



**Konzept Plus-Energie-  
Siedlung**

**Für das Baugebiet „Schützengasse/ FC  
Sportplatz“ in der Gemeinde Fürth**

### 8.2.1.3 Förderprojekt

Laufzeit: Dezember 2021 - Februar 2022

E-Netz-Südhessen

Land Hessen



### 8.2.1.3 Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Gemeinde Fürth, E-Netz-Südhessen und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

Auftraggeber

Gemeinde Fürth

Hauptstraße 19  
64658 Fürth

Tel.: +49 6253/2001-70

Ansprechpartner: Herr Volker  
Oehlenschläger

Auftragnehmer

energielenker projects GmbH

Niederlassung Rhein-Main

Robert-Bosch-Straße 5

63303 Dreieich

Tel.: +496103-376698-1

Ansprechpartner: Herr Cannas



### Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personen-bezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

## INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis .....	3
Abbildungsverzeichnis .....	6
Tabellenverzeichnis .....	8
1 Ausgangssituation und Projektansatz.....	10
1.1 SZENARIEN ZUR ENTWICKLUNG DES WOHNBAUGEBIETS.....	12
2 Ermittlung des Energiebedarfs.....	14
2.1 ERMITTLUNG DES WÄRMEBEDARFS .....	14
2.1.1 Energetische Anforderungen an Gebäude.....	16
2.1.2 Thermische Gebäudesimulation.....	21
2.2 ERMITTLUNG DES STROMBEDARFS.....	24
3 Potenzialermittlung zur Nutzung erneuerbarer Energien im Plangebiet.....	26
3.1 PHOTOVOLTAIK .....	26
3.2 ABWÄRME.....	29
4 Wärmeversorgungskonzepte .....	31
4.1 ZENTRALE VERSORGUNGSVARIANTEN .....	32
4.1.1 Variante 1: Warmes Nahwärmenetz – Biomassekessel.....	35
4.1.2 Variante 2: Warmes Nahwärmenetz – Biomassekessel (Cluster Sporthalle u. MFH).....	37
4.1.3 Variante 3: Kaltes Nahwärmenetz – Erdsondenfeld (Cluster Sporthalle u. MFH).....	39
4.2 DEZENTRALE VERSORGUNGSVARIANTEN .....	42
4.2.1 Variante 4: Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	42
4.3 VERGLEICH DER VERSORGUNGSVARIANTEN .....	44
4.3.1 Wirtschaftlicher Vergleich.....	46
4.3.2 Ökologischer Vergleich .....	49
4.3.3 Plus-Energie-Bilanz .....	54
5 Photovoltaikszenerarien.....	57
5.1 STROMSPEICHER VERGLEICH ZENTRAL/DEZENTRAL .....	59
6 Smart Grid .....	63
7 Speichertechnologien.....	65
7.1 WÄRMESPEICHER .....	66

7.2	STROMSPEICHER.....	68
7.3	BEWERTUNG.....	69
8	Betreibermodelle .....	71
8.1	GEMISCHT-WIRTSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT .....	72
8.2	BETREIBERMODELL-CONTRACTING .....	73
8.2.1	Betreibermodelle zentrale Energieversorgung.....	73
8.2.1.1	Nahwärmenetz mit Biomasse.....	73
8.2.1.2	Nahwärme-Cluster-Lösung mit Biomasse .....	77
8.2.1.3	Nahwärme-Cluster-Lösung mit Geothermie.....	77
8.3	BETREIBERMODELLE DEZENTRALE ENERGIEVERSORGUNGSVARIANTE ....	78
9	Zukunftsorientierte Mobilität.....	80
9.1	VARIANTENBETRACHTUNG ZUR REDUKTION DES ENDENERGIEBEDARFES UND DER THG-EMISSIONEN .....	81
9.1.1	Basisszenario „weiter wie bisher“ .....	82
9.1.2	Szenario „vermeiden und verlagern“ .....	83
9.1.3	Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“ .....	84
9.2	ALTERNATIVE ZUM FOSSILEN MOTORISIERTEN INDIVIDUALVERKEHR ....	87
9.2.1	Nahverkehrliche Anbindung .....	87
9.2.2	Anbindung an den öffentlichen Verkehr .....	88
9.2.3	Tempo-Zonierung .....	89
9.2.4	Schaffung von überdachten, hochwertigen Fahrradabstellanlagen im Bereich der Mehrfamilienhäuser .....	90
9.2.5	Quartiersmobilitätsstation.....	90
9.2.6	Installation von „E-Bike-Tankstellen“ .....	91
9.2.7	Förderung von Car- und Bikesharing .....	91
9.3	ÖFFENTLICHE LADEINFRASTRUKTUR .....	92
9.3.1	Nutzung des Stromüberschusses für E-Mobilität.....	93
10	Umsetzungskonzept und Handlungsempfehlungen .....	94
10.1	KOMMUNIKATIONSKONZEPT .....	94
10.1.1	Bestandsaufnahme Motivationslage .....	95
10.1.2	Informations- und Beteiligungsveranstaltungen.....	95
10.1.3	Vor-Ort-Beratungen .....	96
10.1.4	Einbindung der Politik .....	97

10.1.5	Bereitstellung von Informationsunterlagen .....	97
10.2	NUTZERVERHALTEN UND NUTZERSENSIBILISIERUNG.....	98
10.3	FESTSETZUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER BAULEITPLANUNG .....	101
10.3.1	Beispiel: Städtebaulicher Vertrag „In der Rehre Süd“ .....	103
10.4	HANDLUNGSEMPFEHUNG .....	111
10.5	NUTZWERTANALYSE .....	113
11	Literaturverzeichnis .....	115
Anhang	.....	116

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1.1: Gemeindebauliches Konzept „Schützengasse/ FC Sportplatz“ .....	11
Abbildung 1.2: Szenarien zur Entwicklung der Haushaltsstruktur im Plangebiet „Schützengasse/ FC Sportplatz“ .....	13
Abbildung 2.1: Darstellung der Gebäudetypenzuweisung des Neubaugebiets.....	15
Abbildung 2.2: Übersicht der Anforderungswerte des Referenzgebäudes für ein Wohngebäude .....	17
Abbildung 2.3: Exemplarische Darstellung KfW 40 plus Effizienzhaus .....	18
Abbildung 2.4: Kostenvergleich GEG, KfW 40 / KfW 40 Plus .....	19
Abbildung 2.5: Durchschnittliche Außentemperatur Fürth (Odenwald) .....	21
Abbildung 2.6: Wärmegewinne und Wärmeverluste .....	22
Abbildung 2.7: Behaglichkeit Raumklima in einem Wohnraum im Erdgeschoss (Südausrichtung).....	23
Abbildung 2.8: Energiebedarf des Baugebietes „Schützengasse / FC Sportplatz“ .....	25
Abbildung 3.1: Durchschnittliche Strahlungsintensität, Fürth (Odenwald) .....	26
Abbildung 3.2: Auszug aus dem Solarpotenzialkataster des Landes Hessen für Fürth (Odenwald)....	27
Abbildung 3.3: Einfamilienhaus mit Süd-Ost-Ausrichtung (links) und Mehrfamilienhaus mit Ost- West Ausrichtung (rechts).....	27
Abbildung 3.4: Sporthalle (Bestandsgebäude) mit PV Belegung.....	28
Abbildung 3.5: Aufbauprinzip eines Solargründaches .....	29
Abbildung 4.1: Darstellung Bilanzgrenze für den Vergleich der zentralen Versorgungsvarianten .....	33
Abbildung 4.2: Bildliche Darstellung eines kalten Nahwärmenetzes .....	34
Abbildung 4.3: Potenzieller Verlauf und Vordimensionierung eines warmen Nahwärmenetzes.....	35
Abbildung 4.4: Potenzieller Verlauf eines warmen Nahwärmenetzes .....	38
Abbildung 4.5: Kaltes Nahwärmnetz mit Erdsondenfeld (energielenker projects GmbH, 2022) .....	40
Abbildung 4.6: Potenzieller Verlauf eines warmen Nahwärmenetzes .....	41
Abbildung 4.7: Versorgungsschema Luft-Wasser-Wärmepumpe .....	43
Abbildung 4.8: Variantenvergleich kostendeckender Wärmepreis (Vollkostenrechnung) aus Endkundensicht .....	48
Abbildung 4.9: Verlauf des CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor des deutschen Strommix seit 1990 .....	50
Abbildung 4.10: Grafische Darstellung CO <sub>2</sub> -Emissionen des Gesamtgebiets (WG und NWG) nach Wärmeversorgung und Haushaltsstrom gegenüber potenziellen PV-Erträgen. ....	52
Abbildung 4.11: Variantenvergleich jährlicher Primärenergiebedarf für Wärme und Haushaltsstrom (WG und NWG) .....	54
Abbildung 4.12: Auswertung Plus-Energie-Bilanz.....	56
Abbildung 5.1: Darstellung der theoretischen Amortisationszeit der dezentralen Speicher durch monatliche Kosten für zentralen Speicher - 0 Energie Szenario .....	62

Abbildung 5.2: Darstellung der theoretischen Amortisationszeit der dezentralen Speicher durch monatliche Kosten für zentralen Speicher - Plus Energie Szenario .....	62
Abbildung 6.1: Grafische Zusammenfassung Smart Grid .....	63
Abbildung 7.1: Überblick Speichertechnologien, gestrichelt: Für Eigenheime und Quartiere relevant.....	66
Abbildung 8.1: Mögliche Ausgestaltung eines Betreibermodells mittels Projektgesellschaft (energielenker projects GmbH, 2022).....	72
Abbildung 8.2: Laden mit statischen Lastmanagement, Quelle: (energielenker projects GmbH, 2022).....	76
Abbildung 8.3: Laden mit dynamischen Lastmanagement, Quelle: (energielenker projects GmbH, 2022).....	76
Abbildung 9.1: Bausteine nachhaltiger Mobilität .....	80
Abbildung 9.2: Relevante Akteure im Bereich nachhaltige Mobilitätsentwicklung im Quartier .....	81
Abbildung 9.3: Modal-Split des Raumtyps „ländliche Region- städtischer Raum“ [eigene Darstellung, Datengrundlage: MiD 2017] .....	82
Abbildung 9.4: Endenergieverbrauch (links) und THG-Emissionen (rechts) des Verkehrs .....	83
Abbildung 9.5: Szenarien im Vergleich – THG-Emissionen .....	85
Abbildung 9.6: Szenarien im Vergleich – Endenergiebedarf.....	86
Abbildung 9.7: Fußläufig erreichbare Ziele im Umfeld des Quartiers [eigene Darstellung, Kartengrundlage OSM] .....	88
Abbildung 9.8: Ausschnitt aus dem Liniennetzplan für die Region Odenwald .....	89
Abbildung 9.9: Tempo-Zonierungen im Quartier Schützengasse / FC Sportplatz.....	90
Abbildung 9.10: Parkplatz „Sporthalle“ als Standort für Ladeinfrastruktur (Ausschnitt Bebauungsplan) .....	92
Abbildung 10.1: Einflussfaktoren auf Gebietsentwicklungs-Entscheidungen.....	95
Abbildung 10.2: Einbindung der Politik .....	97
Abbildung 10.3: Haushaltsstrombedarf des Gesamtgebiets in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens.....	99
Abbildung 10.4: Prinzip der Hüllkurve (Stadt Hannover, Bebauungsplan Nr. 1522- „In der Rehre Süd“).....	102
Abbildung 10.5: Plandarstellung Bebauungsplan „In der Rehre Süd“ – Festsetzung der Hauptrichtung und der Baulinie .....	102
Abbildung 10.6: Anpassungsbedarfe aufgrund der solaren Simulation, Quelle: Zwischenpräsentation vom 10.01.2022.....	110
Abbildung A.1: Variantenvergleich Investition aus Endkundensicht .....	119
Abbildung A.2: Variantenvergleich Jahresheizkosten aus Endkundensicht.....	119

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1.1:	Annahmen Szenarien Haushaltsstruktur .....	12
Tabelle 1.2:	Szenarien zur Verteilung der Haushaltsstruktur in Prozent und Anzahl der Bewohner im Plangebiet (energielenker projects GmbH, 2022) .....	12
Tabelle 2.1:	Anzahl der Wohngebäudetypen im Plangebiet und energetische Nutzflächen .....	14
Tabelle 2.2:	Wärmebedarf pro Gebäudetyp nach GEG .....	15
Tabelle 2.3:	Wärmebedarf pro Gebäudetyp nach KfW 40 / 40 Plus .....	16
Tabelle 2.4:	Jahresstrombedarf nach Effizienzstandards .....	16
Tabelle 2.5:	Dämmaufwand GEG, KfW 40.....	19
Tabelle 2.6:	Übersicht der möglichen Fördermittel nach BEG (KfW), .....	20
Tabelle 2.7:	Ansichten des beispielhaften EFH-Musterhauses.....	21
Tabelle 2.8:	Bauteile und Massen des Musterhauses nach KfW 40.....	22
Tabelle 2.9:	Behaglichkeitsstunden für einen Wohnraum im Beispielhaus.....	23
Tabelle 2.10:	Strombedarf .....	24
Tabelle 2.11:	Gesamtenergiebedarf .....	25
Tabelle 3.1:	Potenzialermittlung Photovoltaik .....	28
Tabelle 4.1:	Durchschnittliche Gebäudetypen als Berechnungsgrundlage (KfW40-Effizienzhaus) .....	31
Tabelle 4.2:	Übersicht der Gebäudetypen in den Versorgungsvarianten .....	32
Tabelle 4.3:	Vor- und Nachteile eines warmen Netzes im Vergleich zu einem kalten Netz .....	34
Tabelle 4.4:	Konzeption und Grobdimensionierung für Variante 1 .....	36
Tabelle 4.5:	Konzeption und Grobdimensionierung für Variante 2 .....	38
Tabelle 4.6:	Konzeption und Grobdimensionierung für Variante 3 .....	41
Tabelle 4.7:	Konzeption und Grobdimensionierung Luft-Wasser-Wärmepumpe .....	43
Tabelle 4.8:	Förderprogramm Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	44
Tabelle 4.9:	Energiestandards von Gebäuden (Quelle: www.kfw.de) .....	46
Tabelle 4.10:	Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	47
Tabelle 4.11:	Wirtschaftlicher Vergleich der Wärmeversorgungsvarianten in Abhängigkeit des Gebäudetyps .....	47
Tabelle 4.12:	Variantenvergleich jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionen im Gesamtgebiet für Wärme und Haushaltsstrom.....	51
Tabelle 4.13:	Variantenvergleich jährlicher Primärenergiebedarf im Gesamtgebiet für Wärme und Haushaltsstrom.....	53
Tabelle 4.14:	Auswertung Plus-Energie-Bilanz Gesamtgebiet .....	55
Tabelle 5.1:	Anforderungen an die Gebäudeausrüstung für KfW 40 Plus Standard.....	57
Tabelle 5.2:	Photovoltaikszenerarien für EFH Luft-Wasser-Wärmepumpe .....	58

Tabelle 5.3:	Photovoltaiksznarien für DHH Luft-Wasser-Wärmepumpe.....	58
Tabelle 5.4:	Photovoltaiksznarien für MFH Sole-Wasser-Wärmepumpe .....	59
Tabelle 5.5:	Tarife zentraler Quartierspeicher (Entega AG,2022) .....	60
Tabelle 5.6:	Vergleich 0-Energie-Szenario dezentraler/zentraler Stromspeicher aus Sicht der Gebäudebesitzer.....	60
Tabelle 5.7:	Vergleich Plus-Energie-Szenario dezentraler/zentraler Stromspeicher aus Sicht der Gebäudebesitzer.....	60
Tabelle 7.1:	Praxisbeispiele für Quartierseisspeicher .....	67
Tabelle 8.1:	Übersicht unterschiedlicher Betreibermodelle .....	71
Tabelle 9.1:	Basisszenario - verkehrsbezogener Endenergie-, Primärenergieverbrauch und THG-Emissionen nach Kraftstoffen .....	83
Tabelle 9.2:	Szenario „vermeiden und verlagern“ - verkehrsbezogener Endenergie-, Primärenergieverbrauch und THG-Emissionen nach Kraftstoffen .....	84
Tabelle 9.3:	Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“ - verkehrsbezogene Endenergie-, Primärenergieverbrauch und THG-Emissionen .....	85
Tabelle 9.4:	Szenarien im Vergleich THG-Emissionen nach Energieträgern, Angaben in t.....	86
Tabelle 9.5:	Szenarien im Vergleich Endenergiebedarfe nach Energieträgern, Angaben in MWh/a .....	86
Tabelle 9.6:	Gegenüberstellung Stromüberschuss und Strombedarf Elektromobilität .....	93
Tabelle 10.1:	Einflussbereiche durch Nutzerverhalten und energieeinsparende Beispiele.....	100
Tabelle 10.2:	Einflussgrößen zum Klimaschutz und deren Festsetzungsmöglichkeiten und Rechtsgrundlagen.....	104
Tabelle 10.3:	Mindestanforderung elektrisch betriebener Wärmepumpen gemäß BEG, Quelle: BAFA.....	108
Tabelle 10.4:	Entscheidungsmatrix .....	114
Tabelle A.1:	CO <sub>2</sub> Emissionsfaktoren in g CO <sub>2</sub> -Äquivalent pro kWh .....	116
Tabelle A.2:	Primärenergiefaktoren nicht erneuerbarer Anteil .....	117
Tabelle A.3:	Annahme und Berechnungsgrundlage.....	118
Tabelle A.4:	Gegenüberstellung der zentralen Versorgungsvarianten für die Gebäudestandards nach KfW 40 .....	120
Tabelle A.5:	Ablaufplan der Umsetzungskonzept Variante 2: Warmes Nahwärmenetz - Biomassekessel .....	121

## 1 AUSGANGSSITUATION UND PROJEKTANSATZ

Ein Ziel der Bundesregierung Deutschland ist es, den Primärenergieverbrauch bis 2045 gegenüber 2008 um 50 % zu senken. Aktuell können fast 43 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen wie Wind, Sonne, Wasser oder Biomasse gewonnen werden. Neben der Wende in der Stromproduktion, rückt der Energiebedarf im Gebäudebereich mehr und mehr in den Vordergrund. Der Gebäudebereich und damit insbesondere der Energieeinsatz in den eigenen vier Wänden für Heizung und Warmwasser, hat einen Anteil von ca. 35 % am gesamten Endenergieverbrauch der Bundesrepublik. Kernziel ist es, diese Bedarfe zunehmend mit erneuerbaren Energien und effizient zu decken.

Demzufolge hat sich das Bundesland Hessen zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2045 den Energiebedarf für Strom und Wärme ausschließlich aus erneuerbaren Energien zu decken. Die Gemeinde Fürth orientiert sich an diesem Ausbauziel und möchte die Entwicklung eines innovativen, energetischen Konzeptes anstreben, um die Klimaschutzziele auf kommunaler Ebene zu fördern und eine Entscheidungsgrundlage für Investitionen im Energie- und Baubereich zu bilden.

Die geplante Baugebiet „Schützengasse/FC Sportplatz“ in der Gemeinde Fürth befindet sich innerhalb der Kerngemeinde Fürth nahe dem Ortskern. Auf der Fläche, die zum größten Teil auf dem ehemaligen FC-Sportgelände bzw. dem Gelände des TV Fürth liegt, soll ein beispielhaftes Wohngebiet entstehen, das den hohen energetischen Standard mit ökologischen, wirtschaftlichen und vor allem auch gesellschaftlichen Ziele verbindet. Das Plangebiet „Schützengasse/FC Sportplatz“ stellt eine zusammenhängende Baugebietsfläche dar, welche zentral im Siedlungskörper der Gemeinde Fürth liegt. Die umliegenden Flächen sind überwiegend mit Einfamilienhäusern und kleineren Mehrfamilienhäusern bebaut. Die Erschließung des Baugebietes erfolgt über zwei Zufahrten über die Schützengasse sowie über die Gerhart-Hauptmann-Straße (s. Abbildung 1.1).

Der städtebauliche Entwurf (Stand 02.09.2020) sieht eine Bebauung mit zweigeschossigen Einzelhäusern (7), Doppelhaushälften (14) sowie zwei Mehrfamilienhäuser vor. Insgesamt sollen im Baugebiet 23 Gebäude für ca. 130 Bewohner entstehen.

Im Rahmen des vorliegenden Energieversorgungskonzeptes wurden für das Plangebiet verschiedene Energieversorgungslösungen ausgearbeitet und konzeptionell entwickelt. Der Schwerpunkt lag in der Erarbeitung von Maßnahmen zum Einsatz erneuerbarer Energien, unter der Zielsetzung eine positive Energiebilanz zu erreichen (Plus-Energie-Standard). Neben dem Aufzeigen von Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz in der Strom- und Wärmeversorgung enthält das Energieversorgungskonzept eine nachhaltige Verkehrskonzeption in drei Varianten sowie umsetzungsorientierte Maßnahmen- und Handlungsempfehlungen.

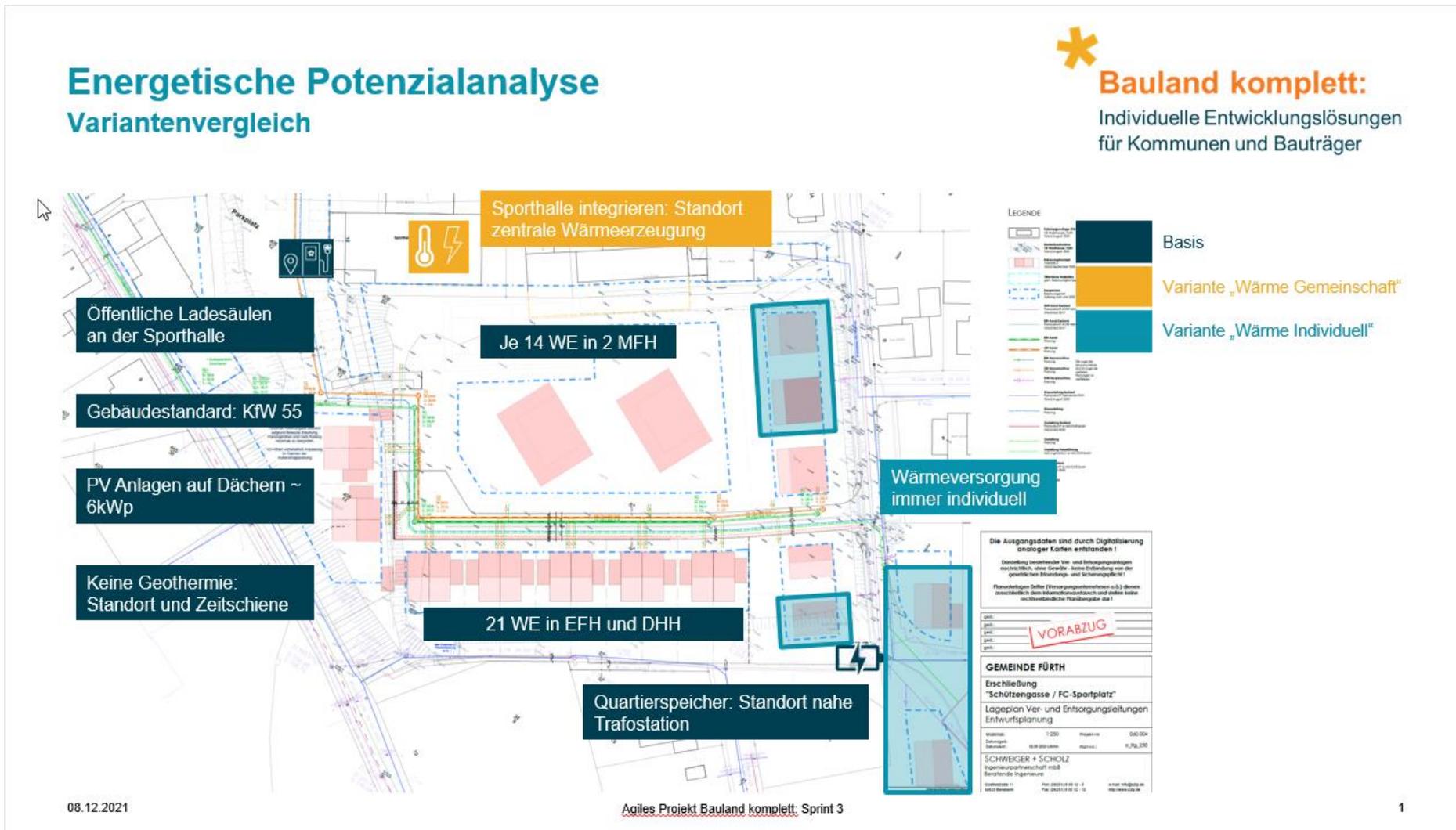


Abbildung 1.1: Gemeindebauliches Konzept „Schützengasse/ FC Sportplatz“ (Quelle: Gemeinde Fürth; Schwenger + Scholz & E-Netz-Südhessen, Stand: 02.09.2020)

## 1.1 SZENARIEN ZUR ENTWICKLUNG DES WOHNBAUGEBIETS

Um Rückschlüsse auf die Anzahl der Haushalte der geplanten Gebäude und auf die Haushaltsgröße zu erhalten, wurden im Rahmen des Energieversorgungskonzepts drei Szenarien zur Entwicklung des Wohngebiets „Schützengasse/FC Sportplatz“ erarbeitet. Dabei wurden drei Szenarien auf der Grundlage des städtebaulichen Konzepts (u. a. vorgesehene Gebäudetypen) mit folgenden Annahmen entwickelt. Die Tabelle 1.1 und Tabelle 1.2 geben eine Übersicht der drei Szenarien zur Verteilung der Haushaltsstruktur und Anzahl der Bewohner im Wohngebiet „Schützengasse / FC Sportplatz“:

Tabelle 1.1: Annahmen Szenarien Haushaltsstruktur (energielenker projects GmbH, 2022)

<b>Einpersonenhaushalt-Szenario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoher Anteil an Einpersonenhaushalten (z. B. Studenten, Senioren)</li> <li>▪ Begünstigt durch die Realisierung von kleineren Wohnungen innerhalb der Geschosswohnungsbauten (z. B. Studenten- und Seniorenwohnungen)</li> </ul>
<b>Basisszenario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchmischte Bewohner - und Haushaltsstruktur (Ein- und Mehrpersonenhaushalte)</li> <li>▪ Begünstigt durch das ausgewogene Verhältnis zwischen Ein- und Doppelhäusern, Reihenhäusern und Geschosswohnungsbau</li> <li>▪ Begünstigt durch Wohnungen und Gebäude die zukünftig eine modulare Nutzung durch flexible Grundrisse mit variabler Nutzung von Flächen ermöglichen</li> </ul>
<b>Mehrpersonenhaushalt-Szenario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoher Anteil an großen Haushalten durch z. B. Familien, Wohngruppen</li> <li>▪ Begünstigt durch die Realisierung von großen Wohnraumflächen für Familien oder gemeinschaftliche Wohnprojekte</li> </ul>

Tabelle 1.2: Szenarien zur Verteilung der Haushaltsstruktur in Prozent und Anzahl der Bewohner im Plangebiet (energielenker projects GmbH, 2022)

	<b>Einpersonenhaushalt-Szenario</b>	<b>Basisszenario</b>	<b>Mehrpersonenhaushalt-Szenario</b>
1-Personenhaushalte	57,0%	36,6%	16,33%
2-Personenhaushalte	30,0%	36,5%	28,57%
3-Personenhaushalte	8,0%	13,1%	28,57%
4-Personenhaushalte	5,0%	13,9%	26,53%
<b>Anzahl Bewohner gesamt</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>130</b>

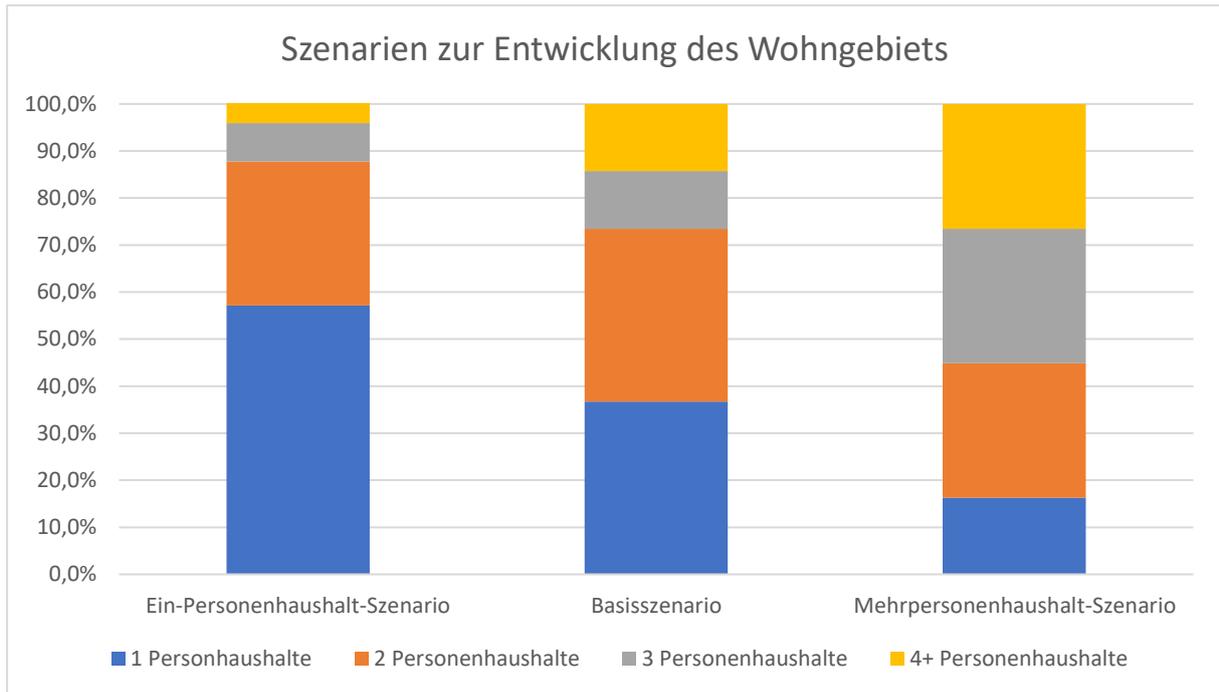


Abbildung 1.2: Szenarien zur Entwicklung der Haushaltsstruktur im Plangebiet „Schützengasse/ FC Sportplatz“ (energielenker projects GmbH, 2022)

Zur Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs wurde die Haushaltsverteilung aus dem Mehrpersonenhaushalt-Szenario herangezogen. Demnach leben zukünftig im Plangebiet 130 Personen in 49 Haushalten.

## 2 ERMITTLUNG DES ENERGIEBEDARFS

Die Berechnung des Jahreswärmebedarfes erfolgt über die energetische Nutzfläche und den spezifischen Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudes. Der Nutzwärmebedarf für das Trinkwarmwasser wird nach Tabelle 4 der DIN V 18599-10: 2011-12 angesetzt. Die Ermittlung des Wärmebedarfs wird aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) abgeleitet und auf der mittels des Softwareprogramms Energieberater 3D PLUS der Firma Hottgenroth gemäß der DIN V 18599 berechnet.

Nach der Berechnungsmethodik der DIN V 18599 wird der Verbrauch einer bestimmten Energiemenge von Strom und Wärme ermittelt, die z.B. in einem Gebäude zur Beheizung, zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser oder zur Beleuchtung des Raums benötigt wird. Diese Energiemenge wird unter der Verwendung von standardisierten Randbedingungen rechnerisch ermittelt und als Energiebedarf gekennzeichnet. Beim Energiebedarf wird das Nutzerverhalten der Bewohner bzw. der Endverbraucher nicht berücksichtigt, daher muss der Haushaltsstrombedarf hinzugezogen werden.

### 2.1 ERMITTLUNG DES WÄRMEBEDARFS

Der Gesamtenergiebedarf des Wohngebiets setzt sich aus dem Wärme- und Strombedarf zusammen. Der Wärmebedarf ergibt sich aus dem jeweiligen energetischen Standard des Gebäudes. Für das Plangebiet werden folgende Gebäudestandards berücksichtigt: Gebäude nach Mindestanforderungen des GEG und die Effizienzhäuser nach KfW 40 und KfW 40 plus. Ein KfW-Effizienzhaus ist ein Wohngebäude, welches einen bestimmten Standard in Sachen Energieeffizienz erfüllt. Ein KfW-Effizienzhaus 40 benötigt beispielsweise 60% weniger Energie als das Gebäudeenergiegesetz vorgibt. Für die Gebäudestandards nach GEG, KfW 40 und KfW 40 plus ergeben sich folgende Gesamtenergiebedarfe.

Die folgende Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Plangebäude, inkl. der energetischen Nutzfläche, zur Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs.

Tabelle 2.1: Anzahl der Wohngebäudetypen im Plangebiet und energetische Nutzflächen (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäudetyp	Gebäude Anzahl	Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]
Einfamilienhaus 1	1	203
Einfamilienhaus 2	1	212
Einfamilienhaus 3	2	125
Einfamilienhaus 4	3	163
Doppelhaus 1	5	194
Doppelhaus 2	2	375
großes Mehrfamilienhaus	2	1264
Sporthalle (Bestandsgebäude)	1	2.320

Die Wohnfläche der jeweiligen Gebäude ist auf Grundlage der Grundstücksgrößen und der Geschossflächenanzahl des Bebauungsplans bestimmt. Abbildung 2.1 zeigt die Zuweisung der entsprechend Gebäudetypen aus Tabelle 2.1.

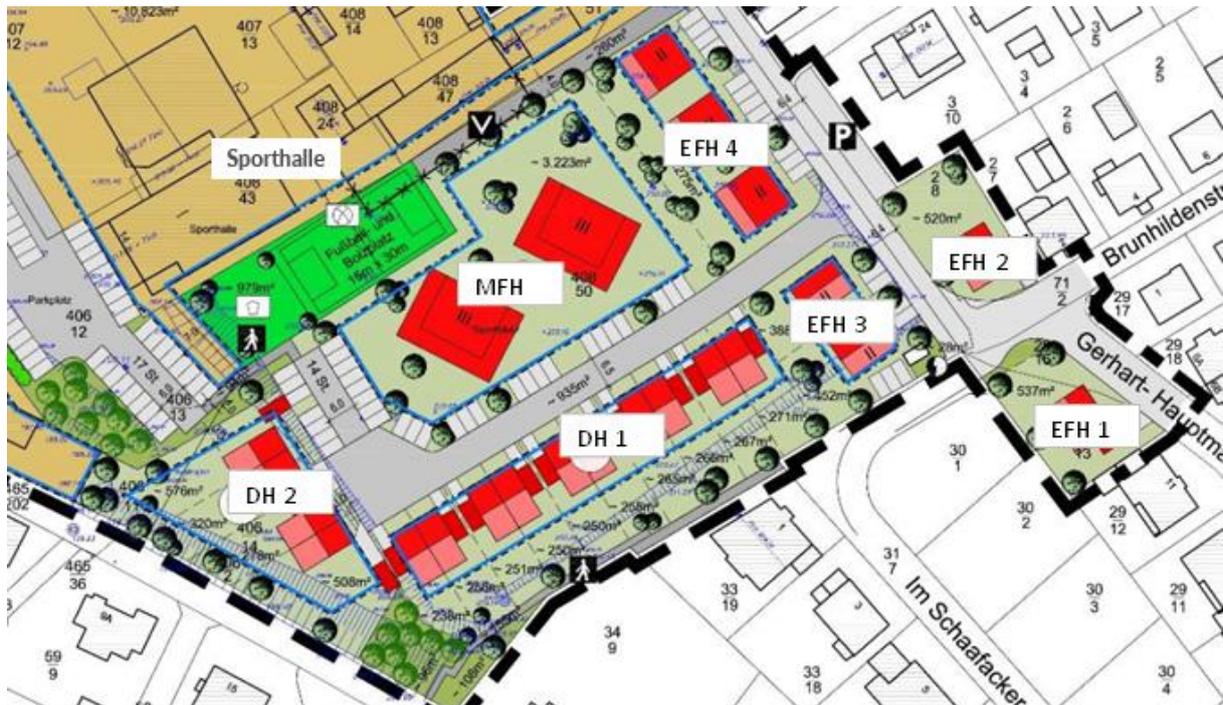


Abbildung 2.1: Darstellung der Gebäudetypenzuweisung des Neubaugebiets (energielenker projects GmbH, 2022)

Die Ermittlung des spezifischen Wärmebedarfs erfolgt wie bereits beschrieben anhand der Berechnung gem. DIN V 18599 für ein beispielhaftes Ein- und Mehrfamilienhaus. Sowie für eine beispielhafte Doppelhaushälfte. Die Einfamilienhäuser vom Gebäudetyp „Einfamilienhaus 3“ werden aufgrund der geringen Größe als Doppelhaushälfte gewertet.

Der Wärmebedarf für die unterschiedlichen Gebäude ergibt sich dabei aus dem Wärmebedarf für Trinkwarmwasser, dem Wärmebedarf für die Heizung und Lüftung und ist für Mindestanforderungen des GEG und den Energiestandards der KfW (40 und 40 plus) in den beiden nachfolgenden Tabellen aufgeführt (s. Tabelle 2.2 bis Tabelle 2.4). Eine aktive Klimatisierung des Gebäudes ist nicht vorgesehen.

Tabelle 2.2: Wärmebedarf pro Gebäudetyp nach GEG (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäude	Gebäudeanzahl	Energ. Nutzfläche	Spez. Wärmebedarf GEG	Jahreswärmebedarf GEG pro Gebäude	Jahreswärmebedarf GEG gesamt
EFH	5	173 m <sup>2</sup>	60 kWh/m <sup>2</sup> a	10.380 kWh/a	51.900 kWh/a
DHH	16	131 m <sup>2</sup>	60 kWh/m <sup>2</sup> a	7.860 kWh/a	125.760 kWh/a
MFH (3 Geschosse)	2	1.331 m <sup>2</sup>	58 kWh/m <sup>2</sup> a	77.198 kWh/a	154.396 kWh/a
Sporthalle (Bestandsgebäude)	1	2.320 m <sup>2</sup>	134 kWh/m <sup>2</sup> a	311.065 kWh/a	311.065 kWh/a
<b>Summe</b>	<b>24</b>	<b>3.955 m<sup>2</sup></b>		<b>406.503 kWh/a</b>	<b>643.121 kWh/a</b>

Tabelle 2.3: Wärmebedarf pro Gebäudetyp nach KfW 40 / 40 Plus (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäude	Gebäudeanzahl	Energ. Nutzfläche	Spez. Wärmebedarf KfW 40 (plus)	Jahreswärmebedarf KfW 40 (plus) pro Gebäude	Jahreswärmebedarf KfW 40 (plus)gesamt
EFH	5	173 m <sup>2</sup>	40 kWh/m <sup>2</sup> a	6.932 kWh/a	34.660 kWh/a
DHH	16	131 m <sup>2</sup>	40 kWh/m <sup>2</sup> a	5.220 kWh/a	83.520 kWh/a
MFH (3 Geschosse)	2	1.331 m <sup>2</sup>	39 kWh/m <sup>2</sup> a	51.568 kWh/a	103.136 kWh/a
Sporthalle (Bestandsgebäude)	1	2.320 m <sup>2</sup>	134 kWh/m <sup>2</sup> a	311.065 kWh/a	311.065 kWh/a
<b>Summe</b>	<b>24</b>	<b>3.955 m<sup>2</sup></b>		<b>374.785 kWh/a</b>	<b>532.381 kWh/a</b>

In Summe ergibt sich für das Baugebiet inklusive der Sporthalle aus dem Bestand ein Jahreswärmebedarf von ca. 643.121 kWh/a. Analog dazu ergeben sich die Werte für die energetischen Standards „KfW-Effizienzhaus 40 / 40 plus“ mit 532.381 kWh/a (s. Tabelle 2.4). Mit der Wahl des Effizienzhauses 40 können somit jährlich ca. 110.740 kWh/a eingespart werden.

Tabelle 2.4: Jahresstrombedarf nach Effizienzstandards (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäude	Personen pro Haushalt	spez. Verbrauch	Anzahl der Haushalte ca.:	Haushaltsstrom Verbrauch
EFH/DHH	1 Personen	2.000 kWh/a	0	0 kWh/a
	2 Personen	2.800 kWh/a	2	5.600 kWh/a
	3 Personen	3.400 kWh/a	6	20.400 kWh/a
	4 Personen	3.700 kWh/a	13	48.100 kWh/a
MFH	1 Personen	1.200 kWh/a	8	9.600 kWh/a
	2 Personen	1.800 kWh/a	12	21.600 kWh/a
	3 Personen	2.200 kWh/a	8	17.600 kWh/a
	4 Personen	2.500 kWh/a	0	0 kWh/a
Sporthalle	-	-	-	27.533 kWh/a
<b>Summe</b>				<b>150.433 kWh/a</b>

### 2.1.1 Energetische Anforderungen an Gebäude

Um den Energiebedarf und somit auch die Treibhausgas-Emissionen von Gebäuden möglichst gering zu halten, existiert das Gebäudeenergiegesetz, welches das Energieeinspargesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zusammenführt. Das GEG ist ein Instrument der Energie- und Klimaschutzpolitik der Bundesregierung auf Basis des Energieeinsparungsgesetzes und verringert durch bestimmte Vorgaben so schrittweise den Energieverbrauch von Gebäuden. Das GEG enthält Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden. Sie bezieht sich auf Hüllflächen sowie Anlagentechnik und soll im Kontext der Energiewende



Mindestanforderungen des GEG erfüllt und sich in Geometrie und Nutzung des zu betrachtenden Gebäudes gleicht. Im Vergleich zum Referenzgebäude benötigt das Effizienzhaus 40 nur 40 % der Primärenergie. Zudem liegt der Transmissionswärmeverlust bei 55 %. Der bauliche Wärmeschutz ist somit ebenfalls um 45 % besser als vom Referenzgebäude. Das Effizienzhaus 40 plus ist ein Effizienzhaus 40 mit zusätzlicher technischer Ausstattung:

- Die Anforderungen an die Erneuerbaren-Energien-Klasse müssen erfüllt sein<sup>2</sup>
- Stromerzeugende Anlage die auf erneuerbaren Energien basiert.
- Stromspeicher in Form eines stationären Batteriespeichersystems
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Benutzer-Interface, das Stromerzeugung und Stromverbrauch dokumentiert und visualisiert



Abbildung 2.3: Exemplarische Darstellung KfW 40 plus Effizienzhaus (Quelle: [www.KfW.de](http://www.KfW.de))

Für die Erreichung der energetischen Anforderungen an ein Effizienzhaus 40 (plus) gibt es unterschiedliche Maßnahmen. Jedoch sollte ein Wärmeerzeuger auf Basis regenerativer Energien (Wärmepumpe, Pellets, reg. Nahwärme, usw.) sowie eine PV-Anlage zur regenerativen Stromerzeugung vorhanden sein. Wärmeerzeuger auf Basis des Energieträgers Öl sollten in Neubauten nicht mehr installiert werden (Verbot von Ölheizungen in Neubauten ab 2026). Zudem sollte das Gebäude über eine gewisse Luftdichtheit und Wärmebrückenfreiheit nach den Vorgaben der KfW verfügen (KfW Förderprogramm 261,461). Mit solchen Förderprogrammen soll der Reiz gesetzt werden, Energieeffizient zu bauen und zu sanieren. Die Förderprogramme für Sanierung sowie Neubau sollen noch in diesem Jahr, allerdings mit gedeckelten Haushaltsmitteln erneut öffnen. Ausgenommen dabei ist die Förderung nach einem Effizienzhaus 55.

Die zusätzlichen Anforderungen an den Dämmstandard für die Außenhülle (Außenwand, Dach, Fenster) sind mit etwas Aufwand zu erreichen. Die folgende Tabelle und Grafik zeigen exemplarisch den Mehraufwand und die Mehrkosten für ein Einfamilienhaus, um den Effizienzhausstandard KfW 40 und KfW 40 plus zu erreichen.

---

<sup>2</sup> Wärmebedarf muss zu mindestens 55% aus erneuerbaren Energien gedeckt werden

Tabelle 2.5: Dämmaufwand GEG, KfW 40

Bauteil	Ausführung nach GEG	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Ausführung nach KfW 40 (plus)	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
Außenwand	Zweischaliges Mauerwerk mit 12 cm Mineralwolle (0,035 W/mK)	0,24	Zweischaliges Mauerwerk mit 20 cm Kerndämmung Mineralwolle (0,032 W/mK)	0,15
Fenster	Zweischeibenverglasung	1,20	Dreischeibenverglasung	0,80
Satteldach	14 cm Zwischensparrendämmung (0,040 W/mK)	0,20	26 cm Zwischensparrendämmung (0,032 W/mK) + 8cm Untersparrendämmung (0,035 W/mK)	0,11
Bodenplatte	6 cm Dämmung (0,035 W/mK)	0,32	12 cm Dämmung (0,035 W/mK)	0,15

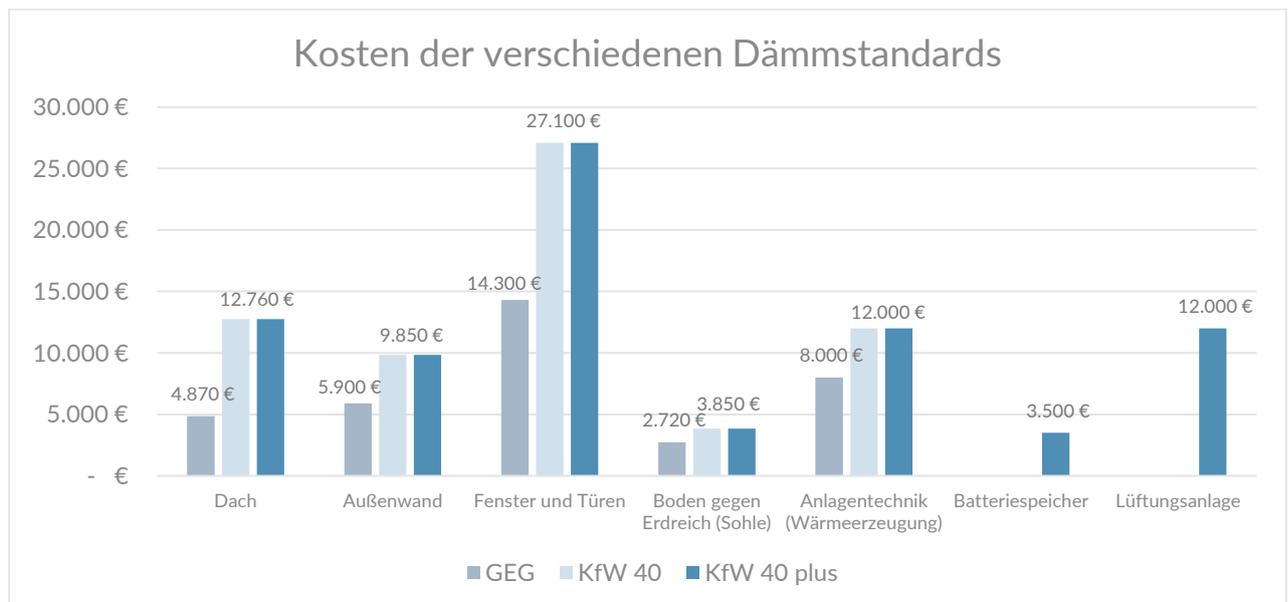


Abbildung 2.4: Kostenvergleich GEG, KfW 40 / KfW 40 Plus

Die entstehenden Mehrkosten für einen KfW 40 Standard können durch das oben genannte Förderprogramm in Form eines Kredites mit Zuschuss (Programm Nr. 261) oder über einen direkten Zuschuss (Programm Nr. 461) der KfW teilweise aufgefangen werden. Wird für ein Gebäude der KfW-Effizienzhausstandard 40 erreicht, gewährt die KfW einen Tilgungszuschuss von bis zu 20% auf 120.000 Euro je Wohneinheit. So werden dann 24.000 Euro je Wohneinheit gefördert. Erfolgt die Wärmeversorgung dann noch zu einem Anteil von mind. 55% aus erneuerbarer Energie, ist es möglich von der Erneuerbaren-Energie-Klasse (EE-Klasse) Gebrauch zu machen. Der Zuschuss erhöht sich dann auf 22,5% von 150.000 Euro je Wohneinheit und so werden dann bis zu 33.750 Euro je Wohneinheit in dieser Kategorie gefördert. So können die Mehrkosten für ein Effizienzhaus 40 in Höhe von ca. 30.000 € vollständig aufgefangen werden.

Die Mehrkosten für ein KfW 40 Effizienzhaus plus betragen gegenüber den Mindestanforderungen ca. 45.270 €. Ein Effizienzhaus 40 plus wird mit 25 % von 150.000 € je Wohneinheit gefördert. Somit beträgt der maximale Tilgungszuschuss hier 37.500 €. Zudem hat dieses Gebäude den Vorteil durch sehr geringe Betriebskosten.

In der folgenden Tabelle befindet sich die Übersicht der Fördermittel zum Stand 24.01.2022. Da das Förderprogramm derzeit überarbeitet wird, kann es sein, dass es in Zukunft zu anderen Förderkonditionen kommen wird.

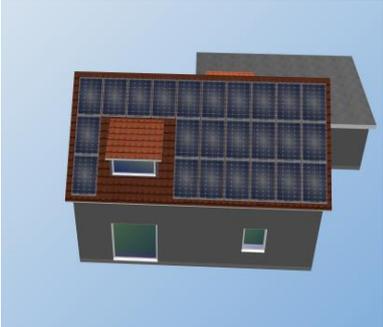
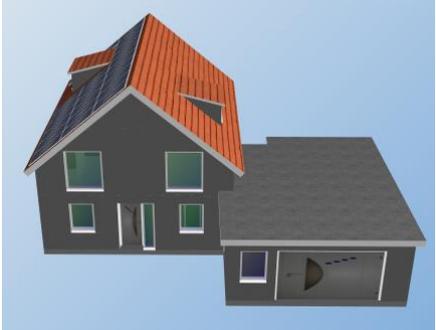
Tabelle 2.6: Übersicht der möglichen Fördermittel nach BEG (KfW), (energielenker projects GmbH, 2022)

<b>Effizienzhaus Standard</b>	<b>Zuschuss</b>	<b>Zuschuss mit NH- oder EE-Klasse</b>
<del>Effizienzhaus 55</del>	<del>15 %* auf 120.000€/WE</del>	<del>17,5 %* auf 150.000€/WE</del>
Effizienzhaus 40	20 % * auf 120.000€/WE	22,5 % * auf 150.000€/WE
+ Erneuerbare Energien-Klasse	+2,5 %	Mind. 55 % Wärme aus EE
+Nachhaltigkeitsklasse		Nachhaltigkeitszertifizierung (BNB/DGNB)
Effizienzhaus 40 Plus	25 % * auf 150.000€/WE	Plus-Paket (PV, Speicher, etc.)

## 2.1.2 Thermische Gebäudesimulation

Zur besseren Bewertung der energetischen Gebäudestandards wurde für das Plangebiet eine thermische Gebäudeanalyse anhand von dreidimensionalen virtuellen Musterhäusern durchgeführt. Beispielhaft soll die Vorgehensweise an einem Musterhaus (Einfamilienhaus) aufgezeigt werden. Es handelt sich um ein Einfamilienhaus mit Satteldach und das Gebäude entspricht einem KfW 40 Standard mit Einhaltung der Erneuerbaren-Energien-Klasse. Der Wohnraum im Erdgeschoss und die Photovoltaik-Anlage auf dem Dach ist Südost ausgerichtet. Die Fenster sind mit einem außenliegenden Sonnenschutz versehen.

Tabelle 2.7: Ansichten des beispielhaften EFH-Musterhauses (energielenker projects GmbH, 2022)

		
Musterhaus Ansicht Süd	Musterhaus Ansicht Südost	Musterhaus Ansicht Nordwest
Nutzfläche: 173,3 m <sup>2</sup>   Hüllfläche 405,9 m <sup>2</sup>   Volumen 541,7 m <sup>3</sup>   Geschosshöhe 2,60 m		

### Temperaturverlauf:

Folgende Klimadaten standen für den Standort in Fürth (Odenwald) zur Verfügung.

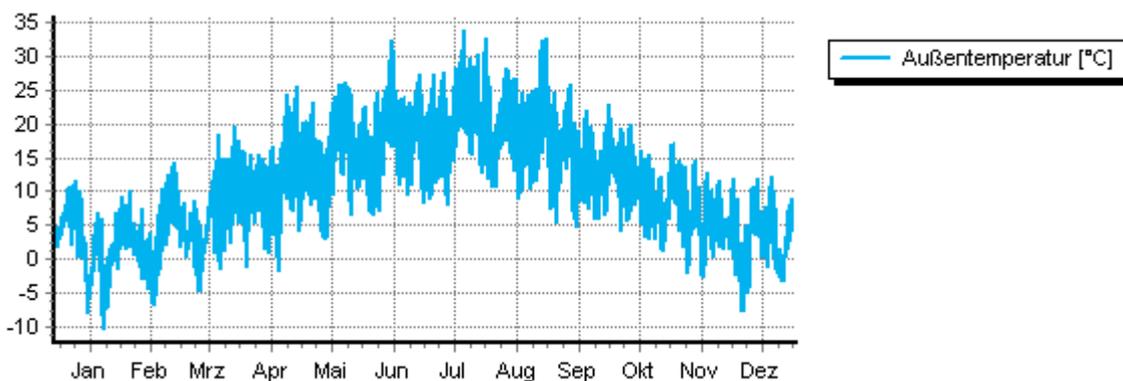


Abbildung 2.5: Durchschnittliche Außentemperatur Fürth (Odenwald) Quelle: Klimadaten für Fürth (Odenwald) aus Meteonom 2019

Mit Hilfe der thermischen Simulation lassen sich für die o.g. Randbedingungen die Wärmeverluste und Wärmegewinne für jeden Raum im Gebäude und für das Gebäude als Ganzes berechnen. Die folgende Simulation bezieht sich auf das angesprochene Musterhaus nach dem KfW 40 Effizienzhausstandard.

Tabelle 2.8: Bauteile und Massen des Musterhauses nach KfW 40

Bauteil	Angrenzart	Fläche	U-Wert [W/m²K]	g-Wert
Dach	Außenluft	110 m²	0,11	-
Fenster		55 m²	0,80	0,50
Außentür		4 m²	1,10	-
Außenwand		221 m²	0,15	-
Bodenplatte	Erdreich	84 m²	0,15	-

Für die Berechnung wird von einer durchschnittlichen Jahresraumtemperatur von 19°C ausgegangen. Da das Nutzerverhalten eine entscheidende Rolle spielt und der Energiebedarf vom Energieverbrauch in der Regel stark voneinander abweichen, wurde diese Raumtemperatur gewählt, um möglichst realistische Ergebnisse zu erhalten.

Über das Jahr gesehen ist mit folgenden Energiebedarfen zur Wärmeversorgung zu rechnen:

**Energiebedarf /-abgabe**

Heizenergiebedarf	6.955,3 kWh
-------------------	-------------

**Heiz- und Kühllasten**

Max. Heizlast Wärme	3,34 kW (24.Januar, 8-9 h)
Max. Heizlast TWW	2,66 kW
Betriebsstunden	5.687 h (Heizung)

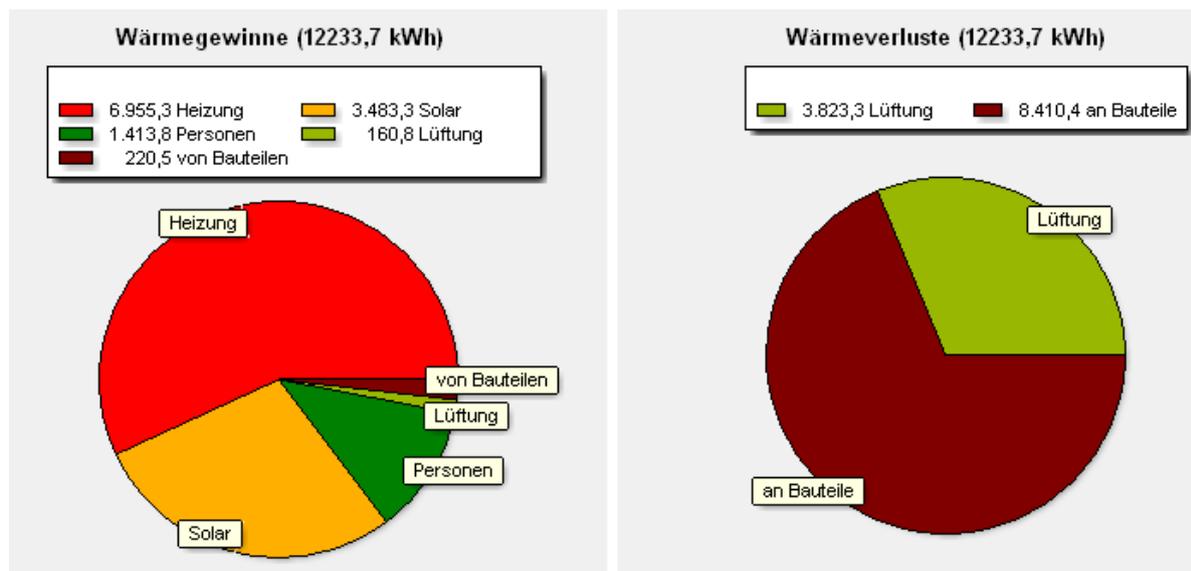


Abbildung 2.6: Wärmegewinne und Wärmeverluste

### Thermische Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit meint thermische Neutralität, das ist das Fehlen negativer Empfindungen (z.B. angenehmes Raumklima). Das folgende Diagramm zeigt einen behaglichen Bereich in dem die Größen „Raumtemperatur“ und „Luftfeuchte“ in einem angenehmen / behaglichen Bereich liegen (orange und gelbe Flächen). Die blaue Punktwolke in der folgenden Abbildung ermittelten die Jahresstunden. Die Abbildung zeigt, an wie vielen Stunden sich ein „behagliches“ Raumklima in einem Wohnraum (Erdgeschoss) einstellt. Der Wohnraum befindet sich im Erdgeschoss des Gebäudes mit einem Fensterflächenanteil von 7,2m<sup>2</sup> ausgerichtet nach Süden und Westen.

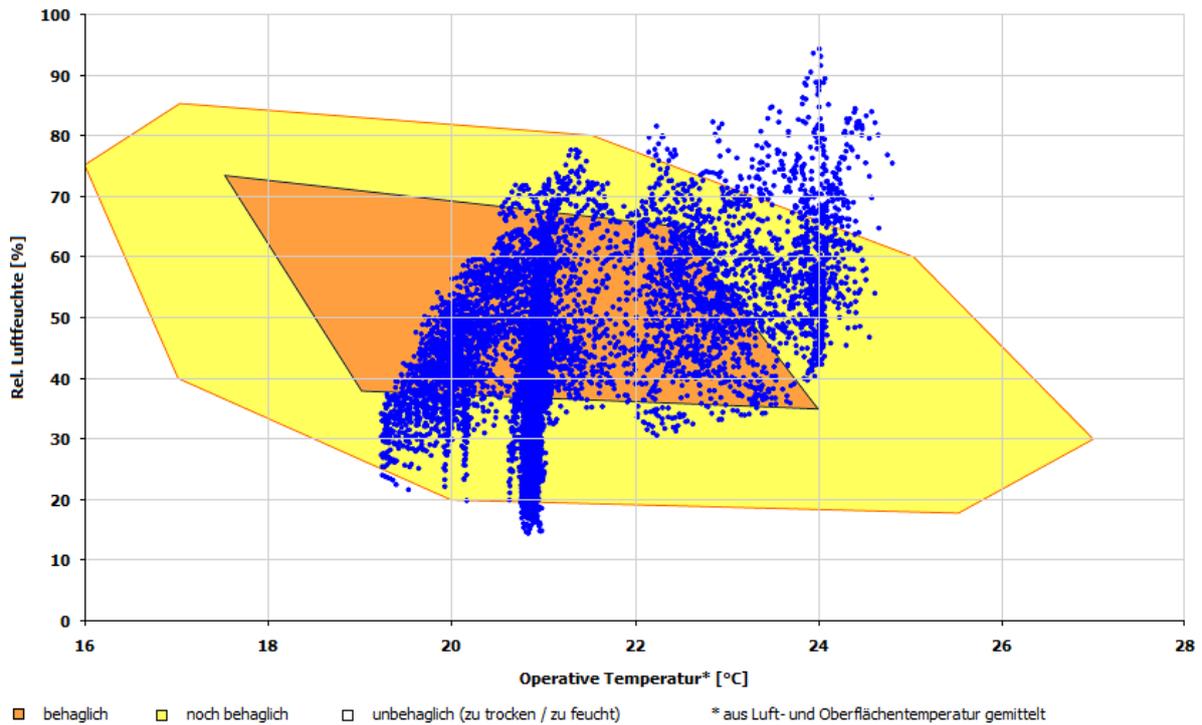


Abbildung 2.7: Behaglichkeit Raumklima in einem Wohnraum im Erdgeschoss (Südausrichtung)

Tabelle 2.9: Behaglichkeitsstunden für einen Wohnraum im Beispielhaus (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäudeelement	Stunden (gesamt Personenstunden)	Stunden behaglich 1434	Stunden noch behaglich	Stunden unbehaglich
EG-R1 - Wohnraum	799		554	82

## 2.2 ERMITTLUNG DES STROMBEDARFS

Der zukünftige Strombedarf wurde anhand der geplanten Gebäude, Wohneinheiten und Haushaltsgrößen auf der Grundlage des Bebauungsplans und Angaben der Gemeinde Fürth berechnet (s. Kapitel 1.1). Als Datengrundlage wird der Stromspiegel für Deutschland 2021/2022 zugrunde gelegt und ein durchschnittliches Nutzerverhalten angenommen. (1) Die ermittelten Werte führen dann zu folgendem Mehrpersonenhaushalt – Szenario.

Tabelle 2.10: Strombedarf (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäude	Personen pro Haushalt	spez. Verbrauch	Anzahl der Wohneinheiten ca.:	Haushaltsstrom Verbrauch
EFH / DHH	2 Personen	2.800 kWh/a	2	5.600 kWh/a
	3 Personen	3.700 kWh/a	6	20.400 kWh/a
	4 Personen	4.000 kWh/a	13	48.100 kWh/a
MFH	1 Personen	1.200 kWh/a	8	9.600 kWh/a
	2 Personen	1.800 kWh/a	12	21.600 kWh/a
	3 Personen	2.200 kWh/a	8	17.600 kWh/a
Sporthalle (Bestandsgebäude)				27.533 kWh/a
<b>Summe</b>			<b>49</b>	<b>150.433 kWh/a</b>

Der zukünftige Gesamtenergiebedarf setzt sich aus dem Wärme- und Strombedarf zusammen. Der Wärmebedarf ergibt sich aus dem jeweiligen energetischen Standard des Gebäudes, hinzugezogen wird der Haushaltsstrombedarf. Für die Berechnung des Wärmebedarfs im Plangebiet wurden die verschiedenen Gebäudetypen (EFH/MFH/DHH) in den unterschiedlichen Effizienzhausstandards simuliert. Der simulierte Wärmebedarf der unterschiedlichen Gebäudetypen wurde im Anschluss über die Anzahl der geplanten Gebäude in der „Schützengasse / FC Sportplatz“ hochgerechnet.

Für die Gebäudestandards nach GEG, KfW 40 und KfW 40 plus ergeben sich folgende Gesamtenergiebedarfe.

Tabelle 2.11: Gesamtenergiebedarf (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäudestandard	Wärmebedarf	Strombedarf	Gesamtenergiebedarf
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
GEG	643.121	150.433	792.554
KFW 40 / 40 plus	532.381	150.433	682.814

Der jährliche Gesamtenergiebedarf im Plangebiet wird je nach realisiertem, energetischem Standard der Gebäude zwischen 682.814 kWh (KFW 40) und 792.554 kWh (GEG / gesetzliche Mindestanforderung) liegen. Folgendes Diagramm zeigt die Endenergiebedarfe für das zukünftige Wohngebiet:

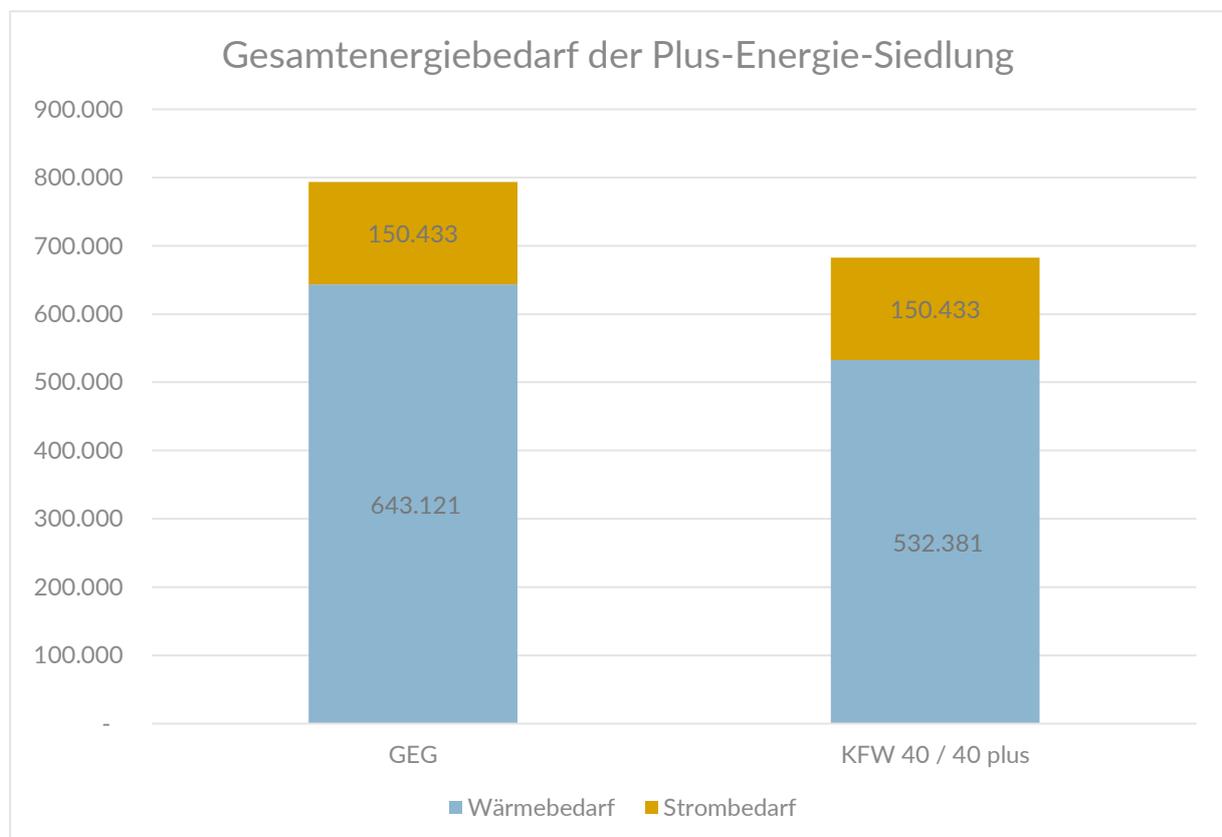


Abbildung 2.8: Energiebedarf des Baugebietes „Schützengasse / FC Sportplatz“ (energielenker projects GmbH, 2022)

**Hinweis:** Der angesetzte Strombedarf beinhaltet lediglich den Strombedarf des Nutzerverhaltens der einzelnen Haushalte. Strombedarfe für eine zukünftige Wärmeversorgung wurden hier nicht betrachtet. Mit einer Wärmepumpe erhöht sich der Strombedarf pro Gebäude.

### 3 POTENZIALERMITTLUNG ZUR NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IM PLANGEBIET

#### 3.1 PHOTOVOLTAIK

##### Stromversorgung aus erneuerbaren Energien

Für die Ermittlung der zukünftigen Sonnenenergieerträge für das Plangebiet wurden die bereits benannten Gebäude (EFH, DHH, MFH und Sporthalle) in einem 3D-Berechnungsprogramm (ETU-Simulation der Firma Hottgenroth) eingegeben und simuliert. Das PV-Potenzial wurde je nach Ausrichtung und Dachaufbau der Gebäude in Süd- oder Ost-West-Ausrichtung für den Standort berechnet. Mittels des Solarpotentialkatasters des Landes Hessen und der Meteonormdaten des Simulationsprogrammes wurden die Potenziale für die Stromerzeugung auf den Dachflächen mit Südausrichtung (Firstrichtung ost-west) und mit Ost-Westausrichtung (Firstrichtung nord-süd) ermittelt.

##### Strahlungsintensität:

Das Diagramm zur Strahlungsintensität zeigt den jahreszeitlichen Verlauf der Solarstrahlung auf das Plangebiet. Unter Globalstrahlung versteht man die am Boden auf einer horizontalen Ebene empfangene Sonnenstrahlung. Sie setzt sich zusammen aus der auf direktem Weg eintreffenden Solarstrahlung, der Direktstrahlung, und der kurzwelligen Diffusstrahlung, welche die Erdoberfläche über Streuung an Wolken, Wasser, oder Staubteilchen erreicht. (2)

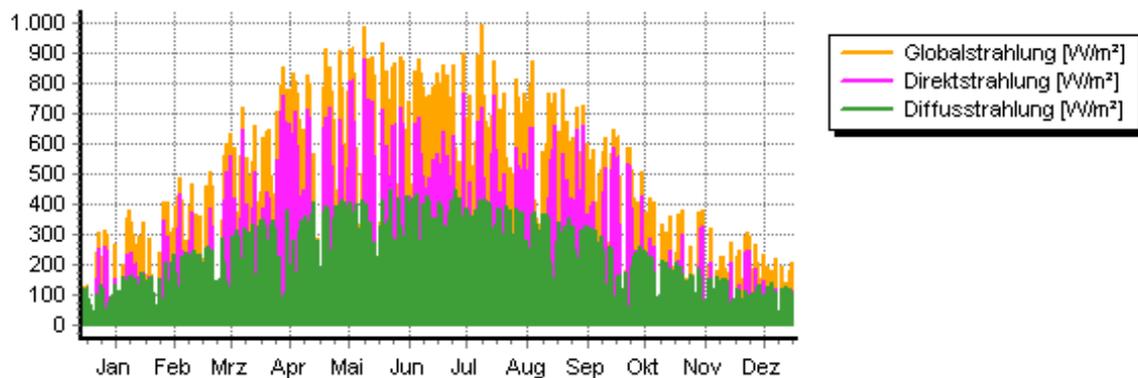


Abbildung 3.1: Durchschnittliche Strahlungsintensität, Fürth (Odenwald)

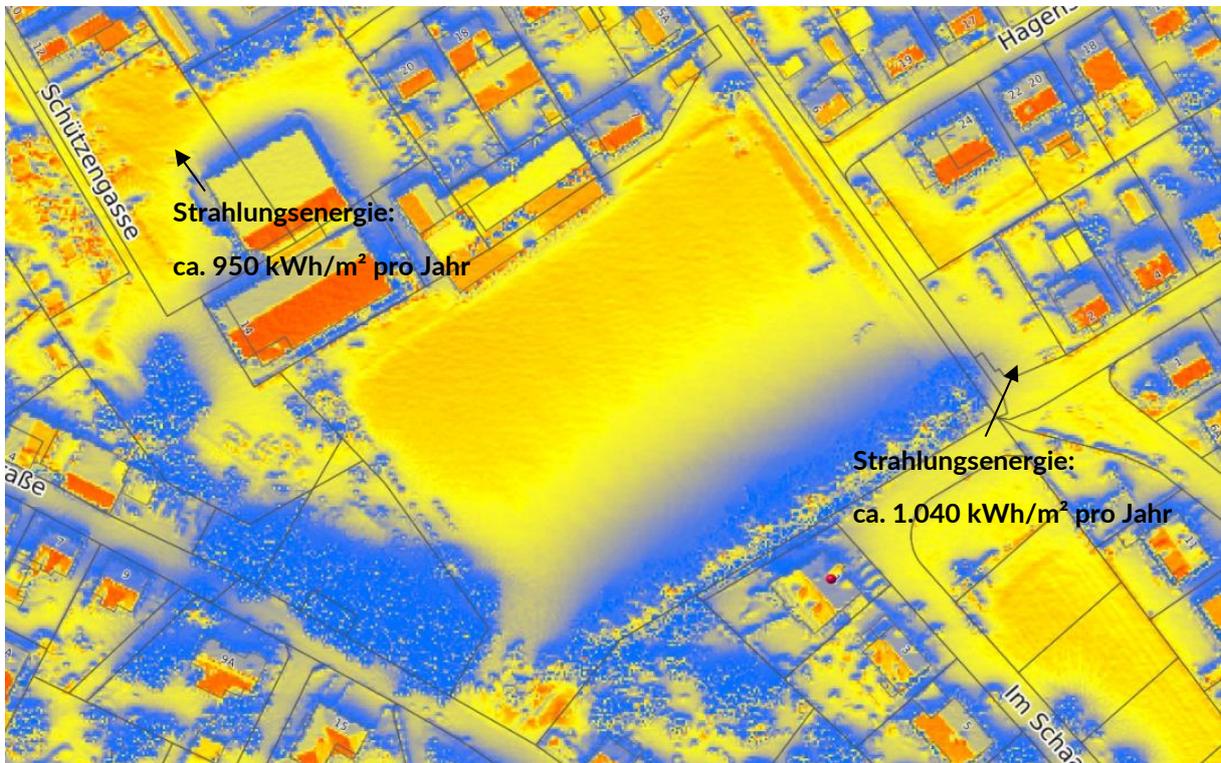


Abbildung 3.2: Auszug aus dem Solarpotenzialkataster des Landes Hessen für Fürth (Odenwald) (Quelle: Energieland Hessen)

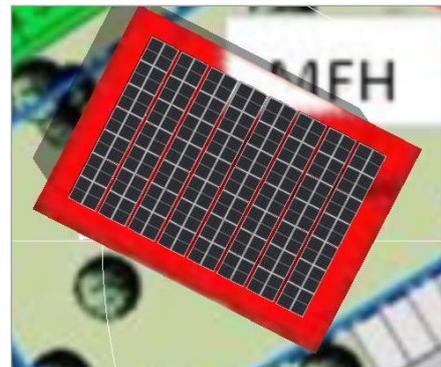


Abbildung 3.3: Einfamilienhaus mit Süd-Ost-Ausrichtung (links) und Mehrfamilienhaus mit Ost-West Ausrichtung (rechts) (energielenker projects GmbH, 2022)



Abbildung 3.4: Sporthalle (Bestandsgebäude) mit PV Belegung (energielenker projects GmbH, 2022)

Um die mögliche Stromproduktion im Plangebiet abzuschätzen, wurden durchschnittliche Gebäudegrößen angenommen. Aus den beiden dargestellten Potenzialen ergeben sich folgende gemittelte Werte, die zur Abschätzung des PV-Potenzials dienen.

Tabelle 3.1: Potenzialermittlung Photovoltaik (energielenker projects GmbH, 2022)

Gebäudetyp	Gebäude Anzahl	Ausrichtung	Jahresertrag [kWh/kWp]	Leistung [kWp]	Jahresertrag	
					PV Gebäude [kWh]	pro Jahresertrag PV gesamt [kWh]
Einfamilienhaus Sattendach	5	Süd-Ost	1.102,63	8,9	9.864	49.320
Einfamilienhaus Flachdach	2	Nordost-Südwest	993,95	12,48	12.467	24.934
Doppelhaushälfte(n) Flachdach	2	Ost West	982,03	18,5	18.312	36.624
Doppelhaushälfte(n) Pultdach	5	Süd-Ost	1.137,12	26,6	30.349	151.745
Mehrfamilienhaus	2	Ost West West	1.006,45	41,4	41.707	83.415
Sporthalle (Bestandsgebäude)	1	Südost, Südwest Nordwest	960,79	162,4	156.255	156.255
<b>Summe PV-Potenzial</b>	<b>17</b>		<b>1.030,5</b>	<b>270,28</b>	<b>268.954</b>	<b>502.293</b>

Im Baugebiet können bei maximaler PV-Belegung der Dachflächen jährlich ca. 502.293 kWh Strom regenerativ erzeugt werden.

Laut dem Städtebaulichen Plan sind im Plangebiet im Bereich der Mehrfamilienhäuser Flachdächer vorgesehen. Die Einfamilien-, Reihen- sowie Doppelhäuser sind mit Sattel-, Flach- und Pultdächern ausgestattet.

Flachdächer haben den Vorteil, dass sie grundsätzlich in Kombination mit Retentionsflächen ausgestattet werden können. Die Kombination von Dachbegrünung und Solaranlagen ist mithilfe standardisierter Systemlösungen umsetzbar und erzeugt darüber hinaus unterschiedliche Synergieeffekte (u. a. geringere Aufheizung der Module, geringere Verdunstung der Grünflächen durch Verschattung der Solarpaneele (siehe. folgende 3.5).

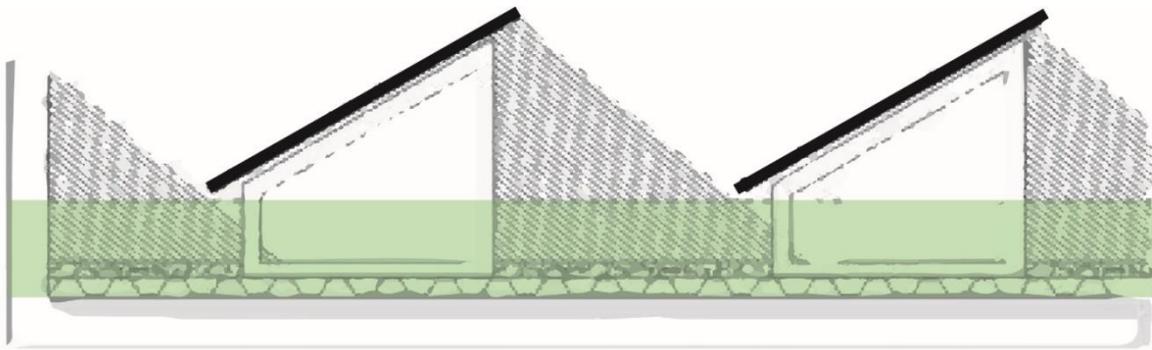


Abbildung 3.5: Aufbauprinzip eines Solargründaches (energielenker projects GmbH, 2022)

Da eine begrünte Dachfläche eine bedeutend geringere Oberflächentemperatur aufweist, bleiben die Photovoltaik-Module über einem Gründach kühler und somit der Wirkungsgrad höher. Aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht ist die Umsetzung der Photovoltaik-Anlagen in Kombination mit den vorgesehen Retentionsdächern zu empfehlen.

Für die Planung einer solchen Kombination muss die Statik eines Dachs gesondert ausgelegt werden. Das Dach muss nicht nur die Lasten eines Gründachs tragen, sondern zudem noch das Gewicht der Module sowie der Aufständerung und Befestigung tragen können. Extensive Begrünungen haben in der Regel ein Eigengewicht von 80 – 120 kg/m<sup>2</sup> (wassergesättigt). Hinzu kommen etwa 14 – 35 kg/m<sup>2</sup> für eine Photovoltaik Anlage.

Für die Kombination eines Gründachs mit Photovoltaik können dieselben Module genutzt werden, wie bei einem Dach ohne Begrünung. Lediglich die Aufständerung muss entsprechend angepasst werden, wodurch geringe Mehrkosten im Vergleich zu einer typischen Aufständerung auf einem Flachdach entstehen können. Die Aufständerung der Module muss so vorgesehen werden, dass sich die Module nicht gegenseitig Verschatten und auch von der extensiven Dachbegrünung keine Verschattung / Verschmutzung an die Module gelangt.

### 3.2 ABWÄRME

Im Rahmen der Potenzialermittlung wurden die Möglichkeiten zur lokalen Abwärmenutzung für die Energieversorgung vom Neubaugebiet in Fürth untersucht. Als Versorgungslösungen wurden dazu

sowohl vorhandene örtliche Wärmequellen als auch neu zu errichtende Anlagen untersucht. In der Studie wurden Abwärmequellen aus den Industrie- und Gewerbebetrieben untersucht. In der Analyse zeigte sich, dass keine verfügbaren Wärmemengen sowohl in der Gesamtmenge als auch in der zeitlichen Verfügbarkeit für die Versorgung des Wohngebietes vorhanden sind.

## 4 WÄRMEVERSORGUNGSKONZEPTE

Für die Wärmeversorgung des Wohngebiets gelten als Mindestanforderungen die Standards des seit 01.11.2020 geltenden GEG. Zudem werden die letzten Novellen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2021) und des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG 2020) berücksichtigt. Die nachfolgende Berechnung der verschiedenen Versorgungsvarianten erfolgt auf der Grundlage des KfW-Effizienzhaus 40. Abschließend werden die unterschiedlichen Versorgungsvarianten wirtschaftlich und ökologisch miteinander verglichen und bewertet.

Bei der Wärmeversorgung können unterschiedliche Ansätze verfolgt werden. Zu diesen Ansätzen zählen die zentrale Wärmeversorgung über ein zentrales Heizwerk oder ein zentrales Erdwärmesondenfeld mit Nahwärmenetz sowie die individuelle Objektversorgung.

Im Folgenden werden diese Versorgungslösungen vorgestellt und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. Für die wirtschaftliche Bewertung der zentralen und dezentralen Lösungen und damit eine Vergleichbarkeit der Versorgungslösungen hergestellt werden kann, ist es sinnvoll diesen Vergleich auf Gebäudeebene herzustellen. Aufgrund der Anzahl an unterschiedlichen geplanten Gebäuden würde dies jedoch zu einer zu hohen Komplexität führen.

Es werden daher stellvertretend für die geplanten Einfamilienhäuser ein „durchschnittliches EFH“ (im Folgenden ØEFH) sowie ein „durchschnittliches MFH“ (im Folgenden ØMFH) und ein „durchschnittliches DHH“ (im Folgenden ØDHH) definiert. Durch die Referenzgebäude ist es möglich die untersuchten Versorgungslösungen aus Hauseigentümersichtweise nachvollziehbar zu vergleichen. Für die Referenzgebäude wurde ein baulicher Standard nach KfW40 angenommen.

Die Berechnungsgrundlage und die Rahmenbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung dieser beiden Referenzgebäude sind in der nachfolgenden Tabelle 4.1 dargestellt.

Tabelle 4.1: Durchschnittliche Gebäudetypen als Berechnungsgrundlage (KfW40-Effizienzhaus)

	ØEFH	ØDHH	ØMFH
Nutzfläche	175 m <sup>2</sup>	131 m <sup>2</sup>	1331 m <sup>2</sup>
Wärmeerzeugungsleistung	6 kW	4 kW	43 kW
Wärmebedarf (Heizung und Trinkwarmwasser)	6.932 kWh	5.220kWh	51.568 kWh
<b>Rahmenbedingungen</b>			
Betrachtungszeitraum	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
Nutzungsdauer und Instandhaltungskosten	nach VDI 2067	Nach VDI 2067	nach VDI 2067

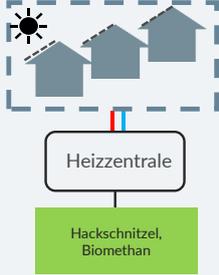
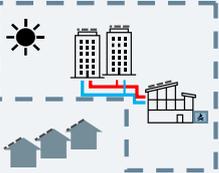
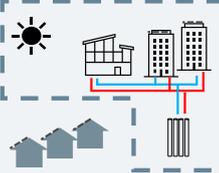
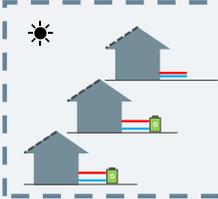
#### 4.1 ZENTRALE VERSORGUNGSVARIANTEN

Im Rahmen des Energieversorgungskonzeptes wurden mögliche Varianten für die zukünftige Energieversorgung des Baugebiets „Schützengasse“ konzipiert. Als zentrale Versorgungslösungen wurden dabei untersucht:

- Zentrale Wärmeversorgung: Warmes Nahwärmenetz mit Biomassekessel und Biomethan-Spitzenlastkessel - (Variante 1)
- Zentrale Wärmeversorgung: Warmes Nahwärmenetz mit Biomassekessel und Biomethan-Spitzenlastkessel für Sporthalle und Mehrfamilienhäuser; Dezentrale Wärmeversorgung der EFH/DHH mit Wärmepumpe - (Variante 2)
- Zentrale Wärmeversorgung: Kaltes Netz mit Erdsondenfeld als Wärmequelle und dezentralen Wärmepumpen für Sporthalle und Mehrfamilienhäuser; Dezentrale Wärmeversorgung der EFH/DHH mit Wärmepumpe - (Variante 3)
- Dezentrale Wärmeversorgung: Dezentrale Wärmeversorgung der Sporthalle, Mehrfamilienhäuser und EFH/DHH mit Wärmepumpen - (Variante 4)

Zur besseren Übersichtlichkeit wie die einzelnen Gebäudetypen in den Versorgungsvarianten jeweils versorgt werden dient Tabelle 4.2.

Tabelle 4.2: Übersicht der Gebäudetypen in den Versorgungsvarianten

Versorgung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	zentral	Cluster	Cluster	dezentral
Versorgung Halle	Warmes Netz Hackschnitzel + Spitzenlastkessel mit dezentralen Wärmeübergabe- stationen	Warmes Netz Hackschnitzel + Spitzenlastkessel mit dezentralen Wärmeübergabe- stationen	Hybrid Spitzenlastkessel + Kaltes Netz	Hybrid Spitzenlastkessel + LWP
Versorgung MFH			Kaltes Netz mit Erdsonden	Luft-Wasser- Wärmepumpen
Versorgung EFH / DH		Luft-Wasser- Wärmepumpen	Luft-Wasser- Wärmepumpen	Luft-Wasser- Wärmepumpen
				

Die Liefergrenze für die Gebäude der Zentralen Wärmeversorgung bildet die Schnittstelle zwischen Betreiber und Verbraucher. Der Verbraucher schließt lediglich Strom- und Wärmetarife mit dem Betreiber ab. Investitionen in Netz, Erzeugungsanlagen und Hausübergabestationen / Wärmepumpen

sowie Kosten für den Wärmepumpenstrom tätigt der Betreiber (Contractor) und legt diese durch Lieferverträge auf die Verbraucher um. Alternativ kann ein Betreibermodell angewendet werden in dem Gebäudegrenze und Liefergrenze zusammenfallen. Dabei installiert der Verbraucher eine eigene Wärmepumpe. Den benötigten Wärmepumpenstrom rechnet der Verbraucher selbständig mit einem Versorger ab und zahlt Grund- und Arbeitspreis für den Anschluss an das Wärmenetz. Eine visuelle Veranschaulichung des zentralen Versorgungsschemas kann Abbildung 4.1 entnommen werden.

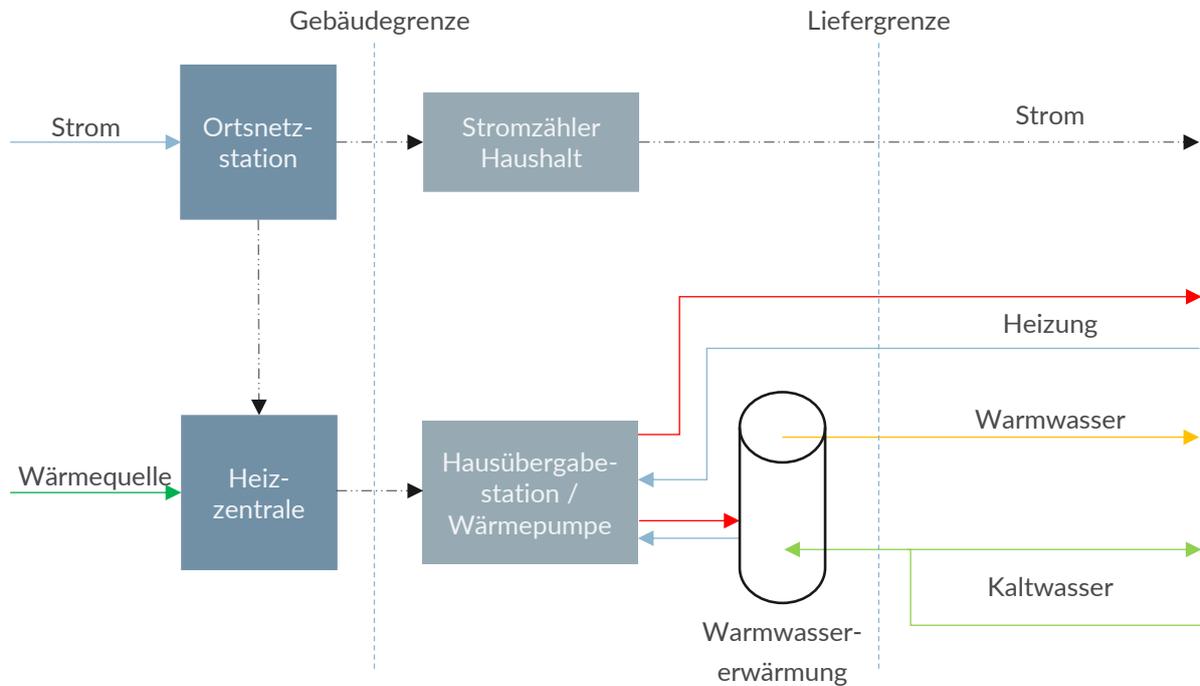


Abbildung 4.1: Darstellung Bilanzgrenze für den Vergleich der zentralen Versorgungsvarianten (energielenker projects GmbH, 2022)

Für die gemeinschaftliche Wärmeversorgung wird ein konventionelles warmes Wärmenetz (Variante 1) bzw. ein kaltes Wärmenetz (Variante 2) aufgebaut, welches die Wärme von der Wärmequelle bzw. der Heizzentrale über ein Wärmenetz entlang der öffentlichen Verkehrswege im Neubaugebiet an die Wärmeübergabestationen oder die Wärmepumpen in den Gebäuden liefert.

Unter einem kalten Wärmenetz wird ein Wärmenetz verstanden, das mit einem geringen Temperaturniveau von 8 °C bis 20 °C betrieben wird. Als Energiequelle dient Umweltwärme oder Abwärme, welche dem Wärmeträgermedium über Wärmepumpen entzogen wird. Das abgekühlte Wärmeträgermedium wird anschließend wieder in den Netzurücklauf eingespeist. Vorteile der kalten Wärmenetze gegenüber den konventionellen Wärmenetzen sind geringere Wärmeverluste, dadurch größere überbrückbare Distanzen und geringere Kosten für die notwendigen Netzkomponenten. Als Umweltwärmequellen können Erdwärme oder Grundwasser genutzt werden. Eine bildliche Darstellung des Funktionsprinzips ist Abbildung 4.2 zu entnehmen.

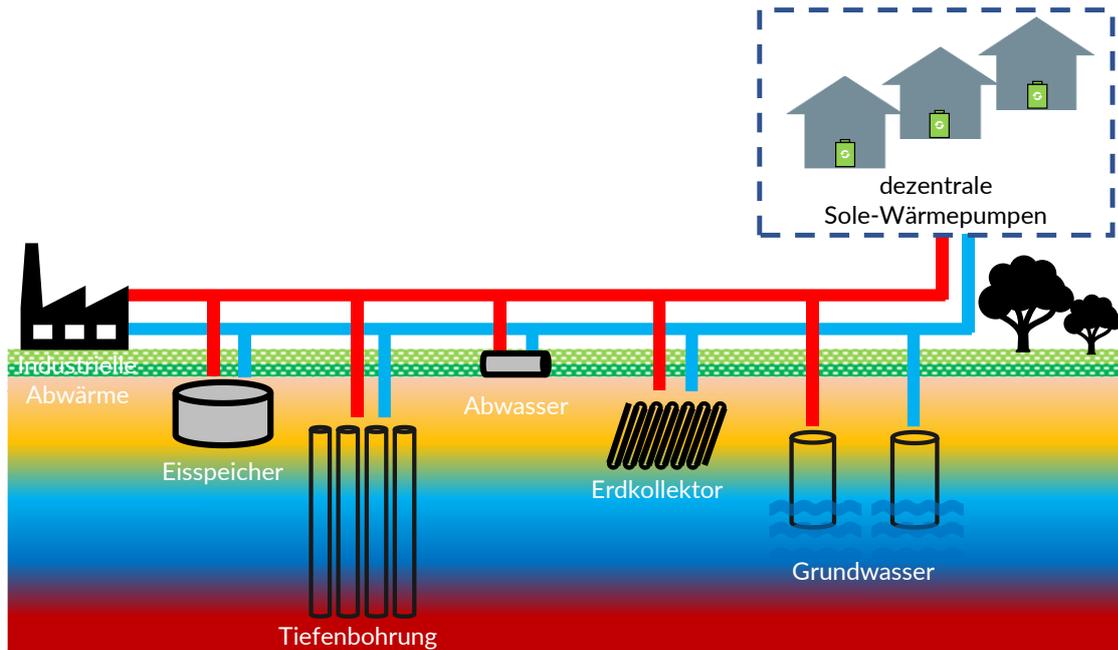


Abbildung 4.2: Bildliche Darstellung eines kalten Nahwärmenetzes (energielenker projects GmbH, 2022)

Ein Vergleich zwischen warmen und kalten Netzen ist in Tabelle 4.3 dargestellt.

Tabelle 4.3: Vor- und Nachteile eines warmen Netzes im Vergleich zu einem kalten Netz

Vorteile	Nachteile
Geringere Investitionskosten	Höhere CO <sub>2</sub> -Emissionen
Geringeres Baugrundrisiko	Keine Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Einsatz von erneuerbarem Strom
Geringerer Hilfsenergieaufwand	Keine zusätzliche Gebäudetemperierung / passive Gebäudekühlung (ohne Zusatzaufwand)
	Höheres Risiko bei niedriger Wärmebelegungsichte

Im Falle des kalten Wärmenetzes befinden sich alle Wärmeerzeuger dezentral in den Wohngebäuden. Die Heizzentrale beinhaltet nur die Versorgungstechnik und kann daher sehr kompakt ausgeführt werden. Zudem kann über die kalte Sole bzw. das Grundwasser eine sommerliche Kühlung bereitgestellt werden.

Bei dem Wärmenetz mit dem Heizkessel befindet sich in einer Heizzentrale die nötige Anlagentechnik wie Pumpen, Druckhaltung und Steuerungstechnik sowie der Wärmeerzeuger. Die produzierte Wärme wird dann ebenfalls in die Versorgungsleitung eingespeist und abgehend von der Versorgungsleitung über Hausanschlussleitungen zu den einzelnen Häusern geführt.

Anhand des in Abbildung 4.3 (warm) dargestellten möglichen Verlaufes wird die Länge der Rohrleitungen des Wärmenetzes abgeschätzt. Für das Baugebiet ergibt sich eine Trassenlänge von ca. 530 m. Darin enthalten sind die 24 Hausanschlüsse á ca. 10 m.

Die Positionierung der Heizzentrale (HZ), für die Wärmeerzeugungsanlagen und zur Unterbringung der zentralen Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik, ist in der Sporthalle vorgesehen. Alternativ kann die

Anlagentechnik in einer neu zu errichtenden Heizzentrale untergebracht werden. Für den Bau der Heizzentrale und der angrenzenden Brennstoffbevorratung ist eine Fläche von ca. 60 – 100 m<sup>2</sup> (je nach Auslegungsvariante) erforderlich. Der Standort der Heizzentrale ist dabei flexibel und Teil der Planung. Kosten können auf Konzeptionsebene zwischen 60.000 und 80.000 € angesetzt werden.

#### 4.1.1 Variante 1: Warmes Nahwärmenetz – Biomassekessel

Variante 1 sieht die Versorgung des Gebiets mit warmer Nahwärme vor. Wärmeezeuger soll ein Biomassekessel (Holzhackschnitzel) sein. Für die sichere Wärmeversorgung auch bei niedrigen Außentemperaturen wird ein Biomethan-Spitzenlastkessel eingesetzt, wodurch eine optimalere Dimensionierung und dadurch eine Effizienzsteigerung durch höhere Laufzeiten des Biomassekessels ermöglicht werden. Das Biomethan wird über das öffentliche Erdgasnetz bezogen.

Das Nahwärmenetz wird aus gedämmten PEX-Rohren oder KMW-Rohren verlegt. Um die Tiefbau-Investitionskosten zu senken, wird das Netz bei Erschließung der sonstigen Versorgungsgewerke (u.a. Strom, Wasser) mitverlegt.<sup>3</sup> Die Wärmeverteilung im Netz ist auf Temperaturen von 70°C/40°C ausgelegt und hat eine Gesamtlänge von ca. 530 m. Teil des Netzes sind Übergabestationen an jedem Hausanschluss, die die Netzversorgung hydraulisch von der Wärmeabnehmerseite trennt. Eine grobe Vordimensionierung des Netzverlaufs und der Durchmesser ist Abbildung 4.3 zu entnehmen.

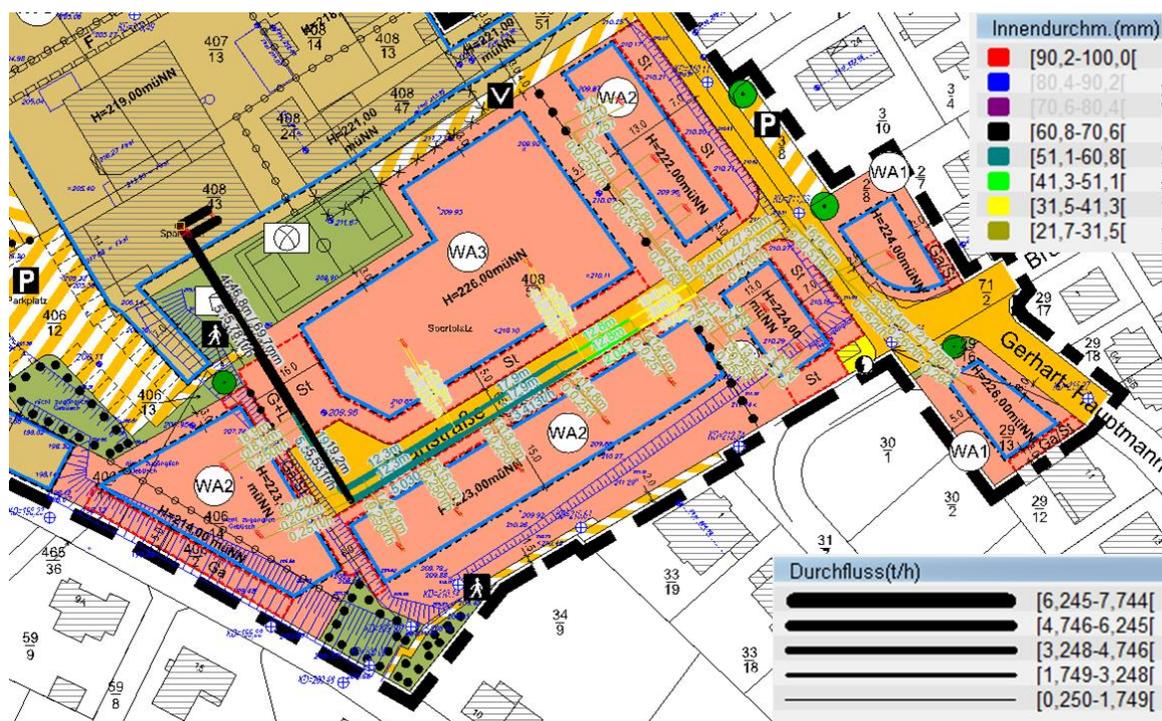


Abbildung 4.3: Potenzieller Verlauf und Vordimensionierung eines warmen Nahwärmenetzes (energielenker projects GmbH, 2022)

Eine Konzeption und Grobdimensionierung der Variante 1 im KfW40-Effizienzhausstandard ist in Tabelle 4.4 aufgeführt. Für eine kostendeckende zentrale Versorgung der Objekte über eine Heizzentrale mit

<sup>3</sup> Wir raten zu einer gemeinsamen Projektsteuerung für die Verlegung aller Medien, um eine adäquate Positionierung aller Versorgungsleitungen im Graben zu ermöglichen.

Biomassekessel und Biomethan-Spitzenlastkessel ist ein Wärmepreis von mindestens 13 ct/kWh (netto) zzgl. Vertriebsmarge und Risikoaufschlag zu generieren.

Tabelle 4.4: Konzeption und Grobdimensionierung für Variante 1 (mittlerer KfW40-Baustandard), alle Kosten netto

<b>Nahwärme Biomassekessel</b>		
Wärmebedarf	532.000 kWh/a	
Netzverluste	79.000 kWh/a	
Gesamter Wärmebedarf	611.000 kWh/a	
<b>Kosten (netto exkl. MwSt.)</b>		
Wärmeverteilnetz	102.000 €	Rohrnetz, Tiefbau, Hausanschlüsse
Wärmeerzeugungsanlagen	125.000 €	Biomassekessel, Biomethan-Spitzenlastkessel
Übergabestationen / WP	84.000 €	Übergabestationen
Sonstige Investitionskosten	184.000 €	Druckhaltung, Pufferspeicher, Verteilung, Regelung, Grundstück, Baukonstruktion, Bauherrenaufgaben, Architekten- und Ingenieurleistung
Förderung	39.300 €	Erneuerbaren Energien „Premium“ – KfW
Investition nach Förderung	455.700 €	
<b>Jahresausgaben (netto exkl. MwSt.)</b>		
Kapitalgebundene Kosten (Berücksichtigung der Fördermittel und Netzkostenbeiträge)	14.000 €/a	Grundstück, Baukosten, Anlagenkosten
Bedarfsgebundene Kosten	33.000 €/a	Energiekosten
Betriebsgebundene Kosten	21.000 €/a	Betriebsführung, Instandhaltung
Sonstige Kosten	1.000 €/a	
<b>Bilanzierung</b>		
Jahresausgaben	70.000 €/a	
Wärmepreis (kostendeckend)	12,9 ct/kWh	
CO <sub>2</sub> Emissionen	25,7 t/a	
Primärenergiefaktor nach GEG	0,32	

Für diese Versorgungsvariante ist das Förderprogramm „Erneuerbare Energien Premium“ der KfW<sup>4</sup> in berücksichtigt. Dieses fördert Biomasseanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung mit bis zu 20 € je kW installierte Nennwärmeleistung. Höchstens jedoch 50.000 € je Einzelanlage. Zusätzlich kann ein Bonus für niedrige Staubemissionen und die Errichtung eines Pufferspeichers gewährt werden. Der maximale Tilgungszuschuss mit Bonusnutzung beträgt 100.000 €. Das Wärmenetz kann über dasselbe Förderprogramm mit je 60 € je neu errichtetem Meter gefördert werden. Die Anlagenkonzeption ist so ausgelegt, dass die Bedingungen der Förderkulisse eingehalten und die maximale Fördersumme erreicht werden.

#### **4.1.2 Variante 2: Warmes Nahwärmenetz – Biomassekessel (Cluster Sporthalle u. MFH)**

Diese Versorgungsvariante entspricht in großen Teilen der Variante 1. In dieser Variante werden jedoch ausschließlich die Mehrfamilienhäuser und die Sporthalle an ein zentrales warmes Nahwärmenetz angeschlossen. Die Einfamilien- und Doppelhäuser werden dezentral entsprechend der Versorgungsvariante 4 (Luft-/Wasser-Wärmepumpe) versorgt. Insgesamt wird für die Sporthalle und die Mehrfamilienhäuser im KfW 44 Standard ein Wärmebedarf inklusive Rohrleitungsverlusten von 434.000 kWh/a benötigt.

---

<sup>4</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt, Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien im Wärmemarkt (MAP), vom 17. Dezember 2020. Abschnitt VI Förderung durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien, Programmteil Premium, <https://www.kfw.de/s/deiDsnA>



Abbildung 4.4: Potenzieller Verlauf eines warmen Nahwärmenetzes (energielenker projects GmbH, 2022)

Ein möglicher Verlauf des Wärmenetzes ist für diese Variante in Abbildung 4.4 skizziert. Dieses fällt mit einer Gesamtlänge von 130 m wesentlich kürzer aus als das Wärmenetz in Variante 1. Ein Biomethan-Spitzenlastkessel ist auch für diese Variante vorgesehen.

Tabelle 4.5: Konzeption und Grobdimensionierung für Variante 2 (mittlerer KfW40-Baustandard), alle Kosten netto

<b>Nahwärme Biomassekessel</b>		
Wärmebedarf	414.000 kWh/a	
Netzverluste	19.000 kWh/a	
Gesamter Wärmebedarf	434.000 kWh/a	
<b>Kosten (netto exkl. MwSt.)</b>		
Wärmeverteilnetz	25.000 €	Rohrnetz, Tiefbau, Hausanschlüsse
Wärmeerzeugungsanlagen	116.000 €	Biomassekessel, Biomethan-Spitzenlastkessel
Übergabestationen / WP	35.000 €	Übergabestationen
Sonstige Investitionskosten	99.000 €	Druckhaltung, Pufferspeicher, Verteilung, Regelung, Grundstück, Baukonstruktion, Bauherrenaufgaben, Architekten- und Ingenieurleistung

Förderung	15.300 €	Erneuerbare Energie „Premium“ - KfW
Investition nach Förderung	259.700 €	
<b>Jahresausgaben (netto exkl. MwSt.)</b>		
Kapitalgebundene Kosten (Berücksichtigung der Fördermittel und Netzkostenbeiträge)	9.000 €/a	Grundstück, Baukosten, Anlagenkosten
Bedarfsgebundene Kosten	23.000 €/a	Energiekosten
Betriebsgebundene Kosten	9.000 €/a	Betriebsführung, Instandhaltung
Sonstige Kosten	500 €/a	
<b>Bilanzierung</b>		
Jahresausgaben	41.500 €/a	
Wärmepreis (kostendeckend)	9,9 ct/kWh	
CO <sub>2</sub> Emissionen	17,5 t/a	
Primärenergiefaktor nach GEG	0,29	

Diese Versorgungsvariante kann über dasselbe Förderprogramm (Erneuerbare Energie Premium) wie Variante 1 gefördert werden und wird entsprechend berücksichtigt.

#### 4.1.3 Variante 3: Kaltes Nahwärmenetz – Erdsondenfeld (Cluster Sporthalle u. MFH)

Neben dem Betrieb eines konventionellen Wärmenetzes mit einem Biomasseheizkessel besteht auch die Möglichkeit ein kaltes Netz mit dezentralen Wärmepumpen zu betreiben. Im Falle des kalten Wärmenetzes befinden sich alle Wärmeerzeuger dezentral in den Gebäuden. Die Heizzentrale beinhaltet nur die Versorgungstechnik und kann daher sehr kompakt ausgeführt werden. Zudem kann über die Sole eine sommerliche Kühlung bereitgestellt werden. Als Wärmequelle zur Speisung des kalten Wärmenetzes wird ein zentrales Erdsondenfeld eingerichtet. In der Abbildung 4.5 ist dieses Versorgungsschema visuell veranschaulicht.

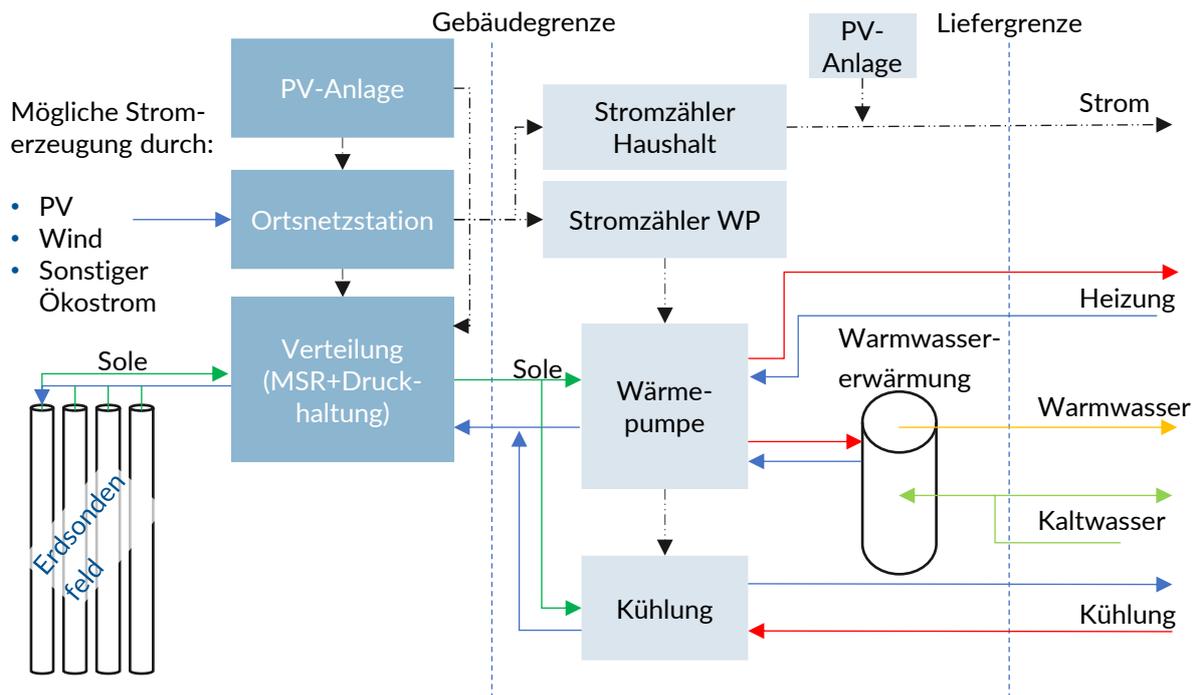


Abbildung 4.5: Kaltes Nahwärmsystem mit Erdsondenfeld (energielenker projects GmbH, 2022)

In dieser Versorgungsvariante werden lediglich die Mehrfamilienhäuser und die Sporthalle an ein kaltes Nahwärmsystem angeschlossen. Die Einfamilien- und Doppelhäuser werden wieder dezentral entsprechend der Versorgungsvariante 4 (Luft-/Wasser-Wärmepumpe) versorgt. Der Wärmebedarf entspricht 414.000 kWh/a zusammen für die Sporthalle und Mehrfamilienhäuser. Unter Zuhilfenahme der Standortdaten für die Gemeinde Fürth<sup>56</sup> wurde eine mittlere Entzugsleistung von 70 kWh/m Erdsondenlänge ermittelt. Dies entspricht bei einer Verdampferwärmemenge von ca. 230.000 kWh einer gesamt Sondenlänge von ca. 3700 m. Nimmt man eine wirtschaftlich sinnvolle Bohrtiefe von 250 m an sind zur Deckung des Wärmebedarfs ca. 14 Erdsonden notwendig. Die zugrundeliegende Berechnung stützt sich dabei lediglich auf vorhandenes Kartenmaterial. Für eine belastbare Aussage ist eine geothermische Untersuchung in Form einer geothermal Response Test (TRT/GRT) unabdingbar. Bei einem Sondenabstand von 10 m beträgt die erforderliche Fläche für das Sondenfeld ca. 504 m<sup>2</sup> und wäre innerhalb der Fläche des angedachten Sportplatzes gegeben. Um genaue Angaben über die Wärmeleitfähigkeit des Bodens und damit auch die Dimensionierung des Erdsondenfeldes treffen zu können muss im Falle einer konkreter Umsetzungsplanungen ein sog. Thermal-Response-Test erfolgen. Abbildung 4.6 zeigt den potenziellen Verlauf für das kalte Nahwärmsystem sowie die Platzierung der Erdwärmesonden und der Heizzentrale.

<sup>5</sup> Fachinformationssystem Grund- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu), HLNUG

<sup>6</sup> GeothermieViewer, HLNUG



Abbildung 4.6: Potenzieller Verlauf eines warmen Nahwärmenetzes

Tabelle 4.6: Konzeption und Grobdimensionierung für Variante 3 (mittlerer KfW40-Baustandard), alle Kosten netto

<b>Nahwärme Biomassekessel</b>		
Wärmebedarf	414.000 kWh/a	
Netzverluste	0 kWh/a	
Gesamter Wärmebedarf	414.000 kWh/a	
<b>Kosten (netto exkl. MwSt.)</b>		
Wärmeverteilnetz	21.000 €	Rohrnetz, Tiefbau, Hausanschlüsse
Wärmeerzeugungsanlagen	213.000 €	Erdsonden
Übergabestationen / WP	155.000€	Wärmepumpen, Gasspitzenlastkessel
Sonstige Investitionskosten	136.000€	Druckhaltung, Pufferspeicher, Verteilung, Regelung, Grundstück, Baukonstruktion, Bauherrenaufgaben, Architekten- und Ingenieurleistung
Förderung	8.800 €	Erneuerbare Energien „Premium“ - KfW
Investition nach Förderung	516.200 €	

<b>Jahresausgaben (netto exkl. MwSt.)</b>		
Kapitalgebundene Kosten (Berücksichtigung der Fördermittel und Netzkostenbeiträge)	24.000 €/a	Grundstück, Baukosten, Anlagenkosten
Bedarfsgebundene Kosten	36.500 €/a	Energiekosten
Betriebsgebundene Kosten	7.000 €/a	Betriebsführung, Instandhaltung
Sonstige Kosten	1.000 €/a	
<b>Bilanzierung</b>		
Jahresausgaben	68.500 €/a	
Wärmepreis (kostendeckend)	16,5 ct/kWh	
CO <sub>2</sub> Emissionen	68,1 t/a	
Primärenergiefaktor nach GEG	0,64	

Eine Förderung über das Programm Erneuerbare Energien Premium ist auch in dieser Variante möglich und berücksichtigt. Das Wärmenetz kann entsprechend mit 60 € je neu errichtetem Meter gefördert werden und jede förderfähige Erdsonde mit je 4 € pro Meter vertikale Tiefe.

## 4.2 DEZENTRALE VERSORGUNGSVARIANTEN

Die Versorgungsvariante 1, 2 und 3 sieht eine zentrale Wärmeversorgung oder teilweise zentrale Wärmeversorgung des Baugebietes vor. Für eine objektbezogene, dezentrale Wärmeversorgung wird folgendes Konzept betrachtet:

- Luft-Wasser-Wärmepumpe

Die objektbezogenen Versorgungsvarianten sind für ein Gebäude ausgelegt, welches nach dem energetischen Standard eines KfW-Effizienzhauses 40 errichtet wird. Die technischen und wirtschaftlichen Daten wurden in Anlehnung an den BDEW Heizkostenvergleich 2021, Anfragen am Markt und Erfahrungswerten ermittelt. Im Folgenden wird diese Versorgungslösung vorgestellt und eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt.

### 4.2.1 Variante 4: Luft-Wasser-Wärmepumpe

Als Alternative zu einer konventionellen brennstoffbasierten Wärmeversorgung können die Gebäude im Gebiet über eine dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpe versorgt werden. Dabei wird in jedem Gebäude eine Wärmepumpe installiert. Eine Wärmepumpe hebt die natürliche Wärme in der Umgebung (hier: Umweltwärme aus der Luft) auf ein höheres Temperaturniveau. Sie nutzt dazu den Effekt, dass sich Gase unter Druck erwärmen. Wesentliche Komponenten umfassen die Wärmepumpe und der Anschluss an die hauseigene Wärmeverteilung.

Die Heizleistung beruht auf konkreten Anlagen und wird durch Spitzenlast-Heizstäbe ergänzt.



Abbildung 4.7: Versorgungsschema Luft-Wasser-Wärmepumpe (Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.)

Eine Schätzung der Kosten für das ØEFH, ØDHH und ØMFH ist in Tabelle 4.7 aufgeführt. Bei der Objektversorgung durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ergibt sich für den Wärmeabnehmer ein Grundpreis von 67 € pro Jahr (netto). Im Grundpreis werden die Kosten für die Bereitstellung der Stromlieferung sowie der separate Stromzähler erhoben. Wartung, Instandhaltung und Inspektion der Anlagentechnik werden zusätzlich berücksichtigt. Für die in Anspruch genommene Strommenge liegt der Arbeitspreis für den Verbraucher bei 26,05 ct/kWh (netto). Aus der Vollkostenrechnung ergeben sich bei dem ØEFH für den Wärmeabnehmer Gesamtkosten von 2.378 €/a (netto) und auf den Verbrauch bezogen ein durchschnittlicher Wärmepreis von 34,3 ct/kWh (netto). Für das ØDHH belaufen sich diese Werte auf 2.127 €/a (netto) für die Gesamtkosten und 40,8 ct/kWh (netto) für den durchschnittlichen Wärmepreis. Bei dem ØMFH ergeben sich Gesamtkosten von 10.562 €/a (netto), die sich auf alle Wärmeabnehmer aufteilen. Für den Verbraucher ergibt sich ein durchschnittlicher Wärmepreis von 20,5 ct/kWh (netto).

Tabelle 4.7: Konzeption und Grobdimensionierung Luft-Wasser-Wärmepumpe

<b>Luft-Wasser-Wärmepumpe</b>				
	<b>ØEFH</b>	<b>ØDHH</b>	<b>ØMFH</b>	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	9,4 kW	8,4 kW	53,6 kW	
Pufferspeicher	200 l	200 l	1894 l	
<b>Kosten (netto exkl. MwSt.)</b>				
Anlagentechnik	16.285 €	14.912 €	65.272 €	Wärmepumpe, Regelung, Trinkwassererwärmung, Installation
Wärmequelle	Luft	Luft	Luft	
Grundpreis	67 €/a	67 €/a	67 €/a	

Arbeitspreis	26,05 ct/kWh	26,05 ct/kWh	26,05 ct/kWh	Verbraucher Strom
Arbeitskosten	564 €/a	425 €/a	4.198 €/a	Verbraucher Strom
Wartung / Instandhaltung	449 €/a	449 €/a	1.328 €/a	
Schornsteinfeger	-	-	-	
Sonstiges	114 €/a	102 €/a	223 €/a	Versicherung, Hilfsenergie, Abrechnung
Gesamtkosten	2.378 €/a	2.127 €/a	10.562 €/a	
Durchschnittlicher Wärmepreis	34,3 ct/kWh	40,8 ct/kWh	20,5 ct/kWh	

In der nachfolgenden Tabelle 4.8 werden die Fördermöglichkeiten für die Luft-Wasser-Wärmepumpe vorgestellt.

Tabelle 4.8: Förderprogramm Luft-Wasser-Wärmepumpe

<b>Variante</b>	<b>Art und Höhe der Förderung</b>	<b>Förderfähige Kosten</b>	<b>Technische Voraussetzungen</b>	<b>Antragsteller</b>
<b>Förderprogramm BEG WG</b>				
<i>WP-Luft</i>	<i>20 % der förderfähigen Investitionskosten zzgl. 2,5 % EE-Bonus</i>	<i>Im Neubau gesamte gebäudebezogene Investitionskosten, max. 150.000 €</i>	<i>Deckung Wärmebedarf zu mindestens 55 % mit erneuerbarer Energie</i>	<i>Eigentümer, Pächter, Mieter des Grundstücks oder des Gebäudes, Contractoren</i>

### 4.3 VERGLEICH DER VERSORGUNGSVARIANTEN

Für den Vergleich der Varianten werden die ermittelten Daten für ein durchschnittliches Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus und einer Doppelhaushälfte erhoben und ein mittlerer baulicher Standard nach KfW 40 zugrunde gelegt. Zudem werden aktuell gültige Fördermittel eingepreist.

Die KfW definiert bauliche und energetische Standards, die auf folgenden zwei Kriterien beruhen:

- Primärenergiebedarf
- Transmissionswärmeverlust

In allen Varianten sollen die Häuser mindestens den Standard "KfW-Effizienzhaus 40" einhalten. Das bedeutet, dass die Häuser bei maximal 40 % des Primärenergiebedarfs und 55 % der Transmissionswärmeverluste des GEG-Referenzgebäudes liegen dürfen (vgl. Kapitel 2).

Am 01.07.2021 ist für den Neubau von Wohngebäuden die Bundesförderung für Effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG-WG) in Kraft getreten. Aktuell wird die Förderkulisse überarbeitet, es wird

angenommen, dass im Neubau der KfW40 und der KfW40 Plus Gebäudestandard weiterhin gefördert wird. Neben der Förderung für den Neubau oder Ersterwerb eines energieeffizienten Gebäudes können zusätzliche Zuschüsse durch Erreichen der „Effizienzhaus EE“-Klasse oder der „Effizienzhaus NH“-Klasse erreicht werden. Die EE-Klasse wird durch einen Mindestanteil von 55 % an erneuerbaren Energien an der Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erzielt. Ein NH-Bonus kann über die Zertifizierung eines „Nachhaltigen Gebäudes“ erreicht werden. Eine Kombination aus EE-Bonus und NH-Bonus ist nicht möglich. Durch die Kombination aus einem Baustandard auf KfW-Effizienzhaus 40 Niveau und einer Wärmeversorgung mit einem Mindestanteil von 55 % können Fördermittel von 8.193 € (netto) erzielt werden. Die anrechenbare Fördersumme wird aus dem erhöhten Kreditvolumen und den zusätzlichen Bonuszuschüssen ermittelt. Beispielhaft ist die anrechenbare Fördersumme (brutto) der Heizungstechnik für ein KfW 40 Gebäude Formel 4.1 dargestellt.

Formel 4.1: Ermittlung der anrechenbaren Fördersumme nach BEG-WG für die Heizungstechnik am Beispiel eines KfW-Effizienzhaus 40

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 & \text{Tilgungs-} & \text{Standard} \\
 & \text{zuschuss} & \text{Kreditbetrag} \\
 & \left. \vphantom{\begin{array}{c} \text{Tilgungs-} \\ \text{zuschuss} \end{array}} \right\} & \left. \vphantom{\begin{array}{c} \text{Standard} \\ \text{Kreditbetrag} \end{array}} \right\} \\
 \text{Fördersumme} = \underbrace{150.000 \text{ €}}_{\text{Erhöhter}} * \underbrace{(20 \% + 2,5 \%)}_{\text{EE/NH-}} - \underbrace{120.000 \text{ €}}_{\text{Kreditbetrag}} * \underbrace{20 \%}_{\text{Tilgungs-}} = 9.750 \text{ €} \\
 \text{Kreditbetrag} & \text{Bonus} & \text{zuschuss}
 \end{array}
 \end{array}$$

Eine Übersicht der Neubauförderkulisse des Bundesministeriums für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle kann Tabelle 4.9 entnommen werden. Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund der Versorgungsvarianten in allen Szenarien der darin aufgeführt „KfW 40 EE“ Standard erreicht wird. Da alle Versorgungsvarianten diesen erreichen, ist dieser nicht extra aufgeführt. Lediglich die Fördergelder die sich in den entsprechenden Varianten durch den KfW 40 Plus Standard zusätzlich erreichen lassen.

Eine abschließende Bewertung der Varianten in Form einer Entscheidungsmatrix ist in Tabelle 10.4 dargestellt.

Tabelle 4.9: Energiestandards von Gebäuden (Quelle: www.kfw.de)

KfW-Effizienzhaus	GEG	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 40	Effizienzhaus 40 Plus
Primärenergie $Q_P$ in % $Q_{P,REF}$	70	55	40	40
Transmission $H'_T$ in % $H'_{T,REF}$	85	70	55	55
Zusätzliche Anforderungen			Detaillierter Wärmebrücken- nachweis	Stromerzeuger EE, Stromspeicher, Lüftung mit WRG, Visualisierung
Förderung	-	-	20 % vom Darlehen (120T€ 0,75% p.a.), bis zu 24.000 Euro für <u>jede Wohneinheit</u>	25 % vom Darlehen (150T€ 0,75% p.a.), bis zu 30.000 Euro für <u>jede Wohneinheit</u>
Förderung mit EE oder NH Bonus		-	22,5 % vom Darlehen (150T€ 0,75% p.a.), bis zu 33.750 Euro für <u>jede Wohneinheit</u>	

#### 4.3.1 Wirtschaftlicher Vergleich

Für die Varianten ergeben sich nach Berechnung der Investitionskosten, der Förderhöhe und der jährlichen Kosten (Betriebs, bedarfsgebunden und sonstige Kosten) kostendeckende Wärmepreise, die die Grundlage des wirtschaftlichen Vergleichs aus Endkundensicht bilden. Der Vergleich der zentralen Lösungen aus Sicht eines Betreibers kann Tabelle A.4 im Anhang entnommen werden. Für die Ermittlung des kostendeckenden Wärmepreises wird eine Vollkostenrechnung durchgeführt. Diese beinhaltet neben den bedarfsgebundenen Kosten auch Reinvestitions- und Abschreibungskosten sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten. Daher ist ein Vergleich mit einer jährlichen Energiekostenabrechnung eines Bestandsgebäudes nicht durchführbar.

Im Folgenden Kapitel wird lediglich die Wärmeversorgung der Gebäude wirtschaftlich bewertet. Das Zusammenspiel mit einer möglichen Photovoltaik-Anlage in verschiedenen Ausbauszenarien wird in Kapitel 5 betrachtet.

Die Grundlagen der berechneten Kosten sind vergleichbaren Maßnahmen entnommen oder stützen sich auf Angebotsanfragen sowie Preisen aus dem Baukostenindex (BKI). Hierbei handelt es sich um Preise aus Referenzprojekten und Anfragen am Markt. Die Kosten sind als Nettopreise exkl. Mehrwertsteuer angegeben. Die vorliegende Energieversorgungsbetrachtung hat nicht den endgültigen Anspruch einer Planung. Als Rahmenbedingung für die Wirtschaftlichkeitsberechnung gelten die Daten aus Tabelle 4.10.

Tabelle 4.10: Rahmenbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Betrachtungszeitraum	20 Jahre
Kalkulatorischer Zins	1,5 %
Nutzungsdauer und Instandhaltungskosten	Nach VDI 2067

Für den wirtschaftlichen Vergleich aus Endkundensicht werden die Anfangsinvestitionen, der kostendeckende Wärmepreis und die jährlichen Heizkosten der einzelnen Varianten miteinander verglichen und ausgewertet.

Die Anfangsinvestitionen beinhalten Kosten für Energieerzeugungsanlagen, Hausanschlüsse und Pufferspeicher. Für die zentralen Versorgungsvarianten entfallen private Investitionen da mit einem entsprechenden Betreiber / Contractor ein Wärmeliefervertrag abgeschlossen wird (vgl. Kapitel 8). In diesen Versorgungsszenarien wird für den Endkunden lediglich eine Gebühr für den Anschluss (Hausanschlusskosten) an das Wärmenetz, ähnlich einem Baukostenzuschuss, fällig. Hierfür werden ebenfalls Förderungen gegengerechnet.

Die jährlichen Betriebskosten richten sich dann an einen Grundpreis, der abhängig von der geforderten Leistung und dem Arbeitspreis für jede Kilowattstunde ist. Wartungskosten, Instandhaltung und Abschreibungskosten sind im Wärmeliefervertrag inbegriffen.

Für den kostendeckenden Wärmepreis wird eine Vollkostenrechnung der für die Wärmeversorgung anfallenden Kosten aufgestellt. Diese beinhalten neben den anfänglichen Investitionen in Heizungstechnik oder Hausanschlusskosten, bedarfsgebundene Kosten für den Wärmepumpenstrom und die Hilfsenergie für Verteilpumpen. Hinzukommen jährliche kapitalgebundene Kosten und Aufwendungen für Wartung und Instandhaltung. Diese Kosten werden als jährliche Heizkosten aufsummiert. Der kostendeckende Wärmepreis setzt die Jahresheizkosten ins Verhältnis zum jährlichen Wärmebedarf. Er bildet damit einen spezifischen Kostenwert für eine Kilowattstunde Nutzwärmebedarf. Hierbei sind ebenfalls Speicher- und Verteilverluste berücksichtigt. Der ermittelte kostendeckende Wärmepreis ist nicht gleichzusetzen mit dem Arbeitspreis des Wärmeliefervertrages. Die Ausgaben für den Wärmeliefervertrag, bestehend aus Arbeits- und Grundkosten, werden mit in die Berechnung des kostendeckenden Wärmepreises eingepreist.

Tabelle 4.11 zeigt die Kostenauswertung für die Bereitstellung von Heiz- und Trinkwarmwasserbedarf. Die Auswertung erfolgt in Abhängigkeit der Versorgungsvarianten und des Gebäudetyps. Alle im Folgenden aufgeführten Kosten sind Netto-Kosten.

Tabelle 4.11: Wirtschaftlicher Vergleich der Wärmeversorgungsvarianten in Abhängigkeit des Gebäudetyps (alle Kosten netto)

	Gebäudetyp	Nahwärme mit Biomasse	Nahwärme- Cluster mit Biomasse	Nahwärme- Cluster mit Geothermie	Luft-Wasser- Wärmepumpe
Investition [€]	ØEFH	9.244		16.285	
	ØDHH	9.244		14.912	
	ØMFH	15.966		39.916	65.272
	ØEFH	26,8		34,3	
	ØDHH	30,3		40,8	

Kostendeckender Wärmepreis [ct./kWh]	ØMFH	18,9	18,2	26,5	20,5
Jahresheizkosten [€/a]	ØEFH	1.859	2.378		
	ØDHH	1.582	2.128		
	ØMFH	9.743	9.409	13.651	10.562

Durch die Tabelle wird ersichtlich in welchem Versorgungsszenario welcher Gebäudetyp identisch zu anderen Varianten versorgt wird. Beispielsweise sind die kostendeckenden Wärmepreise für das ØEFH und die ØDHH für die Varianten 2-4 identisch, da diese Versorgungsmöglichkeiten vorsehen, dass die Einzelgebäude dezentral, in diesem Fall über Luft-Wasser-Wärmepumpen versorgt werden. Für eine bessere Übersichtlichkeit sind die kostendeckenden Wärmepreise grafisch in Abbildung 4.8 dargestellt. Äquivalente Darstellungen für die Investition und die Jahresheizkosten können dem Anhang entnommen werden (Abbildung A.1, Abbildung A.2).

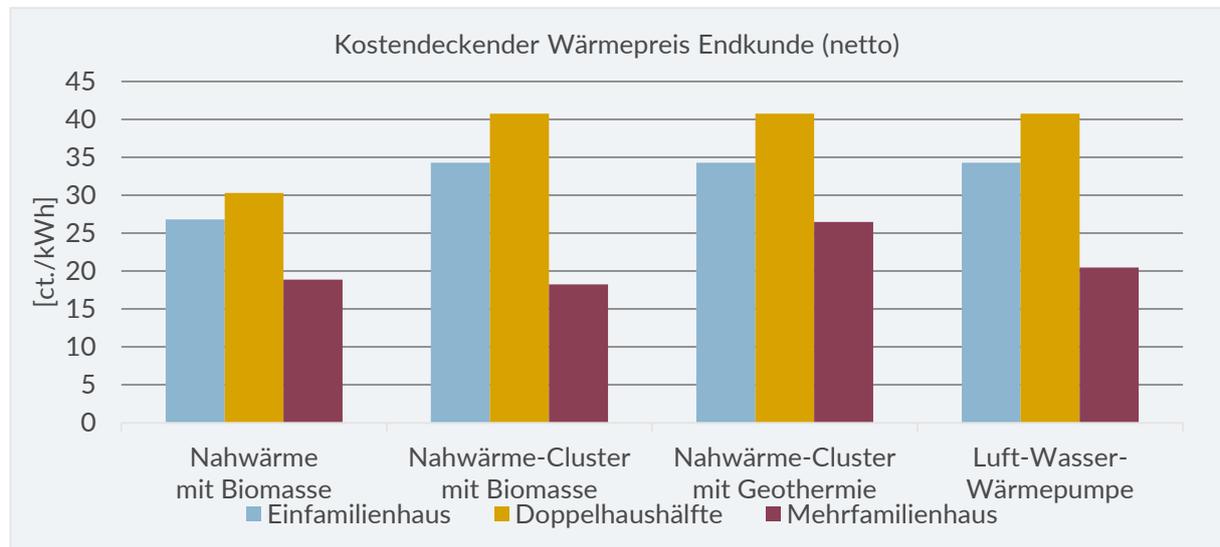


Abbildung 4.8: Variantenvergleich kostendeckender Wärmepreis (Vollkostenrechnung) aus Endkundensicht

Der Vergleich aus der obigen Abbildung und der grafischen Darstellung zeigt, dass der kostendeckende Wärmepreis in der Versorgungsvariante 1 über das zentrale Nahwärmenetz für die Einzelhäuser die wirtschaftlichste Alternative darstellt. Für das Mehrfamilienhaus liegt diese knapp hinter dem Nahwärme-Cluster mit Biomasse. Diese Tendenz lässt sich auch für die Jahresheizkosten und die Investition erkennen. Lediglich für das ØMFH steigen die Investitionskosten für den Anschluss an das Wärmenetz im Cluster, gegenüber dem Wärmenetz für das Gesamtgebiet. Es zeigt sich, dass die Variante 3 Nahwärme-Cluster mit Geothermie die unwirtschaftlichste darstellt. Die hohen Investitionskosten in Erdsonden und das Wärmenetz werden lediglich durch die Mehrfamilienhäuser und die Sporthalle refinanziert. In allen Varianten wurden für den Anschluss an das Wärmenetz Hausanschlussgebühren in die Wirtschaftlichkeit eingerechnet. Diese werden sowohl für die Einzelhäuser als auch die Mehrfamilienhäuser und die Sporthalle fällig. Dies wirkt sich unwirtschaftlich auf die Heizkosten aus. Durch die Cluster-Lösung kann ein potenzieller Wärmenetzbetreiber geringere Wärmegestehungskosten erzielen und an die Endkunden weiterreichen. Dadurch ist die Investition der

Mehrfamilienhäuser in Variante 2 höher, gegenüber Variante 1, die jährlichen Heizkosten sinken allerdings und spiegeln sich im geringeren kostendeckenden Wärmepreis nieder.

Zusammenfassend lässt sich aus wirtschaftlicher Sicht folgende Bewertung der Versorgungsvarianten vornehmen:

- Platzierung 1: Nahwärme mit Biomasse (Variante 1)
- Platzierung 2: Nahwärme-Cluster mit Biomasse (Variante 2)
- Platzierung 3: Luft-Wasser-Wärmepumpen (Variante 4)
- Platzierung 4: Nahwärme-Cluster mit Geothermie (Variante 3)

Die gesamte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und die daraus folgende Platzierung, welche einer abschließenden Entscheidungsmatrix zugeführt wird (siehe Tabelle 10.4), erfolgt durch die jeweilige Platzierung der Variante für jeden Gebäudetyp.

#### 4.3.2 Ökologischer Vergleich

Die ökologische Bewertung erfolgt anhand der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Wärmebereitstellung emittiert werden und des Primärenergiefaktors. Als Grundlage werden CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren<sup>7</sup> und Primärenergiefaktoren aus dem GEG angewendet, die in der Tabelle A.1 und

Tabelle A.2 nachgelesen werden können. Neben den Emissionen und Primärenergiebedarfen für die Wärmebereitstellung wird der Haushaltsstrom mit einbezogen.

Für den Wärmepumpenstrom wird der Wert des aktuellen deutschen Strommix angesetzt. Zukünftige Erhöhungen des erneuerbaren Stroms können für eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen in wärmepumpenbasierten Versorgungskonzepten sorgen. Es ist davon auszugehen, dass der deutsche Strommix in den nächsten Jahren weiter sinken wird, da vermehrt Strom auf Basis erneuerbarer Energien produziert wird. Der Verlauf des anzusetzenden Emissionsfaktors seit 1990 ist in Abbildung 4.9 abgebildet. Ebenfalls können die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz von im Quartier erzeugtem PV-Strom reduziert werden. Bei Einsatz von Strom aus ausschließlich regenerativen Quellen, können die Emissionen auf ein Minimum reduziert werden bzw. bilanziell ausgeglichen werden (vgl. Tabelle 4.12).

---

<sup>7</sup> Bei den Emissionsfaktoren handelt es sich jeweils um sog. LCA-Faktoren (life-cycle-analysis, engl. für Lebenszyklusanalyse), also Faktoren, welche die gesamten zu Produktion und Distribution benötigten Vorketten miteinbeziehen. Da es sich um CO<sub>2e</sub>-Faktoren, also Emissionsfaktoren die Kohlenstoffdioxid-Äquivalente bewerten, handelt, wurden die Wirkungen weiterer Treibhausgase neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) wie Methan und Stickoxide in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet und mit in den Faktor einbezogen. Beispielsweise entspricht 1 kg Methan etwa 21 kg CO<sub>2e</sub>. Deshalb sind die CO<sub>2e</sub>-Emissionsfaktoren immer etwas höher als reine CO<sub>2</sub>-Faktoren, da die Auswirkungen weiterer Treibhausgase mitbilanziert werden.

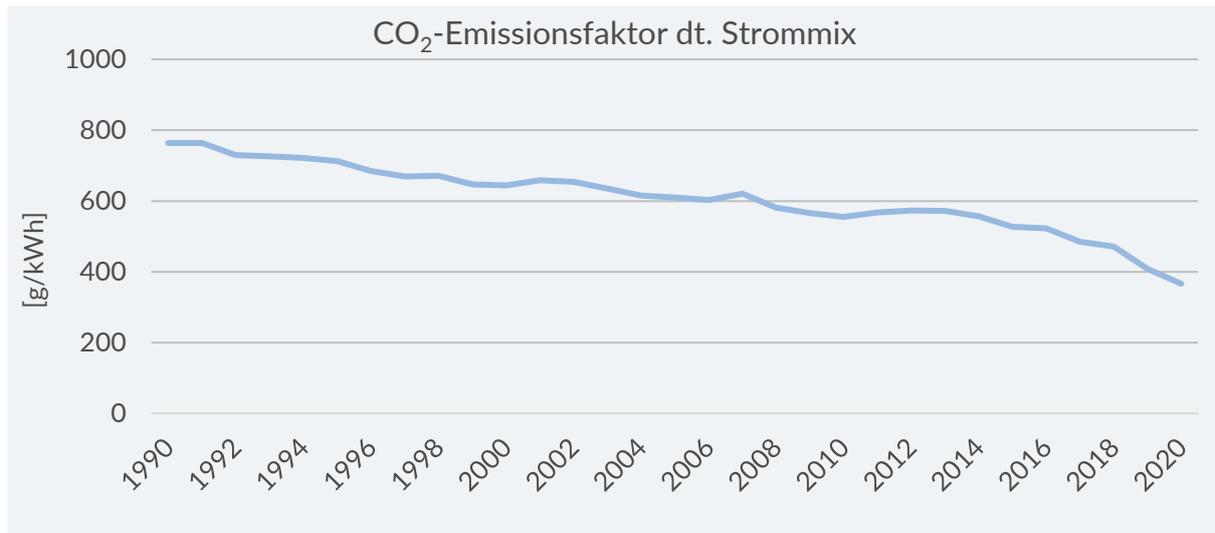


Abbildung 4.9: Verlauf des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor des deutschen Strommix seit 1990

Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen werden ebenfalls die Primärenergiebedarfe untersucht und bewertet. Die genutzten Primärenergiefaktoren<sup>8</sup> können Tabelle A.2 im Anhang entnommen werden.

Anhand der durchschnittlichen Gebäude ØEFH, ØDHH und ØMFH wurden spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh-Wärmebedarf ermittelt. Es wird angenommen, dass die Versorgungstechniken entsprechende Gebäudetypen ähnlich effizient und dadurch mit ähnlichen Emissionen versorgt werden.

Für die zentralen Versorgungslösungen wurden unter Berücksichtigung von Wärmeverlusten und Hilfsenergien, für Netzpumpen etc. spezifische Emissionen pro gelieferter Kilowattstunde Wärme ermittelt. Diese werden für den Wärmebezug angenommen und gebäudeinterne Verluste und Hilfsenergien aufgeschlagen. Für die dezentralen Lösungen wurde der Stromeinsatz für die Wärmepumpen und Hilfsenergien mit dem CO<sub>2</sub>-Emissionswert für Strom fakturiert. Für die einzelnen Gebäudetypen und Versorgungslösungen ergeben sich so die spezifischen Werte, die die CO<sub>2</sub>-Emissionen ins Verhältnis zur erzeugten Wärmemenge setzen. Anhand der Anzahl der verschiedenen Gebäudetypen der Einzel-, Doppel- und Mehrfamilienhäuser wurden die spezifischen Emissionswerte auf das Quartier hochgerechnet. Der spezifische Emissionswert der Sporthalle wurde ebenfalls für die einzelnen Versorgungsvarianten ermittelt. Neben den Freisetzungen und Verbräuchen an Emissionen und Endenergie soll zukünftig im Gebiet Erneuerbare Energie in Form von Photovoltaik von den Dachflächen produziert werden. Diese potenziellen Erträge werden ebenfalls mit den spezifischen Emissionswerten und Primärenergiefaktoren verrechnet und den Bedarfen des Gebiets gegenübergestellt.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebiets zur Wärmebereitstellung und Haushaltsstromversorgung sind in Tabelle 4.12 dargestellt. Dem gegenüber sind die potenziellen PV-Erträge der verschiedenen Ausbauszenarien (vgl. Kapitel 5) dargestellt. Wichtig ist selbstverständlich, dass diese Betrachtungsweise auf einer jährlichen bilanziellen Bewertung erfolgt. Durch die zeitliche Diskrepanz zwischen

<sup>8</sup> Für den Primärenergiebedarf werden neben der reinen Heizwärme- und Trinkwarmwasser-Bereitstellung zeitlich und örtlich vorgelagerte Prozessketten berücksichtigt, die außerhalb des Gebäudes für Gewinnung, Umwandlung und Verteilung anfallen. Die primärenergetische Bewertung erfolgt nach der Berechnungsgrundlage des GEG.

Wärmebedarf in den Wintermonaten und den PV-Erträgen in den Sommermonaten, kann dies nur bilanziell erzielt werden.

Tabelle 4.12: Variantenvergleich jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gesamtgebiet für Wärme und Haushaltsstrom

<b>Gebäudeart</b>	<b>Nahwärme mit Biomasse</b>	<b>Nahwärme- Cluster mit Biomasse</b>	<b>Nahwärme- Cluster mit Geothermie</b>	<b>Luft-Wasser- Wärmepumpe</b>
CO <sub>2</sub> -Emissionen Wärmeversorgung	30.030 kg/a	43.301 kg/a	62.135 kg/a	106.192 kg/a
CO <sub>2</sub> -Emissionen Haushaltsstrom	83.907 kg/a	83.907 kg/a	83.907 kg/a	83.907 kg/a
CO <sub>2</sub> -Emissionen gesamt	113.937 kg/a	127.208 kg/a	146.042 kg/a	190.099 kg/a
CO <sub>2</sub> -Emissionen Gutschrift PV 0 Energie Szenario	215.969 kg/a	215.969 kg/a	215.969 kg/a	215.969 kg/a
CO <sub>2</sub> -Emissionen Gutschrift PV Plus Energie Szenario	277.253 kg/a	277.253 kg/a	277.253 kg/a	277.253 kg/a
Bilanz 0 Energie Szenario	102.032 kg/a	88.762 kg/a	69.928 kg/a	25.870 kg/a
Bilanz Plus Energie Szenario	163.316 kg/a	150.045 kg/a	131.211 kg/a	87.154 kg/a

Die Gegenrechnung des PV-Stroms und Aufstellung einer Gesamtbilanz, in der die Emissionen für Wärme und Strom aufaddiert werden und die „Gutschrift“ aus der PV-Produktion abgezogen wird, zeigt, dass in allen Varianten die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebiet kompensiert werden können. Dafür wird bilanziell für jede erzeugte Kilowattstunde PV-Strom eine Gutschrift von 560 Gramm angerechnet. Dies entspricht dem aus dem Stromnetz „verdrängtem“ Strom durch den PV-Strom. Zur besseren Übersichtlichkeit ist dieses Ergebnis ebenfalls in Abbildung 4.10 dargestellt.

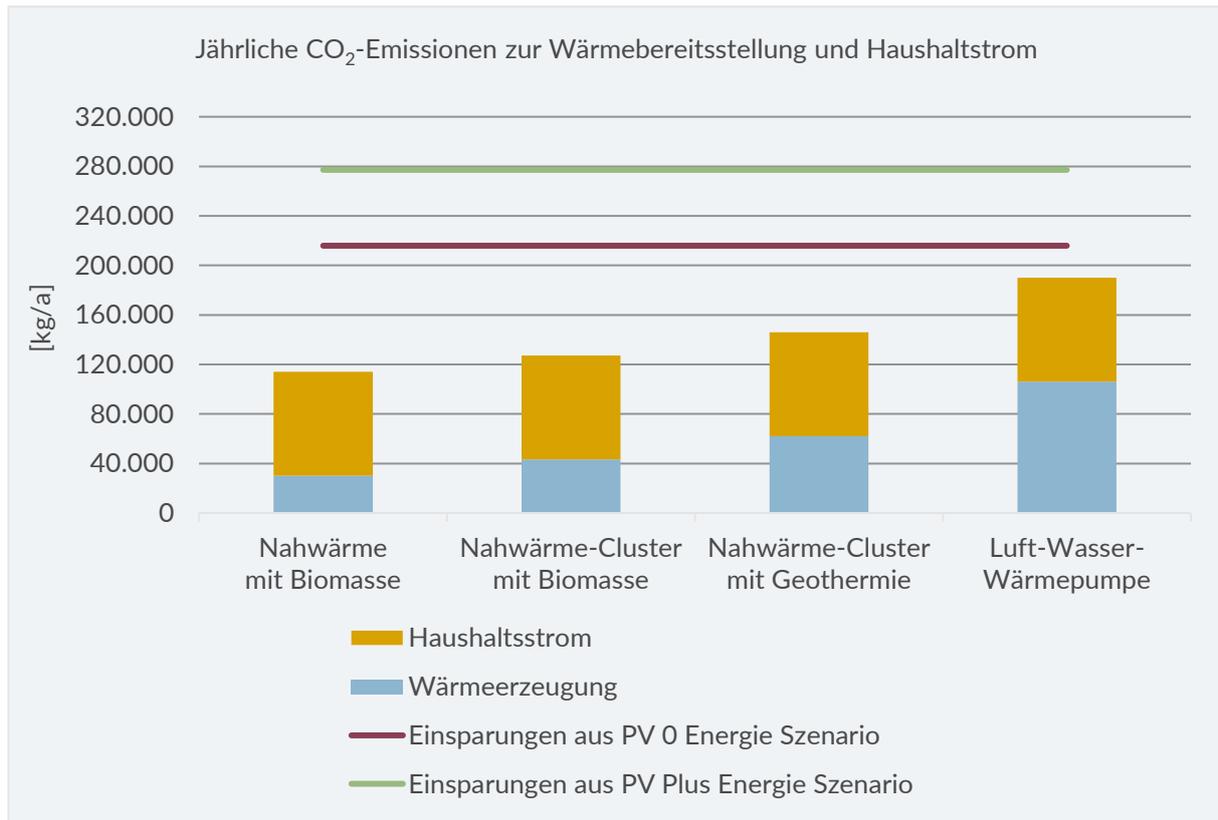


Abbildung 4.10: Grafische Darstellung CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gesamtgebiets (WG und NWG) nach Wärmeversorgung und Haushaltstrom gegenüber potenziellen PV-Erträgen.

Die Auswertung der Emissionen zeigt, dass durch den Einsatz von Biomasse (20 g/kWh, vgl. Tabelle A.1) die größten Einsparungen erzielt werden können. Dies liegt ebenfalls an dem, wie beschrieben, hohen Emissionsfaktor des deutschen Strommix (560 g/kWh, vgl. Tabelle A.1), der für die Wärmepumpen angesetzt wird. Durch zukünftige Reduktionen oder den direkten Einsatz von erneuerbarem Strom, können die Wärmepumpen nahezu emissionslos betrieben werden.

Zusammenfassend lässt sich durch die Bewertung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen folgende Bewertung der Versorgungsvarianten vornehmen:

- Platzierung 1: Nahwärme mit Biomasse (Variante 1)
- Platzierung 2: Nahwärme-Cluster mit Biomasse (Variante 2)
- Platzierung 3: Nahwärme-Cluster mit Geothermie (Variante 3)
- Platzierung 4: Luft-Wasser-Wärmepumpen (Variante 4)

Die gesamte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und die daraus folgende Platzierung, welche einer abschließenden Entscheidungsmatrix zugeführt wird (siehe Tabelle 10.4), erfolgt durch die jeweilige Platzierung der Variante für jeden Gebäudetyp.

Die Auswertung nach dem Primärenergiebedarf erfolgt äquivalent zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hier wird ebenfalls der erzielte PV-Ertrag gegengerechnet. Tabelle 4.13 zeigt die Auswertung des Primärenergiebedarfs.

Tabelle 4.13: Variantenvergleich jährlicher Primärenergiebedarf im Gesamtgebiet für Wärme und Haushaltsstrom

<b>Gebäudeart</b>	<b>Nahwärme mit Biomasse</b>	<b>Nahwärme- Cluster mit Biomasse</b>	<b>Nahwärme- Cluster mit Geothermie</b>	<b>Luft-Wasser- Wärmepumpe</b>
Primärenergiebedarf Wärmeversorgung	190.361 kWh/a	204.810 kWh/a	355.555 kWh/a	382.216 kWh/a
Primärenergiebedarf Haushaltsstrom	270.780 kWh/a	270.780 kWh/a	270.780 kWh/a	270.780 kWh/a
Primärenergiebedarf gesamt	461.141 kWh/a	475.590 kWh/a	626.335 kWh/a	652.996 kWh/a
Primärenergiebedarf Gutschrift PV 0 Energie Szenario	694.186 kWh/a	694.186 kWh/a	694.186 kWh/a	694.186 kWh/a
Primärenergiebedarf Gutschrift PV Plus Energie Szenario	891.169 kWh/a	891.169 kWh/a	891.169 kWh/a	891.169 kWh/a
Bilanz 0 Energie Szenario	233.045 kWh/a	218.596 kWh/a	67.852 kWh/a	41.191 kWh/a
Bilanz Plus Energie Szenario	430.028 kWh/a	415.579 kWh/a	264.835 kWh/a	238.174 kWh/a

Der Vergleich des Primärenergiebedarfs zeigt, dass neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenfalls der Bedarf an Primärenergie durch die Erzeugung von PV-Strom im Quartier kompensiert werden kann. Der erzeugte PV-Strom wird mit dem Primärenergiefaktor von Strom (1,8) fakturiert und mit den Bedarfen verrechnet. Wichtig ist selbstverständlich, dass diese Betrachtungsweise auf einer jährlichen bilanziellen Bewertung erfolgt. Durch die zeitliche Diskrepanz zwischen Wärmebedarf in den Wintermonaten und den PV-Erträgen in den Sommermonaten, kann dies nur bilanziell erzielt werden. Für die Primärenergiebedarfe ist dieses Ergebnis ebenfalls grafisch in Abbildung 4.11 aufgeführt.

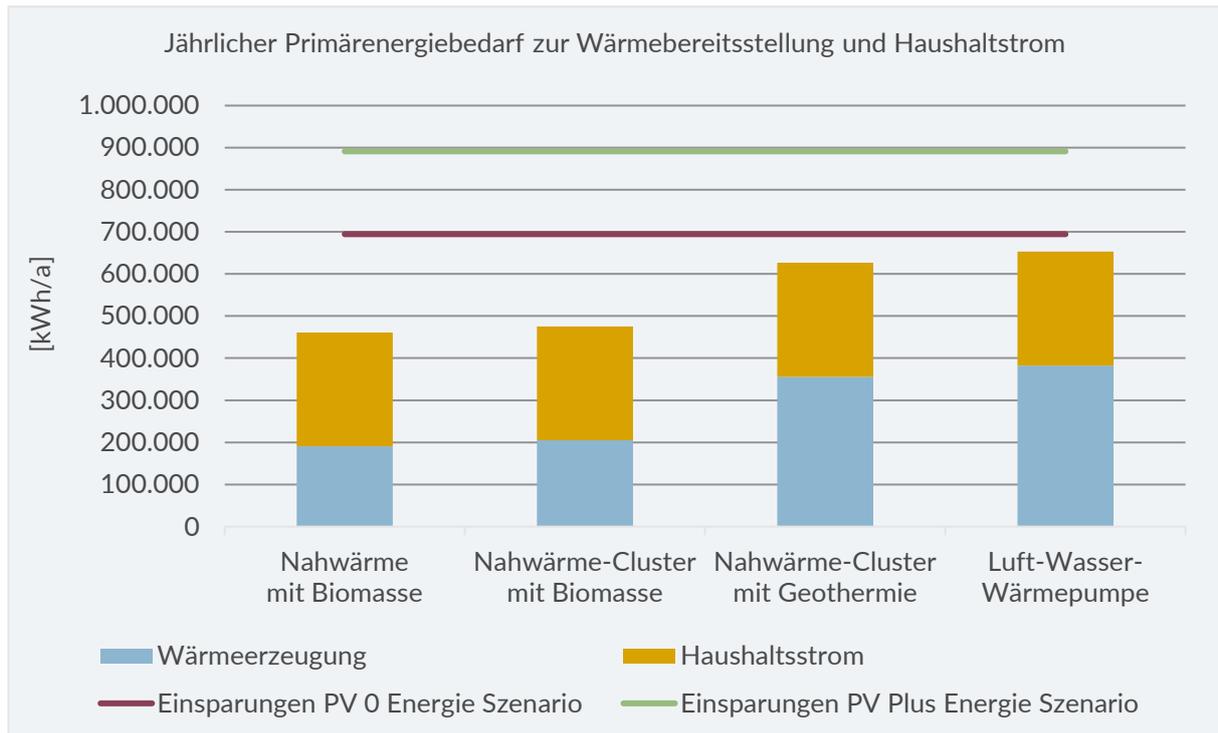


Abbildung 4.11: Variantenvergleich jährlicher Primärenergiebedarf für Wärme und Haushaltstrom (WG und NWG)

Die Auswertung des Primärenergiebedarfs zeigt ein ähnliches Bild wie die der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Durch die angenommenen Versorgungsvarianten kann der Primärenergiebedarf bilanziell durch die PV-Erträge kompensiert werden. Dabei ermöglicht der Einsatz von Biomasse in Variante 2 und Variante 3 die größtmögliche Einsparung. Auch hier sei darauf hingewiesen, dass Veränderungen im Strommarkt und gebäudenah erzeugter Strom für den Einsatz in Wärmepumpen zukünftig weitere Einsparungen in den Wärmepumpen-Varianten ermöglichen können, da der anzurechnende Faktor des deutschen Strommix reduziert werden kann.

Letztlich lässt sich durch die Bewertung des jährlichen Primärenergiebedarfs folgende Bewertung der Versorgungsvarianten vornehmen:

- Platzierung 1: Nahwärme mit Biomasse (Variante 1)
- Platzierung 2: Nahwärme-Cluster mit Biomasse (Variante 2)
- Platzierung 3: Nahwärme-Cluster mit Geothermie (Variante 3)
- Platzierung 4: Luft-Wasser-Wärmepumpen (Variante 4)

Die gesamte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und die daraus folgende Platzierung, welche einer abschließenden Entscheidungsmatrix zugeführt wird (siehe Tabelle 10.4), erfolgt durch die jeweilige Platzierung der Variante für jeden Gebäudetyp.

#### 4.3.3 Plus-Energie-Bilanz

Als ergänzendes Kriterium wird für das Quartier durch die Gemeinde Fürth eine positive Energiebilanz, als sogenannte Plus-Energie-Siedlung angestrebt. Das Ziel der Plus-Energie-Bilanz ist es bilanziell mehr lokale Energie aus erneuerbaren Quellen zu produzieren, als die Bewohner in der Siedlung verbrauchen. Dafür wird der Endenergiebedarf für die Wärmebereitstellung und des Haushaltsstroms bilanziert und den Erträgen aus den PV-Anlagen gegenübergestellt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in den

zentralen Varianten Biomasse eingesetzt wird. Biomasse wird für die Betrachtung des Primärenergiebedarfs mit einem Faktor von 0,2 bewertet. Dafür wird der Endenergiebedarf, also die verbrannte Menge an Biomasse mit dem Faktor 0,2 multipliziert. Für die Betrachtung der Plus-Energie-Bilanz wird die Endenergie betrachtet. Daher kommt es im Vergleich zwischen den Varianten zu unterschiedlichen Ergebnissen, je nachdem nach welchem Kriterium bewertet wird (CO<sub>2</sub>-Emissionen, Primärenergie, Endenergie). Ähnlich verhält es sich bei anderen Energieträgern. Dafür sei auf die Tabellen im Anhang zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen (Tabelle A.1) und den Primärenergiefaktoren (Tabelle A.2) verwiesen. Für die jeweiligen PV-Szenarien sei auf Kapitel 5 verwiesen.

Die Auswertung der Plus-Energie-Bilanz erfolgt in Tabelle 4.14 und in Abbildung 4.12. Dafür wurden neben den Versorgungsvarianten ebenfalls die Photovoltaik-Szenarien betrachtet.

Tabelle 4.14: Auswertung Plus-Energie-Bilanz Gesamtgebiet

Szenario	Nahwärme mit Biomasse	Nahwärme-Cluster mit Biomasse	Nahwärme-Cluster mit Geothermie	Luft-Wasser-Wärmepumpe
EH40 Plus (Plus-Energie-Szenario)	-360.070 kWh/a	-200.300 kWh/ a	108.321 kWh/ a	70.793 kWh/ a
EH40 Plus (0-Energie-Szenario)	-469.507 kWh/ a	-309.736 kWh/ a	0 kWh/ a	-38.644 kWh/ a
EH40	-695.681 kWh/ a	-535.910 kWh/ a	-227.290 kWh/ a	-264.818 kWh/ a

Für die Auswertung der Plus-Energie-Bilanz wurden die Endenergiebedarfe für Wärme und Strom dem Ertrag aus PV gegenübergestellt. In Tabelle 4.14 sind die Wärmeversorgungsvariante-PV-Szenario-Variationen rot dargestellt in der über den Zeitraum von einem Jahr keine bilanziellen Mehrerträge erzielt werden. Die Varianten des Nahwärme-Clusters mit Geothermie und der dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen ermöglichen in Kombination mit der vollflächigen Dachbelegung mit PV-Anlagen eine bilanzielle Überschreitung der Erträge gegenüber dem Verbrauch (grün dargestellt). Die bläuliche Färbung ist die Definition des 0-Energie-Szenarios und produziert über die Dachflächen exakt die Endenergie an Photovoltaik-Strom wie über das Jahr für Wärme und Strom im Gebiet verbraucht wird. Abbildung 4.12 zeigt die tabellarische Darstellung in grafischer Form und splittet ebenfalls die Verteilung der einzelnen Endenergiebedarfe des Quartiers nach Gebäudetyp und Nutzenergieform auf.

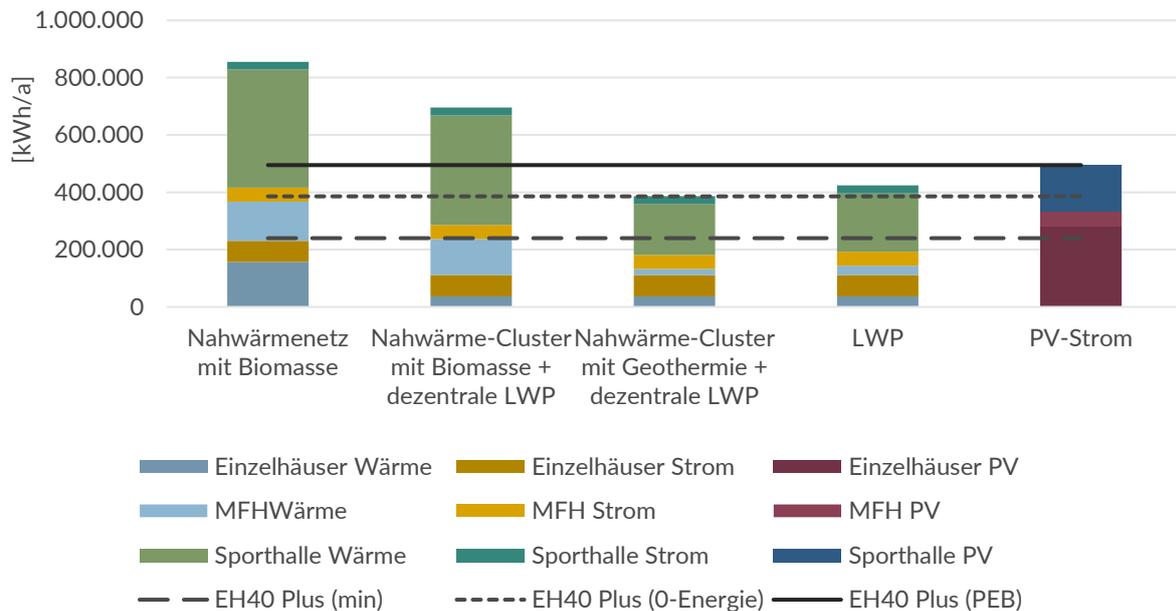


Abbildung 4.12: Auswertung Plus-Energie-Bilanz

Die grafische Aufstellung zeigt deutlich, welche Versorgungsvariante unterhalb der durchgezogenen Linie (Plus-Energie-PV-Szenario) liegt und damit für das Quartier eine Plus-Energie-Bilanz darstellt. Im betrachteten Fall ist dies lediglich über die Variante Nahwärme-Cluster mit Geothermie und die dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen erreichbar. Für die Plus-Energie-Bilanz wird die Endenergie zur Deckung des Wärmebedarfs für Heizung und Trinkwarmwasser sowie der Haushaltstrom betrachtet. Durch den hohen Einsatz an Endenergie durch die Biomasse ist in den zentralen Varianten mit Biomasse keine Plus-Energie-Bilanz realisierbar (mit der angesetzten erneuerbaren Stromerzeugung). Für das Verhältnis des Endenergiebedarfs zwischen den Varianten kann für die Wärmeversorgung der COP angesetzt werden. Lässt man Verluste und Hilfsenergie sowie Pumpenstrom unbeachtet, entspricht der Endenergiebedarf der Variante 1 dem Wärmebedarf der Gebäude. Im Gegensatz dazu entspricht, unter Annahme gleicher Bedingungen, der Endenergiebedarf von Wärmepumpensystemen (Variante 4) etwa ein Drittel (Annahme COP=3) des Wärmebedarfs der Gebäude.

Letztlich lässt sich durch die Bewertung der Plus-Energie-Bilanz folgende Bewertung der Versorgungsvarianten vornehmen:

- Platzierung 1: Nahwärme-Cluster mit Geothermie (Variante 3)
- Platzierung 2: Luft-Wasser-Wärmepumpen (Variante 4)
- Platzierung 3: Nahwärme-Cluster mit Biomasse (Variante 2)
- Platzierung 4: Nahwärme mit Biomasse (Variante 1)

Die gesamte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und die daraus folgende Platzierung, welche einer abschließenden Entscheidungsmatrix zugeführt wird (vgl. Tabelle 10.4), erfolgt durch die jeweilige Platzierung der Variante für jeden Gebäudetyp.

## 5 PHOTOVOLTAIKSZENARIEN

Für die Gebäude des Neubaugebiets „Schützengasse/ FC Sportplatz“ sind mehrere Szenarien für die Menge der Dachbelegung mit Photovoltaik betrachtet worden. Mit diesen Szenarien soll dargestellt werden, welcher PV-Ertrag jeweils zur Erreichung des KfW40 Plus Standards, einer bilanziell klimaneutralen Versorgung des Neubaugebiets oder den Plus-Energie-Standard, benötigt wird. Dabei nimmt der erforderliche Ertrag für PV mit jedem Szenario, in der Reihenfolge ihrer Nennung, zu. Als Grundlage der Annahmen dient dabei die Wärmeversorgung der Gebäude entsprechend Variante 3. Ziel ist es die zusätzlichen Kosten und Erträge, die sich dadurch für den jeweiligen Gebäudebesitzer ergeben aufzuzeigen. Die Varianten 1 und 2 kommen für diese Betrachtung nicht in Frage, da mit diesen nach den Ergebnissen aus Kapitel 4.3.3 weder eine klimaneutrale Versorgung des Gebiets noch eine Plus-Energie-Bilanz erreicht werden kann.

Für das Szenario des KfW40 Plus Standards wird für die definierten Durchschnittsgebäude der EFH, DHH und MFH betrachtet, welche Mindestanforderung zusätzlich im Vergleich zu der jeweiligen Variante des KfW40 erfüllt werden müssen. Die Zusätzlichen Anforderungen an den KfW40 Plus Standard sind der Tabelle 5.1 zu entnehmen und werden entsprechend in den darauf aufbauenden Szenarien ebenso erfüllt.

Tabelle 5.1: Anforderungen an die Gebäudeausrüstung für KfW 40 Plus Standard

KfW 40 Plus	
Photovoltaik	500 kWh je WE + 10 kWh je m <sup>2</sup> Gebäudenutzfläche
Stromspeicher	500 Wh je WE + 10 Wh je m <sup>2</sup> Gebäudenutzfläche
Raumluftechnische Anlagen	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Bei einer bilanziell klimaneutralen Versorgung, wird über das Jahr betrachtet genauso viel Energie aus erneuerbaren Quellen erzeugt, wie die Bewohner lokal im selben Zeitraum verbrauchen. Für die Turnhalle und die Mehrfamilienhäuser wird in diesem Szenario von einer Photovoltaik Belegung nach Annahmen der PV-Simulation ausgegangen. Der notwendige Photovoltaikanteil der ØEFH und ØDHH für Klimaneutralität reduziert sich in diesem Szenario auf 55% gegenüber den Annahmen aus der PV Simulation.

Der Plus-Energie-Standard ist ähnlich zu der Variante der klimaneutralen Versorgung, mit dem Unterschied das die Bilanz am Ende nicht 0 beträgt, sondern mehr Energie aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden soll, wie verbraucht werden kann. In diesem Szenario entspricht die Dachbelegung mit Photovoltaik, den Annahmen aus der Simulation in Kapitel 3.

In der Tabelle 5.2, Tabelle 5.3 und

Tabelle 5.4 ist jeweils aufgelistet welche Photovoltaik und Stromspeichergrößen für die unterschiedlichen Szenarien für das ØEFH, ØDHH und ØMFH benötigt werden. Hierbei wird wie bereits zuvor erwähnt von der Versorgung der Gebäude mit der Cluster Lösung entsprechend Variante 3, (EFH u. DHH über Wärmepumpen; Sporthalle u. MFH mittels kalten Nahwärmenetz) ausgegangen. Ebenfalls in den Tabellen dargestellt sind die Mehrkosten, Mehrförderung und Erlöse, die sich dadurch im Vergleich zum KfW40 Standard ergeben. Die aufgeführte Mehrförderung entspricht der Differenz der Förderung des KfW40 EE Standards auf KfW40 Plus, welcher durch diese Szenarien erreicht wird.

Die Eigenverbrauchsquoten für den Photovoltaikstrom der einzelnen Varianten sind mit Hilfe des Solarkatasters Hessen und den dort hinterlegten Nutzungsprofilen ermittelt worden. Die Werte sind stichprobenartig mit der Software „ETU Simulator Firma Hottgenroth“ verifiziert.

Tabelle 5.2: Photovoltaikszenerarien für EFH Luft-Wasser-Wärmepumpe

Gebäudetyp	KfW 40 Plus	0-Energie-Szenario (Klimaneutralität)	Plus-Energie-Szenario
Photovoltaik	2,1 kW <sub>P</sub> 2.233 kWh/a	5,5 kW <sub>P</sub> 5.792 kWh/a	9,9 kW <sub>P</sub> 10.608 kWh/a
Stromspeicher	2,2 kWh	3,3 kWh	6,1 kWh
PV- Eigenverbrauchsquote	52%	48%	37%
Mehrkosten (bz. auf KfW 40 EE)	12.331 €	16.614 €	23.266 €
Mehrförderung (bz. auf KfW 40 EE)	3.151 €	3.151 €	3.151 €
Erlöse	430 €/a	1.053 €/a	1.643 €/a

Tabelle 5.3: Photovoltaikszenerarien für DHH Luft-Wasser-Wärmepumpe

Gebäudetyp	KfW 40 Plus	0-Energie-Szenario (Klimaneutralität)	Plus-Energie-Szenario
Photovoltaik	1,7 kW <sub>P</sub> 1.805 kWh/a	6,9 kW <sub>P</sub> 7.347 kWh/a	12,2 kW <sub>P</sub> 13.455 kWh/a
Stromspeicher	1,8 kWh	4,0 kWh	7,2 kWh
PV- Eigenverbrauchsquote	54%	41%	30%
Mehrkosten (bz. auf KfW 40)	11.563 €	18.555 €	26.454 €
Mehrförderung (bz. auf KfW 40)	3.151 €	3.151 €	3.151 €
Erlöse	354 €/a	1.213 €/a	1.855€/a

Tabelle 5.4: Photovoltaikszenerarien für MFH Sole-Wasser-Wärmepumpe

Gebäudetyp	KfW 40 Plus	0-Energie-Szenario (Klimaneutralität) / Plus-Energie-Szenario
Photovoltaik	20,2kW <sub>p</sub> 20.308 kWh/a	41,4 kW <sub>p</sub> 41.707 kWh/a
Stromspeicher	20,3 kWh	20,3 kWh
PV- Eigenverbrauchsquote	62 %	45 %
Mehrkosten (bz. auf KfW 40)	84.481 €	105.859 €
Mehrförderung (bz. auf KfW 40)	44.118 €	44.118 €
Erlöse	4.435 €/a	7.320 €/a

Betrachtet man die Zeit, nach der sich die einzelnen Varianten nach Abzug der Förderung amortisieren stellt sich heraus, dass trotz des erhöhten Betrags, der zu Beginn an Investition für das 0-Energie-Szenario oder Plus-Energie-Szenario notwendig ist, diese dennoch durch eine kürzere Amortisationszeit aufgrund der Einsparungen und Erlöse durch den PV-Strom profitieren. Die Investitionen zur Kalkulation der Amortisation beziehen sich dabei auf die Mehrkosten, welche für die jeweilige Variante, im Vergleich zum KfW40 Standard, anfallen. Diese umfassen die Photovoltaikanlage, den Stromspeicher und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Erlöse ergeben sich dabei aus der Vergütung des erzeugten Stroms der Photovoltaikanlage, welcher in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann. Sowie dem Eigenverbrauchsanteil des Photovoltaikstromes für welchen die Strombezugskosten entfallen. Die Amortisationszeit beträgt beispielsweise für das ØDHH im 0-Energie-Szenario circa 13 Jahre.

Ebenso zeigt ein Vergleich der Amortisationszeiten zwischen 0-Energie-Szenario und Plus-Energie-Szenario, dass diese für alle Gebäudearten untereinander, in etwa der gleichen Größenordnung entsprechen. Für die Variante des Plus-Energie-Szenario stellt sich lediglich der zu Beginn erhöhte Betrag an Investition nachteilig heraus. Dem gegenüber steht aber das nach der Amortisation weiterhin die höheren Einsparungen/Erlöse durch die PV-Anlage generiert werden können. Im Vergleich zu dem 0-Energie-Szenario, ist weiterhin die CO<sub>2</sub>-Bilanz in dem Gebiet nicht gleich 0, sondern es steht ein Puffer zu Verfügung der im Sinne der fortschreitenden Elektrifizierung einer zukünftigen negative Bilanz entgegenwirkt.

## 5.1 STROMSPEICHER VERGLEICH ZENTRAL/DEZENTRAL

Um einen Vergleich aufzustellen, wie sich dezentrale Stromspeicher oder ein zentraler Stromspeicher für das ganze Quartier auf den einzelnen Gebäudebesitzer auswirkt sind die relevanten Informationen in Tabelle 5.6 und Tabelle 5.7 dargestellt. Der Vergleich findet für das Szenario Plus-Energie und 0-Energie (Klimaneutralität) statt. Die Entega AG hat hierzu Informationen zu den Tarifen für eine anteilige Nutzung eines zentralen Stromspeichers übermittelt. Die Konditionen sind in Tabelle 5.5 aufgeführt und wurden um einen XXL-Tarif für die Mehrfamilienhäuser erweitert.

Tabelle 5.5: Tarife zentraler Quartierspeicher (Entega AG, 2022)

Tarif	XS	S	M	L	XL	XXL
jährliche Verfügbare Einspeisung/Bezug	bis 1.400 kWh	bis 1.600 kWh	bis 1.800 kWh	bis 2.000 kWh	bis 2.200 kWh	bis 5.000 kWh
Kosten im Monat	16,99 €	19,99 €	22,99 €	25,99 €	28,99 €	70,99 €

In den bereits zuvor erwähnten Tabellen ist jeweils aufgeführt welche Stromspeicher in der dezentralen Variante vorgesehen sind, die Investitionskosten die sich daraus ergeben und wie viel die eingespeicherte Strommenge im Jahr entspricht. Es wird davon ausgegangen, dass die Gebäudebesitzer im Fall eines zentralen Stromspeichers in etwa dieselben Strommengen im Jahr, wie in den dezentralen Varianten, einspeichern und entsprechend der nächstmögliche Tarif gewählt. Die Differenz die sich dadurch bei den jeweiligen Tarifen für Einspeisung/Strombezug und der eingespeicherten Strommenge für die dezentralen Varianten ergibt, wird als zusätzlich eingespeicherte Strommenge im zentralen Stromspeicher angenommen. Sodass entsprechend die maximale verfügbare Einspeisung/Bezug des Tarifs genutzt wird. Hierdurch ergibt sich für den Gebäudebesitzer eine zusätzliche Einsparung für Strombezugskosten im Vergleich zu den dezentralen Stromspeichern.

Tabelle 5.6: Vergleich 0-Energie-Szenario dezentraler/zentraler Stromspeicher aus Sicht der Gebäudebesitzer

		ØEFH	ØDHH	ØMFH
dezentraler Speicher	Speichergröße	3,3 kWh	4,0 kWh	20,3 kWh
	Anschaffungskosten	2.634 €	3.193 €	22.949 €
	Stromeinspeisung Speicher	920 kWh/a	1.147 kWh/a	4.703 kWh/a
zentraler Speicher	Tarif	XS	XS	XXL
	jährliche Kosten	203,88 €	203,88 €	851,88 €
	mehr Erlös/Einsparung durch zentralen Speicher	117,59 €/a	62,01 €/a	72,69 €/a

Tabelle 5.7: Vergleich Plus-Energie-Szenario dezentraler/zentraler Stromspeicher aus Sicht der Gebäudebesitzer

		ØEFH	ØDHH	ØMFH
dezentraler Speicher	Speichergröße	6,1 kWh	7,2 kWh	20,3 kWh
	Anschaffungskosten	4.870 €	5.748 €	22.949 €
	Stromeinspeisung Speicher	1.581 kWh/a	1.754 kWh/a	4.703 kWh/a
zentraler Speicher	Tarif	S	M	XXL
	jährliche Kosten	239,88 €	275,88 €	851,88 €
	mehr Erlös/Einsparung durch zentralen Speicher	4,70 €/a	11,35 €/a	72,69 €/a

Für eine Bewertung der Szenarien ist in der Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2 dargestellt nach welcher Zeit sich die Anschaffungskosten eines dezentralen Speichers gegenüber den jährlichen Kosten für die Speichermietung eines zentralen Speichers (abzüglich der Einsparung durch mehr Eigenstromnutzung) amortisiert. Der Schnittpunkt der Geraden für die Anschaffungskosten mit den jährlichen Kosten markiert dabei den Zeitpunkt, ab welchen die Varianten des dezentralen Speichers theoretisch wirtschaftlicher sind. Ab diesem Punkt übersteigen die jährlichen Kosten im Fall eines zentralen Speichers, diese für die Anschaffung eines eigenen Stromspeichers. Die Darstellung zeigt, dass dieser Zeitpunkt in allen Varianten erst nach einer Dauer von über 20 Jahren erreicht wird. Nach dieser Zeitspanne ist allerdings mit einem Austausch der Speicher zu rechnen, wodurch sich die Varianten mit einem dezentralen Speicher für die Gebäudebesitzer in dieser Gegenüberstellung nicht amortisieren. Desweiteren müssen die Gebäudebesitzer im Falle eines zentralen Speichers keinen zusätzlichen Platz für die Aufstellung auf dem eigenen Grundstück aufbringen, sind für Probleme beim Betrieb nicht verantwortlich und sparen sich die zusätzlichen Kosten für die Anschaffung des Speichers.

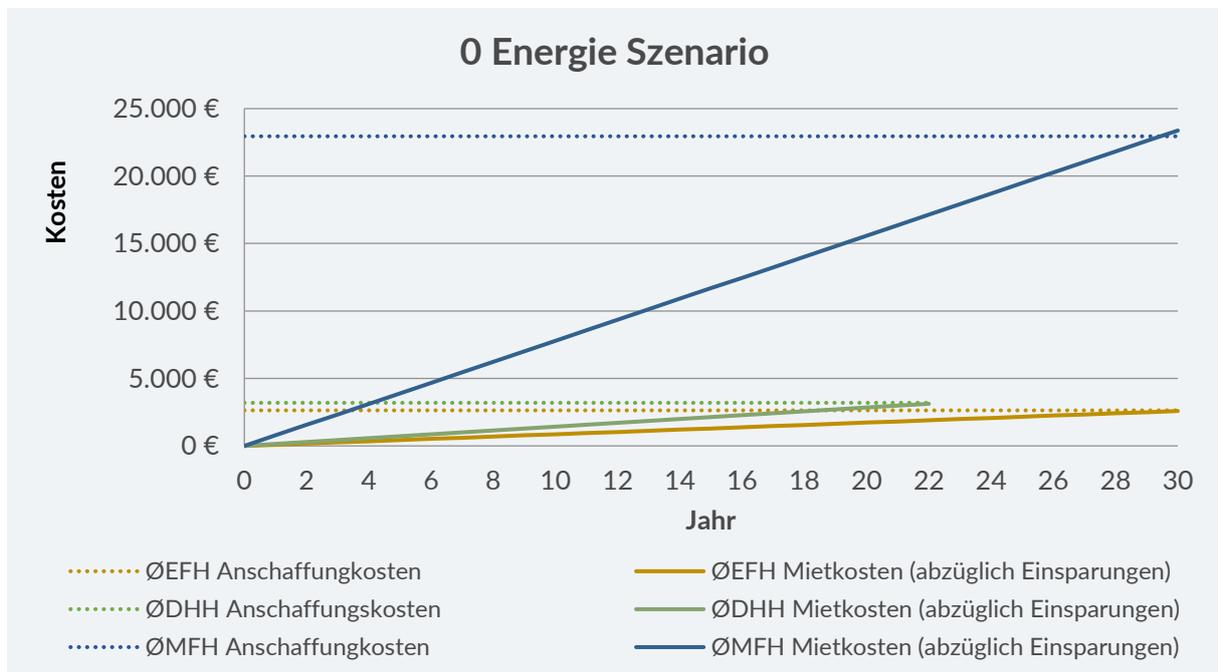


Abbildung 5.1: Darstellung der theoretischen Amortisationszeit der dezentralen Speicher durch monatliche Kosten für zentralen Speicher - 0 Energie Szenario

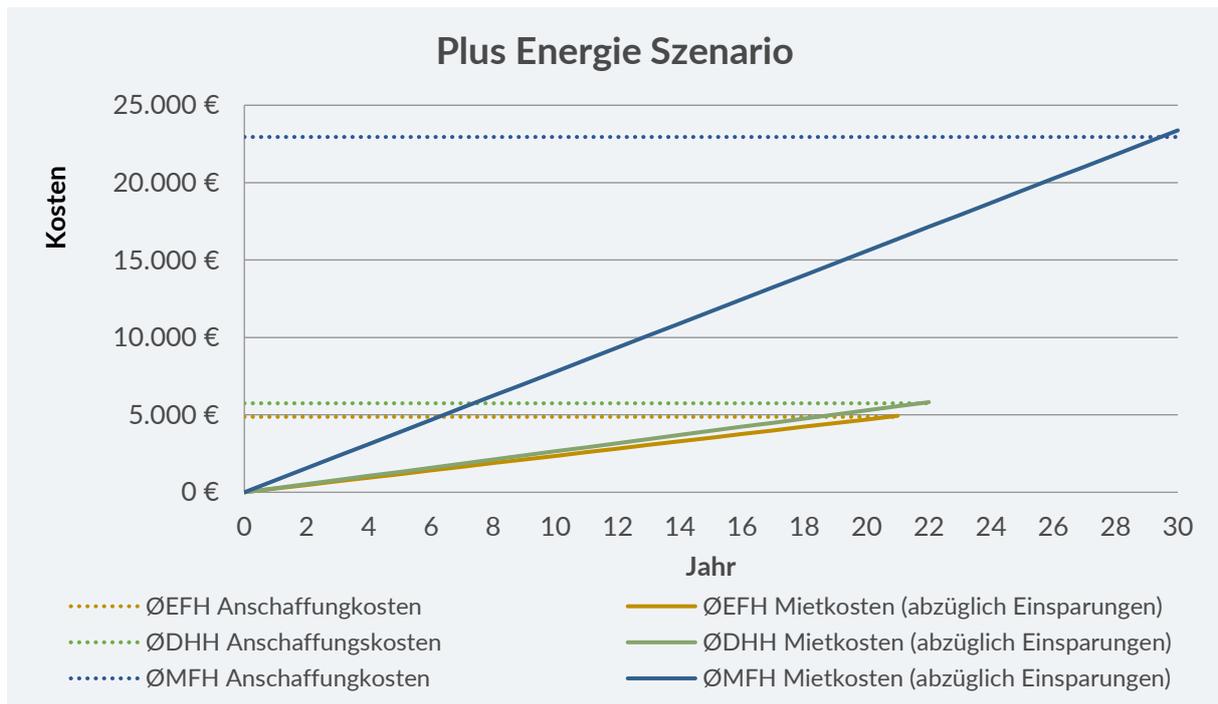


Abbildung 5.2: Darstellung der theoretischen Amortisationszeit der dezentralen Speicher durch monatliche Kosten für zentralen Speicher - Plus Energie Szenario

Aus Betreibersicht ergeben sich Investitionskosten von circa 260.000 € bis 300.000 € inklusive Installation, Anschluss und Engineering für Multis-Use Betrieb. Diese Angaben stammen von der Entega AG und sind für einen Stromspeicher mit einer Größe von etwa 240 kWh, der für dieses Gebiet angedacht ist. Für den Betreiber würden sich durch die Tarife jährliche Einnahmen von 7.317 € im Plus-Energie-Szenario ergeben. Im 0-Energie-Szenario entsprechen diese 5.985 €. Allein auf Grundlage der Investition und Einnahmen durch Tarife lässt sich der Betrieb eines zentralen Speichers, aus Sicht des Betreibers, wirtschaftlich nicht darstellen. Dieser kann den Speicher zusätzlich noch für Netzdienlichkeit und Regelleistungserbringung nutzen, wodurch dieser zusätzlich profitiert.

## 6 SMART GRID

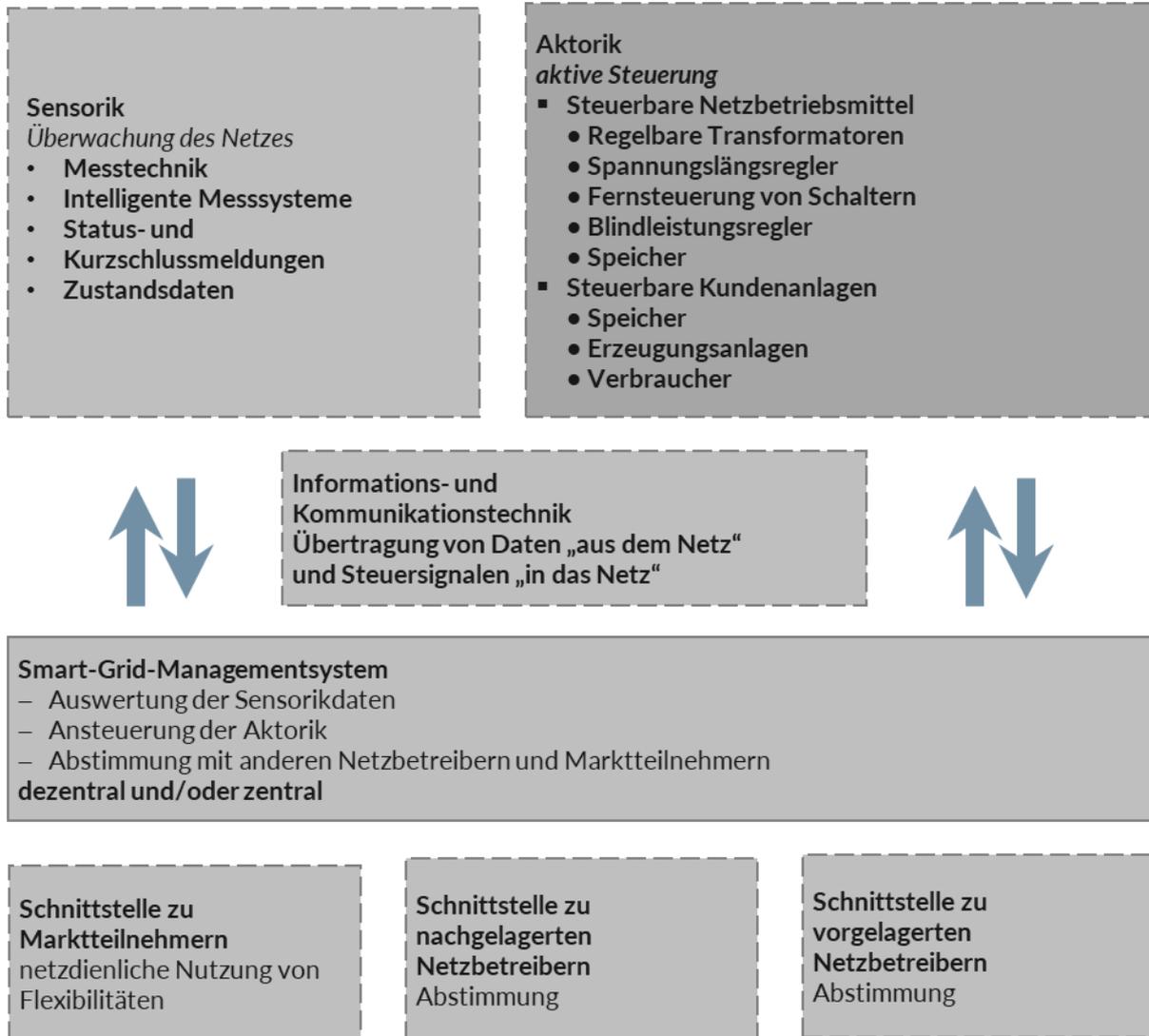


Abbildung 6.1: Grafische Zusammenfassung Smart Grid (Quelle: Smart City – Made in Germany, Eteazadzadeh, Chirine)

Der Begriff „Smart Grid“ gibt zwar ein Indiz auf den Netzzusammenhang, allerdings wurden darunter bisher sämtliche Ansätze zur Eingliederung erneuerbarer Energieträger in eine intelligente Netzstruktur und die Lösung der damit aufkommenden Integrationsprobleme beschrieben. Abbildung 6.1 zeigt die Komponenten und Kommunikationswege die für ein Smart Grid entscheidend sind.

Das „smarte“ hierbei ist die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT). Sie sorgt für die notwendige Transparenz und ermöglicht eine innovativere Betriebsführung durch die Kommunikation von Verbraucher und Erzeuger, Überwachen und Abfragen von Statusmeldungen, sowie die Möglichkeit der Steuerung und Automatisierung.

Dabei werden u.a. folgende Ziele verfolgt (3):

- die Integration von Netznutzern mit neuen Anforderungen zu sichern,
- den reibungslosen Anschluss und Betrieb von Erzeugern aller Leistungsgrößen und Technologien zu sichern,
- die Betriebsführung der Netze effizienter zu gestalten,
- die Verbraucher u. a. durch mehr Information zu motivieren, an der effizienten Energieerzeugung und Netzführung teilzuhaben,
- die Marktfunktionen und Kundendienste zu verbessern,
- die Umwelteinflüsse der Elektroenergieversorgung signifikant zu reduzieren und
- dabei eine verbesserte Versorgungsqualität zu erreichen.

Um die erforderlichen Informationen für das Baugebiet „Schützengasse / FC Sportplatz“ in Fürth bereitzustellen, sollten alle Hausanschlüsse innerhalb der Neubausiedlung mit sogenannten Smart Metern ausgestattet werden. Damit ist bereits der Grundstein für ein Smart Grid im lokalen Verbundnetz gelegt. Neben der Datenerhebung muss ebenfalls eine entsprechende Dateninfrastruktur und zentrale Steuerungszentrale vorgesehen werden. Für die erforderliche Dateninfrastruktur können gängige Möglichkeiten wie Glasfasernetze, Powerline, oder LoRaWAN in Betracht gezogen werden. Da das Neubaugebiet „Schützengasse / FC Sportplatz“ neu erschlossen wird, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Glasfasernetz installiert werden, welches ebenfalls für den Datentransfer des Smart Grids genutzt werden kann. Neben Informationen der Endverbraucher sind Informationen über das Netz an sich entscheidend, deshalb ist es notwendig, das Netz mit entsprechender Sensorik auszustatten, um frühzeitig Probleme zu lokalisieren, zu identifizieren und zu lösen.

Aktuell werden Smart Grids in Forschungsprojekten untersucht und deren Potenzial für den zukünftigen Energiemarkt analysiert. Ein wichtiges Förderprogramm stellt dabei das Projekt „Schaufenster intelligenter Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) dar. Das Projekt wird vom BMWi und privaten Investoren gefördert. Das Ziel ist es praxisnah Lösungen für eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung bei hohen Anteilen an fluktuierender Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie zu entwickeln. Das Projekt SINTEG begann 2017 und läuft über vier Jahre. Erkenntnisse und Ergebnisse aus diesem Projekt können nach Abschluss des Projektes für das betrachtete Quartier adaptiert werden. Dafür ist es entscheidend bereits frühzeitig die nötigen Grundlagen im Gebiet sicherzustellen. (4)

## 7 SPEICHERTECHNOLOGIEN

Durch den angestrebten Paradigmenwechsel in der Energieversorgung werden hohe Ansprüche an Speichertechnologien gestellt. Im Optimalfall soll ein eingesetztes Speichermodul preiswert, wartungsarm und leicht sein und darüber hinaus gefahrlos betrieben werden können. Diese Anforderungen stehen jedoch im Widerspruch zueinander und sind demnach nicht vollständig realisierbar. Dennoch steht fest, dass die in großen Mengen hinzukommenden volatilen erneuerbaren Stromerzeuger nur mit adäquaten Systemen zur Zwischenspeicherung ökonomisch sinnvoll betrieben werden können.

Neben der Wende in der Stromproduktion, rückt der Energiebedarf im Gebäude- und Wärmebereich mehr und mehr in den Vordergrund. Der Energieeinsatz in den eigenen vier Wänden für Heizung und Warmwasser, hat einen Anteil von ca. 35 % am gesamten Endenergieverbrauch der Bundesrepublik. Kernziel ist es, diese Bedarfe zunehmend mit erneuerbaren Energien und effizient zu decken.

Im städtebaulichen Kontext und zukunftssträchtigen Wohnsiedlungen müssen Energiespeicher ein fester Bestandteil des Energiesystems darstellen. Dabei ist irrelevant, ob die Energieversorgung zentral oder dezentral bereitgestellt wird. In beiden Varianten sind entsprechende Energiespeicher zu beachten und dabei jeweils Wärme- und Stromspeicher.

Aktuell existiert eine Vielzahl an verschiedenen Speichertechnologien mit unterschiedlichem Technik- und Erfahrungsstand (s. Abbildung 7.1). Zu betrachten sind vorab grundsätzlich Kriterien wie Speicherkapazität, Speicherdauer und Speicherleistung. Die unterschiedlichen Technologien zeichnen sich dabei durch verschiedene Wirkprinzipien aus und müssen für spezifische Anwendungsgebiete detailliert betrachtet werden.

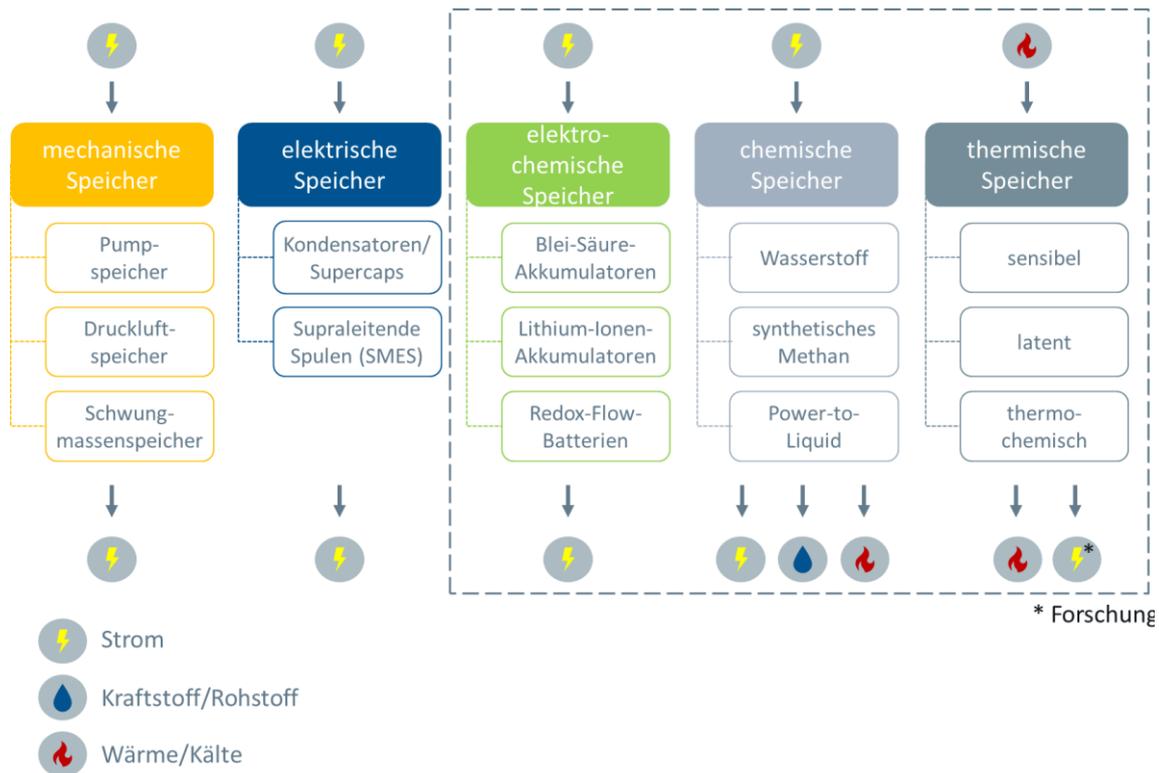


Abbildung 7.1: Überblick Speichertechnologien, gestrichelt: Für Eigenheime und Quartiere relevant (energielenker projects GmbH, 2022)

## 7.1 WÄRMESPEICHER

Wärmespeicher (auch thermische Speicher) können in sensible, latente und thermochemische Speicher klassifiziert werden. Sensible Wärmespeicher speichern Energie durch die Veränderung der fühlbaren Temperatur eines Speichermediums. Als Speichermedium werden häufig Flüssigkeiten eingesetzt, allerdings sind auch Feststoffe und Gase möglich und einsetzbar. Als häufigstes Speichermedium wird Wasser verwendet. Wasser besitzt eine hohe spezifische Wärmekapazität, ist umweltfreundlich und günstig verfügbar.

Im Gegensatz zu sensiblen Wärmespeichern nutzen latente Wärmespeicher neben der fühlbaren Wärme eines Speichermediums auch die Phasenwechselenergie des Mediums. Dafür werden Phasenwechselmaterialien (Phase Change Material, PCM) genutzt. Während des Phasenwechsels wird die zu- oder abgeführte Energie bei konstanter Temperatur gespeichert. Durch die Nutzung des Phasenwechsels können auch bei kleinen Temperaturunterschieden hohe thermische Energien gespeichert werden. Dadurch haben latente Wärmespeicher gegenüber sensiblen Wärmespeichern eine deutlich höhere Speicherdichte, ermöglichen also eine hohe Speichermenge auf kleinerem Raum. Durch die Verwendung spezieller Phasenwechselmaterialien haben latente Wärmespeicher höhere Investitionskosten. Die aktuelle Forschung sucht stetig nach geeigneten und zugleich kostengünstigen Materialien. Derzeit finden Eisspeicher (s.u.), Paraffinspeicher und Thermobatterien praktische Anwendung.

Thermochemische Speicher nutzen die zu speichernde Wärmemenge für endotherme chemische Reaktionen und speichern diese so in Form von chemischer Energie. Die Ausspeicherung erfolgt über entsprechende exotherme Umkehrreaktionen. Durch die chemische Speicherung können sehr hohe Energiespeicherdichten und lange Speicherzeiträume erzielt werden. Thermochemische Speicher

befinden sich aktuell in der Forschungs- und Erprobungsphase. Sie stellen aktuell keine Option für praktische Anwendungen im Privatsektor dar.

Für den Einsatz von Wärmespeichern bei einer dezentralen Quartiersversorgung, können die oben genannten Speicherformen grundsätzlich eingesetzt werden. Die Möglichkeiten der Speicherung sind stets abhängig vom verwendeten Versorgungskonzept. Dabei muss der Stand der Technik der genannten Speichertechnologien im Einklang mit der Wirtschaftlichkeit stehen. Aktuell stellen lediglich sensible Warmwasserspeicher sowohl für Heizungs- als auch für Trinkwarmwasser solche Konzepte dar. Für die zentrale Wärmeversorgung einer Wohnsiedlung, können ein kaltes Nahwärmenetz und ein konventionelles Nahwärmenetz betrachtet werden. Für das kalte Nahwärmenetz wird kein zentraler Wärmespeicher benötigt. In den einzelnen Haushalten kann ein Heizpufferspeicher nach der Wärmepumpe installiert werden, häufig ist allerdings die sensible Speicherfähigkeit der Fußbodenheizung bereits ausreichend für Puffervorgänge. Wird ein warmes Versorgungsnetz vorgesehen, muss ein zentraler Pufferspeicher integriert werden. Dieser fängt Lastspitzen ab, steigert die Versorgungssicherheit und fördert den schonenden Betrieb der Wärmeversorgungsanlage. Aktuell werden für zentrale Wärmespeicher sensible und latente Wärmespeicher eingesetzt.

Neben der Speicherung von hohen Temperaturen können ebenfalls Speicher für tiefe Temperaturen, beispielsweise sogenannte Eisspeicher, eingesetzt werden. Eisspeicher nutzen die sensible Wärmekapazität von Wasser und die Kristallisationsenergie. Der Eisspeicher besteht aus einem Behälter, meistens aus Beton, zur Bevorratung des Speichermediums und einem Solekreislauf. Aufgrund der geringen Temperaturen ist keine Isolierung notwendig. Eisspeicher dienen sowohl als saisonale Speicher als auch während der Heizperiode als Wärmequelle für Wärmepumpen. Dabei kühlt das Wasser ab und gefriert nach und nach. Im Sommer kann die Zisterne zur Wohnraumkühlung genutzt werden. Durch Umgebungswärme und zusätzliche Solar-Luft-Absorber wird der Eisspeicher über den Sommer erwärmt, um im Winter erneut Energie für die Heiz- und Trinkwassererwärmung bereitstellen zu können. Anders als bei Geothermiebohrungen, sind für den Eisspeicher keine behördlichen Genehmigungen erforderlich. Eisspeicher sind sowohl dezentral als auch zentral einsetzbar. Tabelle 7.1 führt einige bereits umgesetzte und in Planung befindliche Projekte mit Eisspeichern auf Quartiersebene auf.

Tabelle 7.1: Praxisbeispiele für Quartiereisspeicher

Ort	Versorgung	Zusätzliche Wärmequellen	Volumen	Inbetriebnahme	Quelle
Friedrichsdorf (Hessen)	350 WE über warmes Netz	2 zentrale BHKW + 2 zentrale WP	1.200 m <sup>3</sup>	2022	<a href="https://www.frankgruppe.de/themen-einzelansicht/news/xuid143-in-der-oekosiedlung-wird-aus-eis-waerme-erzeugt/">https://www.frankgruppe.de/themen-einzelansicht/news/xuid143-in-der-oekosiedlung-wird-aus-eis-waerme-erzeugt/</a>
Rendsberg (Schleswig-Holstein)	200 Haushalte über kaltes Netz	Dezentrale WP + Energiezaun	600m <sup>3</sup>	2019	<a href="https://energie.blog/in-rendsberg-versorgt-ein-eisspeicher-gebaeude-mit-heizenergie/">https://energie.blog/in-rendsberg-versorgt-ein-eisspeicher-gebaeude-mit-heizenergie/</a>

Monheim (NRW)	Büro- und Laborkompl ex ECOlab	2x WP + 65 Solar- Luft- Kollektor + Gasbrenn wertkessel 	1.600 m <sup>3</sup>	2013	<a href="https://www.tab.de/news/tab_1464478.html">https://www.tab.de/news/tab_1464478.html</a>
------------------	--------------------------------------	---	----------------------	------	---

Diese Projekte belegen die technische Umsetzbarkeit von zentralen Eisspeichern. Aussagen bezüglich Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit lassen sich auf Grund der fehlenden Langzeiterfahrung nicht validiert treffen. Die vorangegangenen Planungen gehen von einem wirtschaftlichen Betrieb solcher Anlagen aus.

## 7.2 STROMSPEICHER

Stromspeicher dienen zur kurz-, mittel-, und langfristigen Speicherung elektrischer Energie. Sie können nach der Art und Weise ihres Wirkungsprinzips in elektrische, mechanische, elektrochemische und chemische Speicher unterteilt werden.

Zu den elektrischen Speichern gehören Spulen und Kondensatoren, diese werden zur kurzfristigen Speicherung eingesetzt, um Netzschwankungen auszugleichen oder kommen für technische Anwendungen mit Reaktionszeiten im Millisekundenbereich zum Einsatz. Zur Anwendung in einem Wohnquartier sind elektrische Stromspeicher ungeeignet.

Mechanische Speicher sind beispielsweise Pumpspeicher, Druckluftspeicher oder Schwunghmassenspeicher. Pumpspeicherkraftwerke speichern elektrische Energie als potenzielle Höhenenergie, indem Wasser unter Einsatz von Strom auf ein höheres geodätisches Niveau gehoben wird. Da diese Art der Speicherung vorrangig in einem sehr großen Maßstab rentabel ist (Bsp. Stauseen), sind Pumpspeicherkraftwerke für den hier vorgesehenen Anwendungsfall ungeeignet. Eine ähnliche Technologie namens Hubspeicher (auch Lageenergiespeicher) speichert elektrische Energie ebenfalls als potenzielle Energie, indem ein Festkörper schwimmend auf einem variierenden Wasserspiegel gelagert wird. Durch Pumpen und Turbinen wird der Speicher be- und entladen. Aufgrund des hohen Platzbedarfs für den Schwimmkörper und des aktuell geringen Forschungsstands, ist auch diese Variante keine Option für das Wohnquartier. Gleichermäßen verhält es sich mit Druckluftspeichern die Luft, mittels elektrischer Verdichter, unter hohem Druck einspeichern und bei Bedarf in Turbinen ausspeichern. Schwunghmassenspeicher speichern Energie in Form von kinetischer Rotationsenergie einer Schwunghmasse. Diese kann sehr schnell abgerufen werden, daher dienen Schwunghmassenspeicher häufig als Notstromversorgung. Für eine längerfristige Speicherung ist aufgrund der Reibung, die Selbstentladung zu hoch und die Technologie daher für ein Wohnquartier aus wirtschaftlicher Sicht unattraktiv.

Die bekannteste und verbreitetste Form der Stromspeicherung stellt die elektrochemische Speicherung dar. Dazu zählen Akkumulatoren (oder Batterien). Sie stellen eine eher mittlere Kapazität und Speicherdauer bereit und eignen sich daher gut für Haushalts- und Quartiersanwendungen. Den aktuellen Stand der Technik bilden Blei-Säure- und Lithium-Ionen-Batterien, wobei Lithium-Ionen-Batterien mittlerweile, durch die Mobilfunkentwicklung und zuletzt der Elektroautomobilentwicklung, den Großteil des Marktes ausmachen. Für den Hausbereich gibt es zahlreiche Batteriespeicher von

diversen Herstellern. Durch die rasante Entwicklung sanken die Preise in den letzten Jahren kontinuierlich. Zudem existieren mittlerweile Anwendungsfälle von bereits verwendeten Batterien aus Elektrofahrzeugen, die im Gebäudebereich wiederverwendet werden. Diese sogenannte „second-Life-Batterie-Nutzung“ ist ein weiterer Schritt, um eine ressourcenschonende und gleichzeitig effizientere Speicherung von Energiemengen zu forcieren.

Neben den klassischen Batterien rücken Redox-Flow Batterien mehr und mehr in den Fokus. Diese nutzen flüssige Speichermedien, die getrennt von der Zelle vorliegen. Dadurch kann die gespeicherte Energiemenge unabhängig von der Zelle beliebig variiert werden. Durch die räumliche Trennung der Elektrolyte (Speichermedium) findet zudem keine Selbstentladung statt. Die Elektrolyte werden in separaten Tanks gelagert und stellen dadurch entsprechende Platz- und Gewichtsanforderungen. Aktuell werden daher Redox-Flow Batterien auf Vanadium Basis hauptsächlich im stationären, zentralen Bereich eingesetzt. Einige Hersteller bieten aber auch Lösungen für den Privatgebrauch an. Der Großteil der Technologie befindet sich aktuell allerdings im Entwicklungsstadium. Daher können kaum Aussagen zu Langzeitproblemen und Haltbarkeit gemacht werden. Dennoch haben Redox-Flow Batterien den Vorteil gegenüber Lithium-Ionen-Batterien, dass keine Degradation der Kapazität einsetzt. Auch nach Jahren des Betriebs verfügen sie über die Kapazität wie am ersten Tag, anders als beispielsweise Mobiltelefone oder Laptops. Außerdem lassen sie sich deutlich leichter recyceln. Aktuell werden Alternativen für Vanadium gesucht, um die Vorteile der Redox-Flow Technologie zukünftig wirtschaftlich umsetzen zu können. Dann könnten diese optimal für Quartiere eingesetzt werden.

Neben den genannten Möglichkeiten kann Strom ebenfalls in chemischer Form gespeichert werden. Dafür wird mittels Elektrolyse aus Wasser und elektrischem Strom Wasserstoff produziert und damit die Energie langfristig speicherbar. Der Wasserstoff kann direkt in Brennstoffzellen rückverstromt oder in weiteren Umwandlungsschritten weiterverarbeitet werden. Diese Speicherform von Strom wird als Power-to-Gas bezeichnet. Neben der Speicherung in Gas, kann der Strom in flüssige Energieträger (Power-to-Liquid) oder in Form von Wärme (Power-to-Heat) gespeichert werden. Die generelle Speicherung von elektrischer Energie durch die chemische Umwandlung wird als Power-to-X bezeichnet. Der Power-to-X Prozess ermöglicht so eine langfristige Speicherung in flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen mit hoher Energiedichte. Nachteile bei der chemischen Umwandlung sind die jeweiligen Umwandlungsverluste. Für großtechnische Power-to-X Anwendungen reichen die erzeugten Strommengen der PV-Anlagen im Wohngebiet nicht aus, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen. Neben großtechnischen Anlagen gibt es bereits auch Anwendungen für Wohngebäude, die als Komplettkonzept funktionieren. Darin enthalten sind Komponenten zur Erzeugung, Speicherung und Rückverstromung von Wasserstoff aus elektrischem Strom. Durch die Speicherung innerhalb der eigenen vier Wände kann eine gewisse Autarkie und Notstromsicherheit erzielt werden. Diese Systeme werden von einzelnen wenigen Unternehmen angeboten, die mit hohen Investitionskosten verbunden sind. Ohne den persönlichen Mehrwert der Autarkie und Notstromversorgung sind diese aktuell nicht wirtschaftlich umzusetzen. Zudem kommt es auch hier zu Umwandlungsverlusten.

### 7.3 BEWERTUNG

Für die Entwicklung des Neubaugebietes „Schützengasse / FC Sportplatz“ wird ein Plus-Energie-Konzept angestrebt. Anhand der ermittelten Daten für Wärme- und Stromverbrauch sowie energetischen Potenzialen, kommen als dezentrale Versorgungskonzepte eine Versorgung über Umweltwärme (Luft-Wasser-Wärmepumpen) mit und ohne Eisspeicher und drei zentrale Wärmeversorger mittels kaltem oder warmem Nahwärmenetz in Frage.

Auf dezentraler Ebene kann in den Haushalten ein Wärmespeicher vorgesehen werden. Da der Wärmebedarf bei den dezentralen Versorgungsvarianten über Wärmepumpen bereitgestellt wird, kann ein Pufferspeicher genutzt werden, um überschüssige Wärme zu speichern und bei Bedarf an das Heizungssystem abzugeben.

Alternativ zur Geothermie als Wärmequelle können Eisspeicher für die Haushalte betrachtet werden. Diese benötigen keine aufwändigen Genehmigungen und geringere Erdarbeiten. Komplettsysteme, beispielsweise der Firma Viessmann, sind bereits für heimische Anwendungen auf dem Markt. Durch die junge Technologie und der geringen Erfahrungswerte können keine Langzeitprognosen aufgestellt werden. Das nötige System müsste zudem stets im Einzelfall betrachtet und mit der geothermischen Alternative verglichen werden.

Um den nötigen Plus-Energie-Standard im Wohngebiet der Schützengasse / FC Sportplatz zu erreichen, ist die Installation von PV-Anlagen auf allen Dachflächen vorgesehen. Mit dem Hintergrund der steigenden Strombezugskosten und sinkenden Einspeisevergütungen wird ein hoher Eigenverbrauch des produzierten PV-Stroms immer entscheidender. Für die Realisierung eines möglichst hohen Eigenbedarfs können dezentrale Stromspeicher oder ein zentraler Quartiersspeicher vorgesehen werden.

Aus technischer und ökologischer Sicht sind zentrale Quartiersspeicher sinnvoller und wirtschaftlicher als viele Einzelspeicher, da Skaleneffekte genutzt werden können. Zudem kann der Großspeicher netzdienliche Dienstleistungen erbringen. Zum einen kann der Speicher zur Stabilität des lokalen Netzbetriebs beisteuern. Zum anderen sind Leistungen innerhalb des Quartiers möglich, wie Peak-Shaving oder die Teilnahme am Regelenergiemarkt.

In Pilotprojekten werden die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen solcher Quartiersspeicher untersucht. Diese können aus technischer Sicht größtenteils als positiv bewertet werden, allerdings sind diese Projekte selten wirtschaftlich. Aus einer aktuellen Quelle schreibt die Bundesnetzagentur hierzu, dass Stromspeicher „[...] in Mitteleuropa derzeit nur selten Erträge erwirtschaften, mit denen sie ihre Stromgestehungskosten einschließlich der üblichen Stromnebenkosten decken könnten. Die These, dass Stromspeicher im Stromgroßhandelsmarkt oder im Regelenergiemarkt „gebraucht“ würden, ist daher auf kurze und mittlere Sicht nicht begründbar.“ (5)

Als alternative zu einem Quartiersspeicher ist der dezentrale Einsatz von Batteriespeichern in jedem Haushalt möglich. Dieser kann den Eigenbedarf des erzeugten PV-Stroms erhöhen und damit das Ziel der Plus-Energie-Siedlung unterstützen. Für die Bewertung der möglichen PV-Stromgewinne werden unterschiedliche Anordnungen und Neigungswinkel der Module verglichen. Weiterführende Informationen zu diesem Thema werden unter anderem in dem Kapitel 8.2 thematisiert.

## 8 BETREIBERMODELLE

Die Auswahl eines geeigneten Betreibermodells ist von den Akteuren und von der jeweiligen Struktur vor Ort abhängig. Bei der Struktur vor Ort sind folgende Rahmenbedingungen entscheidend:

- Einsatzbereitschaft der Nutzer
- Eigentumsverhältnisse
- Anzahl der Gebäude
- Räumlicher Zusammenhang der Gebäude
- Kreuzung von öffentlichen Wegen
- Unterbringungsmöglichkeiten der Anlage
- Wirtschaftliche Attraktivität für mögliche zukünftige Betreiber
- Kontinuierliche Abnahmesituation

Diese Rahmenbedingungen definieren die notwendigen Anforderungen und somit die Komplexität des geeigneten Betreibermodells. Das Betreibermodell selbst beeinflusst die Wirtschaftlichkeit, denn je nach Abwicklung der anfallenden gesetzlichen Auflagen, können die Kosten für den Betrieb höher oder niedriger ausfallen. Die folgende Tabelle 8.1 gibt eine Übersicht zu den jeweiligen Varianten.

Tabelle 8.1: Übersicht unterschiedlicher Betreibermodelle (energielenker projects GmbH, 2022)

Variante	Beschreibung	Vorteile	Nachteile
Eigenerledigung	Erprobte Beschaffungsvariante, ggf. erster Schritt vor Beteiligung weiterer Partner über GmbH & Co KG oder gemischtwirtschaftliche Gesellschaft	Vollständige Hoheit über die Entwicklung und Ziele der Versorgung bei der Gemeinde, ggf. zukünftige Beteiligung weiterer Partner über unterschiedliche Struktur ist möglich	Kein Lebenszyklusansatz und kein Risikotransfer auf private Partner in der konventionellen Eigenerledigung bzw. erst im nächsten Schritt bei Beteiligung privater Partner
Betreibermodell (Contracting)	Vollständige Übertragung der Planungs-, Bau-, Finanzierungs-, Betriebs- und Instandhaltungsleistungen auf privaten Partner durch Ausschreibung	Umfangreicher Risikotransfer auf erfahrene Partner, Einbindung von Know-how und Kapital der Partner, Optimierung der Versorgung unter rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten	Nach Übertragung der Leistungen nur noch geringe Einflussmöglichkeiten für die Gemeinde, Renditeanforderungen der privaten Partner
Gemischt-wirtschaftliche Gesellschaft	Beteiligung verschiedener Partner an einer Gesellschaft durch gemeinsame Gründung oder als share-deal	Einbindung von Know-how und Kapital von erfahrenen Partnern, Einflussmöglichkeiten der Gemeinde bestehen weiterhin	Keine klare Trennung von Auftragnehmer und Auftraggeberfunktion
In-House Vergabe	Übertragung sämtlicher Leistungen auf eine kommunale Gesellschaft	Leistungen und Pflichten sind auf Gesellschaft übertragen, Hoheit über Leistungen dauerhaft bei der Gemeinde bzw. Gesellschaft	Fehlender Wettbewerb bei In-House Vergabe, kein Risikotransfer auf Private, keine Einbindung von Kapital von privaten Partnern

## 8.1 GEMISCHT-WIRTSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT

Die Gemeinde Fürth könnte sich auf die Realisierung über eine gemischtwirtschaftliche Gesellschaft verständigen. Dafür sollte die Gemeinde Fürth mit weiteren kommunalen Akteuren eine Projektgesellschaft als GmbH gründen. Sobald die Projektgesellschaft mit Bauleistungen für Energieerzeugungsanlagen und Wärmenetzen sowie den Fernwärmevertrieb operativ tätig wird, können sich über einen strukturierten Vergabeprozess (als share-deal) weitere private Gesellschafter (strategischer Investor aus der Energiewirtschaft) etablieren.

Im Rahmen dieses Anteilverkaufs kann darüber hinaus eine zu gründende Bürgerenergiegenossenschaft beteiligt werden, die Gründung der Bürgerenergiegenossenschaft ist jedoch erst möglich, wenn die Projektgesellschaft operativ tätig wird.

Die nachfolgende Abbildung 8.1 zeigt die mögliche Struktur eines Betreibermodells über eine gemischtwirtschaftliche Gesellschaft.

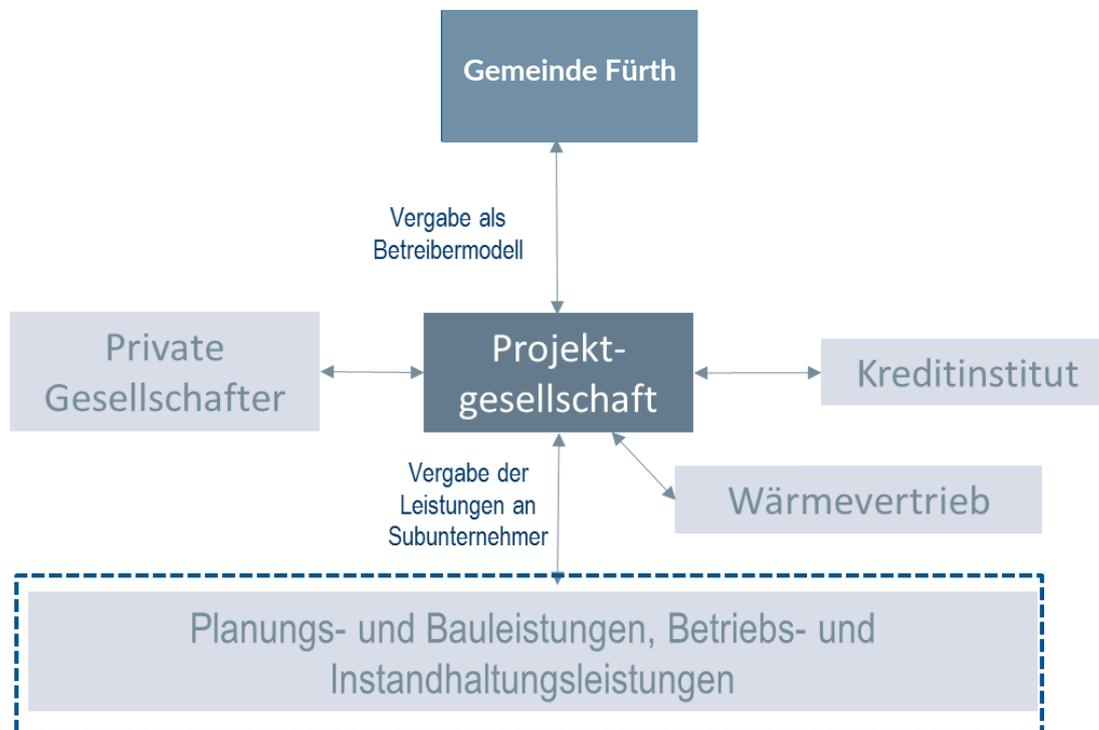


Abbildung 8.1: Mögliche Ausgestaltung eines Betreibermodells mittels Projektgesellschaft (energielenker projects GmbH, 2022)

Alternativ dazu können nach Gründung einer Projektgesellschaft der Gemeinde weitere öffentliche und private Partner sowie Bürgerenergiegenossenschaften über eine GmbH & Co KG Struktur beteiligt werden. Bei der Überführung in die GmbH & Co KG Struktur sollte die Projektgesellschaft als Komplementärgesellschaft dienen.

Zur Erfüllung der vergaberechtlichen Rahmenbedingung ist die Gründung der GmbH entweder allein durch die Gemeinde oder gemeinsam mit rein öffentlichen Akteuren (oder/und andere öffentliche Akteure) zu empfehlen.

Die Beteiligung eines strategischen Investors aus der Energiewirtschaft oder auch weiterer privater Gesellschaften ist über verschiedene Transaktionswege denkbar. Entweder werden private Partner über

einen strukturierten Verkaufsprozess als share-deal beteiligt oder die GmbH wird durch einen strukturierten Verkaufsprozess in eine GmbH & Co KG Struktur überführt.

Sämtliche Planungs-, Bau-, Betriebs- und Instandhaltungsleistungen werden dann entweder durch die Projektgesellschaft selbst erbracht oder an externe Partner im Wettbewerb über Vergabeverfahren vergeben. Die Projektfinanzierung würde dabei auch von der Projektgesellschaft getragen. Dabei wird die Prüfung von möglichen Fördermitteln oder zinsgünstige Darlehen z.B. der KFW-Bankengruppe empfohlen.

## 8.2 BETREIBERMODELL-CONTRACTING

Aufgrund der Komplexität der energietechnischen, regulatorischen und energiewirtschaftlichen Gegebenheiten eines Plus-Energie-Ansatzes, wie in Neubaugebiet in Fürth bietet sich ein Betreibermodell (Contracting) für das gesamte Wohngebiet an. Für diesen Zweck kann die notwendige Dienstleistung ausgeschrieben und an ein privatwirtschaftliches Unternehmen vergeben werden. Hierfür bieten sich vor allem Contractoren an, die in der Lage sind sowohl die Disziplinen der Wärme- und Stromlieferung, Energiedatenerfassung und Monitoring, Regelungstechnik und Betriebsführung sowie Bilanzierung und Abrechnung erbringen zu können.

Es gibt einige Systemdienstleister in Deutschland, die diese Art von gesamtheitlicher Energieerzeugung und -lieferung anbieten können. Auch mittelgroße bis große Stadtwerke, die mittlerweile den Transformationsprozess von Energielieferanten zum Energiedienstleister durchlaufen haben, können solche Dienstleistungen anbieten. In jedem Fall ist es ratsam den zuständigen Netzbetreiber in den Entwicklungsprozess zu involvieren

### 8.2.1 Betreibermodelle zentrale Energieversorgung

Nachfolgend werde die Betreibermodelle für die betrachteten zentralen Versorgungsvarianten beschrieben.

#### 8.2.1.1 Nahwärmenetz mit Biomasse<sup>9</sup>

An dieser Stelle weisen wir daraufhin, dass ein Anschluss und Benutzungszwang nach §16 des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare Energien Wärmegesetz – EEWärmeG)<sup>10</sup> für die zukünftigen Bewohner des Neubaugebietes nicht nur im Zuge der Ressourcenschonung, sondern auch im Sinne der Attraktivität des Versorgungsgebietes für zukünftige Investoren/Contractoren sinnvoll für diese Versorgungsvarianten ist.

#### Wärme

Wie im Kapitel 4.1.1 beschrieben, wird in dieser Variante in der Heizzentrale der Sporthalle bzw. wenn zu wenig Platz vorhanden ist, in einer auf dem Gelände der Sporthalle befindlichen Heizzentrale, mittels Holz-Hackschnitzel-Kessel und Biogas-Spitzenlastkessel, Wärmeenergie erzeugt. Aufgrund der

---

<sup>9</sup> Ein kaltes oder Warmes Netz unterscheidet sich hinsichtlich der Temperaturen des in den Rohrleitungen zirkulierenden Wärmeträgermedium. Bei einem kalten Nahwärmenetz werden die Temperaturen in der Regel bei ca. 10-30°C liegen. In einem Warmen Netz herrscht eine Vorlauftemperatur, abhängig von der Wärmeerzeugungsvariante von 70-100°C.

<sup>10</sup> §16 EEWärmeG: „Die Gemeinden und Gemeindeverbände können von einer Bestimmung nach Landesrecht, die sie zur Begründung eines Anschluss- und Benutzungszwangs an ein Netz der öffentlichen Nah- oder Fernwärmeversorgung ermächtigt, auch zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes Gebrauch machen.“

günstigen Lage in der Gemeinde Fürth kann hier auf regionale Lieferanten für die Holz-Hackschnitzel Lieferung zurückgegriffen werden. So kann auch im Zuge der Brennstoffbeschaffung nachhaltig gehandelt werden.

Der Contractor investiert in ein kleines Gebäude, indem technische Apparaturen wie Verteilstränge, Regelungstechnik, Heizwasseraufbereitungs-Anlage und Wärmetauscher, Druckerhaltung, etc. beinhalten wird. Zudem ist bei einem Holz-Hackschnitzel-Kessel stets ein Silo für die Hackschnitzel vorgesehen. Der hierfür erforderliche Platz sollte in der späteren Umsetzungsplanung bzw. vom Contractor mitbeachtet werden.

Zudem investiert der Contractor in das Nahwärmenetz, die Hausanschlüsse und die Wärmeverteilung im Gebäude der Endkunden.

Für die installierten Anlagen und Systeme, übernimmt der Contractor das Eigentum sowie die Betriebsführung und die Instandhaltung. Über die im Übergabegebäude und in den Häusern der Endkunden installierten geeichten Wärmemengenzähler, wird die Wärme mit den Endnutzern abgerechnet. Diese bezahlen einen Wärmegrundpreis, welcher die Investitionen Betriebsführung und Instandhaltung abdeckt und einen Wärmearbeitspreis, welcher die abgenommene Wärmemenge abdeckt. Hierfür wird ein Vertragsverhältnis mittels Wärmelieferungsvertrag (Konform zur AVBFernwärmeV) zwischen Contractor und Endkunde geschlossen.

Für ein hocheffizientes Energiemanagement sollten die Wärmemengenzähler über ein Funkmodul verfügen, sodass über eine LoRaWAN<sup>11</sup> Antenne alle Zählerdaten gesammelt und an ein Energiemonitoring bzw. Energiemanagementsystem zeitnah übertragen und visualisiert werden können. Einen Onlinezugang für die Endkunden, um jederzeit die Verbrauchsdaten visualisiert zu bekommen, wäre denkbar. Auch im Hinblick auf Smarte Anwendungen oder Visualisierungstafeln in den Gebäuden.

Eine weitere Möglichkeit einer „vorausschauenden“ Betriebsführung des späteren Betreibers wäre die Ausstattung des Nahwärmenetzes mit Sensoren. Diese könnten Leckagen und damit auftretende Druckverluste im Netz melden.

Somit hat der Contractor die Rollen Investor, Energielieferant, Anlagenbetreiber und Messstellenbetreiber inne.

**Hinweis:** Um die Investitionskosten für den Contractor und somit den späteren Grundpreis für die Wärmelieferung niedrig zu halten, können Kosten für das Nahwärmenetz anteilig über die Erschließungskosten der Hauseigentümer verteilt werden. Dies ist eine gängige Praxis und kann über z.B. eine Teilungserklärung rechtlich festgehalten werden. Für die hier notwendige Vertragserarbeitung ist zwingend eine Rechtsberatung hinzuzuziehen.

## Strom

### Photovoltaik-Anlagen

Um die benötigte Menge erneuerbare Energie zu erzeugen und über die Schwelle der Plus-Energie-Siedlung zu kommen, ist die Installation von PV-Anlagen zwingend erforderlich. Auch hier kann der Quartiers-Contractor verantwortlicher Dienstleister für die Investition, Installation, Betrieb und Instandhaltung sowie Abrechnung werden.

---

<sup>11</sup> Long-Range-Wide-Area-Network, um drahtlos batteriebetriebene Messtechnik mit dem Internet zu verbinden, gebündelt Daten aufnehmen zu können und diese an ein Monitoring-Tool zu versenden.

Da sich hier die regulatorischen Rahmenbedingungen zur Wärmelieferung unterscheiden, wäre es Vorteilhaft einen Pachtvertrag für die PV-Anlage einzugehen. Das ist notwendig, um den Hauseigentümer zum Betreiber der PV-Anlage nach den Regularien des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) zu deklarieren.

Durch den Abschluss eines Pachtvertrages, wird geregelt, dass der Contractor die Rolle als Eigentümer und Instandhalter der Anlagentechnik fungiert, aber der Hauseigentümer die Einspeisevergütung für die Einspeisung des erzeugten Stroms erhält, die nicht direkt verbraucht, sondern ins Stromnetz eingespeist wird. Zudem wird über diese vertragliche Konstellation gewährleistet, dass die Hauseigentümer über den eigens erzeugten erneuerbaren Strom frei verfügen können

### Elektro-Ladeinfrastruktur

Auch bei der Ladeinfrastruktur sind einige regulatorische Gegebenheiten zu betrachten. Hierbei ist es wichtig vom Ladestationsbetreiber (Charge Point Operator – CPO) und den Anbietern von Ladeservice Dienstleistung (Emobility Service Provider – EMP) zu unterscheiden.

<b>Ladestationsbetreiber (CPO)</b>	<b>Anbieter von Ladeservices (EMP)</b>
<i>Ladestationsbetreiber oder „CPO“ sind für Installation, Betrieb und Service von Ladestationen verantwortlich. Die Strombelieferung muss nicht zwingend durch den Betreiber erfolgen.</i>	<i>Anbieter von Ladeservices, die Elektroautofahrern einen Zugang zu Ladestationen (z.B. über Ladekarten oder Apps) bieten, werden als „EMP“ (Emobility Service Provider) bezeichnet.</i>

Für den Betrieb der Ladeinfrastruktur bedient sich ein CPO einer Ladestations-Management-Systems, welches sowohl die Lastregulation, bezugnehmend auf das Stromverteilnetz, überwachen kann und zusätzlich den Status der betriebenen Säulen hinsichtlich Störungsbeseitigung und Wartungsintervallen überblicken kann.

Damit ein E-Fahrzeug-Nutzer nicht nur an der eigenen Ladesäule, sondern auch im öffentlichen Bereich sowie Deutschland und Europaweit laden kann, ist eine Ladekarte mit eRoaming<sup>12</sup> Funktion notwendig. Mit dem EMP schließt der Ladekunde einen Ladestromvertrag ab, der das „Heimladen“ sowie das „eRoaming-Laden“ beinhaltet. So kann der Endnutzer, unabhängig von dem Ort des Ladens (Europaweit) eine monatliche, detaillierte Abrechnung über die geladene Strommenge erhalten.

Es gibt Anbieter von Elektrolade-Dienstleistungen die beide Marktrollen (CPO & EMP) einnehmen und so „alles aus einer Hand“ anbieten können.

Wie im Kapitel 9 zur Mobilität beschrieben wird, eignen sich Betreibermodelle vor allem im Bereich eines Quartier-Parkplatzes. Im Bereich der Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser raten wir normalerweise den zukünftigen Eigentümern zur Eigeninvestition in Wallboxen. Allerdings wird in diesem Energiekonzept der Ansatz verfolgt, dass der Quartiers-Parkplatz die notwendigen, elektrifizierten Stellplätze nach dem GEIG kompensiert.

Zentrale Parkflächen gehören für Elektrolade-Dienstleister zu interessanten Investitionsgebieten. Unter der Annahme, dass jeder zweite Stellplatz des Quartierparkplatzes umgewidmet wird, gäbe es hier die

<sup>12</sup> Der Begriff „Roaming“ ist hinlänglich bekannt durch den Mobilfunkbereich. „eRoaming“ beschreibt im Allgemeinen die Vertragsbeziehung und die daraus resultierende Interaktion der beteiligten Marktteilnehmer zueinander

Möglichkeit der Elektrifizierung der Parkmöglichkeiten. Ein Contractor/Investor, welcher die Rollen des Betreibers (CPO) wie auch Dienstleistungsanbieter und Abrechnung (EMP) übernimmt, könnte durch die geladene Strommenge, der Besucher oder Bewohner des Neubaugebietes, die Investition über mehrere Jahre amortisieren.

Technisch könnten die Gewerbeparkplätze mit einer Master-Slave-Variante ausgeführt werden. Das bedeutet, dass eine „Mastersäule“, welche mit einer hohen „Intelligenz“ ausgestattet ist und somit Daten an ein nachgekoppeltes Lastmanagementsystem, wie auch an ein BackEnd, übermitteln kann.

Zusätzlich werden mehrere „Slave-Säulen“ installiert. Diese werden von der Mastersäule gesteuert. Diese Variante wird eingesetzt, um die benötigte elektrische Gesamtleistung für den Ladepark zu reduzieren.

Durch diese Ausführung wird genau die Strommenge bereitgestellt, die für die Ladeanforderung der ladenden E-Fahrzeuge benötigt wird. So ist die Wahrscheinlichkeit, dass Ladepark elektrotechnisch an den Hausanschluss des Gewerbegebäudes angeschlossen werden kann, signifikant gesteigert. Durch die Intelligenz in der Master-Säule und die Kopplung an ein Lastmanagement, kann gewährleistet werden, dass nur die Stromleistung zur Verfügung steht, die von der Kapazität der Stromnetzanbindung (z.B. Trafo) zur Verfügung gestellt werden kann.

Beispiel: Anschlusskapazität für Ladeinfrastruktur liegt bei 44 KW für den elektrifizierten Parkplatz für einen Gewerbepark. An den Ladepunkten der Ladesäule könnte theoretisch eine Maximalleistung von 22 KW je Ladepunkt (je ladendes Auto) abgegeben werden.

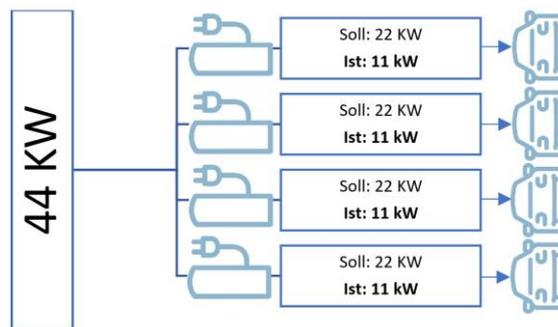


Abbildung 8.2: Laden mit statischen Lastmanagement, Quelle: (energielenker projects GmbH, 2022)

Durch ein statisches Lastmanagement kann ein fester Wert für die Abgabe an Leistung festgelegt werden. Hier 11 KW je ladendes Auto.

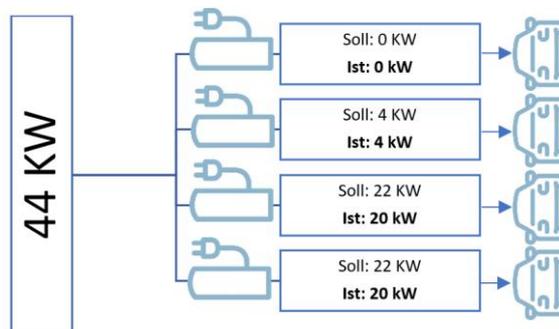


Abbildung 8.3: Laden mit dynamischen Lastmanagement, Quelle: (energielenker projects GmbH, 2022)

Durch das dynamische Lademanagement, mit der notwendigen intelligenten Ladeinfrastruktur, kann eine flexible Leistungsvergabe je nach Bedarfssituation geschaffen werden. Das kann automatisch und in Abhängigkeit der verfügbaren Leistung am Hausanschluss erfolgen.

Die alternative elektrotechnische Ausführung, ohne ein adäquates Lastmanagement, würde vorsehen, dass eine eigene Stromzuleitung vom nächstgelegenen Transformator des Stromnetzbetreibers erfolgt. Diese würde dann auf die theoretische Maximalleistung ausgelegt (im Beispiel  $4 \times 22 \text{ kW} = 88 \text{ kW}$ ) ausgelegt werden. Das führt zu erheblichen Erschließungskosten durch den Stromnetzbetreiber, die in keinem Verhältnis zur Investition in ein Lademanagementsystem stehen.

Durch die komplexen technischen Rahmenbedingungen raten wir auch in diesem Fall zu einer Betreiberlösung vor allem im gewerblich genutzten Bereich.

#### 8.2.1.2 Nahwärme-Cluster-Lösung mit Biomasse

Diese Versorgungsvariante wurde gewählt, da durch die Einfamilienhäuser (DHH, RH) eine im Vergleich zur Sporthalle und Mehrfamilienhäusern geringe Wärmeabnahme erfolgt. Daher ist es sinnvoll die Sporthalle und Mehrfamilienhäuser in einem Nahwärme-Cluster aus der Heizzentrale der Sporthalle mit Wärme zu versorgen. Die Einfamilienhäuser beziehen Wärme für die Raumheizung und Warmwasserbereitung aus Luft-Wasser-Wärmepumpen.

##### Wärme

Ein Betreiber oder Contractor investiert, ähnlich wie in der Variante „nahwärmenetz mit Biomasse“ in die entsprechende Anlagentechnik der Heizzentrale der Sporthalle und betreibt diese technisch und wirtschaftlich.

Zudem investiert der Contractor in das Nahwärmenetz, die Hausanschlüsse und die Wärmeverteilung im Gebäude der Mehrfamilienhäuser. Die Erschließungskosten im Vergleich zum gesamten Nahwärmenetz sind in dieser Cluster-Variante erheblich geringer, da lediglich eine Leitungsverlegung von der Sporthalle zu den Mehrfamilienhäusern erstellt werden muss.

Für die dezentralen Luftwärmepumpen der Einfamilienhäuser, wäre es möglich einen Contractor mit der Investition, dem Betrieb und der Instandhaltung sowie der Wärmeabrechnung zu beauftragen. Das wird in der Regel mit einem Wärmelieferungsvertrag über 10 Jahre realisiert. Abgerechnet wird über einen installierten und geeichten Wärmemengenzähler des Wärmelieferanten. Für dieses Modell eignen sich größere Energiedienstleister wie auch mittlere bis große Stadtwerke mit entsprechenden organisatorischen Ausprägungen.

##### Strom

Das Betreibermodell dieser Variante ist identisch mit dem Betreibermodell der Vorgängervariante. Wenn der Betreiber der PV-Anlage wie auch des Wärmesystems identisch ist, würde das den Installations- und Instandhaltungsprozess zusätzlich vereinfachen.

##### Elektro-Ladeinfrastruktur

Das Betreibermodell für die Elektro-Ladeinfrastruktur ist identisch mit der Vorgängervariante.

#### 8.2.1.3 Nahwärme-Cluster-Lösung mit Geothermie

Hierbei dient geothermische Energie als Wärmequelle für das Versorgungsgebiet. Hierfür ist es wie in 4.1.3 notwendig mehrere Tiefenbohrungen durchzuführen. Mittels Sole-Wasser-Wärmepumpen wird die benötigte Wärmemenge zur Versorgung der Sporthalle wie auch den Mehrfamilienhäusern, aus geothermischen Quellen erzeugt. Durch einen Wärmetauscher wird Wärme einem kalten Nahwärmenetz zugeführt. In den entsprechenden Abnehmer-Gebäuden wird die geothermisch

ausgekoppelte Wärmeenergie mithilfe von Luft-Wärmepumpen auf das benötigte Wärmeniveau gebracht.

Die Einfamilienhäuser (DHH, RH) sind in dieser Variante nicht mit dem Nahwärmenetz verbunden, sondern separat über dezentrale Luft-Wärmepumpen versorgt.

Für die dezentralen Luftwärmepumpen der Einfamilienhäuser, wäre es möglich einen Contractor mit der Investition, dem Betrieb und der Instandhaltung sowie der Wärmeabrechnung zu beauftragen. Das wird in der Regel mit einem Wärmelieferungsvertrag über 10 Jahre realisiert. Abgerechnet wird über einen installierten und geeichten Wärmemengenzähler des Wärmelieferanten. Für dieses Modell eignen sich größere Energiedienstleister wie auch mittlere bis große Stadtwerke mit entsprechenden organisatorischen Ausprägungen.

### 8.3 BETREIBERMODELLE DEZENTRALE ENERGIEVERSORGUNGSVARIANTE

Dezentrale Energieversorgungsvarianten zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass keine zentrale Nahwärmeversorgung über ein kaltes oder warmes Nahwärmenetz erfolgt. Doch auch hier gibt es mittlerweile Betreiber die objektspezifische Contracting- oder Betreibermodelle anbieten.

#### **Dezentrale Luftwärmepumpe**

In dieser Variante wurden die Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften, Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser mit Luft-Wasser-Wärmepumpen konzeptioniert. Allerdings wurde die Sporthalle in dieser Betrachtung außeracht gelassen, da die Deckung des Wärmebedarfes dieses großen Abnehmers nicht ausschließlich mit dezentraler Luft-Wasser-Wärmepumpe erfolgen kann.

#### Wärme

Für die dezentralen Luftwärmepumpen der Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften, Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser wäre es möglich einen Contractor mit der Investition, dem Betrieb und der Instandhaltung sowie der Wärmeabrechnung zu beauftragen. Das wird in der Regel mit einem Wärmelieferungsvertrag über 10 Jahre realisiert. Abgerechnet wird über einen installierten und geeichten Wärmemengenzähler des Wärmelieferanten. Für dieses Modell eignen sich größere Energiedienstleister wie auch mittlere bis große Stadtwerke mit entsprechenden organisatorischen Ausprägungen.

#### Strom

Wie auch in den zentralen Varianten, ist hier die Verpflichtung der Installation einer PV-Anlage notwendig für die Erreichung eines Plus-Energie-Standards. Bei einer Aufwertung zu einem KfW40-Plus-Standard, ist ein Stromspeicher notwendig.

Auch hier kann der Quartiers-Contractor verantwortlicher Dienstleister für die Investition, Installation, Betrieb und Instandhaltung sowie Abrechnung werden.

Da sich hier die regulatorischen Rahmenbedingungen zur Wärmelieferung unterscheiden, wäre es vorteilhaft einen Pachtvertrag/Mietvertrag für die PV-Anlage und oder den Stromspeicher einzugehen. Das ist notwendig, um den Hauseigentümer zum Betreiber der PV-Anlage nach den Regularien des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) zu deklarieren.

Durch den Abschluss eines Pachtvertrages/Mietvertrages, wird geregelt, dass der Contractor die Rolle als Eigentümer und Instandhalter der Anlagentechnik fungiert, aber der Hauseigentümer die Einspeisevergütung für die Einspeisung des erzeugten Stroms erhält, die nicht direkt verbraucht, sondern

ins Stromnetz eingespeist wird. Zudem wird über diese vertragliche Konstellation gewährleistet, dass die Hauseigentümer über den eigens erzeugten erneuerbaren Strom frei verfügen können.

#### Elektro-Ladeinfrastruktur

Auch für die Eigentümer der Einfamilienhäuser der Siedlung gibt es mittlerweile dezentrale Betreiberlösungen mittels Dienstleistungs-Contracting. Dieses beinhaltet die Installation, Verwaltung, Betriebsführung und Instandhaltung der Wallbox oder Stand-Ladesäule inklusive eines Strom-Ladetarifes. Wobei hier der Anbieter des Tarifes und der Anbieter des Betriebs der Ladestationen unterschiedliche juristische Personen sein können. Weitere Informationen hierzu kann man in Kapitel 4.1 finden.

## 9 ZUKUNFTSORIENTIERTE MOBILITÄT

Im Rahmen der Erarbeitung des Energieversorgungskonzeptes „Schützengasse / FC Sportplatz“ für die Gemeinde Fürth spielt, neben der klimagerechten Bauweise und der Energieversorgung, das Thema Mobilität eine wichtige Rolle, wenn es um die Einsparung von Energie und THG-Emissionen geht. Der Verkehrssektor war im Jahr 2019 mit einem Anteil von 20 % der drittgrößte Verursacher von THG-Emissionen in Deutschland. Davon wiederum macht allein der Pkw-Verkehr rund 60% der THG-Emissionen aus, u. a. da die Fahrleistung weiter ansteigt und fossile Kraftstoffe weiterhin dominieren (6).

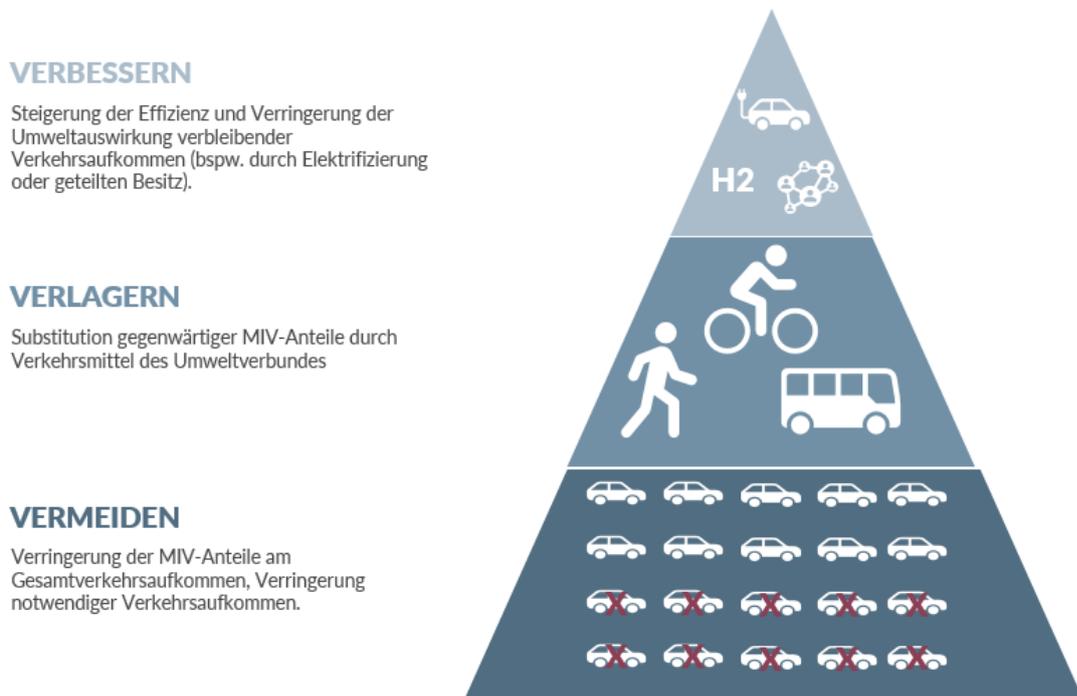


Abbildung 9.1: Bausteine nachhaltiger Mobilität (energielenker projects GmbH, 2022)

Insbesondere in Neubauquartieren sollten daher die Grundlagen für eine nachhaltige Mobilität geschaffen werden. Dazu kann auf die nachfolgend dargestellten grundsätzlichen Strategien einer nachhaltigen Mobilität zurückgegriffen werden (vgl. Abbildung 9.1).

### ► Vermeiden

- Siedlungsstrukturen (auch im ländlichen Raum) sollten dem Leitbild einer „Stadt der kurzen Wege“ folgen, um unnötige Fahrten zu vermeiden (d. h. bspw. fußläufige Erreichbarkeit von Einrichtungen des täglichen Bedarfes im Quartier);
- Zudem sollte versucht werden, die Auslastung bei Pkw-Fahrten zu erhöhen; dies kann z. B. über die Förderung von Fahrgemeinschaften erfolgen;

### ► Verlagern

- Fahrten, die nicht vermieden werden können, sollten auf Verkehrsträger des Umweltverbundes (ÖPNV, Fuß- und Radverkehr) verlagert werden, dazu sollten attraktive Fuß- und Radwegeverbindungen in den Ortskern geschaffen werden, oder mit Bikesharing-Angeboten die Verknüpfung von ÖPNV und Radverkehr erleichtert werden;
- Wohnsiedlungen sollten eine fußläufig erreichbare ÖPNV-Anbindung aufweisen, um den Umstieg vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf den Umweltverbund zu fördern;

► **Verbessern**

- Der Einsatz von E-Fahrzeugen (z. B. über eCarSharing im Quartier) sollte gefördert werden, um die Entwicklung der E-Mobilität zu unterstützen;
- Installation von E-Ladeinfrastruktur im Quartier zur Förderung von E-Fahrzeugen ist insbesondere in stärker verdichteten Quartieren (z. B. Reihenhäuser, Mehrfamilienhäuser) sinnvoll.

Um diese Strategien umzusetzen, ist die Beteiligung zahlreicher Akteure (vgl. Abbildung 9.2) wie beispielsweise der Gemeindeverwaltung, der Wohnungswirtschaft, Sharing-Anbietern oder dem Energieversorger wichtig. Die Gemeindeverwaltung hat insbesondere Steuerungsmöglichkeiten in den Bereichen Schaffung kompakter Siedlungsstrukturen und attraktiver Rad- und Fußwegeverbindungen. Zudem kann sie, zusammen mit dem Energieversorger, die Installation öffentlicher Ladeinfrastruktur initiieren und vorantreiben. Die Wohnungswirtschaft kann in Kooperation mit Sharing-Anbietern steuernd im Bereich Car- bzw. Bike-Sharing und Ladeinfrastruktur, bspw. auf den Grundstücken von Mehrfamilienhäusern, eingreifen. Energieversorger können in Zusammenarbeit mit der Gemeindeverwaltung und Anwohnern, Standorte für die öffentliche Ladeinfrastruktur festlegen.

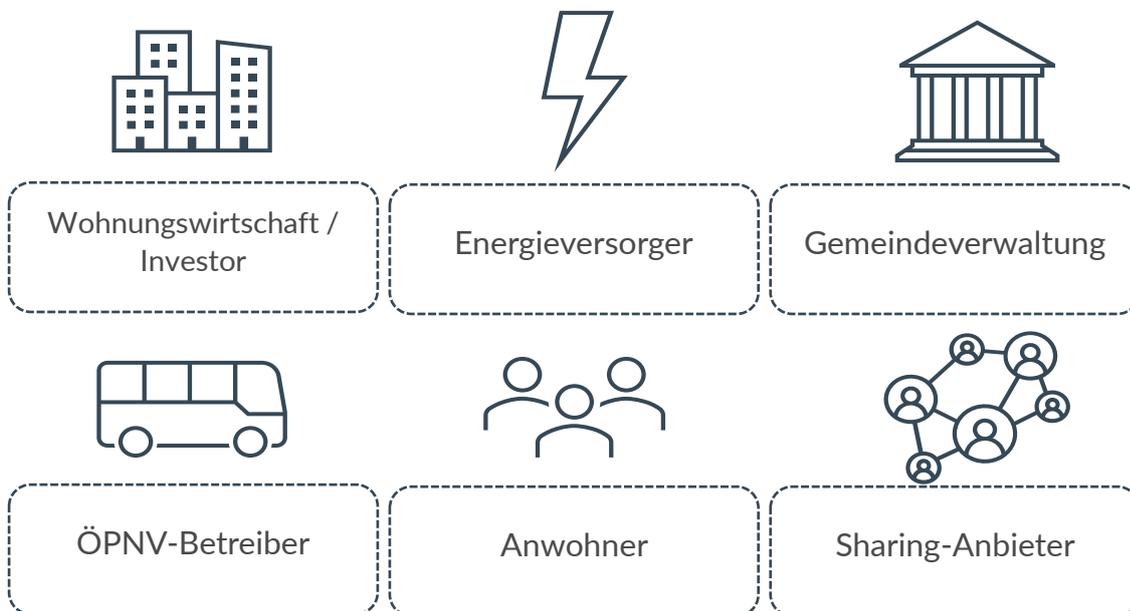


Abbildung 9.2: Relevante Akteure im Bereich nachhaltige Mobilitätsentwicklung im Quartier (energielenker projects GmbH, 2022)

## 9.1 VARIANTENBETRACHTUNG ZUR REDUKTION DES ENDENERGIEBEDARFES UND DER THG-EMISSIONEN

Um abschätzen zu können, wie sich der Endenergiebedarf des Verkehrssektors im Quartier entwickeln könnte und wie hoch der zukünftige Strombedarf von E-Fahrzeugen sein kann, werden nachfolgend Szenarien dargestellt. Sie zeigen auf, wie sich in Zukunft die Fahrleistungen und die damit verbundenen Energiebedarfe von Verbrennern und E-Fahrzeugen im Quartier unter bestimmten angenommenen Rahmenbedingungen verändern können. Dazu wird zunächst ein Basisszenario entwickelt, das den verkehrsinduzierten Endenergiebedarf und die THG-Emissionen darstellt, die entstehen würden, wenn die Bewohner des Neubaugebietes ein ähnliches Mobilitätsverhalten annehmen würden, wie die derzeitige Bevölkerung der Gemeinde Fürth.

### 9.1.1 Basisszenario „weiter wie bisher“

Zur Bilanzierung der verkehrsinduzierten Endenergiebedarfe und der THG-Emissionen wurden die Kfz-Meldedaten der Gemeinde Fürth auf den potenziellen Anteil der Einwohner im Neubaugebiet (Annahme: rund 130 Einwohner) adaptiert. Annahme des Basisszenario ist, dass die Bewohner des Neubaugebietes ein ähnliches Mobilitätsverhalten aufweisen, wie die Bewohner der Gemeinde Fürth (→ gleicher Pkw-Besatz).

Für die Gemeinde Fürth liegt keine eigenen Model-Split-Erhebung vor, sodass für die Einschätzung des Mobilitätsverhaltens auf die repräsentative Erhebung der Mobilitätsstudie Mobilität in Deutschland (MiD) des Raumtyps „Ländliche Region – Städtischer Raum“ zurückgegriffen wird.

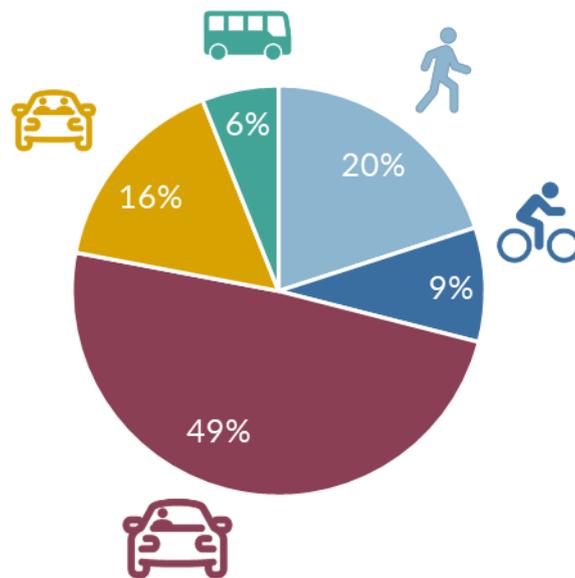


Abbildung 9.3: Modal-Split des Raumtyps „ländliche Region – städtischer Raum“  
[eigene Darstellung, Datengrundlage: MiD 2017]

In Gemeinden dieses Raumtyps, werden 65 % der Wege mit dem motorisierten Individualverkehr (MIV), also Pkw, Motorrad, etc., zurückgelegt (49 % als Fahrer, 16 % als Mitfahrer) und 35 % der Wege mit dem Umweltverbund (öffentlicher Verkehr 6 %, Radverkehr 9 %, Fußverkehr 20 %) bewältigt werden. Aufgrund der zentralen Lage des Quartiers und der guten ÖV Anbindung ist davon auszugehen, dass Potenziale für eine Erhöhung des Umweltverbund-Anteils am Modal-Split bestehen

Für das Neubaugebiet ergibt sich somit eine Gesamtanzahl von 98 Kfz, die sich auf 89 privat genutzte und 9 Krafträder (private Nutzung) aufteilen. Aufgrund der geplanten Nutzung des Quartiers werden keine gewerblich genutzten LKW berücksichtigt. Über die vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) berechnete durchschnittliche Verteilung der Kraftstoffarten in Hessen und der vom Deutschen Institut für Wirtschaftsförderung (DIW) ermittelten durchschnittlichen Jahresfahrleistungen, wurden die Jahresverbräuche an Kraftstoffen in MWh ermittelt. Bei der Zusammensetzung dominieren nach wie vor Pkw, die fossile Kraftstoffe wie Benzin oder Diesel nutzen. Lediglich einen elektrisch betriebenen Pkw (private Nutzung) gibt es im Neubaugebiet im Basisszenario.

Zusammenfassend beläuft sich der verkehrsbezogene Kraftstoffbedarf im Basisszenario auf 852 MWh/a, was einem Primärenergiebedarf von 1.052 t/a entspricht und THG-Emissionen von 288 t/a verursacht.

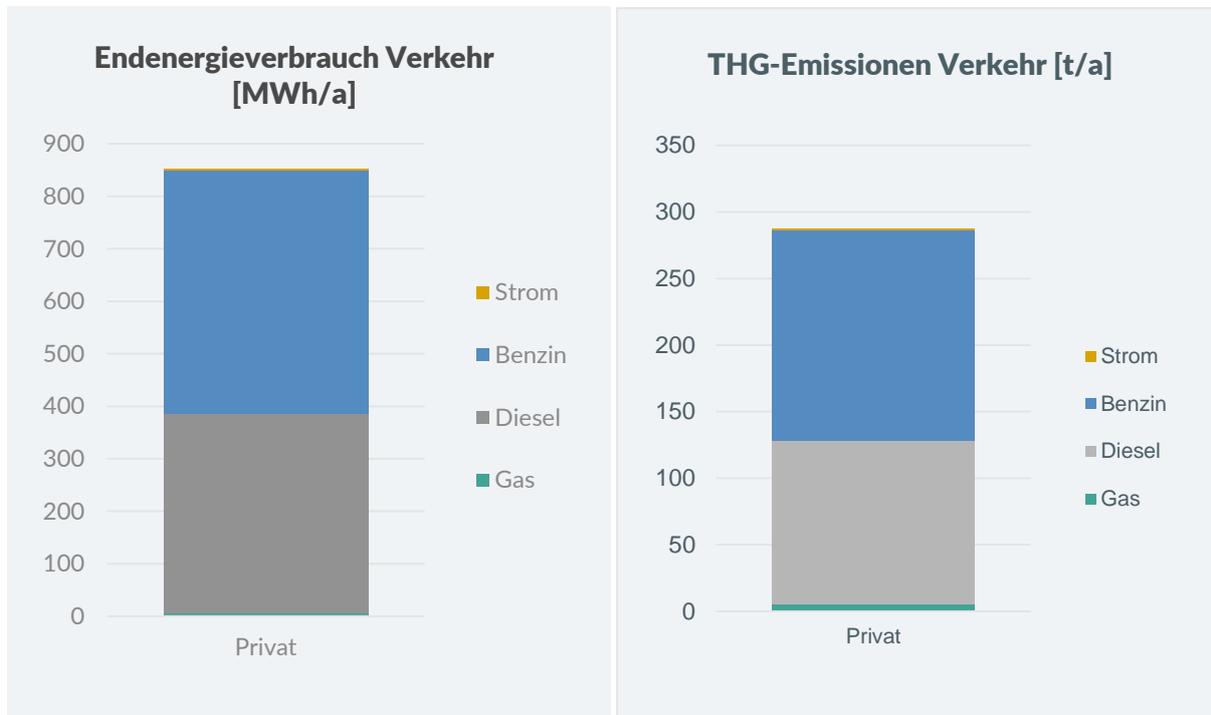


Abbildung 9.4: Endenergieverbrauch (links) und THG-Emissionen (rechts) des Verkehrs (eigene Berechnung und Darstellung 2022)

Tabelle 9.1 zeigt die einzelnen, kraftstoffbezogenen Verbräuche und Emissionen des Verkehrssektors für das Basisszenario.

Tabelle 9.1: Basisszenario - verkehrsbezogener Endenergie-, Primärenergieverbrauch und THG-Emissionen nach Kraftstoffen (eigene Darstellung und Berechnung 2022)

<b>Kraftstoffe</b>	Endenergieverbrauch [MWh/a]	Primärenergieverbrauch [MWh/a]	THG-Emissionen [t/a]
Benzin	466	587	158
Diesel	379	455	124
Gas	5	6	5
Strom	2,24	4	1
<b>Summe</b>	<b>852</b>	<b>1.052</b>	<b>288</b>

### 9.1.2 Szenario „vermeiden und verlagern“

Als Berechnungsgrundlage für das Szenario „vermeiden und verlagern“ wird das Basisszenario herangezogen und die durchschnittliche Jahresfahrleistung des MIV um 15 % reduziert (7). Es wird davon ausgegangen, dass der MIV zu Gunsten des Umweltverbundes reduziert wird. Voraussetzungen dafür sind folgende:

- ▶ Rückgang der Personenverkehrsnachfrage: es findet eine Verkehrsverlagerung zum Fuß- und Radverkehr statt
- ▶ Es wird eine umfassendere Änderung des Mobilitätsverhaltens jüngerer Menschen vorausgesetzt:
  - ▶ der intermodale Verkehrsanteil erhöht sich, wobei hier das Fahrrad und der ÖPNV als Verkehrsmittel zentrale Rollen spielen
- ▶ Weitere Annahmen:
  - ▶ eine erhöhte Auslastung der Pkw (erhöhte Besetzungsgrade)
  - ▶ Verteuerung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) (vgl. Öko-Institut et al. 2015: 223 ff).

Insgesamt bleibt der Pkw-Besatz mit 89 Pkw jedoch bestehen. Dies führt dazu, dass auch der Flächenbedarf für den ruhenden Verkehr zunächst gleichbleibt. Allein für die Pkw der Bewohner im Gebiet fallen somit Flächen von insgesamt 2.080 m<sup>2</sup> an.

Die folgende Tabelle 9.2 zeigt die einzelnen kraftstoffbezogenen Verbräuche und Emissionen des Verkehrssektors für das Szenario „vermeiden und verlagern“. Im Vergleich zum Basisszenario können so 47 t (rund 16 %) der THG-Emissionen eingespart werden.

Tabelle 9.2: Szenario „vermeiden und verlagern“ – verkehrsbezogener Endenergie-, Primärenergieverbrauch und THG-Emissionen nach Kraftstoffen (eigene Berechnung und Darstellung 2022)

<b>Kraftstoffe</b>	Endenergieverbrauch [MWh/a]	Primärenergieverbrauch [MWh/a]	THG-Emissionen [t/a]
Benzin	396	499	134
Diesel	322	387	105
Gas	4	5	1
Strom	1,91	4	1
<b>Summe</b>	<b>724</b>	<b>894</b>	<b>241</b>

### 9.1.3 Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“

Als Berechnungsgrundlage für das Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“ wird das Szenario „vermeiden und verlagern“ herangezogen und der Fahrleistungsanteil von E-Fahrzeugen erhöht. Von den 89 privat genutzten Pkw im Neubaugebiet wird in diesen Szenarien nur ein Fahrzeug mit Strom betrieben. Für das Szenario „verbessern“ wurde angenommen, dass 25 % der Pkw im Quartier künftig mit Strom betrieben werden. Der dazu benötigte Strom bezieht sich aus dem Stromüberschuss der PV-Anlagen im Quartier und ist somit zu 100% aus erneuerbaren Energien.

Wie im Szenario zuvor, bleibt der Pkw-Besatz von 684 Fahrzeugen pro 1.000 Einwohnern jedoch bestehen. Dies führt dazu, dass auch der Flächenbedarf für den ruhenden Verkehr zunächst gleichbleibt.

Die folgende Tabelle 9.3 zeigt die einzelnen energieträgerbezogenen Verbräuche und Emissionen des Verkehrssektors für das Szenario „verbessern“. Im Vergleich zum Basisszenario können so 171 t (rund 41 %) der THG-Emissionen eingespart werden.

Tabelle 9.3: Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“ – verkehrsbezogene Endenergie-, Primärenergieverbrauch und THG-Emissionen (eigene Berechnung und Darstellung 2022)

<b>Kraftstoffe</b>	Endenergieverbrauch [MWh/a]	Primärenergieverbrauch [MWh/a]	THG-Emissionen [t/a]
Benzin	252	317	85
Diesel	87	105	28
Gas	4	5	1
Strom	50	0	2
<b>Summe</b>	<b>393</b>	<b>525</b>	<b>117</b>

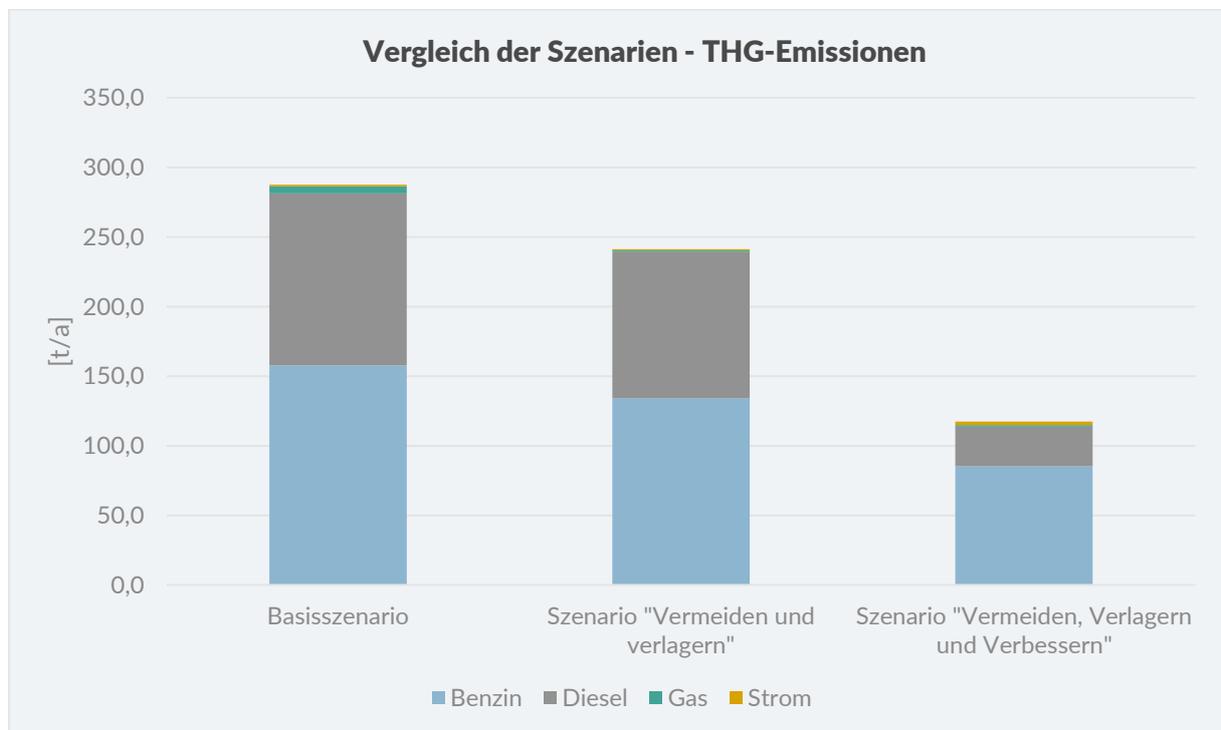


Abbildung 9.5: Szenarien im Vergleich – THG-Emissionen (energielenker projects GmbH, 2022)

Eine Übersicht über die berechneten Szenarien und ihre THG Emissionen gibt die folgende Tabelle 9.4.

Tabelle 9.4: Szenarien im Vergleich THG-Emissionen nach Energieträgern, Angaben in t (eigene Berechnung und Darstellung)

Energieträger (THG-Emissionen in t)	Basisszenario	Szenario „vermeiden und verlagern“	Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“
Benzin	158	134	85
Diesel	124	105	28
Gas	5	1	1
Strom	1	1	2
<b>Summe</b>	<b>288</b>	<b>241</b>	<b>117</b>

Tabelle 9.5: Szenarien im Vergleich Endenergiebedarfe nach Energieträgern, Angaben in MWh/a (eigene Berechnung und Darstellung)

Energieträger (Endenergiebedarfe in MWh/A)	Basisszenario	Szenario „vermeiden und verlagern“	Szenario „vermeiden, verlagern und verbessern“
Benzin	466	396	252
Diesel	379	322	87
Gas	5	4	4
Strom	2,24	1,91	50
<b>Summe</b>	<b>852</b>	<b>724</b>	<b>393</b>

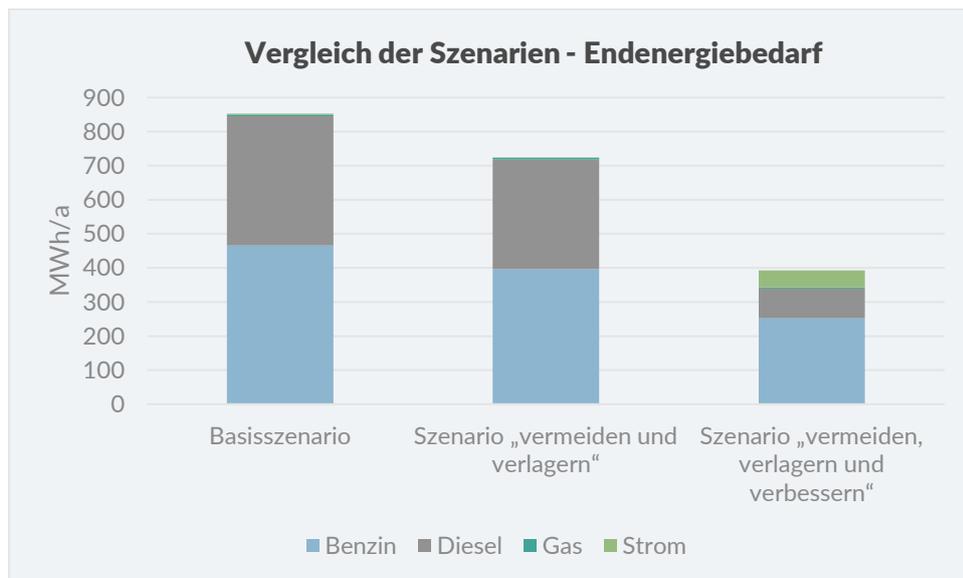


Abbildung 9.6: Szenarien im Vergleich – Endenergiebedarf (energielenker projects GmbH, 2022)

## 9.2 ALTERNATIVE ZUM FOSSILEN MOTORISIERTEN INDIVIDUALVERKEHR

Zur Förderung einer nachhaltigen und klimagerechten Mobilität und zur Erreichung der beschriebenen Einsparungspotenziale im Bereich Verkehr könnten im Neubaugebiet „Schützengasse / FC Sportplatz“ folgende Maßnahmen umgesetzt werden:

### 9.2.1 Nahverkehrliche Anbindung

Das Neubaugebiet „Schützengasse / FC Sportplatz“ ist durch die zentrale Lage in der Kerngemeinde hervorragend an Angebote des Umweltverbundes (Bahnhaltelpunkt, Radrouten, Bushaltestellen, Fußwege) angebunden. Das Zentrum der Gemeinde mit Einkaufs- und Freizeitangeboten ist fußläufig gut zu erreichen, weitere Einzelhandelsangebote für den täglichen Bedarf befinden sich nordöstlich des Quartiers in wenigen hundert Metern Entfernung. Kindertagesstätten, eine Grundschule und die Gesamtschule der Gemeinde sind ebenfalls fußläufig innerhalb von wenigen hundert Metern erreichbar (vgl. Abbildung 9.7). In 4,5 km Entfernung befindet sich das örtliche Gymnasium, das über eine im Rahmen des Radverkehrskonzeptes Bergstraße entwickelten Hauptroute (Kat.1) an das Quartier angebunden ist. Um die Chance der zentralen Lage des Quartiers zu nutzen und eine Verlagerung des Verkehrsaufkommens vom MIV zum Umweltverbund zu erreichen, sollte die Verkehrsinfrastruktur im Umfeld des Quartieres besonders Fuß- bzw. Radverkehrsfreundlich gestaltet werden. So sollte neben einer nutzerfreundlichen und barrierearmen Fußverkehrsinfrastruktur im und um das Quartier dieses in das örtliche Wegeleitsystem eingegliedert werden bzw. in Schulwegepläne.

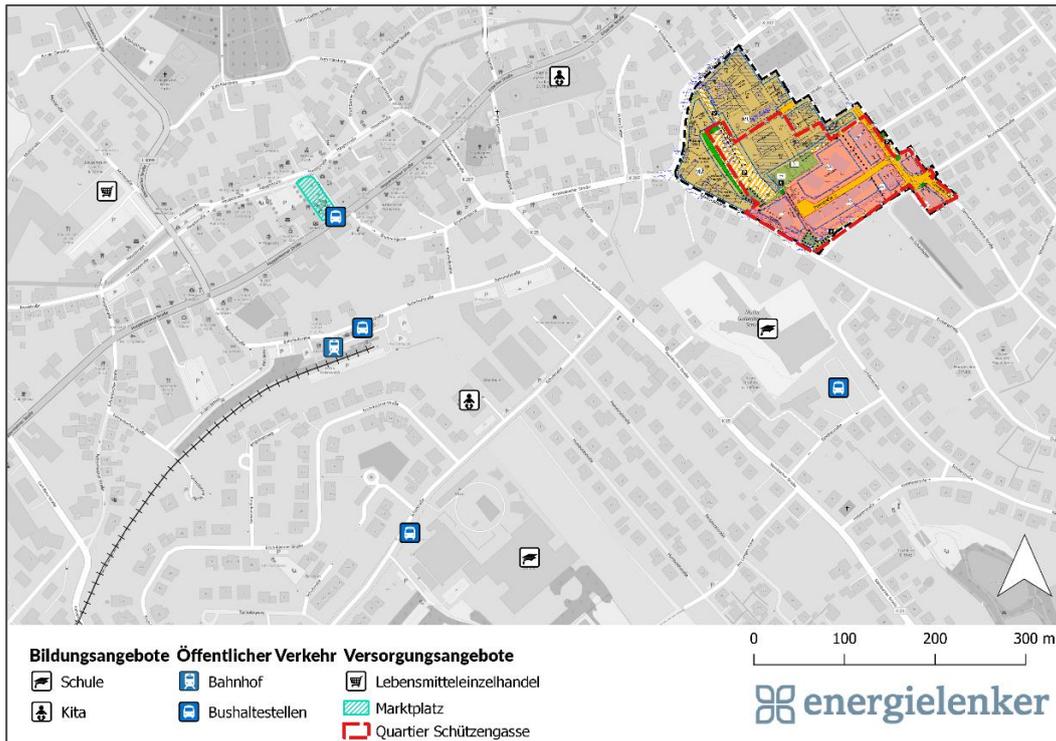


Abbildung 9.7: Fußläufig erreichbare Ziele im Umfeld des Quartiers [eigene Darstellung, Kartengrundlage OSM]

### 9.2.2 Anbindung an den öffentlichen Verkehr

Wie bereits dargestellt liegt das Quartier Schützengasse / FC Sportplatz in fußläufiger Entfernung (ca. 700 m) zum Bahnhof Fürth (Odenwald), von dort haben Reisende Anschluss im Halbstundentakt an die RB 69 Richtung Weinheim. Von dort bestehen Umsteigemöglichkeiten in die umliegenden Oberzentren Mannheim, Darmstadt und Heidelberg.

Der Bahnhof Fürth ist zudem die zentrale Bushaltestelle in der Gemeinde. Von dort binden vier Buslinien die Gemeinde an die umliegenden Kommunen an. Die nächstgelegene Bushaltestelle Fürth, Finanzamt bietet Anschluss an zwei Linienbusse im 60 min -Takt. Die 693 verbindet die Gemeinde Fürth mit der Stadt Darmstadt und die Linie 667 verbindet Heppenheim über Fürth mit Gras-Ellenbach. Zudem wird die Haltestelle von zwei öffentlichen Schulbussen angefahren, die zu Schulbeginn und Schulschluss die Haltestelle bedienen. Um die Anbindung an den Busverkehr weiter zu stärken, sollte geprüft werden, ob die Bushaltestelle Finanzamt um ca. 120 m in Richtung der Einmündung Schützengasse verlegt werden könnte.



Abbildung 9.8: Ausschnitt aus dem Liniennetzplan für die Region Odenwald (Verkehrsverbund Rhein-Neckar)

### 9.2.3 Tempo-Zonierung

Zur Erhöhung der Aufenthaltsqualität und der Verkehrssicherheit, sollten im gesamten Wohngebiet verkehrsberuhigte Bereiche („Spielstraßen“) umgesetzt (vgl. Abbildung 9.9) und mittels wechselseitigen Parkständen und Einengungen wirksame geschwindigkeitsmindernde Maßnahmen getroffen werden, die im Gegensatz zu Bremsschwellen den Radverkehr und spielende Kinder nicht gefährden.

Durch die Ausweisung eines verkehrsberuhigten Bereiches wird das straßenbegleitende Parken außerhalb ausgewiesener Flächen untersagt. Um den ruhenden Verkehr im Quartier weiter zu ordnen, sollten Besucherparkplätze auf den Parkflächen der Sporthalle im nordwestlichen Bereich des Quartiers an der Zufahrt ausgewiesen werden.

Neben den verkehrsberuhigten Bereichen, die von Fußgängern, Radfahrenden und dem motorisierten Verkehr gleichberechtigt genutzt werden, sollte ein Fußweg von dem Parkplatz der Sporthalle ins Neubaugebiet sowie ein Fußweg durch die Grünfläche im südöstlichen Bereich des Baugebietes zur Erzbergstraße geschaffen werden. Durch diesen Fußweg verkürzt sich der Schulweg zur Müller-Guttenbrunn-Schule auf ca. 200 m.

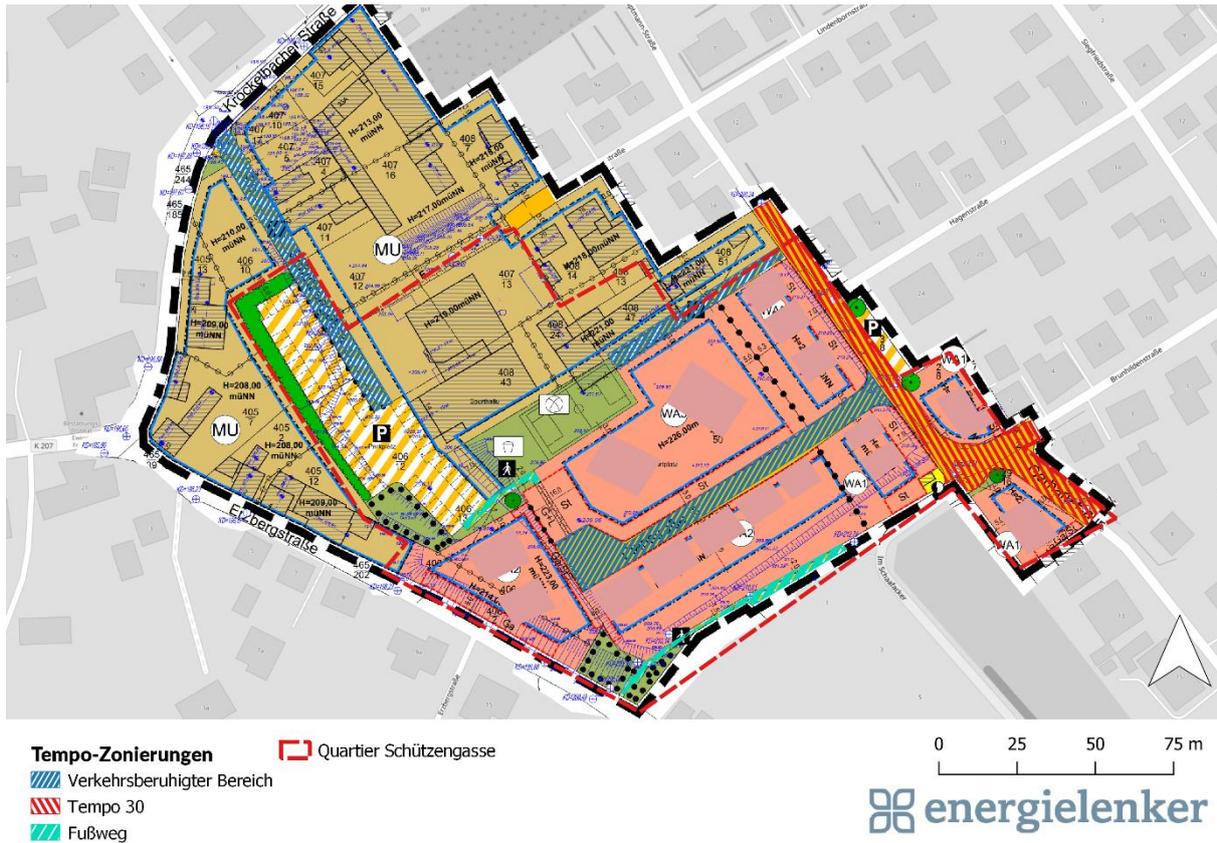


Abbildung 9.9: Tempo-Zonierungen im Quartier Schützengasse / FC Sportplatz (eigene Darstellung, Kartengrundlagen: B-Plan, OSM)

#### 9.2.4 Schaffung von überdachten, hochwertigen Fahrradabstellanlagen im Bereich der Mehrfamilienhäuser

An den Mehrfamilienhäusern sollten überdachte (ggf. abschließbare), qualitativ hochwertige Fahrradabstellanlagen installiert werden. Nutzer benötigen insbesondere für Pedelecs / E-Bikes (u. a. aufgrund des Wertes und des Gewichtes der Fahrräder) abschließbare, ebenerdig zugängliche Abstellanlagen. Da aufgrund der Höhendifferenzen in und um die Gemeinde Fürth davon auszugehen ist, dass viele Bewohner des Quartiers Pedelecs / E-Bikes besitzen werden, sollten die Fahrradabstellanlagen über eigene Stromanschlüsse verfügen. Eine nutzerspezifische Abrechnung ist aufgrund der geringen Strommengen, die für das Laden eines E-Bikes notwendig sind, meist nicht wirtschaftlich abbildbar. Vorstellbar ist hingegen eine geringe monatliche Nutzungsgebühr für die Fahrradabstellanlagen oder eine Abrechnung der Stromkosten über die Nebenkosten.

#### 9.2.5 Quartiersmobilitätsstation

Um die Nutzung des öffentlichen Verkehrs bzw. das intermodale Verkehrsverhalten der Bewohner zu fördern, könnte ein Ausbau, des Parkplatzes Sporthalle zu einer Mobilitätsstation geprüft werden. An diesem Parkplatz könnten Parkflächen für Carsharing ausgewiesen werden, eine Fahrradverleihstation eingerichtet werden und überdachte Fahrradabstellanlagen installiert werden. Um den ÖPNV besser an diese Mobilstation anzubinden, sollte eine Verlegung der Haltestelle „Finanzamt“ geprüft werden. Zusätzlich könnte eine mit Bus- bzw. Bahnfahrplänen sowie Gemeindeplänen ausgestattete Infosteile die Bewohner über Mobilitätsangebote in der Gemeinde Fürth informieren.

### 9.2.6 Installation von „E-Bike-Tankstellen“

Um den touristischen und Besucherradverkehr im Quartier zu fördern, sollten zusätzlich „E-Bike-Tankstellen“ auf dem Parkplatz „Sporthalle“ installiert werden. Neben einer Ladeinfrastruktur könnten diese „Tankstellen“ zusätzlich mit Werkzeug für einfache Reparaturen und einer öffentlichen Luftpumpe ausgestattet werden. Zusätzlich sollte diese mit hochwertigen, überdachten Fahrradanhängern ausgestattet werden.

### 9.2.7 Förderung von Car- und Bikesharing

Seit Dezember 2021 bietet die Gemeinde Fürth in Kooperation mit dem Energieversorger Entega ein E-Carsharing Fahrzeug auf dem Gelände des Feriendorfs Kröckelbach an. Es ist zu prüfen, ob eine Ausweitung des Angebots mit einem Standort im Quartier möglich ist. Durch die Bereitstellung eines bzw. mehrerer Carsharing-Fahrzeuge können die Zweitwagenbedarfe der Bewohner gesenkt werden.

Im Kreis Bergstraße wurden seit 2016 bereits in vier Kommunen das Fahrradvermietsystem „VRNnextbike“ etabliert. Sollte dieses Bike-Sharing-System auch in der Gemeinde Fürth eingeführt werden ist die „Quartiersmobilitätsstation“ (vgl. 9.2.5) als möglicher Standort zu empfehlen.

### 9.3 ÖFFENTLICHE LADEINFRASTRUKTUR

Das am 18.03.2021 bekannt gegebene Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) schreibt vor, dass bei Neubauten und größeren Umbaumaßnahmen von Gebäuden angrenzende bzw. zugehörige Stellplätze mit einer vorbereitenden Leitungsinfrastruktur (Schutzrohre für Elektro- und Datenleitungen) ausgestattet werden. Für Wohngebäude, die über mehr als fünf Stellplätze verfügen muss die Leitungsinfrastruktur an jeden Stellplatz verlegt werden (vgl. §§ 6, 7 GEIG). Zusätzlich müssen bei größeren Umbaumaßnahmen an Parkplätzen von Nicht-Wohngebäuden jeder fünfte Parkplatz mit vorbereitender Leitungsinfrastruktur, sowie mindestens mit einem Ladepunkt ausgestattet werden (§9 GEIG). Der Ausbau der Leitungs- bzw. Ladeinfrastruktur kann auch innerhalb eines Quartiers kompensiert werden (§ 12 GEIG).

Um ein sichtbares Zeichen für die Antriebswende in der Gemeinde Fürth zu setzen und den Ausbau der Ladeinfrastruktur wirtschaftlich zu betreiben wird der Ausbau der Leitungsinfrastruktur am Parkplatz Sporthalle empfohlen. Der Parkplatz verfügt über 72 Parkstände, von denen bei einem Umbau des Parkplatzes (14 Parkstände mit vorbereitender Leitungsinfrastruktur) und durch die Kompensation der Stellplätze der Mehrfamilienhäuser (42 Parkplätze mit vorbereitender Leitungsinfrastruktur) insgesamt 56 Parkplätze mit vorbereitender Leitungsinfrastruktur ausgestattet werden müssen. Zusätzlich muss ein Ladepunkt gem. § 10 GEIG eingerichtet werden. Um den Ausbau der Ladeinfrastruktur in der Gemeinde Fürth zu fördern und den Vorbildcharakter der Plus-Energiesiedlung Schützengasse/ FC Sportplatz zu fördern wird empfohlen insgesamt 3 Ladesäulen mit je 2 Ladepunkten am Parkplatz Sporthalle zu installieren. Das Wohnungseigentumsmodernisierungsgesetz (WEMoG) regelt seit dem 16.10.2020, dass Mieter, sowie Eigentümer ein Recht auf die Einrichtung einer Lademöglichkeit für ihr E-Fahrzeug haben. Die zukünftigen Bewohner der Mehrfamilienhäuser können somit auf eigene Kosten für auf ihrem angemieteten Stellplatz eine Lademöglichkeit für ihr E-Fahrzeug installieren lassen. Dies wird durch die vorbereitende Leitungsinfrastruktur leichter möglich. Eine weitere Ladesäule könnte zudem im südlichen Bereich des Quartiers am Quartierspeicher installiert werden.

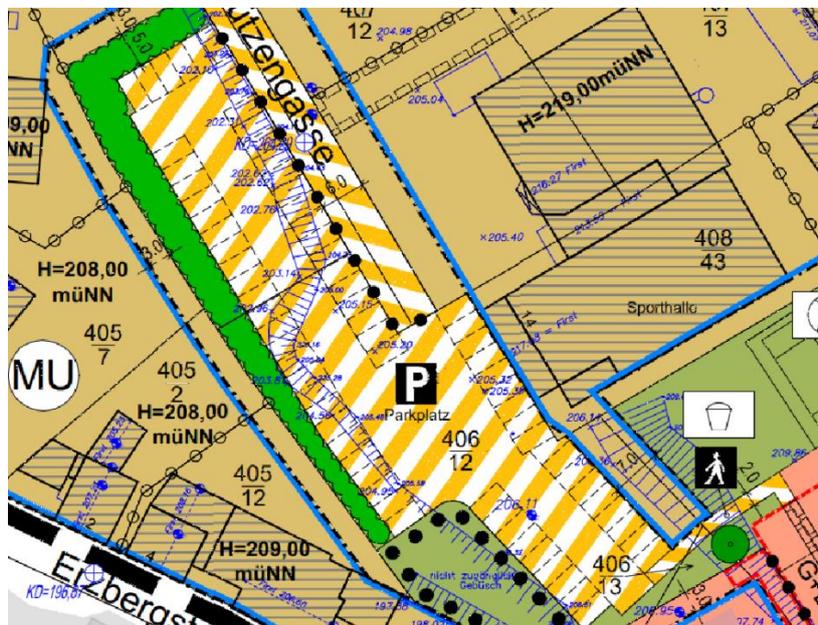


Abbildung 9.10: Parkplatz „Sporthalle“ als Standort für Ladeinfrastruktur (Ausschnitt Bebauungsplan)

### 9.3.1 Nutzung des Stromüberschusses für E-Mobilität

Wie bereits in Kapitel 9.1.3 dargestellt, sollte angestrebt werden möglichst viele Fahrzeuge im Quartier mit erneuerbarem, lokal erzeugtem Strom zu versorgen. Die vorgestellten Energieversorgungsvarianten bieten nach Abzug des gebäudebezogenen Strombedarfs unterschiedlich große Energieüberschüsse, die für die Stromversorgung von E-Fahrzeugen im Quartier genutzt werden könnten. Im Szenario „vermeiden, verlagern, verbessern“ wird in Anlehnung an die Ziele der Bundesregierung für das Jahr 2030 davon ausgegangen, dass zukünftig 25 % der Fahrzeuge (23 Pkw) im Quartier elektrisch betrieben werden. Der daraus resultierende Strombedarf kann nur durch die Versorgungsvarianten 3 & 4 gedeckt werden, allerdings auch wenn anders als im Mobilitätsszenario dargestellt, keine Verringerung der Fahrleistung stattfindet. Tabelle 9.6 stellt die Energieüberschüsse der Energieversorgungsvarianten der Anzahl der Pkw, die durch diesen Stromüberschuss betrieben werden können, gegenüber. Dabei wurden nur die Versorgungsvarianten mit einem Energieüberschuss (Varianten 3 & 4) betrachtet. Es wird differenziert zwischen der Basisfahrleistung, also der derzeitigen durchschnittlichen Fahrleistung und der in den Szenarien „vermeiden und verlagern“ sowie „vermeiden, verlagern, und verbessern“ um 15% verringerten Fahrleistung.

Tabelle 9.6: Gegenüberstellung Stromüberschuss und Strombedarf Elektromobilität [eigene Darstellung und Berechnung]

<b>Energieversorgungsvariante</b>	<b>Energieüberschuss [MWh/a]</b>	<b>Basisfahrleistung (Basisszenario) [Anzahl Pkw  Anteil Fuhrpark]</b>		<b>Reduzierte Fahrleistung (Szenario „vermeiden und verbessern“) [Anzahl Pkw  Anteil Fuhrpark]</b>	
Cluster Halle + MFH Kalt Einzelhäuser LWP (Variante 3)	108	48	54 %	56	64 %
LWP (Variante 4)	70	31	35 %	37	42 %

Vor dem Hintergrund der zeitlichen Unterschiede bei PV-Stromerzeugung und EE-Stromnutzung beim Ladevorgang der E-Pkw, sollten somit lokale Stromspeicher eingesetzt werden.

## 10 UMSETZUNGSKONZEPT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

### 10.1 KOMMUNIKATIONSKONZEPT

Die Entwicklung des geplanten Baugebiets „Schützengasse / FC Sportplatz“ erfordert eine zielgerichtete Ansprache von Bauwilligen und Investoren in einer möglichst frühen Phase der Umsetzung. Ziel sollte es sein, auf breiter Ebene ausreichend Bauwillige und Investoren zu gewinnen und die Akzeptanz für das landesweite Modellprojekt zu steigern.

Die Kommunikationsstrategie soll demnach, der Ansprache unterschiedlicher Akteure im Anschluss an die Erarbeitung des Energieversorgungskonzepts dienen. Im Rahmen der Kommunikationsstrategie wird ein auf den lokalen Kontext zugeschnittenes Vorgehen empfohlen. Dabei soll aufgezeigt werden, wie die Zielsetzungen und erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der „Schützengasse / FC Sportplatz“, in der Bevölkerung sowie bei weiteren relevanten Akteuren, verbreitet werden können. Außerdem soll für die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen ein breiter Konsens und aktive Mitarbeit erzielt werden.

Die Empfehlungen für die Kommunikationsstrategie der Ergebnisse des Energieversorgungskonzepts richten sich insbesondere an Investoren, Bauherren und zukünftige Bewohner im Plangebiet. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Zielgruppen werden daher folgende Kommunikationswege für die relevanten Akteursgruppen empfohlen, um auf ihre spezifischen Interessen, Bedürfnisse und Möglichkeiten einzugehen:

### 10.1.1 Bestandsaufnahme Motivationslage

In dem Baugebiet Schützengasse/FC Sportplatz sollte im Rahmen einer Motivations- und Hemmnisanalyse Faktoren untersucht werden, die individuelle Einstellungen und Entscheidungen beeinflussen. Nur wenn diese Faktoren bekannt sind, können motivierende Faktoren gezielt genutzt werden und für bestehende Hemmnisse Lösungswege erarbeitet werden, um diese zu überwinden. Die nachfolgende Grafik zeigt einige unterschiedliche Faktoren, die Einfluss auf eine Gebietsentwicklung nehmen.



Abbildung 10.1: Einflussfaktoren auf Gebietsentwicklungs-Entscheidungen

Wenn die Käuferliste bekannt ist, kann die Motivationslage mittels telefonischer Direktbefragung erfolgen. Denkbar wäre zudem eine kombinierte Postsendung, wie auch Online-Fragebogen zur Informationseinholung. Die Kombination einer digitalen und analogen Informationseinholung erhöht den Beteiligungs-Anteil der angeschriebenen Käufer. Definitiv sollte die Information/Fragebogen an die zukünftigen Käufer die grundsätzliche Intension zur Entwicklung einer Plus-Energie-Siedlung und den Ansatz einer „Modellkommune“ mit einem hohen Anteil an erneuerbarer Energie erläutert werden.

### 10.1.2 Informations- und Beteiligungsveranstaltungen

Durch eine zielgerichtete Kommunikation und Beteiligung sollte ein partizipativer Prozess in Gang gesetzt werden, der die Intensität der Umsetzung von gemeinsam erarbeiteten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, Reduzierung des Energieverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des verstärkten Einsatzes regenerativer Energien besonders unterstützen wird.

Auf verschiedene Fragestellungen rund um eine Plus-Energie-Siedlung sollten den Anwohnern innerhalb der Partizipationsprozesse Antworten liefern, die zielgruppenspezifisch aufbereitet sind, um eventuell bestehende Informationslücken zu schließen und potenzielle Hemmnisse abzubauen.

Insbesondere in der Übergangsphase der Konzepterstellung zur Umsetzungsphase könnte durch intensive, begleitende Öffentlichkeitsarbeit ein nahtloser Anschluss gestaltet, um motivierte zukünftige Eigentümer nicht zu verlieren und eine kontinuierliche Aufmerksamkeit für die Themen der Plus-Energie-Siedlung zu unterstützen.

Aus diesem Grund sollte in einem ersten Schritt, eine Informationsveranstaltung für interessierte Bürger, Bauherren sowie Investoren durchgeführt werden. Es wird empfohlen, die Informationsveranstaltung durch ein offizielles Anschreiben der Gemeinde Fürth anzukündigen.

Informationsveranstaltungen können darüber hinaus zur Schulung der zukünftigen Bewohner genutzt werden. Um den zeitlichen Aufwand und dadurch die Akzeptanz bei den Nutzern zu erhöhen, bieten sich z. B. regelmäßige Eigentümerversammlungen an.

Weitere Informationsveranstaltungen sind darüber hinaus für Architekten, Handwerker und Fachplaner sowie Bauträger und Wohnungsbaugesellschaften denkbar. In dem Informationsaustausch über die geplante Plus-Energie-Siedlung sollte die Möglichkeit für Rückfragen sowie ein Ausblick auf das weitere Verfahren geboten werden.

### 10.1.3 Vor-Ort-Beratungen

Empfohlen werden fachliche Beratungen über technische Aspekte des klimaschützenden Bauens sowie finanz- und förderrechtliche Belange unter der frühzeitigen Einbindung der Gemeinde Fürth im Zusammenhang mit Grundstücksverkäufen und kaufvertraglichen Absicherungen. Bei der Veräußerung der Baugrundstücke mit entsprechenden Bindungen ist es von entscheidender Bedeutung, dass die zu veräußernden Grundstücke trotz der Bindung auf eine ausreichende Nachfrage stoßen. Für die Bauwilligen sollten daher Informationen zum Grundstückskauf, Planungsrecht, zur Energieberatung, Haustechnik, Finanzierung und zu Förderungsmöglichkeiten verständlich aufbereitet und kommuniziert werden.

Dazu könnten im Grundstückspreis folgende Leistungen enthalten sein:

- ▶ Plausibilitätsprüfung/ Unterstützung im Rahmen der Energiebedarfsberechnung
- ▶ Beratungsseminare und fachliche Unterstützung der Bauwilligen, Planer, Architekten und Handwerker
- ▶ Qualitätssicherung im Rahmen von Baustellenbegehungen
- ▶ Individuelle Beratung bei Fragen zum energetischen Gebäudestandard oder Beantragung diverser Fördermittel etc.

Die kontinuierliche und sachkundige Begleitung und Kontrolle der Bauprojekte sollte ab der Entwurfsphase bis zur Bauabnahme erfolgen. Voraussetzung ist die klare vertragliche Vereinbarung einschließlich Anreizen bzw. Sanktionen.

### 10.1.4 Einbindung der Politik

Die Umsetzung der Ziele bedarf in vielen Punkten der Beschlussfassung durch die politischen Gremien und der Unterstützung durch die politischen Handelnden. Daher sind diese planungsbegleitend kontinuierlich zu informieren und intensiv in die Maßnahmenarbeit und Zielabstimmung einzubinden.

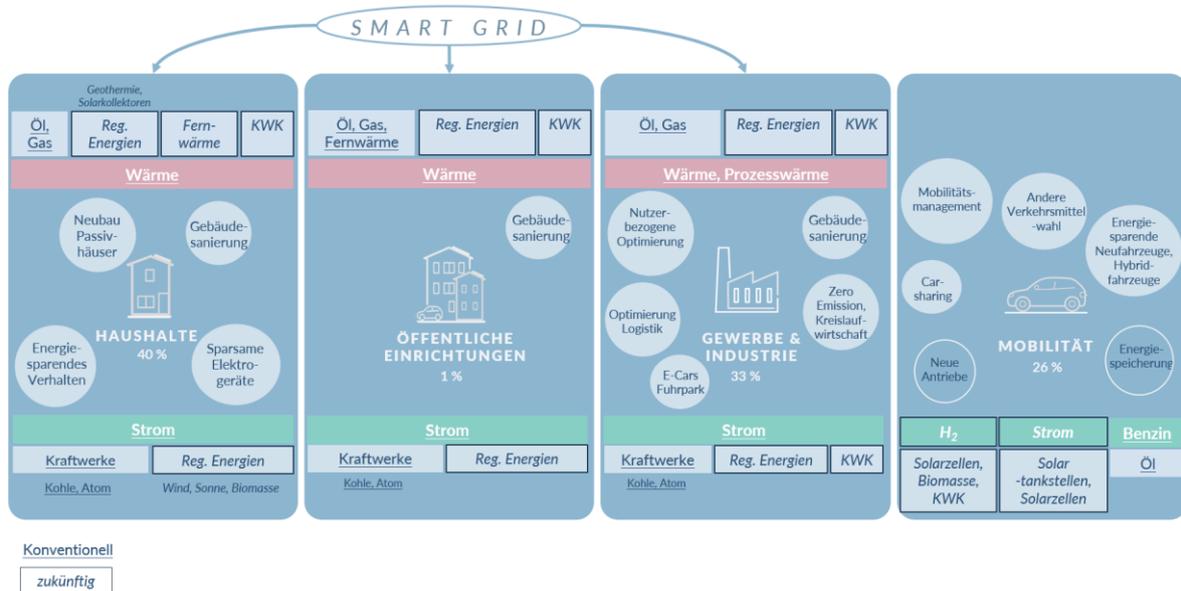


Abbildung 10.2: Einbindung der Politik

Abbildung 10.2 zeigt in dem Kontext die Themenfelder, die zum großen Teil in diesem Energie- und Mobilitätskonzept Bestandteil sind. Das Energiekonzept hat den Anspruch einen Weg zur Plus-Energie-Siedlungsentwicklung in Fürth aufzuzeigen und dient vor allem als Investitionsentscheidung. Doch zur Umsetzung des im Anhang dargestellten Umsetzungsfahrplanes bedarf es Beschlüssen und weitere Umsetzungsplanungen, die von der Politik entschieden und beauftragt werden müssen.

Beispielsweise bedingt die Entscheidung ein Quartierscontractor für die energetische Umsetzung zu wählen, dass ein Anschluss- und Benutzungszwang nach §16 EEWärmeG für die Versorgung mit Wärme für die das Baugebiet Schützengasse / FC Sportplatz zu beschließen ist. Andernfalls wird die Suche nach einem geeigneten Betreiber erschwert.

Darüber hinaus werden konkrete Formulierungen in den Teilungserklärungen für die künftigen Grundstückseigentümer seitens der Gemeinde bzw. begleitenden Bauentwickler gewählt werden müssen, damit die Nutzung der verschiedenen erneuerbaren Energieanlagen für die Bauherren verpflichtend wird. Weiteres Hierzu im Kapitel 10.3 ff.

### 10.1.5 Bereitstellung von Informationsunterlagen

Darüber hinaus sollten den zukünftigen Bewohner unterschiedliche Informationsunterlagen zur Verfügung gestellt werden. Die Unterlagen können im Rahmen von Vorgesprächen und Durchführungen von Kaufverträgen überreicht werden (u. a. Leitfaden/ Gestaltungsbuch energetisches Bauen, energiesparendes Nutzerverhalten, Übersicht zu geeigneten Finanzierungs- und Förderprogrammen).

Die gewünschten Ziele für das Baugebiet Schützengasse/ FC Sportplatz können mit Veröffentlichung des Bebauungsplans öffentlich kommuniziert werden. Dies kann mittels Bürgerversammlung, Postsendung oder einer Online-Beteiligungsveranstaltung, initiiert durch die Gemeinde, erreicht werden.

#### Aufbau eines Fachakteursnetzwerkes

Wiederholungen der Expertengespräche in regelmäßigen Abständen, mit dem Ziel einer engen Bindung der Experten an den Gesamtprozess und zum Ideenaustausch untereinander, sind empfehlenswert.

#### Realisierte Maßnahmen aus dem Baugebiet „Schützengasse / FC Sportplatz“ regelmäßig kommunizieren

Eine gute Öffentlichkeitsarbeit ist wichtig, um die Themenschwerpunkte aus der Plus-Energie-Siedlung weiter hervorzuheben sowie die gesteckten kommunalen Klimaschutzziele in der Gemeinde Fürth bei den Bürgern zu verankern.

Bei der Vermittlung von Informationen zu den bereits realisierten Maßnahmen und Erfolgen ist zu berücksichtigen, dass die Informationen knapp und handlungsorientiert verfasst werden. Dazu hat sich die Nutzung verschiedener Arten von Informationskanälen als sehr wirksam erwiesen (z. B. schriftlich als Brief oder Flyer, Newsletter, Zeitungsartikel).

Der Umsetzungsstand des Gebiets „Schützengasse / FC Sportplatz“ kann auf der Internetseite der Gemeinde Fürth sowie der Hessischen Landesgesellschaft mbH dargestellt werden. Ziel ist es dabei, Transparenz zu schaffen, Informations- und Beteiligungsmöglichkeiten aufzuzeigen und über den aktuellen Stand zu informieren (u. a. mit Kontaktinformationen, Terminen, Ergebnisberichte).

## 10.2 NUTZERVERHALTEN UND NUTZERSENSIBILISIERUNG

Wie in vorherigen Kapiteln zu Wärme- und Stromverbräuchen bereits angeklungen, sind diese, neben den offensichtlichen Komponenten wie Gebäudehülle und -technik, abhängig vom individuellen Verhalten der Bewohner und Anwender. So variiert der Stromverbrauch eines durchschnittlichen 4 Personenhaushalts in Deutschland von einem sparsamen bis verschwenderischen Verbrauch zwischen 2.700 kWh/a und 5.800 kWh/a. Für das Gesamtgebiet ist zur Veranschaulichung der Haushaltsstrombedarf in Abhängigkeit der Verbrauchskategorie in Abbildung 10.3 abgebildet.

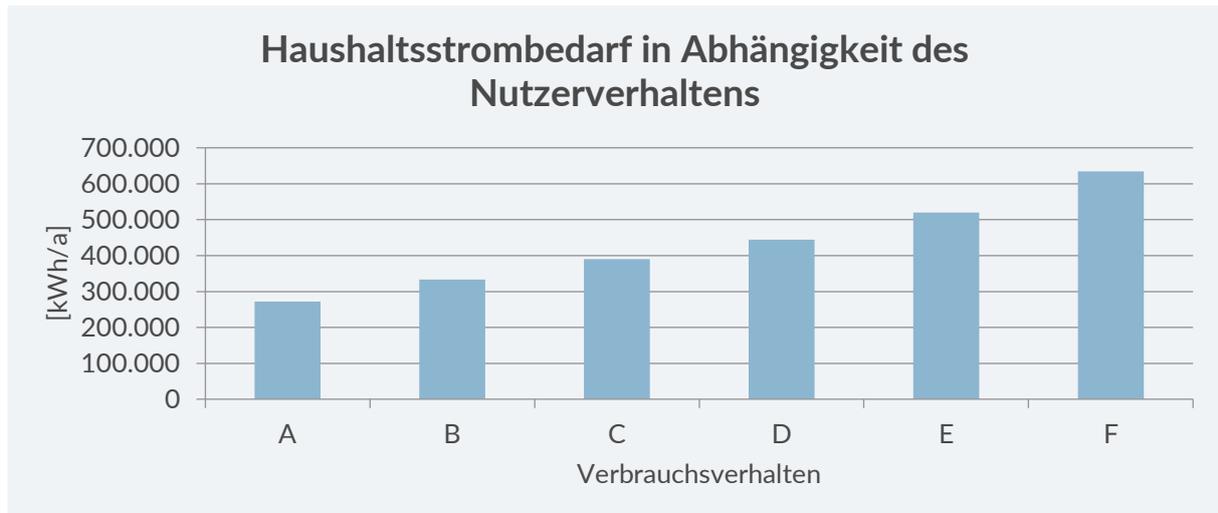


Abbildung 10.3: Haushaltsstrombedarf des Gesamtgebiets in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens (Stromspiegel 2022/22, (1))

Abbildung 10.3 zeigt, dass der Einfluss des Nutzerverhaltens auf die Verwendung von elektrischer Energie in Wohngebieten signifikant ist. Dieser bedingte Stromverbrauch durch das Nutzerverhalten lässt sich ebenfalls auf die Wärmeversorgung anwenden. Es zeigt sich, dass es nicht ausreicht, lediglich die Energieeffizienz zu erhöhen, sondern es zwingend notwendig ist, durch Aufklärung und Kommunikation den zukünftigen Energieverbrauch des Plangebiets möglichst gering zu halten. Es muss ein energiebewusstes Nutzerverhalten gefördert und organisatorische Maßnahmen vorgenommen werden.

Es gibt verschiedene Strategien und Ansätze für eine erfolgreiche Nutzersensibilisierung. Neben Aufklärungsangeboten ist eine fachmännische Einweisung in die installierte Gebäude- und Anlagentechnik erforderlich. Alternativ kann dies über zentrale Betreiber durch regelmäßige (Fern-)Wartung und Überwachung erfolgen.

Neben der angesprochenen Sensibilisierung lässt sich das Nutzerverhalten als wesentlicher Schwerpunkt herausstellen, denn rationaler Umgang mit Energie im Eigenheim, kann bis zu 15 % Kosteneinsparung erzielen. Dabei gilt der Umgang gleichermaßen für Heizungs- und Trinkwarmwasser sowie Haushalts- und Mobilitätsstrom. Tabelle 10.1 stellt einen Überblick verschiedener Einflussbereich durch angepasstes Nutzerverhalten in Bezug auf die aufgeführten Hauptverbrauchsbereiche.

Tabelle 10.1: Einflussbereiche durch Nutzerverhalten und energieeinsparende Beispiele (energielenker projects GmbH, 2022)

Einflussbereiche durch Nutzerverhalten		Energieeinsparende Beispiele	
Haushaltsstrom	Umgang mit elektrischen Geräten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abschaltung nicht benötigter Elektrogeräte</li> <li>▪ Vermeidung von Stand-By-Betrieb</li> <li>▪ Überprüfung der Raumbeleuchtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manuelle Abschaltung von Warmwasserboilern, Computern, Kaffeemaschinen etc. oder gesteuert per Zeitschaltuhr oder per Standby-Sensor</li> <li>▪ Verwendung von schaltbaren Steckerleisten</li> </ul>
Raumwärme	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minderung der mittleren Raumtemperatur</li> <li>▪ Teilbeheizung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Senkung der Raumtemperatur in der Nacht sowie bei Abwesenheit</li> <li>▪ Reduktion der mittleren Raumtemperatur um 1 °C entspricht im Mittel einer Einsparung beim Heizwärmebedarf von etwa 6 %</li> <li>▪ Einstellung der Thermostatventile an Heizkörpern nur bis Stufe 3, auch während der Aufheizphase Raumtemperatur von ca. 20 °C</li> </ul>
	Luftwechsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lüftungsverhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kurzes Stoßlüften anstatt Kipplüftung mit gleichzeitiger Drosselung der Heizung</li> </ul>
Warmwasser	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperaturniveau</li> <li>▪ Zapfprofil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewusste Verwendung eines niedrigeren Temperaturniveaus (z. B. bei der Reinigung der Hände)</li> </ul>
	Warmwasserbedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minderung des Warmwasserbedarfs</li> <li>▪ Ausstattung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Duschen erfordert im Vergleich zum Wannenbad ca. 30 % weniger an Warmwasser</li> <li>▪ Installation von wassersparenden Armaturen</li> </ul>

Häufig fehlt den Bürgern das Bewusstsein und auch die Kenntnis der genannten Möglichkeiten zur Energieeinsparung und dessen Wirksamkeit. Hier kann Gemeinde Fürth daher die privaten Bemühungen für Einsparungen anregen. Es wird deshalb empfohlen frühzeitig die zukünftigen Bewohner dahingehend zu sensibilisieren. Allerdings sollten auch anschließend Themen der Energieeffizienz und des Klimaschutzes angesprochen und in die Köpfe gerufen werden, um ein langfristiges Nutzerverhalten zu etablieren.

Eine derartige Sensibilisierung kann durch niederschwellige Informationsdarreichung erfolgen. Frühzeitige Information, beispielsweise in Form von Broschüren zum Thema „Energiesparen im Haushalt“, könnten hier eingesetzt werden. Das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung hat in diesem Zusammenhang einen Wegweiser veröffentlicht, der Möglichkeiten zur Stromeinsparung für Privathaushalte aufzeigt. Die Erfahrung hat gezeigt, dass Bewohner bereits vor Einzug auf diese Thematiken aufmerksam gemacht werden sollten, da dieser direkten Einfluss auf Kaufentscheidungen von Haushaltsgeräten oder Leuchtmitteln haben können. Das Hessische Ministerium bietet ebenfalls eine Broschüre zu besonders sparsamen Haushaltsgeräten (2020/2022) an.

Weiterführende und gezielte Beratungsangebote können sich persönlich an den Hausherren wenden. Hierfür bietet die Initiative „Hessische Energiespar- Aktion (HESA)“ persönliche Beratungsangebote und öffentliche Veranstaltungen rund um das Thema Energiesparmaßnahmen in Alt- und Neubauten an. Die HESA ist insbesondere an Kooperationen mit Kommunen zur Umsetzung von Veranstaltungen, Ausstellungen und Kampagnen interessiert. Es wäre denkbar, eine Veranstaltung für die zukünftigen Bewohner des Plangebietes zu organisieren und persönliche Beratungsangebote anzubieten.

Eine weitere Methode, die Thematik des Energiesparens immer wieder in das Bewusstsein der Bewohner zu rücken, sind regelmäßige Veranstaltungen. Wiederkehrende Gemeinschaftsaktionen dienen zum Erfahrungsaustausch und zur Motivation der zukünftigen Bewohner im Plangebiet. In Form von beispielsweise Energiestammtischen werden, neben den Bewohner, weitere Akteure (z. B. Experten) mit dem Ziel eingeladen, den persönlichen Erfahrungsaustausch, um eine Vermittlung von Fachwissen zu erweitern. Es erweist sich als sinnvoll, den einzelnen Terminen verschiedene Themenschwerpunkte zugrunde zu legen. Diese Methode erfordert ein vergleichsweise hohes Maß an Organisation durch die Gemeinde und bietet sich bereits vor sowie nach dem Einzug der zukünftigen Bewohner an.

### 10.3 FESTSETZUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER BAULEITPLANUNG

Durch verbindliche Festlegungen in der Bauleitplanung, in städtebaulichen und privatrechtlichen Verträgen und in Satzungen können Kommunen Klimaschutzziele in der Planung verankern und so Einfluss auf den Energieverbrauch der Gebäude nehmen.

Die Berücksichtigung der Klimaschutz- und Klimaanpassungsbelange in der Gemeindeentwicklung beginnt jedoch nicht erst in der Bauleitplanung. Wichtigste Grundlage für eine klimagerechte Gemeinde ist eine politische Zielsetzung und deren Beschluss durch den Gemeinderat. Eine klare und langfristige angelegte Zielsetzung – im besten Fall im Kontext einer umfänglichen Klimapolitik – dient allen beteiligten Akteuren als Wegweiser vom Städtebaulichen Entwurf über Festsetzungen konkreter Maßnahmen in der Bauleitplanung bis zur Objektplanung und zur Umsetzung.

Als wichtigstes formelles Instrument der städtebaulichen Entwicklung bietet die Bauleitplanung den Kommunen die Möglichkeit, rechtlich bindende Vorgaben festzulegen. Diese werden in erster Linie im Flächennutzungsplan (FNP) oder in den Bebauungsplänen festgesetzt. Die Inhalte der Bauleitplanung werden abschließend durch das Baugesetzbuch (BauGB) geregelt. Mit der Klimaschutznovelle 2011 des BauGB wurde das Anliegen der klimagerechten Gemeindeentwicklung erheblich gefördert. Das BauGB begründet jedoch auch weiterhin keinen grundsätzlichen Vorrang für Klimaschutz und Klimaanpassung vor anderen Belangen. Die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung sind gleichrangig gegenüber den weiteren Belangen anzusehen und erfordern eine Abwägung unter dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit. Ihr Gewicht hängt dabei von der konkreten Situation ab und ist für jeden Einzelfall individuell zu ermitteln und zu begründen. Vom Gemeinderat beschlossene Klimaschutzziele und Leitbilder sowie konkrete Maßnahmen in Klimaschutzkonzepten können dabei als wichtige Legitimationsgrundlage für die Begründung der Bauleitplanung dienen.

Insbesondere durch Festsetzungen, die die Gebäudekompaktheit, die Gebäudeausrichtung und die Verschattung der Gebäude regeln, kann Einfluss auf den späteren Energiebedarf der Gebäude genommen werden. Um zu verdeutlichen, wie die entsprechenden Festsetzungen im Bebauungsplan umgesetzt werden können, wird hier beispielhaft auf den Bebauungsplan Nr.1522 „In der Rehre Süd“ der Stadt Hannover eingegangen. Hier wurde u.a. das Prinzip der Hüllkurve im Bebauungsplan festgesetzt.

Indem eine maximale Gebäudehöhe von 8 m an der nördlichen und 11 m der südlichen Baugrenze vorgegeben wird, wird so eine ganzjährige aktive und passive Sonnennutzung garantiert.

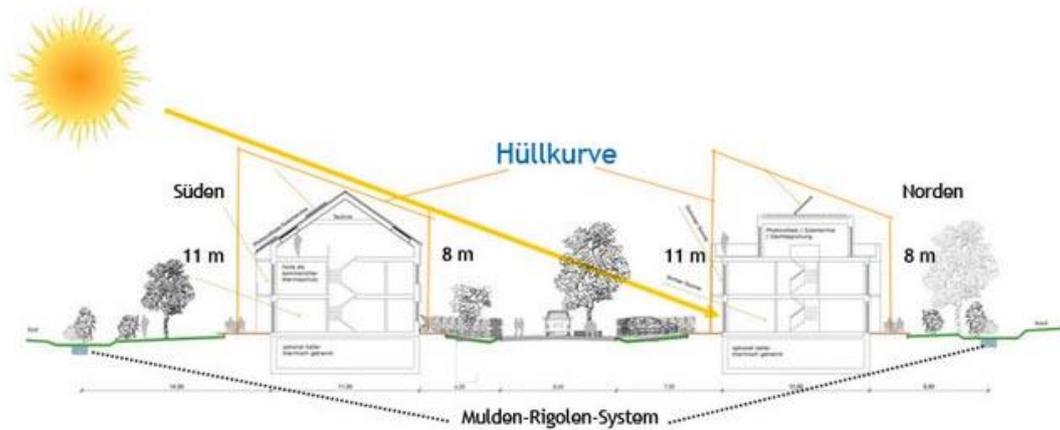


Abbildung 10.4: Prinzip der Hüllkurve (Stadt Hannover, Bebauungsplan Nr. 1522- „In der Rehre Süd“)

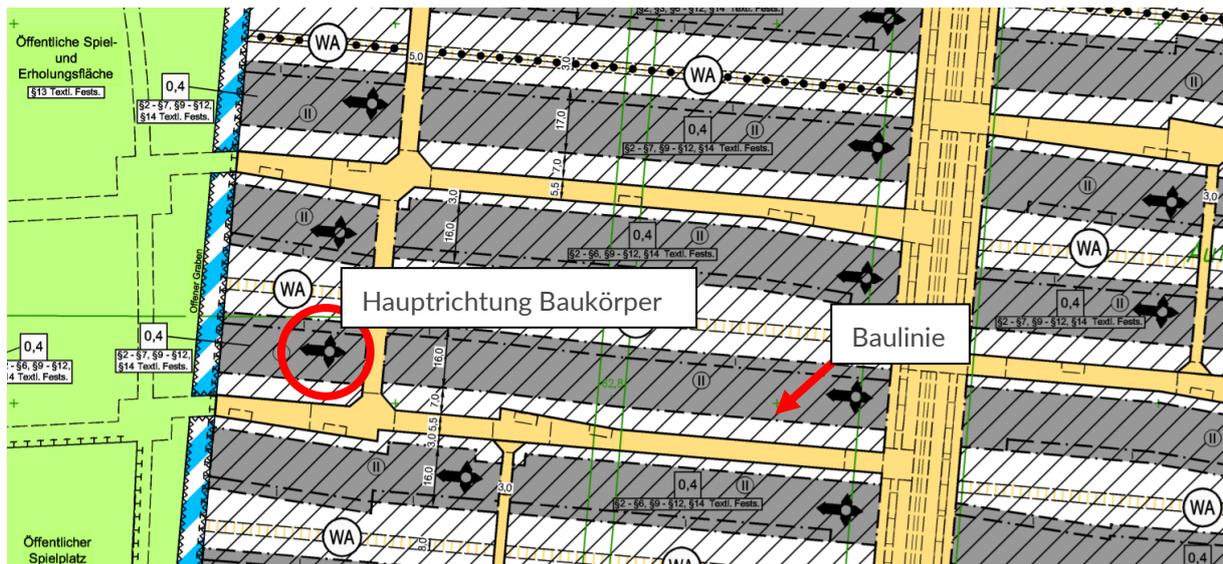


Abbildung 10.5: Plandarstellung Bebauungsplan „In der Rehre Süd“ – Festsetzung der Haupttrichtung und der Baulinie

Zusätzlich kann über die Stellung der Gebäudekörper ein möglichst hoher solarer Energieeintrag begünstigt werden. Im Beispiel des Bebauungsplanes „In der Rehre Süd“ wird dazu in der Plandarstellung die Baulinie der Gebäude sowie die Haupttrichtung der Baukörper festgesetzt.

Durch zusätzliche Untersuchungen können gezielt Maßnahmen identifiziert und in der Bauleitplanung verankert werden, die zu Energieeinsparungen, bzw. zu einer Steigerung der Energieeffizienz führen. So können beispielsweise durch eine solartechnische Untersuchung Optimierungspotenziale ermittelt werden, die zu entsprechenden Festsetzungen im Bebauungsplan führen.

In der Tabelle 10.2. werden die wichtigsten Einflussgrößen zum Klimaschutz dargestellt und ihnen konkrete Festsetzungsmöglichkeiten und die entsprechenden Rechtsgrundlagen zugeordnet.

Über die Regelungen in Flächennutzungsplänen und Bebauungsplänen hinaus, bieten weitere Instrumente die Möglichkeit die beabsichtigten Ziele zu unterstützen, bzw. weitgehendere Regelungen zu treffen als die Bauleitplanung sie ermöglicht. Zu nennen wären hier vor allem folgende Instrumente:

#### Städtebauliche Verträge (§11 BauGB)

Städtebauliche Verträge werden im Baugesetzbuch unter §11 BauGB geregelt. Diese werden zwischen der Gemeinde und dem Bauherren geschlossen und können auch zur Durchführung städtebaulicher Maßnahmen für den Klimaschutz oder die Klimaanpassung verpflichten. Dazu gehört beispielsweise die Ausarbeitung bestimmter städtebaulicher Planungen sowie erforderlichenfalls des Umweltberichts (vgl. § 11 (1) Nr.1 BauGB). Auch die mit der Bauleitplanung verfolgten Ziele können durch einen städtebaulichen Vertrag weitergehend gefördert und gesichert werden (vgl. § 11 (1) Nr.2 BauGB).

##### 10.3.1 Beispiel: Städtebaulicher Vertrag „In der Rehre Süd“

In einem Städtebaulichen Vertrag zum Bebauungsplan „In der Rehre Süd“ werden die Maßnahmen zum Klimaschutz über den rechtlichen Spielraum des Bebauungsplans hinaus festgesetzt: Um den Wärmebedarf auf ein Minimum zu reduzieren, gibt der städtebaulicher Vertrag die flächendeckende Bebauung mit Passivhäusern als Grundprinzip vor. Ergänzt wird diese Vorgabe durch die Beschränkung des Primärenergiebedarfs auf 40 kWh/m<sup>2</sup>a, die Pflicht Sonnenenergie für den Warmwasserbedarf zu nutzen sowie die Pflicht zu einer Energieberatung vor Kauf des Grundstücks.

#### Regelungen in Grundstückskaufverträgen

Ist die Gemeinde Eigentümer der zu bebauenden Grundstücke, kommen ihr weitere Einflussmöglichkeiten zu. Mithilfe von Grundstückskaufverträgen können gezielt Bindungen festgelegt werden. Der Gestaltungsspielraum der Grundstückskaufverträge ist deutlich größer als der der Bebauungspläne, da der Kaufvertrag für ein Grundstück Verhandlungssache ist und die Vertragsbedingungen individuell zwischen den Vertragsparteien abgesprochen und von einem Notar beurkundet werden. Für die Förderung der Umsetzung von sehr ehrgeizigen Klimaschutz- und Klimaanpassungszielen, bietet sich daher insbesondere die Ausgestaltung von Grundstückskaufverträgen an.

#### Satzungen

Städtebauliche Satzungen wie die Innenbereichs- oder Außenbereichssatzung sind zwar kein Bestandteil der Bauleitplanung, regeln aber auch die Bodennutzung für einen bestimmten Bereich des Gemeindegebietes. Sie geben der Gemeinde die Möglichkeit, Bauvorhaben auf Flächen zu steuern, für die kein Bebauungsplan vorliegt.

Zusätzlich zu den Innenbereichs- oder Außenbereichssatzungen hat die Gemeinde die Möglichkeit in Abhängigkeit vom jeweiligen Landesrecht kommunale Satzungen aufzustellen (vgl. § 5 Abs. 1 Hessische Gemeindeordnung (HGO)). Diese enthalten ortsrechtliche Bestimmungen und können beispielsweise in Kombination mit §16 EEWärmeG die Nutzung von Fernwärme regeln (Anschluss- und Benutzungszwang).

#### Qualitätssicherung und Umsetzungskontrolle

Festlegungen im Rahmen der Bauleitplanung oder in Verträgen allein führen nicht zu mehr Klimaschutz - Ob die festgelegten Vorgaben schließlich auch umgesetzt werden, sollte von der Kommune anschließend bei der Baugenehmigung beziehungsweise im Rahmen der Qualitätssicherung überprüft werden. Es geht dabei darum die Konformität der Bebauungspläne mit der Bauordnung und beispielsweise das Einhalten der vertraglich vereinbarten Energiestandards zu überprüfen.

Tabelle 10.2: Einflussgrößen zum Klimaschutz und deren Festsetzungsmöglichkeiten und Rechtsgrundlagen

Einflussgröße	Erläuterung	Festsetzungsmöglichkeit	Rechtsgrundlage
<b>FLÄCHENNUTZUNGSPLAN</b>			
Erneuerbare Energien	Darstellung von Flächen für die Gewinnung, Verteilung und Speicherung von EE	Anlagen für die Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung erneuerbarer Energien	§ 5 (2) Nr. 2b BauGB
		Versorgungsanlagen im Außenbereich	§ 35 (1) Nr. 3, 5, 6, 8 BauGB
Verkehrsflächen	Darstellung von Radwegen von stadtweiter und regionaler Bedeutung, (separat von den dargestellten verkehrswichtigen Straßen)	Radwege	§ 5 (2) Nr. 3 BauGB
Bebauungsdichte	Beeinflusst den Flächenverbrauch pro EW	Art und Maß der baulichen Nutzung (gemäß BauNVO)	§ 5 (2) Nr. 1 BauGB
<b>BEBAUUNGSPLAN</b>			
Nutzungsmischung	„Stadt der kurzen Wege“, Stärkung Umweltverbund	Mischgebiete	§ 9 (1) Nr. 1 BauGB (i.V.m. § 6 BauNVO)
		Urbane Gebiete	§ 9 (1) Nr. 1 BauGB (i.V.m. § 6a BauNVO)
Verkehrsflächen	Priorisierung von Rad- und Fußverkehr	Verkehrsflächen (besonderer Zweckbestimmung)	§ 9 (1) Nr. 11 BauGB
		Bepflanzung von Rad- und Fußwegen	§ 9 (1) Nr. 25 BauGB
Bebauungsdichte	Flächenverbrauch pro EW	Grund- und Geschossflächenzahl	§ 9 (1) Nr. 1 BauGB
		Bautypen	§ 9 (1) Nr. 2 BauGB
		Größe der Baugrundstücke	§ 9 (1) Nr. 3 BauGB
Gebäudekompaktheit	Geringes A/V-Verhältnis für geringen Wärmeverlust	<b>Art und Maß der baulichen Nutzung:</b> Anzahl zulässiger Vollgeschosse, GRZ, GFZ, maximal zulässige Traufhöhe	§ 9 (1) Nr. 2 BauGB
Gebäudeausrichtung	Ausrichtung der Gebäude	<b>Stellung der Gebäude:</b>	§ 9 (1) Nr. 2 BauGB

	für aktive u. passive solare Erträge	Hauptfirstrichtung; Baulinie	
Verschattung	Vermeidung von Verschattung durch Gebäude	Zahl der Vollgeschosse; Traufhöhe; Höhe der baulichen Anlagen	§ 9 (1) Nr. 2 BauGB
	und Vegetation	Pflanzungen an bestimmten Standorten	§ 9 (1) Nr. 25 BauGB
Gebäudestandards	Gebäude auf die Nutzung von EE auslegen	Dachneigung / Flachdach für Sonnenenergienutzung; Solaranlagen auf Dach- und Außenwandflächen; Technische Maßnahmen für Strom, Wärme, Kälte aus EE oder KWK	§9 (4) BauGB (Örtliche Bauvorschriften)  § 248 BauGB (bestehende Gebäude)  § 9 (1) Nr. 23 BauGB
Erneuerbare Energien	Flächen für die Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von EE	Versorgungsflächen Strom, Wärme, Kälte aus EE oder KWK	§ 9 (1) Nr. 12 BauGB
		Versorgungsanlagen und -leitungen	§ 9 (1) Nr. 13 BauGB
<b>VEREINBARUNGEN IN STÄDTEBAULICHEN VERTRÄGEN</b>			
z.B. Umweltbericht	Ausarbeitung der städtebaulichen Planungen sowie erforderlichenfalls des Umweltberichts		§ 11 (2) Nr. 1 BauGB
z.B. Grundstücksnutzung	Förderung der Ziele der Bauleitplanung, z.B. Grundstücksnutzung		§ 11 (2) Nr. 2 BauGB
Effiziente Energieversorgung	<b>Anlagen zur Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von EE und KWK, z.B.:</b>  Vorgabe bestimmter Anlagentechnik (z.B. Heizungsanlagen);  Anschluss und Benutzungszwang (z.B. Wärmenetz);  Vorgabe eines Energieträgers		§ 11 (2) Nr. 4 BauGB
Erneuerbare Energien	<b>Anlagen zur Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von EE und KWK, z.B.:</b>  Verpflichtung zur Nutzung von EE, z.B. Solarenergie;  Bindung an die Ziele eines Energiekonzeptes;		

	Bindung an Qualitätssicherung	
Gebäudestandards	<b>Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden, z.B.:</b> Festlegung von Gebäudestandards (z.B. angelehnt an KfW-Standards); Anforderungen an Wärmedämmstandard; Jahresheizwärmebedarf; Einhaltung von Energiekennzahlen	§ 11 (2) Nr. 5 BauGB
<b>VEREINBARUNGEN IN GRUNDSTÜCKSKAUFVERTRÄGEN</b>		
	<b>Individuelle Vereinbarungen, z.B.:</b> Einhaltung von Energiestandards; Beratungspflicht, z.B. zu technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten von Energieeinsparmaßnahmen und aktuellen Förderbedingungen; Vorgaben zu bestimmter Anlagentechnik; Verpflichtung zur Nutzung von EE (z.B. Solarenergie); verbindliche Festlegungen zur Dachneigung; Anschluss an ein Wärmenetz	§ 311b, § 925 BGB
<b>SATZUNGEN</b>		
Effiziente Energieversorgung	Fernwärmesatzung	§ 5 Abs. 1 HGO  In Kombination mit § 16 EEWärmeG
	rationeller Umgang mit Energie und Wasser in bestimmten, genau abgegrenzten bebauten oder unbebauten Teilen des Gemeindegebiets	§ 81 Abs. 1 Nr. 1 HBO

## Handlungsempfehlungen für das Baugebiet „Schützengasse/ FC-Sportplatz“

### 1. Festlegungen in Grundstückskaufverträgen

Zur Festlegung einer energetischen Gebäudequalität sind Grundstücke im Eigentum der Kommune von Vorteil, da die Kommune dann privatrechtliche Verträge zum Verkauf der Grundstücke direkt mit den Bauherren abschließen kann.

In den Grenzen der allgemeinen Regeln des Vertragsrechts (Angemessenheit und Ausgewogenheit von Leistung und Gegenleistung) und unter Beachtung Wettbewerbs- und kartellrechtlicher Rahmenbedingungen (keine Diskriminierung von privaten Wettbewerbern) bieten sich hierdurch weitreichende Steuerungsmöglichkeiten. Im Folgenden werden Vorschläge dargestellt, durch welche die Ziele des Energiekonzeptes durch entsprechende Vereinbarungen in den Grundstückskaufverträgen

verankert werden können. Um eine größtmögliche Rechtssicherheit zu erreichen, empfehlen wir für die Ausgestaltung der Festlegungen und Vertragsklauseln juristische Unterstützung hinzuzuziehen.

### Festlegung von KfW-Effizienzhaus-Standard 40 in Grundstückskaufverträgen

Die Grundstückskaufverträge können Festsetzungen im Hinblick auf den Gebäudeenergiestandard beinhalten. Die energetische Qualität eines KfW 40 Standards kann durch folgende Festsetzungen vorgegeben werden:

- ▶ KfW 40 Effizienzhausstandard gemäß der technischen Mindestanforderung des Effizienzhaus 40

KfW-Effizienzhaus 40		
$Q_p$ in % $Q_{p, REF}$	40	max. zulässiger Primärenergiebedarf zum Referenzgebäude
$H'_T$ in % $H'_{T, REF}$	55	max. zulässiger Transmissionswärmeverlust zum Referenzgebäude

Der Jahres-Primärenergiebedarf ( $Q_p$ ) und der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes bezogene Transmissionswärmeverlust ( $H'_T$ ) des Neubauobjekts sind auf der Grundlage der geplanten Maßnahmen nach Gebäudeenergiegesetz zu berechnen. Die entsprechenden energetischen Kennwerte des Referenzgebäudes ( $Q_{p, REF}$ ;  $H'_{T, REF}$ ) sind nach Anlage 1, Tabelle 1 GEG zu ermitteln.

- ▶ Luftdichtigkeit  $n_{50} \leq 1,50$  Luftwechsel pro Stunde
- ▶ Qualitätssicherung nach Abschluss des Bauvorhabens (Blower Door Test)
- ▶ Der nach den Vorgaben des GEG berechnete Wärme- und Kältebedarf muss zu einem Mindestanteil von 55% durch die Nutzung erneuerbarer Energien gedeckt werden.
- ▶ Beim Einsatz von Wärmepumpen sind diese nur ab einer JAZ (Jahresarbeitszahl) von 4,5 im Neubau zulässig.

### Vorgaben zur Nutzung und zum Ertrag von Solarenergie

Photovoltaik – Durch den Einsatz von Photovoltaik auf den Dächern der Wohngebäude soll ein möglichst hoher Energieertrag erzielt werden. Darüber hinaus wird empfohlen einen jährlichen Mindestertrag vertraglich zu vereinbaren:

Mindestanforderungen an den jährlich zu erzeugenden Stromertrag – 500 kWh/a und je Wohneinheit zuzüglich 10 kWh/a je Quadratmeter Gebäudenutzfläche  $A_N$ .

### Retentionsdächer

Neben der vertraglichen Nutzung für den Betrieb von Photovoltaikanlagen auf den Dächern wird empfohlen für alle Dächer mit einer Neigung bis 20° eine extensive Dachbegrünung vorzuschreiben.

Die Kombination grünes Flach-/Pulldach und aufgeständerte PV-Anlage ist technisch problemlos möglich und bietet sogar Vorteile: Da der Wirkungsgrad von Solarzellen auch temperaturabhängig ist und die sommerliche mittägliche Aufheizung somit die Stromproduktion reduziert, könnte eine geschickt platzierte PV-Anlage auf einem Gründach durch Kühlung einen Mehrertrag liefern.

### Anschluss- und Benutzungszwang für Mehrfamilienhäuser

Für die Mehrfamilienhäuser wird empfohlen einen Anschluss- und Benutzungszwang für das lokale Nahwärmenetz im Grundstückskaufvertrag festzulegen.

Der BGH räumt mit seinem Urteil vom 9. Juli 2002 BGH-Urteil\_KZR30-00\_09-07-02 den Gemeinden die Möglichkeit ein, auf gemeindeeigenen (oder bei Grundstücken, die über Erschließungsgesellschaften verkauft werden) durch Vereinbarung im Kaufvertrag oder durch Grunddienstbarkeiten Kunden an Fernwärme zu binden. Der BGH sieht darin eine nicht zu beanstandende Form privatwirtschaftlicher Betätigung der Gemeinden. Als solche liegt darin keine Beeinträchtigung des freien Wettbewerbs und auch kein Missbrauch hoheitlicher Befugnisse. Ein Missbrauch hoheitlicher Befugnisse liegt auch nicht ohne weiteres darin, dass die Maßnahmen mit Verwendungsverboten gemäß § 9 Nr. 23 BauGB verbunden sind (Verbrennungsverbot). Vielmehr ist es angemessen, dass die Gemeinde eine Wärmeversorgung zur Verfügung stellt, wenn sie schon Verbrennungsverbote verhängt.

### Dezentrale Wärmepumpen als Wärmeerzeugungsanlage für EFHs und DHHs

Für die Einfamilienhäuser und Doppelhäuser im Wohngebiet wird empfohlen, die Wärmeerzeugung durch Luft-/Wasser-Wärmepumpe im Grundstückskaufvertrag festzulegen. Hierfür schlagen wir vor, die Installation von Wärmepumpen, die nach der Bundesförderung für Effiziente Gebäude einen Prüf-/Effizienznachweis nachweisen können, für die Kaufverträge zu verpflichten.<sup>13</sup> Die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz ETAs gemäß Ökodesign-Richtlinie muss bei durchschnittlichen Klimaverhältnissen mindestens folgende Werte erreichen:

Tabelle 10.3: Mindestanforderung elektrisch betriebener Wärmepumpen gemäß BEG, Quelle: BAFA

<b>Elektrisch betriebene Wärmepumpen</b>		
	$\eta_s$ (bei 35 °C)	$\eta_s$ (bei 55 °C)
Wärmequelle Luft	135%	120%
Wärmequelle Erdwärme	150%	135%
Wärmequelle Wasser	150%	135%
Sonstige Wärmequellen (z.B. Abwärme, Solarwärme)	150%	135%
<b>Gasbetriebene Wärmepumpen</b>		
	$\eta_s$ (bei 35 °C)	$\eta_s$ (bei 55 °C)
Alle Wärmequellen	126%	111%

## 2. Weitere Handlungsempfehlungen

Neben vertraglichen Vereinbarungen, die die Umsetzung des Energiekonzeptes unterstützen sollen, empfehlen wir, Optimierungspotenziale in Bezug auf den städtebaulichen Entwurf zu untersuchen. Zum einen können bereits kleine Veränderungen der Stellung der Baukörper oder der Gebäudekubaturen über die gesamte Lebensdauer der Gebäude zu erheblichen Energieeinsparungen führen. Zum anderen sollte aber auch überprüft werden, inwieweit Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung (z.B. dezentrale Versickerung von Regenwasser, Minimierung der Flächenversiegelung) umgesetzt werden können.

<sup>13</sup> [https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg\\_waermepumpen\\_anlagenliste.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_waermepumpen_anlagenliste.html)

### Energetische Optimierung der Stellung der Baukörper

Die Stellung von Baukörpern und deren Geometrie haben Auswirkungen auf die energetischen Eigenschaften der Gebäude über viele Jahrzehnte. Durch die Berücksichtigung energetischer Aspekte können Optimierungspotenziale umgesetzt und mit den sonstigen städtebaulichen Zielen in Einklang gebracht werden. Durch eine optimierte Gebäudegeometrie sowie eine energetisch optimierte Stellung von Baukörpern kann beispielsweise der Energieverbrauch durch optimierte Sonneneinstrahlung auf Gebäude reduziert werden. Zudem können so Photovoltaik-Anlagen effektiver genutzt werden. Das Ziel dieser Maßnahme ist es einerseits, ein günstiges Verhältnis von Gebäudefläche zu beheizbarem Gebäudevolumen (A/V-Verhältnis) sowie andererseits eine zur energetischen Nutzung der Sonneneinstrahlung möglichst günstige Stellung der Baukörper zu erreichen.

Konkrete Empfehlungen für die einzelnen Gebäude können nicht pauschal, sondern nur auf Basis einer detaillierten solartechnischen Untersuchung des städtebaulichen Entwurfes gegeben werden. Dazu muss die zur solaren Strahlungsenergie, die auf den Fassaden zu erwarten ist, sowie weitere Faktoren wie die gegenseitige Verschattung der Gebäude und Verschattung durch Vegetation anhand eines digitalen städtebaulichen Modells berechnet werden. Anhand dieser Daten können dann Verbesserungsvorschläge für jedes einzelne Gebäude abgeleitet werden.

Verbesserungsvorschläge können sich z.B. auf Abstände zu benachbarten Gebäuden, auf die Gebäudehöhe oder die Dachform beziehen oder Hinweise für Begrünungsmaßnahmen (z.B. Straßenbäume) beinhalten.

Erste Hinweise für eine energetische Optimierung haben sich bereits während der Bearbeitung des Energiekonzeptes ergeben. Für die zwei Doppelhäuser auf der Westseite des Baugebietes empfehlen wir die vorgesehene Dachform zu ändern und anstelle des Satteldachs ein Flachdach umzusetzen, um den Solarertrag zu erhöhen.



Abbildung 10.6: Anpassungsbedarfe aufgrund der solaren Simulation, Quelle: Zwischenpräsentation vom 10.01.2022

Bei den gelb markierten Dächern schlugen wir vor, die Dächer in Flachdachausführung umzuplanen, um den Solarertrag des Neubaugebietes zu erhöhen.

### Energetische Optimierung der Gebäudekubatur

Aus energetischer Sicht ist es immer günstiger, die wärmeübertragende Hüllfläche im Verhältnis zum beheizten Volumen zu reduzieren. Das bedeutet, dass größere Gebäude mit mehreren Wohneinheiten immer effizienter sind als freistehende Einfamilien- oder Doppelhäuser. Außerdem ist damit auch der Flächenverbrauch geringer.

Zum Thema „Äußere Gestaltung der baulichen Anlagen“ regelt der Bebauungsplan: „Dachüberstände, Dachaufbauten, Dachversätze und Dacheinschnitte sind zulässig. Dachgauben dürfen einzeln nicht breiter als 3,0 m und in Summe nicht mehr als 50% der Trauflänge breit sein.“

### Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung

- ▶ Wasserrechtliche Verfahren, Sammeln und Verwenden von Niederschlagswasser

Hier gibt der Bebauungsplan folgenden Hinweis: „Es wird empfohlen, anfallendes Niederschlagswasser in Zisternen zu sammeln und als Brauchwasser und/oder für die Grünflächenbewässerung zu nutzen. Regenwasserzisternen sollen nur innerhalb der Gebäude oder unterirdisch errichtet werden.“

Es wird empfohlen zu prüfen, inwieweit eine dezentrale Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers auf den Grundstücken oder auf zentralen Flächen im Baugebiet möglich ist und dies durch ein entsprechendes Entwässerungskonzept zu belegen. Auch eine verbindliche Festsetzung von Gründächern (im Bebauungsplan (hier bisher nur als Empfehlung enthalten) oder in Grundstückskaufverträgen) minimiert den Regenwasserabfluss.

- ▶ Ökologische Aufwertung und Minimierung von Eingriffen in Natur und Landschaft

Im Bebauungsplan wird geregelt: „Pkw-Stellplätze sind mit wasserdurchlässiger Oberfläche (z.B. Rasengitter, Breitfugenpflaster, Schotterrasen oder anderen versickerungsaktiven Materialien) herzustellen.“

Die Forderung nach wasserdurchlässigen Oberflächen sollte auf weitere Flächen ausgedehnt werden, beispielsweise auch auf Einfahrten, Terrassen, Rad- und Fußwege und Aufenthaltsflächen.

#### ▶ Bepflanzung

Der Bebauungsplan regelt eine Bepflanzung mit mindestens einem Laubbaum pro 400 m<sup>2</sup> Grundstücksfläche, wobei Bestandsbäume sowie zeichnerisch festgesetzte Bäume hierauf angerechnet werden (lediglich 4 Bäume im gesamten Baugebiet sind im Bebauungsplan zeichnerisch festgesetzt).

Durch diese Regelung kann eine ausreichende Durchgrünung des Baugebiets, insbesondere zur thermischen Entlastung an Hitzetagen kaum erreicht werden. Es wird daher empfohlen Maßnahmen zur Realisierung einer ausreichenden Durchgrünung, besonders in den öffentlichen Grünflächen und im Straßenraum einzuplanen und im Bebauungsplan, bzw. in Grundstückskaufverträgen festzulegen.

### Umsetzungskontrolle

Um die beabsichtigten Ziele zu erreichen, kommt es darauf an, dass die Festsetzungen, die durch den Bebauungsplan, in den Grundstückskaufverträgen oder durch andere Festsetzungsmöglichkeiten getroffen wurden, auch tatsächlich umgesetzt werden.

Dazu sollte zu bestimmten Zeitpunkten kontrolliert werden, ob die Vorgaben der Bauleitplanung umgesetzt wurden. Außerdem sollte bereits im Voraus festgelegt werden, ob ggf. Vertragsstrafen dazu genutzt werden sollen, um die Umsetzung von Vertragsklauseln durchzusetzen.

## 10.4 HANDLUNGSEMPFEHUNG

Im Zuge der Ausarbeitung wird deutlich, dass es im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und der Emissionsbetrachtung naheläge die Variante „Nahwärme-Cluster mit Biomasse“ zu favorisieren. Im besonderen Fokus stand hierbei die Betrachtung einer Plus-Energie-Siedlung. Im nachfolgenden Kapitel wird in einer entsprechenden Nutzwertanalyse zur Entscheidungsfindung, dieses Entscheidungskriterium höher bewertet.

Durch den Einsatz von ressourcenschonenden Versorgungstechniken wie Holz-Hackschnitzel-Kessel (Biomasse) und dezentrale Wärmepumpen (Umgebungswärme) zur Wärmeerzeugung, kann der Endenergiebedarf des Gebiets erheblich reduziert werden. In Kombination mit einer flächendeckenden PV-Nutzung kann zwar die Plus-Energie-Bilanz in dieser Variante nicht erreicht werden. Jedoch raten wir dringend dazu, mit den beschriebenen Festsetzungsmöglichkeiten der Gemeindeverwaltung, diese Form der ressourcenschonenden und energieeffizienten erneuerbaren Energieerzeugung, einen Vorrang einzuräumen.

### Mögliche Umsetzungshemmnisse

Für die vorgestellten Versorgungsvarianten zur Deckung der Wärme- und Strombedarfe für die zukünftige Besiedlung des FC / Schützenplatz – Geländes, können verschiedene Umsetzungshemmnisse identifiziert werden. Dabei können sowohl technische, wirtschaftliche, als auch politische und gesellschaftliche Einwände die Umsetzung eines solchen Projektes einschränken und gar verhindern. Im

Folgenden sind wesentliche Umsetzungshemmnisse aufgeführt. Diese können sich im Laufe einer Planungs- und Umsetzungsphase entkräften oder erweitern.

- ▶ Haupthemmnis: Fehlender Betreiber (Stadtwerk, Unternehmen etc.)
- ▶ Fehlende politische Akzeptanz
- ▶ Fehlende Akzeptanz der zukünftigen Bauherren/ Eigentümer (insb. der Varianten 1 bis 3).
- ▶ Fehlender Anschluss der zukünftigen Eigentümer bei den zentralen Varianten (1 bis 3)
- ▶ Naturräumliche Bedingungen und Vorbelastungen (z. B. geologische Verhältnisse, Schutzgebiete für Natur- und Landschaft etc.)
- ▶ Die bauliche Umsetzung der Varianten 1-3 erfolgt grundsätzlich innerhalb der Gesamterschließungsarbeiten (Telekommunikation, Abwasser etc.). In Bezug auf die zukünftige Abwasser- und Trinkwasserversorgung ist eine frühzeitige Absprache mit den zuständigen Versorgern erforderlich, da der Einsatz von Frostschutzmittel (Wasser-Glykol-Gemisch) bei den entsprechenden Versorgungsvarianten oftmals vorurteilsbehaftet ist. Die Kältebeständigkeit des Wärmeträgermediums auf Glykol-Basis gewährleistet innerhalb der Wintermonate Frostschutz. Das Frostschutzmittel zirkuliert innerhalb eines abgeschlossenen Kreislaufs und hat demzufolge keine Auswirkung auf die Trinkwasserleitungen.
- ▶ Unsicherheit für Variante 3 durch Abhängigkeit von Dritten, daraus resultierende Unsicherheiten in langfristiger zeitlicher Planung

Ein zeitlicher Ablaufplan der vorgestellten Umsetzungskonzepte kann Tabelle A.5 entnommen werden. Ein zusammenfassender Vergleich unterschiedlicher Bewertungskriterien der einzelnen Varianten kann Tabelle 10.4 entnommen werden. Hierfür wurden entscheidende Kriterien gewichtet und daraus eine Matrix zur Entscheidungshilfe erstellt.

## 10.5 NUTZWERTANALYSE

Dieses Bewertungsverfahren wird bei komplexen Entscheidungssituationen eingesetzt. Sie wird sowohl für wirtschaftliche, betriebliche oder technische Entscheidungen herangezogen. Sie hat das Ziel Entscheidungen mit verschiedenen Handlungsoptionen basierend auf der Auswahl von Kriterien zu treffen. Hier können nicht nur „harte Faktoren“ (z.B. wirtschaftliche Faktoren), sondern auch „weiche Faktoren“ (z.B. Umweltauswirkung, Akzeptanz) miteinander bewertet werden.

Durch die Verwendung von gewichteten Bewertungskriterien gelingt der Vergleich von stark unterschiedlichen Faktoren, die jedoch im Themenkomplex miteinander verflochten sind, um das ganzheitlich sinnvollste Ergebnis zu erreichen.

### Gewichtungen

Für die Entscheidungsfindung weisen in Tabelle 10.4 festgelegte Bewertungskriterien eine unterschiedliche Wichtigkeit auf. Da diese Konzeption den Anspruch hat einen Plus-Energie-Siedlung zu fokussieren ist dieses Bewertungskriterium stärker gewichtet, wie die übrigen Bewertungskriterien.

Die Plus-Energie-Bilanz wurde mit 30% am höchsten bewertet, da durch die Fördermodalitäten und den Umstand eines Modellprojektes eine erhöhte Relevanz vorhanden ist. Der kostendeckende Wärmepreis wurde mit 20% höher bewertet als die restlichen Faktoren, da es sich um einen monetären Faktor handelt und daher ebenfalls eine erhöhte Relevanz aufweist. Die Kriterien CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der Primärenergiefaktor werden mit 17,5 % gewichtet und die Umsetzbarkeit der Versorgungsvariante mit 15%.

### Platzierungen

Aus der Konzeption und den Berechnungsergebnissen dieser Ausarbeitung wurden, je nach Ergebniswert der einzelnen Versorgungsvarianten, Platzierungen vergeben. Hierbei wurde die Platzierung der Kriterien stets errechnet und ergibt sich aus vorangegangenen Berechnungen der Gesamtkonzeption. Ausgenommen die Umsetzbarkeit, dieser Punkt beruht auf Erfahrungswerten der energielenker.

Tabelle 10.4: Entscheidungsmatrix

	Gewichtung in %	Variante 1 Nahwärme mit Biomasse	Variante 2 Nahwärme – Cluster mit Biomasse	Variante 2 Nahwärme – Cluster Geothermie	Variante 4 Luft-Wasser- Wärmepumpe
Kostendeckender Wärmepreis – Endkunde MFH	Platzierung	1,00	2,00	4,00	3,00
	20%	0,27	0,33	0,53	0,47
CO2-Emissionen Gesamtgebiet	Platzierung	1	2	3	4
	18%	0,18	0,35	0,53	0,70
Primärenergiefaktor	Platzierung	1	2	4	3
	18%	0,18	0,35	0,70	0,53
Plus-Energie-Bilanz	Platzierung	4	3	1	2
	30%	1,20	0,90	0,30	0,60
Umsetzbarkeit	Platzierung	3	2	4	1
	15%	0,45	0,30	0,60	0,15
Gesamt <small>(niedrigster Wert am besten)</small>	100%	2,27	2,23	2,66	2,44
Platzierung		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Zwar befindet sich Variante 2 bezugnehmend auf die Plus-Energie-Bilanz auf dem dritten Rang, jedoch belegt Sie, aufgrund der abgestimmten Gewichtungen mit der Gemeinde Fürth und den zugrundeliegenden Bewertungsfaktoren, den ersten Rang. Daher empfehlen wir diese Variante zur Umsetzung der Energieversorgungslösung des Neubaugebietes Schützengasse /FC Sportplatz in Fürth.

## 11 LITERATURVERZEICHNIS

1. **co2online gemeinnützige GmbH.** *stromspiegel 2021/22.* Berlin : s.n., 2021.
2. **Deutscher Wetterdienst.** Wetter und Klima aus einer Hand. *Globalstrahlung.* [Online] [Zitat vom: 10. 08 2021.] <https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/globalstrahlung.html>.
3. **Buchholz, B. M. und Styczynski, Z. A.** *Smart Grids. Grundlagen und Technologien der elektrischen Netze der Zukunft.* Berlin : s.n., 2014.
4. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.** Sinteg. [Online] [Zitat vom: 18. 08 2021.] <https://www.sinteg.de/>.
5. **Bundesnetzagentur.** *Regelungen zu Stromspeichern im deutschen Strommarkt.* 2021.
6. **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.** *Klimaschutz in Zahlen.* 2020.
7. **Öko-Institut.** *Klimaschutzszenario 2050 - 2. Endbericht.* Berlin : Öko-Institut e.V. und Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, 2015.
8. **ifeu.** *Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor in Deutschland.* Heidelberg : ifeu, 2016:3.
9. **Richter, Moritz und Steiner, Lutz.** *Begleitforschungs-Studie Elektromobilität: Potentialermittlung der Rückspeisefähigkeit von Elektrofahrzeugen und der sich daraus ergebenden Vorteile.* Darmstadt : s.n., 2011.
10. **Canzler, Weert und Knie, Andreas.** *Schlaue Netze - Wie die Energie- und die Verkehrswende gelingt.* 2013.
11. **AG, Vattenfall Europe.** *Klimaentlastung durch den Einsatz erneuerbarer Energien im Zusammenwirken mit emissionsfreien Elektrofahrzeugen.* s.l. : Verbundprojekt V2.2011, 2011.
12. **Verkehrswesen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und. Elektromobilität.** *Systembedingungen, Einsatzbedingungen und Systemintegration.* Köln : FGSV-Bericht, 2018.
13. **Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.** *Das neue Gebäudeenergiegesetz - kurz zusammen gefasst.* Berlin : Bundeswirtschaftsministerium, 2019.
14. **Petra Icha, Dr. Thomas Lauf, Gunter Kuhs.** *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid - Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020.* s.l. : Umweltbundesamt, 2021. Bd. Climate Change, 45/2021.
15. **Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz,.** *Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz - BEHG).* Berlin : s.n., 2019.

## ANHANG

Tabelle A.1: CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren in g CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kWh (Quelle: Gebäude Energie Gesetz Stand: 13.08.2020)

Nr.	Kategorie	Energieträger	Emissionsfaktor [g CO <sub>2</sub> -Äquivalent pro kWh]
1	Fossile Brennstoffe	Heizöl	310
2		Erdgas	240
3		Flüssiggas	270
4		Steinkohle	400
5		Braunkohle	430
6	Biogene Brennstoffe	Biogas	140
7		Biogas, gebäudenah erzeugt	75
8		Biogenes Flüssiggas	180
9		Bioöl	210
10		Bioöl, gebäudenah erzeugt	105
11		Holz	20
12	Strom	netzbezogen	560
13		gebäudenah erzeugt (aus Photovoltaik oder Windkraft)	0
14		Verdrängungsstrommix	860
15	Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0
16		Erdkälte, Umgebungskälte	0
17		Abwärme aus Prozessen	40
18		Wärme aus KWK, gebäudeintegriert oder gebäudenah	nach DIN V 18599-9:2018-09
19		Wärme aus Verbrennung von Siedlungsabfällen (unter pauschaler Berücksichtigung von Hilfsenergie und Stützfeuerung)	20
20	Nah-/Fernwärme aus KWK mit Deckungsanteil der KWK an	Brennstoff: /Braunkohle	Stein- 300

21	der Wärmeerzeugung mindestens 70 Prozent	von	Gasförmige und Brennstoffe	flüssige	180
22			Erneuerbarer Brennstoff		40
23			Brennstoff: /Braunkohle	Stein-	400
24	Nah-/Fernwärme Heizwerken	aus	Gasförmige und Brennstoffe	flüssige	300
25			Erneuerbarer Brennstoff		60

Tabelle A.2: Primärenergiefaktoren nicht erneuerbarer Anteil (Quelle: Gebäude Energie Gesetz Stand: 13.08.2020)

Nr.	Kategorie	Energieträger	Primärenergiefaktoren nicht erneuerbarer Anteil
1		Heizöl	1,1
2		Erdgas	1,1
3	Fossile Brennstoffe	Flüssiggas	1,1
4		Steinkohle	1,1
5		Braunkohle	1,2
6		Biogas	1,1
7	Biogene Brennstoffe	Bioöl	1,1
8		Holz	0,2
9		netzbezogen	1,8
10	Strom	gebäudenah erzeugt (aus Photovoltaik oder Windkraft)	0
11		Verdrängungsstrommix	2,8
12		Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0
13		Erdkälte, Umgebungskälte	0,0
14		Abwärme aus Prozessen	40
15	Wärme, Kälte	Wärme aus KWK, gebäudeintegriert oder gebäudenah	nach Verfahren B gemäß DIN V 18599- 9: 2018-09 Abschnitt 5.2.5 oder DIN V 18599-9: 2018-09 Abschnitt 5.3.5.1

16	Siedlungsabfälle	0,0
----	------------------	-----

Tabelle A.3: Annahme und Berechnungsgrundlage

**Technisch**

Jahresarbeitszahl Luft-Wasser-Wärmepumpe	3
Jahresarbeitszahl Sole-Wasser-Wärmepumpe (Netz, Variante 2)	4,75
Jahresarbeitszahl Sole-Wasser-Wärmepumpe (Netz, Variante 3)	6,00
Jahresarbeitszahl Sole-Wasser-Wärmepumpe (dezentrale Eisspeicher)	4,3
Wirkungsgrad (thermisch) Spitzenlastkessel	95%
Wirkungsgrad (thermisch) BHKW	55%
Wirkungsgrad (elektrisch) BHKW	37%
Nahwärme Vorlauftemperatur	70°C
Nahwärme Rücklauftemperatur	40°C
Kalte Nahwärme (Variante 2) Vorlauftemperatur	4°C
Kalte Nahwärme (Variante 2) Rücklauftemperatur	0°C
Kalte Nahwärme (Variante 3) Vorlauftemperatur	10°C
Kalte Nahwärme (Variante 3) Rücklauftemperatur	0°C
Gleichzeitigkeitsfaktor	60%

**Kaufmännisch**

Arbeitspreis Erdgas	7,9 ct./kWh
Arbeitspreis Biomethan	8,9 ct./kWh
Arbeitspreis Strom (Großabnehmer)	26,0 ct./kWh
Arbeitspreis Strom (Privat)	28,0 ct./kWh
Preissteigerung Gas/Öl	5%
Preissteigerung Strom	5%
Preissteigerung Nahwärme	2%
Preissteigerung Wartung und Schornsteinfeger	2%
Preissteigerung Grundkosten	2%
Kalkulatorischer Zinssatz Kapitalkosten (Privat)	3%

Kalkulatorischer Zinssatz Kapitalkosten (Betreiber)	1,5%
Nutzungsdauer technische Anlagen	gemäß VDI 2067
Gewinn und Risiko Pauschale Betreiber	15%
EEG Vergütung PV	6,5 ct./kWh
Preis Photovoltaik pro Modul (355 W <sub>p</sub> je Modul)	1200 €/kW <sub>p</sub>
Preis Stromspeicher	950 €/Wh

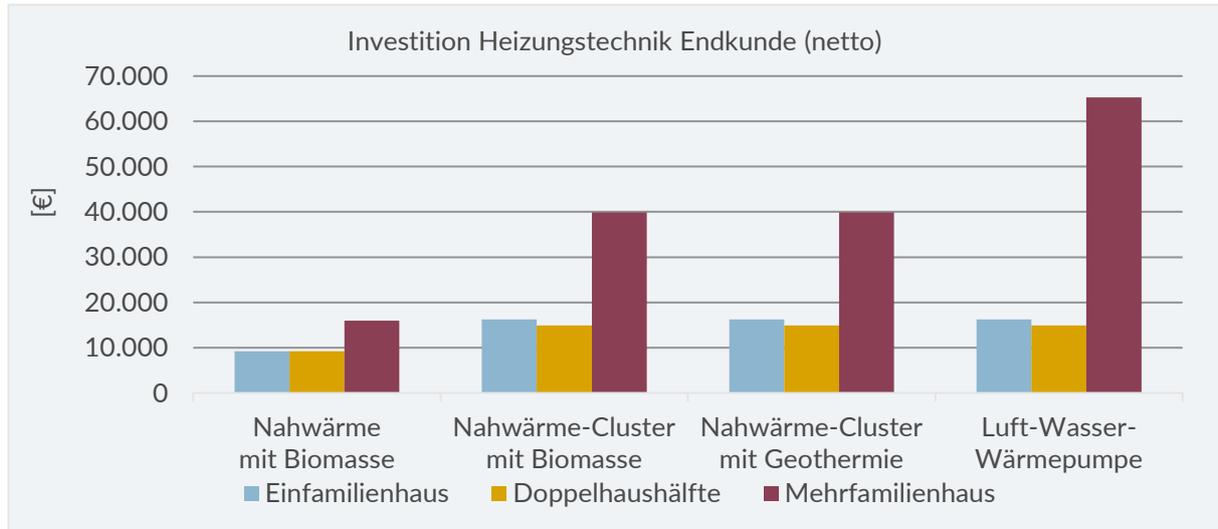


Abbildung A.1: Variantenvergleich Investition aus Endkundensicht

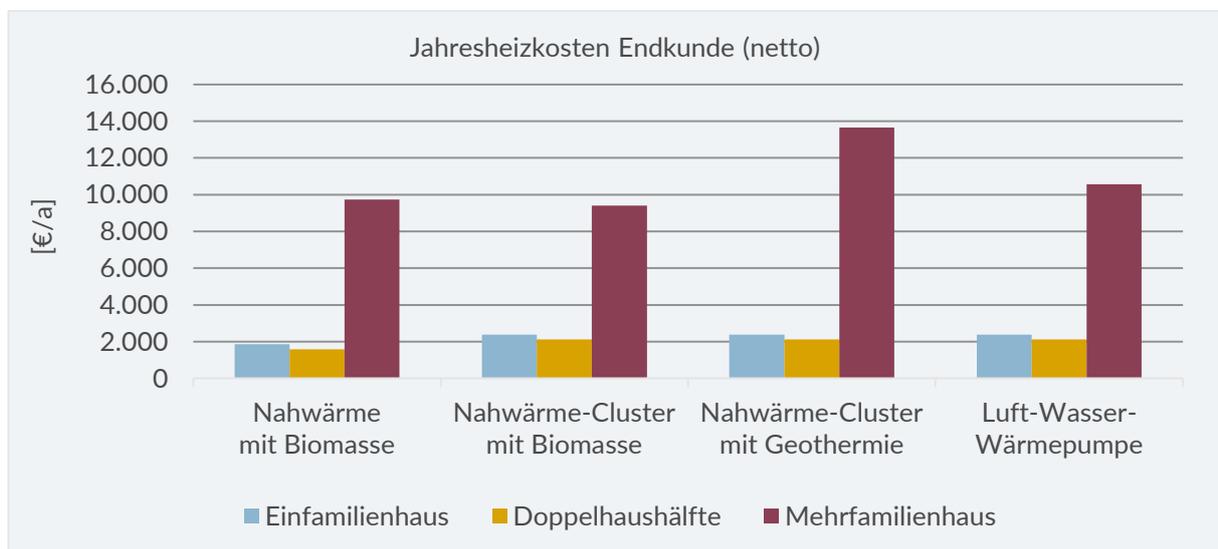


Abbildung A.2: Variantenvergleich Jahresheizkosten aus Endkundensicht

Tabelle A.4: Gegenüberstellung der zentralen Versorgungsvarianten für die Gebäudestandards nach KfW 40

alle Preise netto zzgl. MwSt.	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
<b>Zusammenfassung</b>	Warmes Netz - HHS	Cluster MFH+Sporthalle	Kaltes Netz Erdsonden
			
<b>Jahresausgaben</b>			
kapitalgebundene Kosten unter Berücksichtigung der Fördermittel und Netzkostenbeiträge	13.568 €	9.317 €	24.194 €
bedarfsgebundene Kosten (Energiekosten)	32.854 €	22.719 €	36.193 €
betriebsgebundene Kosten (Betriebsführung+Instandhaltung)	21.487 €	8.533 €	6.936 €
sonstige Kosten	1.000 €	554 €	1.056 €
<b>Jahresausgaben gesamt</b>	<b>68.910 €</b>	<b>41.123 €</b>	<b>68.380 €</b>
<b>Jahreseinnahmen</b>			
<b>Jahreseinnahmen gesamt</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>
kostendeckender Wärmepreis	129 €/MWh	99 €/MWh	165 €/MWh
Investition	493.267 €	275.294 €	524.457 €
Investition nach Förderung	453.967 €	259.994 €	515.657 €
CO <sub>2</sub> Emissionen	25.669 kg/a	17.462 kg/a	68.096 kg/a
Primärenergiefaktor GEG	0,32	0,29	0,64

Tabelle A.5: Ablaufplan der Umsetzungskonzept Variante 2: Warmes Nahwärmenetz – Biomassekessel

Ablaufplan Umsetzungskonzept																					
	Mrz 22	Apr 22	Mai 22	Jun 22	Jul 22	Aug 22	Sep 22	Okt 22	Nov 22	Dez 22	Jan 23	Feb 23	Mrz 23	Apr 23	Mai 23	Jun 23	Jul 23	Aug 23	Sep 23	Okt 23	Nov 23
<b>Vorgang</b>																					
Prozesssteuerung und Planung Gemeine Fürth																					
Politischer Beschluss																					
<b>Projektsteuerung / Vergabe Contracting für Cluster</b>																					
Festlegung Cluster-Lösung und Wärmelieferung nach §16 EEWärmeG für MFHs -> Beginn Vergabeprozess																					
Vorbereitung des Vergabeverfahrens																					
Angebotsbewertung nach Ausschreibung																					
Vergabe an wirtschaftlichstes Angebot																					
Vertragsvorbereitung und Abschluss																					
Ausführungsbegleitung koordinativ																					
<b>Aufbau der techn. Anlagen und Netze durch Contractor</b>																					
Genehmigungsplanung durch Planungsbüro																					
Genehmigung durch Behörde																					
Ausführungsplanung																					
Erstellung Leistungsverzeichnisse																					
Mitwirkung Vergabeverfahren (Bauherren)																					
Baubeginn Netz und Energieerzeugung																					
Ausführungsbegleitung technisch (Anlagen, Tiefbau)																					
Objektbetreuung/ Gewährleistungsphase																					
Monitoring																					
Anschluss des ersten Abnehmers																					
Bau PV Luft-WP und E-Mobilität (nach Hochbauentwicklung)																					