



„Es ist billiger den Planeten jetzt zu schützen, als ihn später zu reparieren.“

(EU Kommissionspräsident Barroso, Dezember 2009)

Siedlung und Quartiere

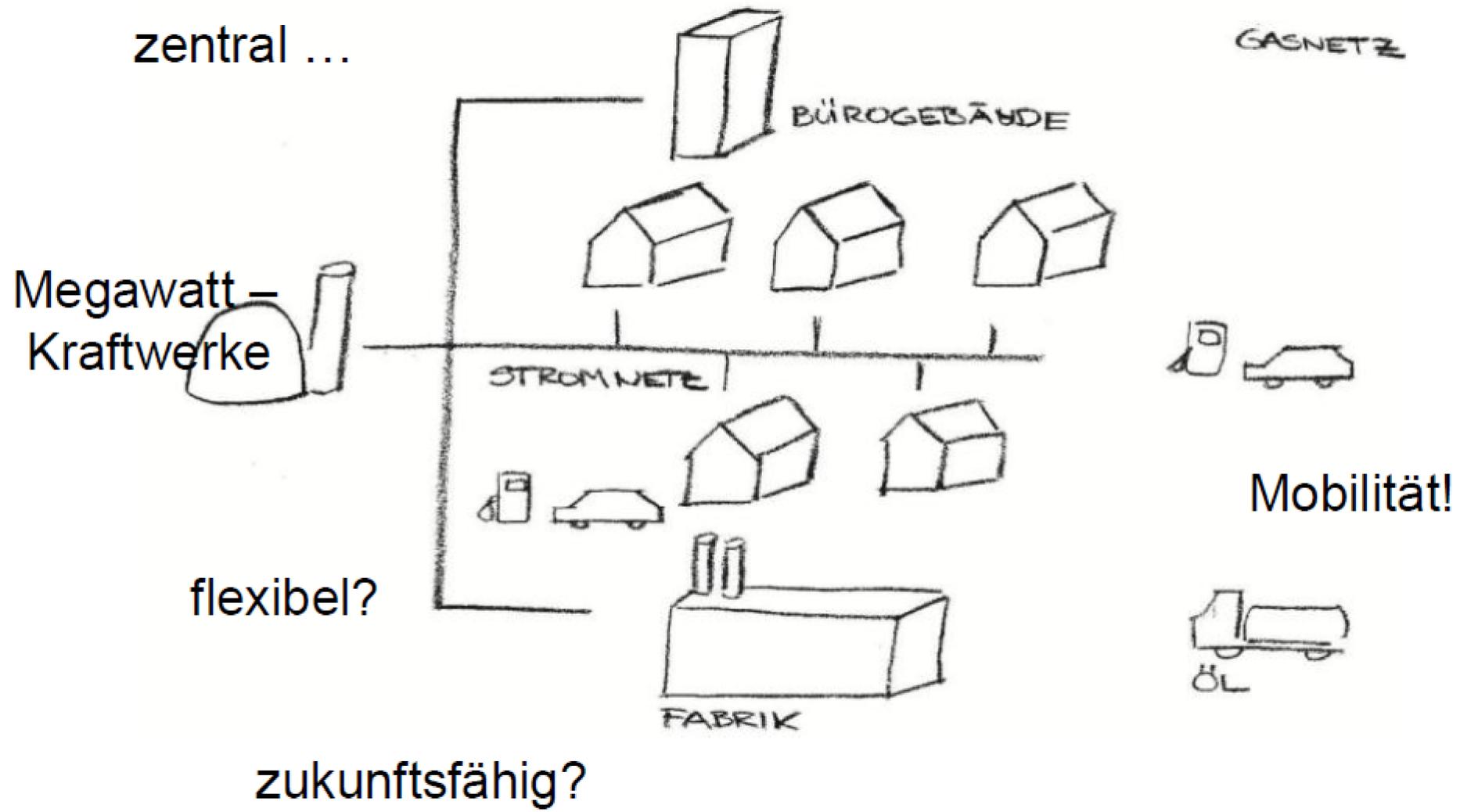
In fünf Stufen zur Green-Urban-Smart-Energy-Area

GUSEA

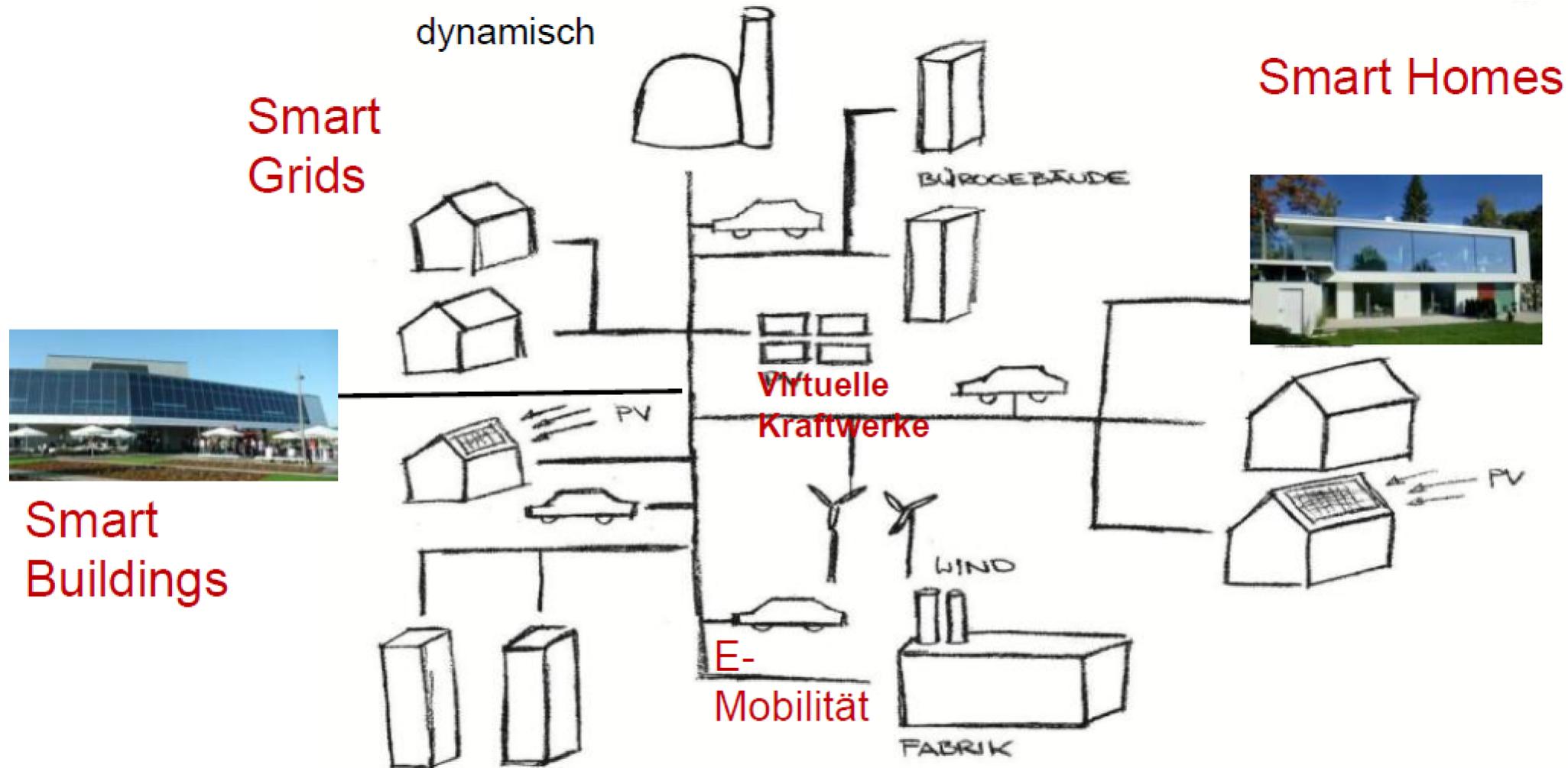
Im Schul- und Sportzentrum Schifferstadt

Prof. Dipl.-Ing. Thomas Giel

Energieversorgung BISHER



Energieversorgung ZUKUNFT



Veränderung der Gesellschaft

1. Veränderung Altersstruktur

- Zukünftig mehr Menschen im Alter von ≥ 65 Jahren als Kinder/Jugendliche < 20 Jahre

2. Bevölkerungsabnahme

- Von 82,8 Mio. (aktuell) auf 67,7 Mio. bzw. 73,1 Mio. (bei stärkerer Zuwanderung) bis 2060

3. Fortschreitende Internationalisierung

4. Zunehmende Landflucht

- Rückgang Siedlungsdichte in ländlichen Gebieten!
- Ursache:
 - Teile der Bevölkerung in ländlichen Gebieten verlassen Wohnraum, um Leben in Stadt Vorzug zu geben!

Entwicklung Landeshauptstädte MZ & WI

- Seit Jahren anhaltender Bevölkerungszuwachs in MZ + WI

	MZ	WI
Ø erwarteter jährlicher Einwohnerzuwachs bis 2030:	2.000 neue Einwohner	2.300 neue Einwohner
Jährlich fehlende Wohneinheiten (WE) zur Bewältigung Wohnungsnachfrage:	2.000 – 2.500 WE	3.000 - 4.000 WE

Folge: Wohnungsneubau (neue Wohnquartiere) dringend notwendig!

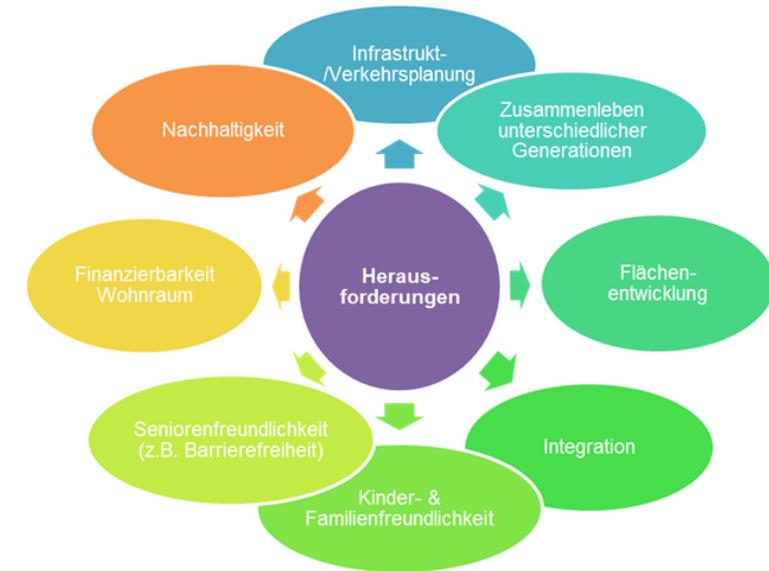
Probleme & Herausforderungen (Situationsanalyse)

• Probleme:

- Angespante Immobilien- & Wohnungsmärkte *(Knappheit bezahlbarer Wohnraum!)*
- Überlastung verkehrliche Infrastruktur
- Flächen-/Baulandknappheit *(Innerstädtisches Bauland = Rarität!)*

• Herausforderungen:

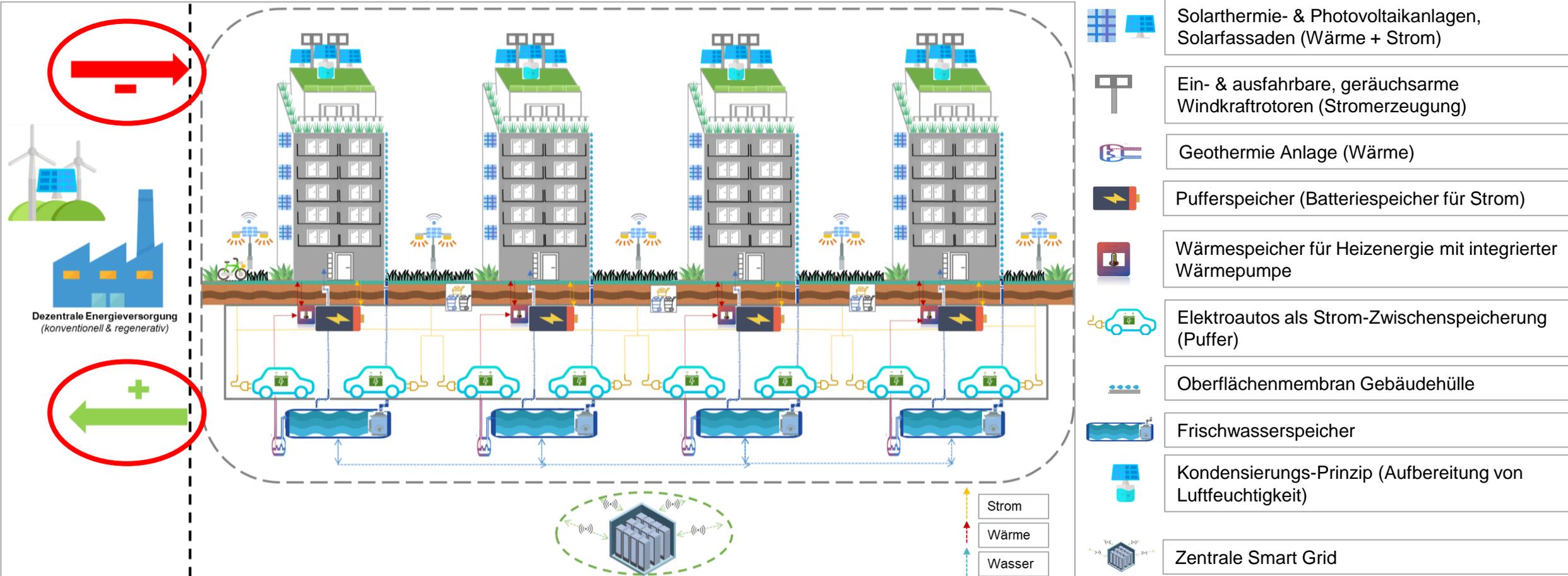
- Wohnbauflächenentwicklung & Flächenumnutzung *(Nachverdichtung/Konversion)*
- Veränderungen Wohnungsnachfragestruktur
 - *Veränderung Haushaltsgrößen + Anstieg Wohnflächenkonsum*
- **Nachhaltige Quartiersentwicklung**
 - *ökologische, ressourcenschonende + langfristig für alle Generationen nutzbare Quartiere*



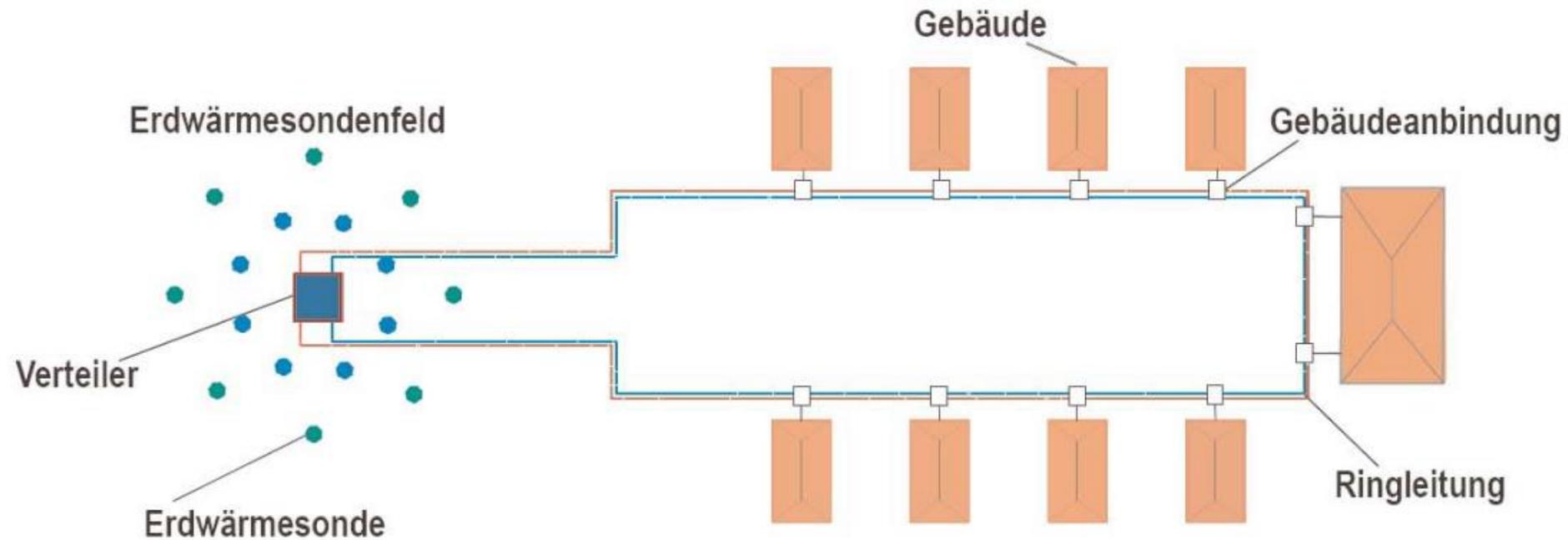
Handlungsempfehlungen:

- **Empfehlungen für Gebäude/Wohnungen:**
 - Gebäudearten- & -kubaturen, nachhaltige Gebäudeeigenschaften, Wohnungsmix (*Wohnungsgrößen & Zimmeranzahl*)
 - Gebäudezugehörige Freiräume, Wohnformen, Gemeinschaftsflächen sowie innovative Gebäudetechnik (*SmartHome, Vernetzung*)
- **Empfehlungen für Versorgung, Außenanlagen & Infrastruktur:**
 - **Nahversorgung** (*Nutzungsmischung*)
 - Gestaltung **Außenanlagen** (*Grünflächen, Quartiersplätze etc.*)
 - **Mobilität** (*Autofreies Quartier, Quartiers-TG, Carsharing etc.*)
 - **Energieversorgung** (*Autarkes Quartier*)
- **Empfehlungen für Soziale Mischung & Diversität:**
 - Schlüsselkonzept: Heterogenität
 - Gleichwertige Erzeugung von Nutzungsdiversität, sozialer Diversität & Eigentumsdiversität!

Konzept autarke Quartiersversorgung



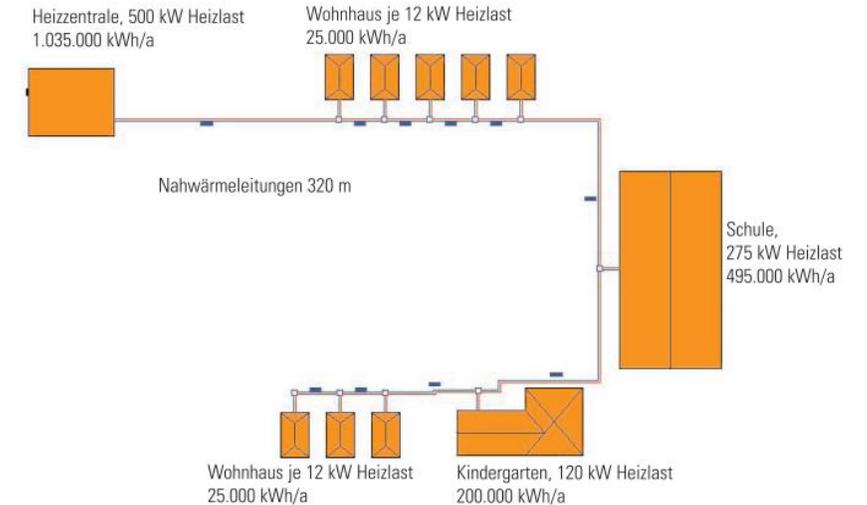
Kalte Nahwärme / Eine Lösung für Quartiere im Neubau



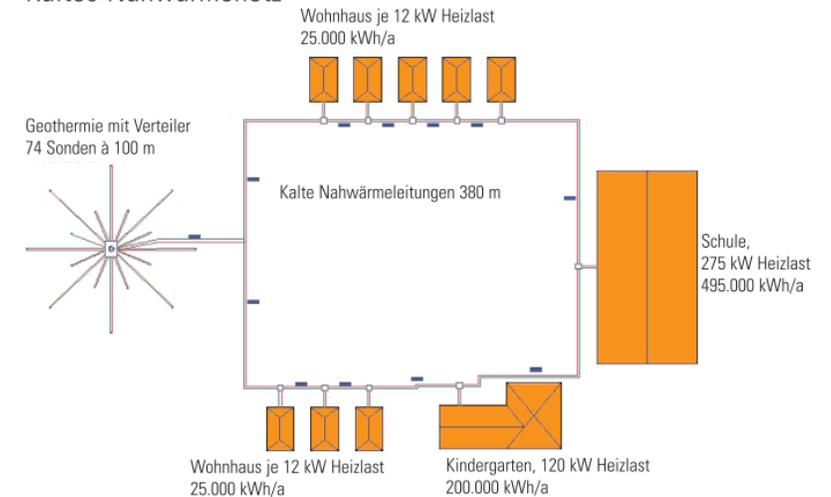
Funktionsprinzip Kaltes Nahwärmenetz

Ein Kaltes Nahwärmenetz verfügt über ein zentrales Erdsondenfeld. In den Sonden nimmt ein Wärmeträgermedium, ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, die Wärme des Erdreichs mit seinen ganzjährig konstanten Temperaturen von zehn bis zwölf Grad Celsius auf. Durch eine Ringleitung gelangt das erwärmte Trägermedium zu den Abnehmern, den Gebäuden. Dort heben Wärmepumpen die bereitgestellte Energie auf das individuell gewünschte Temperaturniveau. Neben der Heizung im Winter bietet das Netz auch die Möglichkeit, die Häuser im Sommer ökologisch und wirtschaftlich zu kühlen ("Freecooling"). Die in den sommerlich-heißen Innenräumen aufgenommene Wärme führen die Leitungen zurück ins Erdreich und ermöglichen damit gleichzeitig eine Regeneration des Erdsondenfeldes.

Warmes Nahwärmenetz



Kaltes Nahwärmenetz



Vorteile der kalten Nahwärme:

Ein Vorteil des kalten Nahwärmenetzes sind die sehr geringen Leitungsverluste aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus des zirkulierenden Wärmemediums. Eine Dämmung der Ringleitungen ist daher nicht notwendig. *Das spart Kosten.*

Aufgrund der geringen Wärmeverluste sind außerdem große Leitungsdistanzen von bis zu zwei Kilometern möglich.

Die dezentrale Energieerzeugung erlaubt es zudem, auf die Anforderungen und Bedürfnisse der einzelnen Verbraucher einzugehen, was sich bei herkömmlichen Nahwärmenetzen schwierig gestaltet.

Vorteile der kalten Nahwärme:

Ein Ausbau des Netzes in Etappen ist problemlos umsetzbar. Damit ist ein Kaltes Nahwärmenetz ideal für Neubaugebiete oder andere Areale, die in mehreren Bauabschnitten erschlossen werden.

Auch Erweiterungen zu späteren Zeitpunkten sind denkbar, wenn beispielsweise Vertragsbindungen abgelaufen sind oder weitere Sanierungen anstehen.

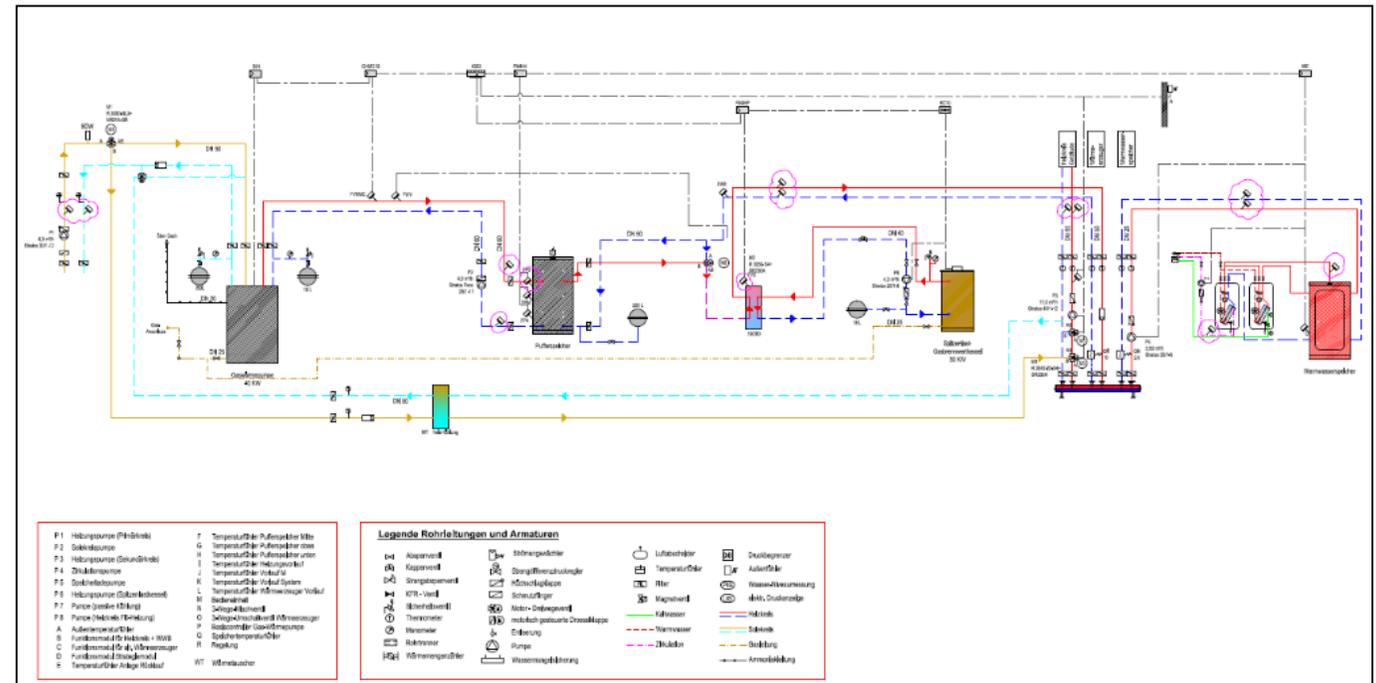
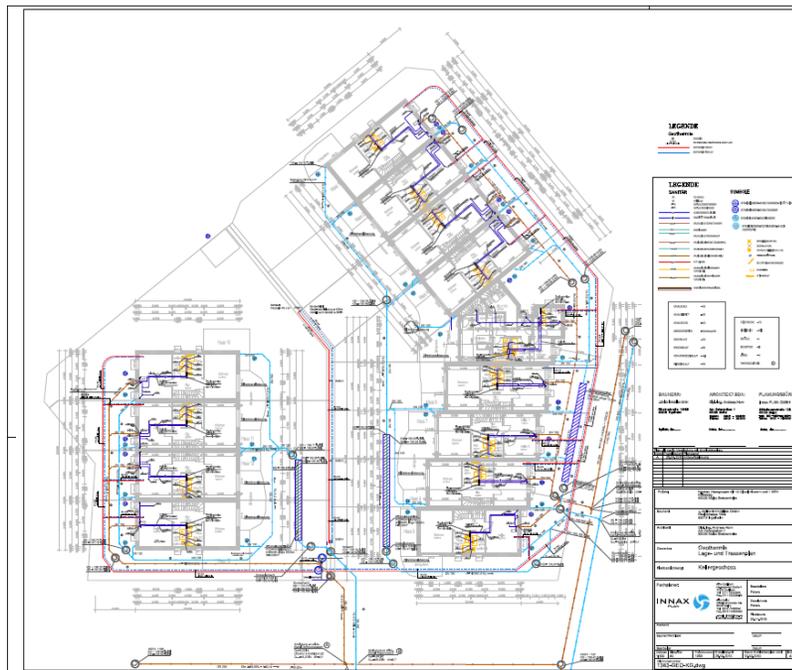
Die Kosten für Netz und Quellensystem werden auf den Grundstückspreis (Erschließungskosten) umgeschlagen oder können durch Nutzungsgebühren abgegolten werden. (Kein Zählsystem notwendig)

Inzwischen wurden mehr als 20 „kalte Nahwärmenetze“ in Quartieren realisiert!

Aus den Auswertungen dieser Projekte konnten kontinuierliche Weiterentwicklungen abgeleitet werden.

Wie z.B. Pufferspeicherkonzept / Horizontale Leitungen werden als Puffer genutzt

Nachfolgend Beispiele:





IIIb) Kaltes Nahwärmenetz

BA1: ~ 1120 Trassenmeter incl.
Hausanschlussleitungen

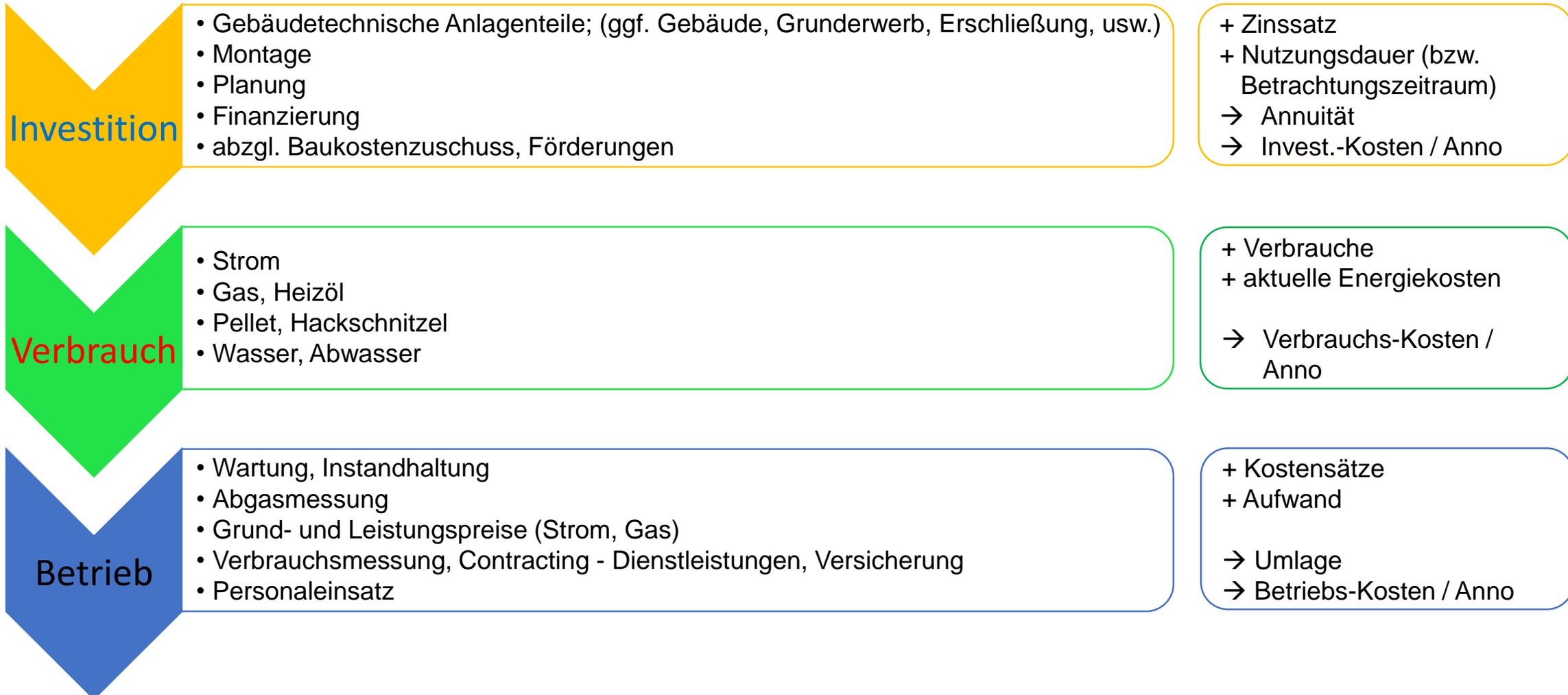
56 Erdsonden mit
Teufe 70 – 80 m

Verteilerbauwerk für
56 Erdsonden
(unterirdisch)

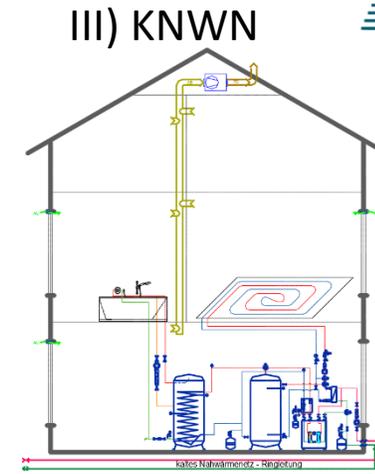
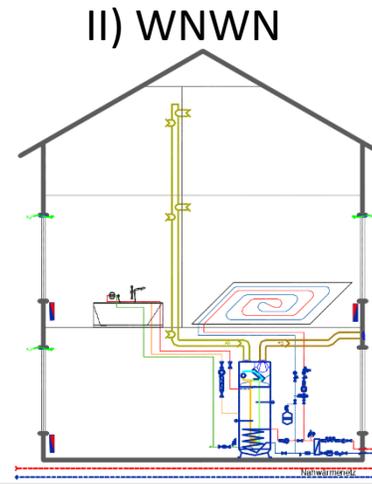
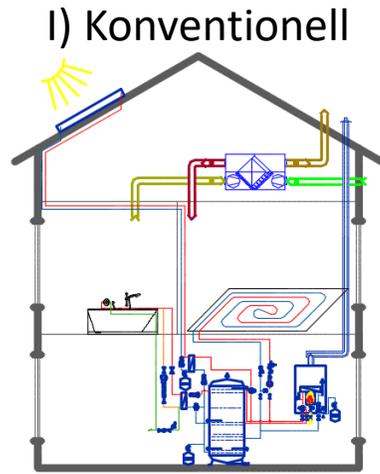


Systemdruckhaltung erfolgt
dezentral in den
Gebäuden

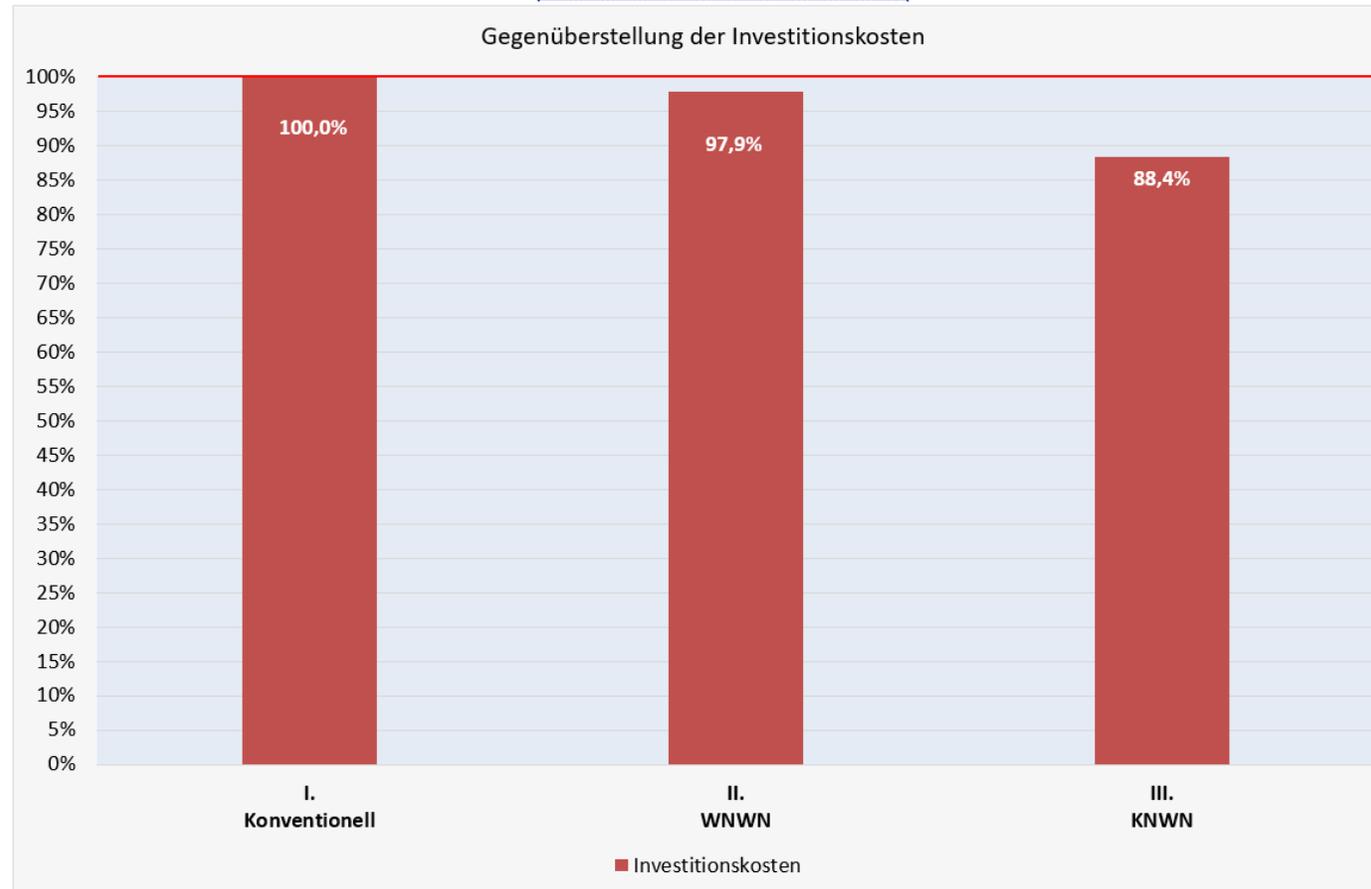
Ansatz: Vollkostenrechnung in Anlehnung an die VDI 2067 Blatt 3: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen



Vollkosten / Anno als Grundlage für den Vergleich der Wirtschaftlichkeitsdarstellung von Anlagenkonzepten



Vergleich der
Investitionskosten



Geothermische Siedlung "Alte Gärtnerei" Darmstadt Bessungen
- Wohnanlage mit 26 dreigeschossigen Einfamilienhäusern.
Energetische Versorgung über Erdwärmesonden.



Kalte Nahwärme Gau-Algesheim
Mehrere Wohnanlagen wurden über ein kaltes Nahwärmnetz mit ca. 60 KW Endzugsleistung versorgt.



Mehrfamilienhaus "Grüne Höfe" für 25 Familien in Esslingen
- Energetische Versorgung über Kaltes Nahwärmnetz. Erdsondenfeld mit 40 über 100 Meter tiefen Bohrungen. Im Sommer mutiert das Heiz- zu einem Kühlsystem.



„Kaltes Nahwärmnetz Park De Roock“ Ingelheim
Hier werden über ein kaltes Nahwärmnetz 10 RH und 4 Doppelhäuser sowie ein MFH über ein kaltes Nahwärmnetz versorgt. Wohnfläche ca. 28.000 m²



Doppelhaussiedlung Wiesbaden - Wohnanlage mit 18 Doppelhaushälften. Energetische Versorgung über Kaltes Nahwärmnetz, Regenwasserzisternen.



„Kaltes Nahwärmnetz Küferweg Mainz“
Versorgung von 13 RH in Mainz.



Gartenquartier Mainz-Weisenau
9 MFH / 193 Wohneinheiten /
3750 Bohrmeter
Gaswärmepumpen mit
freier Kühlung



Schifferstadt / Max-Ernst-Str.
27 EFH / 11 RH
2500 Bohrmeter
Elektrowärmepumpen mit
Flatratemodell
Freie Kühlung



Aparthotel Parkallee
3 MFH / 1 Clubhaus / 1 Restaurant
2500 Bohrmeter
Gaswärmepumpen mit
freier Kühlung



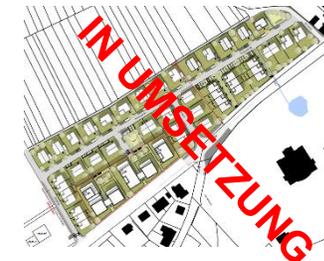
**Darmstädter Echo
Holzhof Park**
9 MFH / Arealversorgung
8400 Bohrmeter
Gaswärmepumpen mit
freier Kühlung



Jugenddorf Sickingen
7 Gebäude (Jugendhäuser)
2000 Bohrmeter
Elektrowärmepumpen
teilweise freie Kühlung



Gänsberg Ingelheim
4 MFH und 45 DH/RH
4400 Bohrmeter
Gas- und Elektro WP
Freie Kühlung



Forschungsprojekt GUSEA Green-Urban-Smart-Energy-Area Im Schul- und Sportzentrum Schifferstadt

Schulzentrum

Volks-
hoch-
schule

Kreisbad
Schifferstadt

Sport-
schule

Wilfried-Dietrich-
Halle

Neue
Kreissporthalle

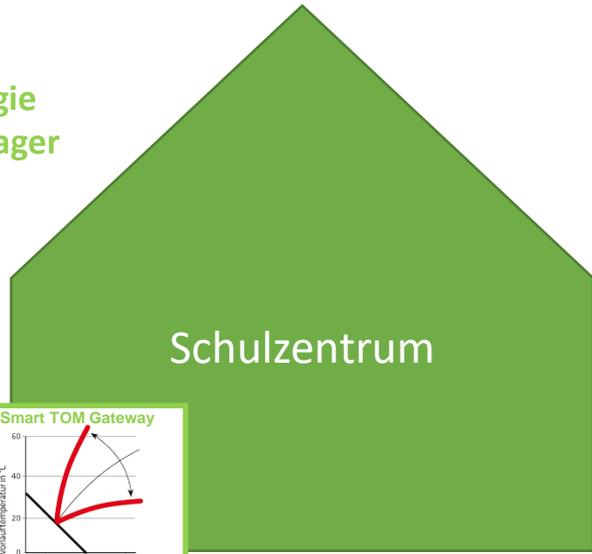
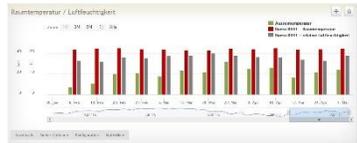
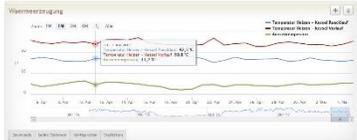
Kita Haus
des
Kindes

Jugend
treff

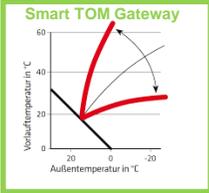
smart TOM Server



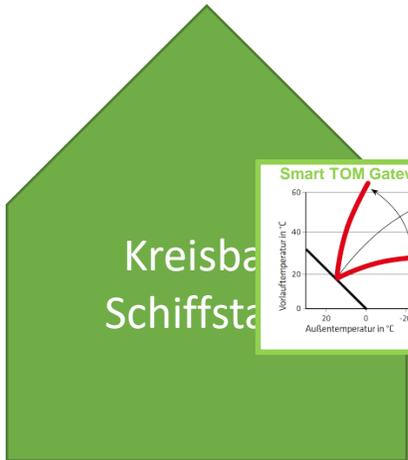
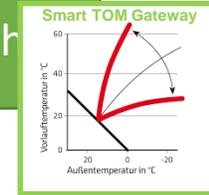
Energie Manager



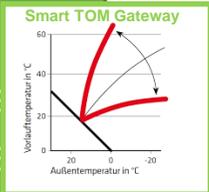
Schulzentrum



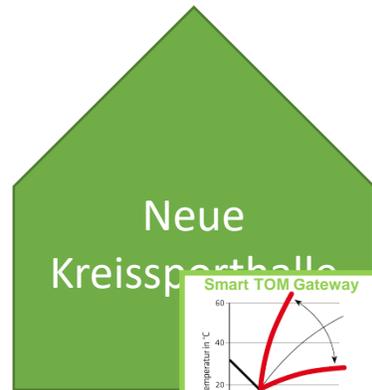
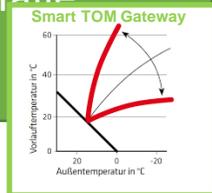
Volkshochschule



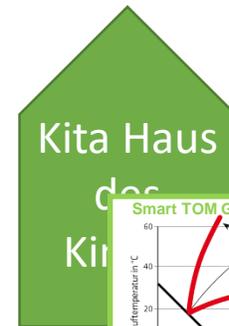
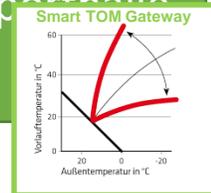
Kreisbauernhof Schiffstadt



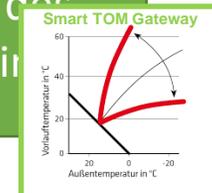
Wilfried-Dietrich-Halle



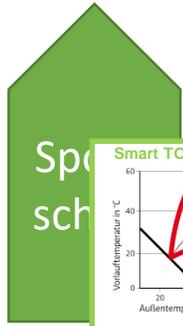
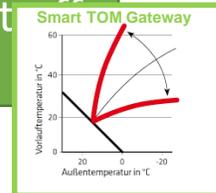
Neue Kreissporthalle



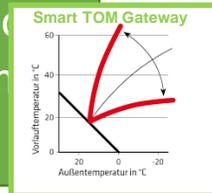
Kita Haus des Kindes



Jugendtreff



Sporthalle



Teil 1: Aufbau eines Monitoring Systems zu Erfassung eines dynamischen Prozessabbildes der einzelnen Gebäude im Quartier

Teil 2: Sanierung der Gebäude und Einbau von PV usw.

Volks-
hoch-
schule

Teil 3: Bau eines Energie- und Exergie- sowie Daten- und Stromnetzes im Areal

Schulzentrum

Teil 4: Bau der regenerativen Energieversorgungskonzepte in den Gebäuden mit dem Austausch der Energie untereinander

Jugend-
treff

Kita Haus
des
Kindes

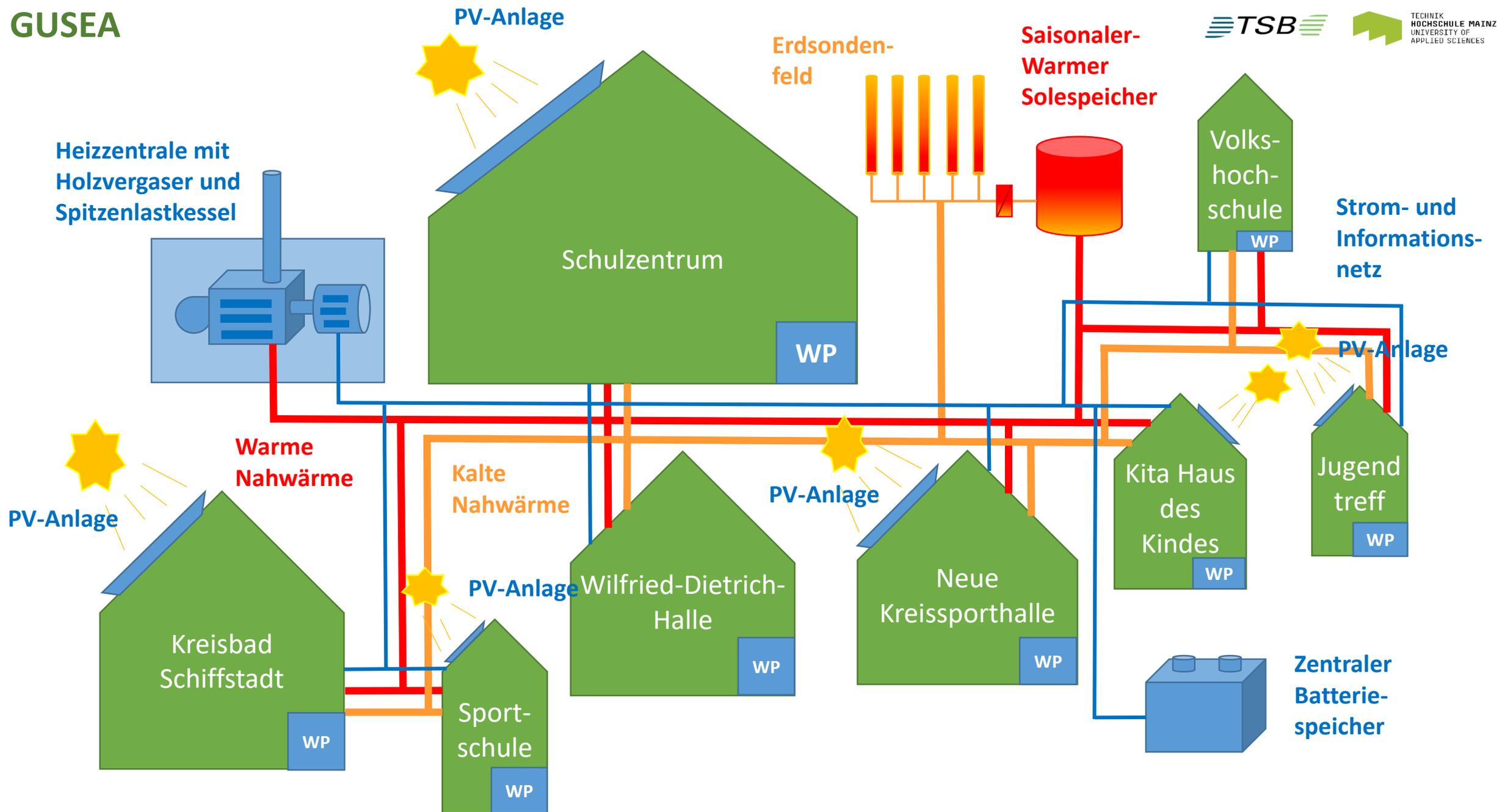
Teil 4: Bau der regenerativen Energieergänzungskonzepten in den zuvor beschriebenen Netzen

Kreisbad
Schwaben

Wilfried-Dietrich-
Halle

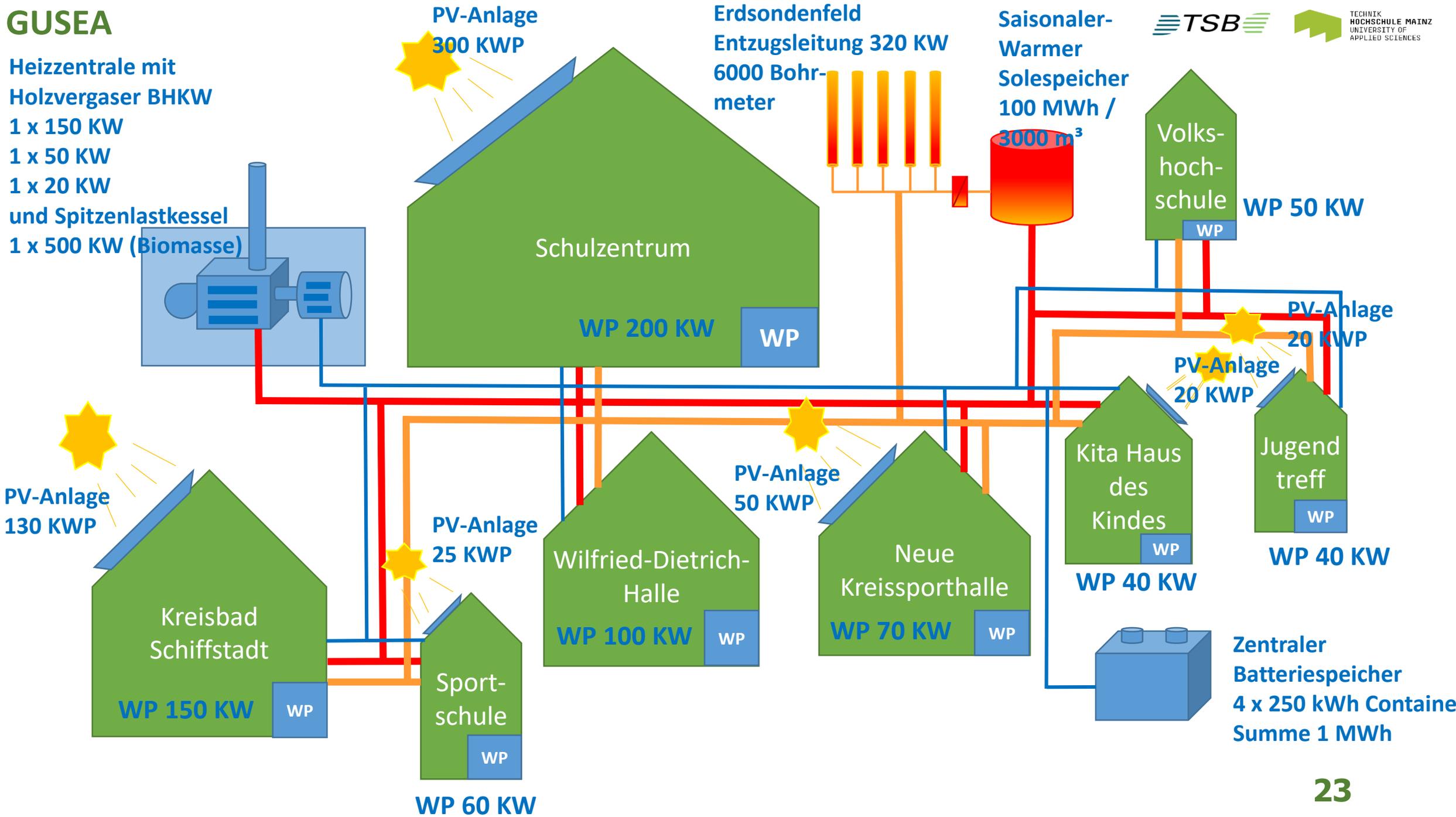
Neue
Kreisgörlhalle

Sport-
schule



GUSEA

Heizzentrale mit Holzvergaser BHKW
1 x 150 kW
1 x 50 kW
1 x 20 kW
und Spitzenlastkessel
1 x 500 kW (Biomasse)



4.1 Formeln zur Berechnung der Standardlastprofile Strom

Zur Berechnung der *Standardlastprofile Strom* werden die Viertelstundenwerte SLP_i mit dem gemessenen Gesamtjahresstromverbrauch W_t der jeweiligen Liegenschaft multipliziert. Aufgrund der Normierung der Kennwerte auf 1.000 kWh, muss dieses Ergebnis anschließend durch 1.000 dividiert werden, um den viertelstündlichen mittleren Leistungswert P_i zu erhalten.

$$\begin{aligned} \text{Leistungswert} &= \int_{35135}^0 f(x) = P_i \\ &= \frac{SLP_1 * W_t}{1000} + \frac{SLP_2 * W_t}{1000} + \frac{SLP_3 * W_t}{1000} \dots + \frac{SLP_{35135} * W_t}{1000} \end{aligned}$$

Nachdem der viertelstündliche mittlere Leistungswert für alle Viertelstunden des Jahres errechnet wurde, kann nun der stündliche Strombedarfsanteil der Viertelstunde ermittelt werden, indem der mittlere Leistungswert durch vier dividiert wird.¹⁴

$$\text{stündlicher Strombedarfsanteil} = \int_{35135}^0 f(x) = W = \frac{P_{i1}}{4} + \frac{P_{i2}}{4} + \frac{P_{i3}}{4} \dots + \frac{P_{i35135}}{4}$$

Um die einzelnen Werte auf stündlicher Basis zu erhalten, müssen anschließend jeweils vier Viertelstundenanteile zusammengefasst werden. Die Summe dieser stündlichen Werte ergibt wieder den Gesamtjahresbedarf W_t .

Gesamtjahresbedarf auf stündlicher Basis

$$\begin{aligned} &= \int_{8760}^0 f(x) = W_t = \Sigma(W_1 + W_2 + W_3 + W_4) + \Sigma(W_5 + W_6 + W_7 + W_8) \dots + \Sigma(W_{35132} \\ &\quad + W_{35133} + W_{35134} + W_{35135}) \end{aligned}$$

GUSEA / Strom Zusammenfassung

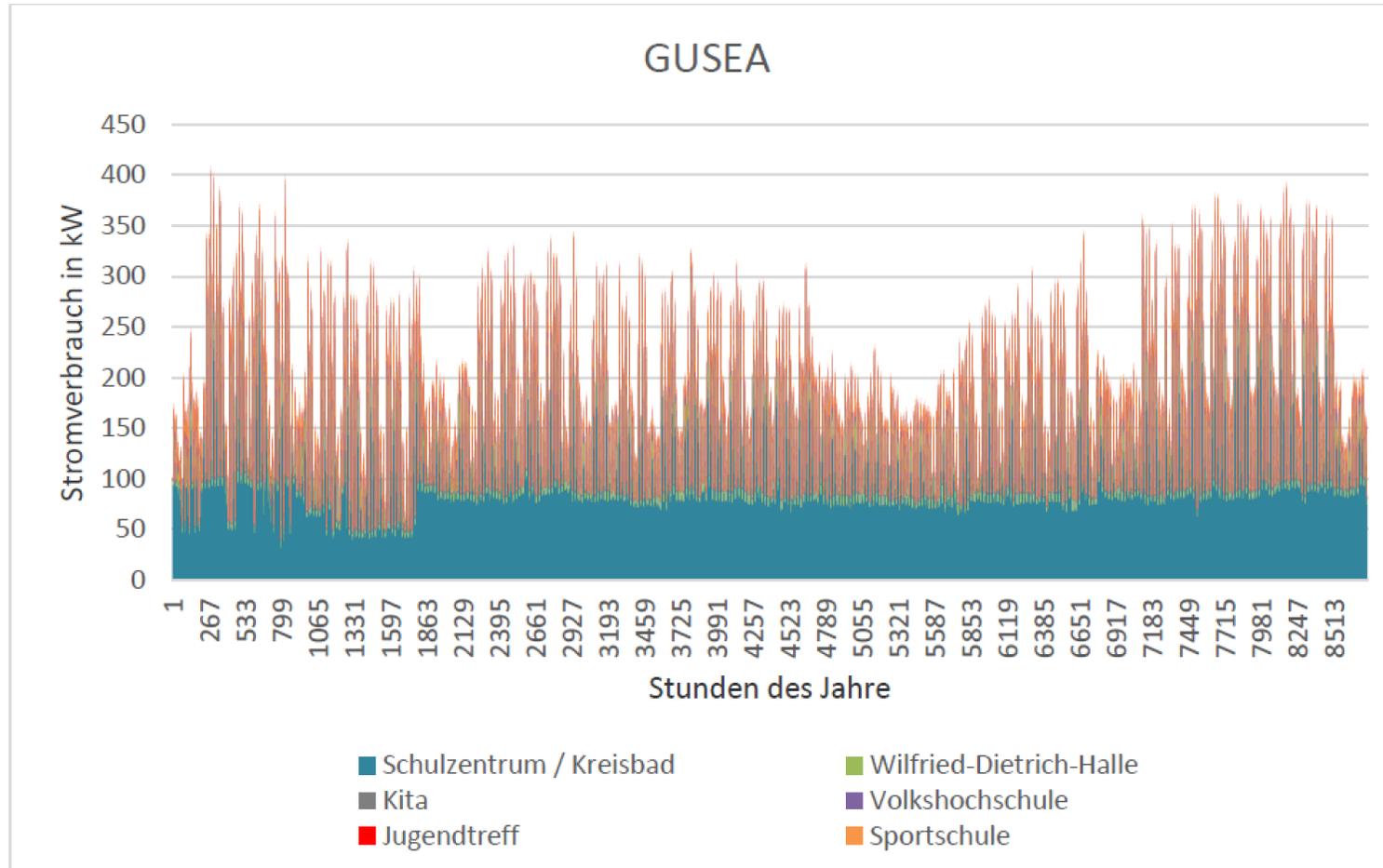
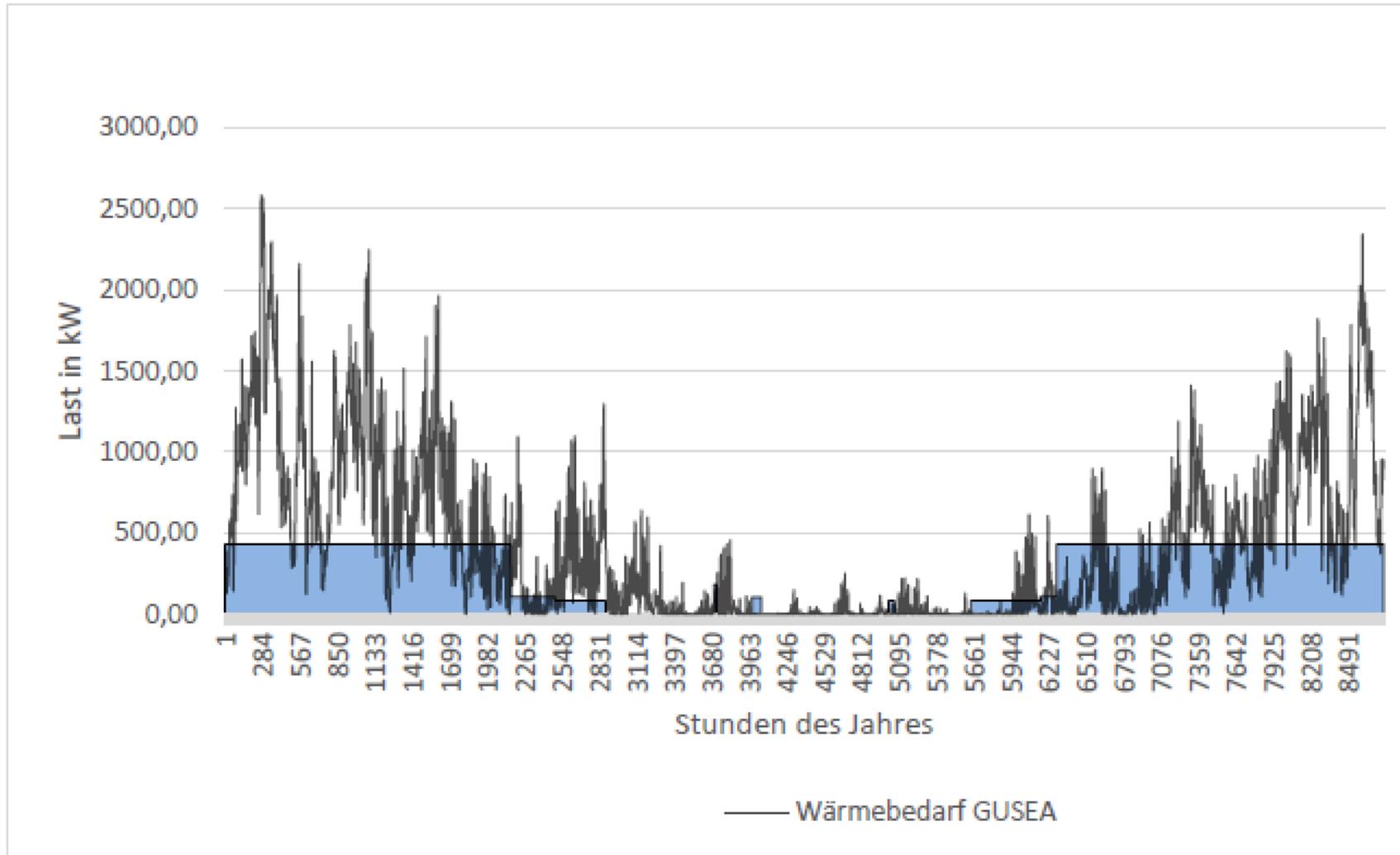


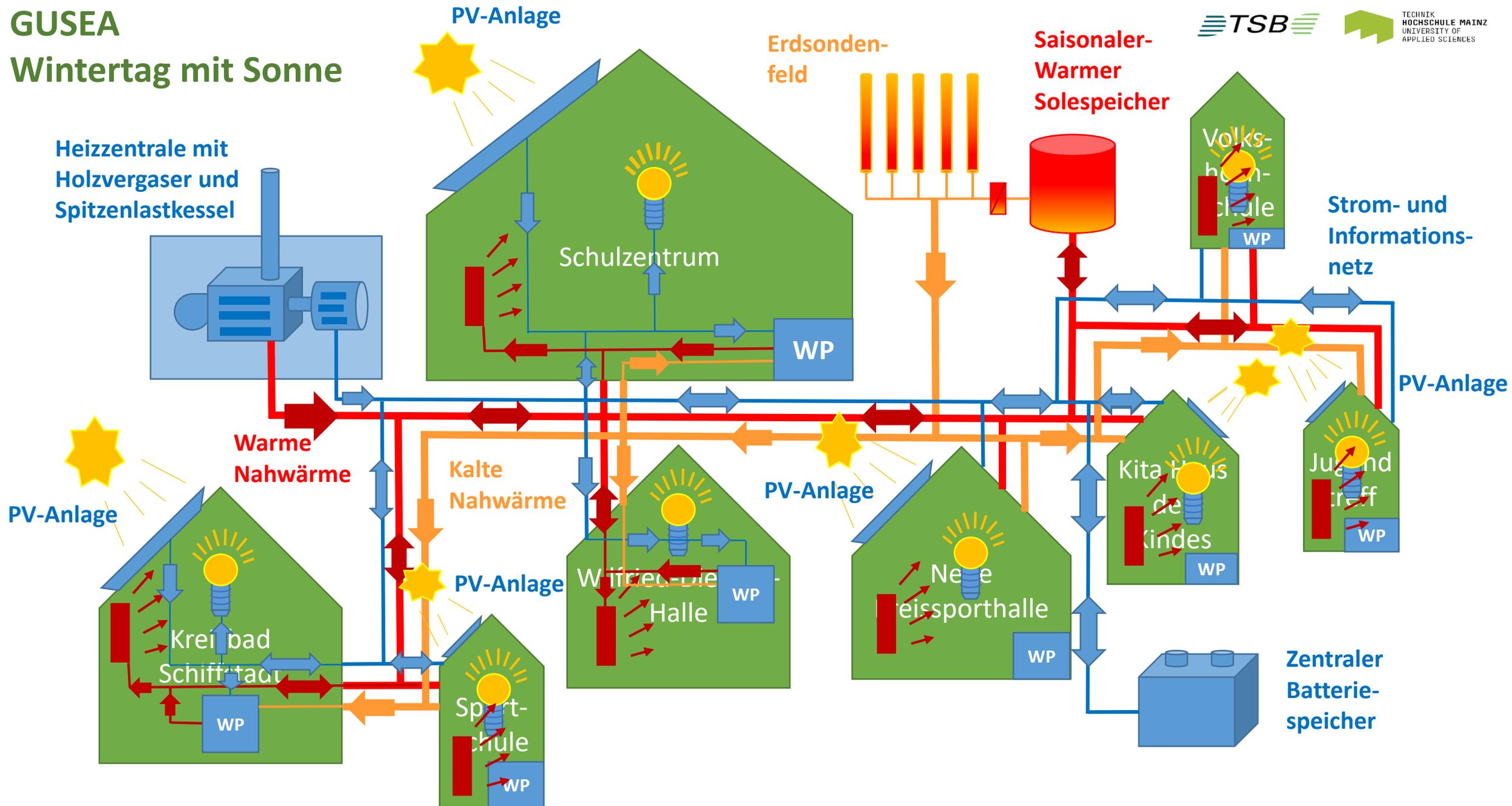
Abbildung 9: Stromlastganglinie GUSEA

GUSEA	
Gesamtjahresbedarf	1.411.641,08 kWh
Spitzenlast	409,68 kW

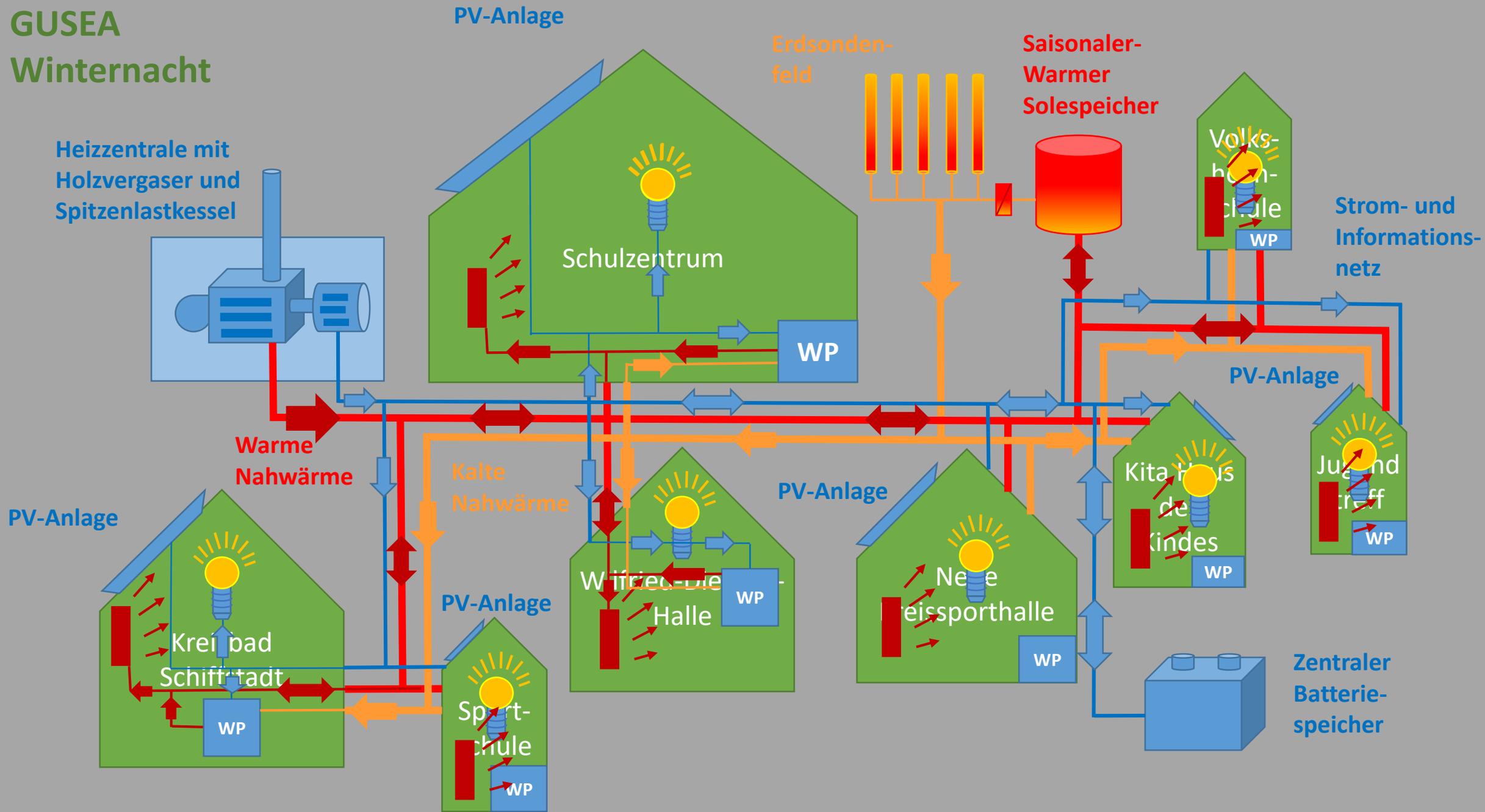
Tabelle 10: Strombedarf GUSEA

GUSEA / Wärme Zusammenfassung





GUSEA Winternacht



GUSEA

Sommernacht mit Warmwasser und hoher Strombedarf

Heizzentrale mit Holzvergaser und Spitzenlastkessel

PV-Anlage

PV-Anlage

Erdsondenfeld

Saisonal-Warmer Solespeicher

Strom- und Informationsnetz

Warme Nahwärme

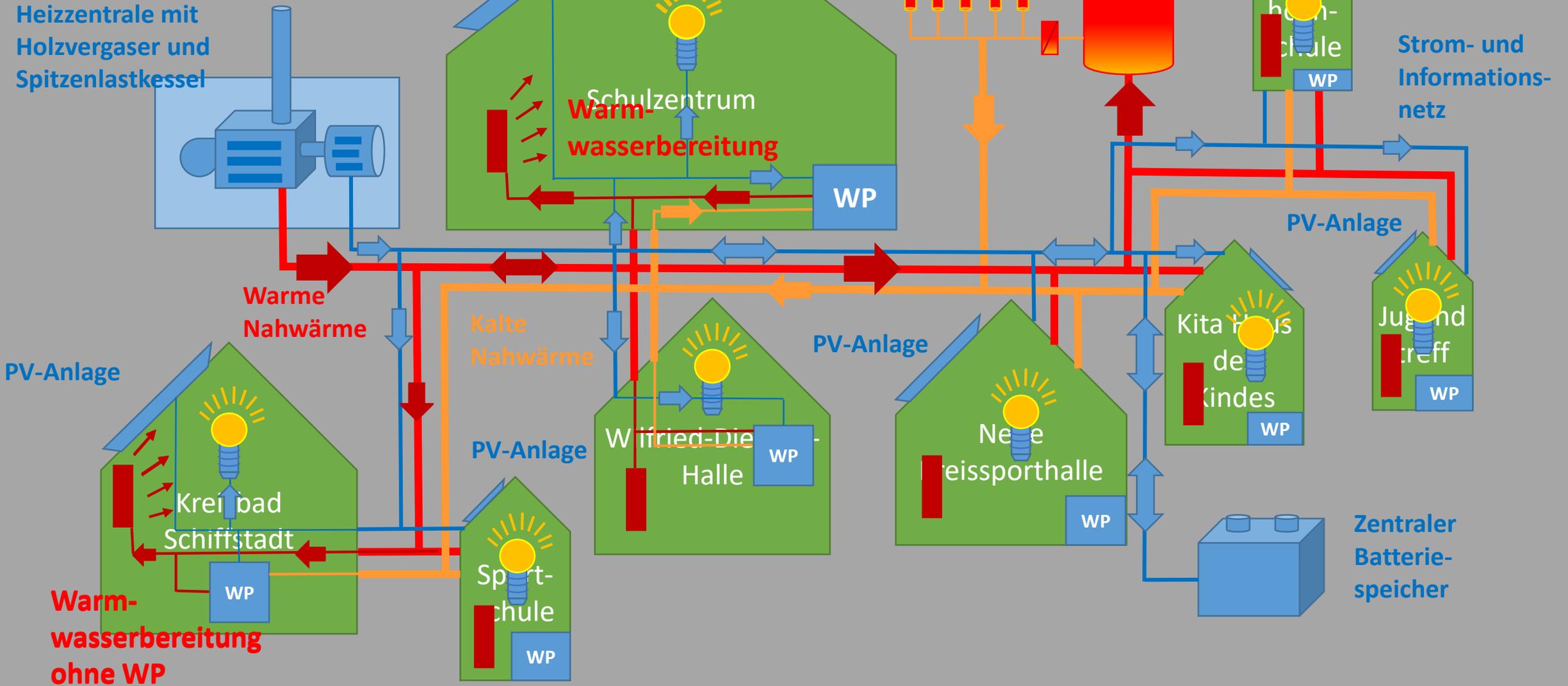
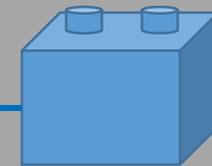
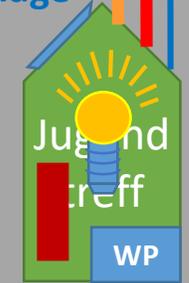
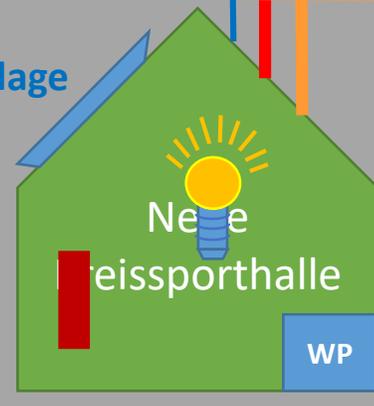
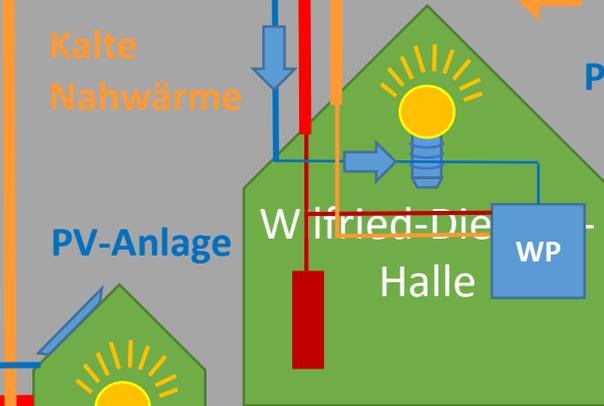
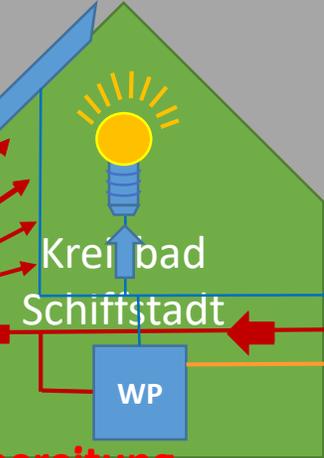
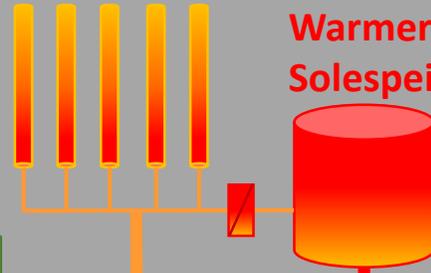
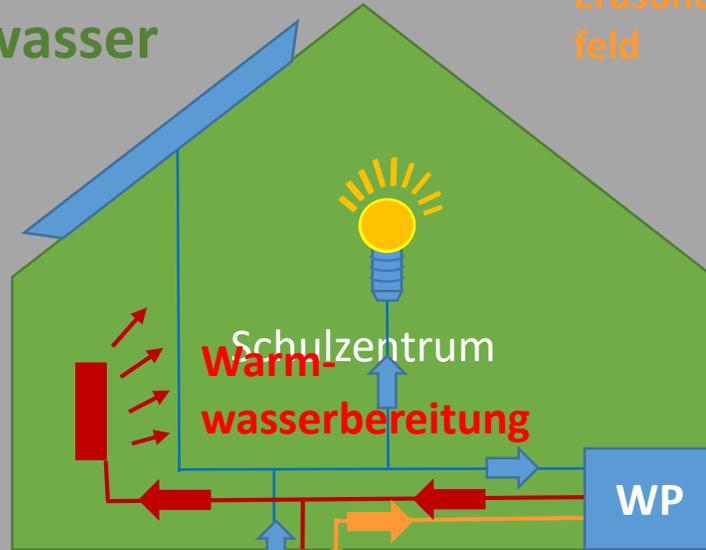
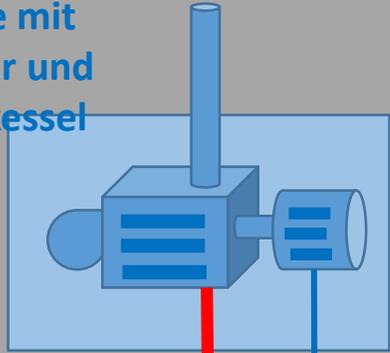
Kalte Nahwärme

PV-Anlage

PV-Anlage

Warmwasserbereitung ohne WP

Zentraler Batteriespeicher



GUSEA

Sommernacht ohne Warmwasser
Wärmespeicher VOLL bzw.
wenig Strombedarf

Heizzentrale mit
Holzvergaser und
Spitzenlastkessel

PV-Anlage

Warme
Nahwärme

Kreisbad
Schiffstadt

WP

PV-Anlage

Schulzentrum

WP

PV-Anlage

Wilfried-Die
Halle

WP

PV-Anlage

Neue
Freisporthalle

WP

Saisonal-
Warmer
Solespeicher

Regeneration des
Sondenfeldes

Volks-
hoch-
schule

WP

PV-Anlage

Kita Haus
des
Kindes

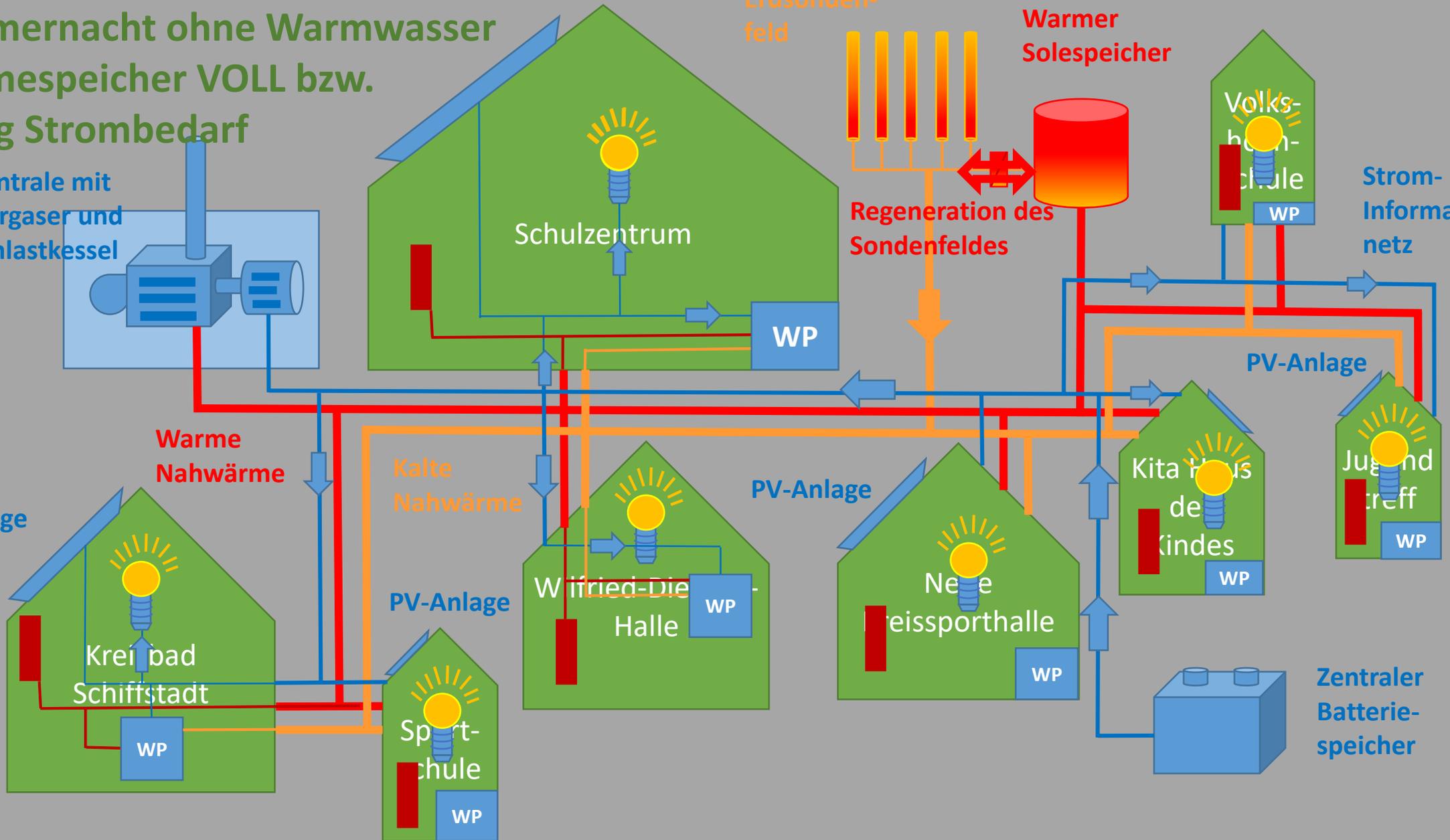
WP

Jugend-
treff

WP

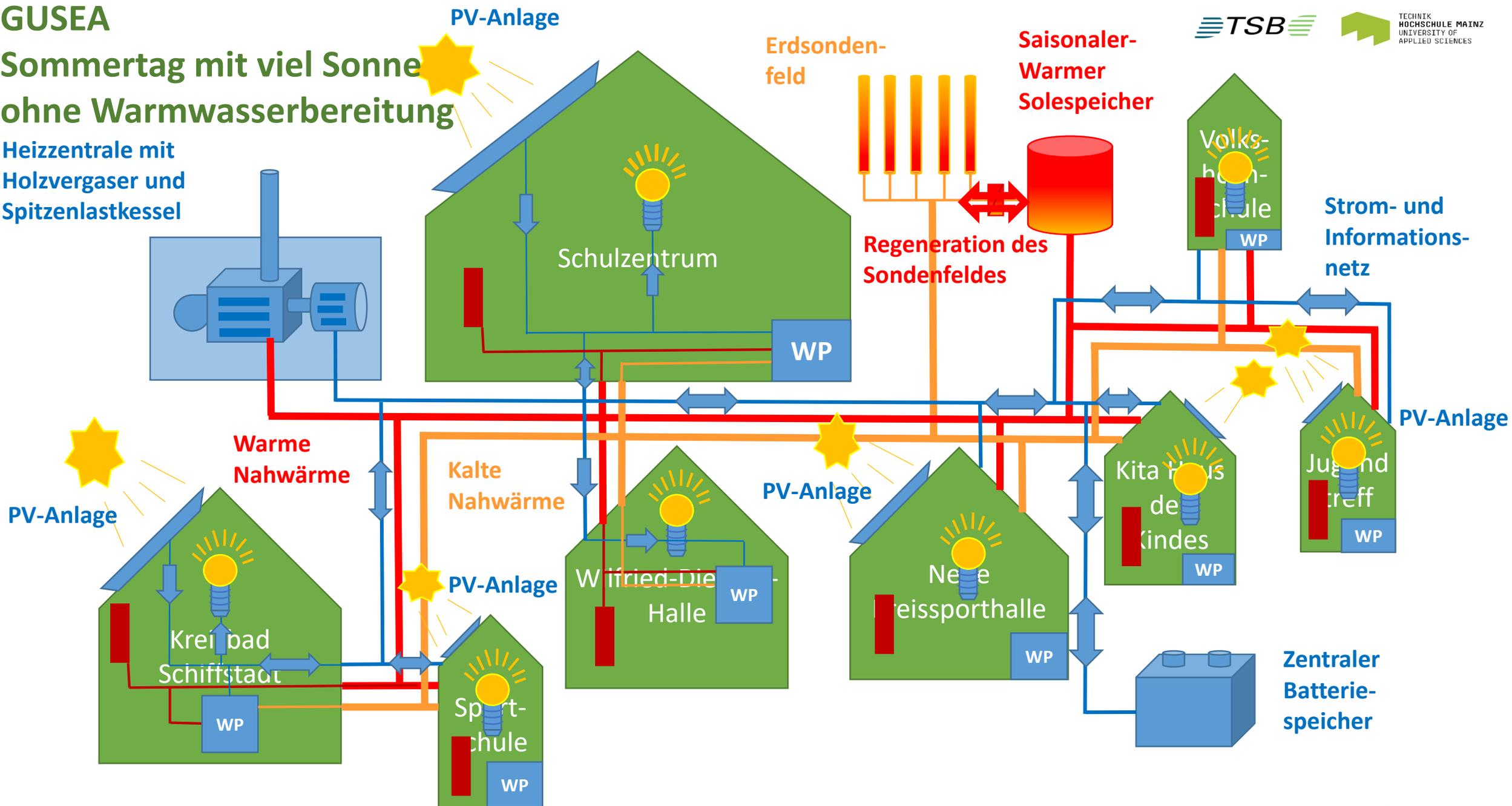
Strom- und
Informations-
netz

Zentraler
Batterie-
speicher



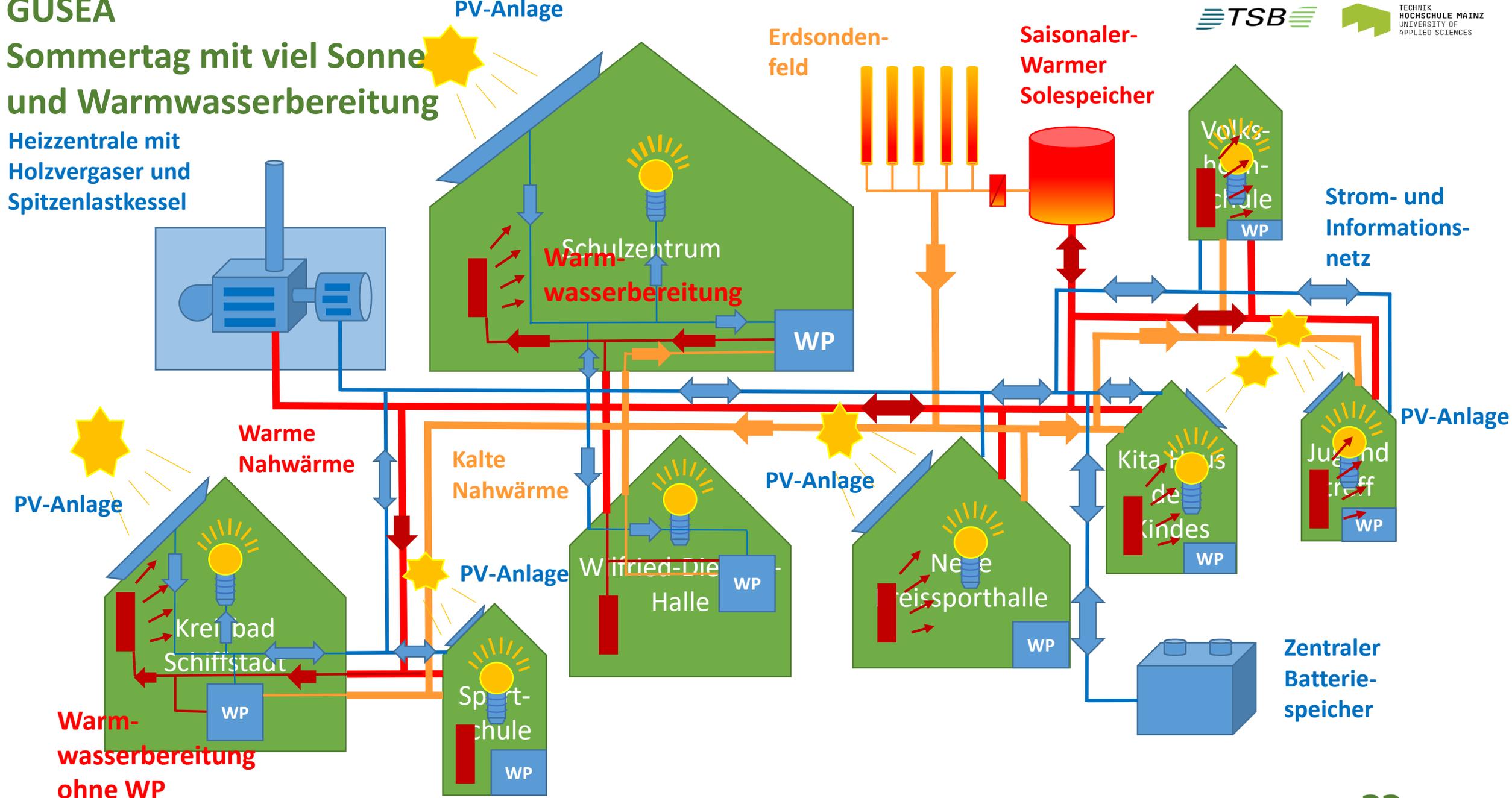
Sommertag mit viel Sonne ohne Warmwasserbereitung

Heizzentrale mit Holzvergaser und Spitzenlastkessel



Sommertag mit viel Sonne und Warmwasserbereitung

Heizzentrale mit Holzvergaser und Spitzenlastkessel



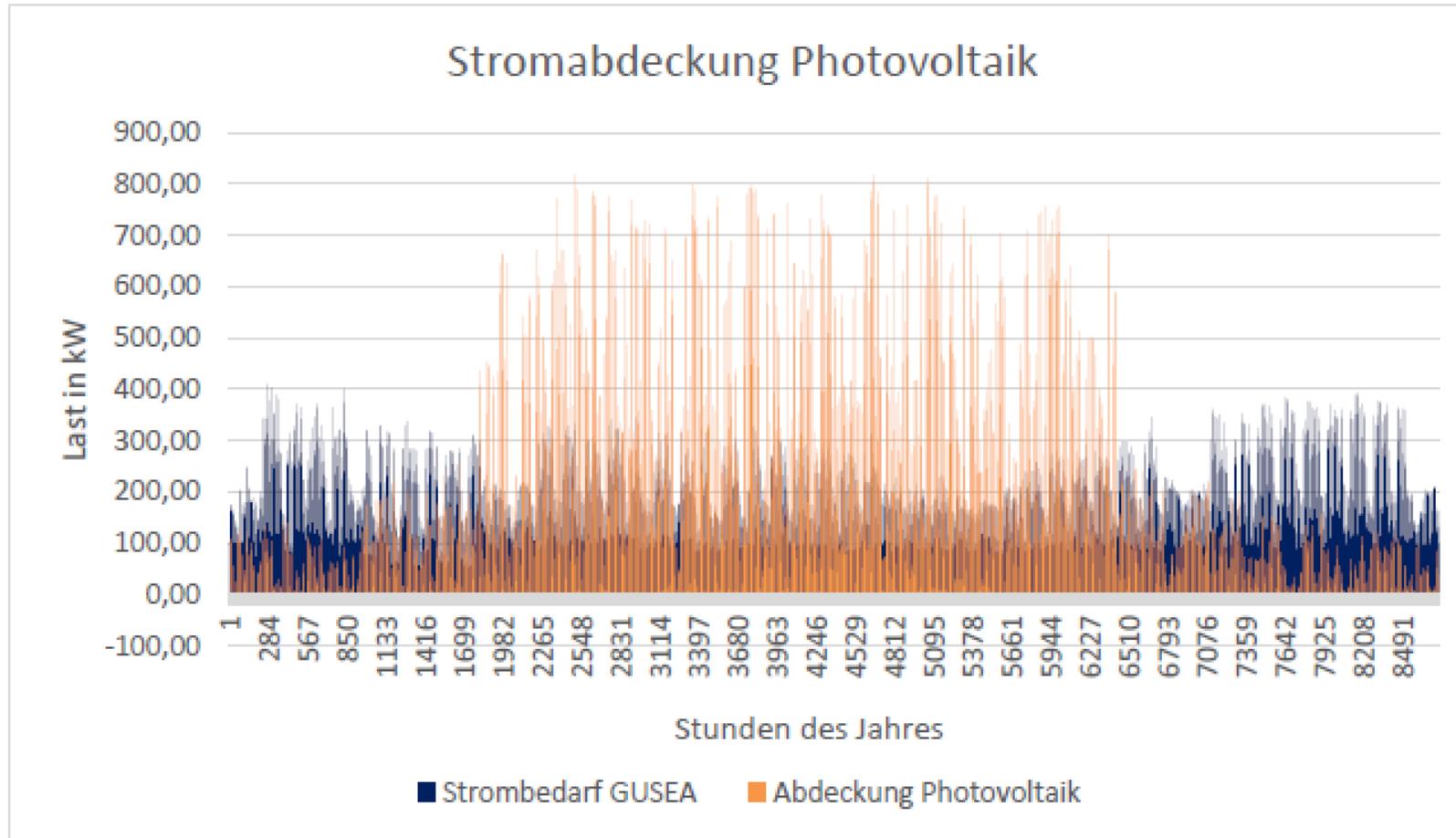


Abbildung 43: Stromabdeckung Photovoltaik

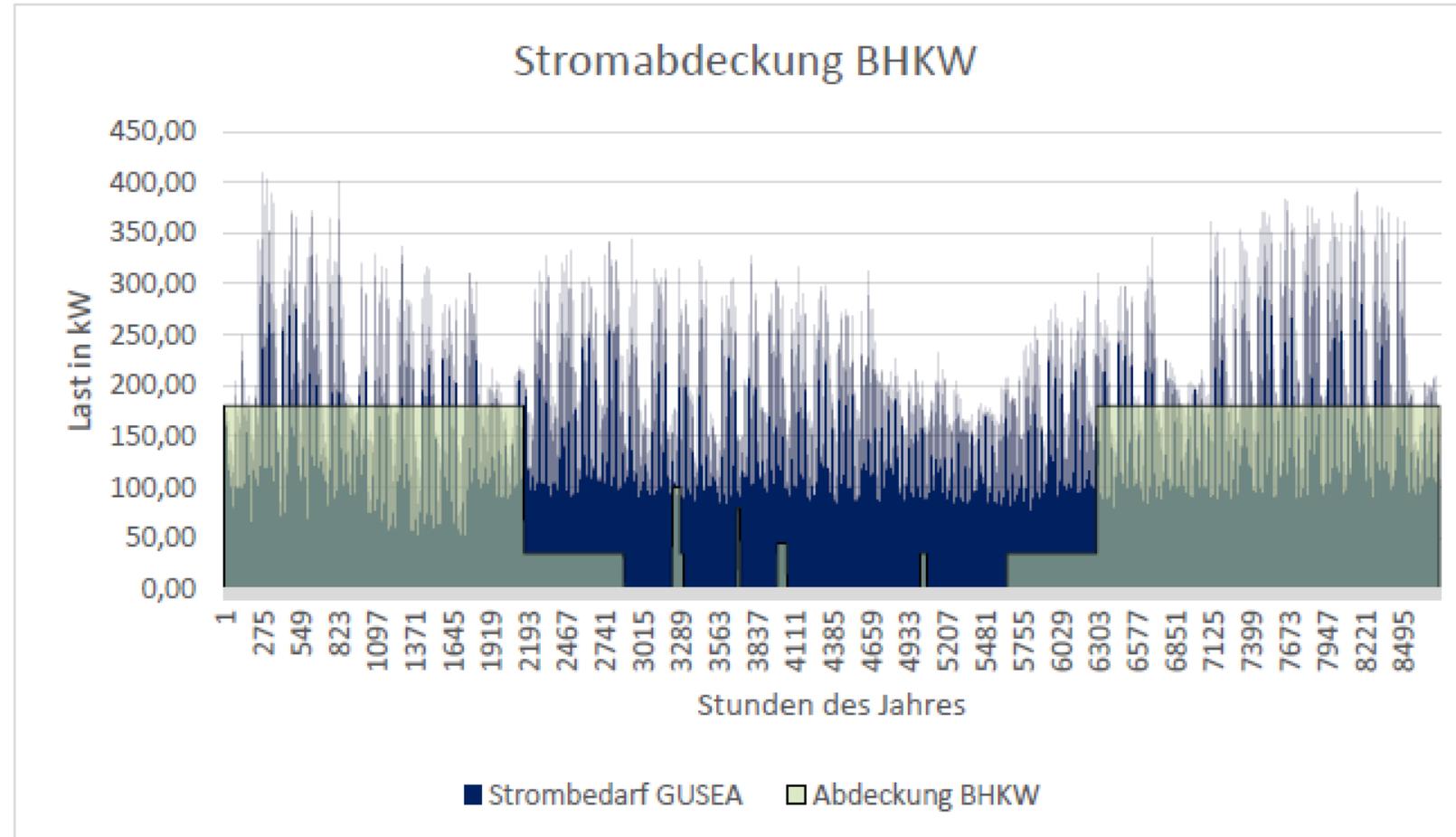


Abbildung 21: Stromabdeckung BHKW

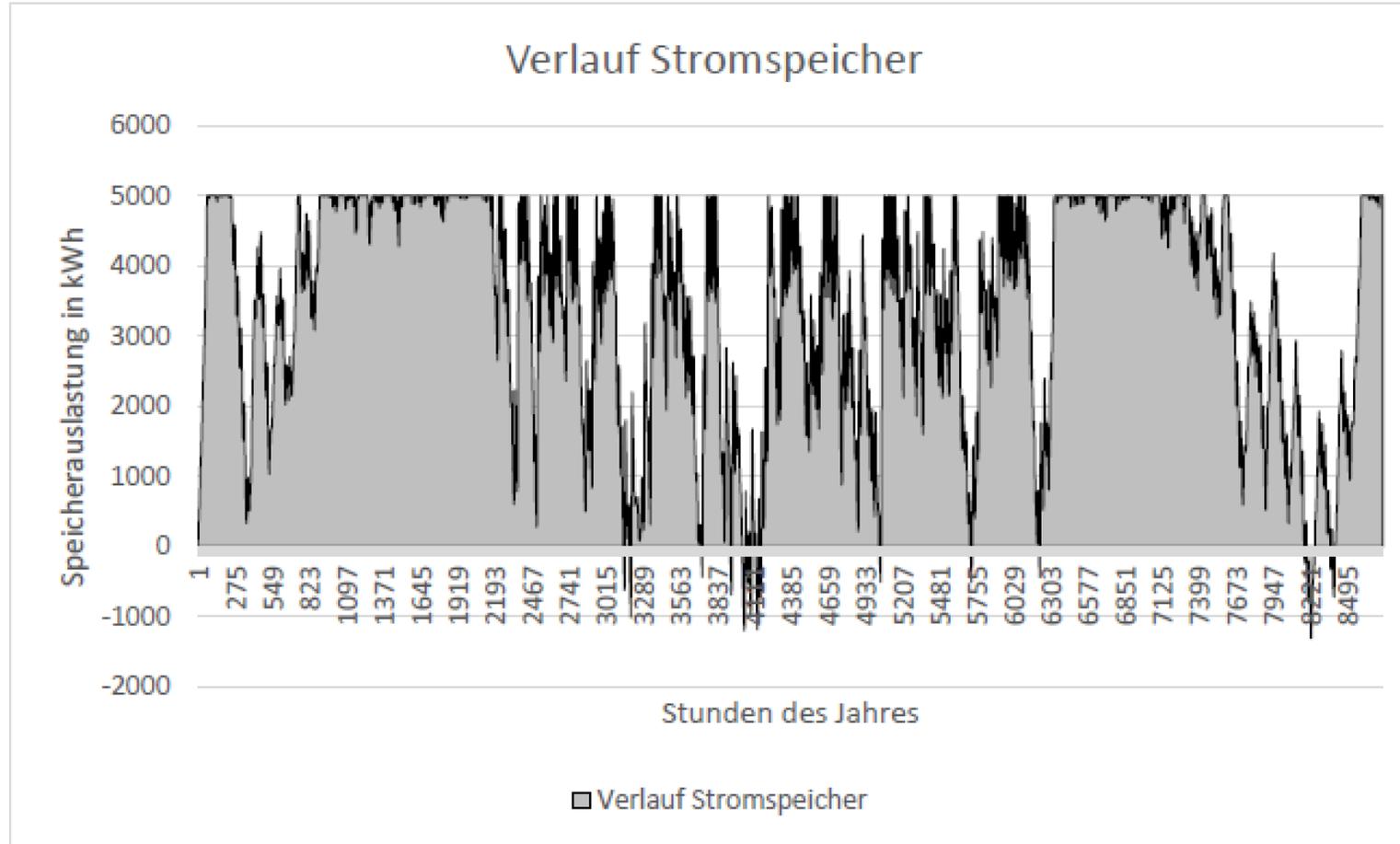


Abbildung 44: Verlauf Stromspeicher

Die nachfolgende Abbildung fasst die Ergebnisse der verschiedenen anlagentechnischen Simulationen zusammen und gibt einen kurzen Überblick zu den verschiedenen Leistungsdaten:

Beschreibung	BHKW Kaskade	PV-Produktion	Batteriespeicher
Spitzenleistung kW _{el}	180	818	4000
Gesamtproduktion kWh/a	727.272	893.260	-
Kraftstoffbedarf t/a	800	-	-

Tabelle 37: Überblick Leistungsdaten Anlagen Strom

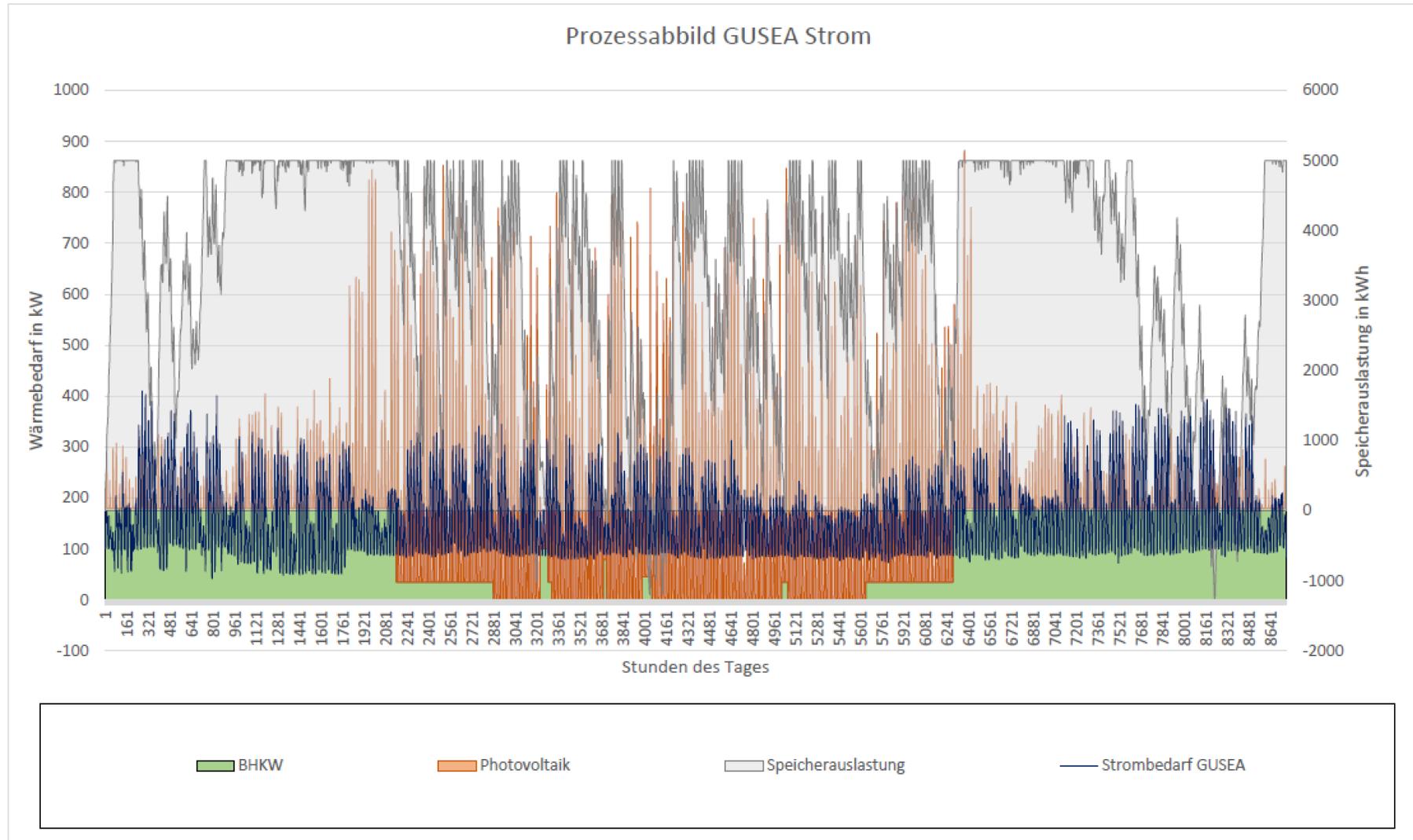


Abbildung 45: Prozessabbild GUSEA Strom

GUSEA / Auswertung neues Konzept Wärme

Bezeichnung	BHKW 1	BHKW 2	BHKW 3	BHKW 4	BHKW 5
Leistung el in kW	50,00	50,00	45,00	35,00	10,00
Leistung th kW	111,30	111,30	102,20	79,50	25,00
Laufzeit in h	4690,00	4690,00	4703,00	6075,00	5088,00
produzierte Leistung th in kWh	521997,00	521997,00	480646,60	482962,50	127200,00
produzierte Leistung el kWh	234500,00	234500,00	211635,00	212625,00	50880,00
Kraftstoffart	naturbelassenes Holz (Wasseranteil < 13%)				
Kraftstoffverbrauch in kg/kWhel	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Gesamtverbrauch in kg	211050,00	211050,00	190471,50	191362,50	45792,00

Tabelle 39: Leistungsdaten BHKW Wärme

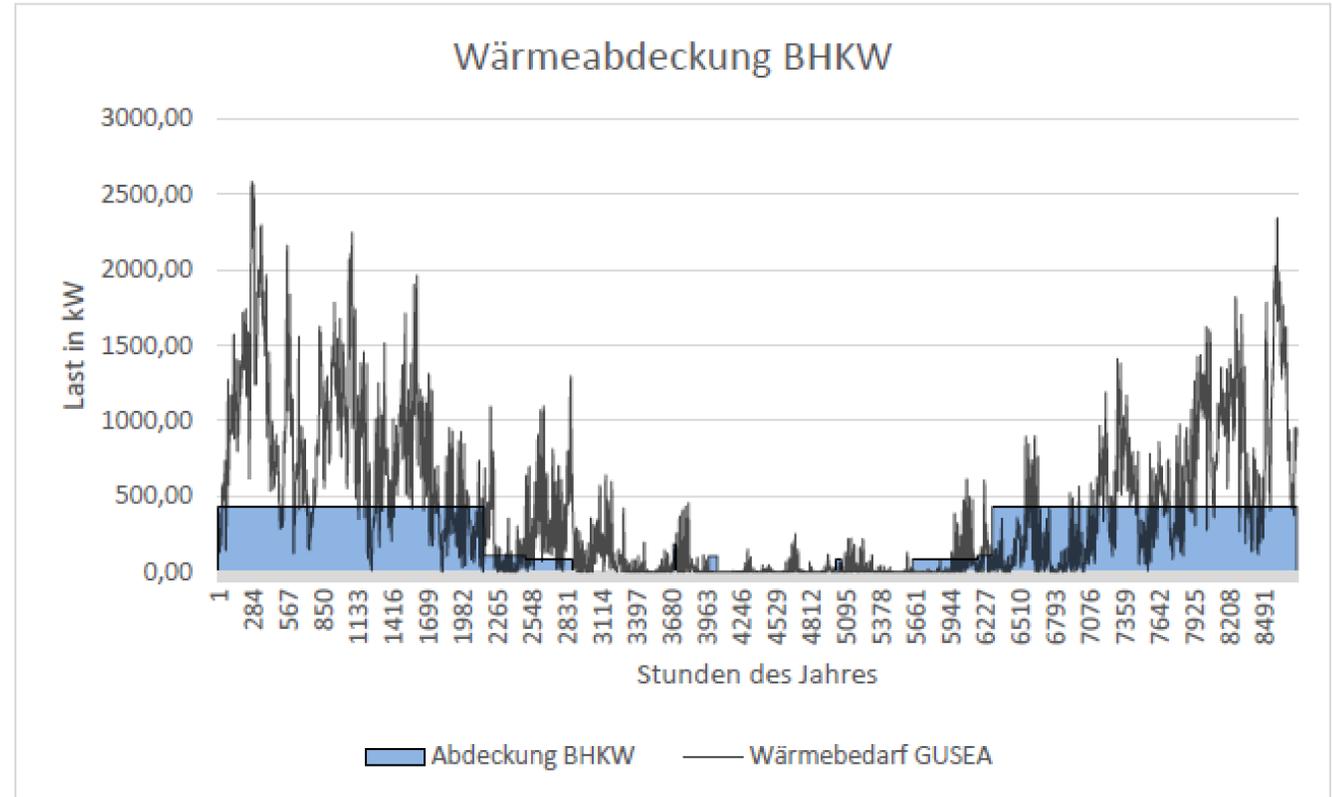
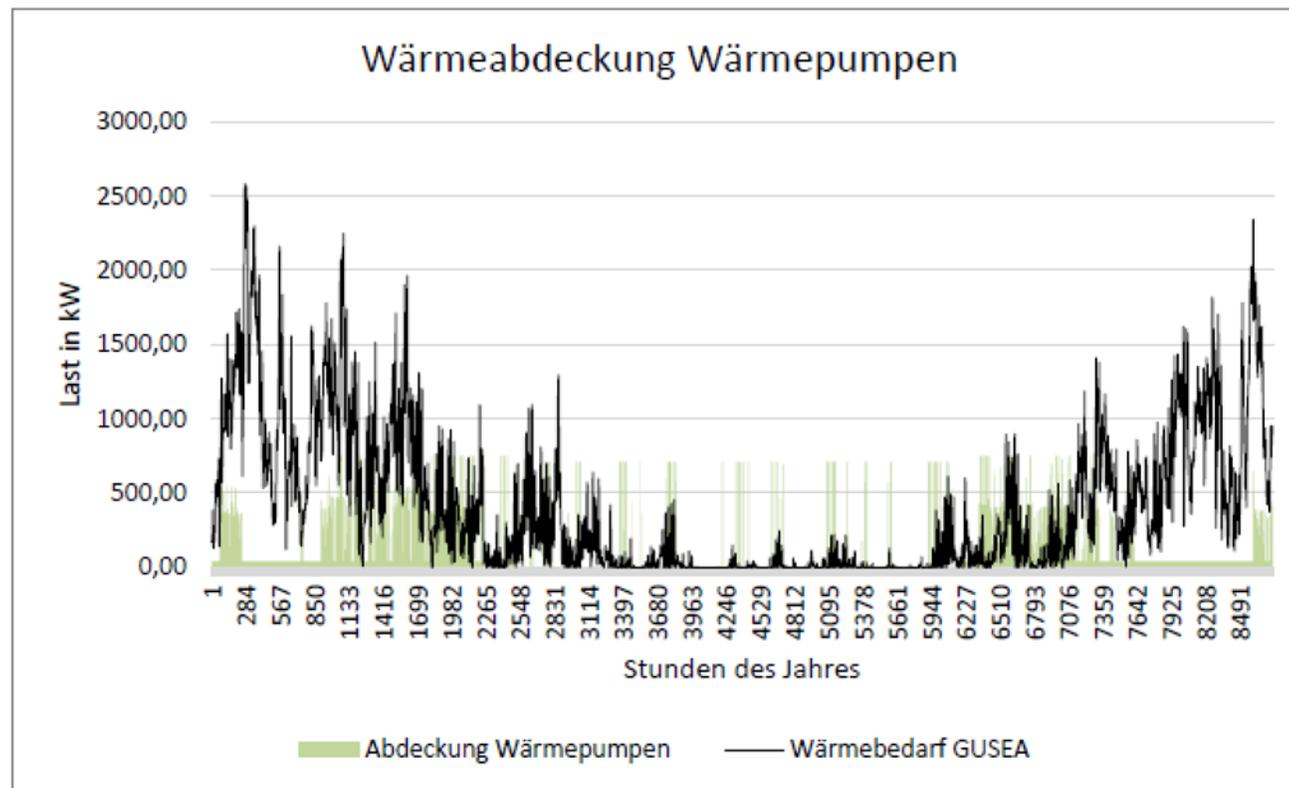


Abbildung 46: Wärmeabdeckung BHKW

GUSEA / Auswertung neues Konzept Wärme

Wärmepumpenkaskade GUSEA		
Bezeichnung	Aufstellort	Leistung
WP 1	Schulzentrum	200 kW
WP 2	Kreisbad	150 kW
WP 3	Sportschule	60 kW
WP 4	Wilfried-Dietrich-Halle	100 kW
WP 5	Neue Kreissporthalle	70 kW
WP 6	Kindertagesstätte	40 kW
WP 7	Jugendtreff	40 kW
WP 8	Volkshochschule	50 kW
Summe		710 kW
Geothermische Wärmequelle		
Bohrmeter	spez. Entzugsleistung	Entzugsleistung
6.000m	ca. 53W/m	320kW

Tabelle 40: Leistungsdaten Wärmepumpen/Geothermie



Leistungsdaten Spitzenlastkessel		
Maximale Leistung	Gesamtproduktion	Brennstoffbedarf
Ca. 2.000 kW	586.197 kWh	

Tabelle 41: Leistungsdaten Spitzenlastkessel

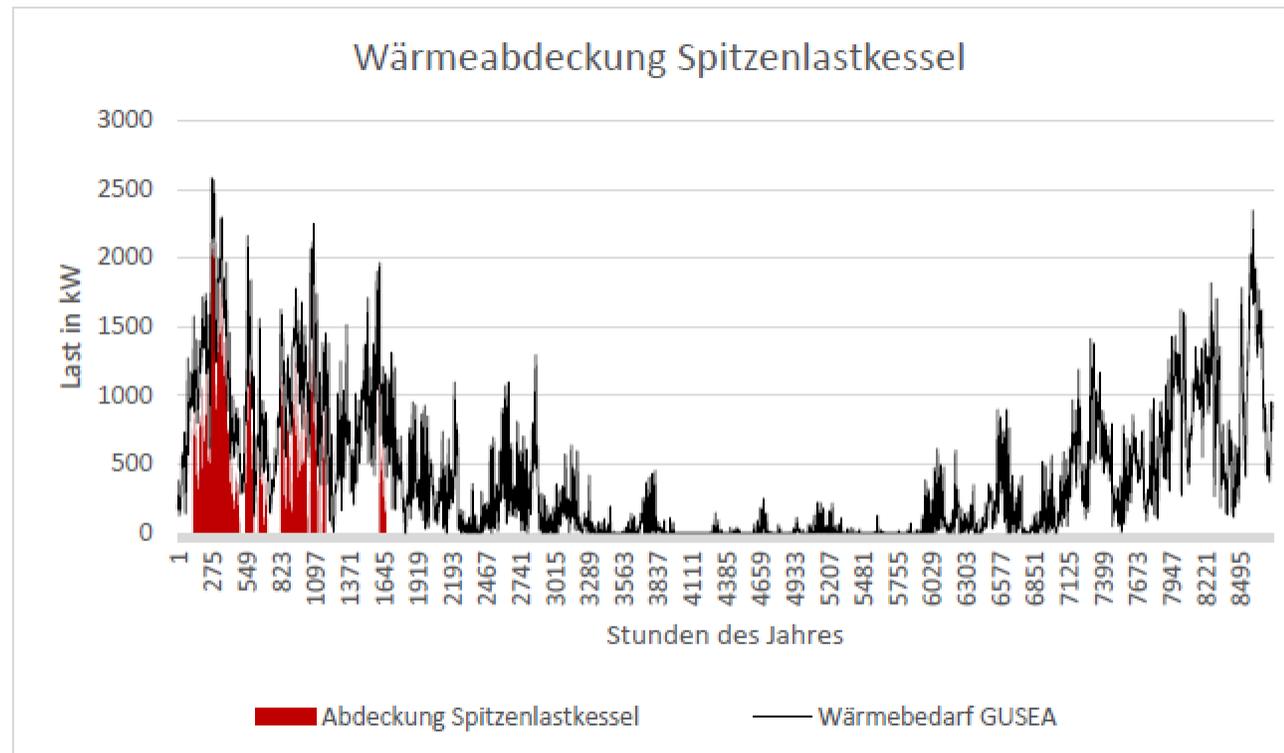


Abbildung 48: Wärmeabdeckung Spitzenlastkessel

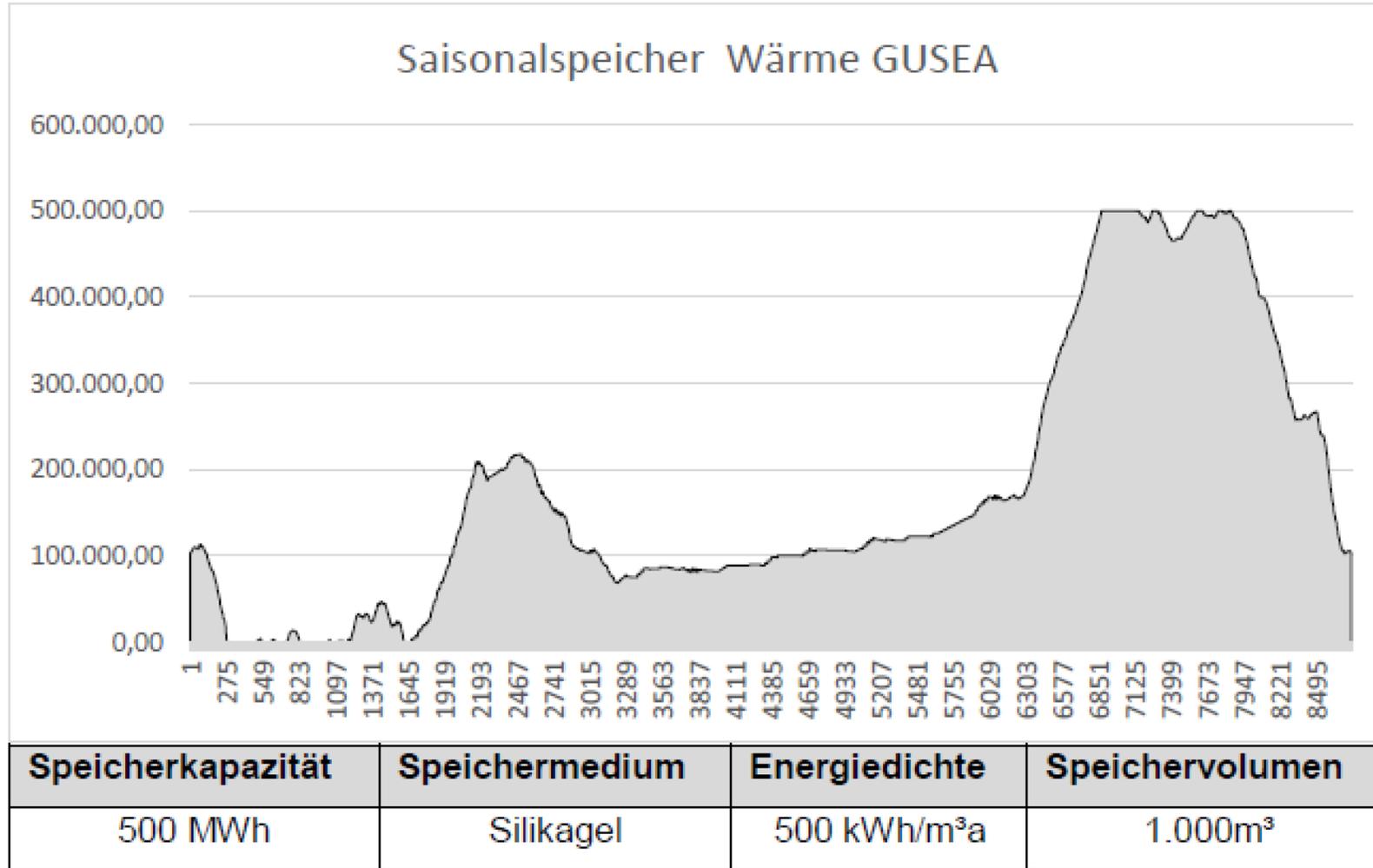


Abbildung 49: Leistungsdaten Saisonalspeicher³⁹

GUSEA / Auswertung neues Konzept Wärme

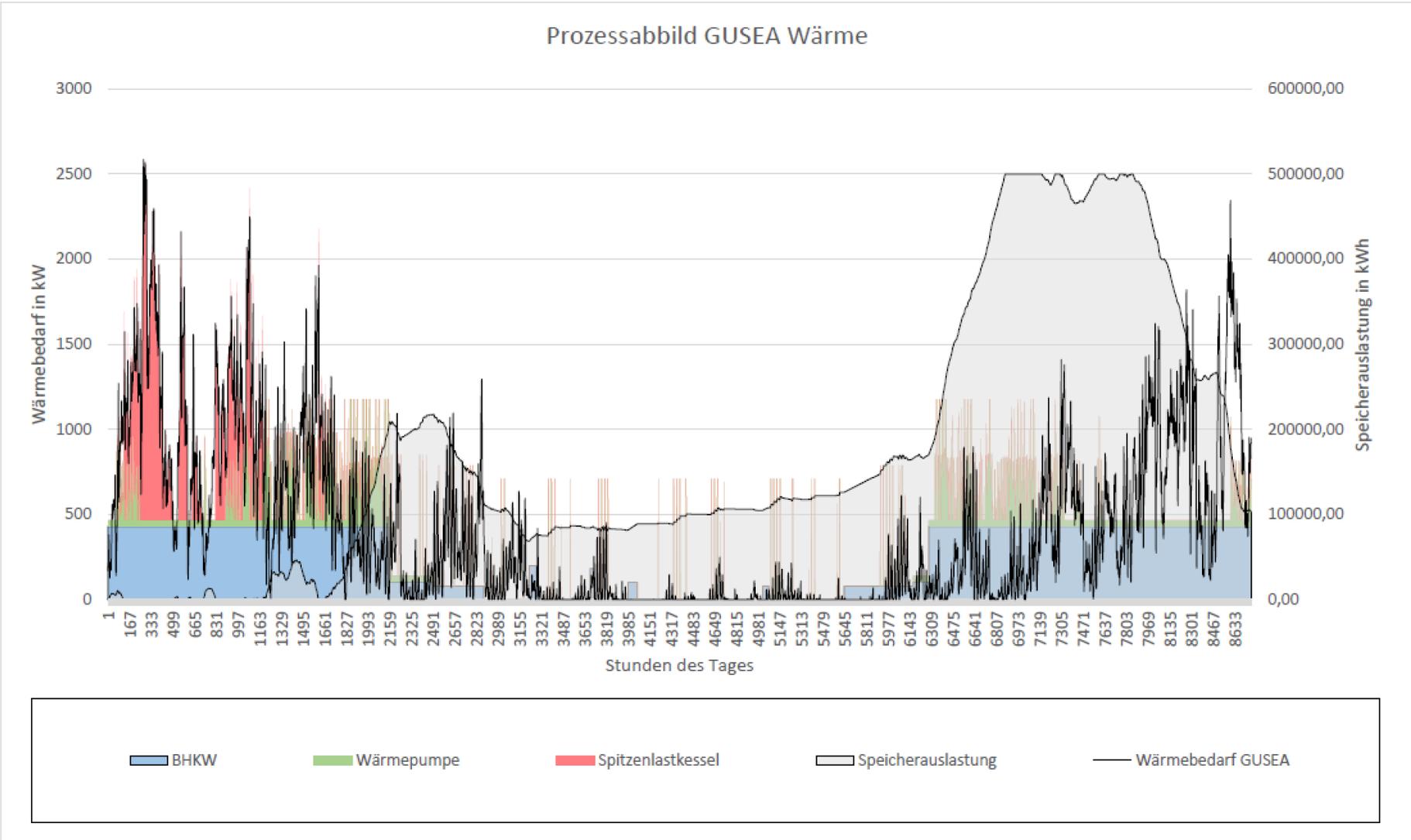


Abbildung 50: Prozessabbild GUSEA Wärme

Energieverbund Schulzentrum (Gymnasium, Realschule, Hauptschule)			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	200 kW	35.000,00	35.000,00
Photovoltaik	727 kWp	1.100 € / kWp	799.700
Liegenschaft Kreisbad			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	150 kW	31.000,00	31.000,00
Photovoltaik	119kWp	1.100 € / kWp	130.900,00
Liegenschaft Kreissporthalle			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	70 kW	27.000,00	27.000,00
Photovoltaik	87 kWp	1.100 € / kWp	95.700,00
Liegenschaft Wilfried-Dietrich-Halle			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	100 kW	27.000,00	27.000,00
Liegenschaft Kindertagesstätte			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	40 kW	12.000,00	12.000,00
Photovoltaik	21 kWp	1.100 € / kWp	23.100,00
Liegenschaft Jugendtreff			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	40 kW	12.000,00	12.000,00
Photovoltaik	45 kWp	1.100 € / kWp	49.500,00
Liegenschaft Volkshochschule			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	50 kW	12.000,00	12.000,00
Liegenschaft Sportschule			
	Gesamtleistung	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Wärmepumpe	60 kW	13.000,00	13.000,00
Gesamtkosten [€]			1.267.900,00

Tabelle 45: Investitionskosten Liegenschaften

Heizzentrale			
Energieerzeugung	Anzahl	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Gebäude Energiezentrale	1	360.000,00	360.000,00
Infrastruktur Befeuerung BHKW's	1	146.995,00	146.995,00
Holz-Vergaser-BHKW 111 kW _{th}	2	176.000,00	352.000,00
Holz-Vergaser-BHKW 102 kW _{th}	1	145.000,00	145.000,00
Holz-Vergaser-BHKW 79 kW _{th}	1	132.000,00	132.000,00
Holz-Vergaser-BHKW 25 kW _{th}	1	59.000,00	59.000,00
Heizungstechnik (Puffer, Rohre, MSR. usw.)	1	265.000,00	265.000,00
Biomassekessel 2.000 kW	1	260.000,00	260.000,00
Erdsondenfeld 320kW 6.000 Bohrmeter	1	260.000,00	260.000,00
Stromspeicher-Container mit 2,5 MWh Speicherkapazität, Inkl. Herstellung, Netzeinspeisung, Überwachung, Management- und Ingenieurleistungen	2	1.000.000,00	2.000.000,00
Wärmeenergiespeicher (Wasser-Salz-Lösung)	1	680.000,00	680.000,00
Gesamtkosten Heizzentrale [€]			4.659.995,00

Tabelle 46: Investitionskosten Heizzentrale

Energieverteilung			
Energieerzeugung	Menge	Einzelpreis [€]	Summe [€]
Kalte Nahwärme Leitungen	538 m	625 €/m	336.250,00
Warme Nahwärme Leitungen			
Strom und DV Leitungen	538 m	90 €/m	48.420,00
Gesamtkosten Leitungen [€]			384.670,00 €

Tabelle 47: Investitionskosten Energieverteilung

kalkulatorischer Zinssatz	3,00%						
Sektor	Inv. €	Nutz/a	Annuität	Kosten €/a	Faktor Inst.	Inst. €/a	
Netz	384.670	40	4,33%	16.642	8,00%	30.774	
Gebäude	1.267.900	15	8,38%	106.208	3,00%	38.037	
Heizzentrale plus Speicher usw.	3.040.000	40	4,33%	131.518	1,50%	45.600	
Holzvergaser plus Kessel	1.619.995	40	4,33%	70.085	1,00%	16.200	
	0	40	4,33%	0	0,50%	0	
	0	40	4,33%	0	0,50%	0	
	0	40	4,33%	0	2,00%	0	
	0	40	4,33%	0	0,50%	0	
	0	20	6,72%	0	1,00%	0	
Nebenkosten plus Monitoring	600.000	40	4,33%	25.957	2,00%	12.000	
	6.912.565	Inv. €		350.409	Kosten €/a	142.611	

2. Verbrauchsgebundene Kosten

Bereich	spez. Kosten	Einheit	Kosten €/a	
Energiekosten aus Berechnung			181.144,43	
				0,09
		Summe	181.144,43	€/a

3. Betriebsgebundene Kosten

Bereich	Ansatz	Einheit	Kosten €/a	
Personenstunden	21000,00	€/a	21.000,00	
Instandhaltung plus Verwaltung	2000,00	€/a	144.610,55	
		Summe	165.610,55	€/a

4. Zusammenstellung

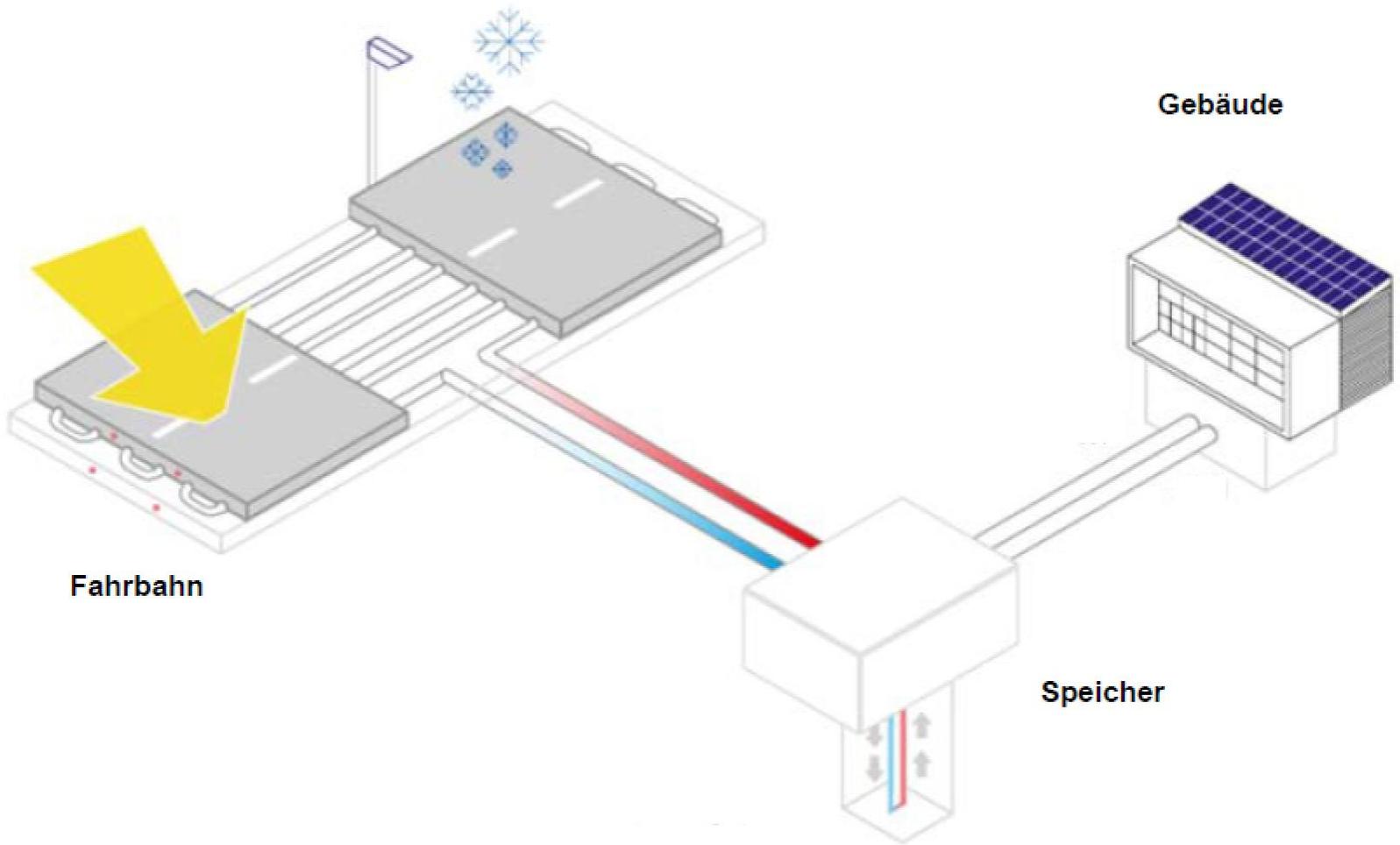
	Kosten €/a	
Kapitalgebunden	350.409,28	
Verbrauchsgebunden	181.144,43	
Betriebsgebunden	165.610,55	
Summe	697.164,26	€/a

5. Gegenüberstellung

	Kosten €/a	
Wärmepreis Vollkosten ca. 102 Euro pro MWh	393.435,97	
Stromkosten Vollkosten 25 Cent pro kWh	299.371,00	
Summe	692.806,97	€/a

Zukunftsideen für Quartiere

Die Straße als Energielieferant

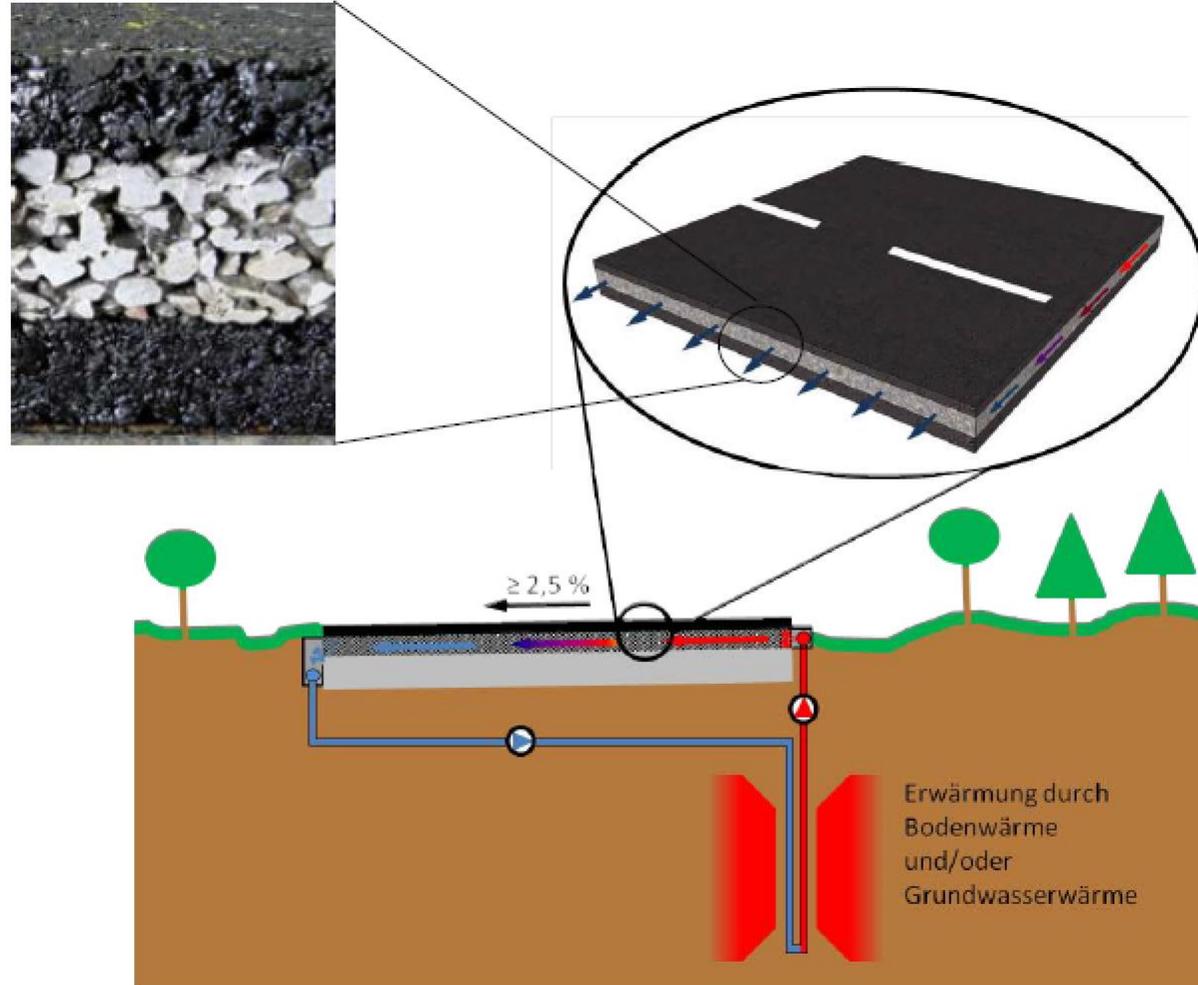


Quelle: Jansen et al., 2013

Zukunftsideen für Quartiere

Die Straße als Energielieferant

Energietransport



Zukunftsideen für Quartiere

Die Straße als Energielieferant

Nutzen im Winter (durch Heizen)

- Verringerung von temperaturinduzierten Straßenschäden
- Erhöhung der Lebensdauer der Asphaltdeckschicht
- Einsparungen bei Erhaltungsmaßnahmen denkbar
- Unterstützung im Winterdienst
- Verkehrssicherheit
- Leistungsfähigkeit
- Umweltfreundlichkeit
- Schonung der Bauwerke

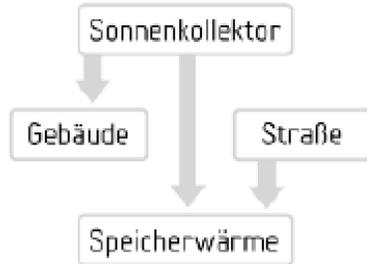


Quelle: Eugster, 2007

Zukunftsideen für Quartiere

Die Straße als Energielieferant

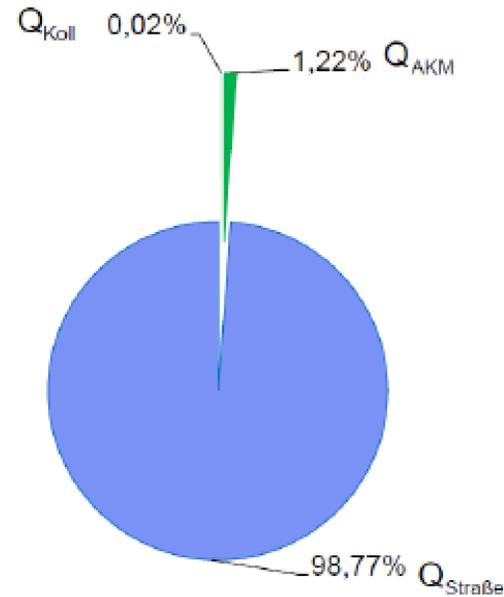
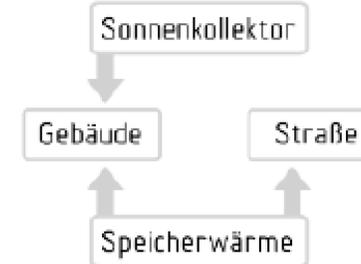
● Sommer



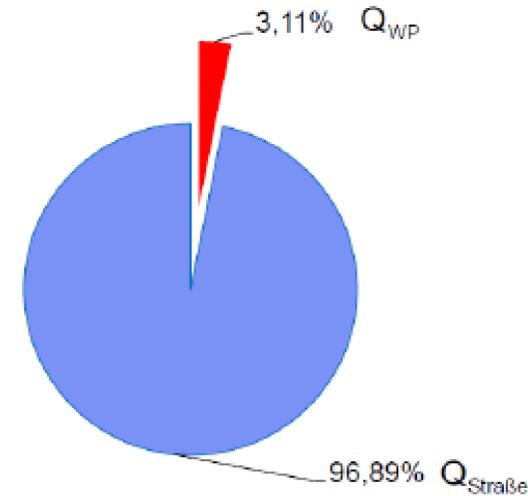
Repräsentative Systemauslegung

- Heizen der Fahrbahn dominiert
- Anteil der Energie für Gebäudeklimatisierung gering

❄ Winter



Sommer



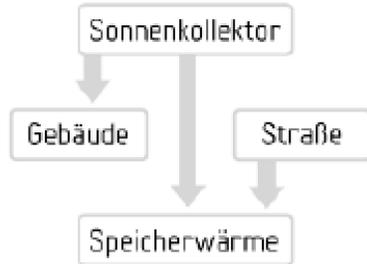
Winter

Quelle: FE 09.0174/2011/HRB

Zukunftsideen für Quartiere

Die Straße als Energielieferant

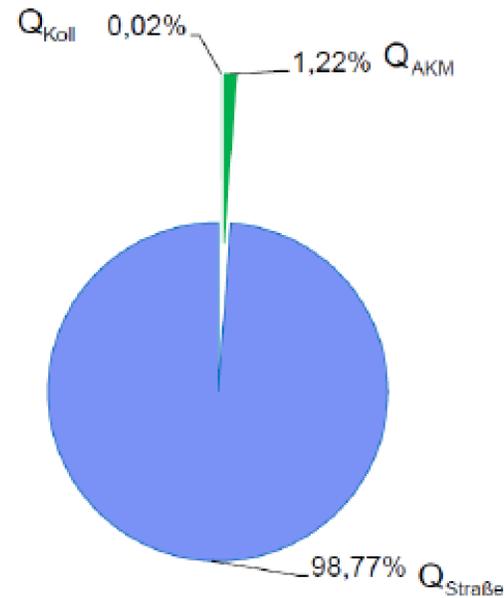
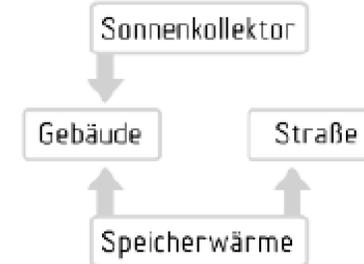
● Sommer



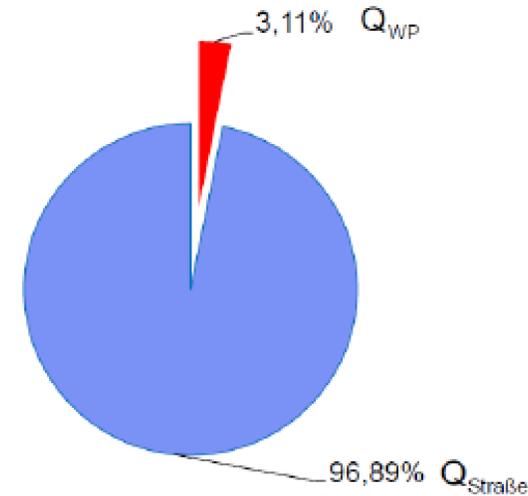
Repräsentative Systemauslegung

- Heizen der Fahrbahn dominiert
- Anteil der Energie für Gebäudeklimatisierung gering

❄ Winter



Sommer



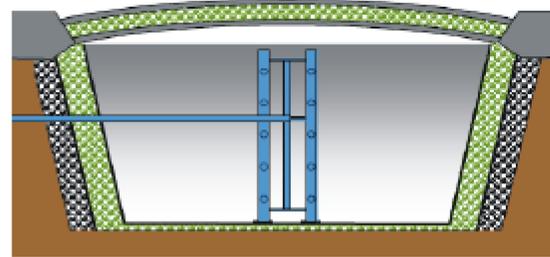
Winter

Quelle: FE 09.0174/2011/HRB

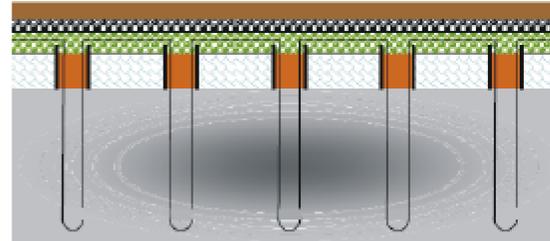
Zukunftsideen für Quartiere

Die Straße als Energielieferant

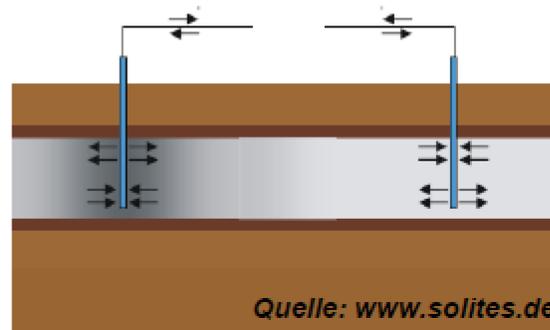
Kies-Wasser-Wärmespeicher



Erdwärmesondenspeicher



Aquifer-Wärmespeicher



Ergebnisse

Technische Umsetzbarkeit gegeben !

Wärmeabnahme der Gebäude spielt im Vergleich zum Wärmebedarf und zum Wärmegebot der Fahrbahnheizung eine untergeordnete Rolle!

Change:

Wenn wir das Speicherpotential z.B. durch Erdwärmespeicher nutzen können, haben wir einen wirtschaftlichen und ökologischen Synergieeffekt, der sich gerade bei Quartieren sehr positiv auswirken könnte!

Aufgabe:

Definition des Speichervolumens für Fahrbahnheizung und Gebäude sowie die Realisierung stellt technisch und wirtschaftlich den kritischen Weg dar!

KONSTANTIN ZIOLKOWSKIJ Vision eines Sonderlings !

Er war ein russischer Lehrer und Naturforscher, der sich als einer der ersten mit Fragen der Raumfahrt beschäftigte und als „Vater der russischen Raumfahrt“ gilt. ZIOLKOWSKI war der Erste, der 1903 die Raketengrundgleichung zur Bestimmung der Endgeschwindigkeit einer Rakete veröffentlichte und auch Vorstellungen über Satelliten und Weltraumstationen entwickelte, mit denen er seiner Zeit weit voraus war.

Prof. Dipl.-Ing. Thomas Giel

