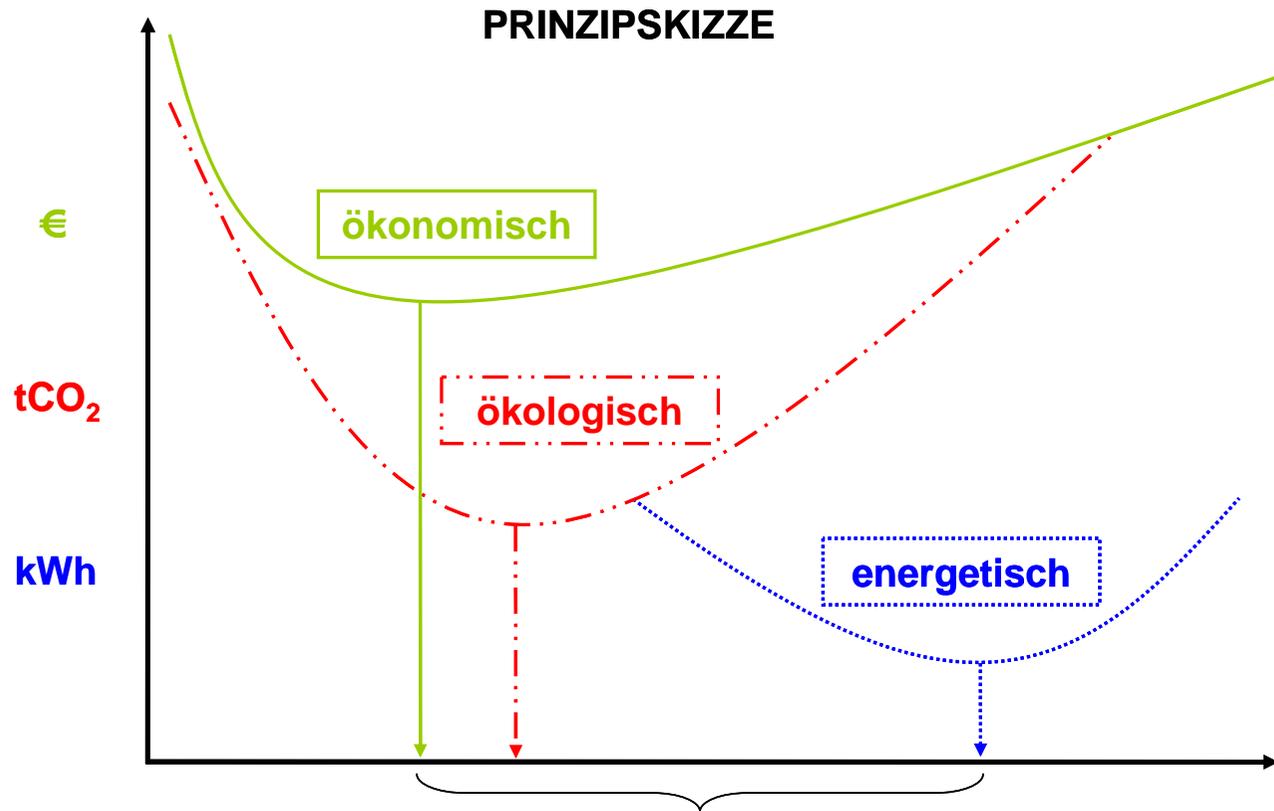


„Einsatzoptimierung von Mikro-KWK Anlagen – Eine energetische und ökologische Bilanz“



Rusbeh Rezania



**Mögliche Optima (ökon., ökol., energ.) / installierter Leistung in [kW]  
für eine Mikro-KWK Technologie j zum Zeitpunkt t**

# Inhalt der Präsentation



- 1. Schaltung und Regelung der Mikro-KWK Anlagen
- 2. Simulationstool
- 3. Wärme- und Stromlastprofile
- 4. Wirtschaftliche Auslegung der Mikro-KWK Anlagen
- 5. Energetische bzw. ökologische Auslegung der Mikro-KWK Anlagen
- 6. Zusammenfassung
- 7. Ausblick

# 1. Schaltung und Regelung der Mikro-KWK Anlagen

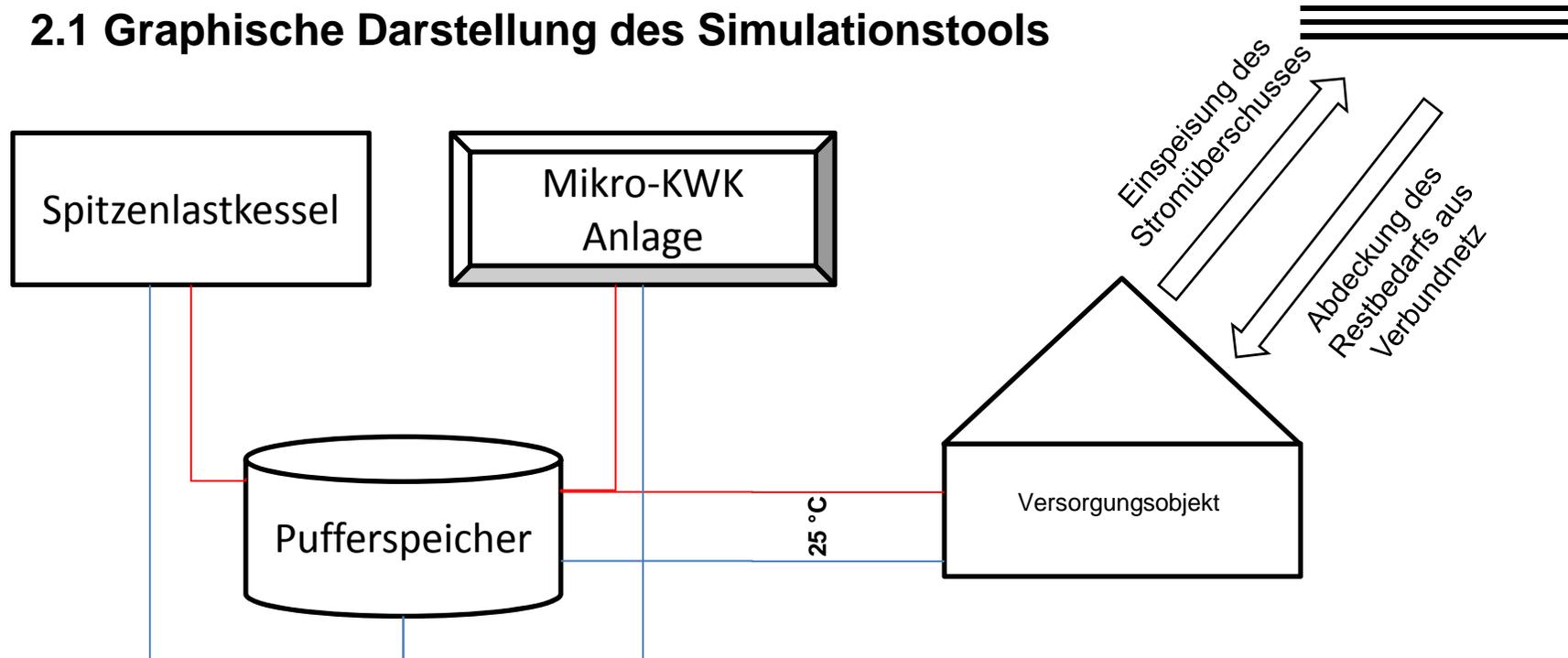


- Zusatzkessel für die Abdeckung der Lastspitzen
- Nach VDI 3985 können Wärmespeicher
  - zur Speicherung der Wärme in verbrauchsschwachen Zeiten und
  - zur Erhöhung der thermischen Zeitkonstante zur Minderung des Taktbetriebs erforderlich sein.
  - Der Speicher soll die produzierte Wärme der KWK-Anlage (keine Leistungsmodulation) von rund 2 h aufnehmen können
- Standardauslegung: Serielle Anbindung zwischen Speicher und Wärmeerzeuger
- Thermische Auslegung des Mikro- KWKs für Wohngebäuden
  - Vollastbetriebsstundenzahl von 4.000 h/a bis 5.000 h/a
  - Thermische Leistung in einer Bandbreite von 15 % bis 30 % des maximalen thermischen Wärmebedarfs
- Maximaler Wärmebedarf der Wohnungen (Trnka et. Al. ,2008 Austrian Energy Agency )
  - Die punktuell auftretende Wärmeleistung für Warmwasserbereitstellung ist ein vielfaches der benötigte Heizleistung.
  - Ermittlung des maximalen Wärmebedarfs durch die Anzahl der Badewannen und Duschen

## 2. Simulationstool



### 2.1 Graphische Darstellung des Simulationstools



#### Wärmegeführte Betriebsweise

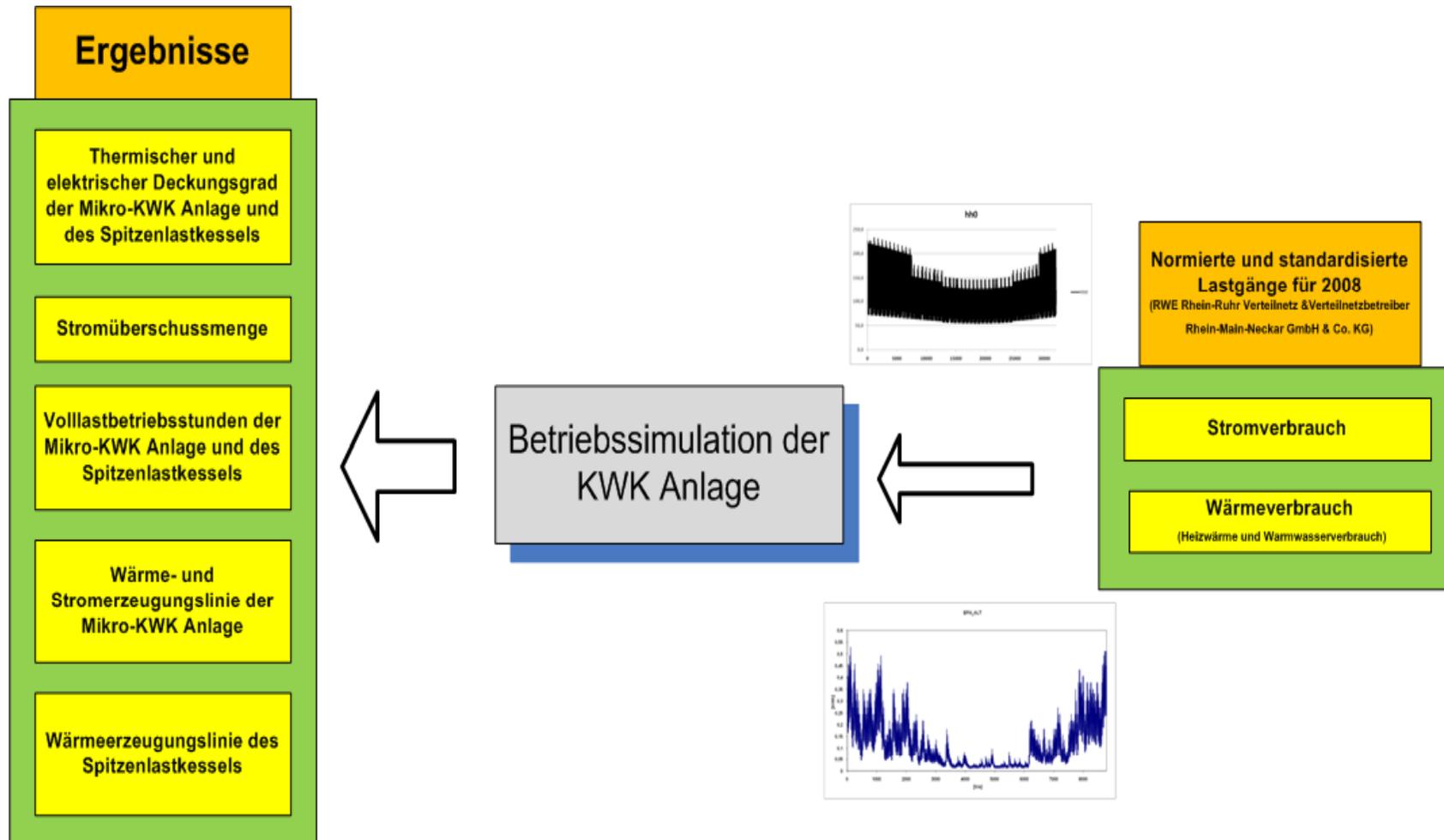
Die Versorgungspriorität des Kunden wird wie folgt festgelegt:

1. Wärme aus dem Pufferspeicher,
2. Betrieb der Mikro-KWK Anlage,
3. Zusatzversorgung mittels Spitzenlastkessels.

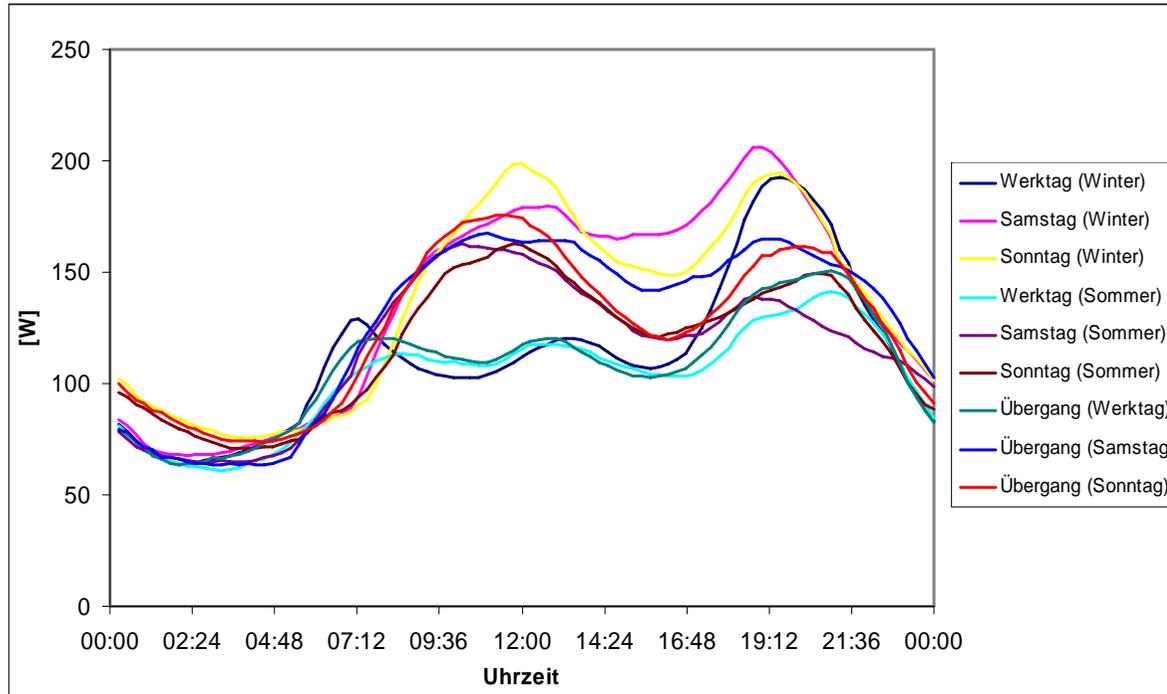
## 2. Simulationstool



### 2.2 Datengrundlage und gewonnene Parameter



## 3.1 Stromlastprofil



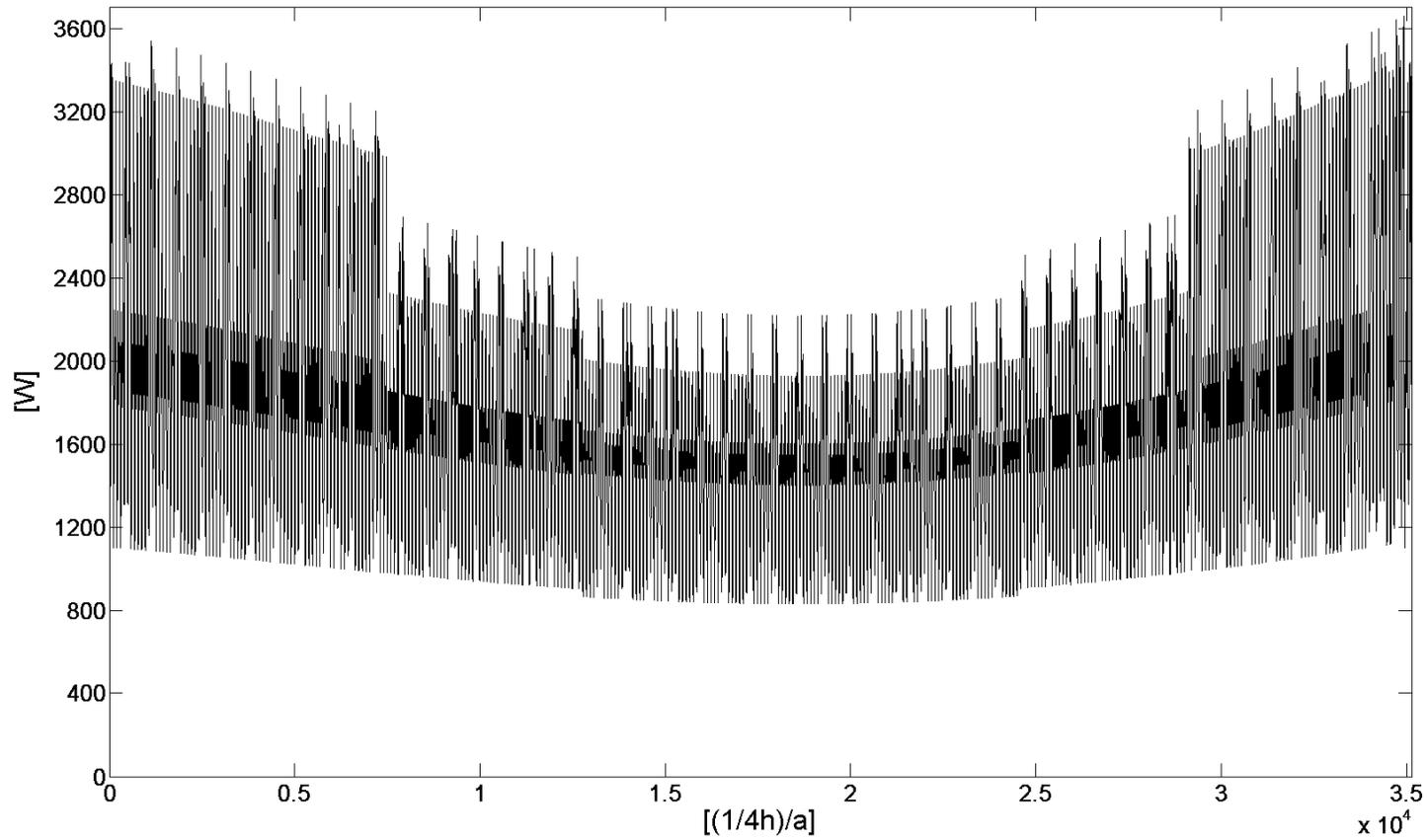
Tageslastgänge für Haushalte

Dynamisierungsfaktor



Kalendarische Feiertage

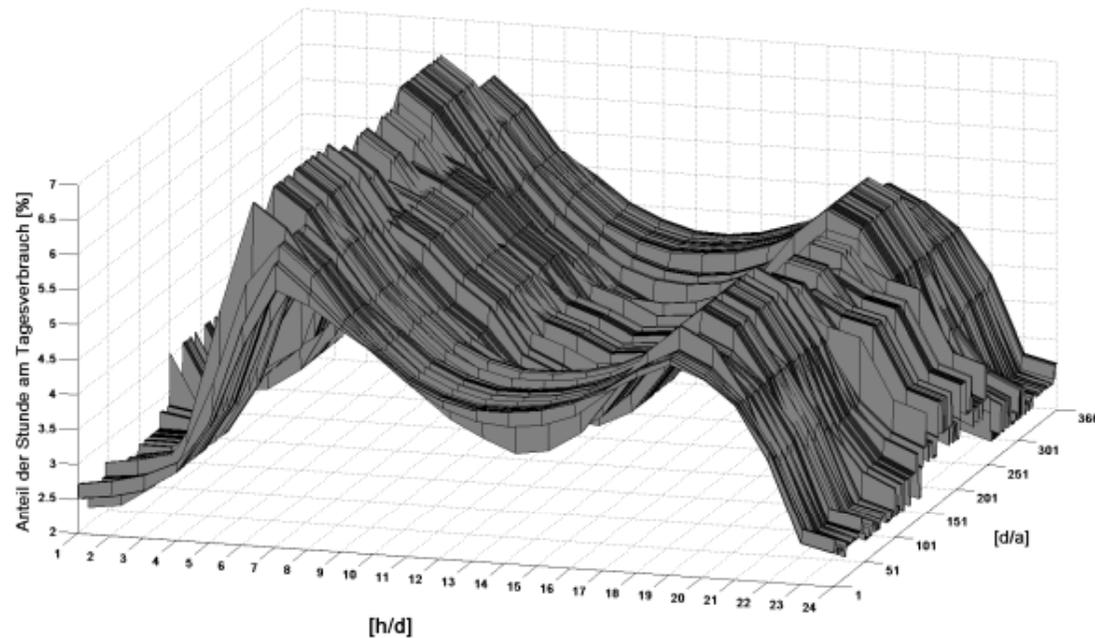
### 3. Wärme- und Stromlastprofile



## 3.2 Wärmelastprofil

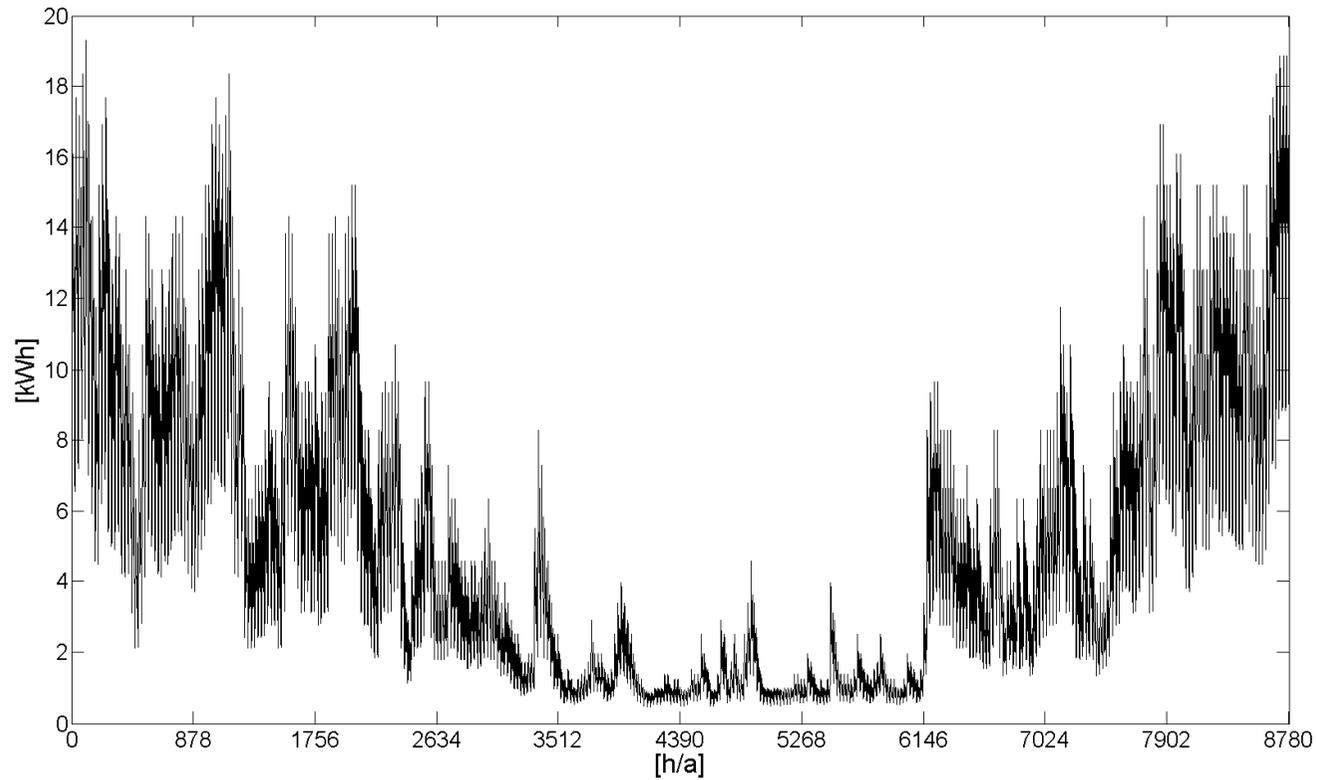
$$h(\theta_A) = \frac{A}{1 + \left(\frac{B}{\theta_A - \theta_{A0}}\right)^c} + D$$

Normierter Tagesverbrauch in Abhängigkeit von Tagesmitteltemperaturwerte



Anteil der Stunden am Tagesverbrauch für gemessene Temperaturwerte der Stadt Wien im Jahr 2008 (Altbaugebäude)

### 3. Wärme- und Stromlastprofile



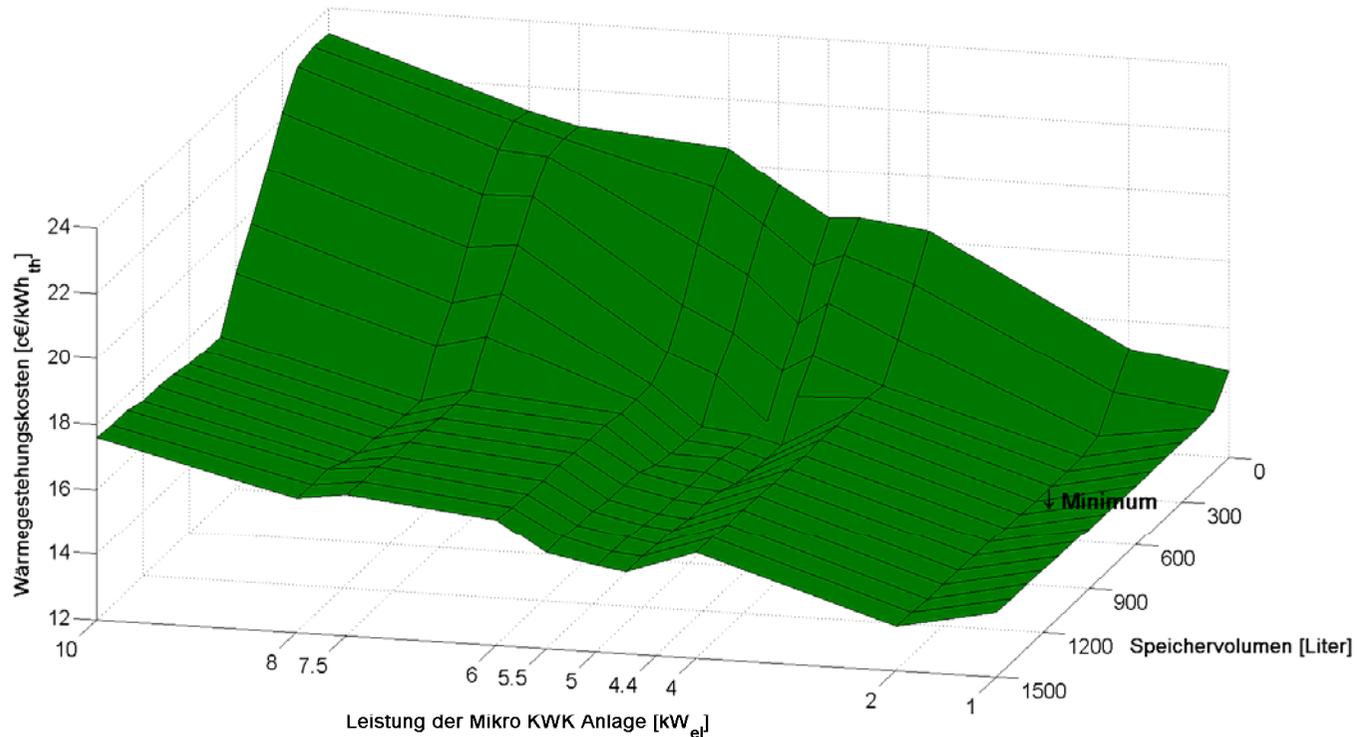
**Wärmelastprofil eines Wohngebäudes mit 4 Wohneinheiten**

## 4. Wirtschaftliche Auslegung der Mikro-KWK Anlagen



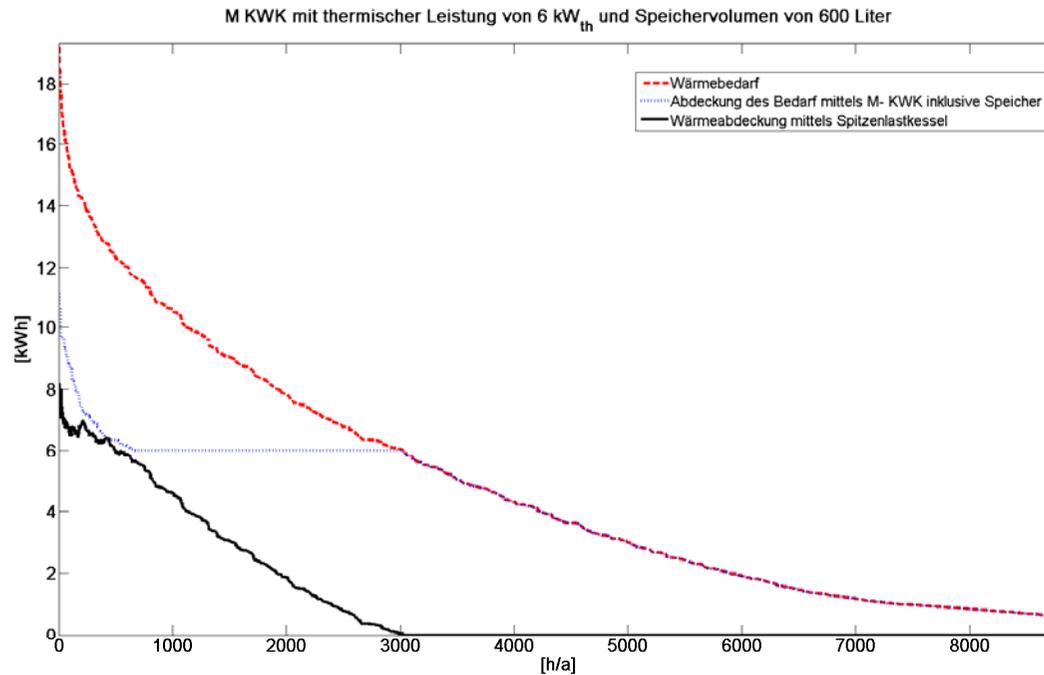
### 4.1 Wohngebäude mit 4 Wohneinheiten

- Investitionskosten für Mikro-KWK Anlage und den Pufferspeicher,
- Kosten der Inbetriebnahme der Mikro-KWK Anlage,
- Instandhaltungskosten der Anlage,
- Investitions- und laufende Kosten für den Spitzenlastkessel.



Wirtschaftliches Optimum: 2 kW<sub>el</sub> (6 kW<sub>th</sub>) mit 600 Liter Pufferspeicher  
Wärmegestehungskosten: 13,17 c€/ kWh<sub>th</sub>

## 4. Wirtschaftliche Auslegung der Mikro-KWK Anlagen



### Korrektur des Speichervolumens

- Verfügbarkeit der thermischen Leistung der Mikro-KWK Anlage mittels des Pufferspeichers für rund 2 Stunden
- Thermische Leistung der Mikro-KWK Anlage liegt bei 31 % des maximalen thermischen Wärmebedarfs

### 5.1 Vorgangsweise

**Die Berechnung des Energieaufwands für das duale System wird unterteilt in:**

- den Energieaufwand für die Erzeugung der Wärme aus Mikro-KWK Anlage und Spitzenlastkessels inklusive kumulierten Energieaufwand für die Herstellung der Mikro-KWK Anlage und Pufferspeicher, bezogen auf die Lebensdauer der jeweiligen Anlagen und
- die Bewertung des Stroms.

$$W_{\text{Primär,Stromnetz}} = (1 + 0,05 * A_{\text{Eigen}}) * W_{\text{el}} * \left[ \frac{A_{\text{GasKW}}}{\eta_{\text{CCGT}}} + \frac{A_{\text{BK}}}{\eta_{\text{BK}}} + \frac{A_{\text{SK}}}{\eta_{\text{SK}}} \right]$$

$0 < A_{\text{Eigen}} < 1$  : Deckungsanteil des Eigenbedarfs bezogen auf gesamte Erzeugung

$0 < A_{\text{GasKW}} < 1$  : Deckungsanteil für den Strom aus Gaskraftwerken (PEAK)

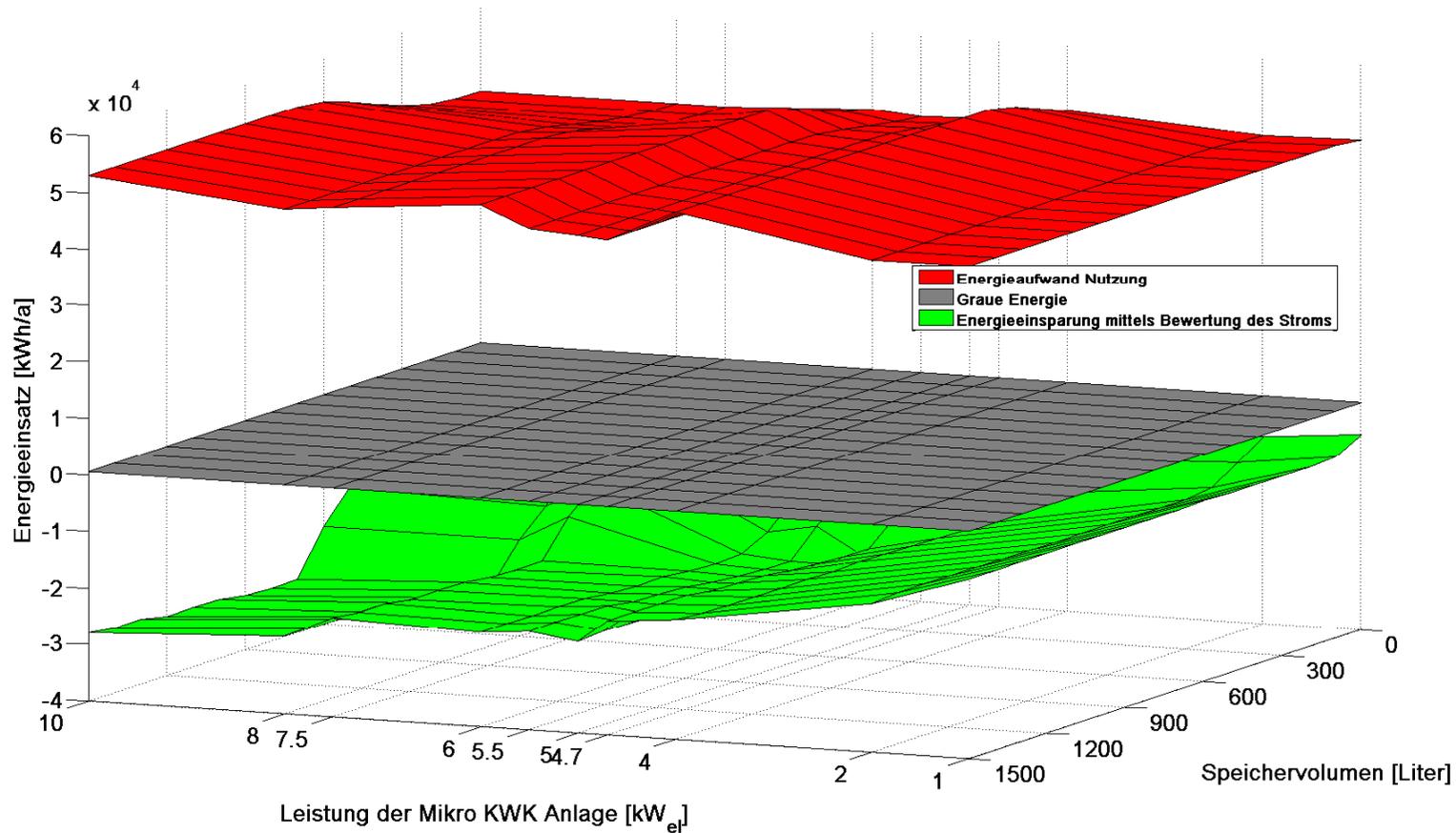
$0 < A_{\text{BK}} < 1$  : Deckungsanteil für den Strom aus Braukohlekraftwerken (OFF PEAK)

$0 < A_{\text{SK}} < 1$  : Deckungsanteil für den Strom aus Steinkohlekraftwerken (OFF PEAK)

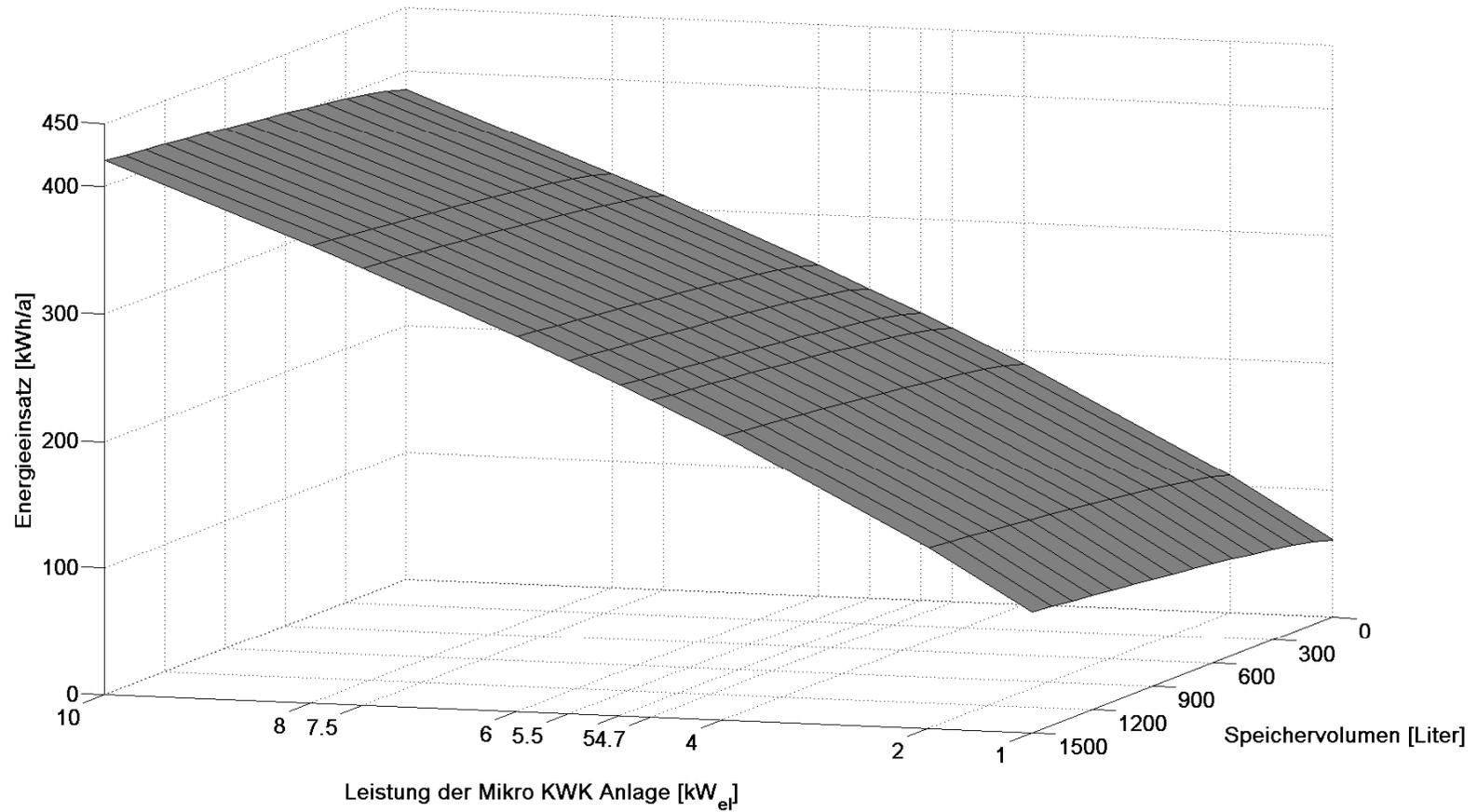
$$\Delta_{\text{Strom}} = W_{\text{Primär,Stromnetz}} - W_{\text{Primär,KWK,Strom}}$$

Eingesparter primärer Energieeinsatz

### 5.2 Wohngebäude mit 4 Wohneinheiten



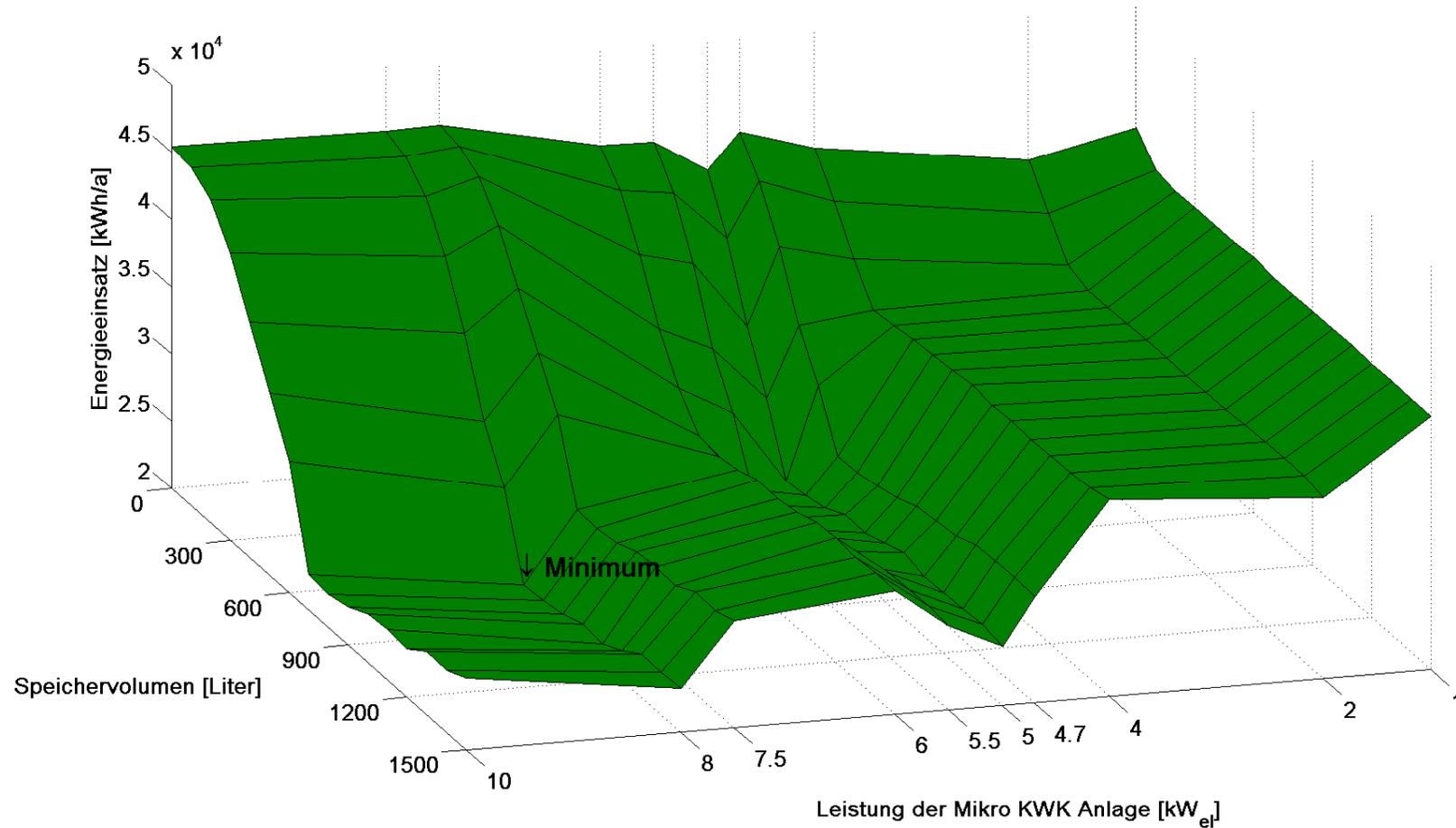
## 5. Energetische bzw. ökologische Auslegung der Mikro-KWK Anlagen



## 5. Energetische bzw. ökologische Auslegung der Mikro-KWK Anlagen



**Optimum: 8 kW<sub>el</sub>, 18 kW<sub>th</sub> mit 700 Liter  
Pufferspeicher**



## 6. Zusammenfassung



- Die energetisches bzw. ökologisches Optimum
  - $8 \text{ kW}_{\text{el}}$  und  $18 \text{ kW}_{\text{th}}$
  - Das Speichervolumen 700 Liter
  - Thermische Leistung der Anlage liegt bei 93,34 % des maximalen Wärmebedarfs des Kunden
  - Die Wärmegestehungskosten 17,7 % über dem wirtschaftlichen Optimum.
  - Der primäre Energieeinsatz mit 20.543 kWh/a um 54,4 % unterhalb des Wertes des Referenzsystems.
  - Verringerung der Lebensdauer aufgrund hoher Taktbetrieb (1.648 Ausschaltzeitpunkte im Jahr)
  - 100 %- Wärmeversorgung des Wohngebäudes mit Mikro-KWK Anlage ohne Zusatzkessel
- Wirtschaftliches Optimum
  - $2 \text{ kW}_{\text{el}}$ ,  $6 \text{ kW}_{\text{th}}$
  - Das Speichervolumen 400 Liter
  - Thermische Leistung der Anlage liegt bei 31 % des maximalen Wärmebedarfs des Kunden
  - Dimensionierung der Mikro-KWK Anlage im Grundlastbereich
  - Geringer Taktbetrieb (588 Ausschaltzeitpunkte im Jahr)

## 7. Ausblick



- **Optimierte Auslegung der Mikro-KWK Anlagen je Kundengruppe**
  - Wohnobjektbestand von 2010 bis 2050(EFH, 2FH, ...)
  - Gewerbeobjektbestand von 2010 bis 2050
  - Entwicklung der Wärmenachfrage
  - Entwicklung des Strombedarfs
- **Bestimmung von Szenarien der Mikro-KWK Technologieentwicklung in Österreich bis 2050**
  - Kostenentwicklung der Mikro-KWK Anlagen
  - Strompreisentwicklung
  - Entwicklung der Brennstoffkosten



Feedback

Diskussion

Fragen

**Rusbeh Rezia**

---

Technische Universität Wien – Energy Economics Group, Gusshausstrasse 25-29, A-1040 Wien,  
Tel:+43 58801 37375., Fax:+43 58801 37397, [rezania@eeg.tuwien.ac.at](mailto:rezania@eeg.tuwien.ac.at), [www.eeg.tuwien.ac.at](http://www.eeg.tuwien.ac.at)