



**Planung und Entwicklung
Gesellschaft mbH**

Schellingstraße 4/2

72072 Tübingen

Telefon 0 70 71 93 94 0

Telefax 0 70 71 93 94 99

mail@eboek.de

www.eboek.de

Klimaschutz-Teilkonzepte Erneuerbare Energien für Baugebiete in Frankfurt a. M.

Endbericht

- Auszug Projekt Günthersburghöfe -

Fertiggestellt im:	September 2020
im Auftrag von:	Magistrat der Stadt Frankfurt am Main Energierreferat Adam-Riese-Straße 25 60327 Frankfurt am Main
Projektleitung:	Ulrich Rochard
Inhaltliche Bearbeitung:	Marc-André Claus, Maria Hernández-Clua, Daniel Herold, Olaf Hildebrandt, Kathrin Judex, Sven Kobelt, Gerhard Lude, Ulrich Rochard

3 Günthersburghöfe

3.1 Beschreibung des Gebiets

Mit den Günthersburghöfen soll im Gebiet „Friedberger Landstraße / Südlich Wasserpark“ des Stadtteils Nordend-Ost ein neues Wohnquartier (Bereich V1) entstehen. Das bestehende Mischgebiet (Bereich V2, Hungener Straße) soll neu geordnet und in das Quartier integriert werden. Die Grundlage für das vorliegende Klimaschutzteilkonzept bildet der Wettbewerbs-Beitrag der Bürogemeinschaft Torsten Becker Stadtplaner, Frankfurt, Stefan Bernard Landschaftsarchitekten, Berlin, Kölling Architekten, Bad Vilbel und Crossboundaries Antje Voigt, Frankfurt vom September 2017, welcher im Rahmen des nichtoffenen städtebaulichen und freiraumplanerischen Ideenwettbewerbs „Innovationsquartier“ im Auftrag des Stadtplanungsamts entstand (siehe Abb. 51). Die grundlegenden Informationen zum Gebiet sind nachfolgend für beide Bereiche V1 und V2 zusammengefasst.

Bebauungsplan:	Nr. 880,
Stadtteil:	Nordend-Ost,
Lage im Stadtgebiet:	nord-östlich an die Innenstadt angrenzend.
Konzipierte Bebauung:	Allg. Wohngebiet konzipiert für ca. 2.800 Einwohner in 1.400 Wohneinheiten verteilt auf
Wohngebäude:	mehrere Wohnblöcke (Geschosswohnungsbauten mit bis zu acht Geschossen um einen Innenhof, sog. Wohnhöfe), sowie ein Hochhaus und mehrere Sonderbaukörper.
Öffentliche Gebäude:	Schulstandort mit Grundschule, Kita u. Sporthalle.
Sonstige Nichtwohngeb.:	Integriert in Wohnbebauung verschiedene Gewerbe, Handel und Dienstleistungen.
Bauliche Kennwerte:	entspr. Wettbewerbsbeitrag vom Sept. 2017 und eigenen Berechnungen.
Brutto-Bauland:	15,5 ha (100 %),
Netto-Bauland ¹ :	7,1 ha (46 %),
Grundflächenzahl ² :	0,60,
Geschossflächenzahl:	2,94.

³) Das Netto-Bauland entspricht dem Brutto-Bauland (ges. Fläche des B-Plan-Gebiets) abzgl. öffentlicher Verkehrs- und Grünflächen.

⁴) Berechnung der Grundflächenzahl nur für Hauptgebäude ohne Garagen, Stellplätze, Nebenanlagen etc.

Die für die Bedarfsprognose angenommenen Flächen und Nutzungen der konzipierten Bebauung sind in Tab. 56 dargestellt.



Abb. 51: Städtebauliches Konzept für die langfristige Entwicklung des Quartiers aus dem Wettbewerbs-Beitrag „Die Günthersburghöfe“ der Bürogemeinschaft Becker / Bernhard / Kölling / Crossboundaries vom September 2017.

Tab. 56: Flächen der konzipierten Bebauung sowie deren Aufteilung auf die unterschiedlichen Nutzungsarten für das Gebiet Günthersburghöfe.

Nutzung	Geschossfläche ¹		Energiebezugsfläche ²		Dachflächen mit Solarpotenzial	
	m ²	Anteil	m ²	Anteil	m ²	Anteil
Wohnen	140.070	67%	112.050	65%	26.330	69%
GHD	56.270	27%	49.170	29%	8.350	22%
Öffentlich	12.720	6%	11.110	6%	3.520	9%
Industrie	0	0%	0	0%	0	0%
Gesamt	209.060	100%	172.330	100%	38.200	100%

¹⁾ Zusammengefasst für die Bereiche Neubau (V1) und Neuordnung Bestand (V2).

²⁾ Die Energiebezugsfläche entspricht für Wohngebäude der geschätzten beheizten Wohnfläche und für Nichtwohngebäude der geschätzten beheizten Netto-Grundfläche.

3.2 Energetische Bewertung des Städtebaus

Die energetische Bewertung des städtebaulichen Entwurfs beruht insbesondere auf der Beurteilung der Kompaktheit der Baukörper, der Orientierung der Fassaden und der Verschattungssituation der Gebäude und zielt darauf ab, günstige städtebauliche Bedingungen für eine Minimierung der Wärmeverluste, für die Optimierung der natürlichen Belichtung und der passiv-solaren Wärmegewinne sowie für ein angenehmes, sommerliches Außenklima zu schaffen.

3.2.1 Kompaktheit der Baukörper

Der städtebauliche Entwurf der Bürogemeinschaft Becker / Bernhard / Kölling / Crossboundaries sieht überwiegend eine sehr dichte Blockrandbebauung mit 4- bis 7-geschossigen Gebäuden vor. Das A/V-Verhältnis der Gebäude ist sehr gering.

3.2.2 Besonnungs- und Tageslichtstudie

Der Entwurf war Gegenstand von Besonnungs- und Tageslichtstudien zur Beurteilung der Einhaltung der Anforderungen aus der DIN 5034. Die Studien wurden vom Büro Ökoplan aus Mannheim durchgeführt und wurden dem IB ebök von der Instone Real Estate Development GmbH zur Verfügung gestellt.

Besonnung

Die Besonnungsstudie von Ökoplan vom 21.06.2018 [Ökoplan2018a] kommt zu folgenden Ergebnissen:

- Die Baublöcke G, I, N O und P im Süden des Planungsgebiets weisen bereits im EG größtenteils eine ausreichende Besonnung für Wohnnutzung auf.
- Im Bereich der Baublöcke G und P sind die nördlichen Gebäudeteile sowohl an ihrer Südfassade als auch an ihrer Nordfassade ganztags verschattet.
- Ungünstige Besonnungsverhältnisse sind im EG-Niveau auch in Teilen der Baublöcke C, D, E und F vorhanden.
- Ungenügend ist die berechnete Besonnungsdauer auch im Bereich des Hochhauses H und in Teilbereichen des Baublocks K.
- In den Baublöcken A, B und L sind mit Hilfe durchgesteckter Grundrisse ausreichend besonnte Wohnungen möglich.
- Im Höhenniveau 5 m ü.G. (~1. OG) sind vor allem größere Teile der westlichen Baublock-Teilfassaden C, D und E sowie der Wohnturm H im Nordwesten nahezu ganztätig verschattet.



Abb. 52: Beurteilung für den 17. Januar (Auszug aus Besonnungsstudie Ökoplan)



Abb. 53: Beurteilung für den 21. März (Auszug aus Besonnungsstudie Ökoplan)

- In großen Teilbereichen ermöglicht der städtebauliche Entwurf die Realisierung von Wohnungen mit einer Mindest-Besonnungsdauer von 2 Stunden nach OVG Berlin (2004).
- Im EG-Niveau ist allein die Situation an den Nordseiten der Baublöcke G, K und P sowie in einem kleineren Teilbereich des Baublocks C (Nordwestfassade) problematisch. Ab dem 1. OG bzw. ab dem 2. OG sind auch dort (Ausnahme Baublock K) ausreichend besonnte Wohnungen realisierbar.

Folgende Optimierungen werden empfohlen:

- Die Reduktion der Gebäudehöhe im Nordbereich des Baublocks K auf einheitlich 18 m wird als wirksame Maßnahme zur Verbesserung der Besonnung in den Straßenzügen zwischen den Baublöcken C und D, D und E sowie E und F empfohlen.
- Die Verbreiterung der Straßenzüge von 15 m auf 19 m wird als wirksame Maßnahme empfohlen, um die Wohnqualität bezüglich der Besonnung insbesondere in den unteren Geschossebenen zu verbessern.

Tageslicht

Zur Beurteilung der Tageslichtnutzung wurden beispielhafte Grundrisse für Wohnungen im EG des Baublocks F untersucht. Damit wurden mit der Tageslichtstudie Worst-Case-Fälle abgebildet. Folgende Optimierungen werden empfohlen:

- Es wird darauf hingewiesen, dass durch eine Verbreiterung der Fensterflächen in den noch nicht zufriedenstellend belichteten Wohnungen eine ausreichende Helligkeit erreicht werden kann.
- In der Besonnungsstudie wird darauf hingewiesen, dass die Aufweitung der Straßenzüge auch eine wirksame Maßnahme zur Verbesserung der Belichtungsverhältnisse darstellt.

Stellungnahme zu den Ergebnissen der Studien seitens IB ebök

Wie in der Studie bereits richtig zum Ausdruck gebracht wird, ist es in dichten Innenstadtlagen i.d.R nicht möglich, die Anforderungen der DIN 5034 in Hinblick auf die Besonnung von Wohnungen bei allen Wohnungen einzuhalten, insbesondere in den unteren Geschossen. Dies ist der Hintergrund für das Urteil des OVG Berlin und die neue DIN EN 17037, die im März 2019 veröffentlicht wurde.

Die Simulationen zeigen für den 17. Januar vor allem in den von Nord-Ost nach Süd-West verlaufenden Straßen einen hohen Anteil von schlecht besonnten Fassadenflächen. Die Simulationen zeigen, dass am 21. März nur die Nordfassaden und die zu Innenhöfen liegenden Ost- und Westfassaden in den südlichen Innenhofecken nicht besonnt werden. Bezüglich der Besonnung kann dies in den meisten Fällen durch geeignete Grundrisstypologien („Durchwohnen“) gelöst werden. Die Tageslichtsimulationen zeigen, dass auch bei ungünstiger Lage der Musterwohnun-

gen nur in 5 von 13 untersuchten Räumen die Vorgaben der DIN 5034-1 nicht einhalten werden. In diesen Räumen könnten die Vorgaben durch eine Vergrößerung der Fensterfläche erfüllt werden.

Insgesamt bietet der städtebauliche Entwurf keine optimalen Bedingungen für die Besonnung und natürliche Belichtung der Wohnungen, bleibt aber im Rahmen üblicher dichter, innerstädtischer Bebauung. Eine grundsätzliche Überarbeitung des Entwurfs mit Verbreiterung der Straßen und/oder der Innenhofbereiche erscheint angesichts der begrenzten Verbesserung nicht erforderlich. Eventuell kann durch eine geringfügige Verbreiterung der beiden Nordost-Südwest-orientierten Straßen oder durch eine weitere Staffelung der oberen Geschosse Verbesserungen erreicht werden. Ansonsten sind bei der Gebäudeplanung insbesondere bei der Grundriss-Fensterflächengestaltung die Aspekte der Besonnung und natürlichen Belichtung weiter zu verfolgen und zu optimieren.

3.2.3 Beurteilung hinsichtlich passiver Solarnutzung und Erfüllung des Passivhaus-Standards

Eignung für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards

Studien zur Besonnungsdauer von Fassaden eignen sich nur bedingt zur Beurteilung der Potentiale von passiv-solaren Wärmegegewinnen während der Heizperiode. Neben der Besonnungsdauer spielt der Einfallswinkel der Solarstrahlung und somit die Orientierung der Fassade eine wesentliche Rolle. Nordost- oder Nordwest-orientierte Fassaden haben fast keine solaren Gewinne auch wenn sie morgens oder abends für kurze Zeit von der Sonne beschienen werden.

Hinzu kommt, dass die solaren Gewinne vor allem in der Übergangszeit von März bis April entscheidend für die Reduzierung des Heizwärmebedarfs sind. Insofern kann die Besonnungsstudie für den 21. März nur eine grobe Orientierung für die Beurteilung der passiv-solaren Wärmegegewinne geben.

Legt man die Ergebnisse der Besonnungsstudie für den 21. März sowie die Orientierung der Fassaden zugrunde, können die in Abb. 54 rot umrandeten Gebäude-teile identifiziert werden, die eher ungünstige Bedingungen für Solargewinne und somit bei der Erfüllung des Passivhausstandards haben. Die Solargewinne sind bei anderen Gebäude-Standards absolut gesehen in der gleichen Größenordnung, beim Passivhaus ist ihr Einfluss auf die Heizwärmebilanz jedoch deutlich größer und hohe passiv-solare Gewinne sind deshalb u.a. eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards.



Abb. 54: Gebäudebereiche, die sich nur bedingt für eine wirtschaftliche Erstellung im Passivhaus-Standard eignen.

In der Regel werden die Nachteile hinsichtlich der Verschattung und damit der Reduzierung der passiv-solaren Gewinne bei geschlossener Blockrandbebauung durch das sehr gute A/V-Verhältnis teilweise bis ganz ausgeglichen, soweit durch die architektonische Ausgestaltung der Baukörper das A/V-Verhältnis nicht wesentlich verschlechtert wird.

Im vorliegenden Fall ist jedoch zu vermuten, dass sich nicht alle Bereiche für eine wirtschaftliche Erstellung des Passivhaus-Standards eignen. Eine Reduzierung der Bebauungsdichte könnte an einigen Stellen zu Verbesserungen führen.

Auswirkungen einer Fensterflächenvergrößerung auf die Realisierbarkeit des Passivhaus-Standards

Fenster in Passivhausqualität sind die besten Sonnenkollektoren, aber nur wenn sie richtig orientiert sind. Die Fensterflächen haben je nach Orientierung unterschiedliche Energiebilanzen zwischen nutzbaren Solargewinnen und Wärmeverlusten. Während unverschattete Südfenster eine deutlich positive Bilanz aufweisen, ist diese bei allen Fenstern, die zwischen Nordwest und Nordost orientiert sind, negativ. Fenster mit West- oder Ostorientierung haben eine mehr oder wenig

ausgeglichene Bilanz, die gegebenenfalls auch durch Wahl eines höheren g-Wertes der Verglasung oder eines niedrigeren U-Wertes des Fensters ausgeglichen werden kann. Sind die Fenster im Winter deutlich verschattet, wird die Bilanz auch bei gut orientierten Fenstern negativ.

Aufgrund dieser allgemeinen Feststellungen muss die Frage der Fenstervergrößerung im vorliegenden Fall differenziert betrachtet werden. Generell sollten Nordorientierte Fenster (Norden $\pm 45^\circ$) nur groß sein, dass sie den Anforderungen an die natürliche Belichtung entsprechen. Dies gilt auch für verschattete Fenster der anderen Orientierungen. Ansonsten hat eine Fenstervergrößerung nur eine geringe bzw. im Falle von Südverglasung eine günstige Auswirkung auf die Energiebilanz.

Bei der letztendlichen Optimierung der Solargewinne, die erst bei der Gebäudeplanung erfolgen kann, sind weitere Punkte wie Laibungstiefen, Balkone oder Rücksprünge in der Fassade zu beachten und entsprechend zu behandeln.

Beurteilung von Fensterflächenvergrößerungen hinsichtlich des sommerlichen Wärmeschutzes Eine Vergrößerung der Fensterflächen führt im Sommer auch bei vorhandenem Sonnenschutz zwangsweise zu einem erhöhten Solareintrag und somit zu einer Erhöhung der Innenraumtemperaturen. Unabhängig davon ist die Installation eines außenliegenden, hochwertigen Sonnenschutzes die entscheidende Maßnahme zur Vermeidung von Überhitzung durch Solareinstrahlung.

Für Wohngebäude kann in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen der maximal zulässige Fensterflächenanteil abgeschätzt werden, mit dem die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108 Teil 2 eingehalten werden können. Der Fensterflächenanteil wird dabei auf die Wohnfläche des dahinter liegenden Raums bezogen.

Unter den folgenden Randbedingungen ergibt sich ein maximaler Fensterflächenanteil bezogen auf die Wohnfläche von 32%. Der Wert gilt unabhängig von der Orientierung (ausgenommen Norden).

- Sommerklimaerregion C, gültig für Frankfurt a.M.
- Schwere Bauweise
- g-Wert der Verglasung 0,55 (typischer Wert für 3-Scheiben-WSV)
- guter, außenliegender Sonnenschutz mit $F_c=0,25$
- ohne Nachtlüftung oder andere freie Kühlung

In den fraglichen Räumen, die nach Tageslichtstudie nicht ausreichend belichtet sind, beträgt der Fensterflächenanteil zwischen 10 und 19 %. Eine Vergrößerung der Fensterfläche steht aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes nichts entgegen.

3.2.4 Zusammenfassende Beurteilung

Insgesamt bietet der städtebauliche Entwurf keine optimalen Bedingungen für die Besonnung und natürliche Belichtung der Wohnungen, bleibt aber im Rahmen üblicher dichter, innerstädtischer Bebauung. Allein aus diesen Gründen erscheint eine grundsätzliche Überarbeitung des Entwurfs nicht erforderlich.

Hinsichtlich der Besonnung sollte bei ungünstigen Situationen mit der entsprechenden Grundrissgestaltung reagiert werden. Unzureichende Belichtung von einzelnen Räumen kann durch eine Vergrößerung der Fensterflächen verbessert werden. Abgesehen von nördlichen Fensterorientierungen hat dies keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Erfüllung des Passivhaus-Standards. Auch der sommerliche Wärmeschutz steht einer Fenstervergrößerung nicht im Wege, soweit auf hochwertigen Sonnenschutz geachtet wird.

Aufgrund der dichten und geschlossenen Blockrandbebauung und der damit verbundenen Verschattung ist zu vermuten, dass der Passivhaus-Standard trotz der guten Kompaktheit nicht in allen Bereichen wirtschaftlich realisiert werden kann. Eine Reduzierung der Bebauungsdichte könnte an einigen Stellen zu Verbesserungen führen.

3.3 Energiebedarfsprognose

Basierend auf den bereits dargestellten Energiekennwerten und der konzipierten Bebauung wurde der Energiebedarf mittels der abgeschätzten Energiebezugsfläche aller Gebäude hochgerechnet. Dabei wurden unterschiedliche Ausführungen der Gebäude im Hinblick auf die Qualität der Gebäudehülle und die Art der Lüftungsanlage betrachtet.

Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tab. 57 zu finden, detaillierte Ergebnisse für Wärme-, Kälte- und Strombedarf in den nachfolgenden Unterabschnitten. Eine Aufteilung des Gesamtbedarfs auf alle berücksichtigten Nutzungsarten ist in Tab. 58 für die Ausführung der Gebäude im Frankfurter Mix¹ zu finden. Diese Ausführung wurde auch für die Bewertung der Versorgungsvarianten zu Grunde gelegt.

Tab. 57: Übersicht des prognostizierten Energiebedarfs für das Gebiet Günthersburghöfe.

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH ²	Ffm.-Mix ¹
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
Wärmebedarf³ in MWh/a	11.420	9.650	6.990	8.670
bez. auf EBF ⁴ in kWh/(m ² a)	66	56	41	50
bez. auf NBL ⁵ in MWh/(ha a)	1.607	1.358	983	1.220
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	4.079	3.446	2.496	3.096
Strombedarf⁶ in MWh/a	6.430	6.420	6.810	6.560
bez. auf EBF ⁴ in kWh/(m ² a)	37	37	40	38
bez. auf NBL ⁵ in MWh/(ha a)	905	903	958	923
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	2.296	2.293	2.432	2.343
Bedarf Wärme u. Strom in MWh/a	17.850	16.070	13.800	15.230
rel. Anteil Wärmebedarf	64%	60%	51%	57%
rel. Anteil Strombedarf	36%	40%	49%	43%
Kältebedarf für Raumkühlung in MWh/a	280			

- 1) Frankfurter Mix bedeutet: 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, alle anderen Gebäude als KfW-EH 55. Diese Ausführung der Gebäude wurde für die Bewertung der Versorgungsvarianten zu Grunde gelegt.
- 2) Passivhaus-Gebäudehülle bei Mehrfamilienhäusern etwa wie KfW-EH 55, bei Reihenhäusern und Doppelhäusern etwa wie KfW-EH 40.
- 3) Der Wärmebedarf entspricht der erforderlichen Nutzwärmeabgabe für Heizung und Trinkwassererwärmung ab Wärmeerzeuger/Übergabe an die Gebäude.
- 4) Die Energiebezugsfläche entspricht für Wohngebäude der geschätzten beheizten Wohnfläche und für Nichtwohngebäude der geschätzten beheizten Netto-Grundfläche.
- 5) Das Netto-Bauland entspricht dem Brutto-Bauland (ges. Fläche des B-Plan-Gebiets) abzgl. öffentlicher Verkehrs- und Grünflächen.
- 6) Der Strombedarf entspricht dem Endenergiebedarf des Gebiets für Stromanwendungen inkl. Elektromobilität.

Tab. 58: Aufteilung des gesamten Energiebedarfs nach Nutzungen für das Gebiet Günthersburghöfe bei Ausführung der Neubauten im Frankfurter Mix.

Energienutzung	Energieform	Energiebedarf in MWh/a	Anteil
Wärmebedarf Raumheizung	Wärme	5.510	36%
Wärmebedarf Warmwasser	Wärme	3.170	20%
Wärmebedarf Prozesswärme	Wärme	0	0%
Kühlbedarf Gebäude	Kälte	270	2%
Kühlbedarf Prozesskälte	Kälte	0	0%
Nutzerstrom Haushalte	Strom	2.350	15%
Nutzerstrom öffentl. NWG	Strom	220	1%
Nutzerstrom GHD	Strom	2.220	14%
Nutzerstrom Industrie	Strom	0	0%
Hilfsstrom TGA Gebäude	Strom	460	3%
Allgemeinstrom Wohngebäude	Strom	220	1%
Strom E-Mobilität	Strom	1.070	7%
Strom öffentl. Beleuchtung	Strom	20	0%
Summe für gesamtes Gebiet		15.510	100%

3.3.1 Wärmebedarf

Die Aufteilung des prognostizierten Wärmebedarfs ist in Tab. 59 gezeigt. Im geplanten Neubaugebiet wurde kein Bedarf an Prozesswärme identifiziert. Detaillierte Angaben zum prognostizierten Wärmebedarf für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung sind Tab. 60 in aufgeführt.

Tab. 59: Übersicht des prognostizierten Wärmebedarfs für das Gebiet Günthersburghöfe.

(Erläuterungen zu Begriffen und Abkürzungen finden sich auf Seite 155.)

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
Wärmebedarf Raumheizung u. Warmwasser in MWh/a	11.420	9.650	6.990	8.670
Relativ zu EnEV 2016	100%	85%	61%	76%
Anteil Warmwasser	28%	33%	45%	37%
Wärmebedarf Prozesswärme in MWh/a	0			
Anteil am ges. Bedarf	0%	0%	0%	0%
Gesamter Wärmebedarf in MWh/a	11.420	9.650	6.990	8.670

Tab. 60: Prognostizierte Wärmeabgabe an Gebäude sowie die entsprechende Wärmeleistung für das für das Gebiet Günthersburghöfe.

(Erläuterungen zu Begriffen und Abkürzungen finden sich auf Seite 155.)

		Raumheizung				Warmwasser	
		EnEV16	EH 55	PH	Ffm.-Mix	ohne th. Solaranl.	mit th. Solaranl.
Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude nach Nutzung							
Wohnen	MWh/a	4.370	3.470	2.270	3.110	2.810	1.700
GHD	MWh/a	3.180	2.460	1.270	2.100	290	180
Öffentlich	MWh/a	710	550	290	290	70	40
Industrie	MWh/a	0	0	0	0	0	0
Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude für das geplante Quartier							
Ges. Quartier	MWh/a	8.260	6.480	3.830	5.500	3.170	1.920
bez. auf EBF	kWh/(m ² a)	47,9	37,6	22,2	31,9	18,4	11,1
Prozentual	-	100%	78%	46%	67%	100%	61%
Kumulierte Wärmeleistungen* für das geplante Quartier							
Ges. Quartier	kW	6.550	5.370	3.580	4.730	4.120	
Prozentual	-	100%	82%	55%	72%		

* Für die Abschätzung der Wärmeleistungen wurde davon ausgegangen, dass die Wärmeübergabe zur Raumheizung im Durchflussprinzip erfolgen wird, während zur Trinkwassererwärmung gebäude-/blockzentrale Warmwasserspeicher eingesetzt werden. Die kumulierten Leistungen berücksichtigen keine gebietsweiten Gleichzeitigkeitseffekte. Die Wärmeleistung für Raumheizung basiert auf der erforderlichen Heizleistung nach DIN V 18599.

3.3.2 Kältebedarf

Für das Gebiet wurde ein potenzieller Kältebedarf zur Raumkühlung von etwa 280 MWh/a (Kälteabgabe an die Gebäude) prognostiziert. Neben gebäude- oder wohnungszentralen Kälteanlagen kommt bei einem Erdwärme-gestützten Wärmeversorgungskonzept auch die passive Kühlung über das Erdreich zur Deckung dieses Bedarfs in Frage. Sofern wie im Konzept vorgesehen ein Supermarkt im Gebiet eröffnet wird, entsteht zusätzlich ein Bedarf an Prozesskälte zur Kühlung von Lebensmitteln und Getränken.

3.3.3 Strombedarf

Eine Übersicht des für das Gebiet prognostizierten Strombedarfs ist in Tab. 61 und Tab. 62 gezeigt.

Tab. 61: Übersicht des prognostizierten Strombedarfs für das Gebiet Günthersburghöfe.
(Erläuterungen zu Begriffen und Abkürzungen finden sich auf Seite 155.)

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
(Hilfs-) Strombedarf für Heizung u. Lüftung in MWh/a	330	320	710	460
Relativ zu EnEV 2016	100%	97%	215%	139%
Strombedarf für Nutzung* in MWh/a	5.030			
Strombedarf für E-Mobilität in MWh/a	1.070			
Gesamter Strombedarf in MWh/a	6.430	6.420	6.810	6.560
Anteil Heizung/Lüftung	5%	5%	10%	7%
Anteil Nutzung	78%	78%	74%	77%
Anteil E-Mobilität	17%	17%	16%	16%

* Strombedarf für Nutzung der Gebäude inkl. Allgmeinstrom und Straßenbeleuchtung

Tab. 62: Aufteilung des prognostizierten Strombedarfs für gebäudenahe Nutzung und E-Mobilität für das Gebiet Günthersburghöfe.
(Erläuterungen zu Begriffen und Abkürzungen finden sich auf Seite 155.)

		Strom für Nutzung	Strom für E-Mobilität
Haushalte	MWh/a	2.580	430
GHD	MWh/a	2.230	590
Öffentlich	MWh/a	220	50
Industrie	MWh/a	0	0
Ges. Quartier	MWh/a	5.030	1.070
bez. auf EBF	kWh/(m ² a)	29,2	6,2

3.4 Verfügbare Energieträger und lokale Potenziale

In diesem Abschnitt werden die verfügbaren leitungsgebundenen Energieträger sowie die Erzeugungspotenziale lokaler (erneuerbarer) Energieträger im geplanten Quartier und in dessen nächster Umgebung dargelegt.

3.4.1 Elektrizität und Erdgas

Es wird angenommen, dass das Gebiet mit Strom aus dem öffentlichen Netz versorgt wird und dass ausreichend elektrische Leistung zur Verfügung steht um ggf. auch eine Strom-basierte Wärmeversorgung zu ermöglichen.

Die Erschließung wird voraussichtlich von der Friedberger Landstr. aus erfolgen. Ob auf Grund der E-Mobilität eine erhöhte Anschlussleistung notwendig ist, konnte nicht abgeschätzt werden. In jedem Fall wird empfohlen ein Lastmanagement-System für die Ladestationen vorzusehen.

Es wird angenommen, dass die Kapazität der bestehenden Erdgasleitungen in der Umgebung ausreicht um das Gebiet zu versorgen. Die dafür benötigte Infrastruktur im Baugebiet müsste im Zuge der Erschließung installiert werden.

Laut der Netzauskunft der Netzdienste Rhein-Main ist das bestehende Mischgebiet im Süden des Baugebiets bereits an die Erdgas-Leitung mit DN 200 in der Friedberger Landstraße angeschlossen. Die Gebäude in der Hungener Straße und der Münzenberger Straße werden jeweils über abzweigende Leitungen versorgt. Des Weiteren befindet sich östlich des geplanten Quartiers eine Leitung mit DN 100 in der Dortelweiler Straße, an welche mehrere Gebäude angeschlossen sind.

3.4.2 Fernwärme

Es wird angenommen, dass der Anschluss des Gebiets an das Fernwärmeverbundsystem der Mainova AG technisch und wirtschaftlich umsetzbar ist. Die dafür benötigte Infrastruktur im Baugebiet müsste im Zuge der Erschließung installiert werden. Zusätzlich müsste eine Verbindungsleitung vom bestehenden Netz zum Gebiet gebaut werden, wofür zusätzliche Investitionen notwendig sind.

Laut Auskunft der Mainova AG sowie der Netzdienste Rhein-Main liegen derzeit keine Fernwärmeleitungen im Baugebiet oder in direkter Umgebung. Es existieren jedoch Fern-/Nahwärmeversorgungsgebiete in benachbarten Stadtteilen:

- Etwa ein Kilometer westlich des Baugebiets liegt das Versorgungsgebiet Westend-Nord der Mainova AG. Dieses ist über eine Heizwasser-Verbindungsleitung an das Fernwärmenetz der Innenstadt angebunden. Mit dem Ausbau wurde bereits begonnen: Ende 2019 wird der Campus der

Frankfurt University of Applied Sciences südöstlich des Baugebiets (siehe grün markierter Bereich „Nahwärme Mainova“ in Abb. 55) angeschlossen.

- Des Weiteren befindet sich im Norden des Baugebiets (nördlich des Wasserparks) ein Nahwärmeversorgungsgebiet (siehe grün markierter Bereich „Nahwärme Dritter“ in Abb. 55), in welchem die Betriebsführung durch die Mainova AG stattfindet. Über Vorhaben zum Ausbau liegen keine Informationen vor.

3.4.3 Abwärme

Wie der Auszug aus dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt in Abb. 55 zeigt, befinden im Geltungsbereich des Bebauungsplans B880 und dessen Umgebung keine Möglichkeiten zur Nutzung von Abwärme aus Siedlungsabwässern oder Produktions- bzw. Kühlprozessen.

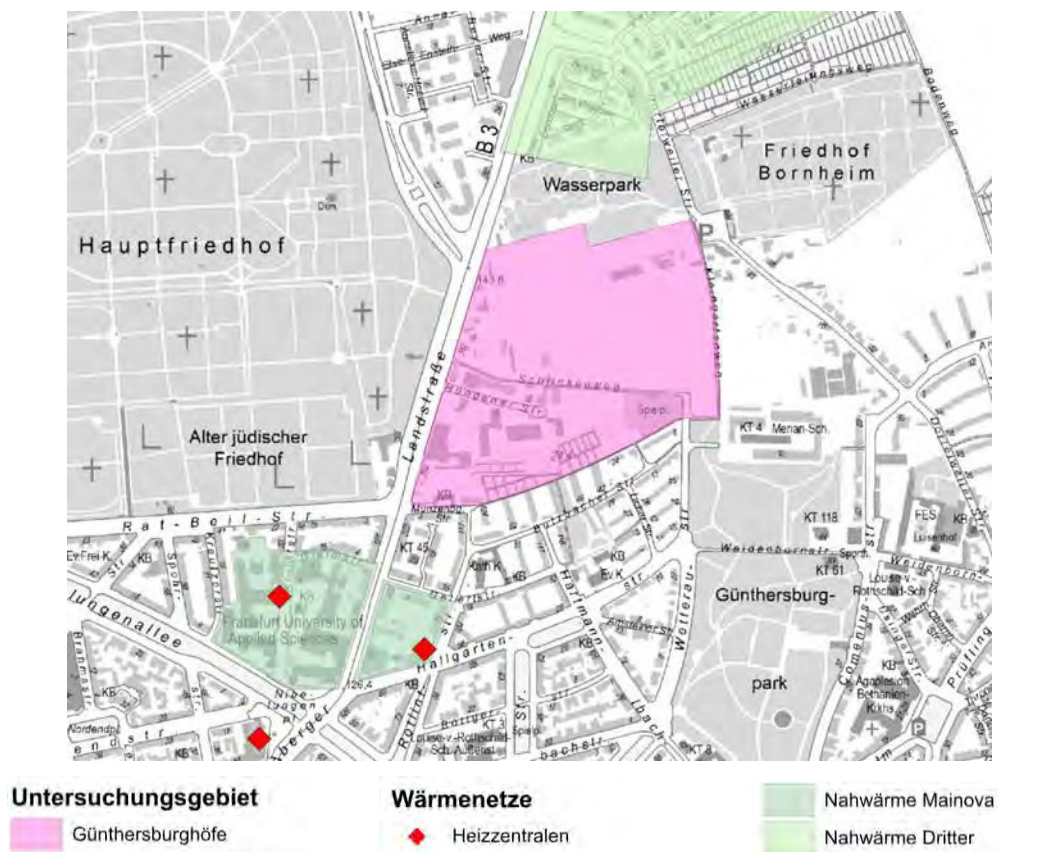


Abb. 55: Kartenauszug aus dem Abwärmekataster mit dem Geltungsbereich des Bebauungsplans B880 sowie dessen Umgebung (Quelle: Energierreferat der Stadt Frankfurt, 2018).

3.4.4 Erdwärme

Es wird angenommen, dass eine flächendeckende Erschließung der Baugrundstücke und Teile der öffentlichen Verkehrsflächen mit Erdwärmesonden möglich ist und folglich mit Wärmepumpen ein hoher Anteil des prognostizierten Wärmebedarfs des Quartiers gedeckt werden kann. Es ist davon auszugehen, dass eine Regeneration des Erdreichs vorgesehen werden muss. Es wird dringend empfohlen, das Verfahren zur weiteren Untersuchung und Genehmigung dieser Versorgungsvariante frühestmöglich einzuleiten.

Im Fachinformationssystem Grund- und Trinkwasserschutz Hessen des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie wird der gesamte Geltungsbereich des Bebauungsplans B880 sowie die unmittelbare Umgebung als „hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich günstig“ eingestuft. Dies kann als positive Voraussetzung für die Genehmigung der Erschließung des Gebiets mit Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren betrachtet werden. Es ist zu beachten, dass sich laut Auskunft des Regierungspräsidiums Darmstadt östlich des geplanten Quartiers im Abstand von ca. 100 m bereits ein etwa 5 ha großes Erlaubnisfeld für die Erdwärmenutzung befindet.

Das Potenzial einer flächendeckenden Erschließung mit Erdwärmekollektoren wird in Anbetracht der hohen prognostizierten Wärmebedarfsdichten des Gebiets zwischen 980 MWh/(ha a) und 1.600 MWh/(ha a) als zu gering eingeschätzt und nicht weiter betrachtet. Ein deutlich größeres Potenzial ermöglicht die flächendeckende Erschließung des Baugebiets mit Erdwärmesonden. Zwar ist laut Aussage des Stadtplanungsamts ist eine energetische Nutzung der etwa 50.000 m² bestehenden und geplanten Grünflächen „Gartenwildnis“ und „Gartenband“ ausgeschlossen, dennoch verbleiben im Geltungsbereich des Bebauungsplans folgende Flächen zur Errichtung von Erdwärmesonden:

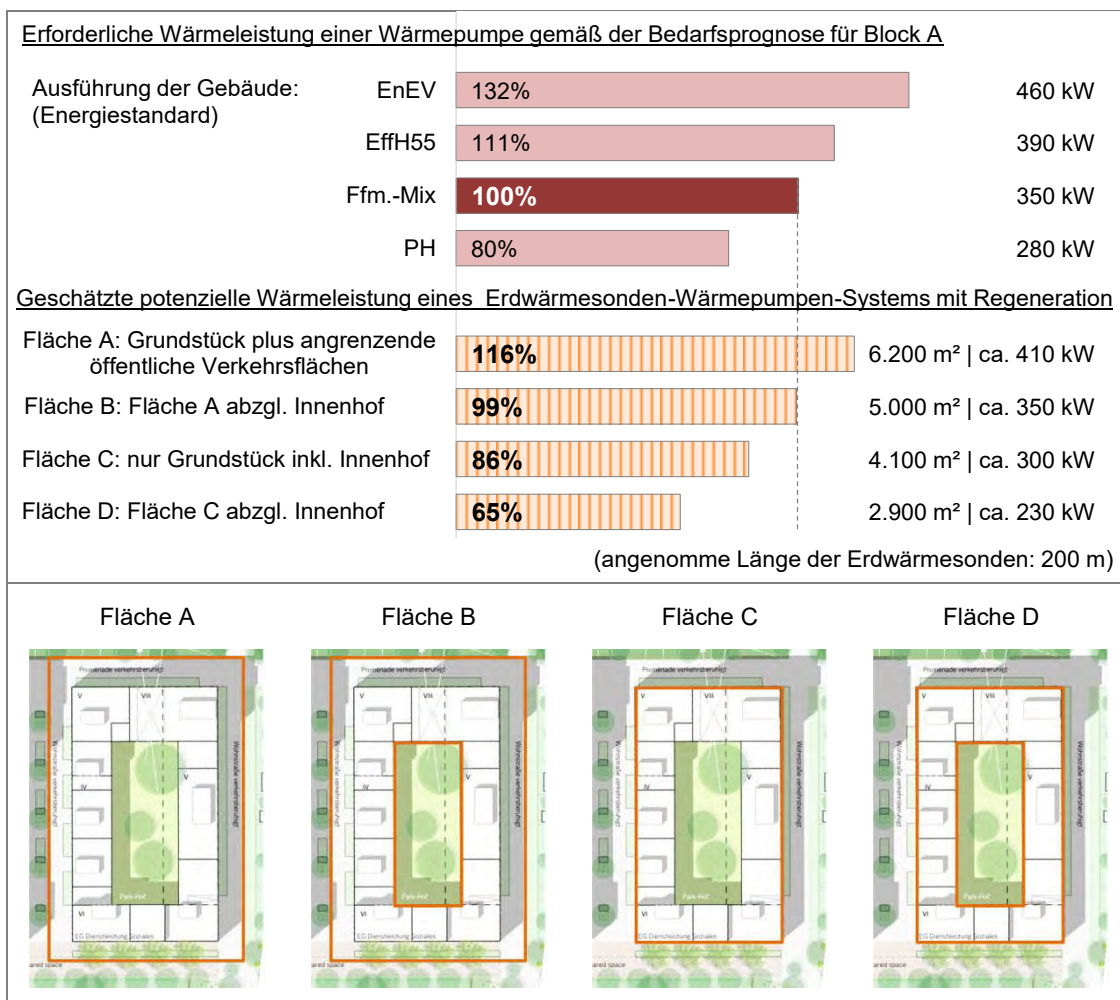
Potenziell nutzbare Flächen des Kerngebiets*:	90.000 m ²
Darin enthalten sind teilw. überbaute Grundstückflächen:	60.000 m ² ,
öffentliche Verkehrsflächen:	30.000 m ² .
Potenziell nutzbare Flächen des Schulstandorts:	15.000 m ²
Darin enthalten sind teilw. überbaute Grundstücksfläche:	10.000 m ² ,
öffentliche Verkehrsflächen:	5.000 m ² .

* Mit Kerngebiet sind hier geplanten Flächen für Wohnen, GHD und Gemeinbedarf der Bereiche V1 u. V2 ohne den Schulstandort im Nordosten gemeint.

Für große Erdwärmesonden-Felder in städtischen Gebieten ist eine Regeneration des Erdreichs in der Regel empfehlenswert um mittel- bis langfristig die Auskühlung des Erdreichs und damit einen Abfall der Entzugsleistung zu verhindern. Im geplanten Quartier kommen dazu in Frage:

- Abwärme aus Raumkühlung der Gebäude;
- lokal erzeugte (vor allem im Sommer) nicht anderweitig nutzbare Solar-energie, beispielsweise aus PVT-Hybridkollektoren;
- ggf. Überschüsse aus regional erzeugtem erneuerbarem Strom.

Für den Gebäudeblock A (Geschossfläche ca. 15.500 m²) im Osten des Gebiets sind die Potenziale einer Wärmeversorgung mit einem Erdwärmesonden-Wärmepumpen-System mit Regeneration nachfolgend beispielhaft dargestellt. Wird der Wohnblock im Frankfurter Mix ausgeführt, wäre bei einer Sondenlänge von 200 m eine monovalente Versorgung ab einer Gesamtfläche des Sondenfelds von etwa 5.000 m² möglich, eine bivalente Versorgung mit hohem Deckungsanteil ab einer Gesamtfläche des Sondenfelds von etwa 3.000 m².



3.4.5 Solarenergie

Es wird angenommen, dass mindestens 50 % der Bruttodachflächen mit Anlagen zur aktiven Solarenergiegewinnung belegt werden können. Zusätzlich können geeignete Süd-Fassaden der Gebäude genutzt werden.

Basierend auf dem vorliegenden städtebaulichen und landschaftsplanerischen Konzept wurden nachfolgende potenziell zur Solarenergiegewinnung verfügbare Flächen geschätzt. Alle Angaben sind zusammengefasst für die Bereiche Neubau (V1) und Neuordnung Bestand (V2). Eine energetische Nutzung der etwa 50.000 m² bestehenden und geplanten Grünflächen „Gartenwildnis“ und „Gartenband“ wurde gemäß der Aussage des Stadtplanungsamts ausgeschlossen.

Brutto-Dachflächen der Gebäude ¹ :	38.200 m ² .
Darin enthalten sind:	Wohngebäude inkl. GHD 34.700 m ² ,
	Schulstandort und Kita 3.500 m ² ,
Geeignete Fassadenflächen der Gebäude ² :	6.500 m ² .

- 1) Bruttoflächen der Decken der obersten Geschosse, Überdachung von Treppenaufgängen etc. eingeschlossen.
- 2) Bruttofläche gut geeigneter Fassaden (mit geringer Verschattung, möglichst Süd-Orientierung), jeweils ohne Erdgeschoss.

Im Verlauf der Arbeiten zu diesem Klimaschutzteilkonzept hat die Bürogemeinschaft Kölling und Crossboundaries Architekten ein Dachflächenkonzept erarbeitet, welches die sozialen, energetischen und stadtklimatischen Belange der Dachflächennutzung in Einklang bringen soll. Das Ergebnis ist exemplarisch für einen Wohnblock in Abb. 56 gezeigt.



Abb. 56: Exemplarische Darstellung des Dachflächenkonzepts für einen geplanten Wohnblock. (Quelle: Bürogemeinschaft Kölling und Crossboundaries Architekten)

In dem Konzept sind 50 % der Bruttodachflächen für die Solarenergiegewinnung in Kombination mit einer extensiven Begrünung vorgesehen. Weitere Flächen zur Energiegewinnung mit halbtransparenten Photovoltaik-Modulen könnten auf tragenden Konstruktionen über Dachflächen für Aufenthaltsbereiche oder Urban Gardening vorgesehen werden.

Photovoltaik

Die resultierenden Erzeugungspotenziale für Strom aus Photovoltaikanlagen sind in Abb. 57 dargestellt. Wenn alle Neubauten im Frankfurter Mix ausgeführt werden, könnten zwischen 26 % und 34 % des prognostizierten Gesamtstrombedarfs des Quartiers (Haushalte, GHD u. öffentliche Geb. inkl. TGA, Straßenbeleuchtung und E-Mobilität) lokal und erneuerbar erzeugt werden, wenn Photovoltaik-Module auf 50 % der Dachflächen sowie an gut geeigneten Fassaden der Gebäude installiert würden.

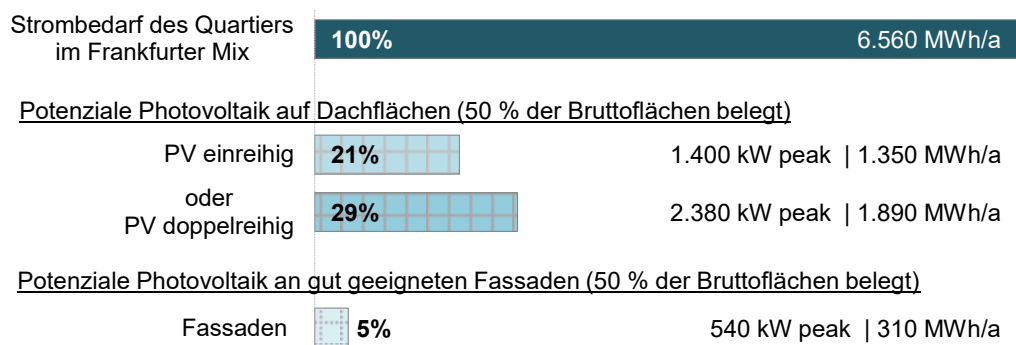


Abb. 57: Gegenüberstellung von Bedarf der geplanten Gebäude und (Erzeugungs-) Potenzialen von Photovoltaik-Anlagen auf unterschiedlichen Flächen für das Gebiet Günthersburghöfe.

Zu den in Abb. 57 dargestellten Potenzialen sind folgende Anmerkungen zu beachten:

- Ggf. kann nicht die gesamte potenziell erzeugte Strommenge der PV-Anlagen zur Eigenversorgung im Gebiet genutzt werden. Der restliche Teil wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist und in benachbarten Siedlungsgebieten genutzt.
- Die Bestrahlung der Modul- und Kollektorflächen wurde entsprechend der im Baugebiet vorkommenden Orientierungen der Dachflächen bzw. Fassaden abgeschätzt.

- Für die Flachdächer sind Potenziale für zwei Varianten angegeben:
 - „Klassische“ einreihige Aufstellung der Module (mit einheitlicher Orientierung mögl. nach Süden, einer Neigung von 30° und größeren Reihenabständen zu Vermeidung von Verschattung).
 - Doppelreihige Aufstellung (mit paarweise entgegengesetzter Orientierung und flacherer Neigung von 15°. Falls eine extensive Dachbegrünung auf denselben Flächen realisiert werden soll, kommt diese Aufstellung nicht in Frage).

3.5 Betrachtete Versorgungsvarianten

Neben einer Referenzvariante wurden – abgestimmt auf die lokalen Potenziale erneuerbarer Energien und die verfügbaren leitungsgebundenen Energieträger – verschiedene Versorgungsvarianten für das Gebiet untersucht. In Tab. 63 ist eine Übersicht der betrachteten Varianten zu finden. In diesem Abschnitt werden die technischen Details der Varianten näher erläutert.

Tab. 63: Übersicht der betrachteten Varianten der Wärmeversorgung für das Gebiet Günthersburghöfe.

Akronym	Kurzbeschreibung	VL/RL in °C	Bemerkungen
GEBÄUDE- / BLOCKZENTRALE VARIANTEN			
Gas-BWK +ST	Gas-Brennwertkessel mit Solarthermie (Referenz)	65/45	Referenzvariante mit solarthermischer Anlage zur Trinkwassererwärmung.
EWS-WP +PVT mono/biva	Erdwärmesonden-Wärmepumpen ggf. mit PVT-Kollektoren monovalent / bivalent	55/35	Erdwärmennutzung auf Grundstücksflächen, Gebäude mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung.
GEBIETSZENTRALE VARIANTE			
FernW (+PV)	Anschluss an den Fernwärmeverbund der Mainova AG ggf. mit Photovoltaik-Anlagen	75/50	Gebäude optional mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung.

3.5.1 Variante „Gas-BWK+ST“: Gas-Brennwertkessel und Solarthermie (Referenz)

Die Wärmeversorgung entsprechend der gesetzlichen Mindestanforderungen erfolgt mittels gebäudezentralen Gas-Brennwertkesseln und solarthermischen Anlagen zur Trinkwassererwärmung. Detailliertere technische Informationen zu der Versorgungsvariante sind nachfolgend aufgeführt.

Wärmeerzeugung: 88 % Gas-Brennwertkessel.

(jeweils mit Anteil an der ges. Wärmeabgabe) 12 % solarthermische Anlage zur WW-Bereitung

Wärmenetz: nicht benötigt.

Heizraum: integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.

Platzbedarf: übliche Abmessungen für Gebäude / Block.

Sonstige Anforderungen: Gebäudehülle und –technik müssen mindestens den Anforderungen an ein KfW Effizienzhaus 55 entsprechen, alle anderen effizienzsteigernden Maßnahmen sind optional.

Zukunftsperspektive: Keine.

3.5.2 Variante „EWS-WP“: Wärmepumpen mit Erdwärmesonden

Die Wärmeversorgung erfolgt mittels gebäude- bzw. blockzentraler Sole/Wasser-Wärmepumpen. Als Wärmequelle dient das Erdreich unter dem Baugrundstück, welches über ein Erdsondenfeld erschlossen wird. Vorzugsweise erfolgt der Betrieb monovalent, falls nötig bivalent mit Gas-Spitzenlastkessel mit Erdgas oder Flüssiggas als Brennstoff. Ergänzend können photovoltaisch-thermische Kollektoren (PVT-Kollektoren) in den Sommermonaten Wärme zur Regeneration des Erdreichs und ganzjährig erneuerbaren Strom bereitstellen. Detailliertere technische Informationen zu der Versorgungsvariante sind nachfolgend aufgeführt.

Wärmeerzeugung: 95 % - 100 % Sole/Wasser-Wärmepumpen. Als Quelle dienen Erdwärmesonden-Felder auf Baugrundstücken.
(jeweils mit Anteil an der ges. Wärmeabgabe) 5 % Gas-Brennwertkessel (für bivalente Option)

Zusätzlich: Je nach Bedarf kann die Regeneration des Erdreichs mittels passiver Kühlung der Gebäude oder den Einsatz photovoltaisch-thermischer (PVT) Hybrid-Kollektoren erfolgen.

Wärmenetz: nicht benötigt bzw. nur zur Unterverteilung im Block.

Heizraum: integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.

Platzbedarf: übliche Abmessungen für Gebäude / Block

Sonstige Anforderungen: Gebäudehülle und -technik gemäß den Mindestanforderungen des gewünschten Energiestandards, optimierte Wärmeverteilung mit Flächenheizung und wohnungsweise Übergabestationen.

Zukunftsperspektive: Die vergleichsweise geringe Menge an Erdgas für einen bivalenten Betrieb könnte langfristig durch lokal oder regional erneuerbar erzeugten Elektrolyse-Wasserstoff bzw. daraus hergestelltes Methan ersetzt werden.

3.5.3 Variante „FernW“: Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem

Die Wärmeversorgung aller Abnehmer erfolgt über ein Wärmenetz, welches an das Fernwärmeverbundsystem der Mainova AG angeschlossen ist. In Abb. 58 ist eine schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs im Gebiet gezeigt. Detailliertere Information zu dieser Versorgungsvariante sind nachfolgend aufgeführt.

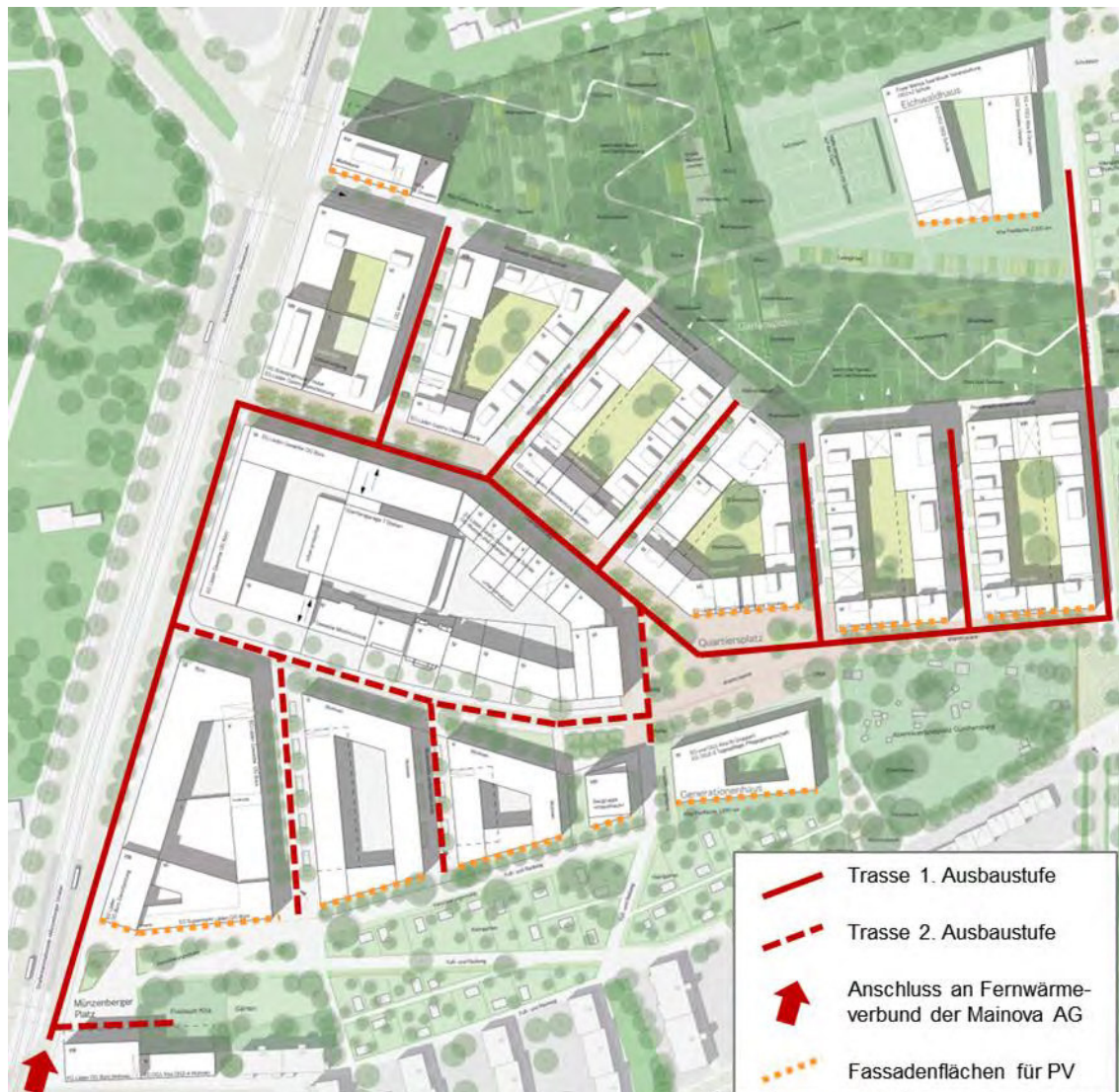


Abb. 58: Schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs eines Wärmenetzes sowie der und Fassadenflächen zur Solarenergiegewinnung für das Gebiet Günthersburghöfe.
(Plan © Bürogemeinschaft Becker / Bernhard / Kölling / Crossboundaries, Sep. 2017).

Wärmeerzeugung:	100 % Fernwärme der Mainova AG,
Wärmenetz:	2-Leiter Wärmenetz (Kunststoffmantelrohr).
	Vor-/Rücklauftemperatur: 75 °C / 50 °C (gleitend),
Heizraum:	Übergabestationen integriert in Keller- geschoss/Tiefgarage.
	Platzbedarf: übliche Abmessungen für ein Gebäude.
Sonstige Anforderungen:	Keine, Gebäudehülle und -technik gemäß den Mindestanforderungen des gewünschten Energiestandards, möglichst mit Flächenheizung.
Zukunftsperspektive:	Mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Fern- wärmeverbund der Mainova AG reduzieren sich auch die Treibhausgasemissionen der Wärmeversorgung des Quartiers.

3.6 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen

Eine tabellarische Übersicht der prognostizierten Energie-Bilanz der drei Hauptvarianten ist in Tab. 63 gegeben. Eine entsprechende graphische Darstellung der Ergebnisse ergänzt um einige Untervarianten ist in Abb. 59 zu finden. Die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen aller Varianten sind für unterschiedliche Bezugsjahre in Abb. 60 dargestellt. Die zugehörige tabellarische Übersicht der Ergebnisse für die drei Hauptvarianten ist in Tab. 65 zu finden.

Tab. 64: Prognose der endenergiebasierten Territorialbilanz von Energieeinsatz und Endenergie für Wärme-, Kälte-, und Stromversorgung des Gebiets Günthersburghöfe.

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK +ST	EWS-WP +PVT mono	FernW + PV
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	Ffm.-Mix ¹	Ffm.-Mix ¹
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Mix ²	Mix ²
Energiebedarf ³ in MWh/a	16.340	15.500	15.500
Energieeinsatz ⁴ in MWh/a	= 16.610	15.830	16.320
davon Wärme/Kälte aus lokalen Energieträgern ⁵ in MWh/a	+ 1.440	6.730	210
davon Strom aus lokalen Energieträgern in MWh/a	+ 0	1.700	1.350
Autarkiegrad durch lokale Energieträger ^{6,7}	9%	53%	10%
zusätzlicher Strom ins Netz eingespeist in MWh/a	0	0	0
davon Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a	+ 15.170	7.400	14.770
bez. auf EBF ⁸ in kWh/(m ² a)	88	43	86
bez. auf NBL ⁹ in MWh/(ha a)	2.134	1.041	2.078
bez. auf Einw. in kWh/(EW a)	5.418	2.643	5.275
anteilig bez. auf Referenz	100%	49%	97%
bez. auf Energiebedarf	0,93	0,48	0,95

- 1) Frankfurter Mix (Ffm.-Mix) bedeutet: 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, restliche Gebäude haben KfW-EH 55-Hülle und Abluftanlage.
- 2) Entsprechend dem Frankfurter Mix der Energiestandards haben die KfW-EH 55 Abluftanlagen und die Passivhäuser Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung.
- 3) Der Wärme-/Kältebedarf entspricht der Nutzenergieabgabe ab Erzeuger/Übergabe an die Gebäude, der Strombedarf entspricht dem Endenergiebedarf der Gebäude.
- 4) Der Energieeinsatz entspricht der Summe aller zur Deckung des Energiebedarfs im Quartier erzeugten bzw. von extern zugeführten erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträger.
- 5) Fernwärme wird nicht als lokaler Energieträger betrachtet.
- 6) Der Autarkiegrad entspricht dem relativen Anteil lokaler erneuerbarer Energieträger (Solar-, Umwelt-, Wasser-, Windenergie) sowie Abwärme am gesamten Energieeinsatz.
- 7) Die Energiebezugsfläche (EBF) entspricht für Wohngebäude der geschätzten beheizten Wohnfläche und für Nichtwohngebäude der geschätzten beheizten Netto-Grundfläche.
- 8) Das Netto-Bauland (NBL) entspricht dem Brutto-Bauland (ges. Fläche des B-Plan-Gebiets) abzgl. öffentlicher Verkehrs- und Grünflächen.

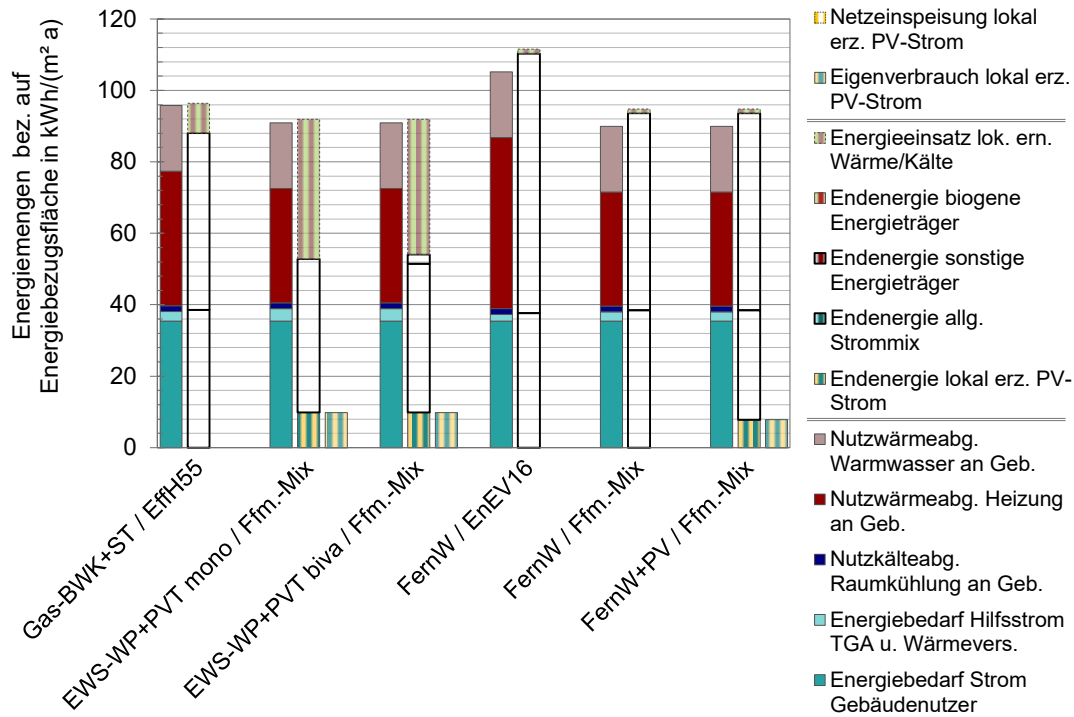


Abb. 59: Prognostizierte Energiebilanz der relevanten Energiemengen für unterschiedliche Versorgungsvarianten für das Gebiet Günthersburghöfe.

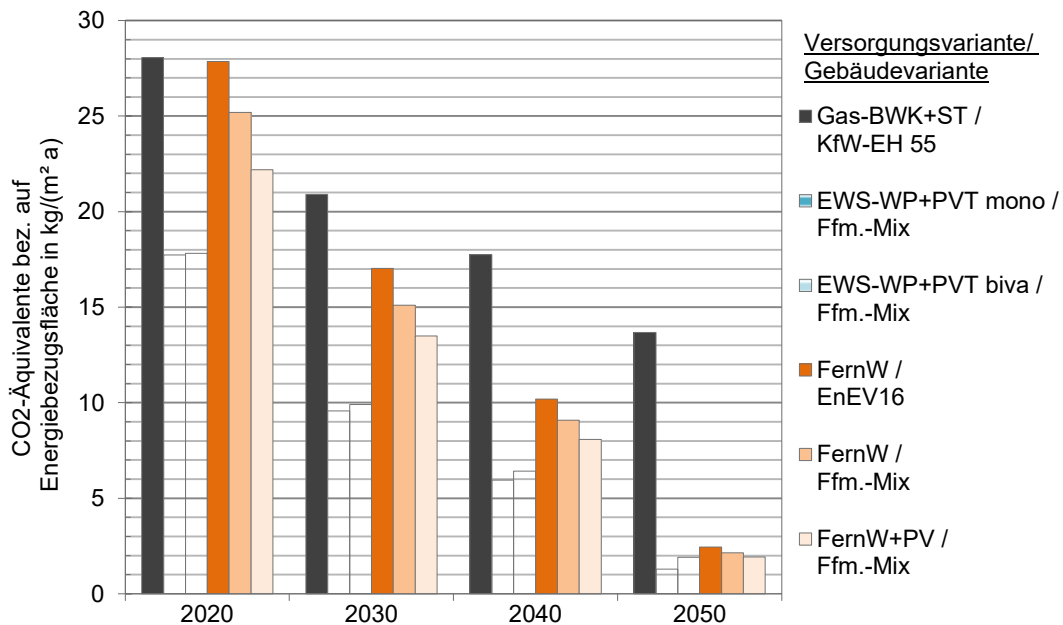


Abb. 60: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für Wärme- und Stromversorgung für unterschiedliche Versorgungsvarianten und Bezugsjahre für das Gebiet Günthersburghöfe (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Tab. 65: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für unterschiedliche Bezugsjahre für das Gebiet Günthersburghöfe (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK +ST	EWS-WP +PVT mono	FernW +PV
Qualität der Gebäudehülle	<i>EH 55</i>	Ffm.-Mix*	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	<i>Abluft</i>	Mix*	Mix
CO₂-Äquivalente 2020 in t/a	4.835	3.055	3.824
bez. auf EBF* in kg/(m ² a)	28,1	17,7	22,2
anteilig bez. auf Ref. 2020	100%	63%	79%
CO₂-Äquivalente 2030 in t/a	3.603	1.647	2.325
bez. auf EBF* in kg/(m ² a)	20,9	9,6	13,5
anteilig bez. auf Ref. 2020	75%	34%	48%
CO₂-Äquivalente 2040 in t/a	3.058	1.024	1.393
bez. auf EBF* in kg/(m ² a)	17,7	5,9	8,1
anteilig bez. auf Ref. 2020	63%	21%	29%
CO₂-Äquivalente 2050 in t/a	2.357	223	332
bez. auf EBF* in kg/(m ² a)	13,7	1,3	1,9
anteilig bez. auf Ref. 2020	49%	5%	7%

* Erläuterungen zu Abkürzungen und Definitionen finden sich auf den vorherigen Seiten.

3.7 Ökonomische Bewertung

Je nachdem, welche Varianten von Wärmeversorgung und Gebäude (Hülle/Lüftung) miteinander kombiniert werden, ergeben sich unterschiedliche Gebäude-Energiestandards und Umweltwirkungen sowie unterschiedliche Investitionen und Betriebskosten für die Eigentümer bzw. Nutzer der Gebäude. An Hand dieser Indikatoren werden die Varianten nachfolgend verglichen.

3.7.1 Grundlagen und betrachtete Kombinationen

Folgende Kriterien wurden bei der ökonomischen Bewertung berücksichtigt:

- Die **Investitionen** dienen als Maß für den wirtschaftlichen Ressourceneinsatz. Alle Investitionen sind Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten (Stand 2018). Es werden nur relevante Investitionen einbezogen, die zum einen maßgeblich für die Wärmeversorgung der Gebäude sind und zum anderen zu Unterschieden zwischen den Varianten führen. Im Detail werden berücksichtigt:

- Zusätzliche Investitionen für einen verbesserten Dämmstandard, der über die gesetzlichen Anforderungen der EnEV 2016 hinausgeht.
 - Investitionen für Komponenten zur Lüftung und Wärmeversorgung, sofern diese zu Unterschieden zwischen den Varianten führen. Beispielsweise werden Warmwasser-Verteilungen, welche in jedem Gebäude vorhanden sind, nicht berücksichtigt.
 - Aussagekräftig sind folglich die Differenzen der Investitionen der verglichenen Varianten, nicht aber die absoluten Ergebnisse einer einzelnen Variante.
- Die durchschnittlichen **Betriebskosten pro Monat** (im ersten Jahr) dienen als Maß für die laufenden Kosten nach heutigem Stand.
 - Die **Annuitäten der Kosten und Erlöse** dienen als Maß für die Wirtschaftlichkeit. Die Annuitäten wurden in Anlehnung an die VDI 2067 berechnet.

Diese Kriterien wurden für folgende Mustergebäude ausgewertet:

Mustergebäude: Mehrfamilienhaus mit 20 WE.

Geschosse: sechs Vollgeschosse,
 Geschossfläche: 2.150 m²,
 Energiebezugsfläche: 1.790 m².

Die Ausführungen der Mustergebäude werden nachfolgend für die mit einer Wärmeversorgungsvariante erreichbaren Gebäude-Energiestandards beschrieben:

EnEV Gas-BW+ST: (Referenz)	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, dez. Gas-Brennwertkessel, thermische Solaranlage.
EnEV FernW:	Gebäudehülle entspr. EnEV, Abluftanlage, Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem.
EH55 EWS-WP+PVT mono:	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, dez. S/W-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden und PVT-Kollektoren.
EH55 FernW:	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem.
PH EWS-WP+PVT mono:	Gebäudehülle entspr. PH*, Zu-/Abluftanlage mit WRG, dez. S/W-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden und PVT-Koll.
EH55 FernW:	Gebäudehülle entspr. PH*, Zu-/Abluftanlage mit WRG, Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem.

3.7.2 Vergleich der Investitionen

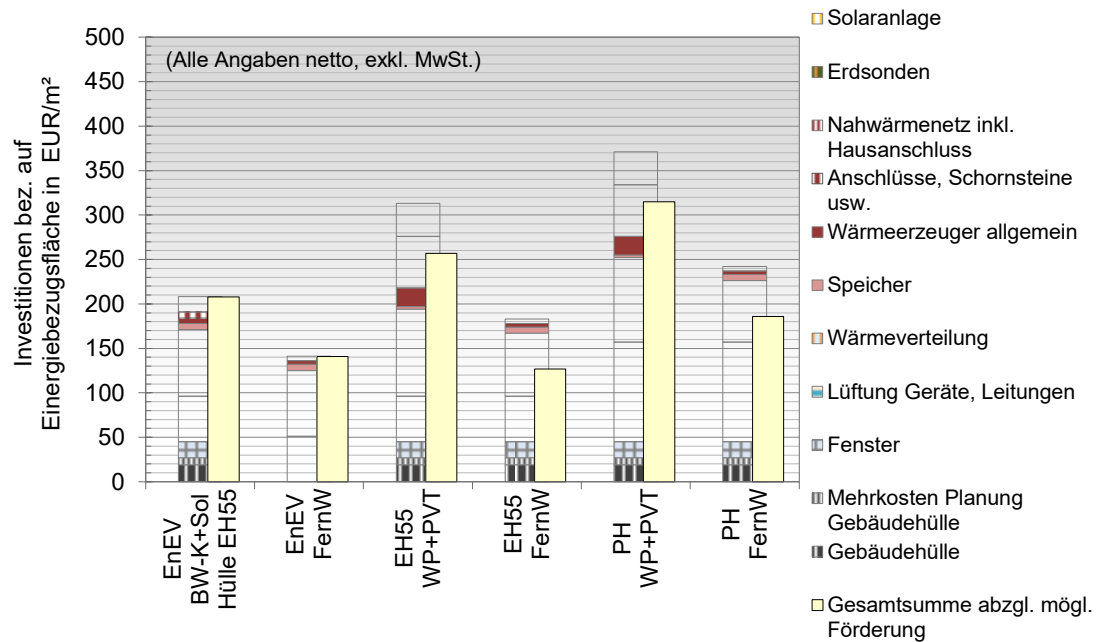


Abb. 61: Investitionen der Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Günthersburghöfe.

3.7.3 Vergleich der monatlichen Betriebskosten (1. Jahr)

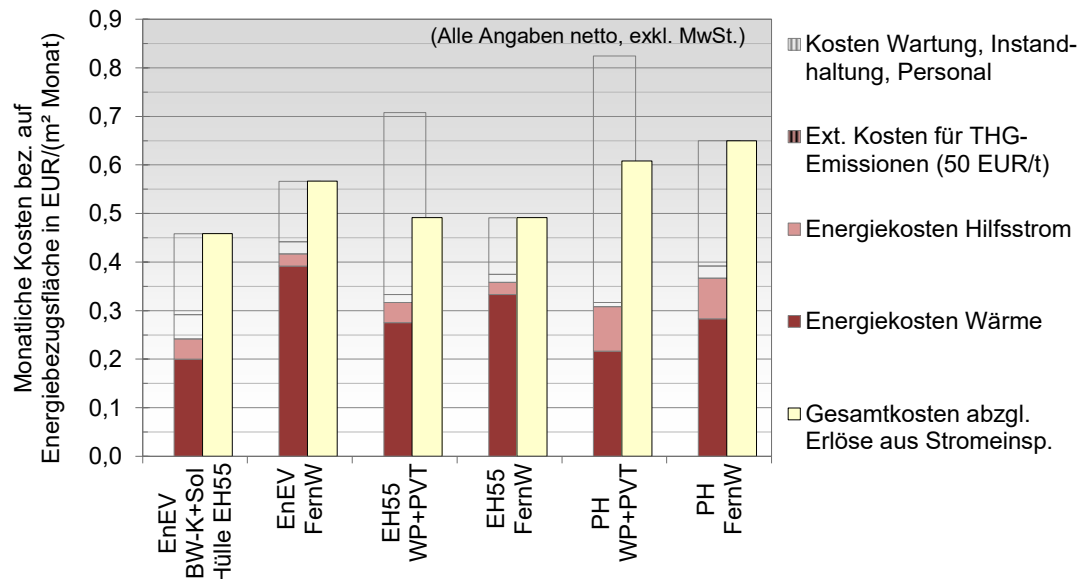


Abb. 62: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Günthersburghöfe.

3.7.4 Vergleich der Annuitäten

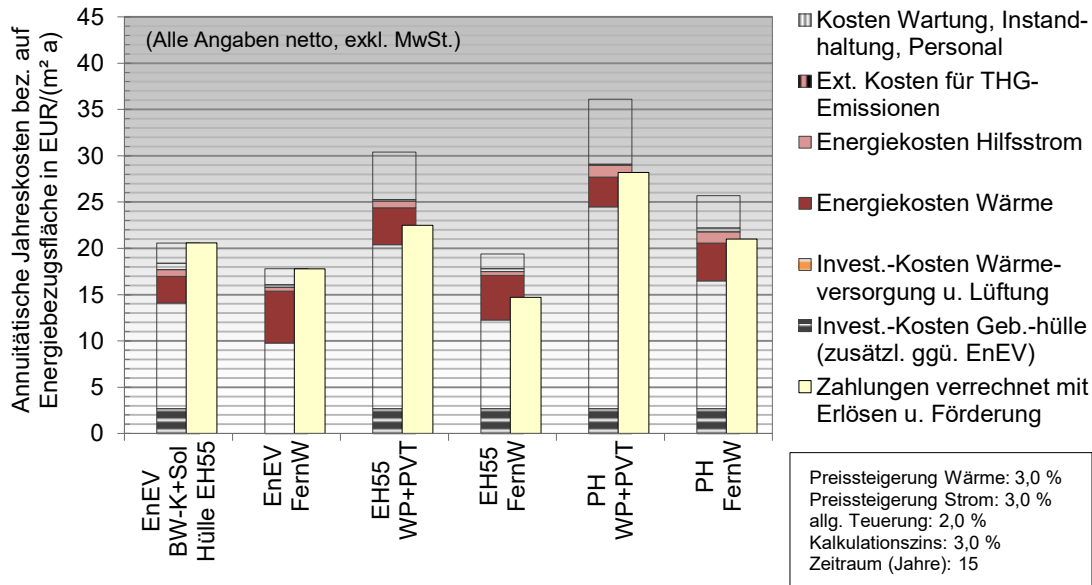


Abb. 63: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Günthersburghöfe.

3.8 Fazit und Empfehlung

Das städtebauliche Konzept für das Quartier Günthersburghöfe sieht größtenteils Blockrand-Bebauung mit vier bis acht Geschossen vor. Dadurch kann für das Plangebiet die mit Gebäuden überbaute Fläche minimiert und ein großer Teil der bestehenden Grün- und Waldflächen erhalten werden. Positiv aus energetischer Sicht ist, dass die Baukörper durchweg ein sehr günstiges A/V-Verhältnis aufweisen, sofern dieses bei der weiteren Ausgestaltung der Gebäude nicht deutlich verschlechtert wird. In Bezug auf die Besonnung der Gebäudefassaden und die Belichtung der Wohnungen bringt die dichte Anordnung der Baukörper jedoch Nachteile mit sich, wenngleich eine umfassende Überarbeitung des Entwurfs nicht erforderlich scheint. Auch ist zu erwarten, dass sich nicht alle Bereiche für eine wirtschaftliche Erstellung des Passivhaus-Standards eignen.

Empfehlungen zur energetischen Optimierung des Städtebaus

- Bei starker Einschränkung der Besonnung können durch eine Staffelung / Anpassung der obersten Geschosse der verschattenden Baukörper sowie durch eine geringfügige Verbreiterung der entlang der Südwest-Nordost-Achse verlaufenden Straßen Verbesserungen erreicht werden.
- Bei der Gebäudeplanung sollten die Grundriss- und Fensterflächengestaltung auf die Besonnung und natürliche Belichtung abgestimmt werden. In vielen Fällen kann eine unzureichende Besonnung durch zweiseitig belichtete Wohnungen vermieden werden. Bei ost-, süd- oder westorientierten Fassaden spricht aus energetischer Sicht auch nichts gegen eine Vergrößerung der Fensterflächen, sofern ein hochwertiger Sonnenschutz vorgesehen wird.

Der Vergleich der energetisch relevanten Investitionen hat gezeigt, dass auf Grund der möglichen Förderung eine Gebäudehülle entsprechend dem KfW Effizienzhaus 55 im Geschosswohnungsbau niedrigere Investitionen (die Förderung eingerechnet) erfordert als eine Hülle entsprechend dem EnEV-Referenzgebäude. In Anbetracht dessen, dass der KfW Effizienzhaus 55 Standard bezogen auf den Betrieb des Gebäudes auch energetisch und damit ökologisch vorteilhaft ist, kann dieser Standard uneingeschränkt für alle Gebäude empfohlen werden, die nicht im Passivhaus-Standard errichtet werden.

Empfehlungen zum Gebäude-Energiestandard

- Es wird empfohlen den geförderten Wohnungsbau sowie öffentliche Gebäude weiterhin im Passivhaus-Standard auszuführen.
Im Geschosswohnungsbau kann der Passivhaus-Standard bei ausreichender Besonnung in der Regel mit einer Gebäudehülle entsprechend KfW Effizienzhaus 55 und dem zusätzlichen Einsatz von Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung erreicht werden. Gebäude im Passivhaus-Standard sollten vorrangig in jenen Baukörpern realisiert werden, die sich auf Grund der passiven solaren Gewinne am besten dazu eignen.
- Alle anderen Neubauten sollten aus ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten mindestens als KfW Effizienzhaus 55 ausgeführt werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse der Referenzvariante und zweier untersuchter Versorgungsvarianten gegenüber gestellt.

Versorgungsvariante	Referenz: Erdgas	Vorschlag 1: Erdwärme	Vorschlag 2: Fernwärme
zentrale/dezentrale Erzeuger	gebäudezentrale Gas-BW-Kessel	gebäude-/ block-zentrale Wärmepumpen	gebietszentrale FW-Versorgung
Gebäude-Energiestandard	EnEV	KfW EH 55 (teilw. PH)	KfW EH 55 (teilw. PH)
ENERGIE/AUTARKIE			
Energieeinsatz in MWh/a	16.610	15.830	16.320
Autarkiegrad	9%	53%	10%
durch folgende lokale Energieträger	Solarthermie	Erdwärme, Solarstrom, Solarthermie	Solarstrom
Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a	15.170	7.400	14.770
bez. auf EBF in kWh/(m ² a)	88	43	86
Haupt-Endenergieträger für Wärmeanwendungen	Erdgas	Strommix	Fernwärme
TREIBHAUSGASE			
CO ₂ -Äquivalente <u>2020</u> in t/a	4.835	3.055	3.824
bez. auf EBF* in kg/(m ² a)	28,1	17,7	22,2
CO ₂ -Äquivalente <u>2050</u> in t/a	2.357	223	332
bez. auf EBF* in kg/(m ² a)	13,7	1,3	1,9
WIRTSCHAFTLICHKEIT KfW EH 55			
Energetisch relevante Investitionen (netto) abzgl. Förderung bez. auf EBF in EUR/(m ²)	208	257	127**
Monatliche Betriebskosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m ² M)	0,46	0,49	0,49
Annuitätische Gesamtkosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m ² a)	21	23	15**

* Die Energiebezugsfläche (EBF) entspricht für Wohngebäude der geschätzten beheizten Wohnfläche und für Nichtwohngebäude der geschätzten beheizten Netto-Grundfläche.

** Mögliche Baukostenzuschüsse zum Anschluss an den Fernwärmeverbund sowie zur Erschließung des Gebiets selbst nicht eingerechnet.

Die Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen und Erdwärmesonden kombiniert mit photovoltaisch-thermischen Kollektoren weist für das Quartier Günthersburghöfe das größte Potenzial zur Reduktion der Treibhausgasemissionen auf. Darüber hinaus können durch die Nutzung lokaler erneuerbarer Energieträger potenziell etwa 53 % der benötigten Energie auf dem Gebiet selbst gewonnen werden. Eine Wärmeversorgung mit Fernwärme würde heute insgesamt zu etwa 25 % mehr Treibhausgasemissionen führen. Da die gesamte (Fern-) Wärme dem Gebiet von außen zugeführt werden muss, wird die Problematik der klimaschonenden Energieversorgung mit dieser Variante größtenteils auf die Stadt bzw. die Region verlagert.

Die Versorgung mit Fernwärme weist die niedrigsten Zusatzinvestitionen und annuitätischen Gesamtkosten auf (mögliche Investitionen oder Baukostenzuschüsse zum Anschluss an den Fernwärmeverbund sowie zur Erschließung des Gebiets selbst nicht eingerechnet), was diese Variante aus ökonomischer Sicht für Investoren attraktiv macht. Auch aus Nutzersicht ergeben sich keine nennenswerten Nachteile gegenüber der Referenzvariante, da die Betriebskosten der Fernwärme nur geringfügig höher ausfallen. Dies gilt auch für die Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen. Allerdings fallen die Zusatzinvestitionen bei letzterer Variante auf Grund der Erdwärmesonden deutlich höher aus.

Unter der Voraussetzung dass die bundes- bzw. landesweiten Klimaschutzziele für den Strommix erreicht werden, können die Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt für 2050 sowohl bei der Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen als auch mit Fernwärme erreicht oder sogar übertroffen werden. Bei letzterem muss zusätzlich die Transformation der städtischen Fernwärmeversorgung zur „grünen Fernwärme“ gelingen.

Empfehlungen zur Energieversorgung

- Es wird empfohlen mindestens 50 % der Dachflächen sowie alle geeigneten Fassadenflächen der Gebäude zur Solarstromerzeugung zu nutzen. Das bereits vorliegende Dachflächenkonzept sollte bei der weiteren Ausgestaltung der Gebäude beachtet werden. Darüber hinaus wird empfohlen geeignete Fassadenflächen zu nutzen.
- Aus energetischer und ökologischer Sicht sollte eine Wärmeversorgung mit Wärmepumpen (gespeist aus Erdwärmesonden) und Solarenergie angestrebt werden. Diese Variante bietet gegenüber der Fernwärmeversorgung ein etwas besseres Potenzial zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Darüber hinaus ist das Potenzial zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energien deutlich höher. Mit der Kombination von Erdwärme und Solarenergie kann voraussichtlich ein Energieautarkiegrad des Gebiets von über 50 % erreicht werden.
- Zur weiteren Umsetzung wird insbesondere im Hinblick auf das bergrechtliche Genehmigungsverfahren und die notwendige messtechnische Überprüfung der Machbarkeit einer umfassenden Erdwärmenutzung empfohlen, das Thema Wärmeversorgung möglichst frühzeitig in die fachplanerischen Prozesse zu integrieren.