



SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien

EnEff:Stadt

Forschung für
die energieeffiziente Stadt

**ENERGIE
WENDE
BAUEN**

Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Betreut von:
PTJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Workshop: Geht nicht gibt's nicht – Energiegewinnung auf
kommunalen Dächern – Stromspeicher

SWIVT: ein Energiekonzept für die Postsiedlung in Darmstadt



**CORPORATE
FINANCE**



ISM+D
Institute of Structural Mechanics and Design
Institut für Statik und Konstruktion

IWAR RCW



Universität Stuttgart

AKASOL

bauverein AG
darmstadt



autarq



SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien

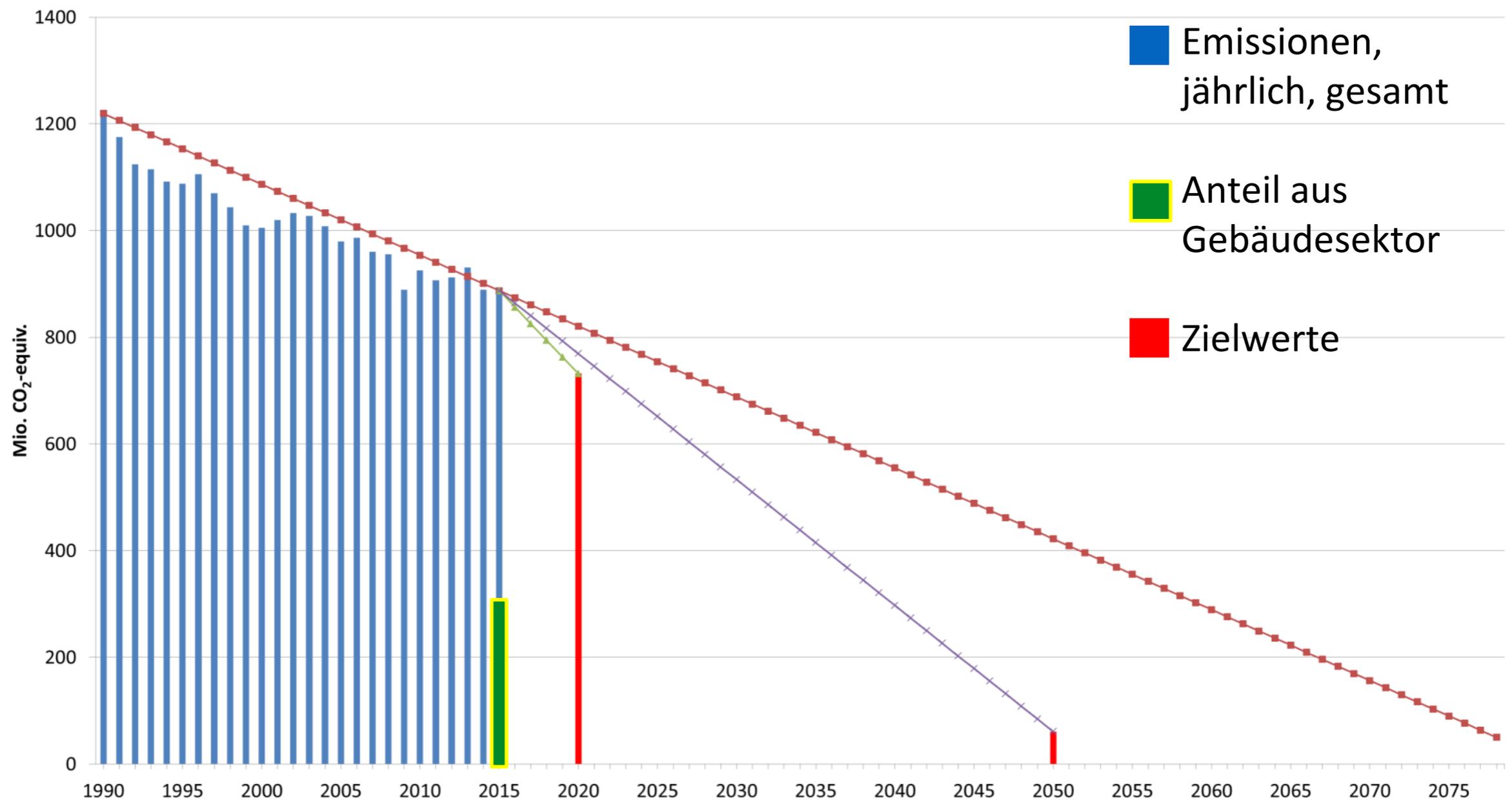


Agenda

- Einführung
- Ansatz Entwicklung Energiekonzept
- Ergebnisse

Einführung

Gesamte jährliche Treibhausgasemissionen in Deutschland





SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien



Motivation:

Einführung

- Niedrige Sanierungsrate im Bestand
→ **Konventionelle Sanierung häufig unwirtschaftlich**
- Treibhausgasemissionen aus dem Gebäudesektor sinken zu langsam
→ **EnEV nicht zielführend**
- Langsame Marktdurchdringung innovativer Energietechnologien
→ **Fehlende integrale Lösungsansätze für Gebäude- und Energiesysteme**



SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien



Ideen:

Einführung

- Bilanzierungsrahmen auf Quartiersebene statt auf Gebäudeebene
→ **GWP für Herstellungsprozesse und Energieversorgung mitbilanzieren**
- Konventionelle Sanierungsmaßnahmen auf ein Minimum beschränken
→ **Komfort-Maßnahmen statt Vollsanierung**
- Fokus auf Versorgung mit erneuerbarer Energien durch Einsatz innovativer Technologien
→ **ökonomisch nachhaltig durch neue Betreibermodelle**



SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien

EnEff:Stadt

Forschung für die energieeffiziente Stadt

ENERGIE WENDE BAUEN

Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

Betreut von:
PTJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Die Siedlung:

Einführung

Neubau (ehemals SWIVT I) + minimal sanierter Altbau = SWIVT II





SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien

 **EnEff:Stadt**
Forschung für
die energieeffiziente Stadt

**ENERGIE
WENDE
BAUEN**
Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

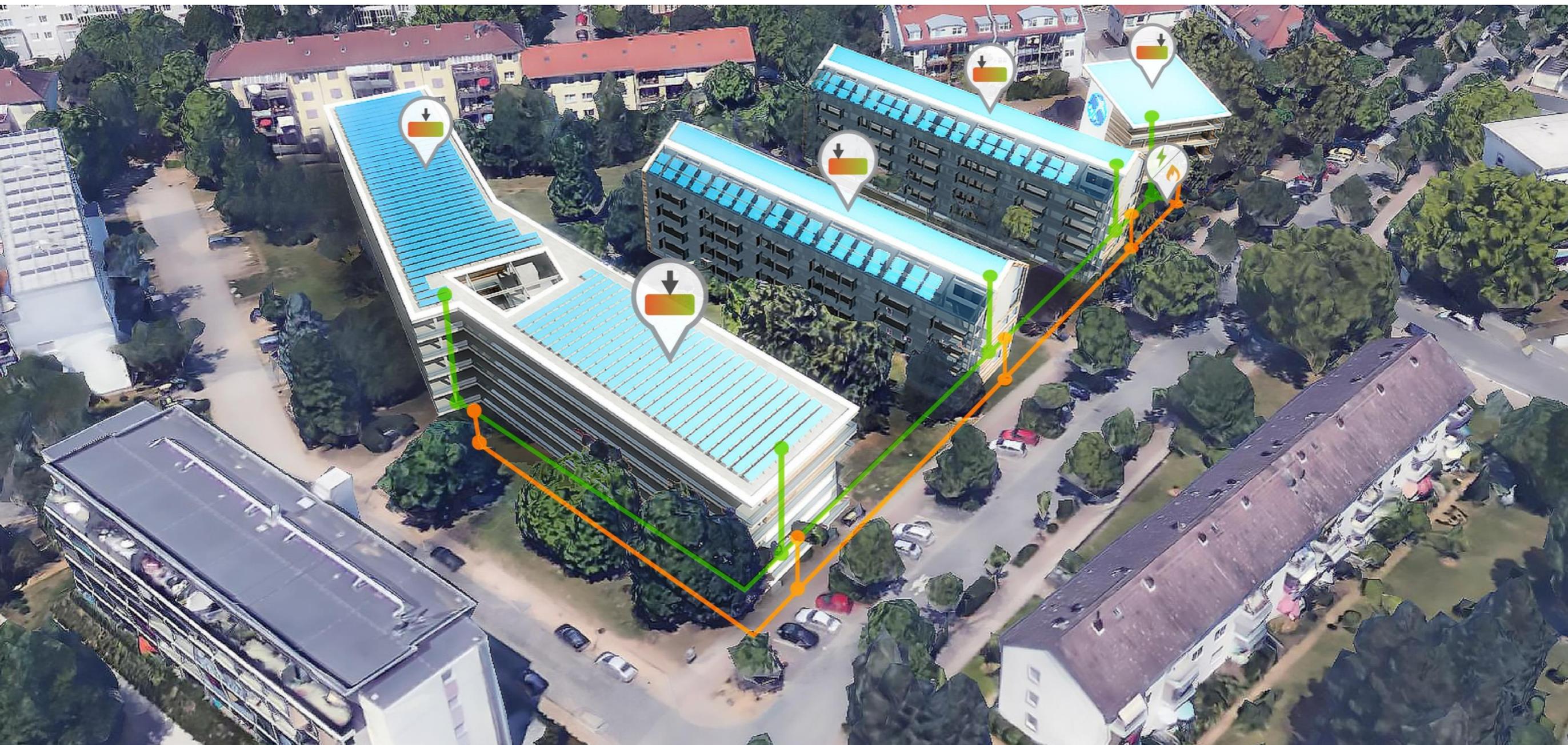
Betreut von:
PTJ
Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

Gefördert durch:
 **Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie**

Antragsziel:

Einführung

Verbesserung des **Primärenergiebedarfs der Siedlung um > 30%**
im Vergleich zur konventionellen Sanierung auf Gebäudeebene
bei minimalen Maßnahmen an der Baubestandshülle





SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien



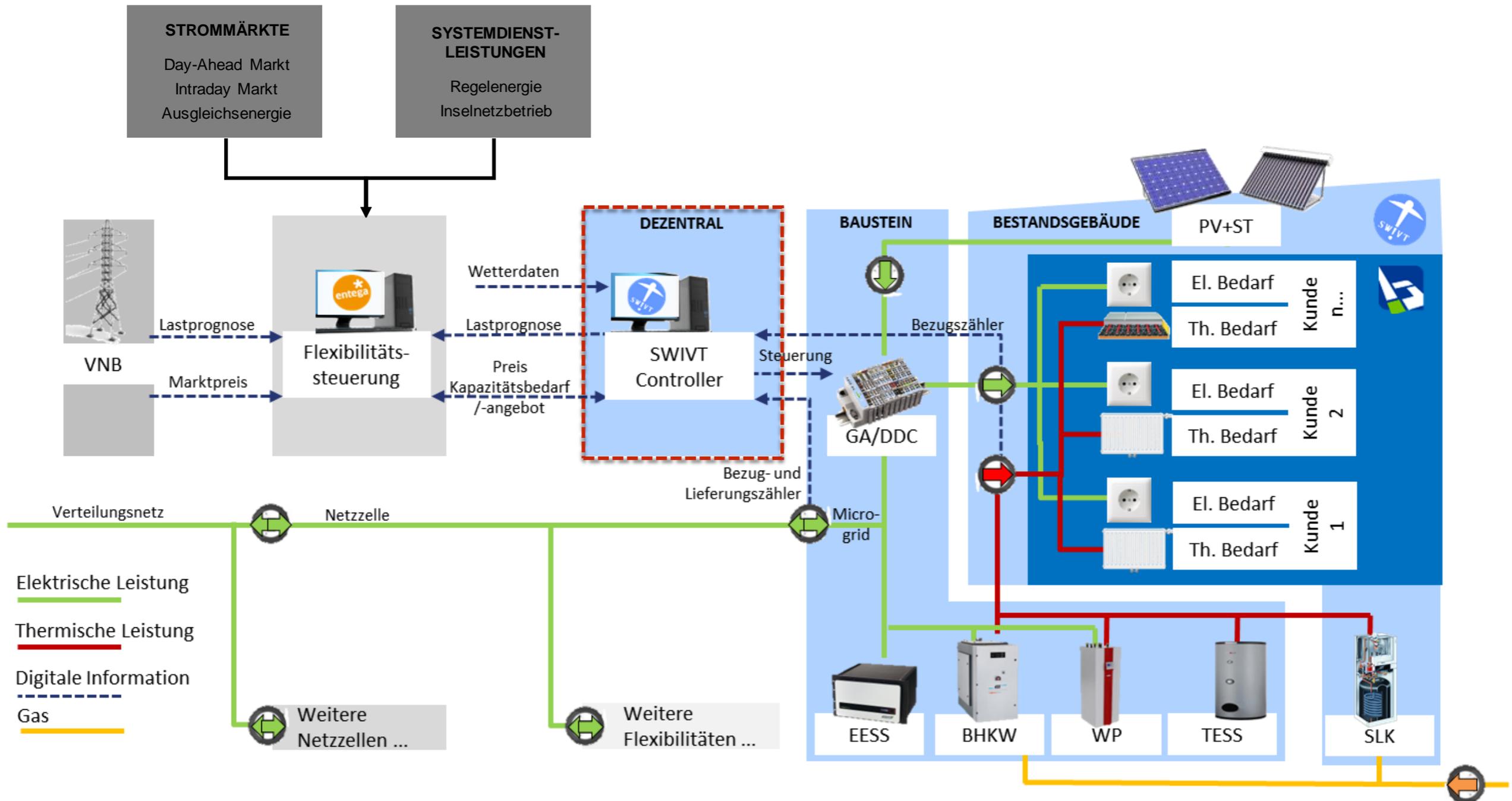
Einführung

Möglichkeiten zur Erreichung des Antragsziels:

- Entwurf und Planung der Neubaugebäude
→ **eingehaltene Energiestandards, Architektur...**
- Sanierung der Altgebäude
→ **Grad der Sanierung, Dämmdicken...**
- Energiesystem
→ **Erzeugung, Speicherung, Betriebsstrategie...**

Anbindungskonzept Energieversorgung

Ansatz Entwicklung Energiekonzept





SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien



Was ist der SWIVT-Controller?

Ansatz Entwicklung
Energiekonzept



Zentrales Werkzeug für die Planung, Dimensionierung und spätere Steuerung der **energietechnischen Komponenten** der SWIVT-Siedlung.



Planungsproblem

Auswahl, Dimensionierung und Betriebsoptimierung aller energietechnischer Komponenten der Siedlung in der Planungsphase.



Steuerungsproblem

Steuerung aller energietechnischer Komponenten der Siedlung im Realbetrieb in Echtzeit.



SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien



Was ist der SWIVT-Controller?

Ansatz Entwicklung
Energiekonzept

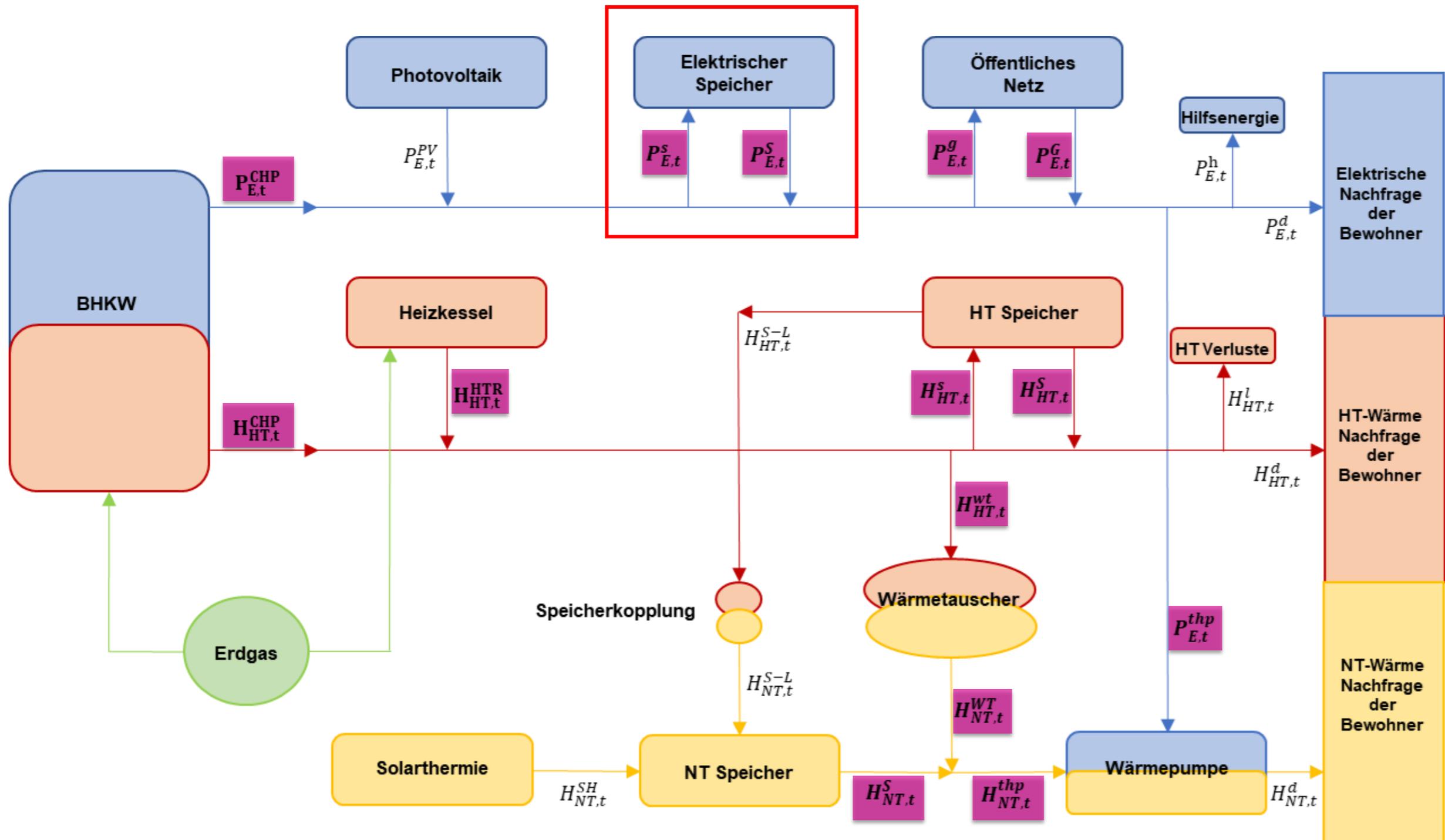
- Das grundlegende **Ziel** des SWIVT-Controllers ist die **Ermittlung einer optimalen Betriebsstrategie** für alle energietechnischen Komponenten der Siedlung



Ansatz: Optimierungsmodell

Struktur des Optimierungsmodells

Ansatz Entwicklung Energiekonzept



Bestandteile der Zielfunktion

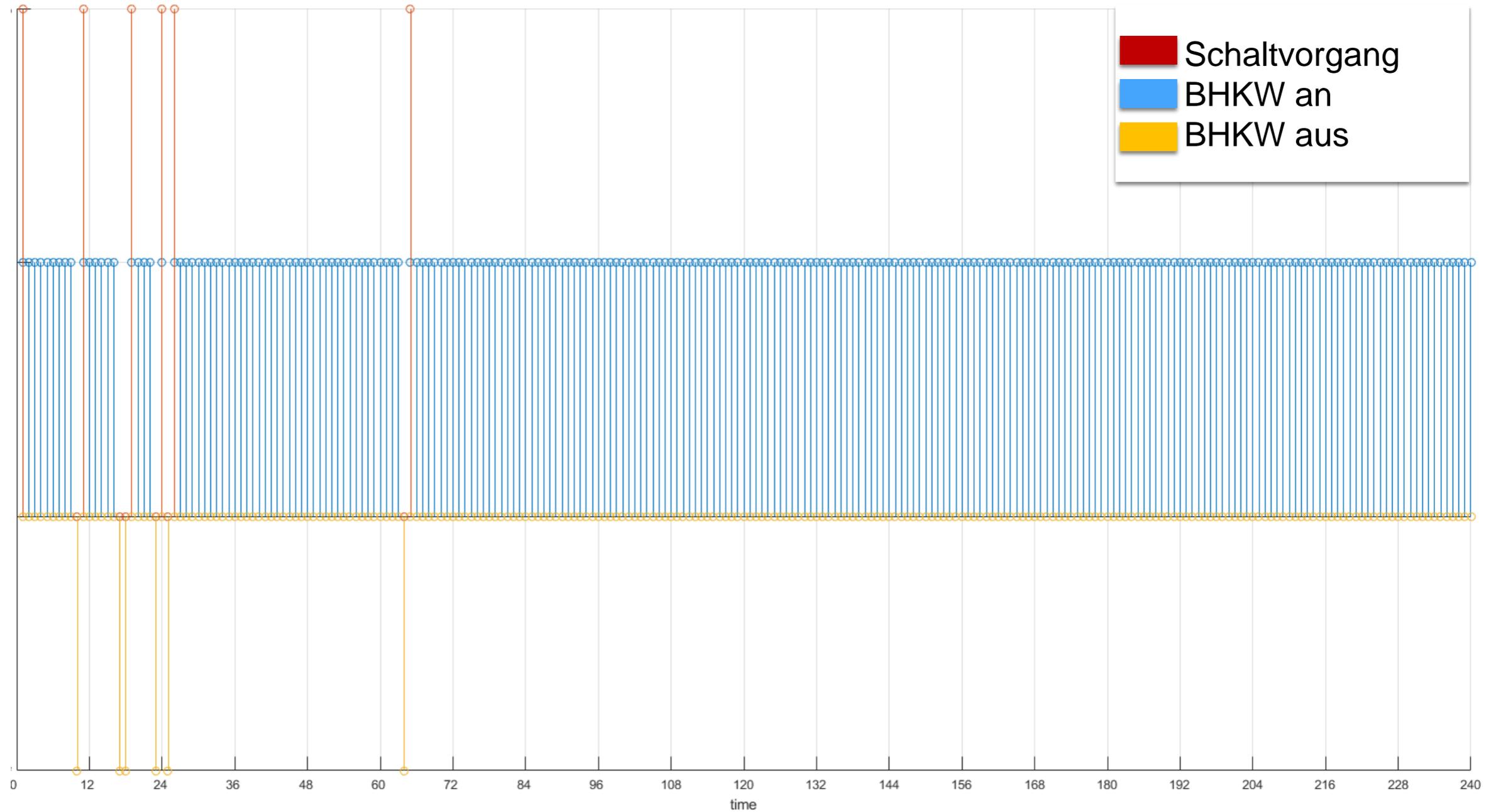
Ansatz Entwicklung
Energiekonzept

$$\max F = \sum_{t=1}^T \left[R_{E,t}^{PV,d} + R_{E,t}^{CHP,d} + R_{HT,t}^d + R_{NT,t}^d + R_{E,t}^{PV,g} + R_{E,t}^{CHP,g} - C_{E,t}^G - C_{E,t}^h - C_{E,t}^{thp} - C_{HT,t}^{CHP} \right] - C_{HT,t}^{HTR} - C_{E,t}^S$$

KEF als öffentlich-rechtliche Energieversorgungsunternehmen
und Energieversorger für die öffentliche Nutzung

Mögliche Ergebnisse der Optimierung

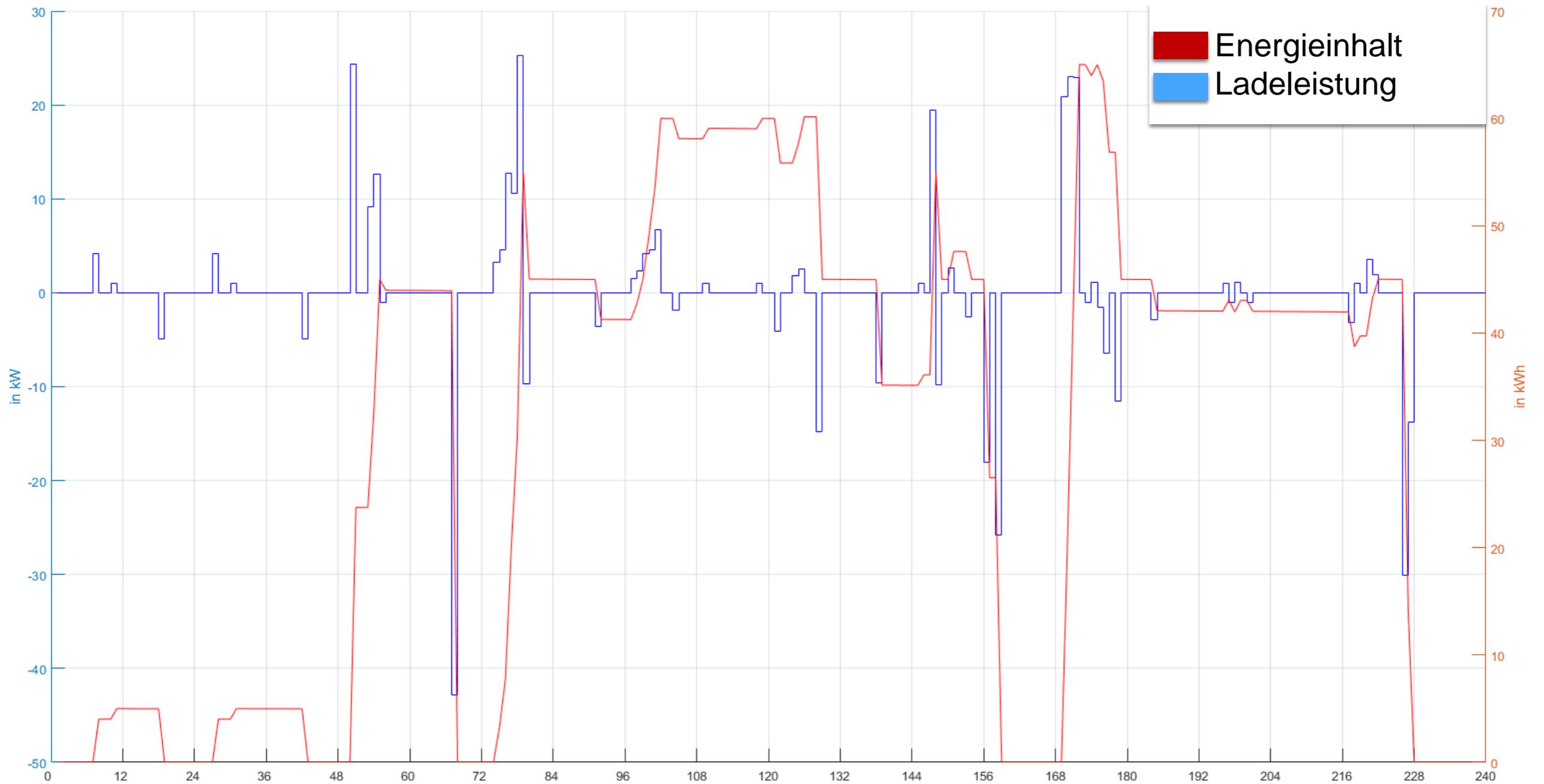
Ansatz Entwicklung
Energiekonzept



Stündliche „Fahrpläne“ für aktive Komponenten: BHKW

Mögliche Ergebnisse der Optimierung

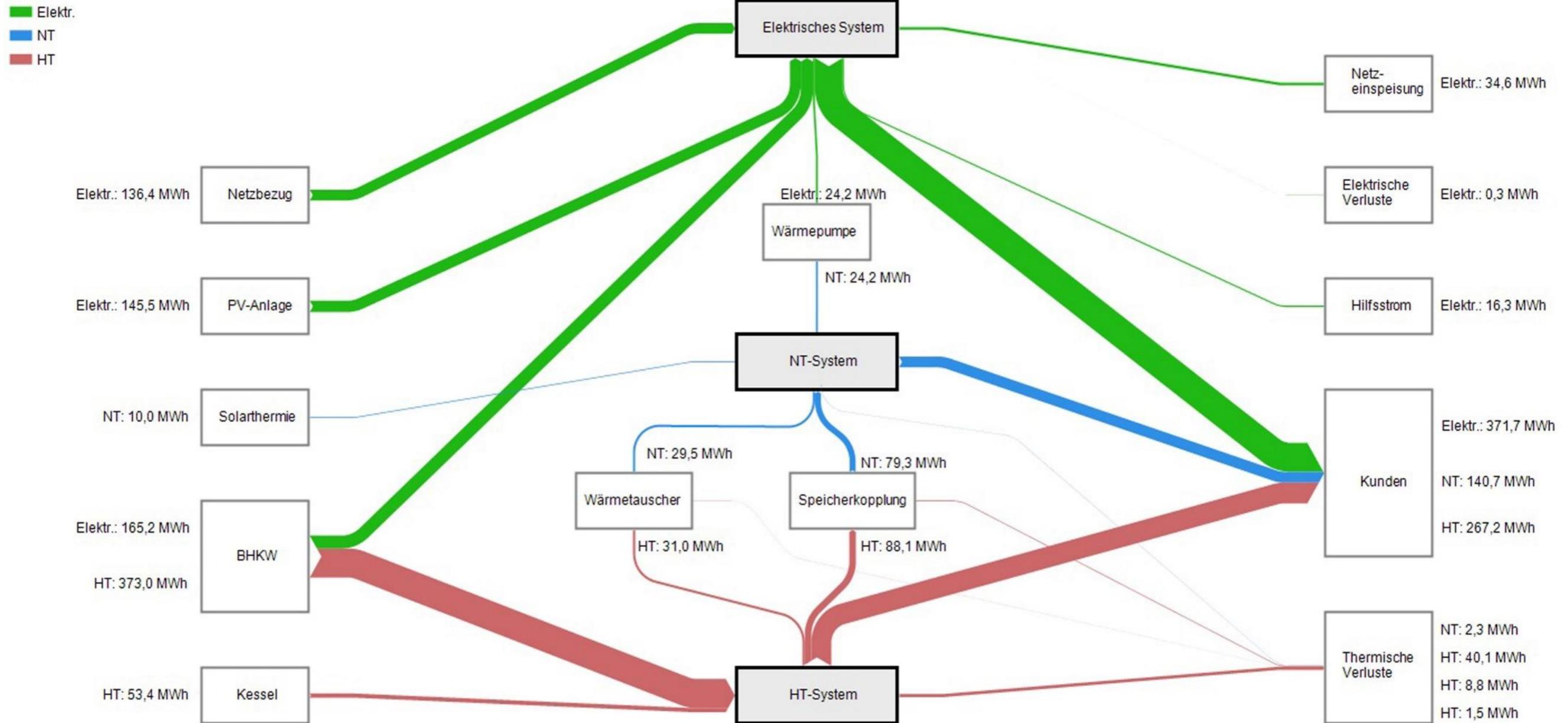
Ansatz Entwicklung
Energiekonzept



Stündliche „Fahrpläne“ für aktive Komponenten: EESS

Ansatz Entwicklung Energiekonzept

Mögliche Ergebnisse der Optimierung



Jahresenergiemengen

Vorgehen bei der Komponentenauslegung

Ergebnisse

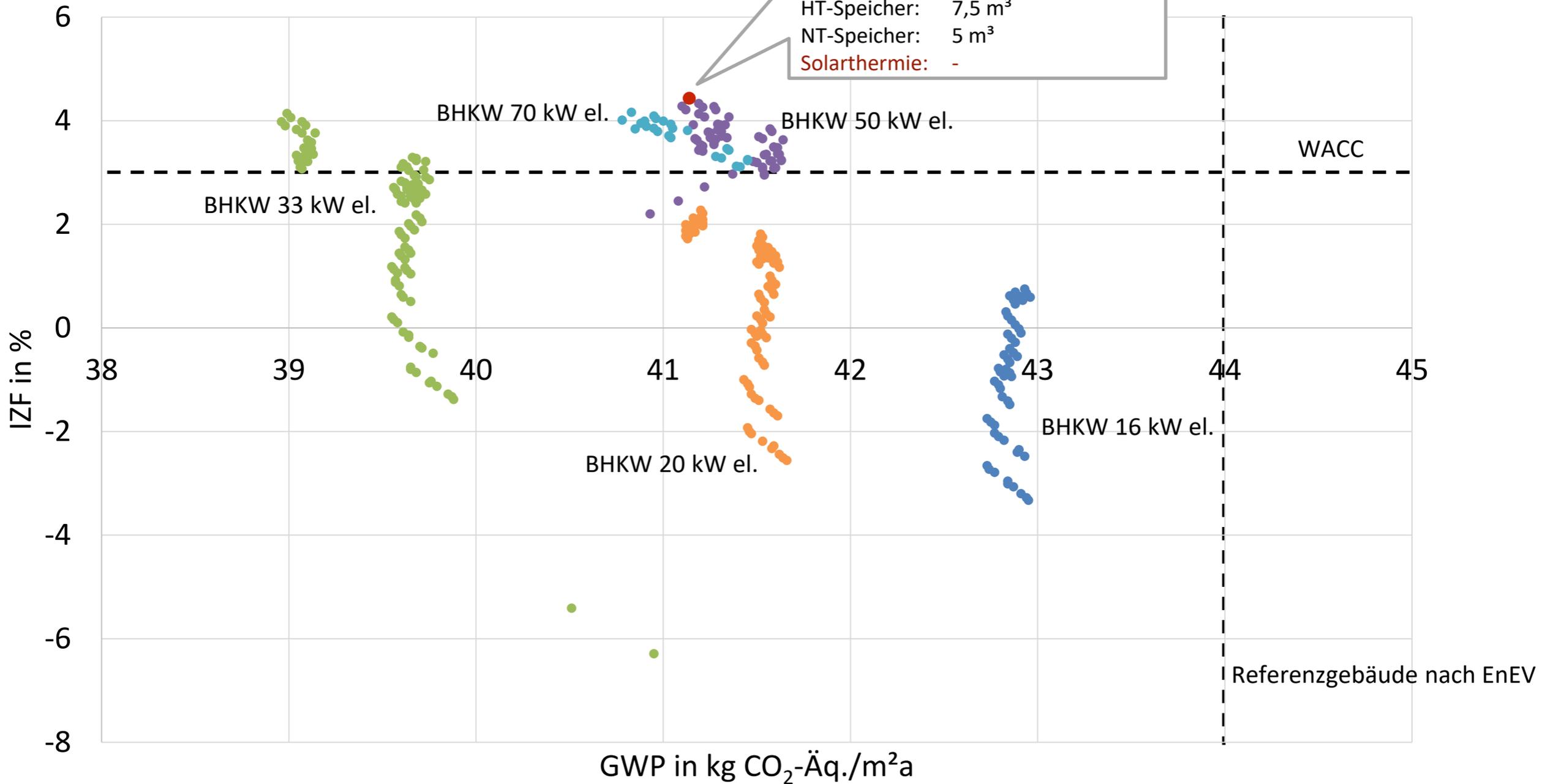
| | BHKW | Thermische Speicher | | Solarth. | PV | Batterie |
|------------------|---|---|---------------------|---|---|---|
| |  |  | |  |  |  |
| Dimension | kW el. | m ³ (HT) | m ³ (NT) | m ² | kWp | kWh |
| Grenzen | 20-70 | 2-17 | 5-600 | 0-1.000 | 80-150 | 0-25 |

- Optimierung von Fahrplänen für über 800 Parametervariationen
- Berechnung einer ökonomischen und ökologischen Kennzahl für jeder Variation
 - Ökonomisch: interner Zinsfuß (IZF) und vollständige Finanzplanung durch Lebenszyklusbetrachtung
 - Ökologisch: global warming potential (GWP) durch ein life cycle assessment

Ergebnisse: Gesamtbetrachtung

Ergebnisse

| Höchster IZF | |
|---------------|--|
| IZF: | 4,43 % |
| GWP: | 41,2 CO ₂ -Äq./m ² a |
| BHKW: | 50 kW el. |
| Batterie: | - |
| HT-Speicher: | 7,5 m ³ |
| NT-Speicher: | 5 m ³ |
| Solarthermie: | - |





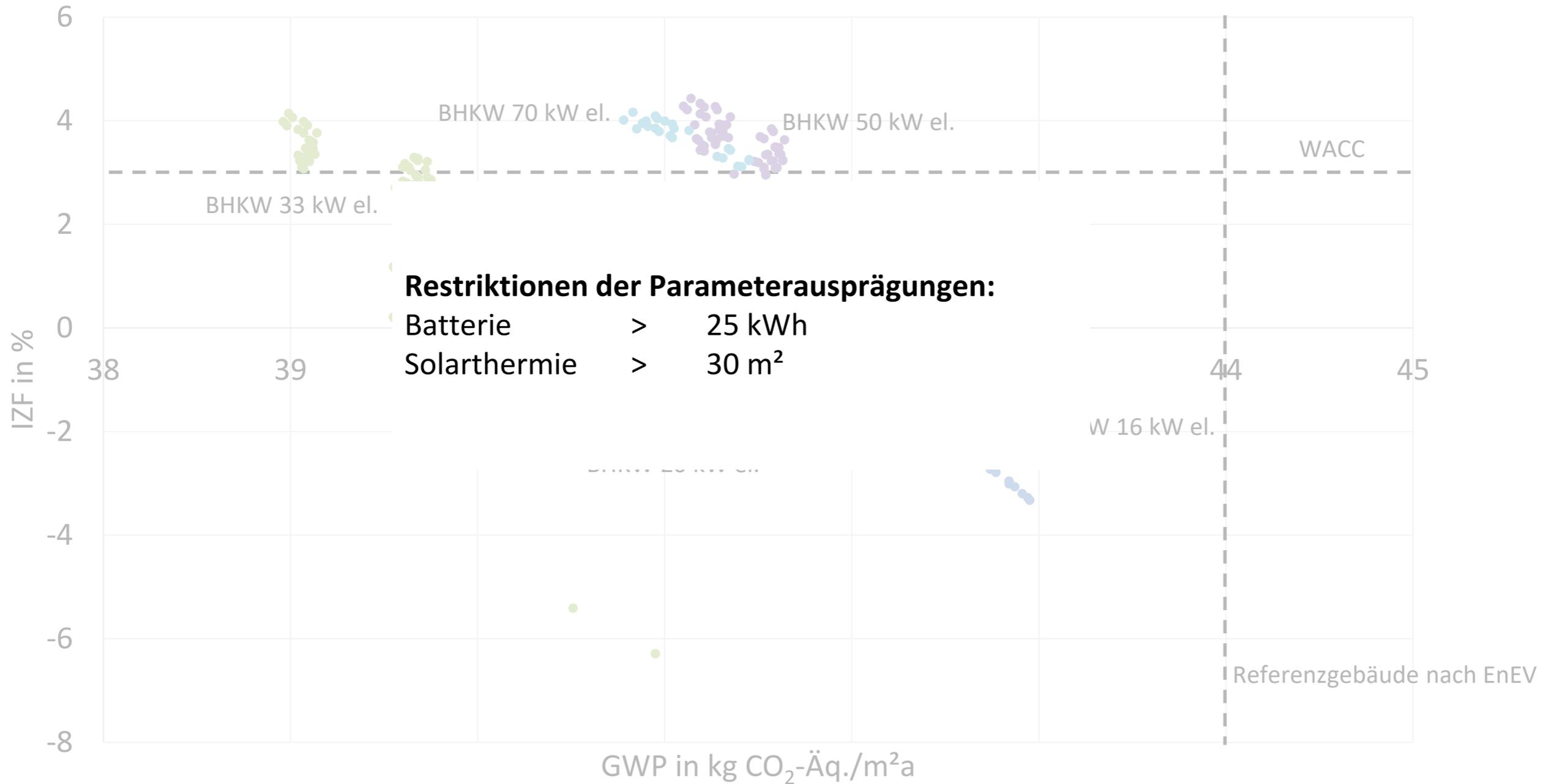
SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung energieeffizienter Technologien



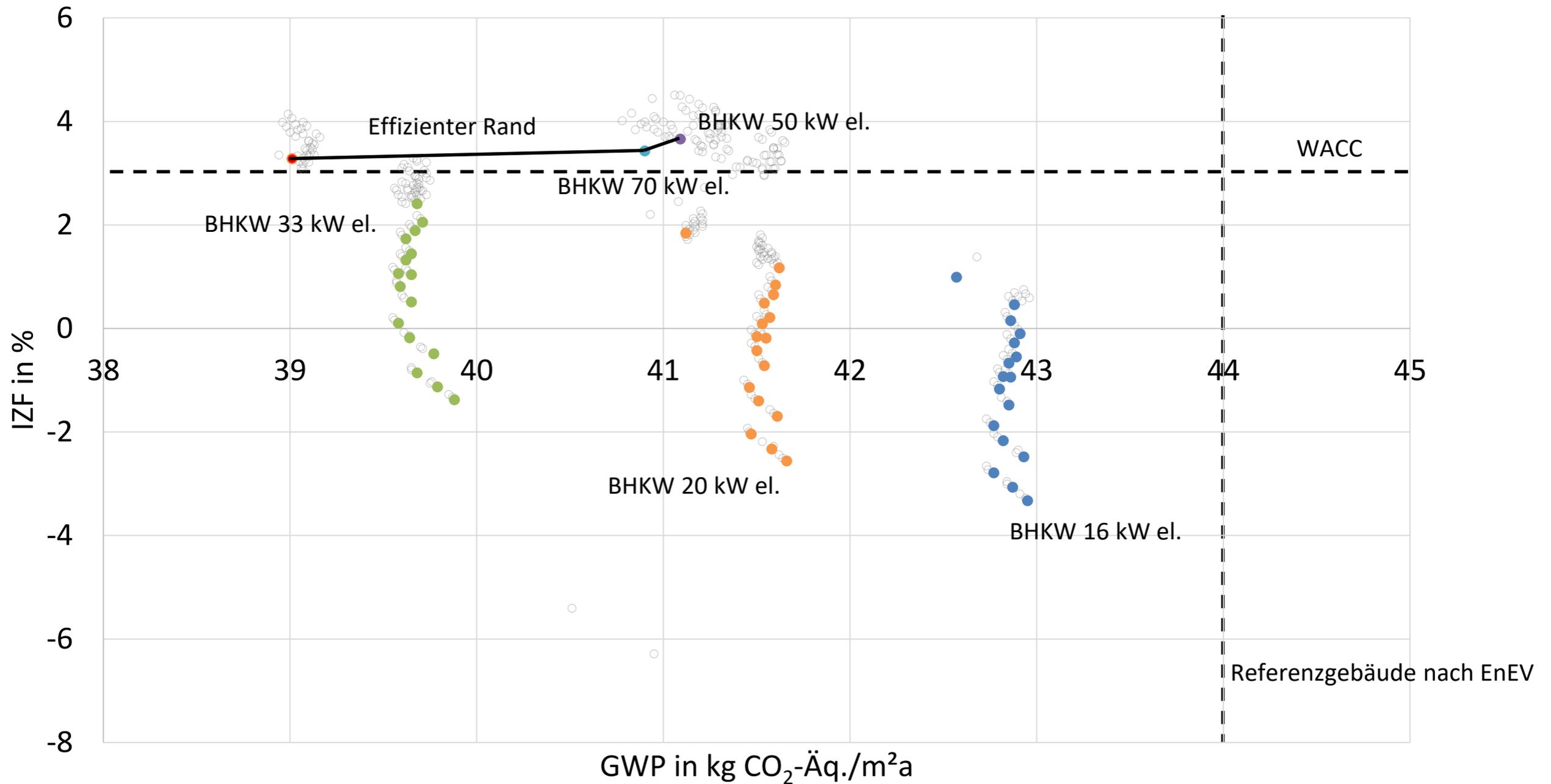
Ergebnisse: Gesamtbetrachtung

Ergebnisse



Ergebnisse: Gesamtbetrachtung

Ergebnisse

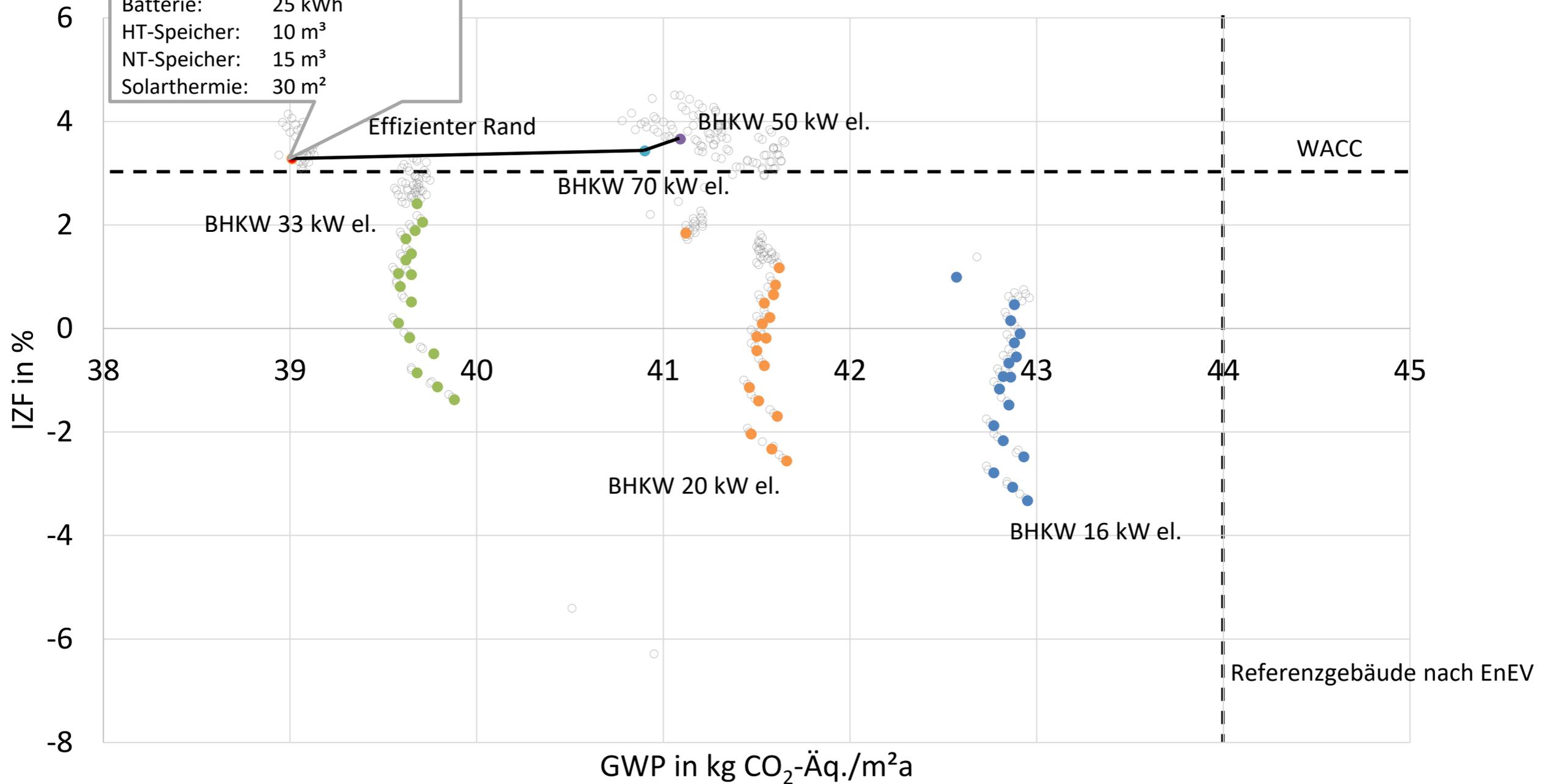


Ergebnisse: Gesamtbetrachtung

Ergebnisse

Ausgewählter Case

| | |
|---------------|--|
| IZF: | 3,28 % |
| GWP: | 39 CO ₂ -Äq./m ² a |
| BHKW: | 33 kW el. |
| Batterie: | 25 kWh |
| HT-Speicher: | 10 m ³ |
| NT-Speicher: | 15 m ³ |
| Solarthermie: | 30 m ² |

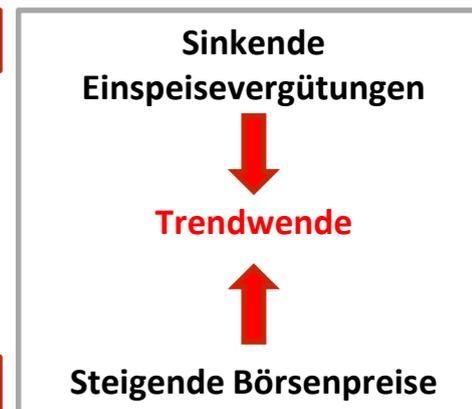


Ergebnisse: Komponentenbetrachtung Batterie

Ergebnisse

- Eine Batterie könnte einen Nutzen bringen, um überschüssigen PV-Strom zu speichern
- Unter aktuellen Projektbedingungen ist jedoch eine direkte Einspeisung und späterer Netzbezug lohnenswerter
- Die Hauptgründe hierfür sind:
 - Niedrige Erzeugungs- bzw. Bezugskosten für die Entega
 - Hohe Einspeisevergütung für PV

| Überschüssiger PV-Strom | | | |
|--|------------------------|---|----------------|
| Speicherung in Batterie und späterer Verkauf an Kunden | | Einspeisung ins Netz und späterer Netzbezug | |
| Mieterstrompreis | 19,35 Cent/kWh | Mieterstrompreis | 19,35 Cent/kWh |
| Mieterstromzulage | 3,81 Cent/kWh | Einspeisevergütung | 12,31 Cent/kWh |
| EEG-Umlage | -6,35 Cent/kWh | EEG-Umlage | -6,35 Cent/kWh |
| Kosten d. Speicherung | -0,04 Cent/kWh | Stromsteuer | -2,05 Cent/kWh |
| | | Konzessionsabgaben | -1,65 Cent/kWh |
| | | Netzentgelte | -0,87 Cent/kWh |
| | | Börsenpreis | -3,16 Cent/kWh |
| | - 0,81 Cent/kWh | | |
| Deckungsbeitrag | 16,77 Cent/kWh | Deckungsbeitrag | 17,58 Cent/kWh |





SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien



Elektrische Energiespeicher im Kontext komplexer Energiesysteme

Ergebnisse

- Optimale Auslegung und Betrieb sind stark von restlichen energietechnischen Komponenten abhängig
 - **Kannibalisierung von elektrischem und thermischem Speicher durch BHKW**
- Optimale Auslegung und Betrieb sind stark von staatlichen Förderungen und Vergütungen abhängig
 - **diese bergen teilweise große Unsicherheiten!**
- Energiespeicher fangen Prognoseabweichungen im realen Betrieb auf
 - **zusätzlicher realer monetärer Nutzen**



SWIVT

Siedlungsbausteine für bestehende
Wohnquartiere – Impulse zur Vernetzung
energieeffizienter Technologien



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Technische Universität Darmstadt
Institut für Mechatronische Systeme im Maschinenbau (IMS)

Georg Franke, M.Sc.
Tel.: +49 6151 16 -23259
franke@ims.tu-darmstadt.de