

**Energie Treff SG**, 19. Mai 2021, Lokremise St. Gallen

# Wärmekraftkoppelung (WKK) bei Neubauten

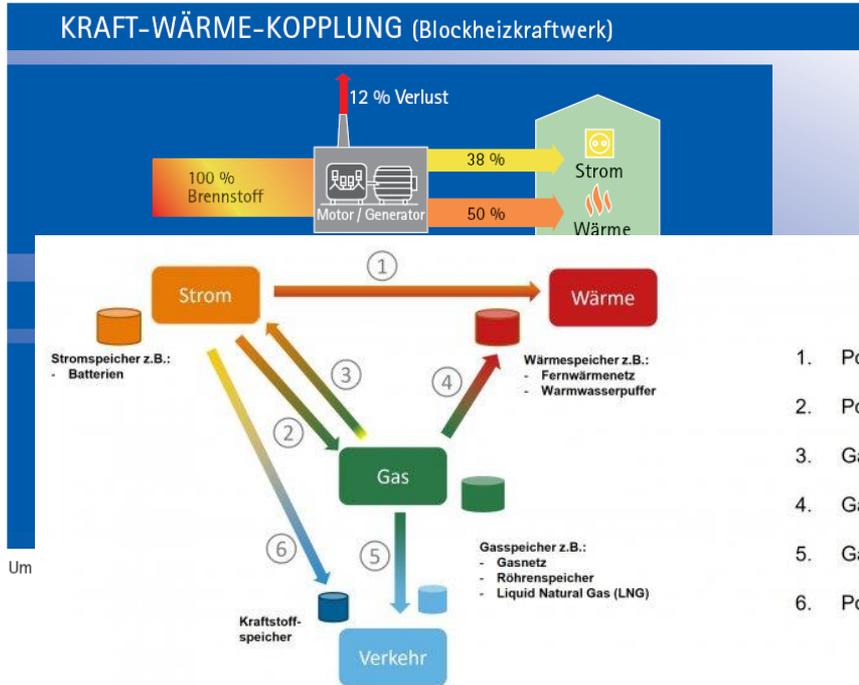
Thomas Kunz, Abteilungsleiter Energiedienstleistungen, St.Galler Stadtwerke



# Agenda

- 1. Vor- und Nachteile der Wärmekraftkoppelung (WKK)**
  - Rolle der WKK im Energiekonzept EnK3 2050 Stadt St. Gallen
- 2. Rolle der WKK im neuen Energiegesetz**
  - Dimensionierung von WKK-Anlagen
- 3. Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen**
  - Berechnungsmethode und Einflussfaktoren
- 4. WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgs**
  - Einsatzgebiete für WKK in Neubauten
  - BHKW-Portfolio sgs

# Vor- und Nachteile der WKK (1)



## Vorteile:

- **Energieeffizienz** durch gekoppelte Produktion von Strom und Wärme  
→ 40 % CO<sub>2</sub>-Einsparung gegenüber getrennter Produktion
- wichtiges Bindeglied für die **Sektorkoppelung** zur Verbindung von unterschiedlichen Energieformen und Nutzungen
- hohe Effizienz auch bei **hohen VL-Temperaturen** (Prozesswärme, BWW etc.)

# Vor- und Nachteile der WKK (2)



## Nachteile:

- Nutzung **fossiler Brennstoffe**  
→ Erdgasnetz zunehmend versetzt mit erneuerbaren Gasen (Biogas, synthetische Gase)
- **Wartungsintensive** Technologie  
→ hohe Wartungskosten
- **Grösserer Raumbedarf** für WKK, Spitzengaskessel und Wärmespeicher

# Rolle der WKK im neuen Energiegesetz (1)

Eigenstromerzeugung in Neubauten von 10 W/m<sup>2</sup> (max. 30 W/m<sup>2</sup>)



## Kriterien für die Dimensionierung von WKK-Anlagen

- Technische Aspekte (möglichst wenig Start/Stop-Vorgänge)
- Lange jährliche Betriebszeit (min. 4000 bis 4500 Bh für Wirtschaftlichkeit)
- Anteil Wärmeproduktion aus WKK-Betrieb > 60 %  
(grösstenteils wärmegeführter Betrieb)



## Faustregel für die Dimensionierung von WKK-Anlagen

Thermische Leistung WKK = 0.3 bis 0.35 x Heizleistungsbedarf (ohne BWW)  
= 0.35 bis 0.4 x Heizleistungsbedarf (mit BWW)

# Rolle der WKK im neuen Energiegesetz (2)

## Dimensionierungsbeispiel für MFH Neubau mit EBF = 3000 m<sup>2</sup>

- Annahme:
- spez. Heizleistungsbedarf Wohnflächen = 30 W/m<sup>2</sup>
  - spez. Heizleistungsbedarf Bäder = 40 W/m<sup>2</sup>
  - spez. Heizleistungsbedarf BWW = 3 W/m<sup>2</sup>
  - spez. Heizleistungsbedarf gesamt = ~35 W/m<sup>2</sup>

➔ **Heizleistungsbedarf Q'** = 3000 m<sup>2</sup> x 35 W/m<sup>2</sup> = **105 kW**

➔ **Thermische Leistung WKK** = 0.4 x Heizleistungsbedarf Q'  
= 0.4 x 105 kW = **42 kW**

Installation eines handelsübliches WKK-Modul z.B. Fabrikat EC-Power mit **20 kW** elektrischer Leistung und 40 kW thermische Leistung

# Rolle der WKK im neuen Energiegesetz (3)

## Dimensionierungsbeispiel für MFH Neubau mit EBF = 3000 m<sup>2</sup>

- ➔ spezifische Eigenstromproduktion mit 20 kW WKK-Anlage  
= 20 kW / 3000 m<sup>2</sup> = 6.67 W/m<sup>2</sup>
- ➔ klassisch dimensionierte WKK-Anlagen erfüllen die Vorgaben zur Eigenstromproduktion von 10 W/m<sup>2</sup> gemäss EnV 741.11 nicht, respektive erst ab WKK-Anlagen > 30 kW.

Handlungsempfehlung: - keine Überdimensionierung der WKK-Anlage zur Erreichung der EnV-Vorgaben  
- falls notwendig WKK mit PV ergänzen / kombinieren

# Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen (1)

## Betriebsergebnis = Ertrag - Aufwand

Ertrag:	Stromproduktion	= Leistung el. x Betriebszeit/a x <b>mittlerer Strompreis</b>
	Wärmeproduktion	= Leistung th. x Betriebszeit/a x <b>Wärmepreis</b>
Aufwand:	Gaskosten GP	= Inputleistung x GP Gas
	Gaskosten AP	= Inputleistung x Betriebszeit/a x AP Gas
	Wartungskosten	= Betriebszeit x Wartungspauschale/h
	Kapitalkosten	= Investitionskosten x Annuität

---

## Betriebsergebnis

wobei gilt:

mittlerer Strompreis = Mittel aus Bezugs- und RL-Tarif sowie jeweiligen HT/NT-Tarife

Wärmepreis = Wärmepreis aus konventioneller Erzeugung (Gaspreis /  $\eta_{\text{Gaskessel}}$ )

# Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen (2)

## Stromgestehungskosten = Nettoaufwand / Stromproduktion

Aufwand:	Gaskosten GP	= Inputleistung x GP Gas
	Gaskosten AP	= Inputleistung x Betriebszeit/a x AP Gas
	Wartungskosten	= Betriebszeit x Wartungspauschale/h
	Kapitalkosten	= Investitionskosten x Annuität
Ertrag:	Wärmeproduktion	= Leistung th. x Betriebszeit/a x <b>Wärmepreis</b>

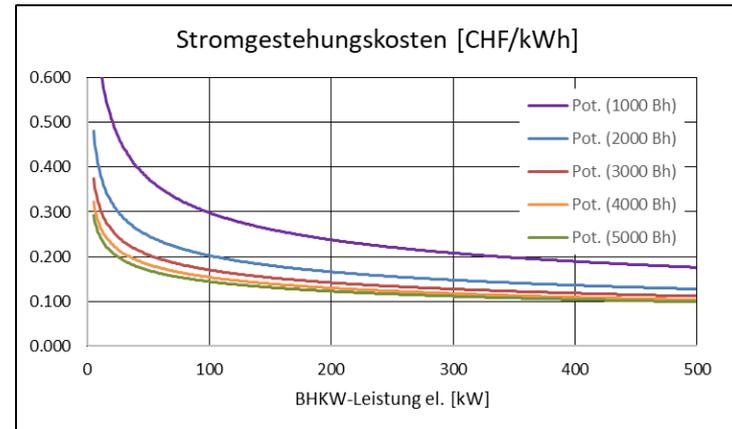
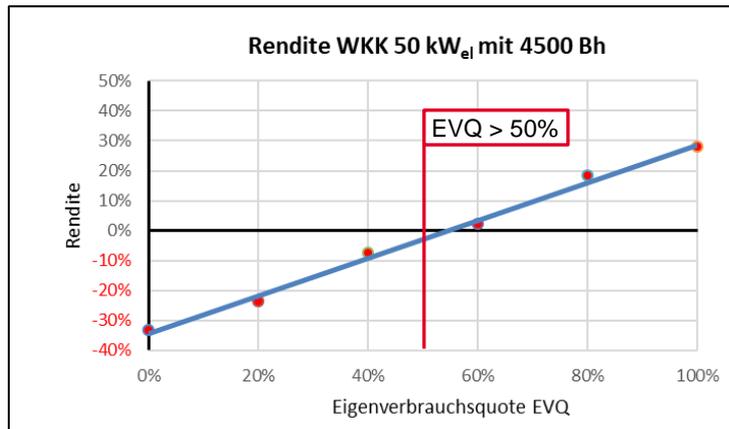
---

## Nettoaufwand

# Wirtschaftlichkeit von WKK-Anlagen (3)

## Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit

- Gaspreis (Aufwand)
- Strompreise (Ertrag / Eigenverbrauchsquote EVQ)
- WKK-Leistung (spezifische Kosten für Investition und Wartung)
- Vollbetriebsstunden der WKK-Anlage



# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgs w (1)

## Kriterien allgemein und aus Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

- Hoher Stromverbrauch (Eigenverbrauchsquote EVQ)
- Hoher Wärmebedarf (grössere WKK-Leistung)
- Hohe VL-Temperaturen (Prozesswärme, Wärmenetze ...)



## Einsatzgebiete für WKK in Neubauten

- Objekte ab WKK-Leistungen ab 20 kW el. Leistung (wirtschaftlicher Grenzwert)
- Gewerbe- und Industriebauten mit vorzugsweise Prozesswärme
- Wärmeverbunde mit hoher Wärmedichte (kurze Distanzen für Wärmenetz)
- Grössere MFH mit Wärmeleistungsbedarf > ~150 kW
- Wärmepumpenlösung nicht möglich

# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgsw (2)

## BHKW-Anlagenportfolio sgsw (Anlagen-Beispiele)



Gross-BHKW in der Fernwärmezentrale Au



Mini-BHKW in MFH  
(Contracting)



BHKW in der Nahwärmezentrale Birnbäumen

# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgs w (3)

## BHKW-Anlagenportfolio sgs w (Stand April 2021)

**Fernwärme:** 1 Gross-BHKW in der Fernwärmezentrale FWZ Au mit 2'000 kW elektrischer und 2'100 kW thermischer Leistung.

Zubau 2021: 2 baugleiche Gross-BHKW in der FWZ Lukasmühle.

Plan: max. 2 zusätzliche baugleiche BHKW-Module bei Vollausbau des städtischen Fernwärmenetzes.

**Contracting:** 34 Anlagen mit insgesamt 42 Mini- und Kompakt-BHKW zwischen 9.0 kW bis 133 kW elektrischer Leistung (elektrische Gesamtleistung 1'302 kW).

Potential : 5 bis 10 Anlagen pro Jahr mit einer elektrischen Gesamtleistung von ca. 100 kW bis 300 kW/a.

**Insgesamt:** BHKW mit einer elektrischen Gesamtleistung von **3.3 MW**.

# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgsw (4)

## Fallbeispiel Neubau Genossenschaftssiedlung Sturzenegg



Anzahl Wohnungen: 69  
Energiebezugsfläche: 9372 m<sup>2</sup>  
**Eigenstromproduktion: 16.3 W/m<sup>2</sup>**

### Energieerzeugung:

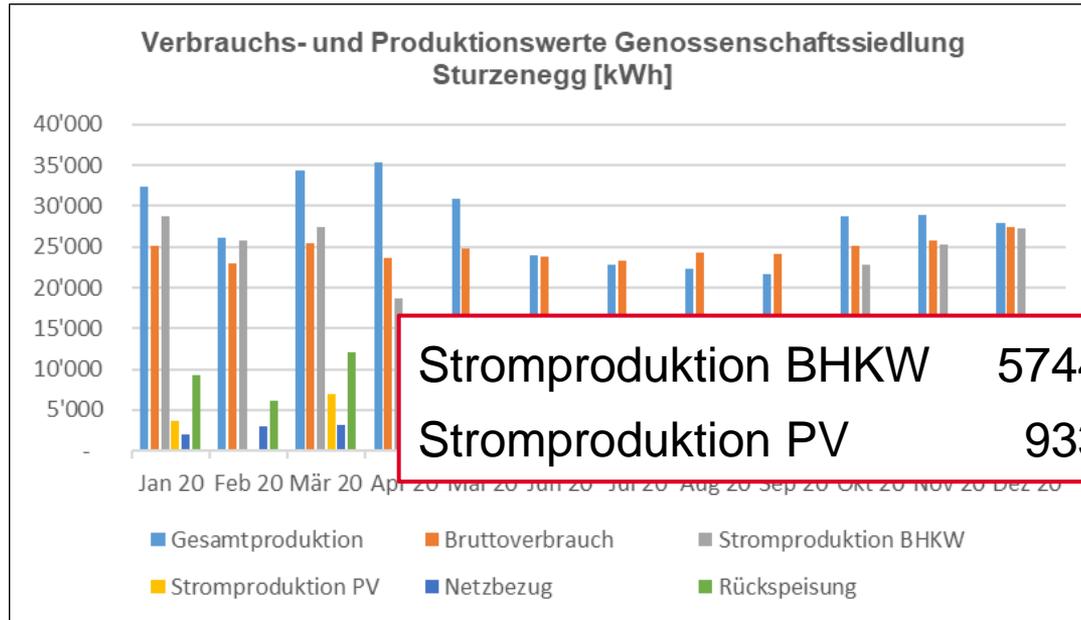
Wärmeleistungsbedarf: 270 kW  
Leistung BHKW: 2 x 20 kW elektrisch  
2 x 40 kW thermisch  
Leistung Spitzengaskessel: 235 kW  
Photovoltaik 113 kWp

### Betriebsdaten 2020:

Wärmelieferung: 513'000 kWh  
Wärmeproduktion BHKW: 460'000 kWh  
Deckungsgrad BHKW: ~90 %  
Betriebszeit BHKW 5800 h/a und Modul

# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgsw (5)

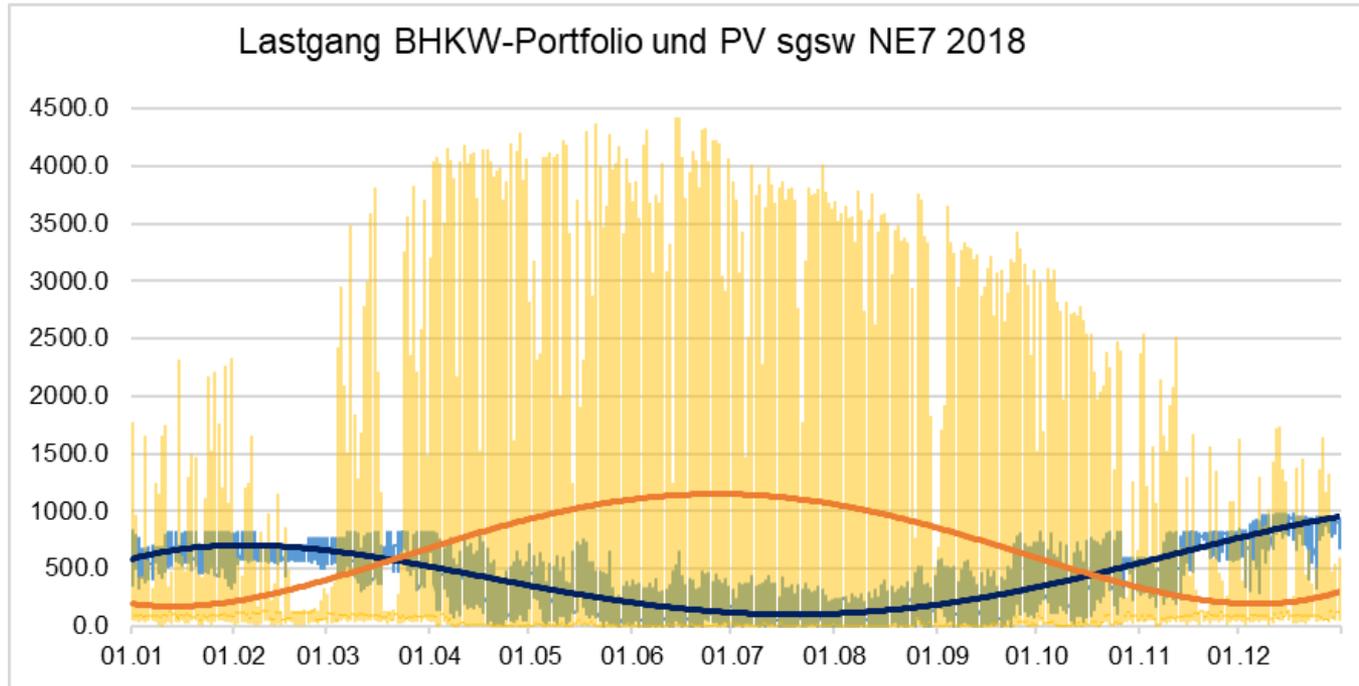
## Fallbeispiel Neubau Genossenschaftssiedlung Sturzenegg



Total	[kWh]
Gesamtproduktion	335'229
Bruttoverbrauch	295'616
Stromproduktion BHKW	229'756
Stromproduktion PV	105'472
Verbrauch aus Areal	61'598
Verbrauch aus Areal	101'208
Verbrauch aus Eigenproduktion	234'018
<b>Eigenverbrauchsquote EVQ</b>	<b>69.81%</b>

# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgs w (6)

## WKK und PV bilden sinnvolle Partnerschaft

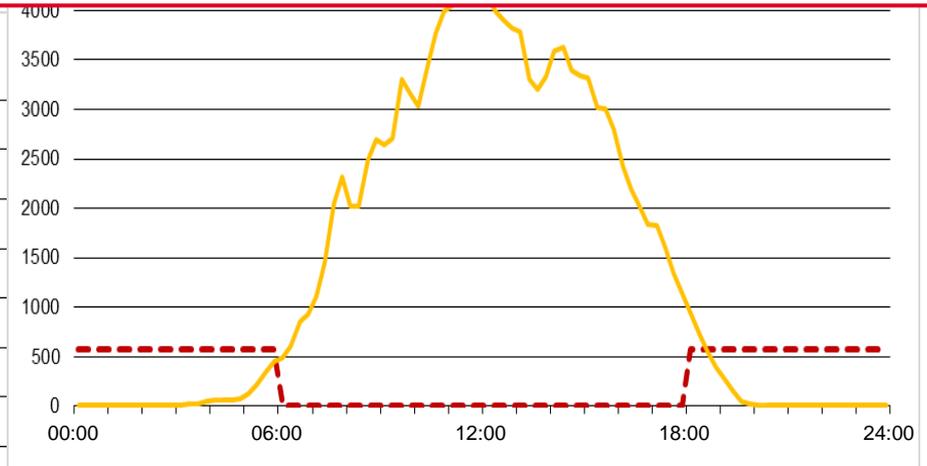
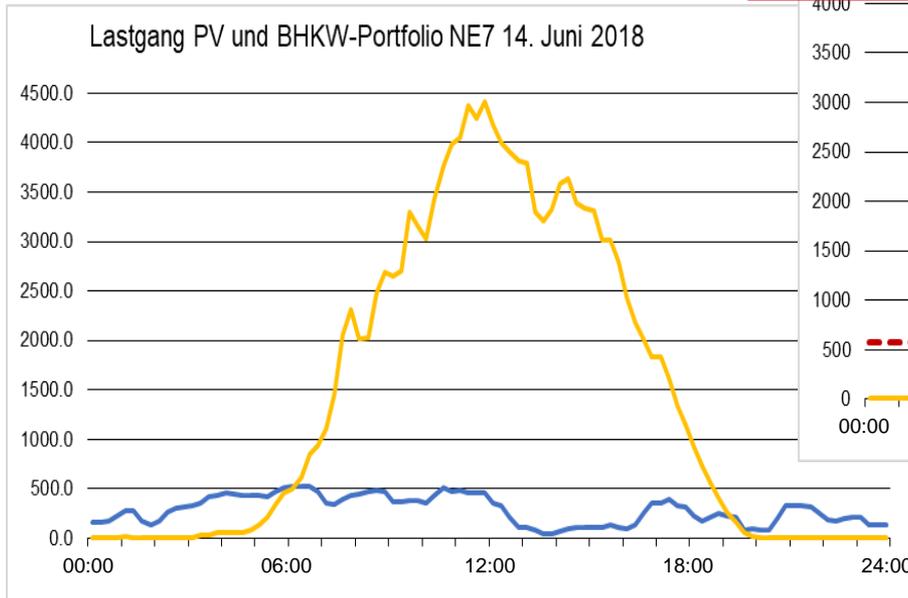


# WKK in der Praxis / Erfahrungen der sgsw (7)

## WKK und PV Sommerbetrieb

**IST: 100% wärmegeführter Betrieb**

WKK und PV ergänzen sich sehr gut, aber nicht ausnahmslos. Die Produktion von WKK- und PV-Strom muss vor allem während den Sommermonaten aufeinander abgestimmt werden.



**SOLL: wärmegeführter Betrieb optimiert (Sperrzeiten) unter Nutzung von Wärmespeichern.**

**Potential prognosebasiertes Energiemanagement**

# Fazit

- 1. WKK erfüllt die neuen Vorgaben des Energiegesetz für Heizleistungen > ~150 kW**  
... oder in Kombination mit PV
- 2. WKK-Anlagen können mit ausreichender EVQ wirtschaftlich betrieben werden**
- 3. WKK hat sich in der Praxis bewährt**  
... wichtiger Bestandteil des Energiekonzept EnK3 2050 Stadt St. Gallen

Herzlichen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!