



© astoc/mess

Energiekonzept Pfaff-Quartier 2029

Gerhard Stryi-Hipp, Marc-André Triebel (Fraunhofer ISE)

Thomas Anton, Patrick Huwig, Jens Frank (IfaS)

15.03.2019

PFAFF
Reallabor

Inhalt

- 1. Zielsetzung und Vorgehensweise**
2. Zusammenfassung der Ergebnisse
3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale
4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung
5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten
6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen
7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen

1. Zielsetzung Energiekonzept Pfaff-Quartier 2029

- Die Stadt Kaiserslautern verfolgt das Ziel, das Pfaff-Quartier zu einem CO₂-neutralen (klimaneutralen) zu entwickeln.
- Im Rahmen von EnStadt:Pfaff wurde das folgende Energiekonzept entwickelt, das aufzeigen soll, wie das Ziel der **klimaneutralen Energieversorgung möglichst kostengünstig und effizient** erreicht werden kann.
- Das **Energiekonzept** wurde von **IfaS** (Datenerhebung, Untersuchung von technischen Varianten, Wirtschaftlichkeitsrechnungen) und Fraunhofer **ISE** (sektorgekoppelte Modellierung) **gemeinsam erarbeitet und abgestimmt**.

Die Berechnungen erfolgten unter folgenden Randbedingungen:

Das Energiekonzept

- berücksichtigt den **Energiebedarf des gesamten Pfaff-Areals ohne PCP-Bauten** (Gebiet siehe Abbildung, gestrichelter Bereich nicht in Berechnungen des ISE enthalten)
- bezieht sich auf den **Endausbau des Quartiers**, der im Jahr 2029 erwartet wird (entsprechend der 2. Fortschreibung des Rahmenplans)
- umfasst die Sektoren **Strom, Wärme, Kälte und lokale Mobilität**
- enthält im Sektor Mobilität den erwarteten Strombedarf für die Beladung von Elektromobilen im Quartier unter der Annahme, dass die gesamte Mobilität mit Elektromobilen erfolgt



Betrachtetes Gebiet Energiekonzept

1. Vorgehensweise Erstellung Energiekonzept

1. Erhebung der **Energiebedarfe** für den Endausbau des Pfaff-Quartiers im Jahr 2029
2. Erhebung der **potenziellen Beiträge der CO₂-neutralen Energiequellen** im Quartier (und zuzüglich des Abwärme potenzials von AcoGuss, das dem Quartier geliefert werden könnte)
3. **Untersuchung verschiedener Energieversorgungsvarianten** unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wärmeversorgungsstrukturen (Wärmenetz mit unterschiedlichen Temperaturen im Quartier) mit Vergleich des **Selbstversorgungsanteils** im Quartier mit erneuerbaren Energien/Abwärme sowie der **Kosten** für das Energiesystem
Die Berechnungen wurde auf zwei Weisen durchgeführt:
 1. **Fraunhofer ISE** hat mit dem Modellierungsprogramm KomMod für **3 Varianten von Wärmenetztemperaturen** das **kostengünstigste Gesamtenergiesystem** zur Strom- und Wärmeversorgung mit Gesamtkosten und Selbstversorgungsanteil berechnet
 2. **IfaS** hat **6 Varianten** untersucht und die dafür die Wärmegestehungspreise sowie die CO₂-Emissionen für die **Wärmeversorgungskonzepte** im Detail berechnet
4. Auf Basis beider Untersuchungen wurde eine **gemeinsame Empfehlung für die Energieversorgungsstruktur des Pfaff-Quartiers** abgeleitet

Inhalt

1. Zielsetzung und Vorgehensweise
- 2. Zusammenfassung der Ergebnisse**
3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale
4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung
5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten
6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen
7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen

2. Zusammenfassung Ergebnisse ISE und IfaS, Empfehlungen Energiekonzept

- Das **Potenzial an erneuerbaren Energien** ist im Pfaff-Quartier sehr begrenzt. Das Solarpotenzial auf den Dächern sollte deshalb vollständig und in den Fassaden teilweise genutzt werden. Das Abwärme-Potenzial von AcoGuss wird als internes Potenzial betrachtet.
- **Für das Energiekonzept stellt sich insbesondere die Frage nach dem Temperaturniveau des Wärmenetzes** (Pfaff-Wärmenetz). Es wurden 3 Varianten mit drei unterschiedlichen Temperaturen mit folgendem Ergebnis untersucht:
 1. Die Versorgung mit **Fernwärme mit 70 °C** Vorlauf sorgt für eine sichere Wärmeversorgung zu einem heute attraktiven Preis. Um eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung zu erreichen, müsste die gelieferte Fernwärme mittel- bis langfristig CO₂-neutral erzeugt werden. Ob dies zum aktuellen Preis möglich ist, lässt sich nicht abschätzen. Diese Lösung ist nicht vereinbar mit Anspruch von EnStadt:Pfaff, eine innovative Wärmeversorgung zu realisieren.
 2. Die Versorgung mit einem **35 oder 40 °C (LowEx) Wärmenetz**, das vornehmlich durch die **Abwärme von AcoGuss** gespeist wird, ist zu ähnlichen Kosten wie die 70 °C Fernwärmeversorgung möglich. Gleichzeitig führt diese Variante zu einem deutlich höheren Selbstversorgungsanteil. Das MVZ und die Pforte würden von der Fernwärme versorgt werden.
 3. Die Realisierung eines **kalten Wärmenetzes mit 10 °C** und Nutzung des **Abwasserkanal-Wärmetauschers** ist deutlich teurer als die Variante 2 und führt zu einem geringeren Selbstversorgungsgrad. Das MVZ und die Pforte würden von der Fernwärme versorgt werden. Die Vorteil des kalten Wärmenetzes, Abwärme-Potenziale zu erschließen, die Wärmeverluste im Netz zu vermeiden und mehr Sektorkopplung durch Nutzung von Überschuss-Strom mit Wärmepumpen zu ermöglichen, sind im Pfaff-Quartier nicht gegeben, da die entsprechenden Quellen nicht vorhanden sind und das Abwärmepotenzial von AcoGuss bereits 35 °C Vorlauf im Quartier bietet.
- Die Solarthermie-Variante ist nach Kostenrechnung von IfaS nicht wirtschaftlich.

Die Berechnungen von ISE und von IfaS führen zur eindeutigen Empfehlung, im Pfaff-Quartier ein (LowEx)-Wärmenetz mit 40 °C Vorlauftemperatur unter Nutzung der AcoGuss Abwärme zu realisieren. Statt (oder zusätzlich zum) des Abwasserkanal-Wärmetauschers ist die Abwärmennutzung von AcoGuss zu realisieren. Das MVZ und die Pforte werden dabei durch die Fernwärme direkt versorgt.

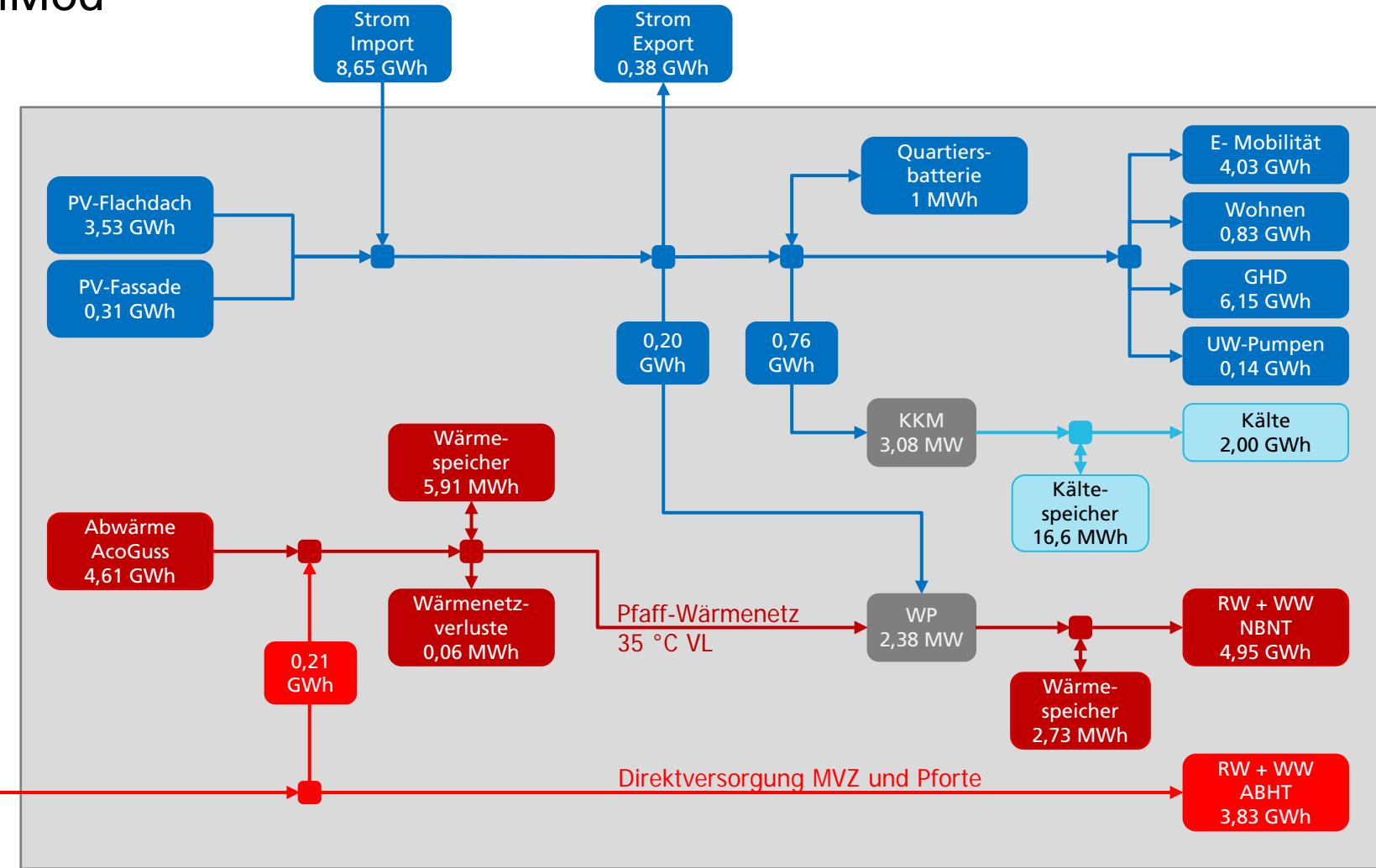
Empfohlene Variante 2: 35 Grad C Wärmennetz, Nutzung AcoGuss Abwärme, Fraunhofer ISE mit KomMod

Das Energieflussdiagramm zeigt die kostengünstigste Variante, wenn das Wärmennetz innerhalb des Quartiers eine Vorlauftemp. von 35 °C aufweist und dieses von der AcoGuss Abwärme gespeist wird. In den NBNT-Gebäuden wird die Bedarfstemp. von 40 °C (Raumwärme) und 60 °C (Warmwasser) mit dezentrale Wärmepumpen bereitgestellt. Da die AcoGuss-Abwärme nur zu Betriebszeiten zur Verfügung steht, ist ein zentraler Wärmespeicher installiert und das Fernwärmennetz liefert eine geringe Restwärmemenge.

Zur Erläuterung:

Die hier dargestellte ISE Berechnung betrachtet ein 35°C Wärmennetz mit dezentraler Anhebung in den Gebäuden. Empfohlen wird ein 40°C Netz, das die Kosten der dezentralen WP senkt.

Fernwärme Import 4,04 GWh



Bilanzgrenze: Pfaff Quartier (ohne Baufeld1), AcoGuss Abwärme wird als interne Quelle betrachtet und bilanziert
KKM = Kompressionskältemaschine UW-Pumpen = Umwälzpumpen des Wärmennetzes WP = Wärmepumpe WT = Wärmetauscher
ABHT = Altbau Hochtemperaturgebäude (MVZ und Pforte), NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

2. Übersicht der Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE mit KomMod

Energie- mengen → nach Varianten ↓	Strom Import [GWh]	Strom Export [GWh]	Strom PV Dach [GWh]	Strom PV Fassade [GWh]	Wärme FW Import [GWh]	Wärme AcoGuss AW [GWh]	Wärme Kanal AW [GWh]	Wärme WP NBNT [GWh]	Wärme DH NBNT [GWh]	Kälte KKM [GWh]
70 Grad	8,41	0,39	3,53	0,22	8,90	-	-	-	-	2,04
35 Grad	8,65	0,38	3,53	0,31	4,04	4,61	-	4,96	-	2,04
10 Grad	9,30	0,15	3,53	0,59	6,04	-	1,53	4,74	0,25	2,04

Ergebnisse → nach Varianten ↓	Selbstver- sorgungsgrad	Jährliche Kosten Energieversorgung	Wärme- gestehungs- kosten	CO ₂ - Emissionen pro Jahr
70 Grad	18%	3,18 Mio €	10,0 €ct/kWh	5274 t CO ₂ /a
35 Grad	41%	3,02 Mio €	7,7 €ct/kWh	3278 t CO ₂ /a
10 Grad	27%	3,53 Mio €	11,3 €ct/kWh	4000 t CO ₂ /a

FW = Fernwärme
 AW = Abwärme
 WP = Wärmepumpe
 DH = Direkterhitzer (Heizstab)
 KKM = Kompressionskältemaschine
 NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

→ Variante 2 (Wärmenetz mit 35 °C Vorlauftemperatur und Nutzung AcoGuss Abwärme) führt zum höchsten Selbstversorgungsanteil, den niedrigsten Kosten und den geringsten CO₂-Emissionen und wird folglich aus Sicht des Gesamtenergiesystems empfohlen

2. Übersicht Berechnungsergebnisse IfaS

Variante	Temperatur Wärmenetz	Jahresgesamt- kosten 2029	Wärmepreis
1) Fernwärme	70 °C	830 T€/a	9,4 €ct/kWh
2) Dezentrale Luft-Wasser- Wärmepumpen	Kein Netz	-	-
3) Abwasserkanal + Solarthermie	40 °C	1.565 T€/a	17,8 €ct/kWh
4) AcoGuss Abwärme	40 °C	805 T€/a	9,2 €ct/kWh
5) Solarthermie und Saisonwärmespeicher	?	1.539 T€/a	17,5 €ct/kWh
6) Kaltes Wärmenetz	10 °C	1.417 T€/a	16,1 €ct/kWh

→ Variante 1 (Fernwärmenetz) und 4 (AcoGuss Abwärme) weisen ähnlich geringe Wärmepreise auf, wobei AcoGuss noch etwas günstiger ist.

Inhalt

1. Zielsetzung und Vorgehensweise
2. Zusammenfassung der Ergebnisse
- 3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale**
4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung
5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten
6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen
7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen

3. Energiebedarfe Pfaff-Quartier

Energiebedarfe	Altbau Hochtemp (ABHT) [MWh/a]	Neubau + AB renoviert (NBNT) [MWh/a]	Gesamt [MWh/a]	Erläuterungen
Heizwärme	2.621	4.035	6.656	Wärmemengen ohne Netzverluste (diese betragen maximal 1,3%)
Warmwasser	1.210	919	2.129	
Wärme gesamt	3.831	4.954	8.785	
Strom Gebäude	1.543	5.436	6.979	
Strom E-Mobilität			4.030	100% E-Mobilität; inkl. Besucher, Beschäftigte, Bewohner und Wirtschaftsverkehr
Strom Umwälzpumpen Wärmenetz			200	Ohne Strom für Wärmebereitstellung Maximalwert für Kaltes Wärmenetz
Strom zur Kälteerzeugung			766	Kältebedarf: 2.000 MWh/a, gedeckt mit Kompressionskältemaschinen (KKM)
Strom gesamt			11.975	Ohne Strom zur Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen
Endenergie gesamt			22.760	

3. Wärmeversorgung – Temperaturniveaus des Pfaff-Wärmenetzes

Bei den folgenden Berechnungen wird aus Vereinfachungsgründen von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Die Neue Verwaltung (MVZ) und die Pforte werden vom Fernwärmenetz der SWK versorgt und haben eine interne Wärmeversorgung mit 60 °C Vorlauf (die Übergabestation der Fernwärme befindet sich direkt am MVZ)
- Alle anderen Gebäude werden vom Pfaff-Wärmenetz innerhalb des Pfaff-Quartiers versorgt. Die notwendige Vorlauftemperatur (VLT) für die Raumwärmeversorgung beträgt 40 °C, da die Gebäude gut gedämmt sind oder zumindest eine Flächenheizung aufweisen. Im Rahmen des Energiekonzeptes wurden mehrere Varianten für die VLT des Pfaff-Wärmenetzes untersucht (70 °C, 35 °C / 40 °C, 10 °C).

Gebäudetypen	Gebäude nach Kategorie	Raumwärme Vorlauftemp.	Warmwasser Vorlauftemp.	Wärmenetz Vorlauftemperaturen
Altbau Hochtemperatur-Raumwärme (ABHT)	Neue Verwaltung (MVZ) + Pforte	60 °C VL	60 °C VL	Fernwärme 70 °C VL
Neubau + Altbau Niedertemperatur-Raumwärme (NBNT)	Alle Neubauten + restliche Bestandsgebäude	40 °C VL *	60 °C VL	Varianten: 1) Fernwärme 70 °C VL 2) Nahwärmenetz 35 °C / 40 °C VL 3) Kaltes NW-Netz 10 °C VL

* Annahme: Alle Bestands Bestandsgebäude haben einen mittleren bis guten Effizienzstandard und eine Flächenheizung, sodass eine Vorlauftemperatur von 40 °C ausreicht, in effizienten Neubauten

3. Energie-Erzeugungspotenziale im Pfaff-Quartier (inkl. Abwärme AcoGuss)

	Energieressource	Maximal Installierbare Leistung [kW]	Maximale Energie- erzeugung [MWh/a]	COP WP	Maximale Endenergie- erzeugung [MWh/a]	Maximaler Anteil am Endenergie- bedarf	Erläuterungen
Wärme	Abwasserkanal- Wärmetauscher + WP	367	2.500 (10 °C)	5	3.100 (40 °C)	35% am Wärmebedarf	Trockenwetterabfluss: 65 l/s
	Solarthermie Dach*	11.200	9.600**		9.600**	100% am Wärmebedarf	16.000 m ² Kollektorfläche 600 kWh/m ² Mit Saisonwärmespeicher
	Erdkollektor im Park + WP	100	800 (10 °C)	5	1.000 (40 °C)	11% am Wärmebedarf	5.000 m ² Erdkollektorfläche
	Grundwasser- sanierungsanlage + WP	35	280 (10 °C)	5	350 (40 °C)	4% am Wärmebedarf	Schwankende Leitungsbereitstellung
	AcoGuss-Abwärme	1.600	9.000 (35 °C)		9.000 (35 °C)	100% am Wärmebedarf	Abwärmenutzung Schmelzöfen
Strom	Photovoltaik Dach*	3.880	3.530		3.530	30% am Strombedarf ohne Wärmeerzg.	Dachfläche: 48.344 m ² Nutzfaktor: 0,48 Wirkungsgrad: 18%
	Photovoltaik Fassade	1.420	868		868	7% am Strombedarf ohne Wärmeerzg.	

* Solarthermie und Photovoltaik stehen auf dem Dach in Konkurrenz

** Wärmeertrag der Solarkollektoren bei Nutzung von Hocheffizienzkollektoren, Systemverluste (Verteilung, Speicher) müssen noch abgezogen werden)

COP = Coefficient of Performance (Arbeitszahl)

WP = Wärmepumpe

Inhalt

1. Zielsetzung und Vorgehensweise
2. Zusammenfassung der Ergebnisse
3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale
- 4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung**
5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten
6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen
7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen

4. Optimierungsrechnungen mit KomMod

Im folgenden sind die Berechnungsergebnisse der Berechnungen mit KomMod dargestellt für 3 Varianten:

- Variante 1)** Das Pfaff-Wärmenetz wird mit **70 °C Vorlauftemperatur** betrieben und wird ausschließlich durch die Fernwärme der SWK versorgt.
- Variante 2)** Das Pfaff-Wärmenetz wird mit **35 °C Vorlauftemperatur** betrieben und hauptsächlich mit der AcoGuss Abwärme versorgt (die diese Temperatur bereitstellt). Das notwendige Temperaturniveau in den Gebäuden (Raumwärme und Warmwasser) wird mit dezentralen Wärmepumpen bereitgestellt. Das neue Verwaltungsgebäude (MVZ) und die Pforte werden direkt durch die Fernwärme der SWK versorgt. Die Fernwärme dient als Backup für das Pfaff-Nahwärmenetz.
- Variante 3)** Das Pfaff-Wärmenetz wird als **kaltes Wärmenetz mit 10 °C Vorlauftemperatur** betrieben und mit der Wärme des Abwasserkanal-Wärmetauschers versorgt (der diese Temperatur bereitstellt). Das notwendige Temperaturniveau in den Gebäuden (Raumwärme und Warmwasser) wird mit dezentralen Wärmepumpen bereitgestellt. Das neue Verwaltungsgebäude (MVZ) und die Pforte werden direkt durch die Fernwärme der SWK versorgt. Die Fernwärme dient als Backup für das kalte Wärmenetz.

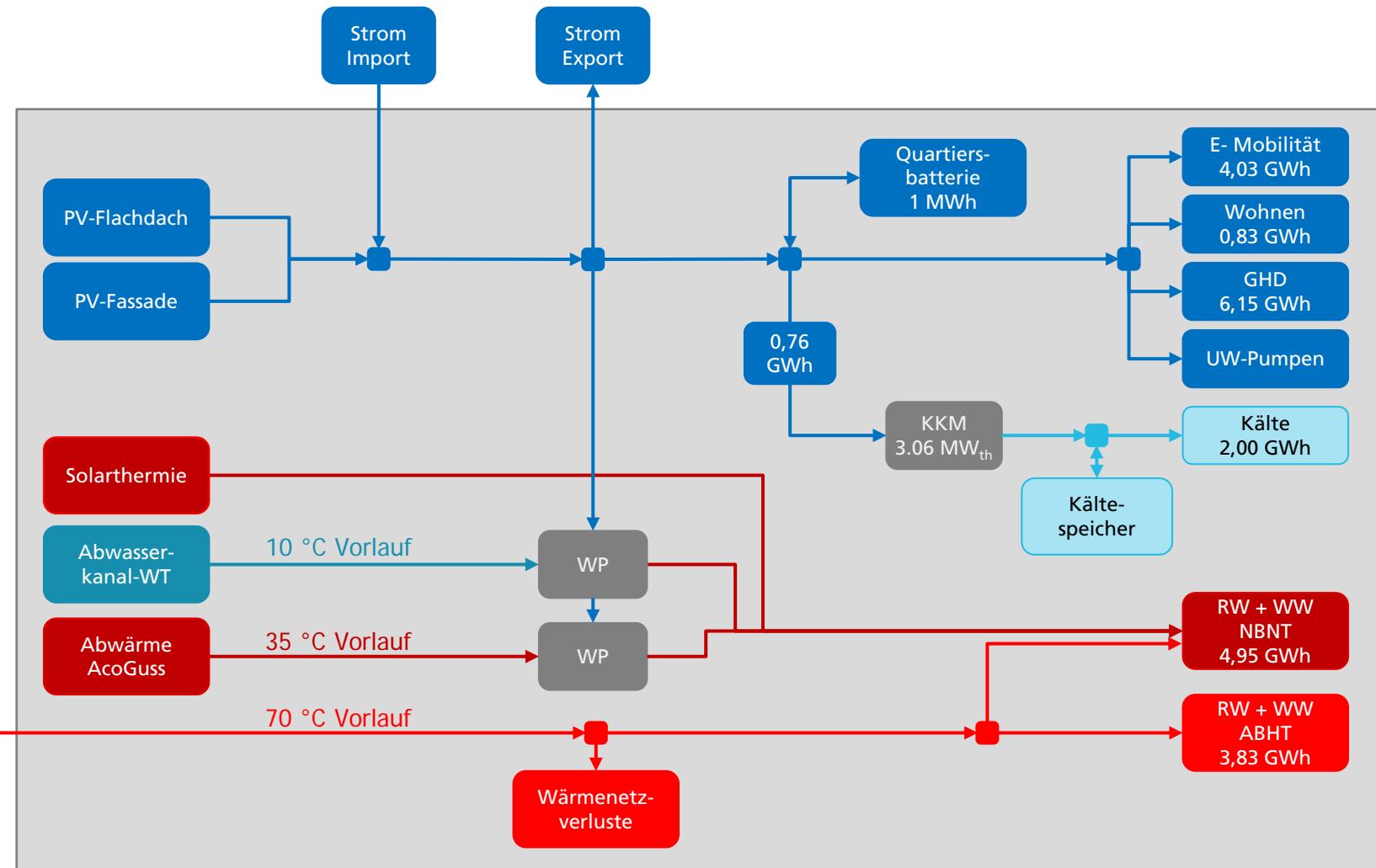
Eine Variante zur Nutzung der Solarthermie-Kollektoren wurde von IfaS berechnet. Eine Berechnung durch das ISE erfolgte nicht.

Energieflussdiagramm generell

Das Energieflussdiagramm zeigt alle Energieverbraucher und potenziellen Energie-erzeuger bzw. –lieferanten im Quartier.

Die Wärmenetze können unterschiedliche Temperaturen aufweisen, die Temperaturen des Abwasserkanal-Wärmetauschers sowie der AcoGuss-Abwärme reichen nicht aus, das benötigte Wärmeniveau bereitzustellen. Wenn diese Quellen genutzt werden, sind zentrale oder dezentrale Wärmepumpen notwendig.

Fernwärme Import



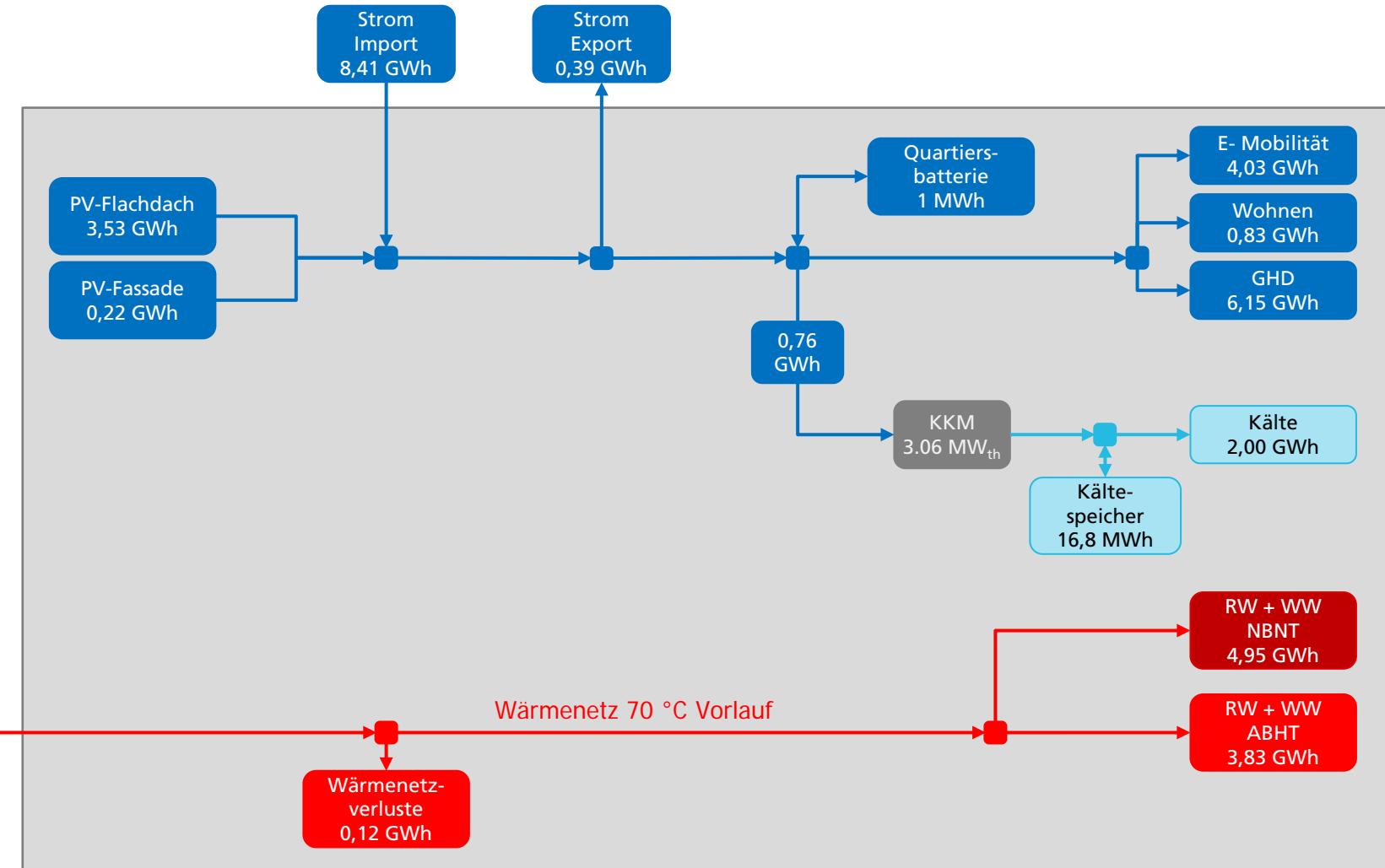
Bilanzgrenze: Pfaff Quartier (ohne Baufeld1), AcoGuss Abwärme wird als interne Quelle betrachtet und bilanziert
 KKM = Kompressionskältemaschine UW-Pumpen = Umwälzpumpen des Wärmenetzes WP = Wärmepumpe WT = Wärmetauscher
 ABHT = Altbau Hochtemperaturgebäude (MVZ und Pforte), NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

Ergebnis Variante 1: 70 Grad Wärmennetz (Wärmeversorgung nur mit Fernwärme)

Das Energieflussdiagramm zeigt die durch Optimierung errechnete kostengünstigste Variante, wenn als **Wärmeversorgung allein die Fernwärme** genutzt wird.

Der Stromsektor ist nicht mit dem Wärmesektor gekoppelt.

Die Lösung führt nur zu einer klimaneutralen Energieversorgung wenn der importierte Strom und die importierte Wärme CO₂-neutral hergestellt wurden.



Bilanzgrenze: Pfaff Quartier (ohne Baufeld1), AcoGuss Abwärme wird als interne Quelle betrachtet und bilanziert
KKM = Kompressionskältemaschine UW-Pumpen = Umwälzpumpen des Wärmennetzes WP = Wärmepumpe WT = Wärmetauscher
ABHT = Altbau Hochtemperaturgebäude (MVZ und Pforte), NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

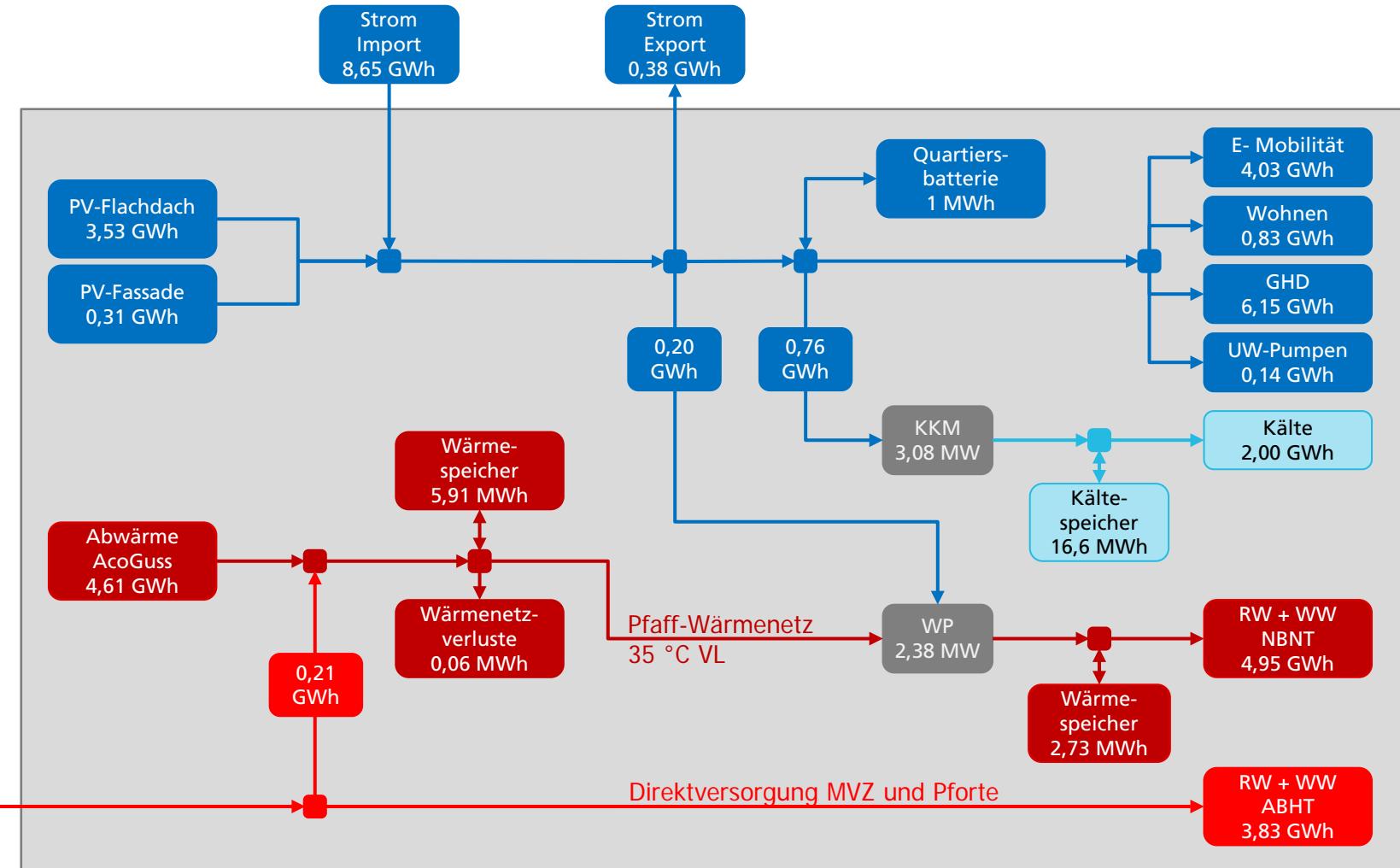
Ergebnis Variante 2: 35 Grad C Wärmenetz, Nutzung AcoGuss Abwärme

Das Energieflussdiagramm zeigt die durch Optimierung errechnete kostengünstigste Variante, wenn das **Wärmenetz innerhalb des Quartiers eine Vorlauftemp. von 35 °C** aufweist und dieses von der AcoGuss Abwärme gespeist wird. In den NBNT-Gebäuden wird die Bedarfstemp. von 40 °C (Raumwärme) und 60 °C (Warmwasser) mit dezentrale Wärmepumpen bereitgestellt. Da die Abwärme nur zu Betriebszeiten zur Verfügung steht, ist ein zentraler Wärmespeicher installiert und das Fernwärmenetz liefert eine geringe Restwärme- menge.

Zur Erläuterung:

Die hier dargestellte ISE Berechnung betrachtet ein 35°C Wärmenetz mit dezentraler Anhebung in den Gebäuden. Empfohlen wird ein 40°C Netz, was die Kosten der dezentralen WP zusätzlich senkt.

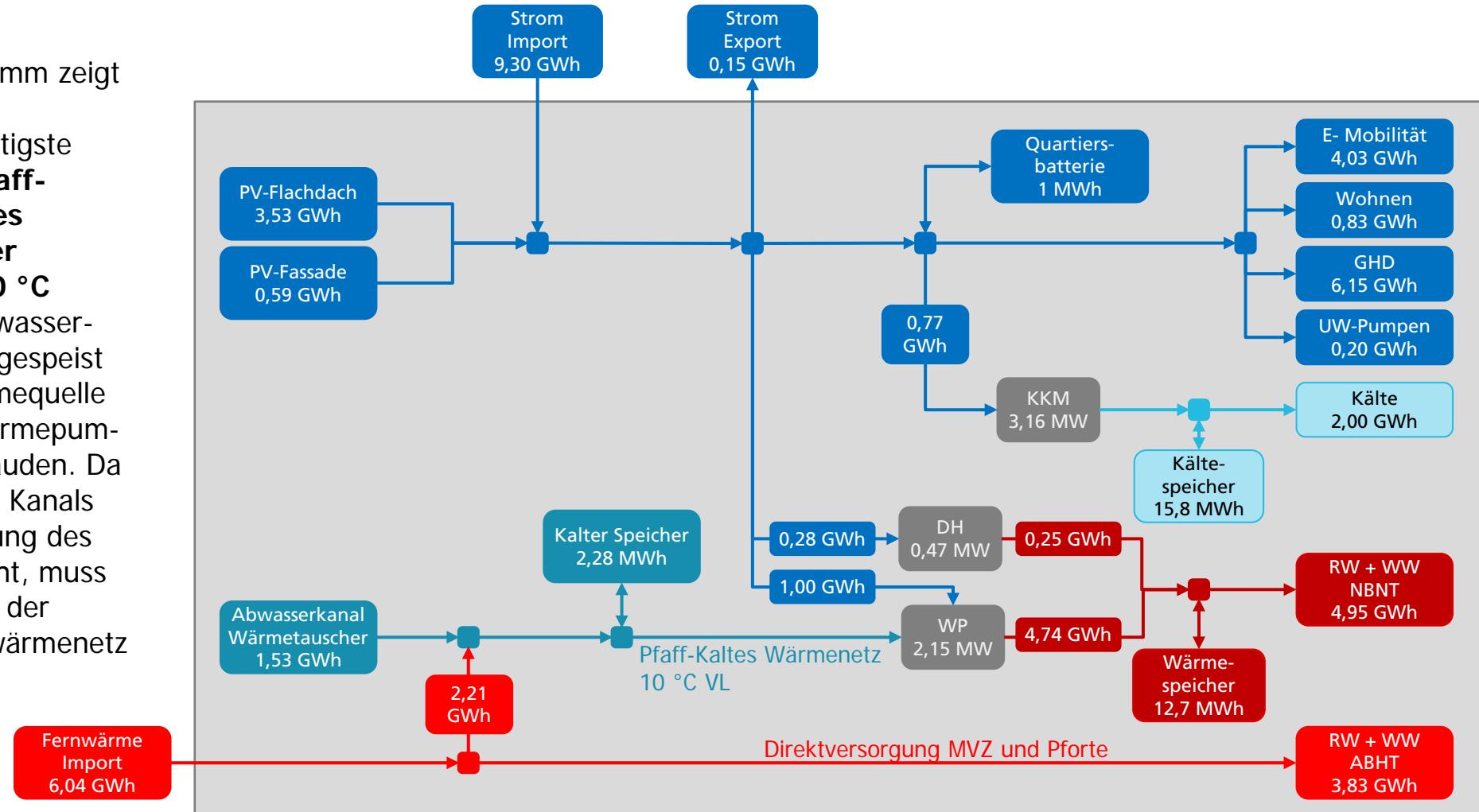
Fernwärme Import 4,04 GWh



Bilanzgrenze: Pfaff Quartier (ohne Baufeld1), AcoGuss Abwärme wird als interne Quelle betrachtet und bilanziert
KKM = Kompressionskältemaschine UW-Pumpen = Umwälzpumpen des Wärmenetzes WP = Wärmepumpe WT = Wärmetauscher
ABHT = Altbau Hochtemperaturgebäude (MVZ und Pforte), NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

Ergebnis Variante 3: 10 Grad C kaltes Wärmenetz, Nutzung Abwasserkanal-WT

Das Energieflussdiagramm zeigt die durch Optimierung errechnete kostengünstigste Variante, wenn das **Pfaff-Wärmenetz als kaltes Wärmenetz mit einer Vorlauftemp. von 10 °C** betrieben und vom Abwasserkanal-Wärmetauscher gespeist wird. Es dient als Wärmequelle für die dezentralen Wärmepumpen in den NBNT-Gebäuden. Da die Wärmeleistung des Kanals nur zum Teil zur Deckung des Wärmebedarfs ausreicht, muss ein relativ hoher Anteil der Wärme aus dem Fernwärmenetz geliefert werden.



Bilanzgrenze: Pfaff Quartier (ohne Baufeld1), AcoGuss Abwärme wird als interne Quelle betrachtet und bilanziert
KKM = Kompressionskältemaschine UW-Pumpen = Umwälzpumpen des Wärmenetzes WP = Wärmepumpe DH = Direkterhitzer
ABHT = Altbau Hochtemperaturgebäude (MVZ und Pforte), NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

4. Übersicht der Berechnungsergebnisse mit KomMod

Energie- mengen → nach Varianten ↓	Strom Import [GWh]	Strom Export [GWh]	Strom PV Dach [GWh]	Strom PV Fassade [GWh]	Wärme FW Import [GWh]	Wärme AcoGuss AW [GWh]	Wärme Kanal AW [GWh]	Wärme WP NBNT [GWh]	Wärme DH NBNT [GWh]	Kälte KKM [GWh]
70 Grad	8,41	0,39	3,53	0,22	8,90	-	-	-	-	2,04
35 Grad	8,65	0,38	3,53	0,31	4,04	4,61	-	4,96	-	2,04
10 Grad	9,30	0,15	3,53	0,59	6,04	-	1,53	4,74	0,25	2,04

Ergebnisse → nach Varianten ↓	Selbstver- sorgungsgrad	Jährliche Kosten Energieversorgung	Wärme- gestehungs- kosten	CO ₂ - Emissionen pro Jahr
70 Grad	18%	3,18 Mio €	10,0 €ct/kWh	5274 t CO ₂ /a
35 Grad	41%	3,02 Mio €	7,7 €ct/kWh	3278 t CO ₂ /a
10 Grad	27%	3,53 Mio €	11,3 €ct/kWh	4000 t CO ₂ /a

FW = Fernwärme
 AW = Abwärme
 WP = Wärmepumpe
 DH = Direkterhitzer (Heizstab)
 KKM = Kompressionskältemaschine
 NBNT = Neubau Niedertemperatur (alle Gebäude außer MVZ und Pforte)

→ Variante 2 (Wärmenetz mit 35 °C Vorlauftemperatur und Nutzung AcoGuss Abwärme) führt zum höchsten Selbstversorgungsanteil, den niedrigsten Kosten und den geringsten CO₂-Emissionen und wird folglich aus Sicht des Gesamtenergiesystems empfohlen

Inhalt

1. Zielsetzung und Vorgehensweise
2. Zusammenfassung der Ergebnisse
3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale
4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung
- 5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten**
6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen
7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen

5. Variantenuntersuchungen IfaS - Beschreibung der Varianten 1-4

Variante 1 Fernwärme (Referenzvariante)	Variante 2 Dezentrale Luft-Wasser- Wärmepumpen	Variante 3 Abwasserwärme Solarthermie	Variante 4 Industrie-Abwärme
Fernwärmeanschluss an das Quartier zur Vollversorgung (Heizen + Warmwasser)	46 dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Heizungsversorgung, 46 dezentrale Warmwasserbereitungen über Solarthermie und Heizstab	Wärmenetz (VLT: 40°C , Verlust ca. 10 % bzw. 420 MWh/a) mit Heizzentrale beim Kohlebunker (ca. 1.600 m, inkl. Neben- und Anschlussleitungen) mit 46 Hausübergabestationen	Wärmetauscher bei AcoGuss und Wärmeleitung von AcoGuss in das Quartier, inkl. Spülbohrung unter Brandenburger Straße (Aco-Vergütung: 2,5 Cent/kWh)
Wärmenetz (ca. 1.600 m, inkl. Neben- und Anschlussleitungen) mit 46 Hausübergabestationen im Quartier	dezentrale Solarthermie-Kollektoren (ca. 1.600 m ² Kollektorfläche bzw. ca. 4.000 m ² Dachfläche) zur Warmwasserbereitung (60 %) & Heizungsunterstützung (10 %)	dezentrale Solarthermie-Kollektoren mit zentraler Einspeisung in das Wärmenetz (ca. 5.500 m ² Kollektorfläche bzw. ca. 12.500 m ² Dachfläche)	Wärmenetz (VLT: 40°C , Verlust ca. 12 % bzw. 520 MWh/a) mit Heizzentrale beim Kohlebunker (ca. 1.600 m, inkl. Neben- und Anschlussleitungen) mit 46 Hausübergabestationen
		Warmwasserbereitung mit WW-Wärmepumpen oder Heizstab	Warmwasserbereitung mit WW-Wärmepumpen oder Heizstab
		Abwasserkanalwärmetauscher mit Wärmepumpe (ca. 455 kW)	Saisonwärmespeicher, Volumen ca. 2.000 m ³
		Saisonwärmespeicher, Volumen ca. 4.000 m ³	

5. Variantenuntersuchungen IfaS - Beschreibung der Varianten 5-6

Variante 5 Contracting-Angebot Cupasol (100 % Solarthermie)	Variante 6 Kalte-Nahwärme
Wärmenetz (ca. 1.600 m, inkl. Neben- und Anschlussleitungen) mit 46 Hausübergabestationen im Quartier	1.500 m Kaltes-Wärmenetz als Ringleitung mit DN 400, Netztemperatur ca. 10 °C, Verlust ca. 4 % bzw. 170 MWh/a
dezentrale Solarthermie-Kollektoren mit zentraler Einspeisung in das Wärmenetz (ca. 9.000 m ² Kollektorfläche bzw. ca. 22.500 m ² Dachfläche)	46 dezentrale Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit dezentralen Wärmespeichern und Warmwasserbereitungen über WW-Wärmepumpen oder Heizstäbe
Saisonwärmespeicher im Park , Volumen: 30.000 m ³ , überdeckt, begrünt und integriert in die Parkanlage	Nutzung aller Trink- und Brauchwasserbrunnen auf dem Gelände. Voraussetzung: alle existenten Brunnen sind funktionsfähig und weisen ausreichend hohe Fördermengen auf (Gutachten erforderlich). Die erforderliche Gesamtfördermenge beträgt ca. 1.000 m ³ /h bzw. ca. 2,2 Mio. m ³ im Winter bei 2.200 Vollaststunden.
	Anmerkung: Die Netzverluste betragen nur ein Drittel gegenüber der 40 °C-Netze, dafür liegt der Strombedarf für die Netz-Pumpwerke mehr als doppelt so hoch (ca. 215.000 kWh/a als im Nahwärmenetz (ca. 90.000 kWh/a), aufgrund der größeren Netzquerschnitte sowie des höheren Volumenstromes.

5. Variantenuntersuchungen IfaS - Erläuterungen

- **Die jährlichen Gesamtkosten (Jahreskosten) ergeben sich aus:**
 - Kapitalkosten = abgezinste jährliche Kosten, basierend auf dem jeweiligen Annuitätenfaktor
 - Verbrauchskosten = Brennstoffe, Strom, Hilfsenergie
 - Betriebskosten = Wartung & Instandhaltung
 - Sonstige Kosten = Versicherung, Verwaltung, ROI von 5 % (unternehmerischer Gewinn)

Alle Varianten beinhalten

- Neubau und Bestand (MVZ über Fernwärme)
- 10 % Planungskosten (Invest bezogen)
- 5 % ROI bzw. Gewinnpauschale (Invest bezogen)
- Förderungen gemäß KfW- und Bafa-Programmen (siehe nächste Folie)

**Für das Basisjahr 2029 wurden alle Kosten mit einer Inflation von 1,8 % berechnet.
Die gezeigten Kosten für 2029 beinhalten demnach bereits Kostensteigerungen.**

5. Variantenuntersuchungen IfaS – Erläuterungen Förderprogramme

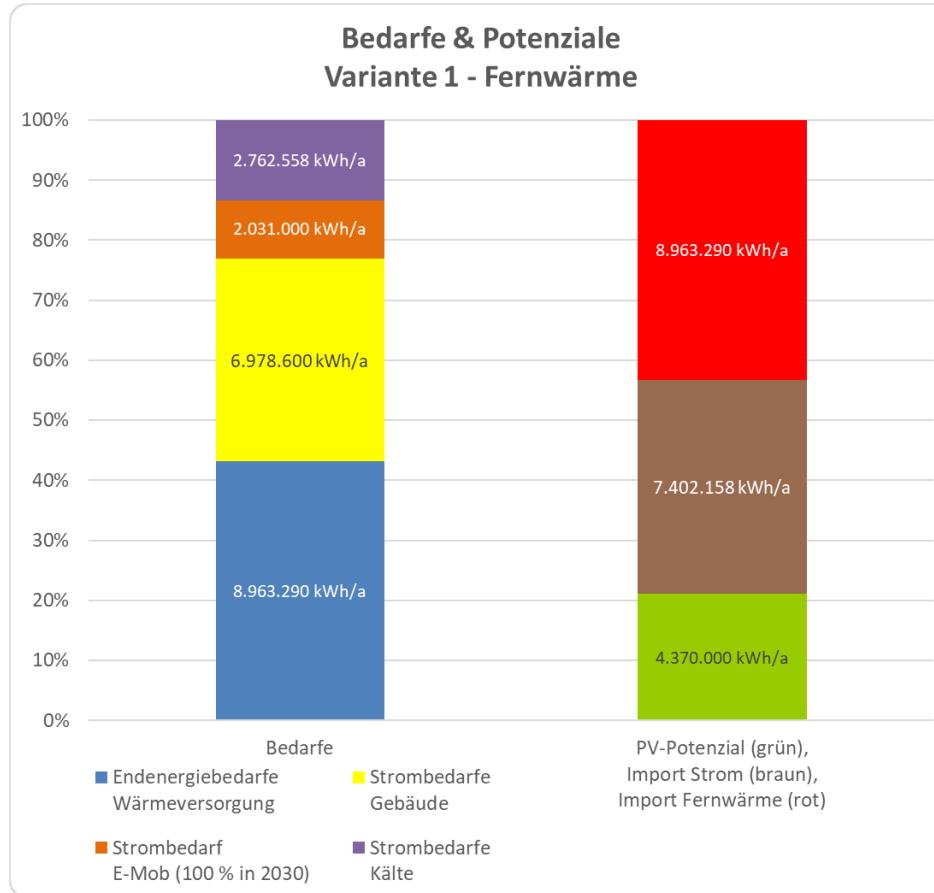
Förderprogramme:

- Bafa: Wärmenetze 4.0
- KfW: Erneuerbare Energien "Premium,"
- Bafa: Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien (Module 1 und 2)

Berücksichtigte Förderungen:

- | | |
|----------------------------------|---------|
| • Solarthermie | 40 % |
| • Groß-Wärmepumpen | 80 €/kW |
| • Saisonwärmespeicher | 30 % |
| • Abwärme (Industrie & Abwasser) | 50 % |
| • Wärmenetze | 60 €/m |

Ergebnis IfaS-Variante 1: Fernwärme und 70 Grad Wärmenetz



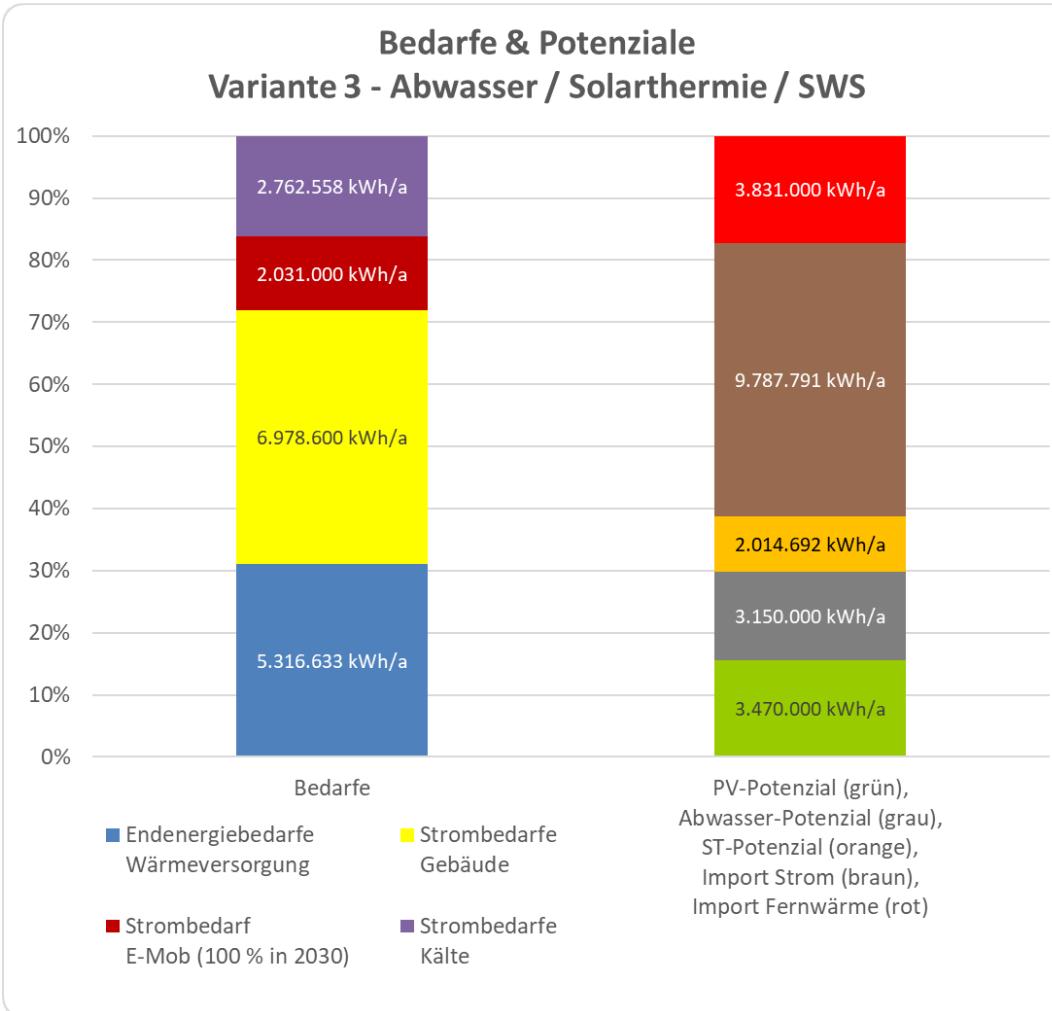
Variante 1 - Fernwärme

Alle Angaben in netto im Jahr 2029
(beinhaltet eine Inflation/Kostensteigerung von 1,8 % p.a. bis 2029)

	Invest	Kapitalkosten (Annuität)
Technik		
Baukostenzuschüsse für 46 Gebäude	707.400 €	56.764 €/a
Summe	707.400 €	56.764 €/a
Verbrauchskosten	Menge	Verbrauchskosten
Arbeitspreis (0,079 Cent/kWh in 2029)	8.784.920 kWh/a	581.913 €/a
Summe		581.913 €/a
Betriebskosten (Wartung & Instandhaltung)	Leistung	Betriebskosten
Grundpreis (46,64 €/kW*a in 2029)	4.881 MW	191.377 €/a
Summe		191.377 €/a
Sonstige Kosten		Sonstige Kosten
Summe		0 €/a
Jahresgesamtkosten (netto, im Jahr 2029)		830.053 €/a
Wärmepreis (netto, im Jahr 2029)		9,4 Cent/kWh

Ergebnis IfaS-Variante 3

Abwasser + ST + SWS



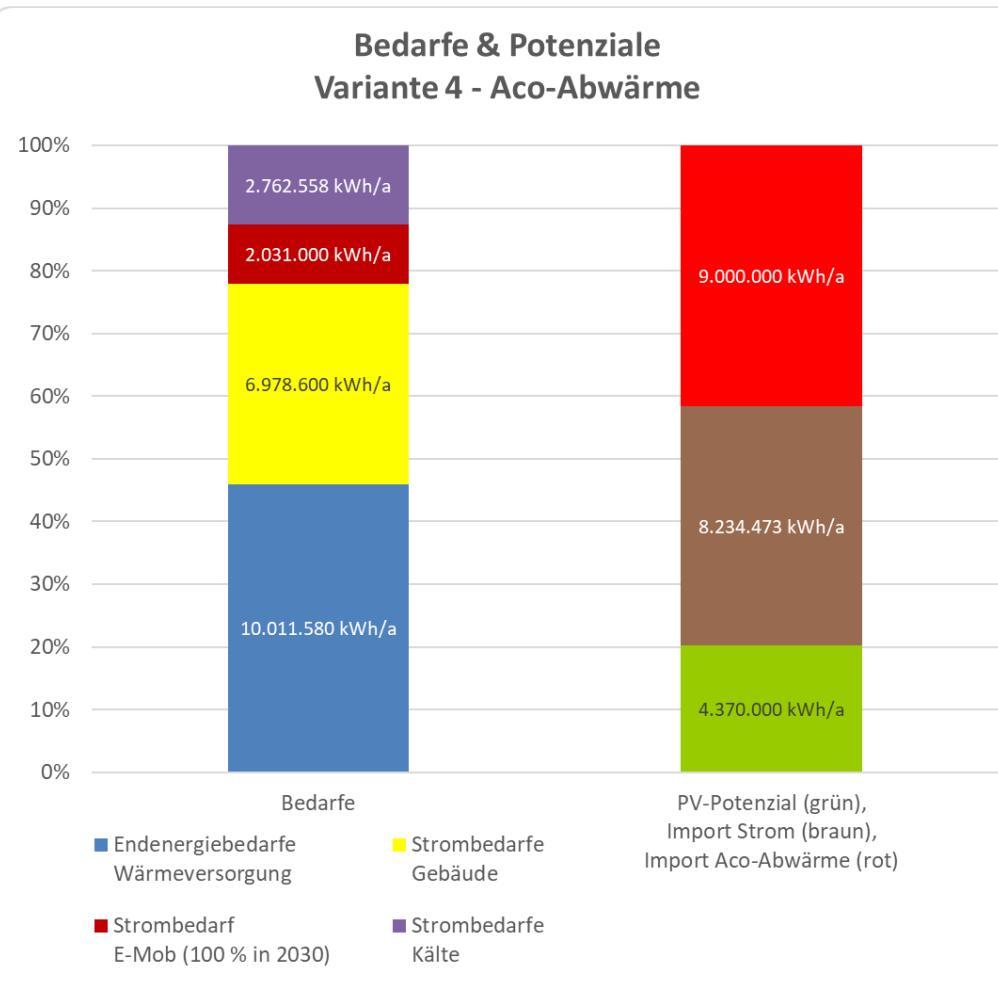
Variante 3 - Abwasser

Alle Angaben in netto im Jahr 2029
 (beinhaltet eine Inflation/Kostensteigerung von 1,8 % p.a. bis 2029)

Technik	Invest	Kapitalkosten (Annuität)
Heizzentrale	180.000 €	10.490 €/a
Solarthermie (Kollektorfläche 5.500 m ²)	2.340.000 €	187.768 €/a
Saisonwärmespeicher (4.000 m ³)	403.200 €	26.229 €/a
Wärmepumpen (Gesamt: 2,6 MWth)	1.258.800 €	101.009 €/a
Tagespuffer (10 m ³)	30.000 €	2.407 €/a
Abwasserwärmetauscher (450 kWth)	180.000 €	14.444 €/a
Netzpumpen, Druckhaltung etc.	110.880 €	8.897 €/a
Hauptleitung Kunststoffmantelverbundrohr (KMR), Planung (1.100 m)	645.806 €	37.636 €/a
Anschlussleitung Kunststoffmediumrohr (PMR), Planung (460 m)	218.420 €	12.729 €/a
Hausübergabestationen (46 Stück)	315.612 €	18.393 €/a
Warmwasserbereitung	240.580 €	19.305 €/a
Fernwärme Bestand - MVZ (Baukostenzuschuss)	26.200 €	2.102 €/a
Planungskosten (10 % des Invests)	570.892 €	45.810 €/a
Summe	6.520.391 €	487.220 €/a
Verbrauchskosten	Menge	Verbrauchskosten
Fernwärme	3.831.000 kWh/a	252.846 €/a
WP-Strom	1.366.583 kWh/a	327.980 €/a
Hilfsstrom	119.050 kWh/a	28.572 €/a
Summe	609.398 €/a	
Betriebskosten (Wartung & Instandhaltung)		Betriebskosten
Heizzentrale	1,0%	1.800 €/a
Solarthermie (Kollektorfläche 5.500 m ²)	1,0%	23.400 €/a
Saisonwärmespeicher (4.000 m ³)	1,0%	4.032 €/a
Wärmepumpen (Gesamt: 2,6 MWth)	4,0%	25.176 €/a
Tagespuffer (10 m ³)	1,0%	300 €/a
Abwasserwärmetauscher (450 kWth)	1,0%	3.600 €/a
Netzpumpen, Druckhaltung etc.	1,0%	2.218 €/a
Hauptleitung Kunststoffmantelverbundrohr (KMR), Planung (1.100 m)	1,0%	6.458 €/a
Anschlussleitung Kunststoffmediumrohr (PMR), Planung (460 m)	2,0%	2.184 €/a
Hausübergabestationen (46 Stück)	1,0%	6.312 €/a
WP Bestand	4,0%	10.960 €/a
Summe		86.440 €/a
Sonstige Kosten		Sonstige Kosten
Versicherung (Bezug: Invest)	0,5%	32.602 €/a
Verwaltung (Bezug: Jahreskosten)	2,0%	23.661 €/a
ROI (Unternehmerischer Gewinn, Bezug: Invest)	5,0%	326.020 €/a
Summe		382.283 €/a
Jahresgesamtkosten (netto, im Jahr 2029)		1.565.341 €/a
Wärmepreis (netto, im Jahr 2029)		17,8 Cent/kWh

Ergebnis IfaS-Variante 4

AcoGuss mit 40 Grad Netz



Variante 4 - AcoGuss

Alle Angaben in netto im Jahr 2029
(beinhaltet eine Inflation/Kostensteigerung von 1,8 % p.a. bis 2029)

Technik	Invest	Kapitalkosten (Annuität)
Heizzentrale (Gebäude)	180.000 €	10.490 €/a
Wärmespeicher (2.000 m ³)	201.600 €	13.114 €/a
Wärmepumpen (Gesamt: 2,6 MWth)	184.800 €	14.829 €/a
Tagespuffer (10 m ³)	30.000 €	2.407 €/a
Invest ACO (Wärmetauscher + 830 m Wärmetrasse bis Quartier, inkl. Spülbohrung Brandenburger Str.)	520.440 €	41.761 €/a
Netzpumpen, Druckhaltung etc.	110.880 €	8.897 €/a
Hauptleitung Kunststoffmantelverbundrohr (KMR), Planung (1.100 m)	645.806 €	37.636 €/a
Anschlussleitung Kunststoffmediumrohr (PMR), Planung (460 m)	218.420 €	12.729 €/a
Hausübergabestationen (46 Stück)	315.612 €	18.393 €/a
WP Bestandsgebäude (MVZ + Sorek)	274.000 €	21.986 €/a
Fernwärme Bestand - MVZ (Baukostenzuschuss)	26.200 €	2.102 €/a
Planungskosten (10 % des Invests)	270.776 €	21.728 €/a
Summe	2.978.535 €	206.075 €/a
Verbrauchskosten	Menge	Verbrauchskosten
Aco-Abwärme (Eingepreiste Vergütung für AcoGuss: 1,5 Cent/kWh)	9.000.000 kWh/a	135.000 €/a
WP-Strom	832.315 kWh/a	199.755 €/a
Hilfsstrom	194.680 kWh/a	43.024 €/a
Summe		377.779 €/a
Betriebskosten (Wartung & Instandhaltung)		Betriebskosten
Heizzentrale (Gebäude)	1,0%	1.800 €/a
Wärmespeicher (2.000 m ³)	1,0%	2.016 €/a
Wärmepumpen (Gesamt: 2,6 MWth)	4,0%	7.392 €/a
Tagespuffer (10 m ³)	1,0%	300 €/a
Invest ACO (Wärmetauscher + 830 m Wärmetrasse bis Quartier, inkl. Spülbohrung Brandenburger Str.)	1,0%	5.204 €/a
Netzpumpen, Druckhaltung etc.	2,0%	2.218 €/a
Hauptleitung Kunststoffmantelverbundrohr (KMR), Planung (1.100 m)	1,0%	6.458 €/a
Anschlussleitung Kunststoffmediumrohr (PMR), Planung (460 m)	1,0%	2.184 €/a
Hausübergabestationen (46 Stück)	2,0%	6.312 €/a
WP Bestandsgebäude (MVZ + Sorek)	4,0%	10.960 €/a
Summe		44.845 €/a
Sonstige Kosten		Sonstige Kosten
Versicherung (Bezug: Invest)	0,5%	14.893 €/a
Verwaltung (Bezug: Jahreskosten)	2,0%	12.574 €/a
ROI (Unternehmerischer Gewinn, Bezug: Invest)	5,0%	148.927 €/a
Summe		176.393 €/a
Jahresgesamtkosten (netto, im Jahr 2029)		805.092 €/a
Wärme Preis (netto, im Jahr 2029)		9,2 Cent/kWh

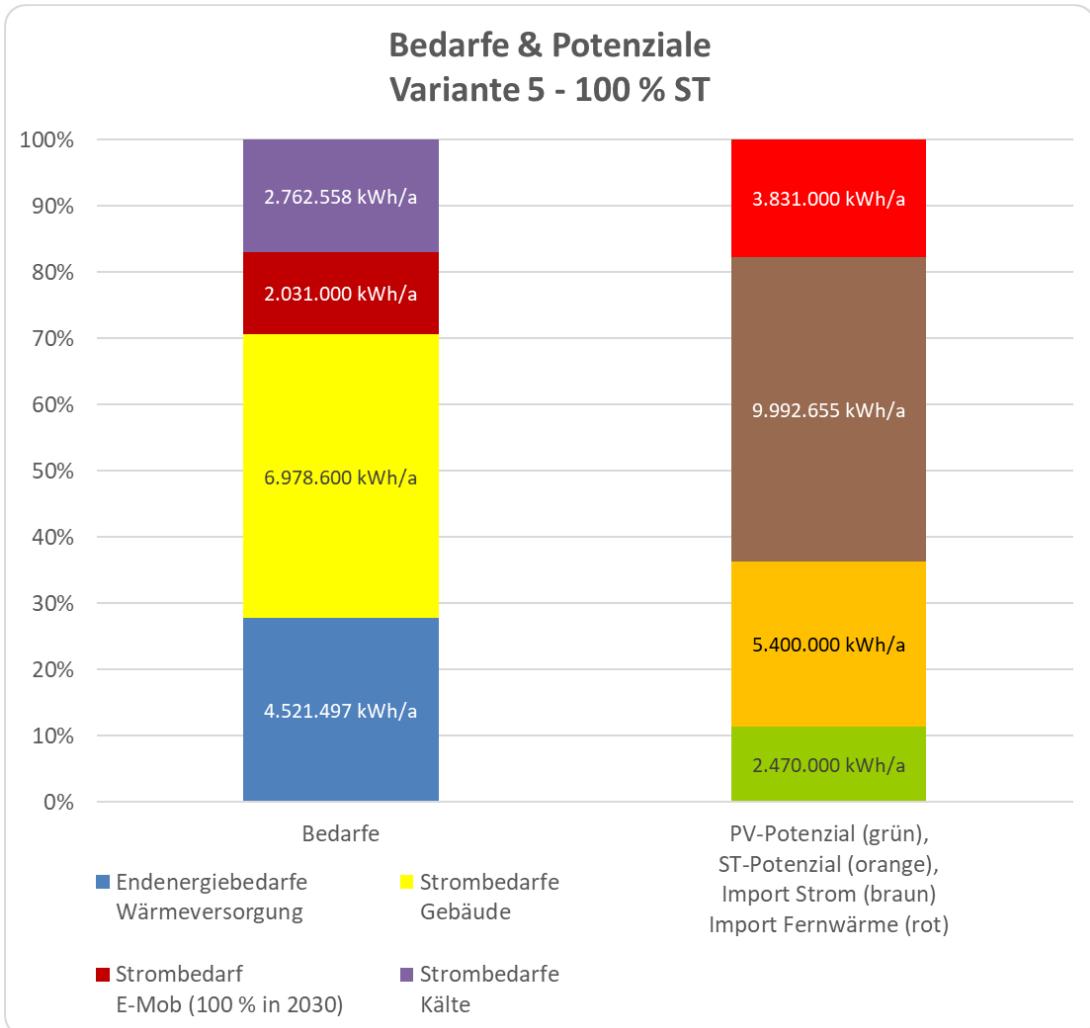
Ergebnis IfaS-Variante 5

100 % Solarthermie für Neubauten

Variante 5 - 100 % ST für Neubauten

Alle Angaben in netto im Jahr 2029

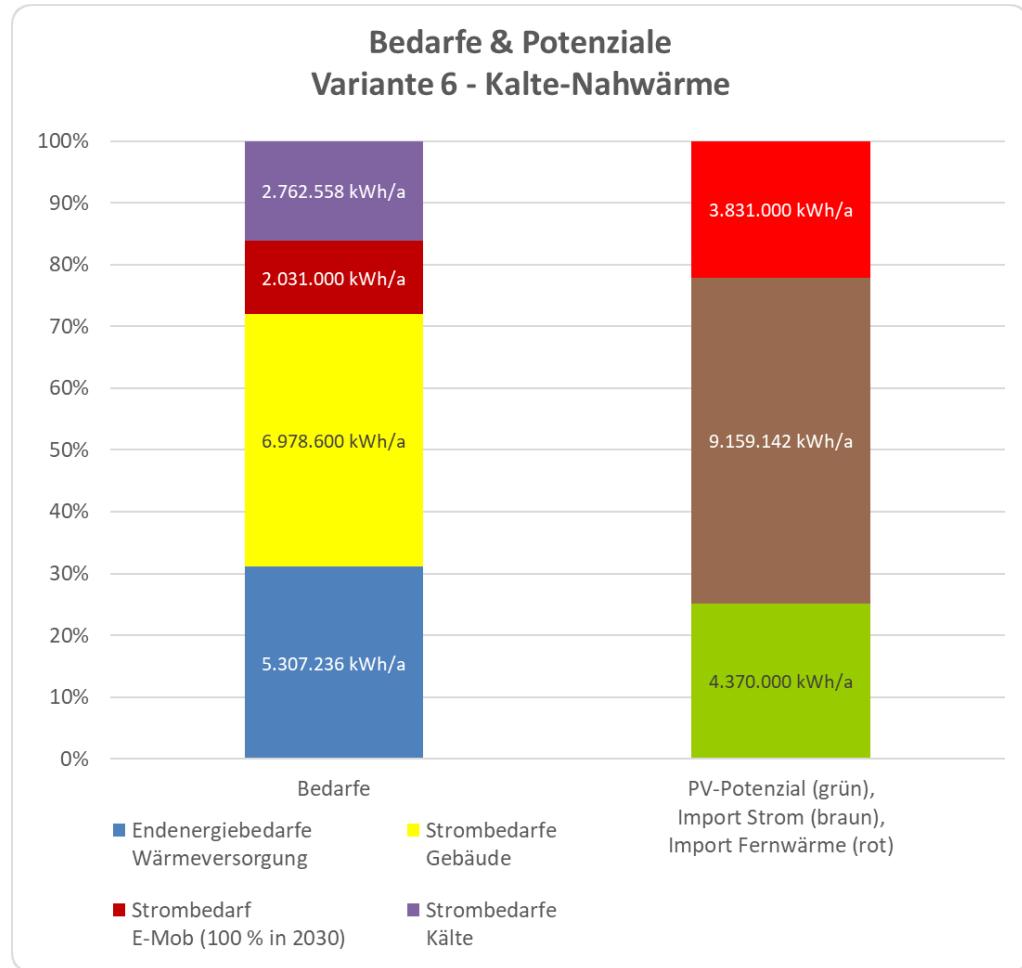
(beinhaltet eine Inflation/Kostensteigerung von 1,8 % p.a. bis 2029)



Technik	Invest	Kapitalkosten (Annuität)
Heizzentrale (Gebäude)	180.000 €	10.490 €/a
Solarthermie (9.000 m ²)	3.240.000 €	259.986 €/a
Wärmespeicher (30.000 m ³)	1.680.000 €	109.286 €/a
Wärmepumpen (Gesamt: 2,6 MWth)	374.000 €	30.011 €/a
Tagespuffer (10 m ³)	30.000 €	2.407 €/a
Abwasserwärme	150.000 €	12.036 €/a
Netzpumpen, Druckhaltung etc.	92.400 €	7.414 €/a
Hauptleitung Kunststoffmantelverbundrohr (KMR), Planung (1.100 m)	538.172 €	31.364 €/a
Anschlussleitung Kunststoffmediumrohr (PMR), Planung (460 m)	197.846 €	11.530 €/a
Hausübergabestationen (46 Stück)	82.680 €	4.818 €/a
Warmwasserbereitung	240.580 €	19.305 €/a
Fernwärme Bestand - MVZ (Baukostenzuschuss)	47.160 €	3.784 €/a
Planungskosten (10 % des Invests)	685.284 €	54.989 €/a
Summe	7.538.122 €	557.421 €/a
Verbrauchskosten	Menge	Verbrauchskosten
WP-Strom	690.497 kWh/a	165.719 €/a
Hilfsstrom	268.899 kWh/a	53.780 €/a
Fernwärme	3.831.000 kWh/a	252.846 €/a
Summe	472.345 €/a	
Betriebskosten (Wartung & Instandhaltung)		Betriebskosten
Summe		72.642 €/a
Sonstige Kosten		Sonstige Kosten
Versicherung (Bezug: Invest)	0,5%	37.691 €/a
Verwaltung (Bezug: Jahreskosten)	2,0%	22.048 €/a
ROI (Unternehmerischer Gewinn, Bezug: Invest)	5,0%	376.906 €/a
Summe		436.645 €/a
Jahresgesamtkosten (netto, im Jahr 2029)		
Wärmepreis (netto, im Jahr 2029)		1.539.053 €/a
		17,5 Cent/kWh

Ergebnis IfaS-Variante 6

Kalte-Nahwärme mit 10 Grad



Variante 6 - Kalte Nahwärme

Alle Angaben in netto im Jahr 2029
(beinhaltet eine Inflation/Kostensteigerung von 1,8 % p.a. bis 2029)

Technik	Invest	Kapitalkosten (Annuität)
Heizzentralen (dezentral)	552.000 €	32.170 €/a
Wärmespeicher (2.000 m³)	240.000 €	19.258 €/a
Wärmepumpen (dezentral)	1.187.227 €	95.266 €/a
Abwasserwärme	180.000 €	14.444 €/a
Netzpumpen, Druckhaltung etc.	92.400 €	7.414 €/a
Ringleitung	890.388 €	51.890 €/a
Anschlussleitungen	240.000 €	19.258 €/a
Warmwasserbereitung	240.580 €	19.305 €/a
Fernwärme Bestand - MVZ (Baukostenzuschuss)	26.200 €	2.102 €/a
Fernwärmeübergabe Netz	120.000 €	9.629 €/a
Planungskosten (10 % des Invests)	376.879 €	30.242 €/a
Summe	4.145.674 €	300.978 €/a
Verbrauchskosten	Menge	Verbrauchskosten
WP-Strom	1.756.984 kWh/a	421.676 €/a
Hilfsstrom	235.252 kWh/a	56.460 €/a
Fernwärme	3.831.000 kWh/a	252.846 €/a
Summe	730.983 €/a	
Betriebskosten (Wartung & Instandhaltung)		Betriebskosten
Summe		67.500 €/a
Sonstige Kosten		Sonstige Kosten
Versicherung (Bezug: Invest)	0,5%	82.913 €/a
Verwaltung (Bezug: Jahreskosten)	2,0%	27.487 €/a
ROI (Unternehmerischer Gewinn, Bezug: Invest)	5,0%	207.284 €/a
Summe		317.684 €/a
Jahresgesamtkosten (netto, im Jahr 2029)		
Wärmepreis (netto, im Jahr 2029)		
		1.417.145 €/a
		16,1 Cent/kWh

5. Übersicht IfaS-Ergebnisse

Variante	Temperatur Wärmenetz	Jahresgesamt- kosten 2029	Wärmepreis
1) Fernwärme	70 Grad	830 T€/a	9,4 €ct/kWh
2) Dezentrale Luft- Wasser-Wärmepumpen	Kein Netz	-	-
3) Abwasserkanal + Solarthermie	40 Grad	1.565 T€/a	17,8 €ct/kWh
4) AcoGuss Abwärme	40 Grad	805 T€/a	9,2 €ct/kWh
5) Solarthermie und Saisonwärmespeicher	?	1.539 T€/a	17,5 €ct/kWh
6) Kaltes Wärmenetz	10 Grad	1.417 T€/a	16,1 €ct/kWh

→ Variante 1 (Fernwärmenetz) und 4 (AcoGuss Abwärme) weisen ähnlich geringe Wärmepreise auf, wobei AcoGuss noch etwas günstiger ist.

Inhalt

1. Zielsetzung und Vorgehensweise
2. Zusammenfassung der Ergebnisse
3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale
4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung
5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten
- 6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen**
7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen

6. Hintergrund ISE-Berechnungen: Parameter der Wärmenetze (KomMod-Berechnungen)

Varianten	70Grad	35Grad	10Grad
Temperaturniveaus	Alle Gebäude durch FW versorgt	35 °C: Dez. Anhebung für NB; AB durch FW versorgt	10 °C: Dez. Anhebung für NB; AB durch FW versorgt
Wärmenetz VL RL	70 °C – 40 °C	35 °C – 20 °C	15 °C – 10 °C
Verluste Wärmenetz	113 MWh (1,3 %)	56 MWh (0,6 %)	0 MWh (0 %)
Kosten Tief und Rohrbau	389.000 € (Tief- und Rohrbau)	389.000 € (Tief- und Rohrbau)	892.000 € (Tief- und Rohrbau)
Kosten Übergabestationen	46 Geb. x 4.000 € = 184.000 €	-	-
Kosten Wärmepumpen	-	530 € / kW x 2.380 kW = 1.261.400 €	530 € / kW x 2.150 kW = 1.139.500 €
Laufzeit WP	-	20 a	20 a
Laufzeit Wärmenetz	40 a	40 a	40 a
Laufzeit Übergabestation	30 a	-	-
Kalkulatorischer Zinssatz inflationsbereinigt	3,1	3,1	3,1
Annuität für Invest 2029	11.652 [€/a] Wärmenetz 8.639 [€/a] Übergabestation	11.652 [€/a] Wärmenetz 85.572 [€/a] Wärmepumpe	26.721[€/a] Wärmenetz 77.302 [€/a] Wärmepumpe
Kommentar	Annahme: Kosten im Arbeitspreis der SWK Fernwärme enthalten		

6. Hintergrund ISE-Berechnungen: KomMod Konfiguration

Varianten	70Grad	35Grad	10Grad
PV Gründach	Optimiert *	Optimiert *	Optimiert *
PV Fassade	Optimiert *	Optimiert *	Optimiert *
Batterie	Optimiert *(mind. 1 MWh)	Optimiert *(mind. 1 MWh)	Frei (mind. 1 MWh)
Solarthermie Gründach	Nein	Nein	Nein
Fernwärmeimport	NB + AB	AB, Restbedarf für 35 °C Netz NB	AB, Restbedarf für 10 °C Netz NB
Wärmepumpe	Nein	AB nein, NB ja dez. an 35 °C Netz	AB nein, NB ja dez. an 10 °C Netz
Heizstab	Nein	AB nein, NB ja dezentral	AB nein, NB ja dezentral
Abwasserwärmetauscher	Nein	Nein	Vollständig, 10 °C Netz
Abwasserwärmepumpe	Nein	Nein	Nein
AcoGuss	Nein	Vollständig, 35 °C Netz	Nein
Thermische Speicher	Nein	Optimiert *, 35 °C Netz und NB	Optimiert *, 10 °C Netz und NB
Temperaturniveaus	Alle Gebäude durch FW versorgt	35 °C: Dez. Anhebung für NB; AB durch FW versorgt	10 °C: Dez. Anhebung für NB; AB durch FW versorgt
Wärmenetz	70 °C	35 °C	10 °C
Verluste Wärmenetz	113 MWh	56 MWh	0 MWh

* Optimierung schöpft maximales wirtschaftliches Potential aus

6. Hintergrund ISE-Berechnungen: Allgemeine Eingangsdaten KomMod-Berechnungen

- Alle Kosten sind in Netto angegeben
- Inflationsrate: 1,8 %/a
- Kalkulatorischer Zinssatz inflationsbehaftet: 5,0 %/a ; inflationsbereinigt: 3,1 %/a
- Arbeitspreis Fernwärme SWK: 0,103 €/kWh
- Kosten Wärme AcoGuss: 0,01 €/kWh

Komponente	Investitionskosten im Jahr 2029 [€/kW] bzw. [€/kWh]	Steigerung Invest inflations-bereinigt [%/a]	Restwert zum Laufzeitbeginn 2029 [€/kW] bzw. [€/kWh]	Betriebs- und Wartungskosten [€/(kW a)] bzw. [€/(kWh a)]	Steigerung BW inflations-bereinigt [%/a]	Lebensdauer [a]
Akku (Li-Ion)	450	-6,8	0	11,25	0,2	10
Thermische Speicher	26	0,0	0	0,26	0,2	20
PV	900	-2,6	97	18,00	0,2	25
Wasser-Wasser WP	530	0,0	0	5,30	0,2	20
Heizstab	238	0,0	0	2,38	0,2	20
AcoGuss	324	1,8	87	3,24	0,2	20
Abwasser-Wärmeübertrager	863	1,8	155	17,26	0,2	20
KKM	150	0,0	54	4,50	0,2	15

6. Hintergrund ISE-Berechnungen:

Variante 1: 70 Grad C Netz – Ergebnisse / Wärmegestehungskosten

Komponente Erzeuger	Maximale Leistung (Potential) [MW]	Tatsächlich installierte Leistung [MW]	Volllast-stunden [h/a]	Erzeugte Energie [MWh/a]	Energie-gestehungs-kosten [€/kWh]
Fernwärmelimport	unbegrenzt	8,12		8.900	0,100
Wärmegestehungskosten gesamt					0,100
Kompressionskältemaschine	unbegrenzt	3,06	654	2.040	0,017
PV - Dach	3,88	3,88	910	3.530	0,080
PV - Fassade	1,42	0,36	417	150	0,119
Stromimport allgemein	unbegrenzt	3,03		8.410	0,220

Komponente Speicher	Installierte Kapazität [MWh]	Ausgetauschte Energiemenge [MWh]	Energieverlust [MWh]
Kältespeicher	16,82	1.058	39,81
Elektrischer Speicher	1,00	153	0,14

6. Hintergrund ISE-Berechnungen:

Variante 2: 35 Grad C Netz – Ergebnisse / Wärmegestehungskosten

Komponente Erzeuger	Maximale Leistung (Potential) [MW]	Tatsächlich installierte Leistung [MW]	Volllast-stunden [h/a]	Erzeugte Energie [MWh/a]	Energie-gestehungskosten [€/kWh]
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	unbegrenzt	2,38	2.084	4.960	
Abwärme - AcoGuss	1,60	1,60	2.881	4.610	
Fernwärmeimport	unbegrenzt	3,18 (AB) / 3,12 (NB)		4.040	
Wärmegestehungskosten gesamt					0,077
Kompressionskältemaschine	unbegrenzt	3,08	662	2.040	0,017
PV - Dach	3,88	3,88	910	3.530	0,080
PV - Fassade	1,42	0,50	620	310	0,119
Stromimport allgemein	unbegrenzt	3,09		8.650	0,220

Komponente Speicher	installierte Kapazität [MWh]	Ausgetauschte Energiemenge [MWh]	Energieverlust [MWh]
Wärmespeicher 35°C Netz	5,91	481	3,66
Wärmespeicher für Neubau	2,73	412	5,60
Kältespeicher	16,61	1.055	38,96
Elektrischer Speicher	1,00	153	0,14

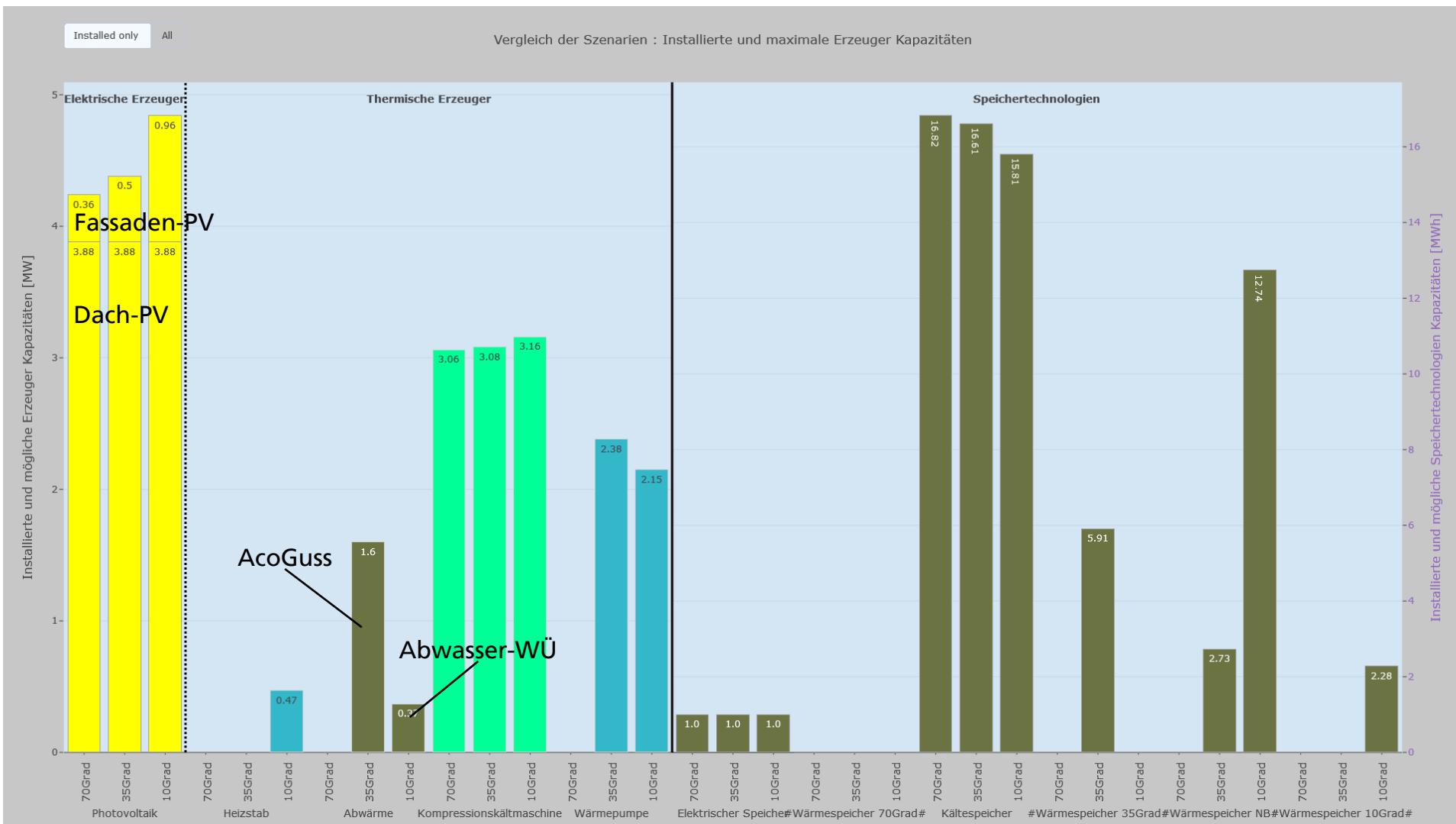
6. Hintergrund ISE-Berechnungen:

Variante 3: 10 Grad C Netz – Ergebnisse / Wärmegestehungskosten

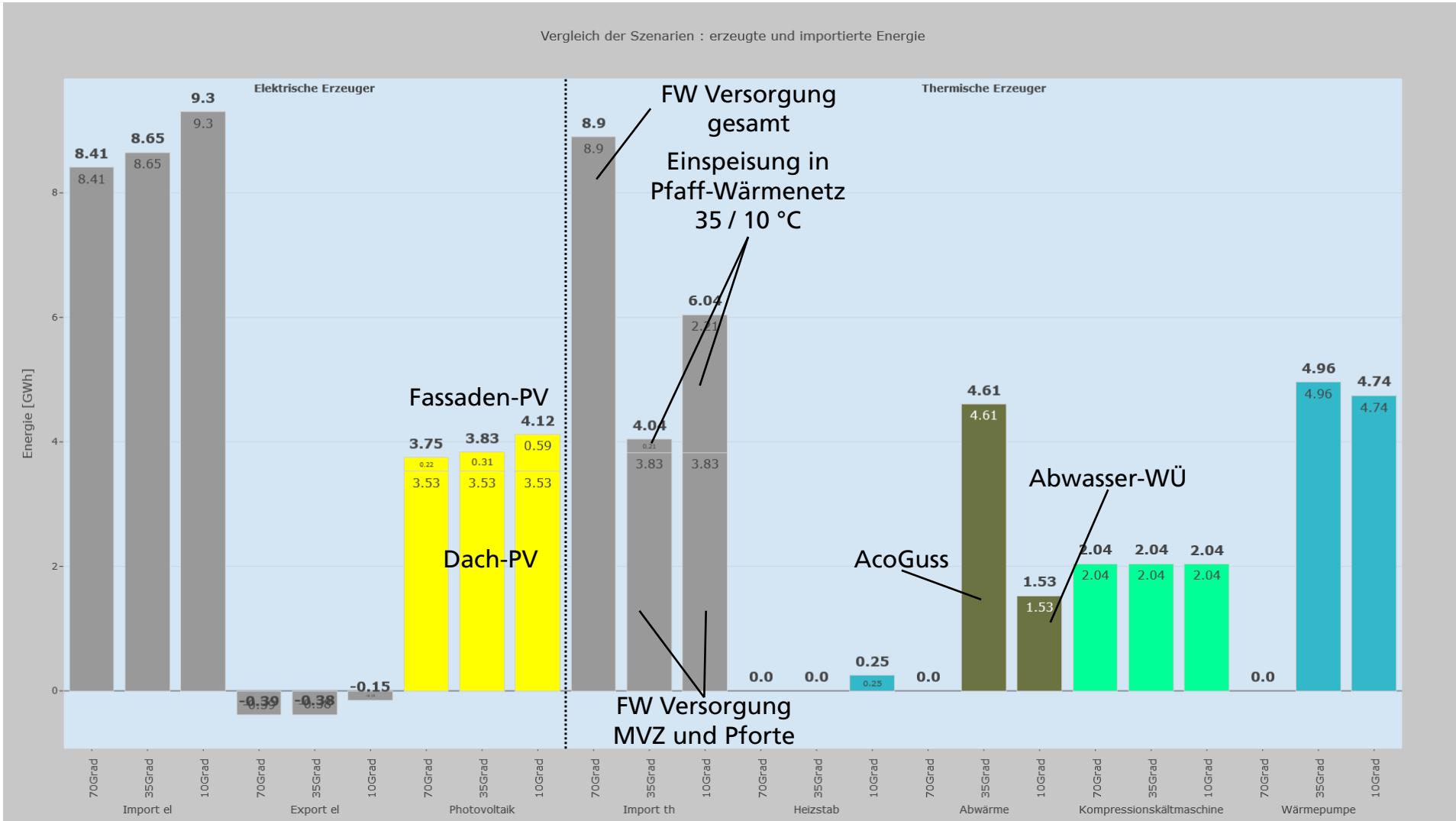
Komponente Erzeuger	Maximale Leistung (Potential) [MW]	Tatsächlich installierte Leistung [MW]	Vollast-stunden [h/a]	Erzeugte Energie [MWh/a]	Energie-gestehungs-kosten [€/kWh]
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	unbegrenzt	2,15	2.205	4.740	
Heizstäbe	unbegrenzt	0,47	532	250	
Abwasser-Wärmeübertrager	0,37	0,37	4.135	1.530	
Fernwärmeimport	unbegrenzt	3,18 (AB) / 3,3 (NB)		6.040	
Wärmegestehungskosten gesamt					0,113
Kompressionskältemaschine	unbegrenzt	3,16	633	2.040	0,017
PV - Dach	3,88	3,88	910	3.530	0,080
PV - Fassade	1,42	0,96	614	590	0,119
Stromimport allgemein	unbegrenzt	3,25		9.300	0,220

Komponente	installierte Kapazität [MWh]	Ausgetauschte Energiemenge [MWh]	Energie-verlust [MWh]
Wärmespeicher 10°C Netz	2,28	234	2,62
Wärmespeicher für Neubau	12,74	952	36,48
Kältespeicher	15,81	1.013	35.36
Elektrischer Speicher	1,00	154	0,14

6. Hintergrund ISE-Berechnungen: Installierte Kapazitäten

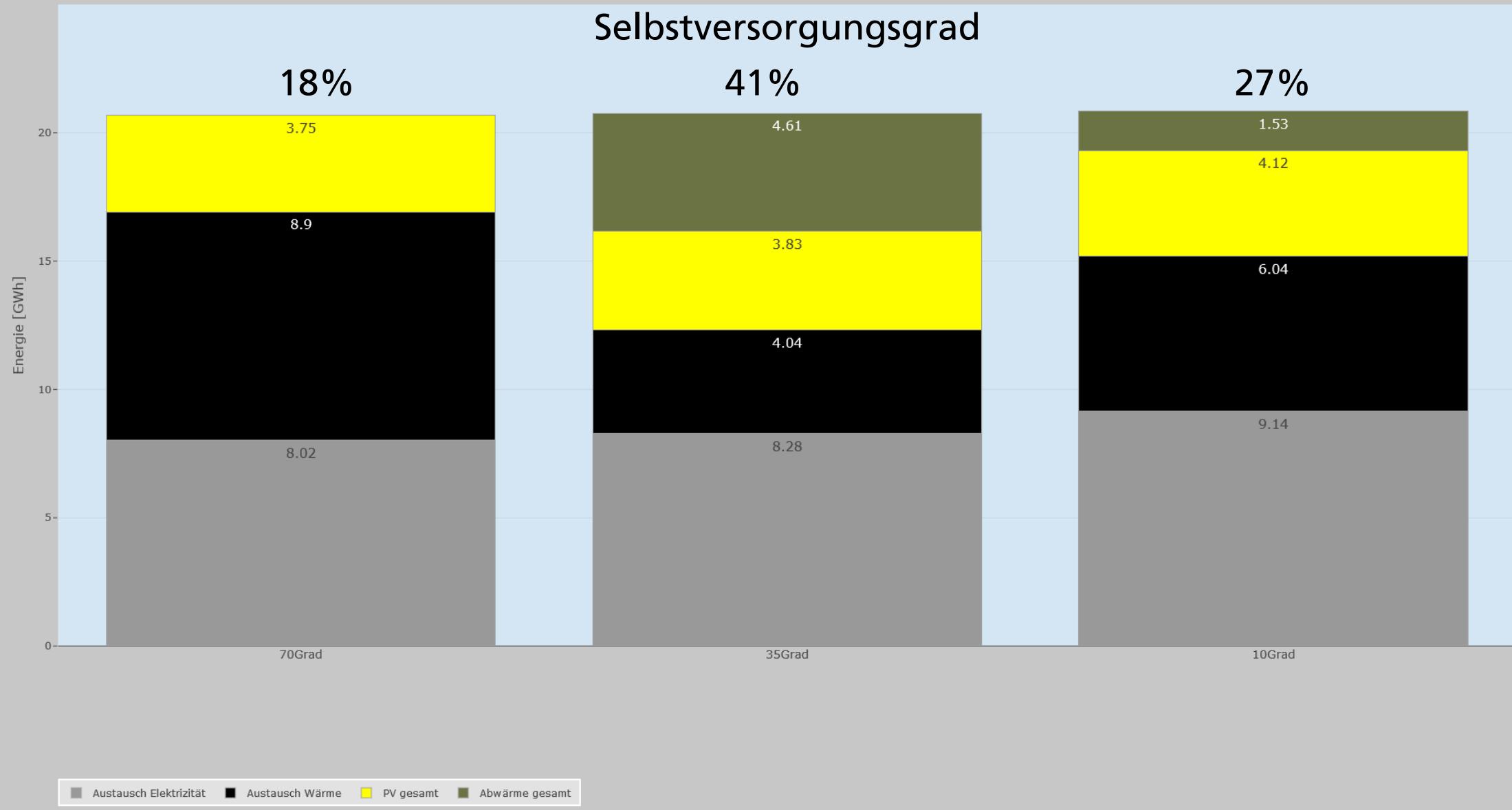


6. Hintergrund ISE-Berechnungen: Erzeugte/Gelieferte Energiemengen

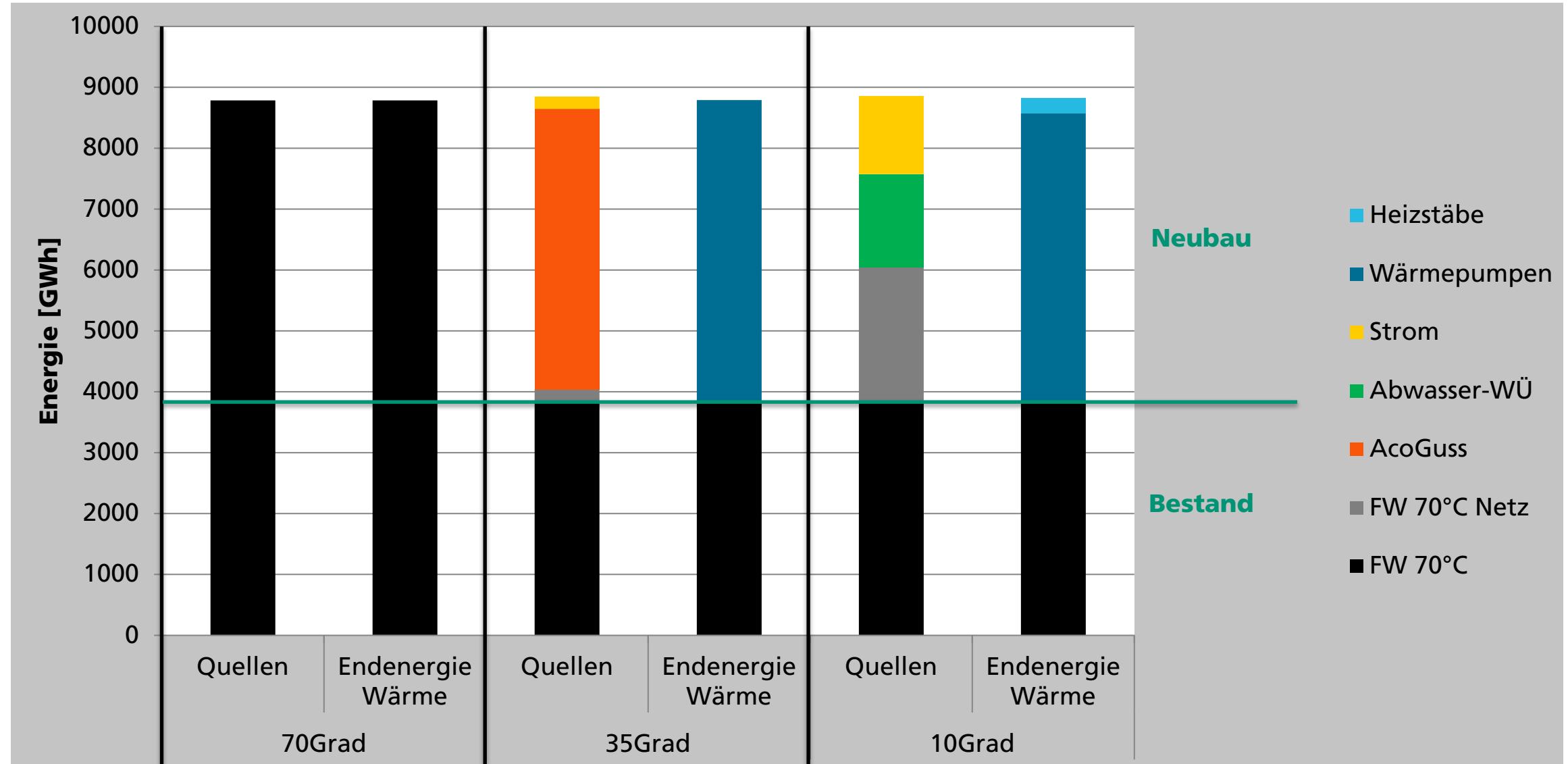


Vergleich Energiebereitstellung

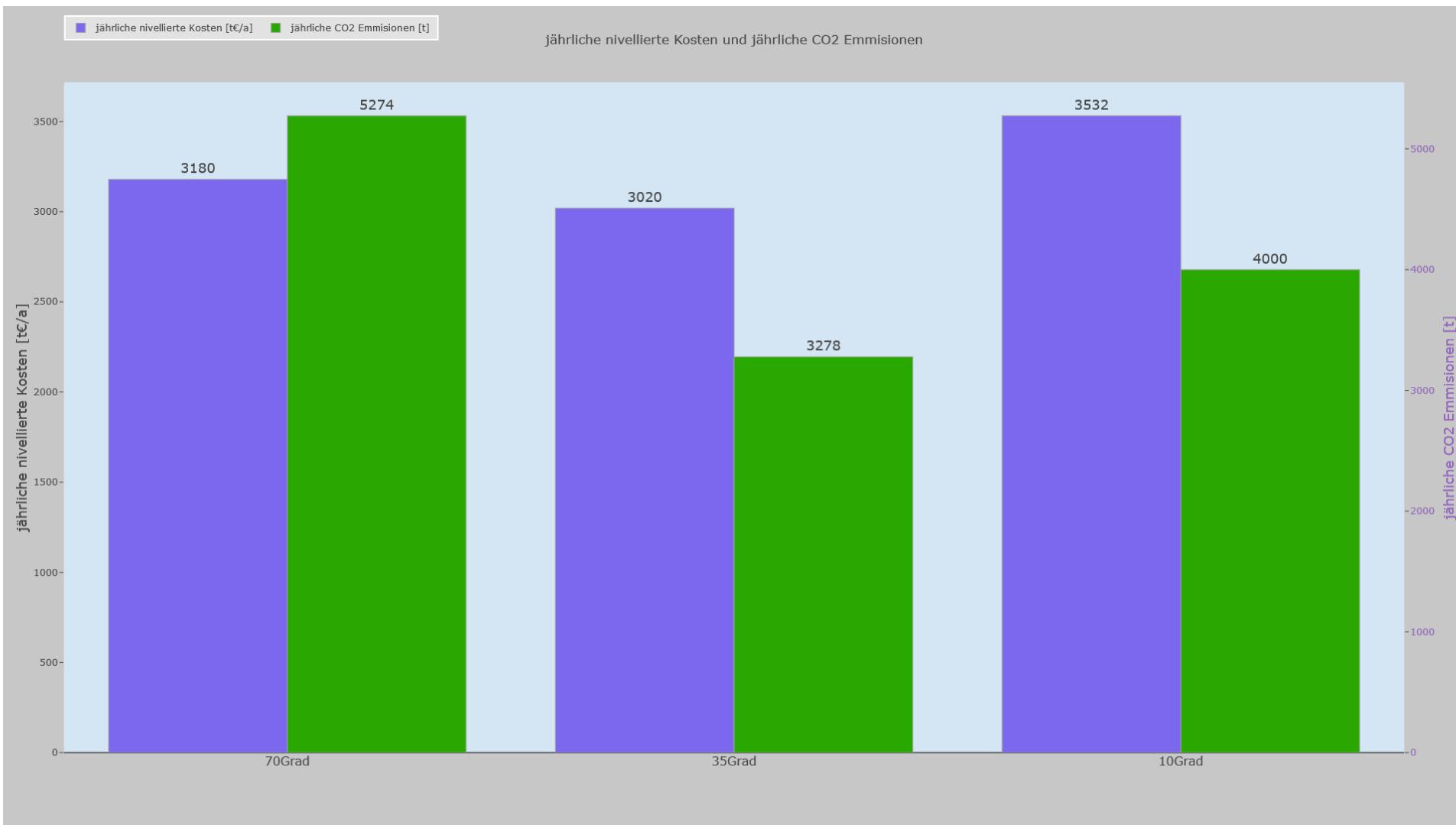
Selbstversorgungsgrad



6. Hintergrund ISE-Berechnungen: Wärmeenergie – Bedarf und Bereitstellung



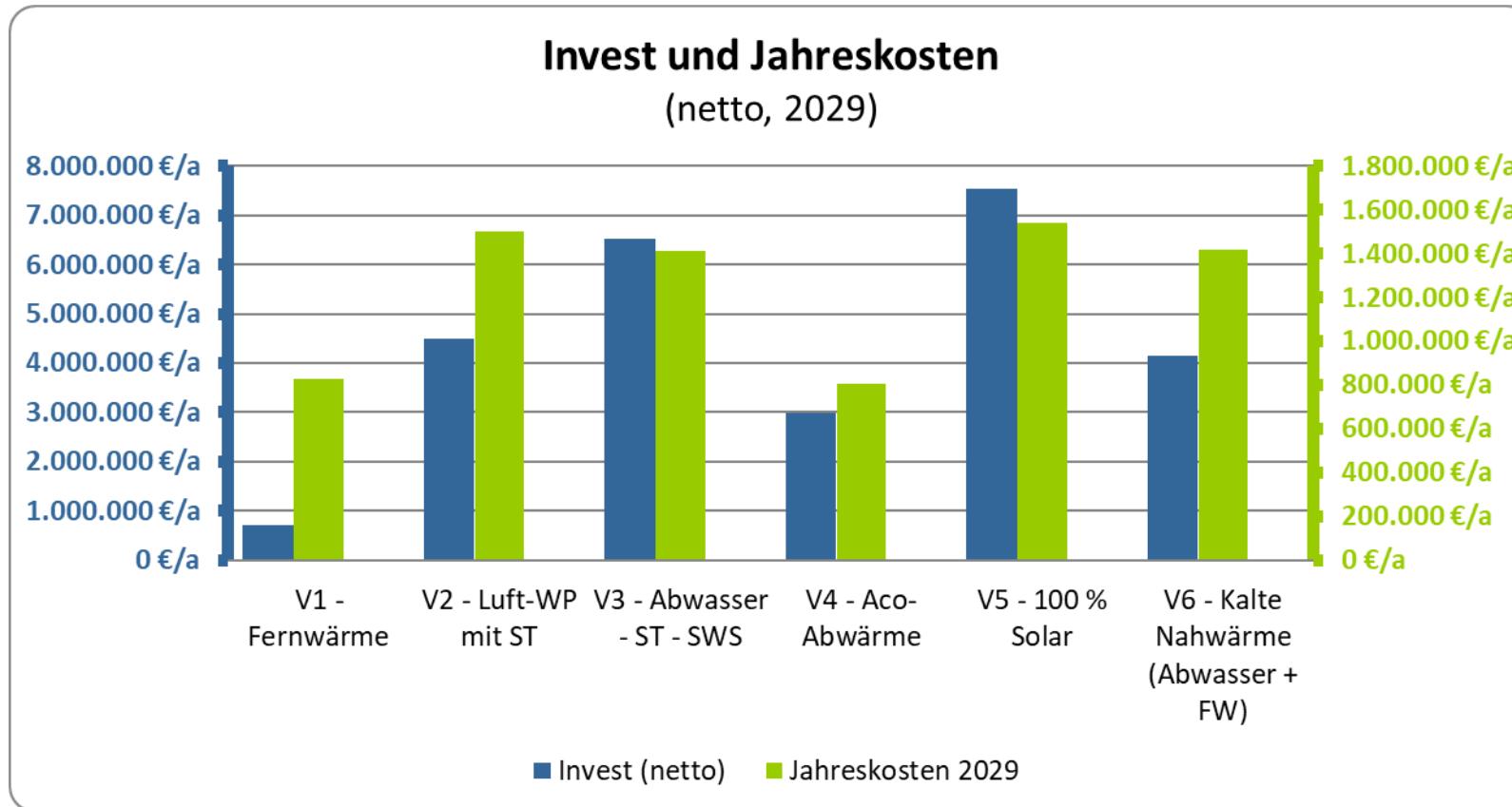
6. Hintergrund ISE-Berechnungen: Kosten und CO2-Emissionen



Inhalt

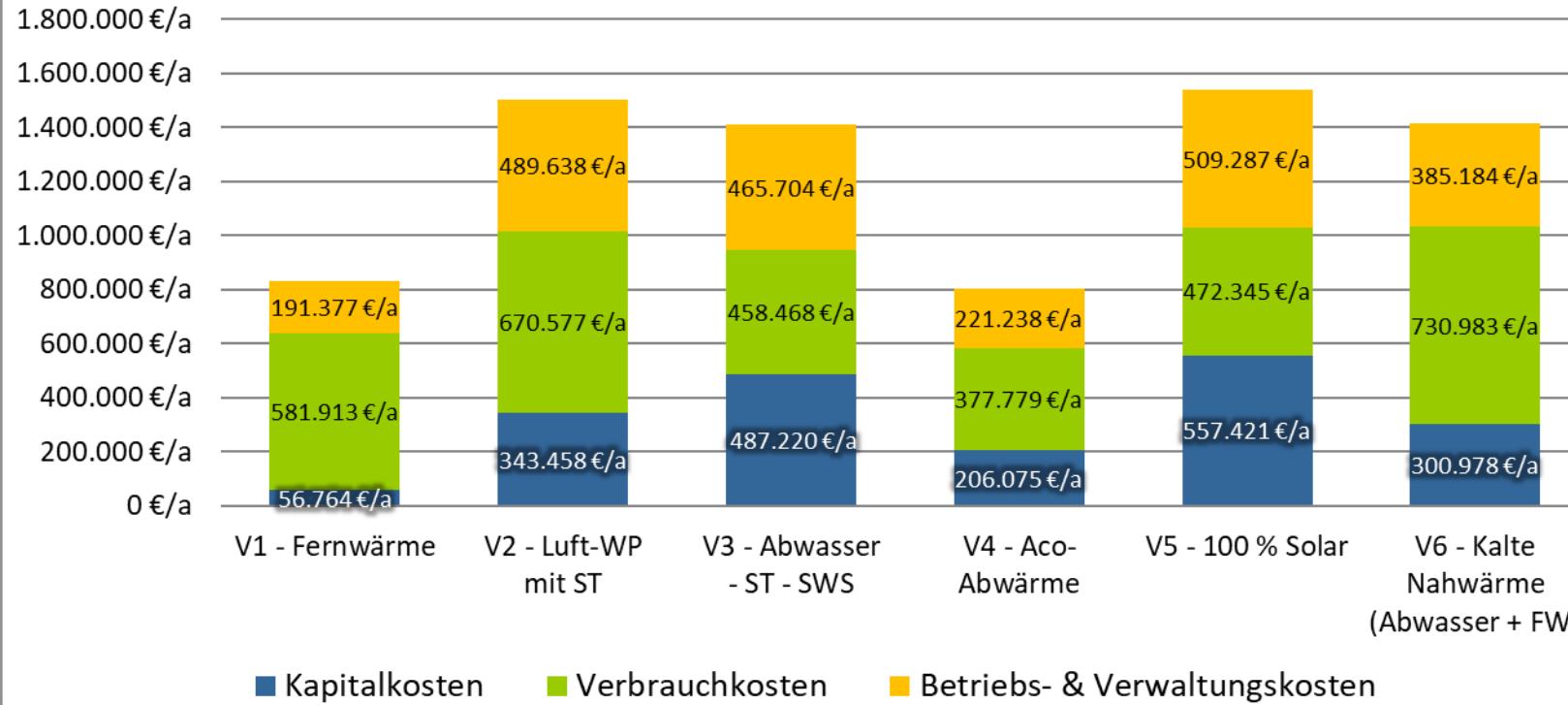
1. Zielsetzung und Vorgehensweise
2. Zusammenfassung der Ergebnisse
3. Energiebedarfe und Energie-Potenziale
4. Berechnungsergebnisse Fraunhofer ISE: Gesamtsystemoptimierung
5. Berechnungsergebnisse IfaS: Wärmesystemvarianten
6. Hintergrundinformationen ISE-Berechnungen
- 7. Hintergrundinformationen IfaS-Berechnungen**

Vergleich Invest und Jahreskosten



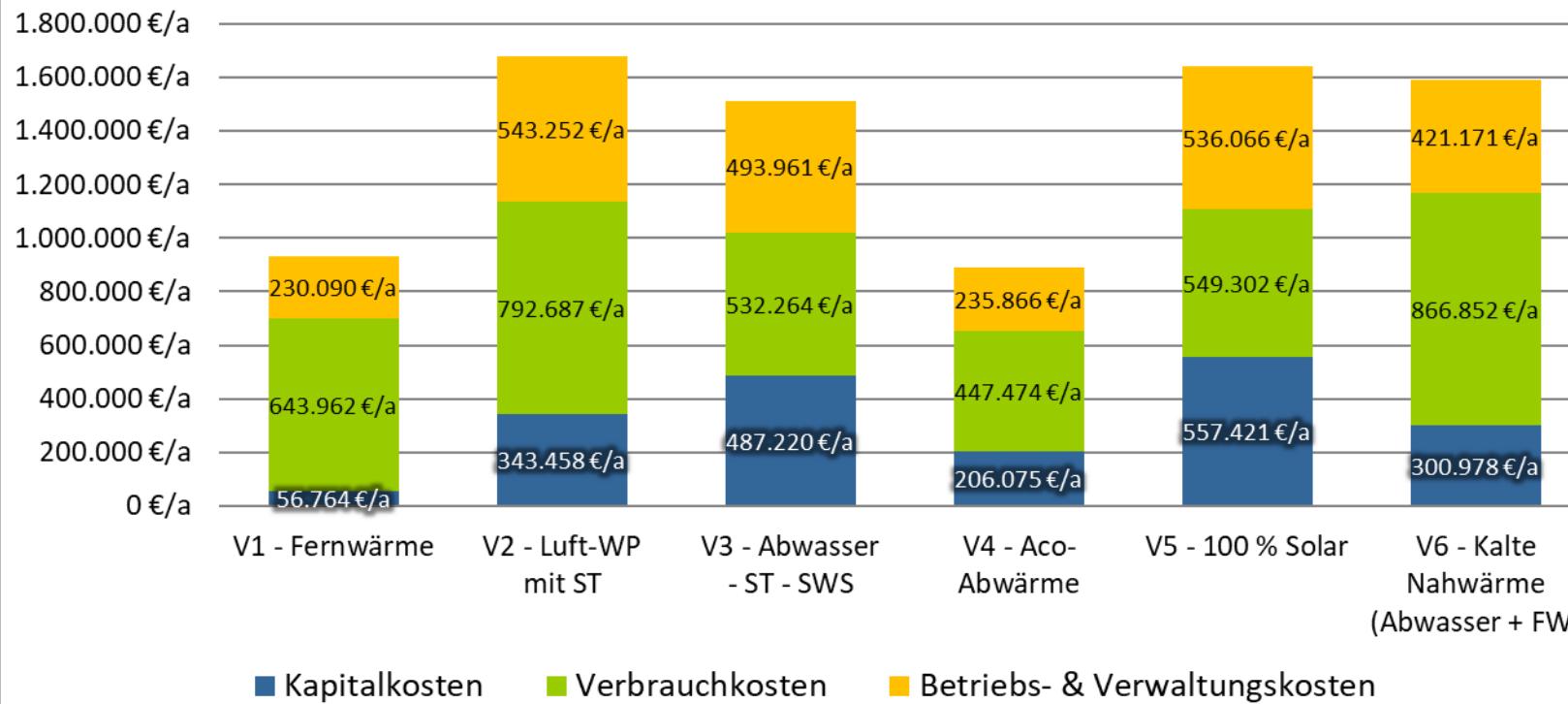
Aufteilung Jahreskosten (netto, Jahr 2029)

mit Förderungen

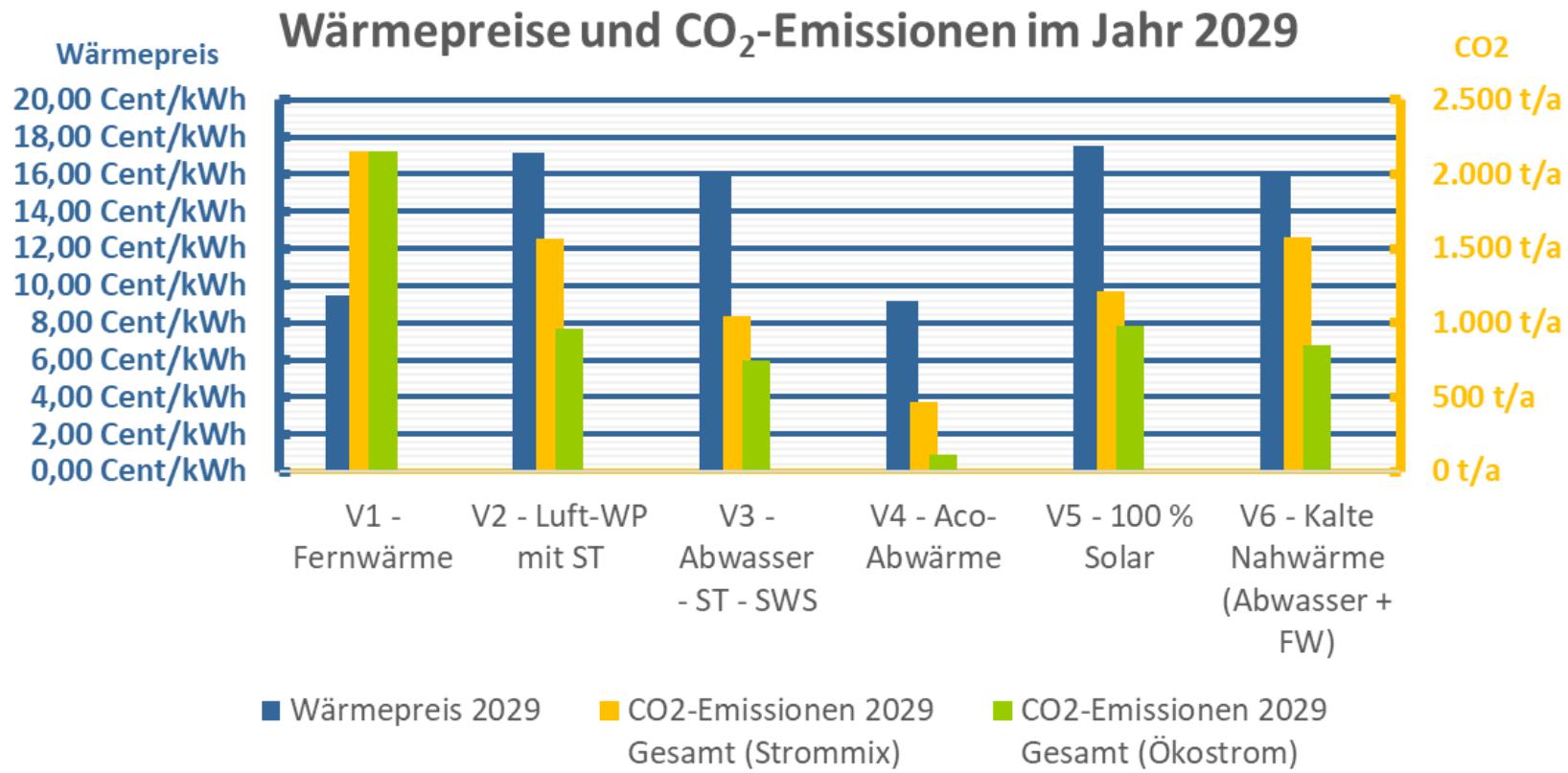


Aufteilung Jahreskosten (netto, Jahr 2050)

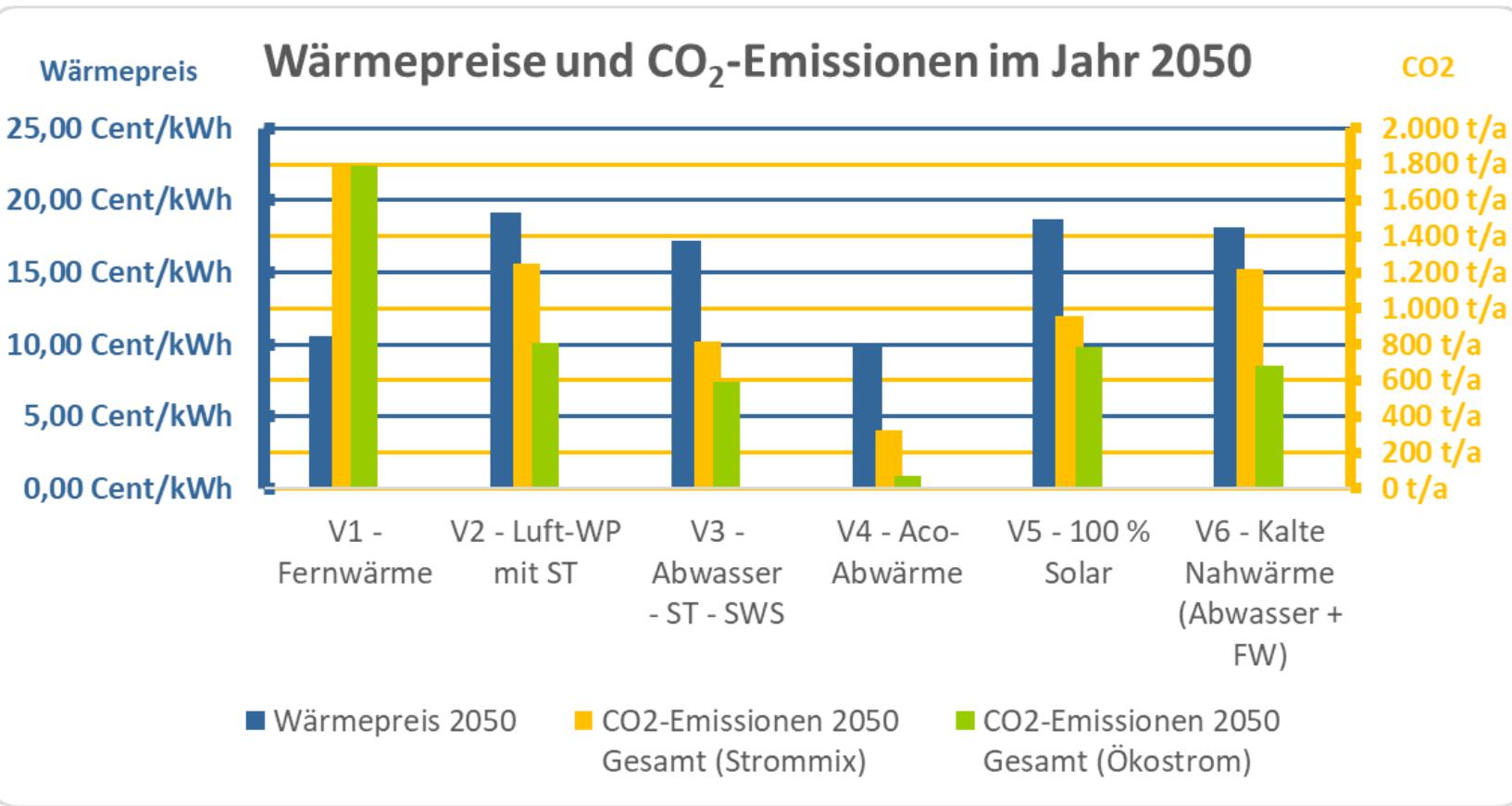
mit Förderungen



Wärmepreise und CO₂-Emissionen im Jahr 2029



Industrie-Abwärme mit 0 g/kWh CO₂ bilanziert



Industrie-Abwärme mit 0 g/kWh CO₂ bilanziert

Empfehlungen

- **Möglichst hoher Effizienzstandard im Quartier (KfW 55 oder Passivhaus)**
- **Variantenempfehlung aus ökonomischer Sicht**
 - Die Varianten 1 (Fernwärme) und 4 (Aco-Abwärme) weisen vergleichbare Jahresgesamtkosten bzw. Wärmepreise auf (ca. 9 bis 10 Cent / kWh)
- **Variantenempfehlung aus ökologischer Sicht**
 - Wird die Industrie-Abwärme mit Null bilanziert, weist Variante 5 (AcoAbwärme) die niedrigsten Primärenergiebedarfe und CO₂-Emissionen auf, welche die Nutzung bisher ungenutzter bzw. unter Stromeinsatz rückgekühlter Industrie-Abwärme verfolgt

Fazit & Ausblick

- Weitere Beheizungs- und Kühlmöglichkeiten für einzelne Gebäude stellen die drei Trinkwasserbrunnen sowie das Grundwasser aus der Sanierungsanlage dar, deren energetischen Potenziale aufgrund der voraussichtlich geringen Fördermengen jedoch auf jeweils ein Gebäude beschränkt sind. Sofern die Gebäudeeffizienz (niedrige Vorlauftemperaturen Bestand erforderlich / dienlich) eine Nutzung von Grundwasser-Wärmepumpen zulässt, sollten die Brunnen energetisch genutzt werden (vertiefende Prüfung notwendig).
- Die Fläche des Kohlebunkers sollte für Heizzentrale und Wärmespeicher reserviert werden / bleiben.
- Weiterer Untersuchungsbedarf: Bereitstellung der Kühlenergie (flächendeckend voraussichtlich nur über Kompressionskältemaschinen zu gewährleisten, wobei Variante 3 die Möglichkeit bietet 380 kW Kälteleistung über die reversible Abwasser-Wärmepumpe zu liefern, was jedoch lediglich für einen Teilbereich des Quartiers ausreicht)

Optionen für ein Betreiberkonzept

▪ Je nach Variante unterschiedliche Konstellationen des Betreiberkonzepts denkbar

- Einbindung eines leistungsfähigen Contractors für die 100% Solarwärmevariante
- Einbindung der Stadtentwässerung im Bereich Abwasserwärmevernutzung
- Einbindung der WVE für Invest. u. ggf. den Betrieb von Nahwärmeleitungen und technischen Anlagen
-

▪ Beispiel Gemeinde Gimbweiler (Birkenfeld)

- Modellprojekt im Rahmen der KSI (80% Förderung)
- Gemeinde ist Eigentümer und Investor der Solaren Nahwärme mit Großspeicher sowie der Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher für Eigenstrom
- NVB GmbH (Nahwärme Birkenfeld GmbH [79% VG BIR und 21% EDG LK Mainz Bingen]) übernimmt treuhänderisch den Bau und Betrieb der Anlagen
- Gemeinde erhält Pachten aus dem Anlagenbetrieb zur Tilgung der Verbindlichkeiten

Fördermitteloptimierung

▪ Je nach Variante unterschiedliche Konstellationen der Fördermittelnutzung denkbar

- Bisher keine Berücksichtigung von Förderungen des PTJ innerhalb von Enstadt:Pfaff
- Lediglich Prüfung der Bundesmittel über BAFA und KFW Programme und Berücksichtigung in den Kalkulationen
- Vertiefende Prüfung über Landesfördermittel notwendig (Kumulierung je nach Antragsteller möglich)
 - ZEIS Programm RLP, **fördert bis zu 20% der Investitionen** von z.B. Nahwärmenetzen, Hausübergabestationen, Solarthermieanlagen und Wärmepumpen
 - Auch stehen Programme im Abwassersektor zur Verfügung die einer Prüfung bedürfen