

PRÄSENTATION ENERGIEKONZEPT KIELER SÜDEN

LEG
Entwicklungsgesellschaft GmbH
24119 Kronshagen

8. April 2020



KURZZUSAMMENFASSUNG ENERGIEKONZEPT KIELER SÜDEN

Für die LEG Entwicklungsgesellschaft GmbH

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Aufgabenstellung:

Erstellung eines Energiekonzeptes für den „Kieler Süden“

- Untersuchung zentraler Wärmeversorgungssysteme
 - Kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen (optional Wärmespeicher)
 - Zentraler Eisspeicher + Wärmepumpe + Photovoltaik
 - Erdgas-BHKW + Dach-Solar + Quartiersstrom
- Untersuchung dezentraler Wärmeversorgungsanlagen
 - Luftwärmepumpe
 - Brennwertkessel (Erdgas) + Solarthermie

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aller Varianten

- Fernwärmepreis der Stadtwerke Kiel ist Referenz
- Fördermittel sind zu berücksichtigen

Vergleich der CO₂-Bilanzen und Primärenergiefaktoren aller Varianten

Erstellung einer Handlungsempfehlung

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

1. Der Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung für den Kieler Süden ist technisch, ökologisch und wirtschaftlich darstellbar.
2. Ein Gesamtnetz zur Versorgung des Gebiets ist wirtschaftlicher als mehrere Teilnetze oder dezentrale Einzelversorgungen.
3. Auch die Einbindung und Versorgung abgelegener Einfamilienhäuser ist wirtschaftlich darstellbar.
4. Der Aufbau einer zentral gelegenen Heizzentrale ist am Standort der Grundschule räumlich und technisch möglich.
5. Folgende Technologien wurden untersucht, aber der Einsatz aus fachlichen Gründen verworfen:
 1. Biomasse als Brennstoff (Pellet & Hackschnitzel) / Grund: Platzbedarf & Logistik
 2. Eisspeicherheizung / Grund: Wirtschaftlichkeit
 3. Freiflächensolarthermie / Grund: mangelnde Flächenverfügbarkeit
 4. Kalte Nahwärme / Grund: Wirtschaftlichkeit & Flächenbedarf für Wärmequelle

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die Zielvariante:



25 km Wärmenetz
mit hoher
Dämmstufe

20-30 % Solarwärme
über dezentrale
Aufdachanlagen



10-20 % Erdwärme über
Erdkollektor unter Sportplatz



5-15 % Umweltwärme
über Luftwärmepumpe



20-30 % innovative,
netzdienliche KWK
(Erdgas-BHKW)



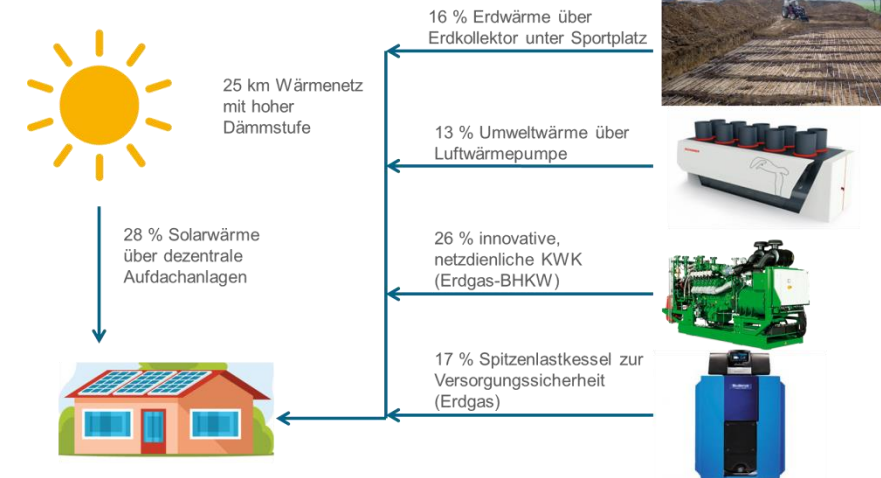
10-20 % Spitzenlastkessel
zur Versorgungssicherheit
(Erdgas)



ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Die Zielvariante:

- Versorgung des Gesamtgebietes aus einer gemeinsamen Anlage
- **Solarthermie** zur Warmwasserbereitung **auf allen** Hausdächern
- Primärenergiefaktor: **0,25**
- Wärmemischpreis im Gesamtgebiet: **0,42 €/m²/Monat** bzw. **100 €/MWh**
- Heizkosten für ein **EFH**, 140 m², KfW 55: ca. **800 €/a netto** (inkl. aller Kosten und Investitionen!)
- CO₂-Faktor: **0,146 t CO₂/MWh** (vgl. FW Stw. Kiel: 0,118 t CO₂/MWh)
- Der stromnetzdienliche Einsatz von Erdgas in einem BHKW ist eine Brückentechnologie und kann langfristig z. B. durch Wasserstoff oder andere Energieträger ersetzt werden.



HANDLUNGSEMPFEHLUNG

- **Wir empfehlen folgende Vorgaben für die Wärmeversorgung:**
 - Festlegung Mindeststandard Gebäudedämmung nach Energiestandard der Stadt Kiel (in Anlehnung an KfW 55)
 - Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung für den Kieler Süden und ein Angebot zum Anschluss für jeden Hauseigentümer
 - Die Nutzung von Solarthermie, oberflächennaher Geothermie und Luftwärmepumpen sollte als Technologie, ohne Nutzungsanteile, vorgegeben werden
 - Solarthermische Nutzung auf allen Häuserdächern zur Warmwassererwärmung
 - Generelle Pflicht für Photovoltaik Nutzung auf allen EFH/DHH Dächern (ohne Größenvorgabe)
 - Grundsätzliches Verbot für die Verbrennung fossiler Energieträger zur Wärmeerzeugung
 - Anschluss und Nutzungsverpflichtung für die öffentlichen Gebäude und Mehrfamilienhäuser
 - Dächer von Mehrfamilienhäusern sollten „Photovoltaik vorbereitet“
 - Primärenergiefaktor von 0,3 ist anzustreben; maximal zulässiger Wert 0,35
 - Wärmebezogene CO₂-Emissionen maximal 0,150 g CO₂ / MWh
 - Hohe Ausnutzung regenerativer Potentiale
 - Mindestens 40% Wärmeanteil aus regenerativen Energien



LANGFASSUNG ENERGIEKONZEPT KIELER SÜDEN

Für die LEG Entwicklungsgesellschaft GmbH

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Aufgabenstellung:

Erstellung eines Energiekonzeptes für den „Kieler Süden“

- Untersuchung zentraler Wärmeversorgungssysteme
 - Kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen (optional Wärmespeicher)
 - Zentraler Eisspeicher + Wärmepumpe + Photovoltaik
 - Erdgas-BHKW + Dach-Solar + Quartiersstrom
- Untersuchung dezentraler Wärmeversorgungsanlagen
 - Luftwärmepumpe
 - Brennwertkessel (Erdgas) + Solarthermie

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aller Varianten

- Fernwärmepreis der Stadtwerke Kiel ist Referenz
- Fördermittel sind zu berücksichtigen

Vergleich der CO₂-Bilanzen und Primärenergiefaktoren aller Varianten

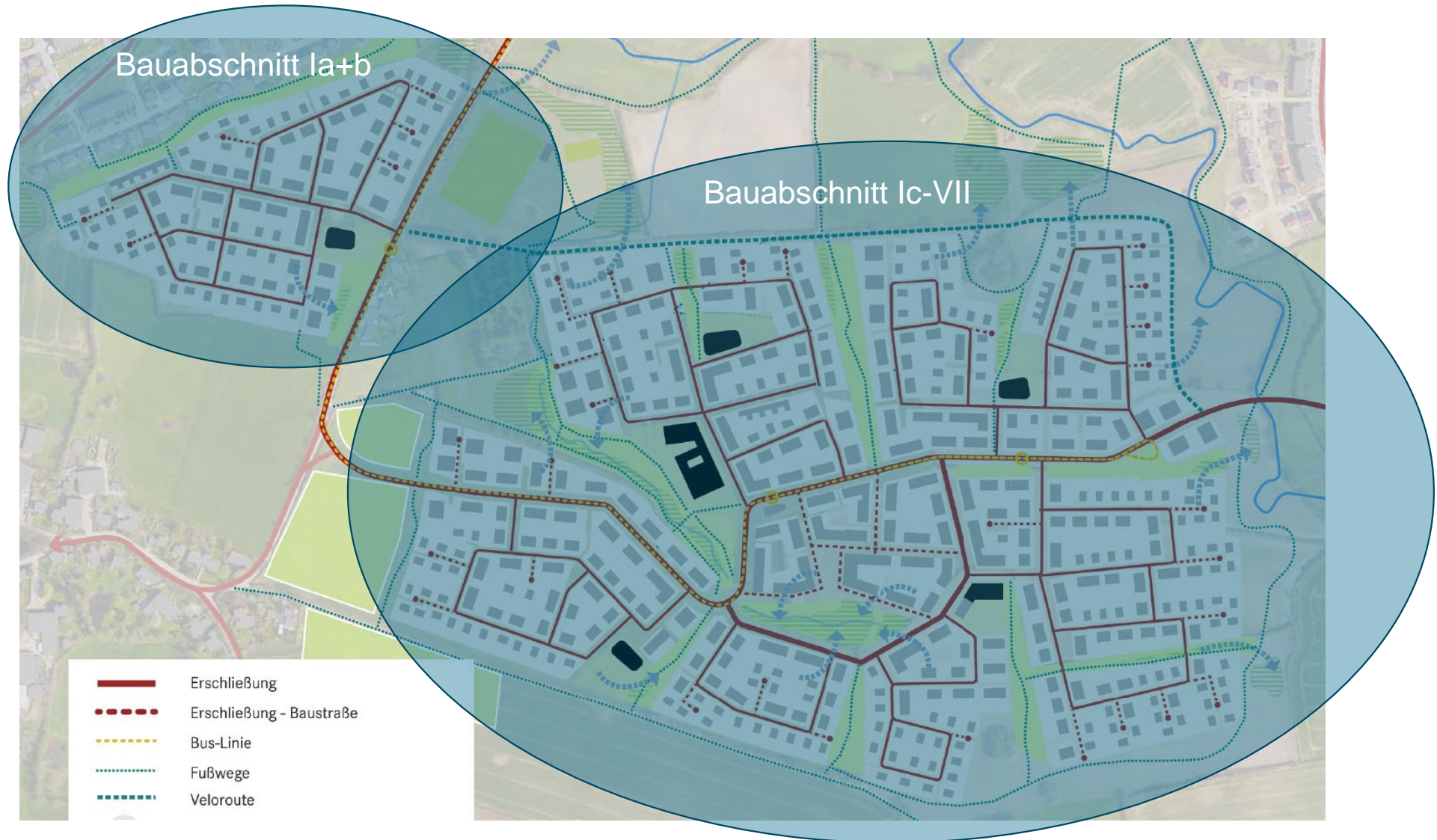
Erstellung einer Handlungsempfehlung



GRUNDLAGENERMITTLUNG

GRUNDLAGEN

DAS QUARTIER



GRUNDLAGEN

DAS QUARTIER - WÄRMEBEDARF

Getroffene Annahmen:

- Ganzheitliche Betrachtung (inkl. Haushaltsstrom)
- Heizwärmebedarf nach Dämmstandard:
 - EnEV 45 kWh/m²/a
 - KfW 55 35 kWh/m²/a
 - KfW 40 25 kWh/m²/a
- Warmwasserbedarf gem. VDI 2067 Blatt 4:



Duschen / Baden

WW-Bedarf nach Personenzahl, VDI 2067 Blatt 4

Anzahl Personen pro Tag			4 Personen
mittlerer Warmwasserbedarf Liter/Tag, Personen			40 l/(P.*d)
Bedarf pro Person und Jahr	45 °C	365 Tage	590 kWh/(P*a)
WW-Bedarf pro Jahr			2,360 MWh/a
			16,8 kWh/m ² a

Gesamtbedarf Wohnen

Warmwasserbedarf Gebäude			2,360 MWh/a
Zirkulations- und Speicherluste	pauschal	30%	0,708 MWh/a
WW-Bedarf pro Jahr			3,068 MWh/a
		3068	21,8 kWh/m ² a

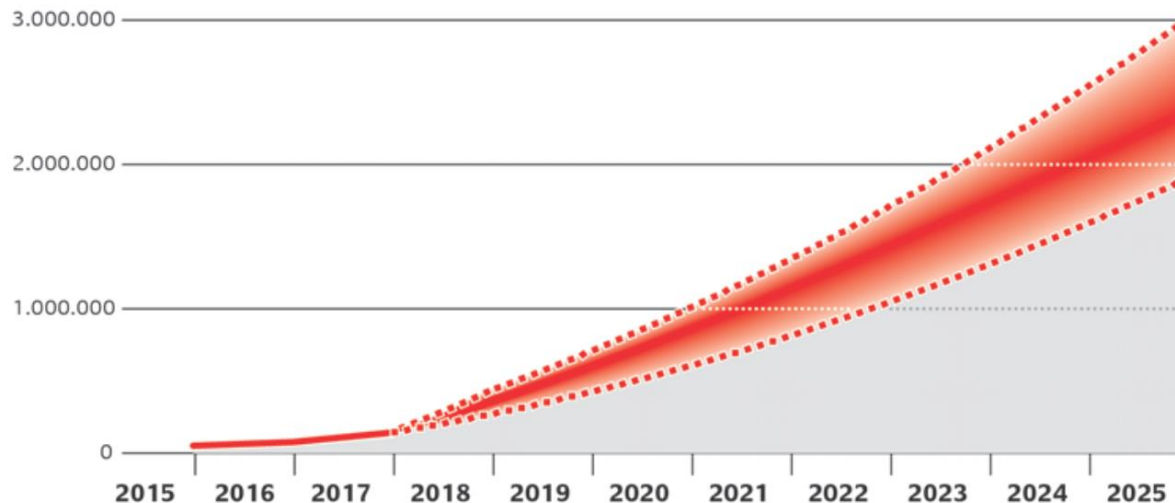
GRUNDLAGEN

DAS QUARTIER – STROMBEDARF E-MOBILITÄT

Getroffene Annahmen:

Abschätzung mittelfristiger Strombedarf E-Mobilität				
Bauabschnitt	I a+b	Ic - VII		Quelle
Abgeschätzte Anzahl Einwohner				
EFH, RH, KH, etc.	511	2.240	Einwohner	
MFH	128	1.800	Einwohner	
Durchschnittliche Anzahl privater PKW pro 1.000 Einwohner in Kiel Stand 2016				
	346		PKW Pro 1.000 Einwohner	Kraftfahrtbundesamt
Anzahl PKW im Quartier				
EFH, RH, KH, etc.	177	775	private PKW	
MFH	44	623	private PKW	
Zielwert 2020 1% Elektrofahrzeuge in Kiel (Masterplan 100% Klimaschutz)				
	2	14	E-PKW im Quartier	Masterplan 100% Klimaschutz Stadt Kiel
Zielwert 2025 Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) bis zu 3 Mio. Elektrofahrzeuge (Stand 2019 ca. 64.8 Mio. Fahrzeuge insgesamt) --> ca. 4,6 %				
	10	64	E-PKW im Quartier	Fortschrittsbericht 2018 - Markthochlaufphase (NPE)
Durchschnittliche Fahrleistung je PKW ca. 13.500 km / Jahr				
	135.000	864.000	km/Jahr	Kraftfahrtbundesamt
Strombedarf E-Mobilität im Quartier (Stromverbrauch Beispiel E-Golf (15,8 kWh/100km))				
	21.330	136.512	kWh/Jahr	Herstellerangabe

Verkaufte Elektrofahrzeuge



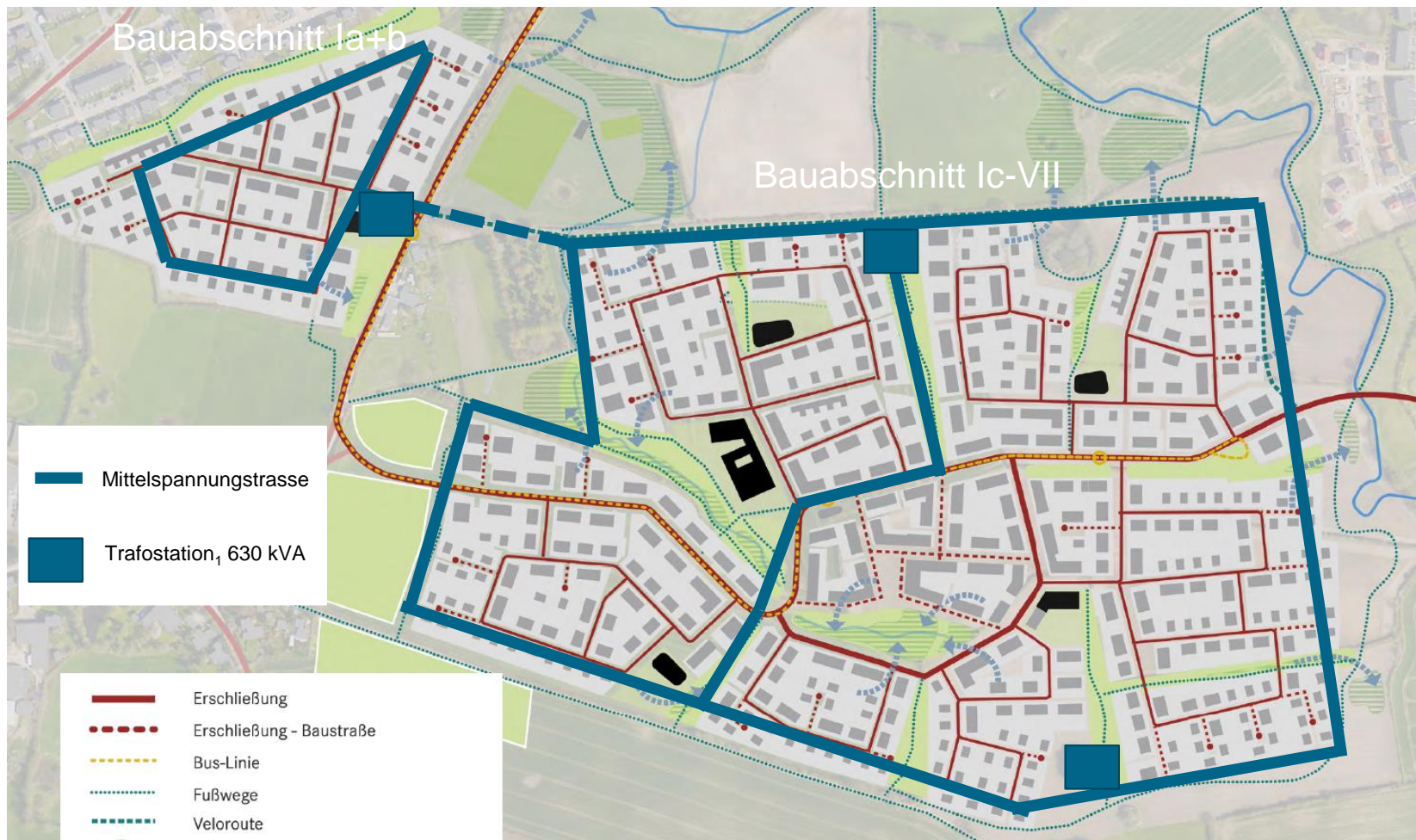
Fortschrittsbericht 2018 –
Markthochlaufphase E-Mobilität
(Nationale Plattform Elektromobilität)

Prognose kumulierte Verkäufe
Elektrofahrzeuge

GRUNDLAGEN

VORSCHLAG STROMSEITIGE ERSCHLIEßUNG

- Versorgungsmöglichkeit des Quartiers bei 50% Ausbau von E-Mobilität + bis zu 100% der Dachflächen mit PV
- Errichtung öffentlicher Ladesäulen an zentralen Punkten möglich



1: genaue Lage Trafostationen noch nicht festgelegt. Größe Kompaktstation ca. 2m x 3m x 2m (LxBxH)

GRUNDLAGEN

Strukturelle Vorgaben / Rahmenbedingungen:

- Im aktuellen Entwurf des Rahmenplans ist keine Fläche für eine oder mehrere Energiezentralen vorgesehen.
 - Notwendige Energiezentralen müssen in die Öffentlichen Gebäude (Schule/Kita) integriert werden.
- Außer der Fläche unter dem Fußballplatz sind keine Flächen für die Nutzung von regenerativer Energie verfügbar.
 - Hierdurch sind verschiedene regenerative Technologien wie z.B. Freiflächen-Solarthermie nicht nutzbar.
- Im Umfeld des untersuchten Quartiers konnten keine nutzbaren Abwärmequellen identifiziert werden.



UNTERSUCHUNGSVARIANTEN

VORGEHEN

VARIANTENENTWICKLUNG

- Flächenermittlung (siehe Auswertung Grundlagen)
- Bestimmung von Wärme- und Strombedarf der Gebäude
- Ermittlung eines optimalen Standortes für eine Wärmezentrale
- Ermittlung von möglichen Wärmequellen (Abwärme und Umweltwärme)
- Festlegung möglicher Netztemperaturen (10°C, 45°C, 65°C)
- Entwicklung von Anschlussszenarien der unterschiedlichen Bauabschnitte
- Unterscheidung zwischen zentralen und dezentralen Versorgungsvarianten
- Entwicklung der Versorgungsvarianten

UNTERSUCHUNGSVARIANTEN

VARIANTENENTWICKLUNG

- Durch die räumliche Erschließung von Osten für die Bauabschnitte „II-IIV“ ergibt sich insbesondere zu Beginn eine große räumliche Trennung zu Abschnitt „Ia+b“
- Für die Entwicklung von zentralen Wärmeversorgungs-lösungen werden daher die Bauabschnitte „Ia+b“ und „Ic-VII“ sowohl getrennt, als auch gemeinsam betrachtet.
- Es wird in allen zentralen Versorgungsvarianten von einer 100% Anschlussquote der öffentlichen Gebäude und Mehrfamilienhäuser ausgegangen. Im Bereich der „Einfamilienhäuser“ wird mit einer prognostizierten Anschlussquote von 90% gerechnet.
- Es wurden sowohl zentrale Versorgungsvarianten mit dem Anschluss aller Gebäudetypen, als auch Varianten nur mit den öffentlichen Gebäuden und Mehrfamilienhäusern untersucht.
- Alle Berechnungsergebnisse basieren auf dem Rahmenplan für das Quartier und sind nicht als absolute Werte/Ergebnisse zu werten, da beheizte Flächen und Gebäudekubaturen abweichen können.
- **Alle Investitionen und Berechnungen sind Nettopreise!**

VORGREIFENDE ERGEBNISSE

Aufgrund der Menge an Berechnungsergebnisse werden in der Darstellung der Ergebnisse folgende Einschränkungen gemacht:

- Die Berechnungen haben ergeben, dass der Dämmstandard der Gebäude (EnEV-Standard, KfW 55, KfW40) **keine relevanten Auswirkungen** auf die wirtschaftlichen oder ökologischen Unterschiede der unterschiedlichen Wärmeversorgungsvarianten zueinander hat. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass vom EnEV-Standard-Gebäude zum KfW-40-Gebäude bis zu 10 ct/m² pro Monat Heizkosten eingespart werden.
- **Es werden exemplarisch nur die Ergebnisse für den Standard KfW55 dargestellt.**
- Die Berechnungen haben ergeben, dass es keinen Vorteil bringt, nur die MFH und die öffentlichen Gebäude über ein Wärmenetz zu versorgen. Trotz hoher Dämmstandards ist es in allen Bereichen wirtschaftlich auch die „EFH“ mittels Wärmenetz zentral mit Wärme zu versorgen.
- **Es werden im folgenden nur die „großen“ Varianten mit dem Anschluss aller Gebäude in den Untersuchungsgebieten gezeigt.**

(Die Vollständigen Berechnungsergebnisse befinden sich im Anhang)

UNTERSUCHUNGSVARIANTEN

BAUABSCHNITT „la+b“

- Folgende zentralen Versorgungsvarianten wurden für den Bauabschnitt „la+b“ untersucht:

Variante	Kalte Nahwärme (Agrothermie)	Kalte Nahwärme (Eisspeicher)
Bauabschnitt	la+b	la+b
Gebäudeart	alle Gebäude	alle Gebäude
Quelle / Energieträger	Agrothermie (10°C)	Eisspeicher (0°C)
Wärmeerzeugung	dezentrale S-WP	zentrale S-WP
Speicherung	dezentrale Solar-Puffer	Eisspeicher
Wärmeverteilung	kalte Nahwärme mit 10°C	Nahwärme mit 45°C
TWW	Solarthermie (Sommer) und WP (Winter) + elektr. Nacherhitzung	Solarthermie (Sommer) und WP (Winter) + elektr. Nacherhitzung

Variante	Erdgas BHKW	Pelletkessel
Bauabschnitt	la+b	la+b
Gebäudeart	alle Gebäude	alle Gebäude
Quelle / Energieträger	Erdgas	Biomasse
Wärmeerzeugung	BHKW + Gaskessel	Biomassekessel
Speicherung	zentraler Pufferspeicher	zentraler Pufferspeicher
Wärmeverteilung	Nahwärmenetz 65°C	Nahwärmenetz 45°C
TWW	Solarthermie + Wärmenetz	Solarthermie + elektr. Nacherhitzung

UNTERSUCHUNGSVARIANTEN

BAUABSCHNITT „Ia+b“

- Folgende zentralen Versorgungsvarianten wurden für den Bauabschnitt „Ic-VII“ untersucht:

Variante	Kalte Nahwärme (Agrothermie)	BHKW
Bauabschnitt	Ic - VII	Ic - VII
Gebäudeart	alle Gebäude	alle Gebäude
Quelle / Energieträger	Agrothermie (10°C)	Erdgas
Wärmeerzeugung	dezentrale S-WP	BHKW + Gaskessel
Speicherung	dezentrale Solar-Puffer	zentraler Pufferspeicher
Wärmeverteilung	kalte Nahwärme mit 10°C	Nahwärmenetz 65°C
TWW	Solarthermie (Sommer) und WP (Winter) + elektr. Nacherhitzung	Solarthermie + elektr. Nacherhitzung

Variante	Hackschnitzelkessel	BHKW + Wärmepumpe	Wärmenetz 4.0
Bauabschnitt	Ic - VII	Ic - VII	Ic - VII
Gebäudeart	alle Gebäude	alle Gebäude	alle Gebäude
Quelle / Energieträger	Biomasse	Luft + Erdgas	Sonne + Biomasse + Erdgas
Wärmeerzeugung	Biomassekessel	zentrale Wärmepumpe + innovative KWK	Wärmepumpe + Biomassekessel + BHKW
Speicherung	zentraler Pufferspeicher	zentraler Pufferspeicher	Eisspeicher
Wärmeverteilung	Nahwärmenetz 45°C	Nahwärmenetz 65°C	Nahwärmenetz 45°C
TWW	Solarthermie + elektr. Nacherhitzung	Solarthermie (Sommer) und WP (Winter) + elektr. Nacherhitzung	Solarthermie + Wärmenetz

UNTERSUCHUNGSVARIANTEN

BAUABSCHNITT „Gesamt“

- Als Folge der Einzelbetrachtungen in den Teilgebieten hat sich folgende Variante für das Gesamtgebiet ergeben:

Variante	BHKW + Luftwärmepumpe + Solewärmepumpe
Bauabschnitt	Gesamtgebiet
Gebäudeart	alle Gebäude
Quelle / Energieträger	Erdgas + Luft + Agrothermie
Wärmeerzeugung	BHKW + Wärmepumpen
Speicherung	zentraler Pufferspeicher
Wärmeverteilung	Nahwärmenetz 65°C
TWW	Solarthermie + Wärmenetz



ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

ERGEBNISSE BAUABSCHNITT IA+B



ERGEBNISSE

Kalte Nahwärme (Agrothermie)

Versorgung des Bauabschnitts I a+b – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Agrothermiefeld dient als Wärmequelle für ein kaltes Wärmenetz (10°C).
- Dezentrale Wärmepumpen versorgen alle Gebäude mit Heizwärme
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.
- Das Agrothermiefeld hat eine Fläche von ca. 7.000 bis 12.000 m² je nach energetischem Standard der Gebäude. (Der Fußballplatz inkl. angrenzender Flächen hat ca. 10.000 m²)

Ergebnisse:

Kalte Nahwärme (Agrothermie)		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	1.200	MWh/a
Gesamtinvestitionen	3.567.928	€
Berücksichtigte Fördermittel	488.000	€
Kapitalkosten	139.843	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	30.810	€/a
Energiekosten	28.670	€/a
Gutschriften	0	€/a
Jahresenergiekosten	199.323	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,70	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,26	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,098	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE

Kalte Nahwärme (Eisspeicher)

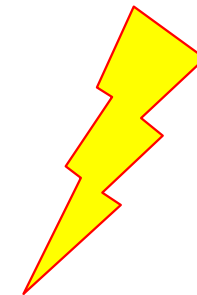
Versorgung des Bauabschnitts I a+b – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Eisspeicher mit 2.000 bis 3.000 m³ Volumen dient als Wärmequelle für ein kaltes Wärmenetz (10°C).
- Zur Regeneration werden ca. 1.500 bis 2.500 m² Solarkollektoren auf privaten oder öffentlichen Dachflächen benötigt. Es muss partiell ein 4-Leiter-System verlegt werden.
- Dezentrale Wärmepumpen versorgen alle Gebäude mit Heizwärme
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.

Ergebnisse:

Kalte Nahwärme (Eisspeicher)		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	1.200	MWh/a
Gesamtinvestitionen	7.267.988	€
Berücksichtigte Fördermittel	488.000	€
Kapitalkosten	252.530	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	54.589	€/a
Energiekosten	28.670	€/a
Gutschriften	0	€/a
Jahresenergiekosten	335.789	€/a
Spezifische Wärmekosten	1,18	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,26	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,101	t CO ₂ /MWh



ERGEBNISSE

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Versorgung des Bauabschnitts I a+b – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Erdgas-BHKW (160 - 250 kW_{el}) liefert zwischen 72 und 77% des Wärmebedarfes für ein Nahwärmenetz (65°C).
- Die Spitzenlastwärme wird durch einen Erdgaskessel bereit gestellt.
- Der erzeugte Strom wird in das Stromnetz eingespeist und kann regional als Quartiersstrom vermarktet werden. Er deckt den Haushaltsstrombedarf im Bauabschnitt vollständig.
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.

Ergebnisse:

BHKW		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	1.200	MWh/a
Gesamtinvestitionen	3.921.600	€
Berücksichtigte Fördermittel	438.500	€
Kapitalkosten	144.403	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	45.551	€/a
Energiekosten	86.990	€/a
Gutschriften	85.406	€/a
Jahresenergiekosten	191.537	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,67	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,20	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,058	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE

Pelletkessel

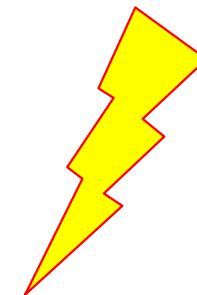
Versorgung des Bauabschnitts I a+b – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

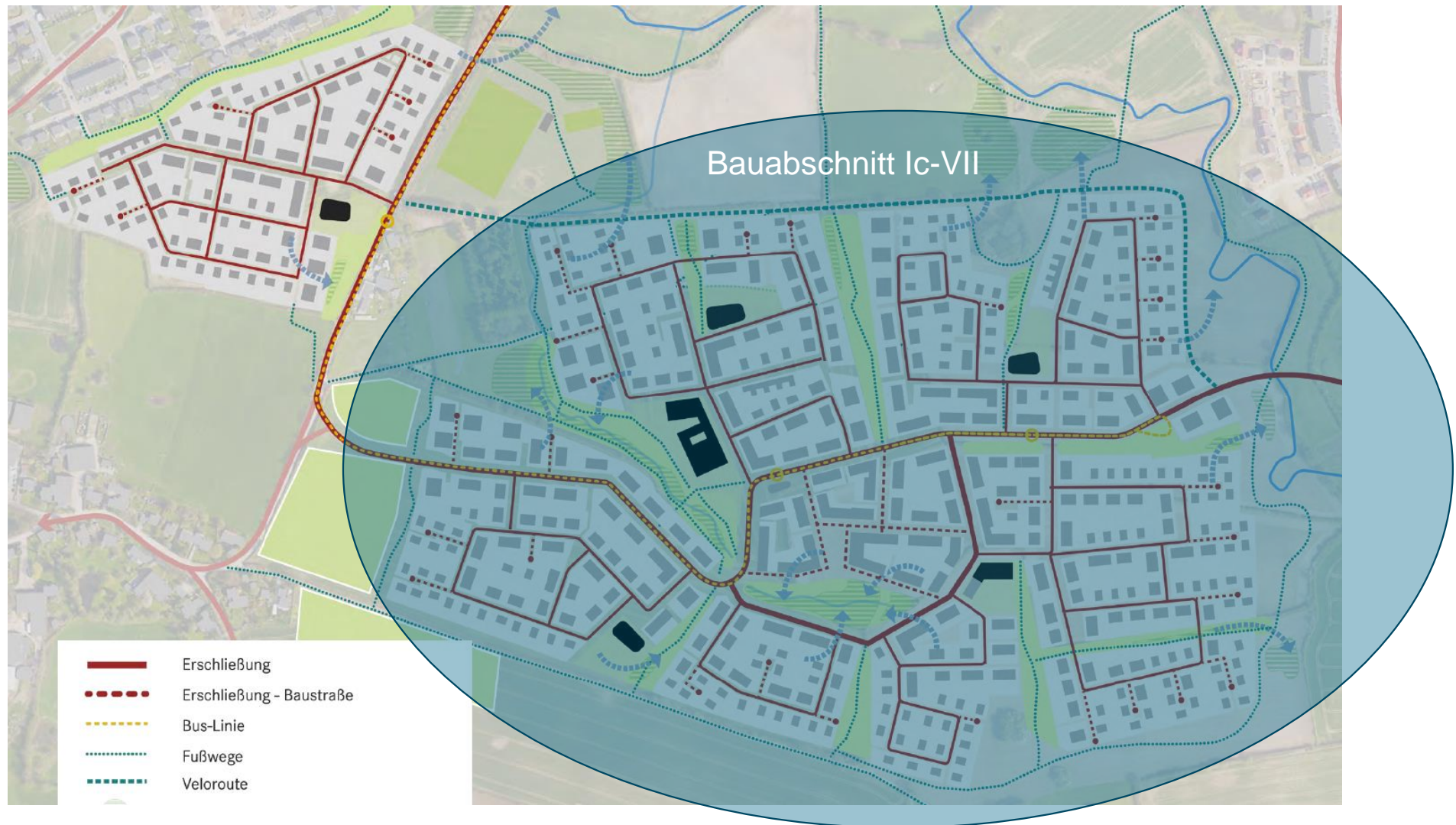
- Ein Pelletkessel erzeugt die Wärme für ein Niedertemperaturwärmenetz (45°C).
- Die Wärme wird 100% regenerativ gedeckt. Es werden jährlich ca. 200 bis 300 Tonnen Holz benötigt.
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.
- Für den Restbedarf an Trinkwarmwasser muss ein kleiner Teil elektrisch nachgeheizt werden.

Ergebnisse:

Pelletkessel		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	1.200	MWh/a
Gesamtinvestitionen	4.711.434	€
Berücksichtigte Fördermittel	438.500	€
Kapitalkosten	144.988	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	123.713	€/a
Energiekosten	170.853	€/a
Gutschriften	0	€/a
Jahresenergiekosten	439.554	€/a
Spezifische Wärmekosten	1,54	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,34	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,042	g CO ₂ /kWh



ERGEBNISSE BAUABSCHNITT IC-VII



ERGEBNISSE

Kalte Nahwärme (Agrothermie)

Versorgung des Bauabschnitts Ic – VII – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Agrothermiefeld dient als Wärmequelle für ein kaltes Wärmenetz (10°C).
- Dezentrale Wärmepumpen versorgen alle Gebäude mit Heizwärme
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.
- Das **Agrothermiefeld hat eine Fläche von ca. 50.000 bis 80.000 m²** je nach energetischem Standard der Gebäude. (Der Fußballplatz inkl. angrenzender Flächen hat ca. 10.000 m²)



Ergebnisse:

Kalte Nahwärme (Agrothermie)		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	8.029	MWh/a
Gesamtinvestitionen	20.250.193	€
Berücksichtigte Fördermittel	2.492.000	€
Kapitalkosten	819.995	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	147.375	€/a
Energiekosten	211.304	€/a
Gutschriften	0	€/a
Jahresenergiekosten	1.178.674	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,62	€/m ² /Monat
Spezifische Wärmekosten		
Primärenergiefaktor	0,29	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,114	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Versorgung des Bauabschnitts Ic – VII – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Zwei Erdgas-BHKW (je 900 – 1.200 kW_{el}) liefert zwischen 70 und 77% des Wärmebedarfes für ein Nahwärmenetz (65°C).
- Die Spitzenlastwärme wird durch einen Erdgaskessel bereit gestellt.
- Der erzeugte Strom wird in das Stromnetz eingespeist und kann regional als Quartiersstrom vermarktet werden. Er deckt den Haushaltsstrombedarf im Bauabschnitt vollständig.
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.

Ergebnisse:

BHKW		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	8.029	MWh/a
Gesamtinvestitionen	20.462.050	€
Berücksichtigte Fördermittel	2.157.500	€
Kapitalkosten	816.115	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	234.123	€/a
Energiekosten	631.125	€/a
Gutschriften	819.963	€/a
Jahresenergiekosten	861.399	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,45	€/m ² /Monat
Spezifische Wärmekosten		
Primärenergiefaktor	0,02	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,065	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE

Hackschnitzelkessel

Versorgung des Bauabschnitts Ic – VII – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Holzhackschnitzelkessel ca. 90% des Wärmebedarfes für ein Niedertemperaturwärmenetz (45°C).
- Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel bereitgestellt.
- Es werden **jährlich ca. 1.000 bis 1800 Tonnen Holz** benötigt.
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.
- Für den Restbedarf an Trinkwarmwasser muss ein kleiner Teil elektrisch nachgeheizt werden.



Ergebnisse:

Hackschnitzelkessel		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	8.029	MWh/a
Gesamtinvestitionen	18.012.050	€
Berücksichtigte Fördermittel	2.157.500	€
Kapitalkosten	518.318	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	162.219	€/a
Energiekosten	206.618	€/a
Gutschriften	0	€/a
Jahresenergiekosten	887.154	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,46	€/m ² /Monat
Spezifische Wärmekosten		
Primärenergiefaktor	0,46	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,068	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE

BHKW + Wärmepumpe (innovative KWK)

Versorgung des Bauabschnitts Ic – VII – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

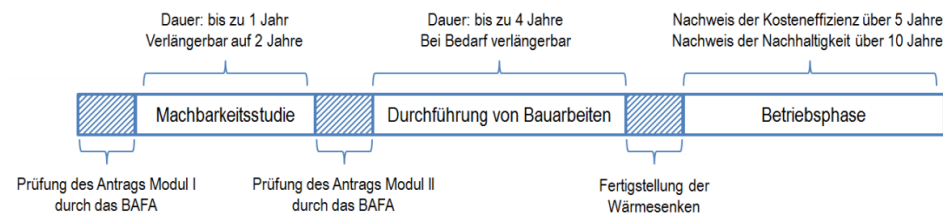
- Ein Erdgas-BHKW (1.200 kW_{el}) liefert zwischen 35 und 38% des Wärmebedarfes für ein Nahwärmenetz (65°C) als innovative KWK (gem. Bafa).
- Eine Luftwärmepumpe (1.200 kW_{th}) liefert ebenfalls zwischen 35 und 38% des Wärmebedarfes.
- Die Spitzenlastwärme wird durch einen Erdgaskessel bereit gestellt.
- Zusätzlich kann eine Power-to-Heat Anlage bei Überschussstrom im Netz diesen in Wärme umwandeln.
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.

Ergebnisse:

BHKW + Wärmepumpe		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	8.029	MWh/a
Gesamtinvestitionen	18.656.050	€
Berücksichtigte Fördermittel	2.157.500	€
Kapitalkosten	696.108	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	105.326	€/a
Energiekosten	502.990	€/a
Gutschriften	519.413	€/a
Jahresenergiekosten	785.012	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,41	€/m ² /Monat
Spezifische Wärmekosten		€/MWh
Primärenergiefaktor	0,27	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,164	t CO ₂ /MWh

FÖRDERPROGRAMM WÄRMENETZSYSTEM 4.0

- Was wird gefördert?
 - Erstellung einer Machbarkeitsstudie max 60%
 - Förderung des Wärmenetzes max 50%
- Wärmenetzförderung im Detail:
 - Förderhöchstsumme 15 Mio. €
 - Grundförderung 20% (30% bei KMU)
 - Gleitende Nachhaltigkeitsprämie für hohe Anteile erneuerbare Energien max. +10% bei 100% regenerativer Energie
 - Gleitende Kosteneffizienzprämie für kostengünstige Wärmelieferung max. +10% bei Wärmepreisen langfristig (5 Jahre) unter 95 €/MWh **brutto** (ca. 80€/MWh netto)
- Zeitlicher Verlauf der Förderung
 - Antragstellung für Machbarkeitsstudie und Investiver Förderung bis zum 31.12.2020
 - Für die Durchführung der Bauarbeiten hat der Antragsteller 4 Jahre Zeit



FÖRDERPROGRAMM

WÄRMENETZSYSTEM 4.0

- Technische Anforderungen an ein Wärmenetzsystem 4.0
 - Mindestens 50% erneuerbare Energien, davon max. 25% flüssige, feste oder gasförmige Biomasse
 - Spitzenlastwärme darf zu maximal 10% aus fossilen Brennstoffen bereitgestellt werden, sofern keine KWK-Anlagen eingesetzt werden.
 - Temperaturniveau Wärmenetz zwischen 20°C und 95°C
 - Ein saisonaler Wärmespeicher ist vorzusehen. Mindestens 10.000m³ oder ein sechstel des Jahreswärmeabsatzes (ca. 30.000 m³ bei Δt 45k)
- Sonstige Anforderungen:
 - Erstellung einer Studie zum Nachweis der Förderbedingungen
 - Veröffentlichung der Ergebnisse für die ersten 10 Jahre des Projekts jährlich in Form von Konferenzen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen oder Open-Access-Repositoryen
 - Jegliche andere Förderung wie aus dem KWK-G oder EEG sind ausgeschlossen

ERGEBNISSE

Variante 9a – Wärmenetz 4.0

Versorgung des Bauabschnitts Ic – VII – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Eisspeicher (3.000 m³) sammelt die Wärme von Solarabsorbern aller MFH und öffentl. Gebäude der Bauabschnitte Ic-IV ein. Diese Wärme wird über das Jahr mittels Großwärmepumpe (1.200 kW_{th}) in einem Niedertemperaturnetz bereitgestellt und deckt ca. 35 bis 55% des Wärmebedarfs.
- Ein Biomassekessel (1.200-800 kW_{th}) deckt ca. 25% des Wärmebedarfs
- Ein Erdgas-BHKW (360-800 kW_{el}) liefert zwischen 15 und 30%
- Die Spitzenlastwärme (5-8%) wird durch einen Erdgaskessel bereit gestellt.
- Angesetzte WN4.0 Förderung 30%

Ergebnisse:

Wärmenetz 4.0		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	8.029	MWh/a
Gesamtinvestitionen	15.598.783	€
Berücksichtigte Fördermittel	6.685.193	€
Kapitalkosten	538.144	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	199.815	€/a
Energiekosten	486.118	€/a
Gutschriften	127.500	€/a
Jahresenergiekosten	1.096.577	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,57	€/m ² /Monat
Spezifische Wärmekosten	137	€/MWh
Primärenergiefaktor	0,42	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,126	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE VARIANTE GESAMTGEBIET



ERGEBNISSE

BHKW + Luftwärmepumpe + Agrothermie (innovative KWK)

Versorgung des Gesamtgebiets – Anschluss aller Gebäude im Bauabschnitt

Technologie:

- Ein Erdgas-BHKW (1.200 kW_{el}) liefert ca. ein Drittel des Wärmebedarfes für ein Nahwärmenetz (65°C) als innovative KWK (gem. Bafa).
- Eine Solewärmepumpe mit Agrothermiefeld liefert ca. 15 % des Wärmebedarfes
- Eine Luftwärmepumpe (600 kW_{th})) liefert ca. 13 % des Wärmebedarfes.
- Die Spitzenlastwärme wird durch einen Erdgaskessel bereit gestellt.
- Zusätzlich kann eine Power-to-Heat Anlage bei Überschussstrom im Netz diesen in Wärme umwandeln.
- Dezentrale Solarthermie auf allen Dächern stellen ca. 80% des benötigten Trinkwarmwassers bereit.

BHKW + Luftwärmepumpe + Agrothermie		
Gebäudestandard	KfW 55	
Gesamtwärmebedarf	9.229	MWh/a
Gesamtinvestitionen	19.609.484	€
Berücksichtigte Fördermittel	2.596.000	€
Kapitalkosten	809.201	€/a
Wartungs- und Betriebskosten	113.808	€/a
Energiekosten	557.442	€/a
Gutschriften	554.339	€/a
Jahresenergiekosten	926.112	€/a
Spezifische Wärmekosten	0,42	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,25	
Spezifische CO ₂ -Emissionen	0,146	t CO ₂ /MWh

ERGEBNISSE

Vergleichskosten Fernwärme Stw. Kiel

Berechnung Fernwärmepreise Stadtwerke Kiel		Abschnitt Ia+b alle Gebäude EnEV	Abschnitt Ic-VII alle Gebäude EnEV	
Anschlussnehmer EFH		128	607	
Anschlussleistung je EFH		15	15	kW
Anschlussnehmer MFH+Öff		7	77	
Anschlussleistung je MFH+Öff		39	47	kW
Gesamtanschlussleistung		2195	12.694	kW
Leistungspreis FW	93,01	204.157	1.180.669	€/a
Wärmebedarf		1.435	9.788	MWh/a
Arbeitspreis FW	36,04	51.729	352.757	€/a
Einmalige Anschlusskosten FW	5000	675.000	3.420.000	€
Anschlusskosten auf 40 Jahre kapitalisiert		20.558	104.158	€/a
Jahreskosten Wärme Stw. Kiel		276.444	1.637.584	€/a
		0,97	0,86	€/m ² /Monat

CO₂-Emissionsfaktor Fernwärme Stadtwerke Kiel ab 2020 (mit Küstenkraftwerk): 0,118 t CO₂ / MWh

Primärenergiefaktor Fernwärme Stadtwerke Kiel 2018: 0,00

ERGEBNISSE

Zusammenfassung

Ergebnisse Abschnitt Ia+b

Bauabschnitt Ia+b	Kalte Nahwärme (Agrothermie)	Kalte Nahwärme (Eisspeicher)	BHKW	Pelletkessel	Einheit
spez. Wärmepreis	0,70	1,18	0,67	1,54	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,26	0,26	0,20	0,34	
spez. CO2-Emission	0,098	0,101	0,058	0,042	t CO2/MWh

Ergebnisse Abschnitt Ic-VII

Bauabschnitt Ic-VII	Kalte Nahwärme (Agrothermie)	BHKW	Hackschnitzelkessel	BHKW + Wärmepumpe	Wärmenetz 4.0	Einheit
KfW55 spez. Wärmepreis	0,62	0,46	0,46	0,41	0,57	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,29	0,02	0,46	0,27	0,42	
spez. CO2-Emission	0,114	0,065	0,068	0,164	0,126	t CO2/MWh

Ergebnisse Gesamtgebiet

Gesamtgebiet	BHKW+Luftwärmepumpe+Agrothermie	Einheit
KfW55 spez. Wärmepreis	0,42	€/m ² /Monat
Primärenergiefaktor	0,25	
spez. CO2-Emission	0,146	t CO2/MWh

Legende:

	Sehr gut
	Marktüblich / Vertretbar
	nicht zumutbar

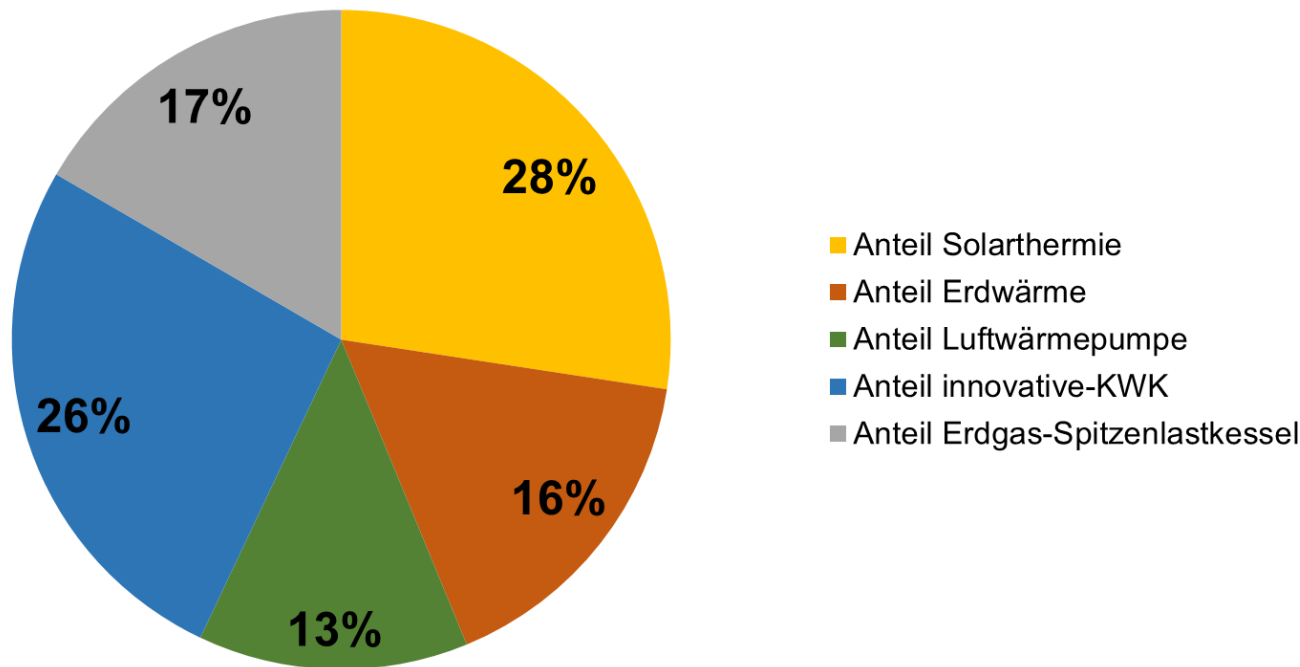
ERGEBNISSE

Zusammenfassung

Ergebnisse Gesamtgebiet

Gesamtgebiet		BHKW+Luftwärmepumpe+Agrothermie	Einheit
KfW55	spez. Wärmepreis	0,42	€/m ² /Monat
	Primärenergiefaktor	0,25	
	spez. CO2-Emission	0,146	t CO2/MWh

Aufteilung Wärmeerzeugung nach Technologie für Zielvariante im Gesamtgebiet



Heizkosten EFH 140 m²

Energiestandard: KfW 55
Wärmebedarf: ca. 8.000 kWh

Heizkosten*: ca. 800 €/a
(netto)

*: Abweichungen zum mittleren spezifischen Wärmepreis entstehen durch die unterschiedlichen Gebäudetypen im Quartier.

VERGLEICH DEZENTRALE VERSORGUNG

Erdgaskessel + Solarthermie

Wirtschaftlichkeit KfW-Standard Technologie		Einfamilienhaus KfW 55 Solarthermie +
Beheizte Fläche	ca.	141
Wärmebedarf Heizung	ca.	4.928
Wärmebedarf TWW	ca.	3.082
Strombedarf Haushaltsstrom	ca.	3.000
Bilanzen Solarthermieanlage		
Kollektorfläche	ca.	6 m ²
Wärmeertrag Solarthermieanlage	ca.	3.000 kWh/a
Bilanzen Erdgaskessel		
Restwärmebedarf	ca.	5.010 kWh/a
Erdgasbedarf (in HS)	95%	5.801 kWh/a
Investitionen		
Solarthermieanlage	ca.	2.400
Erdgaskessel	ca.	8.000
Gasanschluss	ca.	2.500
Schornstein	ca.	1.500
Summe Investitionen	ca.	14.400
Kapitaldienst		
Solarthermieanlage	20 Jahre	133
Erdgaskessel	20 Jahre	443
Gasanschluss	20 Jahre	139
Schornstein	40 Jahre	46
Summe Kapitaldienst	ca.	761
Wartung und Instandhaltung		
Solarthermieanlage	ca.	50
Erdgaskessel	ca.	100
Schornsteinfeger	ca.	40
jährliche Kosten für Wartung	ca.	190
Energiebezugskosten		
Grundpreis Erdgas*	ca.	149
Arbeitspreis Erdgas*	5 ct/kWh	311
jährliche Energiebezugskosten	ca.	460
Jahreskosten (Netto)	ca.	1.411 €/a
Spezifische Wärmekosten	ca.	176 €/MWh
Spezifische Wärmekosten	ca.	0,83 €/m²/Monat

VERGLEICH DEZENTRALE VERSORGUNG

Wärmepumpen

Wirtschaftlichkeit		Einfamilienhaus	Einfamilienhaus
KfW-Standard		KfW 55	KfW 55
Technologie		Luftwärmepumpe	Erdwärmepumpe
Beheizte Fläche	ca.	141	141
Wärmebedarf Heizung	ca.	4.928	3.000
Wärmebedarf TWW	ca.	3.082	3.000
Strombedarf Haushaltsstrom	ca.	3.000	3.000
Bilanzen Luft WP			
COP	ca.	2,5	6,0
Strombedarf WP	ca.	3.204 kWh/a	1.000 kWh/a
Investitionen			
Wärmepumpe	ca.	12.000	25.000
Summe Investitionen	ca.	12.000	25.000
Kapitaldienst			
Wärmepumpe	20 Jahre	665	1.385
Summe Kapitaldienst	ca.	665	1.385
Wartung und Instandhaltung			
Wärmepumpe	ca.	100	100
jährliche Kosten für Wartung	ca.	100	100
Energiebezugskosten			
Arbeitspreis Strom*	17,91 ct/kWh	574	179
jährliche Energiebezugskosten	ca.	574	179
Jahreskosten (Netto)	ca.	1.339 €/a	1.664 €/a
Spezifische Wärmekosten	ca.	167 €/MWh	277 €/MWh
Spezifische Wärmekosten	ca.	0,79 €/m²/Monat	0,99 €/m²/Monat

QUARTIERSBETRACHTUNG STROM

Abgleich Angebot / Nachfrage – Beispielszenario 1

Haushaltsstrombedarf Gesamt:	ca. 4.900 MWh
Strombedarf E-Mobilität 2025:	ca. 155 MWh
Strombedarf Wärmenetze (Pumpen):	ca. 150 MWh
Strombedarf Wärmepumpen (Variante Kalte Nahwärme Agrothermie Abschnitt Ia+b)	ca. 150 MWh
Strombedarf Wärmepumpen (Variante BHKW+Wärmepumpe Abschnitt Ic-VII)	ca. 950 MWh
Gesamtstrombedarf	ca. 6.305 MWh
Stromerzeugung BHKW (Variante BHKW+Wärmepumpe Abschnitt Ic-VII)	ca. 2.880 MWh
Reststrombedarf	ca. 3.425 MWh

QUARTIERSBETRACHTUNG STROM

Abgleich Angebot / Nachfrage – Beispielszenario 2

Haushaltsstrombedarf Gesamt: ca. 4.900 MWh

Strombedarf E-Mobilität 2025: ca. 155 MWh

Strombedarf Wärmenetze (Pumpen): ca. 150 MWh

Gesamtstrombedarf ca. 5.205 MWh

Stromerzeugung BHKW (Variante BHKW Abschnitt Ia+b)

ca. 875 MWh

Stromerzeugung BHKW (Variante BHKW Abschnitt Ic-VII)

ca. 6.700 MWh

Stromüberschuss

ca. 2.370 MWh

QUARTIERSBETRACHTUNG STROM

Abgleich Angebot / Nachfrage – Beispielszenario 3

Haushaltsstrombedarf Gesamt:	ca. 4.900 MWh
Strombedarf E-Mobilität 2025:	ca. 155 MWh
Strombedarf Wärmenetze (Pumpen):	ca. 150 MWh
Strombedarf Wärmepumpen (Luft+Solewärmepumpen für Gesamtgebiet)	ca. 1.500 MWh
Gesamtstrombedarf	ca. 6.705 MWh
Stromerzeugung BHKW (BHKW für Gesamtgebiet)	ca. 3.200 MWh
Reststrombedarf	ca. 3.505 MWh

ERGEBNISSE

PV-POTENTIAL



- Trotz anteiliger Nutzung aller Dachflächen für die Wärmebereitstellung mittels Solarthermie ergibt sich durch vollständige Ausnutzung der verbleibenden Dachflächen mit Photovoltaik ein **Stromüberschuss von ca. 6.150 MWh** nach Deckung des Strombedarfs der Haushaltsstroms und für für E-Mobilität im Quartier.

ERKENNTNISSE

ERSCHLIEßUNG DER UNTERSCHIEDLICHEN BAUABSCHNITTE



Quelle: emacon

- Bis zur Fertigstellung der Heizzentrale kann die temporäre Versorgung über eine mobile Heizzentrale erfolgen. Diese kann in den jeweiligen Bauabschnitten in das, bei der Erschließung verlegte, Wärmenetz einspeisen und die Versorgung sicherstellen.
- Leistungsvarianten von 0,1 – 10 MW lieferbar
- Grundsätzlich auch als regenerative Lösung (z.B. Pellet) möglich
- Der Einsatz von mobilen Heizzentralen ist nur eine temporäre Lösung während der Erschließungs- und Bauphase.

ERKENNTNISSE

- Unter Berücksichtigung einer 90%igen Anschlussquote für „EFH“ und 100%igen Anschlussquote für MFH und öffentliche Gebäude gibt es keine wirtschaftlichen oder ökologischen Gründe eine zentrale Wärmeversorgung auf die Mehrfamilienhäuser und öffentlichen Gebäude zu beschränken oder Einzelgebäude im Randbereich des Baugebietes dezentral zu versorgen.
- Eine dezentrale Einzelversorgung liegt mit ca. 80 ct Heizkosten pro m² und Monat deutlich über den wirtschaftlichsten zentralen Lösungen.
- Die Nutzung von Holz als Energieträger zur zentralen Wärmeversorgung ist für den Bauabschnitt Ia+b nicht zu wirtschaftlichen Wärmekosten darstellbar. Für die Abschnitte Ic-VII sind zwar günstige Wärmepreise möglich, jedoch ist großer Flächenbedarf für die Holzlagerung und Anlagentechnik notwendig. Außerdem werden bei ca. 1.800 Tonnen Holz pro Jahr zur Winterzeit mehr als ein „40-tonner“ LKW pro Tag Holz anliefern müssen.

ERKENNTNISSE

- Der Einsatz von kalter Nahwärme mit einem Agrothermiefeld als Wärmequelle kann eine effiziente und kostengünstige Lösung für den Bauabschnitt Ia+b darstellen. Für die Abschnitte Ic-VII ist dies mit einem Flächenbedarf mit bis zu 80.000 m² nicht umsetzbar.

- Die Nutzung des Förderprogramms Wärmenetze 4.0 ist für dieses Projekt sehr schlecht darstellbar.
 - Der vorgegebene Umsetzungszeitraum von 4 Jahren plus vorgesehener vorgeschalteter Studie, welche die technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und insbesondere die Förderfähigkeit bzw. –quote prüft (Laufzeit bis zu 1 Jahr) passt nicht zum Projektzeitplan.
 - Je nach Antragsteller schätzen wir eine realistische Förderquote auf 20 bis maximal 35%. Die Maximale Quote von 50% kann durch den fehlenden Anteil erneuerbarer Energien und des zu schlechten Wärmepreises nicht erreicht werden.
 - Die Größenanforderungen an einen Saisonalen Speicher können nicht erbracht werden.

ERKENNTNISSE

- Bei dem Einsatz einer hocheffizienten KWK-Lösung (BHKW) handelt es sich aus Klimapolitischer Sicht zumindest bei dem Einsatz fossiler Energieträger (Erdgas) um eine Brückentechnologie. BHKW-Anlagen haben eine technische Nutzungsdauer von 10 bis 15 Jahren. Ein Umstieg auf eine andere Technologie, welche heute noch nicht im Focus ist, wäre somit noch deutlich vor 2030 möglich. Sollte der Fortschritt der Power-to-X Technologien weiterhin schnell voranschreiten ist auch vor dem Ende der Nutzungsdauer der Einsatz von grünem Wasserstoff oder synthetischem grünem Erdgas durch geringfügige technische Anpassungen im bestehenden System möglich.
- Durch den Einsatz von Aufdach-Solarthermieanlagen auf allen Dächern mit ca. 6.600 m² Kollektorfläche zur Warmwasserbereitung in Kombination verschiedenster Technologien haben alle untersuchten Varianten einen im Vergleich zu Marktüblichen Wärmenetzen hohen bis sehr hohen Innovationsgrad.

ERKENNTNISSE

- Die besten Lösungen aus Abschnitt Ia+b und Ic-VII liegen mit ca. 70 ct/m²/Monat und ca. 40 ct/m²/Monat fast um einen Faktor 2 auseinander. Hier ist eine Gesamtlösung über alle Abschnitte, wie mit der iKWK-Lösung dargestellt, wirtschaftlich vorteilhaft. Eine Interimsversorgung des Gebietes Ia+c ist technisch und wirtschaftlich möglich bis eine große Lösung für das Gesamtgebiet auf dem Gelände der Schule fertiggestellt ist.

HANDLUNGSEMPFEHLUNG

- Mit den Berechneten Wärmepreisen zwischen 40 und 70 ct/m²/Monat kann eine sehr attraktive Wärmeversorgung im Quartier angeboten werden. Auch ohne Anschlussverpflichtung im „EFH-Bereich“ wird eine Anschlussquote von 90% erwartet. Diese Quote ist für die Wirtschaftlichkeit des Systems ausreichend. Für die Mehrfamilienhäuser und öffentlichen Gebäude sollte eine Nutzung der zentralen Wärme verpflichtend sein.
- Eine gemeinsame Lösung über alle Bauabschnitte hat sich als wirtschaftlichste Lösung herausgestellt. Durch den Einsatz von Solarthermie auf allen Dächern, sowie die Nutzung der „Sportplatzflächen“ für ein Agrothermiefeld können die maximal nutzbaren regenerativen Potentiale im Quartier gehoben werden. Der Reststrombedarf (Wärmepumpen- und Haushaltsstrombedarf abzügl. BHKW-Produktion) kann durch die 50%ige Belegung der verbleibenden Dachflächen mit PV gedeckt werden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNG

- **Wir empfehlen folgende Vorgaben für die Wärmeversorgung:**
 - Festlegung Mindeststandard Gebäudedämmung nach Energiestandard der Stadt Kiel (in Anlehnung an KfW 55)
 - Aufbau einer zentralen Wärmeversorgung für den Kieler Süden und ein Angebot zum Anschluss für jeden Hauseigentümer
 - Die Nutzung von Solarthermie, oberflächennaher Geothermie und Luftwärmepumpen sollte als Technologie, ohne Nutzungsanteile, vorgegeben werden
 - Solarthermische Nutzung auf allen Häuserdächern zur Warmwassererwärmung
 - Generelle Pflicht für Photovoltaik Nutzung auf allen EFH/DHH Dächern (ohne Größenvorgabe)
 - Grundsätzliches Verbot für die Verbrennung fossiler Energieträger zur Wärmeerzeugung
 - Anschluss und Nutzungsverpflichtung für die öffentlichen Gebäude und Mehrfamilienhäuser
 - Dächer von Mehrfamilienhäusern sollten „Photovoltaik vorbereitet“
 - Primärenergiefaktor von 0,3 ist anzustreben; maximal zulässiger Wert 0,35
 - Wärmebezogene CO₂-Emissionen maximal 0,150 g CO₂ / MWh
 - Hohe Ausnutzung regenerativer Potentiale
 - Mindestens 40% Wärmeanteil aus regenerativen Energien



ANHANG

WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

RAHMENPARAMETER

- Es wird eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung auf Basis annuitätischer Zahlungen in Anlehnung an die VDI 2067 durchgeführt.

Energiewirtschaftliche Ansätze			
Kapitalzins		1,00%	p. a.
Wartung, Instandhaltung, Versicherung			
Kesselanlage		3,50%	p. a./Invest
Wärmenetz		1,00%	p. a./Invest
Agrothermiefeld		1,00%	p. a./Invest
Eisspeicher		1,00%	p. a./Invest
Gebäude		0,50%	p. a./Invest
Energiekosten			
Erdgas Arbeitspreis	2018	3,50	ct/kWh _{HS}
	mit H_s/H_i 1,1	3,85	ct/kWh _{Hi}
Strom Arbeitspreis (Wärmepumpe)	2019	18,00	ct/kWh _{el}
Holz hackschnitzel		2,63	ct/kWh _{Hi}
Holzpellet		4,83	ct/kWh _{Hi}
Fernwärme Stw. Kiel			
Leistungspreis pro kW	bis 50kW	93,01	€/kW/a
	51-100 kW	57,62	€/kW/a
	101-300 kW	46,77	€/kW/a
	ab 301	35,18	€/kW/a
Arbeitspreis	2019	36,04	€/MWh
Gutschriften			
Energiesteuerrückerstattung Erdgas-BHKW	2019	0,55	ct/kWh _{HS}
	mit H_s/H_i 1,1	0,61	ct/kWh _{Hi}
Einspeisevergütung Börse		5,000	ct/kWh _{el}
Stromsteuervermeidung	2019	2,05	ct/kWh _{el}
Alle Preise und Ansätze sind NETTO!			

VERGLEICHSBETRACHTUNG

NIEDERTEMPERATURNETZ VS KLASSISCHE FERNWÄRME

Niedertemperaturnetz (35-45°C)		klassisches Wärmenetz (65-85°C)	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
geringe Wärmeverluste	Wenig Erfahrungen bisher	Bewährte Technik	höhere Wärmeverluste
Bei wohnungsweisen Übergabestationen im Durchlaufprinzip nur geringer Strombedarf für Nachheizung, trotz geringer Temperaturen	Zur thermischen Desinfektion bei zentralen Warmwasserbereitungen (65°C) muss elektrisch nachgeheizt werden	Niedrige Pumpenströme bei hoher Temperaturspreizung	einige regenerative Energien lassen sich nicht ohne Effizienzverlust einbinden
Optimale Einbindung von regenerativen Energien wie Wärmepumpen oder Solarthermie zukünftig möglich	Mehrinvestitionen in Gebäuden durch notwendige Flächenheizung bei niedrigen Vorlauftemperaturen	Freie Wahl der Beheizung in den Gebäuden durch hohe Temperaturen	
Mögliche Einbindung auch niedertemperaturiger Abwärme von z.B. der Druckerei		Die potentielle Möglichkeit umliegende Bestandsgebäude anzuschließen, da diese meist höhere Temperaturen benötigen	

IPP ESN POWER ENGINEERING
GMBH

KIEL | GREIFSWALD | RATINGEN |
DRESDEN

info@ipp-esn.de
www.ipp-esn.de

