



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

# Potenzialstudie Erneuerbare Energien für Siedlungsgebiete in Frankfurt am Main

## Endbericht Teil 3 von 4

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

## II. UNTERSUCHUNG AUSGEWÄHLTER GEBIETE

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Detailuntersuchungen für mehrere ausgewählte Gebiete im Stadtgebiet durchgeführt. Abb. 30 zeigt eine Übersichtskarte der betrachteten Gebiete.

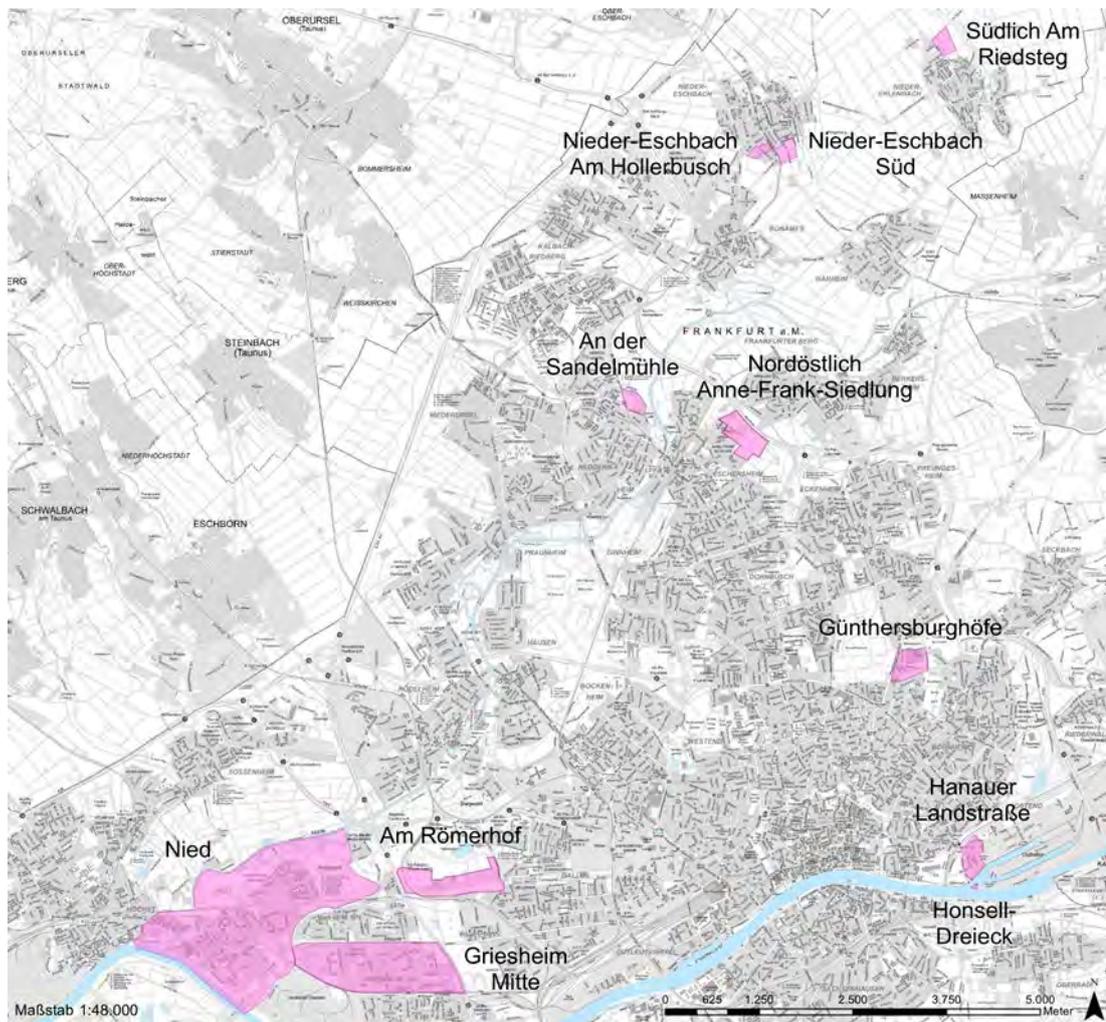


Abb. 30: Übersichtskarte mit den untersuchten Gebieten.

(Quelle der Karte: Stadtvermessungsamt Frankfurt a.M., eigene Bearbeitung)

## **7 Stadumbauegebiet Griesheim-Mitte**

### **7.1 Einleitung und Kontext**

Das Quartier Griesheim-Mitte im Frankfurter Stadtteil Griesheim umfasst eine Fläche von ca. 128 ha und zählte Ende 2017 8.035 Einwohner\*innen. Das Gebiet wird im Norden von der Mainzer Landstraße und im Süden von den Bahngleisen zwischen Frankfurt Hauptbahnhof und Wiesbaden begrenzt. Im Westen bilden die Zufahrt zur Bundesstraße B 40, im Osten die Autobahn BAB 5 die Grenzen des Quartiers.

Hinsichtlich der Bebauungsstruktur handelt es sich um ein sehr heterogenes Gebiet. Im östlichen Bereich geprägt vom Siedlungsbau der 1960er Jahre reicht die Bebauung über eine gemischt genutzte, kleinteilige Baustruktur bis zur überwiegend gewerblichen Baustruktur im Westen. Neben klassischen Wohnsiedlungen sowie Ein- und Zweifamilienhäusern findet man ein großes Gewerbegebiet mit Großmärkten sowie ein Mischgebiet mit Gewerbe, Sportplätzen und Brachflächen.

Griesheim-Mitte wurde 2014 in das Frankfurter Programm 'Aktive Nachbarschaft' aufgenommen. Seit dieser Zeit wird vom Internationalen Bund das Quartiersmanagement durchgeführt und ein Stadtteilbüro betrieben. Im selben Jahr wurde auch die Konversions-Grundstücksentwicklungsgesellschaft mbH (KEG) mit der Umsetzung des Städtebaulichen Entwicklungskonzeptes 'Griesheim – Nördlich der Bahn' beauftragt. Dieses Konzept betrifft das Gebiet von Griesheim-Mitte zwischen der Walddorfstraße im Osten und der Straße In der Schildwacht im Westen. Im November 2016 wurde Griesheim-Mitte in das Bund-Länder-Programm Stadtbau in Hessen aufgenommen, das unmittelbar an das Städtebaulichen Entwicklungskonzeptes anknüpft. Grundlage für das Städtebauförderungsprogramm und für den Einsatz der gewährten Fördermittel ist die Erstellung eines Integrierten Stadtteilentwicklungskonzeptes (ISEK), mit dem im Sommer 2018 das Büro Freischlad+Holz beauftragt wurde.

In Ergänzung zum ISEK soll das vorliegende Energiekonzept den Gebäudebestand unter energetischen Gesichtspunkten beurteilen, Einsparpotentiale durch energetische Sanierungen identifizieren und Möglichkeiten der Einbindung erneuerbarer Energien in die Energieversorgung des Quartiers untersuchen.

### **7.2 Grundlagen der Untersuchung**

#### **7.2.1 Begehung des Quartiers**

Am 17. September wurde eine ganztägige Begehung des Quartiers durchgeführt.

## 7.2.2 Verwendete Dokumente

- Integriertes Städtebauliches Entwicklungskonzept (ISEK) Griesheim-Mitte, Teil 1, 2019 [Freischlad+Holz 2019]
- Präsentation ISEK Informations-Veranstaltung, 14.06.2018
- Präsentation ISEK zu Buchen- und Ahornstraße, 11.09.2018
- Präsentation ISEK 1. Bürgerdialog, 20.10.2018
- Karte zum Städtebaulichen Entwicklungskonzept Griesheim „Nördlich der Bahn“, Stadtplanungsamt Frankfurt a.M., September 2013, [Stadt FfM 2013]
- Steckbrief zur PV-Anlage Georg-August-Zinn-Schule
- Steckbrief zur PV-Freiflächenanlage Am Mühlgewann Griesheim-Mitte
- Auszug aus dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt a.M. zusammengestellt vom Energierreferat der Stadt, 21.01.2019

## 7.2.3 Verfügbare Daten und ihre Quellen

### 7.2.3.1 Daten aus dem geographischen Informationssystem der Stadt Frankfurt a.M.

Die Stadt Frankfurt hat Daten zum Untersuchungsgebiet aus ihrem geographischen Informationssystem (GIS) zur Verfügung gestellt. Aus dem Datensatz wurden insbesondere die Informationen über die Gebäudegrundfläche, die Anzahl der Stockwerke, die Dachform verwendet. Im GIS sind auch die Nutzungen der Gebäude hinterlegt. Allerdings sind im GIS keine Daten über die Brutto- oder Netto-Geschossflächen der Gebäude oder das Baujahr verfügbar. Anhand verschiedener verfügbarer Parameter (Grundfläche, Geschossigkeit, Dachform etc.) wurde für jedes Gebäude die beheizte Netto-Geschossfläche (NGF) grob abgeschätzt.

### 7.2.3.2 Daten vom Marketingdaten-Dienstleister infas360

Die Stadt Frankfurt hat zusätzlich Daten über das Baualter und den Gebäudetyp der Wohngebäude zur Verfügung gestellt. Diese stammen vom Marketingdaten-Dienstleister infas360. Der Datensatz von infas360 enthält gebäudescharf Angaben zum Gebäudetyp, zur Baualtersklasse und zum Heizungssystem (Nachspeicheröfen, Heizöl). Die Angaben zur Baualtersklasse wurden grob auf Plausibilität geprüft und vereinzelt bei der Begehung des Quartiers durch Inaugenscheinnahme verifiziert. Allein dadurch mussten über 20 % der Angaben geändert werden. Die Datenqualität wird deshalb als nicht besonders hoch eingeschätzt.

### 7.2.3.3 Daten der Netzdienste Rhein-Main

Über die Stadt Frankfurt a.M. wurden Daten des Netzbetreibers Netzdienste Rhein-Main über die energetischen Verbräuche im Untersuchungsgebiet zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um die Jahresverbräuche 2017 und 2018 für Strom und – soweit vorhanden – und Erdgas. Aus datenschutzrechtlichen Gründen wurden die Daten blockweise für mindestens 5 Gebäude bzw. Nutzer zusammengefasst.

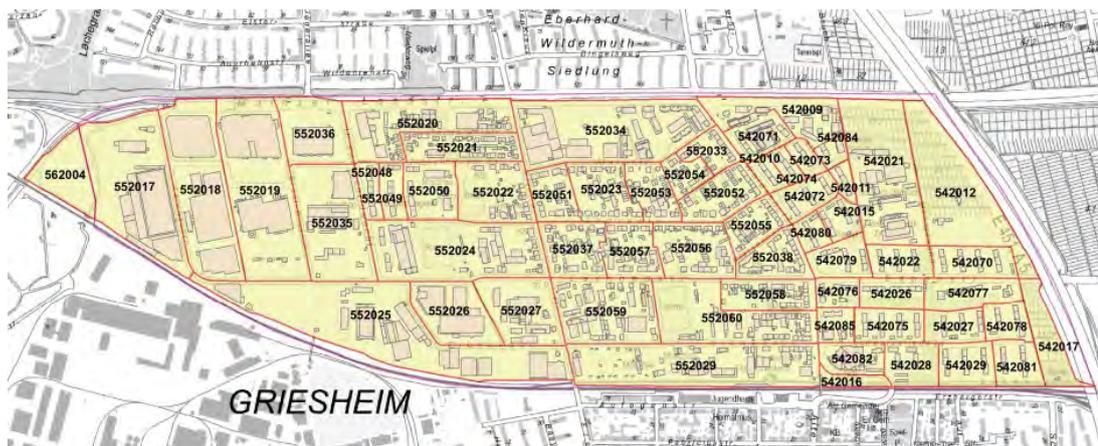


Abb. 103: Einteilung der Blöcke in Griesheim-Mitte für die Aggregation von Energieverbrauchsdaten.

Die Gasverbräuche wurden in Kilowattstunden übermittelt. Sie beziehen sich auf die abgerechneten Gasmengen und sind somit nicht witterungsbereinigt. Bei Gasabrechnungen bezieht sich der Energieinhalt in kWh auf den Brennwert (Hs). Die von den Netzdiensten Rhein-Main übermittelten Werte wurden anschließend witterungsbereinigt und auf Heizwert (Hi) umgerechnet.

## 7.3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

Bebauungsstruktur, Nutzungsstruktur und Eigentumsstruktur von Griesheim-Mitte werden im Teil 1 des Berichts zum Integrierten Städtebaulichen Entwicklungskonzept (ISEK) vom Januar 2019 [Freischlad+Holz 2019] ausführlich beschrieben. Dort wird das Untersuchungsgebiet in 5 Teilbereiche unterteilt (Abb. 104), auf die auch im vorliegenden Bericht im Weiteren Bezug genommen wird.



1 Teilbereiche  Programmgebiet

Abb. 104: Aufteilung von Griesheim-Mitte in 5 Teilbereiche nach Freischlad + Holz (Plangrundlage Stadtvermessungsamt, Stadt Frankfurt a.M., 2018, Darstellung Freischlad + Holz, entnommen aus [Freischlad+Holz 2019])

Aus den vorhandenen Grundlagen können folgende Kenndaten für das Gebiet ermittelt werden:

Tab. 107: Kenndaten von Griesheim-Mitte  
(Quelle: [Freischlad+Holz 2019], eigene Berechnungen)

Gebietsfläche	121 ha
Baufläche	97 ha
Bevölkerung	8.035 Einwohner*innen
Bruttogeschossfläche (Schätzung)	ca. 610.000 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschossflächenzahl (GFZ)	0,63

## 7.3.1 Gebäudebestand

### 7.3.1.1 Nutzungen der Gebäude

Im Quartier gibt es 657 Gebäude mit einer geschätzten Nettogrundfläche (NGF) von ca. 482.000 m<sup>2</sup>. Über 80 % der Gebäude werden für Wohnzwecke genutzt. Die Wohngebäude repräsentieren allerdings nur knapp die Hälfte der vorhandenen Nettogrundfläche. Gebäude für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) und für Industrie entsprechen zusammen etwa 15 % der Gebäude und ebenfalls knapp

die Hälfte der Grundfläche. Der Rest entfällt auf öffentliche Gebäude. In Tab. 108 werden die Nutzungen mit Anzahl der Gebäude und NGF aufgeführt.

Tab. 108: Gebäude in Griesheim-Mitte nach Nutzungsart (Daten aus GIS Frankfurt a.M.)

Gebäudenutzung	Anzahl Gebäude		Fläche [m <sup>2</sup> ] (NGF, geschätzt)	
	Anzahl	Anteil	Fläche	Anteil
Wohngebäude	533	81%	228.372	47%
Wohngebäude mit GHD	15	2%	7.595	2%
Hotel, Motel, Pension	4	1%	5.144	1%
Gebäude für Bildung + Kinderbetreuung	7	1%	21.420	4%
Gebäude für soziale Zwecke	3	0%	518	0%
Bürogebäude	5	1%	7.513	2%
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	47	7%	125.728	26%
Gebäude für Gewerbe und Industrie	32	5%	75.529	16%
Gaststätte, Restaurant, Vereinsheim	5	1%	2.817	1%
Versammlungsgebäude	1	0%	5.106	1%
Gebäude für religiöse Zwecke	5	1%	2.419	1%
<b>Summe</b>	<b>657</b>	<b>100%</b>	<b>482.161</b>	<b>100%</b>
davon Wohngebäude	548	83%	235.967	49%
davon Nichtwohngebäude	109	17%	246.194	51%

### 7.3.1.2 Gebäudetypen der Wohngebäude im Quartier

Es gibt 548 Wohngebäude im Quartier, davon haben vor allem die Häuser entlang der Waldschulstraße oftmals Gewerbe im Erdgeschoss. Die Mehrfamilienhäuser überwiegen deutlich bei Anzahl (68 %) und geschätzter NGF (78 %). Vor allem flächenmäßig dominieren bei den Mehrfamilienhäusern die Zeilenbauten, die sich vorwiegend auf den Teilbereich 5 im Osten des Gebiets konzentrieren. Die Ein- und Zweifamilienhäuser konzentrieren sich im Wesentlichen auf den Teilbereich zwischen Waldschulstraße, Lärchenstraße, Elektronstraße und Akazienstraße.

Tab. 109: Wohngebäudebestand in Griesheim-Mitte nach Gebäudetyp (Datenquelle: infas360, mit eigenen Korrekturen)

Gebäudetyp der Wohngebäude	Anzahl Gebäude		Fläche [m <sup>2</sup> ] (NGF, geschätzt)	
	Anzahl	Anteil	Fläche	Anteil
1a freist. EFH / ZFH	40	7%	6.291	3%
1c EFH / ZFH mit Anrainer	20	4%	3.390	1%
1d Doppelhaushälfte	37	7%	4.218	2%
1e Reihenhäuser	37	7%	4.009	2%
2a freist. MFH	50	9%	19.468	8%
2b MFH-Doppelhaus	84	15%	29.701	13%
2c MFH mit Anrainer	61	11%	28.966	12%
2d MFH en Block	77	14%	34.982	15%
3a Zeilenbau	95	17%	63.627	27%
3c Hochhaus	4	1%	6.870	3%
nicht klassifiziert	43	8%	34.446	15%
<b>Summe</b>	<b>548</b>	<b>100%</b>	<b>235.967</b>	<b>100%</b>

davon Ein- und Zweifamilienhäuser	134	24%	17.908	8%
davon Mehrfamilienhäuser	371	68%	183.613	78%
davon nicht klassifiziert	43	8%	34.446	15%

### 7.3.1.3 Verteilung der Wohngebäude auf Baualtersklassen

Griesheim-Mitte ist ein typisches Stadtentwicklungsgebiet aus der Nachkriegszeit. Fast die Hälfte der Wohngebäude wurde zwischen 1950 und 1970 gebaut. Dabei handelt es sich vor allem um die Zeilenbauten in der Espenstraße, in der Kiefernstraße, im Schwarzerlenweg oder der Ahornstraße. Ältere Wohngebäude befinden sich vor allem entlang der Waldschulstraße. Gebäude aus den 80er und 90er Jahren sind im Quartier deutlich unterrepräsentiert. Ab 2000 ist wieder eine verstärkte Bautätigkeit im Quartier erkennbar.

Tab. 110: Wohngebäudebestand in Griesheim-Mitte nach Baualtersklasse (Datenquelle: infas360, mit eigenen Korrekturen)

Baualtersklasse der Wohngebäude	Anzahl Gebäude		Fläche [m <sup>2</sup> ] (NGF, geschätzt)	
	Anzahl	Anteil	Fläche	Anteil
vor 1920	30	5%	13.051	6%
1920 bis 1949	42	8%	9.451	4%
1950 bis 1959	131	24%	71.418	30%
1960 bis 1969	128	23%	58.763	25%
1970 bis 1979	60	11%	38.031	16%
1980 bis 1989	29	5%	7.499	3%
1990 bis 1999	32	6%	10.671	5%
2000 bis 2005	59	11%	10.818	5%
nach 2005	35	6%	14.533	6%
unbekannt	2	0%	1.733	1%
<b>Summe</b>	<b>548</b>	<b>100%</b>	<b>235.967</b>	<b>100%</b>

Die Aufteilung der Baualtersklassen wurde aus den Daten von infas360 übernommen.

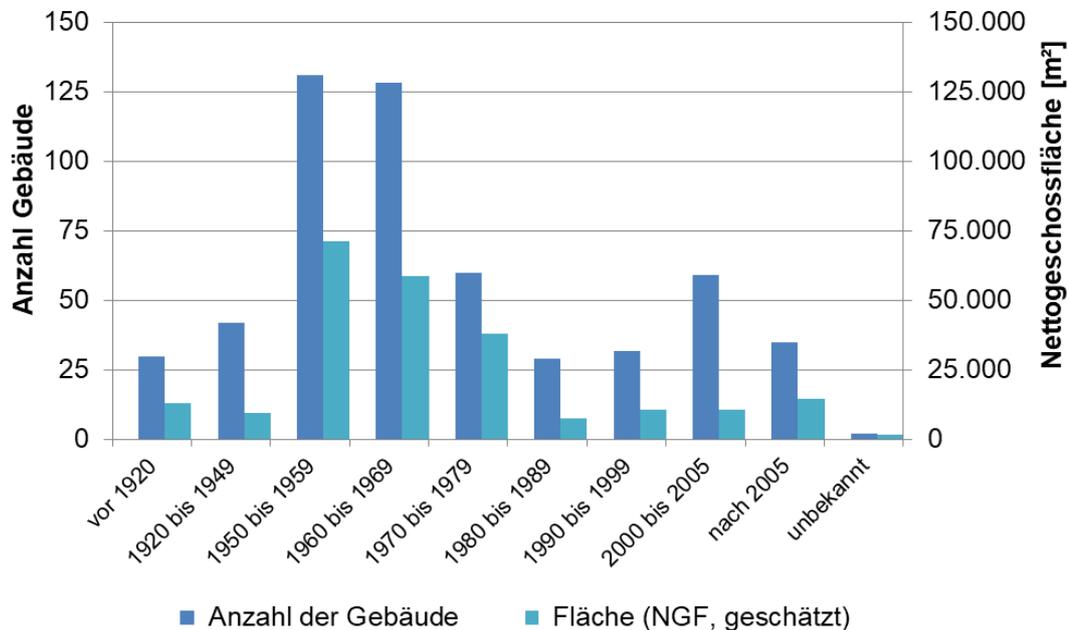


Abb. 105: Aufteilung des Wohngebäudebestands in Griesheim-Mitte nach Baualtersklassen

## 7.4 Energetische Situation des Quartiers

### 7.4.1 Sanierungszustand der Gebäude

Der energetische Sanierungszustand der Gebäude konnte auf Grundlage einer Begehung des Quartiers nur grob aufgrund äußerer Merkmale abgeschätzt werden. Verwertbare Daten über durchgeführte, energetische Sanierungen liegen nicht vor.

Im **Teilbereich 1** des Quartiers (siehe Abb. 104) befinden sich fast ausschließlich gewerbliche Nicht-Wohngebäude. Die Altersstruktur und die Typologie der Gebäude sind sehr heterogen. Über den Sanierungszustand lassen sich keine Aussagen machen.

Im **Teilbereich 2** befinden sich überwiegend Wohngebäude.

Im Westen liegt die Zeilenbau-Siedlung „Ahornstraße“. Das genaue Baualter ist nicht bekannt, vermutlich stammt sie aus den frühen 70er Jahren. Die Außenwände sind mit ca. 8 cm gedämmt, vermutlich eine Sanierungsmaßnahme aus den 90er Jahren. Die Fenster wurden ebenfalls erneuert, vermutlich auch in den 90er Jahren. Dem äußeren Eindruck nach sind die Gebäude dringend sanierungsbedürftig. Eine Sanierung ist ab 2020 geplant.



Abb. 106: Sanierungsbedürftige Zeilenbauten in der Ahornstraße

Im östlichen Bereich der Ahornstraße sind in den letzten 20 Jahren einige Neubauten entstanden.

In der Froschhäuser und der Sandäckerstraße liegen vor allem Einfamilienhäuser und kleine Mehrfamilienhäuser, die vor allem zwischen 1960 und 1980 gebaut wurden. Fenster wurden nur in einem Teil der Gebäude erneuert, die Außenwände wurden nur bei wenigen Gebäuden nachträglich gedämmt.

Entlang der Elektronstraße stehen zwei- bis dreigeschossige Mehrfamilienhäuser überwiegend aus den 70er und 80er Jahren. Die Fenster wurden überwiegend bereits einmal erneuert, vermutlich sind bereits vorwiegend Wärmeschutzverglasungen vorhanden.

Entlang der Mainzer Landstraße stehen zwei Mehrfamilienhäuser aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, Fenster erneuert, Außenwände nicht oder unwesentlich gedämmt). Ansonsten befinden sich hier nur noch großflächige, eingeschossige Gewerbebauten.

Insgesamt kann der Sanierungszustand bei den Wohngebäuden wie folgt zusammengefasst werden:

- Etwa die Hälfte der Gebäude macht einen gepflegten Eindruck mit sanierten (gestrichenen) Fassaden, Großteils erneuerten Dacheindeckungen und meist mit bereits erneuerten Fenstern. Bei der anderen Hälfte ist äußerer Sanierungsbedarf erkennbar.
- Bei älteren Gebäuden (älter als 30 Jahre) wurden die Fenster überwiegend erneuert, allerdings haben viele Gebäude vermutlich noch keine Wärmeschutzverglasungen.
- Nachträgliche Dämmmaßnahmen an den Außenwänden konnten nur in wenigen Einzelfällen identifiziert werden.

- Nach den Schornsteinmündungen zu urteilen, sind bereits viele, wahrscheinlich jedoch nicht die Mehrheit der Gebäude, mit Brennwertkesseln ausgestattet.

Der **Teilbereich 3** ist bezüglich der Gebäudestruktur sehr heterogen. Im Nordwesten an der Mainzer Landstraße liegen großflächige Gewerbebetriebe. Zwischen Mainzer Landstraße und Akazienstraße stehen große, vier- bis sechsgeschossige Mehrfamilienhäuser, teils aus den 60er Jahren, teils neu gebaut. Im Zentrum des Gebiets zwischen Akazienstraße und Ahornstraße und südlich der Ahornstraße befinden sich überwiegend Ein- und Zweifamilienhäuser, die beim Baualter von den 20er oder 30er Jahre bis zu Neubauten reicht, wobei etwa 40 % der Häuser zwischen 1950 und 1980 und bereits etwa 50 % zwischen 1990 und heute gebaut wurden. An den Ecken Akazienstraße/Elektronstraße und Ahornstraße/Elektronstraße stehen drei- bis viergeschossige Mehrfamilienhäuser aus den 60er und 70er Jahren. Nordwestlich der Platanenstraße stehen vier- bis sechsgeschossige Mehrfamilienhäuser aus den 70er Jahren. Zwischen Platanenstraße und Lärchenstraße befinden sich ein Kindergarten und Neubauten aus den letzten 10 Jahren. Auf der westlichen Seite der Waldschulstraße stehen geschlossen Reihen von vier- bis fünfgeschossigen Mehrfamilienhäusern teils aus den 60er Jahren, teils von vor dem 2. Weltkrieg.

Der Sanierungszustand bei den Wohngebäuden kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Ein Großteil der Ein- und Zweifamilienhäuser macht zwar einen sehr gepflegten Eindruck, energetische Sanierungen konnten jedoch nur sehr vereinzelt identifiziert werden. Viele Häuser haben noch Fenster aus dem Baujahr. Aufgrund der Schornsteinmündung ist vermutlich etwa die Hälfte der Häuser mit Brennwertkesseln ausgestattet.
- Bei den älteren Mehrfamilienhäusern (älter als 1990) ist etwa die Hälfte der Gebäude äußerlich saniert, allerdings beschränkt sich dies im Wesentlichen auf Putzsanierung, Dacheindeckung und Fenstererneuerung. Bei der anderen Hälfte wurden teilweise die Fenster erneuert. Vermutlich handelt es sich überwiegend um Wärmeschutzverglasungen.

Im **Teilbereich 4** befinden sich südlich der Eichenstraße mit nur sehr wenigen Ausnahmen überwiegend Gewerbebetriebe mit Nichtwohngebäude. Zwischen Eichenstraße und Lärchenstraße befindet sich ein Mischgebiet mit vorwiegend Gewerbegebäuden im Westen und vorwiegend Wohngebäuden im Osten, dort meist in geschlossener oder teilgeschlossener Blockrandbebauung. Entlang der Waldschulstraße handelt es sich um vier- bis fünfgeschossige Mehrfamilienhäuser aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Ansonsten wurden die Wohngebäude vorwiegend in den 60er Jahren gebaut.



Abb. 107: Zwei ähnliche Gebäude in der Elektronstraße, links saniert, rechts im unsanierten Zustand.

Hinsichtlich des Sanierungszustands wurden zwei Mehrfamilienhäuser (von insgesamt etwa 50) identifiziert, bei denen die Außenwände anlässlich einer Sanierung mit ca. 12 cm gedämmt wurden. Ansonsten ist nur etwa knapp die Hälfte der Fenster erneuert worden. Bei etwa 20 % der Gebäude scheint die Dacheindeckung in den letzten 10 Jahren erneuert.



Abb. 108: Zeilenbauten in der Espenstraße

Der **Teilbereich 5** östlich der Waldschulstraße wird neben dem Schulzentrum im Nordosten, Gewerbebauten entlang der Mainzer Landstraße und dem Bürgerhaus „Saalbau Griesheim“ an der Ecke Schwarzerlenweg/Waldschulstraße durch drei- bis viergeschossige Zeilen-Wohnbauten vom Ende der 50er bzw. aus den 60er Jahren geprägt.

Der Sanierungszustand der Gebäude im Teilgebiet ist sehr unterschiedlich. Es finden sich noch Gebäude, bei denen außer einer Fenstererneuerung keine weiteren Sanierungen sichtbar sind, sowie Gebäude, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten in unterschiedlichen energetischen Qualitäten saniert wurden. Obwohl fast alle Zeilenbauten aus der gleichen Zeit stammen, finden sich ungedämmte Außenwände (noch vorwiegend) und gedämmte Wände mit unterschiedlichsten Dämmdicken bis hin zu 16 cm. Die Fenster wurden in fast allen Gebäuden erneuert, geschätzt sind davon mehr als die Hälfte mit Wärmeschutzverglasung. Etwa ein Drittel der Dächer scheint in den letzten 10 Jahren saniert worden zu sein. Insgesamt erscheint dieser Teilbereich bei der energetischen Sanierung am weitesten fortgeschritten, auch wenn es immer noch etliche Gebäude gibt, die einen sanierungswürdigen Eindruck vermitteln.

#### 7.4.2 Energieversorgungsstruktur

Die Gebäude im Quartier sind an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Netzbetreiber sind die Netzdienste Rhein-Main. Griesheim-Mitte ist mit einem Gasnetz erschlossen. Betreiber sind ebenfalls die Netzdienste Rhein-Main. Knapp 500 Gebäude und somit etwa  $\frac{3}{4}$  des Gebäudebestands werden mit Gas versorgt. Bei den Wohngebäuden liegt der Anteil bei 78 %. Der Anteil der mit Erdgas versorgten Fläche an der gesamten Nettogrundfläche je Baublock ist in Abb. 109 dargestellt.

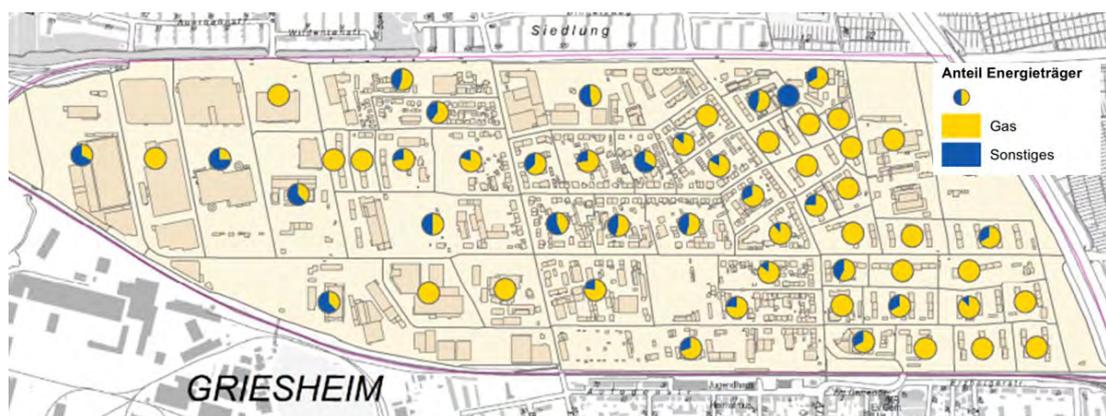


Abb. 109: Anteil der mit Erdgas versorgten Fläche an der gesamten Nettogrundfläche nach Baublock

Derzeit gibt es im Quartier etwa 9 Blockheizkraftwerke (BHKW) mit einer installierten elektrischen Nennleistung von insgesamt etwa 300 kW<sub>el</sub>. Die größte Anlage mit ca. 100 kW<sub>el</sub> ist in einem der Rechenzentren installiert. Über den Gasverbrauch der BHKW und die erzeugte Strommenge liegen keine Angaben vor.

In Griesheim-Mitte gibt es kein Wärmenetz, das Gebiet liegt außerhalb des Fernwärmeversorgungsgebiets der Mainova AG. Über weitere Energieträger wie Heizöl, Biomasse oder Flüssiggas, die im Gebiet zur Wärme- oder Stromerzeugung verwendet werden könnten, liegen keine Informationen vor.

Solarenergie wird im Quartier über solarthermische und PV-Anlagen genutzt. Derzeit sind etwa 8 solarthermische Anlagen installiert. Dabei handelt es sich weitgehend um kleinere Anlagen auf Einfamilienhäusern. Große Anlagen (>50 m<sup>2</sup>) wurden nicht identifiziert. Der Wärmeertrag der Solaranlagen ist auf Quartiersebene vernachlässigbar. Derzeit gibt es etwa 14 PV-Anlagen mit einer installierten Nennleistung von etwa 442 kWp. Diese erzeugen jedes Jahr etwa 420 MWh Strom. Der Großteil entfällt dabei auf drei Anlagen: die Freiflächenanlage im Osten des Gebiets (170 kWp), eine Anlage auf einem Einkaufszentrum (107 kWp) und eine Anlage auf einem Gewerbebetrieb (94 kWp). Auf dem Schulzentrum ist eine PV-Anlage mit 22 kWp installiert.

### **7.4.3 Energieverbräuche**

#### **7.4.3.1 Strom**

Der mittlere jährliche Strombezug aller Gebäude im Quartier für den Zeitraum 2017-2018 betrug rund 102 GWh. Davon entfielen ca. 81 GWh/a auf die Rechenzentren im Gebiet und ca. 21 GWh/a auf alle restlichen Gebäude. Von diesen 21 GWh/a entfallen wiederum 23 % auf Wohngebäude, 59 % auf Handel und Dienstleistungsgebäude, 12 % auf Gewerbe und Industrie und 6 % auf öffentliche Gebäude. In diesen Werten ist die Stromnutzung von vor Ort erzeugtem und genutztem Strom aus BHKW- und PV-Anlagen nicht enthalten.

Tab. 111: Absoluter und flächenspezifischer Stromverbrauch der Nichtwohngebäude nach Gebäudenutzung (ohne Rechenzentren)

Gebäudenutzung	Fläche	Absoluter Verbrauch	Spez. Verbrauch
	m <sup>2</sup>	MWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Hotel, Motel, Pension	5.144	445	87
Gebäude für Bildung + Kinderbetreuung	21.420	755	35
Gebäude für soziale Zwecke	347	3	8
Bürogebäude	5.879	83	14
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	125.542	10.928	87
Gebäude für Gewerbe und Industrie	68.524	2.339	34
Gaststätte, Restaurant, Vereinsheim	2.684	545	203
Versammlungsgebäude	5.106	389	76
Gebäude für religiöse Zwecke	2.419	41	17
<b>Summe</b>	<b>237.065</b>	<b>15.527</b>	
<b>Flächengewichteter Mittelwert</b>			<b>65</b>

Bezogen auf die Nettogrundfläche ergeben sich daraus für die Wohngebäude ein mittlerer flächenspezifischer Strombezug von 20 kWh(m<sup>2</sup>a) sowie ein Medianwert von 19 kWh(m<sup>2</sup>a). In [ages 2005] wird für Wohngebäude ein Mittelwert von 25 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NFGA</sub>) und ein Medianwert von 23 kWh/ (m<sup>2</sup><sub>NFGA</sub>) angegeben. Die im Untersuchungsgebiet beobachteten Werte liegen etwas (-15 bis -20 %) unter diesen Werten.

Tab. 111. Zeigt eine detaillierte Aufteilung des Strombezugs der Nichtwohngebäude nach Nutzungsarten. Die Rechenzentren werden dabei nicht berücksichtigt.

In Abb. 110 ist der absolute Strombezug je Baublock und in Abb. 111 der flächenspezifische Strombezug dargestellt. Es ist deutlich sichtbar, dass absoluter und spezifischer Strombezug umso höher sind, je höher der Anteil von Gewerbe, Handel und Industrie im Baublock ist. Baublöcke mit reiner Wohnnutzung liegen sowohl bei den absoluten als auch bei den spezifischen Verbräuchen überwiegend im unteren Bereich.



Abb. 110: **Absoluter** Stromverbrauch je Baublock als Mittelwert der Jahre 2017-18 in MWh/a



Abb. 111: **Flächenspezifischer** Stromverbrauch der Gebäude je Baublock als Mittelwert der Jahre 2017-18 in kWh/(m<sup>2</sup>a)

#### 7.4.3.2 Erdgas

Die angegebenen Energiemengen für den Gasverbrauch beziehen sich auf den Heizwert (Hi) und sind witterungsbereinigt. Es wird davon ausgegangen, dass die angegebenen Werte dem Endenergieverbrauch der gasversorgten Gebäude für Heizung und Warmwasserbereitung entsprechen. Da keine Informationen darüber vorliegen, in wie vielen Gebäuden die Warmwasserbereitung z.B. mit Strom erfolgt, handelt es sich allerdings nur um eine Annahme. Es wird außerdem davon ausgegangen, dass der Gasverbrauch für andere Zwecke (z.B. Kochen) im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigt werden kann. In einigen Gebäuden wird Erdgas in BHKWs zur gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung genutzt. Angaben zu Verbräuchen der BHKWs und zur Aufteilung des Brennstoffs auf Wärme- und Stromerzeugung liegen nicht vor. Soweit bekannt, wird bei der Analyse vermerkt, ob sich in dem betreffenden Block ein BHKW befindet.

Der mittlere jährliche Erdgasbezug der gasversorgten Gebäude im Quartier für den Zeitraum 2017-2018 betrug witterungsbereinigt rund 35 GWh(Hi). Davon entfallen etwa 63 % auf Wohngebäude, 19 % auf Handel und Dienstleistungsgebäude (einschließlich Rechenzentren), 8 % auf Gewerbe und Industrie und 10 % auf öffentliche Gebäude. Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich daraus für die Wohngebäude ein mittlerer flächenspezifischer Gasverbrauch von 112 kWh(m<sup>2</sup>a). Der Medianwert liegt bei 101 kWh(m<sup>2</sup>a). Je nachdem welche Vergleichsstudien herangezogen (z.B. [ages 2005] oder [techem 2017]) liegen die witterungsbereinigten Endenergieverbräuche für Heizung und Warmwasser des Gebäudebestands bei etwa 200 kWh/(m<sup>2</sup>a) ([ages 2005] mit Bezugsjahr 2005) bzw. zwischen 150 und 170 kWh/(m<sup>2</sup>a) ([techem 2017] mit Bezugsjahr 2016). Die im Quartier beobachteten Verbräuche liegen deutlich unter diesen Werten. Dies kann 3 Ursachen haben:

- Das Klima in Frankfurt ist deutlich wärmer als das mittlere Klima in Deutschland.
- Im Untersuchungsgebiet gibt es relativ viele große Mehrfamilienhäuser, so dass die Mischung der Gebäudetypen energetisch günstiger ist als für ganz Deutschland.
- In einem Teil der Gebäude wird das Warmwasser mit anderen Energieträgern als Erdgas erwärmt, z. B. mit Strom.

In Abb. 112 sind die spezifischen Verbräuche der Wohngebäude für Gas und Strom nach Baualtersklassen dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Gasverbrauch dem Endenergieverbrauch für Wärme entspricht. Der spezifische Stromverbrauch ist in allen Baualtersklassen annähernd gleich und schwankt um 20 kWh/(m<sup>2</sup>a). Nur die Baualtersklasse „1920 bis 1949“ hat mit 27 kWh/(m<sup>2</sup>a) einen leicht erhöhten Wert, vielleicht weil in dieser Baualtersklasse noch mehr Gebäude mit Elektro-Nachtspeicherheizungen vorhanden sind, als in den anderen Klassen. Auf alle Fälle liegt der Anteil der gasversorgten Gebäude in dieser Klasse unter dem Durchschnitt.

Die Baualtersklassen nach infas 360 haben eine andere Einteilung, als die bei energetischen Untersuchungen, Gebäudetypologien und ähnlichem verwendeten Baualtersklassen, die sich mehr an der Entwicklung der Gebäudeenergie-Gesetzgebung orientiert. Energetische Entwicklungen im Gebäudebestand und ihre Auswirkungen auf den Wärmeverbrauch lassen sich deshalb mit den infas 360-Baualtersklassen weniger deutlich nachvollziehen. Als Vergleich zu Abb. 112 wird in Abb. 113 der Energieverbrauch für Heizen und Warmwasser als Durchschnitt des deutschen Wohngebäudebestands nach Baualtersklassen am Beispiel einer Grafik aus dem dena-Gebäudereport 2018 dargestellt.

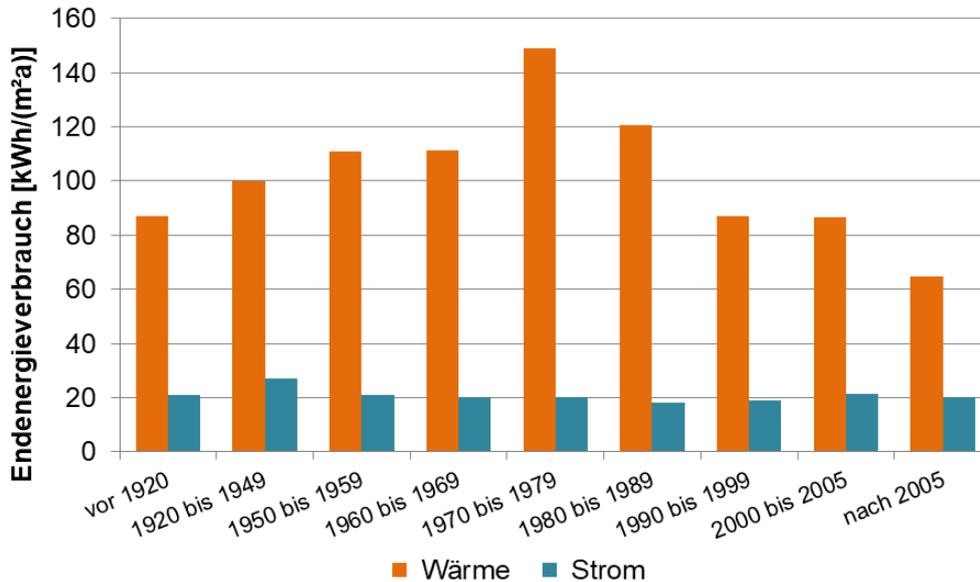


Abb. 112: Spezifischer Endenergieverbrauch der Wohngebäude für Wärme und Strom nach Baualterklassen.

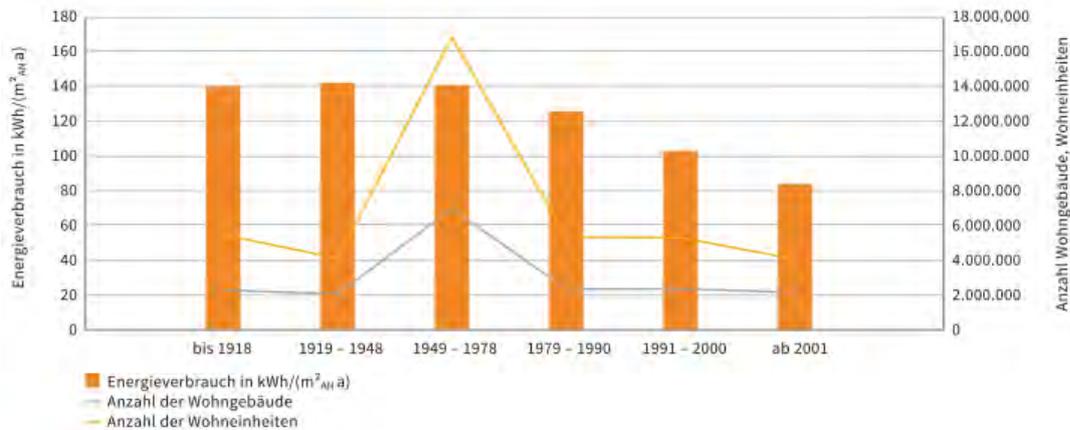


Abb. 113: Energieverbrauch des Wohngebäudebestands (entnommen aus [dena 2018], Quellen: [BMWl 2017] sowie eigene Berechnungen der dena)

Im Vergleich zu Abb. 113 fällt auf, dass der Wärmeverbrauch der Gebäude in Griesheim-Mitte zunächst bis zur Baualterklasse „1970 bis 1979“ ansteigt. Dies könnte vor allem daran liegen, dass es sich bei den Gebäuden bis 1970 überwiegend um große Mehrfamilienhäuser in Zeilen- oder Blockrandbauweise handelt, die per se bereits einen geringeren Wärmeverbrauch haben als Einfamilienhäuser und bei denen auch zu einem großen Teil energetische Sanierungen durchgeführt wurden. Dagegen wurden in den 70er Jahren im Gebiet vor allem westlich der Waldschulstraße viele Einfamilienhäuser gebaut, von denen die meisten noch nicht, bzw. nur geringfügig saniert sind.

In 1977 trat in Deutschland die erste Wärmeschutzverordnung in Kraft, so dass die Gebäude in der Folge energetisch besser gebaut wurden und mit jeder Novellierung der Verordnung (1982 und 1995) bzw. der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV 2002, 2004, 2007, 2014) weniger Wärme benötigten. Hier deckt sich die Entwicklung im Untersuchungsgebiet in etwa mit der allgemeinen Entwicklung in Deutschland. Bei den Nichtwohngebäuden liegt der flächenspezifische Mittelwert des Gasverbrauchs bei  $76 \text{ kWh(Hi)/(m}^2\text{a)}$ . Allerdings ist hier die Schwankungsbreite sehr groß, die Werte reichen von unter 10 bis auf über  $350 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ .

In Abb. 114 ist der absolute Gasverbrauch je Baublock und in Abb. 115 der flächenspezifische Gasverbrauch der gasversorgten Gebäude dargestellt. Verbrauchsschwerpunkte sind das Schulzentrum im Westen, das Bürgerzentrum im Südwesten und die Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe im Osten.



Abb. 114: **Absoluter** Gasverbrauch der gasversorgten Gebäude je Baublock als witterungsbereinigter Mittelwert der Jahre 2017-18 in MWh/a

Die spezifischen Verbräuche sind besonders hoch in dem Block mit dem Gemeindezentrum, in dem ein BHKW betrieben wird, in dem Block mit ausschließlich Gewerbebetrieben, in einem von denen ebenfalls ein BHKW betrieben wird sowie einem Teil der Wohngebäude in der Ahornstraße.



Abb. 115: **Flächenspezifischer** Gasverbrauch der gasversorgten Gebäude je Baublock als witterungsbereinigter Mittelwert der Jahre 2017-18 in kWh/(m<sup>2</sup>a)

### 7.4.3.3 Abschätzung des Endenergieverbrauchs für das gesamte Quartier

Bezüglich des Endenergieverbrauchs für Wärme im Quartier liegen nur Angaben für die gasversorgten Gebäude vor, die etwa dreiviertel der Nettogrundfläche repräsentieren (siehe Abb. 116). Um den Endenergieverbrauch des gesamten Untersuchungsgebiets abschätzen zu können, wird von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, dass die Gebäude, die nicht mit Gas versorgt werden, im Mittel den gleichen Wärmeverbrauch haben, wie die entsprechende Gruppe der gasversorgten Gebäude.

Die Gebäude im Gebiet können grob in vier Gruppen aufgeteilt werden:

- Wohngebäude mit Gasversorgung
- Nicht-Wohngebäude mit Gasversorgung
- Wohngebäude ohne Gasversorgung
- Nicht-Wohngebäude ohne Gasversorgung

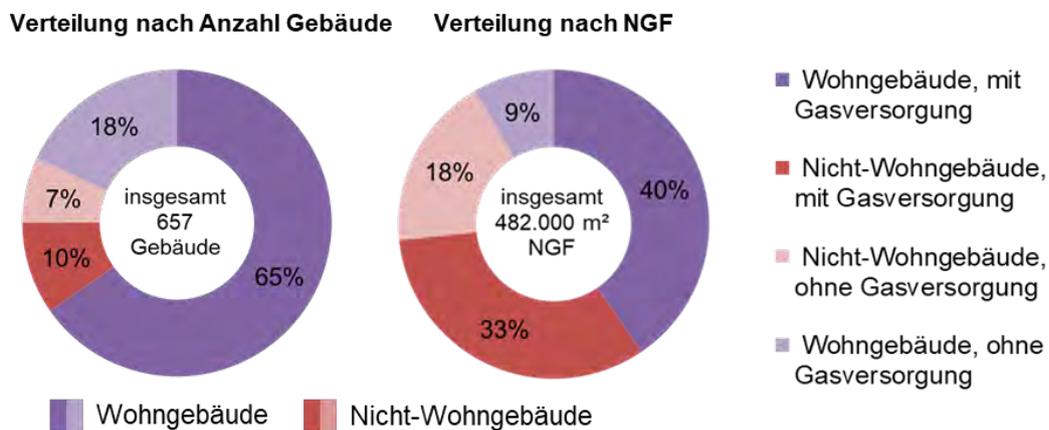


Abb. 116: Zusammensetzung des Gebäudebestands und Aufteilung nach Nettogeschosfläche

Für die gasversorgten Gebäude wurde der Gasbezug (Brennwert) auf Endenergie (Heizwert) über den Umrechnungsfaktor zwischen Brennwert ( $H_s$ ) und Heizwert ( $H_i$ ) bei Erdgas umgerechnet. Dadurch ergibt sich für die Wohngebäude mit Gasversorgung ein mittlerer Endenergieverbrauch für Wärme von  $112 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und die Nicht-Wohngebäude mit Gasversorgung von  $76 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Wird mit diesen Mittelwerten der Verbrauch auf alle Gebäude hochgerechnet, ergibt sich ein gesamter Endenergieverbrauch für Wärme im Gebiet von  $45,5 \text{ GWh/a}$ .

Da der Strombezug nicht für alle Gebäude bekannt ist, wurde dieselbe Methode zur Hochrechnung des Stromverbrauchs auf alle Gebäude verwendet. Da nur für wenige Gebäude keine Verbrauchswerte vorliegen, liegt die Abschätzung für alle Gebäude ohne Rechenzentren mit  $20,8 \text{ GWh/a}$  nahe bei der Summe der vorliegenden Stromverbräuche. Der Stromverbrauch der Rechenzentren liegt bei  $81,3 \text{ GWh/a}$ .

## 7.4.4 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen im Ist-Zustand

In der Summe kann der Endenergieverbrauch der Gebäude im Untersuchungsgebiet mit etwa 148 GWh/a abgeschätzt werden. Davon entfallen etwa 46 GWh auf Endenergie Wärme, 81 GWh auf den Strom von Rechenzentren und 21 GWh auf den Strom der restlichen Gebäude. In Abb. 117 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen dargestellt.

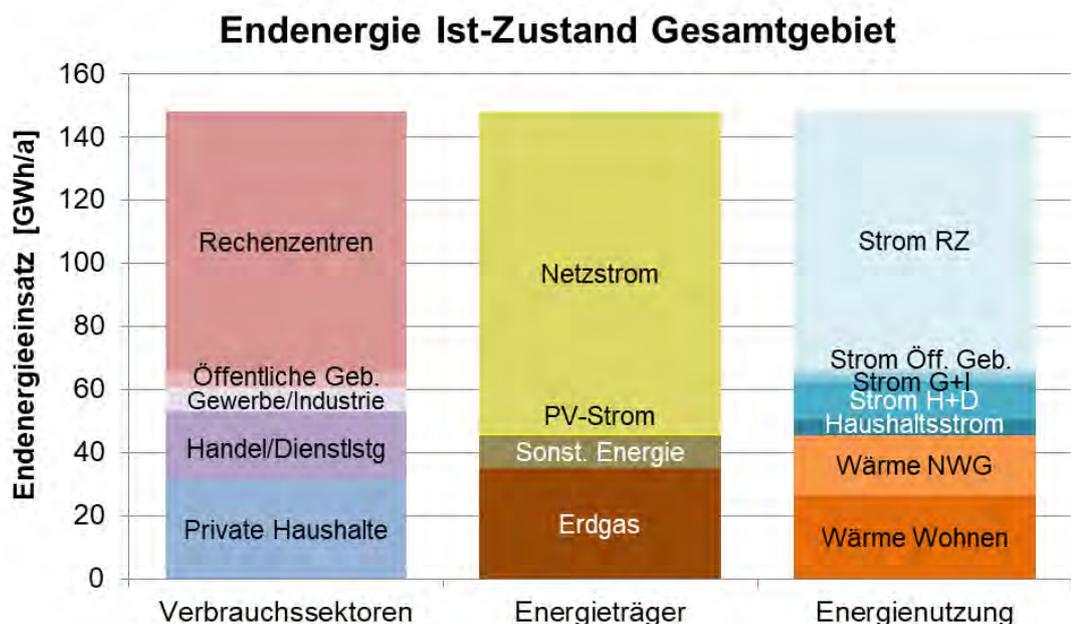


Abb. 117: Endenergiebilanz von Griesheim-Mitte im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Der Verbrauch der Rechenzentren dominiert den Gesamtverbrauch und führt dazu, dass zwei Drittel der Endenergie durch Strom gedeckt werden.

Werden die Rechenzentren nicht in die Bilanz mit einbezogen, ergeben sich die in Abb. 118 dargestellten Anteile am verbleibenden Endenergieverbrauch von rund 65 GWh/a. Die privaten Haushalte sind knapp für die Hälfte des verbleibenden Endenergieverbrauchs verantwortlich, die öffentlichen Gebäuden für weniger als 7 %. Der Rest teilt sich unter Industrie, Gewerbe, Handels- und Dienstleistungsbetrieben auf. Erdgas ist mit knapp über 50 % der wesentliche Energieträger vor Strom (32 %). Die durch PV-Strom aus dem Gebiet gedeckte Endenergie ist als hauchdünne, gelbe Linie im Diagramm kaum wahrnehmbar. Ohne Berücksichtigung der Rechenzentren wird zwei Dritteln der Endenergie für Wärme genutzt.

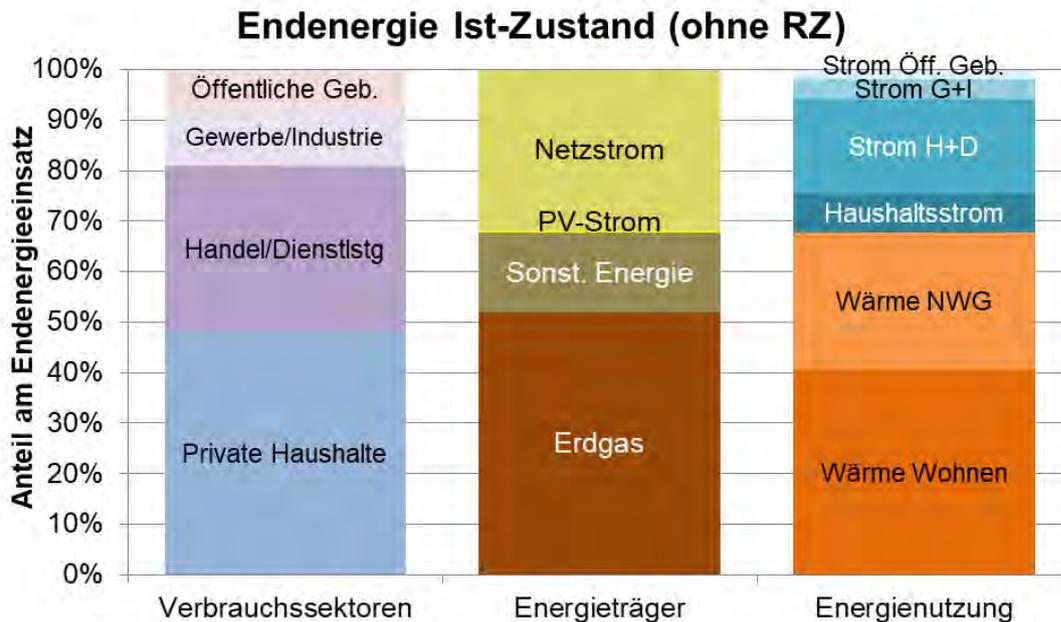


Abb. 118: Anteile am Endenergieverbrauch von Griesheim-Mitte ohne Rechenzentren im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen. Die gesamte Endenergie (100%) entspricht 65 GWh/a)

Zur Ermittlung der Treibhausgasbilanzen werden die Endenergien mit den Emissionsfaktoren der entsprechenden Energieträger bewertet (siehe dazu das entsprechende Kapitel im Hauptbericht). Verwendet werden Faktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Da die genaue Zusammensetzung der Energieträger, die für die Wärmeversorgung der nicht mit Erdgas versorgten Gebäude verwendet werden, nicht bekannt ist, wurde für diese Gruppe pauschal der Faktor für sonstige konventionelle Energieträger nach ifeu verwendet.

Damit ergibt sich die in Abb. 119 dargestellte Treibhausgas-Bilanz, wiederum aufgeteilt nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen. Die jährlichen Treibhausgas-Emissionen aller Gebäude im Quartier betragen 71.500 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr, das entspricht 0,88 % der Emissionen von Frankfurt a.M. Die Rechenzentren dominieren noch deutlicher die Bilanz als beim Endenergieverbrauch. Sie sind für zwei Drittel der Emissionen verantwortlich.

### Treibhausgas-Emissionen Ist-Zustand

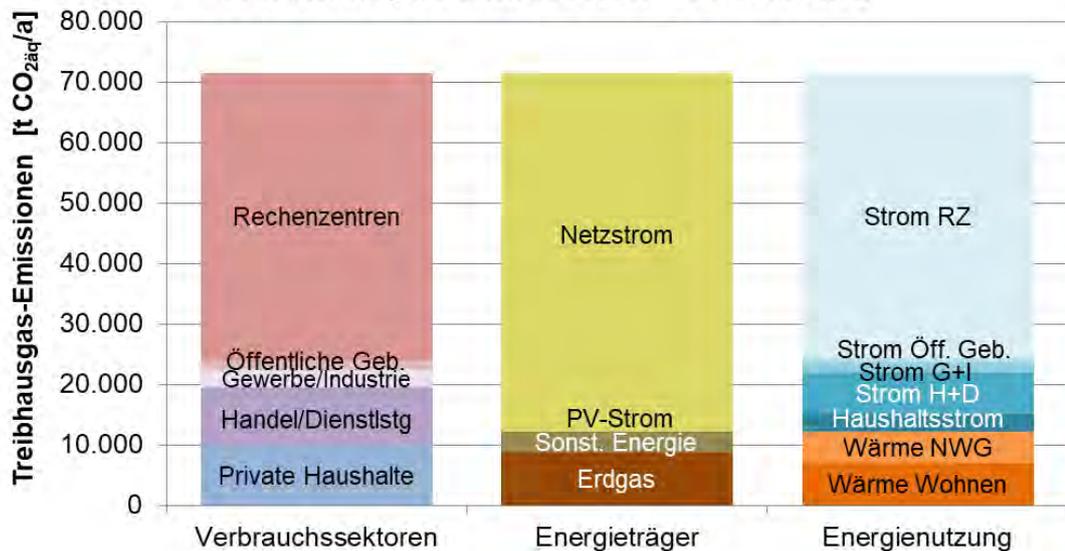


Abb. 119: Treibhausgas-Bilanz von Griesheim-Mitte im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen.

### THG-Emissionen Ist-Zustand (ohne RZ)

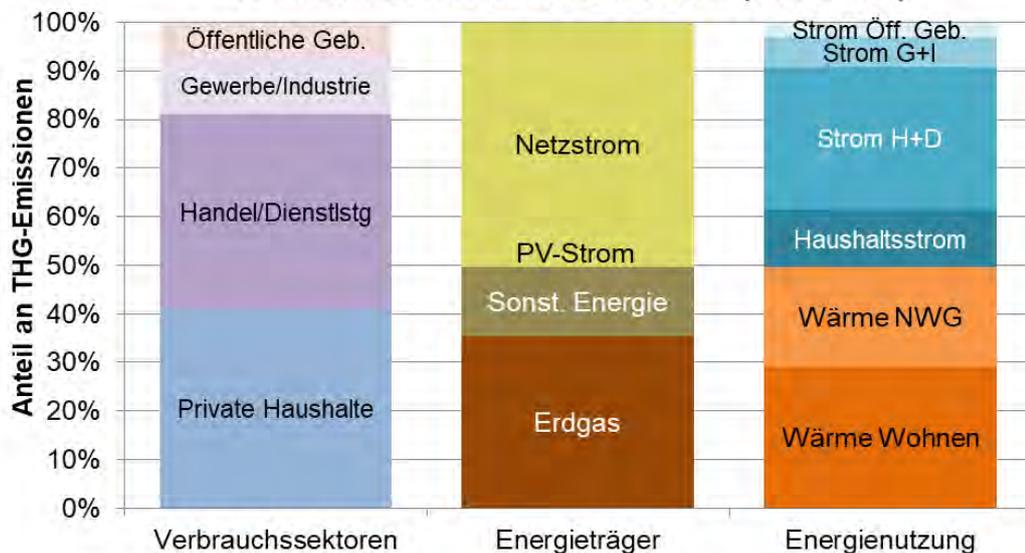


Abb. 120: Treibhausgas-Bilanz von Griesheim-Mitte ohne Rechenzentren im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen. Die gesamten Emissionen (100%) entsprechen 24.000 tCO<sub>2,äq</sub>/a

Werden auch hier die Rechenzentren aus der Bilanz genommen, verbleiben rund 24.000 tCO<sub>2,äq</sub>/a für die restlichen Gebäude. Die sich dann einstellenden Anteile an der Bilanz sind in Abb. 120 dargestellt.

Der Anteil der privaten Haushalte liegt bei rund 40 % der verbleibenden Emissionen. Bei den Energieträgern liegt nun der Netzstrom mit einem Anteil von 50 % an den Emissionen an erster Stelle und somit liegt auch bei den Nutzungen Wärme und Stromwendungen jeweils bei 50 % der Emissionen. Werden nur die THG-Emissionen der privaten Haushalte in Höhe von rund 9.800 tCO<sub>2,äq</sub>/a betrachtet, entspricht dies bei 8.035 Einwohner\*innen im Quartier (1,10 % bezogen auf ganz Frankfurt) spezifischen THG-Emissionen von 1,22 t CO<sub>2,äq</sub> je Einwohner\*in und Jahr.

## 7.5 Einsparpotentiale bei Energie und Treibhausgas-Emissionen

Die Reduzierung von Energieeinsatz und damit auch von Treibhausgas-Emissionen beruht im Allgemeinen auf drei Strategien:

1. Genügsamer Umgang mit Energie (**Suffizienz**). Im Gebäudebereich sind hier vor allem die Nutzer\*innen adressiert, die mit ihrem Verhalten wesentlichen Einfluss auf genügsame und nachhaltige Energienutzung haben. Als Beispiele seien hier angemessene Raumtemperaturen, sparsamer Warmwasserverbrauch oder angepasstes Lüftungsverhalten genannt. Aber auch die genügsame Nutzung von beheiztem (gekühltem) Raum fällt unter die Suffizienz. So sollte z.B. dem weiteren Anstieg der mittleren Wohnfläche je Einwohner\*in entgegengewirkt werden, z.B. indem Wohnungsunternehmen ihren Mietern bei Veränderung der Haushaltsgröße entsprechend größere oder kleinere Wohnungen anbieten. Suffizienzstrategien beschäftigen sich u.a. mit Lebensstil, Nutzerverhalten und Komfortansprüchen.
2. Effiziente Nutzung von Energie (**Effizienz**). Ausgangspunkt bei Effizienzstrategien ist die tatsächlich benötigte Energie-Dienstleistung (angenehm temperierter Raum, warmes Duschwasser etc.). Diese sollte mit möglichst geringem Energieeinsatz sichergestellt werden. Effizienzstrategien beschäftigen sich somit in erster Linie damit, Verluste zu minimieren. Im Gebäudebereich liegen die großen Effizienzpotentiale vor allem im Bereich der Wärmedämmung, bei effizienter Wärmeerzeugung, Umwandlung, Speicherung oder Verteilung und bei der Nutzung von stromeffizienten Geräten und Beleuchtungseinrichtungen.
3. Nicht erneuerbare Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzen (**Konsistenz**). Dabei geht es nicht darum, den Energieeinsatz zu verringern, sondern Energieträger zu nutzen, die im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Im Rahmen von Konzepten für Gebäude und Quartiere im urbanen Raum geht es dabei vor allem um Sonnenenergie,

Biomasse, oberflächennahe Geothermie oder andere Formen von Umweltwärme.

Im Rahmen dieses Energiekonzepts werden im Folgenden Elemente einer Effizienz- sowie einer Konsistenzstrategie erörtert. Diese betreffen die energetische Gebäudesanierung, den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien und mögliche Optionen zur Verbesserung der Wärmeversorgung des Quartiers (siehe dazu **Abschnitt 7.7**).

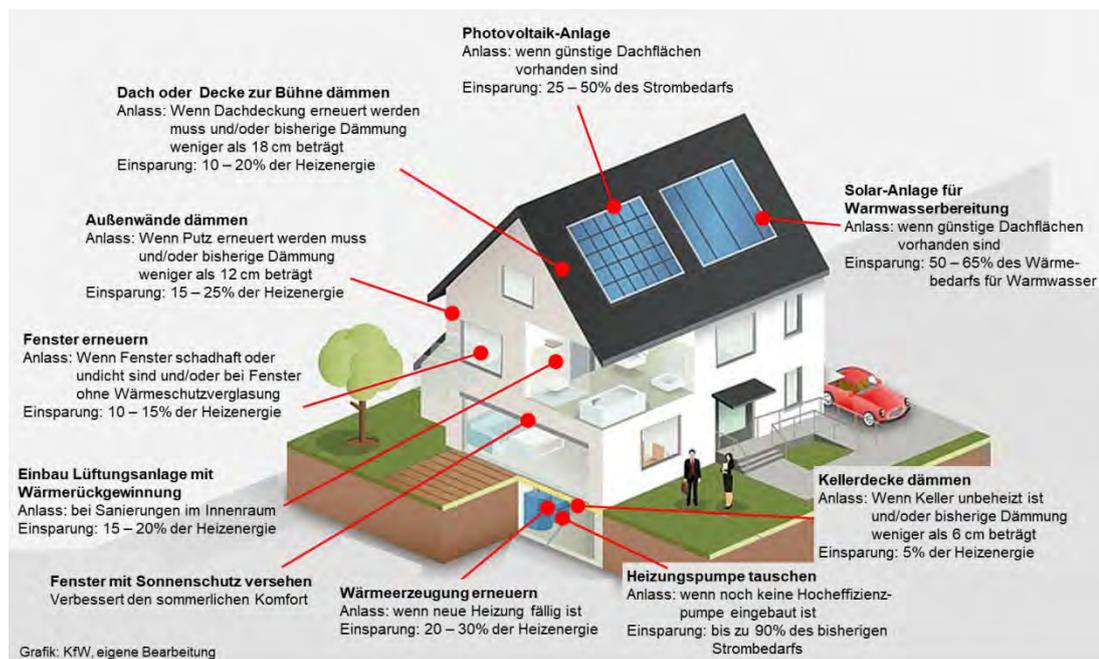


Abb. 121: Energetische Sanierungsmaßnahmen am Gebäude (Grafik KfW, eigene Bearbeitung)

## 7.5.1 Energetische Gebäudesanierungen

Die energetische Gebäudesanierung teilt sich in zwei Bereiche auf:

- Bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle, die zu einer Reduzierung der Wärmeverluste führen. Im Wesentlichen ist dies die Dämmung von Außenbauteilen, den Austausch von Fenstern, Türen oder anderer Bauteile durch thermisch bessere Bauteile und die Verbesserung der Dichtheit der Gebäudehülle. Werden Gebäude gekühlt, gilt Entsprechendes für die Reduzierung der Wärmelasten durch die Gebäudehülle.
- Maßnahmen an der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA), mit denen Verluste bei der Umwandlung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Energie reduziert und die Energie effizienter genutzt werden kann. Dies kann die Erneuerung des Wärmeerzeugers sein – gegebenenfalls unter Nutzung

erneuerbarer Energien, der Einsatz effizienterer Pumpen, die Dämmung von Heizungs- und Trinkwasserleitungen oder den Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Je nachdem wie der Ausgangszustand des Gebäudes ist und welche Maßnahmen durchgeführt werden, kann der Wärmeverbrauch um bis zu 90 % verringert werden. Bei denkmalgeschützten Gebäuden oder bei Gebäuden, die z.B. aus architektonischen Gründen nicht mit einer Außendämmung versehen werden können, sind die Einsparpotentiale oft deutlich geringer. Auch wenn Gebäude bereits einen bestimmten Grad an Wärmeschutz aufweisen (z.B. Fenster mit U-Wert 1,6 W/m<sup>2</sup>K oder 12 cm Außenwanddämmung), der aber noch nicht kompatibel zu den Klimaschutzziele ist, ist eine weitere Verbesserung dieser Bauteile nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht mehr möglich.

Welche Einsparungen beim Wärmeverbrauch möglich sind und welche Verbrauchsniveaus bei Bestandgebäuden erreicht werden können, kann beispielhaft an vier Zeilenbauten im Schwarzerlenweg gezeigt werden. Jeder Baukörper besteht aus 3 zusammenhängenden, drei- bis viergeschossigen Mehrfamilienwohnhäusern mit insgesamt etwa 20 Wohnungen. Alle Gebäude wurden zur gleichen Zeit, vermutlich Anfang der 60er Jahre, weitgehend baugleich errichtet. Bei der Quartiersbegehung wurde festgestellt, dass die vier Zeilenbauten offenbar zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen energetischen Qualitäten saniert wurden. Für die vier Blöcke liegen die Wärmeverbrauchswerte getrennt vor.

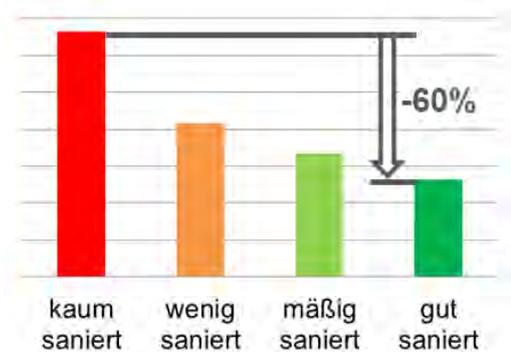
- 1 Der erste Zeilenbau ist kaum saniert; **ohne** Außenwand-Dämmung; die Fenster wurden vor längerer Zeit erneuert, vermutlich mit 2-Scheiben-Isoverglasung; vermutlich wurde die oberste Geschossdecke gedämmt (gesetzliche Vorgabe). Der mittlere Wärmeverbrauch liegt bei **133 kWh/(m<sup>2</sup>a)**.
- 2 Der zweite Zeilenbau ist teilweise saniert; die Außenwand ist mit ca. **8 cm** gedämmt; die Fenster wurden vor längerer Zeit erneuert, vermutlich mit 2-Scheiben-Isoverglasung; vermutlich wurde die oberste Geschossdecke gedämmt (gesetzliche Vorgabe). Der mittlere Wärmeverbrauch liegt bei **83 kWh/(m<sup>2</sup>a)**.
- 3 Der dritte Zeilenbau ist teilweise saniert; die Außenwand ist mit ca. **12 cm** gedämmt; die Fenster wurden vor einiger Zeit erneuert, vermutlich mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung; vermutlich wurde die oberste Geschossdecke gedämmt (gesetzliche Vorgabe). Der mittlere Wärmeverbrauch liegt bei **67 kWh/(m<sup>2</sup>a)**.
- 4 Der vierte Zeilenbau wurde 2014 oder 2015 saniert; die Außenwand ist mit ca. **16 cm** gedämmt; die Fenster wurden erneuert, vermutlich mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung; vermutlich wurde die oberste Geschossdecke

gedämmt (gesetzliche Vorgabe). Der mittlere Wärmeverbrauch liegt bei **53 kWh/(m<sup>2</sup>a)**.



Abb. 122: Luftbild der vier nahezu baugleiche Zeilenbauten im Schwarzerlenweg aus den 60er Jahren (Geobasisdaten: © Stadtvermessungsamt Frankfurt am Main, Stand April 2019 © Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation)

Die kaum sanierten Gebäude dürfte im ursprünglichen Zustand einen Wärmebedarf von wahrscheinlich deutlich mehr als 150 kWh/(m<sup>2</sup>a) gehabt haben. Die gut sanierten Gebäude liegen um 60 % unter den kaum sanierten Gebäuden und wahrscheinlich bei etwa einem Drittel des ursprünglichen Verbrauchs. Mit einem Wärmeverbrauch von etwa 50 kWh/(m<sup>2</sup>a) liegen die gut sanierten Gebäude in dem erwünschten Bereich, in dem die Bestandsgebäude in Frankfurt bis spätestens 2050 liegen sollten, um die Ziele des Masterplans (-50 % Endenergie) erreichen zu können.



**Nota:** Auch wenn im vorgenannten Beispiel die Wärmeverbräuche sehr gut zu den unterschiedlichen Sanierungsniveaus passen, ist nicht bekannt ob nicht noch weitere Faktoren (Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung usw.) zu den Unterschieden bei den Verbräuchen beitragen. Die Darstellung ist deshalb mit entsprechender Vorsicht zu verwenden.

Abb. 123: Vergleich des spezifischen Wärmeverbrauchs der vier Zeilenbauten

Letztendlich muss das Energie-Einsparpotential durch energetische Sanierungen individuell für jedes Gebäude bestimmt werden. Dies ist im Rahmen eines Quartierskonzeptes nicht möglich. Im vorliegenden Fall wurde das Einsparpotential beim Wärmeverbrauch dadurch bestimmt, dass die Gebäude aufgrund der Quartiersbegehung jeweils einer von sechs „Sanierungsgruppen“ zugeteilt wurde und für jede „Sanierungsgruppe“ ein pauschaler Reduktionsfaktor definiert wurde. Dabei wurde unterschieden zwischen Ein- und Zweifamilienhäusern (EFH), Mehrfamilienhäusern (MFH) und Nichtwohngebäude (NWG). Bei den Wohngebäuden wurde wiederum unterschieden zwischen gering oder unsanierten Gebäuden (z.B. Zeilenbau 1 in o.g. Beispiel), teilsanierten oder bereits mit mäßigem Wärmeschutz gebauten Gebäuden (z.B. Zeilenbau 2 in o.g. Beispiel) und gut sanierten Gebäuden oder Neubauten (nach 2005), die bis 2050 nicht mehr weiter saniert werden. Für EFH werden geringere Einsparpotentiale angesetzt als bei MFH, da die Sanierung hier meist schwieriger und teurer ist. Die angesetzten Reduktionsfaktoren für den Wärmeverbrauch sind in Tab. 112 dargestellt.

Tab. 112: Angesetzte Reduktionsfaktoren für den Wärmeverbrauch aufgrund energetischer Sanierungen

	Reduktionsfaktor
gut sanierte Gebäude und Neubauten	0%
teilsanierte Ein- und Zweifamilienhäuser	-20%
unsanierte Ein- und Zweifamilienhäuser	-30%
Nichtwohngebäude	-40%
teilsanierte Mehrfamilienhäuser	-50%
unsanierte Mehrfamilienhäuser	-60%

Werden die genannten Reduktionsfaktoren auf alle Gebäude im Quartier angewendet, reduziert sich der Gesamt-Wärmeverbrauch um 50 % von 45,5 GWh/a auf 22,8 GWh/a. In der Summe erscheint somit eine Verringerung des Endenergieeinsatzes für Wärme um die Hälfte durch energetische Sanierungen im Quartier möglich zu sein.

## 7.5.2 Serielle Sanierung

Serielle Sanierung ist ein Sanierungskonzept, das ursprünglich unter der Bezeichnung „Energiesprong“ in den Niederlanden entwickelt wurde, wo bereits mehr als 4.500 Gebäude nach diesem Prinzip saniert wurden. Inzwischen hat sich das Prinzip auch in anderen Ländern bewährt und verbreitet sich international.

„Energiesprong“ steht für

- hohen Wohnkomfort,

- kurze Sanierungszeiten,
- hochwertige, standardisierte Lösungen mit vorgefertigten Elementen,
- reduzierte Baukosten durch industrielle Vorfertigung und optimierte Prozesse,
- NetZero-Energie-Standard (es wird über das Jahr so viel Energie erzeugt, wie für Heizung Warmwasser und Strom benötigt wird).

In Deutschland wird das Energiesprung-Konzept u.a. von der Deutschen Energieagentur (dena) unterstützt. Sie hat dazu ein unabhängiges Marktentwicklungsteam gegründet, das gemeinsam mit innovativen Unternehmen aus der Wohnungswirtschaft und Bauindustrie einen neuen Standard für komfortable, energieeffiziente Sanierungen entwickeln und in der Praxis umsetzen soll. Ziel ist eine wärmieten-neutrale Umsetzung, mit der eine hochwertige energetische Sanierung in der Breite für Eigentümer und Mieter bezahlbar wird.

Im November 2019 wurde von der dena der Abschluss des Energiesprung-Volume-Deals bekannt gegeben. Mit dieser gemeinsamen Absichtserklärung von Wohnungswirtschaft und Bauwirtschaft, unterstützt durch die Politik, gelingt ein erster Durchbruch bei der Marktentwicklung serieller Sanierungslösungen in Deutschland. Im Volume Deal bündeln 22 Wohnungsunternehmen ihre Nachfrage und stellen 11.635 Wohnungen bereit, die in den nächsten vier Jahren seriell saniert werden sollen. Mehr Informationen gibt es unter [www.energiesprung.de](http://www.energiesprung.de).

Die dena schätzt, dass es in Deutschland rund 500.000 geeignete Gebäude gibt. Das sind insbesondere Wohnhäuser aus den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren mit bis zu drei Etagen, einfacher Hülle und einem hohen Energieverbrauch von rund 130 kWh/(m<sup>2</sup>a) oder mehr. Davon dürften sich auch einige in Griesheim-Mitte befinden, wahrscheinlich überwiegend im Besitz von Wohnungsbaugesellschaften oder von Wohnungseigentümergeinschaften.

### **7.5.3 Potentiale erneuerbarer und lokaler Energien**

#### **7.5.3.1 Biomasse**

Die Verwendung von Biomasse als Brennstoff in innerstädtischen Gebäuden ist wegen der damit verbundenen, lokalen Emissionen nicht erwünscht. Das Biomasse-Potential der Stadt Frankfurt ist dazu weitgehend ausgeschöpft. Biomasse von außerhalb Frankfurts sollte zukünftig vorrangig in effizienten KWK-Anlagen oder für industrielle Prozesswärme verwendet werden. Die Umstellung von Heizkesseln im Quartier von fossilen Brennstoffen auf Biomasse ist aus diesen Gründen keine sinnvolle Option.

### 7.5.3.2 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich oder im Grundwasser enthaltene Wärme in der Regel in Verbindung mit Wärmepumpen. Ausführlichere Informationen finden sich im Hauptbericht.

In Bestandsquartieren ist die nachträgliche Nutzung von Geothermie oft schwierig zu realisieren. Vor allem bei Ein- und Zweifamilienhäusern sind bei entsprechend großzügigen Grundstücken nachträgliche Bohrungen für Erdwärmesonden möglich. Auch bei Nachverdichtungen auf Brachflächen o.ä. können Techniken zur Geothermienutzung eingesetzt werden. Denkbar ist auch die Nutzung von öffentlichen Grünflächen oder Sportanlagen, über die angrenzende Gebäude mit Wärme versorgt werden können.

Bei Bestandsgebäuden ist die Umstellung des Heizsystems auf Wärmepumpen oft problematisch, da Wärmepumpen nur bei Niedertemperatur-Heizsystemen (z.B. Fußbodenheizungen) effizient arbeiten. Die Umstellung kommt deshalb oft nur bei energetisch sehr gut sanierten Gebäuden in Frage, bei denen der Heizbedarf so reduziert wurde, dass die Heizungs-Vorlauftemperatur deutlich abgesenkt werden kann.

Laut dem Fachinformationssystem „Grund- und Trinkwasserschutz Hessen“ des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) wird Griesheim-Mitte hinsichtlich der geothermischen Nutzung des Untergrunds wegen weiträumigen Grundwasserstockwerksgliederungen als „hydrogeologisch ungünstig“ eingestuft. Damit ist eine flächendeckende Erschließung mit Erdwärmesonden zwar nicht ausgeschlossen, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit der Umsetzbarkeit verringert. Eventuell ist mit Sonderauflagen für Niederbringung und Betrieb der Erdwärmesonden zu rechnen. Eine genauere Einschätzung ist nur nach erfolgter Erkundung des Gebiets möglich.

### 7.5.3.3 Umweltwärme

Die in der Umgebungsluft oder in Oberflächen-Gewässern enthaltene Wärme kann ebenfalls mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Ausführlichere Informationen finden sich dazu im Hauptbericht.

Oberflächengewässer sind in Griesheim-Mitte nicht vorhanden. Außenluft-Wärmepumpen werden bereits in einigen Wohnhäusern in Gebiet als Wärmequelle verwendet.

In zwei Baublöcken in der Akazienstraße und der Ahornstraße wurden 2011 und 2014 insgesamt 11 Einfamilienhäuser, fast alle als Doppelhäuser erstellt und mit Luft/Wasser-Wärmepumpen ausgestattet (Abb. 124).



Abb. 124: Reihenhäuser mit Wärmepumpen-Heizsystem. Rechts eine Außeneinheit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe (Fotos: ebök)

Der durchschnittliche Stromverbrauch in den zwei Baublöcken liegt bei 32,5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Wird davon der durchschnittliche Stromverbrauch der Ein- und Zweifamilienhäuser im Quartier in Höhe von 17,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) abgezogen, verbleibt ein Stromverbrauch von etwa 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) für Heizung und Warmwasser. Bei einer angenommenen mittleren Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen von 3,0 ergibt sich ein Wärmebedarf ab Wärmeerzeuger von durchschnittlich 45 kWh/(m<sup>2</sup>a), ein für Einfamilienhäuser guter Wert. Das Beispiel zeigt, dass mit energieeffizienten Gebäuden und guter Ausführung der Wärmepumpenheizung auch in der Praxis niedrige Verbrauchswerte erreicht werden können.

Für die Umstellung des Heizsystems von Bestandsgebäuden auf Wärmepumpen gilt die weiter oben beschriebene Problematik. In Wohngebieten ist bei Außenluft-Wärmepumpen auf mögliche Lärmbelastigungen zu achten. Außenluft-Wärmepumpen haben den Nachteil, dass sie im Vergleich zu anderen Wärmepumpensystemen nur relativ geringe Jahresarbeitszahlen erreichen und dass sie gerade an kalten Tagen, wenn viel Wärme benötigt wird, besonders ineffizient arbeiten.

#### 7.5.3.4 Solarenergie

In innerstädtischen Bestandsgebieten kann die aktive Solarenergienutzung durch thermische Solaranlagen zur Wärmeenergieerzeugung oder Photovoltaik-Anlagen zur Stromerzeugung erfolgen. Eine ausführliche Behandlung des Themas mit Beschreibung der Technologien findet sich im Hauptbericht. Zur Abschätzung des Potentials zur Nutzung von Solarenergie im Quartier wurden die nutzbaren Dachflächen der

Gebäude abgeschätzt. Insgesamt sind schätzungsweise etwa 250.000 m<sup>2</sup> Dachflächen solar-energetisch nutzbar. Davon werden derzeit nur etwa 3.400 m<sup>2</sup> durch Solarthermie- oder PV-Anlagen genutzt. Das entspricht einem Anteil von 1,4 %.

Tab. 113: Abschätzung der solarenergetisch nutzbaren Dachflächen im Gebiet und des möglichen Potentials zur PV-Stromerzeugung

Gebäude- nutzung	nutzbare Brutto- Dachfläche	bereits belegte Dachfläche		Potenzielle PV-Fläche	Potenzielle PV-Strom- Erzeugung
		m <sup>2</sup>	%		
Wohnen	71.800	510	0,7%	51.000	7.100
GHD	87.400	460	0,5%	47.600	6.800
Öffentlich	17.100	840	4,9%	9.100	1.300
Industrie	59.500	1.550	2,6%	34.200	4.900
Sonstige	13.600	40	0,3%	7.400	1.000
<b>Summe</b>	<b>249.400</b>	<b>3.400</b>	<b>1,4%</b>	<b>149.300</b>	<b>21.100</b>



Abb. 125: Auszug aus dem Hessischen Solar-Kataster mit der Darstellung der Dachflächen im Gebiet und ihrer Eignung für eine solarenergetische Nutzung (Quelle: HA Hessen Agentur GmbH, Wiesbaden, [www.energieland.hessen.de/solar-kataster](http://www.energieland.hessen.de/solar-kataster))

In Wohngebäuden oder in Nichtwohngebäuden mit einem hohen, ganzjährigen Warmwasserbedarf (z.B. Schwimmbäder, Sporthallen etc.) ist die Nutzung von Solarthermie sinnvoll. Allerdings ist die Installation und Einbindung einer solchen Anlage in Bestandsgebäuden oft aufwändig. Außerdem begrenzt eine technisch sinnvolle Auslegung oft die Größe der Solarthermieanlagen, die dann nicht die ganze nutzbare Dachfläche belegen. PV-Anlagen sind dagegen oft einfacher zu installieren und können meist die ganze nutzbare Dachfläche belegen. Insbesondere große Dachflächen von Gewerbe- oder Industriegebäuden, von Sporthallen oder Versammlungsstätten eignen sich in der Regel gut für die kostengünstige Installation von PV-Anlagen.

Würden alle nutzbaren Dachflächen im Quartier für PV-Anlagen genutzt, könnten ca. 150.000 m<sup>2</sup> PV-Module installiert werden mit denen schätzungsweise 21,1 GWh Strom pro Jahr erzeugt werden könnten. Dies entspricht dem derzeitigen Stromverbrauch der Gebäude im Quartier mit Ausnahme der Rechenzentren.

### 7.5.3.5 Abwärme

Laut Frankfurter Abwärmekataster sind innerhalb des Untersuchungsgebiets keine Abwasserkanäle mit ausreichendem Abwärmepotenzial vorhanden. Am nordwestlichen Rand des Gebiets verläuft in der Mainzer Landstraße ein Gefällekanal, dessen Abwärmepotenzial mit 100 bis 200 kW angegeben ist.



Abb. 126: Auszug aus dem Abwärmekataster Frankfurt für Griesheim-Mitte (Quelle: Energierreferat Frankfurt a.M.)

Im westlichen Teil des Gebiets gibt es Rechenzentren mit erheblichem Abwärmepotenzial. Darauf wird in **Abschnitt 7.7** weiter eingegangen.

### 7.5.4 Strom-Einsparpotential in privaten Haushalten, in öffentlichen Gebäuden und im gewerblichen Bereich

In privaten Haushalten liegen die wesentlichen Einsparpotentiale bei einer effizienteren Beleuchtung und effizienten Haushaltsgeräten. Die Effizienzsteigerungen bei IuK-Geräten werden vermutlich durch vermehrte Nutzung und neue Anwendungen absorbiert. Auch dem Nutzerverhalten und einer entsprechenden Verbraucherinformation kommt große Bedeutung zu. Nach dem Stromspiegel Deutschland 2019 liegen zwischen den mittleren Stromverbräuchen deutscher Haushalte (Klasse D<sup>15</sup>)

<sup>15</sup> Die sieben Klassen A bis G im Stromspiegel bilden jeweils 14,3 Prozent der Haushalte ab.

und den Stromverbräuchen der sparsamsten Haushalte (Klasse A) je nach Haushaltgröße und Gebäudetyp Differenzen zwischen 30 und 40 %. Zur Abschätzung des Einsparpotentials wird im vorliegenden Fall die mittlere Differenz zwischen Klasse D und Klasse B des Stromspiegels verwendet. Daraus ergibt sich ein mittleres Einsparpotential von etwa 25 %.

Im öffentlichen Bereich und bei Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsbetrieben werden erhebliche Stromeinsparpotentiale vermutet. Erfahrungen zeigen, dass allein durch regelmäßige Nutzer\*innen-Sensibilisierung und -schulung Einsparungen von 15 bis 25 % erreicht werden können. Mit technischen Maßnahmen könnten nach Einschätzung des Umweltbundesamtes die größten Einsparpotenziale durch den Einsatz energieeffizienter Pumpen, effizienter Beleuchtung und effizienter Lüftungs- und Druckluftsysteme ausgeschöpft werden. Auch bei IT-Geräten nimmt die Effizienz weiter zu, allerdings werden hier die Einsparungen oftmals durch vermehrte Nutzung und neue oder erweiterte Anwendungen ausgeglichen oder sogar überkompensiert. Im Rahmen dieser Untersuchung wird von einem möglichen Einsparpotential im Bereich der Nichtwohngebäude von 30 % ausgegangen.

## 7.6 Klimaverträgliche Neubauten und Verdichtung

Das Untersuchungsgebiet bietet u.a. aufgrund von Brachflächen oder Gewerbeflächen, die gegebenenfalls mittelfristig bebaut werden können, Möglichkeiten zur Nachverdichtung. Auf Grundlage des städtebaulichen Entwicklungskonzepts von 2013 sind aktuell zwei Baugebiete in der Umsetzung bzw. in Planung:

- **Projekt Buchenstraße** mit Wohnbauentwicklung



Abb. 127: Projekt Buchenstraße: Konzept von 2013 (Quelle: Stadtplanungsamt Frankfurt a.M.)

- **Projekt Ahornstraße** mit Nachverdichtung im Bereich der Zeilenbauten, der Erstellung von Neubauten zwischen Ahornstraße und Froschhäuser Straße sowie einer Aufwertung der Außenanlagen und öffentlichen Grünflächen.

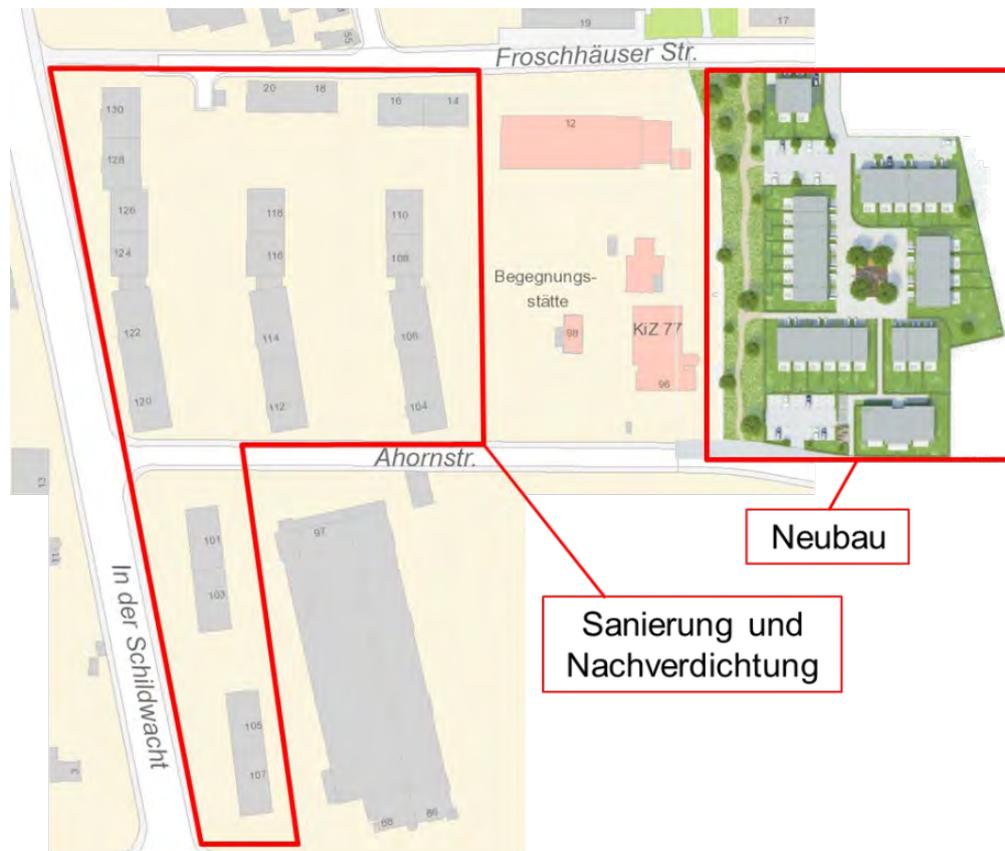


Abb. 128: Projekt Ahornstraße. (Quelle: Stadtplanungsamt Frankfurt a. M. / Wilma Immobilien GmbH / eigene Bearbeitung).

In beiden Gebieten können zusammen ca. 17.500 m<sup>2</sup> neue Wohnfläche entstehen. Werden die Neubauten aus einer Mischung von Passivhaus-, KfW-EH-40 und KfW-EH-55-Standard gebaut, erhöht sich der Wärmebedarf im Quartier schätzungsweise um etwa 850 MWh/a, was etwa 1,9 % des derzeitigen Wärmeverbrauchs entspricht. Der Strombezug im Quartier würde sich grob um etwa 480 MWh/a erhöhen, was etwa 2,3 % des derzeitigen Stromverbrauchs im Quartier (ohne Rechenzentren) entspricht.

Die zwei Baugebiete haben somit nur relativ geringe Auswirkungen auf den Energiebedarf im Quartier. Dennoch sind anspruchsvolle Energiestandards mit geringem Energiebedarf bei der Realisierung wichtig. Würden alle Neubauten nur nach EnEV 2016 gebaut, wäre der Wärmebedarf um rund 370 MWh/a, d.h. um 44 % höher, was bei einer Wärmeversorgung mit Erdgaskessel und thermischer Solaranlage zu einer Erhöhung der Treibhausgas-Emissionen um rund 100 t/a gegenüber einer Realisierung mit hochwertigen Gebäude-Energiestandards führen würde.

## 7.7 Wärmeversorgung des Quartiers mit Abwärme aus den Rechenzentren

### 7.7.1 Abschätzung des Abwärmepotenzials

Im westlichen Teil des Gebiets befinden sich Rechenzentren des Rechenzentrumsbetreibers Equinix. Diese bezogen 2018 ca. 80 GWh an Strom aus dem öffentlichen Netz. Wieviel Strom zusätzlich mit dem vorhandenen BHKW erzeugt und direkt genutzt wurde, ist nicht bekannt. Damit benötigen die Rechenzentren mehr Energie als der Rest des Untersuchungsgebiets insgesamt für Wärme und Strom benötigt.

Ein Großteil des Stroms wird beim Betrieb der Prozessoren in den IT-Geräten in Abwärme umgewandelt. Ein weiterer Teil wird für die TGA-Anlagen des Rechenzentrums benötigt, davon ein großer Teil um die Abwärme nach außen abzuführen. Statt die Abwärme an die Außenluft abzugeben, könnte sie in angrenzenden Gebäuden genutzt werden.

Derzeit fällt die Abwärme in Rechenzentren üblicherweise auf einem Temperaturniveau von 20 bis 30°C an, so dass eine Nutzung im Gebäudesektor nur in Verbindung mit Wärmepumpen möglich ist. Bei modernen Rechenzentren, bei denen die Prozessoren direkt mit Wasser gekühlt werden, liegt das Temperaturniveau zwischen 60 und 70°C, was eine direkte Nutzung ermöglicht.

Die Kühllast liegt derzeit bei etwa 8 MW und die Jahres-Abwärmemenge bei schätzungsweise 70 GWh. Derzeit beträgt die Auslegungs-Heizlast aller Gebäude im Gebiet bei etwa 34 MW. Wird die Abwärme mit einer oder mehrerer Wärmepumpen mit einer Leistungszahl von 3,0 auf die erforderliche Temperatur gebracht, stehen bei einer Kühllast von 8 MW eine Heizleistung von 12 MW für ein Wärmenetz zur Verfügung. Damit können im Auslegefall etwa ein Drittel der Gebäude versorgt werden, den Rest müsste ein Spitzenlastsystem übernehmen. Über das Jahr gerechnet könnte mit der Abwärme in Verbindung mit den Wärmepumpen dennoch fast 70 % des Jahres-Wärmebedarfs für Gebäude und Netzverluste gedeckt werden, was einer Nutzung von rund 22,7 GWh/a an Abwärme entspricht. Hinzu kämen ca. 11,4 GWh/a an Strom für die Wärmepumpe(n) sowie ca. 15,8 GWh/a Wärme aus einem Spitzenlastsystem (siehe Abb. 129).

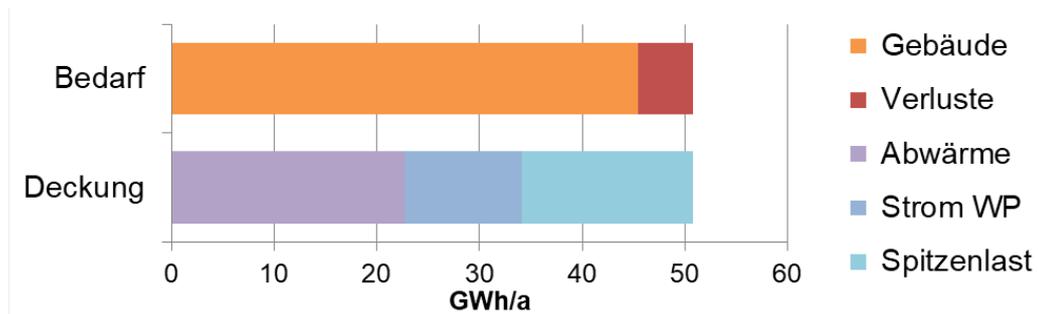


Abb. 129: Wärmebilanz des Quartiers im IST-Zustand bei einer Wärmeversorgung mit Abwärme aus den Rechenzentren und Verteilung über ein Wärmenetz

Würden die Gebäude im Quartier entsprechend den Annahmen in Abschnitt energetisch saniert, würde sich die Auslegungs-Heizlast aller Gebäude im Gebiet auf etwa 20 MW reduzieren. Dadurch würde sich der Anteil der Abwärmenutzung an der Wärmeversorgung auf fast 90 % erhöhen.

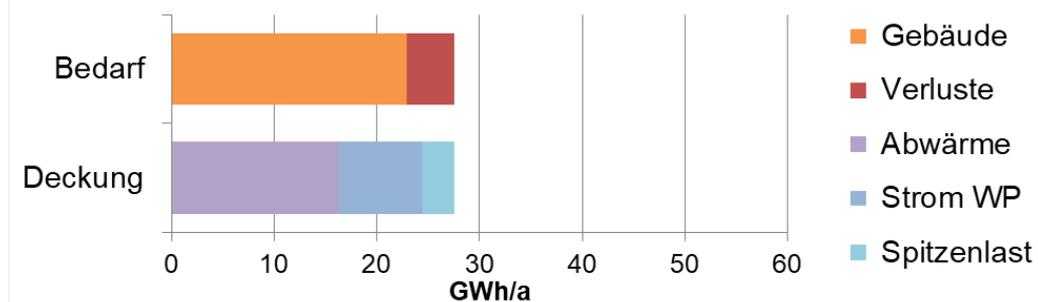


Abb. 130: Wärmebilanz des Quartiers im sanierten Zustand bei einer Wärmeversorgung mit Abwärme aus den Rechenzentren und Verteilung über ein Wärmenetz

Unter diesen Umständen würden etwa 16,3 GWh/a Abwärme ausreichen. Würde die Abwärme aus dem Rechenzentrum bis dahin über direkte Wasserkühlung auf einem Temperaturniveau von 65°C abgeführt, könnte auch auf die Wärmepumpe verzichtet werden auf Kosten eines etwas höheren Anteils des Spitzenlastsystems.

## 7.7.2 Randbedingungen seitens des Rechenzentrums-Betreibers

Gespräche mit dem Betreiber der Rechenzentren haben gezeigt, dass grundsätzlich ein Interesse an der Abgabe der Abwärme besteht. Folgende Anforderungen wurden von Seiten des Betreibers genannt:

- Definition der benötigten Wärmemenge
- gleichmäßige Wärmeabgabe im ganzen Jahr
- eindeutige Systemtrennung z.B. mittels Wärmetauscher
- regelmäßige Überwachung der Wasserqualität
- Systeme müssen absperrbar sein

### 7.7.3 Hemmnisse seitens möglicher Wärmeversorger

In der Folge wurde ein Gespräch mit der Mainova AG geführt, in wieweit Möglichkeiten bestehen, die Abwärme aus den Rechenzentren in Griesheim-Mitte zu nutzen und eventuell ein erstes, kleineres Nahwärmenetz zur Verteilung der Wärme an benachbarte Wohngebiete ins Auge zu fassen. Bei dem Gespräch wurden insbesondere folgende Hindernisse und Bedenken geäußert:

- Eine gleichmäßige Wärmeabnahme über das Jahr ist durch die Wärmebedarfscharakteristik im Wohnungsbau nicht möglich. Im Winter ist der Bedarf deutlich höher als während des Sommers.
- Das Temperaturniveau eignet sich nicht zur Einspeisung in ein Wärmenetz und die Wärme kann nur aufwändig in Verbindung mit Wärmepumpen nutzbar gemacht werden.
- Da ein Wärmeversorger die Versorgung garantieren muss, müsste parallel zur Abwärmenutzung eine redundante Wärmeerzeugung vorgehalten werden, die einspringt, falls das Rechenzentrum keine Wärme mehr liefern kann.
- Zusammengekommen lassen die genannten Punkte keinen wirtschaftlich nachhaltigen Betrieb einer solchen Wärmeversorgung erwarten.

### 7.7.4 Schlussfolgerungen

Enorme überschüssige Wärme, die mit viel Aufwand an die Außenluft befördert wird, auf der einen und viel Wärme, die mit großem Aufwand zur Beheizung von zahlreichen Gebäuden in der näheren Umgebung erzeugt wird, auf der anderen Seite. Was zunächst nach einer einfachen Gleichung und einem klimapolitischen Skandal aussieht, erweist sich beim näheren Hinschauen als komplexes und schwierig zu lösendes Gleichungssystem. Unterschiedliche Temperaturniveaus, nicht deckungsgleiche Angebots- und Nachfrageprofile und erforderliche Redundanzen auf beiden Seiten sind dabei nur ein Teil der zu überwindenden Hemmnisse. Technische, organisatorische und wirtschaftliche Schwierigkeiten, kompliziert Randbedingungen und eine Vielzahl von betroffenen Akteuren lassen eine Lösung fast unmöglich erscheinen.

Ein Versuch würde sich dennoch lohnen. Das Potential von Abwärme aus Rechenzentren ist in der „Rechenzentrums-Hauptstadt“ Frankfurt besonders groß. Die technischen Probleme lassen sich lösen, die erforderlichen Technologien stehen zur Verfügung. Im Fall von Griesheim-Mitte ist es vor allem das Fehlen einer Wärmeverteilungsstruktur, die der großformatigen Abwärmenutzung im Wege steht. Im kleineren Maßstab, z.B. mit der Anbindung benachbarter Gewerbebetriebe an die Wärmeabgabe der Rechenzentren wäre die Nutzung eher denkbar. Die Nachverdichtung und das Neubaugebiet in der Ahornstraße wäre eine weitere Gelegenheit

gewesen, ein nahegelegenes Gebiet über eine Nahwärmeleitung zu erschließen. Leider ist hier die Umsetzung bereits zu weit fortgeschritten.

Für das Untersuchungsgebiet im Ganzen stellt sich auch unabhängig vom vorhandenen Abwärmepotenzial die Frage nach einer zukünftig dekarbonisierten und erneuerbaren Energieversorgung. Kann und soll diese auf Grundlage der bestehenden Infrastruktur (Strom- und Gasnetz) erfolgen oder ist dafür ein Wärmenetz zu entwickeln, wie dies für die Abwärmenutzung notwendig wäre. Diese Fragestellung muss möglichst bald behandelt und entschieden werden, damit die nächsten Entwicklungsschritte im Quartier und die allgemeine Sanierungsstrategie danach ausgerichtet werden können. Eine tragfähige Antwort bedarf einer gründlichen Untersuchung der Möglichkeiten und Randbedingungen und die Einbeziehung mit Mitwirkung der betroffenen Akteure z.B. im Rahmen eines integrierten Quartierskonzeptes.

Unabhängig von der Richtungsentscheidung in Griesheim-Mitte und den weiteren Entwicklungen bezüglich der Abwärmenutzung der Rechenzentren, ist die Entwicklung von Pilotprojekten zur Abwärmenutzung aus Rechenzentren in Frankfurt a.M. dringend notwendig um die Umsetzungspotentiale besser beurteilen zu können und um Betriebserfahrungen zu sammeln.

## **7.8 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen für den Zielzustand**

Als Zielzustand des Untersuchungsgebiets in 2050 wird von folgendem Szenario ausgegangen:

- Die Gebäude im Quartier werden bis 2050 entsprechend den Annahmen im Abschnitt 7.5.1 energetisch saniert, so dass sich der Gesamt-Wärmeverbrauch um 50 % von derzeit rund 45,5 GWh/a auf 22,8 GWh/a reduziert.
- Der Stromverbrauch der Gebäude (ohne Rechenzentren) verringert sich bis 2050 entsprechend den Annahmen im Abschnitt 7.5.4 um knapp 30 % von derzeit rund 21,1 GWh/a auf 15,0 GWh/a. Der Stromverbrauch der Rechenzentren wird als konstant angenommen.
- Die Neubauten im Bereich Ahornstraße und Buchenstraße werden mit hochwertigen Gebäude-Energiestandards realisiert, so dass der zusätzliche Wärmebedarf auf 850 MWh/a und der zusätzliche Strombedarf auf 480 MWh/a begrenzt werden.
- Das Potential solarenergetisch nutzbarer Dachflächen wird vollständig durch die Installation von PV-Anlagen ausgeschöpft und führt entsprechend den Annahmen im Abschnitt 7.5.3.4 zu einer jährlichen PV-Stromerzeugung von 21,1 GWh/a.

- Das Gebiet wird bis 2050 mit einem Wärmenetz erschlossen, das im Wesentlichen aus der Abwärme der Rechenzentren gespeist wird. Dabei wird angenommen, dass die Abwärme durch Wärmepumpen auf ein im Wärmenetz nutzbares Temperaturniveau angehoben wird. Es wird außerdem angenommen, dass die Spitzenlastwärme mit Erdgaskesseln erzeugt wird.

Bei dem gewählten Szenario wird somit davon ausgegangen, dass die identifizierten Potentiale vollständig ausgeschöpft werden. Es handelt sich damit um ein optimales Szenario, das wahrscheinlich bis 2050 nicht realisiert, aber als Maximalabschätzung angesehen werden kann.

Mit diesem Szenario wird der gesamte Endenergieeinsatz für alle Gebäude im Quartier einschließlich Rechenzentren um 15% von derzeit rund 148 GWh/a auf 125 GWh/a gesenkt. Wird der gleichbleibende Verbrauch der Rechenzentren nicht berücksichtigt, sinkt der Endenergieeinsatz der restlichen Gebäude um 35 % von 65,4 auf 42,6 GWh/a. Davon werden etwa 20,3 GWh/a und somit fast 50 % durch Abwärme und lokalen PV-Strom gedeckt. Weitere 17,7 GWh lokaler PV-Strom decken einen Teil des Strombedarfs der Rechenzentren ab. Bezogen auf den gesamten Energieeinsatz (125 GWh/a) beträgt der Anteil lokaler (erneuerbarer) Energien somit 30 %.

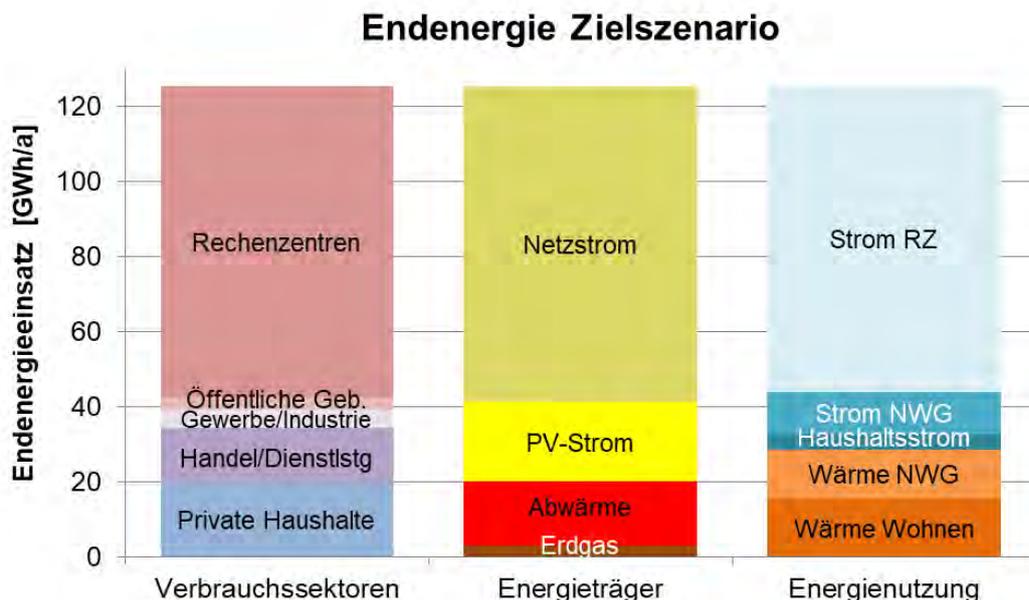


Abb. 131: Endenergiebilanz von Griesheim-Mitte für das Zielszenario nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Zur Ermittlung der Treibhausgasbilanzen werden die Energieträger mit den entsprechenden Emissionsfaktoren bewertet. Verwendet werden Faktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Dabei werden für Netzstrom und für PV-Strom die Zukunftswerte für

2050 verwendet. Damit ergeben sich die in Abb. 132 dargestellten Treibhausgasbilanzen.

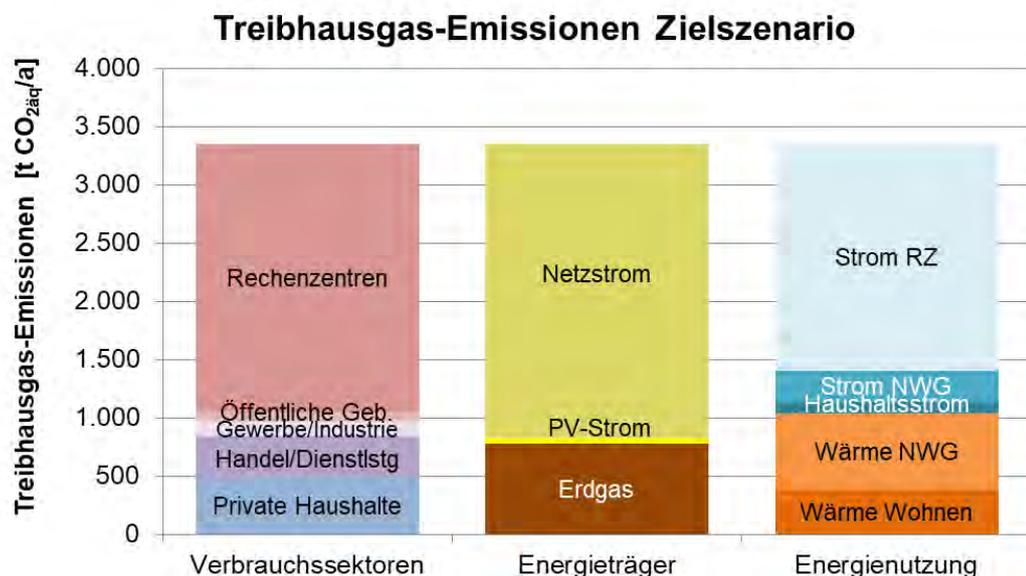


Abb. 132: Treibhausgas-Bilanz von Griesheim-Mitte für das Zielszenario nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Die Treibhausgas-Emissionen in Verbindung mit der Nutzung der Gebäude sinken um 95 % von derzeit 71.500 tCO<sub>2,äq</sub>/a auf 3.350 tCO<sub>2,äq</sub>/a. Da die Endenergie-Bilanz mit einem Anteil von 67 % vom Netzstrom dominiert wird, ist die Emissionsminderung im Wesentlichen auf die angestrebte Verbesserung des THG-Faktors des Netzstroms von 581 auf 30 kgCO<sub>2,äq</sub>/MWh zurückzuführen. Energieeinsparungen und die Nutzung erneuerbarer Energien und von Abwärme tragen zu etwa 30 % zu den Emissionsminderungen bei.

Werden nur die THG-Emissionen der privaten Haushalte in Höhe von 490 tCO<sub>2,äq</sub>/a betrachtet und wird von einem leichten Anstieg der Bevölkerung auf 8.500 Einwohner\*innen im Quartier ausgegangen, entspricht dies spezifischen THG-Emissionen von 0,06 t CO<sub>2,äq</sub> je Einwohner\*in und Jahr für Wärme- und Stromnutzungen in ihren Wohnungen.

## 7.9 Empfehlungen für Zielsetzungen, Maßnahmen und Handlungsstrategien

Die Empfehlungen orientieren sich an dem zuvor beschriebenen Zielszenario und zielen auf eine möglichst große Endenergieeinsparung, einen hohen Autarkiegrad an lokalen (erneuerbaren) Energien sowie eine Reduzierung der THG-Emissionen im Rahmen der Zielsetzungen des Masterplans 100 % Klimaschutz.

## **7.9.1 Mögliche Zielsetzungen für die energetische und klimapolitische Weiterentwicklung des Quartiers**

### **7.9.1.1 Signifikante Erhöhung der Sanierungsrate bei Wohngebäuden**

Die Wohngebäude sind für zwei Drittel des Wärmeverbrauchs verantwortlich. Um den Wärmeverbrauch insgesamt zu halbieren, muss ein Großteil der Wohngebäude energetisch saniert werden. Der Schwerpunkt sollte dabei auf den noch nicht sanierten Wohngebäuden liegen, die vor 1990 gebaut wurden. Im Quartier gibt es davon etwa 250 Gebäude. Ziel sollte es sein, diese in den nächsten 15 Jahren auf einen hohen Energiestandard zu sanieren. Allein dadurch könnte der Wärmebedarf im Quartier bis 2035 um etwa 25 % gesenkt werden.

**Ziele:** Energetisch hochwertige Sanierung der 250 Wohngebäude mit den höchsten Wärmeverbräuchen bis 2035;  
Reduzierung des Wärmebedarfs für die Wohngebäude im Quartier um 10.000 MWh/a bis 2035.

### **7.9.1.2 Durchführung von Pilotprojekten zur seriellen Sanierungen**

Serielle Sanierungen können ein Mittel sein, energetisch hochwertige Sanierungen in kürzester Zeit durchzuführen. Bei einer entsprechenden Industrialisierung und Marktentwicklung könnten die Sanierungen auch mit günstigen Kosten realisiert werden.

**Ziele:** Durchführung von Pilotprojekten zur seriellen Sanierungen bei mindestens 5 Wohngebäuden im Quartier in den nächsten fünf Jahren.

### **7.9.1.3 Reduzierung des Wärmeverbrauchs bei Nichtwohngebäuden**

Die Nichtwohngebäude im Quartier sind für etwa ein Drittel des Wärmeverbrauchs verantwortlich. Davon stehen 45 Gebäude allein für die Hälfte dieses Verbrauchs. Diese sollten in den nächsten 15 Jahren energetisch hochwertig saniert werden.

**Ziele:** Energetisch hochwertige Sanierung der 45 Nichtwohngebäude mit den höchsten Wärmeverbräuchen bis 2035;  
Reduzierung des Wärmebedarfs der Nichtwohngebäude im Quartier um 4.000 MWh/a bis 2035.

#### **7.9.1.4 Senkung des Stromverbrauchs in allen Verbrauchssektoren**

Wird vom Stromverbrauch der Rechenzentren abgesehen, verursachen die Stromanwendungen in den restlichen Gebäuden rund ein Drittel des Energieverbrauchs im Quartier. Zur Erreichen der Klimaziele muss dieser Verbrauch deutlich gesenkt werden.

**Ziele:** Senkung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten um 20 % bis 2035 (ohne Berücksichtigung von zusätzlichem Strom für Wärmepumpen);  
Senkung des Stromverbrauchs im Bereich GHD und Industrie um 25 % bis 2035;  
Senkung des Stromverbrauchs in öffentlichen Gebäuden um 30 % bis 2035.

#### **7.9.1.5 Substitution fossiler Brennstoffe**

Derzeit wird der Wärmebedarf der Gebäude fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen gedeckt. Dieser Anteil muss in den kommenden Jahren deutlich gesenkt werden.

**Ziel:** Substitution von fossilen Brennstoffen zur Wärmeerzeugung im Quartier durch Erhöhung des Anteils von erneuerbaren Energien, Umwelt- und Abwärme auf 50 % bis 2035.

#### **7.9.1.6 Signifikante Erhöhung der installierten PV-Flächen.**

Um bis 2035 die Hälfte des nutzbaren Dachflächenpotentials mit PV-Modulen zu belegen, müssten von nun an jährlich etwa 10.000 m<sup>2</sup> Generatorfläche installiert werden. Das entspricht dem Dreifachen der derzeit auf den Dächern installierten Solaranlagen. Damit würde die PV-Stromerzeugung im Quartier in 2035 bei rund 10.000 MWh liegen.

**Ziele:** Jährlich 10.000 m<sup>2</sup> PV-Module installieren  
2035 10.000 MWh PV-Strom im Quartier erzeugen

#### **7.9.1.7 Weitere klimapolitische Fragestellung**

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich in erster Linie mit Energieverbräuchen und Treibhausgas-Emissionen im Zusammenhang mit den Gebäuden im Untersuchungsgebiet. Damit wird nur ein Ausschnitt aus den energetischen und klimarelevanten Fragestellungen im Quartier untersucht. Fragen zur klimaverträglichen Mobilität oder zu Klimaanpassungsmaßnahmen hätten den Rahmen der

Untersuchung gesprengt. Sie sollten jedoch bei weiteren Untersuchungen unbedingt integriert werden. Dazu gehören beispielsweise:

- Verbesserung des ÖPNV-Angebots, Carsharing-Angebote, E-Mobilität...
- Verbesserung der barrierefreien Fußgänger- und Radmobilität
- Aufwertung der Grünflächen in Verbindung mit Maßnahmen zur Klimaanpassung im öffentlichen Raum

## **7.9.2 Hemmnisse**

Die Hemmnisse bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Ziele konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht detailliert und speziell auf das Untersuchungsgebiet bezogen untersucht werden. In einigen Handlungsfeldern wurden jedoch bereits einige Hemmnisse identifiziert.

### **7.9.2.1 Energetische Gebäudesanierung**

- Bei vielen Wohngebäuden besteht ein Lock-in-Effekt durch energetisch ungenügend oder nur teilweise sanierte Bauteile, die noch nicht den Anforderungen der Klimaschutzziele genügen. Unter wirtschaftlichen Bedingungen sind solche Gebäude nicht weiter zu verbessern. Das gleiche gilt für Gebäude, die in den 90er oder zwischen 2000 und 2014 gebaut wurden und einen gewissen, aber noch nicht ausreichend guten Dämmstandard aufweisen.
- Bei der energetischen Sanierung von Mietwohnungen können die Eigentümer\*innen die Investitionen auf die Miete umlegen. Die Mieter\*innen profitieren ihrerseits von geringeren Nebenkosten. Je nach Verhältnis zwischen Mieterhöhung und Heizkostensparnis wird die gesetzliche Regelung von der einen oder anderen Seite als ungerecht empfunden, was Sanierungsentscheidungen oft verzögert oder verhindert.
- Privaten Gebäudebesitzer\*innen von Ein- und Zweifamilienhäuser im urbanen Raum haben oft nicht die finanziellen Mittel, ihre Häuser energetisch hochwertig zu sanieren.
- Bei Wohnungseigentümergeinschaften (WEG) scheitern energetische Sanierungen oft an komplexen und langwierigen Abstimmungsprozesse sowie fehlenden Anreizen und Qualifikationen bei den Hausverwaltungen. Hinzu kommt, dass der Kontakt zu WEGs und ihren Hausverwaltungen für Beratungen zu energetischen Sanierungen oft nur schwer herzustellen sind.

### **7.9.2.2 Entwicklung von Wärmenetzen**

- Die Verlegung von neuen Wärmenetzen in Bestandsgebieten kann je nach Komplexität der Leitungstrassen im öffentlichen Bereich mit erheblichen Kosten verbunden sein, die oft um ein Mehrfaches über einer Verlegung in Neubaugebieten liegen.
- Bei der Neuerschließung eines Bestandsgebiets mit einem Wärmenetz tritt dieses in Konkurrenz zu den bestehenden Energieversorgungsstrukturen und Energieträgern. Für den Betreiber bedeutet dies hohe wirtschaftliche Risiken bezüglich Anschlussquoten und Anschlussentwicklung.

### **7.9.2.3 Abwärmenutzung aus Rechenzentren**

- Das derzeitige Temperaturniveau der Abwärme in Rechenzentren liegt bisher meist in einem so niedrigen Bereich, dass eine Nutzung nur in Verbindung mit Wärmepumpen möglich ist.
- Das Abwärme-Angebot der Rechenzentren ist über das ganze Jahr annähernd konstant während die Wärmenachfrage sowohl über den Jahres- als auch den Tagesverlauf stark fluktuiert.
- Sowohl auf Seiten der Rechenzentren als auch auf Seiten eines Wärmenetzes müssen redundante Systeme vorgehalten werden.

### **7.9.2.4 Erneuerbare Stromerzeugung mit PV-Anlagen auf Wohngebäuden**

- Durch die stark gesunkene Einspeisevergütung für PV-Strom hängt die Wirtschaftlichkeit bei Wohngebäuden vom Eigennutzungsanteil ab. Je kleiner die Anlagen sind, umso höher wird der Eigennutzungsanteil. Somit steht die wirtschaftliche Dimensionierung von PV-Anlagen oftmals einer maximalen Nutzung der verfügbaren Fläche entgegen.
- Damit im Geschosswohnungsbau die Bewohner\*innen (ob Mieter\*in oder Eigentümer\*in) von einer PV-Anlage auf ihrem Dach profitieren können, sind Mieterstrommodelle erforderlich, die auch finanziell gefördert werden können. Die damit verbundenen Regelungen sind jedoch relativ kompliziert und aufwändig umzusetzen, so dass sie oft eher hemmend als fördernd angesehen werden.

## 7.9.3 Handlungsempfehlungen

### 7.9.3.1 Energetische Gebäudesanierung

- Themenkampagne zur energetischen Sanierung im Quartier entwickeln, z.B. durch Impulsvorträge, Broschüren und Internetpräsenz u.a. zur Darstellung gelungener Beispiele von Sanierungen im Quartier („Vorbild in der Nachbarschaft“).
- Netzwerk für Wohnungseigentümergeinschaften und Hausverwaltungen zur energetischen Sanierung entwickeln, z.B. durch die Initiierung eines Sanierungs-Stammtisches.

### 7.9.3.2 Signifikante Erhöhung der installierten PV-Flächen.

- Entwicklung und Umsetzung eines Werbekonzeptes für PV-Anlagen im Quartier zugeschnitten auf unterschiedliche Zielgruppen (GHD, Industrie, Wohnungseigentümergeinschaften, öffentliche Gebäude);
- Entwicklung vereinfachter, bzw. standardisierter Mieterstrommodelle in Zusammenarbeit mit Energieversorgern;
- Bewerben von Mieterstrommodellen in Zusammenarbeit mit Wohnungsbau-gesellschaften und Energieversorgern;
- Prüfung von Möglichkeiten zur kommunalen Förderung von PV-Installationen in Bestandsgebäuden;
- Prüfung einer kommunalen Verpflichtung zur PV-Stromerzeugung auf Dächern.

### 7.9.3.3 Durchführung eines integrierten Quartierskonzepts

Das ISEK sollte durch ein integriertes Quartierskonzept und Sanierungs-management entsprechend dem KfW-Förderprogramm 432 „Energetische Stadtsanierung“ ergänzt werden. Als mögliche Handlungsfeldern kommen dabei in Frage:

- Energetische Gebäudesanierung,
- Unterstützung der Wohnbaugesellschaften im Gebiet bei der Durchführung von seriellen Sanierungen in ihrem Gebäudebestand,
- Entwicklung von Strategien zur Warmmieten-Neutralität bei energetischen Sanierungen,
- Energieberatung mit Schwerpunkt Nutzersensibilisierung, private Gebäudebesitzer und WEGs,

- Weitergehende Untersuchung der Umsetzungspotentiale bei der Abwärmee-nutzung aus Rechenzentren,
- Strategieentwicklung Wärmenetze zusammen mit Fernwärmeversorger,
- Stärkung klimaverträglicher Mobilität,
- Freiflächengestaltung und Klimaanpassung im öffentlichen Raum,
- Prüfung von zusätzlichen kommunalen Fördermöglichkeiten.

## 8 Südlich Am Riedsteg

### 8.1 Beschreibung des Gebiets

Mit dem geplanten Neubaugebiet „Südlich Am Riedsteg“ soll der Stadtteil Nieder-Erlenbach arrondiert werden. Die Grundlage für das Klimaschutzteilkonzept bilden der städtebauliche Entwurf des Stadtplanungsamts vom 5. Dez. 2018 (siehe Abb. 133) und die zugehörige vorläufige Berechnung der Geschossflächen vom 6. Nov. 2018 sowie mündliche Aussagen der zuständigen Sachbearbeiterin. Die grundlegenden Informationen zum Gebiet sind nachfolgend zusammengefasst.

<b>Bebauungsplan:</b>	Nr. 908,
<b>Stadtteil:</b>	Nieder-Erlenbach,
<b>Lage im Stadtgebiet:</b>	nord-östlicher Rand des Landkreises Frankfurt.
<b>Konzipierte Bebauung:</b>	Wohngebiet konzipiert für ca. 885 Einwohner in 354 Wohneinheiten verteilt auf
Wohngebäude:	11 Doppelhäuser (II+), 79 Reihenhäuser (II+), 20 Mehrfamilienhäuser (max. III+).
Öffentliche Gebäude:	Kita und Sporthalle.
<b>Bauliche Kennwerte:</b>	entspr. städtebaulichem Entwurf vom 5. Dez. 18 und eigenen Berechnungen.
Brutto-Bauland:	6,88 ha (100 %),
Netto-Bauland <sup>1</sup> :	4,44 ha (65 %),
Grundflächenzahl <sup>2</sup> :	0,36,
Geschossflächenzahl:	1,03.

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

<sup>4</sup>) Berechnung der Grundflächenzahl nur für Hauptgebäude, also ohne Garagen, Stellplätze, Nebenanlagen etc.

Die für die Bedarfsprognose angenommenen Flächen und Nutzungen der konzipierten Bebauung sind in Tab. 114 dargestellt.

Tab. 114: Flächen der konzipierten Bebauung sowie deren Aufteilung auf die unterschiedlichen Nutzungsarten für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

Nutzung	Geschossfläche		Energiebezugsfläche*		Dachflächen mit Solarpotenzial	
	m <sup>2</sup>	Anteil	m <sup>2</sup>	Anteil	m <sup>2</sup>	Anteil
Wohnen	44.340	97%	35.470	96%	11.790	89%
Kita u. Sporthalle	1.500	3%	1.310	4%	1.500	11%

<b>Gesamt</b>	<b>45.840</b>	<b>100%</b>	<b>36.780</b>	<b>100%</b>	<b>13.290</b>	<b>100%</b>
---------------	---------------	-------------	---------------	-------------	---------------	-------------

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



Abb. 133: Städtebaulicher Entwurf des Stadtplanungsamts zum Bebauungsplan Nr. 908 vom 05. Dez. 2018 (Quelle: Stadtplanungsamt Frankfurt a. M.).

(Doppel- und Reihenhäuser in dunkelrot und Mehrfamilienhäuser und andere Bauwerke in hellrot dargestellt.)

## 8.2 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.

## 8.2.1 Kompaktheit der Baukörper

Die im städtebaulichen Konzept vorgesehenen Gebäudetypen reichen vom Doppelhaus über Reihenhauszeilen mit bis zu sieben Wohneinheiten und kleine Mehrfamilienhäuser bis hin zu großen Mehrfamilienhäusern mit 3 Vollgeschossen und einem Staffelgeschoss. Die unterschiedlichen Gebäudetypen können grob in sechs Klassen eingeteilt werden, für die jeweils das idealtypische A/V-Verhältnis berechnet werden kann (siehe Tab. 115).

Tab. 115: Typische Gebäudetypen des städtebaulichen Entwurfs mit idealtypischen A/V-Verhältnissen

Grundriss	Gebäudetyp	A/V	Grundriss	Gebäudetyp	A/V
	Großes MFH III+	0,41		RH tief, 4 WE II+	0,57
	Mittleres MFH III+	0,44		RH breit, 6 WE II+	0,59
	Mittleres MFH III	0,46		DH tief, 4 WE II+	0,63
	Kleines MFH III	0,47		RH breit, 3 WE II+	0,65
	RH tief, 7 WE II+	0,53		DH breit, 3 WE II+	0,69
zum Vergleich:	Sehr großes MFH VI+	0,32		EFH II+	0,80

Die Gebäude liegen mit A/V-Werten zwischen 0,41 bis 0,69 in einem weiten Bereich der Gebäudekompaktheit. Sie erreichen dabei weder die besonders ungünstigen Werte von freistehenden Einfamilienhäusern (ca. 0,80) noch die besonders günstigen Werte von 6- oder 7-geschossigen Geschosswohnungsbauten. Die Doppel- und Reihenhäuser haben ein um etwa 30 bis 50 % höheres A/V-Verhältnis mit entsprechend höheren Transmissionsverlusten je Wohnfläche. Es wird auch deutlich, dass Doppelhäuser oder Reihenhäuser mit breiter Straßenfassade und geringer Gebäudetiefe energetisch ungünstiger sind, als solche mit schmaler Fassade und größerer Gebäudetiefe.

Unter energetischen Gesichtspunkten ist die Zusammenfassung von Doppelhäusern zu Reihenhäusern wünschenswert, z.B. für die Häuserreihe am östlichen Rand des Gebiets. Das A/V-Verhältnis würde dadurch – je nach endgültiger Ausführung – um etwa 10 bis 15 % verbessert.

## 8.2.2 Besonnung

Die Gebäude sind untereinander mit ausreichend Abstand versehen, so dass sich bei den vorhandenen Gebäudehöhen im Winter kaum gegenseitige Verschattungen stattfinden. Die Besonnung der Fassaden kann überwiegend als gut bis sehr gut beurteilt werden. Ungünstige Verschattungssituationen ergeben sich im Wesentlichen nur entlang der südlichen Reihe von Geschosswohnungsbauten mit bis zu vier Geschossen für die nördlich davon liegenden Doppelhäuser bzw. das Mehrfamilienhaus sowie durch das von der Turnhalle verschattete MFH (siehe Abb. 134).



Abb. 134: Verschattungssituation am 17. Januar um 12.00 Uhr. Die rot eingekreisten Gebäude werden durch die MFH III+ im Süden bzw. die Turnhalle stark verschattet.

## 8.2.3 Eignung für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards

Eine wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards erfordert ein gutes A/V-Verhältnis, eine günstige Orientierung und eine geringe winterliche Verschattung der Hauptfassaden. Werden diese Kriterien berücksichtigt, ergibt sich die in Abb. 135 dargestellte Bewertung für eine wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards. Falls im Rahmen der weiteren Gebäudeplanung das tatsächliche A/V-Verhältnis dem idealtypischen möglichst nahe kommt, können fast alle Geschosswohnungsbauten aufgrund der günstigen Verschattungssituation mit begrenztem Aufwand bei der Wärmedämmung als Passivhäuser realisiert werden.

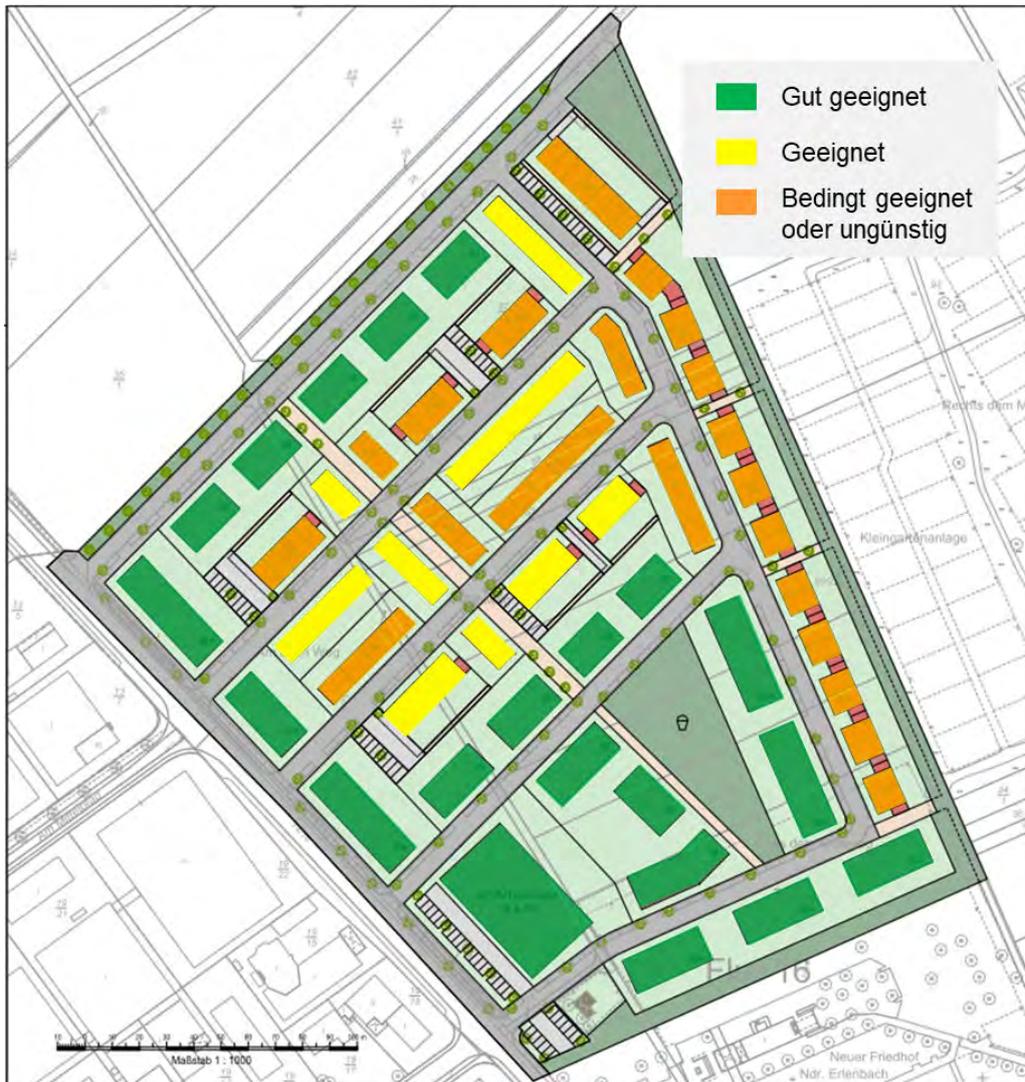


Abb. 135: Darstellung der Eignung der einzelnen Baukörper für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards

Dagegen stellt sich die Situation bei den Einfamilienhäusern weniger günstig dar. Bei ihnen spielt die Orientierung der Hauptfassade (d.h. der Fassade mit dem höchsten Fensterflächenanteil) eine wesentliche Rolle. Üblicherweise ist die Hauptfassade nicht der Straße sondern dem Garten zugewandt. Für eine Vielzahl der in Abb. 135 orange eingefärbten Doppel- oder Reihenhäuser ergibt sich daher entsprechend ihrer Orientierung und ihrer Anordnung zur Straße eine nach Nordwesten oder Nordosten ausgerichtete Hauptfassade. Solche Gebäude können nur schwerlich als Passivhaus ausgeführt werden.

Die Problematik könnte z.B. dadurch reduziert werden, dass die Häuser mehr von der Straße abgerückt werden und sich der Garten damit südwestlich bzw. südöstlich zwischen Straße und Haus befindet.

## 8.3 Energiebedarfsprognose

Basierend auf den bereits dargestellten Energiekennwerten und der konzipierten Bebauung wurden mittels der abgeschätzten Energiebezugsfläche der Gebäude der Wärme-, Kälte- und Strombedarf für das gesamte Gebiet hochgerechnet. Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tab. 116 zu finden.

Tab. 116: Übersicht des prognostizierten Energiebedarfs für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>2</sup>
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
<b>Wärmebedarf<sup>3</sup> in MWh/a</b>	<b>2.660</b>	<b>2.210</b>	<b>1.600</b>	<b>2.000</b>
bez. auf EBF <sup>4</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	72	60	43	54
bez. auf NBL <sup>5</sup> in MWh/(ha a)	598	497	360	450
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	3.006	2.497	1.808	2.260
<b>Strombedarf<sup>6</sup> in MWh/a</b>	<b>1.070</b>	<b>1.060</b>	<b>1.160</b>	<b>1.100</b>
bez. auf EBF <sup>4</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	29	29	32	30
bez. auf NBL <sup>5</sup> in MWh/(ha a)	241	238	261	247
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	1.209	1.202	1.318	1.240
<b>Ges. Energiebedarf in MWh/a</b>	<b>3.730</b>	<b>3.270</b>	<b>2.760</b>	<b>3.100</b>
rel. Anteil Wärmebedarf	71%	68%	58%	65%
rel. Anteil Strombedarf	29%	32%	42%	35%

- 1) Passivhaus-Gebäudehülle bei Mehrfamilienhäusern etwa wie KfW-EH 55, bei Reihenhäusern und Doppelhäusern etwa wie KfW-EH 40.
- 2) Frankfurter Mix bedeutet 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, restl. Gebäude als KfW-EH 55.
- 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. Zusätzlich wurde der Strombedarf für Raumkühlung mit eingerechnet.

### 8.3.1 Wärmebedarf

Die Aufteilung des prognostizierten Wärmebedarfs ist in Tab. 117 gezeigt. Im geplanten Neubaugebiet wurde kein Bedarf an Prozesswärme identifiziert. Detaillierte Angaben zum prognostizierten Wärmebedarf für Raumheizung und Trinkwasserbereitung sind in Tab. 118 aufgeführt.

Tab. 117: Übersicht des prognostizierten Wärmebedarfs für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf der vorherigen Seite.)

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	2.660	2.210	1.600	2.000
Relativ zu EnEV 2016	100%	83%	60%	75%
Anteil Warmwasser	33%	40%	55%	44%
Wärmebedarf Prozesswärme in MWh/a	0			
Anteil am ges. Bedarf	0%	0%	0%	0%
<b>Gesamter Wärmebedarf in MWh/a</b>	<b>2.660</b>	<b>2.210</b>	<b>1.600</b>	<b>2.000</b>

Tab. 118: Prognostizierte Wärmeabgabe an Gebäude sowie die entsprechende Wärmeleistung für das für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

		Raumheizung				Warmwasser	
		EnEV16	EH 55	PH	Ffm.-Mix	ohne th. Solaranl.	mit th. Solaranl.
<b>Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude nach Nutzung</b>							
Wohnen	MWh/a	1.700	1.270	690	1.100	870	480
Kita u. Sporthalle	MWh/a	80	60	30	30	10	10
<b>Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude für das geplante Quartier</b>							
<b>Ges. Quartier</b>	<b>MWh/a</b>	<b>1.780</b>	<b>1.330</b>	<b>720</b>	<b>1.130</b>	<b>880</b>	<b>490</b>
bez. auf EBF	kWh/(m <sup>2</sup> a)	48,4	36,2	19,6	30,7	23,9	13,3
Prozentual	-	100%	75%	40%	63%	100%	56%
<b>Kumulierte Wärmeleistungen* für das geplante Quartier</b>							
<b>Ges. Quartier</b>	<b>kW</b>	<b>1.540</b>	<b>1.280</b>	<b>870</b>	<b>1.150</b>	<b>1.720</b>	
Prozentual	-	100%	83%	56%	75%		

\* 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.

### 8.3.2 Kältebedarf

Für das Gebiet wurde ein geringer Kältebedarf zur Raumkühlung von ca. 37 MWh/a (Nutzenergieabgabe an die Gebäude) prognostiziert, welcher voraussichtlich durch

gebäude- oder wohnungszentrale Kälteanlagen gedeckt werden wird. Der resultierende Strombedarf wurde im nachfolgenden Abschnitt mit eingerechnet. Im geplanten Neubaugebiet wurde kein Bedarf an Prozesskälte identifiziert.

### 8.3.3 Strombedarf

Eine Übersicht des für das Gebiet prognostizierten Strombedarfs ist in Tab. 119 und Tab. 120 gezeigt.

Tab. 119: Übersicht des prognostizierten Strombedarfs für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.  
(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf den vorherigen Seiten.)

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
(Hilfs-) Strombedarf TGA in MWh/a	89	83	185	116
Relativ zu EnEV 2016	100%	93%	208%	130%
Strombedarf für Nutzung* in MWh/a	857			
Strombedarf für E-Mobilität in MWh/a	124			
<b>Gesamter Strombedarf in MWh/a</b>	<b>1.070</b>	<b>1.064</b>	<b>1.166</b>	<b>1.097</b>
Anteil TGA	8%	8%	16%	11%
Anteil Nutzung	80%	81%	73%	78%
Anteil E-Mobilität	12%	12%	11%	11%

\* Strombedarf für Nutzung der Gebäude inkl. Allgemeinstrom und Straßenbeleuchtung

Tab. 120: Aufteilung des prognostizierter Strombedarfs für Nutzung (Haushalte, Kita etc.) und E-Mobilität für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

		Strom für Nutzung	Strom für E-Mobilität
Haushalte	MWh/a	821	120
GHD	MWh/a	0	0
Öffentlich	MWh/a	37	4
Industrie	MWh/a	0	0
<b>Ges. Quartier</b>	<b>MWh/a</b>	<b>858</b>	<b>124</b>
bez. auf WF/NRF	kWh/(m <sup>2</sup> a)	23,3	3,4

## 8.4 Verfügbare Energieträger und lokale Potenziale

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

### 8.4.1 Elektrizität und Erdgas

Es wird davon ausgegangen, 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.

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 davon ausgegangen, 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.

Nieder-Erlenbach ist seit 1976 an das Frankfurter Erdgasnetz angeschlossen.

### 8.4.2 Fernwärme

Es wird davon ausgegangen, dass ein Anschluss des Gebiets an das bestehende Fernwärmeverbundsystem nicht möglich ist.

Etwa 300 m südwestlich des Baugebiets (Wohngebiet Kurmarkstraße) befindet sich bereits ein Nahwärmenetz der Mainova AG mit einem Holzpellet-Kessel für 86 Abnehmer (Reihenhäuser). Die Option des Anschlusses des Neubaugebiets Südl. Am Riedsteg an dieses Netz erscheint aus mehreren Gründen nicht sinnvoll. Zum einen müsste eine relativ lange Verbindungstrasse errichtet werden, was zu erheblichen Zusatz-Investitionen führen würde. Zum anderen müsste vermutlich ein Anbau an die bestehende Heizzentrale errichtet werden, wodurch gegenüber einer neuen Heizzentrale kaum Investitionen vermieden würden. Darüber hinaus steht den Luftbildern nach vor Ort keine Fläche für einen solchen Anbau zur Verfügung.

### 8.4.3 Biomasse

Es wird davon ausgegangen, dass eine Versorgung des Gebiets mit Hackschnitzeln aus der Region möglich ist. Diese werden jedoch nicht als lokales Potenzial behandelt.

Generell soll die Biomasse-Verbrennung in Frankfurt zukünftig nicht mehr zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. In weniger dicht bebauten Stadtrandgebieten, in denen die negativen Aspekte der Biomasse-Verbrennung (lokale Emissionen, Lieferverkehr, Platzbedarf) nicht so schwer wiegen, wie in sehr dicht bebauten Innenstadtbereichen, deren Energiebedarf vergleichsweise gering ist und wo keine Möglichkeit zum Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem besteht, wird die Biomasse-Verbrennung dennoch als (Übergangs-) Option mit geringen Treibhausgas-Emissionen betrachtet.

#### 8.4.4 Abwärme

Potenziale zur Abwärmenutzung im Umfeld des Gebiets gibt es laut dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt nicht.

Bei Realisierung eines „kalten“ Nahwärmenetzes ist die Möglichkeit zu prüfen, ob Betriebe im benachbarten Gewerbegebiet das Wärmenetz als Wärmesenke für Kühlprozesse nutzen können und damit Abwärme zur Wärmeversorgung der Wohngebäude beitragen können.

#### 8.4.5 Erdwärme

Es wird davon ausgegangen, dass eine flächendeckende Erschließung des Gebiets mit Erdwärmekollektoren oder deren kompakteren Varianten genehmigungsfähig ist (ggf. unter Auflagen) und damit der Wärmebedarf größtenteils oder vollständig gedeckt werden kann. Auch landwirtschaftliche Flächen im Norden/Nordwesten des B-Plan-Gebiets kommen dazu in Frage (Stichwort „Agrothermie“). Allerdings handelt es sich bei diesen Flächen zum Teil um potenzielles Bauerwartungsland.

Laut dem Fachinformationssystem „Grund- und Trinkwasserschutz Hessen“ des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ist das Plangebiet auf Grund seiner Lage in einem Heilquellenschutzgebiet (WSG IIIB, HQSG III/2) als „wasserwirtschaftlich ungünstig“ eingestuft. Damit ist die Errichtung von Erdwärmesonden oder Brunnenanlagen zwar nicht ausgeschlossen, jedoch wird die Genehmigung einer flächendeckenden Erschließung mit diesen Anlagen als unwahrscheinlich betrachtet. Davon nicht betroffen sind Anlagen zur Erdwärmenutzung, welche in einer Tiefe von maximal drei Metern bzw. in einem Abstand von mind. einem Meter zum höchsten Grundwasserstand installiert werden. In Frage kommen dazu Erdwärmekollektoren und deren kompaktere Varianten wie Erdwärmekörbe und Spiral- oder Schneckensonden. Für die Installation von Erdwärmekollektoren und deren Varianten kommen nachfolgende Flächen in Frage.

Potenzielle Flächen innerhalb des B-Plan-Gebiets:	30.800	m <sup>2</sup> .
Darin enthalten sind:		
Flächen der Grundstücke*	24.450	m <sup>2</sup> ,
Grünflächen östl./südl. Gebietsrand	4.150	m <sup>2</sup> ,
Grünfläche / öffentlicher Park	2.200	m <sup>2</sup> .
Potenzielle Flächen außerhalb des B-Plan-Gebiets	33.300	m <sup>2</sup> .
Darin enthalten sind:		
Ausgleichsfl. nordöstl. des Gebiets	13.000	m <sup>2</sup> ,
Landwirtschaftliche Flächen nördl. des Gebiets	20.300	m <sup>2</sup> .

\* Bei den Grundstücken wurde davon ausgegangen, dass 85 % der nicht mit den geplanten Gebäuden überbauten Flächen für die Installation von Erdwärmekollektoren genutzt werden kann.

Im Hinblick auf die Eigenschaften des Erdreichs sind laut dem Fachinformationssystem „Geologie Viewet Hessen“ des HLNUG auf etwa zwei Drittel der Fläche Auensediment mit Lehm, Sand und Kies und auf etwa einem Drittel der Fläche Fließerde mit Ton, Schluff, Grus und Sand anzutreffen. Nachfolgende Abb. 136 zeigt eine Gegenüberstellung vom Bedarf der geplanten Gebäude für unterschiedliche Energiestandards und den Erzeugungspotenzialen einer Wärmeversorgung mit Wärmepumpen und Erdwärmekollektoren. Für die gebäude-/blockzentrale Variante (ohne „kaltes“ Nahwärmenetz) werden nur Flächen auf den jeweiligen Grundstücken der Gebäude genutzt, für die gebietszentrale Variante (mit „kaltem“ Nahwärmenetz) werden auch die öffentlichen Grünflächen des Gebiets genutzt oder alternativ unbebaute Flächen in der direkten Nachbarschaft des Gebiets.

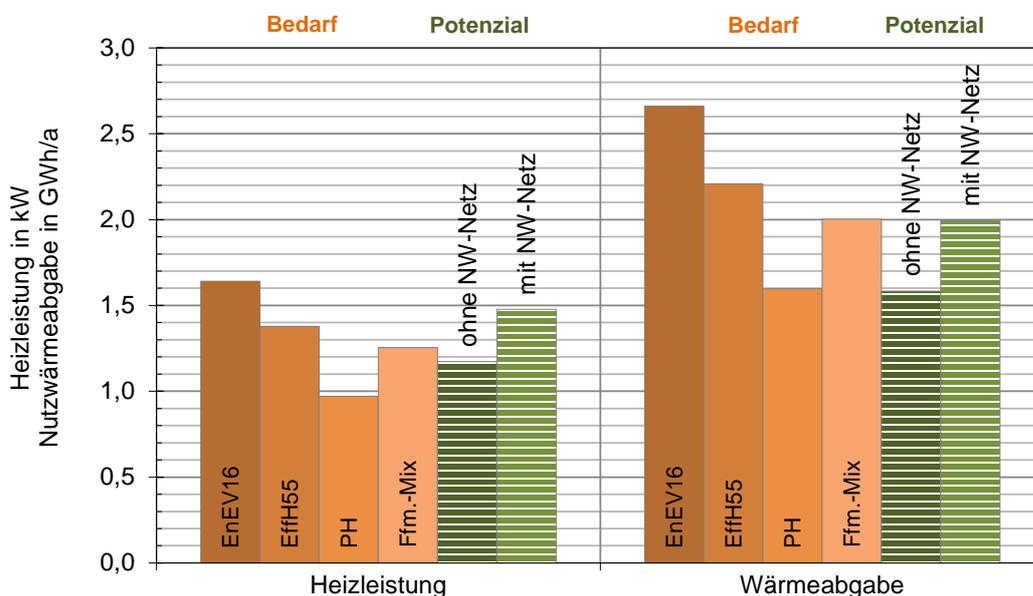


Abb. 136: Gegenüberstellung von Bedarf der geplanten Gebäude und Erzeugungspotenzialen einer Wärmeversorgung mit Wärmepumpen und Erdwärmekollektoren (EWK-WP) auf Flächen innerhalb des B-Plan-Gebiets Süd. Am Riedsteg mit/ohne „kaltes“ Nahwärmenetz.

Aus der Abschätzung der Potenziale ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Eine monovalente Wärmeversorgung des Gebiets mit Erdwärmepumpen und Erdwärmekollektoren als Wärmequelle erscheint aus energetischer Sicht möglich. Sofern wie angenommen 30 % der Geschossfläche als Mehrfamilienhäuser im Passivhaus-Standard und die restlichen Gebäude im KfW-Effizienzhaus 55-Standard errichtet werden (Frankfurter Standard-Mix), kommt eine Wärmeversorgung mit „kaltem“ Nahwärmenetz und gebäude-/blockzentrale Wärmepumpen in Frage, bei der insgesamt etwa 3 ha unbebauter Fläche mit Erdwärmekollektoren erschlossen werden.
  - Beispielsweise alle nicht bebauten Grundstücksflächen und zusätzlich die öffentlichen Grünflächen des Gebiets,
  - und/oder Landwirtschafts- bzw. Ausgleichsflächen in direkter Nachbarschaft des Gebiets (Stichwort „Agrothermie“).
- Falls eine Realisierung aller Gebäude im Passivhaus-Standard bzw. KfW-Effizienzhaus 40 Plus Standard umgesetzt werden kann, ist aus energetischer Sicht auch eine Wärmeversorgung der Gebäude mit Wärmepumpe ohne Wärmenetz denkbar, bei der jeweils die nicht bebaute Grundstücksfläche des Gebäudes mit Erdwärmekollektoren erschlossen wird und gegebenenfalls eine Regeneration mit solarthermischen Kollektoren vorgesehen wird.

## 8.4.6 Solarenergie

### Verfügbare Flächen

Basierend auf der vorläufigen Berechnung der Grundflächen der Gebäude wurden folgende potenzielle Dachflächen zur Solarenergiegewinnung geschätzt.

<b>Brutto-Dachflächen der Wohngebäude*:</b>	<b>11.790</b>	<b>m<sup>2</sup>.</b>
Darin enthalten sind:	Mehrfamilienhäuser	6.580 m <sup>2</sup> ,
	Reihenhäuser	3.620 m <sup>2</sup> ,
	Doppelhäuser	1.590 m <sup>2</sup> .
<b>Brutto-Dachflächen der öffentlichen Gebäude:</b>	<b>1.500</b>	<b>m<sup>2</sup>.</b>
Darin enthalten sind:	Kita/Sporthalle	1.500 m <sup>2</sup> .

\* Bei Staffelgeschossen nur Fläche der Geschosdecke derselben.

### Potenziale

Folgende Annahmen wurden für die Abschätzung der Potenziale zur Solarenergiegewinnung getroffen:

- Alle Gebäude haben Flachdächer, welche extensiv begrünt werden sollen, aus diesem Grund kommt bei Photovoltaikmodulen nur eine einreihige Belegung möglichst mit Süd-Orientierung in Frage.

- Zur Ermittlung der für die Solarenergiegewinnung nutzbaren Nettoflächen nach Abzug von nicht nutzbaren Anteilen für Schächte, Fenster/Oberlichter, Randabständen etc. werden die Annahmen in Abs. I verwendet.
- Die installierbaren Module/Kollektoren auf den Doppelhäusern haben eine Süd-Ost-Orientierung, die auf der Kita eine Süd-West-Orientierung. Bei allen Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern hat die Hälfte der installierbaren Module/Kollektoren eine Süd-Ost-Orientierung, die andere Hälfte eine Süd-West-Orientierung.

Die resultierenden Strom-Erzeugungspotenziale, wenn alle Dachflächen mit Photovoltaikmodulen belegt werden, sind in Tab. 121 aufgeführt.

Tab. 121: Geschätzte Generatorflächen und Strom-Erzeugungspotenziale mit Photovoltaik-Anlagen für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

	MFH	RH	DH	Kita/ Sporthalle	Gesamt
<b>Brutto-Dachfläche in m<sup>2</sup></b>	6.580	3.620	1.590	1.500	<b>13.290</b>
PV-Modulfläche in m <sup>2</sup>	1.800	990	440	410	3.640
Peakleistung in kW	300	160	70	70	600
<b>Stromertrag in MWh/a</b>	282	155	71	62	<b>570</b>

Die resultierenden Strom- und Wärme-Erzeugungspotenziale, wenn ein Teil der Dachflächen mit Sonnenkollektoren zur solaren Trinkwassererwärmung und der restliche Teil zusätzlich mit Photovoltaikmodulen belegt werden, sind in Tab. 122 aufgeführt.

Tab. 122: Abgeschätzte Sonnenkollektor- und PV-Modul-Flächen sowie die entsprechenden Wärme- und Strom-Erzeugungspotenziale mit Solarthermie-Anlagen zur Trinkwassererwärmung und zusätzlich Photovoltaik-Anlagen zur Stromerzeugung für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

	MFH	RH	DH	Kita/ Sporthalle	Gesamt
<b>Brutto-Dachfläche in m<sup>2</sup></b>	6.580	3.620	1.590	1.500	<b>13.290</b>
Kollektorfläche in m <sup>2</sup>	530	320	140	10	1.000
Spez. Ertrag in kWh/(m <sup>2</sup> a)	400	400	400	400	400
<b>Wärmeertrag in MWh/a</b>	212	128	56	4	<b>400</b>
PV-Modulfläche in m <sup>2</sup>	1.190	630	280	400	2.500
Peakleistung in kW	200	100	50	70	420
<b>Stromertrag in MWh/a</b>	187	98	45	60	<b>390</b>

## 8.5 Betrachtete Versorgungsvarianten

Neben einer Referenzvariante wurden – abgestimmt auf die lokalen Potenziale erneuerbarer Energie und die verfügbaren leitungsgebundenen Energieträger – verschiedene Versorgungsvarianten für das Gebiet untersucht. In Tab. 123 und Tab. 124 ist eine Übersicht der betrachteten Varianten zu finden. In diesem Abschnitt werden die technischen Details der Varianten näher erläutert. Mit Ausnahme der Referenzvariante gilt für alle Varianten, dass die nicht zur Wärmeversorgung belegten Dachflächen mit Photovoltaikmodulen belegt werden.

Tab. 123: Übersicht der gebäude-/blockzentralen Varianten der Wärmeversorgung für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

Akronym	Kurzbeschreibung	VL/RL in °C	Bemerkungen
Gas-BWK +ST	Gas-Brennwertkessel u. Solarthermie	65/45	Referenzvariante mit solarthermischer Anlage zur Trinkwassererwärmung
EWK-WP	Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor	55/35	Erdwärmennutzung auf Grundstücksflächen, Gebäude in PH-Standard mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung

Tab. 124: Übersicht der gebietszentralen Varianten der Wärmeversorgung für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

Akronym	Kurzbeschreibung	Netztemp. 3.L/VL/RL in °C	Bemerkungen
NW EWK-WP	„Kaltes“ Nahwärmenetz mit Erdwärmekollektoren und gebäude-/blockzentralen Wärmepumpen	10/5	Erdwärmennutzung auf Flächen innerhalb u./o. außerhalb des Gebiets, Gebäude mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung
NW Holz +ST	gebietszentrale Holzfeuerung mit Solarthermie und Gas-SPK	75/50	Vakuümrohrenkollektoren auf Kita und benachbarten MFH

### 8.5.1 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.  
(mit Anteil an Wärme) 12 % solarthermische Anlage zur WW-Bereitung

**Wärmenetz:** nicht benötigt.

<b>Heizraum:</b>	integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.
Platzbedarf:	übliche Abmessungen für Gebäude / Block.
<b>Sonstige Anforderungen:</b>	Gebäudehülle und -technik müssen mindestens den Anforderungen an ein KfW Effizienzhaus 55 entsprechen, alle anderen effizienzsteigernden Maßnahmen sind optional.
<b>Zukunftsperspektive:</b>	Keine.

### 8.5.2 Variante „EWK-WP“: Wärmepumpen mit Erdwärmekollektoren

Gebäudezentrale bzw. blockzentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen versorgen die Gebäude / Blöcke monovalent mit Wärme. Voraussetzung für diese Variante ist eine Realisierung aller Gebäude im Passivhaus- bzw. KfW-Effizienzhaus 40 Plus Standard. Detailliertere Information zu der Versorgungsvariante sind nachfolgend aufgeführt.

<b>Wärmeerzeugung:</b>	100 % Sole/Wasser-Wärmepumpen.
Wärmequelle:	Erdwärmekollektoren auf den unbebauten Flächen der einzelnen Geb. / Blöcke (ges. Fläche ca. 24,5 ha) und ggf. Solarabsorber.
<b>Wärmenetz:</b>	nicht benötigt bzw. nur zur Unterverteilung im Block.
<b>Heizraum:</b>	integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.
Platzbedarf:	übliche Abmessungen für Gebäude / Block.
<b>Sonstige Anforderungen:</b>	Gebäudehülle und -technik entsprechen dem Passivhaus bzw. KfW-EH 40 Plus, Nieder-Temperatur-Wärmeverteilung mit Flächenheizung und wohnungsweise Übergabestationen in Mehrfamilienhäusern.

### 8.5.3 Variante „NW EWK-WP“: Wärmepumpen mit „kaltem“ Nahwärmenetz

Gebäude- bzw. blockzentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen versorgen die Gebäude/ Blöcke monovalent mit Wärme. Als Wärmequelle dient ein „kaltes“ Nahwärmenetz, welches durch Erdwärmekollektoren gespeist wird. Eine schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Wärmenetzes sowie potenzieller Flächen für

Erdwärmekollektoren außerhalb des B-Plan-Gebiets ist in



Abb. 137 gezeigt.



Abb. 137: Schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs sowie potenzieller Flächen für Erdwärmekollektoren der Variante „NW EWK-WP“ für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

Detailliertere Information zu der Versorgungsvariante sind nachfolgend aufgeführt:

<b>Wärmeerzeugung:</b>	100 % Sole/Wasser-Wärmepumpen.
Wärmequelle:	„kaltes“ Nahwärmenetz mit Erdwärmekollektoren (insges. ca. 3 ha auf unbebauten Flächen innerhalb und/oder in direkter Nachbarschaft des Gebiets).
<b>Wärmenetz:</b>	2-Leiter Wärmenetz (Kunststoffrohr),
Vor-/Rücklauftemperatur	10 °C / 5 °C,
Trassenlänge	ca. 1,4 km Verteilnetz,
Hausanschlüsse	122 Anschlüsse, insges. ca. 0,5 km Trasse,
<b>Heizraum:</b>	integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.

Platzbedarf: übliche Abmessungen für Gebäude / Block.

**Sonstige Anforderungen:** Gebäudehülle und -technik entsprechen dem Frankfurter Mix (70 % der Geschossfläche als KfW-EH 55 und 30 % als Passivhaus), Nieder-Temperatur-Wärmeverteilung mit Flächenheizung und wohnungsweise Übergabestationen in Mehrfamilienhäusern.

#### 8.5.4 Variante „NW Holz+ST“: Holzfeuerung und Solarthermie

Ein Holzhackschnitzel-Kessel versorgt von einer Nahwärmezentrale aus über ein Wärmenetz alle Abnehmer mit Wärme. Zentral eingebundene Vakuumröhrenkollektoren reduzieren den Brennstoffbedarf und ermöglichen die Abschaltung des Hackschnitzel-Kessels in den Sommermonaten. In Abb. 138 ist eine schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Wärmenetzes sowie der Lage der Heizzentrale und der Kollektorfelder gezeigt.

Detailliertere Information zu der Versorgungsvariante sind hier aufgeführt:

**Wärmeerzeugung:** 75 % Holzhackschnitzel-Kessel,  
(jew. mit Anteil an der ges. Wärmeabgabe) 15 % Vakuumröhrenkollektoren (ca. 740 m<sup>2</sup> auf Kita/Sporthalle und umliegenden Gebäuden),  
10 % Erdgas-Spitzenlastkessel.

**Wärmenetz:** 2-Leiter Wärmenetz (Kunststoffmantelrohr).  
Vor-/Rücklauftemperatur: 75 °C / 50 °C,  
Trassenlänge: ca. 1,3 km Verteilnetz,  
Hausanschlüsse: 122 Anschlüsse, insges. ca. 0,5 km Trasse.

**Nahwärmezentrale:** idealerweise integriert in Kita/Sporthalle.  
Platzbedarf Heizraum: ca. 12 m x 9 m x mind. 4 m (L x B x H)  
Platzbedarf Brennstofflager: ca. 7 m x 7 m x 5 m (L x B x H)  
Häufigkeit Anlieferung: ca. 20 Mal pro Jahr

**Sonstige Anforderungen:** Keine, Gebäudehülle und -technik gemäß den Mindestanforderungen des gewünschten Energiestandards.

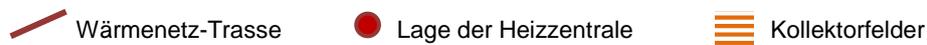
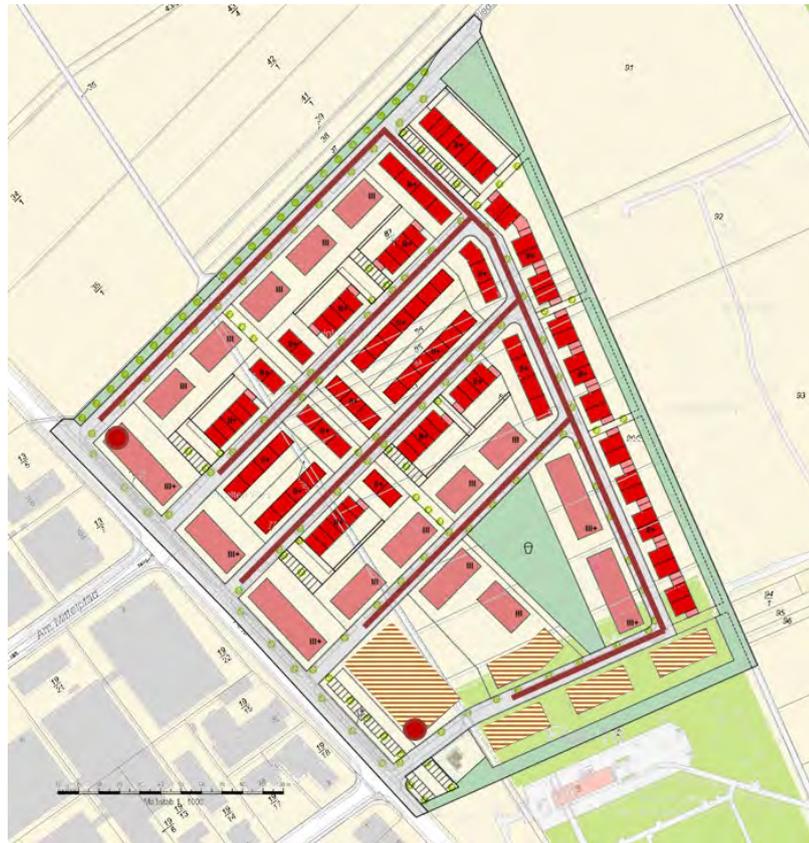


Abb. 138: Schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs sowie der Lage der Heizzentrale und der Kollektorfelder der Variante „NW Holz+ST“ für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

## 8.6 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen

In Tab. 125 ist eine Übersicht der Prognose-Ergebnisse für den Energieeinsatz, die Deckungsanteile lokaler erneuerbarer Energien sowie den Endenergiebedarf der betrachteten Varianten der Wärmeversorgung gegeben. Eine Gegenüberstellung von Energiebedarf, Energieeinsatz und lokaler Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist in Abb. 139 zu finden. Die prognostizierten resultierenden Treibhausgas-Emissionen sind für unterschiedliche Bezugsjahre in Tab. 126 bzw. Abb. 140 dargestellt.

Tab. 125: Prognose der endenergiebasierten Territorialbilanz von Energieeinsatz und Endenergie für Wärme-, Kälte-, und Stromversorgung des Gebiets Südl. Am Riedsteg.

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK+ST	NW Holz+ST	NW Holz+ST	NW EWK-WP	EWK-WP
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	EnEV16	Ffm.-Mix <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>1</sup>	PH <sup>2</sup>
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Mix	Mix	Zu-/Abluft mit WRG
Energiebedarf <sup>3</sup> in MWh/a	3.300	3.760	3.130	3.130	2.790
Energieeinsatz <sup>4</sup> in MWh/a	= 3.370	4.460	3.720	3.140	2.790
davon Wärme aus lok. ern. Energien <sup>5</sup> in MWh/a	+ 430	480	380	1.490	1.170
davon Strom aus lok. ern. Energien <sup>5</sup> in MWh/a	+ 0	330	330	440	450
Autarkiegrad an lokalen (erneuerbaren) Energien <sup>5,6</sup>	13%	18%	19%	61%	58%
zusätzl. in Stromnetz eingesp. lok. ern. Energien in MWh/a	0	110	110	130	120
davon Endenergiebedarf von ext. Quellen in MWh/a	+ 2.940	3.650	3.010	1.210	1.170
bez. auf EBF <sup>7</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	80	99	82	33	32
bez. auf NBL <sup>8</sup> in MWh/(ha a)	661	821	677	272	263
bez. auf Einw. in kWh/(EW a)	3.322	4.124	3.401	1.367	1.322
anteilig bez. auf Referenz	100%	124%	102%	41%	40%
bez. auf Energiebedarf	0,89	0,97	0,96	0,39	0,42

- 1) Frankfurter Mix (Ffm.-Mix) bedeutet: 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, restliche Gebäude haben KfW-EH 55-Hülle und Abluftanlage.
- 2) Passivhaus-Gebäudehülle der Mehrfamilienhäuser etwa wie KfW-EH 55, der Reihenhäuser/Doppelhäuser etwa wie KfW-EH 40.
- 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) Holz wird nicht als lokaler erneuerbarer 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.

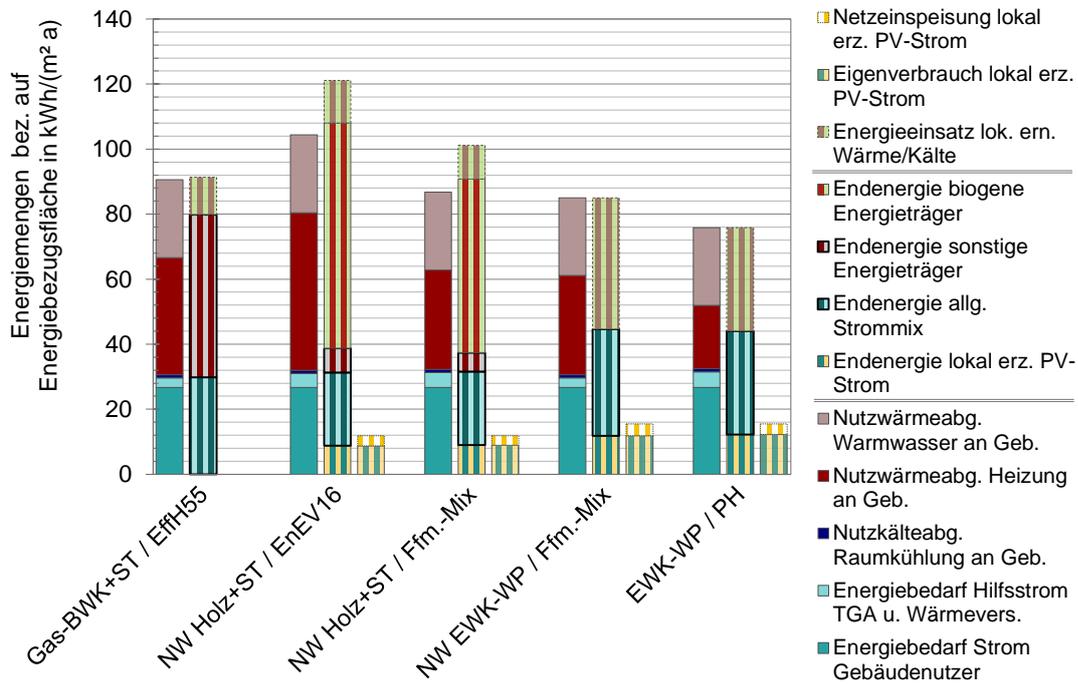


Abb. 139: Prognostizierte Energiebilanz der relevanten Energiemengen für unterschiedliche Versorgungsvarianten für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

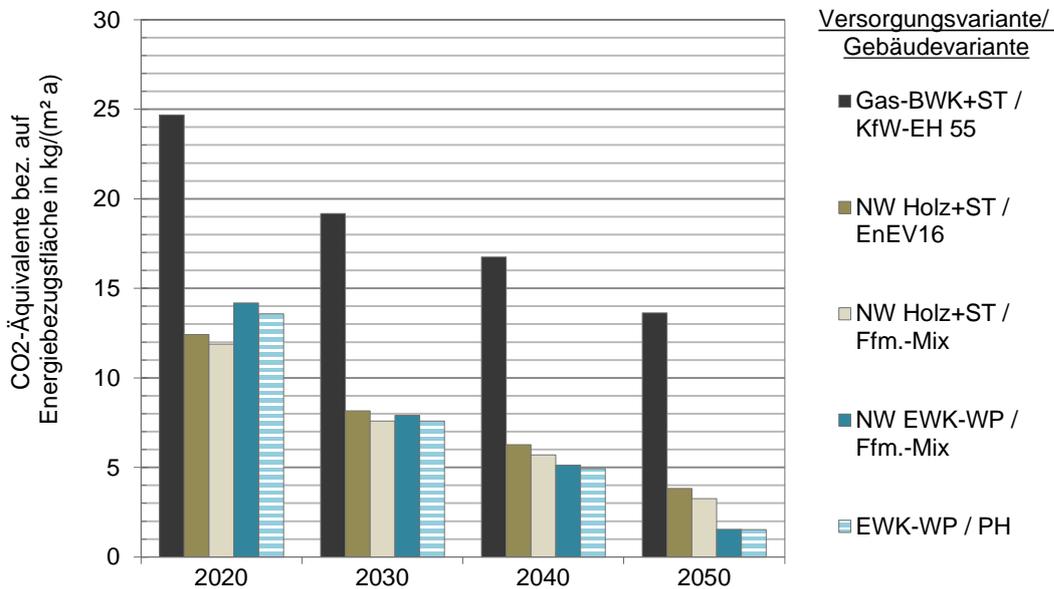


Abb. 140: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für Wärme- und Stromversorgung für unterschiedliche Versorgungsvarianten und Bezugsjahre für das Gebiet Südl. Am Riedsteg (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Tab. 126: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für unterschiedliche Bezugsjahre für das Gebiet Südl. Am Riedsteg (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK+ST	NW Holz+ST	NW Holz+ST	NW EWK-WP	EWK-WP
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	EnEV16	Ffm.-Mix*	Ffm.-Mix*	PH
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Mix	Mix	Zu-/Abluft mit WRG
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2020 in t/a</b>	908	457	437	522	499
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	24,7	12,4	11,9	14,2	13,6
anteilig bez. auf Ref. 2020	100%	50%	48%	57%	55%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2030 in t/a</b>	706	300	279	291	279
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	19,2	8,2	7,6	7,9	7,6
anteilig bez. auf Ref. 2020	78%	33%	31%	32%	31%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2040 in t/a</b>	616	230	209	189	182
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	16,8	6,3	5,7	5,1	4,9
anteilig bez. auf Ref. 2020	68%	25%	23%	21%	20%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2050 in t/a</b>	501	141	120	57	56
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	13,6	3,8	3,3	1,6	1,5
anteilig bez. auf Ref. 2020	55%	16%	13%	6%	6%

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

## 8.7 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.

### 8.7.1 Grundlagen und betrachtete Varianten

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:

<b>Mustergebäude 1:</b>	<b>Doppelhaushälfte mit 1 WE.</b>
Geschosse:	zwei Vollgeschosse plus Staffelgeschoss, mit teilw. beh. Kellergeschoss.
Geschossfläche:	212 m <sup>2</sup> (inkl. Staffel).
Energiebezugsfläche:	170 m <sup>2</sup> (beh. Wohnfläche).
<b>Mustergebäude 2:</b>	<b>Mehrfamilienhaus mit 21 WE.</b>
Geschosse:	drei Vollgeschosse plus Staffelgeschoss, über Tiefgarage.
Geschossfläche:	2.050 m <sup>2</sup> (inkl. Staffel).
Energiebezugsfläche:	1.640 m <sup>2</sup> (beh. Wohnfläche).

Dabei wurden folgende Varianten aus erreichtem Gebäude-Energiestandard und Wärmeversorgung untersucht:

<b>EnEV Gas-BW+ST:</b>	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, dez. Gas-Brennwertkessel, thermische Solaranlage.
<b>EnEV NW Holz+ST:</b>	Gebäudehülle entspr. EnEV, Abluftanlage, Anschluss an Nahwärme mit HHS-Kessel und Solarthermie.
<b>EH55 NW Holz+ST:</b>	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, Anschluss an Nahwärme mit HHS-Kessel und Solarthermie.
<b>EH55 NW EWK-WP:</b>	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, dez. S/W-Wärmepumpe, Anschluss an kalte Nahwärme (Erdwärme).
<b>PH NW Holz+ST:</b>	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, Anschluss an Nahwärme mit HHS-Kessel und Solarthermie.
<b>PH NW EWK-WP:</b>	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, dez. S/W-Wärmepumpe, Anschluss an kalte Nahwärme.
<b>PH EWK-WP:</b>	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, dez. S/W-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektoren.

## 8.7.2 Investitionen aus Nutzersicht

### Doppelhaushälfte

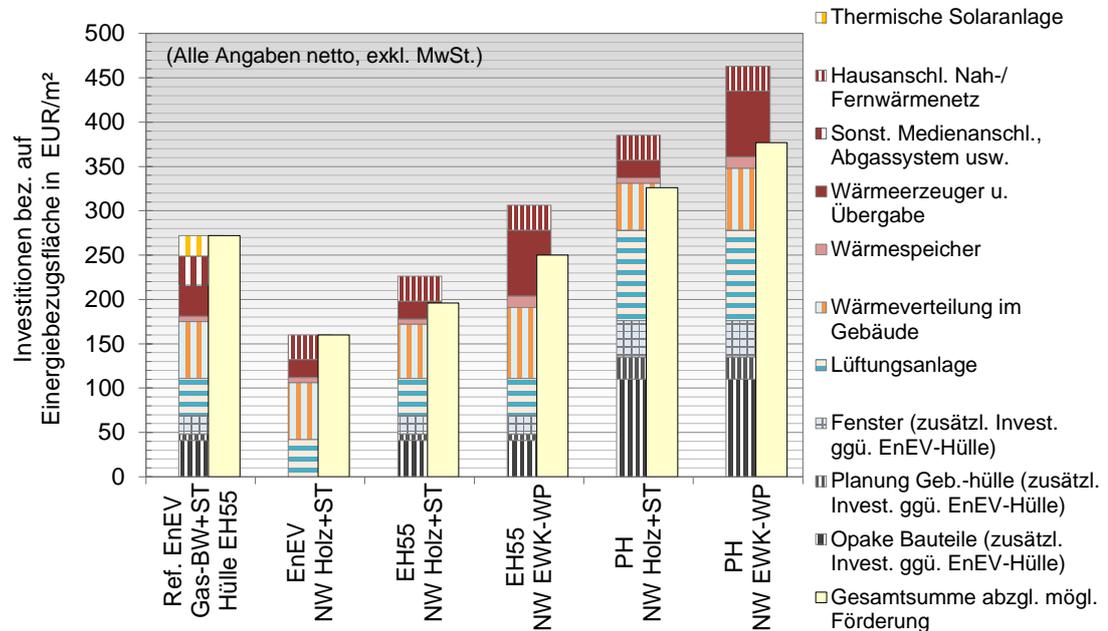


Abb. 141: Investitionen der Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

### Mehrfamilienhaus

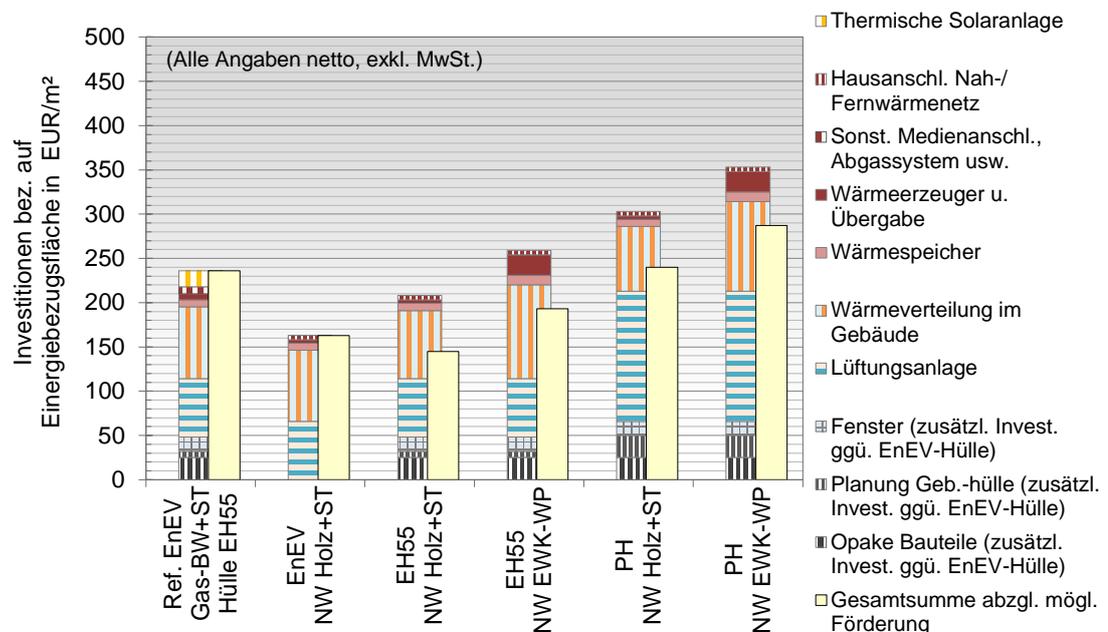


Abb. 142: Investitionen der Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

### 8.7.3 Monatlichen Betriebskosten aus Nutzersicht

#### Doppelhaushälfte

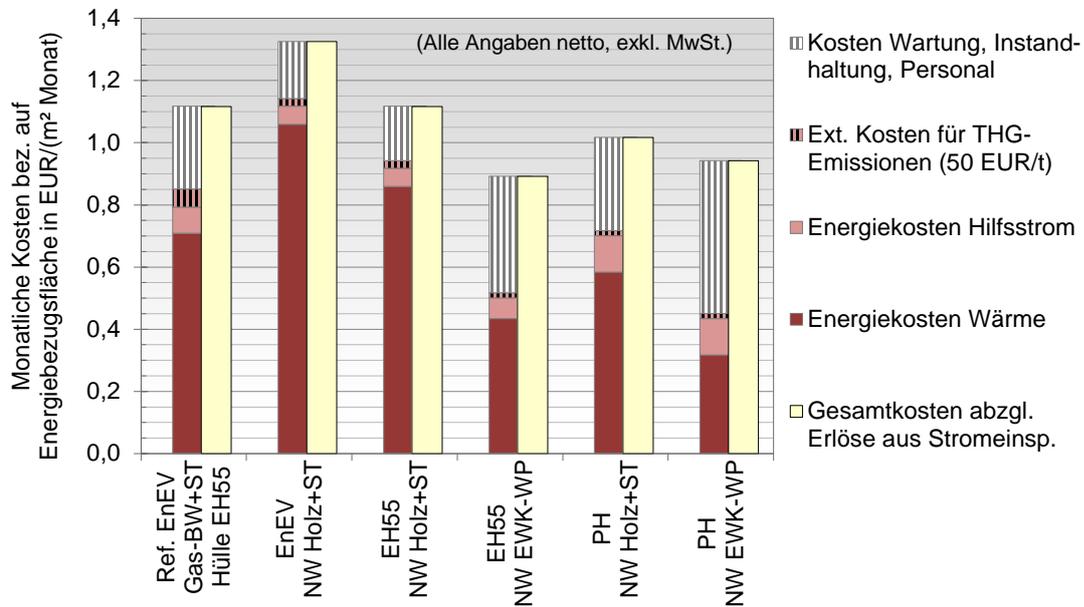


Abb. 143: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

#### Mehrfamilienhaus

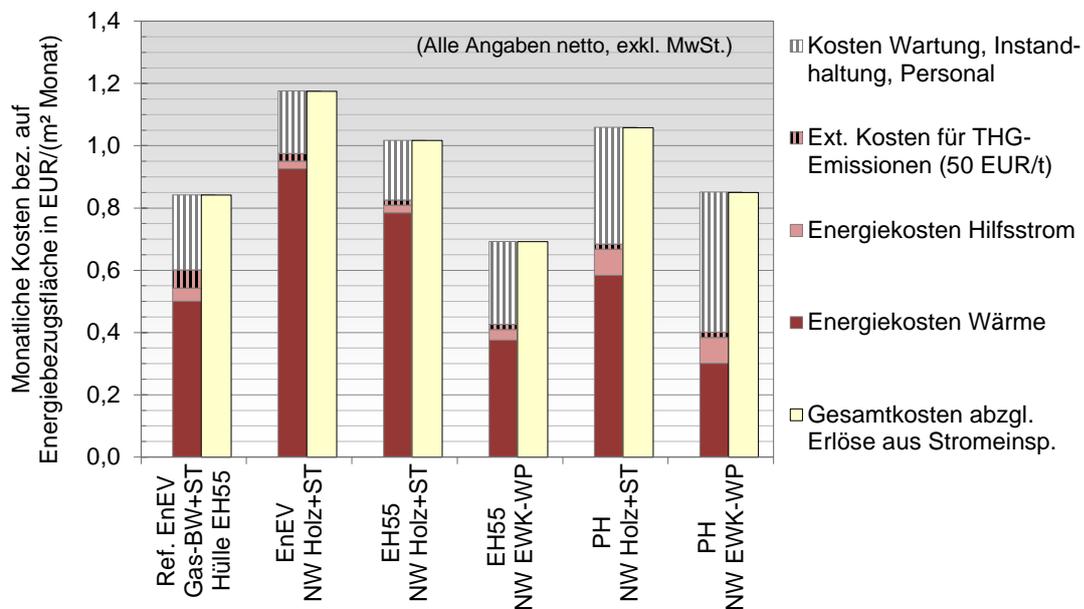


Abb. 144: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

## 8.7.4 Vergleich der Annuitäten aus Nutzersicht

### Doppelhaushälfte

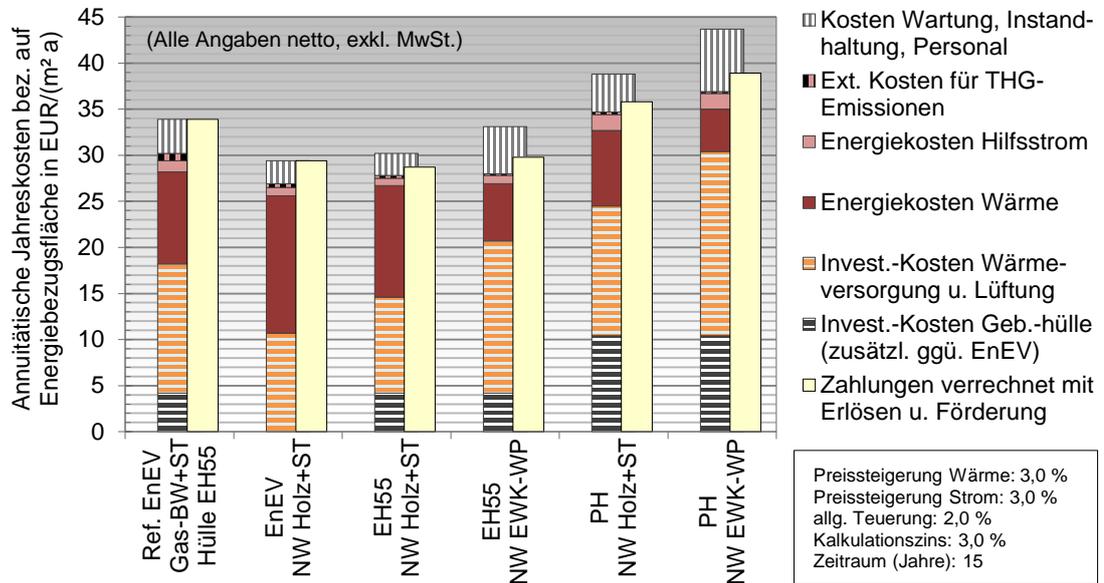


Abb. 145: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

### Mehrfamilienhaus

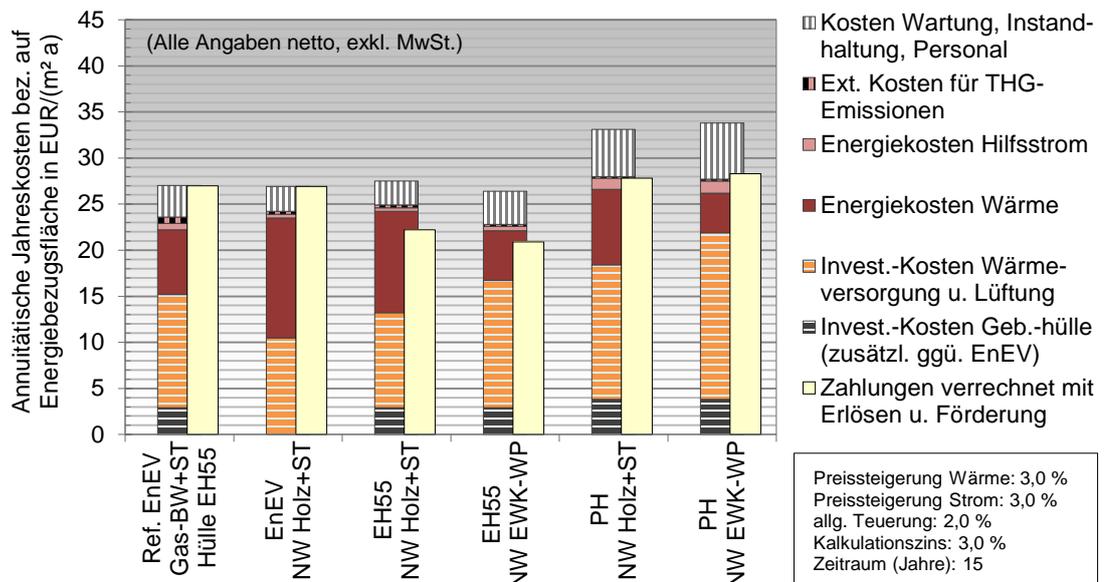


Abb. 146: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Südl. Am Riedsteg.

## 8.7.5 Betrachtung der kommunalen Wertschöpfung

Für die Betrachtung des Einflusses unterschiedlicher Versorgungsvarianten des Gebietes auf die kommunale Wertschöpfung wurden zwei Varianten verglichen. Betrachtet werden wird die Referenzvariante EnEV Gas-BW+ST und PH NW EWK-WP. Hierbei werden die Investitionskosten sowie die jährlichen Betriebskosten der beiden Varianten miteinander verglichen und nach Maßnahmengruppen der kommunalen Wertschöpfung aufgeteilt. Über die kommunalen Umsatzanteile wird ermittelt, welcher Anteil der Kosten der beiden Varianten effektiv in der Region verbleibt. Hierbei ist anzumerken, dass eine teurere Variante natürlich mehr Geld in der Region hinterlässt (bei gleichen regionalen Umsatzanteilen), als eine billigere. Um diesen Effekt auszublenden werden im Folgenden zunächst die regionalen Umsatzanteile der einzelnen Maßnahmengruppen nach der Investitionssumme gewichtet und die verbleibenden mittleren regionalen Umsatzanteile der Investitionskosten und der jährlichen Betriebskosten verglichen:

Tab. 127: Gewichteter, gemittelter regionaler Umsatzanteil Wertschöpfung Am Riedsteg

gewichteter, gemittelter regionaler Umsatzanteil	EnEV Gas-BW+ST Hülle EH55	Ffm.-Mix NW EWK-WP	Differenz
Investitionskosten	72 %	73 %	+ 1 %
Betriebskosten	43 %	68 %	+ 24 %

Bei den Investitionskosten liegen die beiden Varianten eng beieinander. Die Variante PH NW EWK-WP liegt lediglich 1 % höher als die Referenz. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei den regionalen Umsatzanteilen davon ausgegangen wird, dass die in den Gebäuden anfallenden Arbeiten sowie auch die Installation der Solarthermischen Kollektoren und der Erdwärmekollektoren größtenteils von Unternehmen aus der Region geleistet werden. Auch die dafür benötigten Komponenten kommen bei beiden Varianten größtenteils aus der Region. Dadurch ergeben sich bei den Investitionskosten nur sehr geringe Unterschiede, abhängig von der verwendeten Technik. Bei den laufenden Betriebskosten jedoch hat die Variante PH NW EWK-WP einen erhöhten regionalen Umsatzanteil von 68 % gegenüber 43 % der Referenzvariante.

Der in der Region verbleibende Umsatz muss anschließend versteuert werden. Wie viel Geld am Ende wirklich in der Region verbleibt bedarf also weiterer Betrachtungen. Nachfolgend wurde ermittelt wie viel pro investierte Million EUR in der Region verbleibt: Hier schneidet die Variante PH NW EWK-WP mit einem Plus von 55,9 % deutlich besser ab als die Referenz. Dies ist zum einen auf den Vorsprung im regionalen Umsatzanteil zurückzuführen. Zum anderen sind die Betriebskosten der Variante geringer, als diejenigen der Referenz. Gemittelt auf eine Million EUR Investitionskosten bewirkt dies einen weiteren Vorsprung gegenüber der

Referenzvariante. Dazu kommen noch weitere Unterschiede in der Versteuerung, den Arbeitnehmerkosten und Gemeinkostenanteilen der beiden Varianten.

Tab. 128: Kommunale Wertschöpfung Am Riedsteg pro investierte Million

gewichtete Investitionssteigerung	EnEV Gas-BW+ST Hülle EH55	Ffm.-Mix NW EWK- WP	Differenz
Einmaliger Effekt durch Investition	312.000	320.000	+ 2,6 %
jährlicher Effekt durch Betrieb	170.000	265.000	+ 55,9 %

Die kommunale Wertschöpfung aus dem Betrieb der Anlagen wirkt sich auf die Beschäftigung in der Region aus. Im Falle der beiden Varianten für das Gebiet Am Riedsteg bewirkt die kommunale Wertschöpfung aus der Referenzvariante EnEV Gas-BW+ST ein Arbeitsplatzäquivalent von 5,6. Die Variante PH NW EWK-WP bewirkt hingegen ein Arbeitsplatzäquivalent von 9,1 und damit ein Plus von 3,5 gegenüber der Referenz. Durch die Wahl der zweiten Variante können also jährlich 3,5 Arbeitsplätze mehr pro Million Betriebskosten in der Region gehalten, bzw. geschaffen werden.

## 8.8 Fazit und Empfehlungen

Das städtebauliche Konzept für das Gebiet Südlich Am Riedsteg sieht eine Kombination von Doppelhäusern, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern (mit bis zu vier Geschossen) vor. Die Doppelhäuser sind aus energetischer Sicht auf Grund ihrer schlechteren Gebäude-Kompaktheit als ungünstig zu bewerten, wodurch dieser Gebäudetyp für die Realisierung des Passivhaus-Standards am wenigsten gut geeignet ist. Bei Reihenhäusern ist verglichen mit Mehrfamilienhäusern zwar auch ein erhöhter Mehraufwand nötig, jedoch sind Passivhaus-Reihenhäuser bei guter Ausrichtung der Hauptfassade (Süd-West bis Süd bis Süd-Ost), geringer Verschattung und ausreichender Länge der Reihe noch gut darstellbar.

Der zur Konditionierung der Gebäude (Heizung und Kühlung sowie Hilfsstrom) erforderliche Energiebedarf kann mit dem KfW Effizienzhaus 55 Standard um etwa 25 % gegenüber dem EnEV-Standard gesenkt werden, mit dem Passivhaus-Standard sogar um etwa 50 %. Bei gleicher Wärmeversorgung führt dies zu einer signifikanten Reduktion der Betriebskosten. Darüber hinaus sind die energetisch relevanten Investitionen für den KfW Effizienzhaus 55 Standard niedriger als beim EnEV-Standard wenn der Tilgungszuschuss der KfW berücksichtigt wird<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Basierend auf den KfW-Förderbedingungen von 2019. Anfang 2020 wurden die Tilgungszuschüsse deutlich erhöht. Die Aussage gilt nun wahrscheinlich auch für den KfW-Effizienzhaus-40-Standard.

### Empfehlungen zum Städtebau und Gebäude-Energiestandard

- Unter energetischen Gesichtspunkten ist die Zusammenfassung der Doppelhäuser am östlichen Rand des Gebiets zu Reihenhäusern wünschenswert.
- Es wird empfohlen den geförderten Wohnungsbau sowie alle öffentlichen Gebäude entsprechend den Vorgaben der Stadt Frankfurt im Passivhaus-Standard auszuführen.  
Für Mehrfamilienhäuser kann der Passivhaus-Standard bei ausreichender Besonnung mit einer Gebäudehülle entsprechend dem KfW Effizienzhaus 55 Standard und dem Einsatz von Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung erreicht werden. Sollen Reihenhäuser im Passivhaus-Standard erstellt werden, dann bevorzugt solche mit guter Ausrichtung der Hauptfassade, geringer Verschattung und mindestens vier Wohneinheiten in einer Reihe. Die Erreichung des KfW Effizienzhaus 40 Plus Standards sollte in Betracht gezogen werden.
- Für alle anderen Neubauten kann der KfW Effizienzhaus 55 Standard uneingeschränkt empfohlen werden. Dieser ist energetisch, ökologisch und ökonomisch günstiger als der EnEV-Standard.

Die Wärmeversorgung mit kalter Nahwärme aus Erdwärmekollektoren und gebäudezentralen Wärmepumpen kombiniert mit Solarstromerzeugung auf den Dachflächen weist das größte Potenzial zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energieträger auf. Bis zu 61 % der benötigten Energie könnte auf dem Gebiet selbst erzeugt werden. Da die Holzhackschnitzel dem Quartier vollständig von außen zugeführt werden müssen, wird die Herausforderung der klimaschonenden Wärmeversorgung mit dieser Variante größtenteils auf die Stadt bzw. die Region verlagert.

Beide vorgeschlagenen Varianten emittieren heute und in Zukunft signifikant weniger Treibhausgase als die Referenzvariante. Während die Versorgung mit Erdwärme bezogen auf 2020 zwar etwas mehr Treibhausgasemissionen verursachen würde als die Variante mit Holzhackschnitzel, weist die Erdwärmenutzung in der langfristigen Prognose für 2050 das größte Potenzial zur Reduktion der Emissionen auf. Unter der Voraussetzung dass die bundes- bzw. landesweiten Klimaschutzziele für den Strommix erreicht werden, können die Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt für 2050 mit beiden vorgeschlagenen Varianten erreicht oder sogar übertroffen werden. Bei einer gebietszentralen Holzhackschnitzel-Feuerungsanlage ist darüber hinaus zu bedenken, dass diese zusätzliche lokale Immissionen im Quartier verursacht, nicht zuletzt durch die regelmäßige Anlieferung des Brennstoffs mittels LKWs.

Die Nahwärmeversorgung mit Holzhackschnitzel weist die niedrigsten Zusatzinvestitionen auf, was diese Variante aus ökonomischer Sicht für Investoren besonders

attraktiv macht. Allerdings ergeben sich aus Nutzersicht Nachteile gegenüber der Referenzvariante, da die Betriebskosten der Nahwärme deutlich höher ausfallen. Die kalte Nahwärme mit Erdwärmekollektoren und Sole/Wasser-Wärmepumpen erfordert im Gegensatz dazu höhere Zusatzinvestitionen, dafür fallen die Betriebskosten deutlich niedriger aus.

In der nachfolgenden tabellarischen Übersicht sind die Ergebnisse der beiden vorgeschlagenen Wärmeversorgungsvarianten denen Referenzvariante gegenüber gestellt:

Versorgungsvariante	Referenz: Gaskessel	Empfehlung: S/W-Wärmepumpen	Alternative: Nahwärme
zentrale/dezentrale Erzeuger	gebäudezentrale Gas-BW-Kessel	gebäude-/blockzentrale Wärmepumpen mit Agrothermie	gebietszentrale Biomasse-Feuerung
Gebäude-Energiestandard	EnEV	DH+RH EH 55, MFH PH	DH+RH EH 55, MFH PH
<b>ENERGIE/AUTARKIE</b>			
Energieeinsatz in MWh/a	3.370	3.140	3.720
Autarkiegrad	13%	61%	19%
<i>durch folgende lokale Energieträger</i>	Solarthermie	Erdwärme, Solarstrom	Solarthermie, Solarstrom
Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a	2.940	1.210	3.010
bez. auf EBF in kWh/(m <sup>2</sup> a)	80	33	82
<i>Haupt-Endenergieträger für Wärmeanwendungen</i>	Erdgas	Strommix	Holzhackschnitzel
<b>TREIBHAUSGASE</b>			
CO <sub>2</sub> -Äquivalente <u>2020</u> in t/a	908	518	470
bez. auf EBF in kg/(m <sup>2</sup> a)	24,7	14,1	12,8
CO <sub>2</sub> -Äquivalente <u>2050</u> in t/a	501	57	153
bez. auf EBF in kg/(m <sup>2</sup> a)	13,6	1,6	4,2
<b>WIRTSCHAFTLICHKEIT MFH KfW EH 55</b>			
Energetisch relevante Investitionen (netto) abzgl. Förderung bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> )	236	196	145
Monatliche Betriebskosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> M)	0,57	0,77	1,04
Annuitätische Gesamtkosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> a)	23	22	23

## Empfehlungen zur Energieversorgung

- Es wird empfohlen möglichst alle Dachflächen der Gebäude zur Solarenergiegewinnung zu nutzen.

Da es sich um ein weniger dicht besiedeltes Gebiet am Rand des Stadtgebiets handelt, wird darüber hinaus die Solarstromerzeugung auf weiteren Flächen in der Umgebung des Plangebiets empfohlen. In Frage kommen unter anderem Überbauungen oder Einhausungen von Verkehrswegen und Parkflächen, Bauwerke zum Lärmschutz sowie Freiflächen und landwirtschaftliche Flächen.

- Da die Wärmeversorgung mit Erdwärme im Hinblick auf die Einsparung von Triebhausgasemissionen mittelfristig das größte Potenzial bietet und Biomasse nur begrenzt verfügbar ist, wird empfohlen eine (möglichst monovalente) Wärmeversorgung des Gebiets mittels Wärmepumpen und Erdwärme an zu streben. In einem ersten Schritt ist dazu mit der Untere Wasser- und Bodenschutzbehörde festzulegen, unter welchen Auflagen die Errichtung und der Betrieb von Erdwärmekollektoren im Heilquellenschutzgebiet zulässig ist. Dann kommen generell zwei Ausführungen einer solchen Wärmeversorgung in Frage:

1) Die großflächige Erschließung von landwirtschaftlichen Flächen mittels Erdwärmekollektoren („Agrothermie“) und kaltem Nahwärmenetz. Dies stellt eine attraktive Möglichkeit dar. Zentrale Herausforderung ist jedoch die Akquise der notwendigen Flächen zur Errichtung der Erdwärmekollektoren sowie die Wahl eines geeigneten Betreiber(modell)s. Es wird empfohlen, diese Punkte möglichst frühzeitig zu klären.

2) Alternativ wird eine gebäude- bzw. teilgebietszentrale Wärmeversorgung mit Wärmepumpen empfohlen. Als Wärmequelle kommen Erdwärmekollektoren (bzw. Erdwärmekörbe, Schnecken- oder Spiralsonden) und/ oder Eispeicher in Frage. Auch ein kaltes Nahwärmenetz für ein Teilgebiet ist denkbar (siehe entspr. Ergebnisse zu den Gebieten in Nieder-Eschbach).

Von einer Erschließung des Gebiets mit einem Erdgasnetz wird bei dieser Art von Wärmeversorgung abgeraten.

- Ergänzend werden folgende Empfehlungen zu den Gebäudetypen gegeben:
  - Für Doppel-/Reihenhäuser: Raumwärmeübergabe mit Flächenheizung vorsehen. Als Mittelweg zwischen kaltem Nahwärmenetz und Einzelversorgung kann die gemeinsame Versorgung einer „Reihe“ mit einer Heizzentrale wirtschaftlich vorteilhaft sein.  
Falls der Passivhaus-Standard angestrebt wird kommt auch die Wärmeversorgung mittels Kompaktaggregat (also Luft/Luft- bzw. Luft/Wasser-Wärmepumpe) in Frage.

- Für Mehrfamilienhäuser: Flächenheizung und wohnungsweise Wärmeübergabe vorsehen.

## 9 Nieder-Eschbach - Am Hollerbusch

### 9.1 Beschreibung des Gebiets

Mit dem geplanten Neubaugebiet „Nieder-Eschbach – Am Hollerbusch“ soll ein Wohngebiet auf bisher von zwei Gärtnereien genutzten Flächen entstehen. Die Grundlage für das Klimaschutzteilkonzept bilden der städtebauliche Entwurf des Stadtplanungsamts vom 26. Okt. 2017 (siehe Abb. 147), die zugehörige vorläufige Berechnung der Grundflächen sowie mündliche Aussagen der zuständigen Sachbearbeiterin. Grundlegende Informationen sind nachfolgend zusammengefasst.

<b>Bebauungsplan:</b>	Nr. 920,
<b>Stadtteil:</b>	Nieder-Eschbach,
<b>Lage im Stadtgebiet:</b>	nord-östlicher Rand des Landkreises Frankfurt.
<b>Konzipierte Bebauung:</b>	Wohngebiet konzipiert für ca. 550 Einwohner in 220 Wohneinheiten verteilt auf
Wohngebäude:	3 Doppelhäuser (II+), 32 Reihenhäuser (II+), 16 Mehrfamilienhäuser (max. III+).
Sonstige Gebäude:	keine öffentl. oder gewerbl. Bauten geplant.
<b>Bauliche Kennwerte:</b>	entspr. städtebaulichem Entwurf vom 26. Okt. 2017 und eigenen Berechnungen.
Brutto-Bauland:	3,58 ha (100 %),
Netto-Bauland <sup>1</sup> :	2,71 ha (76 %),
Grundflächenzahl <sup>2</sup> :	0,32,
Geschossflächenzahl:	1,10.

- <sup>1</sup>) Das Netto-Bauland entspricht dem Brutto-Bauland (ges. Fläche des B-Plan-Gebiets) abzgl. öffentlicher Verkehrs- und Grünflächen.
- <sup>2</sup>) Berechnung der Grundflächenzahl nur für Hauptgebäude, also ohne Garagen, Stellplätze, Nebenanlagen etc.

Die für die Bedarfsprognose angenommenen Flächen und Nutzungen der konzipierten Bebauung sind in Tab. 129 dargestellt.

Tab. 129: Flächen der konzipierten Bebauung für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

Nutzung	Geschossfläche		Energiebezugsfläche*		Dachflächen mit Solarpotenzial	
	m <sup>2</sup>	Anteil	m <sup>2</sup>	Anteil	m <sup>2</sup>	Anteil
Wohnen	29.880	100%	23.900	100%	6.540	100%

\* Die Energiebezugsfläche entspricht der geschätzten beheizten Wohnfläche.



Abb. 147: Städtebaulicher Entwurf „Variante II“ zum Bebauungsplan Nr. 920 vom 26. Okt. 2017 für das Gebiet Am Hollerbusch.

(Quelle: Stadtplanungsamt Frankfurt a. M.; Mehrfamilienhäuser in dunkelrot, Doppel- und Reihenhäuser in hellrot dargestellt.)

## 9.2 Energetische Bewertung des Städtebaus

Die im städtebaulichen Entwurf vorgesehenen Gebäudetypen sind ähnlich bzw. identisch mit den Gebäudetypen im städtebaulichen Entwurf für das Gebiet Südlich Am Riedsteg in Nieder-Erlenbach (BP Nr. 908). Bezüglich der Beurteilung der Kompaktheit der Gebäude wird auf die entsprechenden Ausführungen verwiesen (siehe Abschnitt II.8.2).

Die Gebäude sind nur 2- oder 3-geschossig und ihre Positionierung sowie die Abstände untereinander sind so gewählt, dass auch im Winter kaum gegenseitiger Verschattung entsteht. Die Besonnung der Fassaden ist insgesamt gut bis sehr gut.

Durch die geringe gegenseitige Verschattung und die günstigen Orientierungen der Hauptfassaden bestehen sehr gute Voraussetzungen zur Nutzung passiv-solarer Wärmegewinne. Einzige Ausnahme sind die Reihenhäuserzeilen am nordwestlichen Rand des Gebiets, bei denen die Hauptfassade vermutlich zum Garten und somit nach Nordwesten ausgerichtet sein wird. Durch das Verlegen der Häuser an den nordwestlichen Rand der Grundstücke könnte dies geändert werden.



Abb. 148: Beurteilung der einzelnen Baukörper des städtebaulichen Entwurfs hinsichtlich einer wirtschaftlichen Realisierung des Passivhaus-Standards für das Gebiet Am Hollerbusch.

Nur aufgrund ungünstiger A/V-Verhältnisse der kleinen Baukörper werden diese nur als „geeignet“ und nicht als „gut geeignet“ für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards beurteilt. Die meisten Geschosswohnungsbauten können als gut geeignet beurteilt werden.

### 9.3 Energiebedarfsprognose

Basierend auf 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. 130 zu finden, detaillierte Ergebnisse für Wärme-, Kälte- und Strombedarf in den nachfolgenden Unterabschnitten. Eine Aufteilung des gesamten Energiebedarfs auf alle berücksichtigten Nutzungsarten ist in Tab. 131 für die Ausführung der Gebäude im Frankfurter Mix<sup>1</sup> zu finden. Diese Ausführung wurde auch für die später folgende Bewertung der Versorgungsvarianten zu Grunde gelegt.

Tab. 130: Übersicht des prognostizierten Energiebedarfs für das Gebiet N.-E.-  
Am Hollerbusch.

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>2</sup>
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
<b>Wärmebedarf<sup>3</sup> in MWh/a</b>	<b>1.730</b>	<b>1.450</b>	<b>1.080</b>	<b>1.340</b>
bez. auf EBF <sup>4</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	72	61	45	56
bez. auf NBL <sup>5</sup> in MWh/(ha a)	639	536	399	495
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	3.145	2.636	1.964	2.436
<b>Strombedarf<sup>6</sup> in MWh/a</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>770</b>	<b>740</b>
bez. auf EBF <sup>4</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	30	30	32	31
bez. auf NBL <sup>5</sup> in MWh/(ha a)	266	266	285	273
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	1.309	1.309	1.400	1.345
<b>Ges. Energiebedarf in MWh/a</b>	<b>2.450</b>	<b>2.170</b>	<b>1.850</b>	<b>2.080</b>
rel. Anteil Wärmebedarf	71%	67%	58%	64%
rel. Anteil Strombedarf	29%	33%	42%	36%

- 1) Passivhaus-Gebäudehülle bei Mehrfamilienhäusern etwa wie KfW-EH 55 (bei Reihenhäusern und Doppelhäusern wäre diese etwa wie KfW-EH 40).
- 2) Frankfurter Mix (Ffm.-Mix) bedeutet 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, restl. Gebäude bzw. Geschossfläche als KfW-EH 55.
- 3) Der Wärmebedarf entspricht der erforderlichen Nutzwärmeabgabe für Heizung und Trinkwassererwärmung ab Wärmeerzeuger/Übergabe an die Gebäude.
- 4) Die Energiebezugsfläche entspricht der geschätzten beheizten Wohnfläche.
- 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. Zusätzlich wurde der Strombedarf für Raumkühlung mit eingerechnet.

Tab. 131: Aufteilung des gesamten Energiebedarfs nach Nutzungen für das Gebiet N.-E.-  
Am Hollerbusch bei Ausführung der Neubauten im Frankfurter Mix.

Energienutzung	Energieform	Energiebedarf in MWh/a	Anteil
Wärmebedarf Raumheizung	Wärme	730	35%
Wärmebedarf Warmwasser	Wärme	610	29%
Nutzerstrom Raumkühlung	Strom	10	0%
Nutzerstrom Haushalte	Strom	500	24%
Nutzerstrom öffentl. NWG	Strom	0	0%
Nutzerstrom GHD	Strom	0	0%
Nutzerstrom Industrie	Strom	0	0%
Hilfsstrom TGA Gebäude	Strom	70	3%
Allgemeinstrom Wohngebäude	Strom	50	2%
Strom E-Mobilität	Strom	90	4%
Strom öffentl. Beleuchtung	Strom	20	1%
<b>Summe für gesamtes Gebiet</b>		<b>2.080</b>	<b>100%</b>

### 9.3.1 Wärmebedarf

Die Aufteilung des prognostizierten Wärmebedarfs ist in Tab. 132 gezeigt. Im geplanten Neubaugebiet wurde kein Bedarf an Prozesswärme identifiziert. Detaillierte Angaben zum prognostizierten Wärmebedarf für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung sind in Tab. 133 aufgeführt.

Tab. 132: Übersicht des prognostizierten Wärmebedarfs für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf der vorherigen Seite.)

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	1.730	1.450	1.080	1.340
Relativ zu EnEV 2016	100%	84%	62%	77%
Anteil Warmwasser	35%	42%	56%	46%
Wärmebedarf Prozesswärme in MWh/a	0			
Anteil am ges. Bedarf	0%	0%	0%	0%
<b>Gesamter Wärmebedarf in MWh/a</b>	1.730	1.450	1.080	1.340

Tab. 133: Prognostizierte Wärmeabgabe an Gebäude sowie die entsprechende Wärmeleistung für das für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf der vorherigen Seite.)

		Raumheizung				Warmwasser	
		EnEV16	EH 55	PH	Ffm.-Mix	ohne th. Solaranl.	mit th. Solaranl.
<b>Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude nach Nutzung</b>							
Wohnen	MWh/a	1.120	840	470	730	610	350
<b>Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude für das geplante Quartier</b>							
<b>Ges. Quartier</b>	<b>MWh/a</b>	<b>1.120</b>	<b>840</b>	<b>470</b>	<b>730</b>	<b>610</b>	<b>350</b>
bez. auf EBF	kWh/(m <sup>2</sup> a)	46,9	35,1	19,7	30,5	25,5	14,2
Prozentual	-	100%	75%	42%	65%	100%	56%
<b>Kumulierte Wärmeleistungen* für das geplante Quartier</b>							
<b>Ges. Quartier</b>	<b>kW</b>	<b>960</b>	<b>800</b>	<b>560</b>	<b>730</b>	<b>1.000</b>	
Prozentual	-	100%	83%	58%	76%		

\* 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.

### 9.3.2 Kältebedarf

Für das Gebiet wurde ein geringer Kältebedarf zur Raumkühlung von ca. 24 MWh/a (Nutzenergieabgabe an die Gebäude) prognostiziert, welcher voraussichtlich durch gebäude- oder wohnungszentrale Kälteanlagen gedeckt werden wird. Der resultierende Strombedarf von etwa 7 MWh/a wurde im nachfolgenden Abschnitt mit eingerechnet. Im geplanten Neubaugebiet wurde kein Bedarf an Prozesskälte identifiziert.

### 9.3.3 Strombedarf

Eine Übersicht des prognostizierten Strombedarfs ist in Tab. 134 gezeigt.

Tab. 134: Übersicht des prognostizierten Strombedarfs für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf den vorherigen Seiten.)

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
(Hilfs-) Strombedarf für TGA in MWh/a	60	60	110	80
Relativ zu EnEV 2016	100%	100%	183%	133%
Strombedarf für Nutzung* in MWh/a	570			
Strombedarf für E-Mobilität in MWh/a	90			
<b>Gesamter Strombedarf in MWh/a</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>770</b>	<b>740</b>
Anteil TGA	8%	8%	14%	11%
Anteil Nutzung	79%	79%	74%	77%
Anteil E-Mobilität	13%	13%	12%	12%

\* Strombedarf für Nutzung der Gebäude inkl. Allgemeinstrom und Straßenbeleuchtung

## 9.4 Verfügbare Energieträger und lokale Potenziale

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

### 9.4.1 Elektrizität und Erdgas

Es wird davon ausgegangen, 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.

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 davon ausgegangen, 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.

Nieder-Eschbach ist seit 1976 an das Frankfurter Erdgasnetz angeschlossen.

### 9.4.2 Fernwärme

Laut Aussage der Mainova AG ist ein Anschluss des Gebiets an das bestehende Fernwärmeverbundsystem nicht möglich.

Das nächstgelegene mit Fernwärme erschlossene Gebiet befindet sich etwa 2,5 km (Luftlinie) südöstlich des Baugebiets. Etwas näher, ca. 800 m (Luftlinie) südöstlich des Baugebiets, liegt das Versorgungsgebiet „Ben-Gurion-Ring“.

### 9.4.3 Biomasse

Es wird davon ausgegangen, dass eine Versorgung des Gebiets mit Hackschnitzeln aus der Region möglich ist. Diese werden jedoch nicht als lokales Potenzial angesehen.

Generell soll die Biomasse-Verbrennung in Frankfurt zukünftig nicht mehr zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. In weniger dicht bebauten Stadtrandgebieten, in denen die negativen Aspekte der Biomasse-Verbrennung (lokale Emissionen, Lieferverkehr, Platzbedarf) nicht so schwer wiegen, wie in sehr dicht bebauten Innenstadtgebieten, deren Energiebedarf vergleichsweise gering ist und wo keine Möglichkeit zum Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem besteht, wird die Biomasse-Verbrennung dennoch als (Übergangs-) Option mit geringen Treibhausgas-Emissionen betrachtet.

### 9.4.4 Abwärme

Potenziale zur Abwärmenutzung im Umfeld des Gebiets gibt es laut dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt nicht.

## 9.4.5 Erdwärme

Es wird davon ausgegangen, dass eine flächendeckende Erschließung des Gebiets mit Erdwärmekollektoren oder deren kompakteren Varianten genehmigungsfähig ist (ggf. unter Auflagen). Eine Versorgung mit Erdwärme kommt daher als gebäude-/blockzentrale Lösung in Frage und sollte insbesondere für die Doppel- und Reihenhäuser in Betracht gezogen werden.

Laut dem Fachinformationssystem „Grund- und Trinkwasserschutz Hessen“ des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ist das Plangebiet auf Grund seiner Lage in einem Heilquellenschutzgebiet (WSG IIIB, HQSG III/2) als „wasserwirtschaftlich ungünstig“ eingestuft. Damit ist die Errichtung von einzelnen Erdwärmesonden oder Brunnenanlagen zwar nicht gänzlich ausgeschlossen, jedoch wird die Genehmigung einer flächendeckenden Erschließung mit diesen Anlagen als unwahrscheinlich eingeschätzt. Davon nicht betroffen sind Anlagen zur Erdwärmennutzung, welche in einer Tiefe von maximal drei Metern bzw. in einem Abstand von mind. einem Meter zum höchsten Grundwasserstand installiert werden. In Frage kommen dazu Erdwärmekollektoren und deren kompaktere Varianten wie Erdwärmekörbe und Spiral- oder Schneckensonden. Es wird davon ausgegangen, dass eine flächendeckende Erschließung des Gebiets mit diesen Anlagen ggf. unter Auflagen genehmigungsfähig ist. Folgende **Flächen für die Errichtung von Erdwärmekollektoren** wurden identifiziert:

Potenzielle Flächen innerhalb des B-Plan-Gebiets:	18.250 m <sup>2</sup> .
Darin enthalten sind	Flächen der Grundstücke*:
	15.590 m <sup>2</sup> ,
	Grünfläche Ost / öffentlicher Park:
	920 m <sup>2</sup> ,
	Grünfläche Süd:
	1.740 m <sup>2</sup> .

\* Bei den Baugrundstücken wird davon ausgegangen, dass etwa 85 % der nicht mit den geplanten Gebäuden überbauten Flächen für die Installation von Erdwärmekollektoren genutzt werden kann.

In direkter Nachbarschaft des Gebiets kämen auch landwirtschaftliche Flächen für die Installation von Erdwärmekollektoren in Frage. Eine solche Variante wurde bereits für das Gebiet Südl. Am Riedsteg untersucht und wird hier nicht betrachtet. Im Hinblick auf die Eigenschaften des Erdreichs sind laut dem Fachinformationssystem „Geologie Viewter Hessen“ des HLNUG im Baugebiet hauptsächlich Fließerde mit Ton, Schluff, Grus und Sand anzutreffen. Nachfolgende Abb. 149 zeigt die Gegenüberstellung von geschätztem Wärmebedarf für unterschiedliche Gebäudevarianten und den Erzeugungspotenzialen von Wärmepumpen mit Erdwärmekollektoren.

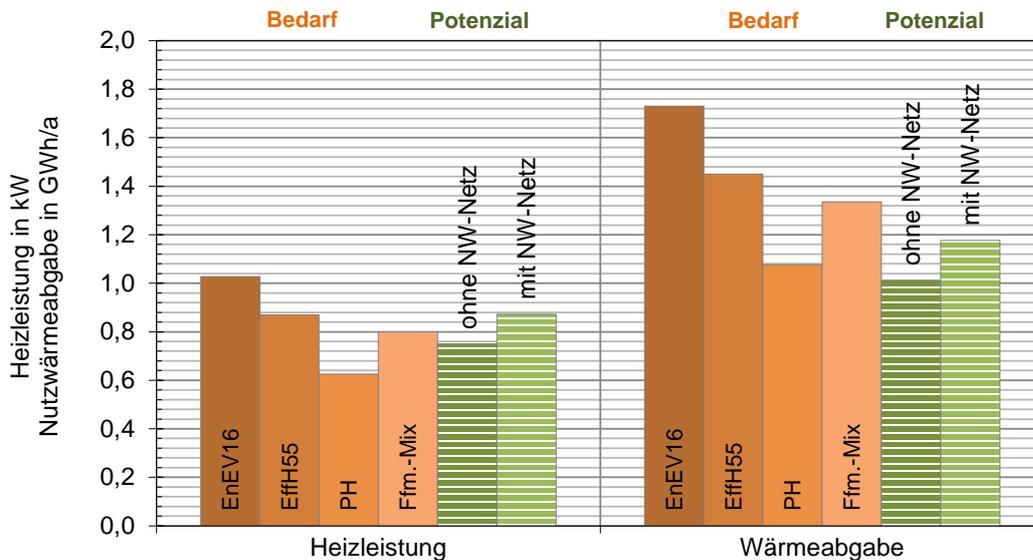


Abb. 149: Gegenüberstellung vom geschätzten Bedarf der geplanten Gebäude und Erzeugungspotenzialen einer Wärmeversorgung mit Wärmepumpen und Erdwärmekollektoren auf Flächen innerhalb des B-Plan-Gebiets N.-E.-Am Hollerbusch.

Für die gebäude-/blockzentrale Variante (ohne „kaltes“ Nahwärmenetz) werden nur Flächen auf den jeweiligen Grundstücken der Gebäude genutzt, für die gebietszentrale Variante (mit „kaltem“ Nahwärmenetz) werden auch die öffentlichen Grünflächen des Gebiets genutzt.

### 9.4.6 Solarenergie

Es wird davon ausgegangen, dass alle geeigneten Flächen zur aktiven Solarenergiegewinnung genutzt werden. Dies stellt für alle Versorgungsvarianten einen essenziellen Beitrag zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energien und zur Erhöhung der Autarkie des Gebiets dar.

Basierend auf dem vorliegenden städtebaulichen Entwurf wurden folgende potenzielle **Flächen zur aktiven Solarenergiegewinnung** identifiziert:

Brutto-Dachflächen der Wohngebäude <sup>1</sup> :	6.540	m <sup>2</sup> .
Darin enthalten sind	Mehrfamilienhäuser:	4.410 m <sup>2</sup> ,
	Reihenhäuser:	1.770 m <sup>2</sup> ,
	Doppelhäuser:	360 m <sup>2</sup> .
Geeignete Fassadenflächen der Mehrfamilienhäuser <sup>2</sup> :	2.400	m <sup>2</sup> .

- <sup>3)</sup> Bei Staffelgeschossen wurde nur die Geschosdecke des obersten Geschosses als Dachfläche berücksichtigt.
- <sup>4)</sup> Gesamte Bruttofläche geeigneter Fassaden, jeweils ohne Erdgeschoss.

Weitere Flächen zur Solarenergiegewinnung könnten durch die Überbauung von Verkehrswegen geschaffen werden – in diesem Fall der U-Bahn-Gleise am Rand des

Plangebiets – zum Beispiel in Kombination mit einem oder mehreren Fußgänger- und/oder Radfahrerüberwegen zur Anbindung der Wohngebiete auf der anderen Seite der Bahngleise. Darüber hinaus sollte für Nieder-Eschbach die Nutzung ausgewählter Freiflächen oder landwirtschaftlicher Flächen zur Solarenergiegewinnung mittels Photovoltaik-Anlagen vorgesehen werden. Dies könnte im Rahmen des im Verfahren befindlichen Bebauungsplans Nr. 800 „Grüngürtelpark Nieder-Eschbach“ erfolgen.

### Photovoltaik-Anlagen

Es wird angenommen, dass 70 % der Brutto-Dachflächen und 50 % der Brutto-Fassadenflächen zur Solarenergiegewinnung genutzt werden können. Die resultierenden Strom-Erzeugungspotenziale mit Photovoltaik-Anlagen sind in Abb. 150 dargestellt.

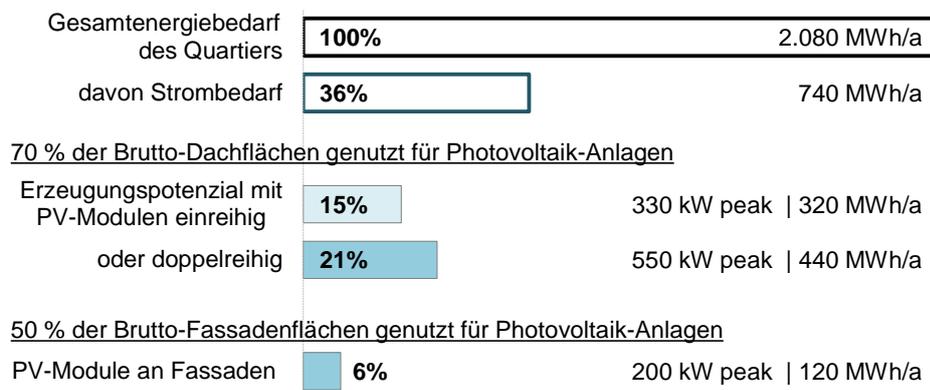


Abb. 150: Potenziale mit Photovoltaik-Anlagen auf allen Dachflächen gegenüber dem prognostizierten Energiebedarf für das Gebiet Am Hollerbusch. Anmerkung: alle Werte gelten für Ausführung aller Gebäude im Frankfurter Mix.

### Solarthermischen Anlagen zur Trinkwassererwärmung sowie zusätzlich Photovoltaik-Anlagen

Wieder wird angenommen, dass 70 % der Brutto-Dachflächen und 50 % der Brutto-Fassadenflächen zur Solarenergiegewinnung genutzt werden können. Ein Teil davon wird für thermische Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung genutzt, der restliche Teil für Photovoltaik-Anlagen. Die resultierenden Potenziale sind in Abb. 151 dargestellt.

### Potenziale zur Wärmeerzeugung:

Gesamtenergiebedarf des Quartiers	100%	2.080 MWh/a
davon Wärmebedarf	64%	1.340 MWh/a
davon TW-Erwärmung	29%	610 MWh/a
<u>29 % der Brutto-Dachflächen genutzt für solarthermische Anlagen zur TW-Erwärmung</u>		
Erzeugungspotenzial mit Flachkollektoren einreihig	12%	650 m <sup>2</sup> BKF   260 MWh/a

### Zusätzliche Potenziale zur Stromerzeugung:

Strombedarf des Quartiers	36%	740 MWh/a
<u>41 % der Brutto-Dachflächen genutzt für Photovoltaik-Anlagen</u>		
Erzeugungspotenzial mit PV-Modulen einreihig	9%	190 kW peak   190 MWh/a
oder doppelreihig	12%	320 kW peak   260 MWh/a
<u>50 % der Brutto-Fassadenflächen genutzt für Photovoltaik-Anlagen</u>		
PV-Module an Fassaden	6%	200 kW peak   120 MWh/a

Abb. 151: Potenziale mit solarthermischen Anlagen und Photovoltaik-Anlagen gegenüber dem prognostizierten Energiebedarf für das Gebiet Am Hollerbusch.

### Anmerkungen zur den dargestellten Potenzialen

- Nicht die gesamte potenziell erzeugte Strommenge der PV-Anlagen kann 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.
- Die Potenziale sind für zwei Aufstellungs-Varianten der Photovoltaik-Module angegeben:
  - „Klassische“ einreihige Aufstellung der Module mit einheitlicher Orientierung möglichst nach Süden und einer Neigung von etwa 30°. Auf Grund der Abstände zwischen den Reihen ist diese Aufstellung ist gut mit einer extensiven Dachbegrünung kombinierbar.
  - Doppelreihige Aufstellung mit entgegengesetzter Orientierung benachbarter Reihen und flacher Neigung von etwa 15°. Auf Grund der flächendeckenden Verschattung der Dachfläche macht eine Dachbegrünung bei dieser Aufstellung keinen Sinn.

## 9.5 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. 135 ist eine Übersicht der betrachteten Varianten zu finden. In diesem Abschnitt werden die technischen Details der Varianten näher erläutert.

Tab. 135: Übersicht der betrachteten Varianten der Wärmeversorgung für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

Akronym	Kurzbeschreibung	VL/RL in °C	Bemerkungen
<b>GEBÄUDE- / BLOCKZENTRALE VARIANTEN</b>			
Gas-BWK +ST	Gas-Brennwertkessel u. Solarthermie (Referenz)	65/45	Referenzvariante mit solarthermischer Anlage zur Trinkwassererwärmung.
S/W-WP +PV	Sole/Wasser-Wärmepumpen und Photovoltaik-Anlagen	55/35	Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher als Wärmequelle, alle Gebäude mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung.
KaNahW +PV	„Kaltes“ Nahwärmenetz mit Eisspeicher, gebäude-zentralen S/W-Wärmepumpen mit Solarabsorbern sowie Photovoltaik-Anlagen	55/35	Unterteilung des Gebiets in zwei Teile entlang Straße mit jeweils einem zentralen Eisspeicher, alle Gebäude mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung.
<b>GEBIETSZENTRALE VARIANTE</b>			
NahW +ST +PV	Holzfeuerung und Gas-SPK mit solarthermischen Anlagen und Photovoltaik-Anlagen	75/50	Nahwärmezentrale und zusätzlich gebäudezentrale solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung.

### 9.5.1 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 12 % solarthermische Anlagen zur WW-Bereitung  
ges. Wärmeabgabe)

**Wärmenetz:** nicht benötigt.

**Heizraum:** integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.

Platzbedarf: übliche Abmessungen für Gebäude / Block.

<b>Sonstige Anforderungen:</b>	Gebäudehülle und -technik müssen mindestens den Anforderungen an ein KfW Effizienzhaus 55 entsprechen, alle anderen effizienzsteigernden Maßnahmen sind optional.
<b>Zukunftsperspektive:</b>	Keine.

### 9.5.2 Variante „S/W-WP (Erdkoll./Eissp.)“: Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher

Gebäudezentrale bzw. blockzentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen versorgen die Gebäude / Blöcke monovalent mit Wärme. Als Wärmequelle dienen je nach Energiebedarfsdichte Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher. Voraussetzung für diese Variante ist eine Realisierung aller Gebäude im KfW-EH55 Standard oder besser. Detailliertere Informationen zu der Variante sind nachfolgend aufgeführt.

<b>Wärmeerzeugung:</b>	100 % Sole/Wasser-Wärmepumpen und elektr. Heizstäbe für Spitzenlast.
Wärmequelle:	Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher auf den unbebauten Flächen der Grundstücke und ggf. Grünflächen, optional Solarabsorber oder PVT-Kollektoren als zusätzliche Wärmequelle.
<b>Wärmenetz:</b>	kein gebietsweites Netz benötigt, sondern nur zur Unterverteilung im Block bzw. ggf. Mikrowärmenetz für Verbund mehrerer Gebäude.
<b>Heizraum:</b>	integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.
Platzbedarf:	übliche Abmessungen für Gebäude / Block.
<b>Sonstige Anforderungen:</b>	Gebäudehülle und -technik mindestens entsprechend KfW-EH55, Nieder-Temperatur-Wärmeverteilung mit Flächenheizung für alle Gebäude und wohnungsweise Übergabestationen für Mehrfamilienhäuser.

### 9.5.3 Variante „KaNahW“: „kaltes“ Nahwärmenetz mit großem Eisspeicher und Sole/Wasser-Wärmepumpen

Gebäude- bzw. blockzentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen versorgen die Gebäude/ Blöcke monovalent mit Wärme. Das Gebiet wird entlang der Straße in zwei Teilgebiete unterteilt. Als Wärmequelle dient jeweils ein großer Eisspeicher, welcher über ein „kaltes“ Nahwärmenetz mit allen Abnehmern verbunden ist. Eine schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Wärmenetzes sowie potenzieller

Flächen für die Eisspeicher ist in Abb. 152 gezeigt. Detailliertere Information zu der Versorgungsvariante sind nachfolgend aufgeführt:

- Wärmeerzeugung:** 100 % Sole/Wasser-Wärmepumpen und elektr. Heizstäbe für Spitzenlast.  
 Wärmequelle: „kaltes“ Nahwärmenetz mit Eisspeicher
- Wärmenetz:** 2-Leiter Wärmenetz (Kunststoffrohr),  
 Trassenlänge: ca. 300 m Verteilnetz für Teilgebiet West, ca. 200 m Verteilnetz für Teilgebiet Ost.
- Heizraum:** integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.  
 Platzbedarf: übliche Abmessungen für Gebäude / Block.
- Sonstige Anforderungen:** Gebäudehülle und –technik entsprechend dem Frankfurter Mix, Nieder-Temperatur-Wärmeverteilung mit Flächenheizung und möglichst wohnungsweise Übergabestationen in Mehrfamilienhäusern.



Abb. 152: Schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs sowie potenzieller Flächen für Eisspeicher der Variante „KaNaHW“ für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

### 9.5.4 Variante „Holz-NahW+ST“: Nahwärmenetz mit zentraler Holzfeuerung und dezentralen Solaranlagen

Ein Holzhackschnitzel-Kessel mit Gas-Spitzenlastkessel versorgt von einer Nahwärmezentrale aus über ein Wärmenetz alle Abnehmer mit Wärme. Gebäudezentrale thermische Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung reduzieren den Brennstoffbedarf und ermöglichen die Abschaltung des Hackschnitzel-Kessels in den Sommermonaten. Idealerweise werden die Gebiete Am Hollerbusch und Nieder-Eschbach Süd über eine gemeinsame Nahwärmezentrale versorgt. In Abb. 153 ist eine schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Wärmenetzes gezeigt.



Abb. 153: Schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Nahwärmenetzes der Variante „NahW+ST“ für das Gebiet N.-E.-Am Hollerbusch.

Detailliertere Information zu der Versorgungsvariante sind hier aufgeführt:

<b>Wärmeerzeugung:</b>	77 % Holzhackschnitzel-Kessel,
(jeweils mit Anteil an der ges. Wärmeabgabe)	5 % Erdgas-Spitzenlastkessel,
	18 % dezentrale thermische Solaranlagen.
<b>Wärmenetz:</b>	2-Leiter Wärmenetz (Kunststoffmantelrohr).
Vor-/Rücklauftemperatur:	75 °C / 50 °C,
Trassenlänge:	ca. 500 m Verteilnetz.

- Nahwärmezentrale:** extra Gebäude mit unterirdischem Brennstofflager.  
(Idealerweise eine gemeinsame Zentrale mit dem Gebiet Nieder-Eschbach Süd.)
- Platzbedarf Heizzentrale: ca. 100 m<sup>2</sup> x mind. 4 m (L x B x H)
- Platzbedarf Brennstofflager: ca. 45 m<sup>2</sup> x 4 m (L x B x T)
- Häufigkeit Anlieferung: ca. 15-20 Mal pro Jahr
- Sonstige Anforderungen:** Keine, Gebäudehülle und -technik gemäß den Mindestanforderungen des gewünschten Energiestandards.

## 9.6 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen

Eine graphische Darstellung der prognostizierten Energie-Bilanzen für die betrachteten Varianten ist in Abb. 154 zu finden und die tabellarische Übersicht dazu in Tab. 136. Die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen aller Varianten sind für unterschiedliche Bezugsjahre in Abb. 155 dargestellt. Die zugehörige tabellarische Übersicht der Ergebnisse ist in Tab. 137 zu finden.

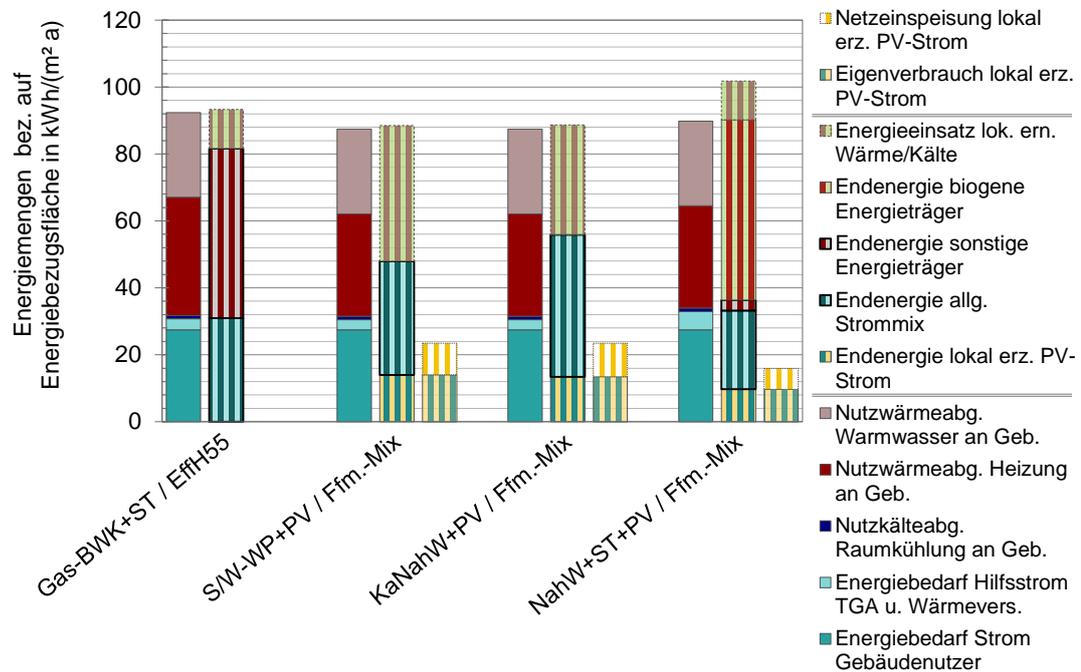


Abb. 154: Prognostizierte Energiebilanz der relevanten Energiemengen für unterschiedliche Versorgungsvarianten für das Gebiet N.-E. Am Hollerbusch.

Tab. 136: Prognose der endenergiebasierten Territorialbilanz von Energieeinsatz und Endenergie für Wärme-, Kälte-, und Stromversorgung des Gebiets N.-E. Am Hollerbusch.

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK +ST	S/W-WP +PV	KaNahW + PV	NahW +ST+PV
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	Ffm.-Mix <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>1</sup>
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Mix <sup>2</sup>	Mix <sup>2</sup>	Mix <sup>2</sup>
Energiebedarf <sup>3</sup> in MWh/a	2.190	2.090	2.090	2.090
Energieeinsatz <sup>4</sup> in MWh/a	= 2.230	2.120	2.110	2.430
davon Wärme/Kälte aus lokalen Energieträgern <sup>5</sup> in MWh/a	+ 280	970	780	280
davon Strom aus lokalen Energieträgern in MWh/a	+ 0	340	320	230
Autarkiegrad durch lokale Energieträger <sup>6,7</sup>	13%	62%	52%	21%
zusätzlicher Strom ins Netz eingespeist in MWh/a	0	220	240	150
davon Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a	+ 1.950	810	1.010	1.920
bez. auf EBF <sup>8</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	82	34	42	80
bez. auf NBL <sup>9</sup> in MWh/(ha a)	721	299	373	709
bez. auf Einw. in kWh/(EW a)	3.545	1.473	1.836	3.491
anteilig bez. auf Referenz	100%	42%	52%	98%
bez. auf Energiebedarf	0,89	0,39	0,48	0,92

- 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.

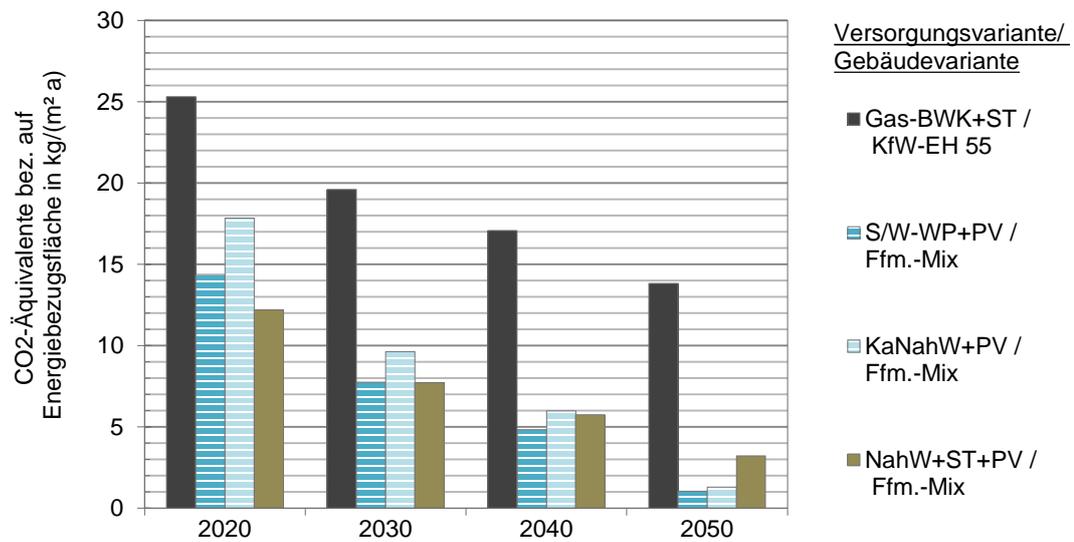


Abb. 155: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für Wärme- und Stromversorgung für unterschiedliche Versorgungsvarianten und Bezugsjahre für das Gebiet N.-E. Am Hollerbusch (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Tab. 137: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für unterschiedliche Bezugsjahre für das Gebiet N.-E. Am Hollerbusch (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK +ST	S/W-WP +PV	KaNahW + PV	NahW +ST+PV
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	Ffm.-Mix*	Ffm.-Mix	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Mix*	Mix	Mix
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2020 in t/a</b>	<b>605</b>	<b>344</b>	<b>427</b>	<b>292</b>
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	25,3	14,4	17,8	12,2
anteilig bez. auf Ref. 2020	100%	57%	70%	48%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2030 in t/a</b>	<b>469</b>	<b>185</b>	<b>230</b>	<b>185</b>
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	19,6	7,8	9,6	7,7
anteilig bez. auf Ref. 2020	77%	31%	38%	31%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2040 in t/a</b>	<b>408</b>	<b>115</b>	<b>143</b>	<b>138</b>
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	17,1	4,8	6,0	5,8
anteilig bez. auf Ref. 2020	67%	19%	24%	23%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2050 in t/a</b>	<b>331</b>	<b>25</b>	<b>31</b>	<b>77</b>
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	13,8	1,0	1,3	3,2
anteilig bez. auf Ref. 2020	55%	4%	5%	13%

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

## 9.7 Ökonomische Bewertung

Je nachdem welche Varianten von Wärmeversorgung und Gebäude (Hülle/ Lüftung) miteinander kombiniert werden, ergeben sich:

- im Hinblick auf die **Betreiber** von gebiets- oder blockzentralen Wärmeversorgungsvarianten unterschiedliche Investitionen und Wärmepreise, und
- im Hinblick auf die **Eigentümer bzw. Nutzer** der Gebäude unterschiedliche Investitionen, Betriebskosten und annuitätische Gesamtkosten.

Der Vergleich der genannten Indikatoren dient als Grundlage für die ökonomische Bewertung. Die einzelnen Indikatoren werden nachfolgend erläutert:

- Die **Investitionen für die Betreiber** von gebiets- oder blockzentralen Wärmeversorgungsvarianten dienen als Maß für deren wirtschaftlichen Ressourceneinsatz. Alle Investitionen sind Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten (Stand 2018/19). Es werden nur für die Wärmeversorgung relevante Investitionen berücksichtigt.
- Anhand vom **Wärme(gestehungs)preis** wird die für die Eigentümer bzw. Nutzer der Gebäude günstigste und damit sozial verträglichste gebiets-/blockzentrale Wärmeversorgungsvariante identifiziert. Er fließt auch direkt in die Berechnung der Betriebskosten der Nutzer ein.
- Die **Investitionen für die Eigentümer bzw. Nutzer** sind ebenfalls Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten (Stand 2018/19). Es werden nur solche 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-Verteilleitungen, 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.

## 9.7.1 Mustergebäude und Varianten

Diese Kriterien wurden für folgende Mustergebäude ausgewertet:

<b>Mustergebäude 1:</b>	<b>Reihenhaus mit einer Wohneinheit.</b>
Geschosse:	zwei Vollgeschosse plus Staffelgeschoss.
Geschossfläche:	198 m <sup>2</sup> (inkl. Staffel).
Energiebezugsfläche:	158 m <sup>2</sup> (beh. Wohnfläche).
<b>Mustergebäude 2:</b>	<b>Mehrfamilienhaus mit 11 Wohneinheiten.</b>
Geschosse:	drei Vollgeschosse plus Staffelgeschoss.
Geschossfläche:	1.470 m <sup>2</sup> (inkl. Staffel).
Energiebezugsfläche:	1.100 m <sup>2</sup> (beh. Wohnfläche).

Dabei wurden folgende Varianten aus erreichtem Gebäude-Energiestandard und Wärmeversorgung untersucht:

<b>EnEV Gas-BW+ST</b> (Referenz)	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, dez. Gas-Brennwertkessel, thermische Solaranlage.
<b>EnEV Holz-NahW</b> <b>+ST</b>	Gebäudehülle entspr. EnEV, Abluftanlage, Anschluss an Nahwärme mit Holzfeuerung, thermische Solaranlage.
<b>EH55 S/W-WP</b> (Erdw./Eissp.)	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, S/W-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher.
<b>EH55 Holz-NahW</b> <b>+ST</b>	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, Anschluss an Nahwärme mit Holzfeuerung, thermische Solaranlage.
<b>EH55 KaNahW</b>	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, S/W-Wärmepumpe mit Anschluss an kalte Nahwärme (großer Eisspeicher mit Solar-Luft-Absorbern).
<b>PH S/W-WP</b> (Erdw./Eissp.)	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, S/W-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher.
<b>PH Holz-NahW</b> <b>+ST</b>	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, Anschluss an Nahwärme mit Holzfeuerung, thermische Solaranlage.
<b>PH KaNahW</b>	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, S/W-Wärmepumpe mit Anschluss an kalte Nahwärme (großer Eisspeicher mit Solar-Luft-Absorbern).

## 9.7.2 Investitionen für zentrale Versorgung

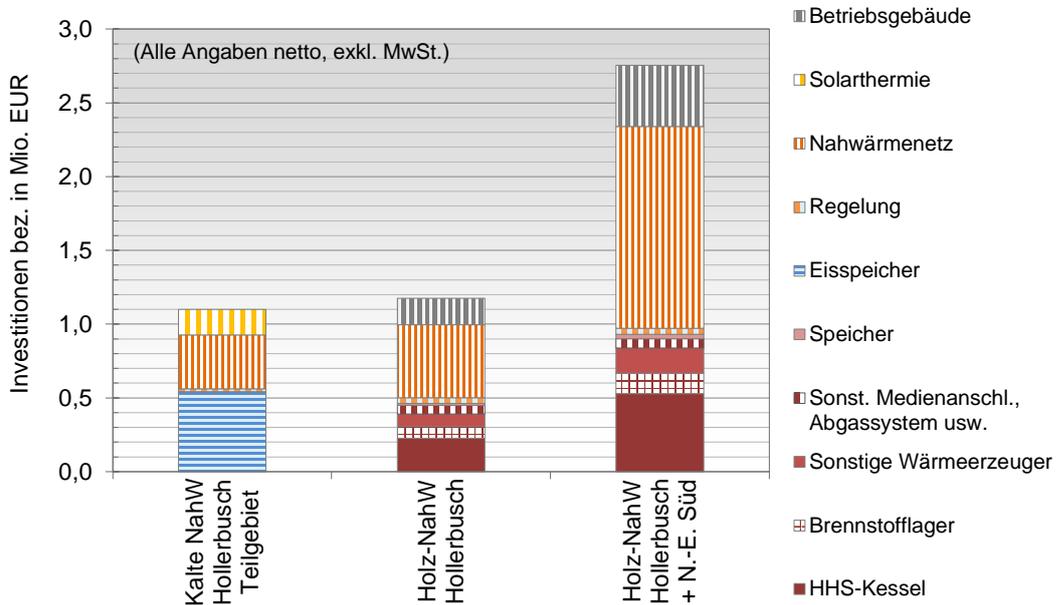


Abb. 156: Investitionen der block-/gebietszentralen Wärmeversorgungsvarianten für das Gebiet Am Hollerbusch.

## 9.7.3 Wärmepreise für zentrale Versorgung

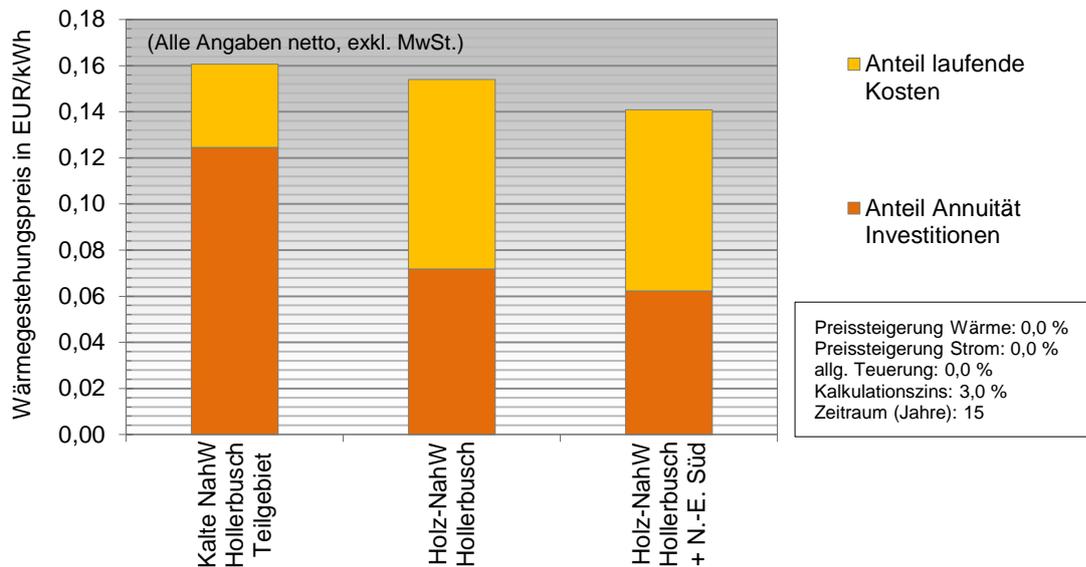


Abb. 157: Wärmegestehungspreise bezogen auf Endenergielieferung der block-/gebietszentralen Wärmeversorgungsvarianten für das Gebiet Am Hollerbusch.

## 9.7.4 Investitionen aus Nutzersicht

### Reihenhaus

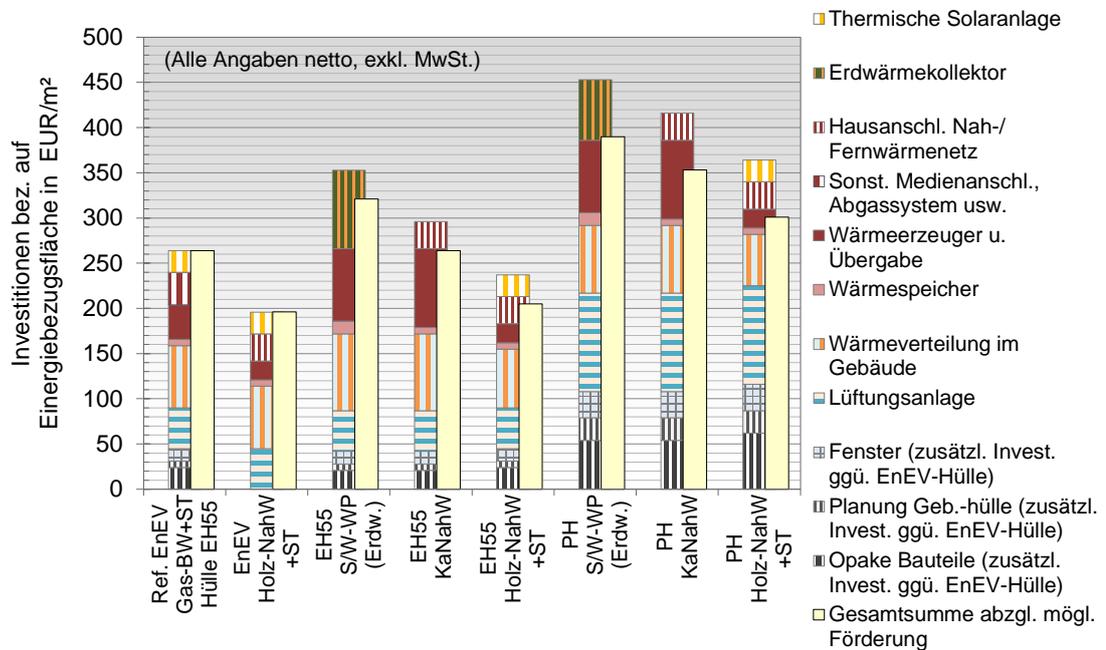


Abb. 158: Investitionen der Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet Am Hollerbusch.

### Mehrfamilienhaus

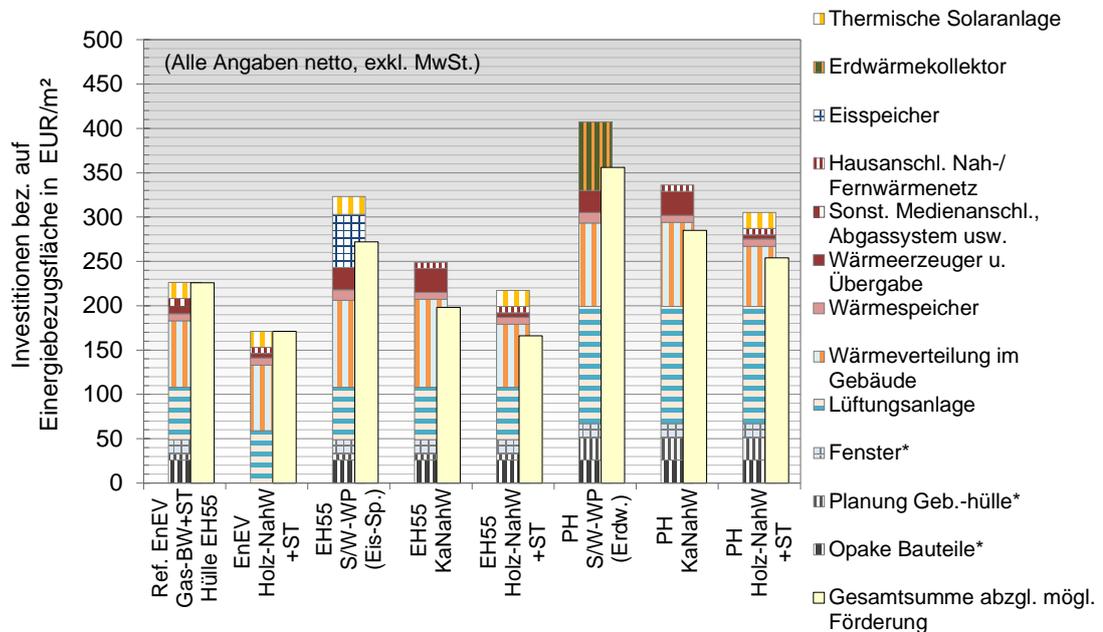


Abb. 159: Investitionen der Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Am Hollerbusch.

## 9.7.5 Monatlichen Betriebskosten aus Nutzersicht

### Reihenhaus

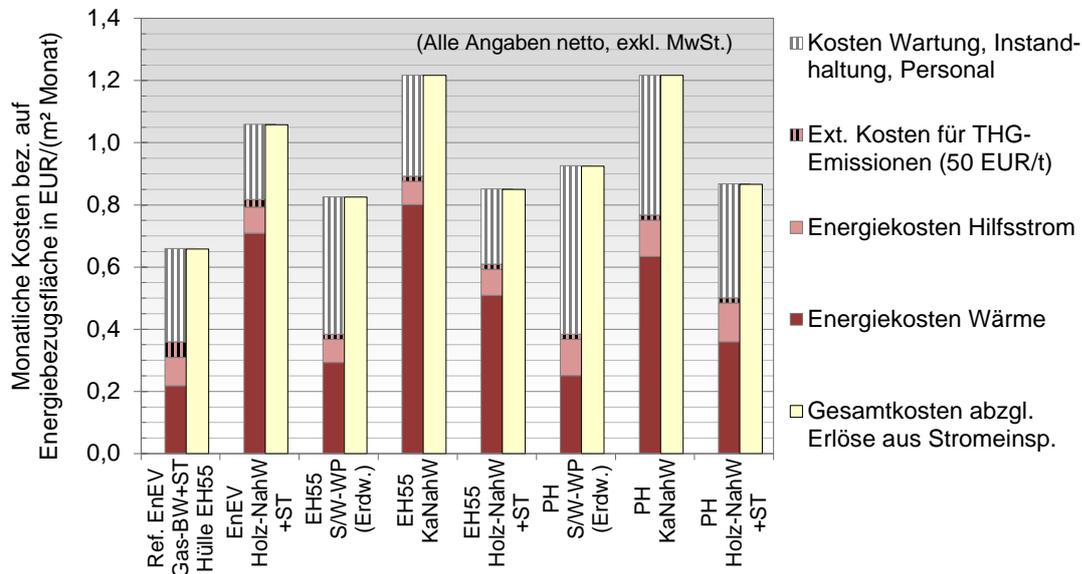


Abb. 160: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet Am Hollerbusch.

### Mehrfamilienhaus

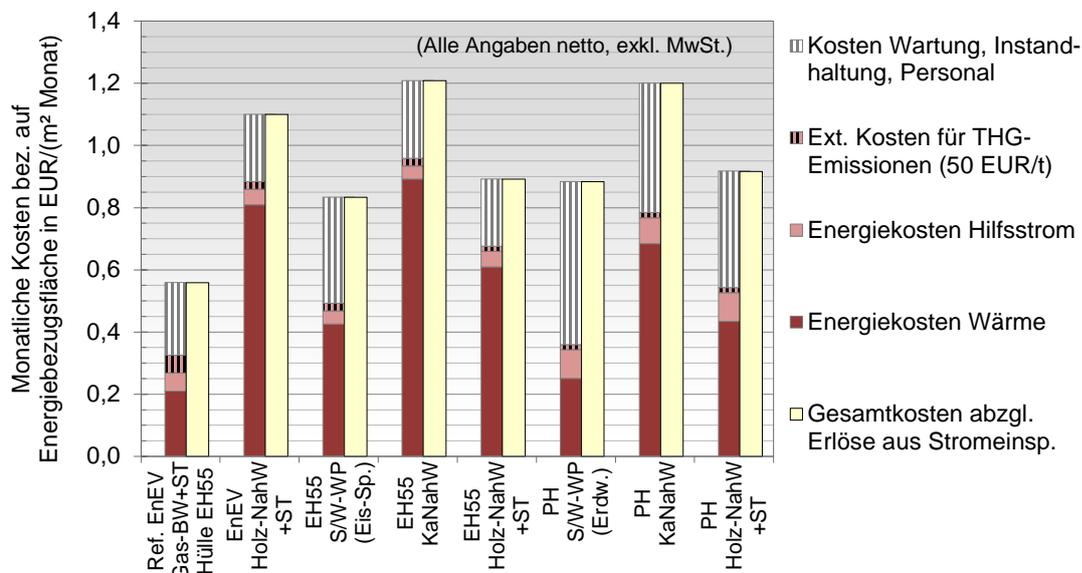


Abb. 161: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Am Hollerbusch.

## 9.7.6 Vergleich der Annuitäten aus Nutzersicht

### Reihenhaus

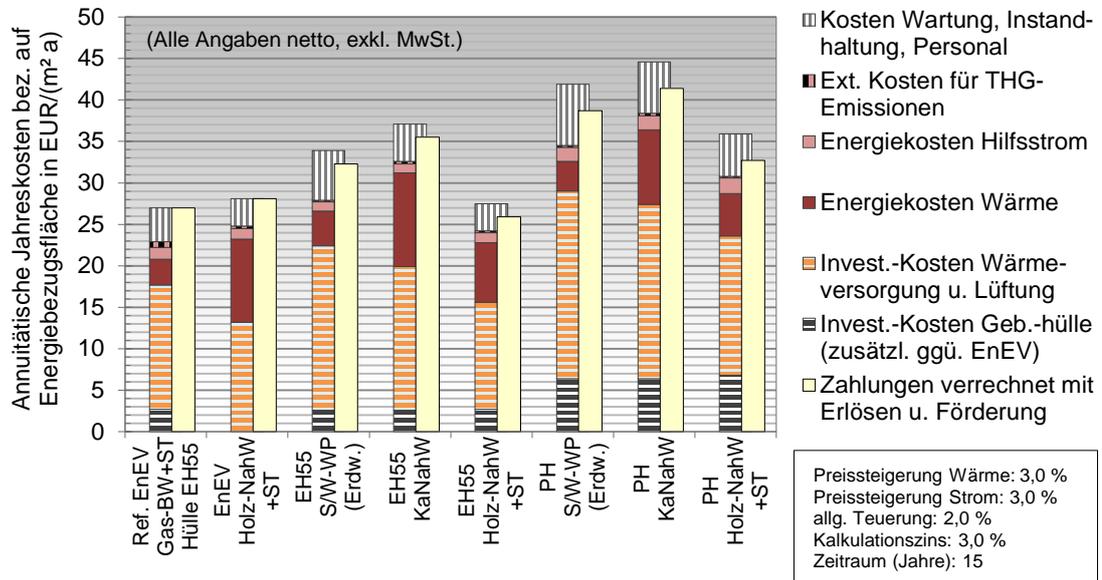


Abb. 162: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet Am Hollerbusch.

### Mehrfamilienhaus

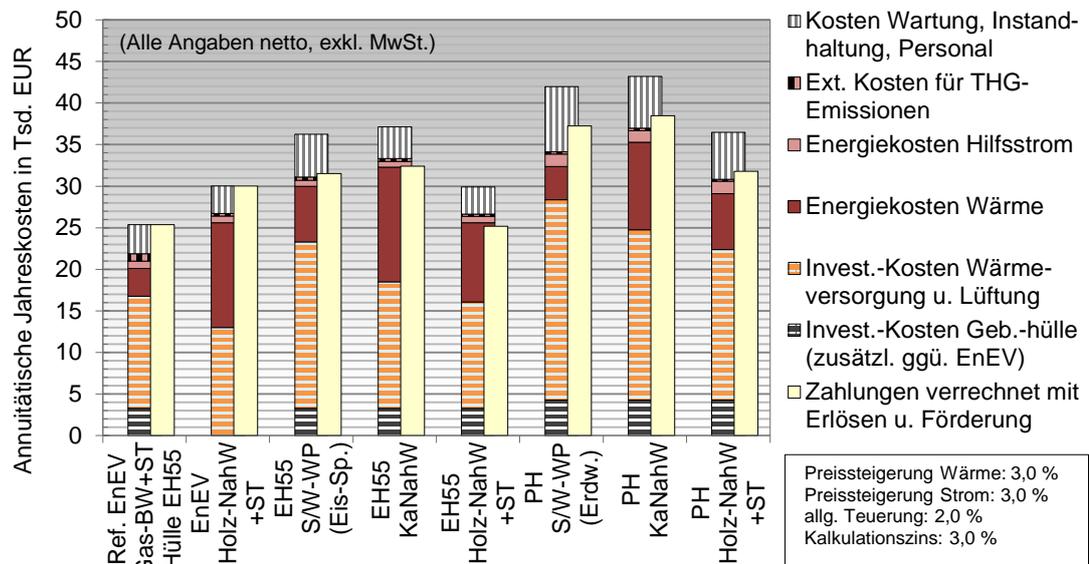


Abb. 163: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet Am Hollerbusch.

## 9.8 Fazit und Empfehlungen

Das städtebauliche Konzept für das Gebiet Am Hollerbusch in Nieder-Eschbach sieht eine Kombination aus Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern (mit bis zu vier Geschossen) sowie wenigen Doppelhäusern vor. Die Besonnung der Fassaden ist durch die Abstände zwischen den Baukörpern durchweg gut bis sehr gut. Auf Grund ihrer schlechteren Gebäudekompaktheit sind die Doppelhäuser energetisch am ungünstigsten. Die Reihenhäuser haben zwar eine schlechtere Kompaktheit als die Mehrfamilienhäuser, bei mindestens vier Wohneinheiten in einer Reihe und angepasster Ausgestaltung können diese dennoch als energetisch günstig bewertet werden. Liegt die Orientierung der Hauptfassade zusätzlich Richtung Süd-West bis Süd-Ost, sind solche Reihenhäuser für eine wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards geeignet. Am besten geeignet sind die Mehrfamilienhäuser.

Der zur Konditionierung der Gebäude (Heizung und Kühlung sowie Hilfsstrom) erforderliche Energiebedarf kann mit dem KfW Effizienzhaus 55 Standard um etwa 25 % gegenüber dem EnEV-Standard gesenkt werden, mit dem Passivhaus-Standard sogar um etwa 50 %. Bei gleicher Wärmeversorgung führt dies zu einer signifikanten Reduktion der Betriebskosten. Darüber hinaus sind die energetisch relevanten Investitionen für den KfW Effizienzhaus 55 Standard niedriger als beim EnEV-Standard wenn der Tilgungszuschuss der KfW berücksichtigt wird.<sup>17</sup>

### **Empfehlungen zum Städtebau und Gebäude-Energiestandard**

- Unter energetischen Gesichtspunkten wäre die Zusammenfassung der Doppelhäuser am östlichen Rand des Gebiets zu Reihenhäusern günstig.
- Es wird empfohlen den geförderten Wohnungsbau entsprechend den Vorgaben der Stadt Frankfurt im Passivhaus-Standard auszuführen.

Für Mehrfamilienhäuser kann der Passivhaus-Standard bei ausreichender Besonnung mit einer Gebäudehülle entsprechend dem KfW Effizienzhaus 55 Standard und dem Einsatz von Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung erreicht werden. Sollen Reihenhäuser im Passivhaus-Standard erstellt werden, dann bevorzugt solche mit guter Ausrichtung der Hauptfassade, geringer Verschattung und mindestens vier Wohneinheiten in einer Reihe. Die Erreichung des KfW Effizienzhaus 40 Plus Standards sollte in Betracht gezogen werden.

---

<sup>17</sup> Basierend auf den KfW-Förderbedingungen von 2019. Anfang 2020 wurden die Tilgungszuschüsse deutlich erhöht. Die Aussage gilt nun wahrscheinlich auch für den KfW-Effizienzhaus-40-Standard.

- Für alle anderen Neubauten kann der KfW Effizienzhaus 55-Standard uneingeschränkt empfohlen werden. Dieser ist energetisch, ökologisch und ökonomisch günstiger als der EnEV-Standard.

In dem Gebiet und seiner Umgebung sind keine Abwärmquellen vorhanden, mit denen eine Wärmeversorgung des gesamten Gebiets möglich wäre. Ein Anschluss des Gebiets an den Fernwärmeverbund der Mainova AG ist nicht möglich. Um einen möglichst hohen Autarkiegrad mit lokalen erneuerbaren Energien zu erreichen, wurde eine Wärmeversorgung mit Wärmepumpen und Solarenergie untersucht. Zusätzlich wurde als Alternative eine Nahwärmeversorgung mit Holzhackschnitzeln betrachtet. Auf der nächsten Seite sind die prognostizierten Ergebnisse der empfohlenen Wärmeversorgungsvarianten denen Referenzvariante in einer tabellarischen Übersicht gegenüber gestellt.

Die Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen kombiniert mit Solarenergiegewinnung auf den Dachflächen weist das größte Potenzial zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energieträger auf. Für die Variante mit kalter Nahwärme können etwa 52 % der benötigten Energie auf dem Gebiet selbst erzeugt werden. Da Holzhackschnitzel dem Quartier von außen zugeführt werden müssen, wird die Herausforderung der klimaschonenden Wärmeversorgung damit größtenteils auf die Stadt bzw. die Region verlagert. Zudem ist die Verfügbarkeit dieses Brennstoffs begrenzt.

Beide vorgeschlagenen Varianten verursachen heute und in Zukunft signifikant weniger Treibhausgasemissionen als die Referenzvariante. Während die Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen bis 2030 etwas mehr Treibhausgase emittieren würde als die Nahwärme mit Holzhackschnitzel-Feuerung, weisen die Varianten mit Sole/Wasser-Wärmepumpen in der langfristigen Prognose für 2050 das größte Potenzial zur Reduktion der Emissionen auf. Für die zentrale Holzhackschnitzel-Feuerung ist zudem zu bedenken, dass diese lokale Immissionen im Gebiet verursachen würde, nicht zuletzt durch die regelmäßige Anlieferung des Brennstoffs mit LKW. Unter der Voraussetzung dass die bundes- bzw. landesweiten Klimaschutzziele für den Strommix erreicht werden, können mit den vorgeschlagenen Varianten die Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt für 2050 erreicht bzw. sogar übertroffen werden.

## Übersicht der prognostizierten Ergebnisse

VARIANTE	Referenz: Gaskessel und Solar	Empfehlung: S/W-Wärme- pumpen <sup>1</sup>	Alternative: Nahwärme <sup>2</sup>
zentrale/dezentrale Erzeuger	gebäudezentrale Gas-Brennwert- Kessel mit solarth. TW-Erwärmung	gebäude-zentr. Sole/Wasser- Wärmepumpen ggf. mit kaltem Nahwärmenetz und Eissp.	gebietszentrale Holz-Feuerung mit dez. solarth. TW-Erwärmung
Gebäude-Energiestandard	EnEV	KfW EH 55, MFH teilw. PH	KfW EH 55, MFH teilw. PH
Ausführung der Hülle der Wohngeb. (Anteil an der ges. Geschossfläche)	<i>EH 55 (100%)</i>	EH 55 (100%)	EH 55 (100%)
Ausführung der Lüftung der Wohngeb. (Anteil an der ges. Geschossfläche)	<i>Abl. (100%)</i>	Abl. (70%) WRG in MFH (30%)	Abl. (70%) WRG in MFH (30%)
ENERGIE/AUTARKIE <sup>3</sup>			
Energieeinsatz in MWh/a	2.230	2.120	2.430
Autarkiegrad	13%	52%	21%
<i>durch folgende lokale Energieträger</i>	Solarwärme	Solar-/Umwelt- wärme, Solarstrom	Solarwärme, Solarstrom
Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a	1.950	1.010	1.920
bez. auf EBF in kWh/(m <sup>2</sup> a)	82	42	80
<i>Haupt-Endenergieträger für Wärmeanwendungen</i>	Erdgas	Strommix	Holzhack- schnittel
TREIBHAUSGASE <sup>4</sup>			
CO <sub>2</sub> -Äquivalente <u>2020</u> in t/a	605	427	292
bez. auf EBF in kg/(m <sup>2</sup> a)	25,3	17,8	12,2
CO <sub>2</sub> -Äquivalente <u>2050</u> in t/a	331	31	77
bez. auf EBF in kg/(m <sup>2</sup> a)	13,8	1,3	3,2
Wirtschaftlichkeit MFH <sup>5</sup>			
	EnEV	EH 55	EH 55
Energetisch relevante Investitionen (netto) abzgl. Förderung bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> )	226	198	166
Monatliche Betriebskosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> M)	0,56	1,21	0,89
Annuitätische Gesamtkosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> a)	23	30	23

- 1) Alle Ergebnisse dieser Variante ausgehend von einer monovalenten Wärmeerzeugung mittels der Wärmepumpen.
- 2) Wirtschaftlichkeit dieser Variante ausgehend von einer gemeinsamen Nahwärmeversorgung der Gebieten N.-E. Am Hollerbusch und N.-E. Süd.
- 3) Prognoseergebnisse für das gesamte Gebiet. Berücksichtigt wurden: Wärme für Raumheizung und Trinkwarmwasser, Raumkälte, Hilfsstrom sowie Nutzerstrom inkl. E-Mobilität.
- 4) Prognoseergebnisse für ein repräsentatives Mehrfamilienhaus. Berücksichtigt wurden: Wärme für Raumheizung und Trinkwarmwasser sowie Hilfsstrom.

Aus ökonomischer Sicht ist die gemeinsame Nahwärmeversorgung der beiden Gebiete N.-E. Am Hollerbusch und N.-E. Süd mit einer Holzhackschnitzel-Feuerung in Bezug auf resultierenden annuitätischen Gesamtkosten etwa gleichauf mit der Referenzvariante. In Bezug auf energetisch relevante Investitionen ist die Nahwärme günstiger als die Referenz, in Bezug auf Betriebskosten teurer.

Die Varianten mit Sole/Wasser-Wärmepumpen erfordern auf Grund der Erschließung der Wärmequelle höhere Investitionen. Diese führen – je nachdem, ob die Versorgung über einen Betreiber / Contractor mit kaltem Nahwärmenetz oder ausschließlich gebäudebezogen erfolgt – entweder zu einer deutlichen Erhöhung der Wärmekosten und damit der Betriebskosten für die Nutzer oder der Investitionen für die Eigentümer / Investoren (siehe Ergebnisse N.-E. Süd).

### **Empfehlungen zur Energieversorgung**

- Es wird empfohlen möglichst alle Dachflächen sowie die geeigneten Fassadenflächen der Gebäude zur Solarenergiegewinnung mit Photovoltaik und ggf. Solarthermie (idealerweise auch hybrid) zu nutzen.

Da es sich um ein weniger dicht besiedeltes Gebiet am Rand des Stadtgebiets handelt, wird darüber hinaus die Solarstromerzeugung auf weiteren Flächen in der Umgebung des Plangebiets empfohlen. In Frage kommen dabei unter anderem Überbauungen oder Einhausungen von Verkehrswegen und Parkflächen, Bauwerke zum Lärmschutz sowie Freiflächen und landwirtschaftliche Flächen.

- Es wird empfohlen eine (möglichst monovalente) Wärmeversorgung der Gebäude mittels Wärmepumpen anzustreben. Dadurch können die durch den Betrieb der Neubauten zusätzlich entstehenden Treibhausgasemissionen gering gehalten werden. Gleichzeitig bietet diese Variante bei der Umsetzung unterschiedliche Optionen für Investoren / Bauherren. In einem ersten Schritt ist dazu mit der Untere Wasser- und Bodenschutzbehörde festzulegen, unter welchen Auflagen die Errichtung und der Betrieb von Erdwärmekollektoren im Heilquellenschutzgebiet zulässig ist.

Als Wärmequelle kommen generell Erdwärmekollektoren (bzw. Erdwärmekörbe, Schnecken- oder Spiralsonden) und/ oder Eispeicher in Frage. Für einige der Mehrfamilienhäuser im Süd-Westen sollte zudem die Möglichkeit der Abwasser-Wärmenutzung geprüft werden. Sofern Interesse seitens der Investoren besteht und ein geeigneter Betreiber inkl. eines attraktiven Preismodells gefunden wird, kommt auch ein kaltes Nahwärmenetz in Frage (siehe Gebiet Am Hollerbusch).

Von einer Erschließung des Gebiets mit einem Erdgasnetz wird bei dieser Art von Wärmeversorgung abgeraten.

- Ergänzend werden folgende Empfehlungen zu den Gebäudetypen gegeben:
  - Für Doppel-/Reihenhäuser: Raumwärmeübergabe mit Flächenheizung vorsehen. Als Mittelweg zwischen kaltem Nahwärmenetz und Einzelversorgung kann die gemeinsame Versorgung einer „Reihe“ mit einer Heizzentrale wirtschaftlich vorteilhaft sein.  
Falls der Passivhaus-Standard angestrebt wird kommt auch die Wärmeversorgung mittels Kompaktaggregat (also Luft/Luft- bzw. Luft/Wasser-Wärmepumpe) in Frage.
  - Für Mehrfamilienhäuser: Flächenheizung und wohnungsweise Wärmeübergabe vorsehen.

## 10 Nieder-Eschbach Süd

### 10.1 Beschreibung des Gebiets

Mit dem geplanten Neubaugebiet „Nieder-Eschbach – Süd“ soll ein Wohngebiet auf bisher fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzten Flächen entstehen. Die Grundlage für das Klimaschutzteilkonzept bilden der städtebauliche Entwurf des Stadtplanungsamts „Variante I“ vom 26. Okt. 2017 (siehe Abb. 164), die zugehörige vorläufige Berechnung der Grundflächen sowie mündliche Aussagen der zuständigen Sachbearbeiterin. Die grundlegenden Informationen zum Gebiet sind nachfolgend zusammengefasst.

<b>Bebauungsplan:</b>	Nr. 917,
<b>Stadtteil:</b>	Nieder-Eschbach,
<b>Lage im Stadtgebiet:</b>	nord-östlicher Rand des Landkreises Frankfurt.
<b>Konzipierte Bebauung:</b>	Wohngebiet konzipiert für ca.690 Einwohner in 345 Wohneinheiten verteilt auf
Wohngebäude:	53 Reihenhäuser (max. II+), 21 Mehrfamilienhäuser (max. III+).
Sonstige Gebäude:	eine Kindertagesstätte.
<b>Bauliche Kennwerte:</b>	entsprechend städtebaulichem Entwurf vom 26. Okt. 2017 und eigenen Berechnungen.
Brutto-Bauland:	6,63 ha (100 %),
Netto-Bauland <sup>1</sup> :	4,82 ha (73 %),
Grundflächenzahl <sup>2</sup> :	0,31,
Geschossflächenzahl:	1,05.

<sup>1</sup>) Das Netto-Bauland entspricht dem Brutto-Bauland (ges. Fläche des B-Plan-Gebiets) abzgl. öffentlicher Verkehrs- und Grünflächen.

<sup>2</sup>) Berechnung der Grundflächenzahl nur für Hauptgebäude, also ohne Garagen, Stellplätze, Nebenanlagen etc.

Die für die Bedarfsprognose angenommen Flächen sind in Tab. 138 dargestellt.

Tab. 138: Flächen der konzipierten Bebauung für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

Nutzung	Geschossfläche		Energiebezugsfläche*		Dachflächen mit Solarpotenzial	
	m <sup>2</sup>	Anteil	m <sup>2</sup>	Anteil	m <sup>2</sup>	Anteil
Wohnen	46.600	92%	37.280	92%	10.130	92%
Kita	3.900	8%	3.400	8%	900	8%
<b>Gesamt</b>	<b>50.500</b>	<b>100%</b>	<b>40.680</b>	<b>100%</b>	<b>11.030</b>	<b>100%</b>

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



Abb. 164: Städtebaulicher Entwurf „Variante I“ des Stadtplanungsamts zum Bebauungsplan Nr. 917 vom 26. Okt. 2017 (Quelle: Stadtplanungsamt Frankfurt a. M.). (Mehrfamilienhäuser und Kita in dunkelrot, Reihenhäuser in hellrot dargestellt.)

## 10.2 Energetische Bewertung des Städtebaus

Die im städtebaulichen Entwurf vorgesehenen Gebäudetypen sind ähnlich bzw. identisch mit den Gebäudetypen im städtebaulichen Entwurf für das Gebiet Südlich Am Riedsteg in Nieder-Erlenbach (BP Nr. 908). Bezüglich der Beurteilung der Kompaktheit der Gebäude wird auf die Ausführungen im entsprechenden Abschnitt zu diesem Gebiet verwiesen (Abschnitt II.8.2).

Die Gebäude sind 2- oder 3-geschossig. Bei fast allen Reihenhäusern sind die Hauptfassaden nach Süden ausgerichtet (bzw. nur leicht nach Osten gedreht). Bei diesen Reihenhausezeilen ist die Erschließung der Häuser von Norden und die Anordnung des Gartens im Süden aus energetischer Sicht sehr gut gelöst. Eine Ausnahme bilden die Reihenhausezeilen entlang der U-Bahngleise, die vermutlich aus Schallschutzgründen in nordöstliche Richtung orientiert sind. Die Abstände zwischen den Häusern sind ausreichend, so dass auch im Winter keine nennenswerte gegenseitige Verschattung entsteht. Insgesamt sind die Fassaden der Reihenhäuser sehr gut besonnt.

Dies gilt auch für die Geschosswohnungsbauten. Hier könnte der Entwurf jedoch an einigen Stellen noch optimiert werden:

- Die quer stehenden Zeilenbauten im Norden des Gebiets verschatten die nördlichen Gebäude deutlich (Abb. 165). Eine Verbesserung könnte durch den Tausch von Zeilen- und Punkthäusern oder durch den Ersatz der Punkthäuser durch zwei Zeilenbauten erreicht werden.



Abb. 165: Ungünstige Verschattungssituation im nördlichen Bereich des Gebiets. Der Schattenwurf der beiden Zeilenbauten ist für den 17. Januar um 12.00 Uhr dargestellt.

- Die Geschosswohnungsbauten mit in sich versetzten Baukörpern, die im südlichen Bereich des Gebiets angeordnet sind, haben ein hohes Maß an Eigenverschattung. Bei der gewählten Ausrichtung wäre eine an der Längsachse gespiegelte Bauform für die Besonnung der Fassaden günstiger.

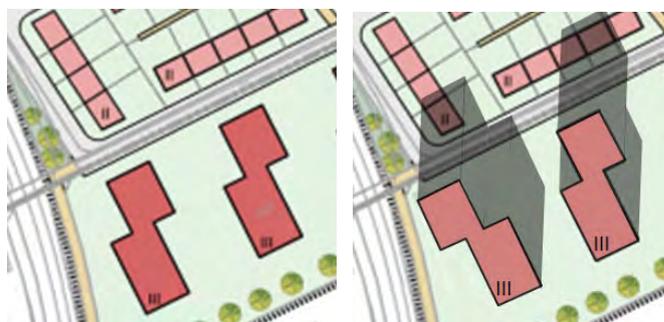


Abb. 166: Anordnung der Geschosswohnungsbauten im Süden des Gebiets und Darstellung der Eigenverschattung bei der gewählten und der gespiegelten Form

Die meisten Geschosswohnungsbauten können als gut geeignet für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards beurteilt werden. Kleine Geschosswohnungsbauten können aufgrund eines ungünstigeren A/V-Verhältnisses oder bei ungünstigen Verschattungssituationen nur als geeignet eingestuft werden. Dies gilt auch für alle günstig orientierten Reihenhäuser. Nur wenige Gebäude können als bedingt geeignet oder ungünstig beurteilt werden.

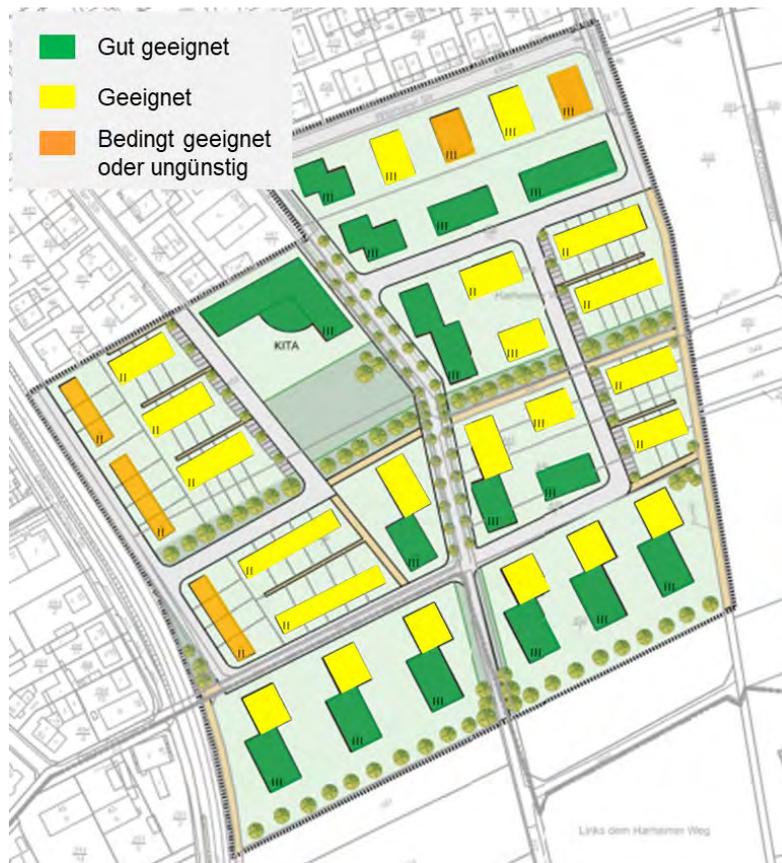


Abb. 167: Beurteilung der einzelnen Baukörper des städtebaulichen Entwurfs hinsichtlich einer wirtschaftlichen Realisierung des Passivhaus-Standards

### 10.3 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. 139 zu finden, detaillierte Ergebnisse für Wärme-, Kälte- und Strombedarf in den nachfolgenden Unterabschnitten. Eine Aufteilung des Gesamtbedarfs auf alle berücksichtigten Nutzungsarten ist in Tab. 140 für die Ausführung der Gebäude im Frankfurter Mix<sup>1</sup> zu finden. Diese Ausführung wurde auch für die Bewertung der Versorgungsvarianten zu Grunde gelegt.

Tab. 139: Übersicht des prognostizierten Energiebedarfs für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>2</sup>
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
<b>Wärmebedarf<sup>3</sup> in MWh/a</b>	<b>2.950</b>	<b>2.460</b>	<b>1.770</b>	<b>2.170</b>
bez. auf EBF <sup>4</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	73	60	44	54
bez. auf NBL <sup>5</sup> in MWh/(ha a)	612	511	367	452
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	4.275	3.565	2.565	3.159
<b>Strombedarf<sup>6</sup> in MWh/a</b>	<b>1.200</b>	<b>1.190</b>	<b>1.280</b>	<b>1.220</b>
bez. auf EBF <sup>4</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	29	29	31	30
bez. auf NBL <sup>5</sup> in MWh/(ha a)	249	247	266	253
bez. auf Einwohner in kWh/(EW a)	1.739	1.725	1.855	1.768
<b>Ges. Energiebedarf in MWh/a</b>	<b>4.150</b>	<b>3.650</b>	<b>3.050</b>	<b>3.390</b>
rel. Anteil Wärmebedarf	71%	67%	58%	64%
rel. Anteil Strombedarf	29%	33%	42%	36%

- 1) Passivhaus-Gebäudehülle bei Mehrfamilienhäusern etwa wie KfW-EH 55 (bei Reihenhäusern und Doppelhäusern wäre diese etwa wie KfW-EH 40).
- 2) Frankfurter Mix (Ffm.-Mix) bedeutet 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, restl. Gebäude bzw. Geschossfläche als KfW-EH 55.
- 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 Stromwendungen inkl. Elektromobilität. Zusätzlich wurde der Strombedarf für Raumkühlung mit eingerechnet.

Tab. 140: Aufteilung des gesamten Energiebedarfs nach Nutzungen für das Gebiet N.-E.-Süd bei Ausführung der Neubauten im Frankfurter Mix.

Energienutzung	Energieform	Energiebedarf in MWh/a	Anteil
Wärmebedarf Raumheizung	Wärme	1.210	36%
Wärmebedarf Warmwasser	Wärme	960	28%
Nutzerstrom Raumkühlung	Strom	10	0%
Nutzerstrom Haushalte	Strom	790	23%
Nutzerstrom öffentl. NWG	Strom	70	2%
Nutzerstrom GHD	Strom	0	0%
Nutzerstrom Industrie	Strom	0	0%
Hilfsstrom TGA Gebäude	Strom	120	4%
Allgemeinstrom Wohngebäude	Strom	70	2%
Strom E-Mobilität	Strom	140	4%
Strom öffentl. Beleuchtung	Strom	20	1%
<b>Summe für gesamtes Gebiet</b>		<b>3.390</b>	<b>100%</b>

### 10.3.1 Wärmebedarf

Die Aufteilung des prognostizierten Wärmebedarfs ist in Tab. 141 gezeigt. Im geplanten Neubaugebiet wurde kein Bedarf an Prozesswärme identifiziert. Detaillierte Angaben zum prognostizierten Wärmebedarf für Raumheizung und Trinkwarmwasserbereitung sind in Tab. 142 aufgeführt.

Tab. 141: Übersicht des prognostizierten Wärmebedarfs für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.  
(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf der vorherigen Seite.)

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	2.950	2.460	1.770	2.170
Relativ zu EnEV 2016	100%	83%	60%	74%
Anteil Warmwasser	33%	39%	54%	44%
Wärmebedarf Prozesswärme in MWh/a	0			
Anteil am ges. Bedarf	0%	0%	0%	0%
<b>Gesamter Wärmebedarf in MWh/a</b>	<b>2.950</b>	<b>2.460</b>	<b>1.770</b>	<b>2.170</b>

Tab. 142: Prognostizierte Wärmeabgabe an Gebäude sowie die entsprechende Wärmeleistung für das für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.  
(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf der vorherigen Seite.)

		Raumheizung				Warmwasser	
		EnEV16	EH 55	PH	Ffm.-Mix	ohne th. Solaranl.	mit th. Solaranl.
<b>Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude nach Nutzung</b>							
Wohnen	MWh/a	1.760	1.320	740	1.140	940	540
Kita	MWh/a	230	170	70	70	20	10
<b>Kumulierte Wärmeabgaben an Gebäude für das geplante Quartier</b>							
<b>Ges. Quartier</b>	<b>MWh/a</b>	<b>1.990</b>	<b>1.490</b>	<b>810</b>	<b>1.210</b>	<b>960</b>	<b>550</b>
bez. auf EBF	kWh/(m <sup>2</sup> a)	48,9	36,6	19,9	29,7	23,8	13,5
Prozentual	-	100%	75%	41%	61%	100%	57%
<b>Kumulierte Wärmeleistungen* für das geplante Quartier</b>							
<b>Ges. Quartier</b>	<b>kW</b>	<b>1.610</b>	<b>1.350</b>	<b>950</b>	<b>1.230</b>	<b>1.670</b>	
Prozentual	-	100%	84%	59%	76%		

\* 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.

### 10.3.2 Kältebedarf

Für das Gebiet wurde ein geringer Kältebedarf zur Raumkühlung von ca. 41 MWh/a (Nutzenergieabgabe an die Gebäude) prognostiziert, welcher voraussichtlich durch gebäude- oder wohnungszentrale Kälteanlagen gedeckt werden wird. Der resultierende Strombedarf von etwa 10 MWh/a wurde im nachfolgenden Abschnitt mit eingerechnet. Es wurde kein Bedarf an Prozesskälte identifiziert.

### 10.3.3 Strombedarf

Der prognostizierte Strombedarf ist in Tab. 143 und Tab. 144 gezeigt.

Tab. 143: Aufteilung des prognostizierter Strombedarfs für Nutzung (Haushalte, Kita etc.) und E-Mobilität für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

		Strom für Nutzung	Strom für E-Mobilität
Haushalte	MWh/a	882	134
Kita	MWh/a	70	11
<b>Ges. Quartier</b>	<b>MWh/a</b>	<b>952</b>	<b>145</b>
bez. auf WF/NRF	kWh/(m <sup>2</sup> a)	23,4	3,6

Tab. 144: Übersicht des prognostizierten Strombedarfs für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.  
(Erläuterungen zu Begriffen u. Abkürzungen finden sich auf den vorherigen Seiten.)

Qualität der Gebäudehülle	EnEV 2016	KfW-EH 55	PH	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Abluft	Zu-/Abluft mit WRG	Mix
(Hilfs-) Strombedarf für TGA in MWh/a	110	100	190	130
Relativ zu EnEV 2016	100%	91%	173%	118%
Strombedarf für Nutzung* in MWh/a	950			
Strombedarf für E-Mobilität in MWh/a	140			
<b>Gesamter Strombedarf in MWh/a</b>	<b>1.200</b>	<b>1.190</b>	<b>1.280</b>	<b>1.220</b>
Anteil TGA	9%	8%	15%	11%
Anteil Nutzung	79%	80%	74%	78%
Anteil E-Mobilität	12%	12%	11%	11%

\* Strombedarf für Nutzung der Gebäude inkl. Allgemestrom und Straßenbeleuchtung

## 10.4 Verfügbare Energieträger und lokale Potenziale

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

### 10.4.1 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.

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.

Nieder-Eschbach ist seit 1976 an das Frankfurter Erdgasnetz angeschlossen.

## 10.4.2 Fernwärme

Laut Aussage der Mainova AG ist ein Anschluss des Gebiets an das bestehende Fernwärmeverbundsystem nicht möglich.

Das nächstgelegene mit Fernwärme erschlossene Gebiet befindet sich etwa 3,0 km (Luftlinie) südöstlich des Baugebiets. Etwas näher, ca. 1,0 km (Luftlinie) südöstlich des Baugebiets, liegt das Versorgungsgebiet „Ben-Gurion-Ring“.

## 10.4.3 Biomasse

Es wird davon ausgegangen, dass eine Versorgung des Gebiets mit Hackschnitzeln aus der Region möglich ist. Diese werden jedoch nicht als lokales Potenzial behandelt.

Generell soll die Biomasse-Verbrennung in Frankfurt zukünftig nicht mehr zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. In weniger dicht bebauten Stadtrandgebieten, in denen die negativen Aspekte der Biomasse-Verbrennung (lokale Emissionen, Lieferverkehr, Platzbedarf) nicht so schwer wiegen wie in sehr dicht bebauten Innenstadtgebieten, deren Energiebedarf vergleichsweise gering ist und wo keine Möglichkeit zum Anschluss an das Fernwärmeverbundsystem besteht, wird die Biomasse-Verbrennung dennoch als (Übergangs-) Option mit geringen Treibhausgas-Emissionen betrachtet.

## 10.4.4 Ab(wasser)wärme

Es wird davon ausgegangen, dass das Potenzial des bestehenden Abwasserkanals zu gering ist, um das gesamte geplante Quartier mit Wärme zu versorgen. Dennoch könnten damit potenziell mehrere Gebäude (bspw. die Mehrfamilienhäuser im Süden) mit Wärme versorgt werden.

Laut dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt verläuft aus Westen kommend ein Abwasser-Gefällekanal mit einer potenziellen Entzugsleistung zwischen 100 kW und 200 kW durch den süd-westlichen Teil des Gebiets und biegt dann etwa in der Mitte des Gebiets unter dem Feldweg nach Süden ab. Mit der Erschließung des Gebiets Nieder-Eschbach Süd und des benachbarten Gebiets Am Hollerbusch dürfte sich dieses Potenzial noch etwas erhöhen.

## 10.4.5 Erdwärme

Es wird davon ausgegangen, dass eine flächendeckende Erschließung des Gebiets mit Erdwärmekollektoren oder deren kompakteren Varianten genehmigungsfähig ist (ggf. unter Auflagen). Eine Versorgung mit Erdwärme kommt daher als gebäude-/blockzentrale Lösung in Frage und sollte insbesondere für die Doppel- und Reihenhäuser in Betracht gezogen werden.

Genau wie das benachbarte Gebiet „Am Hollerbusch“ ist das Plangebiet Nieder-Eschbach Süd laut dem Fachinformationssystem „Grund- und Trinkwasserschutz Hessen“ des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) ist das Plangebiet auf Grund seiner Lage in einem Heilquellenschutzgebiet (WSG IIIB, HQSG III/2) als „wasserwirtschaftlich ungünstig“ eingestuft. Wie schon in Abschnitt 9.4.5 erläutert, kommen daher in erster Linie Erdwärmekollektoren und deren kompaktere Varianten zur Erdwärmenutzung in Frage. Es wird auf die Ergebnisse im genannten Abschnitt verwiesen.

## 10.4.6 Solarenergie

Basierend auf dem vorliegenden städtebaulichen Entwurf wurden folgende potenzielle **Flächen zur aktiven Solarenergiegewinnung** identifiziert.

Brutto-Flächen der Flachdächer der Gebäude <sup>1</sup> :		11.030 m <sup>2</sup> .
Darin enthalten sind	Mehrfamilienhäuser:	7.090 m <sup>2</sup> ,
	Reihenhäuser:	3.040 m <sup>2</sup> ,
	Kindertagesstätte:	900 m <sup>2</sup> .
Brutto-Flächen geeigneter Fassaden <sup>2</sup> :		1.500 m <sup>2</sup> .
	Mehrfamilienhäuser:	1.160 m <sup>2</sup> ,
	Kindertagesstätte:	340 m <sup>2</sup> .

<sup>1)</sup> Bei Staffelgeschossen wurde nur die Geschossdecke des obersten Geschosses als Dachfläche berücksichtigt.

<sup>2)</sup> Geeignete Fassaden jeweils ohne Erdgeschoss.

Zusätzliche Flächen zur Solarenergiegewinnung können durch die Überbauung von Verkehrswegen geschaffen werden – in diesem Fall der U-Bahn-Gleise am Rand des Plangebiets – zum Beispiel in Kombination mit einem oder mehreren Fußgänger- und/oder Radfahrerüberwegen zur Anbindung der Wohngebiete auf der anderen Seite der Bahngleise. Darüber hinaus sollte für Nieder-Eschbach die Nutzung ausgewählter Freiflächen oder landwirtschaftlicher Flächen zur Solarenergiegewinnung mittels Photovoltaik-Anlagen vorgesehen werden. Dies könnte im Rahmen des im Verfahren befindlichen Bebauungsplans Nr. 800 „Grüngürtelpark Nieder-Eschbach“ erfolgen.

## Photovoltaik-Anlagen

Es wird angenommen, dass 70 % der Brutto-Dachflächen und 50 % der Brutto-Fassadenflächen zur Solarenergiegewinnung genutzt werden können. Die resultierenden Strom-Erzeugungspotenziale mit Photovoltaik-Anlagen sind in Abb. 150 dargestellt.

Gesamtenergiebedarf des Quartiers	<b>100%</b>	3.390 MWh/a
davon Strombedarf	<b>36%</b>	1.220 MWh/a
<u>70 % der Brutto-Dachflächen genutzt für Photovoltaik-Anlagen</u>		
Erzeugungspotenzial mit PV-Modulen einreihig	<b>16%</b>	540 kW peak   540 MWh/a
oder doppelreihig	<b>22%</b>	930 kW peak   740 MWh/a
<u>50 % der Brutto-Fassadenflächen genutzt für Photovoltaik-Anlagen</u>		
PV-Module an Fassaden	<b>2%</b>	120 kW peak   80 MWh/a

Abb. 168: Potenziale mit Photovoltaik-Anlagen auf allen Dachflächen gegenüber dem prognostizierten Energiebedarf für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.  
Anmerkung: alle Werte gelten für Ausführung aller Gebäude im Frankfurter Mix.

## Thermische Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung sowie zusätzlich Photovoltaik-Anlagen

Wieder wird angenommen, dass 70 % der Brutto-Dachflächen und 50 % der Brutto-Fassadenflächen zur Solarenergiegewinnung genutzt werden können. Ein Teil davon wird für thermische Solaranlagen genutzt, der restliche Teil für Photovoltaik-Anlagen. Die resultierenden Potenziale sind in Abb. 169 und Abb. 170 dargestellt.

### Potenziale zur Wärmeerzeugung:

Gesamtenergiebedarf des Quartiers	<b>100%</b>	3.390 MWh/a
davon Wärmebedarf	<b>64%</b>	2.180 MWh/a
davon TW-Erwärmung	<b>28%</b>	960 MWh/a
<u>27 % der Brutto-Dachflächen genutzt für thermische Solaranlagen zur TW-Erwärmung</u>		
Erzeugungspotenzial mit Flachkollektoren einreihig	<b>12%</b>	1.030 m <sup>2</sup> BKF   410 MWh/a

Abb. 169: Potenziale mit thermischen Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung gegenüber dem prognostizierten Energiebedarf für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.  
Anmerkung: alle Werte gelten für Ausführung aller Gebäude im Frankfurter Mix.

### Zusätzliche Potenziale zur Stromerzeugung:

Strombedarf des Quartiers	36%	1.220 MWh/a
<u>43 % der Brutto-Dachflächen genutzt für Photovoltaik-Anlagen</u>		
Erzeugungspotenzial mit PV-Modulen einreihig	10%	330 kW peak   330 MWh/a
oder doppelreihig	13%	570 kW peak   450 MWh/a
<u>50 % der Brutto-Fassadenflächen genutzt für Photovoltaik-Anlagen</u>		
PV-Module an Fassaden	2%	120 kW peak   80 MWh/a

Abb. 170: Potenziale mit Photovoltaik-Anlagen (kombiniert mit thermischen Solaranlagen) gegenüber dem prognostizierten Energiebedarf für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

Anmerkung: alle Werte gelten für Ausführung aller Gebäude im Frankfurter Mix.

### Anmerkungen zur den dargestellten Potenzialen

- Nicht die gesamte potenziell erzeugte Strommenge der PV-Anlagen kann 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.
- Die Potenziale sind für zwei Aufstellungs-Varianten der Photovoltaik-Module angegeben:
  - „Klassische“ einreihige Aufstellung der Module mit einheitlicher Orientierung möglichst nach Süden und einer Neigung von etwa 30°. Auf Grund der Abstände zwischen den Reihen ist diese Aufstellung ist gut mit einer extensiven Dachbegrünung kombinierbar.
  - Doppelreihige Aufstellung mit entgegengesetzter Orientierung benachbarter Reihen und flacher Neigung von etwa 15°. Auf Grund der flächendeckenden Verschattung der Dachfläche macht eine Dachbegrünung bei dieser Aufstellung keinen Sinn.

## 10.5 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. 145 ist eine

Übersicht der betrachteten Varianten zu finden. In diesem Abschnitt werden die technischen Details der Varianten näher erläutert.

Tab. 145: Übersicht der betrachteten Varianten der Wärmeversorgung für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

Akronym	Kurzbeschreibung	VL/RL in °C	Bemerkungen
<b>GEBÄUDE- / BLOCKZENTRALE VARIANTEN</b>			
Gas-BWK +ST	Gas-Brennwertkessel u. Solarthermie (Referenz)	65/45	Referenzvariante mit solarthermischer Anlage zur Trinkwassererwärmung.
S/W-WP +PV	Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmekollektoren und Photovoltaik-Anlagen	55/35	Erdwärmenutzung auf Grundstücksflächen, DH/RH als KfW-EH 55 und MFH als PH, alle mit Flächenheizung und optimierter Wärmeverteilung.
<b>GEBIETSZENTRALE VARIANTE</b>			
NahW +ST +PV	Holzfeuerung und Gas-SPK mit solarthermischen Anlagen und Photovoltaik-Anlagen	75/50	Nahwärmezentrale und zusätzlich gebäudezentrale solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung.

### 10.5.1 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.

<b>Wärmeerzeugung:</b>	88 % Gas-Brennwertkessel. (jeweils mit Anteil an der ges. Wärmeabgabe)	12 % solarthermische Anlagen zur WW-Bereitung
<b>Wärmenetz:</b>	nicht benötigt.	
<b>Heizraum:</b>	integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.	
	Platzbedarf:	übliche Abmessungen für Gebäude / Block.
<b>Sonstige Anforderungen:</b>	Gebäudehülle und -technik müssen mindestens den Anforderungen an ein KfW Effizienzhaus 55 entsprechen, alle anderen effizienzsteigernden Maßnahmen sind optional.	
<b>Zukunftsperspektive:</b>	Keine.	

### 10.5.2 Variante „S/W-WP (Erdkoll./Eissp.)“: Sole/Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmekollektoren oder Eisspeicher

Gebäudezentrale bzw. blockzentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen versorgen die Gebäude / Blöcke monovalent mit Wärme. Mehrere Mehrfamilienhäuser können ein gemeinsam kaltes Mikrowärmenetz nutzen, um angrenzende Grünflächen mit Erdwärmekollektoren zu erschließen. Voraussetzung für diese Variante ist eine Realisierung aller Doppel- und Reihenhäuser im KfW-EH55 Standard (oder besser) und aller Mehrfamilienhäuser im Passivhaus Standard. Detailliertere Informationen zu der Variante sind nachfolgend aufgeführt.

- Wärmeerzeugung:** 100 % Sole/Wasser-Wärmepumpen und elektr. Heizstäbe für Spitzenlast.
- Wärmequelle: Erdwärmekollektoren auf den unbebauten Flächen der Grundstücke und ggf. Grünflächen, optional PVT-Kollektoren als zusätzliche Wärmequelle
- Wärmenetz:** kein gebietsweites Netz benötigt, sondern nur zur Unterverteilung im Block bzw. ggf. Mikrowärmenetz für Verbund mehrerer Gebäude.
- Heizraum:** integriert in Kellergeschoss/Tiefgarage.
- Platzbedarf: übliche Abmessungen für Gebäude / Block.
- Sonstige Anforderungen:** Gebäudehülle und -technik für Doppel-/Reihenhäuser entsprechend KfW-EH55, für Mehrfamilienhäuser entsprechend dem Passivhaus Standard, Nieder-Temperatur-Wärmeverteilung mit Flächenheizung für alle Gebäude und wohnungsweise Übergabestationen für Mehrfamilienhäuser.

### 10.5.3 Variante „NahW (Holz) + ST“: Nahwärmenetz mit zentralem Holzkessel und dezentralen Solaranlagen

Ein Holzhackschnitzel-Kessel mit Gas-Spitzenlastkessel versorgt von einer Nahwärmezentrale aus über ein Wärmenetz alle Abnehmer mit Wärme. Gebäudezentrale solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung reduzieren den Brennstoffbedarf und ermöglichen die Abschaltung des Hackschnitzel-Kessels in den Sommermonaten. In Abb. 171 ist eine schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Wärmenetzes sowie der Lage der Heizzentrale gezeigt.



Abb. 171: Schematische Darstellung des möglichen Trassenverlaufs des Nahwärmenetzes der Variante „NahW+ST“ für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

Detailliertere Information zu der Versorgungsvariante sind hier aufgeführt:

<b>Wärmeerzeugung:</b>	78 % Holzhackschnitzel-Kessel, (jeweils mit Anteil an der ges. Wärmeabgabe)	5 % Erdgas-Spitzenlastkessel, 17 % dezentrale thermische Solaranlagen.
<b>Wärmenetz:</b>	2-Leiter Wärmenetz (Kunststoffmantelrohr). Vor-/Rücklauftemperatur:	75 °C / 50 °C, Trassenlänge: ca. 1,1 km Verteilnetz,
<b>Nahwärmezentrale:</b>	extra Gebäude am Rand des Gebiets mit unter- irdischem Brennstofflager. (Idealerweise eine gemeinsame Zentrale mit dem Gebiet Nieder-Eschbach Am Hollerbusch.)	
Platzbedarf Zentrale:	ca. 150 m <sup>2</sup> x mind. 4 m (L x B x H)	
Platzbedarf Brennstofflager:	ca. 65 m <sup>2</sup> x 4 m (L x B x T)	
Häufigkeit Anlieferung:	ca. 20 Mal pro Jahr	

**Sonstige Anforderungen:** Keine. Gebäudehülle und -technik gemäß den Mindestanforderungen des gewünschten Energiestandards.

## 10.6 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen

Eine tabellarische Übersicht der prognostizierten Energie-Bilanzen der betrachteten Varianten ist in Tab. 146 gegeben und eine entsprechende graphische Darstellung der Ergebnisse in Abb. 172. Die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen der Varianten sind für unterschiedliche Bezugsjahre in Abb. 173 gezeigt und die zugehörige tabellarische Übersicht der Ergebnisse ist in Tab. 147 zu finden.

Tab. 146: Prognose der endenergiebasierten Territorialbilanz von Energieeinsatz und Endenergie für Wärme-, Kälte-, und Stromversorgung des Gebiets Nieder-Eschbach Süd.

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK+ST	S/W-WP +PV	NahW +ST+PV
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	Ffm.-Mix <sup>1</sup>	Ffm.-Mix <sup>1</sup>
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Mix <sup>2</sup>	Mix <sup>2</sup>
<b>Energiebedarf<sup>3</sup> in MWh/a</b>	3.690	3.430	3.430
<b>Energieeinsatz<sup>4</sup> in MWh/a</b>	= 3.760	3.480	3.970
<b>davon Wärme/Kälte aus lokalen Energieträgern<sup>5</sup> in MWh/a</b>	+ 440	1.590	440
<b>davon Strom aus lokalen Energieträgern in MWh/a</b>	+ 0	520	360
Autarkiegrad durch lokale Energieträger <sup>6,7</sup>	12%	61%	20%
zusätzlicher Strom ins Netz eingespeist in MWh/a	0	170	90
<b>davon Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a</b>	+ 3.320	1.370	3.170
bez. auf EBF <sup>8</sup> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	82	34	78
bez. auf NBL <sup>9</sup> in MWh/(ha a)	689	284	658
bez. auf Einw. in kWh/(EW a)	4.812	1.986	4.594
anteilig bez. auf Referenz	100%	41%	95%
bez. auf Energiebedarf	0,90	0,40	0,92

- <sup>1</sup> Frankfurter Mix (Ffm.-Mix) bedeutet: 30 % der Geschossfläche als Passivhaus-Mehrfamilienhäuser, restliche Gebäude haben KfW-EH 55-Hülle und Abluftanlage.
- <sup>2</sup> Entsprechend dem Frankfurter Mix der Energiestandards haben die KfW-EH 55 Abluftanlagen und die Passivhäuser Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung.
- <sup>3</sup> Der Wärme-/Kältebedarf entspricht der Nutzenergieabgabe ab Erzeuger/Übergabe an die Gebäude, der Strombedarf entspricht dem Endenergiebedarf der Gebäude.
- <sup>4</sup> Der Energieeinsatz entspricht der Summe aller zur Deckung des Energiebedarfs im Quartier erzeugten bzw. von extern zugeführten erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträger.
- <sup>5</sup> 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.

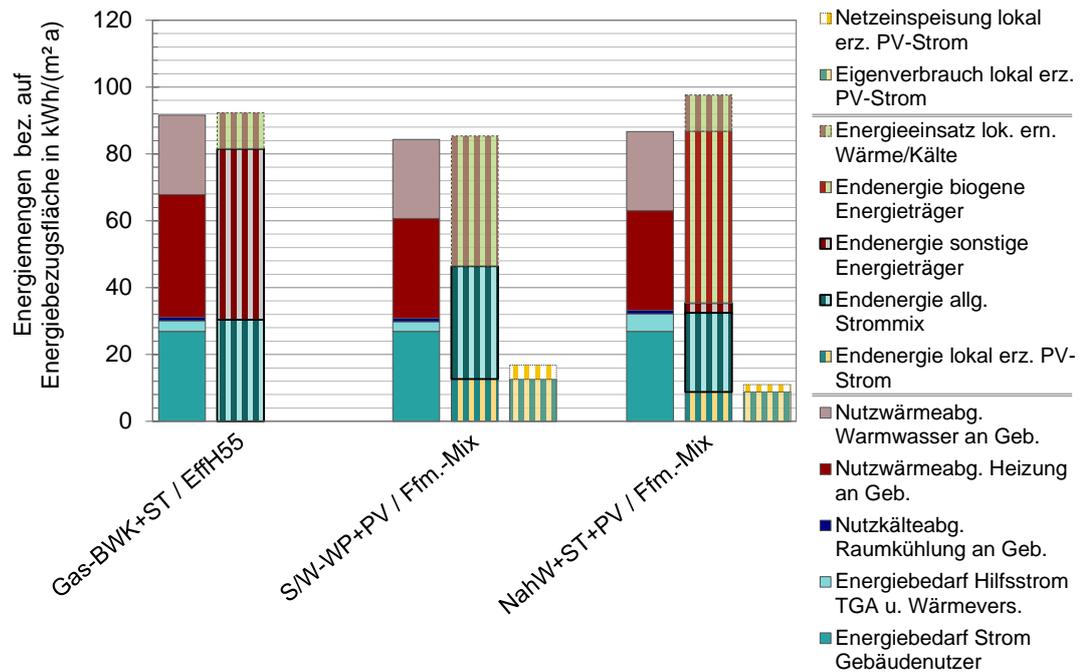


Abb. 172: Prognostizierte Energiebilanz der relevanten Energiemengen für unterschiedliche Versorgungsvarianten für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd.

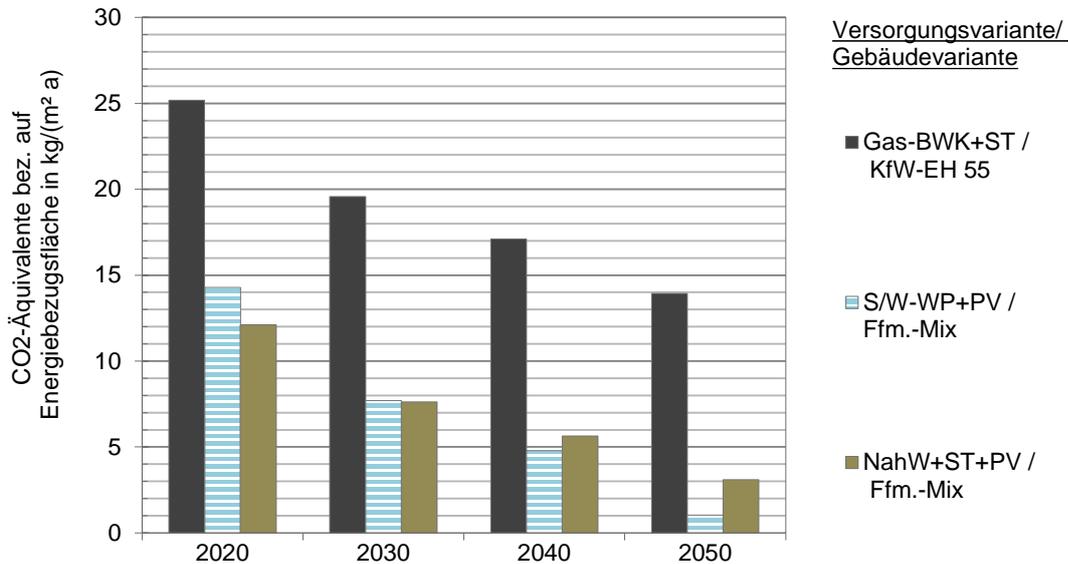


Abb. 173: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für Wärme- und Stromversorgung für unterschiedliche Versorgungsvarianten und Bezugsjahre für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Tab. 147: Prognostizierte Treibhausgasemissionen für unterschiedliche Bezugsjahre für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd (basierend auf endenergiebasierter Territorialbilanz).

Versorgungsvariante	Ref. Gas-BWK+ST	S/W-WP+PV	NahW+ST+PV
Qualität der Gebäudehülle	EH 55	Ffm.-Mix*	Ffm.-Mix
Art der Lüftungsanlage	Abluft	Mix*	Mix
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2020 in t/a</b>	1.024	581	493
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	25,2	14,3	12,1
anteilig bez. auf Ref. 2020	100%	57%	48%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2030 in t/a</b>	797	313	310
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	19,6	7,7	7,6
anteilig bez. auf Ref. 2020	78%	31%	30%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2040 in t/a</b>	696	195	230
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	17,1	4,8	5,6
anteilig bez. auf Ref. 2020	68%	19%	22%
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente 2050 in t/a</b>	567	42	126
bez. auf EBF* in kg/(m <sup>2</sup> a)	13,9	1,0	3,1
anteilig bez. auf Ref. 2020	55%	4%	12%

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

## 10.7 Ökonomische Bewertung

Je nachdem welche Varianten von Wärmeversorgung und Gebäude (Hülle/ Lüftung) miteinander kombiniert werden, ergeben sich:

- im Hinblick auf die **Betreiber** von gebiets- oder blockzentralen Wärmeversorgungsvarianten unterschiedliche Investitionen und Wärmepreise, und
- im Hinblick auf die **Eigentümer bzw. Nutzer** der Gebäude unterschiedliche Investitionen, Betriebskosten und annuitätische Gesamtkosten.

Der Vergleich der genannten Indikatoren dient als Grundlage für die ökonomische Bewertung. Die einzelnen Indikatoren werden nachfolgend erläutert:

- Die **Investitionen für die Betreiber** von gebiets- oder blockzentralen Wärmeversorgungsvarianten dienen als Maß für deren wirtschaftlichen Ressourceneinsatz. Alle Investitionen sind Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten (Stand 2018/19). Es werden nur für die Wärmeversorgung relevante Investitionen berücksichtigt.
- Anhand vom **Wärme(gestehungs)preis** wird die für die Eigentümer bzw. Nutzer der Gebäude günstigste und damit sozial verträglichste gebiets-/blockzentrale Wärmeversorgungsvariante identifiziert. Er fließt auch direkt in die Berechnung der Betriebskosten der Nutzer ein.
- Die **Investitionen für die Eigentümer bzw. Nutzer** sind ebenfalls Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten (Stand 2018/19). Es werden nur solche 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-Verteilleitungen, 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.

### 10.7.1 Mustergebäude und Varianten

Diese Kriterien wurden für folgende Mustergebäude ausgewertet:

**Mustergebäude 1:                   Reihenhaus mit einer Wohneinheit.**  
 Geschosse: zwei Vollgeschosse plus Staffelgeschoss.  
 Geschossfläche: 227 m<sup>2</sup> (inkl. Staffel).  
 Energiebezugsfläche: 182 m<sup>2</sup> (beh. Wohnfläche).  
 Hinweis: Gebäudehülle für Passivhaus ist besser als die des KfW Effizienzhaus 40.

**Mustergebäude 2:                   Mehrfamilienhaus mit 19 Wohneinheiten.**  
 Geschosse: drei Vollgeschosse plus Staffelgeschoss.  
 Geschossfläche: 2.345 m<sup>2</sup> (inkl. Staffel).  
 Energiebezugsfläche: 1.875 m<sup>2</sup> (beh. Wohnfläche).  
 Hinweis: Gebäudehülle für Passivhaus entspricht etwa der des KfW Effizienzhaus 55.

Dabei wurden folgende Varianten aus erreichtem Gebäude-Energiestandard und Wärmeversorgung untersucht:

<b>EnEV Gas-BW+ST</b> (Referenz)	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, dez. Gas-Brennwertkessel, thermische Solaranlage.
<b>EnEV NahW (Holz)+ST</b>	Gebäudehülle entspr. EnEV, Abluftanlage, Anschluss an Nahwärme mit HHS-Kessel, thermische Solaranlage.
<b>EH55 S/W-WP</b> (Erdkoll./Eissp.)	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, S/W-Wärmepumpe mit Erdkollektoren (RH) bzw. Eisspeicher (MFH).
<b>EH55 NahW (Holz)+ST</b>	Gebäudehülle entspr. KfW-EH 55, Abluftanlage, Anschluss an Nahwärme mit HHS-Kessel, thermische Solaranlage.
<b>PH L/L+W-WP</b> (Kompaktagg.)	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, Kompaktaggregat (nur für Reihenhäuser).
<b>PH EWK-WP</b> (Erdkoll.)	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, S/W-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektoren.
<b>PH NahW (Holz)+ST</b>	Gebäudehülle entspr. PH, Zu-/Abluftanlage mit WRG, Anschluss an Nahwärme, thermische Solaranlage.

(Anmerkung: es wurden die Wärmepreise der Nahwärme mit HHS-Kessel zur gemeinsamen Versorgung der Gebiete N.-E. Süd und Hollerbusch angesetzt.)

### 10.7.2 Investitionen für zentrale Versorgung

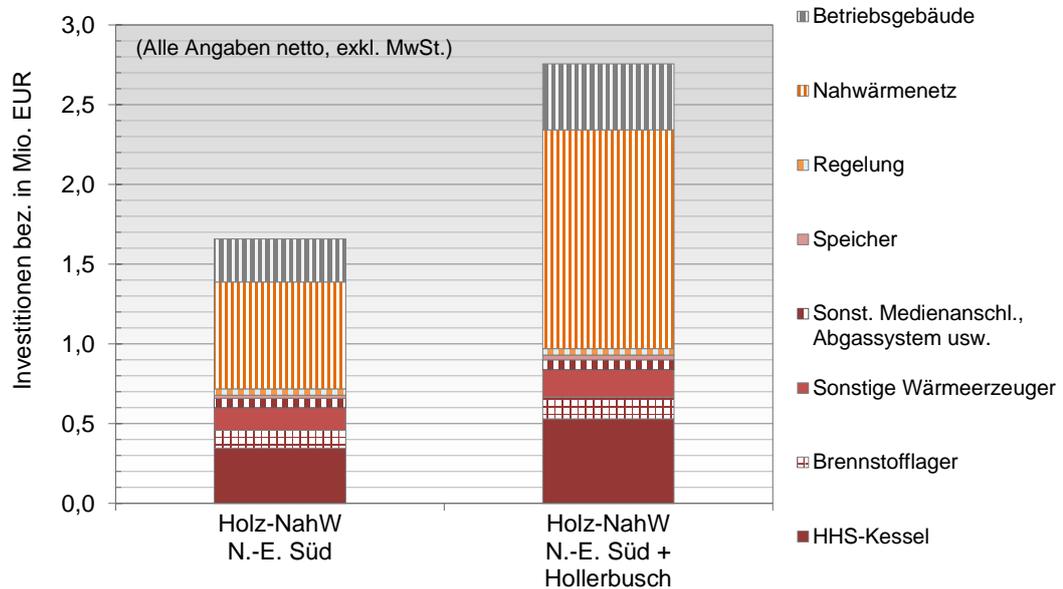


Abb. 174: Investitionen der gebietszentralen Wärmeversorgungsvarianten für das Gebiet N.-E. Süd.

### 10.7.3 Wärmepreise für zentrale Versorgung

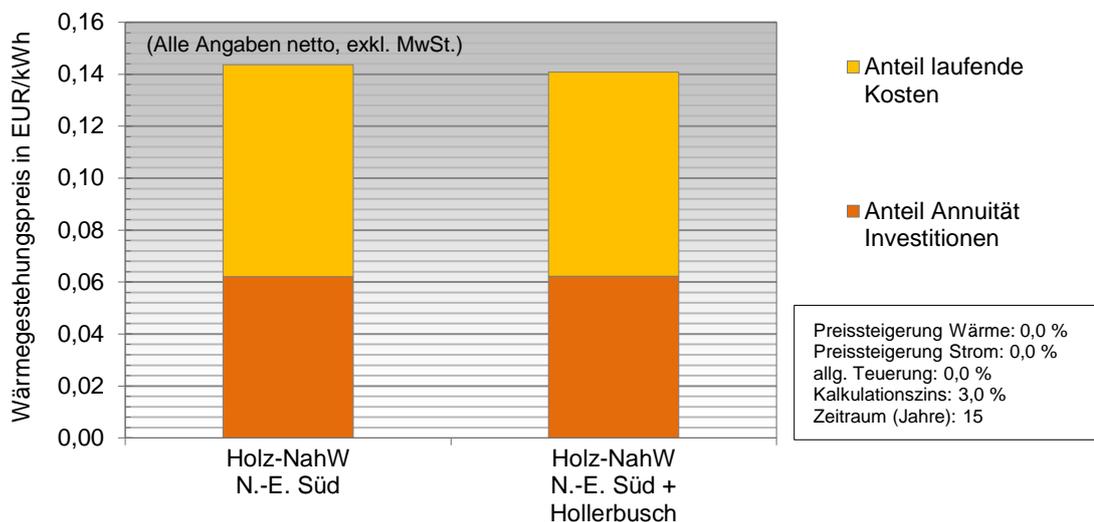


Abb. 175: Wärmegestehungspreise bezogen auf Endenergielieferung der gebietszentralen Wärmeversorgungsvarianten für das Gebiet N.-E. Süd.

## 10.7.4 Investitionen aus Nutzersicht

### Reihenhaus

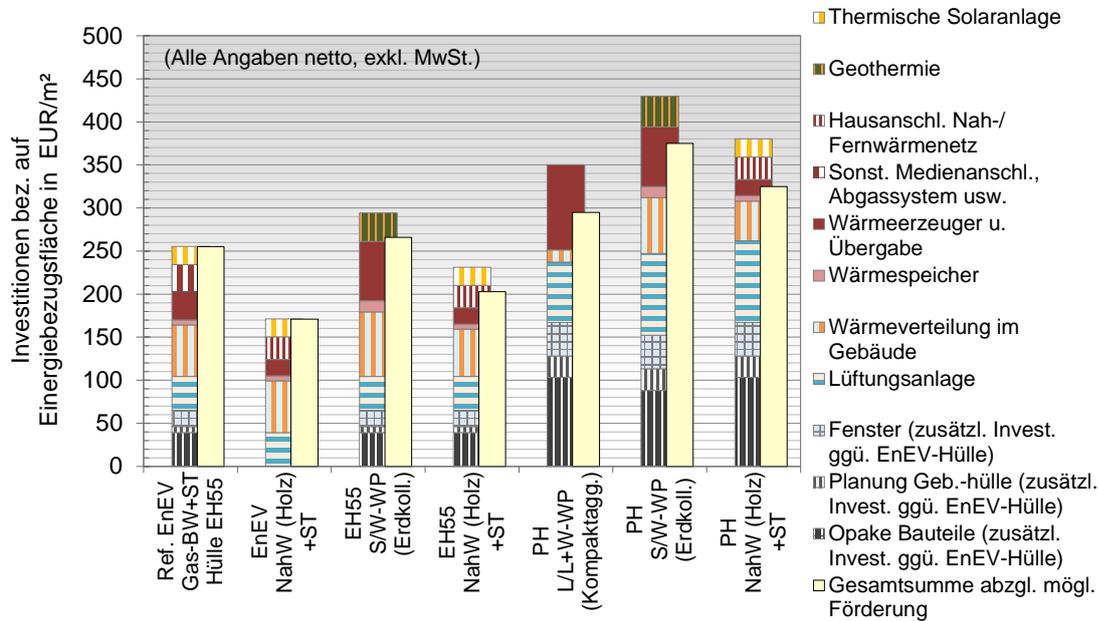


Abb. 176: Investitionen der Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet N.-E. Süd.

### Mehrfamilienhaus

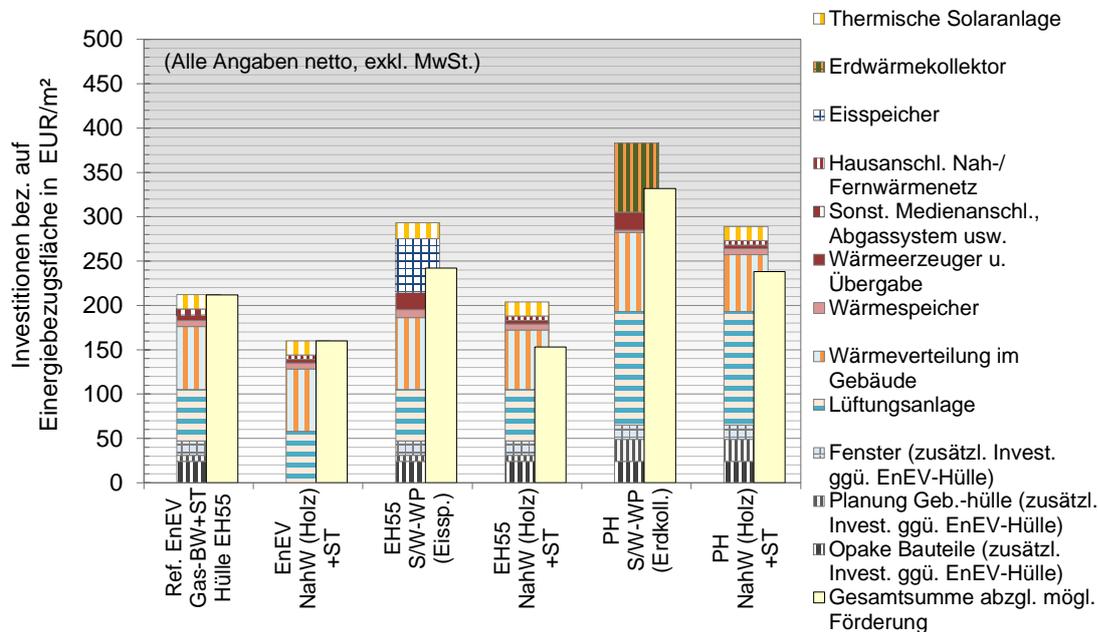


Abb. 177: Investitionen der Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet N.-E. Süd.

## 10.7.5 Monatlichen Betriebskosten aus Nutzersicht

### Reihenhaus

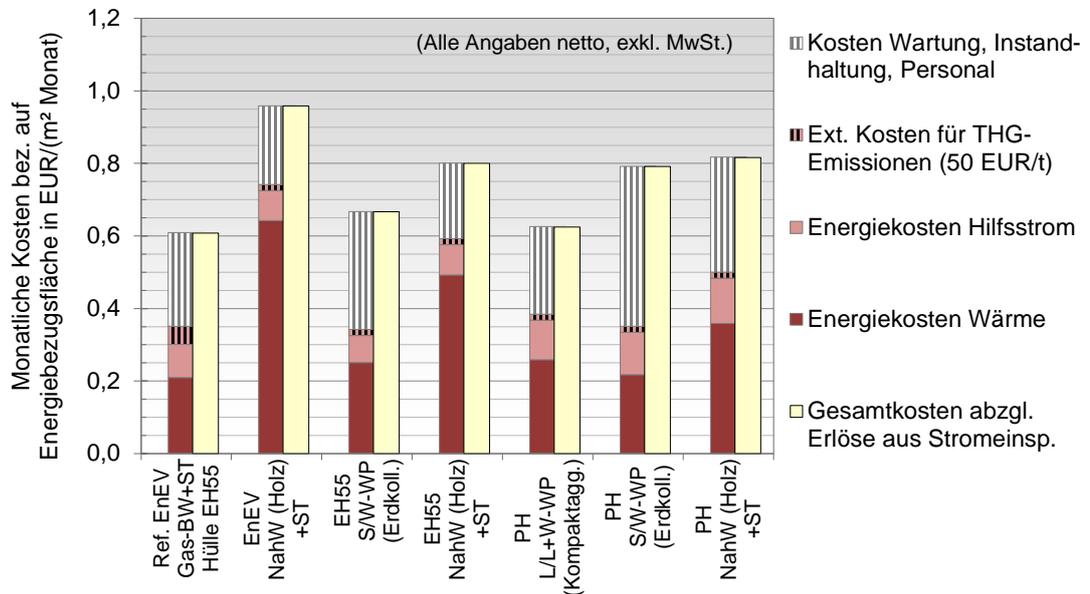


Abb. 178: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet N.-E. Süd.

### Mehrfamilienhaus

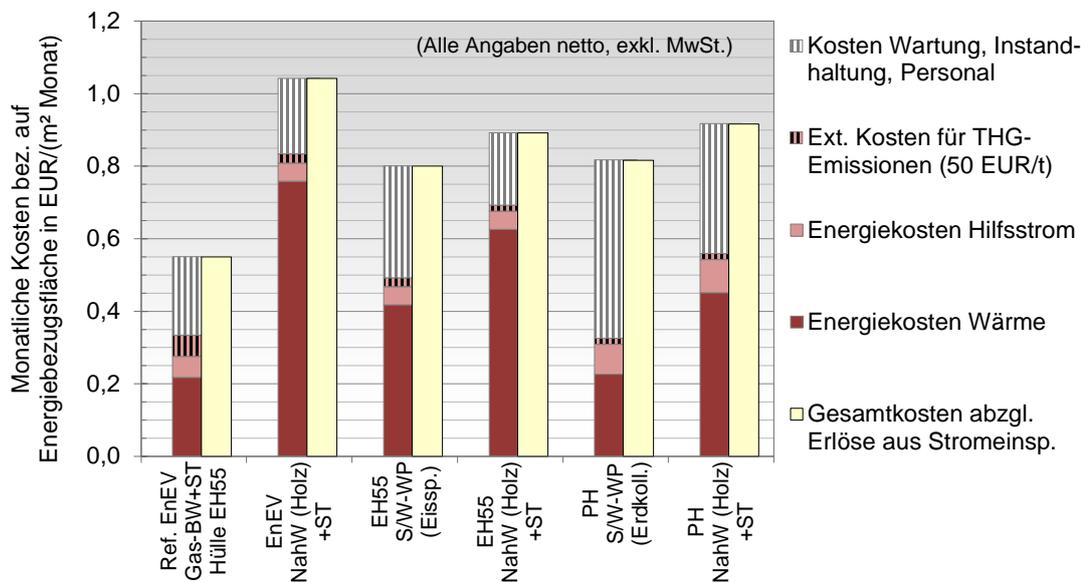


Abb. 179: Durchschnittliche monatliche Betriebskosten im ersten Jahr der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet N.-E. Süd.

## 10.7.6 Vergleich der Annuitäten aus Nutzersicht

### Reihenhaus

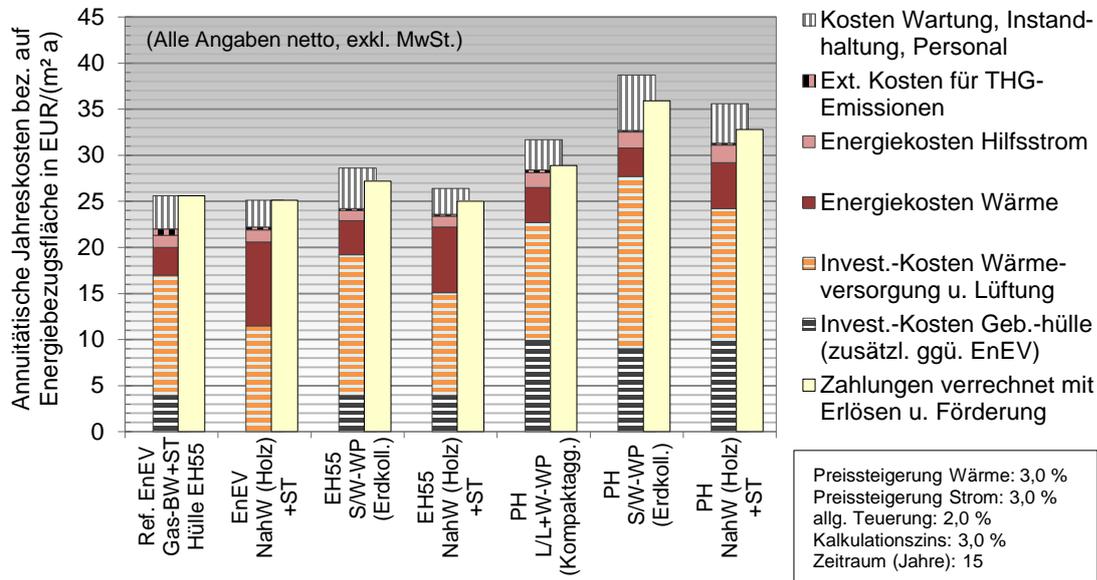


Abb. 180: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten der Doppelhaushälfte für das Gebiet N.-E. Süd.

### Mehrfamilienhaus

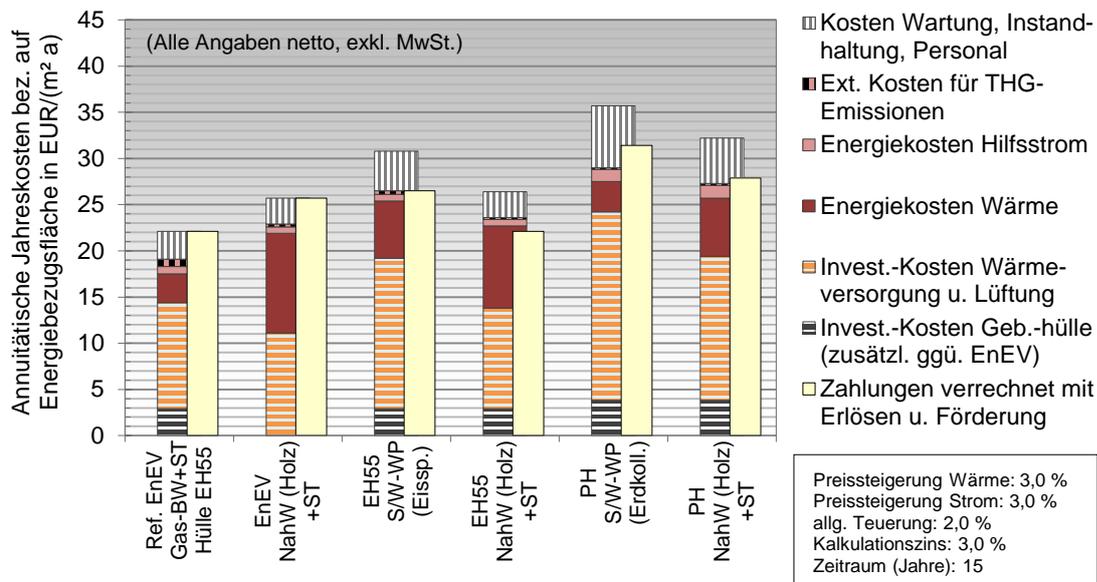


Abb. 181: Annuitätische Jahreskosten der betrachteten Varianten des Mehrfamilienhauses für das Gebiet N.-E. Süd.

## 10.8 Fazit und Empfehlungen

Der Bebauungsplan-Entwurf für das Gebiet Nieder-Eschbach Süd sieht eine Kombination aus Reihenhäusern und Mehrfamilienhäusern (mit bis zu drei Geschossen plus Staffelgeschoss) vor. Die Besonnung der Fassaden ist durch die Abstände zwischen den Baukörpern und die Orientierung der Hauptfassaden meist gut, wobei im Hinblick auf die Verschattung im Winter stellenweise Optimierungspotenziale bestehen. Für die wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards sind insbesondere die größeren Mehrfamilienhäuser durchweg gut geeignet. Bei den kleineren sollte auf eine möglichst geringe Verschattung geachtet werden. Die Reihenhäuser haben eine schlechtere Kompaktheit als die Mehrfamilienhäuser. Bei mindestens vier Wohneinheiten in einer Reihe und einer Orientierung der Hauptfassade in Richtung Süd-West bis Süd-Ost sind diese aber dennoch für eine wirtschaftliche Realisierung des Passivhaus-Standards geeignet.

Der zur Konditionierung der Gebäude (Heizung und Kühlung sowie Hilfsstrom) erforderliche Energiebedarf kann mit dem KfW Effizienzhaus 55 Standard um etwa 25 % gegenüber dem EnEV-Standard gesenkt werden, mit dem Passivhaus-Standard sogar um etwa 50 %. Bei gleicher Wärmeversorgung führt dies zu einer signifikanten Reduktion der Betriebskosten. Darüber hinaus sind die energetisch relevanten Investitionen für den KfW Effizienzhaus 55 Standard niedriger als beim EnEV-Standard wenn der Tilgungszuschuss der KfW berücksichtigt wird<sup>18</sup>.

### **Empfehlungen zum Städtebau und Gebäude-Energiestandard**

- Es wird empfohlen den geförderten Wohnungsbau sowie alle öffentlichen Gebäude entsprechend den Vorgaben der Stadt Frankfurt im Passivhaus-Standard auszuführen.

Für Mehrfamilienhäuser kann der Passivhaus-Standard bei ausreichender Besonnung mit einer Gebäudehülle entsprechend dem KfW Effizienzhaus 55 Standard und dem Einsatz von Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung erreicht werden. Sollen Reihenhäuser im Passivhaus-Standard erstellt werden, dann bevorzugt solche mit guter Ausrichtung der Hauptfassade, geringer Verschattung und mindestens vier Wohneinheiten in einer Reihe. Die Erreichung des KfW Effizienzhaus 40 Plus Standards sollte in Betracht gezogen werden.

---

<sup>18</sup> Basierend auf den KfW-Förderbedingungen von 2019. Anfang 2020 wurden die Tilgungszuschüsse deutlich erhöht. Die Aussage gilt nun wahrscheinlich auch für den KfW-Effizienzhaus-40-Standard.

- Für alle anderen Neubauten kann der KfW Effizienzhaus 55-Standard uneingeschränkt empfohlen werden. Dieser ist energetisch, ökologisch und ökonomisch günstiger als der EnEV-Standard.

In dem Gebiet und seiner Umgebung sind keine Abwärmequellen vorhanden, mit denen eine Wärmeversorgung des gesamten Gebiets möglich wäre. Der im südwestlichen Teil des Gebiets verlaufende Abwasserkanal könnte zur Wärmeversorgung von einem oder mehreren Mehrfamilienhäusern in dessen Nähe erschlossen werden. Ein Anschluss des Gebiets an den Fernwärmeverbund der Mainova AG ist nicht möglich. Um einen möglichst hohen Autarkiegrad mit lokalen erneuerbaren Energien zu erreichen, wurde eine Wärmeversorgung mit Wärmepumpen und Solarenergie untersucht. Zusätzlich wurde eine Nahwärmeversorgung mit Holzhackschnitzeln betrachtet. Die Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen kombiniert mit Solarenergiegewinnung auf den Dachflächen weist das größte Potenzial zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energieträger auf. Für diese Variante können bis zu 60 % der benötigten Energie auf dem Gebiet selbst erzeugt werden. Holzhackschnitzel müssen dem Quartier dagegen von außen zugeführt werden. Damit wird die Herausforderung der klimaschonenden Wärmeversorgung damit größtenteils auf die Stadt bzw. die Region verlagert. Zudem ist die Verfügbarkeit dieses Brennstoffs begrenzt.

Beide vorgeschlagenen Varianten verursachen heute und in Zukunft signifikant weniger Treibhausgasemissionen als die Referenzvariante. Während die Wärmeversorgung mit Sole/Wasser-Wärmepumpen bis 2030 etwas mehr Treibhausgase emittieren würde als die Nahwärme mit Holzhackschnitzel-Feuerung, weisen die Varianten mit Sole/Wasser-Wärmepumpen in der langfristigen Prognose für 2050 das größte Potenzial zur Reduktion der Emissionen auf. Für die zentrale Holzhackschnitzel-Feuerung ist zudem zu bedenken, dass diese lokale Immissionen im Gebiet verursachen würde, nicht zuletzt durch die regelmäßige Anlieferung des Brennstoffs mit LKW. Unter der Voraussetzung dass die bundes- bzw. landesweiten Klimaschutzziele für den Strommix erreicht werden, können mit den vorgeschlagenen Varianten die Klimaschutzziele der Stadt Frankfurt für 2050 erreicht bzw. sogar übertroffen werden.

Aus ökonomischer Sicht ist die gemeinsame Nahwärmeversorgung der beiden Gebiete N.-E. Am Hollerbusch und N.-E. Süd mit einer Holzhackschnitzel-Feuerung in Bezug auf resultierenden annuitätischen Gesamtkosten etwa gleichauf mit der Referenzvariante. In Bezug auf energetisch relevante Investitionen ist die Nahwärme günstiger als die Referenz, in Bezug auf Betriebskosten teurer.

Die Varianten mit Sole/Wasser-Wärmepumpen erfordern auf Grund der Erschließung der Wärmequelle höhere Investitionen. Diese führen – je nachdem, ob die Versorgung ausschließlich gebäudebezogen oder über einen Betreiber/ Contractor

erfolgt – entweder zu einer deutlichen Erhöhung der Investitionen für die Eigentümer / Investoren oder der Wärmekosten und damit der Betriebskosten für die Nutzer. In der nachfolgenden tabellarischen Übersicht sind die Ergebnisse der Wärmeversorgungsvarianten denen Referenzvariante gegenüber gestellt.

### Übersicht der prognostizierten Ergebnisse

VARIANTE	Referenz: Gaskessel und Solar	Empfehlung: S/W-Wärme- pumpen	Alternative: Nahwärme
zentrale/dezentrale Erzeuger	gebäudezentr. Gas-BW-Kessel mit solarth. TW-Erwärmung	gebäude-zentr. Sole/Wasser- Wärmepumpen mit Erdkoll. oder Eissp.	gebietszentrale Holz-Feuerung mit dez. solarth. TW-Erwärm.
Gebäude-Energiestandard	EnEV	KfW EH 55, MFH teilw. PH	KfW EH 55, MFH teilw. PH
Ausführung der Hülle der Wohngeb. (Anteil an der ges. Geschossfläche)	EH 55 (100%)	EH 55 (100%)	EH 55 (100%)
Ausführung der Lüftung der Wohngeb. (Anteil an der ges. Geschossfläche)	Abl. (100%)	Abl. (70%) WRG in MFH (30%)	Abl. (70%) WRG in MFH (30%)
<b>ENERGIE / AUTARKIE<sup>3</sup></b>			
Energieeinsatz in MWh/a	3.760	3.480	3.970
Autarkiegrad	12%	61%*	20%
durch folgende lokale Energieträger	Solarthermie	Solar-/Umwelt- wärme, Solarstrom	Solarthermie, Solarstrom
Endenergiebedarf von außerhalb in MWh/a	3.320	1.370	3.170
bez. auf EBF in kWh/(m <sup>2</sup> a)	82	34	78
Haupt-Endenergieträger für Wärmeanwendungen	Erdgas	Strommix	Holzhack- schnittzel
<b>TREIBHAUSGASE<sup>4</sup></b>			
CO <sub>2</sub> -Äquivalente <u>2020</u> in t/a	1.024	581	493
bez. auf EBF in kg/(m <sup>2</sup> a)	25,2	14,3	12,1
CO <sub>2</sub> -Äquivalente <u>2050</u> in t/a	567	42*	126
bez. auf EBF in kg/(m <sup>2</sup> a)	13,9	1,0*	3,1
<b>Wirtschaftlichkeit MFH<sup>5</sup></b>			
	<b>EnEV</b>	<b>EH 55</b>	<b>EH 55</b>
Energetisch relevante Investitionen (netto) abzgl. Förderung bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> )	212	242	153
Monatliche Betriebskosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> M)	0,55	0,80	0,89
Annuitätische Gesamtkosten (netto) bez. auf EBF in EUR/(m <sup>2</sup> a)	22	27	23

- 1) Alle Ergebnisse dieser Variante ausgehend von einer monovalenten Wärmeerzeugung mittels der Wärmepumpen.
- 2) Wirtschaftlichkeit dieser Variante ausgehend von einer gemeinsamen Nahwärmeversorgung der Gebieten N.-E. Am Hollerbusch und N.-E. Süd.
- 3) Prognoseergebnisse für das gesamte Gebiet. Berücksichtigt wurden: Wärme für Raumheizung und Trinkwarmwasser, Raumkälte, Hilfsstrom sowie Nutzerstrom inkl. E-Mobilität.
- 4) Prognoseergebnisse für ein repräsentatives Mehrfamilienhaus. Berücksichtigt wurden: Wärme für Raumheizung und Trinkwarmwasser sowie Hilfsstrom.

### Empfehlungen zur Energieversorgung

- Es wird empfohlen möglichst alle Dachflächen sowie die geeigneten Fassadenflächen der Gebäude zur Solarenergiegewinnung zu nutzen.  
Da es sich um ein weniger dicht besiedeltes Gebiet am Rand des Stadtgebiets handelt, wird darüber hinaus die Solarstromerzeugung auf weiteren Flächen in der Umgebung des Plangebiets empfohlen. In Frage kommen dabei unter anderem Überbauungen oder Einhausungen von Verkehrswegen und Parkflächen, Bauwerke zum Lärmschutz sowie Freiflächen und landwirtschaftliche Flächen.
- Es wird empfohlen eine (möglichst monovalente) Wärmeversorgung der Gebäude mittels Wärmepumpen anzustreben. Dadurch können die durch den Betrieb der Neubauten zusätzlich entstehenden Treibhausgasemissionen gering gehalten werden. Gleichzeitig bietet diese Variante bei der Umsetzung unterschiedliche Optionen für Investoren / Bauherren. In einem ersten Schritt ist dazu mit der Untere Wasser- und Bodenschutzbehörde festzulegen, unter welchen Auflagen die Errichtung und der Betrieb von Erdwärmekollektoren im Heilquellenschutzgebiet zulässig ist.  
Als Wärmequelle kommen generell Erdwärmekollektoren (bzw. Erdwärmekörbe, Schnecken- oder Spiralsonden) und/ oder Eispeicher in Frage. Für einige der Mehrfamilienhäuser im Süd-Westen sollte zudem die Möglichkeit der Abwasser-Wärmenutzung geprüft werden. Sofern Interesse seitens der Investoren besteht und ein geeigneter Betreiber inkl. eines attraktiven Preismodells gefunden wird, kommt auch ein kaltes Nahwärmenetz in Frage (siehe Gebiet Am Hollerbusch).  
Von einer Erschließung des Gebiets mit einem Erdgasnetz wird bei dieser Art von Wärmeversorgung abgeraten.
- Ergänzend werden folgende Empfehlungen zu den Gebäudetypen gegeben:
  - Für Reihenhäuser: Raumwärmeübergabe mit Flächenheizung vorsehen. Als Mittelweg zwischen kaltem Nahwärmenetz und Einzelversorgung kann die gemeinsame Versorgung einer „Reihe“ mit einer Heizzentrale wirtschaftlich vorteilhaft sein.

Falls der Passivhaus-Standard angestrebt wird kommt auch die Wärmeversorgung mittels Kompaktaggregat (also Luft/Luft- bzw. Luft/Wasser-Wärmepumpe) in Frage.

- Für Mehrfamilienhäuser: Flächenheizung und wohnungsweise Wärmeübergabe vorsehen.

# 11 Stadterneuerungsgebiet Nied

## 11.1 Einleitung und Kontext

Der Stadtteil Frankfurt-Nied liegt an der Flussmündung der Nidda in den Main. Das Quartier umfasst eine Fläche von etwa 370 Hektar und zählt Ende 2018 ca. 19.780 Einwohnerinnen und Einwohner. Im Westen des Gebietes befindet sich die Mündung der Nidda in den Main, welcher das Gebiet nach Süden hin abgrenzt. Nach Osten grenzt das Gebiet bei der Zufahrt zur Bundesstraße B 40 an den Stadtteil Griesheim. Im Nordosten endet Nied hinter dem Niedwald.

Hinsichtlich der Bebauungsstruktur handelt es sich um ein sehr heterogenes Gebiet mit den unterschiedlichsten Besiedlungszeiten. Vom historischen Ortskern „Alt Nied“ im Westen ausgehend wurde das Gebiet Ende des 19. Jahrhunderts nach Errichtung der Eisenbahnlinie, welche das Gebiet mit dem Frankfurter Zentrum verbindet, nach und nach durch Siedlungen erschlossen. In Alt-Nied finden sich hauptsächlich Ein- und Zweifamilienhäuser, in den Siedlungen wurden vermehrt Mehrfamilienhäuser errichtet.

Ende 2016 wurde Nied in das Bund-Länder-Programm „Soziale Stadt“ aufgenommen. Seit dieser Zeit wird von dem Caritasverband Frankfurt e. V. das Quartiersmanagement durchgeführt und ein Quartiersbüro vor Ort betrieben. Ziel des Projektes ist die Verbesserung des Wohnumfeldes, Stadtteilmanagements, der Infrastruktur, der sozialen, sprachlichen und gesundheitlichen Integration sowie des gemeinschaftlichen Zusammenlebens im Stadtteil Nied. Zu Beginn des Projektes steht die Erstellung eines integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzepts (ISEK), welches von ProjektStadt unter Beteiligung der Anwohnerschaft erarbeitet wird. Zu diesem Zweck wurden mehrere öffentliche Veranstaltungen, wie Bewohnertreffen, Stadtteilrundgänge und Stadtteilwerkstätten durchgeführt. Zudem gab es Infostände, Postkartenabfragen und Onlineumfragen, um die Belange der Anwohnerschaft effektiv aufnehmen zu können.

Zur Stärkung eines gemeinwohlorientierten Engagements stellt die Stadt Frankfurt am Main den Gebieten der Stadterneuerung ein Budget (Verfügungsfonds) für die Durchführung von Kleinprojekten in Eigenverantwortung zur Verfügung.

In Ergänzung zum ISEK soll das vorliegende Energiekonzept den Gebäudebestand unter energetischen Gesichtspunkten beurteilen, Einsparpotentiale durch energetische Sanierungen identifizieren und Möglichkeiten der Einbindung erneuerbarer Energien in die Energieversorgung des Quartiers untersuchen.

## 11.2 Grundlagen

### 11.2.1 Verwendete Dokumente

- Auszug aus dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt a.M. zusammengestellt vom Energiereferat der Stadt, 21.01.2019
- Leitfaden für Erdwärmesondenanlagen zum Heizen und Kühlen; 5. Auflage; Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; Wiesbaden 2017 [HLNUG 2017].
- Homepage Solarverein Frankfurt am Main und Umgebung e. V.: <https://www.solarverein-frankfurt.de/de/frankfurt-solar-1.html>
- Artikel aus der Frankfurter Rundschau vom 07.12.2018: „131 Wohnungen entstehen in Alt-Nied“ [FR 07.12.2018];
- Homepage des Projektes Soziale Stadt Nied: <http://www.MEIN-NIED.de/> vom Stadtplanungsamt Frankfurt am Main
- Frankfurt Statistik aktuell, Ausgabe 01/2019, Bürgeramt Statistik und Wahlen Frankfurt am Main
- Präsentation ISEK; 1. Ämterrunde vom 22.05.2019, Stadtplanungsamt Frankfurt zur Sozialen Stadt Frankfurt-Nied

### 11.2.2 Verfügbare Daten und ihre Quellen

#### 11.2.2.1 Daten aus dem geographischen Informationssystem der Stadt Frankfurt a.M.

Die Stadt Frankfurt hat Daten zum Untersuchungsgebiet aus ihrem geographischen Informationssystem (GIS) zur Verfügung gestellt. Aus dem Datensatz wurden insbesondere die Informationen über die Gebäudegrundfläche, die Anzahl der Stockwerke, die Dachform verwendet. Im GIS sind auch die Nutzungen der Gebäude hinterlegt. Allerdings sind im GIS keine Daten über die Brutto- oder Netto-Geschossflächen der Gebäude oder das Baujahr verfügbar. Anhand verschiedener verfügbarer Parameter (Grundfläche, Geschossigkeit, Dachform etc.) wurde für jedes Gebäude die beheizte Netto-Geschossfläche (NGF) grob abgeschätzt.

### **11.2.2.2 Daten vom Marketingdaten-Dienstleister infas360**

Die Stadt Frankfurt hat zusätzlich Daten über das Baualter und den Gebäudetyp der Wohngebäude zur Verfügung gestellt. Diese stammen vom Marketingdaten-Dienstleister infas360. Der Datensatz von infas360 enthält gebäudescharf Angaben zum Gebäudetyp, zur Baualtersklasse und zum Heizungssystem (Nachspeicheröfen, Heizöl). Die Angaben zur Baualtersklasse wurden grob auf Plausibilität geprüft und vereinzelt bei der Begehung des Quartiers durch Inaugenscheinnahme verifiziert. Allein dadurch mussten über 20 % der Angaben geändert werden. Die Datenqualität wird deshalb als nicht besonders hoch eingeschätzt.

### **11.2.2.3 Daten der Netzdienste Rhein-Main**

Über die Stadt Frankfurt a.M. wurden Daten des Netzbetreibers Netzdienste Rhein-Main über die energetischen Verbräuche im Untersuchungsgebiet zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um die Jahresverbräuche von 2017, 2018 und soweit vorhanden bereits von 2019 Gas und Fernwärme. Aus datenschutzrechtlichen Gründen wurden die Daten blockweise für mindestens 5 Gebäude bzw. Nutzer zusammengefasst.



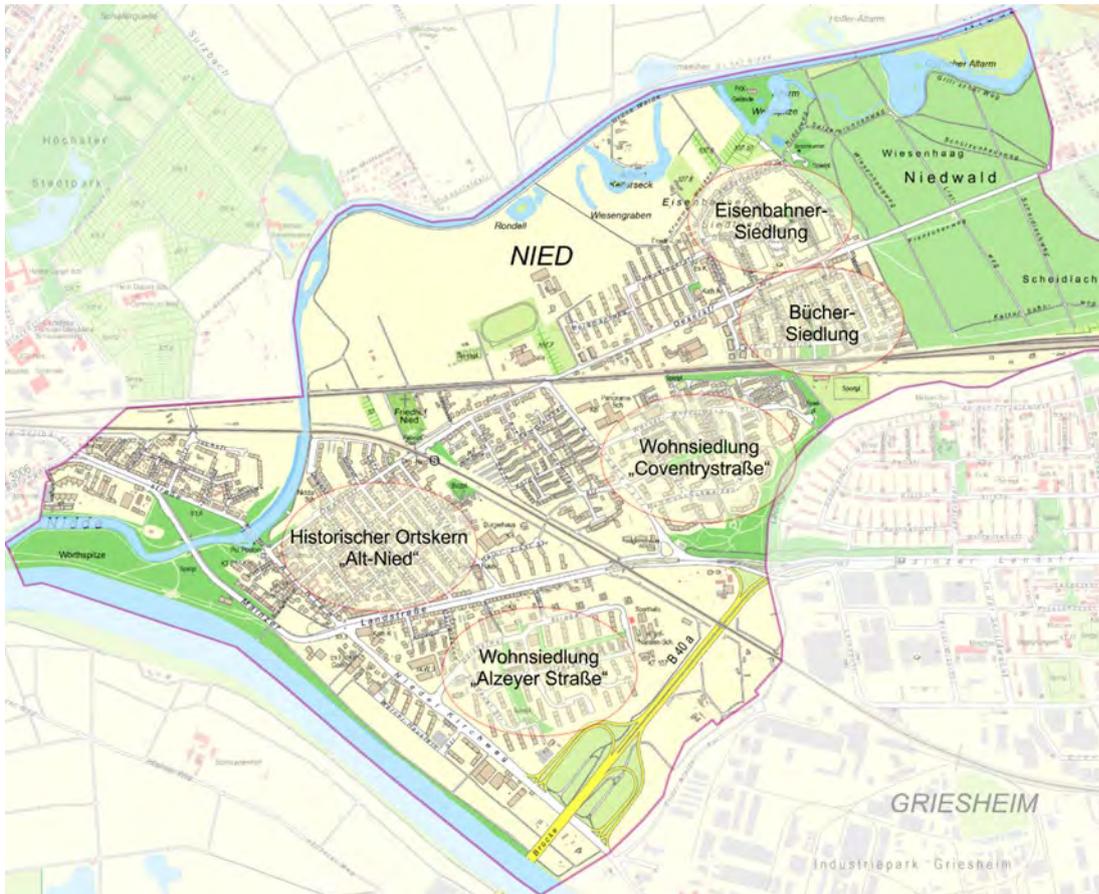


Abb. 183: Nähere Betrachtung der Siedlungsgebiete innerhalb des Teilgebietes Frankfurt-Nied (Quelle GIS + 1. Ämterrunde Soziale Stadt 2019)

Folgende Kenndaten konnten für das Gebiet ermittelt werden:

Tab. 148: Kenndaten von Nied

Gebietsfläche	373 ha
Baufläche	134 ha
Bevölkerung (Stand 2018)	19.780
Bruttogeschossfläche	ca. 942.280 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschossflächenanzahl (GFZ)	0,71

## 11.3.1 Gebäudebestand

### 11.3.1.1 Nutzungen der Gebäude

Im Quartier gibt es 2.139 Gebäude mit einer geschätzten Nettogrundfläche (NGF) von ca. 782.700 m<sup>2</sup>. Etwa 95 % der Gebäude werden für Wohnzwecke genutzt. In Bezug auf die Fläche repräsentieren die Wohngebäude knapp 87 % der vorhandenen Nettogrundfläche. Unter den Nicht-Wohngebäuden machen Gebäude für Handel und Dienstleistungen, sowie öffentliche Gebäude für Bildung und Kinderbetreuung den größten Flächenanteil im Gebiet aus. In Tab. 149 werden die Nutzungen mit Anzahl der Gebäude und NGF aufgeführt.

Tab. 149: Gebäude in Nied nach Nutzungsart (Daten aus GIS-Frankfurt a. M.)

Gebäudenutzung	Anzahl Gebäude		Fläche [m <sup>2</sup> ] (NGF, geschätzt)	
	Anzahl	Anteil	Fläche	Anteil
Wohngebäude	1989	93 %	652.623	83 %
Wohngebäude mit GHD	53	2 %	33.191	4 %
Hotel, Motel, Pension	19	1 %	18.046	2 %
Gebäude für Bildung + Kinderbetreuung	18	1 %	23.204	3 %
Gebäude für soziale Zwecke	2	< 1 %	1.382	< 1 %
Bürogebäude	1	< 1 %	14.064	2 %
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	25	1 %	21.999	3 %
Gebäude für Gewerbe und Industrie	9	< 1 %	7.046	1 %
Gaststätte, Restaurant, Vereinsheim	4	< 1 %	1.621	< 1 %
Versammlungsgebäude	11	1 %	6.035	1 %
Gebäude für religiöse Zwecke	6	< 1 %	3.656	< 1 %
Gebäude für sportliche Zwecke	1	< 1 %	1.776	< 1 %
Gebäude für kulturelle Zwecke	1	< 1 %	431	< 1 %
<b>Summe</b>	<b>2.139</b>	<b>100 %</b>	<b>785.075</b>	<b>100 %</b>
davon Wohngebäude	2042	95 %	685.814	87 %
davon Nichtwohngebäude	97	5 %	99.261	13 %

### 11.3.1.2 Gebäudetypen der Wohngebäude im Quartier

Es gibt 2.042 Wohngebäude im Quartier, davon haben vereinzelte Gebäude Gewerbe im Erdgeschoss. Die Mehrfamilienhäuser überwiegen bei der Anzahl mit einem Anteil von 54 % gegenüber 42 % Anteil von Ein- und Zweifamilienhäusern. Bei den Flächenanteilen (NGF) dominieren die Mehrfamilienhäuser mit einem Anteil von 78 % gegenüber einem Anteil der Ein- und Zweifamilienhäuser von 16 %. Die Mehrfamilienhäuser befinden sich vor allem in den als Siedlung erschlossenen

Gebieten „Eisenbahner-Siedlung“, „Bücher-Siedlung“, Wohnsiedlung „Coventrystraße“ und Wohnsiedlung „Alzeyer Straße“. Die Ein- und Zweifamilienhäuser konzentrieren sich im Wesentlichen auf den historischen Ortskern zwischen Eisenbahnstrecke, Mainzer Landstraße und Nidda.

Tab. 150: Wohngebäudebestand in Nied nach Gebäudetyp (Datenquelle: infas360, mit eigenen Korrekturen)

Gebäudetyp der Wohngebäude	Anzahl Gebäude		Fläche [m <sup>2</sup> ] (NGF, geschätzt)	
	Anzahl	Anteil	Fläche	Anteil
1a freistehendes Ein- bis Zweiparteienhaus	122	6 %	19.019	3 %
1c Ein- bis Zweiparteienhaus mit Anrainer	82	4 %	16.454	2 %
1d klassische Doppelhaushälfte	89	4 %	11.637	2 %
1e Reihenhaus	559	27 %	63.803	9 %
2a freistehendes Mehrparteienhaus	141	7 %	59.875	9 %
2b Mehrparteindoppelhaus	213	10 %	74.754	11 %
2c Mehrparteienhaus mit Anrainer	113	6 %	42.507	6 %
2d Mehrparteienhaus en Block	513	25 %	213.570	31 %
3a Zeilenbau	40	2 %	22.581	3 %
3b Mehrfamilienkomplex	31	2 %	43.237	6 %
3c Hochhaus	58	3 %	76.672	11 %
nicht klassifiziert	81	4 %	41.706	6 %
<b>Summe</b>	<b>2.042</b>	<b>100 %</b>	<b>685.814</b>	<b>100 %</b>
davon Ein- und Zweifamilienhäuser	852	42 %	110.912	16 %
davon Mehrfamilienhäuser	1.109	54 %	533.196	78 %
davon nicht klassifiziert	81	4 %	41.706	6 %

### 11.3.1.3 Verteilung der Wohngebäude auf Baualtersklassen

Seit jeher war das Gebiet um den Mündungsarm der Nidda besiedelt. Die erste große Besiedelungswelle der Neuzeit kam jedoch Anfang des 20. Jahrhunderts. Sie flaute bis Mitte des Jahrhunderts wieder ab und nahm in den 60iger Jahren wieder Fahrt auf. Auch in der neuen Zeit nach 2005 geht die Besiedelung des Gebietes noch voran. Derzeit wird ein Wohngebiet auf dem sogenannten Nieder Loch – der seit den Nachkriegsjahren brachliegenden Fläche zwischen Alt-Nied und Mainufer – entwickelt. Hier entstehen in den nächsten Jahren 131 Mietwohnungen in Passivhausbauweise und ein Supermarkt. Im restlichen Gebiet verteilen sich die Baualter der Gebäude über die letzten 120 Jahre. Etwa ein Viertel der Gebäude stammt aus dem Zeitraum bis 1950 und ein weiteres Viertel aus dem Zeitraum 1960 – 1980. Der Rest verteilt sich wie in Abb. 184 zu sehen. Die Verteilung deckt sich weitgehend mit

dem der des deutschen Wohngebäudebestands. Die Aufteilung der Baualtersklassen wurde aus den Daten von infas360 übernommen.

Tab. 151: Wohngebäudebestand in Nied nach Baualtersklasse (Datenquelle: infas360, mit eigenen Korrekturen)

Baualtersklasse der Wohngebäude	Anzahl Gebäude		Fläche [m <sup>2</sup> ] (NGF, geschätzt)	
vor 1920	372	18 %	92.198	13 %
1920 bis 1949	208	10 %	48.644	7 %
1950 bis 1959	163	8 %	44.306	6 %
1960 bis 1969	288	14 %	147.014	21 %
1970 bis 1979	273	13 %	98.314	14 %
1980 bis 1989	164	8 %	43.606	6 %
1990 bis 1999	213	10 %	82.880	12 %
2000 bis 2005	71	3 %	15.565	2 %
nach 2005	203	10 %	70.933	10 %
unbekannt	87	4 %	42.354	6 %
<b>Summe</b>	<b>2.042</b>	<b>100 %</b>	<b>685.814</b>	<b>100 %</b>

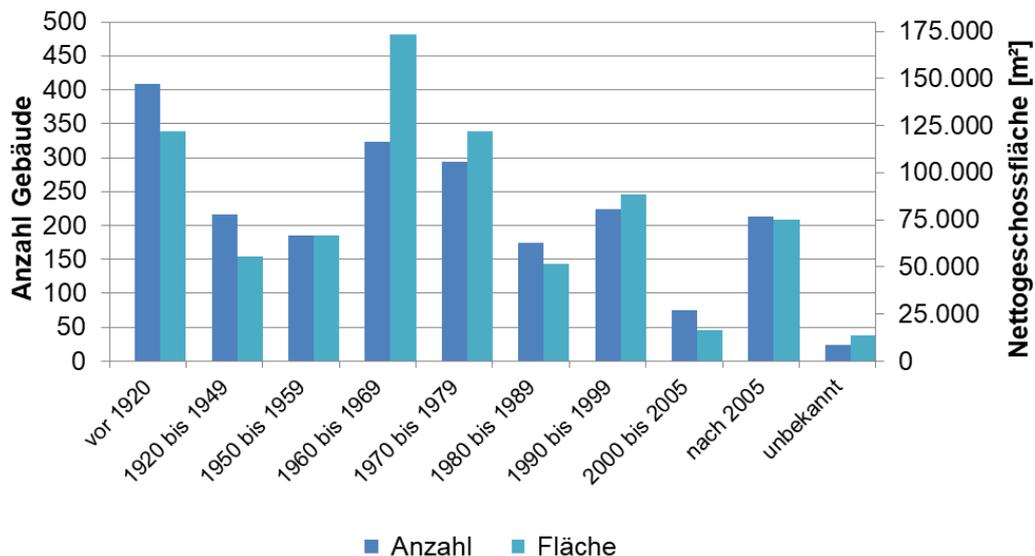


Abb. 184: Aufteilung des Wohngebäudebestands in Nied nach Baualtersklassen

Betrachtet man in Abb. 184 die unterschiedliche Verteilung der Anzahl der Gebäude in den einzelnen Baualtersklassen im Verhältnis zu der Verteilung der Fläche der einzelnen Gebäude über die Jahre wird deutlich, dass in den früheren Zeiten Gebäude mit weniger Wohnfläche pro Gebäude errichtet wurden. Dies ändert sich mit der Zeit. In den Siedlungsgebieten wurden vornehmlich Mehrfamilienhäuser errichtet.

## 11.3.2 Energetische Situation des Quartiers

### 11.3.2.1 Sanierungszustand der Gebäude

Der energetische Sanierungszustand der Gebäude konnte nur grob anhand der Datengrundlage des Geoinformationssystems Frankfurt am Main und der Baualter aus den infas360-Daten abgeschätzt werden. Verwertbare Daten über durchgeführte, energetische Sanierungen liegen nicht vor.

Im historischen Ortskern „Alt Nied“ sind sowohl Baualter und Typologie, als auch der Sanierungszustand der Gebäude sehr heterogen durchmischt. Es lässt sich vermuten, dass hier der Sanierungsstau aufgrund dieser Rahmenbedingungen am größten ausfallen dürfte.

In den Wohnsiedlungen herrschen aufgrund der pro Siedlung gleichen Baualter und Typologien vermutlich auch einheitlichere Sanierungszustände. Genauere Aussagen können nicht getroffen werden. Aufgrund der gleichzeitigen Besiedelung eines Gebietes wird dort der Sanierungsbedarf bei allen Gebäuden vergleichbar sein. Über das Untersuchungsgebiet hinweg bewirkt diese Situation eine Sanierungswelle nach der anderen. Kontinuierliche Sanierungen erfolgen voraussichtlich vor allem in „Alt Nied“.

Aufgrund des Besiedlungsalters des Gesamtgebietes kann ein erhöhter Sanierungsbedarf vermutet werden. Dies zeigt auch der spezifische Endenergieverbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche (näheres in Kapitel 11.3.3).

### 11.3.2.2 Energieversorgungsstruktur

Die Gebäude im Quartier sind an das öffentliche Stromnetz angeschlossen. Netzbetreiber sind die Netzdienste Rhein-Main.

Nied ist sowohl mit einem Gas-, als auch mit einem Fernwärmenetz erschlossen. Betreiber sind die Netzdienste Rhein-Main. Von den gesamten 2.139 Gebäuden werden knapp 1.132 Gebäude mit Gas, 217 mit Fernwärme und 790 mit sonstigen Energieträgern beheizt. Das ergibt einen Gasversorgungsanteil von etwa 53 % und einen Fernwärmeversorgungsanteil von etwa 10 %. Die Anteile der pro Energieträger versorgten Fläche an der gesamten Nettogrundfläche je Baublock ist in dargestellt.

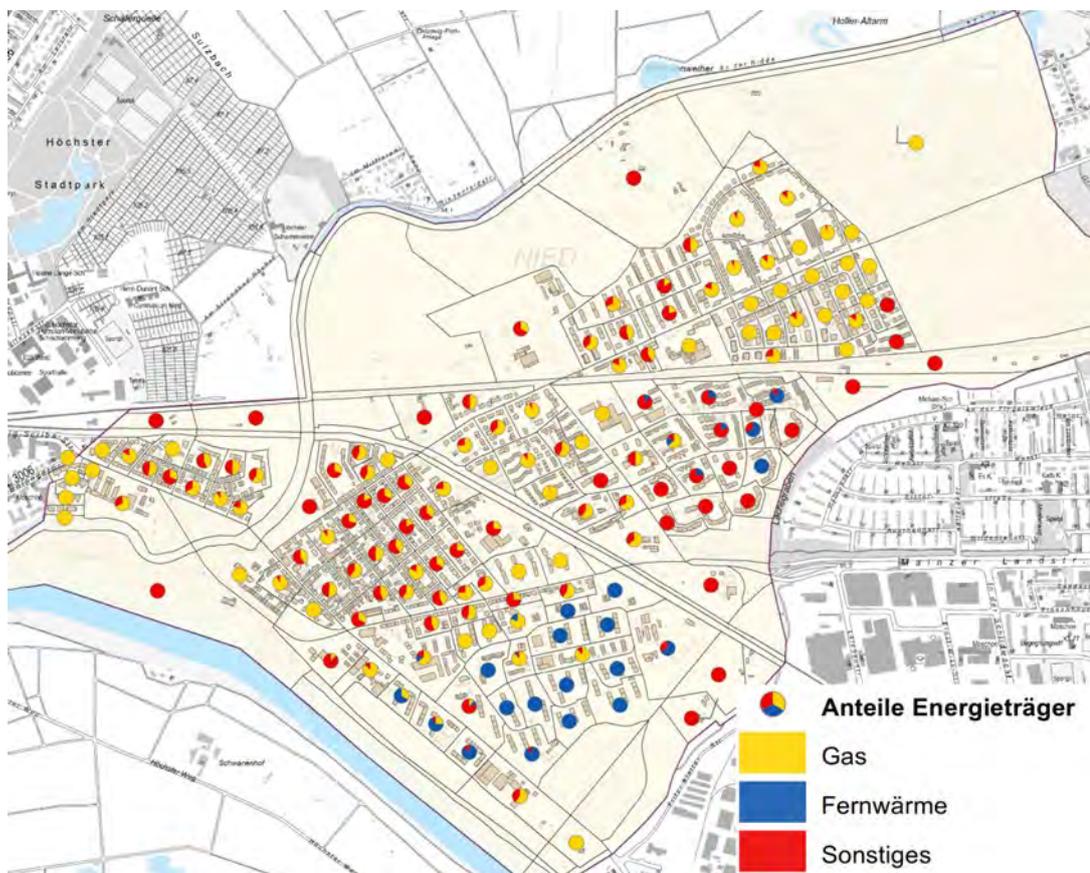


Abb. 185: Anteil der mit Erdgas und Fernwärme versorgten Fläche an der gesamten Nettogrundfläche nach Baublock

Derzeit gibt es im Quartier etwa 11 Blockheizkraftwerke (BHKW) mit einer installierten elektrischen Nennleistung von insgesamt etwa 110 kW<sub>el</sub>. Über den Gasverbrauch der BHKW und die erzeugte Strommenge liegen keine Angaben vor.

Über weitere Energieträger wie Heizöl, Biomasse oder Flüssiggas, die im Gebiet zur Wärme- oder Stromerzeugung verwendet werden könnten, liegen keine näheren Informationen vor.

Solarenergie wird im Quartier über solarthermische und PV-Anlagen genutzt. Derzeit sind etwa 31 solarthermische Anlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von etwa 230 m<sup>2</sup> installiert. Dabei handelt es sich weitgehend um kleinere Anlagen auf Einfamilienhäusern. Große Anlagen (>50 m<sup>2</sup>) wurden nicht identifiziert. Der Wärmeertrag der Solaranlagen ist auf Quartiersebene vernachlässigbar.

Derzeit gibt es etwa 35 PV-Anlagen mit einer installierten Nennleistung von etwa 282 kW<sub>p</sub> auf etwa 2.785 m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Diese erzeugen jedes Jahr etwa 268 MWh Strom. Die größte der Anlagen mit 255 m<sup>2</sup> und 26 kW<sub>p</sub> ist auf der neuen Feuerwache 3 installiert. Zudem ist noch eine Bürgersolaranlage mit 21 kW<sub>p</sub> auf der Panoramaschule installiert.

### 11.3.3 Energieverbräuche

#### 11.3.3.1 Fernwärme

Die von der Mainova zur Verfügung gestellten Fernwärmeverbräuche wurden witterungsbereinigt. Es wird davon ausgegangen, dass die Werte dem Verbrauch für Heizen und Trinkwarmwasserbereitung entsprechen. Da keine Informationen darüber vorliegen, in wie vielen Gebäuden die Warmwasserbereitung z. B. mit Strom erfolgt, handelt es sich allerdings nur um eine Annahme.

Der mittlere jährliche Energieverbrauch aller fernwärmeversorgten Gebäude im Quartier für den Zeitraum 2017 – 2018 betrug rund 17 GWh. Davon entfallen ca. 95 % der Energiemenge auf Wohngebäude. Die restlichen 5 % entfallen auf Nichtwohngebäude. Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich daraus für die fernwärmeversorgten Wohngebäude ein mittlerer flächenspezifischer End-Energieverbrauch von 151 kWh/(m<sup>2</sup>a).

#### 11.3.3.2 Erdgas

Die angegebenen Energiemengen für den Gasverbrauch beziehen sich auf den Heizwert ( $H_i$ ) und sind witterungsbereinigt. Es wird davon ausgegangen, dass die angegebenen Werte dem Endenergieverbrauch der gasversorgten Gebäude für Heizung und Warmwasserbereitung entsprechen. Da keine Informationen darüber vorliegen, in wie vielen Gebäuden die Warmwasserbereitung z. B. mit Strom erfolgt, handelt es sich allerdings nur um eine Annahme. Es wird außerdem davon ausgegangen, dass der Gasverbrauch für andere Zwecke (z. B. Kochen) im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigt werden kann. In einigen Gebäuden wird Erdgas in BHKWs zur gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung genutzt. Angaben zu Verbräuchen der BHKWs und zur Aufteilung des Brennstoffs auf Wärme- und Stromerzeugung liegen nicht vor.

Der mittlere jährliche Erdgasbezug der gasversorgten Gebäude im Quartier für den Zeitraum 2017 – 2018 betrug witterungsbereinigt rund 53 GWh( $H_i$ ). Davon entfallen etwa 94 % auf Wohngebäude, die restlichen 6 % entfallen auf Nichtwohngebäude. Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich daraus für die Wohngebäude ein mittlerer flächenspezifischer Gasverbrauch von 145 kWh <sub>$H_i$</sub> /(m<sup>2</sup>a).

Bei den gasbeheizten Nichtwohngebäuden liegt der flächenspezifische Mittelwert des Gasverbrauchs bei 67 kWh( $H_i$ )/(m<sup>2</sup>a). Allerdings ist hier die Schwankungsbreite sehr groß, die Werte reichen von etwa 25 bis auf über 600 kWh/(m<sup>2</sup>a).

### 11.3.3.3 Wärmeverbrauch der Wohngebäude

Die mit Fernwärme oder Erdgas versorgten Wohngebäude beziehen witterungsbereinigt insgesamt Endenergie für Wärmenutzungen in Höhe von rund 66 GWh/a. Der mittlere, flächenspezifische Endenergieverbrauch für Wärme beträgt 146 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Je nachdem welche Vergleichsstudien herangezogen werden (z. B. [ages 2005] oder [techem 2017]), liegen die witterungsbereinigten Endenergieverbräuche für Heizung und Warmwasser des deutschen Gebäudebestands bei etwa 200 kWh/(m<sup>2</sup>a) ([ages 2005] mit Bezugsjahr 2005) bzw. zwischen 150 und 170 kWh/(m<sup>2</sup>a) ([techem 2017] mit Bezugsjahr 2016). Die im Quartier beobachteten Verbräuche liegen in Nied unter diesen Werten. Dies kann 3 Ursachen haben:

- Das Klima in Frankfurt ist deutlich wärmer als das mittlere Klima in Deutschland.
- Ein Großteil der gasversorgten Gebäude sind Mehrfamilienhäuser. Deren Kompaktheit der Gebäudehülle ist energetisch günstiger, als diejenige der durchschnittlichen Gebäude in Deutschland.
- In einem Teil der Gebäude wird voraussichtlich das Warmwasser mit anderen Energieträgern als Fernwärme erwärmt, z. B. mit Strom.

In Abb. 186 sind die spezifischen Verbräuche der Wohngebäude für Gas und Strom nach Baualtersklassen dargestellt. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Gasverbrauch dem Endenergieverbrauch für Wärme entspricht.

Aus der eigenen Einteilung der Baualtersklassen nach infas360 lässt sich die Entwicklung der Gebäudeenergie-Gesetzgebung nicht abbilden. Energetische Entwicklungen im Gebäudebestand und ihre Auswirkungen auf den Wärmeverbrauch lassen sich deshalb mit den infas 360-Baualtersklassen weniger deutlich nachvollziehen. Als Vergleich zu Abb. 186 wird in Abb. 187 der Energieverbrauch für Heizen und Warmwasser als Durchschnitt des deutschen Wohngebäudebestands nach Baualtersklassen am Beispiel einer Grafik aus dem dena-Gebäudereport 2018 dargestellt.

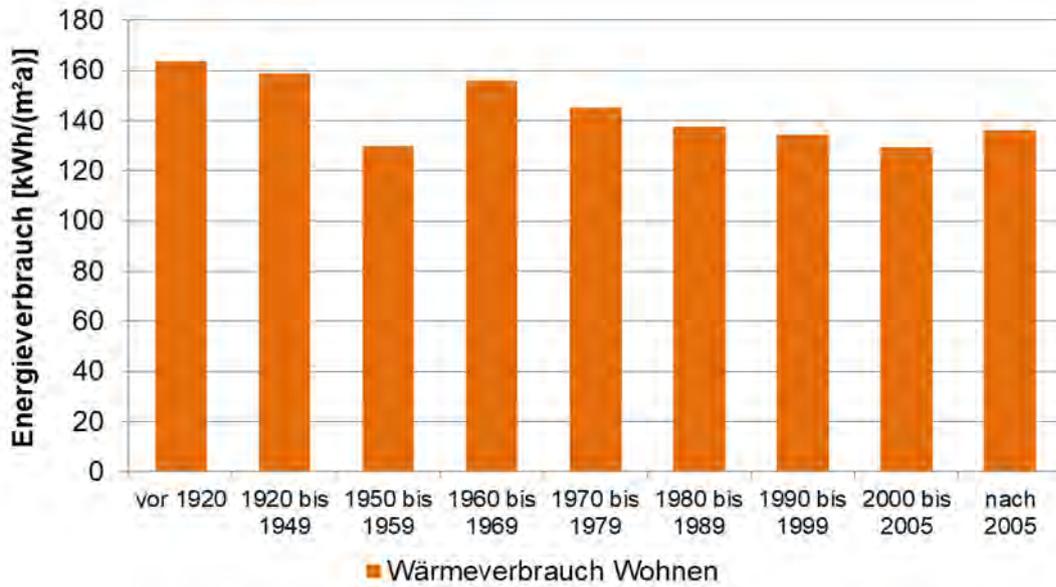


Abb. 186: Spezifischer Endenergieverbrauch für Wärme der mit Fernwärme oder Erdgas versorgten Wohngebäude nach Baualterklassen.

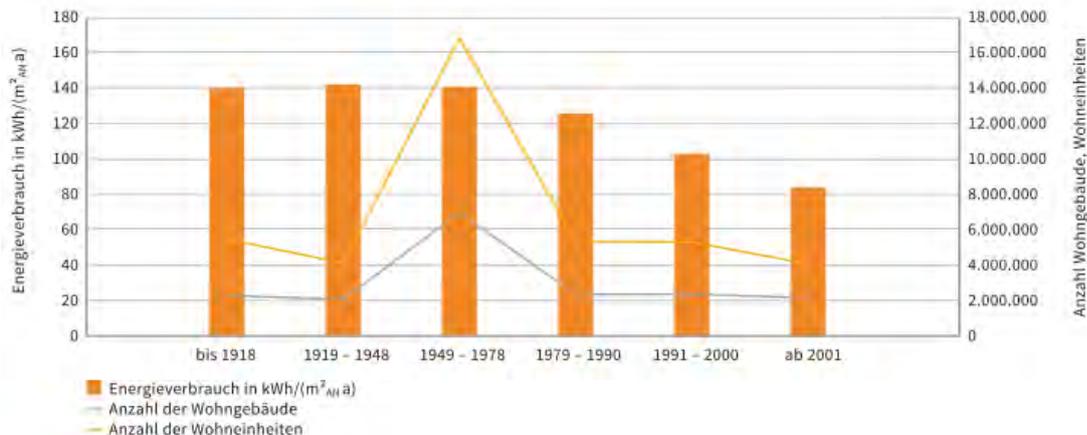


Abb. 187: Energieverbrauch des deutschen Wohngebäudebestands (entnommen aus [dena 2018], Quellen: [BMWI 2017] sowie eigene Berechnungen der dena)

Im Vergleich zu den Werten aus Abb. 187 fällt auf, dass die Werte in Nied über die Jahre etwas mehr schwanken, als im deutschen Durchschnitt. Außerdem fällt auf, dass die Verbräuche in der letzten (nach 2000) wieder angestiegen sind im Vergleich zu den Werten zwischen 1990 und 1999. Die allgemeinen Schwankungen können mit der Siedlungsstruktur in Nied erklärt werden. Innerhalb einer Siedlung wurden die Gebäude in kurzem Zeitabstand und zumeist in ähnlicher Art und Weise errichtet. Haben diese ähnlichen Gebäude allesamt eine bessere oder schlechtere energetische Qualität, wirkt sich dies massiv auf den Energiebedarf des gesamten Gebietes aus.

Grob deckt sich jedoch die Entwicklung im Gebiet mit der Entwicklung im deutschen Gebäudebestand: Der Verbrauch geht im Laufe der Zeit im Mittel nach unten. Dies liegt zum einen an den gesetzlichen Regelungen in Deutschland welche erstmals 1977 mit der ersten Wärmeschutzverordnung in Kraft traten und seitdem weiter verschärft wurden und zum anderen wurden in der jüngeren Zeit in den Siedlungen vermehrt Mehrfamilienhäuser errichtet, deren Kompaktheit der Gebäudehülle sich günstig auf den Energiebedarf der Gebäude auswirkt.

#### **11.3.3.4 Abschätzung des Endenergieverbrauchs für das gesamte Quartier**

Die bisher getrennt betrachteten Energieverbräuche der gas- und fernwärmeversorgten Gebäude im Untersuchungsgebiet Nied werden in diesem Abschnitt gemeinsam betrachtet. Zu den Gebäuden deren Energieverbräuche uns blockweise zur Verfügung gestellt wurden (die gas- und fernwärmeversorgten Gebäude) kommen im weiteren Verlauf des Abschnitts noch die Energieverbräuche der restlichen Gebäude hinzu. Letzte Betrachtung ist eine Abschätzung.

Abb. 188 ist der zusammengefasste absolute Wärmeverbrauch für gas- und fernwärmeversorgte je Baublock und in Abb. 189 der flächenspezifische Wärmeverbrauch dargestellt. Verbrauchsschwerpunkt ist der Block Nr. 561053 um die Feuerwache 3 in Nied. Grund dafür ist die auch im Vergleich zu anderen Blöcken recht hohe Gebäudeanzahl im Block (43 Gebäude) und zum anderen befindet sich hier mit der Feuerwache eins der wenigen Nichtwohngebäude mit hohem absoluten Energieverbrauch pro Gebäude (Aufgrund der schieren Größe des Gebäudes). Bei den anderen Baublöcken verhält sich der absolute Energiebedarf wie erwartet. Er steigt bei Blöcken mit mehr Gebäuden und (vor allem in den Siedlungsgebieten) bei einem höheren Anteil von Mehrfamilienhäusern im Block an. Dementsprechend ist der absolute Energieverbrauch in Alt-Nied recht gering. Auch vereinzelte energetisch ehrgeizigere Bereiche innerhalb der Siedlungsgebiete sind zu erkennen. Die energetische Qualität der Gebäude innerhalb eines Blocks wird jedoch erst bei Betrachtung des flächenspezifischen Energieverbrauchs deutlich (siehe Abb. 189).

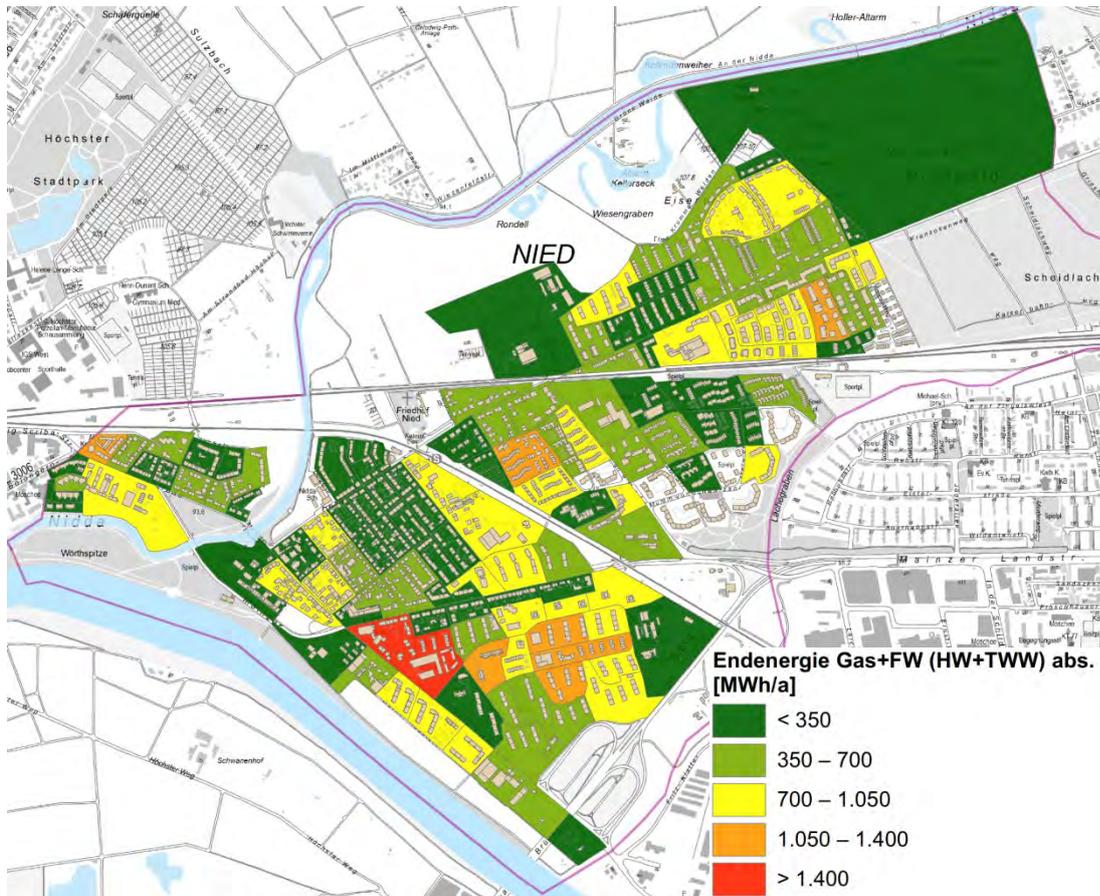


Abb. 188: **Absoluter** Energieverbrauch der gas- und fernwärmeversorgten Gebäude je Baublock als witterungsbereinigter Mittelwert der Jahre 2017 – 2018 in MWh/a

Wie in Abb. 189 zu sehen sind die spezifischen Verbräuche pro beheizte Netto-Grundflächen besonders in Alt-Nied hoch. Dies ist auf die hohen Gebäudealter in diesem Gebiet zurückzuführen. Außerhalb von Alt-Nied sind es vor allem Blöcke mit kleinen Ein- bis Zweifamilienhäusern, bzw., wie im Falle der Fridtjof-Nansen-Schule und des Kinderzentrums Dürkheimer Straße (Block 561077), Blöcke mit einzelnen größeren Nichtwohngebäuden. Dazu gehört auch der Block 562040 mit den Gebäuden der Sportgemeinschaft 1877 Frankfurt-Nied e. V. und der Strandbar „Niddastrand“ sowie auch der Block 562088 mit einem Supermarkt. Der größte Block in ganz Nied, Block Nr. 562039 im Norden beinhaltet nur ein einzelnes beheiztes Gebäude: das Vereinsheim des SV Orplid Niddainsel Frankfurt e. V. Nichtwohngebäude in die gleichen Klassen mit Wohngebäuden einzuteilen ergibt eine schlechte Vergleichbarkeit. Da die Nutzung bei Nichtwohngebäuden sehr verschieden ist, kann keine Bewertung ohne genauere Untersuchung stattfinden.

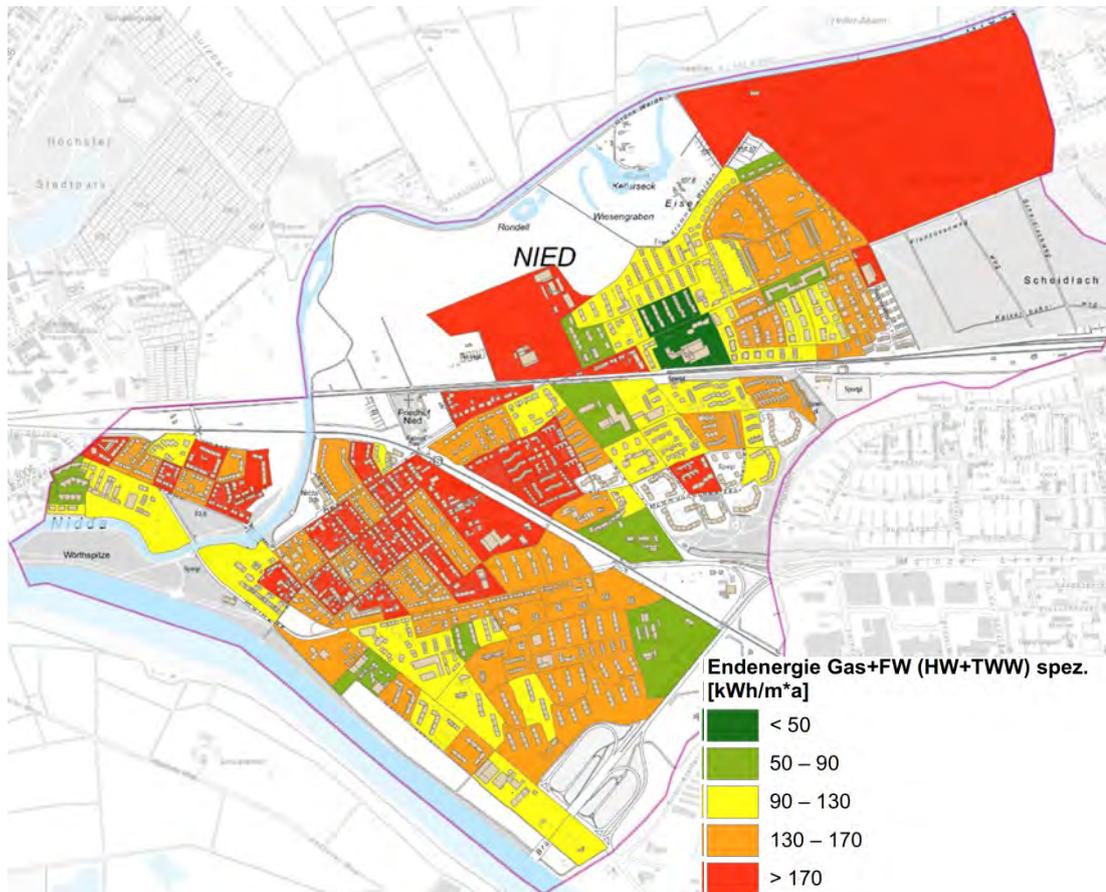


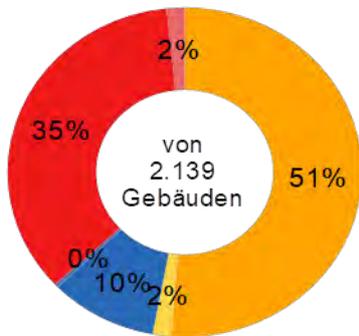
Abb. 189: **Flächenspezifischer** Endenergieverbrauch der gas- und fernwärmeversorgten Gebäude je Baublock als witterungsbereinigter Mittelwert der Jahre 2017 – 2018 in kWh/(m²a)

Bezüglich des Endenergieverbrauchs für Wärme im Quartier liegen nur Angaben für die gas- und fernwärmeversorgten Gebäude vor, die fast zwei Drittel der Nettogrundfläche repräsentieren (siehe Abb. 190). Um den Endenergieverbrauch des gesamten Untersuchungsgebiets abschätzen zu können, wird von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, dass die Gebäude, die nicht mit Gas oder Fernwärme versorgt werden, im Mittel den gleichen Wärmeverbrauch haben, wie die entsprechende Gruppe der gas- bzw. fernwärmeversorgten Gebäude.

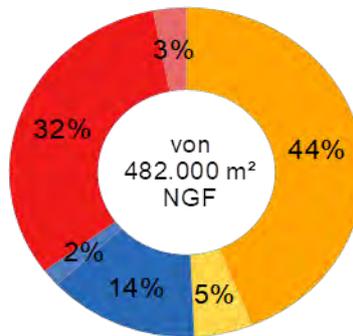
Die Gebäude im Gebiet können grob in sechs Gruppen aufgeteilt werden:

- Wohngebäude mit Gasversorgung
- Wohngebäude mit Fernwärmeversorgung
- Nicht-Wohngebäude mit Gasversorgung
- Nicht-Wohngebäude mit Fernwärmeversorgung
- Wohngebäude mit sonstiger Versorgung
- Nicht-Wohngebäude mit sonstiger Versorgung

Verteilung nach Gebäudeanzahl



Verteilung nach NGF



- Wohngebäude, mit Gasversorgung
- Nicht-Wohngebäude, mit Gasversorgung
- Wohngebäude, mit FW-Versorgung
- Nicht-Wohngebäude, mit FW-Versorgung
- Wohngebäude, mit sonstiger Versorgung
- Nicht-Wohngebäude, mit sonstiger Versorgung

■ Wohn- / Nicht-Wohngebäude

Abb. 190: Zusammensetzung des Gebäudebestands und Aufteilung nach Nettogeschossfläche

Für die gasversorgten Gebäude wurde der Gasbezug (Brennwert) auf Endenergie (Heizwert) über den Umrechnungsfaktor zwischen Brennwert (Hs) und Heizwert (Hi) bei Erdgas umgerechnet. Der Energieverbrauch der fernwärmeversorgten Gebäude wurde hinzugerechnet und dadurch ergibt sich für die Wohngebäude im Gebiet ein mittlerer Endenergieverbrauch für Wärme von 146 kWh/(m²a) und für die Nicht-Wohngebäude von 72 kWh/(m²a). Wird mit diesen Mittelwerten der Verbrauch auf alle Gebäude hochgerechnet, ergibt sich ein gesamter Endenergieverbrauch für Wärme im Gebiet von etwa 109 GWh/a.

Da uns über den Strombezug im Gebiet keine Informationen vorliegen kann dazu keine haltbare Aussage getroffen werden.

### 11.3.4 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen im Ist-Zustand

Die insgesamt 109 GWh/a Endenergieverbrauch für Wärme werden anschließend aufgeteilt auf die Verbrauchssektoren, öffentliche Gebäude, Gewerbe und Industrie, Handel und Dienstleistungen und private Haushalte, sowie auf die Energieträger, Gas, Fernwärme und Sonstige. Außerdem kann in der Energienutzung unterschieden werden nach Nutzung für Wärmeerzeugung in Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. In Abb. 191 ist die Aufteilung anschaulich dargestellt.

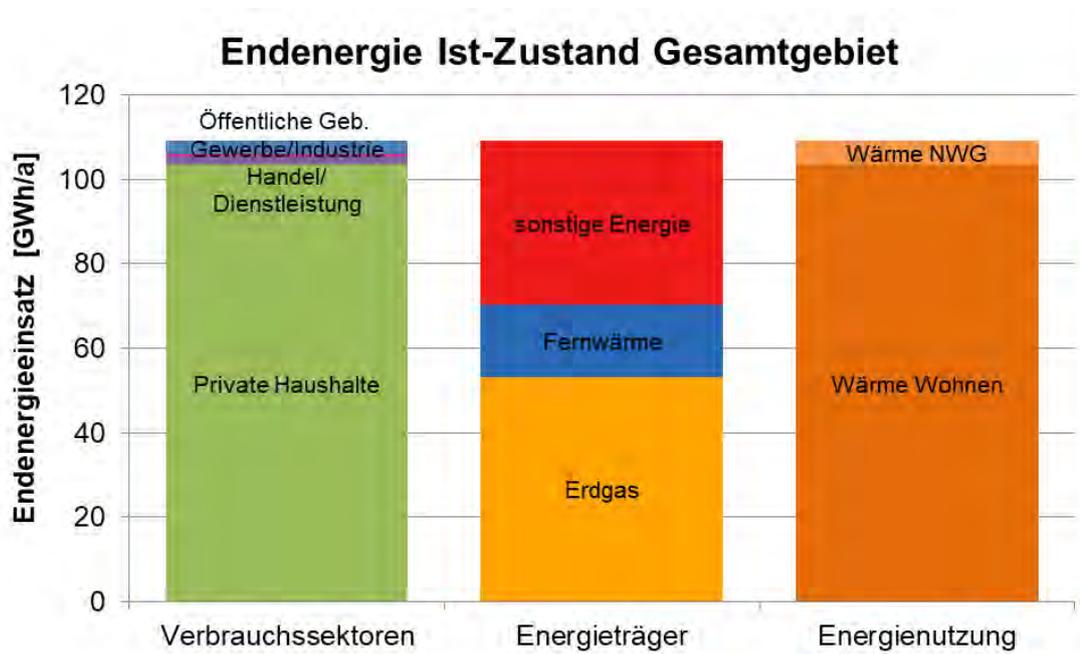


Abb. 191: Endenergiebilanz von Nied im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Der Verbrauch der privaten Haushalte dominiert den Endenergieverbrauch mit 95 %. Etwa die Hälfte der Endenergie wird von Erdgas gedeckt, 16 % von Fernwärme und der Rest durch sonstige Energieträger. Der Stromverbrauch im Gebiet fehlt in dieser Betrachtung aufgrund fehlender Daten.

Zur Ermittlung der Treibhausgasbilanzen werden die Endenergien mit den Emissionsfaktoren der entsprechenden Energieträger bewertet. Verwendet werden die in den Grundlagen aufgeführten Faktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Da die genaue Zusammensetzung der Energieträger, die für die Wärmeversorgung der nicht mit Erdgas oder Fernwärme versorgten Gebäude verwendet werden, nicht bekannt ist, wurde für diese Gruppe pauschal der Faktor für sonstige konventionelle Energieträger nach ifeu verwendet.

Damit ergibt sich die in Abb. 192 dargestellte Treibhausgas-Bilanz, wiederum aufgeteilt nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen. Die jährlichen Treibhausgas-Emissionen aller Gebäude im Quartier betragen knapp 29.000 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr.

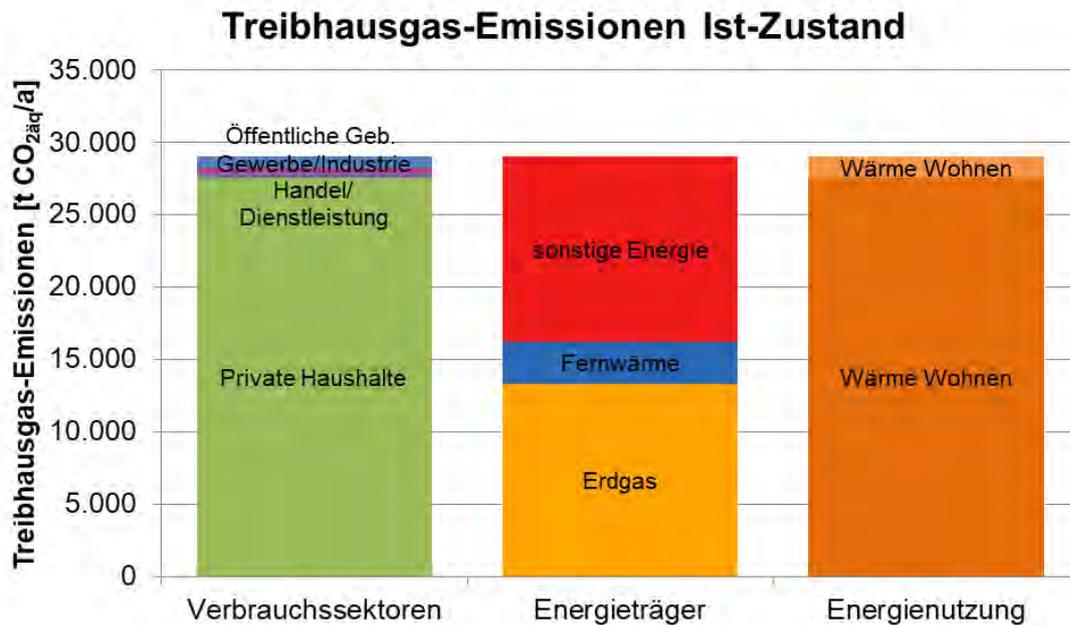


Abb. 192: Treibhausgas-Bilanz von Nied im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen.

Auch hier dominieren die privaten Haushalte die Treibhausgas-Emissionen mit 95 % Anteil. Der Erdgas-Anteil fällt ein klein wenig geringer aus und sinkt von knapp 50 % bei der Endenergie auf 46 % im Treibhausgas-Ausstoß. Dies liegt an der günstigeren Bewertung der Erdgas-Treibhausgas-Emissionen im Verhältnis zu den sonstigen Energieträgern. Die Fernwärme wird noch günstiger bewertet und hat dementsprechend ebenfalls einen geringeren Anteil; der von 16 % auf 10 % sinkt. Die sonstigen Energieträger steigern ihren Anteil von 35 % auf 44 %.

Werden nur die THG-Emissionen der privaten Haushalte in Höhe von rund 27.516 tCO<sub>2,äq</sub>/a betrachtet, entspricht dies bei 19.780 Einwohner\*innen im Quartier spezifischen THG-Emissionen von 1,39 t CO<sub>2,äq</sub> je Einwohner\*in und Jahr.

## 11.4 Einsparpotentiale bei Energie und Treibhausgas-Emissionen

Die Reduzierung von Energieeinsatz und damit auch von Treibhausgas-Emissionen beruht im Allgemeinen auf drei Strategien:

1. Genügsamer Umgang mit Energie (**Suffizienz**). Im Gebäudebereich sind hier vor allem die Nutzer\*innen adressiert, die mit ihrem Verhalten wesentlichen Einfluss auf genügsame und nachhaltige Energienutzung haben. Als Beispiele seien hier angemessene Raumtemperaturen, sparsamer Warmwasserverbrauch oder angepasstes Lüftungsverhalten genannt. Aber auch

die genügsame Nutzung von beheiztem (gekühltem) Raum fällt unter die Suffizienz. So sollte z. B. dem weiteren Anstieg der mittleren Wohnfläche je Einwohner\*in entgegengewirkt werden, z. B. indem Wohnungsunternehmen ihren Mietern bei Veränderung der Haushaltsgröße entsprechend größere oder kleinere Wohnungen anbieten. Suffizienzstrategien beschäftigen sich u. a. mit Lebensstil, Nutzerverhalten und Komfortansprüchen.

2. Effiziente Nutzung von Energie (**Effizienz**). Ausgangspunkt bei Effizienzstrategien ist die tatsächlich benötigte Energie-Dienstleistung (angenehm temperierter Raum, warmes Duschwasser etc.). Diese sollte mit möglichst geringem Energieeinsatz sichergestellt werden. Effizienzstrategien beschäftigen sich somit in erster Linie damit, Verluste zu minimieren. Im Gebäudebereich liegen die großen Effizienzpotentiale vor allem im Bereich der Wärmedämmung, bei effizienter Wärmeerzeugung, Umwandlung, Speicherung oder Verteilung und bei der Nutzung von stromeffizienten Geräten und Beleuchtungseinrichtungen.
3. Nicht erneuerbare Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzen (**Konsistenz**). Dabei geht es nicht darum, den Energieeinsatz zu verringern, sondern Energieträger zu nutzen, die im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Im Rahmen von Konzepten für Gebäude und Quartiere im urbanen Raum geht es dabei vor allem um Sonnenenergie, Biomasse, oberflächennahe Geothermie oder andere Formen von Umweltwärme.

Im Rahmen dieses Energiekonzepts werden im Folgenden Elemente einer Effizienz- sowie einer Konsistenzstrategie erörtert. Diese betreffen die energetische Gebäudesanierung und den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

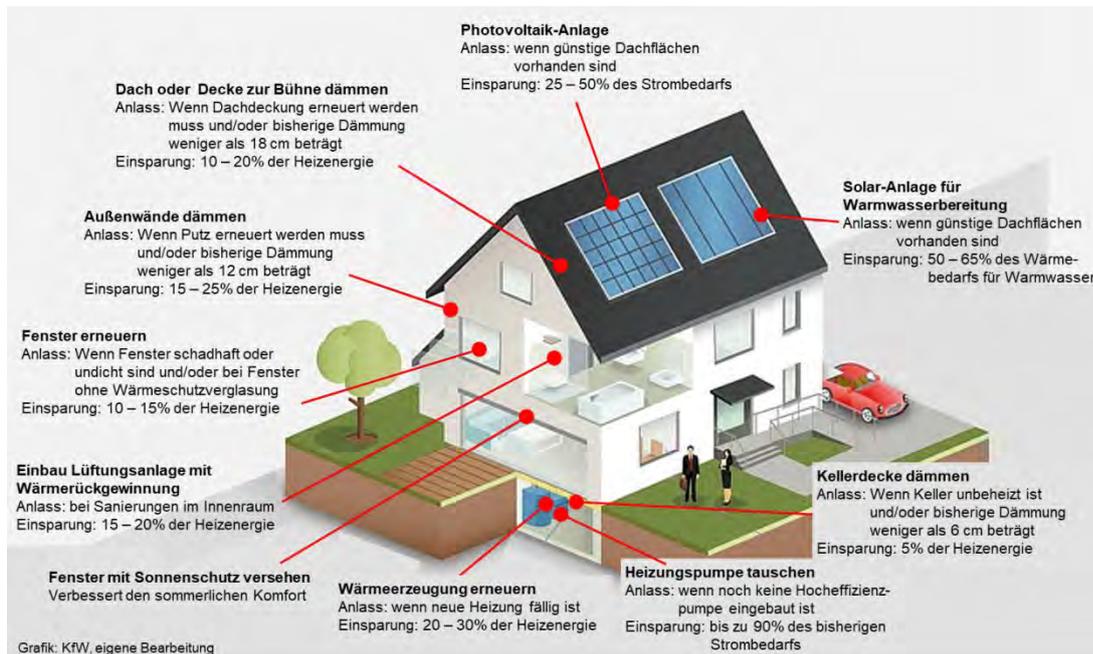


Abb. 193: Energetische Sanierungsmaßnahmen am Gebäude (Grafik KfW, eigene Bearbeitung)

### 11.4.1 Energetische Gebäudesanierungen

Die energetische Gebäudesanierung teilt sich in zwei Bereiche auf:

- Bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle, die zu einer Reduzierung der Wärmeverluste führen. Im Wesentlichen ist dies die Dämmung von Außenbauteilen, den Austausch von Fenstern, Türen oder anderer Bauteile durch thermisch bessere Bauteile und die Verbesserung der Dichtheit der Gebäudehülle. Werden Gebäude gekühlt, gilt Entsprechendes für die Reduzierung der Wärmelasten durch die Gebäudehülle.
- Maßnahmen an der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA), mit denen Verluste bei der Umwandlung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Energie reduziert und die Energie effizienter genutzt werden kann. Dies kann die Erneuerung des Wärmeerzeugers sein – gegebenenfalls unter Nutzung erneuerbarer Energien, der Einsatz effizienterer Pumpen, die Dämmung von Heizungs- und Trinkwasserleitungen oder den Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Je nachdem wie der Ausgangszustand des Gebäudes ist und welche Maßnahmen durchgeführt werden, kann der Wärmeverbrauch um bis zu 90 % verringert werden. Bei denkmalgeschützten Gebäuden oder bei Gebäuden, die z. B. aus architektonischen Gründen nicht mit einer Außendämmung versehen werden können, sind die

Einsparpotentiale oft deutlich geringer. Auch wenn Gebäude bereits einen bestimmten Grad an Wärmeschutz aufweisen (z. B. Fenster mit U-Wert 1,6 W/m<sup>2</sup>K oder 12 cm Außenwanddämmung), der aber noch nicht kompatibel zu den Klimaschutzziele ist, ist eine weitere Verbesserung dieser Bauteile nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht mehr möglich.

Welche Einsparungen beim Wärmeverbrauch möglich sind und welche Verbrauchsniveaus bei Bestandgebäuden erreicht werden können, kann beispielhaft an vier Zeilenbauten im Untersuchungsgebiet Griesheim-Mitte im Schwarzerlenweg gezeigt werden. Jeder Baukörper besteht aus 3 zusammenhängenden, drei- bis viergeschossigen Mehrfamilienwohnhäusern mit insgesamt etwa 20 Wohnungen. Alle Gebäude wurden zur gleichen Zeit, vermutlich Anfang der 60er Jahre, weitgehend baugleich errichtet. Diese Zeit ist vergleichbar mit vielen Gebäuden in den Siedlungen im Untersuchungsgebiet Nied. Für nähere Informationen und dem Vergleich der Zeilenbauten siehe Kapitel 7.5.1.

#### 11.4.2 Serielle Sanierung

Serielle Sanierung ist ein Sanierungskonzept, das ursprünglich unter der Bezeichnung „Energiesprung“ in den Niederlanden entwickelt wurde, wo bereits mehr als 4.500 Gebäude nach diesem Prinzip saniert wurden. Inzwischen hat sich das Prinzip auch in anderen Ländern bewährt und verbreitet sich international.

„Energiesprung“ steht für

- hohen Wohnkomfort,
- kurze Sanierungszeiten,
- hochwertige, standardisierte Lösungen mit vorgefertigten Elementen,
- reduzierte Baukosten durch industrielle Vorfertigung und optimierte Prozesse,
- NetZero-Energie-Standard (es wird über das Jahr so viel Energie erzeugt, wie für Heizung Warmwasser und Strom benötigt wird).

In Deutschland wird das Energiesprung-Konzept u. a. von der Deutschen Energieagentur (dena) unterstützt. Sie hat dazu ein unabhängiges Marktentwicklungsteam gegründet, das gemeinsam mit innovativen Unternehmen aus der Wohnungswirtschaft und Bauindustrie einen neuen Standard für komfortable, energieeffiziente Sanierungen entwickeln und in der Praxis umsetzen soll. Ziel ist eine warmmieten-neutrale Umsetzung, mit der eine hochwertige energetische Sanierung in der Breite für Eigentümer und Mieter bezahlbar wird.

Im November 2019 wurde von der dena der Abschluss des Energiesprung-Volume-Deals bekannt gegeben. Mit dieser gemeinsamen Absichtserklärung von Wohnungswirtschaft und Bauwirtschaft, unterstützt durch die Politik, gelingt ein erster

Durchbruch bei der Marktentwicklung serieller Sanierungslösungen in Deutschland. Im Volume Deal bündeln 22 Wohnungsunternehmen ihre Nachfrage und stellen 11.635 Wohnungen bereit, die in den nächsten vier Jahren seriell saniert werden sollen. Mehr Informationen gibt es unter [www.energiesprong.de](http://www.energiesprong.de).

Die dena schätzt, dass es in Deutschland rund 500.000 geeignete Gebäude gibt. Das sind insbesondere Wohnhäuser aus den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren mit bis zu drei Etagen, einfacher Hülle und einem hohen Energieverbrauch von rund 130 kWh/(m<sup>2</sup>a) oder mehr. Speziell die Zeilenbebauung in den Siedlungen in Nied dürfte sich dazu einigen. Wahrscheinlich sind diese überwiegend im Besitz von Wohnungsbaugesellschaften oder von Wohnungseigentümergeinschaften, was den Entscheidungsprozess vereinfachen könnte.

### **11.4.3 Potentiale erneuerbarer und lokaler Energien**

#### **11.4.3.1 Biomasse**

Die Verwendung von Biomasse als Brennstoff in innerstädtischen Gebäuden ist, auch bei vorhandenem Potential, wegen der damit verbundenen, lokalen Emissionen nicht erwünscht. Das Biomasse-Potential der Stadt Frankfurt ist zudem gesamtstädtisch betrachtet weitgehend ausgeschöpft. Biomasse von außerhalb Frankfurts sollte zukünftig vorrangig in effizienten KWK-Anlagen oder für industrielle Prozesswärme verwendet werden. Die Umstellung von Heizkesseln im Quartier von fossilen Brennstoffen auf Biomasse ist aus diesen Gründen keine sinnvolle Option.

#### **11.4.3.2 Oberflächennahe Geothermie**

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich oder im Grundwasser enthaltene Wärme in der Regel in Verbindung mit Wärmepumpen. Ausführlichere Informationen finden sich in Kapitel I 4.2.

In Bestandsquartieren ist die nachträgliche Nutzung von Geothermie oft schwierig zu realisieren. Vor allem bei Ein- und Zweifamilienhäusern sind bei entsprechend großzügigen Grundstücken nachträgliche Bohrungen für Erdwärmesonden möglich. Auch bei Nachverdichtungen auf Brachflächen o. ä. können Techniken zur Geothermienutzung eingesetzt werden. Denkbar ist auch die Nutzung von öffentlichen Grünflächen oder Sportanlagen, über die angrenzende Gebäude mit Wärme versorgt werden können.

Bei Bestandsgebäuden ist die Umstellung des Heizsystems auf Wärmepumpen oft problematisch, da Wärmepumpen nur bei Niedertemperatur-Heizsystemen (z. B. Fußbodenheizungen) effizient arbeiten. Die Umstellung kommt deshalb oft nur bei

energetisch sehr gut sanierten Gebäuden in Frage, bei denen der Heizbedarf so reduziert wurde, dass die Heizungs-Vorlauftemperatur deutlich abgesenkt werden kann.

Laut dem Fachinformationssystem „Grund- und Trinkwasserschutz Hessen“ des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) wird Nied hinsichtlich der geothermischen Nutzung des Untergrunds wegen weiträumigen Grundwasserstockwerksgliederungen als „hydrogeologisch ungünstig“ eingestuft. Damit ist eine flächendeckende Erschließung mit Erdwärmesonden zwar nicht ausgeschlossen, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit der Umsetzbarkeit verringert. Eventuell ist mit Sonderauflagen für Niederbringung und Betrieb der Erdwärmesonden zu rechnen. Eine genauere Einschätzung ist nur nach erfolgter Erkundung des Gebiets möglich.

#### **11.4.3.3 Umweltwärme**

Die in der Umgebungsluft oder in Oberflächen-Gewässern enthaltene Wärme kann ebenfalls mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Ausführlichere Informationen finden sich dazu in Kapitel I. Das Quartier Nied liegt an der Nidda, welche am südlichen Rand in den Main mündet. Damit ständen zwei potentielle Wärmequellen aus Oberflächengewässern zur Verfügung. Zudem gibt es diverse kleinere Seen, gespeist durch die Nidda. Die Gebäude in Alt-Nied befinden sich in dem geringsten Abstand zu den beiden Fließgewässern. Für die meisten Gebäude im Stadtteil ist jedoch die Entfernung zum Gewässer immer noch zu groß für die Beheizung eines einzelnen Gebäudes. Ein einzelnes Einfamilienhaus mit Wärmepumpen über den Fluss als Wärmequelle zu versorgen würde große Wärmeverluste auf der Strecke zum Gebäude verursachen und die Variante dadurch unwirtschaftlich machen. Bei größeren Bauvorhaben im Gebiet oder zusammenhängenden Gebietsversorgungen über ein Nahwärmenetz (z. B. bei zusammenhängenden Neubauten) sollte diese Möglichkeit jedoch untersucht werden. Hierbei muss auf die geltenden Bestimmungen geachtet werden. Die Verwendung bedarf näherer Untersuchung.

Für die restlichen Gebäude in Nied wären Außenluft-Wärmepumpen eine Alternative. Für die Umstellung des Heizsystems von Bestandsgebäuden auf Wärmepumpen gilt die weiter oben beschriebene Problematik. In Wohngebieten ist bei Außenluft-Wärmepumpen auf mögliche Lärmbelastungen zu achten. Außenluft-Wärmepumpen haben den Nachteil, dass sie im Vergleich zu anderen Wärmepumpensystemen nur relativ geringe Jahresarbeitszahlen erreichen und dass sie gerade an kalten Tagen, wenn viel Wärme benötigt wird, besonders ineffizient arbeiten.

#### 11.4.3.4 Solarenergie

In innerstädtischen Bestandsgebieten kann die aktive Solarenergienutzung durch thermische Solaranlagen zur Wärmeerzeugung oder Photovoltaik-Anlagen zur Stromerzeugung erfolgen. Eine ausführliche Behandlung des Themas mit Beschreibung der Technologien findet sich im Kapitel I. Zur Abschätzung des Potentials zur Nutzung von Solarenergie im Quartier wurden die nutzbaren Dachflächen der Gebäude abgeschätzt. Insgesamt sind schätzungsweise etwa 375.500 m<sup>2</sup> Dachflächen solar-energetisch nutzbar. Davon werden derzeit nur etwa 2.780 m<sup>2</sup> durch Solarthermie- oder PV-Anlagen genutzt. Das entspricht einem Anteil von 0,7 %.

Tab. 152: Abschätzung der solarenergetisch nutzbaren Dachflächen im Gebiet und des möglichen Potentials zur PV-Stromerzeugung

Gebäude- nutzung	nutzbare Brutto- Dachfläche	bereits belegte Fachfläche		Potentielle PV-Fläche	Potentielle PV-Strom- Erzeugung
		m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	MWh/a
Wohn	315.800	1.780	0,6 %	174.500	24300
Öffentlich	34.100	660	1,9 %	20.900	2900
GH	17.300	340	2,0 %	10.100	1400
Industrie	8.300	0	0,0 %	4.500	600
<b>Summe</b>	<b>375.500</b>	<b>2.780</b>	<b>0,7 %</b>	<b>210.000</b>	<b>29.200</b>

In Wohngebäuden oder in Nichtwohngebäuden mit einem hohen, ganzjährigen Warmwasserbedarf (z. B. Schwimmbäder, Sporthallen etc.) ist die Nutzung von Solarthermie sinnvoll. Allerdings ist die Installation und Einbindung einer solchen Anlage in Bestandsgebäuden oft aufwändig. Außerdem begrenzt eine technisch sinnvolle Auslegung oft die Größe der Solarthermieanlagen, die dann nicht die ganze nutzbare Dachfläche belegen. PV-Anlagen sind dagegen oft einfacher zu installieren und können meist die ganze nutzbare Dachfläche belegen. Insbesondere große Dachflächen von Gewerbe- oder Industriegebäuden, von Sporthallen oder Versammlungsstätten eignen sich in der Regel gut für die kostengünstige Installation von PV-Anlagen.

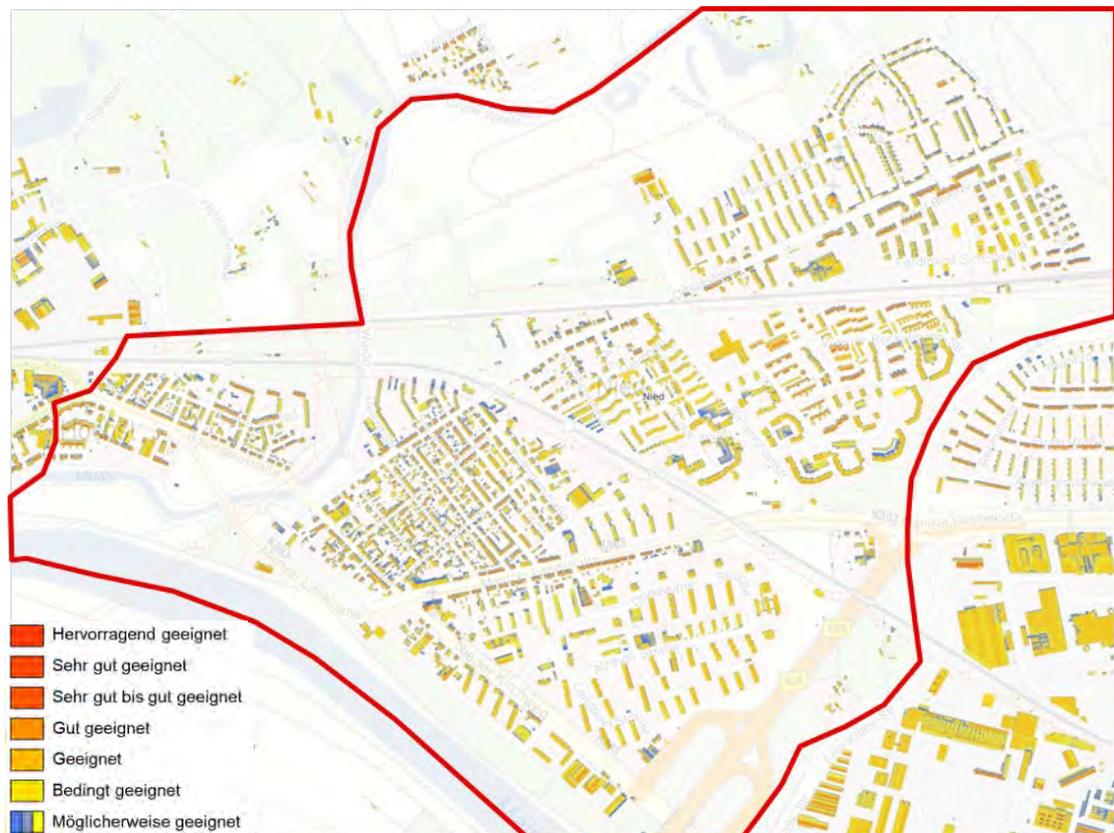


Abb. 194: Auszug aus dem Hessischen Solar-Kataster mit der Darstellung der Dachflächen im Gebiet und ihrer Eignung für eine solarenergetische Nutzung (Quelle: HA Hessen Agentur GmbH, Wiesbaden, [www.energieland.hessen.de/solar-kataster](http://www.energieland.hessen.de/solar-kataster))

Würden alle nutzbaren Dachflächen im Quartier für PV-Anlagen genutzt, könnten ca. 210.000 m<sup>2</sup> PV-Module installiert werden mit denen schätzungsweise 29,2 GWh Strom pro Jahr erzeugt werden könnten.

#### 11.4.4 Abwärme

Laut Frankfurter Abwärmekataster verläuft am unteren Rand des historischen Ortskernes Alt-Nied ein Abwasserkanal 500 – 1000 kW Leistung.

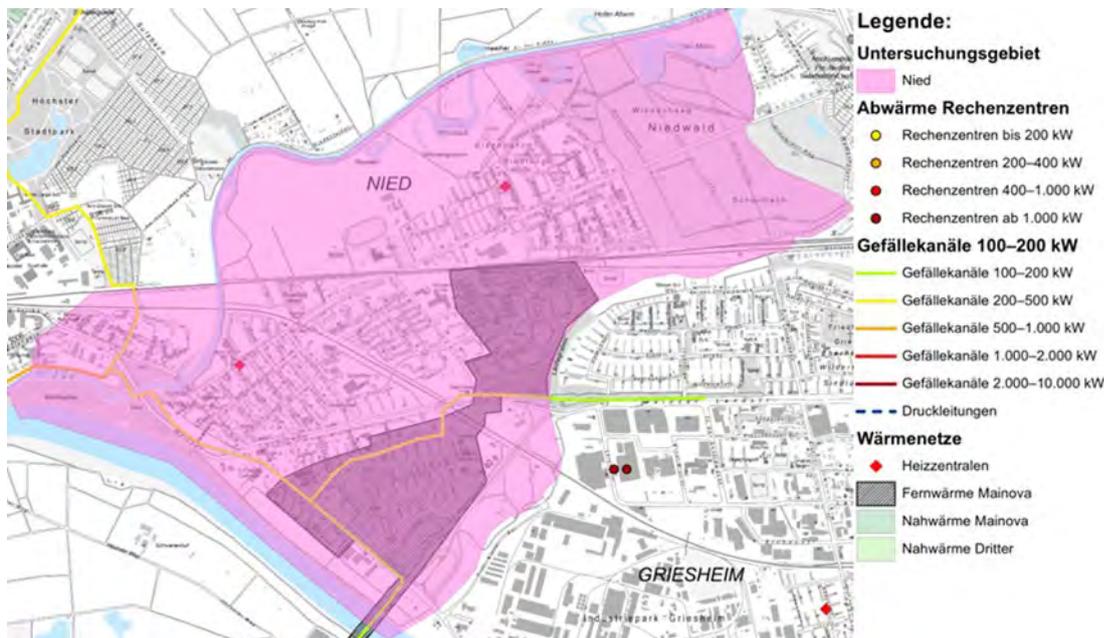


Abb. 195: Auszug aus dem Abwärmekataster für Frankfurt-Nied (Quelle: Energierreferat Frankfurt a. M.)

Ein Teil des Gebietes ist bereits mit Fernwärme der Mainova versorgt.

#### 11.4.5 Strom-Einsparpotential in privaten Haushalten, in öffentlichen Gebäuden und im gewerblichen Bereich

In privaten Haushalten liegen die wesentlichen Einsparpotentiale bei einer effizienteren Beleuchtung und effizienten Haushaltsgeräten. Die Effizienzsteigerungen bei IuK-Geräten werden vermutlich durch vermehrte Nutzung und neue Anwendungen absorbiert. Auch dem Nutzerverhalten und einer entsprechenden Verbraucherinformation kommt große Bedeutung zu. Nach dem Stromspiegel Deutschland 2019 liegen zwischen den mittleren Stromverbräuchen deutscher Haushalte (Klasse D<sup>19</sup>) und den Stromverbräuchen der sparsamsten Haushalte (Klasse A) je nach Haushaltsgröße und Gebäudetyp Differenzen zwischen 30 % und 40 %.

Im öffentlichen Bereich und bei Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsbetrieben werden erhebliche Stromeinsparpotentiale vermutet. Erfahrungen zeigen, dass allein durch regelmäßige Nutzer\*innen-Sensibilisierung und -schulung Einsparungen von 15 bis 25 % erreicht werden können. Mit technischen Maßnahmen könnten nach Einschätzung des Umweltbundesamtes die größten Einsparpotenziale durch den Einsatz energieeffizienter Pumpen, effizienter Beleuchtung und effizienter Lüftungs- und Druckluftsysteme ausgeschöpft werden. Auch bei IT-Geräten nimmt die Effizienz

<sup>19</sup> Die sieben Klassen A bis G im Stromspiegel bilden jeweils 14,3 Prozent der Haushalte ab.

weiter zu, allerdings werden hier die Einsparungen oftmals durch vermehrte Nutzung und neue oder erweiterte Anwendungen ausgeglichen oder sogar überkompensiert. Im Rahmen dieser Untersuchung wird von einem möglichen Einsparpotential im Bereich der Nichtwohngebäude von 30 % ausgegangen.

Genauere Betrachtungen sind leider aufgrund fehlender Verbrauchsangaben nicht anzustellen.

#### **11.4.6 Klimaverträgliche Neubauten und Verdichtung**

Das Untersuchungsgebiet bietet u. a. aufgrund von Brachflächen oder Bereichen zwischen der lockeren Zeilenbautenstruktur Flächenpotentiale, die gegebenenfalls mittelfristig bebaut werden können. Aktuell wird die Brachfläche zwischen der Mainzer Landstraße und dem Ortsrand Alt-Nied, das sogenannte Nieder-Loch von der ABG Frankfurt Holding mit 131 Wohnungen in Passivhausbauweise und einem Supermarkt bebaut. Zunächst sollen 75 Wohnungen bis 2021 errichtet werden, der Rest folgt danach. Das Nieder-Loch liegt direkt an der westlichen Einfahrt nach Nied und bekommt dadurch ein modernes urbanes Gesicht. Ein Teil der Gebäude wird vom Wohnungsmittelstandsprogramm gefördert, dadurch sollen die Mieten vergleichsweise gering gehalten werden. Dies ist ein schönes Beispiel für eine nachhaltige und energetisch optimierte Bauweise im engeren Einzugsgebiet von Frankfurt.

### **11.5 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen für den Zielzustand**

Als Zielzustand des Untersuchungsgebiets in 2050 wird von folgendem Szenario ausgegangen:

- Die Gebäude im Quartier werden bis 2050 entsprechend den Annahmen im Abschnitt 7.5.1 energetisch saniert, so dass sich der Gesamt-Wärmeverbrauch um 50 % von derzeit rund 109 GWh/a auf 54,5 GWh/a reduziert.
- Die Neubauten im Ortsrand Alt-Nied und Mainzer Landstraße werden in Passivhausbauweise realisiert. Es wird von Wohnungen zwischen 2 und 5 Zimmern gesprochen, vereinfacht wird von einer Fläche von 65 m<sup>2</sup> pro Wohnung ausgegangen, sodass der zusätzliche Wärmebedarf auf 300 MWh/a begrenzt werden kann.
- Das Potential solarenergetisch nutzbarer Dachflächen wird vollständig durch die Installation von PV-Anlagen ausgeschöpft und führt entsprechend den Annahmen im Abschnitt 7.5.3.4 zu einer jährlichen PV-Stromerzeugung von 29,2 GWh/a.

- Das Gebiet wird bis 2050 mit einem Wärmenetz erschlossen, der Weiterführung des bestehenden Wärmenetzes von der Mainova. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Fernwärme der Mainova bis 2050 entsprechend der Ausführungen im Kapitel I nahezu klimaneutral geworden ist.

Bei dem gewählten Szenario wird somit davon ausgegangen, dass die identifizierten Potentiale vollständig ausgeschöpft werden. Es handelt sich damit um ein optimales Szenario, das wahrscheinlich bis 2050 nicht realisiert, aber als Maximalabschätzung angesehen werden kann.

Mit diesem Szenario wird der Endenergieeinsatz für Wärme für die Gebäude im Quartier von derzeit rund 109 GWh/a auf rund 55 GWh/a gesenkt. Davon wird alles über die Fernwärme der Mainova beheizt. Über die Stromeinsparungshöhe kann keine Aussage getroffen werden, da die Verbrauchsdaten nicht vorliegen. Jedoch wird das lokal vorhandene Solarpotential voll ausgeschöpft und 29,2 GWh Strom erzeugt.

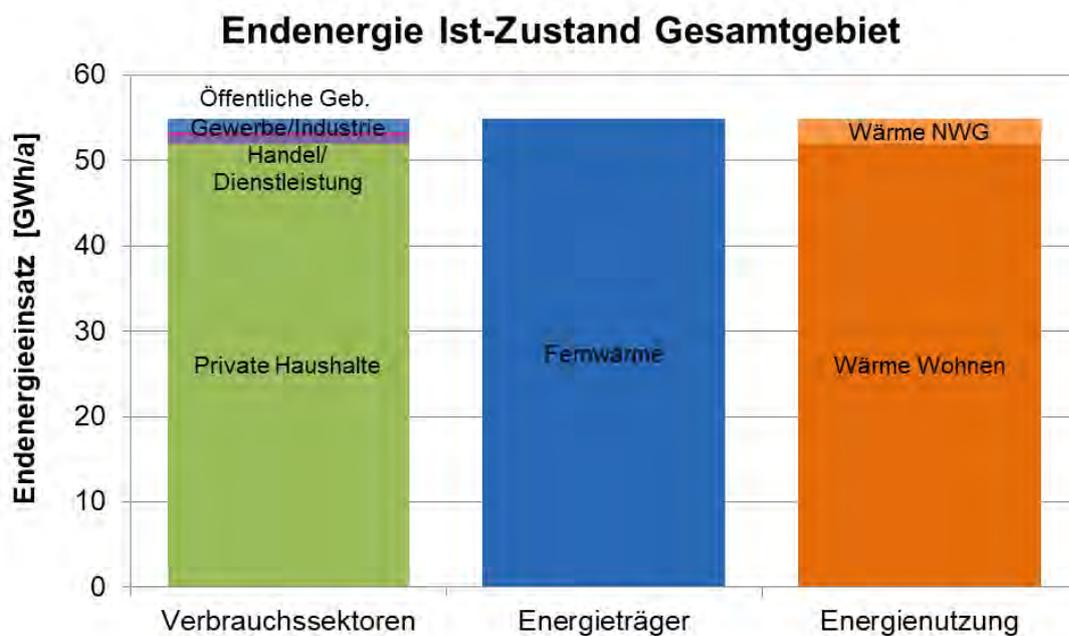


Abb. 196: Endenergiebilanz von Nied für das Zielszenario nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Zur Ermittlung der Treibhausgasbilanzen wird der zukünftige Energiebedarf mit dem entsprechenden Emissionsfaktor der zukünftigen Fernwärme bewertet. Damit ergeben sich die in Abb. 197 dargestellten Treibhausgasbilanzen.

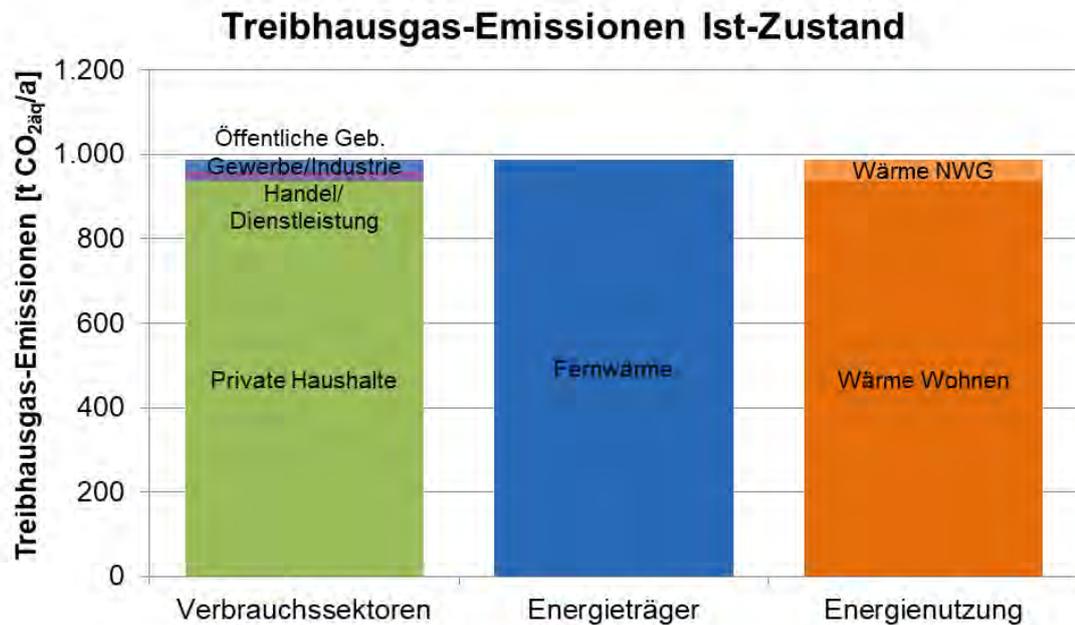


Abb. 197: Treibhausgas-Bilanz von Nied für das Zielszenario nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Die Treibhausgas-Emissionen der Gebäude sinken um 97 % von derzeit etwa 29.000 tCO<sub>2,äq</sub>/a auf 990 tCO<sub>2,äq</sub>/a. Da hier die Betrachtung des Stromverbrauchs im Gebiet fehlt, ist diese Reduzierung nur auf die Reduktion der THG-Faktoren der Fernwärme der Mainova zurückzuführen (von 170 auf 18 kgCO<sub>2,äq</sub>/MWh). Diese Werte hängen somit massiv davon ab, ob die Fernwärme ihre angestrebte Reduktion erreichen kann. Um diese Entwicklung aus dem Gebiet heraus zu unterstützen, sollte die Verwendung von lokalen erneuerbaren Energien untersucht werden (siehe dazu Kap. 11.4.3.3.) Zum Beispiel sollte die Verwendung der Oberflächengewässer (Nidda, Main und diverse Seen, gespeist aus der Nidda) als Wärmequelle untersucht werden.

## 11.6 Empfehlungen für Zielsetzungen, Maßnahmen und Handlungsstrategien

Die Empfehlungen orientieren sich an dem zuvor beschriebenen Zielszenario und zielen auf eine möglichst große Endenergieeinsparung sowie eine Reduzierung der THG-Emissionen im Rahmen der Zielsetzungen des Masterplans 100 % Klimaschutz ab.

## 11.6.1 Mögliche Zielsetzungen für die energetische und klimapolitische Weiterentwicklung des Quartiers

### 11.6.1.1 Signifikante Erhöhung der Sanierungsrate bei Wohngebäuden

Die Wohngebäude sind für 95 % des derzeitigen Wärmeverbrauchs verantwortlich. Um den Wärmeverbrauch insgesamt zu halbieren, muss ein Großteil der Wohngebäude energetisch saniert werden. Der Schwerpunkt sollte dabei auf den noch nicht sanierten Wohngebäuden liegen, die vor 1990 gebaut wurden. Im Quartier gibt es davon etwa 1.600 Gebäude, das sind rund 80 % des gesamten Gebäudebestands. Das Ziel sollte es sein, den Großteil dieser Gebäude, in den nächsten 15 Jahren auf einen hohen Energiestandard zu sanieren.

**Ziele:** Energetisch hochwertige Sanierung der Wohngebäude mit den höchsten Wärmeverbräuchen bis 2035.

### 11.6.1.2 Durchführung von Pilotprojekten zur seriellen Sanierungen

Serielle Sanierungen können ein Mittel sein, energetisch hochwertige Sanierungen in kürzester Zeit durchzuführen. Bei einer entsprechenden Industrialisierung und Marktentwicklung könnten die Sanierungen auch mit günstigen Kosten realisiert werden. Siehe dazu Kap. 11.4.2.

**Ziele:** Durchführung von Pilotprojekten zur seriellen Sanierungen bei mindestens 5 Wohngebäuden im Quartier in den nächsten fünf Jahren.

### 11.6.1.3 Senkung des Stromverbrauchs in allen Verbrauchssektoren

Im Wohngebäudebestand verursacht der Stromverbrauch im Schnitt rund 30 % des Gesamtenergieverbrauchs. Durch gezielte Förderprogramme, kann der Austausch ineffizienter Stromverbraucher vorangetrieben werden und so eine Einsparung von 20 % in den nächsten 15 Jahren erreicht werden.

**Ziele:** Senkung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten um 20 % bis 2035 (ohne Berücksichtigung von zusätzlichem Strom für Wärmepumpen);  
Senkung des Stromverbrauchs im Bereich GHD und Industrie um 25 % bis 2035;  
Senkung des Stromverbrauchs in öffentlichen Gebäuden um 30 % bis 2035.

#### **11.6.1.4 Substitution fossiler Brennstoffe**

Derzeit wird der Wärmebedarf der Gebäude zu über 80 % mit fossilen Brennstoffen gedeckt. Dieser Anteil muss in den kommenden Jahren deutlich gesenkt werden.

**Ziel:** Substitution von fossilen Brennstoffen zur Wärmeerzeugung im Quartier durch Erhöhung des Anteils von erneuerbaren Energien, Fernwärme und Umweltwärme auf 50 % bis 2035.

#### **11.6.1.5 Signifikante Erhöhung der installierten PV-Flächen.**

Um bis 2035 die Hälfte des nutzbaren Dachflächenpotentials mit PV-Modulen zu belegen, müssten von nun an jährlich etwa 7.000 m<sup>2</sup> Generatorfläche installiert werden. Das entspricht dem Zweieinhalbfachen der derzeit auf den Dächern installierten Solaranlagen. Damit würde die PV-Stromerzeugung im Quartier in 2035 bei rund 14.600 MWh liegen.

**Ziele:** Jährlich 7.000 m<sup>2</sup> PV-Module installieren  
Bis 2035 14.600 MWh PV-Strom im Quartier erzeugen

#### **11.6.1.6 Weitere klimapolitische Fragestellung**

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich in erster Linie mit Energieverbräuchen und Treibhausgas-Emissionen im Zusammenhang mit den Gebäuden im Untersuchungsgebiet. Damit wird nur ein Ausschnitt aus den energetischen und klimarelevanten Fragestellungen im Quartier untersucht. Fragen zur klimaverträglichen Mobilität oder zu Klimaanpassungsmaßnahmen hätten den Rahmen der Untersuchung gesprengt. Sie sollten jedoch bei weiteren Untersuchungen unbedingt integriert werden. Dazu gehören beispielsweise:

- Verbesserung des ÖPNV-Angebots, Carsharing-Angebote, E-Mobilität...
- Verbesserung der barrierefreien Fußgänger- und Radmobilität
- Aufwertung der Grünflächen in Verbindung mit Maßnahmen zur Klimaanpassung im öffentlichen Raum

#### **11.6.2 Hemmnisse**

Die Hemmnisse bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Ziele konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht detailliert und speziell auf das Untersuchungsgebiet bezogen untersucht werden. In einigen Handlungsfeldern wurden jedoch bereits einige Hemmnisse identifiziert.

### 11.6.2.1 Energetische Gebäudesanierung

- Bei vielen Wohngebäuden besteht ein Lock-in-Effekt durch energetisch ungenügende oder nur teilsanierte Bauteile, die noch nicht den Anforderungen der Klimaschutzziele genügen. Unter wirtschaftlichen Bedingungen sind solche Gebäude nicht weiter zu verbessern. Das gleiche gilt für Gebäude, die in den 90er oder zwischen 2000 und 2014 gebaut wurden und einen gewissen, aber noch nicht ausreichend guten Dämmstandard aufweisen.
- Bei der energetischen Sanierung von Mietwohnungen können die Eigentümer\*innen die Investitionen auf die Miete umlegen. Die Mieter\*innen profitieren ihrerseits von geringeren Nebenkosten. Je nach Verhältnis zwischen Mieterhöhung und Heizkostensparnis wird die gesetzliche Regelung von der einen oder anderen Seite als ungerecht empfunden, was Sanierungsentscheidungen oft verzögert oder verhindert.
- Privaten Gebäudebesitzer\*innen von Ein- und Zweifamilienhäuser im urbanen Raum haben oft nicht die finanziellen Mittel, ihre Häuser energetisch hochwertig zu sanieren.
- Bei Wohnungseigentümergeinschaften (WEG) scheitern energetische Sanierungen oft an komplexen und langwierigen Abstimmungsprozesse sowie fehlenden Anreizen und Qualifikationen bei den Hausverwaltungen.

### 11.6.2.2 Entwicklung von Wärmenetzen

- Die Verlegung von neuen Wärmenetzen in Bestandsgebieten kann je nach Komplexität der Leitungstrassen im öffentlichen Bereich mit erheblichen Kosten verbunden sein, die oft um ein Mehrfaches über einer Verlegung in Neubaugebieten liegen.
- Bei der Neuerschließung eines Bestandsgebiets mit einem Wärmenetz tritt dieses in Konkurrenz zu den bestehenden Energieversorgungsstrukturen und Energieträgern, in diesem Fall zum Gasnetz. Für den Betreiber bedeutet dies hohe wirtschaftliche Risiken bezüglich Anschlussquoten und Anschlussentwicklung.

### 11.6.2.3 Erneuerbare Stromerzeugung mit PV-Anlagen auf Wohngebäuden

- Durch die stark gesunkene Einspeisevergütung für PV-Strom hängt die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen auf Wohngebäuden vom Eigennutzungsanteil ab. Je kleiner die Anlagen sind, umso höher wird der Eigennutzungsanteil.

Somit steht die wirtschaftliche Dimensionierung von PV-Anlagen oftmals einer maximalen Nutzung der verfügbaren Fläche entgegen.

- Damit im Geschosswohnungsbau die Bewohner\*innen (ob Mieter\*in oder Eigentümer\*in) von einer PV-Anlage auf ihrem Dach profitieren können, sind Mieterstrommodelle erforderlich, die auch finanziell gefördert werden können. Die damit verbundenen Regelungen sind jedoch derzeit noch kompliziert und aufwändig umzusetzen, so dass sie oft eher hemmend als fördernd angesehen werden.

### **11.6.3 Handlungsempfehlungen**

#### **11.6.3.1 Energetische Gebäudesanierung**

- Themenkampagne zur energetischen Sanierung im Quartier entwickeln, z. B. durch Impulsvorträge, Broschüren und Internetpräsenz u. a. zur Darstellung gelungener Beispiele von Sanierungen im Quartier („Vorbild in der Nachbarschaft“).
- Netzwerk für Wohnungseigentümergeinschaften und Hausverwaltungen zur energetischen Sanierung entwickeln, z. B. durch die Initiierung eines Sanierungs-Stammtisches.

#### **11.6.3.2 Signifikante Erhöhung der installierten PV-Flächen.**

- Entwicklung und Umsetzung eines Werbekonzeptes für PV-Anlagen im Quartier zugeschnitten auf unterschiedliche Zielgruppen (GHD, Industrie, Wohnungseigentümergeinschaften, öffentliche Gebäude);
- Entwicklung vereinfachter, bzw. standardisierter Mieterstrommodelle in Zusammenarbeit mit Energieversorgern;
- Bewerben von Mieterstrommodellen in Zusammenarbeit mit Wohnungsbau-gesellschaften und Energieversorgern;
- Prüfung von Möglichkeiten zur kommunalen Förderung von PV-Installationen in Bestandsgebäuden;
- Prüfung einer kommunalen Verpflichtung zur PV-Stromerzeugung auf Dächern.

### 11.6.3.3 Durchführung eines integrierten Quartierskonzepts

Das ISEK sollte durch ein integriertes Quartierskonzept inklusive Sanierungsmanagement entsprechend dem KfW-Förderprogramm 432 „Energetische Stadtsanierung“ ergänzt werden. Als mögliche Handlungsfeldern kommen dabei in Frage:

- Energetische Gebäudesanierung,
- Unterstützung der Wohnbaugesellschaften im Gebiet bei der Durchführung von seriellen Sanierungen in ihrem Gebäudebestand,
- Entwicklung von Strategien zur Warmmieten-Neutralität bei energetischen Sanierungen,
- Energieberatung mit Schwerpunkt Nutzersensibilisierung, private Gebäudebesitzer und WEGs,
- Untersuchung der Wärmepotentiale der oberflächennahen Gewässer im Quartier,
- Strategieentwicklung Wärmenetze zusammen mit Fernwärmeversorger,
- Stärkung klimaverträglicher Mobilität,
- Freiflächengestaltung und Klimaanpassung im öffentlichen Raum,
- Prüfung von zusätzlichen kommunalen Fördermöglichkeiten.

## **12 Stadterneuerungsgebiet Sossenheim**

### **12.1 Einleitung und Kontext**

Der Stadtteil Sossenheim im Frankfurter Westen wird im Norden und Osten von dem Eschborner Dreieck (Autobahnen A66 und A648) und im Süden von den Kleingartenanlagen entlang des Flusses Nidda begrenzt. Im Westen grenzt es an den Stadtteil Höchst und im Osten liegt das zwischen der A648 und der A5 liegende Gewerbegebiet Sossenheims, welches an Frankfurt-Rödelheim angrenzt. Jenseits der A66 im Norden grenzt Sossenheim an den Stadtteil Eschborn.

Das ehemals aus einem Straßendorf heraus entstandene Sossenheim wurde Ende 2017 in das Bund-Länder-Programm „soziale Stadt“ aufgenommen. Seit dieser Zeit wird auch ein Quartiersmanagement vom Büro Stadtberatung Dr. Sven Fries durchgeführt. Ein Quartiersbüro vor Ort befindet sich zum jetzigen Stand gerade im Aufbau. Grundlage für das Städtebauförderungsprogramm und für den Einsatz der gewährten Fördermittel ist die Erstellung eines integrierten Stadtteilentwicklungskonzepts (ISEK).

In Ergänzung zum ISEK soll das vorliegende Energiekonzept den Gebäudebestand unter energetischen Gesichtspunkten beurteilen, Einsparpotentiale durch energetische Sanierungen identifizieren und Möglichkeiten der Einbindung erneuerbarer Energien in die Energieversorgung des Quartiers untersuchen.

### **12.2 Grundlagen der Untersuchung**

#### **12.2.1 Begehung des Untersuchungsgebietes**

Am 19. und 20. Mai 2020 wurde eine zweitägige Begehung des gesamten Gebietes durchgeführt.

#### **12.2.2 Verwendete Dokumente**

- Faltblatt soziale Stadt Sossenheim, August 2018
- Dokumentation 1. Runder Tisch „Wohnen und Wohnumfeld in Sossenheim“ Soziale Stadt Sossenheim, 23.09.2019
- Auszug aus dem Abwärmekataster der Stadt Frankfurt a. M. zusammengestellt vom Energiereferat der Stadt, 21.01.2019

## **12.2.3 Verfügbare Daten und ihre Quellen**

### **12.2.3.1 Daten aus dem geographischen Informationssystem der Stadt Frankfurt a. M.**

Die Stadt Frankfurt hat Daten zum Untersuchungsgebiet aus ihrem geographischen Informationssystem (GIS) zur Verfügung gestellt. Aus dem Datensatz wurden insbesondere die Informationen über die Gebäudegrundfläche, die Anzahl der Stockwerke, die Dachform verwendet. Im GIS sind auch die Nutzungen der Gebäude hinterlegt. Allerdings sind im GIS keine Daten über die Brutto- oder Netto-Geschossflächen der Gebäude oder das Baujahr verfügbar. Anhand verschiedener verfügbarer Parameter (Grundfläche, Geschossigkeit, Dachform etc.) wurde für jedes Gebäude die beheizte Netto-Geschossfläche (NGF) grob abgeschätzt.

### **12.2.3.2 Daten vom Marketingdaten-Dienstleister infas360**

Die Stadt Frankfurt hat zusätzlich Daten über das Baualter und den Gebäudetyp der Wohngebäude zur Verfügung gestellt. Diese stammen vom Marketingdaten-Dienstleister infas360. Der Datensatz von infas360 enthält gebäudescharf Angaben zum Gebäudetyp, zur Baualtersklasse und zum Heizungssystem (Nachspeicheröfen, Heizöl). Die Angaben zur Baualtersklasse wurden grob auf Plausibilität geprüft und bei der Begehung des Quartiers durch Inaugenscheinnahme verifiziert. Allein dadurch mussten über 10 % der Angaben geändert werden. Die Datenqualität wird deshalb als nicht besonders hoch eingeschätzt.

### **12.2.3.3 Daten der Netzdienste Rhein-Main**

Vom Netzbetreiber, den Netzdiensten Rhein-Main wurden Informationen zu Gasversorgung zur Verfügung gestellt. Daraus konnte der Anteil der gasversorgten Gebäude abgeschätzt werden. Zudem wurden uns Versorgungsdaten, aggregiert nach Baublöcken für Teile Sossenheim zur Verfügung gestellt. Die Daten umfassten 13 Baublöcke und beziehen sich auf das Jahr 2018.

### **12.2.3.4 Daten des Netzbetreibers Syna GmbH**

Vom Netzbetreiber Syna GmbH wurden Informationen zum Stromverbrauch zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden nach Baublöcken aggregiert, und umfassen die Jahre 2017, 2018, und 2019.

## 12.3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

Die Bebauungsstruktur des Gebietes ist sehr heterogen. Der Stadtteil entstand ursprünglich aus einem Straßendorf entlang der Straße Alt-Sossenheim. Dadurch fehlt der typische Ortskern, jedoch finden sich entlang dieser Straße und von dort aus nach Norden gehend die ältesten Gebäude und die meisten öffentlichen Einrichtungen Sossenheims. Hier dominiert eine kleinteilige und gemischt genutzte Bebauung aus Ein- / Zweifamilienhäusern bis hin zu kleineren Mehrfamilienhäusern. In den Hinterhöfen finden sich teils (ehemalig, teils noch immer) gewerblich genutzte Flächen.

Von der Straße Alt-Sossenheim aus wuchs der Stadtteil zunächst in Richtung Norden. In westliche sowie in östliche Richtung wurde Sossenheim durch den sozialen Wohnsiedlungsbau der 1960- und 70er Jahre mit größeren Mehrfamilienhäusern erweitert.

Zum Untersuchungsgebiet gehören zudem einige größere Grün- und Freiflächen, vor allem entlang der Autobahn A66 im Norden des Gebietes.

Anhand von Altersstruktur und Gebäudetypologie wurde das Gebiet in sieben Teilbereiche aufgeteilt (siehe Abb. 104). Eine Übersicht über einige wichtige Einrichtungen und die Siedlungsgebiete gibt Abb. 199.

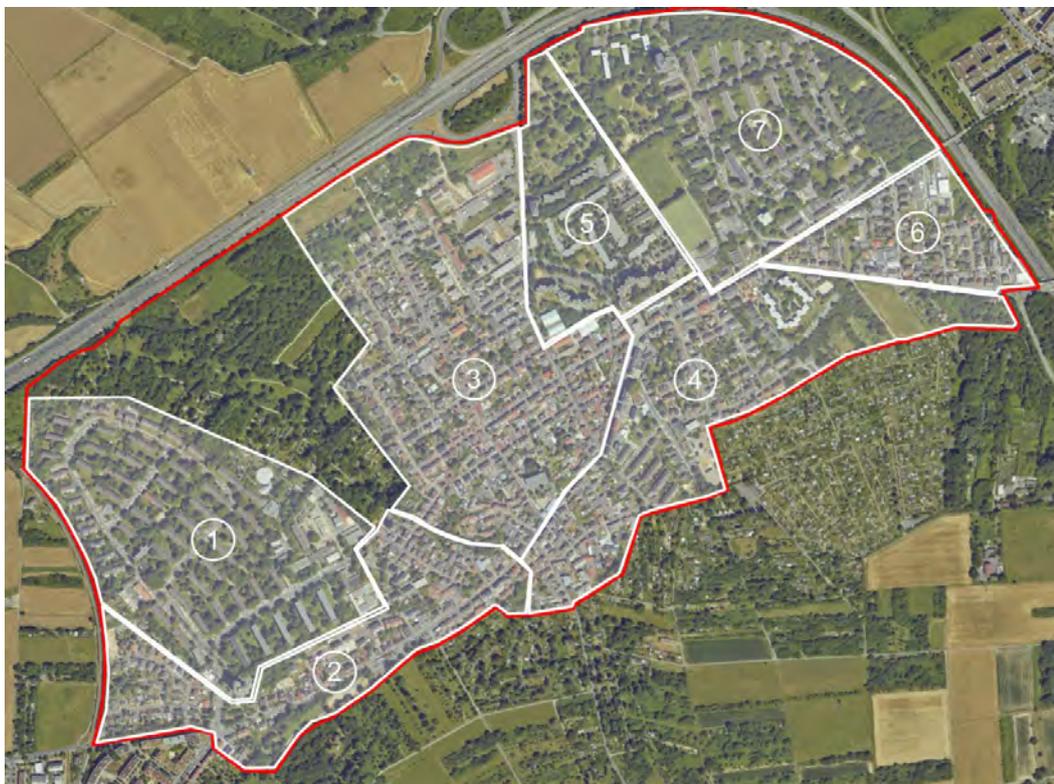


Abb. 198: Aufteilung in sieben Teilbereiche nach Siedlungs-, Bauungs- und Altersstruktur

Aus den vorhandenen Grundlagen können folgende Kenndaten für das Gebiet ermittelt werden:

Tab. 153: Kenndaten von Sossenheim

Gebietsfläche	160 ha
Baufläche	85 ha
Bevölkerung	ca. 15.000 Einwohner*innen
Bruttogeschossfläche (Schätzung)	ca. 663.000 m <sup>2</sup>
Mittlere Geschossflächenzahl (GFZ)	0,77
Anteil Wohnfläche	96 %



Abb. 199: Übersicht Untersuchungsgebiet und Verortung der Siedlungsgebiete

Vor allem die Energieverbräuche werden im folgenden Bericht aggregiert nach Baublöcken dargestellt. Die nachfolgende Abbildung Abb. 200 zeigt eine Übersicht der Blockeinteilung aus dem GIS der Stadt Frankfurt am Main.



Tab. 154: Gebäude in Sossenheim nach Nutzungsart (Daten aus GIS Frankfurt a. M.)

Gebäudenutzung	Anzahl Gebäude	Anteil Gebäude	NGF	Anteil an NGF gesamt
			m <sup>2</sup>	
Wohngebäude	1.324	91,6 %	475.487	85,1 %
Wohnheim	2	0,1 %	670	0,1 %
Seniorenheim	1	0,1 %	2.471	0,4 %
Wohngebäudemit GHD	62	4,3 %	25.861	4,6 %
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	11	0,8 %	8.074	1,4 %
Bürogebäude	1	0,1 %	108	0,0 %
Kreditinstitut	1	0,1 %	140	0,0 %
Kiosk	1	0,1 %	76	0,0 %
Gaststätte, Restaurant	2	0,1 %	1.078	0,2 %
Gebäude für Gewerbe und Industrie	15	1,0 %	10.385	1,9 %
Tankstelle	1	0,1 %	217	0,0 %
Allgemein bildende Schule	2	0,1 %	15.421	2,8 %
Bibliothek, Bücherei	1	0,1 %	788	0,1 %
Gebäude für religiöse Zwecke	1	0,1 %	881	0,2 %
Kirche	3	0,2 %	1.498	0,3 %
Gemeindehaus	1	0,1 %	630	0,1 %
Gebäude für soziale Zwecke	1	0,1 %	961	0,2 %
Versammlungsgebäude	1	0,1 %	5.183	0,9 %
Kinderkrippe, Kindergarten, Kita	11	0,8 %	6.729	1,2 %
Polizei	1	0,1 %	438	0,1 %
Feuerwehr	1	0,1 %	310	0,1 %
Sport-, Turnhalle	1	0,1 %	1.241	0,2 %
Vereinsheim	1	0,1 %	355	0,1 %
<b>Summe</b>	<b>1.446</b>	<b>100 %</b>	<b>559.004</b>	<b>100 %</b>

Wohngebäude	1.389	96 %	504.490	90 %
Nichtwohngebäude	57	4 %	54.514	10 %
<b>Summe</b>	<b>1.446</b>	<b>100 %</b>	<b>559.004</b>	<b>100 %</b>

### 12.3.1.2 Gebäudetypen der Gebäude im Quartier

Die Gebäudetypen im Quartier sind sehr heterogen. In den Siedlungsgebieten dominieren dabei größere Mehrfamilienhäuser, während im Bereich um die Straße Alt-Sossenheim eine recht gleichmäßige Verteilung von Einfamilienhäusern bis hin zu kleineren Mehrfamilienhäusern vorliegt.

Von ihrer Anzahl überwiegen die Mehrfamilienhäuser mit 58 % im Vergleich zu den Ein- und Zweifamilienhäusern. Vor allem aber überwiegen sie mit 73 % bei der geschätzten Nettogrundfläche (NGF). Flächenmäßig dominieren bei den Mehrfamilienhäusern die Zeilenbauten in der Henri-Dunant- und der Carl-Sonnenschein-Siedlung, auch wenn zahlenmäßig die Reihenhäuser überlegen sind.

Tab. 155: Gebäudebestand in Sossenheim nach Gebäudetyp (Datenquelle: infas360, mit eigenen Korrekturen)

Gebäudetyp	Anzahl	Anteil	NGF [m²]	Anteil
EFH freistehend	181	13%	30.411	5%
EFH mit Anrainer	81	6%	15.358	3%
EFH Doppelhaus	79	5%	14.188	3%
EFH Reihenhause	214	15%	30.451	5%
MFH freistehend	200	14%	70.032	13%
MFH Doppelhaus	172	12%	45.193	8%
MFH mit Anrainer	163	11%	80.887	14%
MFH Blockrand	145	10%	63.721	11%
MFH Zeilenbau	135	9%	100.635	18%
MFH Komplex	0	0%	0	0%
MFH Hochhaus	17	1%	50.123	9%
Heim	2	0%	2.804	1%
GHD oder Industrie	56	4%	53.594	10%
nicht klassifiziert	1	0%	1.606	0%
<b>Summe</b>	<b>1.446</b>	<b>100%</b>	<b>559.004</b>	<b>100%</b>

Gebäudetyp	Anzahl	Anteil	NGF [m²]	Anteil
EFH	555	38%	90.407	16%
MFH	832	58%	410.592	74%
Heim	2	0%	2.804	1%
GHD oder Industrie	56	4%	53.594	10%
<b>Summe</b>	<b>1.445</b>	<b>100%</b>	<b>557.398</b>	<b>100%</b>

### 12.3.1.3 Verteilung der Wohngebäude auf Baualtersklassen

Sossenheim ist stark durch den Wohnsiedlungsbau der 60er und 70er Jahre geprägt. Etwa 40 % aller Wohngebäude und etwa 58 % der geschätzten Nettogrundfläche wurden in diesem Zeitraum erbaut. Der Großteil davon sind Mehrfamilienhäuser in den Wohnsiedlungen. Nach diesem Zeitraum fanden vor allem im Bereich um die Straße Alt-Sossenheim und den Bereich nördlich davon Nachverdichtungen statt. Den Großteil davon machen Ein- und Zweifamilienhäuser aus. Flächenmäßig überwiegt jedoch auch hier der Anteil der kleineren Mehrfamilienhäuser. Betrachtet man die drei Jahrzehnte der 60er, 70er und 80er gemeinsam stammen knapp 50 % aller Wohnhäuser und etwa zwei Drittel der geschätzten Nettogrundfläche aus diesem Zeitraum.

Ältere Wohngebäude (vor 1950) befinden sich vor allem entlang Straße Alt-Sossenheim. Ihr Anteil liegt bei knapp 30 %, macht in der Fläche jedoch nur etwa 17 % aus. Gebäude aus den 50er, 90er und 2000er Jahren sind im Quartier deutlich unterrepräsentiert.

Tab. 156: Wohngebäudebestand in Sossenheim nach Baualtersklasse  
(Datenquelle: infas360, mit eigenen Korrekturen)

Baualtersklasse	Anzahl	Anteil	NGF [m <sup>2</sup> ]	Anteil
vor 1920	222	16%	50.495	10%
1920 bis 1949	187	13%	36.698	7%
1950 bis 1959	96	7%	31.567	6%
1960 bis 1969	356	26%	173.279	34%
1970 bis 1979	183	13%	119.686	24%
1980 bis 1989	138	10%	32.550	6%
1990 bis 1999	83	6%	25.163	5%
2000 bis 2005	30	2%	8.370	2%
nach 2005	87	6%	24.233	5%
unbekannt	7	1%	1.762	0%
<b>Summe</b>	<b>1.389</b>	<b>100%</b>	<b>503.804</b>	<b>100%</b>

Die Aufteilung der Baualtersklassen wurde aus den Daten von infas360 übernommen.

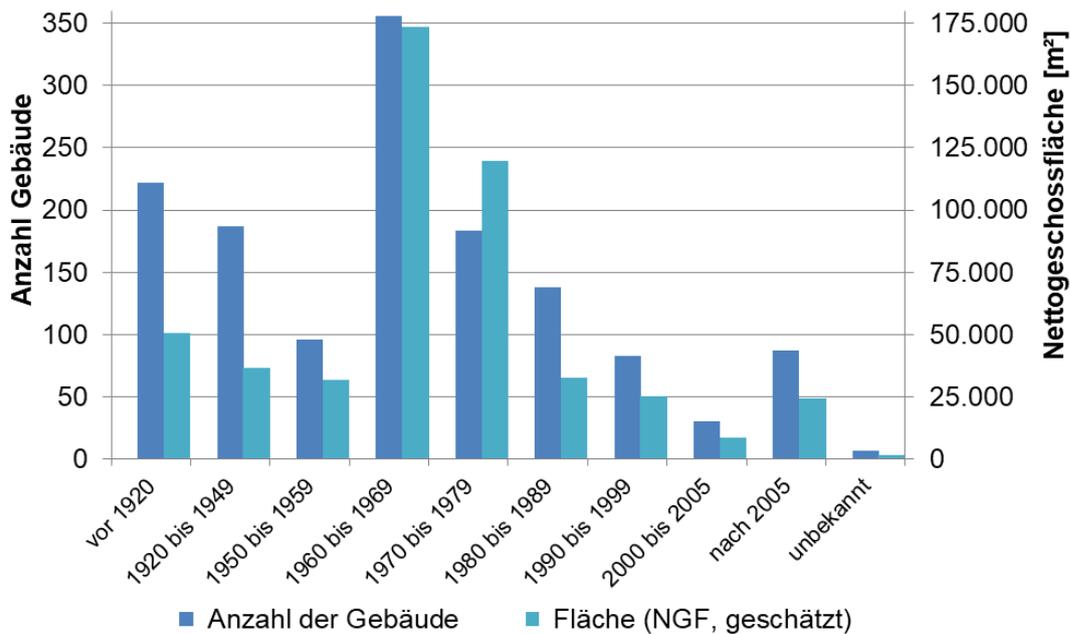


Abb. 201: Aufteilung des Wohngebäudebestands in Sossenheim nach Baualtersklassen

## 12.4 Energetische Situation des Quartiers

### 12.4.1 Sanierungszustand der Gebäude nach Teilbereichen

Der energetische Sanierungszustand der Gebäude konnte auf Grundlage einer Begehung des Quartiers anhand äußerer Merkmale abgeschätzt werden. Verwertbare Daten über durchgeführte energetische Sanierungen der Gebäude liegen nicht vor. Im Folgenden werden die Teilgebiete des Quartiers nach Abb. 104 einzeln betrachtet.

#### Teilbereich 1

Der Teilbereich 1 liegt ganz im Nordwesten Sossenheims. In seinem Zentrum befindet sich die Henri-Dunant-Siedlung. Am Dunantring, der die Siedlung umgibt finden sich weitere Wohngebäude, die nicht zur Siedlung gehören. Im Osten des Teilbereichs befinden sich der Neubau der Henri-Dunant-Grundschule und die Edith-Stein-Schule (Haupt- und Realschule). Nördlich der Schulen befindet sich das Kinderzentrum Dunantring mit Kita und Kinderhort. Neben den Schulen gibt es eine Apotheke und einen Kiosk. Im Gebiet finden sich zudem der Mieterverein Henri-Dunant-Siedlung sowie das Stadtteilzentrum Sossenheim der Arbeiterwohlfahrt Kreisverband Frankfurt e. V. mit Sozialdienst der Altenwohnanlage.



Abb. 202: Verfärbte Zeilenbauten in der Henri-Dunant-Siedlung

Die Altersstruktur und die Typologie der Gebäude sind innerhalb des Gebietes sehr einheitlich. Das gesamte Gebiet wurde in den 1960er-Jahren besiedelt. Die Henri-Dunant-Siedlung selbst besteht aus Mehrfamilienhäusern in Zeilenbauweise (siehe Abb. 202) mit größeren Grünflächen und Fußwegen zwischen den Gebäuden. Die Gebäude am äußeren Rand des Dunantrings sind überwiegend Reihenhäuser.

Der Neubau der Henri-Dunant-Grundschule soll die 2015 abgerissenen, baufälligen Bestandsgebäude der Grundschule an der gleichen Stelle ersetzen. Die Schüler sind bis zur Neueröffnung, welche noch 2020 stattfinden soll, in Container-Klassenzimmer

im nahen Stadtteil Höchst untergebracht. Die Wiedereröffnung wird den Verkehr in der ohnehin stark überlasteten Straße voraussichtlich weiter ansteigen lassen.

Der allgemeine Zustand der Wohnbebauung der Siedlung ist in Ordnung aber sanierungsbedürftig. Teilweise sind an den Außenwänden Verfärbungen und Algenbewuchs zu erkennen. In der nördlichen Hälfte des Gebietes um die Dufourstraße sind die Außenwände bereits größtenteils nachträglich energetisch saniert worden. Bei den Zeilenbauten ist dies augenscheinlich allerdings bereits einige Zeit her. Die Fenster der Zeilenbauten wurden größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung (WSV) getauscht. Die Dächer der Gebäude sind größtenteils noch im ursprünglichen Zustand aus dem Baujahr der Gebäude. Ob von innen eine Sanierung stattfand, konnte bei der Begehung nicht erfasst werden.

Im südlichen Teil der Siedlung sind die Außenwände nur teilweise energetisch saniert. Hier kann allerdings beobachtet werden, dass die Fenster, welche bereits größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht wurden, in den oberen Stockwerken ganz an den Rand der Laibung gesetzt wurden. Dies geschieht normalerweise in Vorbereitung auf eine energetische Sanierung der Außenhülle, die jedoch bei keinem Gebäude bisher erfolgte. Die Dächer sind bereits vereinzelt saniert worden.

Der allgemeine Zustand der Reihenhäuser am äußeren Rand des Dunantrings ist gut. Hier wurden die Außenwände zu etwa 50 % energetisch saniert und die Fenster größtenteils getauscht. Hier wurden auch vereinzelt bereits Dachsanierungen durchgeführt.

## **Teilbereich 2**

Der Teilbereich 2 befindet sich südlich des Teilbereichs 1 und im Süd-Westen von Sossenheim am Übergang des Sossenheimer Wegs in die Kurmainzer Straße. Damit liegt der Bereich an einer der Hauptverkehrsachsen von Sossenheim. Im Osten des Gebiets geht die Kurmainzer Straße in die Straße Alt-Sossenheim über. Im Gebiet befinden sich überwiegend Wohngebäude, teils mit ehemaligem, vereinzelt mit noch aktivem Gewerbe in den Hinterhöfen. Entlang der Kurmainzer Straße finden sich zudem Wohngebäude mit Gewerbe-, Handel-, Dienstleistungs-Anteil im Erdgeschoss. Im Osten findet sich das Gemeindehaus St. Michael und die katholische Pfarrei Sankt Margareta sowie die Kita St. Michael.

Am Übergang zu Teilbereich 1 befindet sich ein 17-geschossiges Hochhaus mit 90 Parteien. Die restlichen Gebäude sind Ein-oder Zweifamilienhäuser bis hin zu kleineren Mehrfamilienhäusern.



Abb. 203: Erweiterte Gebäude und nachverdichtete Gebiete im Teilbereich 2

Die Gebäude sind tendenziell größer je näher sie sich Richtung Osten und der Straße Alt-Sossenheim befinden. Ähnlich verhält es sich mit der Altersstruktur im Gebiet: Je weiter östlich, desto älter sind die Gebäude im Schnitt. Das Gebiet im Westen entlang des Mombacher Weges und Finthener Weges wurde ab 1920 besiedelt, häufig wurden die Gebäude seitdem erweitert und dadurch vergrößert. Bei einigen Gebäuden finden sich Anbauten aus den 80- / 90er Jahren, teilweise wurden die ursprünglichen Gebäude abgerissen und seit dieser Zeit neu errichtet (vgl. Bild 1 in Abb. 203). Der allgemeine Zustand der Wohngebäude hier ist gut und es herrscht kein Sanierungsbedarf. Beinahe bei der Hälfte der Gebäude wurden die Außenwände und Dächer bereits energetisch saniert und die Fenster größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

Im Rest des Teilbereiches 2 ist die Altersstruktur sehr heterogen. Die Gebäude sind teilweise bereits vor 1900 entstanden, andere wurden abgerissen und ersetzt und einige Hinterhöfe wurden bereits nachverdichtet (vgl. Bild 2 in Abb. 203).

Die ältesten Gebäude liegen an der Kurmainzer Straße. Hier herrscht bei den meisten Gebäuden allgemeiner Sanierungsbedarf. Nur vereinzelt fanden energetische Sanierungen der Außenhülle statt und nur etwa die Hälfte der Gebäude hat 2-fach-Wärmeschutzverglasung. Das 17-geschossige Hochhaus der GWH sticht hierbei als Besonderheit heraus. Dessen allgemeiner Zustand ist gut, die Fenster und das Dach wurden etwa im Jahr 2000 energetisch saniert, die Gebäudehülle ist gut instandgehalten.

Von der Kurmainzer Straße gehen weitere kleinere Straßen ab. Der Zustand der Gebäude hier ist größtenteils gut, teilweise ist Sanierungsbedarf zu erkennen. Die Außenwände und Dächer wurden hier bereits teilweise energetisch saniert und die Fenster etwa zur Hälfte auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

Am östlichen Rand des Teilbereiches fließt der Sulzbach von Norden her unter der Kurmainzer Straße hindurch und von dort aus parallel zur Straße nach Westen. Der Fluss bildet eine natürliche Grenze zum Teilbereich 3.

### Teilbereich 3

Der dritte Teilbereich stellt eine Art „historisches Zentrum“ von Sossenheim dar und befindet sich am Übergang der Kurmainzer Straße in die Straße Alt-Sossenheim, welche am östlichen Rand des Bereiches in die Westerbachstraße übergeht. Es erstreckt sich nördlich der Straße Alt-Sossenheim entlang der Siegener Straße bis hoch zur Autobahn A66. Sowohl die Alt-Sossenheim, als auch die Siegener Straße sind Hauptverkehrsachsen von Sossenheim.

Im Gebiet befinden sich überwiegend Wohngebäude, in der Nähe der Straße Alt-Sossenheim teils mit ehemaligem, vereinzelt mit noch aktivem Gewerbe in den Hinterhöfen. Entlang der Hauptverkehrsachsen finden sich zudem vermehrt Wohngebäude mit Gewerbe-, Handel-, Dienstleistungs-Anteil im Erdgeschoss sowie öffentliche Gebäude und Einkaufsmöglichkeiten. So finden sich in der Siegener Straße ein Lidl, ein Penny und der Saalbau des Volkshauses Sossenheim. Auch die evangelische und katholische Kirche Sossenheims liegen nahe der Hauptverkehrsachsen.



Abb. 204: Heterogene Altersstruktur im Teilbereich 3

Die Altersstruktur und die Typologie der Gebäude sind innerhalb des Gebietes sehr heterogen. Um den Bereich der Straße Alt-Sossenheim herum sind die Gebäude teils noch vor 1900 erbaut, teils jedoch erweitert oder später nachverdichtet worden. Hier finden sich zunehmend kleinere Mehrfamilienhäuser. Die Größe und Dichte der Bebauung nimmt nach Norden hin immer weiter ab und weicht neueren Ein- und Zweifamilienhäusern.

Der allgemeine Zustand der Wohngebäude entlang der Alt-Sossenheim und den angrenzenden Straßen (Sossenheimer Mühlgasse, Nikolausstraße, Michaelsstraße und der Siegener Straße) ist gut. Nur vereinzelt herrscht akuter Sanierungsbedarf. Eine energetische Sanierung der Außenwände und Dächer auf den aktuellen Stand der Technik ist allerdings auch nur vereinzelt durchgeführt worden. Die meisten

Sanierungen beschränken sich auf Schönheitssanierungen der Außenwandoberflächen und der Dachziegel. Die Fenster wurden jedoch bereits größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

Die ersten Querstraßen der Siegener Straße und der Michaelstraße gehören ebenfalls zu den ältesten in Sossenheim. Aufgrund der geringen Breite sind sie heute als Einbahnstraßen festgelegt. Der allgemeine Zustand der Gebäude hier ist in Ordnung, jedoch teilweise sanierungsbedürftig. Vereinzelt wurden Gebäude bereits an Außenwand und Fenstern energetisch saniert. Die Dächer sind nur vereinzelt saniert. Nach Norden hin nimmt der allgemeine Zustand der Gebäude weiter zu. Hier sind die Gebäude im Schnitt neuer und kleiner. Eine nachträgliche energetische Sanierung an Dach und Außenwänden fand nur vereinzelt statt. Die Neubauten stehen energetisch bereits recht gut da. Nur die Fenster wurden an den Gebäuden bereits größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

#### Teilbereich 4

Der Teilbereich 4 befindet sich südlich der Alt-Sossenheim und der Westerbachstraße und erstreckt sich von dort aus in den Osten. Südlich des Bereiches befinden sich die Kleingartenanlagen am Rand Sossenheims.

Im Gebiet befinden sich überwiegend Wohngebäude, in der Nähe der Straße Alt-Sossenheim teils mit ehemaligem, vereinzelt mit noch aktivem Gewerbe in den Hinterhöfen. Entlang der Alt-Sossenheim und der Westerbachstraße finden sich zudem vermehrt Wohngebäude mit Gewerbe-, Handel-, Dienstleistungs-Anteil im Erdgeschoss. Im Gebiet befinden sich die Sparkassenfiliale Sossenheim, das Frankfurter Familienzentrum mit Kita des SOS Kinderdorf e. V., die Freiwillige Feuerwehr Sossenheim sowie die Gebäude der Albrecht-Dürer-Schule.

Im Osten des Gebietes befindet sich mit der Otto-Brenner-Siedlung eine weitere Wohnsiedlung Sossenheim.



Abb. 205: nachverdichtete Hinterhöfe in der Dottenfeldstraße (links) und die Otto-Brenner-Siedlung

Die Altersstruktur und die Typologie der Gebäude sind innerhalb des Gebietes sehr heterogen. Um den Bereich der Straßen Alt-Sossenheim, Wiesenfeldstraße und Dottenfeldstraße herum sind die Gebäude teils noch vor 1900 erbaut und teilweise seitdem erweitert worden. Dazwischen finden sich teils Neubauten, die abgerissene Gebäude ersetzen oder ehemalige Hinterhöfe nachverdichten (siehe Bild 1, Abb. 205). Hier finden sich einige kleinere Mehrfamilienhäuser sowie Zweifamilienhäuser, häufig landwirtschaftlich geprägt mit ehemaliger Scheune oder Gewerbe im Hinterhof. Der allgemeine Zustand der Wohngebäude dort ist gut. Etwa die Hälfte der Gebäude wurde energetisch an Außenwand und Dach saniert oder sind Neubauten. Der Großteil der Gebäude besitzt 2-fach-Wärmeschutzverglasung.

Das Alter des Gebietes ist besonders in der Kappusstraße gut erkennbar. Der Zustand der Gebäude dort kann als sanierungsbedürftig beschrieben werden. Bei den meisten Gebäuden wurden lediglich Schönheitssanierungen durchgeführt. Energetisch sind die Außenwände im Originalzustand, die Dächer nur teilweise gedämmt und die Fenster nur teilweise auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

Weiter östlich in den Bereichen entlang der Straßen Am Salusbach, Am Kunzengarten, Schellenbergstraße, Overbergstraße und Riedrain treten vermehrt Einfamilienhäuser und Reihenhäuser auf. Der allgemeine Zustand der Gebäude hier ist gut bis sehr gut. Eine energetische Sanierung der Außenwände und Dächer auf den aktuellen Stand der Technik ist allerdings nur teilweise durchgeführt worden. Die meisten Sanierungen beschränken sich auf Schönheitssanierungen des Putzes und der Dachziegel. Die Fenster wurden jedoch bereits größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

Im Osten des Teilbereiches 4 liegt die Otto-Brenner-Siedlung der Nassauischen Heimstädte aus dem Jahr 1977 (siehe Bild 2, Abb. 205). Ihr allgemeiner Zustand ist gut, die Fassade jedoch noch im Originalzustand und damit aus energetischer Sicht sanierungsbedürftig. Augenscheinlich wurden lediglich die Fugen im Waschbeton der Fassade seit der Errichtung der Gebäude erneuert. Die Dächer wurden energetisch saniert und die Fenster größtenteils auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht.

### **Teilbereich 5**

Der Teilbereich 5 grenzt nord-östlich an die Teilbereiche 3 und 4 an und beinhaltet die Robert-Dißmann-Siedlung entlang der Robert-Dißmann-Straße und der Toni-Sender-Straße. Der Bereich erstreckt sich auf der östlichen Seite der Siegener Straße. Östlich davon befinden sich die Sportplätze Sossenheims und nördlich davon der Friedhof Sossenheim.

Im Gebiet befinden sich mit Ausnahme des Saalbaus des Volkshauses Sossenheims und des Kinderzentrums Toni-Sender-Straße nur Wohngebäude. Der Großteil davon gehört zur Robert-Dißmann-Siedlung aus den Jahren 1975 / 76. Die Siedlung ist nördlich und südlich umgeben von großen Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern, vermutlich in Besitz einer Wohneigentümergeinschaft. Östlich davon in Richtung Sportplätze befinden sich 14 kleinere Reihenhäuser.



Abb. 206: 7–13-geschossige Hochhäuser (links) und Gebäude der Robert-Dißmann-Siedlung (rechts)

Die Altersstruktur der Gebäude ist innerhalb des Gebietes sehr einheitlich. Mit Ausnahme eines einzelnen Mehrfamilienhauses an der Siegener Straße ist der gesamte Teilbereich in der Zeit zwischen 1970 und 1990 entstanden. Der allgemeine Zustand der Wohngebäude dort ist in Ordnung. Vereinzelt weisen Gebäude Verfärbungen oder leichte Beschädigungen des Putzes auf. Die Gebäude wurden teilweise bereits energetisch an Außenwand und Dach saniert. Der Großteil der Gebäude besitzt 2-fach-Wärmeschutzverglasung. Aus energetischer Sicht sind die Gebäude größtenteils als sanierungsbedürftig einzustufen.

### **Teilbereich 6**

Der Teilbereich 6 befindet sich ganz im Osten des ISEK-Untersuchungsgebietes zwischen der Hauptverkehrsachse Westerbachstraße und dem Flurscheideweg direkt neben der A648. Östlich der A648 befindet sich das Gewerbegebiet Sossenheims. Südlich des Teilbereiches erstrecken sich die Kleingartenanlagen am Rand Sossenheims.

Dies ist der Teilbereich mit dem höchsten Gewerbeanteil aller Teilbereiche. Es finden sich dort beispielsweise eine Tankstelle, eine Tierarztpraxis, ein Autohändler, ein Abschleppdienst, ein Metallbauer sowie ein Copyshop mit Druckerei.



Abb. 207: Gut sanierte Gebäude in der Haigerer Straße

Der Bereich wurde größtenteils in den 50er Jahren entwickelt, nur entlang der Westerbachstraße finden sich ältere Gebäude. Die Typologie der Wohngebäude ist sehr heterogen. Es finden sich Ein- und Zweifamilienhäuser sowie einige kleinere Mehrfamilienhäuser.

Der allgemeine Zustand der Wohngebäude im Flurscheideweg ist in Ordnung. Viele Gebäude sind als sanierungsbedürftig einzustufen. Teilweise wurden die Gebäude bereits energetisch an den Außenwänden saniert, vereinzelt auch an den Dächern. Etwa die Hälfte aller Fenster sind auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht worden.

Der allgemeine Zustand der Wohngebäude entlang der Westerbachstraße ist gut. Die Gebäude wurden teilweise energetisch an Außenwand und Dach saniert oder sind Neubauten. Der Großteil der Gebäude besitzt 2-fach-Wärmeschutzverglasung.

Die Haigerer Straße bildet als Sackgasse eine abgelegene Einheit von Ein- und Zweifamilienhäusern. Der allgemeine Zustand der Gebäude ist sehr gut. Vereinzelt sind die Gebäude an den Außenwänden und Dächern energetisch saniert worden. Nahezu alle Gebäude besitzen 2-fach-Wärmeschutzverglasung. Vereinzelt finden sich PV-Anlagen auf den Dächern.

### **Teilbereich 7**

Der Teilbereich 7 befindet sich östlich des Teilbereiches 5 und nördlich der Bereiche 4 und 6. Von nordwestlich bis nordöstlich des Gebietes verlaufen die Autobahnen A66 und A648 am Eschborner Dreieck.

Im Gebiet befinden sich überwiegend Wohngebäude. Hauptsächlich finden sich dort die Zeilenbauten der Carl-Sonnenschein-Siedlung der Nassauischen Heimstätte. Entlang der Carl-Sonnenschein-Straße, die sich ringförmig durch das Gebiet zieht, und des Julius-Leber-Weges gibt es jedoch auch weitere, nicht zur Siedlung

gehörende Wohngebäude, darunter ein 16-stöckiges Hochhaus und mehrere Reihenhäuser. Zudem befinden sich der katholische Kindergarten St. Michael, ein Supermarkt und ein Bäcker im Teilbereich.



Abb. 208: Unsanierte Gebäude in schlechtem Zustand im Julius-Leber-Weg und frisch sanierte Gebäude in der Carl-Sonnenschein-Straße

Die Altersstruktur und die Typologie der Gebäude sind innerhalb des Gebietes sehr einheitlich. Nahezu das gesamte Gebiet wurde Ende der 1950er, Anfang der 1960er-Jahre erbaut. Nur einige Reihenhäuser entlang der Carl-Sonnenschein-Straße sind in den 1970er-Jahren errichtet worden. Die Siedlung selbst besteht aus Mehrfamilienhäusern in Zeilenbauweise mit größeren Grünflächen und Fußwegen zwischen den Gebäuden. Richtung Autobahn befindet sich ein breiter Grünstreifen mit Baum-Bepflanzungen und Spielplätzen dazwischen. Der allgemeine Zustand der Zeilenbauten ist im Durchschnitt gut. Die Gebäude befinden sich derzeit in einer Sanierungsphase. Einige sind bereits vollständig saniert, bei anderen steht die Sanierung noch aus. Etwa die Hälfte aller Gebäude wurde an Außenwand und Dach bereits saniert und mit Dämmstärken von bis zu 16 cm versehen. Die Fenster sind bei nahezu allen Gebäuden mit Wärmeschutzverglasung versehen. Bei den momentan noch unsanierten Gebäuden jedoch mit einer Wärmeschutzverglasung der ersten Generation. Die sanierten Gebäude besitzen größtenteils 3-fach-Wärmeschutzverglasung und sind damit, bis auf einige vereinzelte Ausnahmen, die einzigen Gebäude mit dieser Verglasungsart in Sossenheim.

Der Julius-Leber-Weg zweigt von der Carl-Sonnenschein-Siedlung nach Nordwesten hin ab und liegt zwischen dem Friedhof Sossenheims und der Autobahn A66. Die Gebäude sind umgeben von grünen Flächen und Baumgruppen und werden teilweise durch die Bäume stark verschattet. Dies behindert ein Abtrocknen der Gebäudeoberflächen, nach Feuchtigkeitseintrag und begünstigt Algenbewuchs, was in Bild 1, Abb. 208 gut sichtbar ist. Der allgemeine Zustand der Gebäude ist in Ordnung aber die Gebäude sind größtenteils sanierungsbedürftig. Die Außenwände der Gebäude sind teilweise bereits gedämmt und die Fenster teilweise auf 2-fach-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht. Die Dächer scheinen im Originalzustand aus dem Baujahr zu sein.

Das Hochhaus im Julius-Leber-Weg bildet eine Besonderheit. Sein allgemeiner Zustand ist schlecht und es ist sanierungsbedürftig. Es scheint größtenteils im Originalzustand zu sein, lediglich etwa 50 % der Fenster wurden bereits erneuert und durch 2-Fach-Wärmeschutzverglasungen ersetzt.

#### **12.4.2 Energieversorgungsstruktur**

Über die Energieversorgungsstruktur im Gebiet ist wenig bekannt. Das Gebiet ist nahezu vollständig durch Gasleitungen erschlossen. Die genaue Anschlussquote ist unbekannt, wird aber für die weiteren Berechnungen mit 90 % abgeschätzt.

Über weitere Energieträger wie Heizöl, Biomasse oder Flüssiggas, die im Gebiet zur Wärme- oder Stromerzeugung verwendet werden könnten, liegen keine Informationen vor. Bei der Begehung des Gebietes wurden nur vereinzelt Gebäude identifiziert, welche vermutlich mit Öl bzw. Holz beheizt werden.

In Sossenheim gibt es kein Wärmenetz, das Gebiet liegt außerhalb des Fernwärmeversorgungsgebiets der Mainova AG. Im Südwesten des Gebietes liegt der Stadtteil Höchst, welcher von der Fernwärme der Mainova erschlossen ist.

Solarenergie wird im Quartier über solarthermische und PV-Anlagen genutzt. Derzeit sind etwa 25 solarthermische Anlagen installiert. Dabei handelt es sich weitgehend um kleinere Anlagen auf Einfamilienhäusern. Große Anlagen (> 50 m<sup>2</sup> Kollektorfläche) wurden nicht identifiziert. Der Wärmeertrag der Solaranlagen ist auf Quartiersebene vernachlässigbar.

Derzeit gibt es etwa 13 PV-Anlagen mit einer installierten Nennleistung von etwa 90 kWp. Diese erzeugen jedes Jahr etwa 85 MWh Strom. Die zwei Größten Anlagen befinden sich auf dem Firmengebäude des Metallbauelemente Selz im Flurscheideweg und auf einem Wohngebäude im Dunantring.

### 12.4.3 Energieverbräuche

Die Stromverbrauchsdaten wurden baublockscharf von dem Netzbetreiber Syna GmbH zur Verfügung gestellt.

Da keine umfassenden Wärmeverbrauchsdaten von ganz Sossenheim vorlagen, wurde der Wärmeverbrauch des Gebietes abgeschätzt. Dies geschah anhand typologischer Kennwerte für Gebäude nach [Tabula], ergänzt durch Informationen aus der Vor-Ort-Begehung über den Sanierungsstand jedes Straßenzugs Sossenheims. Anschließend wurde die grobe Abschätzung mit Hilfe der vorliegenden realen Verbrauchsdaten von 13 Baublöcken abgeglichen.

Die geschätzten Energiebedarfe für Strom sowie Heizung und Trinkwarmwasser sind im Folgenden als aggregierte Verbräuche nach Baublock dargestellt.

#### 12.4.3.1 Strom

Der mittlere jährliche Strombezug aller Gebäude im Quartier für den Zeitraum 2017-2019 betrug rund 18,2 GWh. Davon entfielen rund 73 % auf Wohngebäude, rund 17 % auf öffentliche Gebäude und rund 10 % auf Gebäude mit GHDI-Nutzung. Bei diesen Werten ist keine Berücksichtigung der Stromnutzung von vor Ort erzeugtem und genutztem Strom aus BHKW- und PV-Anlagen enthalten. Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich daraus für die Wohngebäude ein mittlerer flächenspezifischer Strombezug von 26,5 kWh/(m<sup>2</sup>a). In [ages 2005] wird für Wohngebäude ein Mittelwert von 25 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NFGA</sub>) angegeben. Die im Untersuchungsgebiet beobachteten Werte liegen mit einer geringen Abweichung von +6 % in einem ähnlichen Bereich wie der Mittelwert.

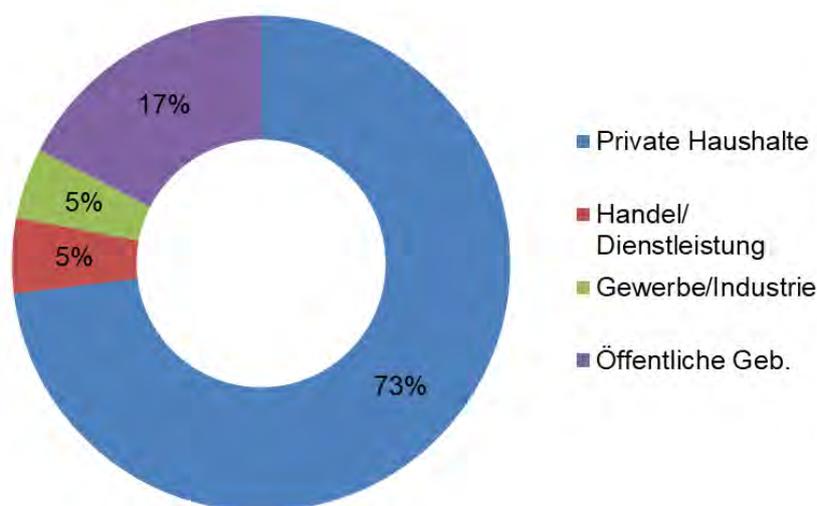


Abb. 209: Aufteilung Stromverbrauch der Jahre 2017–2019 nach Gebäudenutzung

In Abb. 210 ist der absolute Strombezug je Baublock und in Abb. 211 der flächen-spezifische Strombezug dargestellt. Es ist erkennbar, dass der absolute und spezifische Strombezug umso höher sind, je höher der Anteil von Gewerbe, Handel und Industrie im Baublock ist. Baublöcke mit reiner Wohnnutzung liegen sowohl bei den absoluten als auch bei den spezifischen Verbräuchen überwiegend im unteren Bereich.

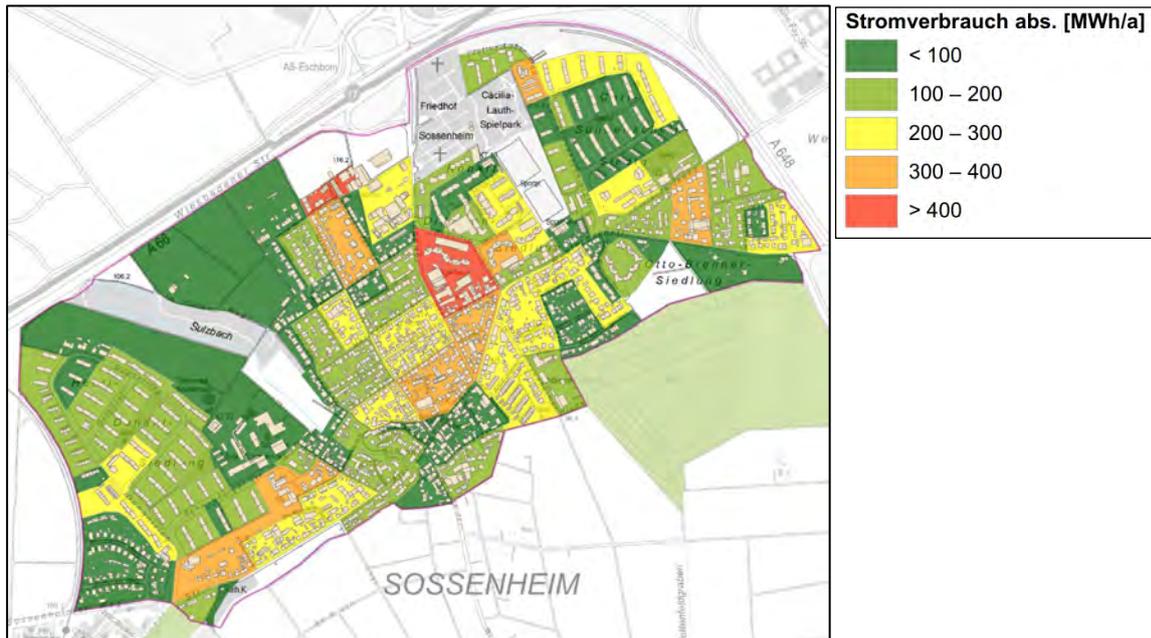


Abb. 210: **Absoluter** Stromverbrauch je Baublock als Mittelwert der Jahre 2017–2019 in MWh/a

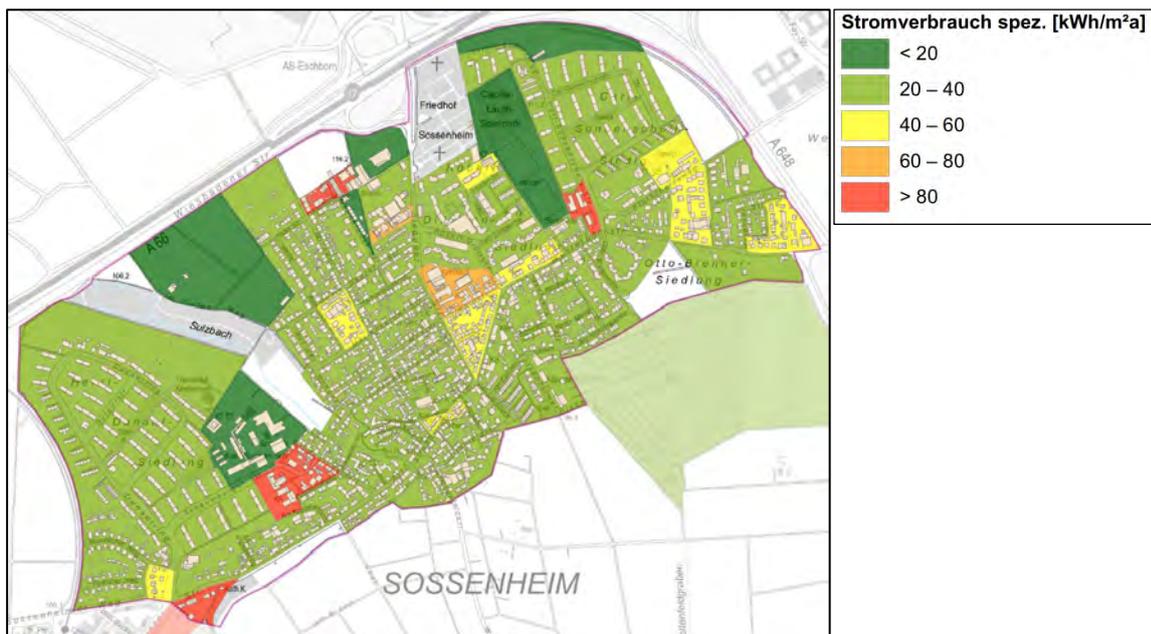


Abb. 211: **Flächenspezifischer** Stromverbrauch je Baublock in kWh/(m²a)

### 12.4.3.2 Wärme

Die angegebenen Energieverbrauchswerte der Gebäude wurden für Heizung und Warmwasserbereitung abgeschätzt und mit den realen Verbrauchsdaten für Heizung und Warmwasser von 13 Baublöcken für das Jahr 2018 abgeglichen. Da keine Informationen darüber vorliegen, in wie vielen Gebäuden die Warmwasserbereitung z. B. mit Strom erfolgt, handelt es sich allerdings nur um eine Abschätzung. Es wird außerdem davon ausgegangen, dass der Gasverbrauch für andere Zwecke (z. B. Kochen) im Rahmen dieser Betrachtung vernachlässigt werden kann. Es wird von einem Gasversorgungsanteil von 90 % ausgegangen.

Der mittlere jährliche Wärmeverbrauch der Gebäude im Quartier betrug rund 61,8 GWh. Davon entfallen etwa 92 % auf Wohngebäude, 1,5 % auf Handel und Dienstleistungsgebäude, 1,5 % auf Gewerbe und Industrie und 5 % auf öffentliche Gebäude. Bezogen auf die Nettogrundfläche ergibt sich daraus für die Wohngebäude ein mittlerer flächenspezifischer Gasverbrauch von 113 kWh/(m<sup>2</sup>a).

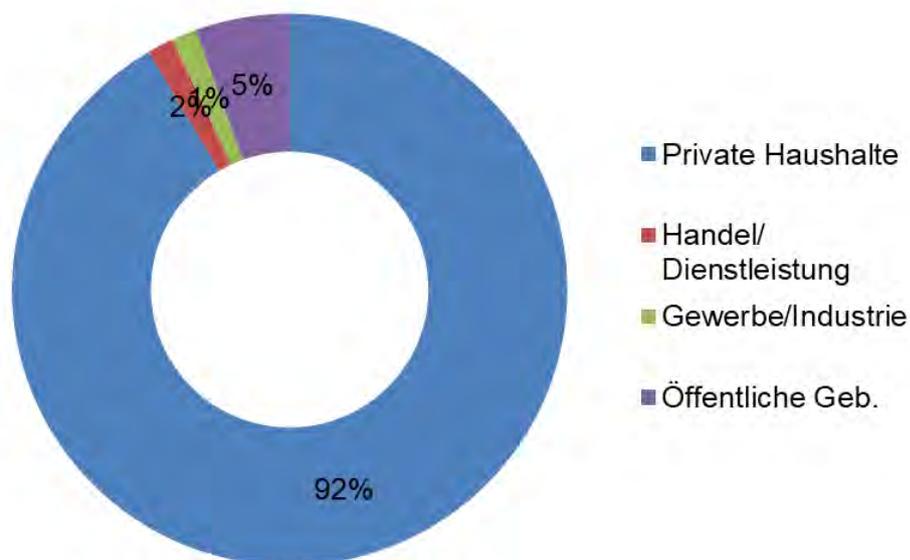


Abb. 212: Aufteilung des Wärmeverbrauchs nach Gebäudenutzung

Je nachdem welche Vergleichsstudien herangezogen (z. B. [ages 2005] oder [techem 2017]) liegen die witterungsbereinigten Endenergieverbräuche für Heizung und Warmwasser des Gebäudebestands bei etwa 200 kWh/(m<sup>2</sup>a) ([ages 2005] mit Bezugsjahr 2005) bzw. zwischen 150 und 170 kWh/(m<sup>2</sup>a) ([techem 2017] mit Bezugsjahr 2016). Die im Quartier beobachteten Verbräuche liegen deutlich unter diesen Werten. Dies kann 3 Ursachen haben:

- Das Klima in Frankfurt ist deutlich wärmer als das mittlere Klima in Deutschland.

- Im Untersuchungsgebiet gibt es relativ viele große Mehrfamilienhäuser, so dass die Mischung der Gebäudetypen energetisch günstiger ist als für ganz Deutschland.
- In einem Teil der Gebäude wird das Warmwasser mit anderen Energieträgern als Erdgas erwärmt, z. B. mit Strom.

In Abb. 213 sind die spezifischen Verbräuche der Wohngebäude für Wärme nach Baualtersklassen dargestellt. Eine Einteilung des Stromverbrauchs ist aufgrund der aggregiert vorliegenden Daten nicht möglich.

Die für Sossenheim vorliegenden Baualtersklassen nach infas 360 haben eine andere Einteilung als die bei energetischen Untersuchungen, Gebäudetypologien o. Ä. verwendeten Baualtersklassen. Diese orientieren sich mehr an der Entwicklung der Gebäudeenergie-Gesetzgebung. Energetische Entwicklungen im Gebäudebestand und ihre Auswirkungen auf den Wärmeverbrauch lassen sich deshalb mit den infas 360-Baualtersklassen weniger deutlich nachvollziehen. Als Vergleich zu Abb. 213 wird in Abb. 214 dennoch der Energieverbrauch für Heizen und Warmwasser als Durchschnitt des deutschen Wohngebäudebestands nach Baualtersklassen am Beispiel einer Grafik aus dem dena-Gebäudereport 2018 dargestellt. Trotz nicht identischer Baualtersklassen ist der Trend der Entwicklung des Wärmeverbrauchs beider Grafiken vergleichbar. Damit entspricht die Verteilung des Wärmeverbrauchs nach Baualtersklassen in Sossenheim in etwa dem deutschen Durchschnitt.

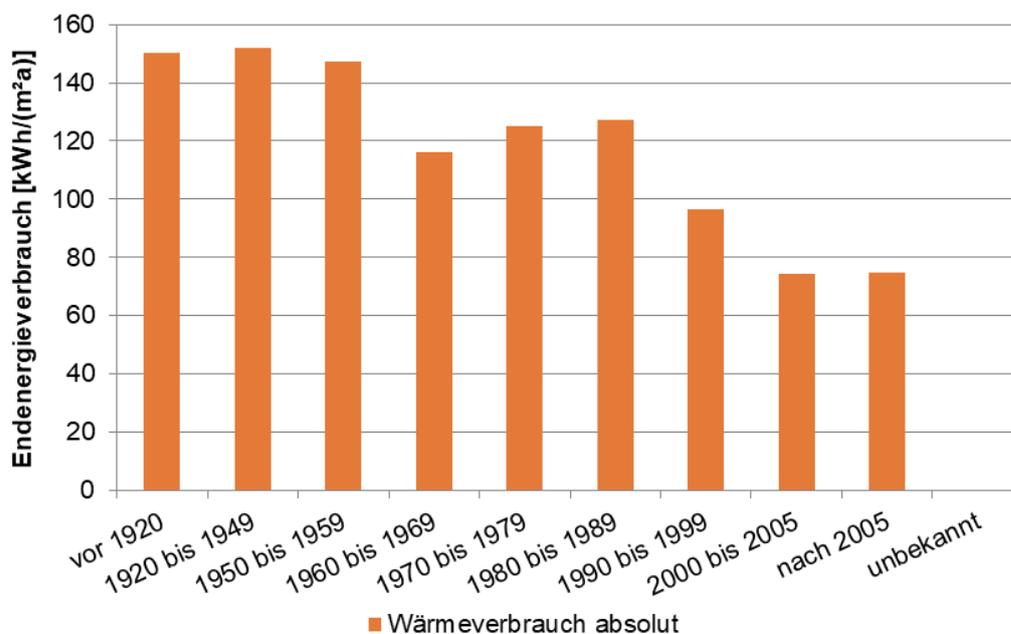


Abb. 213: Spezifischer Endenergieverbrauch der Wohngebäude für Wärme nach Baualtersklassen.

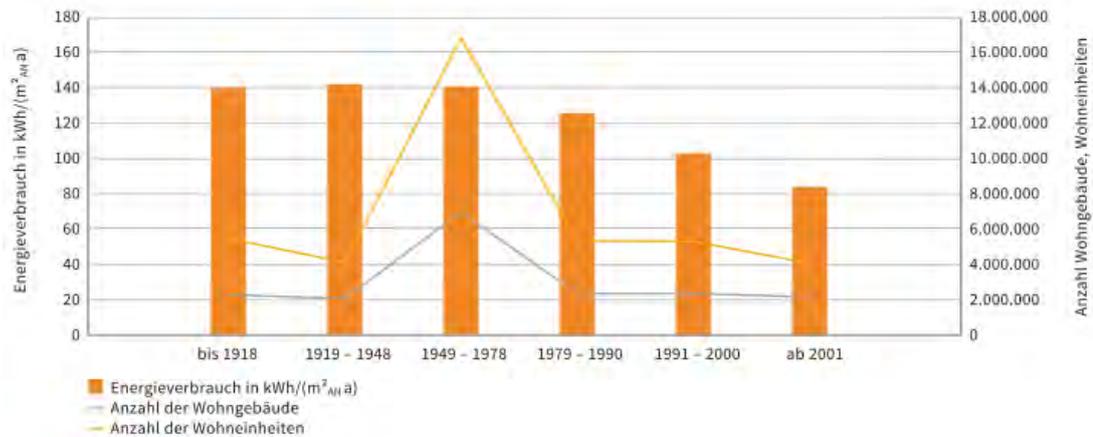


Abb. 214: Energieverbrauch des Wohngebäudebestands (entnommen aus [dena 2018], Quellen: [BMW 2017] sowie eigene Berechnungen der dena)

Ende 1977 trat in Deutschland die erste Wärmeschutzverordnung in Kraft. In Folge dessen wurden die Gebäude energetisch besser gebaut. Mit jeder Novellierung der Verordnung (1982 und 1995) sowie mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) und deren Novellierungen (in 2002, 2004, 2007, 2014) verringerte sich deshalb der durchschnittliche Wärmeenergiebedarf der jeweiligen Baualtersklassen. Hier deckt sich die Entwicklung im Untersuchungsgebiet in etwa mit der allgemeinen Entwicklung in Deutschland.

Bei den Nichtwohngebäuden liegt der flächenspezifische Mittelwert des Gasverbrauchs bei etwa 92 kWh(Hi)/(m²a). Allerdings ist hier die Schwankungsbreite erfahrungsgemäß sehr groß, sodass eine durchschnittliche Angabe fehlerträchtig ist.

In Abb. 215 ist der absolute Wärmeverbrauch je Baublock und in Abb. 216 der flächenspezifische Wärmeverbrauch der Gebäude dargestellt.

Verbrauchsschwerpunkte sind die Baublöcke mit höherer Bebauungsdichte. Hier sind vor allem die Baublöcke mit Hochhäusern zu nennen. Dazu gehört Block 631001 südlich der Henri-Dunant-Siedlung und Block 632103 westlich der Carl-Sonnenschein-Siedlung, sowie die gereihten Hochhäuser südlich der Robert-Dißmann-Siedlung (Block 632121 und 632088) (für die Blockeinteilung siehe Abb. 200). In der Carl-Sonnenschein-Siedlung ist die Teilsanierung des Gebietes gut zu erkennen (vgl. 12.4.1, Teilbereich 7). Die bereits sanierten Gebäude im Süden der Siedlung zeigen einen verringerten Energieverbrauch im Verhältnis zu den unsanierten Gebäuden im Norden der Siedlung. Flächenspezifisch ist dieser Effekt aufgrund der Einteilung der Farbklassen allerdings nicht erkennbar.

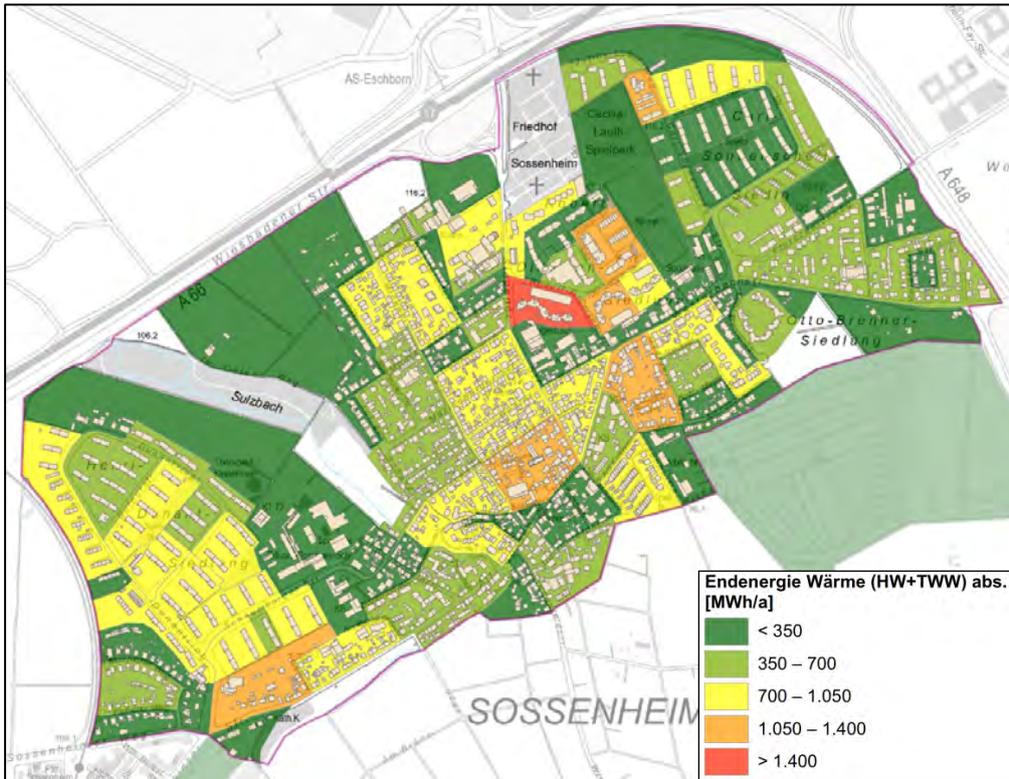


Abb. 215: **Absoluter** geschätzter Wärmeverbrauch je Baublock in MWh/a

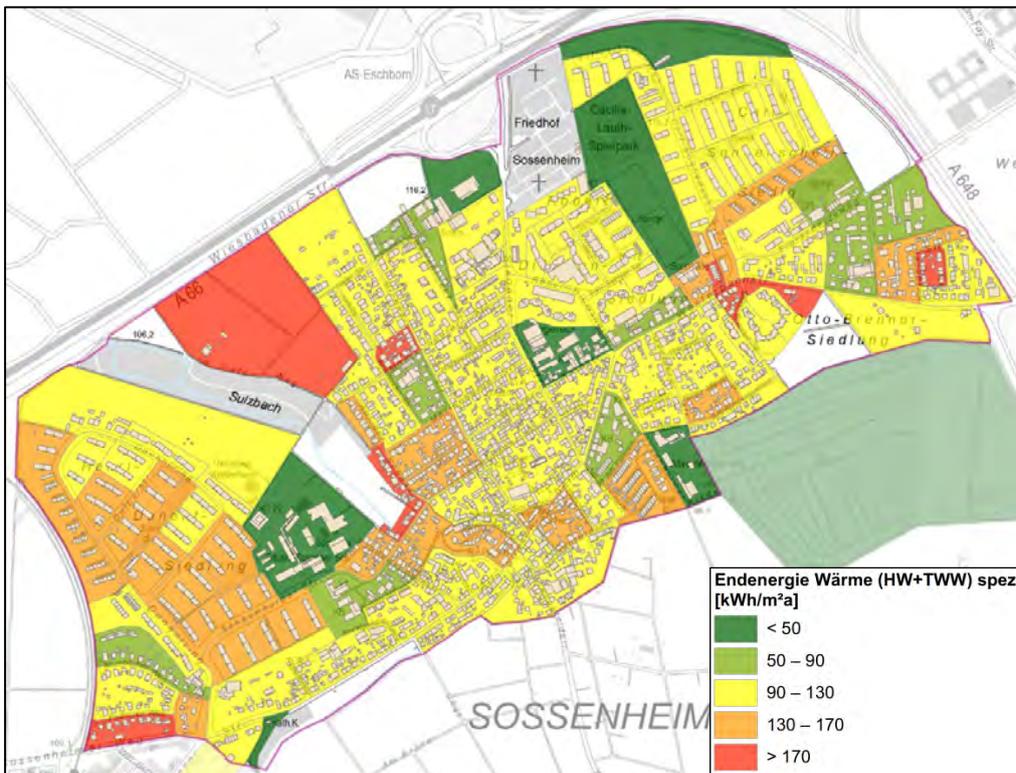


Abb. 216: **Flächenspezifischer** geschätzter Wärmeverbrauch je Baublock in kWh/(m²a)

Die spezifischen Verbräuche sind besonders hoch in den Blöcken mit hohem GHDI-Anteil. Beispielhaft können das Volkshaus Sossenheim, der Penny-Markt entlang der Siegener Straße sowie der Block südlich der Henri-Dunant-Schule und Edith-Stein-Schule mit Apotheke und Kiosk genannt werden.

#### 12.4.4 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen im Ist-Zustand

In der Summe kann der Endenergieverbrauch der Gebäude im Untersuchungsgebiet mit etwa 80 GWh/a abgeschätzt werden. Davon entfallen etwa 61,8 GWh auf Endenergie Wärme und 18,2 GWh auf Strom. In Abb. 117 ist die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen dargestellt.

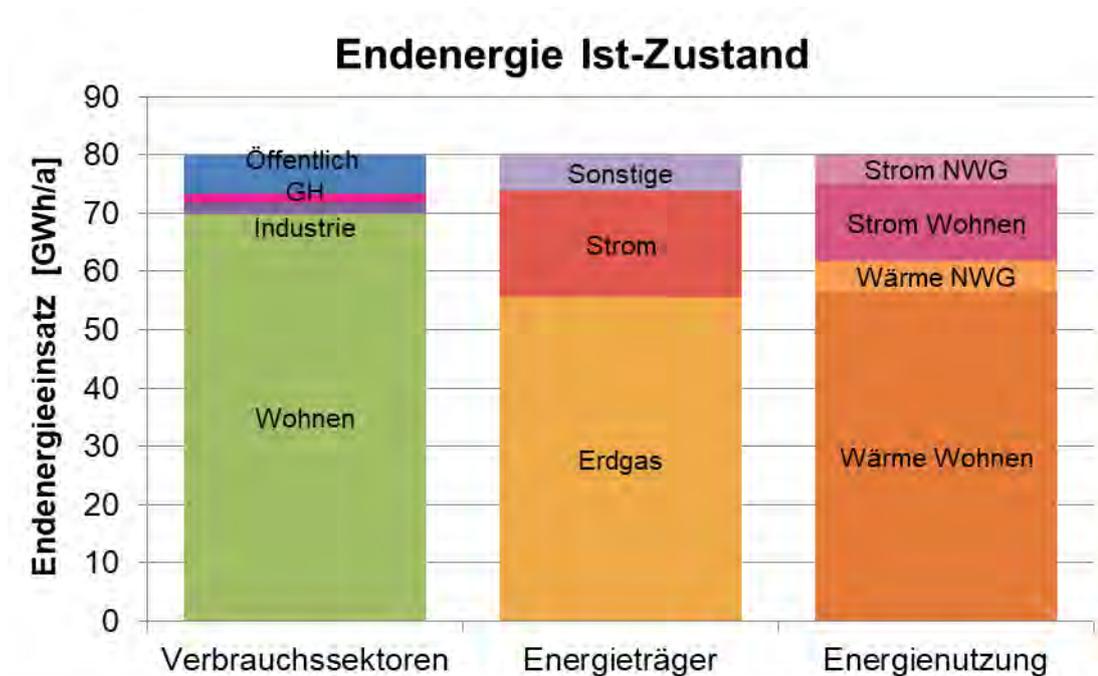


Abb. 217: Endenergiebilanz von Sossenheim im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Der Verbrauch der Wohngebäude dominiert den Gesamtverbrauch, was einhergeht mit dem hohen Flächenanteil der Wohngebäude im Verhältnis zu den Nichtwohngebäuden im Gebiet.

Erdgas ist mit knapp 70 % der wesentliche Energieträger vor Strom (32 %). Die durch PV-Strom aus dem Gebiet gedeckte Endenergie ist zum derzeitigen Zustand vernachlässigbar gering. Etwa Dreiviertel des Energieverbrauches wird für die Wärmeerzeugung für Heizen und Trinkwarmwasser aufgewandt.

Zur Ermittlung der Treibhausgasbilanzen werden die Endenergien mit den Emissionsfaktoren der entsprechenden Energieträger bewertet (siehe dazu das entsprechende Kapitel im Hauptbericht). Verwendet werden Faktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Da die genaue Zusammensetzung der Energieträger, die für die Wärmeversorgung des nicht mit Erdgas versorgten Anteils verwendet werden, nicht bekannt ist, wurde für diese Gruppe pauschal der Faktor für sonstige konventionelle Energieträger nach ifeu verwendet.

Damit ergibt sich die in Abb. 119 dargestellte Treibhausgas-Bilanz, wiederum aufgeteilt nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen. Die jährlichen Treibhausgas-Emissionen aller Gebäude im Quartier betragen 26.500 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr, das entspricht 0,33 % der Emissionen von Frankfurt a. M.

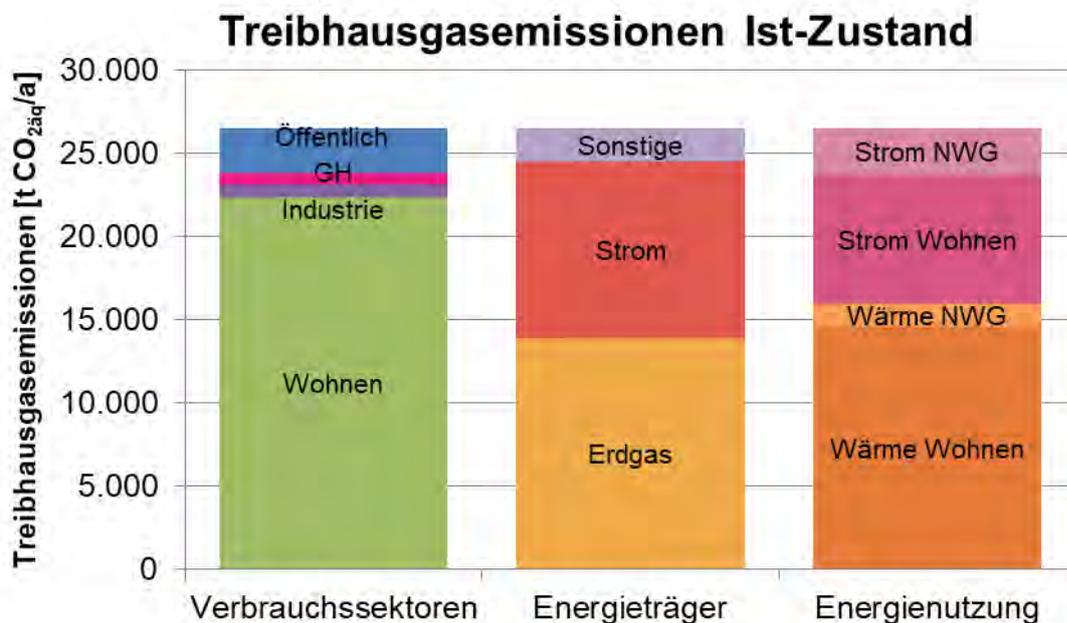


Abb. 218: Treibhausgas-Bilanz von Sossenheim im Ist-Zustand nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen.

Der Anteil der Wohngebäude dominiert auch den Verbrauchssektor der Treibhausgasemissionen, allerdings verschiebt der höhere Treibhausgasemissions-Faktor des Stroms gegenüber dem des Erdgases den Stromanteil der Energieträger. Dieser macht etwa 40 % der Emissionen aus. Auch der Anteil der sonstigen Energieträger ist durch einen schlechteren Emissionsfaktor angestiegen, bleibt. Weiterhin dominiert ein hoher Gasanteil die Emissionen.

Bei der Betrachtung der Energienutzung fällt auf, dass der Stromanteil der Treibhausgasemissionen der Nichtwohngebäude höher ist als der Wärmeanteil. Hier zeigt sich ein starker Unterschied zu den Wohngebäuden. Dort dominiert der

Wärmeverbrauchsanteil vor dem Strom. Insgesamt dominieren die Treibhausgasemissionen des Wärmeverbrauchs etwa mit etwa 60 % gegenüber denen des Stromverbrauchs.

Werden nur die THG-Emissionen der privaten Haushalte in Höhe von rund 22.300 tCO<sub>2,äq</sub>/a betrachtet, entspricht dies bei geschätzten 15.000 Einwohner\*innen im Quartier spezifischen THG-Emissionen von 1,49 t CO<sub>2,äq</sub> je Einwohner\*in und Jahr.

## 12.5 Einsparpotentiale bei Energie und Treibhausgas-Emissionen

Die Reduzierung von Energieeinsatz und damit auch von Treibhausgas-Emissionen beruht im Allgemeinen auf drei Strategien:

4. Genügsamer Umgang mit Energie (**Suffizienz**). Im Gebäudebereich sind hier vor allem die Nutzer\*innen adressiert, die mit ihrem Verhalten wesentlichen Einfluss auf genügsame und nachhaltige Energienutzung haben. Als Beispiele seien hier angemessene Raumtemperaturen, sparsamer Wasserverbrauch oder angepasstes Lüftungsverhalten genannt. Aber auch die genügsame Nutzung von beheiztem (gekühltem) Raum fällt unter die Suffizienz. So sollte z. B. dem weiteren Anstieg der mittleren Wohnfläche je Einwohner\*in entgegengewirkt werden, z. B. indem Wohnungsunternehmen ihren Mietern bei Veränderung der Haushaltgröße entsprechend größere oder kleinere Wohnungen anbieten. Suffizienzstrategien beschäftigen sich u. a. mit Lebensstil, Nutzerverhalten und Komfortansprüchen.
5. Effiziente Nutzung von Energie (**Effizienz**). Ausgangspunkt bei Effizienzstrategien ist die tatsächlich benötigte Energie-Dienstleistung (angenehm temperierter Raum, warmes Duschwasser etc.). Diese sollte mit möglichst geringem Energieeinsatz sichergestellt werden. Effizienzstrategien beschäftigen sich somit in erster Linie damit, Verluste zu minimieren. Im Gebäudebereich liegen die großen Effizienzpotentiale vor allem im Bereich der Wärmedämmung, bei effizienter Wärmeerzeugung, Umwandlung, Speicherung oder Verteilung und bei der Nutzung von stromeffizienten Geräten und Beleuchtungseinrichtungen.
6. Nicht erneuerbare Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzen (**Konsistenz**). Dabei geht es nicht darum, den Energieeinsatz zu verringern, sondern Energieträger zu nutzen, die im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts praktisch unerschöpflich zur Verfügung stehen oder sich verhältnismäßig schnell erneuern. Im Rahmen von Konzepten für Gebäude und Quartiere im urbanen Raum geht es dabei vor allem um Sonnenenergie,

Biomasse, oberflächennahe Geothermie oder andere Formen von Umweltwärme.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden im Folgenden Elemente einer Effizienz- sowie einer Konsistenzstrategie erörtert. Diese betreffen die energetische Gebäudesanierung, den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien und mögliche Optionen zur Verbesserung der Wärmeversorgung des Quartiers.

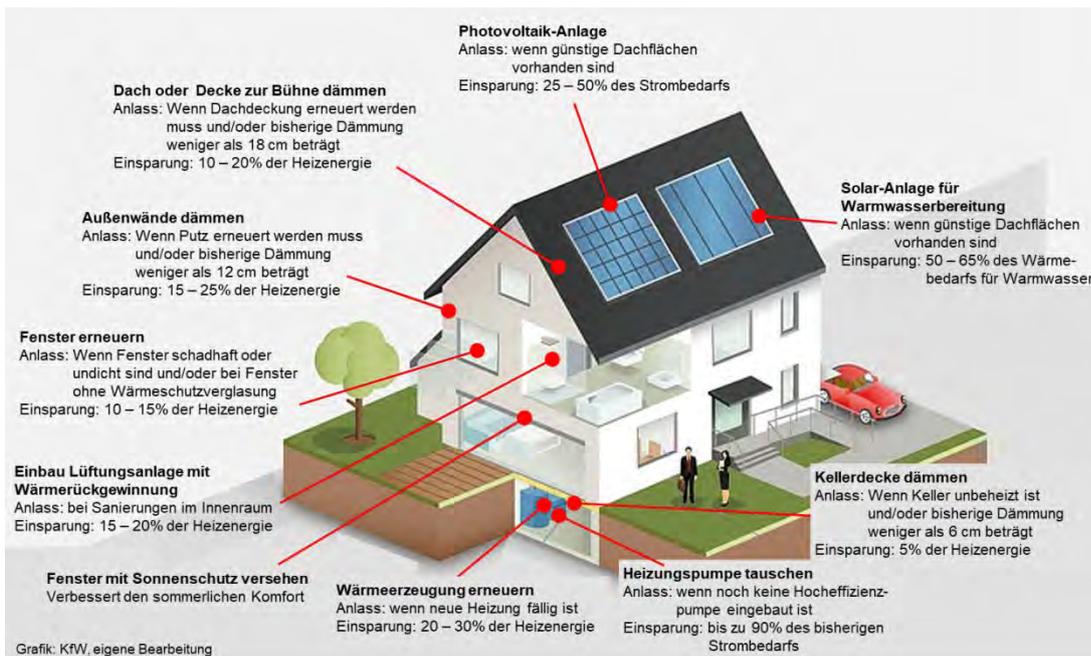


Abb. 219: Energetische Sanierungsmaßnahmen am Gebäude (Grafik KfW, eigene Bearbeitung)

## 12.5.1 Energetische Gebäudesanierungen

Die energetische Gebäudesanierung teilt sich in zwei Bereiche auf:

- Bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle, die zu einer Reduzierung der Wärmeverluste führen. Im Wesentlichen ist dies die Dämmung von Außenbauteilen, den Austausch von Fenstern, Türen oder anderer Bauteile durch thermisch bessere Bauteile und die Verbesserung der Dichtheit der Gebäudehülle. Werden Gebäude gekühlt, gilt Entsprechendes für die Reduzierung der Wärmelasten durch die Gebäudehülle.
- Maßnahmen an der technischen Gebäudeausrüstung (TGA), mit denen Verluste bei der Umwandlung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Energie reduziert und die Energie effizienter genutzt werden kann. Dies kann die Erneuerung des Wärmeerzeugers sein – gegebenenfalls unter Nutzung erneuerbarer Energien, der Einsatz effizienterer Pumpen, die Dämmung von

Heizungs- und Trinkwasserleitungen oder den Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Je nach Ausgangszustand des Gebäudes und welche Maßnahmen durchgeführt werden, kann der Wärmeverbrauch um bis zu 90 % verringert werden. Bei denkmalgeschützten Gebäuden oder bei Gebäuden, die z. B. aus architektonischen Gründen nicht mit einer Außendämmung versehen werden können, sind die Einsparpotentiale oft deutlich geringer. Auch wenn Gebäude bereits einen bestimmten Grad an Wärmeschutz aufweisen (z. B. Fenster mit U-Wert 1,6 W/m<sup>2</sup>K oder 12 cm Außenwanddämmung), der jedoch noch nicht kompatibel zu den Klimaschutzzielen ist, ist eine weitere Verbesserung dieser Bauteile nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten häufig nicht mehr möglich.

### **Abschätzung Einsparpotential Gebiet**

Um ein möglichst exaktes Ergebnis zu erhalten muss das Energie-Einsparpotential durch energetische Sanierungen individuell für jedes Gebäude bestimmt werden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Einsparpotentiale für die Gebäude abgeschätzt. Anhand des Ist-Zustandes eines jeden Wohngebäudes wurde ein Zielzustand definiert. Grundlage dafür bildeten die Zielzustände aus dem Web Tool des europäischen Projekts EPISCOPE [Tabula]. Dort werden typologische Gebäudezustände für fortgeschritten sanierte Bestandsgebäude angegeben. Es wird folglich davon ausgegangen, dass dieser Sanierungszustand im Normalfall auch tatsächlich erreicht werden kann. Wirtschaftliche Gesichtspunkte können die real erreichten Einsparungen reduzieren. Dies betrifft vor allem Gebäude, die bereits teilsaniert wurden. Eine weitere Sanierung ist dann häufig nicht mehr wirtschaftlich darstellbar.

Werden die genannten Reduktionsfaktoren auf alle Gebäude im Quartier angewendet, reduziert sich der Gesamt-Wärmeverbrauch um 50 % von 59,4 GWh/a auf 29,7 GWh/a. In der Summe erscheint somit eine Verringerung des Endenergieeinsatzes für Wärme um die Hälfte durch energetische Sanierungen im Quartier möglich zu sein.

### **12.5.2 Serielle Sanierung**

Vor allem für Zeilenbauten kommt auch eine serielle Sanierung in Frage. Serielle Sanierung ist ein Sanierungskonzept, das ursprünglich unter der Bezeichnung „Energiesprong“ in den Niederlanden entwickelt wurde, wo bereits mehr als 4.500 Gebäude nach diesem Prinzip saniert wurden. Inzwischen hat sich das Prinzip auch in anderen Ländern bewährt und verbreitet sich international.

„Energiesprong“ steht für

- hohen Wohnkomfort,

- kurze Sanierungszeiten,
- hochwertige, standardisierte Lösungen mit vorgefertigten Elementen,
- reduzierte Baukosten durch industrielle Vorfertigung und optimierte Prozesse,
- NetZero-Energie-Standard (es wird über das Jahr so viel Energie erzeugt, wie für Heizung Warmwasser und Strom benötigt wird).

In Deutschland wird das Energiesprong-Konzept u. a. von der Deutschen Energieagentur (dena) unterstützt. Sie hat dazu ein unabhängiges Marktentwicklungsteam gegründet, das gemeinsam mit innovativen Unternehmen aus der Wohnungswirtschaft und Bauindustrie einen neuen Standard für komfortable, energieeffiziente Sanierungen entwickeln und in der Praxis umsetzen soll. Ziel ist eine warmmieten-neutrale Umsetzung, mit der eine hochwertige energetische Sanierung in der Breite für Eigentümer und Mieter bezahlbar wird.

Im November 2019 wurde von der dena der Abschluss des Energiesprong-Volume-Deals bekannt gegeben. Mit dieser gemeinsamen Absichtserklärung von Wohnungswirtschaft und Bauwirtschaft, unterstützt durch die Politik, gelingt ein erster Durchbruch bei der Marktentwicklung serieller Sanierungslösungen in Deutschland. Im Volume Deal bündeln 22 Wohnungsunternehmen ihre Nachfrage und stellen 11.635 Wohnungen bereit, die in den nächsten vier Jahren seriell saniert werden sollen. Mehr Informationen gibt es unter [www.energiesprong.de](http://www.energiesprong.de).

Die dena schätzt, dass es in Deutschland rund 500.000 geeignete Gebäude gibt. Das sind insbesondere Wohnhäuser aus den 1950er-, 1960er- und 1970er-Jahren mit bis zu drei Etagen, einfacher Hülle und einem hohen Energieverbrauch von rund 130 kWh/(m<sup>2</sup>a) oder mehr. Diese Beschreibung trifft sehr genau auf die Gebäude in den Siedlungsgebieten Sossenheim zu (Henri-Dunant-Siedlung und Carl-Sonnenschein-Siedlung).

## **12.5.3 Potentiale erneuerbarer und lokaler Energien**

### **12.5.3.1 Biomasse**

Die Verwendung von Biomasse als Brennstoff in innerstädtischen Gebäuden ist wegen der damit verbundenen, lokalen Emissionen nicht erwünscht. Das Biomasse-Potential der Stadt Frankfurt ist dazu weitgehend ausgeschöpft. Biomasse von außerhalb Frankfurts sollte zukünftig vorrangig in effizienten KWK-Anlagen oder für industrielle Prozesswärme verwendet werden. Die Umstellung von Heizkesseln im Quartier von fossilen Brennstoffen auf Biomasse ist aus diesen Gründen keine sinnvolle Option.

### **12.5.3.2 Oberflächennahe Geothermie**

Oberflächennahe Geothermie nutzt die im Erdreich oder im Grundwasser enthaltene Wärme in der Regel in Verbindung mit Wärmepumpen. Ausführlichere Informationen finden sich im Hauptbericht.

In Bestandsquartieren ist die nachträgliche Nutzung von Geothermie oft schwierig zu realisieren. Vor allem bei Ein- und Zweifamilienhäusern sind bei entsprechend großzügigen Grundstücken nachträgliche Bohrungen für Erdwärmesonden möglich. Auch bei Nachverdichtungen auf Brachflächen o. ä. können Techniken zur Geothermienutzung eingesetzt werden. Denkbar ist auch die Nutzung von öffentlichen Grünflächen oder Sportanlagen, über die angrenzende Gebäude mit Wärme versorgt werden können.

Bei Bestandsgebäuden ist die Umstellung des Heizsystems auf Wärmepumpen oft problematisch, da Wärmepumpen nur bei Niedertemperatur-Heizsystemen (z. B. Fußbodenheizungen) effizient arbeiten. Die Umstellung kommt deshalb oft nur bei energetisch sehr gut sanierten Gebäuden in Frage, bei denen der Heizbedarf so reduziert wurde, dass die Heizungs-Vorlauftemperatur deutlich abgesenkt werden kann.

Laut dem Fachinformationssystem „Grund- und Trinkwasserschutz Hessen“ des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) wird Sossenheim hinsichtlich der geothermischen Nutzung des Untergrunds wegen weiträumigen Grundwasserstockwerksgliederungen als „hydrogeologisch ungünstig“ eingestuft. Damit ist eine flächendeckende Erschließung mit Erdwärmesonden zwar nicht ausgeschlossen, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit der Umsetzbarkeit verringert. Eventuell ist mit Sonderauflagen für Niederbringung und Betrieb der Erdwärmesonden zu rechnen. Eine genauere Einschätzung ist nur nach erfolgter Erkundung des Gebiets möglich.

### **12.5.3.3 Umweltwärme**

Die in der Umgebungsluft oder in Oberflächen-Gewässern enthaltene Wärme kann ebenfalls mittels Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Ausführlichere Informationen finden sich dazu im Hauptbericht.

Der Stadtteil Sossenheim liegt an der Nidda, welche am südlichen Rand des Gebietes verläuft, um weiter südlich in den Main zu münden. Zudem fließt der Sulzbach durch das Gebiet und mündet am südlichen Rand in die Nidda. Damit stünden zwei potentielle Wärmequellen aus Oberflächengewässern zur Verfügung. Allerdings ist der Sulzbach aufgrund seiner geringen Größe voraussichtlich nicht als Wärmequelle geeignet und die Nidda beinahe 1 Kilometer von der nächsten Wohnbebauung in Sossenheim entfernt. Damit fallen beide Gewässer als Wärmequelle weg.

Für die restlichen Gebäude wären Außenluft-Wärmepumpen eine Alternative. Wie viele davon eventuell bereits in Sossenheim installiert sind ist nicht bekannt. Die Umstellung der Beheizung von Bestandsgebäuden auf Außenluft-Wärmepumpen ist jedoch als nicht schwierig zu sehen. Wärmepumpen lohnen sich vor allem bei Gebäuden mit einem geringen Energiebedarf pro Quadratmeter. Dann können bei guter Ausführung der Anlagen sehr niedrige Verbrauchswerte erreicht werden.

In Wohngebieten ist bei Außenluft-Wärmepumpen auf mögliche Lärmbelastigungen zu achten. Außenluft-Wärmepumpen haben den Nachteil, dass sie im Vergleich zu anderen Wärmepumpensystemen nur relativ geringe Jahresarbeitszahlen erreichen und dass sie gerade an kalten Tagen, wenn viel Wärme benötigt wird, besonders ineffizient arbeiten.

#### 12.5.3.4 Solarenergie

In innerstädtischen Bestandsgebieten kann die aktive Solarenergienutzung durch thermische Solaranlagen zur Wärmeerzeugung oder Photovoltaik-Anlagen zur Stromerzeugung erfolgen.

Zur Abschätzung des Potentials zur Nutzung von Solarenergie im Quartier wurden die nutzbaren Dachflächen der Gebäude abgeschätzt. Insgesamt ist schätzungsweise etwa 267.700 m<sup>2</sup> Dachfläche solar-energetisch nutzbar. Davon werden derzeit nur etwa 1.600 m<sup>2</sup> durch Solarthermie- oder PV-Anlagen genutzt. Das entspricht einem Anteil von 0,5 %.

Tab. 157: Abschätzung der solarenergetisch nutzbaren Dachflächen im Gebiet und des möglichen Potentials zur PV-Stromerzeugung, gerundet

Gebäude- nutzung	nutzbare Brutto- Dachfläche	bereits belegte Dachfläche		Potentielle PV-Fläche	Potentielle PV-Strom- Erzeugung
		m <sup>2</sup>	%		
Wohn	223.100	1.300	0,5 %	121.600	16.900
Öffentlich	26.100	100	0,4 %	14.300	2.000
GH	9.000	0	0,0 %	5.000	700
Industrie	9.500	200	2,1 %	5.100	700
<b>Summe</b>	<b>267.700</b>	<b>1.600</b>	<b>0,5 %</b>	<b>146.000</b>	<b>20.300</b>

In Wohngebäuden oder in Nichtwohngebäuden mit einem hohen, ganzjährigen Warmwasserbedarf (z. B. Schwimmbäder, Sporthallen etc.) ist die Nutzung von Solarthermie sinnvoll. Allerdings ist die Installation und Einbindung einer solchen Anlage in Bestandsgebäuden oft aufwändig. Außerdem begrenzt eine technisch sinnvolle Auslegung oft die Größe der Solarthermieanlagen, die dann nicht die ganze

nutzbare Dachfläche belegen. PV-Anlagen sind dagegen oft einfacher zu installieren und können meist die ganze nutzbare Dachfläche belegen. Insbesondere große Dachflächen von Gewerbe- oder Industriegebäuden, von Sporthallen oder Versammlungsstätten eignen sich in der Regel gut für die kostengünstige Installation von PV-Anlagen.

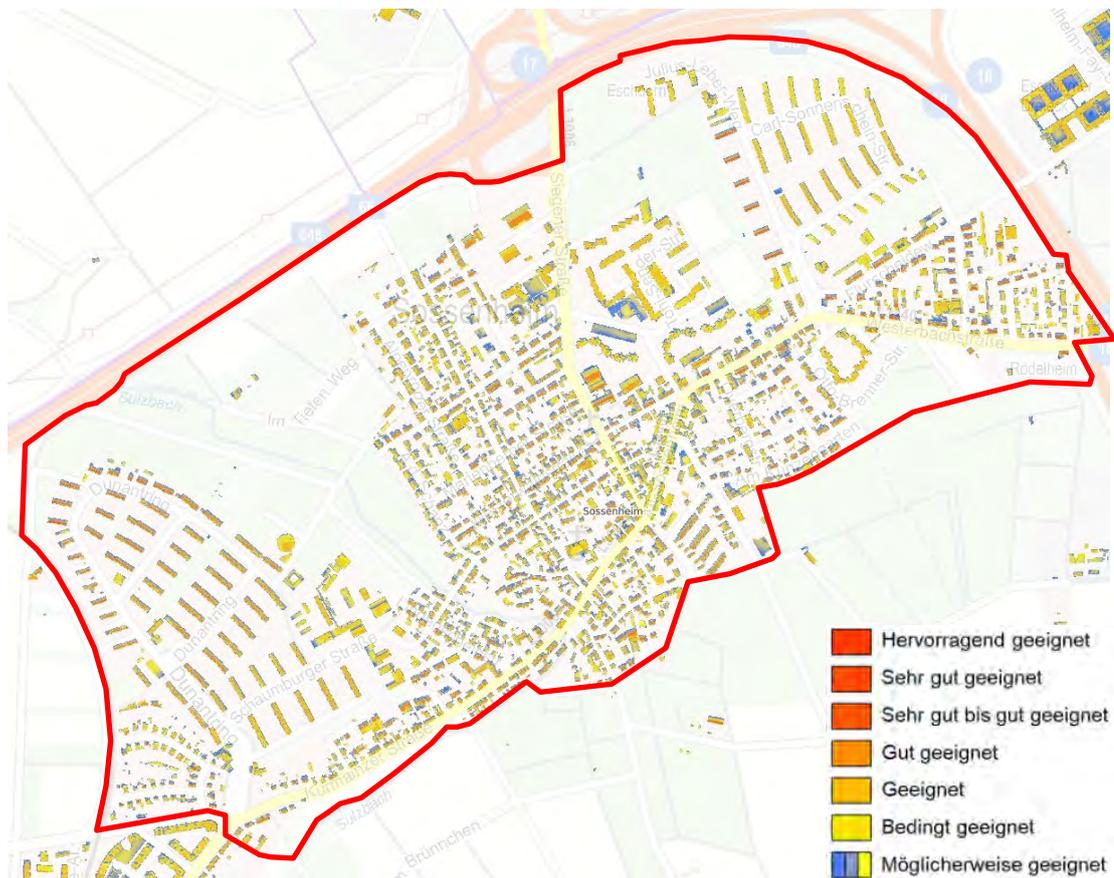


Abb. 220: Auszug aus dem Hessischen Solar-Kataster mit der Darstellung der Dachflächen im Gebiet und ihrer Eignung für eine solarenergetische Nutzung [HMWEVL 2016]

Würden alle nutzbaren Dachflächen im Quartier mit PV-Anlagen belegt, könnten ca. 146.000 m<sup>2</sup> PV-Module installiert werden mit denen schätzungsweise 20,3 GWh Strom pro Jahr erzeugt werden könnten. Dies entspricht etwa 110 % des derzeitigen Stromverbrauchs aller Gebäude im Quartier.

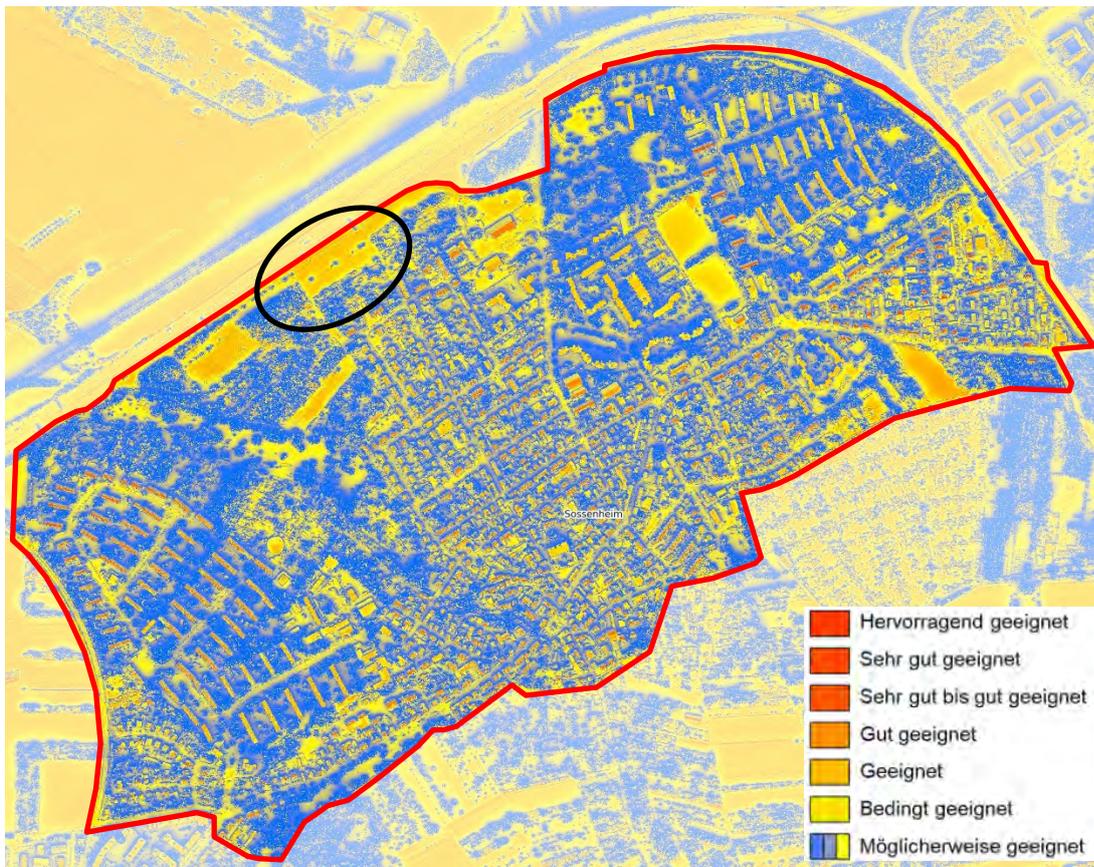


Abb. 221: Auszug aus dem Hessischen Solar-Kataster mit der Darstellung aller Flächen im Gebiet und ihrer Eignung für eine solarenergetische Nutzung [HMWEVL 2016]

Zudem gibt es im Quartier einige Freiflächen, die für eine solare Nutzung in Frage kämen. Speziell im nördlichen Bereich entlang der Autobahn gibt es eine Fläche, die aufgrund ihrer geringen Verschattung in den Bereich „Gut geeignet“ fällt (siehe schwarze Markierung in Abb. 221). Für eine Wohnbebauung kommt diese Fläche aufgrund ihrer Nähe zur Autobahn voraussichtlich nicht in Frage. Die anderen freien Flächen liegen entweder an stark verschatteten Stellen oder sind zukünftig voraussichtlich als Bauland vorgesehen. Die schwarz markierte Fläche ist etwa 8.500 m<sup>2</sup> groß und bietet potenziell Platz für etwa 4.700 m<sup>2</sup> Kollektorfläche. Das ermöglicht eine potenzielle Stromerzeugung von etwa 700 MWh/a.

### 12.5.3.5 Abwärme

Laut dem Frankfurter Abwärmekataster sind innerhalb des Untersuchungsgebiets keine Abwasserkanäle mit ausreichendem Abwärmepotenzial vorhanden. Am südwestlichen Rand des Gebiets verläuft in der Kurmainzer Straße ein Gefällekanal, dessen Abwärmepotenzial mit 200 bis 500 kW angegeben ist.

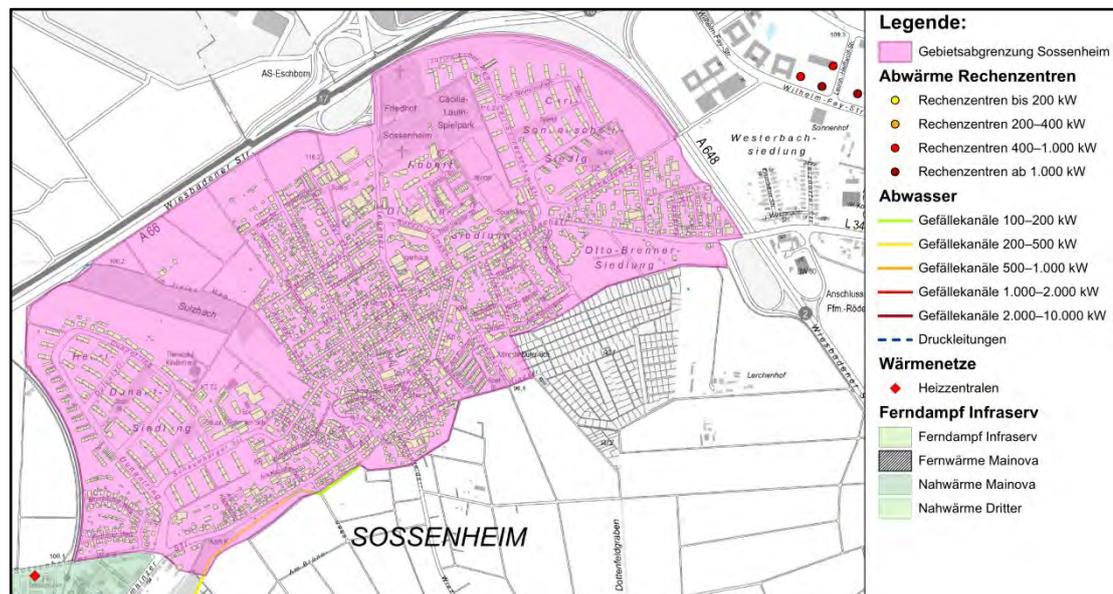


Abb. 222: Auszug aus dem Abwärmekataster Frankfurt für Sossenheim (Quelle: Energierreferat Frankfurt a. M.)

Östlich des Gebiets, im Gewerbegebiet Sossenheim gibt es Rechenzentren mit Abwärmepotenzial. Laut Abwärmekataster gehören zwei der vier angegebenen Rechenzentren zur Kategorie mit dem höchsten Abwärmepotenzial (über 1.000 kW). Wie viel Abwärmeleistung dort konkret vorliegt, sollte in einer tiefergehenden Untersuchung überprüft werden. Eine Möglichkeit zur Nutzung dieser Abwärme sollte untersucht werden. Je nach Sanierungszustand der Wärmeversorgung der Carl-Sonnenschein-Siedlung käme sie als erster Abnehmer in Frage.

#### 12.5.4 Strom-Einsparpotential in privaten Haushalten, in öffentlichen Gebäuden und im gewerblichen Bereich

In privaten Haushalten liegen die wesentlichen Einsparpotentiale bei einer effizienteren Beleuchtung und effizienten Haushaltsgeräten. Die Effizienzsteigerungen bei den Geräten werden vermutlich durch vermehrte Nutzung und neue Anwendungen absorbiert. Auch dem Nutzerverhalten und einer entsprechenden Verbraucherinformation kommt große Bedeutung zu. Nach dem Stromspiegel Deutschland 2019 liegen zwischen den mittleren Stromverbräuchen deutscher Haushalte (Klasse D<sup>20</sup>) und den Stromverbräuchen der sparsamsten Haushalte (Klasse A), je nach Haushaltgröße und Gebäudetyp, Differenzen zwischen 30 und 40 %. Zur Abschätzung des Einsparpotentials wird im vorliegenden Fall die mittlere Differenz zwischen Klasse

<sup>20</sup> Die sieben Klassen A bis G im Stromspiegel bilden jeweils 14,3 Prozent der Haushalte ab.

D und Klasse B des Stromspiegels verwendet. Daraus ergibt sich ein mittleres Einsparpotential von etwa 25 %.

Im öffentlichen Bereich und bei Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungsbetrieben werden erhebliche Stromeinsparpotentiale vermutet. Erfahrungen zeigen, dass allein durch regelmäßige Nutzer\*innen-Sensibilisierung und -schulung Einsparungen von 15 bis 25 % erreicht werden können. Mit technischen Maßnahmen könnten nach Einschätzung des Umweltbundesamtes die größten Einsparpotenziale durch den Einsatz energieeffizienter Pumpen, effizienter Beleuchtung und effizienter Lüftungs- und Druckluftsysteme ausgeschöpft werden. Auch bei IT-Geräten nimmt die Effizienz weiter zu, allerdings werden hier die Einsparungen oftmals durch vermehrte Nutzung und neue oder erweiterte Anwendungen ausgeglichen oder sogar überkompensiert. Im Rahmen dieser Untersuchung wird von einem möglichen Einsparpotential im Bereich der Nichtwohngebäude von 30 % ausgegangen.

## 12.6 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen für den Zielzustand

Als Zielzustand des Untersuchungsgebiets in 2050 wird von folgendem Szenario ausgegangen:

- Die Gebäude im Quartier werden bis 2050 entsprechend den Annahmen im Abschnitt 12.5.1 energetisch saniert, so dass sich der Gesamt-Wärmeverbrauch um 50 % von derzeit rund 61,8 GWh/a auf 30,9 GWh/a reduziert.
- Der Stromverbrauch der Wohngebäude verringert sich bis 2050 entsprechend den Annahmen im Abschnitt 12.5.4 um knapp 25 % von derzeit rund 13,3 GWh/a auf 10,0 GWh/a. Der Stromverbrauch der Nichtwohngebäude verringert sich bis 2050 um knapp 30 % von rund 4,9 GWh/a auf 3,4 GWh/a.
- Das Potential solarenergetisch nutzbarer Dachflächen sowie Freiflächen wird vollständig durch die Installation von PV-Anlagen ausgeschöpft und führt entsprechend den Annahmen im Abschnitt 12.5.3.4 zu einer jährlichen PV-Stromerzeugung von 20,3 GWh/a.
- Die südwestlich liegende Nahwärme der Mainova wird weiter ausgebaut und das Gebiet wird bis 2050 vollständig durch das Wärmenetz erschlossen. Die östlich des Untersuchungsgebietes liegenden Rechenzentren könnten dabei als Abwärmequelle für die Nahwärme dienen.

Bei dem gewählten Szenario wird somit davon ausgegangen, dass die identifizierten Potentiale vollständig ausgeschöpft werden. Es handelt sich damit um ein optimales Szenario, dass wahrscheinlich bis 2050 nicht realisiert, aber als Maximalabschätzung angesehen werden kann und als Ziel verfolgt werden sollte.

Mit diesem Szenario wird der gesamte Endenergieeinsatz für alle Gebäude im Quartier um 45 % von derzeit rund 80 GWh/a auf 44,3 GWh/a gesenkt. Im Gebiet werden rund 20 GWh/a und somit rund 150 % des benötigten Stroms durch PV-Strom erzeugt. Etwa die Hälfte davon würde voraussichtlich ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Der im Gebiet selbst verbrauchte Teil kann den Energiebedarf und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen weiter reduzieren. Aufgrund der aggregierten Stromverbräuche ist eine genaue Zuteilung der PV-Stromerzeugung nicht möglich, daher wird dieser Effekt im Folgenden nicht quantitativ benannt.

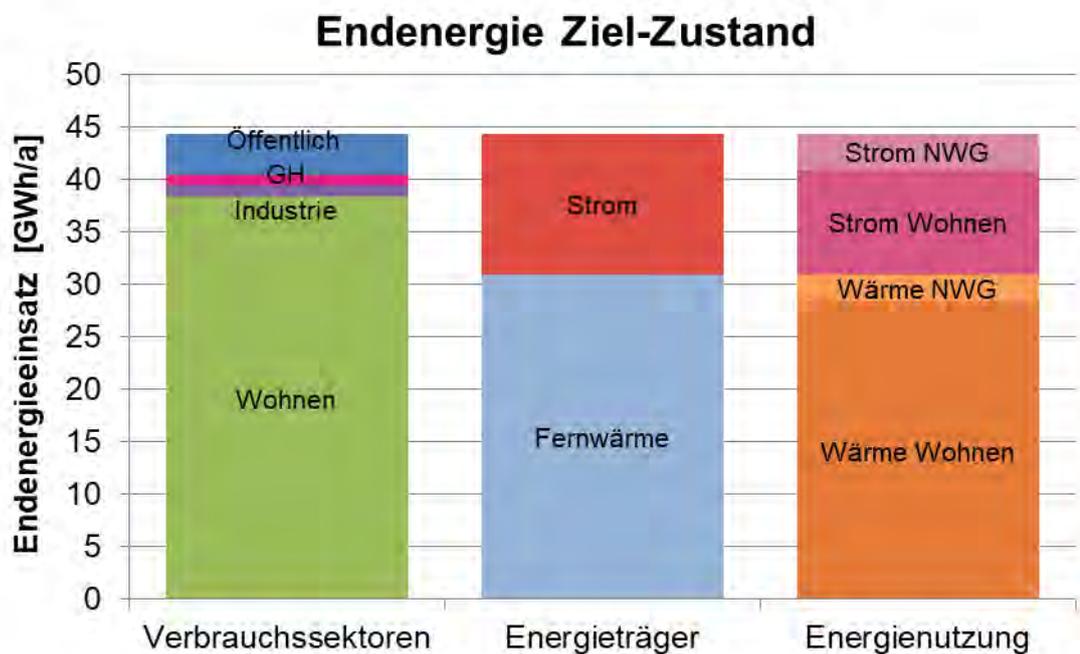


Abb. 223: Endenergiebilanz von Sossenheim für das Zielszenario nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Zur Ermittlung der Ziel-Treibhausgasbilanz wurden die Energieträger mit den entsprechenden zukünftigen Emissionsfaktoren bewertet. Verwendet wurden Faktoren für CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus dem Masterplan; Szenario Klimaschutzplan KS95. Dabei werden für den Netzstrom die Zukunftswerte für 2050 verwendet. Damit ergibt sich die in Abb. 224 dargestellte Treibhausgasbilanz.

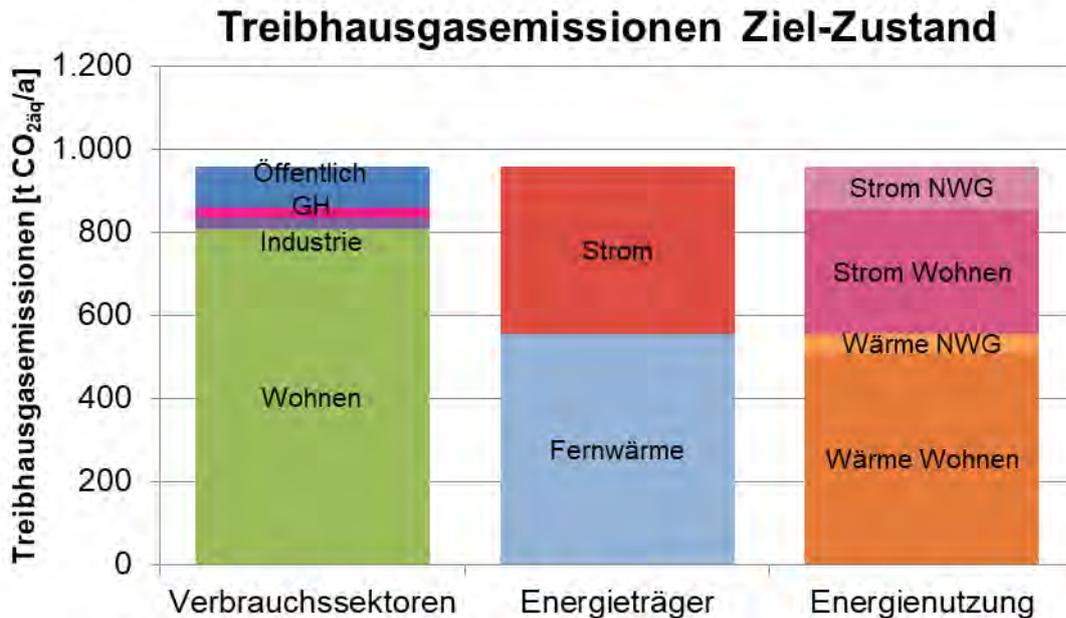


Abb. 224: Treibhausgas-Bilanz von Sossenheim für das Zielszenario nach Verbrauchssektoren, Energieträgern und Nutzungen

Die Treibhausgas-Emissionen der Gebäude sinken um etwa 96 % von derzeit 26.500 t CO<sub>2,äq</sub>/a auf 960 t CO<sub>2,äq</sub>/a. Die Emissionsminderung geht zum einen auf die angestrebte Verbesserung des THG-Faktors des Netzstroms von 581 auf 30 kg CO<sub>2,äq</sub>/MWh bis zum Jahr 2050 zurück, zum anderen auf die Substitution der Erdgasversorgung durch Fernwärme. Dazu kommen die angestrebten Energieeinsparungen von 50 % bei der Wärme und 25 bzw. 30 % beim Strom, wie zuvor beschrieben.

Werden nur die THG-Emissionen der privaten Haushalte in Höhe von 809 t CO<sub>2,äq</sub>/a betrachtet, entspricht dies spezifischen THG-Emissionen von 0,054 t CO<sub>2,äq</sub> je Einwohner\*in und Jahr für Wärme- und Stromnutzungen in ihren Wohnungen.

## 12.7 Empfehlungen für Zielsetzungen, Maßnahmen und Handlungsstrategien

Die Empfehlungen orientieren sich an dem zuvor beschriebenen Zielszenario und zielen auf eine möglichst große Endenergieeinsparung, einen hohen Autarkiegrad an lokalen (erneuerbaren) Energien sowie eine Reduzierung der THG-Emissionen im Rahmen der Zielsetzungen des Masterplans 100 % Klimaschutz.

## **12.7.1 Mögliche Zielsetzungen für die energetische und klimapolitische Weiterentwicklung des Quartiers**

### **12.7.1.1 Signifikante Erhöhung der Sanierungsrate bei Wohngebäuden**

Die Wohngebäude sind für über 70 % des Wärmeverbrauchs verantwortlich. Um den Wärmeverbrauch insgesamt zu halbieren, muss ein Großteil der Wohngebäude energetisch saniert werden. Der Schwerpunkt sollte dabei auf den Siedlungsgebieten Sossenheims liegen. Sie beinhalten einen großen Anteil der gesamten Wohnfläche in im Verhältnis dazu wenig Gebäuden. Die Carl-Sonnenschein-Siedlung ist die einzige, die derzeit teilweise saniert ist. Ziel sollte es sein alle Gebäude, die vor 1990 erbaut wurden und seitdem nicht saniert wurden in den nächsten 15 Jahren auf einen hohen Energiestandard zu sanieren. Allein dadurch könnte der Wärmebedarf im Quartier bis 2035 um etwa 25 % gesenkt werden.

**Ziel:** Energetisch hochwertige Sanierung der Wohngebäude mit den höchsten Wärmeverbräuchen bis 2035.

### **12.7.1.2 Durchführung von Pilotprojekten zur seriellen Sanierungen**

Serielle Sanierungen können ein Mittel sein, energetisch hochwertige Sanierungen in kürzester Zeit durchzuführen. Bei einer entsprechenden Industrialisierung und Marktentwicklung könnten die Sanierungen auch mit günstigen Kosten realisiert werden. Speziell für die Zeilenbauten in den Siedlungsgebieten der Carl-Sonnenschein-Siedlung und der Henri-Dunant-Siedlung ist die serielle Sanierung geeignet.

**Ziele:** Durchführung von Pilotprojekten zur seriellen Sanierungen bei mindestens 5 Wohngebäuden im Quartier in den nächsten fünf Jahren.

### **12.7.1.3 Senkung des Stromverbrauchs in allen Verbrauchssektoren**

Zum Erreichen der Klimaziele muss der Stromverbrauch daher deutlich gesenkt werden.

**Ziele:** Senkung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten um 20 % bis 2035 (ohne Berücksichtigung von zusätzlichem Strom für Wärmepumpen);  
Senkung des Stromverbrauchs im Bereich GHD und Industrie um 25 % bis 2035;  
Senkung des Stromverbrauchs in öffentlichen Gebäuden um 30 % bis 2035.

#### 12.7.1.4 Substitution fossiler Brennstoffe

Derzeit wird der Wärmebedarf der Gebäude fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen gedeckt. Dieser Anteil muss in den kommenden Jahren deutlich gesenkt werden. Dazu sollte die Fernwärme der Mainova in das Gebiet Sossenheim verlegt werden und nach und nach alle Gebäude, angefangen von den größeren Verbrauchern (Siedlungsgebiete) an die Fernwärme angeschlossen werden. Zeitgleich sollten die bestehenden Abwärmepotentiale östlich von Sossenheim auf ihre Nutzbarkeit untersucht werden und diese in Form von Nahwärme im Gebiet verwendet werden. Mittel- bis langfristig könnte die von Westen kommende Fernwärme der Mainova mit der Nahwärme aus Abwärme im Osten verbunden werden.

**Ziel:** Substitution von fossilen Brennstoffen zur Wärmeerzeugung im Quartier durch Erhöhung des Anteils von erneuerbaren Energien, Fernwärme, Umwelt- und Abwärme auf 50 % bis 2035.

#### 12.7.1.5 Signifikante Erhöhung der installierten PV-Flächen.

Elektrischer Strom hat derzeit den schlechtesten THG-Emissionsfaktor aller Energieträger im Gebiet. Eine lokale, erneuerbare Stromerzeugung durch PV-Anlagen könnte den lokalen Strommix verbessern. Um bis 2035 die Hälfte des nutzbaren Dachflächenpotentials mit PV-Modulen zu belegen, müssten von nun an jährlich etwa 4.900 m<sup>2</sup> Generatorfläche installiert werden. Das entspricht dem Dreifachen der derzeit auf den Dächern installierten Solaranlagen. Die Freiflächen im Quartier sollten auf Nutzbarkeit überprüft werden. Bis 2035 könnten im Norden entlang der A66 potenziell 700 MWh PV-Strom pro Jahr erzeugt werden. Damit würde die PV-Stromerzeugung im Quartier in 2035 bei rund 10.700 MWh liegen.

**Ziele:** Jährlich 4.900 m<sup>2</sup> PV-Module neu installieren.  
Bis 2035 rund 10.000 MWh PV-Strom pro Jahr erzeugen.  
Die Freifläche bis 2035 mit PV-Modulen belegen und rund 700 MWh/a erzeugen

#### 12.7.1.6 Weitere klimapolitische Fragestellung

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich in erster Linie mit Energieverbräuchen und Treibhausgas-Emissionen im Zusammenhang mit den Gebäuden im Untersuchungsgebiet. Damit wird nur ein Ausschnitt aus den energetischen und klimarelevanten Fragestellungen im Quartier untersucht. Fragen zur klimaverträglichen Mobilität oder zu Klimaanpassungsmaßnahmen hätten den Rahmen der

Untersuchung gesprengt. Sie sollten jedoch bei weiteren Untersuchungen unbedingt integriert werden. Dazu gehören beispielsweise:

- Verbesserung des ÖPNV-Angebots, Carsharing-Angebote, E-Mobilität, Parksituation...
- Verbesserung der barrierefreien Fußgänger- und Radmobilität
- Aufwertung der Grünflächen in Verbindung mit Maßnahmen zur Klimaanpassung im öffentlichen Raum

## **12.7.2 Hemmnisse**

Die Hemmnisse bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Ziele konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht detailliert und speziell auf das Untersuchungsgebiet bezogen untersucht werden. In einigen Handlungsfeldern wurden jedoch bereits einige Hemmnisse identifiziert.

### **12.7.2.1 Energetische Gebäudesanierung**

- Bei vielen Wohngebäuden besteht ein Lock-in-Effekt durch energetisch ungenügende oder nur teilweise sanierte Bauteile, die noch nicht den Anforderungen der Klimaschutzziele genügen. Unter wirtschaftlichen Bedingungen sind solche Gebäude nicht weiter zu verbessern. Das gleiche gilt für Gebäude, die zwischen 1990 und dem Jahr 2014 gebaut wurden und einen gewissen, aber noch nicht ausreichend guten Dämmstandard aufweisen.
- Bei der energetischen Sanierung von Mietwohnungen können die Eigentümer\*innen die Investitionen auf die Miete umlegen. Die Mieter\*innen profitieren ihrerseits von geringeren Nebenkosten. Je nach Verhältnis zwischen Mieterhöhung und Heizkostensparnis wird die gesetzliche Regelung von der einen oder anderen Seite als ungerecht empfunden, was Sanierungsentscheidungen oft verzögert oder verhindert.
- Privaten Gebäudebesitzer\*innen von Ein- und Zweifamilienhäuser im urbanen Raum haben oft nicht die finanziellen Mittel, ihre Häuser energetisch hochwertig zu sanieren.
- Bei Wohnungseigentümergeinschaften (WEG) scheitern energetische Sanierungen oft an komplexen und langwierigen Abstimmungsprozessen sowie fehlenden Anreizen und Qualifikationen bei den Hausverwaltungen. Hinzu kommt, dass der Kontakt zu WEGs und ihren Hausverwaltungen für Beratungen zu energetischen Sanierungen oft nur schwer herzustellen sind.

### 12.7.2.2 Entwicklung von Wärmenetzen

- Die Verlegung von neuen Wärmenetzen in Bestandsgebieten kann je nach Komplexität der Leitungstrassen im öffentlichen Bereich mit erheblichen Kosten verbunden sein, die oft um ein Mehrfaches über einer Verlegung in Neubaugebieten liegen.
- Bei der Neuerschließung eines Bestandsgebiets mit einem Wärmenetz tritt dieses in Konkurrenz zu den bestehenden Energieversorgungsstrukturen und Energieträgern. Für den Betreiber bedeutet dies hohe wirtschaftliche Risiken bezüglich Anschlussquoten und Anschlussentwicklung.

### 12.7.2.3 Abwärmenutzung aus Rechenzentren

- Das derzeitige Temperaturniveau der Abwärme in Rechenzentren liegt bisher meist in einem so niedrigen Bereich, dass eine Nutzung nur in Verbindung mit Wärmepumpen möglich ist.
- Das Abwärme-Angebot der Rechenzentren ist über das ganze Jahr annähernd konstant während die Wärmenachfrage sowohl über den Jahres- als auch den Tagesverlauf stark fluktuiert.
- Sowohl auf Seiten der Rechenzentren als auch auf Seiten eines Wärmenetzes müssen redundante Systeme vorgehalten werden.

### 12.7.2.4 Erneuerbare Stromerzeugung mit PV-Anlagen auf Wohngebäuden

- Durch die stark gesunkene Einspeisevergütung für PV-Strom hängt die Wirtschaftlichkeit bei Wohngebäuden vom Eigennutzungsanteil ab. Je kleiner die Anlagen sind, umso höher wird der Eigennutzungsanteil. Somit steht die wirtschaftliche Dimensionierung von PV-Anlagen oftmals einer maximalen Nutzung der verfügbaren Fläche entgegen.
- Damit im Geschosswohnungsbau die Bewohner\*innen (ob Mieter\*in oder Eigentümer\*in) von einer PV-Anlage auf ihrem Dach profitieren können, sind Mieterstrommodelle erforderlich, die auch finanziell gefördert werden können. Die damit verbundenen Regelungen sind jedoch derzeit noch kompliziert und aufwändig umzusetzen, so dass sie oft eher als hemmend als, als fördernd angesehen werden.

## **12.7.3 Handlungsempfehlungen**

### **12.7.3.1 Energetische Gebäudesanierung**

- Themenkampagne zur energetischen Sanierung im Quartier entwickeln, z. B. durch Impulsvorträge, Broschüren und Internetpräsenz u. a. zur Darstellung gelungener Beispiele von Sanierungen im Quartier („Vorbild in der Nachbarschaft“).
- Netzwerk für Wohnungseigentümergeinschaften und Hausverwaltungen zur energetischen Sanierung entwickeln, z. B. durch die Initiierung eines Sanierungs-Stammtisches.

### **12.7.3.2 Signifikante Erhöhung der installierten PV-Flächen.**

- Entwicklung und Umsetzung eines Werbekonzeptes für PV-Anlagen im Quartier zugeschnitten auf unterschiedliche Zielgruppen (GHD, Industrie, Wohnungseigentümergeinschaften, öffentliche Gebäude);
- Entwicklung vereinfachter, bzw. standardisierter Mieterstrommodelle in Zusammenarbeit mit Energieversorgern;
- Bewerben von Mieterstrommodellen in Zusammenarbeit mit Wohnungsbau-gesellschaften und Energieversorgern;
- Prüfung von Möglichkeiten zur kommunalen Förderung von PV-Installationen in Bestandsgebäuden;
- Prüfung einer kommunalen Verpflichtung zur PV-Stromerzeugung auf Dächern.

### **12.7.3.3 Durchführung eines integrierten Quartierskonzepts**

Das ISEK sollte durch ein integriertes Quartierskonzept und Sanierungsmanagement entsprechend dem KfW-Förderprogramm 432 „Energetische Stadtsanierung“ ergänzt werden. Als mögliche Handlungsfeldern kommen dabei in Frage:

- Energetische Gebäudesanierung,
- Unterstützung der Wohnbaugesellschaften im Gebiet bei der Durchführung von seriellen Sanierungen in ihrem Gebäudebestand,
- Entwicklung von Strategien zur Warmmieten-Neutralität bei energetischen Sanierungen,
- Energieberatung mit Schwerpunkt Nutzersensibilisierung, private Gebäudebesitzer und WEGs,

- Weitergehende Untersuchung der Umsetzungspotentiale bei der Abwärmee-nutzung aus Rechenzentren,
- Strategieentwicklung Wärmenetze zusammen mit Fernwärmeversorger,
- Stärkung klimaverträglicher Mobilität,
- Freiflächengestaltung und Klimaanpassung im öffentlichen Raum,
- Prüfung von zusätzlichen kommunalen Fördermöglichkeiten.