
DEZENTRALE EINBINDUNG SOLARTHERMIE IN WÄRMENETZE MIT KWK

Eine Energiewirtschaftliche Betrachtung



Sebastian Herkel, M. Elci, A. Oliva

Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme ISE

11. Internationale Konferenz Für
Solares Heizen und Kühlen

Gleisdorf, 26. Juni 2014

www.ise.fraunhofer.de

AGENDA

- Energiewirtschaftliche Randbedingen
(wärme-)netzgebundene Solarthermie
- Dezentrale Integration Solarthermie
 - Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“
 - Integration und Betrieb Wärmenetz
- Zusammenfassung und Ausblick

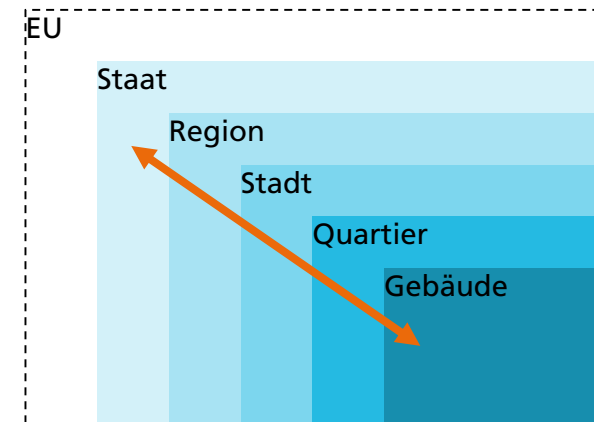
AGENDA

- Energiewirtschaftliche Randbedingen
(wärme-)netzgebundene Solarthermie
- Dezentrale Integration Solarthermie
 - Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“
 - Integration und Betrieb Wärmenetz
- Zusammenfassung und Ausblick

Leitfragen

Zukünftige Rolle Solarthermie

- Wie sehen konsistente Systeme für die Energieversorgung Deutschlands im Jahr 2050 (bzw. bei entsprechender Reduktion von THG-Emissionen) aus heutiger Sicht aus?
- Ist eine Deckung des Energiebedarfs mit (im Wesentlichen heimischen) EE realistisch bei Berücksichtigung der Wechselwirkung von Strom, Wärme und strom-basierter Mobilität?
- Wie wichtig sind Wärmenetze: Ausbau Ja/Nein?
- Was sind langfristig system-kompatible Heiztechniken – KWK und/oder Wärmepumpe und wie stellt sich die Solarthermie dar?
- Wie können Flexibilitätsoptionen von Wärmeversorgungssystemen bewertet und erschlossen werden?



IEA SHC Task 52: Ziele

Solar Heat & Energy Economics in Urban Environments

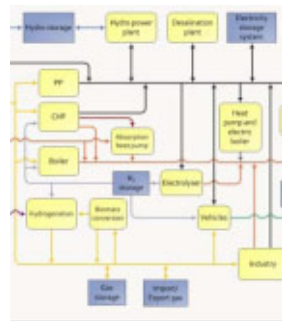
- Help energy consultants, utilities and urban planners to better understand the role of solar thermal systems in energy supply systems of urban environments
- This includes the development of long term scenarios for energy supply systems integration fluctuating electric and heat sources and sinks



Task 52
Solar Heat and Energy Economics
in Urban Environments

Solar Heat and Energy Economics in Urban Environments

IEA SHC Task 52

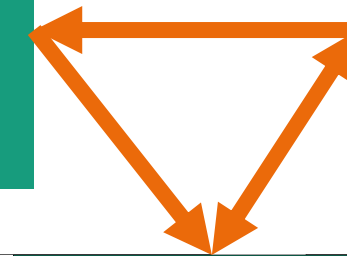


Subtask A Energy Scenarios

lead:
*B.V. Mathiesen,
Aalborg Uni, DK*

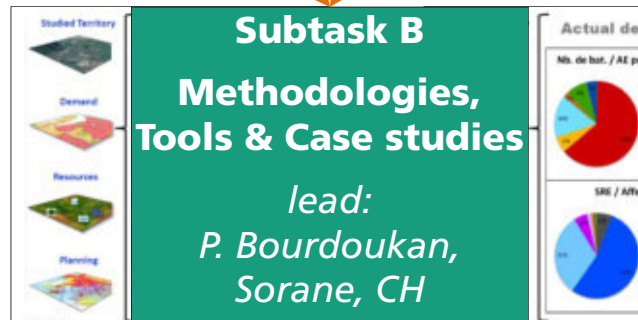
Subtask C Technology and Demonstrators

lead:
*F. Mauthner,
AEE Intec, AT*



Subtask B Methodologies, Tools & Case studies

lead:
*P. Bourdoukan,
Sorane, CH*



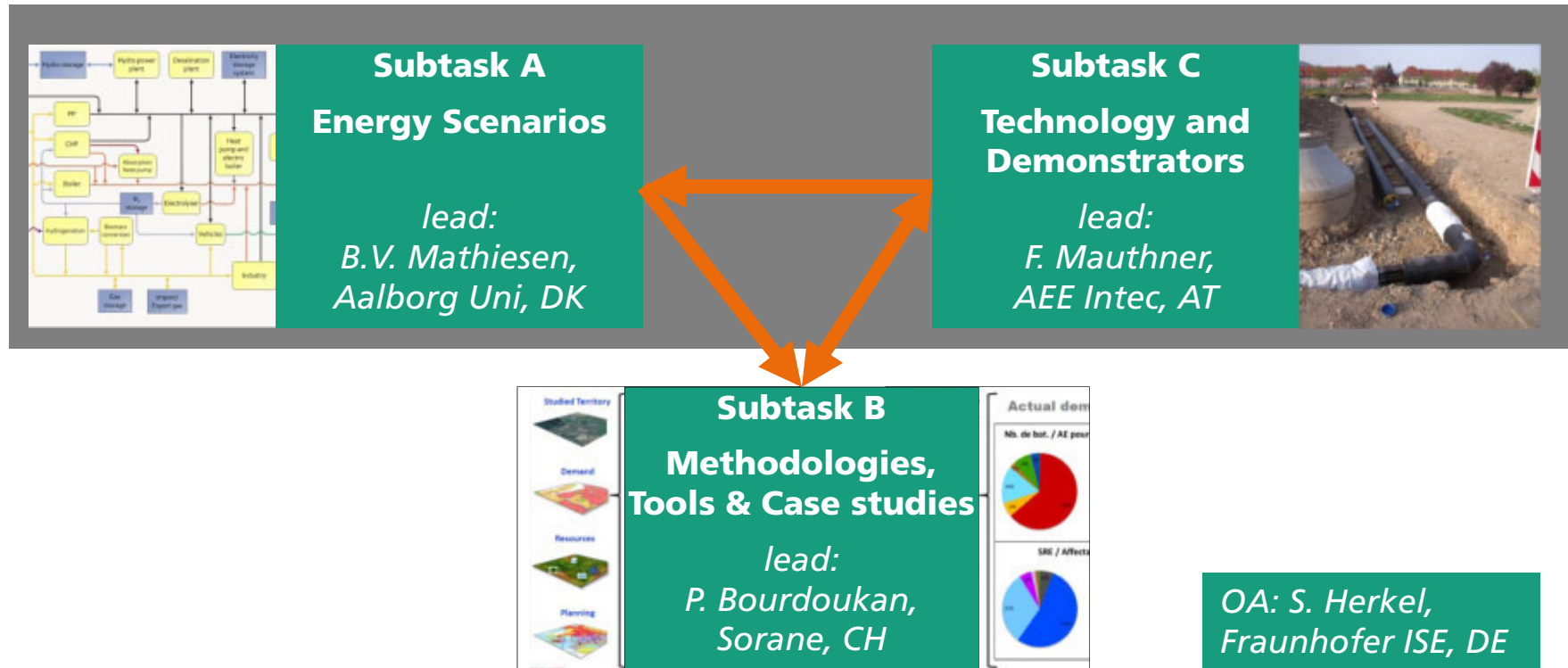
OA: *S. Herkel,
Fraunhofer ISE, DE*



Task 52 Solar Heat and Energy Economics in Urban Environments

Solar Heat and Energy Economics in Urban Environments

IEA SHC Task 52



Task 52
Solar Heat and Energy Economics
in Urban Environments

Sektorübergreifende Berechnung zukünftiger Energiesysteme mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien

Exogene Vorgaben

CO₂-Emissionen →
verfügbare Menge
fossiler Energieträger

Strombedarf (ohne Strom
für MIV und Wärme)

Prozesswärmebedarf
Industrieprozesse

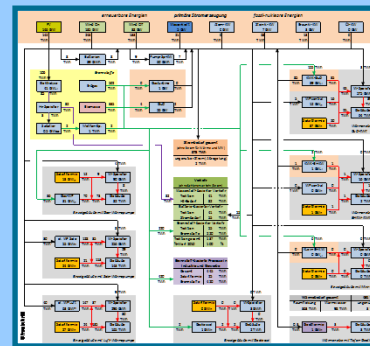
Energiebedarf Verkehr

Verfügbare Biomasse
335 TWh

Leistung konv. KW

Optimierer

Optimierung
Strom-Wärme-
System (Minimie-
rung jährliche
Gesamtkosten)



REMod-D

Ergebnisse

Installierte Leistung
aller Komponenten

Größe Speicher

Umfang
energetische
Sanierung Gebäude

Wärmeversorgungs-
techniken Gebäude-
sektor (Wärme-
netze, dezentral)

Szenarien Solarthermie in der Wärmeversorgung

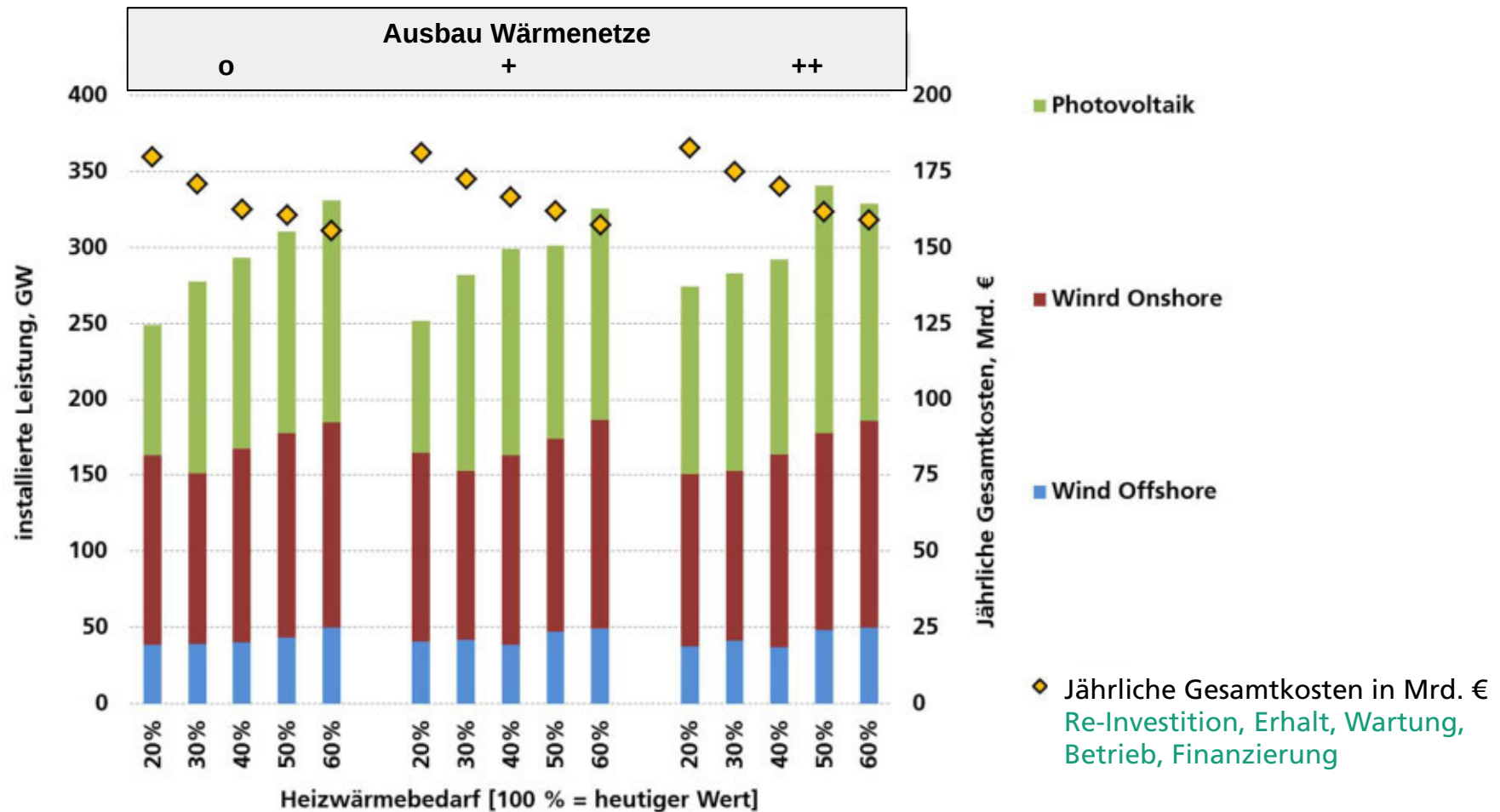
Kostenoptimales System DE

- Gebäudesanierung: Wärmebedarf -60%
- 82 % CO₂-Reduktion gegenüber 1990
- 3 Szenarien Wärmenetze: 21%, 34%; 49% Anteil an der installierten Wärmeleistung
- Vergleich von Leistung, Energie und Kosten
- Annahmen:
 - Wärmenetz: Kosten 400 [€/kW]; Lebensdauer 50 [a]; Verteilverlust 15%
 - Solarthermie: Kosten dezentral 270 [€/m²]; zentral 190 [€/m²]

Datengrundlage und Modell: A. Palzer, H.-M. Henning: Wärme- und Kältestrategie BMU, to be published

Analyse: Wärmenetze

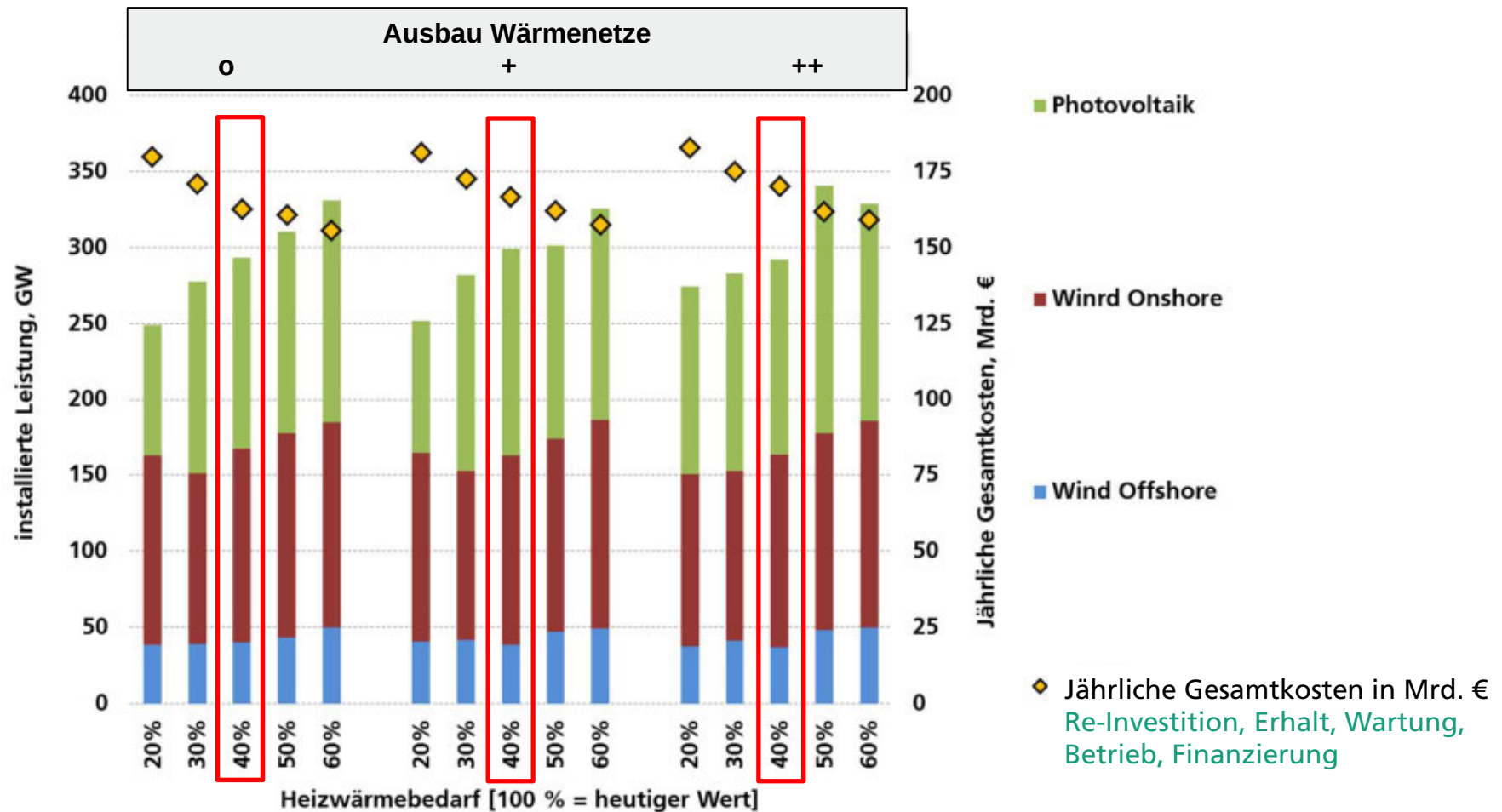
Gesamtkosten Energiesystem



Hans-Martin Henning: Wärme- und Kältestrategie BMU, to be published

Analyse: Wärmenetze

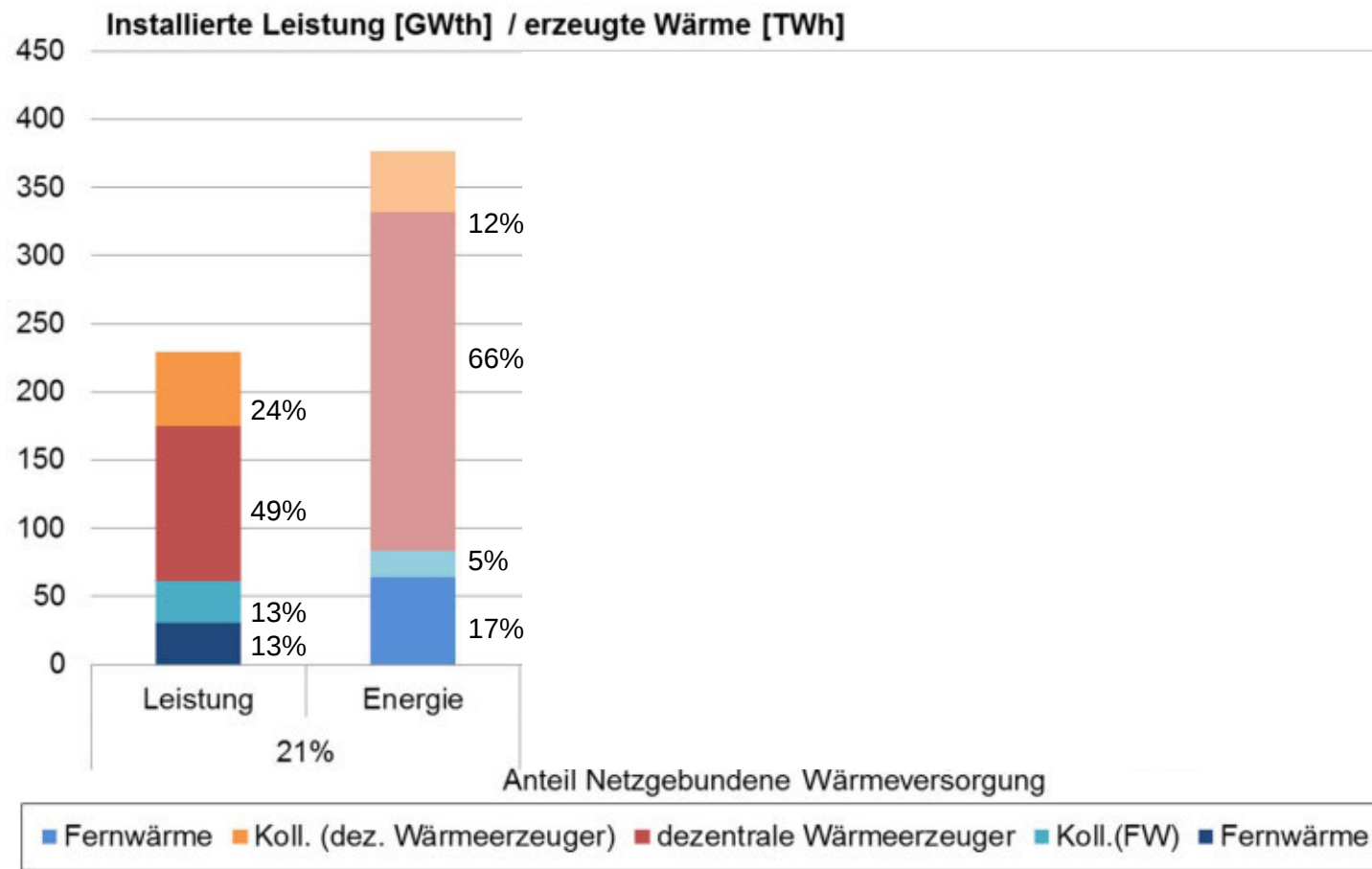
Gesamtkosten Energiesystem



Hans-Martin Henning: Wärme- und Kältestrategie BMU, to be published

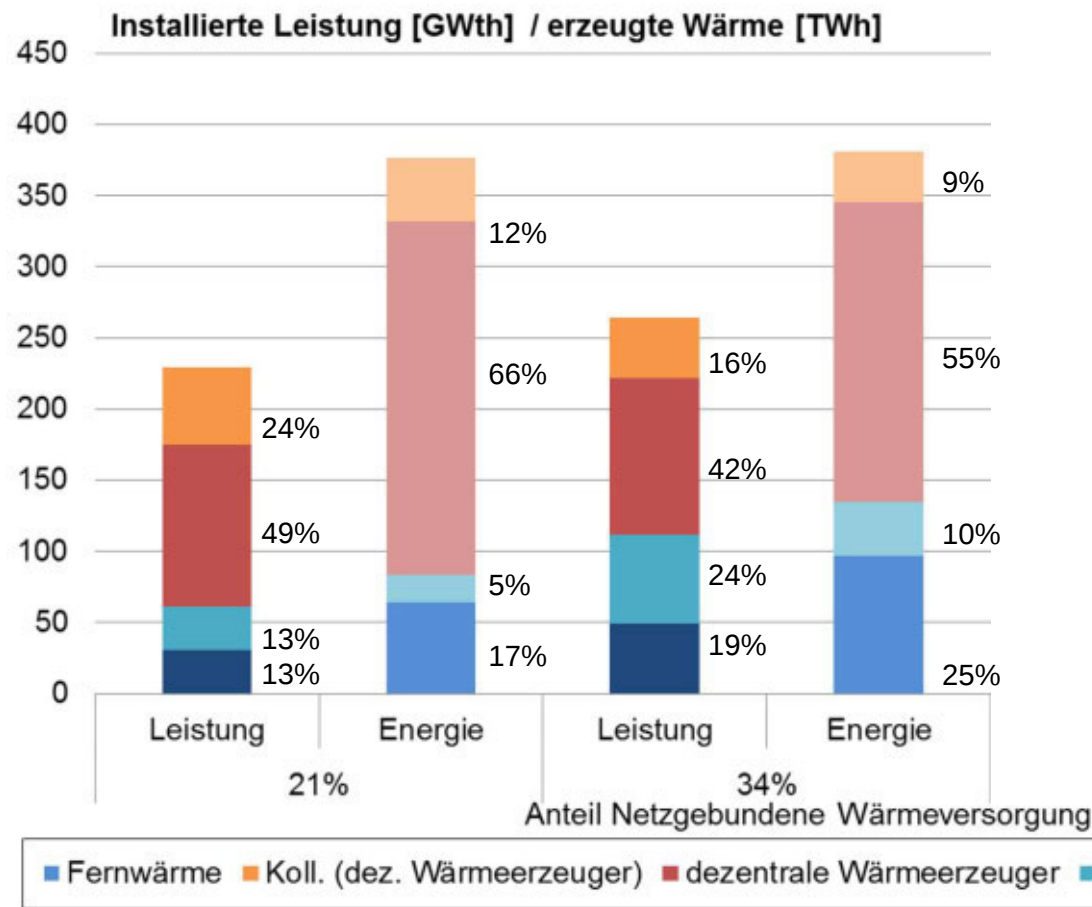
Szenarien Solarthermie in der Wärmeversorgung

Kostenoptimales System DE



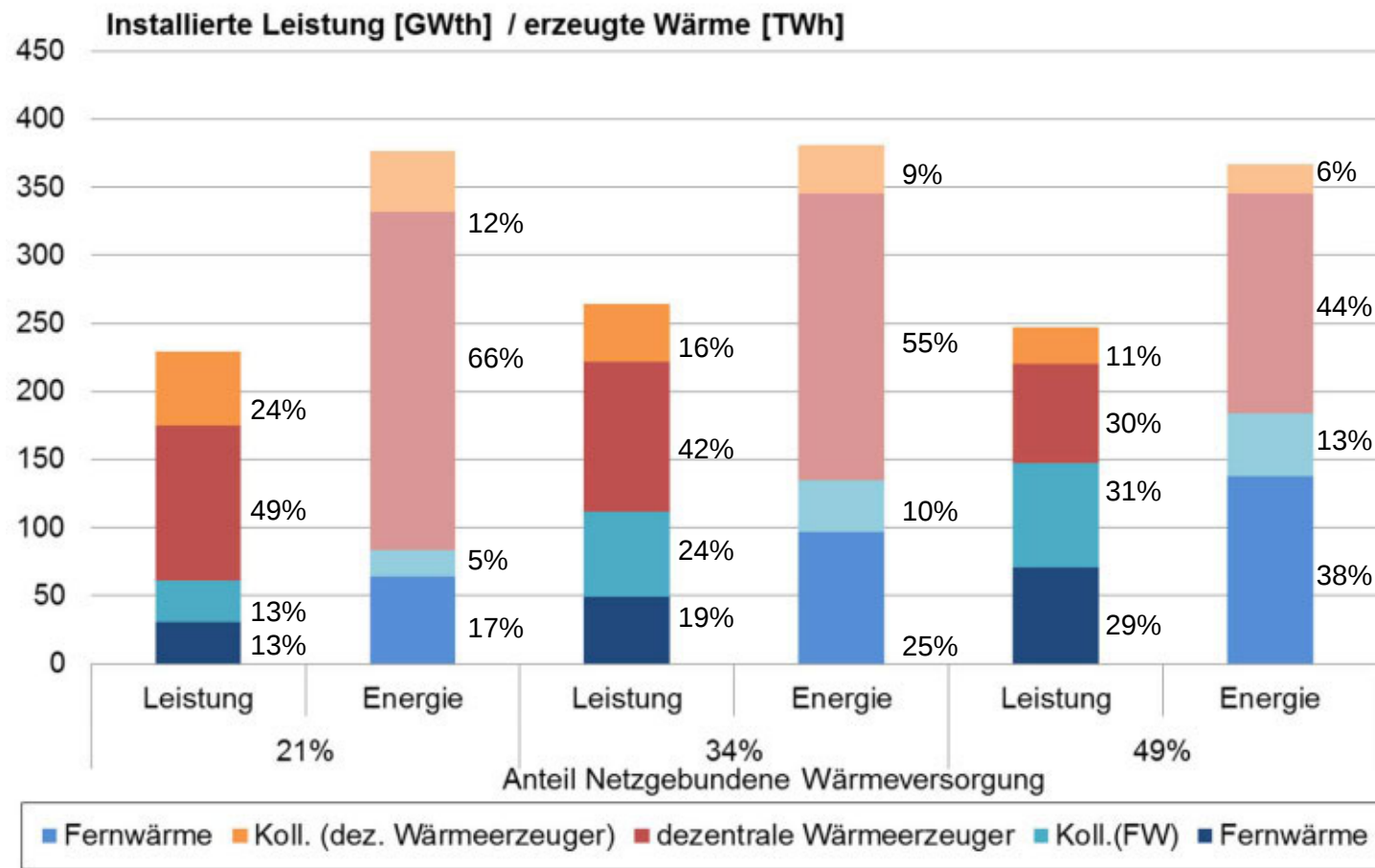
Szenarien Solarthermie in der Wärmeversorgung

Kostenoptimales System DE



Szenarien Solarthermie in der Wärmeversorgung

Kostenoptimales System DE



Fazit (I)

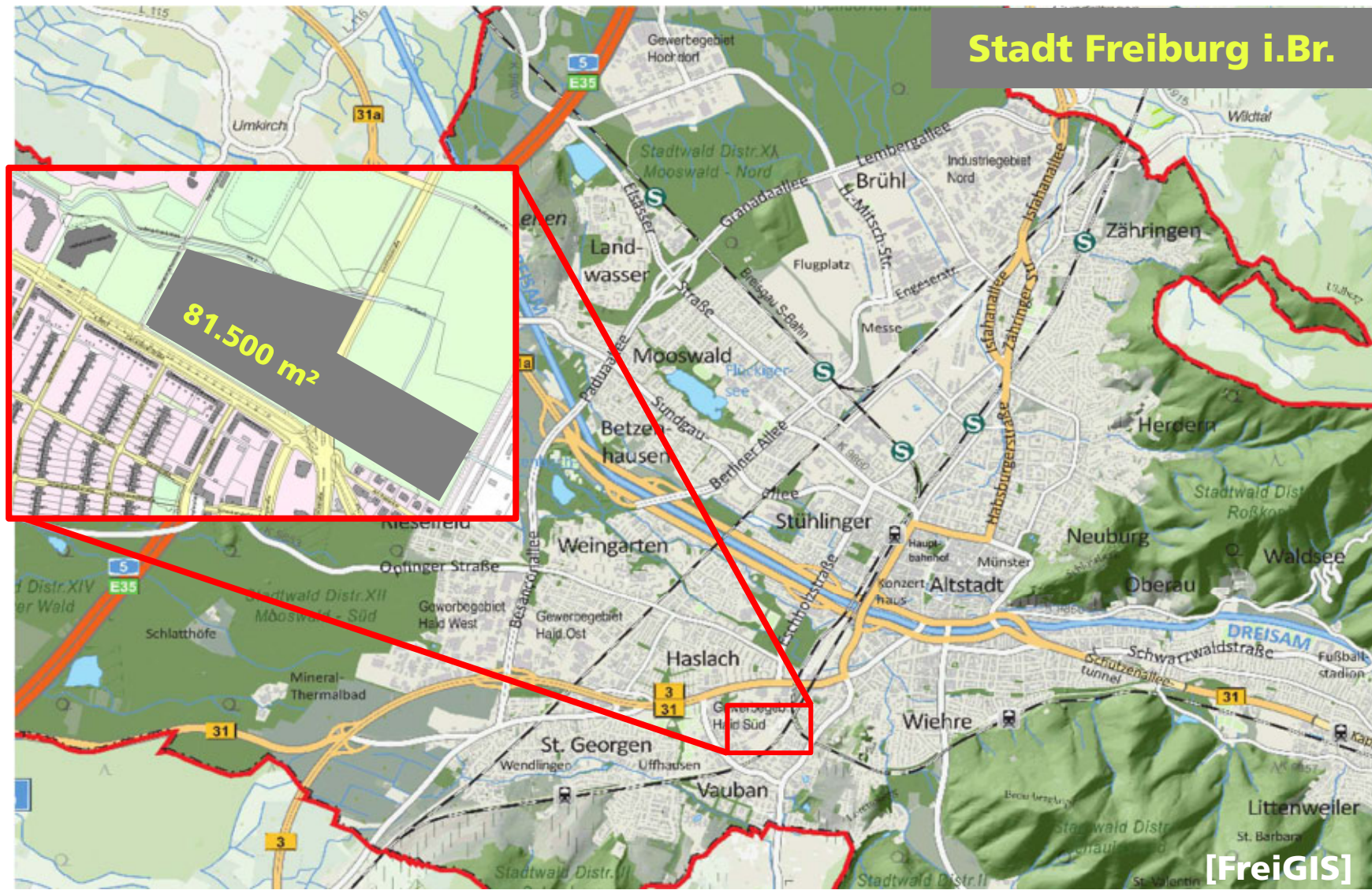
Energiewirtschaftliche Randbedingungen

- Der Ausbau von Wärmenetzen verändert die Kosten für ein optimales System nur geringfügig
- Der Anteil solarthermischer Systeme an der installierten Leistung wächst mit zunehmenden Ausbau der Wärmenetze – die gelieferte Energiemenge bleibt konstant
- Bei gewählten Kostenannahmen ist der Anteil Solarthermie 15%-20%

AGENDA

- Energiewirtschaftliche Randbedingen
(wärme-)netzgebundene Solarthermie
- Dezentrale Integration Solarthermie
 - Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“
 - Integration und Betrieb Wärmenetz
- Zusammenfassung und Ausblick

Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“



17

© Fraunhofer ISE

Projektpartner: **solites**

Freiburg
IM BREISGAU

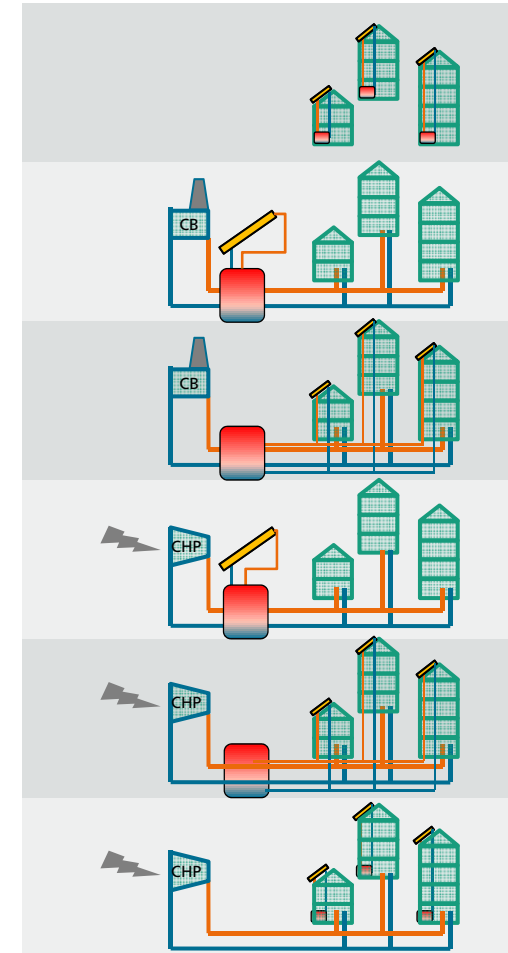
badenova WÄRMEPLUS
Intelligente Lösungen. Tag für Tag

Fraunhofer
ISE

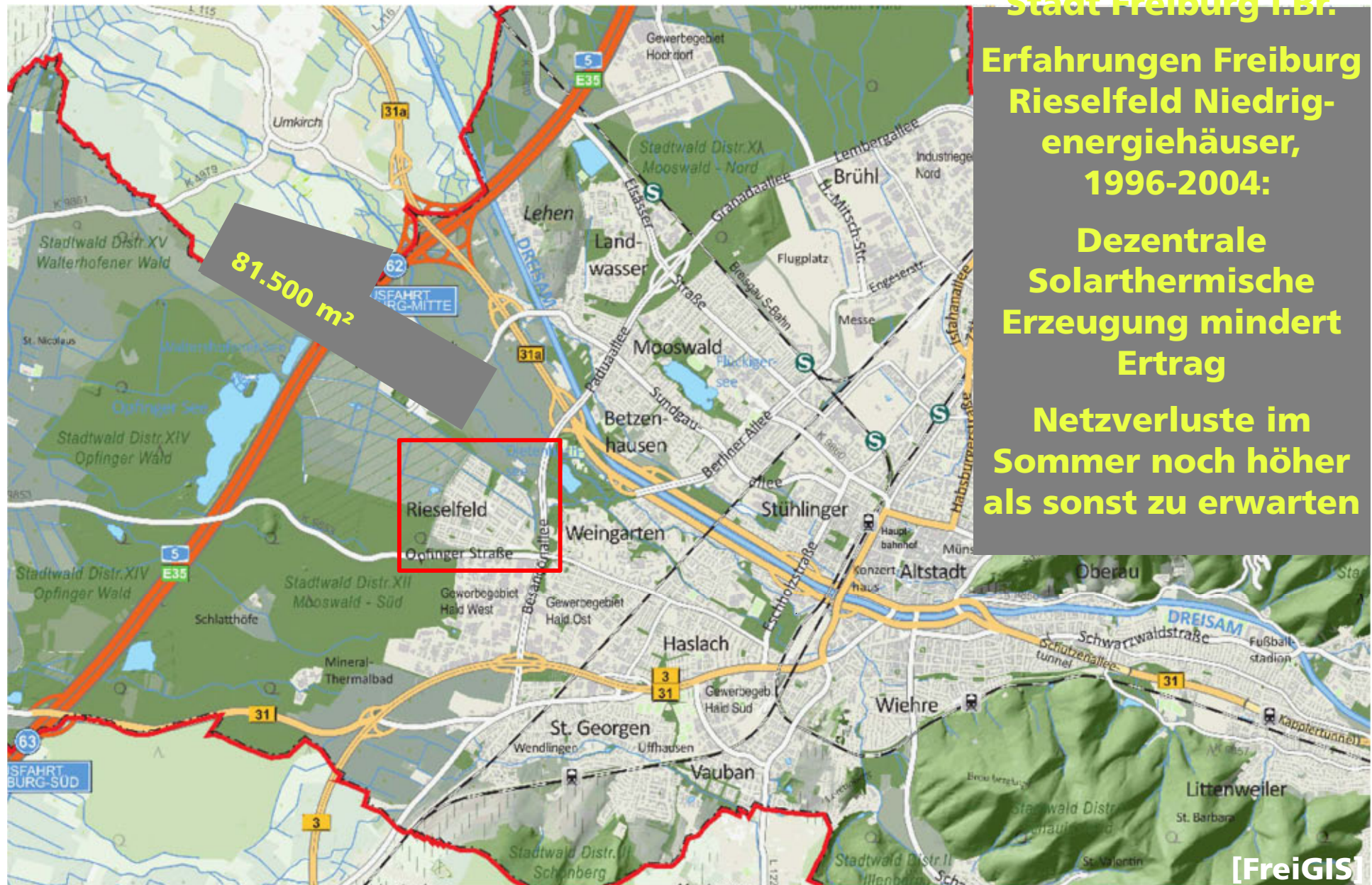
Systemlösungen Einbindung Solarthermie

Typologie Wärmeversorgung

- Einzelanlagen
- Zentrales Kollektorfeld + Spitzenlastkessel
- Dezentrale Kollektorfelder + Spitzenlastkessel
- Zentrales Kollektorfeld, Wärmenetz + BHKW, WP
- Dezentrale Felder Wärmenetz + BHKW, WP
- Gebäudeweise Versorgung + Kopplung mit Nahwärmenetz (BHKW, WP)

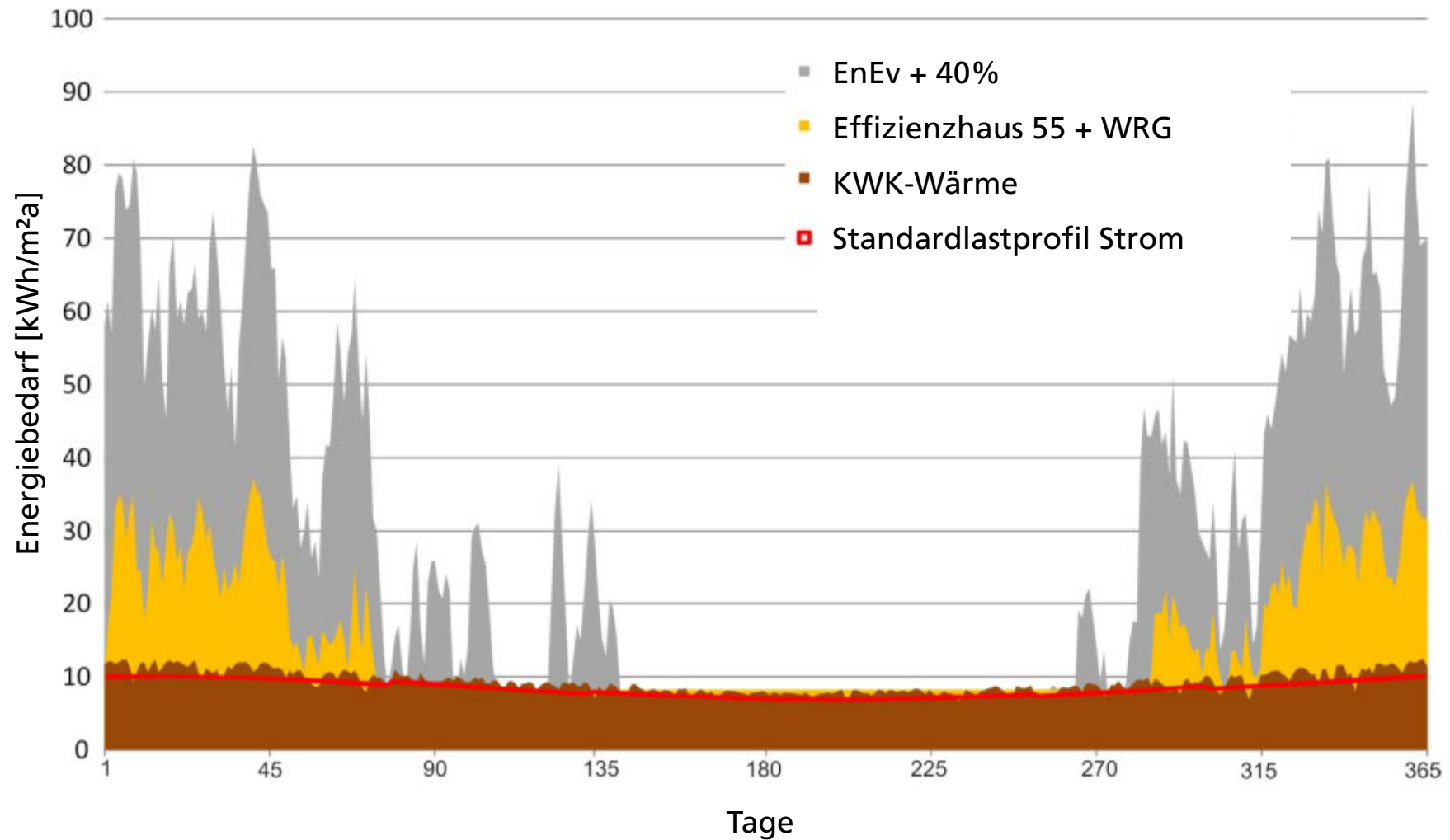


Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“



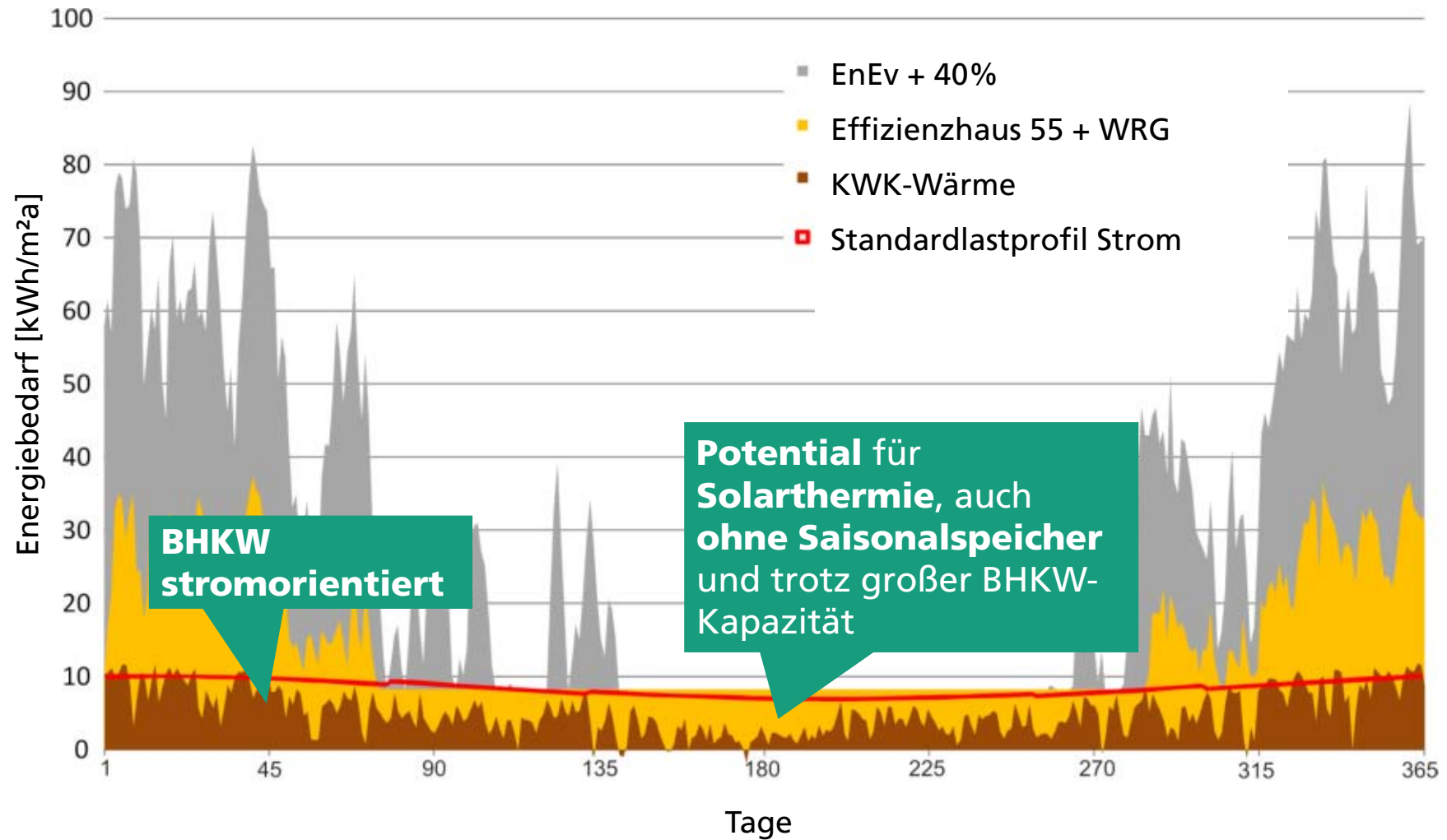
Interaktion mit dem Stromnetz

Status Quo: 3% Solar, 8% Wind, 89% KWK



Interaktion mit dem Stromnetz

Szenario 2025 | 25% Solar, 25% Wind, 50% KWK



Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“

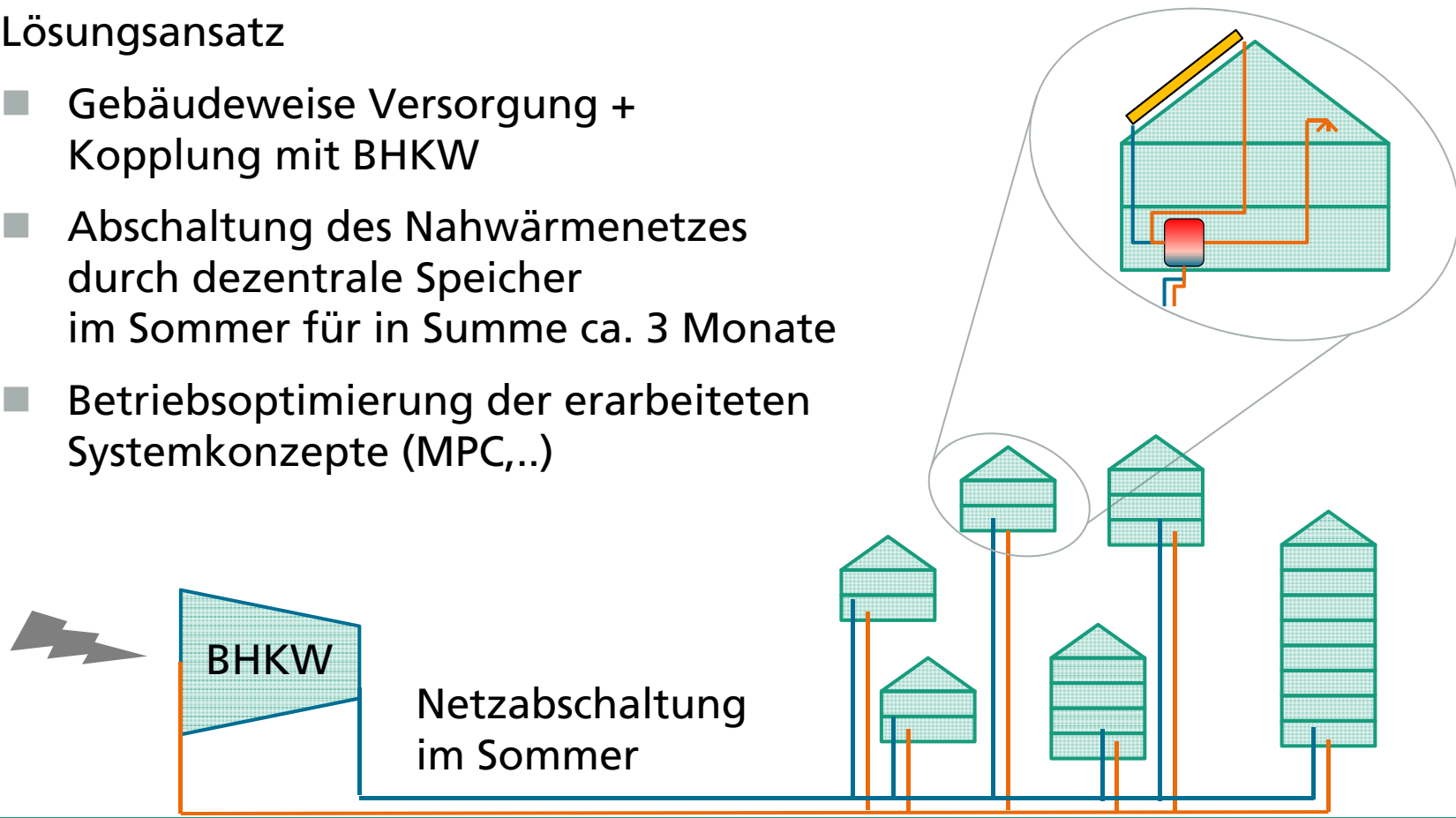
Konzeptentwicklung

- Randbedingungen innerstädtische, verdichtete Situation
 - Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik
 - Fläche für zentralen Speicher nicht immer gegeben
 - Wachstum Solarthermie dort, wo große Flächen preiswert erschlossen werden können in Verbindung mit Wärmenetzen
 - Wettbewerb mit KWK-Ausbaustrategien, aber: BHKW-Betrieb im Sommer zunehmend unwirtschaftlich aufgrund hoher PV-Anteile

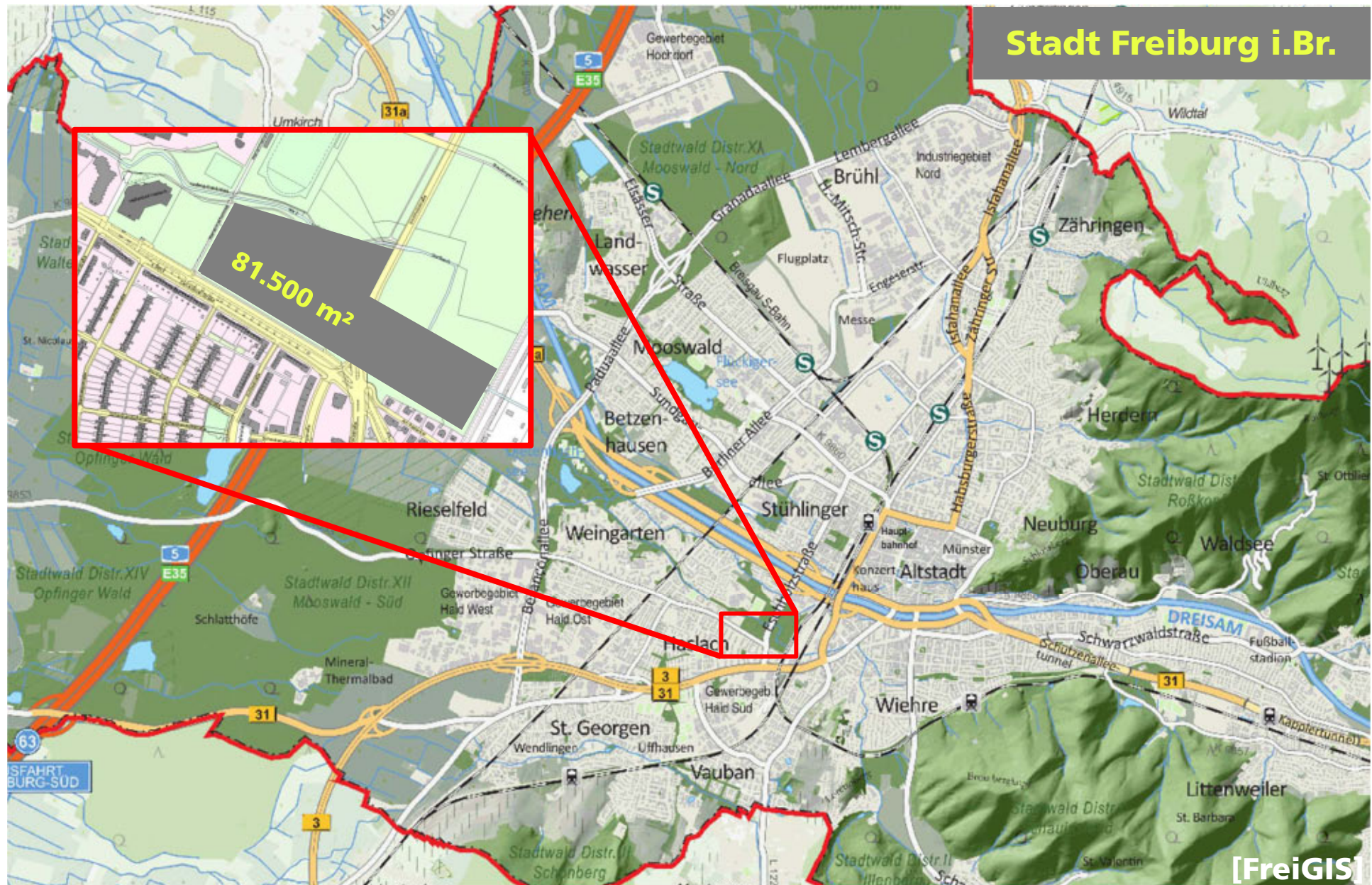
Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“

Konzeptentwicklung

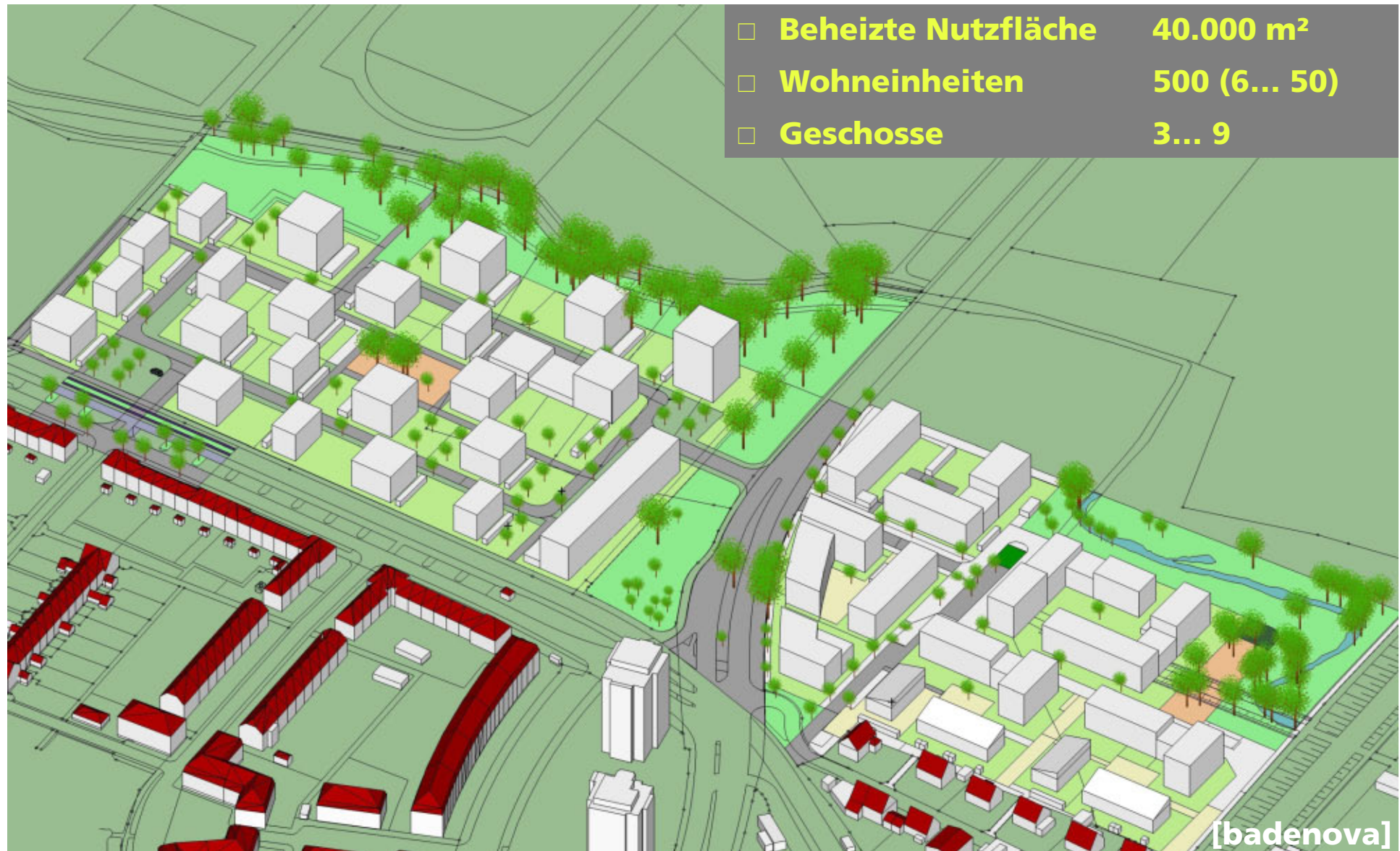
- Lösungsansatz
 - Gebäudeweise Versorgung + Kopplung mit BHKW
 - Abschaltung des Nahwärmenetzes durch dezentrale Speicher im Sommer für in Summe ca. 3 Monate
 - Betriebsoptimierung der erarbeiteten Systemkonzepte (MPC,..)



Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“



Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“

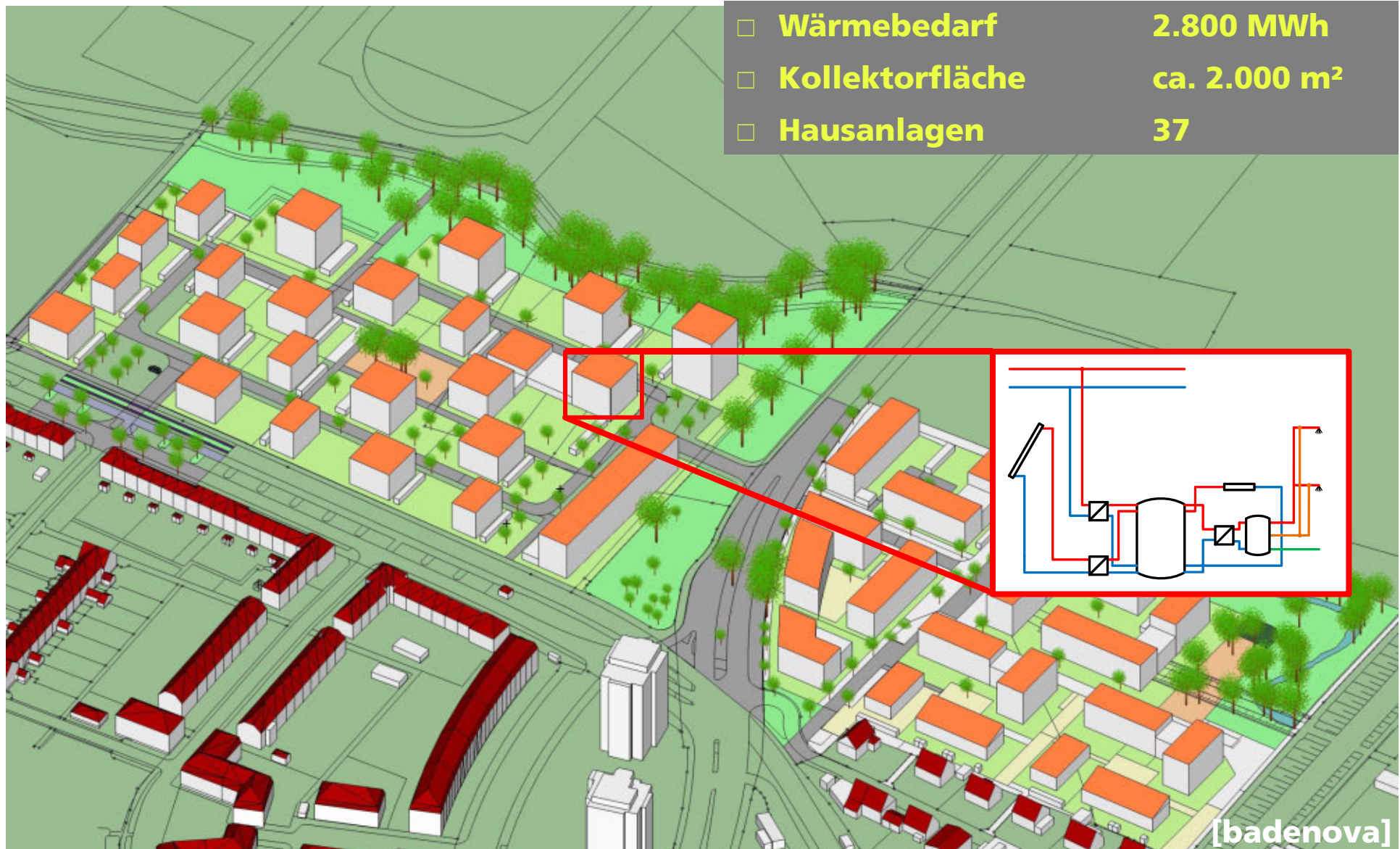


Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“



Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“

Systemkonzept: dezentrale Solarthermieranlagen



Demonstrationsvorhaben „Freiburg-Gutleutmatten“

Ökonomische Kenndaten

■ Investitionsaufwand (Kostenschätzung)

■ Kollektoranlagen, Übergabestation, Wärmespeicher	1.900 T€
■ Wärmenetz	800 T€
■ Baunebenkosten und Sonstiges	200 T€
■ Summe	2.900 T€

■ Finanzierung

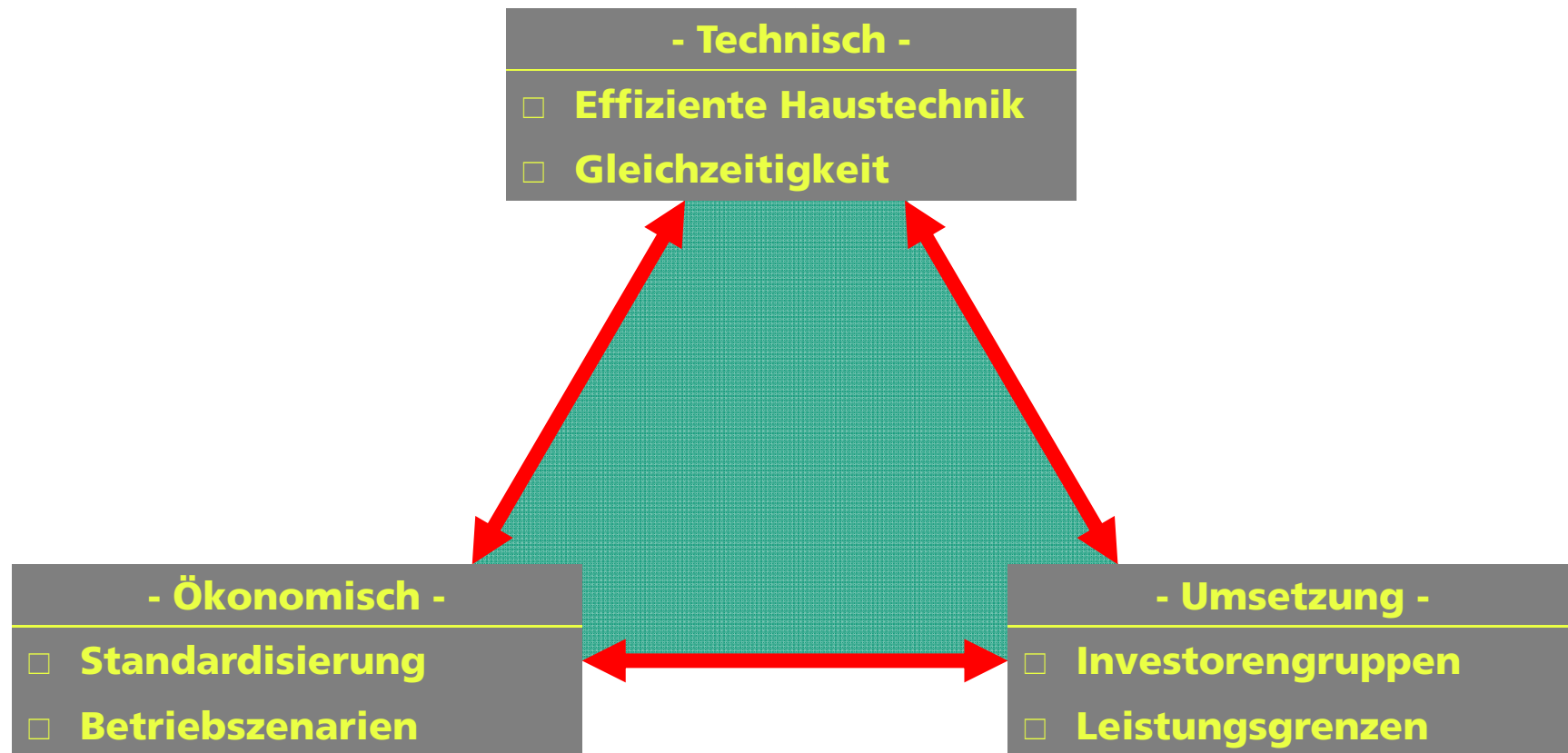
■ Fördermittel Bafa/KfW	450 T€
■ Fördermittel EnWiSol (PTJ)	150 T€
■ Investitionszuschuss „Energieeffizienz“	600 T€
■ Eigenmittel badenova	1.700 T€

■ Wärmekosten

- Spezifische Wärmekosten (€/m²a) wie Rieselfeld (12 ct/kWh ± 5 %)

Spannungsfeld

Mehrdimensionales Optimierungsproblem

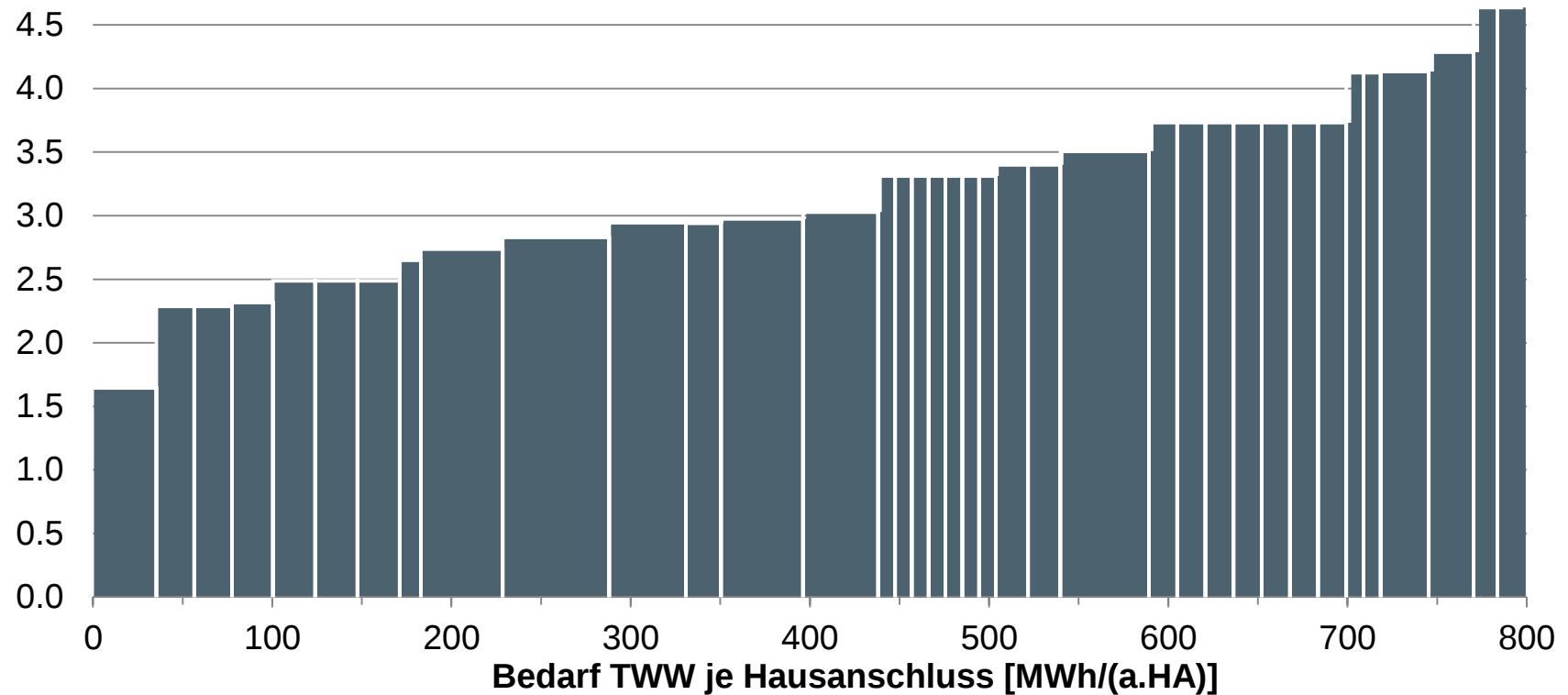


Potential Kollektorflächen Gutleutmatten

Kubatur, Anzahl der Wohnungen

max. installierbare spez. Kollektorfläche
pro Person und Hausanschluss
[m²AKoll/(Pers.HA)]

Verschattungswinkel = 40°

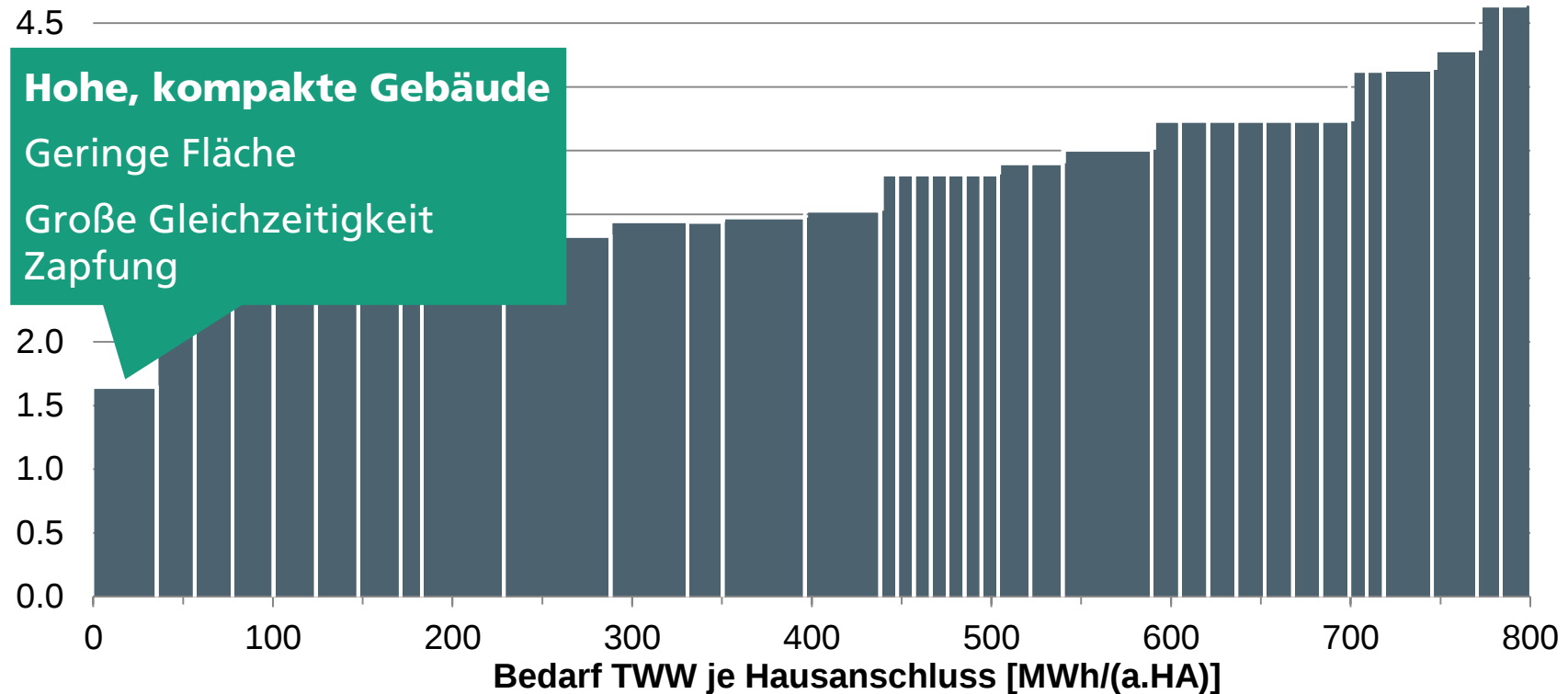


Potential Kollektorflächen Gutleutmatten

Kubatur, Anzahl der Wohnungen

max. installierbare spez. Kollektorfläche
pro Person und Hausanschluss
[m²AKoll/(Pers.HA)]

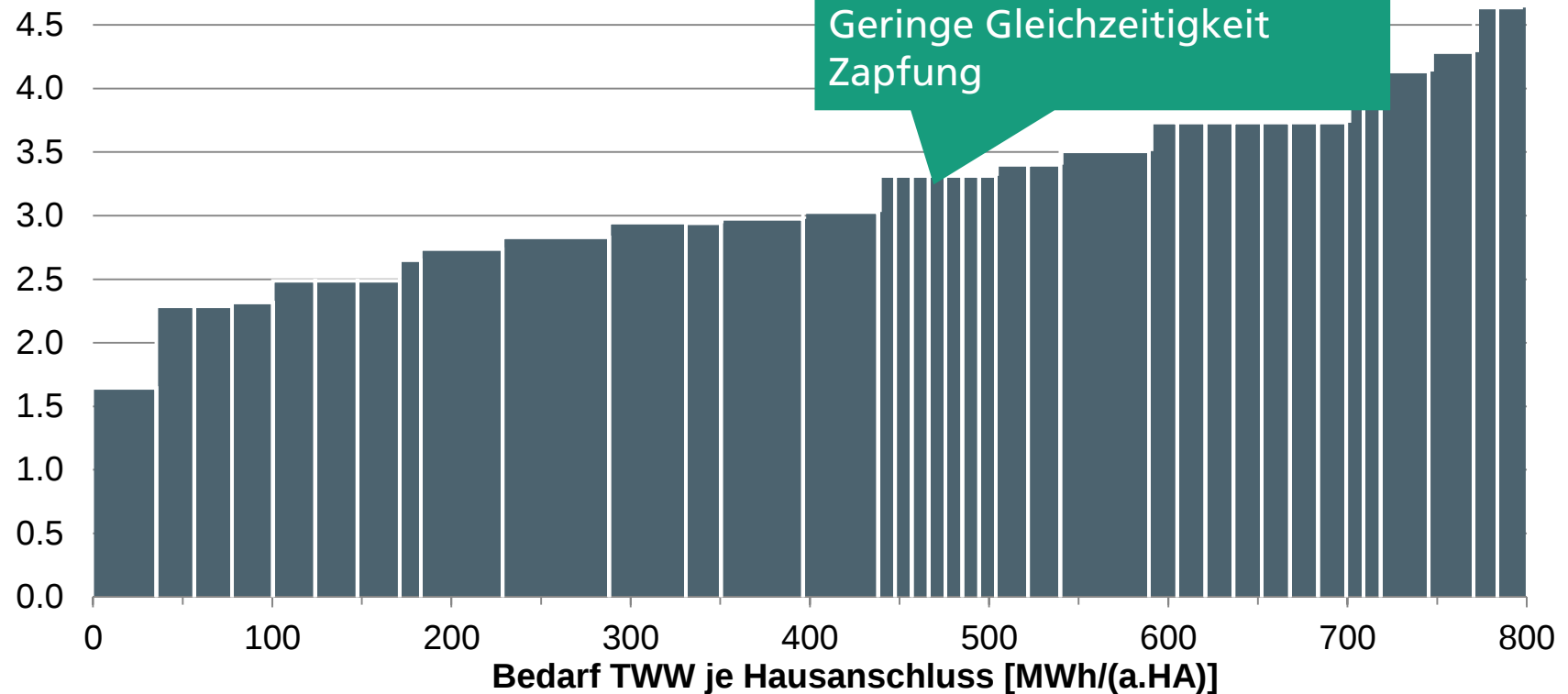
Verschattungswinkel = 40°



Potential Kollektorflächen Gutleutmatten

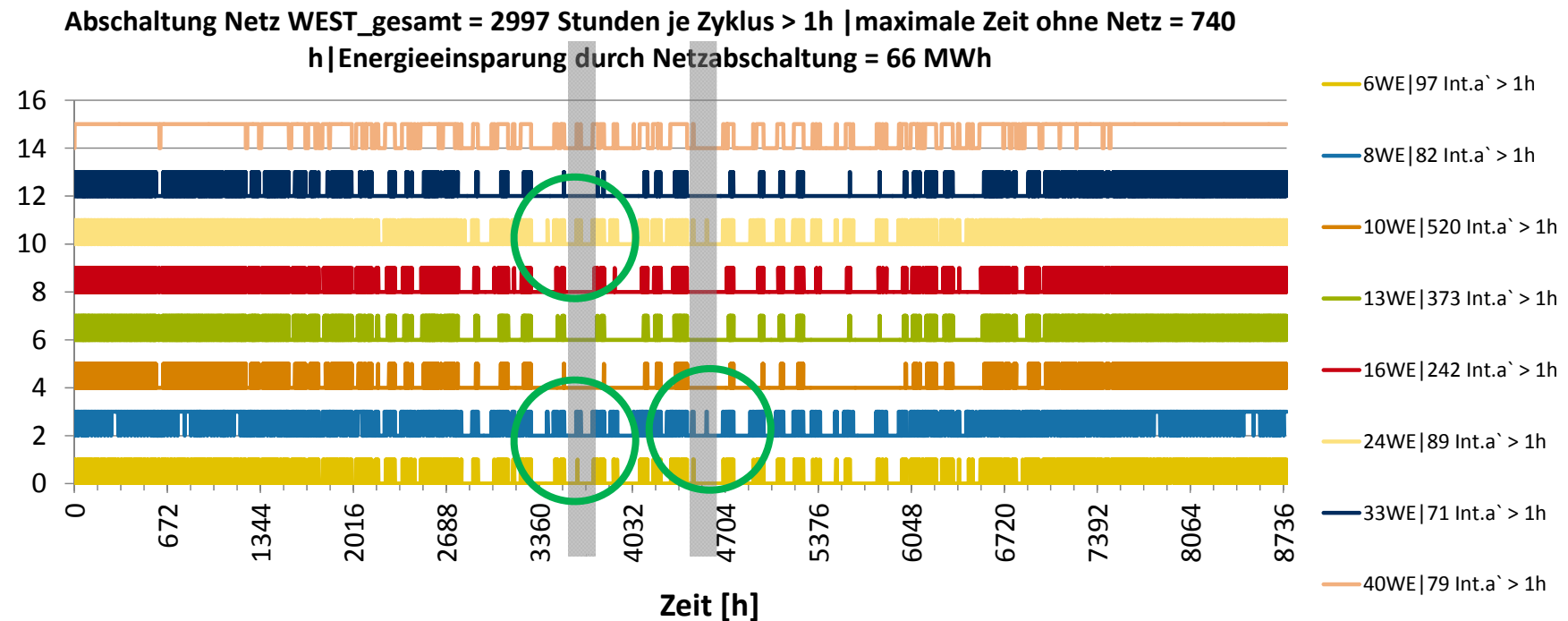
Kubatur, Anzahl der Wohnungen

max. installierbare spez. Kollektorfläche
pro Person und Hausanschluss
[m²AKoll/(Pers.HA)]



Abschaltzeiten Nahwärmenetz

Gesamtsystem BA West



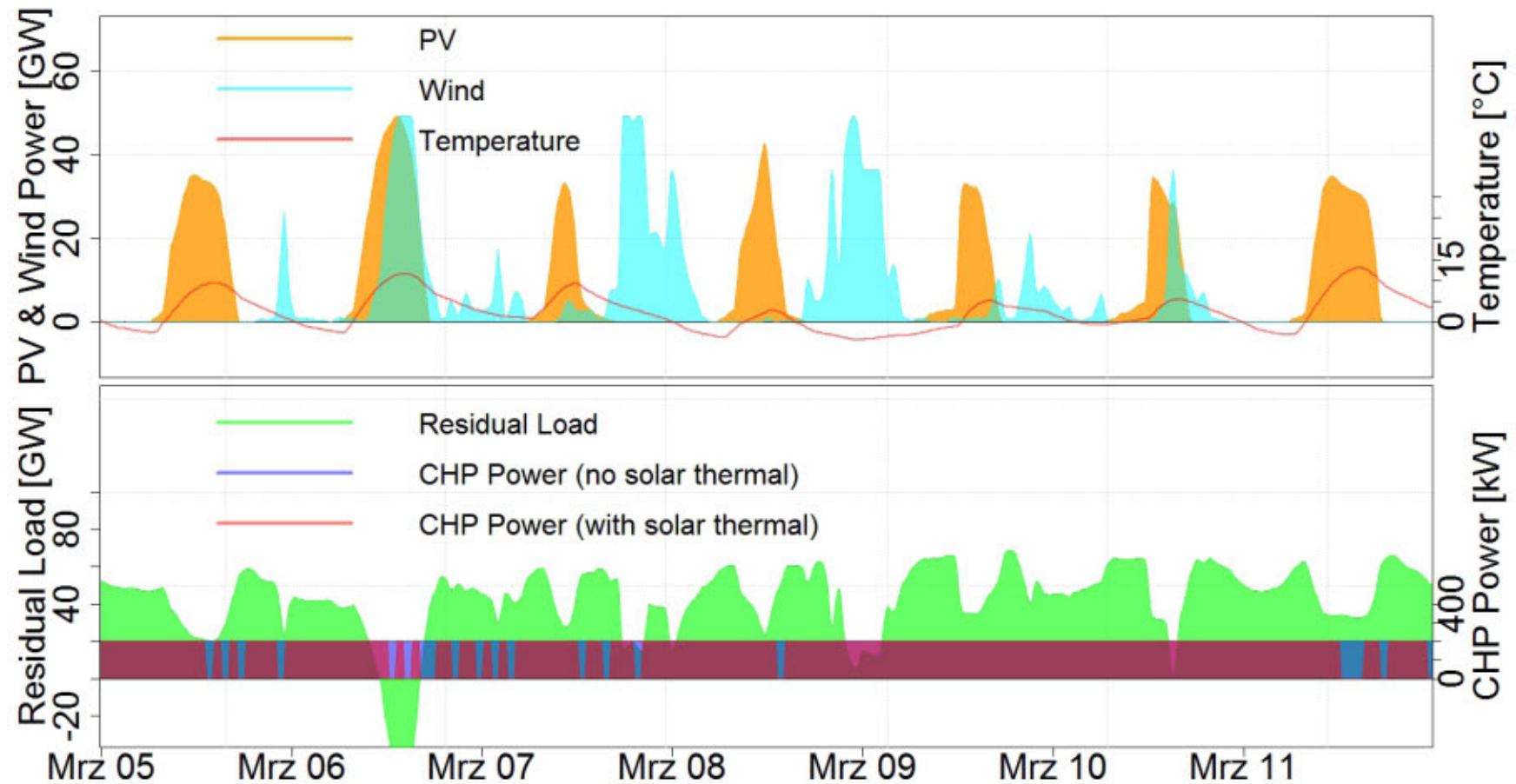
Betriebsführung Wärmenetz

Dezentrale Erzeugung und zentrales BHKW

- Anforderungen Betrieb Kollektoren
 - Lasten: Ausgleich unterschiedliche Gleichzeitigkeit
 - Alle Systeme sollten möglich gleichzeitig Bedarf für Nachheizung der Speicher haben
- Kriterien Anschalten / Abschalten des Wärmenetzes:
 - Möglichst wenige Lastwechsel und damit geringe Spannungen
 - Optimaler ökonomischer Ertrag des BHKW (Erlöse Wärme und Strom)
- Simulationsstudie
 - Lastzeitreihen Bedarf Wärmenetz als Eingangsgröße
 - BHKW und Wärmenetz abgebildet
 - Betriebsführung BHKW: Wärmegeführt, Mindestabschaltzeit 1h

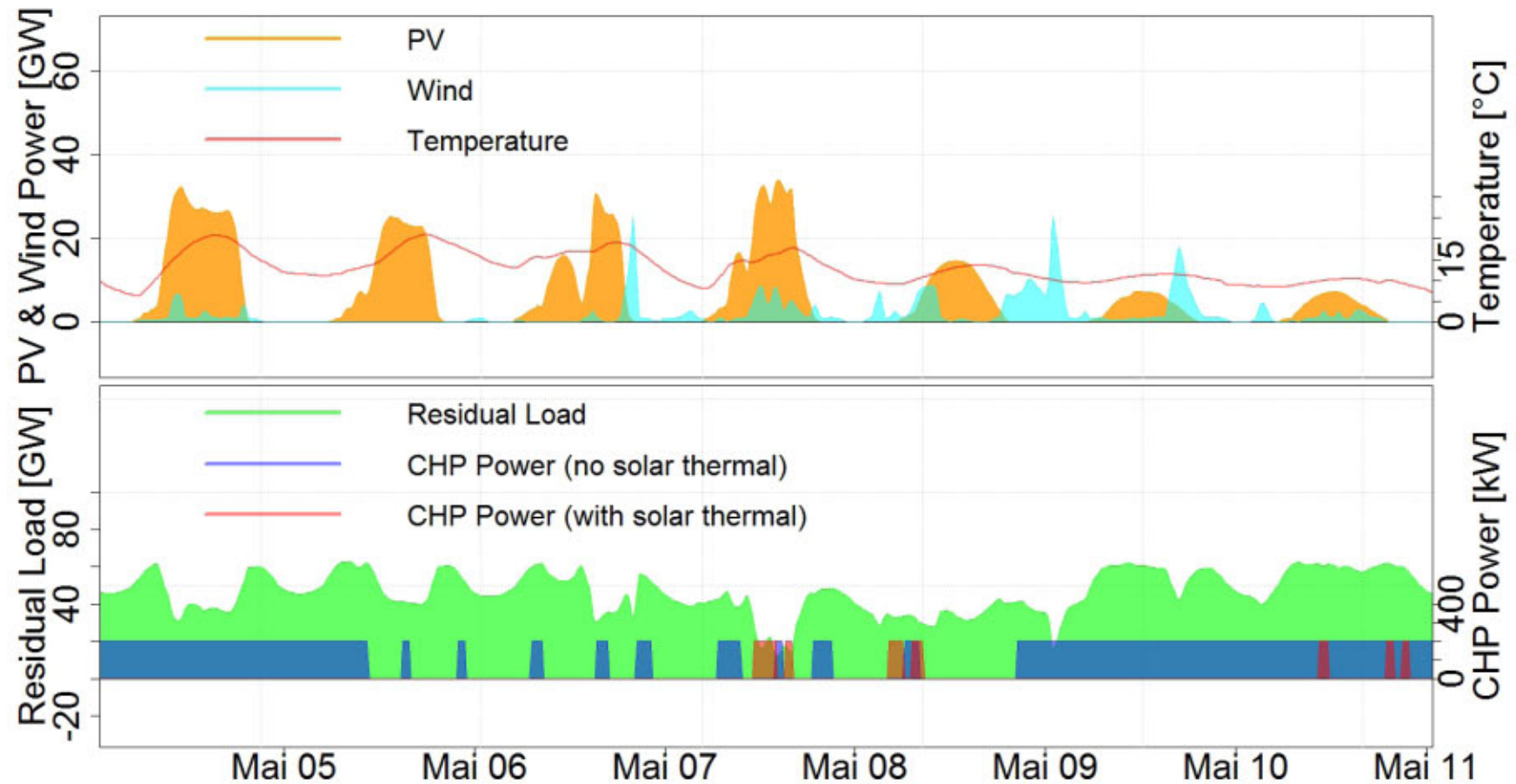
Betriebszeiten Wärmenetz vs. Residuallast

BHKW und dezentrale Speicher mit und ohne Solareinbindung



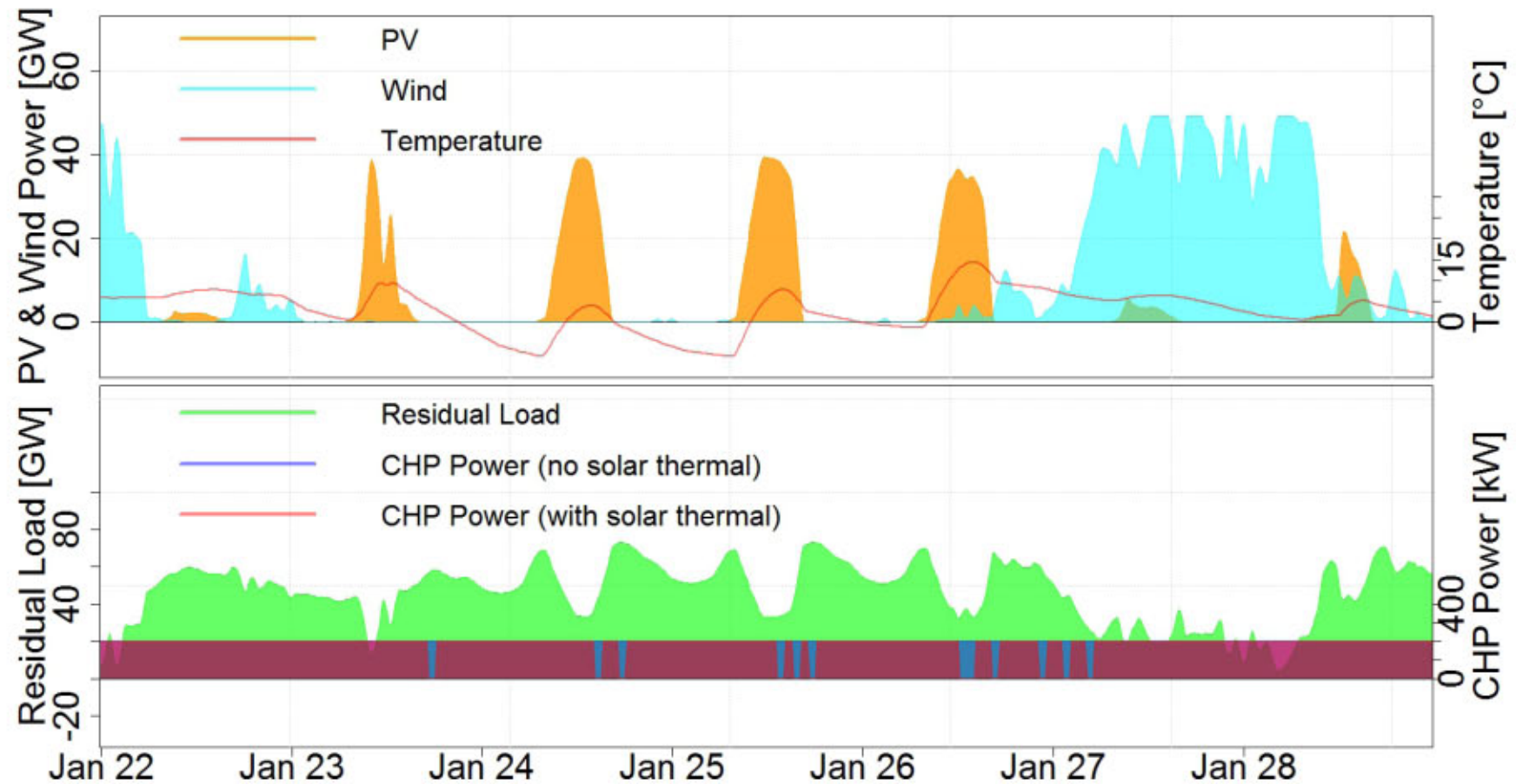
Betriebszeiten Wärmenetz vs. Residuallast

BHKW und dezentrale Speicher mit und ohne Solareinbindung



Betriebszeiten Wärmenetz vs. Residuallast

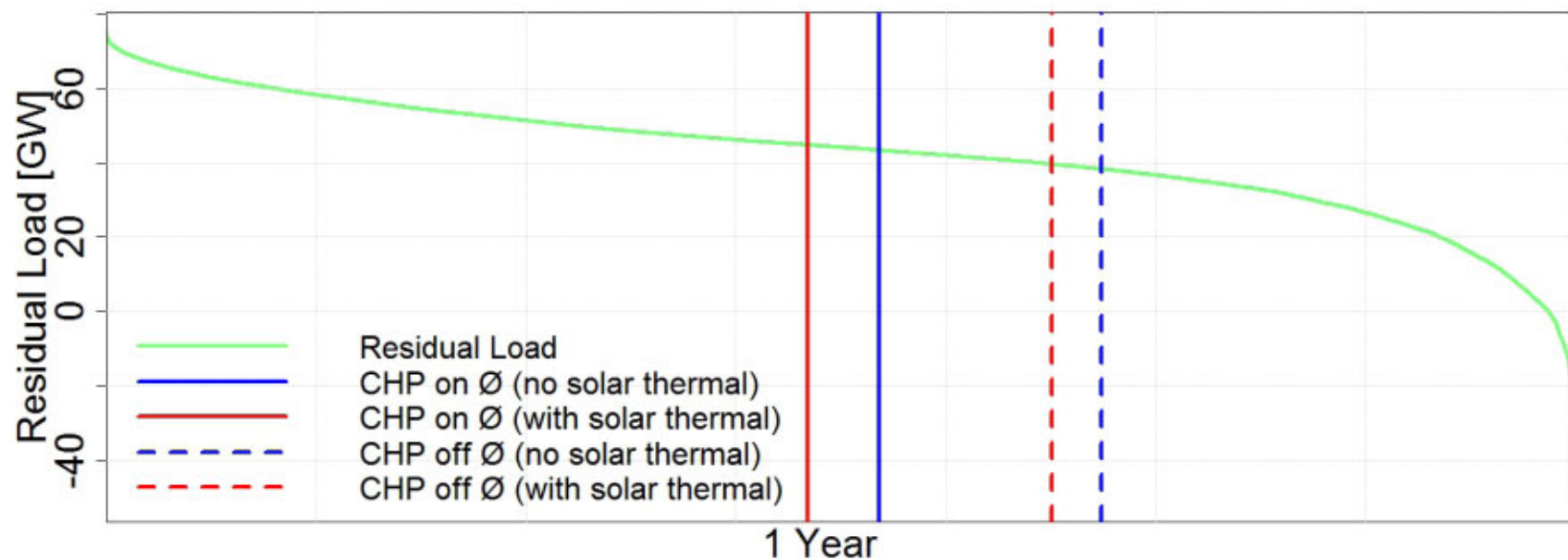
BHKW und dezentrale Speicher mit und ohne Solareinbindung



Betriebszeiten Wärmenetz vs. Residuallast

BHKW und dezentrale Speicher mit und ohne Solareinbindung

- Leichte Entlastung des Stromnetzes durch Solarthermie
- Vorausschauende Regelung und Abstimmung aller Anlagen notwendig (Status, dezentrale Speicher, zu erwartender Ertrag)

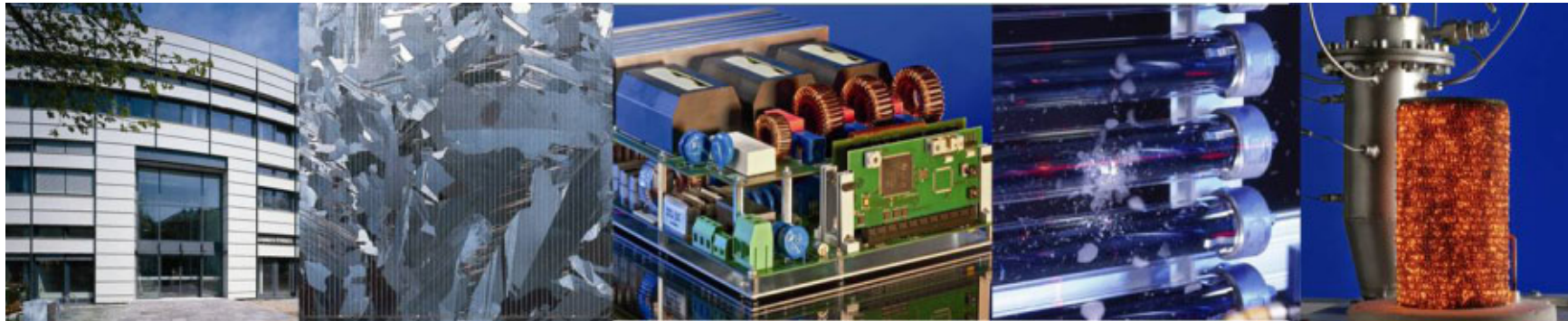


Fazit (II)

Demonstrator Gutleutmatten

- Die angestrebten, in Summe 3 Monate Abschaltung des Wärmenetzes sind mit relativ hohen spezifischen
 - Speichergrößen und insbesondere
 - Effizienten Technologien zur TWW-Erwärmung erreichbar
- Energiewirtschaftlicher Nutzen nur bei Optimierung der Regelung erreichbar

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Sebastian Herkel

www.ise.fraunhofer.de

sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de