	28,5	25,8	26,6	24,9	19,0	29,2	27,7	26,6	26,5	28,1	22,0	20,3	30,6	25,3	29,9	31,2	25,0	25,4	25,4	29,6	31,1	29,2	29,2	28,4	27,6	20,0	29,2	28,5	26,7				
07:00	25,4	26,4	30,8	26,9	27,4	25,0	19,0	34,0	28,1	29,0	25,9	28,7	22,5	20,3	35,9	26,4	36,0	34,6	25,9	25,8	25,1	32,1	37,1	31,8	31,9	29,4	26,9	19,0	30,8	29,2	28,2				
08:00	24,9	25,9	30,8	26,7	27,1	24,9	19,0	31,9	27,0	29,6	24,2	27,7	21,3	19,7	34,3	26,4	34,5	32,1	26,6	25,5	25,1	30,7	32,6	29,7	30,3	28,6	25,9	19,0	29,1	27,8	27,3				
09:00	25,1	23,7	29,1	26,2	25,8	23,9	19,0	27,6	25,8	27,0	22,0	26,1	19,9	19,0	28,2	25,5	29,5	29,1	25,8	25,0	24,5	28,7	28,8	28,2	28,2	27,1	24,9	18,9	26,5	26,7	25,5				
10:00	24,4	19,3	29,7	25,9	24,1	21,9	19,0	27,1	24,2	25,8	20,0	23,3	19,0	18,8	27,1	24,1	27,4	28,0	25,0	24,0	22,3	27,2	27,3	28,1	27,0	26,8	22,6	17,3	24,9	25,2	24,2				
11:00	22,5	19,0	28,1	25,3	21,6	18,9	18,7	26,1	23,4	24,6	19,1	20,9	18,0	17,8	25,3	23,3	27,0	27,4	24,6	22,8	22,7	27,1	26,7	27,8	26,8	26,3	19,8	15,3	22,6	23,7	23,1				
12:00	20,3	18,9	27,2	24,8	19,9	17,4	18,0	25,5	22,6	24,6	19,1	19,0	16,4	14,8	23,4	23,0	27,3	27,1	24,1	21,9	19,6	26,7	26,7	27,3	26,4	26,0	19,0	13,0	22,6	21,8	22,1				
13:00	19,0	18,9	26,7	24,6	19,0	13,0	16,3	25,0	2																										

Juni 2023

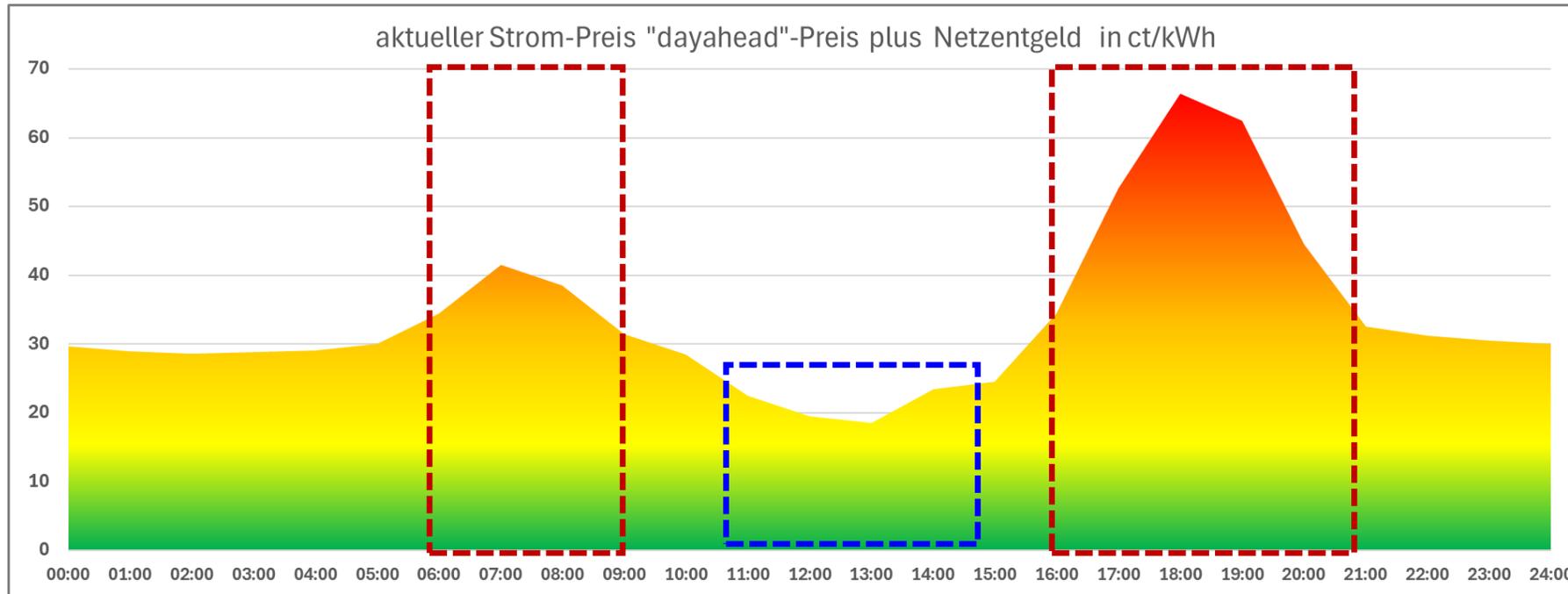
„heatmap“ für den Strompreis in ct/kWh

Jun 23																														Mittelwert des Strompreises für			Jun 23
Netzentgelte für Brer ca.		18 bis				20 ct/kWh		Mittel	19 ct/kWh																			Strompreis in ct/kWh					
Strompreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	stündlich	Zeitzone	
00:00	27,4	27,4	27,5	27,1	26,9	27,0	28,4	28,4	28,5	27,9	25,5	28,4	27,9	28,6	29,7	31,6	32,1	31,9	29,0	31,1	31,0	32,3	29,4	30,7	31,1	30,9	30,4	28,8	30,9	30,6	29,3	0:00 bis 6:00	28,4
01:00	26,4	26,9	27,0	26,5	26,1	26,9	28,0	27,9	28,0	27,4	24,8	27,5	27,3	27,9	29,3	31,2	31,3	30,8	28,4	30,1	30,1	31,4	28,5	30,0	30,3	29,9	29,1	28,1	30,0	29,3	28,5		
02:00	26,0	27,0	26,8	26,3	26,0	26,9	28,0	27,3	27,0	27,4	24,3	27,5	27,3	27,7	29,1	30,6	31,0	30,1	27,9	29,4	29,5	30,5	28,2	29,3	29,8	28,6	28,3	27,7	29,2	28,7	28,1		
03:00	25,7	26,7	26,5	26,2	26,1	27,2	28,0	27,0	26,6	27,0	24,0	27,2	27,3	27,6	29,0	30,3	30,6	29,9	28,0	29,1	29,4	30,1	28,1	29,0	29,6	27,9	28,4	27,6	28,8	28,8	27,9		
04:00	25,8	27,1	27,1	26,3	26,4	27,6	28,1	27,2	26,6	26,7	24,2	27,4	27,5	27,8	29,0	30,3	30,1	29,4	28,4	29,1	29,4	29,7	28,1	28,4	29,2	27,8	27,9	27,7	29,0	28,6	27,9		
05:00	27,0	28,1	26,9	26,2	27,8	28,1	28,8	27,8	27,9	27,0	23,9	28,5	28,0	28,8	30,4	30,8	30,0	29,3	28,6	29,7	29,7	30,6	28,5	28,3	29,2	29,2	28,2	28,4	29,5	29,8	28,5		
06:00	28,7	30,9	26,8	25,9	31,2	33,6	31,8	28,4	29,4	26,9	24,0	29,7	30,5	31,7	35,4	33,3	30,0	28,8	30,8	32,0	31,7	32,8	30,5	28,2	27,9	31,8	30,5	30,6	31,2	31,7	30,2	6:00 bis 10:00	29,9
07:00	29,8	31,6	26,4	25,5	30,4	34,3	33,6	28,3	29,4	27,5	23,7	31,7	31,0	32,6	35,6	34,4	29,8	28,2	32,4	33,5	32,8	34,3	31,9	28,2	26,9	32,2	32,0	32,2	32,1	32,9	30,8		
08:00	28,9	28,6	26,0	24,1	29,0	31,3	30,5	28,1	29,4	27,2	21,8	31,4	31,0	31,8	33,0	33,6	29,1	27,5	32,3	33,7	33,5	34,4	32,1	28,1	24,4	31,1	31,7	31,8	32,0	32,3	30,0		
09:00	27,7	27,4	25,0	21,2	27,6	28,5	28,9	27,4	28,1	25,4	20,6	29,6	29,3	29,3	30,6	31,4	28,6	26,8	30,6	32,1	31,6	32,0	31,2	27,2	22,3	29,2	29,2	30,4	30,6	31,6	28,4		
10:00	25,8	26,2	21,7	19,5	26,5	27,7	28,3	26,5	27,2	21,7	19,0	28,0	27,5	27,8	29,4	30,2	27,5	25,3	29,4	30,4	30,0	30,6	29,6	24,8	20,0	27,8	28,0	29,2	29,6	30,0	26,8	10:00 bis 17:00	25,4
11:00	25,0	25,3	19,5	19,0	26,0	27,2	27,7	25,9	26,5	20,3	18,8	26,6	26,7	26,8	28,8	29,9	26,0	24,4	28,7	29,6	29,3	29,8	28,8	21,5	19,0	27,3	27,0	28,9	28,9	29,3	25,9		
12:00	22,9	24,6	19,0	18,5	25,9	26,8	27,0	25,4	26,0	19,0	17,0	25,7	24,6	26,4	28,2	29,7	24,9	23,6	28,3	29,0	28,8	29,7	28,3	20,5	19,0	26,5	26,2	29,1	29,0	29,1	25,3		
13:00	19,9	23,3	18,5	16,1	25,9	26,5	26,8	25,4	25,5	17,0	15,5	25,1	24,0	26,5	28,0	29,1	23,8	21,9	28,0	28,6	28,5	29,7	27,7	19,2	19,0	24,9	25,3	28,7	28,8	28,2	24,5		
14:00	19,3	22,7	18,7	15,4	25,8	26,1	26,6	25,4	25,4	17,0	15,5	25,4	23,9	26,8	28,0	28,9	22,9	21,5	27,8	28,5	28,2	29,6	27,0	19,0	19,0	24,1	25,8	28,6	28,9	27,8	24,3		
15:00	20,3	23,5	19,0	18,6	26,0	26,6	26,9	25,8	25,8	18,5	17,9	26,6	25,3	26,8	28,2	29,2	24,6	23,9	28,4	29,1	28,8	29,7	26,9	20,0	19,0	24,4	26,8	28,5	29,0	28,0	25,1		
16:00	24,6	24,8	19,5	19,0	26,9	27,1	27,0	26,1	26,3	19,3	19,0	27,5	26,3	27,4	28,7	29,8	27,5	26,5	28,8	29,5	29,0	29,8	27,7	21,8	20,0	25,4	27,9	28,8	29,1	28,2	26,0		
17:00	26,2	26,7	23,6	22,5	28,0	27,8	28,4	26,6	27,1	23,5	21,8	28,8	27,5	28,9	29,5	30,5	29,2	28,4	30,0	30,9	30,4	31,6	28,7	27,1	26,1	27,3	28,6	29,7	30,2	28,8	27,8	17:00 bis 22:00	31,0
18:00	27,8	27,6	26,5	26,8	29,1	28,9	29,1	28,0	28,5	26,5	27,4	30,0	29,1	30,5	31,5	32,5	30,5	29,7	32,7	33,0	32,8	32,7	29,7	29,0	29,7	28,7	30,4	31,9	32,1	30,0	29,8		
19:00	29,0	29,1	27,5	28,9	32,5	32,4	32,9	29,2	29,4	27,6	29,0	32,3	30,2	33,2	34,6	35,1	32,8	32,1	36,0	35,1	35,8	34,7	32,0	32,0	31,6	29,9	32,0	34,5	35,6	30,8	31,9		
20:00	31,0	30,1	28,5	30,0	34,7	34,2	33,8	30,4	29,6	27,6	29,7	33,3	31,0	34,2	36,9	36,5	33,7	33,0	38,8	35,5	38,1	34,5	32,7	33,1	34,4	30,8	32,5	35,8	36,2	32,3	33,1		
21:00	29,3	29,1	28,5	29,3	31,8	31,7	31,8	29,5	29,4	26,9	29,7	30,7	30,5	33,0	36,3	36,0	34,5	32,7	36,8	34,0	37,1	33,7	32,5	34,1	35,3	31,6	32,1	34,9	34,5	32,1	32,3		
22:00	28,5	28,3	27,8	28,9	29,1	29,2	29,6	28,7	28,7	27,1	28,8	29,7	29,5	31,0	34,0	34,2	33,6	32,7	34,0	32,8	34,5	32,4	32,1	32,0	33,5	31,9	31,5	33,0	33,2	31,2	31,1	22:00 bis 24:00	30,4
23:00	27,7	27,5	27,1	27,7	27,9	28,0	28,5	28,1	27,6	26,0	27,9	28,8	28,8	29,9	31,5	32,9	32,7	30,8	32,5	31,0	32,5	31,1	31,2	30,8	30,9	30,8	30,6	31,1	31,1	29,9	29,8		

Jun 24																														Mittelwert des Strompreises für			Jun 24
Netzentgelte für Brer ca.		18 bis				20 ct/kWh		Mittel	19 ct/kWh																			Strompreis in ct/kWh					
Strompreis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	stündlich	Zeitzone	
00:00	27,9	22,6	28,8	29,7	24,7	28,3	29,1	28,8	26,4	26,4	25,0	27,9	28,9	27,3	25,1	21,5	26,7	28,7	29,0	27,6	29,1	27,0	28,0	29,6	27,9	46,4	28,6	28,7	30,0	26,0	28,1	0:00 bis 6:00	27,4
01:00	27,9	22,1	27,5	29,0	23,4	28,0	28,6	28,0	25,4	26,2	24,7	27,5	28,3	26,1	23,1	20,0	25,7	28,0	28,1	26,9	28,1	26,0	26,9	28,2	27,5	40,8	27,7	28,5	30,0	25,2	27,1		
02:00	27,0	20,6	27,4	28,5	23,5	27,6	28,2	27,3	23,3	25,9	25,3	27,0	27,4	25,4	22,0	19,5	25,9	27,8	27,7	26,9	28,0	25,2	26,1	27,5	27,5	44,7	27,0	27,6	30,0	25,7	26,8		
03:00	26,2	19,7	27,4	28,3	24,0	27,5	27,8	27,4	20,6	25,8	24,6	27,2	27,5	25,0	21,9	19,3	26,2	27,9	27,6	26,9	27,8	24,1	26,1	27,4	27,5	55,3	27,3	27,0	30,0	25,7	26,9		
04:00	26,2	19,9	27,2	28,2	23,8	27,8	27,4	27,0	20,8	25,9	25,0	27,6	27,4	24,6	21,3	19,2	26,4	28,0	27,3	26,9	27,6	24,0	25,7	27,5	27,6	55,3	26,9	27,4	29,8	25,4	26,8		
05:00	26,2	19,5	28,6	29,5	26,1	28,9	28,2	27,2	20,2	26,8	24,9	28,5	28,9	25,4	20,0	19,3	28,0	28,6	27,6	27,7	27,6	23,6	25,2	28,7	28,5	106,9	27,5	28,1	29,3	24,1	29,0		
06:00	26,5	19,5	32,3	35,2	29,4	31,4	30,4	26,9	19,8	30,7	27,2	31,5	31,2	27,5	19,2	19,3	30,9	32,4	30,3	30,4	28,7	25,1	24,8	32,6	30,5	228,7	30,8	31,0	28,7	24,2	34,9	6:00 bis 10:00	30,0
07:00	26,4	19,4	38,3	36,8	33,3	31,8	30,9	25,3	19,2	37,5	29,0	32,6	32,1	29,1	19,0	19,1	32,3	32,0	30,7	30,3	31,3	23,9	23,6	32,6	31,2	110,3	31,5	29,9	27,4	21,0	31,6		
08:00	26,2	19,1	35,4	33,2	30,3	28,7	29,3	23,2	19,0	33,6	28,2	30,5	30,5	29,5	19,0	19,0	30,6	28,6	29,7	29,3	31,2	23,5	21,0	29,3	29,4	56,1	30,5	27,5	25,7	19,7	28,2		
09:00	25,1	19,0	31,8	30,2	27,4	26,2	26,9	20,2	18,8	29,7	25,8	26,9	27,4	29,3	19,0	18,9	27,5	27,1	27,6	27,1	30,2	22,5	19,4	26,9	26,5	28,8	27,9	25,0	22,0	19,1	25,3		
10:00	23,7	19,2	28,9	28,2	26,0	24,8	25,1	19,0	18,2	27,9	24,0	25,4	25,9	27,2	18,0	18,0	25,2	26,0	26,5	25,9	29,1	20,3	19,0	24,4	23,8	25,4	25,7	21,4	19,5	19,0	23,7	10:00 bis 17:00	22,0
11:00	23,2	19,1	28,6	27,1	25,2	22,0	23,1	18,8	17,5	27,5	22,2	24,8	25,2	25,8	16,1	17,7	24,5	24,5	25,6	24,9	28,0	19,4	19,0	22,8	20,3	22,1	24,2	19,2	19,0	19,0	22,5		
12:00	21,1	19,0	27,1	25,7	23,8	21,4	22,4	18,0	16,5	26,4	20,1	23,2	24,3	25,1	14,5	17,0	23,2	24,1	24,8	24,5	27,9	19,3	19,0	22,1	19,0	19,8	23,9	18,8	19,0	19,0	21,7		
13:00	19,7	18,6	26,5	24,5	22,0	21,0	21,5	16,6	15,7	26,4	19,1	23,1																					



# „Wärmewende“ mit L/W-Wärmepumpe in einem sanierten EFH



ein „fast“ regelmäßiges  
Zeit-Muster des  
day-ahead Strompreis

**morgendliche Preisspitze  
6:00 bis 9:00 Uhr**

**Preis-Tal über den Mittag  
10:00 bis 15:00 Uhr**

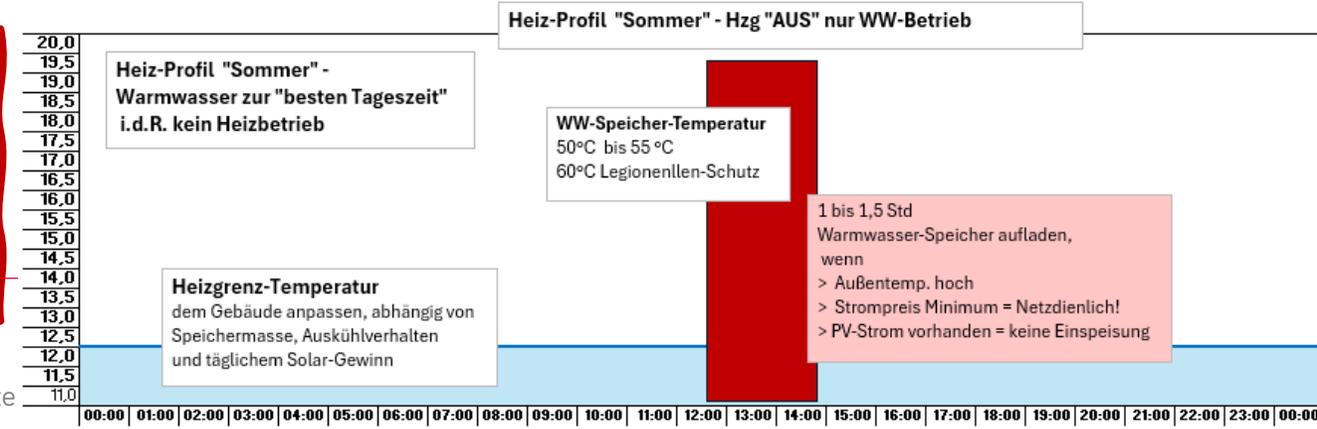
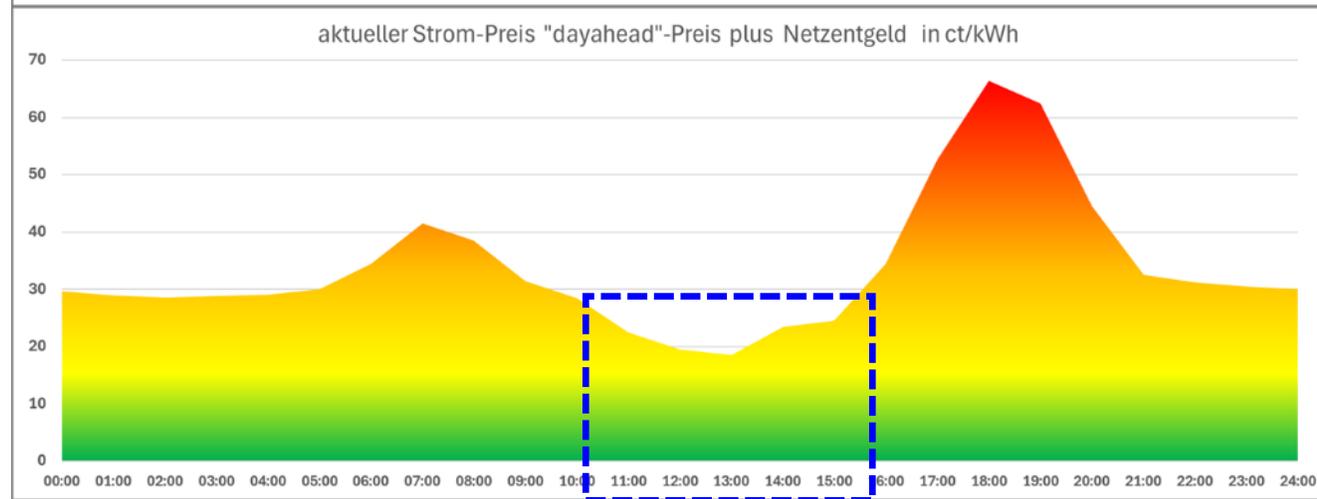
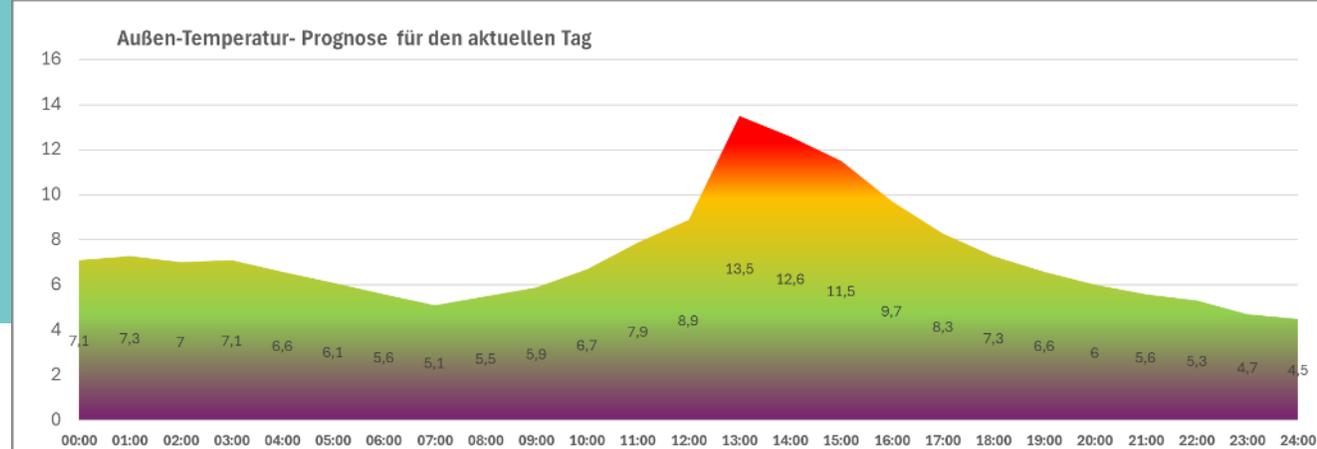
**abendliche Preisspitze  
17:00 bis 21:00 Uhr**

<https://www.netztransparenz.de/de-de/Erneuerbare-Energien-und-Umlagen/EEG/Transparenzanforderungen/Marktpr%C3%A4mie/Spotmarktpreis-nach-3-Nr-42a-EEG>

# dynamischer Stromtarif und netzdienlicher Betrieb einer L/W-Wärmepumpe

## Unterscheidung in drei verschiedene Betriebsarten

- A) Kern-Winter (Nov/Dez/Jan/Feb/Mrz) - 5 Monate  
durchgehender Heizbetrieb mit „Sperrzeiten“ unter Aussparung der teurer Zeitfenster  
WW-Bereitung zur wärmsten Tageszeit
- B) Übergangszeit (Mrz/Apr & Sep/Okt) - ca. 2 Monate  
solar-optimierter Betrieb  
für Heizen und Warmwasser
- C) Sommer (Mai/Jun/Jul/Aug/Sep) - 5 Monate  
überwiegend kein Heizbetrieb  
nur WW-Bereitung



# dynamischer Stromtarif und netzdienlicher Betrieb einer L/W-Wärmepumpe

## Unterscheidung in drei verschiedene Betriebsarten

### A) Kern-Winter (Nov/Dez/Jan/Feb/Mrz)

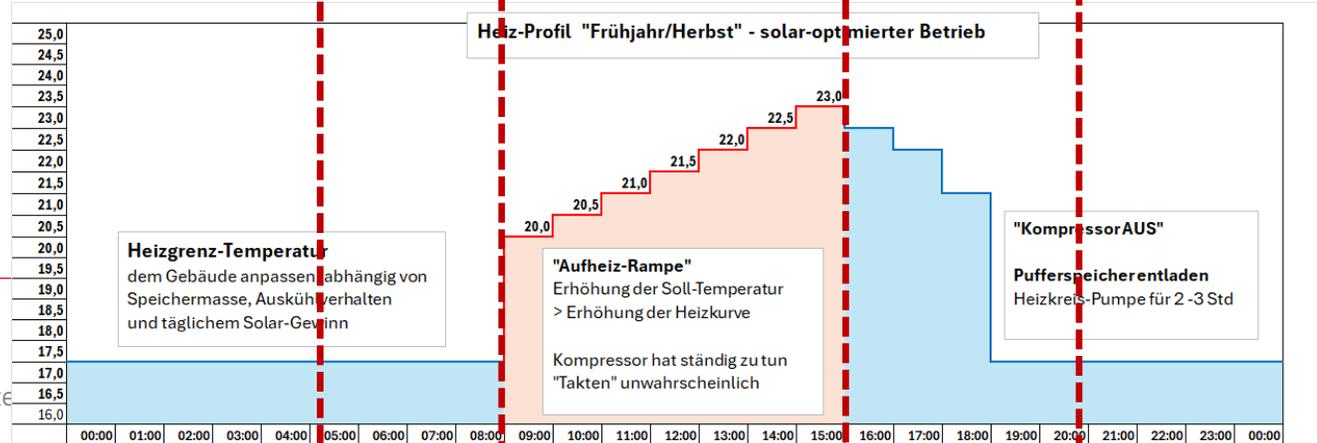
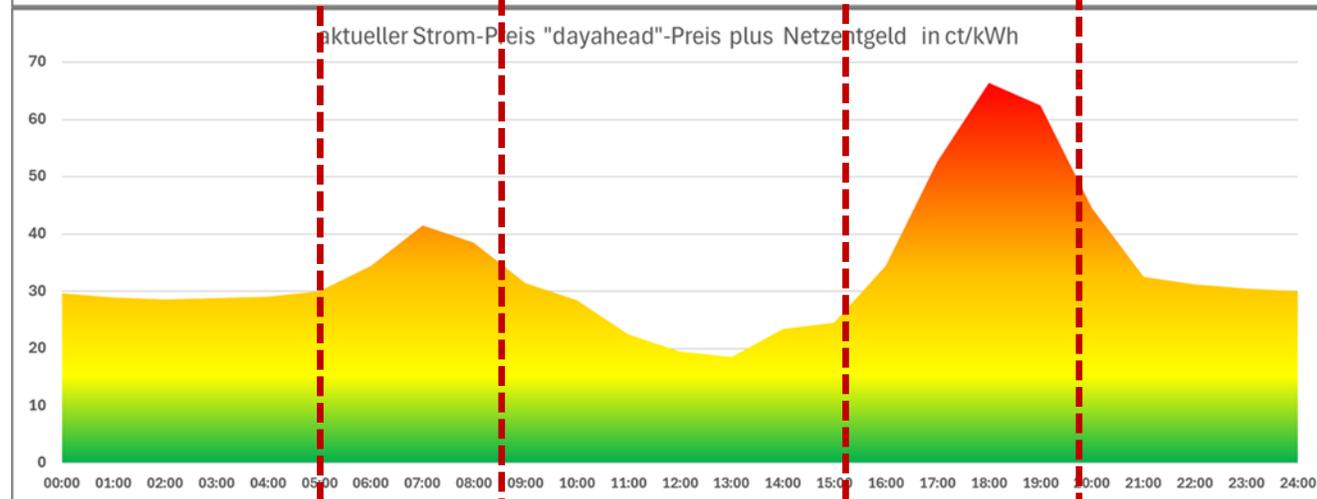
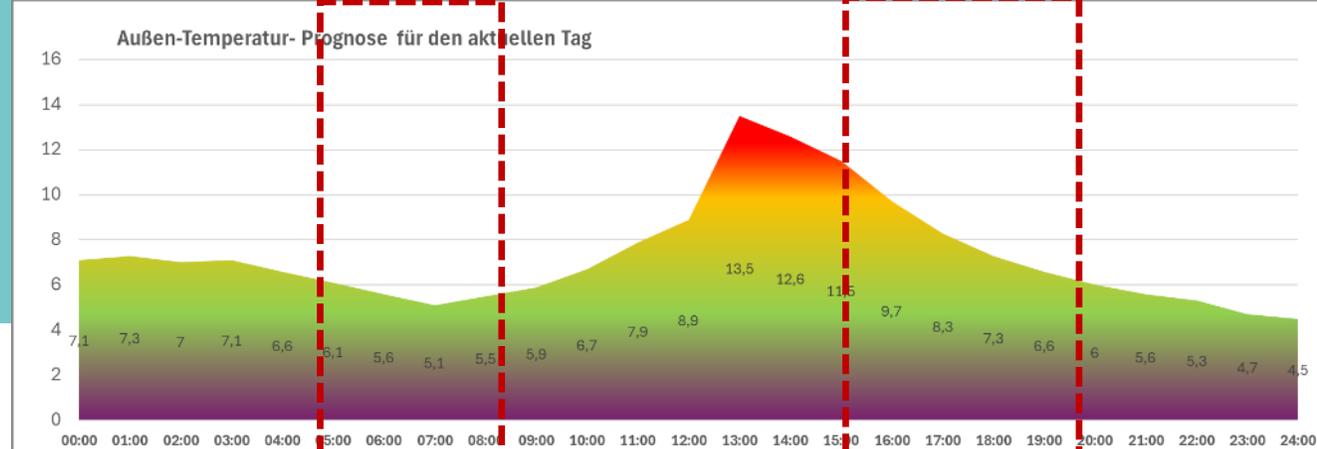
durchgehender Heizbetrieb mit „Sperrzeiten“ unter Aussparung der teurer Zeitfenster  
 WW-Bereitung zur wärmsten Tageszeit

### B) Übergangszeit (Mrz/Apr & Sep/Okt)

solar-optimierter Betrieb  
 für Heizen und Warmwasser

### C) Sommer (Mai/Jun/Jul/Aug/Sep)

überwiegend kein Heizbetrieb  
 nur WW-Bereitung



# dynamischer Stromtarif und netzdienlicher Betrieb einer L/W-Wärmepumpe

## Unterscheidung in drei verschiedene Betriebsarten

### A) Kern-Winter (Nov/Dez/Jan/Feb/Mrz)

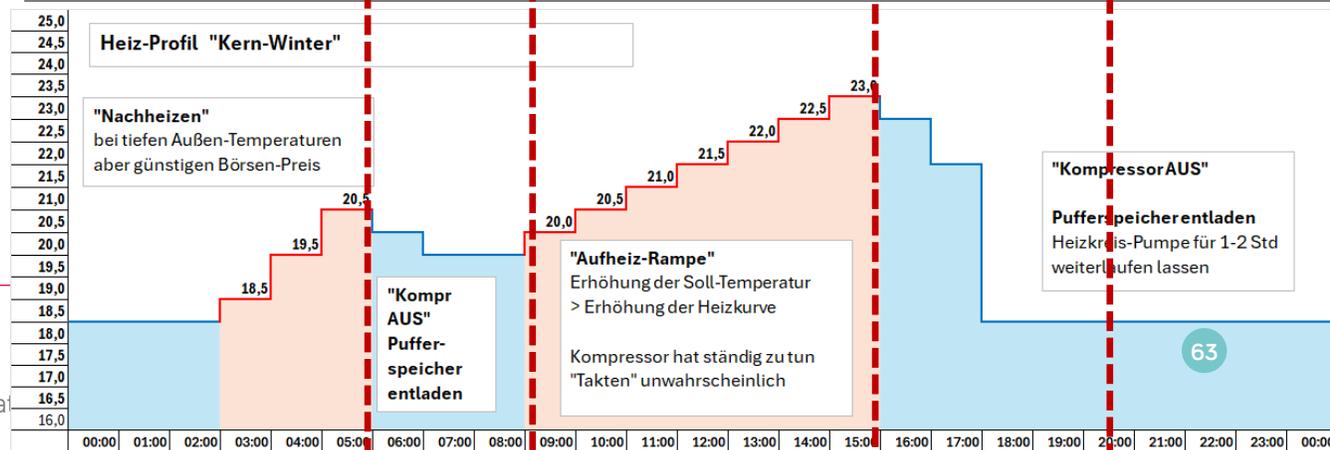
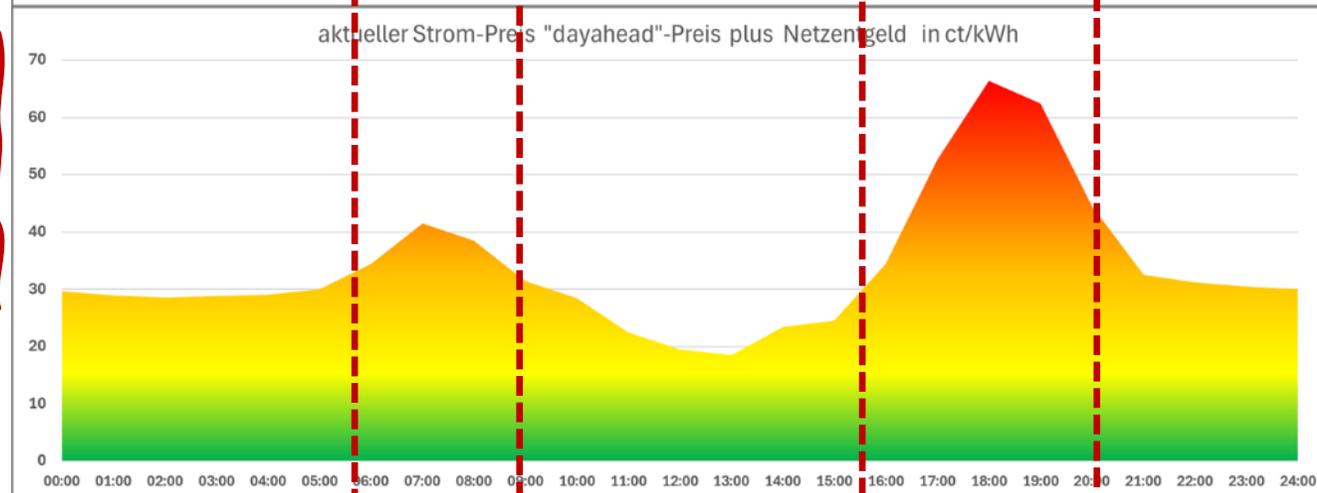
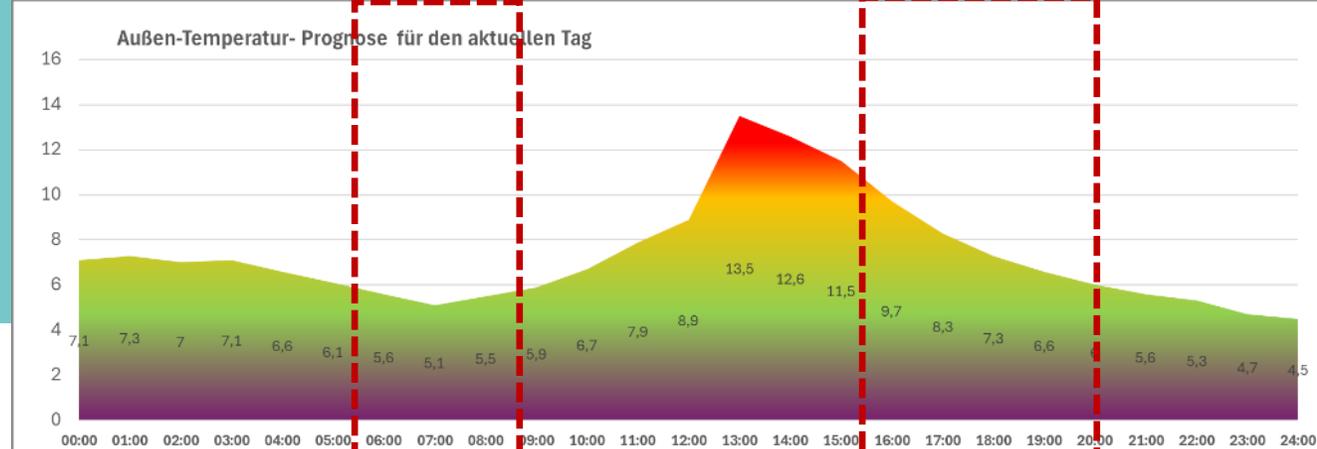
durchgehender Heizbetrieb mit „Sperrzeiten“ unter Aussparung der teurer Zeitfenster  
WW-Bereitung zur wärmsten Tageszeit

### B) Übergangszeit (Mrz/Apr & Sep/Okt)

solar-optimierter Betrieb für Heizen und Warmwasser

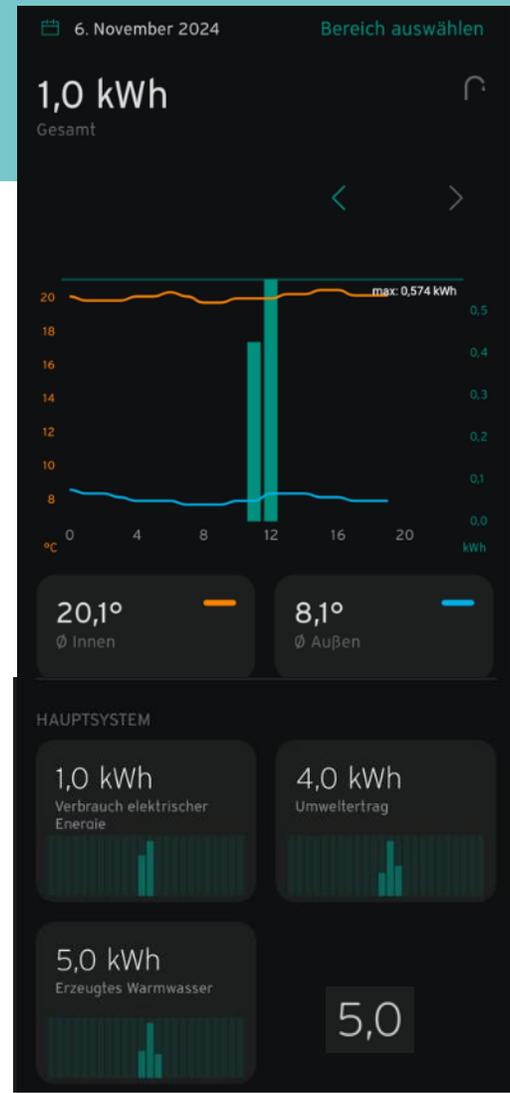
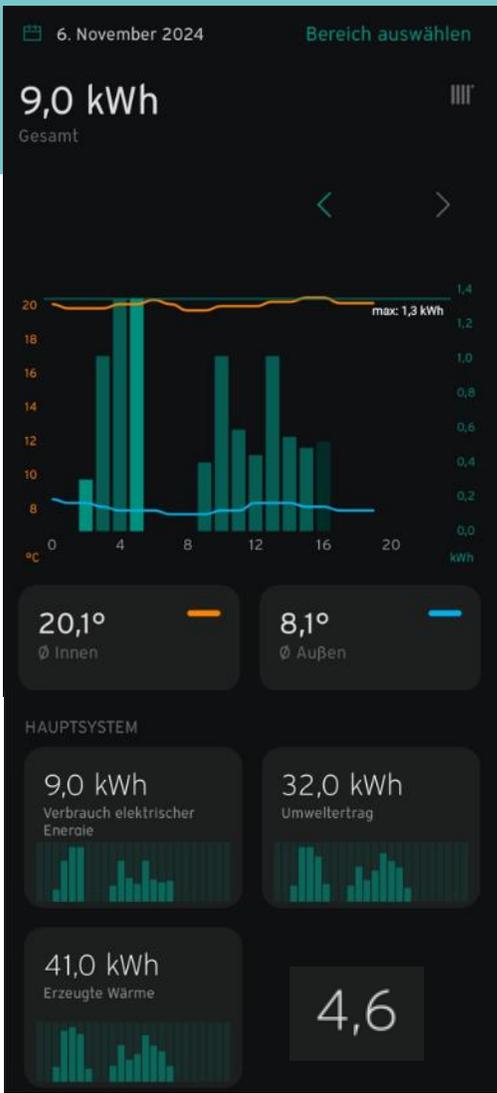
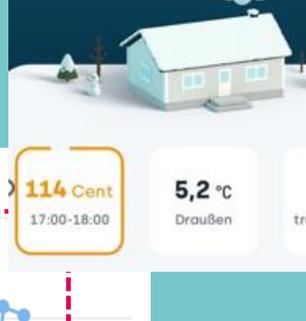
### C) Sommer (Mai/Jun/Jul/Aug/Sep)

überwiegend kein Heizbetrieb nur WW-Bereitung

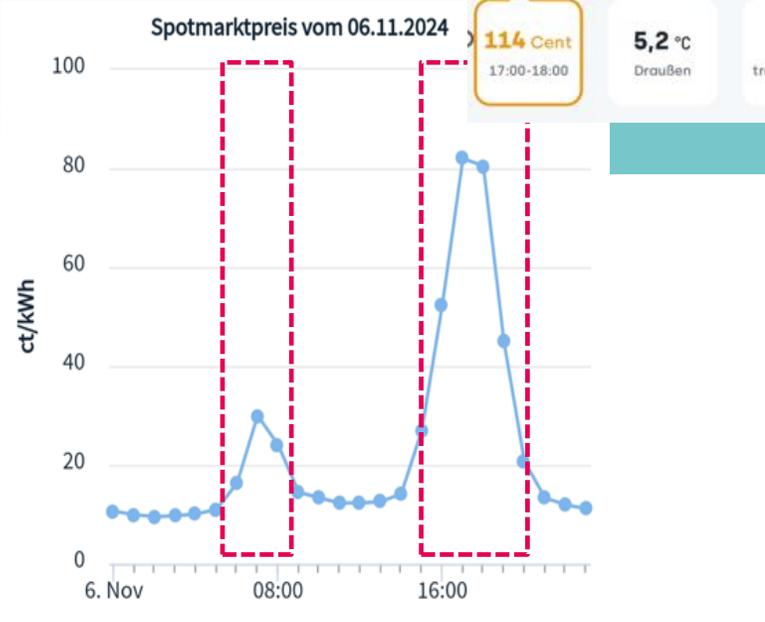
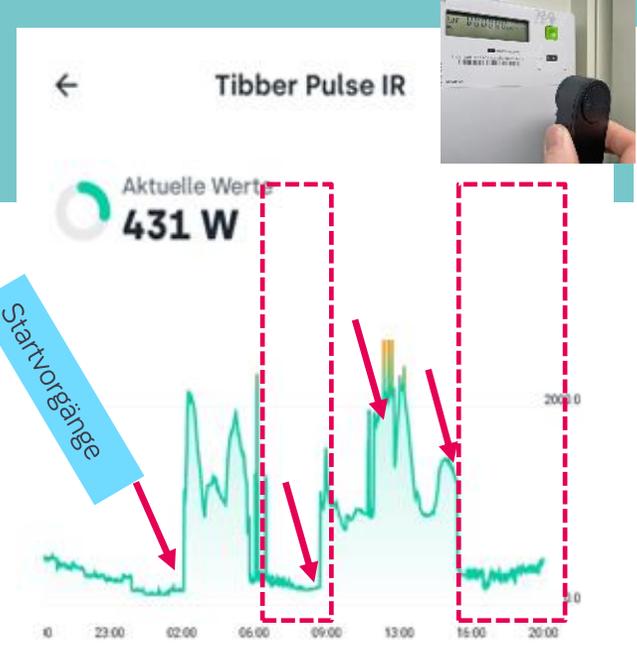


# „Dunkelflaute“ am Do 06.11.2024

# Strompreis 17:00 114 ct/kWh !!!



Tages-Arbeitszahl WW hoch, da Warmstart !



Tages-Stromverbrauch gesamt ca. 16 kWh  
davon Heiz= 9 kWh / WW= 1 kWh / WP = 10 kWh / Haushalt 6 kWh

Stromkosten Wärmepumpe  $3 \text{ kWh} \times 50\text{ct} + 7 \text{ kWh} \times 114 \text{ ct} = 9,5 \text{ €}$   
„peak shaving“  $10 \text{ kWh} \times 32\text{ct} = 3,2 \text{ €}$   
Einsparung= 6,30 €

Für Zeitraum 01.11 bis 07.11.2024 = 7 Tage  
Wochenarbeitszahl Heiz= 4,6 WW= 2,9 gesamt= 4,4  
Kompressor-Laufzeit 63 Std / Startvorgänge 23  
» Starts pro Tag ca. 3,5 davon 1 x WW  
» Laufzeit pro Start 2,7 Std

der Kompressor führt ein „ruhiges“ Leben !

# dynamischer Stromtarif und netzdienlicher Betrieb einer L/W-Wärmepumpe

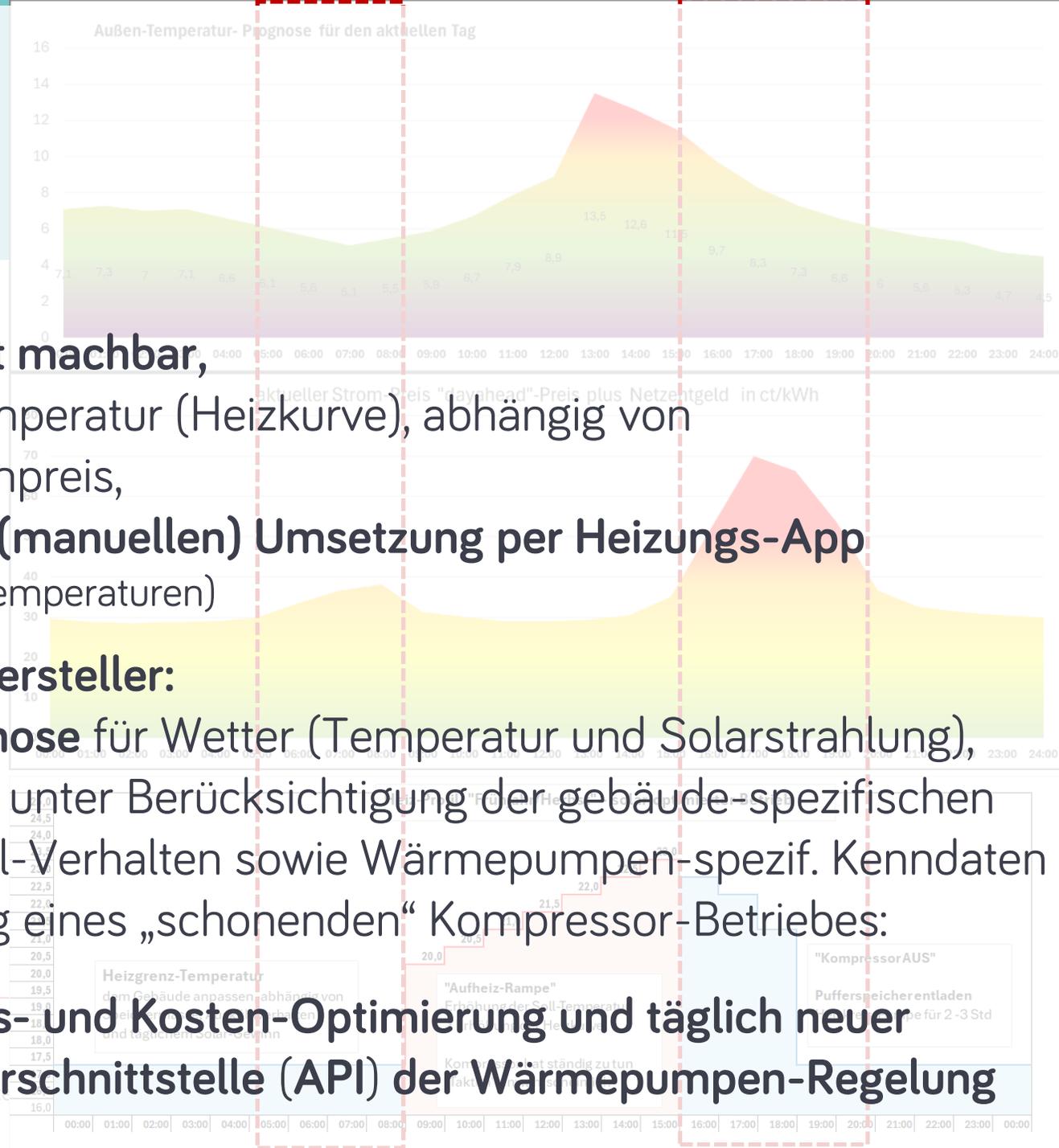
Fazit:

Eine Lastverschiebung der Wärmepumpe ist gut machbar, durch Anpassen der Betriebszeiten und Soll-Temperatur (Heizkurve), abhängig von Außen-Temperatur und aktuellem Börsen-Strompreis, aber aufwendig in der täglichen, wöchentlichen (manuellen) Umsetzung per Heizungs-App (bis zu 12 Zeitfenster täglich und unterschiedlichen Soll-Temperaturen)

**Wunsch/Forderung (!) an die Wärmepumpen-Hersteller:**

Weiterentwicklung der App-Steuerung mit **Prognose** für Wetter (Temperatur und Solarstrahlung), Heizwärmebedarf und Strompreis **als „forecast“** unter Berücksichtigung der gebäude-spezifischen Kennwerte, Speichermasse und Aufheiz/Auskühl-Verhalten sowie Wärmepumpen-spezif. Kenndaten SJAZ(AT) der WP, Pufferspeicher und Einhaltung eines „schonenden“ Kompressor-Betriebes:

» mehr-dimensionalen Algorithmus zur Betriebs- und Kosten-Optimierung und täglich neuer Einstellung der Parameter über die Programmierschnittstelle (API) der Wärmepumpen-Regelung



Es gibt noch viel zu tun !  
packen wir's an !!



**Nicht weil die Dinge  
schwierig sind  
wagen wir sie nicht,  
sondern weil wir sie nicht  
wagen  
sind sie schwierig.**  
anonymus

Ulrich Imkeller-Benjes  
BEKS EnergieEffizienz GmbH  
[Imkeller-benjes@beks-online.de](mailto:Imkeller-benjes@beks-online.de)  
0421 835 888-17  
[www.beks-online.de](http://www.beks-online.de)