

Energiekonzept für das Neubaugebiet Eselswiese in Rüsselsheim



Erstellt im:	Mai 2022 (Version 2 von September 2022)
im Auftrag von:	Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
Projektleitung:	Dipl.-Ing. Kathrin Judex
Inhaltliche Bearbeitung:	Dipl.-Ing. Kathrin Judex Dipl.-Ing. Ulrich Rochard Dipl.-Ing. Maria Hernández-Clua Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt



Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung	9
2 Zusammenfassung	10
2.1 Energieträgerpotenziale und mögliche Energieversorgungsanlagen	10
2.2 Energiebedarf des Gebiets	11
2.3 Energieversorgungskonzept.....	11
2.4 Empfehlung Wärmeversorgung.....	12
2.5 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen	14
2.6 Fazit und Empfehlungen	16
3 Beschreibung des Baugebiets	18
4 Bewertungsmethoden für Primärenergie und CO₂-Emissionen.....	20
5 Energetische Bewertung des städtebaulichen Entwurfs.....	23
5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	24
5.2 Kompaktheit der Baukörper.....	25
5.3 Solarenergie Nutzung	27
5.4 Optimierung Kompaktheit / Gebäudeabstände	31
5.5 Verschattung im Sommer.....	32
6 Energiestandards und Wärmebedarf	35
6.1 Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards.....	35
6.2 Wärme- und Strombedarf für das Gesamtgebiet	41
7 Qualitative Auswahl Wärmeversorgung	48
7.1 Potentiale Energieträger und erneuerbare Energiequellen.....	48
7.2 Erneuerbare Energieträger	49
7.3 Versorgungssysteme für Nahwärme und dezentrale Versorgung.....	55
8 Nahwärmevarianten	56
8.1 Ausbau Nahwärmenetz.....	56
8.2 Versorgungsvarianten für die Nahwärme	57
8.3 Mögliche Förderung.....	61
8.4 Ergebnisse Nahwärme aus Betreibersicht.....	64
9 Wärmeversorgungsvarianten aus Nutzersicht	71
9.1 Wärmeversorgungsvarianten Nutzersicht.....	71
9.2 Berechnung Wärmeversorgung der Mustergebäude aus Nutzersicht.....	72

10	Energie- und Treibhausgasbilanzen.....	84
10.1	Strombilanz für das Gesamtgebiet	84
10.2	Treibhausgasbilanz für das Gesamtgebiet	84
11	Ergebnisse/Empfehlungen.....	87
12	Empfehlungen zur Umsetzung.....	90
12.1	Zusammenfassung Empfehlungen.....	90
12.2	Festsetzungen und vertragliche Regelungen.....	93
12.3	Vergabe Wärmeversorgung und Grundstücke.....	98
12.4	Motivation, Information und Qualitätssicherung	100
12.5	Monitoring	101
13	Aktuelle Situation und Ausblick	102
13.1	Gebäudeenergiestandards.....	102
13.2	Energiepreisentwicklung	102
14	Literatur	104
15	Anhang	105
	A1 Nutzung der Abwärme aus dem Kühlbedarf des Gewerbes	105
	Ergebnisse.....	106
	Fazit/Empfehlung	107

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Stromverbrauch und Stromerzeugung im Gebiet	14
Abb. 2:	Treibhausgasemissionen im Gebiet.....	15
Abb. 3:	Lage und Abgrenzung Baugebiet Eselswiese in Rüsselsheim.....	18
Abb. 4:	Strukturplan Baugebiet Eselswiese, Stand April 2021	19
Abb. 5:	Gesamt-Strukturplan mit dem markierten Teilgebiet für die beispielhafte Betrachtung, Arbeitsstand April 2021.....	23
Abb. 6:	3D-Modell des untersuchten Teilgebiets mit Gebäuden, Blick aus Süden.....	24
Abb. 7:	Blick aus Süden mit den unterschiedlichen Typologien in Blau markiert	25
Abb. 8:	Übersicht und Darstellung des A/V-Verhältnisses der Baukörper	26
Abb. 9:	Passive Solarnutzung während der Heizperiode	28
Abb. 10:	Lageplan mit rot markierten Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser für die Verbesserungsmaßnahmen notwendig sind, um den PH-Standard zu erreichen.....	29
Abb. 11:	Besonnungsdauer am 17. Januar	30
Abb. 12:	Besonnungsdauer am 21. März	30
Abb. 13:	Blick aus Süden, Besonnungsdauer am 20. März, den ganzen Tag	31
Abb. 14:	Blick aus Süden, Besonnungsdauer am 20. März, den ganzen Tag	32
Abb. 15:	Blick aus Süden, Besonnungsdauer am 20. März, den ganzen Tag	32
Abb. 16:	Ansicht aus Süden 21. Juni, 12Uhr.....	33
Abb. 17:	ohne Bäume, mittlere Exposition von Freiflächen im Sommer (Wh/m ² am Tag)	34
Abb. 18:	mit Bäumen, mittlere Exposition von Freiflächen im Sommer (Wh/m ² am Tag)	34
Abb. 19:	Endenergiebedarf ab Wärmeerzeuger Wohn-/ Mischgebiet	41
Abb. 20:	Raumwärme-/ Trinkwarmwasser sowie Nutzkältebedarf Gewerbe in Entwicklungsvarianten.....	44
Abb. 21:	Strombedarf TGA, Nutz, Beleuchtung im Gewerbe in Entwicklungsvarianten.....	45
Abb. 22:	Abstandsregel: Distanz zwischen Hindernis und Windanlage (Grafik: Patrick Jüttemann)	53
Abb. 23:	möglicher Verlauf Nahwärmenetz (rote Leitungen: nur dichteres Teilgebiet, rote+blaue Leitungen: Gesamtgebiet).....	56
Abb. 24:	Abgrenzung Teilgebiet für kalte Nahwärme mit Grundwasser	60
Abb. 25:	Investitionskosten der warmen Nahwärmevarianten	66
Abb. 26:	Investitionskosten der kalten Nahwärmevariante	67
Abb. 27:	Wärmepreis der warmen Nahwärmevarianten, ohne Preissteigerungen.....	69
Abb. 28:	Wärmepreis der kalten Nahwärmevariante, ohne Preissteigerungen.....	69
Abb. 29:	Investitionskosten des Muster-Einfamilienhauses, nur EH55.....	73
Abb. 30:	Investitionskosten des Muster-Mehrfamilienhauses, nur EH55.....	74
Abb. 31:	Investitionskosten des Muster-Einfamilienhauses, alle Energiestandards.....	75
Abb. 32:	Investitionskosten des Muster-Reihenhauses, alle Energiestandards.....	75

Abb. 33: Investitionskosten des Muster-Mehrfamilienhaus, alle Energiestandards	76
Abb. 34: annuitätische Jahreskosten je Wohneinheit für das Muster-Einfamilienhaus, nur EH55	78
Abb. 35: annuitätische Jahreskosten je Wohneinheit für das Muster-Reihenhaus, nur EH55.....	78
Abb. 36: annuitätische Jahreskosten je Wohneinheit für das Muster-Mehrfamilienhaus, nur EH55	79
Abb. 37: annuitätische Jahreskosten des Muster-Einfamilienhauses, alle Energiestandards	80
Abb. 38: annuitätische Jahreskosten des Muster-Reihenhauses, alle Energiestandards	80
Abb. 39: annuitätische Jahreskosten des Muster-Mehrfamilienhauses, alle Energiestandards	81
Abb. 40: CO ₂ -Emissionen der Mustergebäude, nur EH55.....	82
Abb. 41: CO ₂ -Emissionen der Mustergebäude, alle Effizienzhausstandards.....	83
Abb. 42: Strombedarf und Potenzial Stromerzeugung im Gesamtgebiet	84
Abb. 43: Treibhausgasbilanz Gesamtgebiet, CO ₂ -Faktor Strom 2020	85
Abb. 44: Treibhausgasbilanz Gesamtgebiet, CO ₂ -Faktor Strom 2050	86
Abb. 45: Schema Abwärmenutzung aus Gewerbe, Sommerfall	105

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Prognostizierte Energiebedarfe für Wärme, Kälte und Strom.....	11
Tab. 2:	Verwendete Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieträger	21
Tab. 3:	Verwendete CO ₂ -Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger.....	22
Tab. 4:	tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse.	25
Tab. 5:	Mindestens erforderliche U-Werte der Bauteile der Gebäudehülle zur Erreichung der Gebäude-Energiestandards.	36
Tab. 6:	Daten der Mustergebäude	37
Tab. 7:	Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards, Mustergebäude Einfamilienhaus	38
Tab. 8:	Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards, Mustergebäude Reihenhaushaus	39
Tab. 9:	Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards, Mustergebäude Mehrfamilienhaus	39
Tab. 10:	Endenergiebedarf ab Wärmeerzeuger Wohn-/ Mischgebiet in MWh/a.....	41
Tab. 11:	Energiebedarfe gesamtgebiet in MWh/a	47
Tab. 12:	untersuchte Varianten der Wärmeerzeugung für ein Nahwärmenetz	55
Tab. 13:	untersuchte Varianten der Wärmeerzeugung für dezentrale Gebäudeversorgung.....	55
Tab. 14:	Eckdaten Netzausbauszenarien	57
Tab. 15:	Auslegungsgrößen Variante Holzheizkraftwerk + Spitzenkessel.....	58
Tab. 16:	Auslegungsgrößen Variante BHKW + Spitzenkessel.....	59
Tab. 17:	Energiebedarf Teilgebiet für kalte Nahwärme	60
Tab. 18:	Übersicht der berücksichtigten Tarife zum Energiebezug aus Betreibersicht, netto	67
Tab. 19:	Übersicht der berücksichtigten Tarife zum Energiebezug aus Nutzersicht, netto.....	77

Glossar

A/V-Verhältnis	Außenfläche zu Volumen-Verhältnis (Maß für die Kompaktheit)
BEG	Bundesförderung Effiziente Gebäude
BHKW	Blockheizkraftwerk
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EH	Effizienzhaus
DH	Doppelhaus
GEG	Gebäudeenergiegesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
MFH	Mehrfamilienhaus
NGF	Nettogeschossfläche
ORC	Organic-Rankine-Cycle
PH	Passivhaus
PV	Photovoltaik
RH	Reihenhaus
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TWW	Trinkwarmwasser
WRG	Wärmerückgewinnung

1 Aufgabenstellung

Die Stadt Rüsselsheim am Main plant, das Gelände der „Eselswiese“ im Ortsteil Bauschheim in Bauland umzuwandeln und als Baugebiet mit einer Größe von 60 ha Bruttobauland zu entwickeln. Es sollen dort neben einem Wohn- / Mischgebiet mit öffentlichen Infrastrukturgebäuden auch ein Gewerbegebiet entstehen.

Die Stadt Rüsselsheim hat im Jahr 2015 ein Integriertes Klimaschutzkonzept verabschiedet und im Jahr 2019 den „Klimanotstand“ ausgerufen. Gemäß städtischer Beschlusslage ist bei allen Neubauprojekten das Oberziel der Klimaneutralität in der baulichen Entwicklung zu verfolgen. Ein Energiekonzept soll sicherstellen, dass die Entwicklung des Neubaugebiets Eselswiese in Bezug auf Energieeinsparung, Energieeffizienz und ökologisch sinnvolle Wärmeversorgung konform zu den klimapolitischen Zielen der Klima-Kommune Rüsselsheim erfolgt.

Die Nassauische Heimstädte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH, Frankfurt am Main, ist als treuhänderischer Maßnahmenträger mit der Entwicklung des Gebiets beauftragt. In dieser Funktion hat sie die ebök GmbH Tübingen mit der Erstellung des Energiekonzeptes beauftragt.

Im Rahmen des Energiekonzepts sollen insbesondere die Themen Energieeinsparung, Energieeffizienz und ökologisch sinnvolle Wärmeversorgung erarbeitet werden. Die Ergebnisse und Handlungsempfehlungen des Energiekonzeptes sollen u.a. dazu dienen, Zielvorgaben und Maßnahmen einer klima- und energiepolitisch nachhaltigen Baulandentwicklung zu benennen, die mittel- oder unmittelbar in das laufende Planverfahren der Rahmenplanung sowie in die daran anschließende verbindliche Bauleitplanung eingehen können. Neben den Überlegungen zu einer zukunftsfähigen Energieversorgung sind Aspekte der Bodenordnung, der Wirtschaftlichkeit der Gesamtmaßnahme sowie der Vermarktungsfähigkeit der Baugrundstücke zu berücksichtigen. Nicht zuletzt werden die Lösungsansätze aus dem Energiekonzept auch unter Berücksichtigung der beachtlichen Gesamtgröße des Gebietes mit dem Erfordernis einer Entwicklung in Bauabschnitten sowie der strengen Unterteilung in einen wohnbaulichen und einen gewerblichen Bereich mit entsprechend sehr unterschiedlichen energetischen Erfordernissen zu entwickeln sein.



2 Zusammenfassung

Östlich von Bauschheim entsteht das Neubaugebiet Eselswiese. Von den rund 60 ha Gesamtfläche sind ca. 31,5 ha für Wohnbebauung, 10 ha für Grünflächen, 13,5 ha für Gewerbe und fünf Hektar für gemischte Baufläche vorgesehen. Der Bebauungsmix soll freistehende Einfamilienhäuser, Reihenhäuser und Geschosswohnungsbau beinhalten und Raum für 3.500 Menschen bieten.

Das Energiekonzept wird unter der Vorgabe entwickelt, möglichst geringe CO₂-Emissionen im Gebiet zu erreichen. Dabei sollte jedoch die Bezahlbarkeit nicht außer Acht gelassen werden.

2.1 Energieträgerpotenziale und mögliche Energieversorgungsanlagen

Folgende Energieträger stehen für die Versorgung des Baugebiets zur Verfügung:

- Erdgas
- Biomethan (über das Erdgasnetz bezogen)
- Strom
- Holzhackschnitzel, davon ca. 3.500 MWh/a regional verfügbar
- Holzpellets
- Erdwärmekollektoren
- Grundwasserwärme (Potenzial nicht bekannt, voraussichtlich nur für Teilgebiet ausreichend)
- Solarenergie (Photovoltaik oder Solarthermie)

Folgende Energieträger stehen **nicht** zur Verfügung:

- Fern- bzw. Nahwärmenetze gibt es in der näheren Umgebung nicht
- Abwasserwärme
- Erdwärmesonden (Baugebiet liegt im Trinkwasserschutzgebiet Zone IIIa)
- Abwärme von außerhalb des Gebiets
- PV-/ Solarthermie-Freiflächenanlage (keine Flächen zur Verfügung)
- Windenergie in nennenswertem Umfang

2.2 Energiebedarf des Gebiets

Tab. 1: Prognostizierte Energiebedarfe für Wärme, Kälte und Strom

	Variante Max	Variante Min
Wärmebedarf in MWh/a	27.330	10.750
Gebäudekühlung	7.400	2.300
Strom für TGA, Nutzung, Allg. Strom	22.400	10.900
Strom für E-Mobilität	2.500	1.250
Strom für Straßenbeleuchtung	150	150
Summe Strombedarf in MWh/a	25.050	12.300

An dieser Stelle ist wichtig zu erläutern, dass der spezifische Energiebedarf von Einfamilienhäusern ca. 15 % höher liegt als der von Reihenhäusern und 30-35 % höher liegt als der von Mehrfamilienhäusern. Das bedeutet, dass durch Verdichtung von Einfamilienhäusern auf Doppel-/ Reihenhäuser bereits ca. 15 % des Energiebedarfs eingespart werden können.

2.3 Energieversorgungskonzept

Untersuchte Varianten Nahwärme

Folgende Nahwärmeversorgungssysteme (zentrale Varianten) wurden untersucht:

- Holz-Heizkraftwerk bestehend aus Holzhackschnitzelkessel und Organic-Rankine-Cycle (ORC), aus dem Strom und Wärme ausgekoppelt werden
- Erdgas-BHKW bestehend aus mehreren BHKW und Erdgas-Spitzenlastkessel
- Biomethan-BHKW bestehend aus mehreren Biomethan-befeuerten BHKW und Erdgas-Spitzenlastkessel
- Kaltes Nahwärmenetz gespeist durch Grundwasser mit dezentralen Wärmepumpen bei den Nutzern

Ergebnis zentrale Varianten:

Die Variante mit Holz-Heizkraftwerk ist die Vorzugsvariante, da sie den geringsten Wärmepreis und die geringsten CO₂-Emissionen aufweist.



Untersuchte Varianten Nutzersicht

In der Nutzersicht wurden folgende Wärmeversorgungsvarianten in drei unterschiedlichen Effizienzhausstandards betrachtet:

- Gaskessel mit Solarthermie
- Pelletkessel
- Außenluft-Wärmepumpe
- Anschluss an die Nahwärme aus Holz-Heizkraftwerk
- Anschluss an die kalte Nahwärme

Ergebnis Nutzersicht Emissionen:

Die dezentrale Pellet-Variante hat die geringsten CO₂-Emissionen, gefolgt von der Nahwärmevariante mit dreifach höheren Emissionen. Die Luft-Wärmepumpe hat 6-fach höhere CO₂-Emissionen gegenüber der Pellet-Variante, diese sinken mit sinkendem CO₂-Faktor des Stroms.

Photovoltaik leistet einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Der Effekt ist im Zusammenhang mit Wärmepumpen noch deutlich erhöht.

Ergebnis Nutzersicht Wirtschaftlichkeit:

Der Anschluss an die Nahwärme ist für alle Gebäudetypen in allen Energiestandards die wirtschaftlichste Variante. Die wirtschaftlichste dezentrale Variante ist die Luft-Wärmepumpe. Die Verwendung von Gaskesseln ist fast immer die unwirtschaftlichste Variante (Ausnahme: GEG-Mindeststandard im Einfamilienhaus).

Ergebnis Nutzersicht Energiestandards:

Mit der BEG-Förderung sind der Effizienzhausstandard EH55 und der Effizienzhausstandard EH40 wirtschaftlicher als der GEG-Mindeststandard.

Ohne BEG-Förderung ist der Effizienzhausstandard EH40 moderat teurer als der EH55, beim EH40Plus ist eine deutliche Steigerung der jährlichen Kosten zu erkennen.

2.4 Empfehlung Wärmeversorgung

Unsere Empfehlung aus den obigen Betrachtungen ist die Gebietsversorgung mit zentraler Nahwärme und dem Wärmeerzeuger Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk mit ORC- oder Dampfkraft-Prozess zur Wärme- und Stromerzeugung.

Beschreibung der Variante Holz-Heizkraftwerk:

Flächenbedarf und Logistik:

Für das Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk und die erforderliche Peripherie wird eine Fläche mit ca. 500 – 700 m² benötigt. Der Standort sollte mit LKWs gut erreichbar sein und im Nordosten des Gebiets liegen, da hier die Erdgasleitung (für die Spitzenlastkessel) mit ausreichender Kapazität liegt. Jährlich gibt es 200-350 LKW-Anfahrten für die Anlieferung der Hackschnitzel mit den damit verbundenen Geruchs-, Lärm- und Staubemissionen.

Holzmenge und Emissionen

Je nachdem in welchem Energiestandard das Gebiet realisiert wird, werden 15-30 GWh/a Holzhackschnitzel benötigt. Dies entspricht 17.500 – 35.000 srm/a davon sind 4.200 srm/a (ca. 25 - 15 %) regional verfügbar.

Anlagenkonfiguration, Erträge Wärme/Strom

Das Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk besteht aus einem Holzhackschnitzelkessel, einer ORC-Anlage zur Erzeugung von Wärme und Strom und einem Erdgas-Kessel zur Abdeckung der Spitzenlasten und für die Sicherstellung der Redundanz. Außerdem wird ein Pufferspeicher mit 100 - 150 m³ Speichereinheit benötigt.

Sonstiges

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines Nahwärmenetzes ist ein Anschluss- und Benutzungszwang notwendig.

Möglichkeiten der Reduktion des Holzbedarfs

Da Holz eine begrenzte Ressource ist, sollte der Einsatz mit Bedacht gewählt werden und durch lokale erneuerbare Energieträger ersetzt werden soweit dies möglich ist. Für das Baugebiet Eselswiese sehen wir folgende Möglichkeiten:

Abwärmenutzung aus dem Gewerbe:

Je nach Nutzungsart des Gewerbes fallen nutzbare Abwärmemengen an z. B. bei der Gebäudekühlung oder der Kühlung von Serverräumen. Diese Abwärme kann gesammelt werden, mittels Wärmepumpe auf ein hohes Temperaturniveau gebracht und dem Nahwärmenetz zugeführt werden. Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig von der Temperatur der Abwärme, der Dichte des Abwärmeaufkommens und den Möglichkeiten der Förderung.

Kalte Nahwärme für ein Teilgebiet

Die Untersuchung eines kalten Nahwärmenetzes mit Grundwasser als Energiequelle für ein Teilgebiet hat gezeigt, dass für Doppel- und Reihenhäuser die jährlichen Kosten in der Größenordnung der dezentralen Variante mit Luft-Wärme-

pumpe liegen. Die CO₂-Emissionen reduzieren sich um ca. 20-25%.

Daher wird empfohlen, diese Möglichkeit weiter zu verfolgen, eine Probebohrung zu erstellen, um eine mögliche Ausdehnung des kalten Wärmenetzes zu ermitteln und die Kosten für Bohrung und Netz genauer abschätzen zu können.

2.5 Energie- und Treibhausgas-Bilanzen

Strombilanz

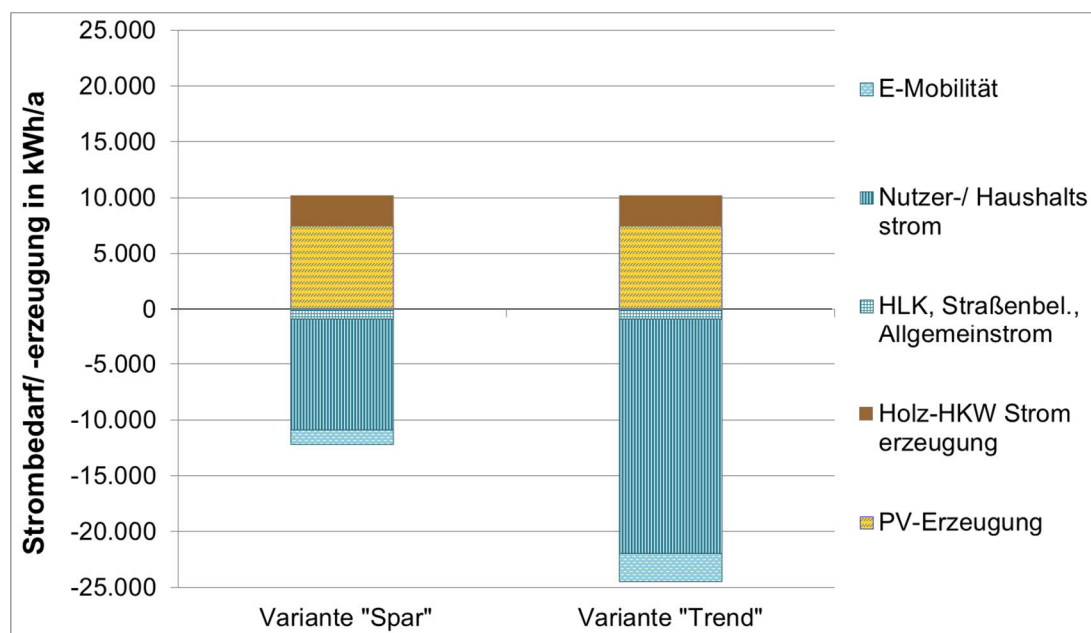


Abb. 1: Stromverbrauch und Stromerzeugung im Gebiet

Der Stromverbrauch in der Variante „Spar“ liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie die Stromerzeugung durch Holz-Heizkraftwerk und Photovoltaik bei maximaler Belegung aller Dächer. In der Variante „Trend“ liegt der Stromverbrauch mehr als doppelt so hoch.

Treibhausgasbilanz

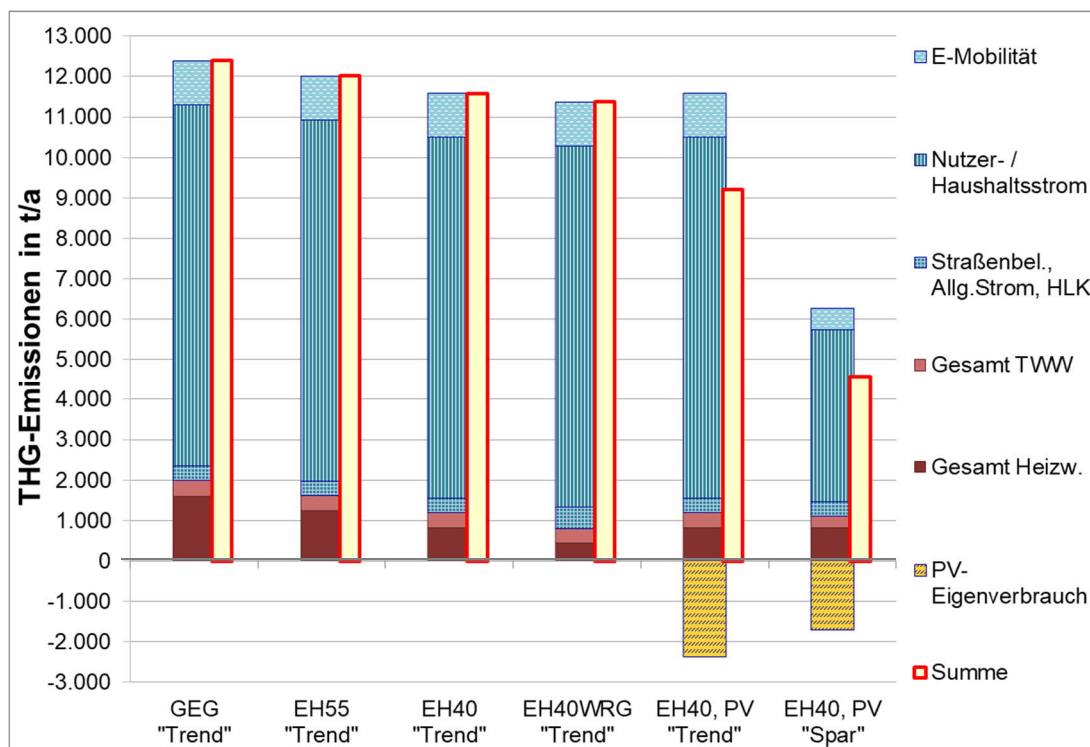


Abb. 2: Treibhausgasemissionen im Gebiet

Aus Abb. 2 kann abgelesen werden, dass durch die niedrigen CO₂-Emissionen der Nahwärmeversorgung mit Holz-Heizkraftwerk die Emissionen für die Deckung des Wärmebedarfs bereits sehr gut reduziert sind. Diese sind dadurch noch weiter zu reduzieren, indem der Mindestenergiestandard EH40 festgelegt wird.

Der Großteil der CO₂-Emissionen wird durch den Stromverbrauch verursacht. Daher ist es wichtig, Maßnahmen zu treffen, um einen möglichst geringen Stromverbrauch im Gebiet zu generieren. Bei maximaler PV-Belegung können in der Variante „Trend“ ca. 20 % der CO₂-Emissionen des Stromverbrauchs vermieden werden, in der Variante „Spar“ ca. 30 %.



2.6 Fazit und Empfehlungen

In Hinblick auf die Zielsetzung „klimaneutrales Gebiet“ empfehlen wir die folgenden Maßnahmen:

1. Erhöhung der städtebaulichen Dichte

Durch verdichtetes Wohnen wird ein ressourcenschonender Städtebau erreicht mit weniger Landverbrauch, weniger Energiebedarf und damit geringeren CO₂-Emissionen. Freistehende Einfamilienhäuser sollten in Doppelhäuser umgewandelt werden, besser noch in Reihenhäuser oder Mehrfamilienhäuser.

Um die gleiche Personendichte zu erhalten, können mehr Erholungsflächen oder auch eine PV-Freiflächenanlage realisiert werden.

2. Effizienzhaus-Standard als Mindeststandard

Mit der BEG-Förderung ist der Energiestandard EH40 wirtschaftlich günstiger als der gesetzliche Mindestenergiestandard GEG und als der Energiestandard EH55, der seit Februar 2022 nicht mehr gefördert wird. Der Energiestandard EH40Plus hat tendenziell höhere jährliche Kosten. Anmerkung: Für den EH40Plus-Standard wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, PV-Anlage und Batteriespeicher verlangt.

Empfehlung:

- Städtische Flächen Mehrfamilienhäuser: EH40
- Städtische Flächen Einfamilien-/Reihenhäuser: EH40Plus
- Städtische Flächen Schule/Kitas: PH (ca. EG40 mit Lüftung mit WRG)
- Gewerbe: voraussichtlich keine Festlegung möglich
- Wohnungsbaugesellschaften: EH40
- private Flächen (Rückkäufer): keine Festlegung

Begründung EH40 / EH40Plus:

Mehrfamilienhäuser sind energieeffizienter als Einfamilienhäuser und müssen häufiger einem sozialen Anspruch gerecht werden (z.B. sozialer Wohnungsbau), daher hier Verzicht auf „Plus“.

Für die städtischen Flächen können die Mindestenergiestandards in privatrechtlichen Verträgen festgelegt werden. Wohnungsbaugesellschaften sollten über Informations- und Beratungsangebote überzeugt werden. Rückkäufer sollten über niederschwellige Beratungsangebote und intensive Öffentlichkeitsarbeit zu verbesserten Energiestandards überzeugt werden.

3. Zentrale Wärmeversorgung mit Holz-Heizkraftwerk

Die Nahwärmeversorgung mit einem Holz-Heizkraftwerk ist aus Nutzersicht eine wirtschaftliche Variante mit geringen CO₂-Emissionen.

Die Vorteile gegenüber einer dezentralen Wärmeversorgung sind:

- kein LKW-Verkehr im Gebiet für Pelletlieferungen,
- keine Geräuschemissionen durch Pelletlieferungen / Luft-Wärmepumpen,
- Möglichkeit, das Gebiet zentral auf einen klimafreundlicheren/ ressourcenschonenderen Wärmeträger oder eine effizientere Wärmetechnik umzustellen, sobald diese verfügbar sind.

Zur Schonung der Ressource Holz kann diese Nahwärmevariante gegebenenfalls ergänzt werden durch

- kaltes Nahwärmenetz mit Quelle Grundwasser für ein Teilgebiet mit überwiegender RH-Bebauung
- Abwärmenutzung aus Gewerbekühlung falls ausreichend vorhanden und wirtschaftlich nutzbar

Für die zentrale Wärmeversorgung ist eine **hohe Anschlussdichte** zwingend notwendig. Empfehlung: **Anschluss- und Benutzungszwang** für das Gesamtgebiet.

4. Minimierung des Strombedarfs

Da der Strombedarf im Gebiet einen erheblichen Anteil an den CO₂-Emissionen hat, wird empfohlen, diesen so gering wie möglich zu halten. Durch rechtliche Vorgaben ist dies nicht zu erreichen, daher empfehlen wir eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit zu dem Thema bei den zukünftigen Nutzern durchzuführen und ggf. Förderungen für besonders effiziente Haushaltsgeräte anzubieten.

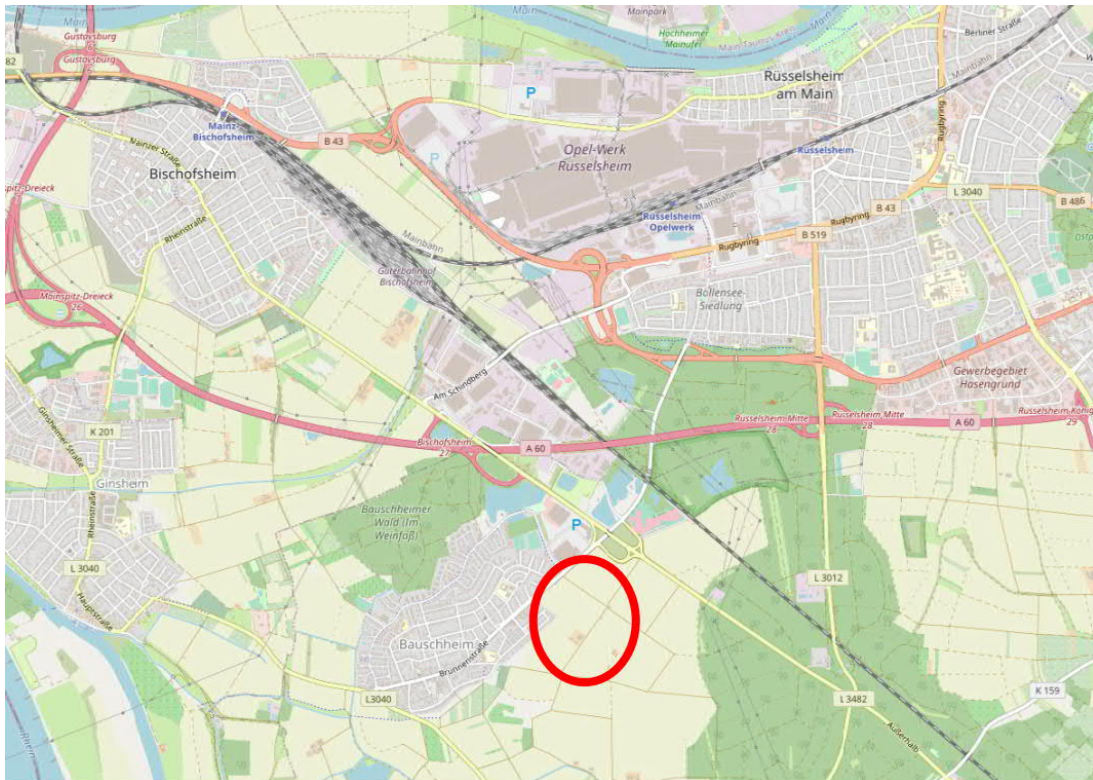
Eine Reduktion des Strombedarfs für E-Mobilität kann durch eine gute Anbindung durch den ÖPNV, gut ausgebaute Radwege und das Angebot von Car-Sharing-Angeboten erreicht werden.

5. Solarpflicht:

Wir empfehlen eine Solarpflicht für alle Gebäude, da PV-Anlagen die einfachste und wirtschaftlichste Möglichkeit sind, lokalen, erneuerbaren Strom zu erzeugen und damit die CO₂-Emissionen des Gebiets weiter zu reduzieren.

3 Beschreibung des Baugebiets

Im Osten von Bauschheim entsteht das Neubaugebiet Eselswiese. Von den rund 60 ha Bruttobaulandfläche sind ca. 31,5 ha für Wohnbebauung, fünf Hektar für gemischte Baufläche, 13,5 ha für Gewerbe und 10 ha für öffentliche Grünflächen vorgesehen. Der Bebauungsmix soll freistehende Einfamilienhäuser, Reihenhäuser und Geschosswohnungsbau beinhalten und Raum für 3.500 Menschen bieten.



<https://openstreetmap.org/copyright> <https://openstreetmap.org>
Copyright OpenStreetMap und Mitwirkende, unter einer offenen Lizenz

Abb. 3: Lage und Abgrenzung Baugebiet Eselswiese in Rüsselsheim

Die Stadt Rüsselsheim ist in Besitz von ca. 60 % des Nettobaulands im Wohn-/Mischgebiet, ca. 15 % sind in Besitz privater Wohnbaugesellschaften und 25 % des Nettobaulands sind in Besitz der Alteigentümer. Entwicklungsträger ist die Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH.



Abb. 4: Strukturplan Baugebiet Eselswiese, Stand April 2021

Im Nordosten des Baugebiets wird das Gewebegebiet liegen (mittelgrau), der dunkelgraue Bereich im Nordwesten wird als Mischgebiet entwickelt, in dem Geschosswohnungsbau in Kombination mit Gewerbe stehen. Nach Süden hin wird die Bebauung niedriger und kleinteiliger von größeren Mehrfamilienhäusern über mittlere Mehrfamilienhäuser bis hin zu kleinen Mehrfamilienhäusern, Doppel- und Reihenhäusern sowie freistehenden Einfamilienhäusern.

4 Bewertungsmethoden für Primärenergie und CO₂-Emissionen

Zur Bewertung der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes bei der Gebäude-Energieversorgung werden im Allgemeinen zwei Größen betrachtet der Primärenergiebedarf und die Emissionen der CO₂-Äquivalente - im Bericht immer angegeben als CO₂-Emissionen.

Während der Primärenergiebedarf als Anforderungsgröße in gesetzlichen Regelwerken und für den Nachweis von Gebäude-Energiestandards herangezogen wird, dienen die CO₂-Emissionen als Indikator für die klimarelevanten Folgen der Wärme- und Stromversorgung. Die Methodik zur Berechnung des Primärenergiebedarfs ist in Teilen Ergebnis eines politischen Entscheidungsprozesses und wird daher im vorliegenden Energiekonzept nur verwendet, um nach den anerkannten Regeln die gesetzlichen Anforderungen bzw. der Grenzwerte für Energiestandards nachzuweisen. Zur Berechnung der CO₂-Emissionen werden unabhängig davon unter Verwendung aktueller, realistischer Emissionsfaktoren der Energieträger und angepasster Berechnungsmethoden die CO₂-Emissionen berechnet.

Berechnungsmethoden bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen:

Bei einer Versorgung mit Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – also zur gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung beispielsweise mit Blockheizkraftwerken, kann die Aufteilung des Primärenergieaufwands und der CO₂-Emissionen des Brennstoffs auf die beiden Produkte Wärme und Strom mit unterschiedlichen Methoden berechnet werden. In Deutschland sind derzeit zwei Methoden gängig:

1. Carnot-Methode

Die Zuteilung der CO₂-Emissionen bzw. der Primärenergie auf die Endprodukte Strom und Wärme erfolgt entsprechend dem Verhältnis der exergetischen Anteile von Wärme und Strom am Exergieinhalt des eingesetzten Brennstoffs.

2. Stromgutschrift-Methode:

Die CO₂-Emissionen bzw. die Primärenergie werden zunächst der Wärme zugeteilt. Davon abgezogen werden die CO₂-Emissionen bzw. die Primärenergie, welche bei der Produktion der gleichen Menge an Strom in einem Referenzprozess/ -kraftwerk entstanden wären (z.B. Verdrängungsstrommix).

Vor Inkrafttreten des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) war durch das AGFW Arbeitsblatt FW 309 Teil 6 [AGFW CO₂] die Carnot-Methode zur Berechnung der CO₂-Emissionsfaktoren von Nah-/ Fernwärme empfohlen, während die Berechnung von Primärenergiefaktoren nach der Stromgutschrift-Methode erfolgte. Mit dem Inkrafttreten des GEG wurde die Stromgutschrift-Methode auch für die Berechnung

der CO₂-Emissionsfaktoren von Nah- und Fernwärme bzw. von Wärme aus KWK-Anlagen vorgeschrieben.

Die Wahl der Berechnungsmethode hat erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse und damit auf den Vergleich mit anderen Wärmeversorgungssystemen sowie letztlich auf die Frage, ob durch eine Wärmeversorgung mit KWK-Anlagen ein gesetztes Klimaschutzziel erreicht werden kann. In aller Regel werden mit der Stromgutschrift-Methode nach dem GEG gegenüber der Carnot-Methode niedrigere Primärenergie- und CO₂-Emissionsfaktoren der erzeugten Wärme ermittelt. Im Fall einer Nahwärmeversorgung mit Erdgas-Blockheizkraftwerk ergibt sich mit der Stromgutschrift-Methode gemäß GEG in vielen Fällen ein CO₂-Emissionsfaktor der Wärme von Null. Die Aussagekraft dieses Werts ist fraglich und spiegelt nicht wieder, dass trotz der hohen Gesamteffizienz des Blockheizkraftwerks ein fossiler Energieträger zur Wärmeerzeugung verbrannt wird.

Aus diesen Gründen wird für die Berechnung der CO₂-Emissionen der Wärme aus Blockheizkraftwerken im vorliegenden Energiekonzept die Carnot-Methode entsprechend [AGFW CO₂] verwendet, allerdings mit abweichenden, aktuellen CO₂-Emissionsfaktoren der Energieträger (siehe Tab. 3).

Verwendete Primärenergiefaktoren der Energieträger

Für die Primärenergiefaktoren der Energieträger werden die Werte aus dem Gebäudeenergiegesetz verwendet.

Tab. 2: Verwendete Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieträger

Energieträger	Primärenergiefaktor in kWh/kWh	Quellen
Erdgas	1,1	[GEG 2020] Anl. 4
Holzhackschnitzel	0,2	[GEG 2020] Anl. 4
Strommix	1,8	[GEG 2020] Anl. 4
Verdrängungsstrommix KWK	2,8	[GEG 2020] Anl. 4
PV-Strom lokal	0,0	[GEG 2020] Anl. 4
Abwärme, Solarwärme Umweltwärme	0,0	[GEG 2020] Anl. 4

Verwendete CO₂-Emissionsfaktoren der Energieträger

Die CO₂-Emissionsfaktoren wurden größtenteils mit dem „Globalen Emissions-Modell integrierter Systeme“ [GEMIS 2019] berechnet. Für das Energiekonzept werden die Emissionen zur Herstellung und Lieferung (Vorketten) der Energieträger sowie durch ihre Verbrennung (direkte Emissionen) berücksichtigt. Nicht eingerechnet sind die Aufwendungen zur Herstellung der Erzeugungsanlagen sowie der

benötigte Hilfsstrombedarf; letzterer wird separat berücksichtigt. Eine Übersicht der verwendeten Werte ist in Tab. 3 zu finden.

Tab. 3: Verwendete CO₂-Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger

Kategorie	Energieträger	Nachweis GEG	Berechnung ebök
Fossile Brennstoffe	Erdgas	240	229 ¹⁾
Biogene Brennstoffe	Biomethan	140	90 ²⁾
	Holz	20	9 ¹⁾
Strom	Strom netzbezogen	560	425 ³⁾
	Strom netzbezogen Prognose 2030	n.n.	270 ³⁾
	Strom netzbezogen Prognose 2050	n.n.	32 ³⁾
	Strom gebäudenah erzeugt (bspw. PV)	0	0
	Verdrängungsstrommix (KWK-Anlagen)	860	Allokation (exergetisch)

¹⁾ GEMIS 5.0 (Sept. 2019) mit Zeitbezug 2020

²⁾ UBA 2016, „Aktualisierung der Eingangsdaten und Emissionsbilanzen wesentlicher biogener Energienutzungspfade (BioEm)“ [UBA 2016]

³⁾ IINAS-Kurzstudie „Kumulierter Energie-Verbrauch und CO₂-Emissionen des deutschen Strommixes für das Jahr 2019 und Ausblicke auf 2020 bis 2050“ [IINAS 2020]

Achtung: Die CO₂-Emissionsfaktoren des bundesweiten Strommix unterliegen im Gegensatz zu den anderen Energieträgern Änderungen, die in erster Linie mit dem zunehmenden Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung zusammenhängen. Nach [IINAS 2020] kann bereits für 2030 ein CO₂-Emissionsfaktor für den Strommix von 270 g/kWh angenommen werden, für 2050 ein Wert von 32 g/kWh. Diese Entwicklung verbessert strombasierte Wärmeerzeugungsanlagen, wie z.B. Wärmepumpen im Verlauf der Zeit.

5 Energetische Bewertung des städtebaulichen Entwurfs

Die energetische Bewertung des städtebaulichen Entwurfs beinhaltet eine Beurteilung von Kompaktheit und Besonnung bzw. Verschattung der Baukörper. Ziel ist es, ungünstige städtebauliche Bedingungen im Hinblick auf Heizwärmeverluste, passive solare Wärmegewinne sowie natürliche Belichtung frühzeitig zu erkennen. Stärken und Schwächen des Entwurfs werden unter energetischen Gesichtspunkten qualitativ beschrieben und Vorschläge für Verbesserungen erarbeitet. Zur Hilfe für weitere Planungen wurde anhand von Musterbaufeldern mit Mehrfamilienhäusern Optimierungsvorschläge erarbeitet.

Grundlage für die Bewertung ist ein vereinfachtes 3D-Modell vom städtebaulichen Entwurf vom 18.05.2021. Die Untersuchung erfolgt anhand **eines typischen Teilgebiets** mit einer Größe von ca. 7 ha, in Abb. 5 und Abb. 6 dargestellt. Als Grundlage wurde ein 3D-Modell zur Verfügung gestellt, das für die Simulation angepasst und ergänzt wurde. Die Bestrahlungssimulationen wurden mit dem Programm „SketchUp Pro 2018“ und „DL-Light SketchUp Extension“ durchgeführt.



Abb. 5: Gesamt-Strukturplan mit dem markierten Teilgebiet für die beispielhafte Betrachtung, Arbeitsstand April 2021.

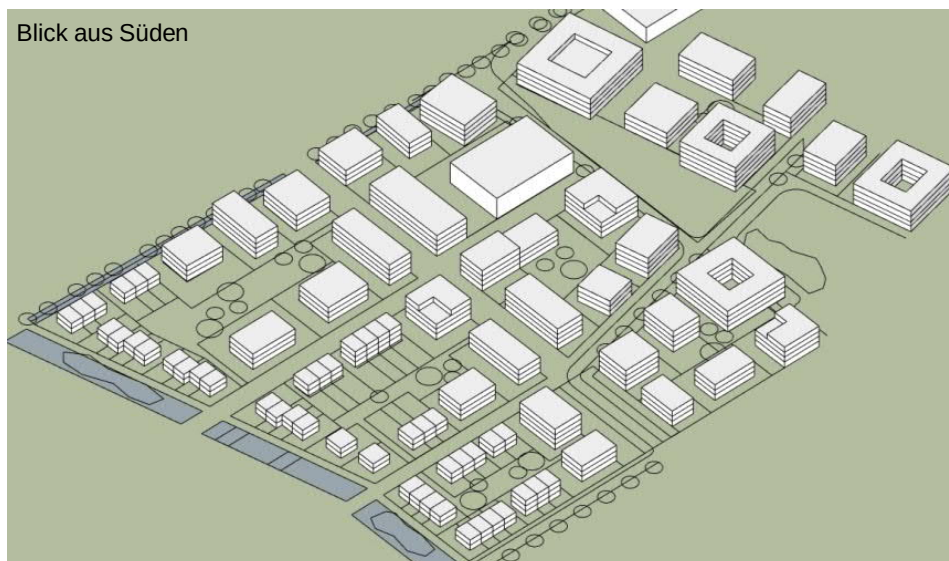


Abb. 6: 3D-Modell des untersuchten Teilgebiets mit Gebäuden, Blick aus Süden

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die geplanten Baukörper ist für die Mehrfamilienhäuser eine gute bis sehr gute **Kompaktheit** vorhanden. Bei den Doppel- und Reihenhäusern ist die Kompaktheit mittelmäßig und die Einfamilienhäuser sind bezüglich der Kompaktheit ungünstig. Siehe Kapitel 5.2.

Insgesamt ist durch die überwiegende Südost-, Südwest-Orientierung der Hauptfassaden eine gute bis sehr gute **passive Solarenergienutzung** zu erwarten. Allerdings werden Bereiche im Erdgeschoss einiger Mehrfamilienhäuser durch südlich liegende Gebäude verschattet. Auch die unteren Geschosse der Fassaden zu Innenhöfen werden verschattet. Optimierungsvorschläge sind detailliert in Kapitel 5.3 beschrieben.

Bei mehrseitiger **Belichtung der Wohnungen** durch angepasste Gestaltung der Grundrisse (z.B. „durchgesteckt“) ist für die meisten Wohnungen ausreichende Besonnung zu erwarten. In einigen Erdgeschossen der Mehrfamilienhäuser und an den Innenhoffassaden ist das Kriterium zur Tag- und Nachtgleiche nicht erreichbar. Lösungsansätze werden in Kapitel 5.3.3 aufgezeigt.

Im Allgemeinen ist dank der vorgesehenen Bepflanzung die **direkte solare Einstrahlung im Sommer** auf den Boden gut reduziert. Trotzdem ist im Bereich der Innenhöfe der Einfamilienhäuser und Reihenhäuser und für kleine Bereiche der „Grünen Mitte“ eine hohe solare Einstrahlung im Sommer auf den Boden zu erwarten.

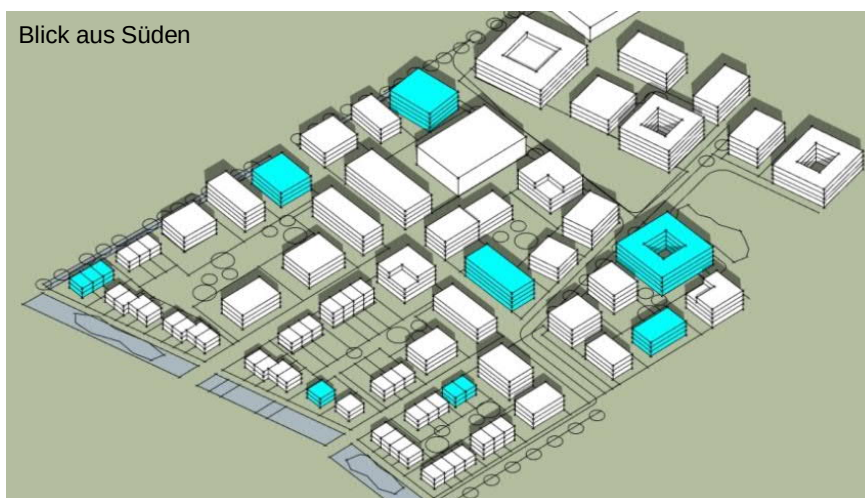


Abb. 7: Blick aus Süden mit den unterschiedlichen Typologien in Blau markiert

Tab. 4: tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse.

	EFH	DH	RH	MFH III (länglich)	MFH III (quadratisch)	MFH IV (länglich)	MFH IV (quadratisch)	MFH mit Innenhof
Kompaktheit	--	- ○	○ ○	○ +	○ +	++	++	++
Passive Solarnutzung	++	++	++	○ +	○ ○	○ +	○ ○	- ○
Besonnung	++	++	++	○ +	○ ○	○ +	○ ○	- ○

Abkürzungen:

EFH Einfamilienhaus
 DH Doppelhaus
 RH Reihenhaus
 MFH Mehrfamilienhaus

5.2 Kompaktheit der Baukörper

Aus energetischer Sicht ist zur Minimierung der Wärmeverluste während der Heizperiode eine möglichst gute Kompaktheit, d.h. ein niedriges Verhältnis zwischen wärmeübertragender Außenfläche und dem Brutto-Volumen (A/V -Verhältnis) der Baukörper anzustreben. Ab einem Verhältnis kleiner 0,5 kann ein Baukörper als energetisch günstig bewertet werden.

Ergebnisse:

In Abb. 8 ist die Kompaktheit der Baukörper dargestellt. Die für die Gebäude angegebenen Werte stellen jeweils den Mittelwert der Werte **mit** Keller in der thermischen Hülle und Keller **außerhalb** der thermischen Hülle dar. Ein Kellergeschoss innerhalb der thermischen Hülle verbessert die Kompaktheit eines Gebäudes.

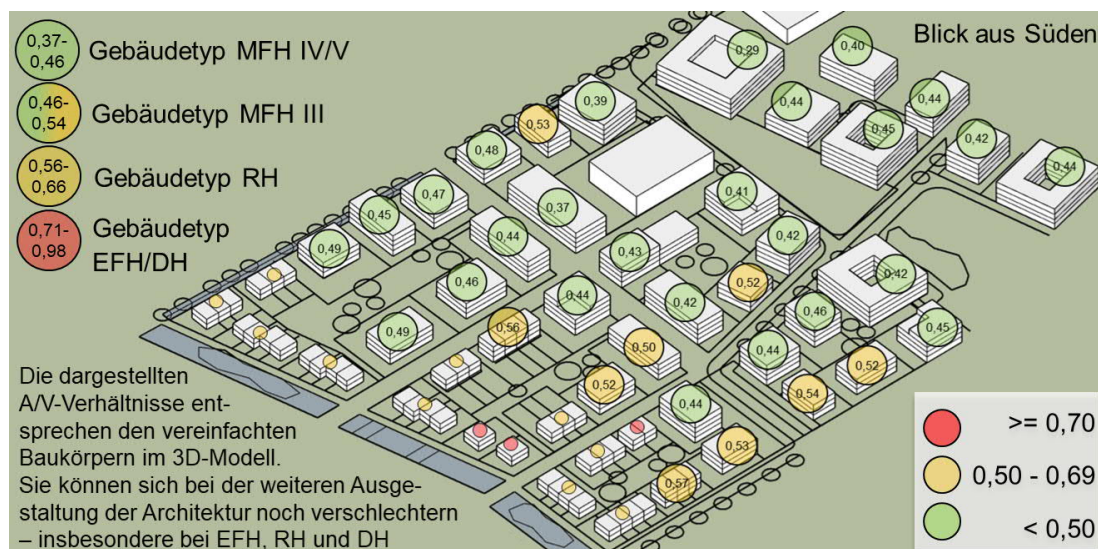


Abb. 8: Übersicht und Darstellung des A/V-Verhältnisses der Baukörper

Bei den geplanten Mehrfamilienhäusern mit mindestens vier Vollgeschossen ist eine gute bis sehr gute Kompaktheit vorhanden. Bei den kleineren Mehrfamilienhäusern (bis drei Vollgeschosse) ist eine mittlere bis gute Kompaktheit, je nachdem, ob ein Kellergeschoss innerhalb der thermischen Hülle vorhanden ist oder nicht. Bei den Doppel- und Reihenhäusern ist die Kompaktheit mittelmäßig und die Einfamilienhäuser sind bezüglich der Kompaktheit ungünstig.

Die gute Kompaktheit bei den größeren Mehrfamilienhäusern $< 0,50$ ermöglicht es, den Passivhausstandard mit einer Hülle, die dem Effizienzhausstandard EH55 entspricht, relativ einfach zu erreichen. Bei den restlichen Gebäuden ($> 0,50$) ist der Passivhausstandard mit mehr Aufwand erreichbar, wie z.B. mit besserer thermischer Hülle, starker Optimierung der Wärmebrücken, höherer Wärmerückgewinnung der Lüftungsanlage und sehr guter Luftdichtheit der Gebäude. Siehe auch Anmerkungen zu Passivhausstandard im Absatz 5.3.2.

Da für diese Berechnung nicht reale, sondern vereinfachte Gebäudegeometrien berücksichtigt wurden, wird sich das A/V-Verhältnis im Laufe der weiteren planerischen Ausgestaltung (z.B. durch Erker, Vor- und Rücksprünge) noch um mindestens 5 - 10 % erhöhen, insbesondere bei den Einfamilienhäusern, Reihenhäusern und Doppelhäusern.

Es wird empfohlen, das Verhältnis von Außenfläche zu Volumen (A/V) bei der weiteren planerischen Ausgestaltung der Gebäude zu beachten. Generell sollte die weitere Vergrößerung der Außenfläche durch gestalterische Maßnahmen möglichst gering ausfallen - insbesondere bei den kleinen Mehrfamilienhäusern, Doppelhäusern und Reihenhäusern. Für alle Neubauten sollte ein A/V-Verhältnis kleiner 0,6 angestrebt werden.

5.3 Solarenergie Nutzung

5.3.1 Passive solare Gewinne in der Heizperiode

Die während der Heizperiode auf die Fassaden treffende Solarstrahlung trägt zur Reduktion des Heizwärmebedarfs durch sogenannte passive solare Gewinne bei. Bei Bilanzierung des Heizwärmebedarfs wird so ein Teil der Wärmeverluste durch Solareinstrahlung über die Fenster kompensiert. Die Einstrahlungsgewinne hängen im Wesentlichen von drei Faktoren ab:

- Ausrichtung der Hauptfassade (i.d.R. die Fassade mit dem höchsten Fensterflächenanteil)
- Verschattungssituation
- Fensterfläche und -qualität

Eine entscheidende Rolle spielen dabei Fassaden mit ungefährrer Südorientierung und einem hohen Fensterflächenanteil. Die solaren Gewinne haben in den Monaten März und April den größten Einfluss, daher wurde diese Periode simuliert und bewertet.

Ergebnisse:

Die überwiegend günstige Südost- bzw. Südwestorientierung des Gebiets sowie die unverschatteten Fassaden der südost- oder südwest-ausgerichteten Gebäude in Kombination mit großen Gebäudeabständen führen dazu, dass die entsprechenden Fassaden auch bei Sonnentiefststand weitgehend gut besonnt oder nur in Teilen verschattet sind. Damit ist insgesamt eine gute bis sehr gute passive Solarenergienutzung zu erwarten.

Es gibt Stellen im Erdgeschoss einiger Mehrfamilienhäuser, an denen die passiven solaren Gewinne auf Grund der Verschattung durch andere Gebäude verringert (mittel bis niedrig) werden, siehe Abb. 9. Eine Vergrößerung des Abstandes zum südlich gelegenen Gebäude oder eine Veränderung von Tiefe und Länge des Gebäudes wäre für die Verbesserung der passiven solaren Energiegewinne vorteilhaft. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Gebäude um ein Geschoss zu erhöhen, dafür eine kleinere Grundfläche zu planen und so die Abstände zwischen den Gebäuden zu vergrößern. Unter Punkt 5.4 werden hierzu unterschiedliche Varianten untersucht.

Die Fassaden in den Innenhöfen der Mehrfamilienhäuser sind verschattet, eine Aufteilung des Baukörpers durch Fugen zur Besonnung oder einen Teil des Dachgeschosses zu reduzieren, könnte dies lösen.

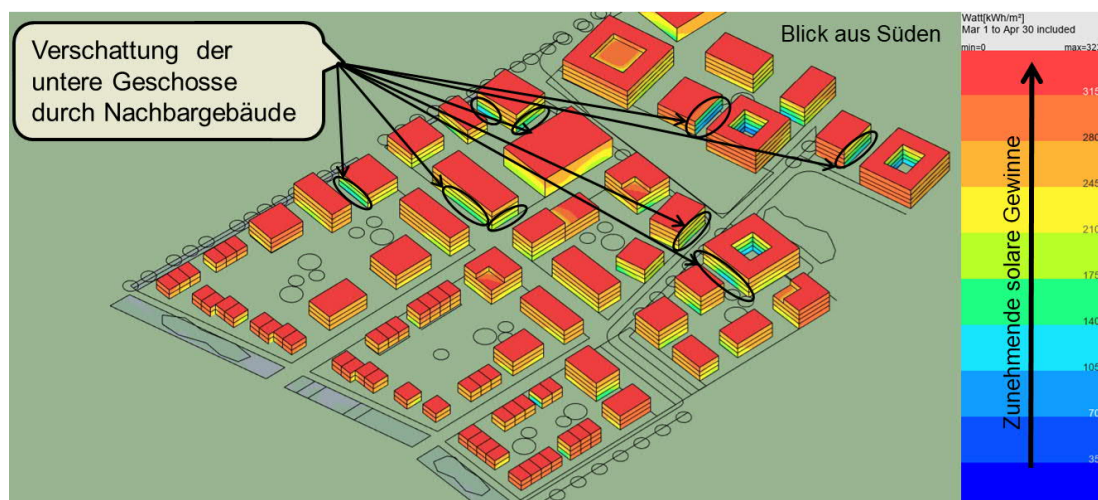


Abb. 9: Passive Solarnutzung während der Heizperiode

Mehrfamilienhäuser sollten für eine optimale Ausnutzung der passiven solaren Energiegewinne auf der Südseite möglichst viel Fensterfläche haben und, soweit möglich, das Treppenhaus und Nebenräume auf der Nordseite.

5.3.2 Allgemeine Informationen zum Passivhausstandard

Aufgrund von Verschattung oder passiver Solarnutzung steht im untersuchten Teilgebiet der Erreichung des Passivhausstandards nichts entgegen. Anhand des Lageplans wird für das Gesamtgebiet beurteilt, ob die Lage und Ausrichtung der Gebäude günstig oder ungünstig ist. Ein Passivhaus braucht, um möglichst hohe solare Energiegewinne zu erzielen, auf der Süd-/Südwest-/Südostseite große Fensterflächen, auf der anderen Seite, um geringe Wärmeverluste zu generieren, auf der Nord-/Nordwest/Nordostseite möglichst geringe Fensterflächen. Eine kompakte Bauweise ist dabei immer Voraussetzung.

Im Lageplan (Abb. 10) ist in rot markiert, welche Einfamilienhäuser, Doppelhaus-hälften und Reihenhäuser zur Erreichung eines Passivhausstandards ungünstig ausgerichtet sind. Als Kriterium wurden die Kompaktheit und die Orientierung der Hauptfassade genommen. Bezüglich der Orientierung sind in einigen Fällen einfache Lösungen möglich, z. B. Gebäude nach Norden zu verschieben und dadurch Garten/ Hauptfassade der Gebäude nach Südost oder Südwest ausrichten zu können. Das ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn die davor liegende Straße als eine ruhige Spielstraße mit sehr wenig Verkehr ausgestaltet wird.

Für die Gebäude, bei denen die Verlagerung der Hauptfassade Richtung Südost-/Südwest nicht sinnvoll möglich erscheint, wäre der Effizienzhausstandard EH40-Plus (EH40-Hülle, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, PV-Anlage und

Batteriespeicher) eine sehr gute Alternative, bei der der Wärmebedarf in ähnlicher Größenordnung liegt, wie bei einem Passivhaus.



Abb. 10: Lageplan mit rot markierten Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser für die Verbesserungsmaßnahmen notwendig sind, um den PH-Standard zu erreichen

5.3.3 Besonnungsdauer

Vor allem für Wohnräume ist die Besonnung ein wichtiges Qualitätsmerkmal, da eine ausreichende Besonnung zu Gesundheit und Wohlbefinden beiträgt. Zur qualitativen Bewertung dieses Aspekts wurde mittels Simulation die Besonnungsdauer auf die Außenflächen der Baukörper ermittelt. Das Ergebnis ist in Abb. 11 und Abb. 12 dargestellt. Gemäß den Empfehlungen nach DIN 5034-1:2011-07 soll die Besonnungsdauer für mindestens einen Aufenthaltsraum je Wohnung zur Tag- und Nachtgleiche mindestens vier Stunden und am 17. Januar mindestens eine Stunde betragen. Die Tageslichtnutzung ist ein Kriterium der Innenraumqualität. Gut mit Tageslicht versorgte Räumlichkeiten sind in der Regel auch energetisch günstig.

Ergebnisse:

Für das untersuchte Teilgebiet kann dieses Kriterium bei mehrseitiger Belichtung der Wohnungen durch angepasste Gestaltung der Grundrisse (z.B. „durchgesteckt“) für die meisten Wohnungen erfüllt werden. Nur in Teilbereichen des Erdgeschosses von einigen Mehrfamilienhäusern und an den Fassaden der Gebäude mit Innenhof sind die Mindest-Besonnungsdauern zur Tag-und Nachtgleiche oder am 17. Januar nicht einhaltbar (in Abb. 11 und Abb. 12 mit Kreis markiert).

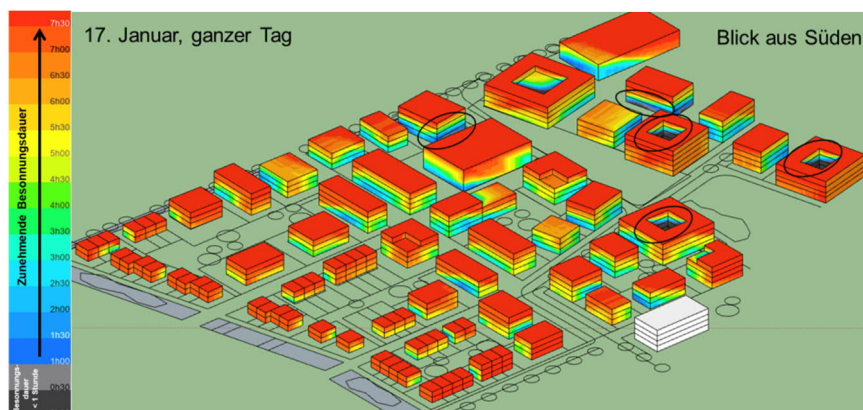


Abb. 11: Besonnungsdauer am 17. Januar

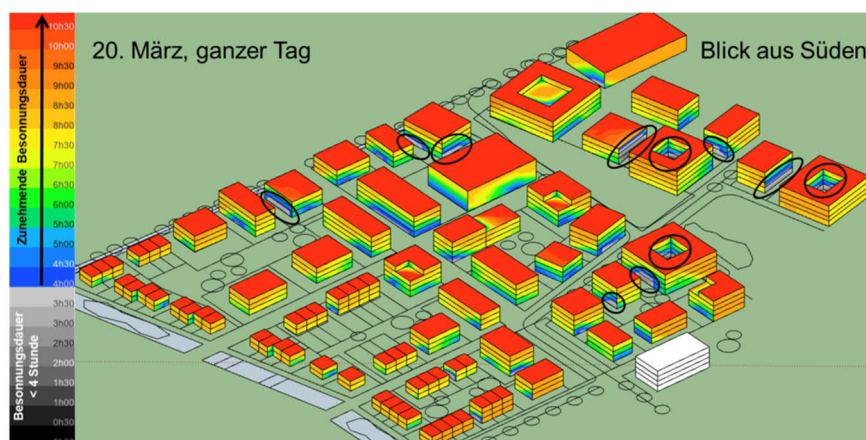


Abb. 12: Besonnungsdauer am 21. März

Insbesondere bei den Mehrfamilienhäusern sollte eine mehrseitige Besonnung der Wohnungen realisiert werden. Z. B. wäre bei länglichen Baukörpern, die Hauptfassade (größter Fensterflächenanteil) nach Südost oder Südwest zu orientieren und bei quadratischen Baukörpern, die Wohnungen mit Fassaden in zwei unterschiedliche Himmelsrichtungen vorzusehen.

Günstiger wäre es, die Mehrfamilienhäuser um ein Geschoss zu erhöhen, um die Grundfläche der Gebäude verkleinern zu können und somit den Abstand zwischen den Gebäuden so weit wie möglich zu vergrößern, um die Verschattung der Gebäude auf der Süd-, Ost- oder Westseite zu reduzieren. Optimale Gebäudeabstände liegen bei der im Gebiet vorherrschenden Ausrichtung bei Gebäuden mit

drei Geschossen bei ca. 11 - 13 m und bei Gebäuden mit vier Geschossen bei ca. 16 - 20 m. Alternativ können durch eine Veränderung von Tiefe und Länge der Gebäude, die genannten Mindestabstände erreicht werden, siehe auch Punkt 5.4.

Bei den Gebäuden mit Innenhof wäre eine teilweise Reduktion des Dachgeschosses an der südlichen Ecke oder eine Aufteilung des Baukörpers (Fugen zur Besonnung) vorteilhaft.

5.4 Optimierung Kompaktheit / Gebäudeabstände

Als Grundlage zur weiteren Planung wurde anhand eines typischen Musterbaufelds die Besonnungsdauer simuliert und Verbesserungen der Kompaktheit, Verdichtung und Gebäudeabstände vorgeschlagen.

Beispiel 1 (Abb. 13): Vergrößerung des Baufelds um ca. 1100 m², durch Vergrößerung der Abstände für ausreichende Besonnung, dadurch wird die Bruttogrundfläche der Gebäude um ca. 900m² vergrößert.

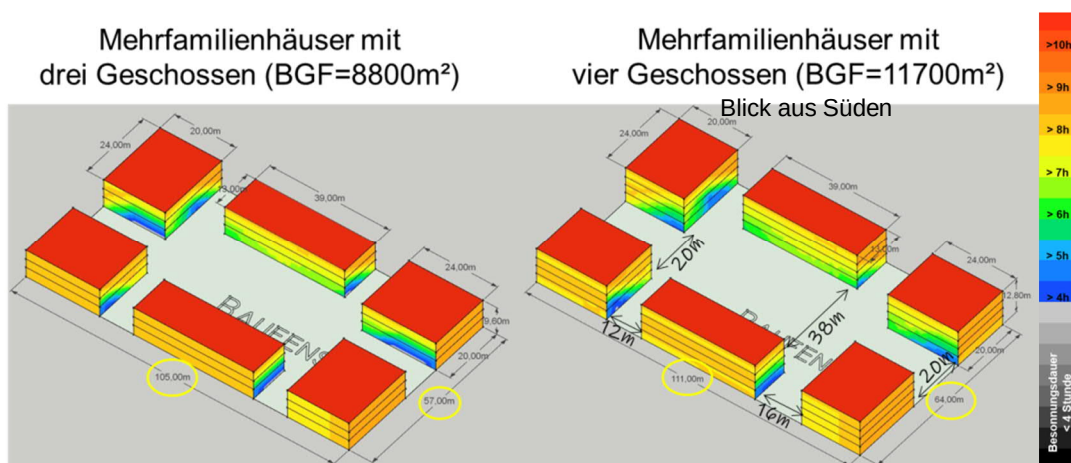


Abb. 13: Blick aus Süden, Besonnungsdauer am 20. März, den ganzen Tag

Beispiel 2 (Abb. 14): Verkleinerung der Gebäude so, dass die gleiche Bruttogeschossfläche und die gleiche Baufeldgröße erhalten bleibt, dadurch wird die nutzbare Dachfläche für Photovoltaik kleiner und die länglichen Gebäude erreichen noch mit 39 m Länge ausreichende Besonnung.

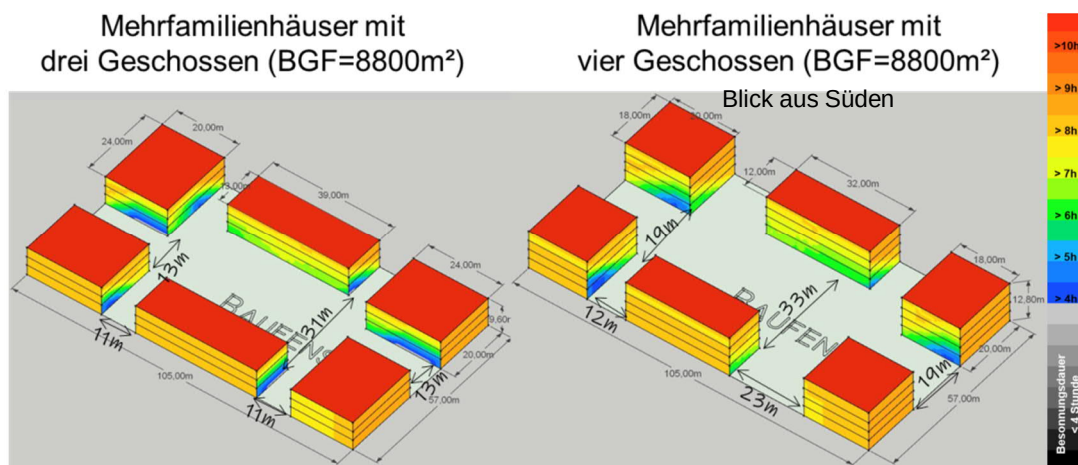


Abb. 14: Blick aus Süden, Besonnungsdauer am 20. März, den ganzen Tag

Beispiel 3 (Abb. 15): Verkleinerung der Baufeldgröße und die Stockwerke erhöhen so dass gleiche Bruttogeschossfläche erhalten wird, dadurch wird die Dachfläche für Photovoltaik kleiner, der Abstand zwischen Baukörpern wird zur ausreichenden Besonnung vergrößert.

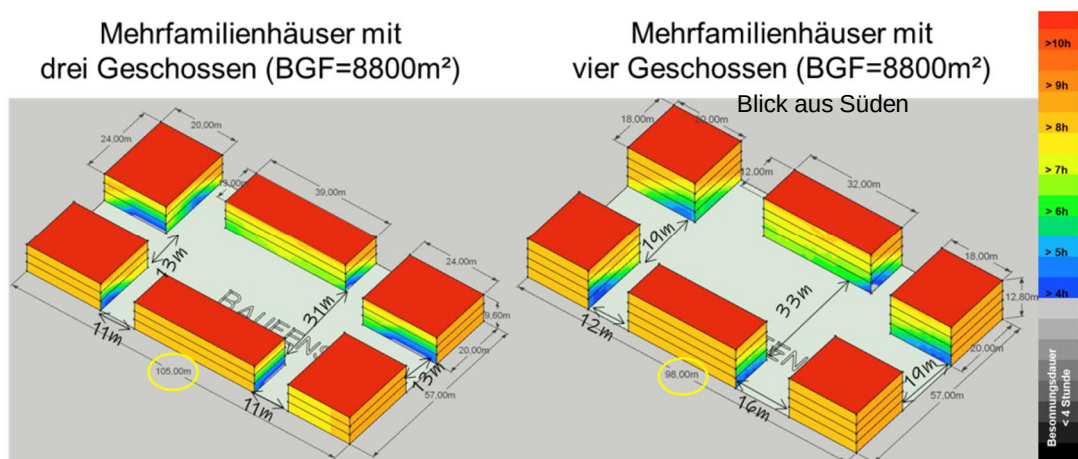


Abb. 15: Blick aus Süden, Besonnungsdauer am 20. März, den ganzen Tag

5.5 Verschattung im Sommer

Bei der Planung von Gebäuden ist für die Sommermonate auf genügend Schatten im und am Gebäude zu achten. So kann einer Aufheizung entgegengesteuert werden und in den Schattenzonen der Freiräume können sich die BewohnerInnen bei großer Hitze zurückziehen.

Die Sonneneinstrahlung kann durch integrierte bauliche Schattenspenden (Sonnensegel, Pergolen, Laubengänge) sowie bauliche Anlagen an Fassaden und

Fensterflächen minimiert werden. Hierfür ist die Südausrichtung der Hauptfensterflächen gegenüber der Ost-West-Ausrichtung von Vorteil, da die senkrecht stehende Südsonne einen geringeren Verschattungsaufwand erfordert. Laubbäume vor den Gebäuden spenden im Sommer Schatten und sorgen im Winter durch ihre Transparenz für Lichteinfall.

Besonders in Bereichen wie Parks, „Grüne Mitte“ und Entreéplatz sollten großblättrige Laubbäume vor Südost-, Südwest-Fassaden vorgesehen werden um im Sommer vor allem am Nachmittag ausreichend Schattenplätze entlang der Parks zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich kann die kühlende Wirkung von Wasser genutzt werden.

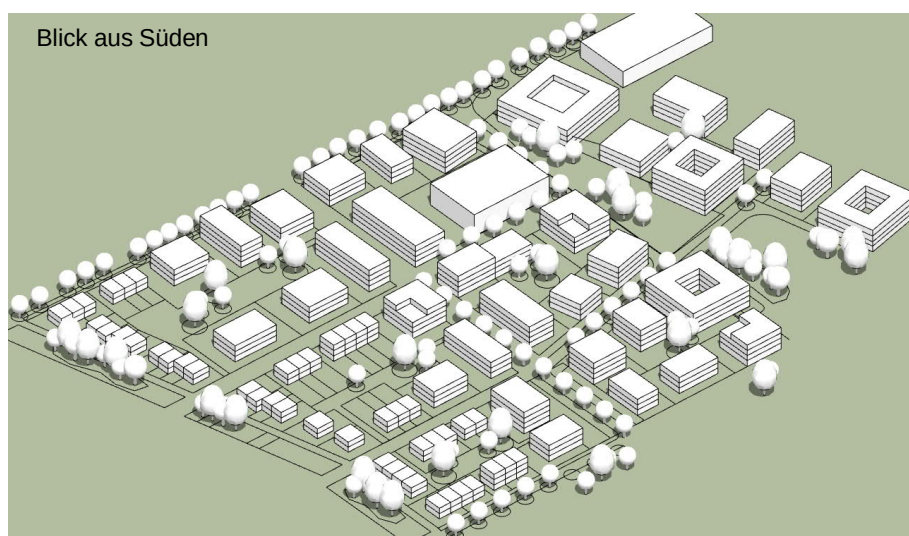


Abb. 16: Ansicht aus Süden 21. Juni, 12Uhr

Ergebnisse:

Im Allgemeinen ist dank der vorgesehenen Bepflanzung die Einstrahlung auf den Boden gut reduziert, wie im Vergleich von Abb. 17 zu Abb. 18 zu erkennen ist. Schattige Wegebeziehungen sind auch meistens möglich.

Hohe solare Einstrahlung ist noch in den beiden größeren Innenhöfen der Einfamilienhäuser und in kleineren Bereichen der „Grünen Mitte“ zu erwarten. Im Zuge der Freiraumplanung sollte dies bei der Konzeption von Verweilplätzen mit einer hohen Aufenthaltsqualität berücksichtigt werden.

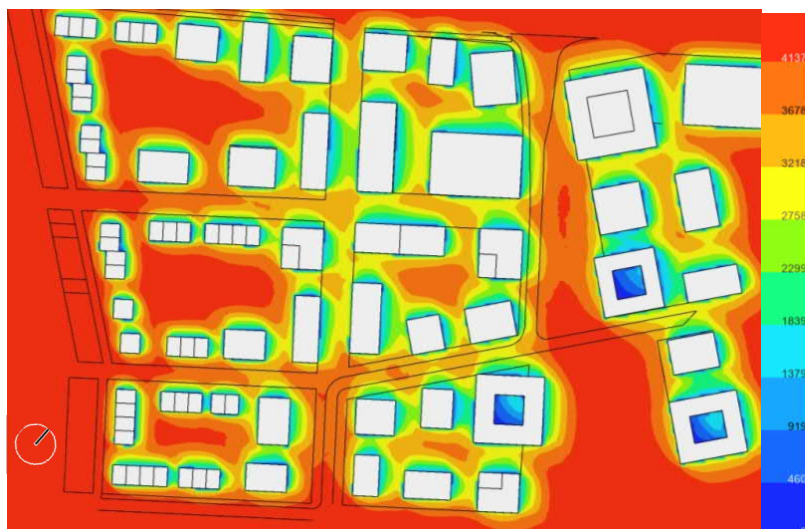


Abb. 17: ohne Bäume, mittlere Exposition von Freiflächen im Sommer (Wh/m² am Tag)



Abb. 18: mit Bäumen, mittlere Exposition von Freiflächen im Sommer (Wh/m² am Tag)

6 Energiestandards und Wärmebedarf

Zunächst wird untersucht, welche Gebäudeenergiestandards für die Gebäude des Neubaugebiets erreichbar sind. Anschließend wird für unterschiedliche Energiestandards eine Wärmebedarfsprognose erstellt.

6.1 Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards

BEG-Effizienzhausstandards

Um einen bestimmten BEG-Effizienzhausstandard zu erreichen, muss die Gebäudehülle die entsprechende Anforderung an die Dämmqualität (maximale Werte für den Transmissionswärmeverlust H'_T) einhalten. Außerdem muss das Wärmeversorgungssystem in Verbindung mit der sonstigen Haustechnik einen ausreichenden Anteil an Wärmerückgewinnung oder regenerativer Energie nutzen, um die Anforderungen an den Primärenergiebedarf einzuhalten.

Ein Ausgleich von zu niedrigem Regenerativanteil der Wärmeversorgung durch Verbesserung der Gebäudehülle ist bis zu einem bestimmten Grad möglich, aber schnell unverhältnismäßig teuer. Daher wird i.d.R. eine primärenergetische Qualität der Wärmeversorgung angestrebt, die keine Kompensationsmaßnahmen an der Gebäudehülle oder durch zusätzliche Anlagentechnik wie Lüftung mit Wärmerückgewinnung oder thermische Solaranlagen erforderlich macht, um den geforderten Effizienzhausstandard zu erreichen.

Passivhaus-Standard

Zur Erreichung des Passivhaus(PH)-Standards darf ein Heizwärmebedarf von $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ im Neubau nicht überschritten werden. Maßgebend für die dazu erforderliche Dämmqualität ist die Kompaktheit des Gebäudes, aber auch die Orientierung und die Verschattung der Fensterflächen. Folglich kann der PH-Standard je nach Rahmenbedingungen mit unterschiedlichen Qualitäten der Hülle erreicht werden. Ein Passivhaus ist immer mit einer geregelten Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) ausgestattet.

Es ist davon auszugehen, dass Gebäude mit einer Hülle, die dem Effizienzhausstandard EH40 entspricht, den PH-Standard erreichen können. Kompakte Gebäude, die durch einen Passivhausplaner gut durchdacht werden, können auch mit einer Hülle, die dem EH 55 entspricht, den PH-Standard erreichen. Ob und mit welchem Aufwand der PH-Standard erreicht werden kann, muss in jedem Einzelfall vom Architekten oder Passivhausplaner geprüft werden.

Die einzuhaltenden Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) unterschiedlicher Bauteile der Gebäudehülle sind in Tab. 5 aufgeführt. **Anmerkung:** die Angaben dienen zur Orientierung und als Grundlage für die ökonomische Bewertung und ersetzen keine Fachplanung oder Gebäude-Energieberatung.

Tab. 5: Mindestens erforderliche U-Werte der Bauteile der Gebäudehülle zur Erreichung der Gebäude-Energiestandards.

U-Werte in W/m²K	Referenz GEG (100% $H'_{T,ref}$)	BEG EH 55, PH (MFH) (70% $H'_{T,ref}$)	BEG EH 40, PH (EFH) (55% $H'_{T,ref}$)
Außenwand	0,28	0,18	0,13
Dach	0,20	0,13	0,10
Boden	0,35	0,25	0,20
Fenster	1,30	0,95	0,80
Außentür	1,80	1,20	1,00
Wärmebrücken (ΔU_{WB})	0,05	0,05	0,03

Erläuterung: $H'_{T,ref}$ ist der spezifische Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes nach GEG

Neben den Anforderungen an die Gebäudehülle beinhalten Gebäude-Energiestandards häufig auch Anforderungen an die technische Ausrüstung. Die größte Relevanz im Hinblick auf den Heizwärmebedarf hat dabei die Gebäudelüftung. Deshalb werden – als Grundlage für die ökologische und ökonomische Bewertung – unterschiedliche Varianten der Wohngebäude im Hinblick auf die Qualität der Gebäudehülle und die Art der Lüftungsanlage betrachtet:

Anhand von drei Mustergebäuden – je ein Einfamilienhaus, Reihenhaushaus und Mehrfamilienhaus – die exemplarisch im Baugebiet vorgesehene Gebäudetypen darstellen, wird untersucht, welche Wärmeversorgungssysteme die oben genannten Forderungen erfüllen und welche Kompensationen bei Gebäudehülle oder Haustechnik erforderlich sind, um die folgenden Gebäude-Energiestandards einzuhalten:

- GEG-Mindest-Standard
- Effizienzhausstandard 55
- Effizienzhausstandard 40
- Effizienzhausstandard 40 Plus

Die für das Baugebiet ausgewählten Mustergebäude sind in Tab. 6 beschrieben.

Tab. 6: Daten der Mustergebäude

		MFH	4xRH	EFH
Nutzung		Wohnen	Wohnen	Wohnen
Wohnfläche im UG		0%	25%	25%
Anzahl Geschosse		IV+D	II+D	II+D
BGF	m ²	1.743	1.142	322
Beheizte Wohnfläche	m ²	1.394	726	205
A/V-Verhältnis		0,4	0,49	0,68

6.1.1 Randbedingungen der Untersuchung

Der jährliche Energiebedarf für Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung der Mustergebäude wurde gemäß GEG nach DIN V 18599 ermittelt. Abgesehen von den veränderten U-Werten der Bauteile der Gebäudehülle je nach Dämmstandard (Tab. 5) und den Kennwerten für die unterschiedlichen Wärmeversorgungssysteme wurden alle anderen Parameter dem GEG-Referenzgebäude entsprechend gewählt.

6.1.2 Wärmeversorgungssysteme und Haustechnikausstattungen

Im Vorgriff auf die Diskussion der Wärmeversorgungsvarianten wurden folgende Wärmeversorgungssysteme im Hinblick auf die Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards verglichen:

- **Gas-Brennwertkessel (Gas-BW-Kessel):** Energieträger Erdgas
- **Anschluss an ein Nahwärmenetz mit Wärmeübergabestation:** Es wird geprüft, welcher Primärenergiefaktor (PE-Faktor) der Nahwärme erforderlich ist, um den jeweiligen Effizienzhausstandard zu erreichen.
- **Elektrische Luft/Wasser-Wärmepumpe:** Energieträger Strom, Wärmequelle Umgebungsluft.
Betrieb der Wärmepumpe in Verbindung mit einem Heizungspufferspeicher.
- **Elektrische Sole/Wasser-Wärmepumpe:** Energieträger Strom, Wärmequelle Erdsonden, Spiralkollektoren oder Grundwasser.
Betrieb der Wärmepumpe in Verbindung mit einem Heizungspufferspeicher.
- **Holzpellet-Kessel:** Energieträger Holz.
Betrieb des Holzkessels in Verbindung mit einem Heizungspufferspeicher.

In Verbindung mit den Wärmeversorgungssystemen wurden folgende technische Anlagen als Zusatzmaßnahmen oder als Erfüllungsoptionen für die Einhaltung des GEG untersucht:

- Wohnungslüftung als kontrollierte Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) mit einem effektiven Wärmerückgewinnungsgrad von 80%.
- Thermische Solaranlage zur Trinkwarmwasserbereitung, Kollektorfläche nach Standardberechnung DIN V 18599 entsprechend GEG-Referenzgebäude.

In allen Varianten wird mindestens eine mechanische Abluftanlage entsprechend dem GEG-Referenzgebäude als Lüftungstechnische Ausstattung angesetzt.

6.1.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse für die drei betrachteten Mustergebäude zeigen die Tabellen Tab. 7, Tab. 8 und Tab. 9. Der Dämmstandard der Hülle entspricht dabei den jeweiligen Anforderungen des Energiestandards und die Haustechnik dem Referenzgebäude, sofern dies nicht durch erforderliche Zusatzmaßnahmen anders angegeben ist.

Tab. 7: Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards, Mustergebäude Einfamilienhaus

Energiestandard Wärmeversorgung	GEG	EH55	EH40	EH40Plus	PH
Gas-BW-Kessel	H55, WRG oder Sol	H40, WRG & Sol		WRG & Speicher	H40, WRG
Nahwärme	$f_p < 0,77$	$f_p < 0,68$	$f_p < 0,57$	WRG & Speicher	H40, WRG
Luft-Wärmepumpe				WRG & Speicher	H40, WRG
Sole-Wärmepumpe				WRG & Speicher	H40, WRG
Pelletkessel				WRG & Speicher	H40, WRG

Tab. 8: Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards, Mustergebäude Reihenhaushaus

Energiestandard Wärmeversorgung	GEG	EH55	EH40	EH40Plus	PH
Gas-BW-Kessel	H55, WRG oder Sol	H40, WRG & Sol		WRG & Speicher	H55, WRG
Nahwärme	$f_p < 0,75$	$f_p < 0,65$	$f_p < 0,55$	WRG & Speicher	H55, WRG
Luft-Wärmepumpe			Ggf WRG	WRG & Speicher	H55, WRG
Sole-Wärmepumpe				WRG & Speicher	H55, WRG
Pelletkessel				WRG & Speicher	H55, WRG

Tab. 9: Erreichbarkeit der Gebäude-Energiestandards, Mustergebäude Mehrfamilienhaus

Energiestandard Wärmeversorgung	GEG	EH55	EH40	EH40Plus	PH
Gas-BW-Kessel	H55, WRG	H40, WRG & Sol		WRG & Speicher	H55, WRG
Nahwärme	$f_p < 0,72$	$f_p < 0,62$	$f_p < 0,52$	WRG & Speicher	H55, WRG
Luft-Wärmepumpe			WRG oder Sol	WRG & Speicher	H55, WRG
Sole-Wärmepumpe				WRG & Speicher	H55, WRG
Pelletkessel				WRG & Speicher	H55, WRG

Erläuterungen



Der Gebäude-Energiestandard ist erreichbar.

Der Gebäude-Energiestandard ist nur mit Zusatzmaßnahmen erreichbar:

H55: Hülle entsprechend Effizienzhausstandard EH55;

H40: Hülle entsprechend Effizienzhausstandard EH40;

WRG: Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung;

Speicher: Batteriespeicher;

Sol: Solarthermische Anlage;

f_p : Primärenergiefaktor der Wärme muss unterschritten werden.



Der Gebäude-Energiestandard ist nicht erreichbar.

Der GEG-Standard ist mit einem Gas-Brennwertkessel in allen Mustergebäuden nur mit Zusatzmaßnahmen zu erreichen, im Mehrfamilienhaus mit einer verbesserten



Hülle auf ca. EH55-Niveau und WRG, im Einfamilien- und im Reihenhaushaus wird eine Solaranlage notwendig.

Um den Effizienzhausstandard 55 mit einem Gas-Brennwertkessel zu erreichen, muss die Hülle etwa auf EH40-Niveau verbessert, eine geregelte Zu-/ Abluftanlage mit WRG und eine solarthermische Anlage eingesetzt werden.

Eine Nahwärmeversorgung muss einen Primärenergiefaktor von 0,52 oder kleiner erreichen, damit für jeden Gebäudetyp jeder Gebäude-Energiestandard ohne weitere Zusatzmaßnahmen eingehalten werden kann.

Mit einer elektrischen Wärmepumpe kann jeder Gebäude-Energiestandard ohne Zusatzmaßnahmen erreicht werden, solange die Gebäudehülle die dem Standard entsprechende Qualität hat. Ausnahme bildet die Außenluft-Wärmepumpe, mit der der EH40 beim MFH voraussichtlich nicht ohne Zusatzmaßnahmen erreichbar ist.

Mit einem Holzpelletkessel kann jeder Effizienzhausstandard ohne Zusatzmaßnahmen erreicht werden, solange die Gebäudehülle die dem Standard entsprechende Qualität hat.

Empfehlung

Die Wärmeversorgung mit einer teil-/regenerativen Energiequelle oder mit einer guten Nahwärme ($f_p < 0,52$) lassen bautechnisch alle Möglichkeiten offen. Sie sind daher für die Umsetzung aller Effizienzhausstandards adäquat.

In jedem Fall ist auf eine gute und energiesparende Gebäudehülle zu achten. Da auch erneuerbare Energien Ressourcen darstellen, deren Verfügbarkeit begrenzt ist, darf keinesfalls eine „schlechte“ Hülle mit einer „guten“ Versorgung kompensiert werden.

Eine abschließende Empfehlung zur Festlegung eines Mindestenergiestandards für das Neubaugebiet „Eselswiese“ erfolgt nach der wirtschaftlichen Analyse in Kapitel 9.

6.2 Wärme- und Strombedarf für das Gesamtgebiet

6.2.1 Wärmebedarf Wohn- und Mischgebiet

Auf Basis von Erfahrungswerten der ebök GmbH, die mit DIN V 18599-Berechnungen der Mustergebäude unter angepassten Randbedingungen (insbesondere angepasstes Klima) abgeglichen wurden, wurde der voraussichtliche, auf die Nettogeschosfläche (NGF) bezogene, Wärmebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser (TWW) für ausgewählte, für das Gebiet charakteristische Muster-Gebäude für die relevanten Gebäude-Energiestandards ermittelt und auf das Gesamtgebiet hochgerechnet. Tab. 10 und Abb. 19 zeigen den Wärmebedarf des Wohn- und Mischgebiets in ausgewählten Effizienzhausstandards.

Tab. 10: Endenergiebedarf ab Wärmeerzeuger Wohn-/ Mischgebiet in MWh/a

	GEG	EH55	EH40	EH40+WRG
Heizenergie	12.150	9.150	7.000	4.150
TWW-Bereitung	3.550	3.550	3.550	3.550
Summe	15.700	12.700	10.550	7.700
Anteile	100%	81%	67%	49%

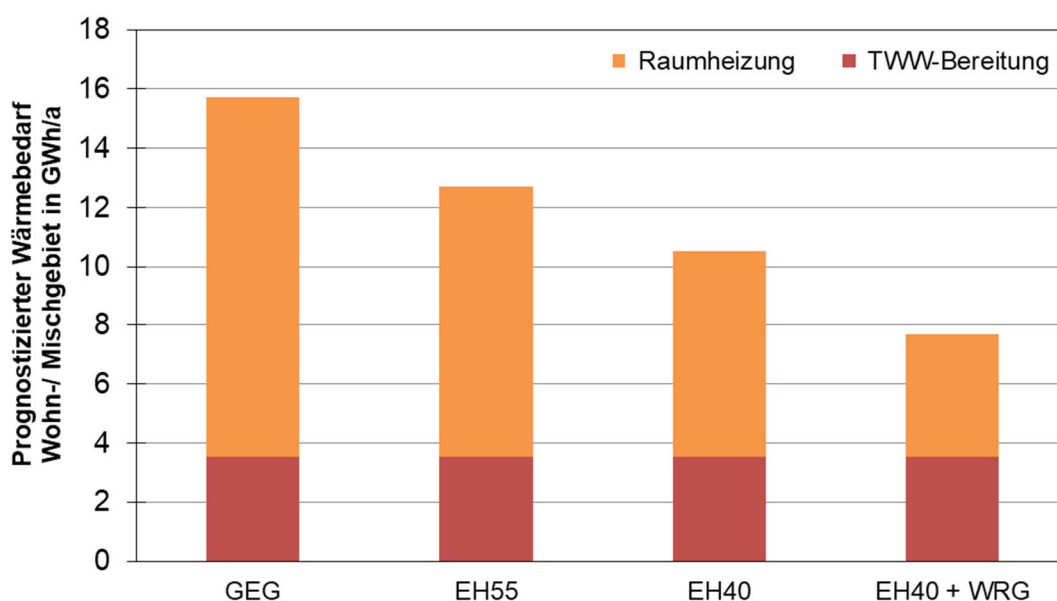


Abb. 19: Endenergiebedarf ab Wärmeerzeuger Wohn-/ Mischgebiet

6.2.2 Strombedarf Wohn- und Mischgebiet

Der Strombedarf des Wohn- und Mischgebiets setzt sich zusammen aus:

- Strom für Wärmeerzeugung, z.B. in Wärmepumpen
- Strom für die technische Gebäudeausrüstung (TGA), z.B. Hilfsstrom für Energieerzeuger, Strom für die Lüftungsanlage, etc.
- Haushaltsstrom / Nutzerstrom
- Allgemeinstrom der Gebäude, z.B. Treppenhausbeleuchtung, Fahrstuhl, etc.
- Strom für Straßenbeleuchtung
- Strom für Elektromobilität

Für einige der Strombedarfskategorien wurden eine Trend- und eine Spar-Variante erarbeitet, so dass es einen Korridor zwischen angenommenem realistisch niedrigem Stromverbrauch (Trend) und einem ambitioniert niedrigem Stromverbrauch (Spar) gibt.

6.2.2.1 Strom für Wärmeerzeugung

Sollte die Wärmeerzeugung für Raumwärme und Trinkwarmwasser über eine kalte Wärmequelle und Wärmepumpe erfolgen, ergibt sich ein zusätzlicher Strombedarf für die Wärmebereitstellung von 2.000 bis 4.200 MWh/a, je nach Effizienzhausstandard.

6.2.2.2 Strom für die technische Gebäudeausrüstung

Der Strom für die technische Gebäudeausrüstung (TGA) beinhaltet beispielsweise den Hilfsstrom für Energieerzeuger, Strom für die Lüftungsanlage, etc. und wurde zu folgenden Werten abgeschätzt:

Trend-Variante: 1.000 MWh/a

Spar-Variante: 500 MWh/a

6.2.2.3 Haushaltsstrom / Nutzerstrom

Haushaltsstrom für die Wohngebäude wurde über den Stromspiegel Deutschland 2021/22 [StromSp 2021] abgeschätzt. Die Spar-Variante wurde über die Verbrauchsklasse A und die Trend-Variante über die Verbrauchsklasse C ermittelt.

Trend-Variante: 3.500 MWh/a

Spar-Variante: 2.400 MWh/a

Der Nutzerstrom für die Nichtwohngebäude (Büronutzung und Öffentliche Gebäude) wurde über typische Kennzahlen für unterschiedliche Nutzungen ermittelt. Er beinhaltet Strom für TGA und Beleuchtung.

Trend-Variante: 1.000 MWh/a

Spar-Variante: 600 MWh/a

6.2.2.4 Allgemeinstrom Wohngebäude

Der Allgemeinstrom für die Mehrfamilienhäuser besteht aus Stromverbräuchen von Fahrstühlen, Beleuchtung Gemeinschaftsbereiche, Sprechanlage, etc. und wurde zu 180 MWh/a abgeschätzt. Der Allgemeinstrom ist bei Einfamilienhäusern im Haushaltsstrom inbegriffen, bei Gewerbe im Nutzerstrom.

6.2.2.5 Beleuchtung öffentlicher Raum

Anhand der ausgemessenen Straßenlängen aus dem Strukturplan, Arbeitsstand April 2021, wurde der voraussichtliche Strombedarf für die Straßenbeleuchtung zu 150 MWh/a abgeschätzt.

6.2.3 Abschätzung des Energiebedarfs Gewerbe in Varianten

Für vier vom Auftraggeber vorgegebene, mögliche Entwicklungsvarianten für das Gewerbegebiet, wurde eine Energiebedarfsabschätzung vorgenommen. Diese vier Varianten sind im Folgenden kurz beschrieben:

Variante 1 „Misch“: Nutzungsvielfalt gemäß städtebaulicher Entwurf

- 33% GF wissensintensive Dienstleistungen,
- 33% GF Forschung und Entwicklung,
- 20% GF Handwerk,
- 13% GF Innovations- und Ausbildungszentrum.

Variante 2 „FuE“: Campuscharakter mit Forschung und Entwicklung

- 85% GF Forschung und Entwicklung,
- 15% GF Handwerk.

Variante 3 „Produ“: Produktionsorientierter Gewerbebestandort

- 45% GF produzierendes Gewerbe,
- 40% GF Handwerk,
- 15% GF wissensintensive Dienstleistungen.

Variante 4 „E-intens“: Energieintensive Gewerbeentwicklung

Eine seriöse Prognose des Energiebedarfs ohne nähere Angaben zu den sich ansiedelnden Unternehmen/ Branchen ist nicht möglich.

Die Energiebedarfsabschätzungen wurden für die folgenden Anwendungen getroffen:

- Raumwärme und Trinkwarmwasser
- Strom für Raumkühlung
- Strom für TGA
- Strom für Beleuchtung
- Nutzerstrom

Die Abschätzung erfolgt auf Basis der Studien [BMVBS 2009], [BMVBS 2013], [IWU 2014] und Datenbanken [IWU-TEK], sowie ingenieurmäßigen Abschätzungen und Erfahrungswerten des Ingenieurbüros Ebök aus bereits geplanten Gebäuden.

Abb. 20 zeigt den Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarf (rot schraffiert) und den Nutzkältebedarf (gelb schraffiert) nach den vorgegebenen Entwicklungsvarianten. Die Bandbreite der Wärmebedarfsabschätzung ergibt sich aus den Gebäude-Energiestandards; der untere Wert entspricht in etwa dem Passivhausstandard, der obere Wert den GEG-Mindestanforderungen. Für die Abschätzungen des Raumkältebedarfs wurde eine sommerliche Grundtemperierung aller Gebäude angenommen. Für Labor- und Produktionsgebäude wurde zusätzlich ein Kältebedarf aufgrund höherer interner Lasten angenommen, der eine über die Grundtemperierung hinausgehende Kühlung notwendig macht.

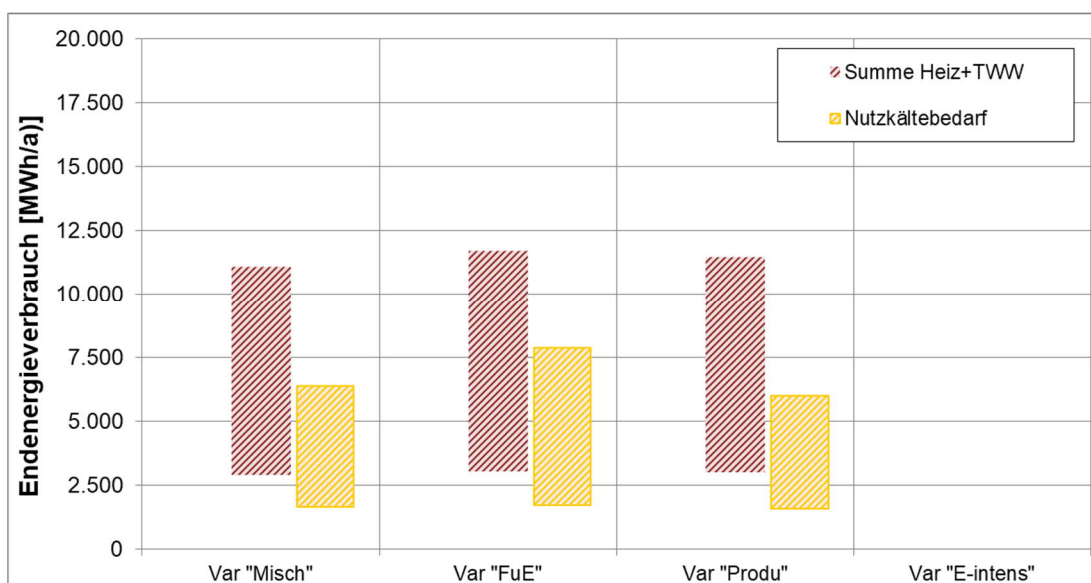


Abb. 20: Raumwärme-/ Trinkwarmwasser sowie Nutzkältebedarf Gewerbe in Entwicklungsvarianten

Abb. 21 zeigt die Abschätzung für die Stromanwendungen Nutzerstrom, Beleuchtung, Technische Gebäudeausrüstung (TGA). Die Bandbreite ergibt sich aus den unterschiedlichen Nutzungsarten innerhalb der Entwicklungsvarianten. Je nach Ausstattung der Büros bzw. Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen und je nach Art der Produktionsstätte gibt es erhebliche Unterschiede im Nutzerstrombedarf.

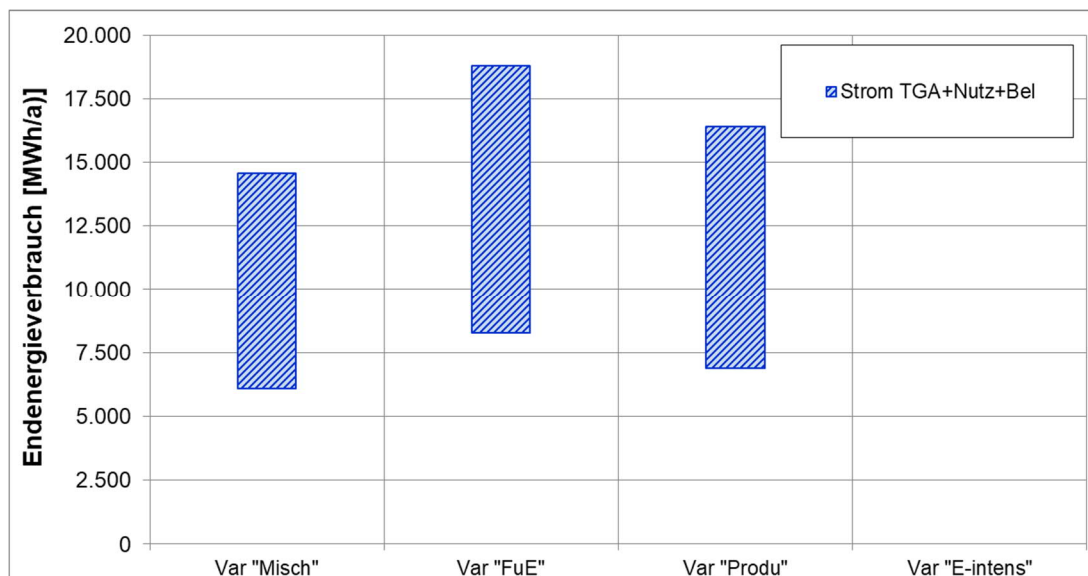


Abb. 21: Strombedarf TGA, Nutz, Beleuchtung im Gewerbe in Entwicklungsvarianten

Schlussfolgerungen / Bewertung:

Die bei der Kälteerzeugung entstehende Abwärme beträgt voraussichtlich 2 - 10 GWh. Es sollte daher geprüft werden, ob und wie diese Abwärme dem Gebiet zur Verfügung gestellt werden kann.

Sonstige Abwärmepotenziale sind zum heutigen Zeitpunkt noch nicht abschätzbar, da diese stark von der tatsächlichen Nutzungsart abhängen. Allgemein sollte für eine gelungene Abwärmenutzung auf Techniken geachtet werden, die ein möglichst hohes Temperaturniveau der Abwärme sicherstellen z.B. wassergekühlte statt luftgekühlte Ventilatoren bei Rechenzentren oder Serverräumen. Außerdem ist es wichtig, dass ein Konzept zur Abwärmenutzung frühzeitig und gemeinsam mit allen Akteuren erarbeitet wird.

6.2.4 Strombedarf im Gesamtgebiet für Elektro-Mobilität

Der Strombedarf für die E-Mobilität ist von den folgenden Variablen abhängig:

- Elektrifizierungsgrad der PKW
- Im Wohngebiet: Anzahl PKW je Einwohner
- Im Gewerbegebiet: Anzahl PKW je Arbeitnehmer



- Mittlere tägliche Fahrtstrecke je PKW
- Mittlerer Stromverbrauch je 100 km
- Ladeanteil im Quartier

Für diese Variablen werden Annahmen in zwei Varianten Trend und Spar getroffen und begründet. Da die Variablen vielfältig sind und es keine Prognosen für 2050 zu den einzelnen Variablen gibt, wird für die Spar-Variante einfach 50% des Strombedarfs für die Trend-Variante angenommen.

Elektrifizierung

Es wird angenommen, dass in der Trend-Variante der individuelle PKW-Verkehr zu 100% elektrifiziert ist.

Anzahl PKW im Baugebiet Eselswiese

Die PKW-Dichte in Deutschland lag 2019 bei 569 PKW/1000 Einwohner, in Hessen bei 593 PKW/1000 Einwohner.

In der Verkehrsplanung zum Baugebiet sind im Wohngebiet 1.750 Stellplätze für PKW vorgesehen. Das ergibt bei 3.500 Einwohnern 500 PKW/1.000 Einwohner.

Damit das Klimaschutzziel der Bundesregierung erreicht werden kann, muss der private Personenverkehr bis 2.050 deutlich sinken. Daher wird für die Trend-Variante eine PKW-Dichte von 450 PKW/1.000 Einwohner angenommen.

Im Gewerbegebiet sind in der Spitze 600 Arbeitsplätze geplant. Es wird für die Trend-Variante angenommen, dass alle Arbeitnehmer im Gebiet ihre PKWs laden können.

Mittlere tägliche Fahrtstrecke

Nach „Kurzbericht Verkehr in Kilometern“ des Kraftfahrtbundesamts [KBA2020] betrug die mittlere tägliche Fahrtstrecke 2019 37,3 km/PKW. Diese wird für die Trend-Variante angenommen.

Mittlerer Stromverbrauch

Die Auswertung der Daten der Plattform www.spritmonitor.de ergibt einen mittleren Stromverbrauch der heutigen E-Mobil-PKW-Flotte von ca. 16,8 kWh/100 km. Für die Trend-Variante nehmen wir einen 20 % höheren Verbrauch an, da davon auszugehen ist, dass sich die Fahrzeugflotte noch zu größeren PKW hinentwickelt. 20 kWh/100 km

Ladeanteil im Quartier

Auf Basis einer Einschätzung der nationalen Plattform Elektromobilität 2018 geht man davon aus, dass ca. 85% der Ladungen zuhause oder am Arbeitsplatz stattfinden werden.

Als Ladeanteil im Wohngebiet Eselswiese werden 55 % angesetzt, unter der Annahme, dass ca. 2/3 dieser 85% der Ladungen zu Hause erfolgen und 1/3 außerhalb des Quartiers am Arbeitsplatz.

Als Ladeanteil im Gewerbegebiet werden entsprechend 30 % angesetzt.

Ergebnisse E-Mobilität

Unter den oben vorgestellten Annahmen ergibt sich ein Strombedarf für E-Mobilität im Baugebiet von

Trend-Variante: 2.500 MWh/a

Spar-Variante: 1.300 MWh/a

6.2.5 Zusammenfassung Energiebedarf Gesamtgebiet

Tab. 11: Energiebedarfe gesamtgebiet in MWh/a

Angaben in [MWh/a]	Wohn- & Mischgebiet			Gewerbegebiet	
	GEG	EH55	EH40+WRG	Max	Min
Wärme Raumheizung	12.200	9.200	4.200	9.900	2.500
Wärme TWW	3.500	3.500	3.500	1.730	550
Wärmebedarf	15.700	12.700	7.700	11.630	3.050
Gebäudenutzkälte	600	600	600	6.800	1.700
	Trend-Variante		Spar-Variante	Trend-Variante	Spar-Variante
Strom für Nutzer-, TGA-, Allg.Strom	5.800		3.800	16.600	7.100
Strom für E-Mobilität	2.400		1.200	100	50
Strom für Straßenbeleuchtung	100		100	50	50
Summe Strombedarf	8.300		5.100	16.750	7.200



7 Qualitative Auswahl Wärmeversorgung

In diesem Kapitel werden zunächst alle potentiellen Energieträger qualitativ betrachtet, um dann die Auswahl für die weitere Untersuchung zu treffen.

7.1 Potentiale Energieträger und erneuerbare Energiequellen

7.1.1 Leitungsgebundene Energieträger

Bei den leitungsgebundenen Energieträgern **Fern-/Nahwärme, Erdgas, Biomethan** handelt es sich um Energieträger, die nicht lokal im Gebiet vorhanden/ zu erzeugen sind, sondern überregional bezogen werden.

Strom

Es wird davon ausgegangen, dass das Gebiet mit Strom aus dem öffentlichen Netz versorgt wird und dass ausreichend elektrische Leistung zur Verfügung steht, um gegebenenfalls auch eine strombasierte Wärmeversorgung des gesamten Gebiets zu ermöglichen.

Anmerkung: Ob auf Grund der E-Mobilität eine erhöhte Anschlussleistung des Gebiets notwendig ist, wurde nicht betrachtet. In jedem Fall wird empfohlen, ein Lastmanagement-System für E-Ladestationen in Betracht zu ziehen.

Erdgas für zentrale Energieversorgungs-Anlagen

Die Gasleitung würde von Nordosten ins Gebiet geführt werden. Hier sollte also eine Heizzentrale vorgesehen werden, wenn sie als Energieträger Gas verwendet.

Erdgas für dezentrale Energieversorgungs-Anlagen

Nach Informationen der Stadtwerke Rüsselsheim würde das Baugebiet nicht mit Gas für die Einzelgebäude erschlossen werden. Eine dezentrale Wärmeversorgung mit Erdgaskesseln/ -thermen kommt daher nicht in Frage, wird aber als Referenzvariante mitgeführt.

Biomethan

Wird in Biogasanlagen erzeugtes Biogas in einer Gasaufbereitungsanlage auf Erdgasqualität gebracht und in das Erdgasnetz eingespeist, so ist von Biomethan die Rede. Wird Biomethan an anderer Stelle aus dem Erdgasnetz entnommen und in Verbrennungsanlagen eingesetzt, handelt es sich nur noch bilanziell/rechnerisch um

Biomethan. Biomethan ist eine begrenzte Ressource und auch mit CO₂-Emissionen verbunden (CO₂-Faktoren: Erdgas 240 g/kWh, Biomethan je nach Ursprung 35-160 g/kWh).

Synthetische Gase aus erneuerbaren Energien

Bereits heute speist die Gaswirtschaft Erdgas aus Biomasse in das Erdgasnetz ein. Für die Zukunft ist geplant, das Gasleitungsnetz für Erdgas, Biomethan, Wasserstoff und synthetisches, also künstlich erzeugtes Methan aus regenerativ erzeugtem Strom zu nutzen.

Die Nutzung von synthetischen Gasen ist mit hohen Umwandlungsverlusten behaftet. Deswegen ist diese viel versprechende Lösung bislang wirtschaftlich noch nicht vertretbar. Zukünftig sollten sie vor allem für Anwendungen genutzt werden, in denen der Verzicht auf gasförmige oder flüssige Energieträger besonders schwierig ist, wie Mobilität/ Flugverkehr, Stromerzeugung und Industrie/ Hochtemperatur-Prozesse.

Fernwärme

In Bauschheim und Umgebung gibt es keine Nahwärme oder Fernwärmenetze an die das Gebiet angeschlossen werden kann.

7.2 Erneuerbare Energieträger

Kombiniert mit der Begrenzung des Energiebedarfs ist die Nutzung möglichst lokaler und erneuerbarer Energieträger als Schlüsselement zur Vermeidung von CO₂-Emissionen bei der Energieversorgung eines Neubaugebiets anzusehen. Mit „möglichst lokal“ sind dabei vor Ort im geplanten Gebiet oder in dessen näherer Umgebung verfügbare Energieträger bzw. -quellen gemeint.

7.2.1 Abwasser

In der Umgebung zur Eselswies ist nach Auskunft des Stadtentwässerungsamtes kein nennenswertes Abwasserpotenzial vorhanden. Der Stadtteil Bauschheim entwässert nach Süd-Westen, also weg von der Eselswiese in die Kläranlage Bauschheim. Rüsselsheim entwässert nach Norden. Es ist davon auszugehen, dass es keine geeigneten Abwasserkanäle für eine Abwasserwärmenutzung für die Eselswiese gibt.



7.2.2 Umweltwärme

Den Karten des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie - HNLUG ist zu entnehmen, dass das gesamte Baugebiet Eselswiese im Trinkwasserschutzgebiet Zone IIIa, "WSG WW Hof Schönau, Stw Mainz" liegt.

Erdwärmesonden

In Hessen wird das für Erdwärmesonden erforderliche Erlaubnisverfahren durch den Erlass „Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden“ vom 21. März 2014 (StAnz. 17/2014 S. 383) geregelt. Seit Inkrafttreten dieser Anforderungen ist die Nutzung der Erdwärme in der Schutzzone III/IIIA von Trinkwasserschutzgebieten mittels Erdwärmesonden nicht mehr zulässig.

Erdwärmekollektoren / Erdwärmekörbe

Erdwärmekollektoren mit Zwischenkreis, d.h. nicht-trinkwassergefährdende Sole und nicht Kältemittel im Kollektor sind erlaubnisfrei, wenn sie 1 m über dem höchsten Grundwasserstand liegen. Bei größeren Einbautiefen oder bei einem Abstand von weniger als 1 m zum höchsten Grundwasserstand werden diese Anlagen wie Erdwärmesonden behandelt, d.h. sie sind nicht erlaubt. Erdwärmekollektoren ohne Zwischenkreis, d.h. Kältemittel im Kollektor sind genehmigungspflichtig.

Laut HNLUG gab es 2003 einen sehr hohen Grundwasserstand an einer Messstelle im Süden des Gebiets (Messstellen-ID 11785) von 3,5 m unter Geländeoberkante, dem Bau eines 2 m tiefen Erdwärmekollektors steht die 1-m-Regel also nicht entgegen.

Grundwasser

Die Grundwasserwärmenutzung ist in dem Baugebiet nicht ausgeschlossen.

In der Nähe gibt es eine Bohrung mit Reinsand bis 5 m Tiefe. Es ist also eine gute Schüttung zu erwarten. Jedoch gibt es in dem Gebiet auch die Wahrscheinlichkeit, bindige Schichten anzutreffen, die weniger bis gar nicht ergiebig sind.

In den Grundwasserbrunnen in der Umgebung des Baugebiets werden erhöhte Eisen- und Mangangehalten gemessen, die zu Ablagerungen (Verockerung) der Brunnen und in den Wärmetauschern der Wärmepumpen führen können. Dies führt zu erhöhten Instandhaltungskosten, da die Wärmetauscher regelmäßig gespült werden müssen.

Fazit Umweltwärme: Für Einfamilienhäuser ist die Wärmeversorgung über Erdwärmekollektoren eine Option, für Einzelgebäude oder auch Teilgebiete kann die Grundwasserwärmenutzung eine Versorgungsoption sein. Für eine abschließende

Beurteilung müssen im Gebiet Probebohrungen mit Pumpversuchen durchgeführt werden.

7.2.3 Abwärme aus dem Gewerbegebiet

Ohne Kenntnis der sich ansiedelnden Gewerbebetriebe ist eine Aussage über das Abwärmepotential nicht zu treffen.

Es ist nicht geplant, ein Rechenzentrum anzusiedeln.

Anhand der vorhandenen Planungsdaten kann eine Abschätzung über die durch die Raumkühlung entstehende Abwärme getroffen werden. Zur Nutzung dieser Abwärme wurde ein Konzept entwickelt und ökologisch und wirtschaftlich untersucht. Die Ergebnisse sind im Anhang zu finden.

7.2.4 Holz

Der Stadtteil Bauschheim liegt nicht in einem Luftreinhaltegebiet oder einer Umweltzone, es ergeben sich daher keine Einschränkungen für die Zulässigkeit von Holzfeuerungen.

Hackschnitzel

Für Hackschnitzel wird in der Regel Holz verwendet, das als Nebenprodukt bei der Ernte von Nutzholz übrig bleibt. Die Anfrage beim Forstservice Taunus GmbH & Co. KG, Herr Burghardt, vom 17.05.2021 ergab, dass der Stadtwald Rüsselsheim etwa 500 Festmeter/a bzw. 1.200 srm/a Holz (entspricht ca. 1.000 MWh/a) liefern kann. Aus dem Gesamtgebiet der FBG Thein-Main könnten insgesamt 1.750 Festmeter/a bzw. 4.200 srm/a Holz (entspricht ca. 3.500 MWh/a) geliefert werden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Waldnutzung unverändert bleibt (sollte der Wald zum Naherholungsgebiet erklärt werden und Holzeinschlag damit verboten werden, so gibt es kein Holz). Bisher wird das Holz an Industriekunden abgegeben, die daraus minderwertige Holzprodukte herstellen oder Holzhackschnitzel zur Beheizung. Diese sind im Durchschnitt 100 km entfernt und aus Gründen des Umweltschutzes würde ein lokaler Absatz bevorzugt werden.

Holzpellets

Aufgrund ihrer guten Transportfähigkeit ist die Verfügbarkeit von Pellets gegeben. Um einen verlässlichen und emissionsarmen Betrieb einer Holzpelletanlage zu ermöglichen, sollte auf die Qualität der Holzpellets geachtet werden.

Über die Brennstoffqualität, die über Normen geregelt ist, hinaus gibt es weitere Umweltzeichen bzw. –labels, die zusätzlich ökologische Kriterien zu Herkunft und



Herstellungsprozess zertifizieren, z.B. „Blauer Engel“. Es sollte bei der Verwendung von Holzpellets darauf geachtet werden, dass nur solche verwendet werden, die bestimmten ökologischen Kriterien genügen.

Holzpelletanlagen sollten für die Nutzersicht in einer Versorgungsvariante berücksichtigt werden, da diese von Bauherren gern eingesetzt werden.

Für die zentrale Versorgung bieten sich reine Holzpelletvarianten nicht an, da diese auch in Leistungsklassen für die Versorgung von Einfamilienhäusern verfügbar sind und der Skalierungseffekt hin zu einer großen, zentralen Anlage der Erfahrung nach nicht ausreicht, um Nahwärmenetzverluste und -kosten zu kompensieren.

Anmerkungen zur Biomassefeuerung in städtischen Gebieten:

Allgemein können mit der Verbrennung von Holz vergleichsweise hohe Temperaturen erreicht werden, welche für die Wärmeversorgung von neu errichteten Wohngebäuden prinzipiell nicht benötigt werden. Die begrenzten Holzressourcen sollten im zukünftigen Energiesystem nur für Anwendungen zum Einsatz kommen, bei denen die bei Holzfeuerung hohen erreichbaren Temperaturen erforderlich sind, wie z.B. Kraft-Wärme-Kopplung, Prozesswärme, etc..

7.2.5 Sonnenenergie

Das Photovoltaik-/ Solarthermie-Potential wird über alle geplanten Neubauten ermittelt. Bei Gebäuden mit Staffelgeschossen wird nur die Dachfläche des Staffelgeschosses als belegbare Fläche angenommen. Diese wird um 30 % für Randabstände, Dachaufbauten etc. reduziert und mit südausgerichteten, aufgeständerten PV-Modulen maximal belegt, so dass noch eine extensive Begrünung der Dachflächen zwischen den Modulen möglich ist. Bei Satteldächern ist nur die Dachhälfte, die stärker nach Süden ausgerichtet ist, zu 80% mit Modulen belegt.

Darüber hinaus wurde geprüft, ob eine Freifläche für eine zentrale Solarthermieanlage nutzbar gemacht werden kann. Zum Beispiel wurde die Fläche innerhalb Bundesstraßenauffahrt diskutiert und aufgrund von Umweltbelangen verworfen, auch die Nutzung einer landwirtschaftlichen Fläche wurde verworfen. Floating-PV auf umliegenden Seen wurde diskutiert und verworfen, da es sich bei den umliegenden Seen überwiegend um private Angelseen handelt.

Die **Globalstrahlung** (mittlere jährliche Sonneneinstrahlung) beträgt im Gebiet Eselswiese nach dem TRY-Datensatz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) 1.087 kWh/m².

Die Sonnenenergienutzung sollte in Hinblick auf die Treibhausgasemissionen möglichst auf allen Dachflächen maximal ausgeschöpft werden.

7.2.6 Windenergie

Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Kleinwindanlage ist ein windreicher Standort, an dem der Wind ungehindert durch Bäume oder Gebäude strömen kann, Grundvoraussetzung.

Innerhalb Siedlungsgebieten sind die Windverhältnisse in der Regel schlecht, da die Gebäude den Wind schwächen und zu Turbulenzen führen. Vor allem Gebäude/Hindernisse in Hauptwindrichtung reduzieren das Windangebot erheblich. Problematisch ist die oft baurechtliche Begrenzung der Masthöhe einer Windanlage. In einem Gebiet mit Gebäuden von maximal 15 m Höhe könnte eine Windkraftanlage mit einem 30 m hohen Mast oberhalb des turbulenten Windbereichs platziert werden, jedoch kann das zu Akzeptanz- und Genehmigungsschwierigkeiten führen.

Eine Windkraftanlage sollte nicht auf dem Dach platziert werden, da sich über dem Dach eine sogenannte Turbulenzblase befindet, die sich mehrere Meter über dem Dach ausbreiten kann. Solche Windturbulenzen kann der Rotor nicht nutzen, er braucht eine stetige Windströmung. Außerdem können auch die Körperschallübertragungen von Windanlagen die mit dem Dach verbunden sind, problematisch sein.

Abstandsregel

Damit der Rotor außerhalb des schwachen Windbereichs liegt, der sich hinter einem Hindernis ausbreitet, sollte die Windanlage einen Abstand zum Hindernis haben, der das Zwanzigfache der Höhe des Hindernisses beträgt.

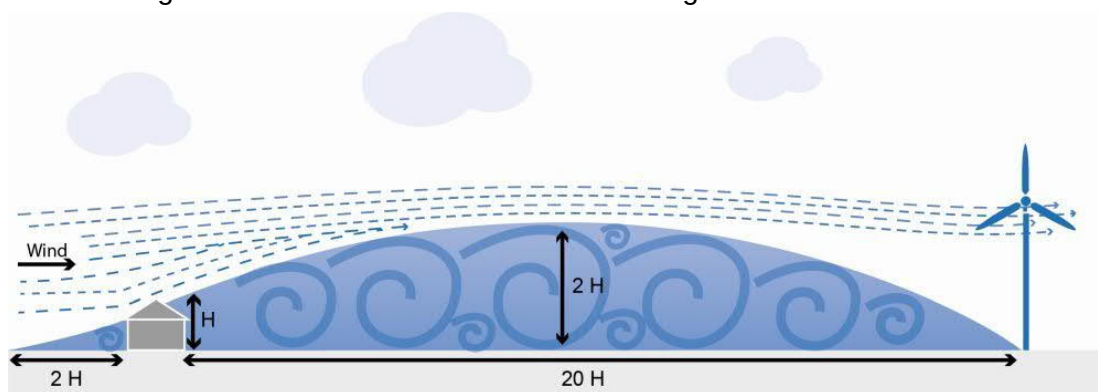


Abb. 22: Abstandsregel: Distanz zwischen Hindernis und Windanlage (Grafik: Patrick Jüttemann)

Das Haus mit der Höhe H steht dem Hauptwind entgegen. Wenn das Haus eine Höhe von 10 m hat, dann müsste der Abstand zwischen Haus und Windanlage 200 m betragen ($10 \text{ m} \times 20 = 200 \text{ m}$).

Im bebauten Gebiet sollte immer zuerst eine Windmessung durchgeführt werden, um zu prüfen, ob der Wind stark und stetig genug ist.



Fazit Windenergie: Da innerhalb einer Bebauung die Windverhältnisse i.d.R. ungünstig sind und die Bebauung Eselswiese im Osten an Bauschheim anschließt, so dass in der Hauptwindrichtung Bauschheim liegt, kann damit gerechnet werden, dass nur vereinzelte Kleinwindkraftanlagen zum Beispiel am Rand des Gewerbegebiets installiert werden können. In diesem Energiekonzept werden Kleinwindkraftanlagen daher nicht weiter betrachtet

7.2.7 Eisspeicher

Bei einem Eisspeicher handelt es sich um eine Wärmequelle für die Wärmepumpe. Er besteht aus einer im Erdreich vergrabenen, mit Leitungswasser gefüllten Zisterne. In der Zisterne befinden sich Wärmetauscher-Spiralen, die mit Sole durchflossen werden über die dem Eisspeicher Wärme für die Beheizung von Gebäuden entnommen oder für die Regeneration des Eisspeichers zugeführt werden kann. Die Regeneration erfolgt z.B. über spezielle Solar-Luftabsorber, die Wärme aus der Umgebungsluft sowie aus der solaren Einstrahlung sammeln oder über passive Kühlung der Gebäude im Sommer oder durch Abwärme beispielsweise aus dem Gewerbegebiet. Darüber hinaus bezieht der Eisspeicher Wärme direkt aus dem Erdreich.

Wärmepumpen entziehen dem in der Zisterne gespeicherten Wasser bei Bedarf die zum Heizen und zur Warmwasserbereitung benötigte Energie. Sinkt die Temperatur in der Zisterne dabei auf den Gefrierpunkt, so wird die Vereisung des Wassers zur weiteren Wärmegewinnung genutzt – daher der Name Eisspeicher. Beim Übergang von Wasser zu Eis wird viel Kristallisationsenergie frei.

Eisspeicher gibt es in Größen zur Versorgung von EFH bis hin zur Versorgung mehrerer Gebäude über ein kaltes Nahwärmenetz.

Für die Eselswiese kann keine abschließende Aussage getroffen werden, ob ein Eisspeicher genehmigt werden kann, oder nicht. Um eine Antwort zu erhalten müsste eine konkrete Anlage geplant und in das Genehmigungsverfahren gegeben werden.

Hr. Einsfeld, Wasserbehörde, hat in einer Mail vom 21.06.21 bestätigt: „...dass der Einsatz von Eisspeichern im Baugebiet Eselswiese aus wasserschutzrechtlicher Sicht grundsätzlich möglich ist. Aufgrund der Lage innerhalb eines Wasserschutzgebiets (Zone IIIA der Wasserwerke Hof Schönau) gelten jedoch besondere Anforderungen hinsichtlich des Grundwasserschutzes. Da Glykol zu den Stoffen der Wassergefährdungsklasse 1 zählt, ist die Eisspeicheranlage so zu installieren und zu betreiben, dass kein Glykol in das umliegende Erdreich austreten kann. In Anbetracht der geringen Grundwasserflurabstände im südhessischen Ried muss zudem die Auftriebssicherheit der Anlage gewährleistet sein. ...“

7.3 Versorgungssysteme für Nahwärme und dezentrale Versorgung

Aus obigen Betrachtungen ergeben sich die in Tab. 12 und Tab. 13 dargestellten berechneten Versorgungsvarianten.

Tab. 12: untersuchte Varianten der Wärmeerzeugung für ein Nahwärmenetz

Nr.	Variante Nahwärmenetz
1	Holzheizkraftwerk mit Spitzenlastkessel
2	Erdgas-BHKW + Spitzenkessel
2a	Biomethan-BHKW + Spitzenkessel
3	Nur für ein Teilgebiet: Kaltes Nahwärmenetz mit Grundwasser, dezentrale WP in den Gebäuden

Tab. 13: untersuchte Varianten der Wärmeerzeugung für dezentrale Gebäudeversorgung

Nr.	Variante Nutzersicht
1	Referenzvariante: Gastherme + Solarthermie
2	Pelletkessel
3	Wärmepumpe mit Wärmequelle Außenluft
4	Anschluss an die ausgewählte Nahwärme
5	Anschluss an die kalte Nahwärme + Wärmepumpe

Basierend auf den Ergebnissen aus der Auswahl der Wärmeversorgungsvarianten erfolgt die Bewertung der Wärmeversorgung im Hinblick auf Ökologie und Ökonomie aus zwei unterschiedlichen Blickwinkeln:

- Aus Sicht eines potenziellen Betreibers eines Nahwärmenetzes werden unterschiedliche Varianten zur Nahwärmeversorgung des Gebiets bewertet (Kap. 8). Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Bewertung aus Nutzersicht.
- Aus Sicht der Nutzer bzw. Investoren/ Bauherren werden die Varianten zur Wärmeversorgung der Gebäude bewertet, also sowohl die günstigste Nahwärmevariante als auch die möglichen dezentralen Wärmeversorgungsvarianten sowie die zugehörigen Maßnahmen in Bezug auf Gebäudehülle und technische Ausrüstung (Kap. 9).

8 sNahwärmevarianten

8.1 Ausbau Nahwärmenetz

Es wurde eine grobe Auslegung des Nahwärmenetzes vorgenommen, Abb. 23 zeigt den angenommenen Verlauf.

Es wird davon ausgegangen, dass die Heizzentrale in einer Parzelle des Gewerbegebiets errichtet wird. Sinnvoll ist eine der westlichen Parzellen, da von hier die Erschließung mit Erdgas erfolgt.



Abb. 23: möglicher Verlauf Nahwärmenetz (rote Leitungen: nur dichteres Teilgebiet, rote+blaue Leitungen: Gesamtgebiet)

Für die Ermittlung von Kosten und Netzverlusten wurde eine grobe Dimensionierung des Nahwärmenetzes in zwei Szenarien vorgenommen. Im Ausbauszenario „Gesamtnetz“ (in Abb. 23 rot und blau dargestellt) wurde der Anschluss aller Gebäude im Gebiet betrachtet, im Ausbauszenario „Dichtes Netz“ wurden die

Gebiete mit überwiegend Einfamilienhausbebauung nicht mit Fernwärme erschlossen (in Abb. 23 rot dargestelltes Netz).

Tab. 14: Eckdaten Netzausbauszenarien

	Dichtes Netz	Gesamtnetz
Netzlänge Verteilnetz	5.200 Trm	9.500 Trm
Dimensionen Verteilnetz	DN25 – DN200	DN25 – DN250
Netzlänge Hausanschlussleitungen	2.000 Trm	5.600 Trm
Netzverluste bei Netztemperaturen 75/45	650...580 MWh/a	1.300...820 MWh/a

8.2 Versorgungsvarianten für die Nahwärme

8.2.1 Holzkraftwerk, BHKW und Spitzenlastkessel

Die Verwendung von Holz in einem Heizkraftwerk, in dem Wärme **und** Strom gleichzeitig erzeugt werden, ist zum jetzigen Zeitpunkt des Energiewendeprozesses gut vertretbar. Da sehr gute Emissions- und Primärenergiefaktoren zu erwarten sind und ein Holzheizkraftwerk niedrigere spezifische Investitionskosten und bessere Effizienz erreicht, je größer es ist, wird für diese Variante die Versorgung des Gesamtgebiets mit Nahwärme angestrebt.

Das Holzheizkraftwerk wird als Grund- und Mittellasterzeuger eingesetzt, die Spitzenlast wird durch einen oder mehrere Spitzenlastkessel erzeugt. In einem Optimierungsschritt könnten für die Erzeugung der Mittellast zusätzlich ein oder mehrere BHKWs eingesetzt werden. In dieser Variante wird mit einem Organic-Rankine-Cycle (ORC)-Prozess gerechnet. Grundsätzlich kommt aber auch ein Dampfkraftprozess oder Holzvergaser mit BHKW in Frage. Diese Entscheidung wird dem späteren Betreiber überlassen.

Die Vorteile der ORC-Technologie sind:

- Ausgezeichnete Teillastfähigkeit
- Technologiereife (marktreife Anlagen verfügbar)
- kein Dampfkesselwärter notwendig
- Hohe Automatisierbarkeit
- Geringe Instandhaltungskosten

Tab. 15: Auslegungsgrößen Variante Holzheizkraftwerk + Spitzenkessel

	Gesamtnetz GEG	Gesamtnetz EH55	Gesamtnetz EH40+WRG
Leistung ORC thermisch elektrisch	4,5 MW _{th} 0,9 MW _{el}	3,7 MW _{th} 0,75 MW _{el}	2,1 MW _{th} 0,45 MW _{el}
Vollbetriebsstunden	4.900 vBh	4.900 vBh	4.800 vBh
Deckungsgrad ORC	77%	77%	80%
Leistung Spitzenkessel	8 MW	6,8 MW	5,5 MW
Pufferspeicher	155 m ³	130 m ³	75 m ³

Möglicher Standort und Platzbedarf der Heizzentrale:

Für das Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk und die erforderliche Peripherie wird ein Platzbedarf von 500 – 1.000 m² veranschlagt. Der Standort sollte mit LKWs gut erreichbar sein und im Gewerbegebiet im westlichen Bereich liegen, da hier die Erdgasleitung mit ausreichender Kapazität vorhanden ist. Jährlich gibt es 200-350 LKW-Anfahrten für die Anlieferung der Hackschnitzel mit den damit verbundenen Geruchs-, Lärm- und Staubemissionen.

8.2.2 Erdgas-BHKW und Spitzenlastkessel

Die Versorgung eines Neubaugebiets mit einem Nahwärmenetz mit BHKWs und Spitzenlastkessel erreicht in dieser Größenordnung i.d.R. je nach Berechnungsmethode (Kap. 4) gute bis sehr gute Emissions- und Primärenergiefaktoren, ist jedoch mit einem rein fossilen Brennstoff betrieben. Daher wird für die BHKW-Variante nur der dichter besiedelte Bereich des Gebiets mit Nahwärme versorgt. Die nicht angeschlossenen Gebäude im südlichen Bereich versorgen sich dezentral mit Pelletanlagen in Kombination mit Solarthermie oder Wärmepumpen in Kombination mit PV, also mit erneuerbaren Energieträgern.

Die Auslegung des BHKW erfolgt auf ca. 80 % Wärmedeckungsbetrag. Die Fahrweise ist größtenteils wärmegeführt. Ein großer Pufferspeicher sorgt für die Möglichkeit, die Fahrweise teilweise strompreisorientiert und damit Stromnetzdienlich zu betreiben.

Die Wärmeerzeugerkomponenten haben die folgenden Auslegungsgrößen:

Tab. 16: Auslegungsgrößen Variante BHKW + Spitzenkessel

	Dichtes Netz GEG	Dichtes Netz EH55	Dichtes Netz EH40+WRG
Leistung BHKW thermisch elektrisch	3,7 MW _{th} 3,6 MW _{el}	3,1 MW _{th} 3,0 MW _{el}	1,5 MW _{th} 1,3 MW _{el}
Vollbetriebsstunden	4.500 vBh	4.300 vBh	4.700 vBh
Deckungsgrad BHKW	80%	80%	80%
Leistung Spitzenkessel	3,9 MW	3,3 MW	3,5 MW
Pufferspeicher	150 m ³	125 m ³	58 m ³

Möglicher Standort und Platzbedarf der Heizzentrale:

Die Gasleitung zur Versorgung der Heizzentrale käme vom Nordosten ins Gebiet, daher wäre ein Zentralenstandort im Nordosten zu bevorzugen. Es wird ein Platzbedarf von 250-300 m² veranschlagt.

8.2.3 Biomethan-BHKW und Spitzenkessel

Diese Variante entspricht der in Kap. 8.2.2, mit dem Unterschied, dass für die BHKWs Biomethan statt Erdgas eingesetzt wird.

Möglicher Standort und Platzbedarf der Heizzentrale:

Die Gasleitung zur Versorgung der Heizzentrale käme vom Nordosten ins Gebiet, daher wäre ein Zentralenstandort im Nordosten zu bevorzugen. Es wird ein Platzbedarf von 250-300 m² veranschlagt.

8.2.4 Kaltes Nahwärmenetz mit Grundwasser

Grundwasser bietet durch seine konstanten Temperaturen sehr gute Voraussetzungen für eine Heiznutzung. Selbst an den kältesten Tagen beträgt die Grundwassertemperatur i.d.R. 7 bis 12 °C. Über Förderbrunnen wird Grundwasser entnommen und Wärmepumpen zugeführt, in denen es um ca. 4°C abgekühlt wird. Das abgekühlte Grundwasser wird anschließend über Schluckbrunnen wieder dem Grundwasserleiter zugeführt. Der Abstand zwischen Förder- und Schluckbrunnen sollte mindestens 10 m betragen, dabei ist die Fließrichtung des Grundwasserstromes zu beachten, um thermische Kurzschlüsse zu vermeiden.

Auch für die Wirtschaftlichkeit eines kalten Nahwärmenetzes ist es wichtig, dass möglichst viele Gebäude anschließen. Der Einfluss ist aufgrund niedrigerer Investitionskosten nicht ganz so groß wie bei einem warmen Nahwärmenetz, dennoch sollten durch einen Anschluss- und Benutzungszwang die wirtschaftlichen Risiken reduziert werden.

Die Untersuchung der Nahwärmevariante kaltes Nahwärmenetz mit Grundwasser als Wärmequelle erfolgt für ein Teilgebiet, in dem hauptsächlich Einfamilienhäuser realisiert werden und voraussichtlich viele der Alteigentümer Grundstücke zugewiesen bekommen - in Abb. 24 gelb markiert.

In diesem Teilgebiet sind nach städtebaulichem Entwurf vom Juli 2021 ca. 45 freistehende Einfamilienhäuser, 48 Doppel- und Reihenhäuser sowie drei kleine Mehrfamilienhäuser geplant.

Der Energiebedarf des Teilgebietes ist in Tab. 17 gezeigt:

Tab. 17: Energiebedarf Teilgebiet für kalte Nahwärme

	GEG	EH55	EH40WRG
Heizenergie	1.345	1.010	365
TWW-Bedarf	375	375	375
Summe	1.720	1.385	740



Abb. 24: Abgrenzung Teilgebiet für kalte Nahwärme mit Grundwasser

Es wird von drei Förder- und drei Schluckbrunnen für das Teilgebiet ausgegangen. Aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet wird das kalte Nahwärmenetz als separater Kreislauf mit Wasser betrieben, dem aus dem Grundwasser über einen Wärmetauscher Wärme zugeführt wird.

Bei den Verbrauchern erzeugt je eine Wärmepumpe nutzbare (warme) Wärme aus der kalten Nahwärme, die das Gebäude mit etwa 10°C erreicht. Der Betreiber der Nahwärme sollte im Besitz der Wärmepumpen und ggf. zusätzlich notwendigen Pufferspeichern sein und an den Kunden nutzbare Wärme verkaufen. Damit wird sichergestellt, dass die Wärmepumpen optimale Jahresarbeitszahlen erreichen und ggf. mit nachhaltig erzeugtem Strom betrieben werden.

Wärmebereitung im Gebäude:

Um die Wärmepumpen möglichst effizient zu betreiben, werden zwei Pufferspeicher eingesetzt. Ein Heizungspufferspeicher auf ca. 35-38°C und ein Pufferspeicher für die Trinkwarmwasser-Bereitung auf einem Temperaturniveau von ca. 50-55°C. Für die Wärmeverteilung innerhalb des Gebäudes wird im Falle der Mehrfamilienhäuser ein 4-Leiter-Netz benötigt. Ein Strang für die Heizungsverteilung und ein weiterer für die Heizwasserverteilung für die Trinkwarmwasser-Bereitung über eine dezentrale/ wohnungsweise Frischwasserstation.

Möglicher Standort und Platzbedarf der Heizzentrale:

Über den möglichen Standort einer Zentrale kann erst entschieden werden, sobald Probebohrungen vorliegen. Der Platzbedarf für Netzpumpen und Wärmetauscher wird auf 25-40 m² geschätzt.

8.3 Mögliche Förderung

8.3.1 iKWK¹-Anlagen

Förderung über iKWK nicht möglich, da keine Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme zur Verfügung steht, d.h. solarthermische oder geothermische Anlagen, elektrisch angetriebene Wärmepumpen mit Umweltwärme als Wärmequelle, mit gasförmiger Biomasse betriebene Wärmepumpen, die 30% der Referenzwärme erzeugen können. Abwärme ist nicht anrechenbar.

¹ iKWK: „innovative KWK-Systeme“ besonders energieeffiziente und treibhausgasarme Systeme, in denen KWK-Anlagen in Verbindung mit hohen Anteilen von Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus dem gereinigten Wasser von Kläranlagen KWK-Strom und Wärme bedarfsgerecht erzeugen oder umwandeln.



8.3.2 Wärmenetze 4.0

(läuft aus, sobald Bundesförderung effiziente Wärmenetze - BEW in Kraft ist)

Ein Wärmenetz kann im Förderprogramm Wärmenetze 4.0 gefördert werden, wenn die eingesetzten Wärmeerzeugungsanlagen **geo-, solarthermische Anlagen oder Wärmepumpen** sind.

Falls die Nutzung von Abwärme und Biomasse vorgesehen ist, um das Förderkriterium des klimaschonenden, innovativen Energieträgers zu erreichen, ist das Vorhandensein weiterer Innovationsindizien erforderlich. Dies können sein:

- Flexibilisierung von Wärmenetzen (z.B. Entkopplung von Verbrauch und Erzeugung durch (saisonale) Wärmespeicher, sonstige Speicherkonzepte, Laststeuerung, Einbindung fluktuierender Wärmeerzeuger bzw. Energieträger),
- Netzausgestaltung und –betrieb (z.B. räumliche Anordnung und Netzeinbindung verschiedener Erzeuger, Art des Leitersystems, niedriges Temperaturniveau: maximale Vorlauftemperatur <60°C),
- Digitalisierung/ IKT-Lösungen in einem intelligenten Netz zum Management des Betriebes (z.B. Optimierung der Netzüberwachung und des -betriebes, betriebswirtschaftliche Prozessoptimierung, virtuelles Kraftwerk, Blockchain-Technologie, sicherheitsrelevante Kommunikation relevanter Prozesse),
- Integriertes Energiesystem/ Sektorkopplung (z.B. strommarktoptimierte Fahrweise der Wärmeerzeuger, netzdienlicher Betrieb (stromseitig) der Wärmeerzeuger, Systemdienstleistungen im Stromnetz, Power to X),
- Institutionelle Neuerungen (z.B. Neuartige Vermarktungsmöglichkeiten/ -Modelle)

Es gelten systemische Neuerungen als Innovation, deren Nutzen in modellhaften Wärmenetzsystemen 4.0 dargestellt werden. Systemisch bedeutet, nicht lediglich innovative Einzelkomponenten zu betrachten, sondern das gesamte Konzept des Wärmenetzsystems 4.0 auf Innovativität zu bewerten. Eine Implementierung solcher Einzelkomponenten gilt nicht als Erfüllungskriterium der Innovation.

8.3.3 Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) – Entwurfsstand 18.08.2021

(Die BEW ist noch nicht in Kraft.)

Die BEW wird aus drei Modulen bestehen:

Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien

Im Rahmen der BEW wird die Erstellung von Machbarkeitsstudien zur Errichtung

neuer Wärmenetze mit einem Anteil erneuerbarer und klimaneutraler Wärme von mind. 75% mit bis zu 50% der förderfähigen Kosten bis zu einem Maximalbetrag von 600.000 Euro gefördert. Dabei gelten umfangreiche Mindestanforderungen. Diese umfassen beispielsweise Beschränkungen hinsichtlich der Nutzung von Biomasse, Mindestinhalte und potenzielle Entwicklungspfade der zu fördernden Wärmenetze.

Modul 2: Systemische Förderung

Die Systemische Förderung kommt für den Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 % mit erneuerbarer Wärme und Abwärme gespeist werden, in Frage. Voraussetzung für eine Förderung ist das Vorhandensein einer Machbarkeitsstudie. Dabei gelten ebenfalls umfangreiche Mindestanforderungen, wie z.B. dass die verfeuerte feste Biomasse den Nachhaltigkeitskriterien gemäß Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung in der jeweils geltenden Fassung entsprechen muss.

Auch die Infrastruktur zur Wärmeverteilung und zur Optimierung des Netzbetriebs (bspw. Wärmespeicher), Umfeldmaßnahmen sowie notwendige Planungsmaßnahmen zum Erhalt einer Investitionskostenförderung sind förderberechtigt. Nicht förderfähig sind Anlagen zur Verbrennung synthetischer Gase.

Die Förderquote beträgt 40% der förderfähigen Kosten. Die Förderung ist bis zu einem Betrag von 50 Mio. Euro notifizierungsfrei.

Modul 3: Einzelmaßnahmen

Dieses Modul fördert schnell umsetzbare Maßnahmen in Wärmenetzen als Einzelmaßnahmen. Diese kann für Solarthermieranlagen, Wärmepumpen, Biomassekessel, direktelektrischen Wärmeerzeuger, Wärmespeicher, Rohrleitungen zur Anbindung erneuerbarer Wärmeerzeuger oder Abwärme sowie zur Erweiterung des Wärmenetzes und für Wärmeübergabestationen gewährt werden.

Die Förderquote beträgt 40% der förderfähigen Kosten. Die Förderung ist bis zu einem Betrag von 50 Mio. Euro notifizierungsfrei.

8.3.4 Verwendete Förderungen

Oben aufgeführte Förderungen sind noch nicht oder bald nicht mehr in Kraft und werden daher in der Wirtschaftlichkeitsberechnung zunächst nicht betrachtet. Es kann also für die Variante Holz-Heizkraftwerk sowie die kalte Nahwärme über Grundwasser mit einer weiteren Förderung aus der BEW gerechnet werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die folgenden Förderungen verwendet:



- „Erneuerbare Energien - Premium“ der KfW (271, 281) für Nahwärmeleitungen und Speicher bei Nahwärmesystemen mit Erneuerbaren Energien.
- KWKG des Bafa für Nahwärmeleitungen und Speicher bei Nahwärmesystemen mit Kraft-Wärme-Kopplung
- Stromzuschläge bzw. -vergütungen nach KWKG und EEG

8.4 Ergebnisse Nahwärme aus Betreibersicht

Um in der Nutzersicht dezentrale und zentrale Wärmeversorgungsvarianten gegenüberstellen zu können, wurden zunächst die Grundlagen für die zentralen Wärmeversorgungsvarianten wie z. B. der Wärmepreis für die Nahwärme, Primärenergiefaktor und CO₂-Emissionen errechnet. Diese sind in den folgenden Unterkapiteln dargestellt.

8.4.1 Primärenergie und CO₂-Emissionen

Primärenergiefaktoren:

Der Primärenergiefaktor liegt erwartungsgemäß in den Varianten mit Erneuerbaren Energien (Holz / Biomethan) niedriger als in der Variante mit Erdgas. In allen Varianten liegt er unter 0,37, d.h. jeder Effizienzhausstandard erreicht werden, ohne dass Primärenergie durch Zusatzmaßnahmen substituiert werden muss.

CO₂-Emissionen

Die CO₂-Faktoren der Wärmeerzeugung unterscheiden sich in erster Linie bei der Betrachtung der Wärmeversorgungssysteme:

Holz-Heizkraftwerk:	ca. 70 g/kWh
Erdgas-BHKW:	ca. 125 g/kWh
Biomethan-BHKW	ca. 87 g/kWh

Je nach Effizienzhausstandard in dem das Gesamtgebiet realisiert wird, differieren diese Werte um maximal 5%.

Für die Varianten mit kalter Nahwärme und Wärmepumpen liegen die CO₂-Faktoren um 110 g/kWh bzw. beim EH40Plus bei 35 g/kWh aufgrund der Gutschrift vom PV-Strom. Entsprechend der Reduktion der CO₂-Emissionen des Strommixes (siehe Kap. 4) reduzieren sich in der Variante Kalte Nahwärme die CO₂-Emissionen und liegen zukünftig deutlich unter denen der anderen Nahwärme-Varianten.

8.4.2 Zusammenfassung für EH55

	Holz-HKW	Erdgas-BHKW	Biomethan-BHKW	Kalte Nahw. mit Grundwasser
Invest.kosten [Mio. EUR]	14,5	7	7	s. Abb. 26
Wärmepreis [ct./kWh]	10	12	15	s. Abb. 28
Primärenergiefaktor	0,22	0,3	0,22	
CO ₂ -nach GEG [g/kWh]	0	0	0	
CO ₂ nach ebök [g/kWh]	73	125	85	
Lokaler Energieträger	teilweise	nein	nein	größtenteils
Zus. Fördermöglichkeiten für Betreiber	BEW			BEW

8.4.3 Investitionen

Die aufgeführten **Investitionen** sind Schätzungen auf Basis von einschlägigen Quellen bzw. Erfahrungswerten der ebök GmbH (Stand September 2021) und stellen daher keine Grundlage für eine Fachplanung dar. Sie beinhalten Investitionen für die Wärmeerzeuger und -speicher, Medienanschlüsse, Abgasanlage, Regelung, Betriebsgebäude (ohne Grundstückskosten) sowie die Nahwärmenetz-Trasse. Nicht eingerechnet wurden Investitionen für Hausanschlüsse und Hausübergabestationen, diese werden in der ökonomischen Bewertung aus Nutzersicht berücksichtigt (s. Abs. 9.2.1). Es werden nur Investitionen einbezogen, die maßgeblich für die Wärmeversorgung sind und zu Unterschieden zwischen den Varianten führen.

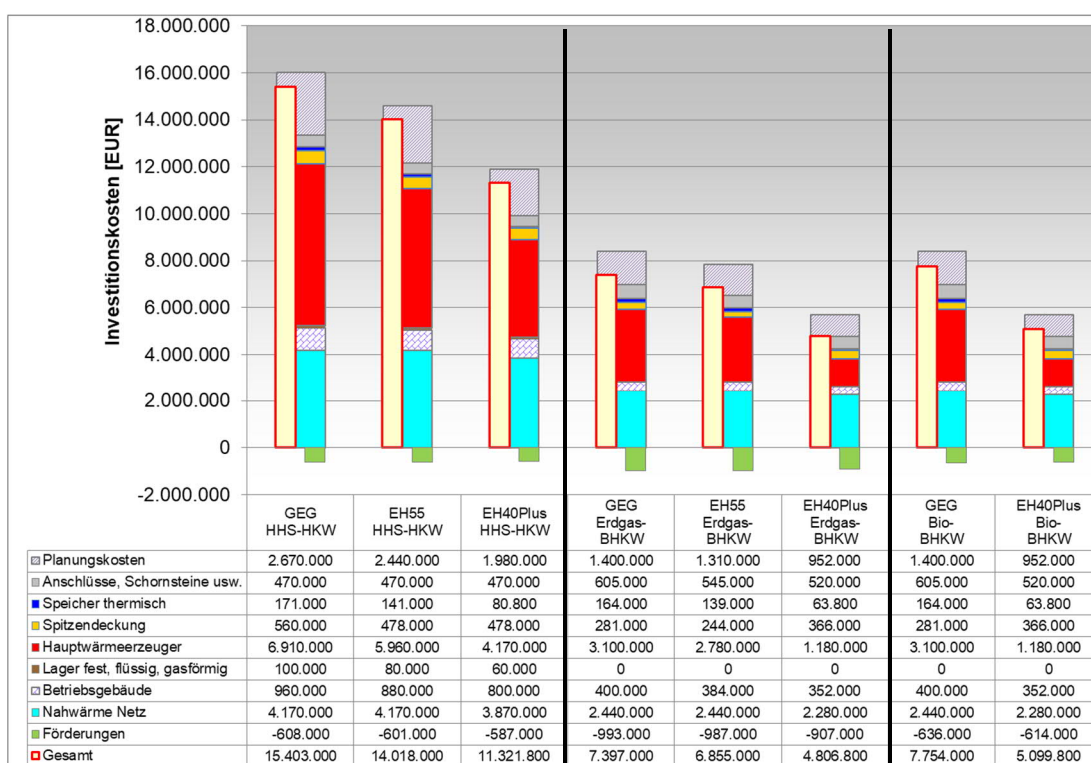


Abb. 25: Investitionskosten der warmen Nahwärmevarianten

In der Variante „kalte Nahwärme“ wird davon ausgegangen, dass der Nahwärmenetzbetreiber auch die dezentralen Wärmepumpen kauft und betreibt, damit ein optimaler Betrieb und damit maximale Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen erreicht werden. Für diese Investitionen wird ein Baukostenzuschuss beim Nutzer erhoben, siehe Abb. 26.

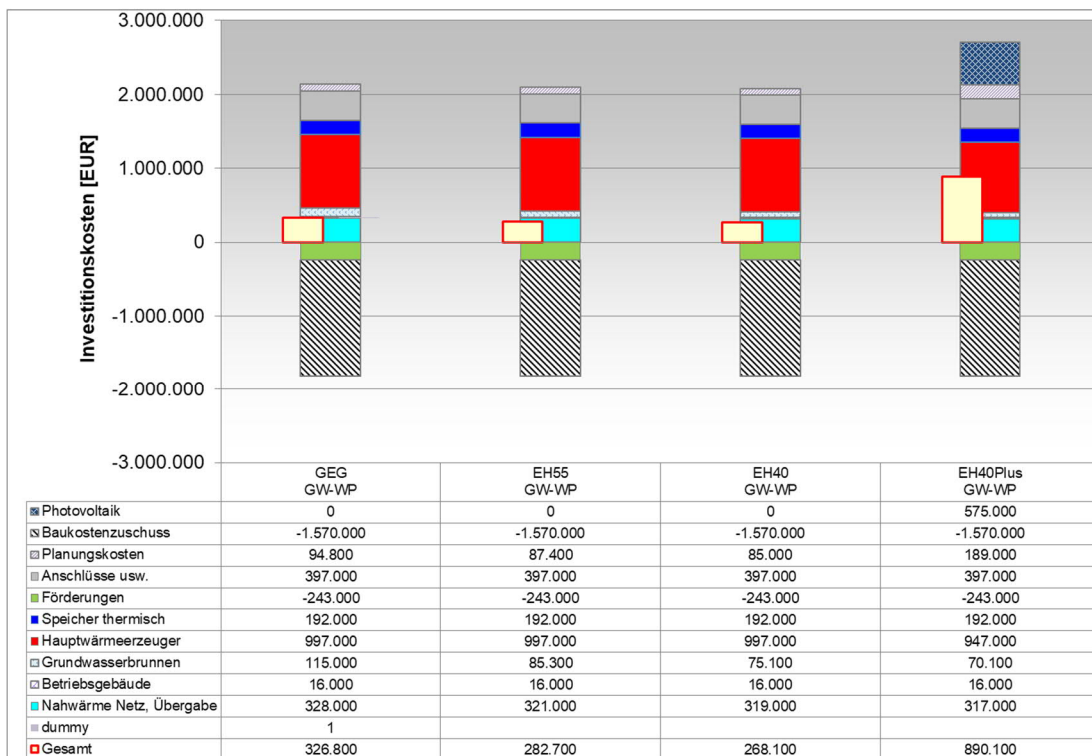


Abb. 26: Investitionskosten der kalten Nahwärmevariante

8.4.4 Gestehungspreise Nahwärme

Die Ermittlung des **Wärmepreises** erfolgt in Anlehnung an die Annuitätenmethode nach VDI 2067. Danach werden grundsätzlich folgende Kosten berücksichtigt:

- kapitalgebundene Kosten (Investitionen),
- bedarfsgebundene Kosten (Energiebezug, siehe Tarife in Tab. 18)
- betriebsgebundene Kosten (Wartung und Instandhaltung in Anlehnung an VDI 2067 oder ggf. eigene Schätzung).

Tab. 18: Übersicht der berücksichtigten Tarife zum Energiebezug aus Betreibersicht, netto

	Tarif GP	Tarif AP	Quelle
Netzentgelte Erdgas	360 EUR/a	10,9 EUR/MWh	Preisblatt Entgelte für den Netzzugang, Stand 28.12.2020
Erdgastarif (Hi) für Heizzentralen (inkl. Steuern, CO ₂ -Preis von 2025, Konzessionsabgabe)	0	45,3 EUR/MWh	Stadtwerke Rüsselsheim, Stand Sept. 2021
Holzhackschnitzel	0	21,4 EUR/MWh	[Carmen eV] Stand Sept. 2021
Stromtarif Wärmepumpen	100 EUR/a	185,7 EUR/MWh	Tarif Mittelwert 3 Anbieter Verivox, Stand Sept. 2021



Folgende Erlöse und zusätzliche Kosten wurden ebenfalls in den Wärmepreis einkalkuliert:

- Reduktion der Investitionskosten die Förderung des Wärmenetzes und der Hausanschlüsse gemäß Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) bzw. dem Programm „Erneuerbare Energien Premium“ der KfW.
- Erlöse durch die Vergütung des eingespeisten Stroms gemäß KWKG.
- CO₂-Preis von 55 EUR/t, wie für 2025 vorgesehen.
- Ein Gewinn-/ Risikozuschlag des Betreibers auf die Summe aller Kosten und Erlöse in Höhe von 7 %.

Weitere verwendete Kennzahlen:

- Energiepreissteigerungen
 - Brennstoffe: 3,5 % p.a.
 - Strom: 3,5 % p.a.
- Allgemeine Teuerung: 1,5 % p.a.
- Kalkulationszins: 3,0 % p.a.
- Betrachtungszeitraum: 15 Jahre

Aus der Bedingung, dass die Differenz der annuitätischen Kosten und Erlöse gerade ausgeglichen wird und der Betrieb der Wärmeversorgung somit wirtschaftlich möglich wäre, ergeben sich für die Nahwärmeversorgung die in Abb. 27 dargestellten Wärmepreise.

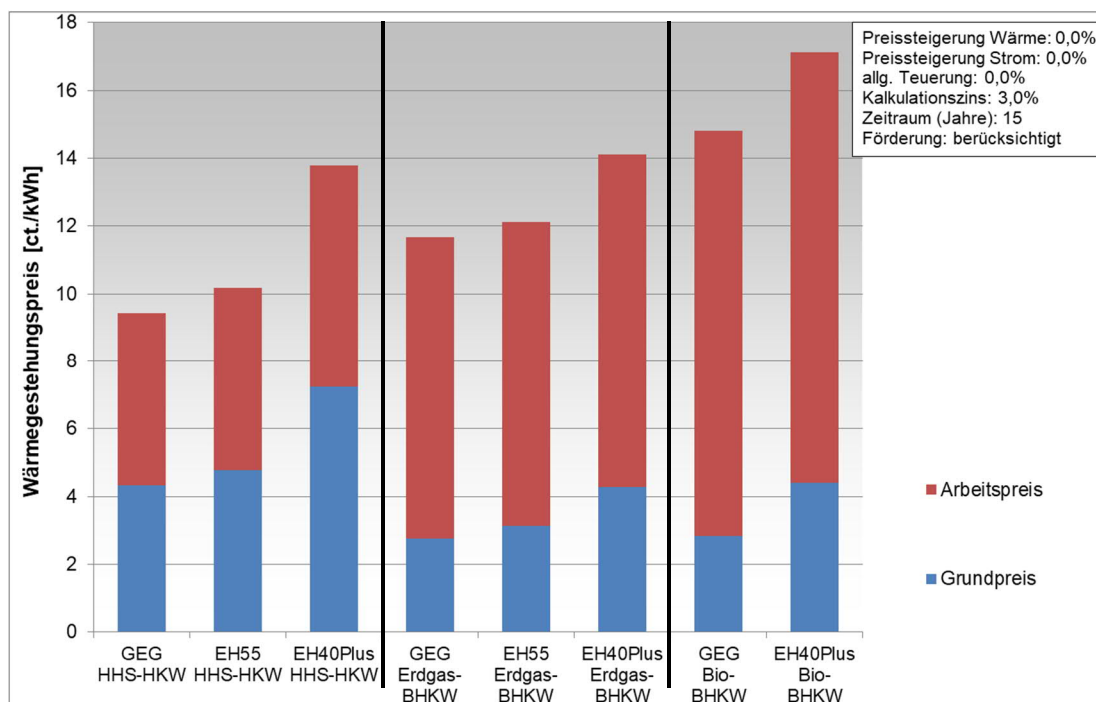


Abb. 27: Wärmepreis der warmen Nahwärmevarianten, ohne Preissteigerungen

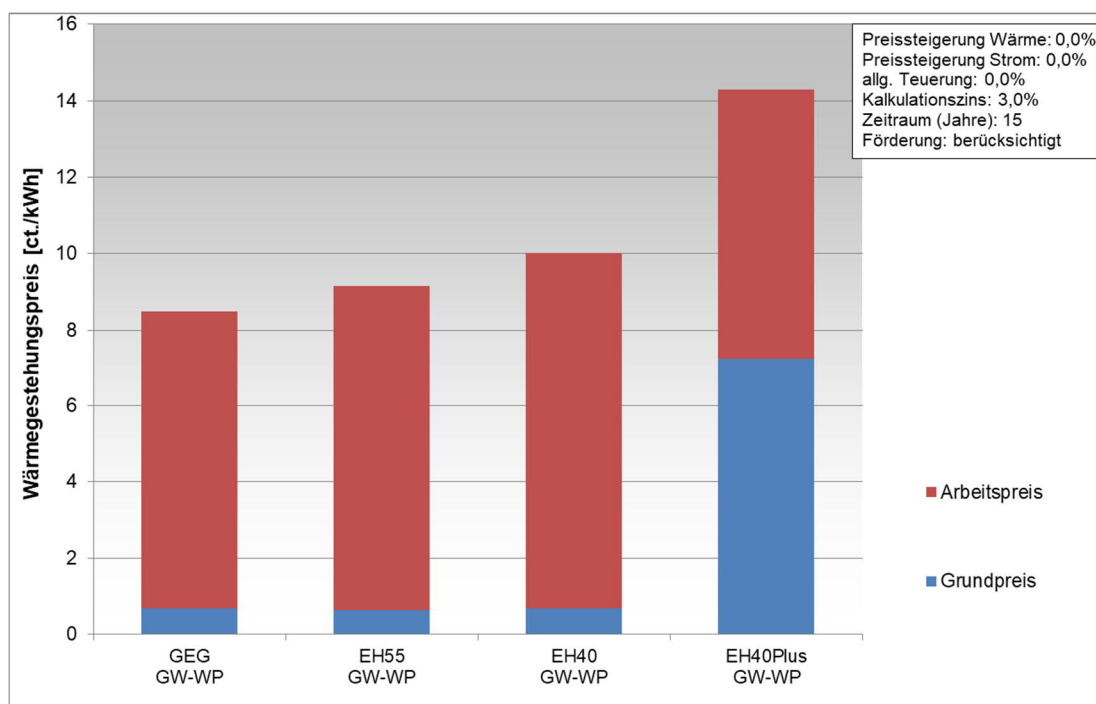


Abb. 28: Wärmepreis der kalten Nahwärmevariante, ohne Preissteigerungen

Ergebnisse Wärmepreis:

Im warmen Nahwärmenetz ist der Wärmepreis der Variante mit Holzheizkraftwerk am geringsten. Der Wärmepreis in der Erdgas-BHKW-Variante liegt in den Effizienz-



hausstandards GEG bis EH40 etwa 20% höher, im Effizienzhausstandard EH40Plus etwa gleich hoch. Der Wärmepreis in der Biomethan-BHKW-Variante liegt im GEG-Mindeststandard etwa 55% höher und im Effizienzhausstandard EH40Plus 25% höher.

Im kalten Nahwärmenetz liegt der Wärmepreis in den Effizienzhausstandards GEG bis EH40 etwa 10-15% unter dem der warmen Nahwärme mit Holzheizkraftwerk, im Effizienzhausstandard EH40Plus etwa 5% höher.

Anmerkung: Der Wärmepreis der kalten Nahwärme ist nicht direkt vergleichbar mit dem der warmen Nahwärme. Dieser kann erst bei der Betrachtung der Nutzersicht abschließend ausgewertet werden.

8.4.5 CO₂-Emissionen Nahwärme

In der warmen Nahwärmeversorgung ist die Variante mit Holzheizkraftwerk die mit den geringsten CO₂-Emissionsfaktoren um 75 kg/kWh. Diese liegen in der Variante mit Erdgas-BHKW ca. 70-90% höher, in der Variante mit Biomethan-BHKW 20-30% höher, in der Variante kalte Nahwärme ca. 45% höher.

8.4.6 Ergebnisse Nahwärmeversorgung

Da die warme Nahwärme-Variante mit Holzheizkraftwerk die niedrigsten Wärmepreise erzielt, die niedrigsten CO₂-Emissionsfaktoren aufweist und darüber hinaus überwiegend mit dem erneuerbaren Energieträger Holz auskommt, wird für den Vergleich der möglichen Versorgungsvarianten in der Nutzersicht diese warme Nahwärmevariante herangezogen und mit der kalten Nahwärme sowie den ausgewählten dezentralen Versorgungsmöglichkeiten verglichen.

9 Wärmeversorgungsvarianten aus Nutzersicht

Aus Sicht des Gebäudenutzers, Investors oder Bauherrn stehen dezentrale, d. h. im Gebäude betriebene Wärmeversorgungsarten in Konkurrenz zu einer zentralen Versorgung über ein Nahwärmenetz. Ziel ist es, dezentrale und zentrale Versorgungssysteme vergleichbar zu bewerten. Da bei der Bewertung auch der Energiestandard eine Rolle spielt, werden gleichzeitig unterschiedliche Energiestandards betrachtet.

Die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Versorgungssysteme in Abhängigkeit von den gewählten Energiestandards wird anhand der drei Mustergebäude aus Abschnitt 6.1.3 errechnet (Einfamilienhaus, Reihenhaushaus, Mehrfamilienhaus).

9.1 Wärmeversorgungsvarianten Nutzersicht

1. Gas-Brennwertanlage (Gas-K.)

GEG: Gas-Brennwertanlage + Zusatzmaßnahmen: Hülle wie EH55 und Lüftungsanlage mit WRG

EH55: Gas-Brennwertanlage + Solarthermie + Zusatzmaßnahmen: Hülle wie EH40 und Lüftungsanlage mit WRG

Diese Versorgungsvariante besteht aus einem Gaskessel bzw. einer Gastherme, ggf. einer solarthermischen Anlage zur Trinkwarmwasser (TWW)-Bereitstellung (ca. 50% des TWW-Bedarfs). Das TWW wird über einen Heizungspufferspeicher mit Frischwasserstation bereitgestellt.

Aufgrund des geringen regenerativen Anteils der Wärmeversorgung kann nur der Mindeststandard nach GEG und der EH55 erreicht werden und das nur mit den Zusatzmaßnahmen: Solarthermie, Hülle wie EH40 und Lüftungsanlage mit WRG.

2. Holzpelletkessel (Pellets)

Diese Versorgungsvariante umfasst einen Holzpelletkessel mit Pelletlager, einen Pufferspeicher und eine Frischwasserstation für die TWW-Bereitstellung.

In dieser Versorgungsvariante wäre der Einsatz einer Solarthermieanlage zur TWW-Bereitstellung im Sommer sinnvoll um Holzpellets zu sparen und um den Jahres-Nutzungsgrad des Holzpelletkessels zu erhöhen. Dies wurde jedoch nicht berücksichtigt, da in den überwiegenden Fällen keine Solarthermieanlage eingesetzt wird.



3. Elektrische Wärmepumpe, Wärmequelle Außenluft (*Luft-WP*)

Diese Versorgungsvariante umfasst eine Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Außenluft-einheit, einen Heizungspufferspeicher sowie für die Trinkwarmwasser-Bereitstellung im Einfamilienhaus einen Pufferspeicher und Frischwasserstation. Für die Trinkwarmwasser-Bereitstellung im Mehrfamilienhaus einen Pufferspeicher und wohnungsweise Übergabestationen mit Frischwasserstationen.

4. Anschluss an die Nahwärme (*Nahw.Holz*)

Das Mehrfamilienhaus erhält einen Nahwärmeanschluss mit Übergabestation einen Pufferspeicher und eine Frischwasserstation.

Das Einfamilienhaus erhält einen Nahwärmeanschluss mit Übergabestation, einen Trinkwarmwasser-Speicher, um den Leistungsbedarf gering zu halten.

5. Anschluss an die kalte Nahwärme (*Nahw.kalt*)

Das Mehrfamilienhaus erhält einen Nahwärmeanschluss, eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe, einen Heizungspufferspeicher sowie einen Pufferspeicher für Trinkwarmwasser-Bereitung und wohnungsweise Übergabestationen mit Frischwasserstationen.

Das Einfamilienhaus erhält einen Nahwärmeanschluss, eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe, einen Pufferspeicher und Frischwasserstation.

9.2 Berechnung Wärmeversorgung der Mustergebäude aus Nutzersicht

9.2.1 Investitionen

Alle Investitionen sind Schätzungen auf Basis von einschlägigen Quellen bzw. Erfahrungswerten der ebök GmbH (Stand September 2021) und stellen daher keine Grundlage für eine Fachplanung dar. Es werden nur für die Wärmeversorgung relevante Investitionen einbezogen, die zu Unterschieden zwischen den Varianten führen. Im Detail werden berücksichtigt:

- **Zusätzliche Investitionen für einen verbesserten Dämmstandard der Gebäudehülle** gegenüber den gesetzlichen Anforderungen nach GEG. Dazu gehören zusätzliche Investitionen für die Dämmung (Wände, Boden, Decke), Fenster und die Planungsmehrkosten zur Erreichung des höherwertigen Energiestandards.
- **Zusätzliche Investitionen für eine energetisch verbesserte technische Gebäudeausrüstung** gegenüber der als „Grundausstattung“ bei allen

Varianten angenommenen Ausrüstung. Beispielsweise die Zusatzinvestition einer kontrollierten Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung an Stelle einer Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung.

- **Investitionen für die Komponenten zur Wärmeerzeugung** (bis zur Übergabe an die gebäudeinterne Verteilung). Dazu gehören unter anderem der Heizraum inkl. Anlagentechnik, wie Erzeugungsanlagen oder Übergabestationen sowie die Anlagen zur Erschließung erneuerbarer Energiequellen.

In Abb. 29 und Abb. 30 werden zunächst die Investitionskosten anhand des Effizienzhausstandards EH55 erläutert. Hier kann gezeigt werden, wie die Versorgungssysteme im Verhältnis zueinander stehen. In Abb. 31, Abb. 32 und Abb. 33 werden die Investitionskosten für alle Energiestandards gezeigt, so kann die Veränderung von Energiestandard zu Energiestandard gezeigt werden.

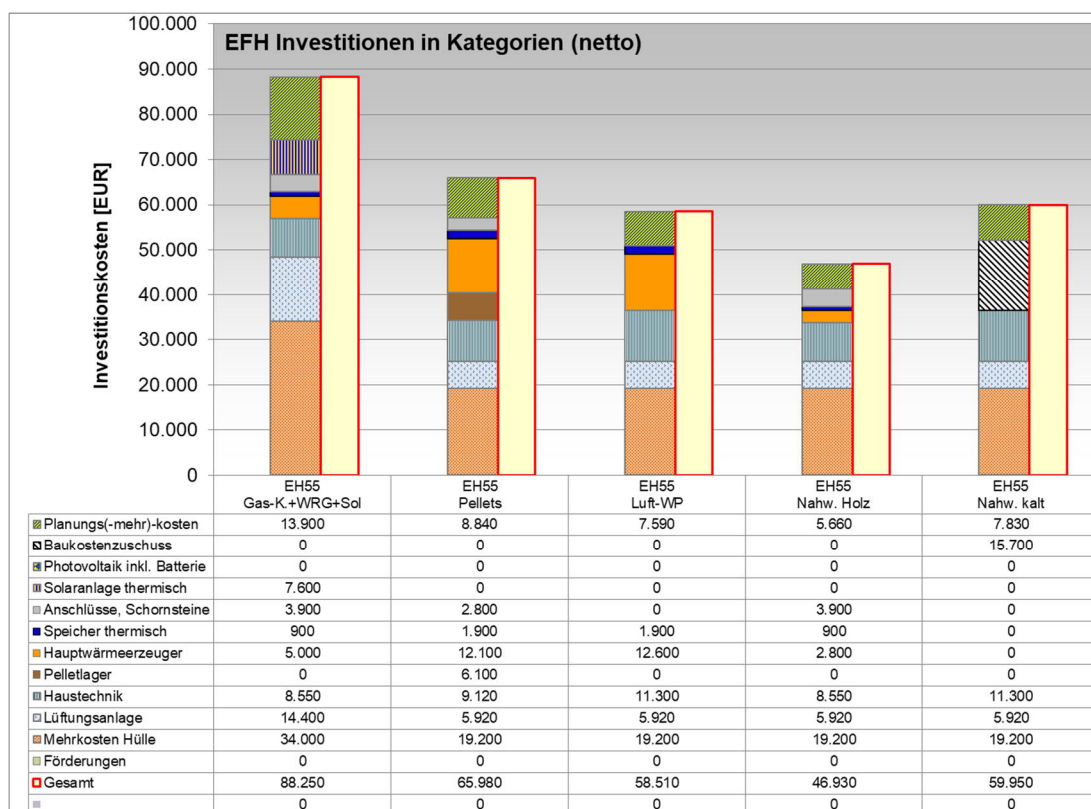


Abb. 29: Investitionskosten des Muster-Einfamilienhauses, nur EH55

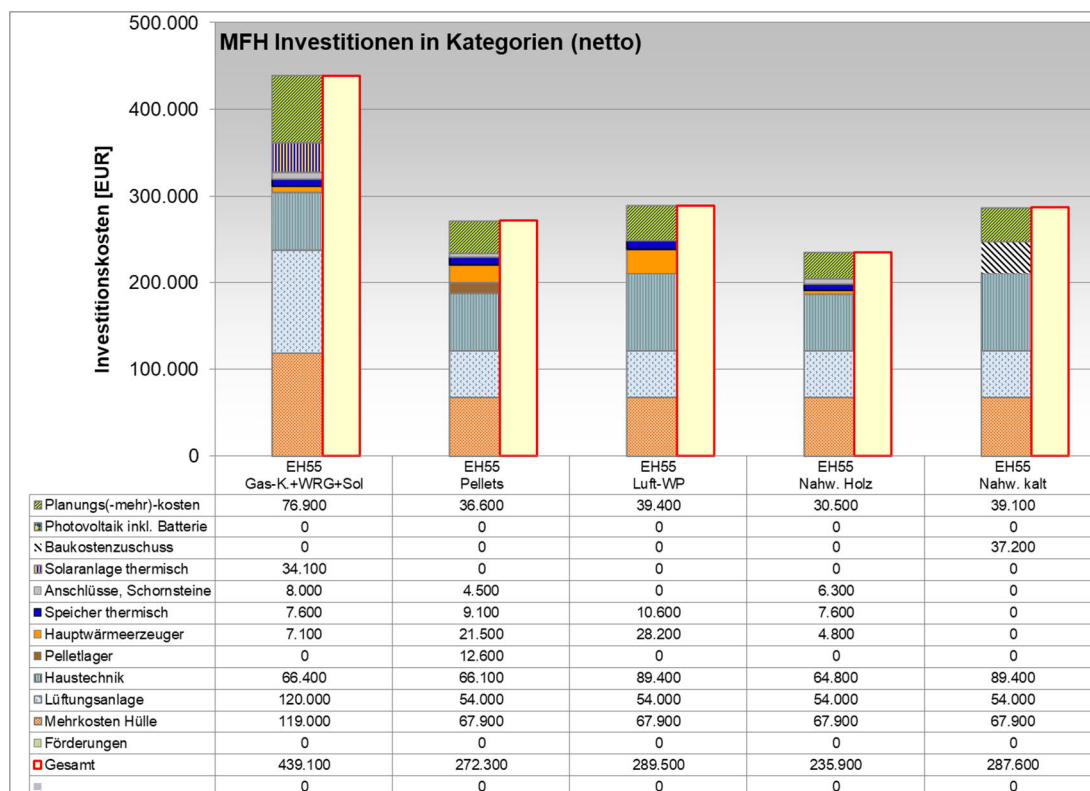


Abb. 30: Investitionskosten des Muster-Mehrfamilienhauses, nur EH55

Ergebnisse Vergleich Wärmeversorgungssysteme:

- Die höchsten Gesamtinvestitionen hat die Variante mit Gastherme/-kessel, aufgrund der für das Erreichen des Effizienzhausstandards EH55 notwendigen Zusatzmaßnahmen, wie Hülle wie für EH40, Lüftungsanlage mit WRG und Solarthermie („Mehrkosten Hülle“ - orange, „Lüftungsanlage“ - hellblau kariert).
- Die geringsten Investitionskosten hat die Variante Nahwärmeversorgung.
- Die Varianten Luft-Wärmepumpe und kalte Nahwärme haben ähnliche Investitionskosten, da über einen Baukostenzuschuss (schwarz-weiß schraffiert) die Investitionen für Wärmepumpen und Speicher sowie Hausanschlusskosten an die Nutzer weitergegeben wird.
- Die Variante Holzpellets hat im Mehrfamilienhaus im Gegensatz zum Einfamilienhaus relativ zu den anderen Varianten geringere Investitionen aufgrund von Skalierungseffekten.

Die Abb. 31, Abb. 32 und Abb. 33 zeigen die berücksichtigten Investitionskosten der untersuchten Wärmeversorgungsvarianten für den Mindestenergiestandard nach GEG (linke Varianten), den EH55, EH40 und den EH40Plus (rechte Varianten).

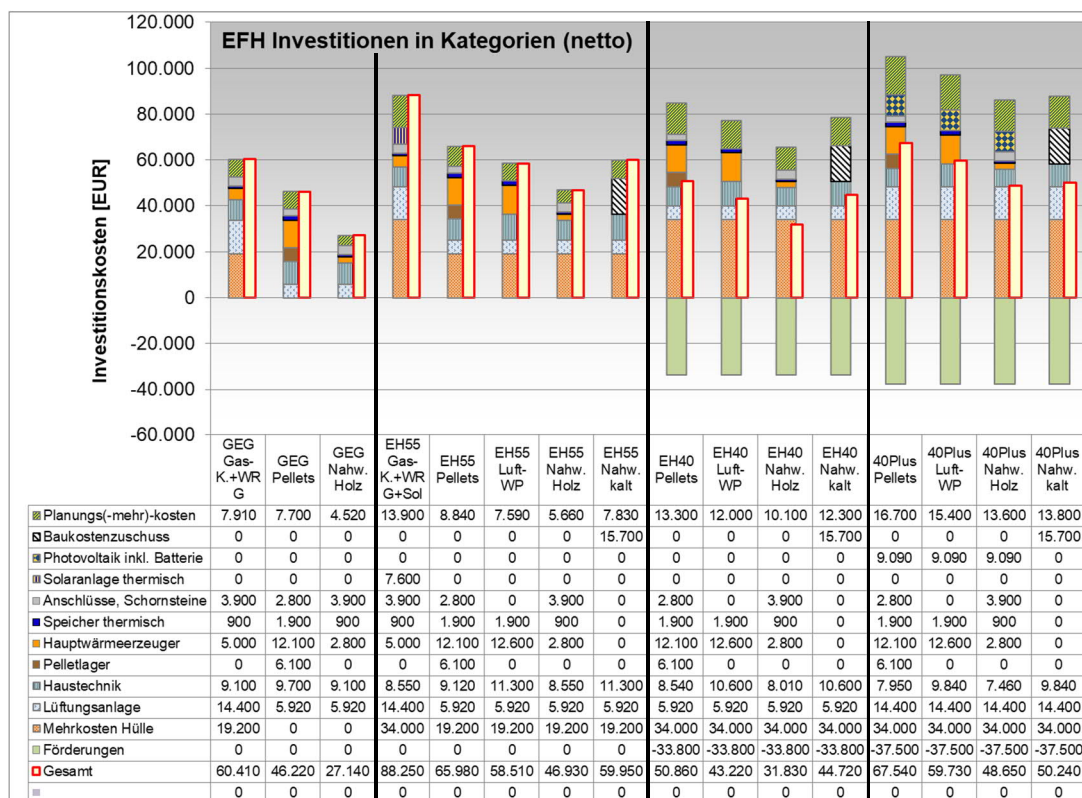


Abb. 31: Investitionskosten des Muster-Einfamilienhauses, alle Energiestandards

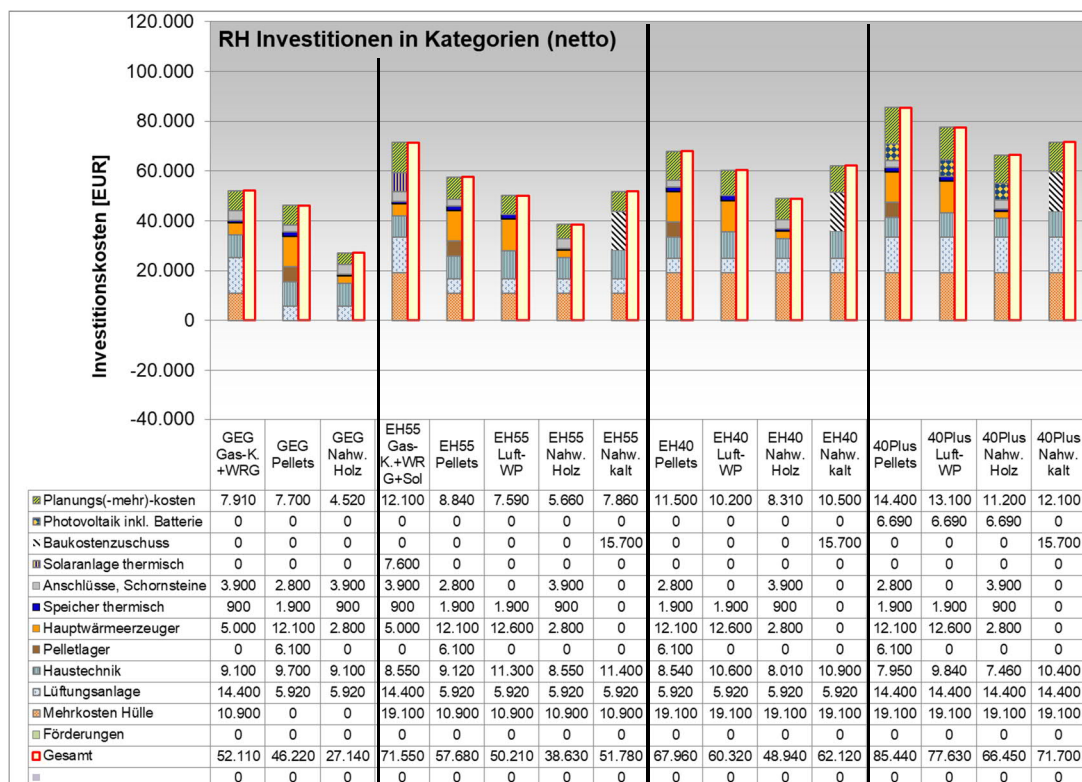


Abb. 32: Investitionskosten des Muster-Reihenhauses, alle Energiestandards

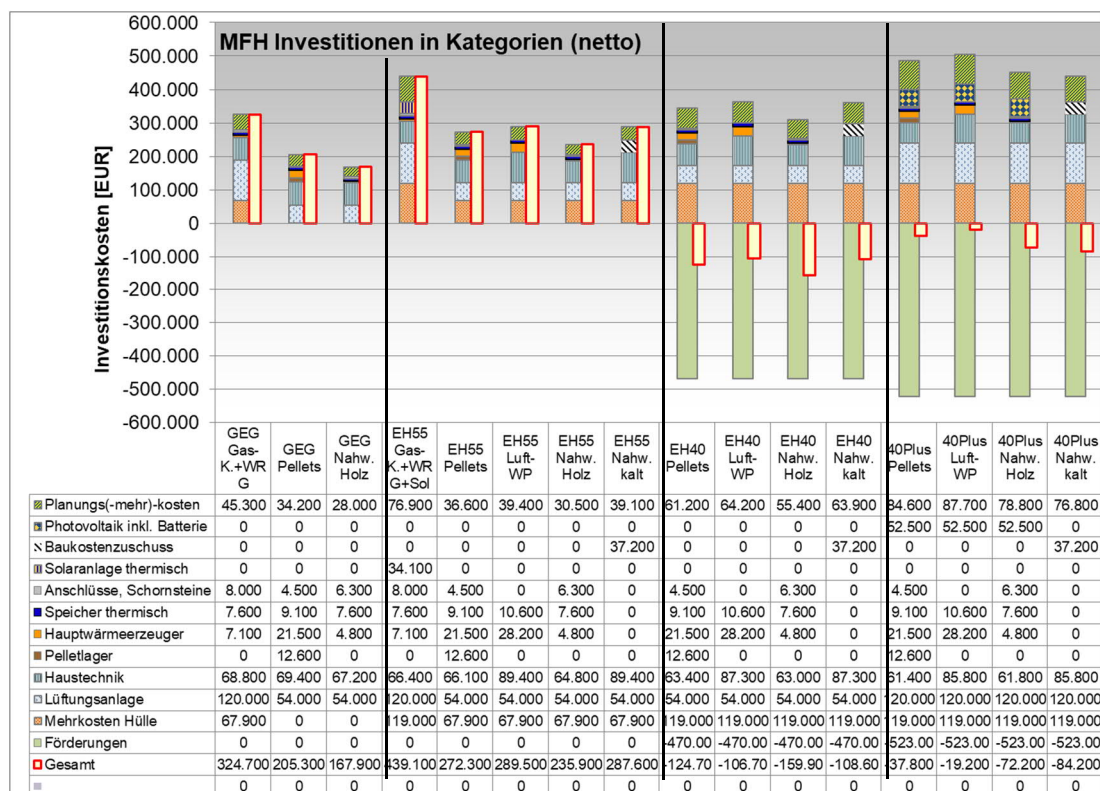


Abb. 33: Investitionskosten des Muster-Mehrfamilienhaus, alle Energiestandards

Ergebnisse Energiestandard:

Einfamilien-/ Reihenhaus: Die Investitionskosten für die Varianten im GEG-Mindeststandard liegen niedriger als die für die Varianten im Effizienzhausstandard EH55.

Ohne Förderungen liegen die energiebedingten Investitionskosten im EH 40 im EFH 30-40% höher als EH55, im RH 20-25% höher. Im EH40Plus liegen sie im EFH 50-80% höher als EH55, im RH 40-70% höher. (Summe der Stapelbalken).

Unter Berücksichtigung der BEG – Bundesförderung Effiziente Gebäude – ist der EH40 der Standard mit den geringsten energiebedingten Investitionskosten, gefolgt von EH40Plus (gelbe Summen-Balken). Der EH55 wird seit Februar 2022 nicht mehr gefördert.

Mehrfamilienhaus: Die BEG-Förderung überkompensiert die zur Erreichung des Energiestandards angesetzten energetischen Mehrkosten.

9.2.2 Wirtschaftlichkeit

Die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit erfolgt nach der Annuitätenmethode gemäß [VDI 2067]. Neben kapitalgebundenen Kosten durch Investitionen (siehe vorheriger

Abschnitt), bedarfsgebundenen Kosten durch den Bezug der Energieträger (siehe Tarife in Tab. 19) und betriebsgebundenen Kosten durch Wartung und Instandhaltung (nach VDI 2067 oder eigene Schätzung) wurden folgende sonstige Kosten und Erlöse in die Annuitäten einkalkuliert:

- Reduktion der investiven Kosten durch mögliche Zuschüsse aus dem BEG,
- zusätzliche Kosten durch eine CO₂-Bepreisung von 55 EUR/t sowie
- Erlöse durch die Vergütung des eingespeisten PV-Stroms gemäß EEG.

Darüber hinaus werden folgende Eingangsgrößen angesetzt.

- Energiepreissteigerungen
 - Brennstoffe: 3,0 % p.a.
 - Strom: 3,0 % p.a.
- Allgemeine Teuerung: 2,0 % p.a.
- Kalkulationszins: 3,0 % p.a.
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

Tab. 19: Übersicht der berücksichtigten Tarife zum Energiebezug aus Nutzersicht, netto

Energieträger	Tarif	Quelle
Erdgas	GP: 176,5 EUR/a AP: 4,2 ct./kWh (Hi)	Stadtwerke Rüsselsheim, Stand 2021
Holzpellets	47,9 EUR/MWh	[Carmen eV]
Stromtarif Wärmepumpe	GP: 99,8 EUR/a AP: 18,6 ct./kWh	Wärmepumpentarif Rüsselsheim, Stand 2021
Stromtarif allgemein	Mischpreis: 22 ct/kWh	eigene Annahme

Die Ergebnisse sind in Abb. 34, Abb. 32 und Abb. 36 zunächst nur für den EH55 dargestellt, um beispielhaft die Unterschiede zwischen den Versorgungsvarianten zu erläutern. In Abb. 37, Abb. 38 und Abb. 39 werden alle berechneten Varianten gezeigt, um die Unterschiede zwischen den Gebäudeenergiestandards zu aufzuzeigen.

Alle Diagramme zeigen die jährlichen Kosten bezogen auf eine Wohneinheit (WE).

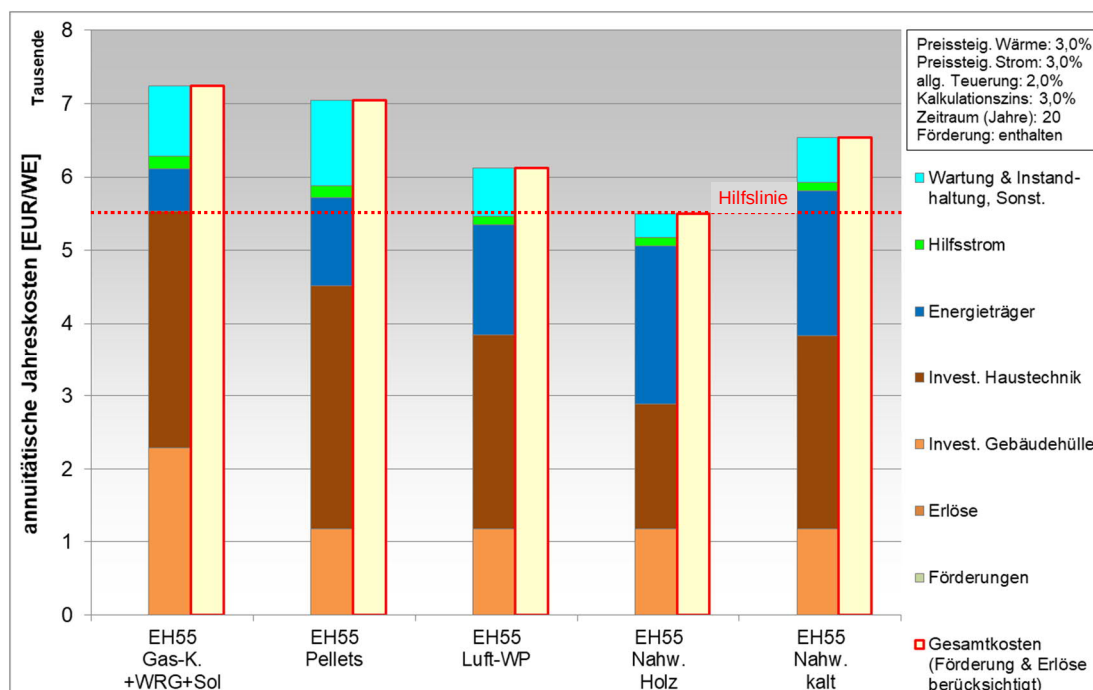


Abb. 34: annuitätische Jahreskosten je Wohneinheit für das Muster-Einfamilienhaus, nur EH55

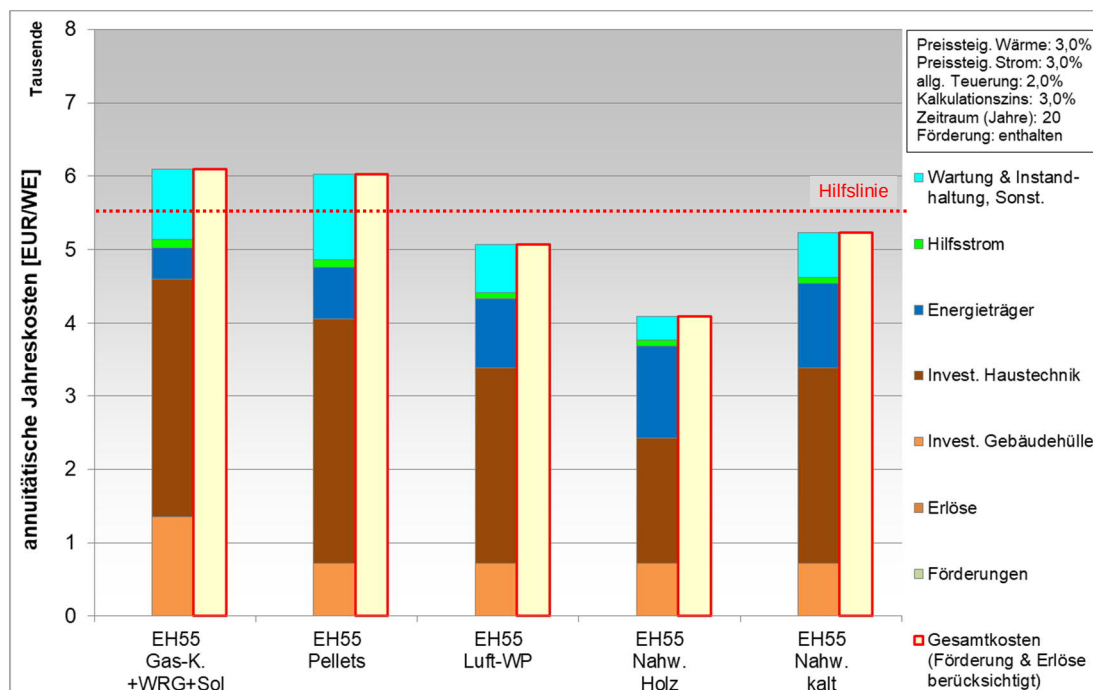


Abb. 35: annuitätische Jahreskosten je Wohneinheit für das Muster-Reihenhaus, nur EH55

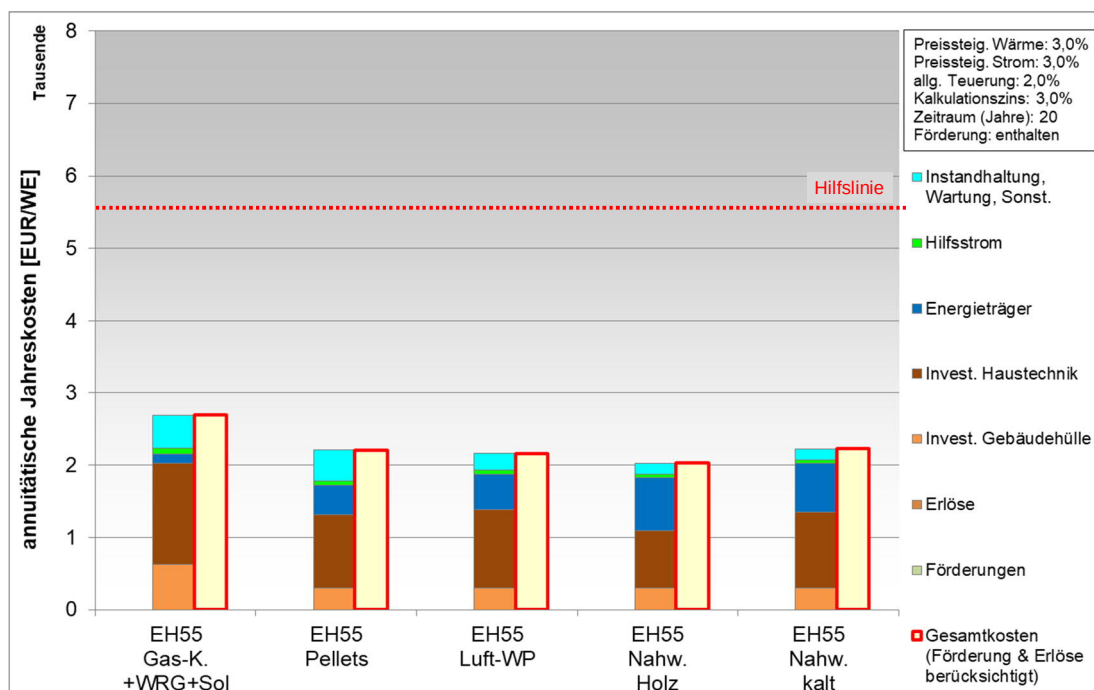


Abb. 36: annuitätische Jahreskosten je Wohneinheit für das Muster-Mehrfamilienhaus, nur EH55

Ergebnisse Wärmeversorgungsvarianten Einfamilien- und Reihenhaus:

Die annuitätischen Jahreskosten der beiden Varianten Gastherme und Pellets liegen in ähnlicher Größenordnung gefolgt von den Varianten kalte Nahwärme und Luft-Wärmepumpe. Die geringsten jährlichen Kosten werden mit der Variante Nahwärme erzielt. Die Hilfslinie zeigt die jährlichen Kosten der Nahwärmevariante im Einfamilienhaus. Durch sie kann man gut erkennen, dass das Reihenhaus deutlich geringere jährliche Kosten aufweist als das Einfamilienhaus, da die zu dämmende Hüllfläche kleiner ist und aufgrund des geringeren spezifischen Energiebedarfs auch geringere Energiekosten erreicht werden.

Ergebnisse Wärmeversorgungsvarianten Mehrfamilienhaus:

Die annuitätischen Jahreskosten aller Varianten liegen in ähnlicher Größenordnung, nur die Gaskessel-Variante liegt aus denselben Gründen wie beim Reihenhaus etwas höher.

Die Kosten je Wohneinheit liegen im Mehrfamilienhaus nochmals deutlich unter denen der Einfamilienhäuser.

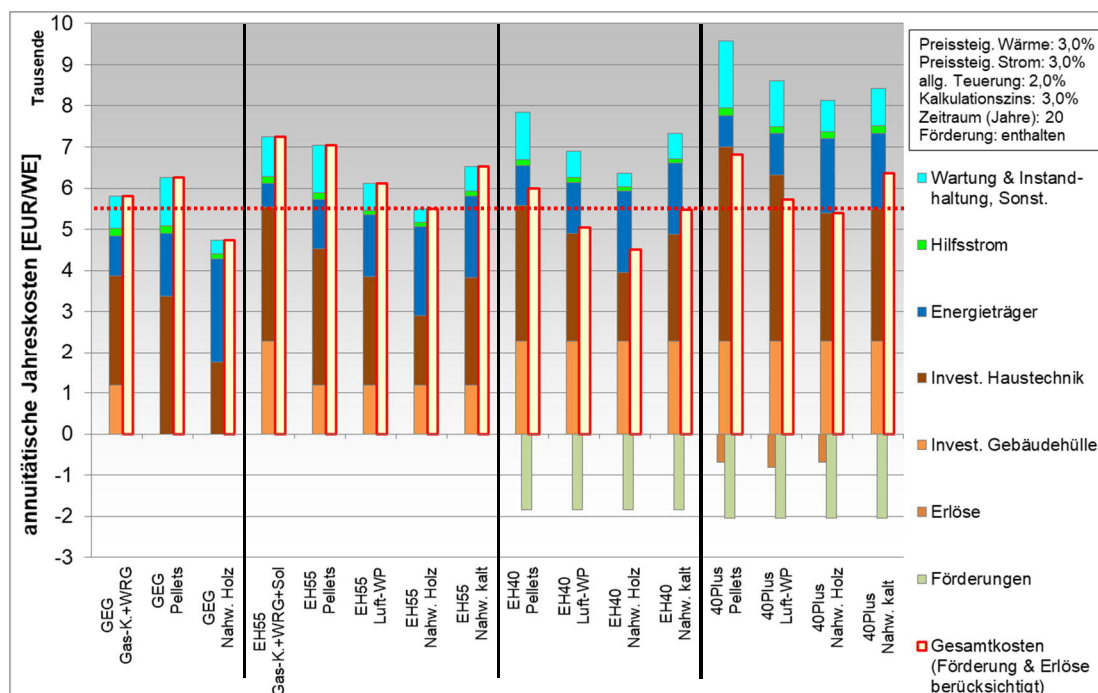


Abb. 37: annuitätische Jahreskosten des Muster-Einfamilienhauses, alle Energiestandards

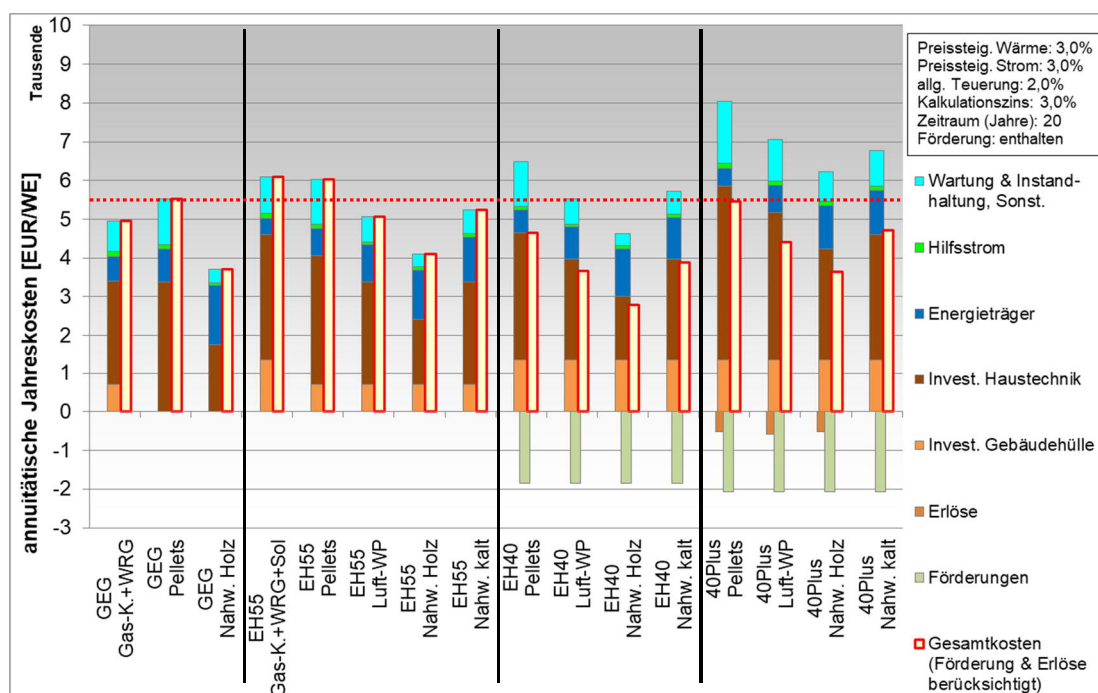


Abb. 38: annuitätische Jahreskosten des Muster-Reihenhauses, alle Energiestandards

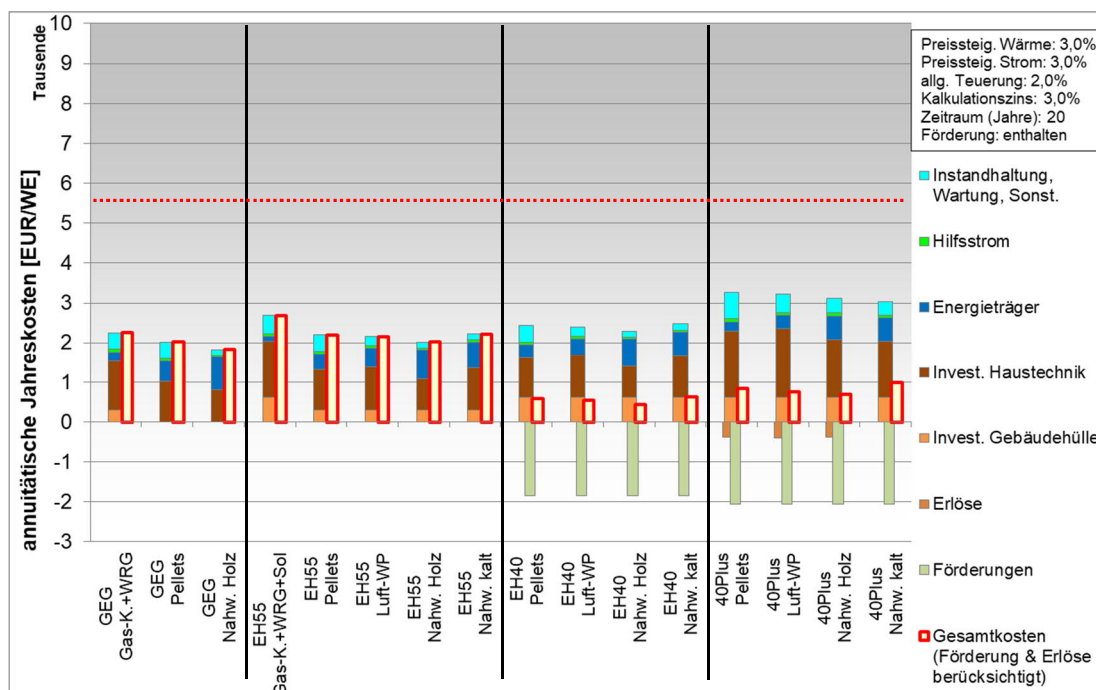


Abb. 39: annuitätische Jahreskosten des Muster-Mehrfamilienhauses, alle Energiestandards

Ergebnisse Energiestandards Einfamilien- und Reihenhaus:

Unter Berücksichtigung der BEG-Förderung für die Effizienzhausstandards EH40 und EH40 Plus liegen die annuitätischen Jahreskosten für den EH40 ca. 1.000 - 1.400 EUR/a und für den EH40Plus ca. 200-550 EUR/a niedriger als für den EH55 (gelbe Balken mit rotem Rahmen).

Ohne Förderung liegen die annuitätischen Jahreskosten für den EH40 ca. 450 - 800 EUR/a und für den EH40Plus ca. 1.500 -1.800 EUR/a höher als für den EH55 (Summe der Stapelbalken).

Ergebnisse Energiestandards Mehrfamilienhaus:

Unter Berücksichtigung der BEG-Förderung für die Effizienzhausstandards EH40 und EH40 Plus liegen die annuitätischen Jahreskosten für den EH40 und den EH40Plus etwa 1.500 EUR/(WE*a) niedriger als für den EH55 (gelbe Balken mit rotem Rahmen).

Ohne Förderung liegen die annuitätischen Jahreskosten für den EH40 ca. 250 EUR/(WE*a) und für den EH40Plus ca. 700 EUR/(WE*a) höher als für den EH55 (Summe der Stapelbalken).

9.2.3 Umweltwirkung

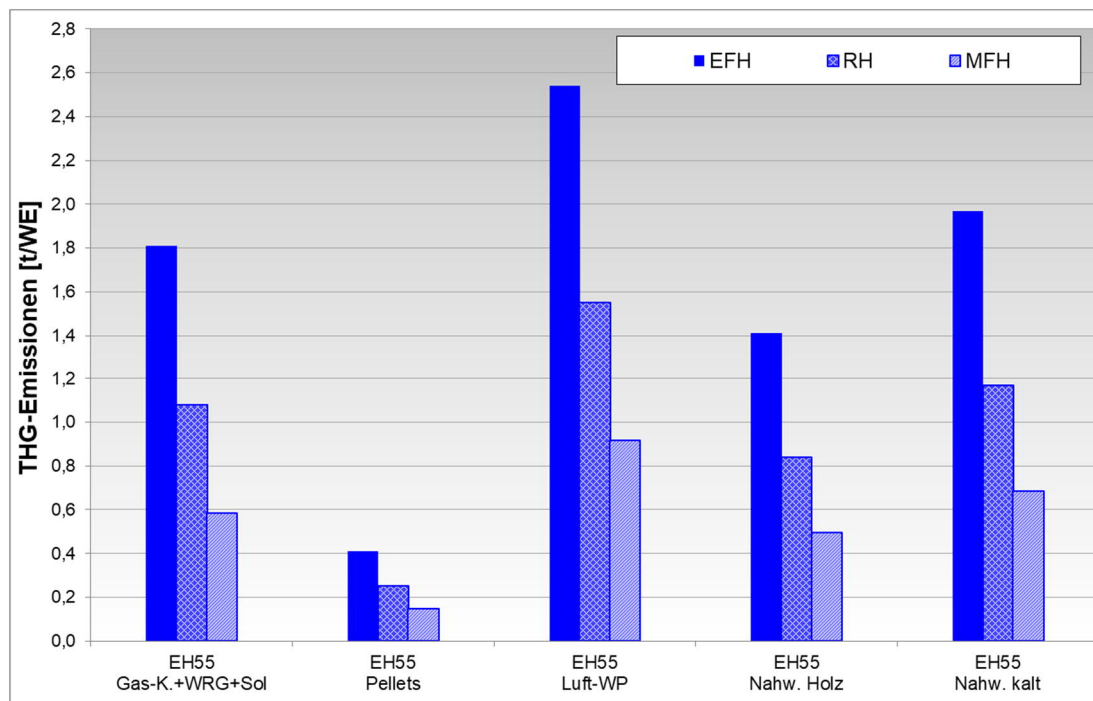


Abb. 40: CO₂-Emissionen der Mustergebäude, nur EH55

Ergebnisse Wärmeversorgungsvarianten:

Die dezentrale Variante mit Pellets hat für alle Mustergebäude die niedrigsten CO₂-Emissionen, gefolgt von der zentralen Variante mit Holzheizkraftwerk und der zentralen Variante mit kalter Nahwärme. Die dezentrale Variante mit Luft-Wärmepumpe bildet das Schlusslicht. Die CO₂-Emissionen der Referenzvariante mit Gas-Kessel, Solarthermieanlage und Wärmerückgewinnung liegen zwischen denen der Nahwärme mit Holzheizkraftwerk und der kalten Nahwärme – dies liegt darin begründet, dass der Energiebedarf in dieser Variante aufgrund der deutlich verbesserten Hülle auch deutlich niedriger liegt.

Beachten: Die CO₂-Emissionen des Strommixes (Energieträger für Wärmepumpen) werden sich voraussichtlich von derzeit 425 auf 270 g/kWh in 2030 (siehe [IINAS 2020]) um ca. 65% reduzieren. Dadurch verringern sich die CO₂-Emissionen der Varianten mit Wärmepumpe (Luft-WP und Kalte Nahwärme) automatisch.

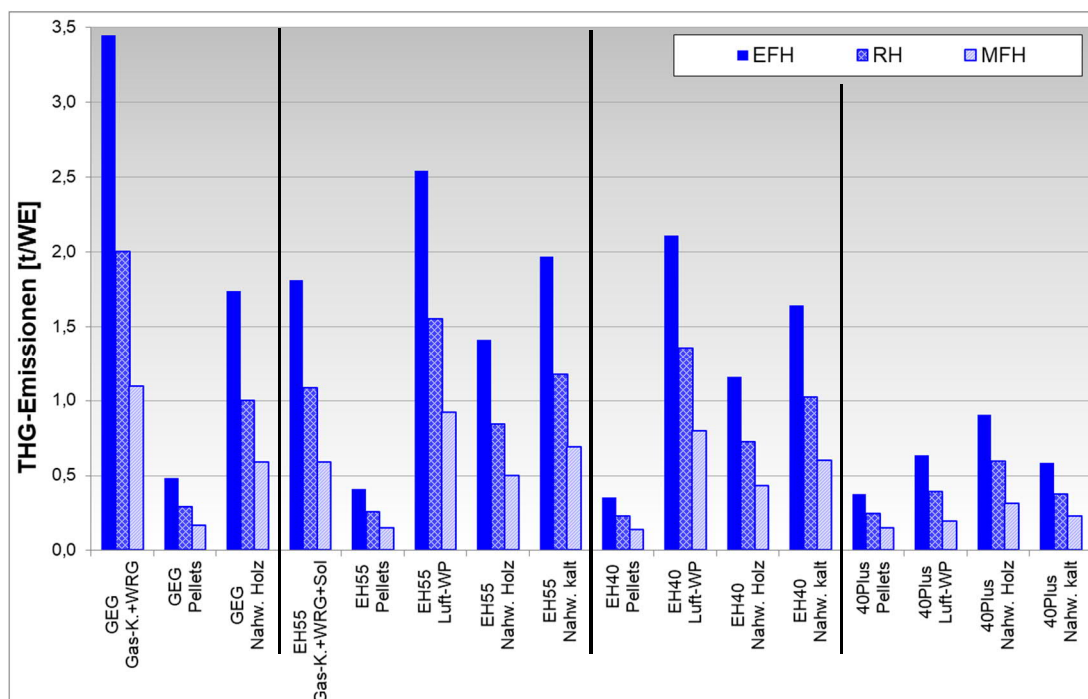


Abb. 41: CO₂-Emissionen der Mustergebäude, alle Effizienzhausstandards

Ergebnisse Energiestandards:

Die Verringerung der CO₂-Emissionen aufgrund verbesserter Effizienzhausstandards, wirkt sich stärker aus, je höher die Emissionen der jeweiligen Versorgungsvariante liegen. Bei der dezentralen Variante mit Holzpellets ist kaum eine Verringerung erkennbar, bei den übrigen Varianten jedoch schon. Eine Unregelmäßigkeit ist bei den Varianten mit Wärmepumpe im Effizienzhausstandard EH40Plus zu sehen. Hier kann mehr PV-Strom (Plus-Paket) genutzt und dadurch die Emissionen reduziert werden.

10 Energie- und Treibhausgasbilanzen

10.1 Strombilanz für das Gesamtgebiet

In Abb. 42 ist der abgeschätzte Strombedarf in den beiden Varianten Trend und Spar (blaue Balken) und das Potenzial der lokalen Stromerzeugung über PV und Holz-Heizkraftwerk (gelbe/ braune Balken) aufgetragen. Wird von einer Wärmeversorgung ohne Wärmepumpen ausgegangen (Wärmeversorgung basiert nicht auf Strom), kann **in der Jahresbilanz** in der Variante Spar etwa so viel Strom im Gebiet erzeugt werden, wie verbraucht wird. In der Variante Trend wird pro Jahr mehr als doppelt so viel Strom im Gebiet verbraucht als produziert werden kann.

Achtung: der im Sommer überschüssige PV-Strom, der in das Stromnetz eingespeist wird, steht im Winter streng genommen nicht mehr zur Deckung des Strombedarfs zur Verfügung. Im Winter wird der Netzstrom aus der dann vorliegenden Kraftwerks-Zusammensetzung mit den entsprechenden CO₂-Emissionen verbraucht. Daher stellt sich die Bilanz für die CO₂-Emissionen schlechter dar (siehe Abschnitt 10.2).



Abb. 42: Strombedarf und Potenzial Stromerzeugung im Gesamtgebiet

10.2 Treibhausgasbilanz für das Gesamtgebiet

In Abb. 43 ist die Treibhausgasbilanz dargestellt unter den folgenden Annahmen:

- Das Gebiet wird mit warmer Nahwärme mit Holz-Heizkraftwerk versorgt.
- Die Dachflächen werden, wie in Kap. 7.2.5 angegeben mit PV-Anlagen belegt.
- Der PV-Strom zur Eigenversorgung („PV-Eigenverbrauch“ in Abb. 43) wird auf die CO₂-Emissionen angerechnet. Der hauptsächlich im Sommer in das öffentliche Stromnetz eingespeiste PV-Strom wird im Bundes-Strommix bilanziert und daher nicht zusätzlich dem Baugebiet Eselswiese gutgeschrieben.
- In Abb. 43 ist der CO₂-Emissionsfaktor für Strom mit dem Wert von 2020 (425 g/kWh) angesetzt, Abb. 44 zeigt die Ergebnisse unter der Annahme des CO₂-Emissionsfaktors von 2050 (32 g/kWh).

Ergebnis:

Bei der angenommenen CO₂-armen Wärmeerzeugung - Nahwärme mit Holz-Heizkraftwerk, CO₂-Faktor: 73 kg/kWh - überwiegen deutlich die Emissionen aus dem Stromverbrauch (Nutzer-/Haushaltsstrom, E-Mobilität). Daher reduzieren sich die Gesamtemissionen von Effizienzhausstandard zu Effizienzhausstandard jeweils nur um 2%-3%. Von der Strom-Variante „Trend“ zu „Spar“ ergibt sich eine Reduktion von ca. 45%. Dies verdeutlicht, wie wichtig Maßnahmen zur Strom-einsparung sind.

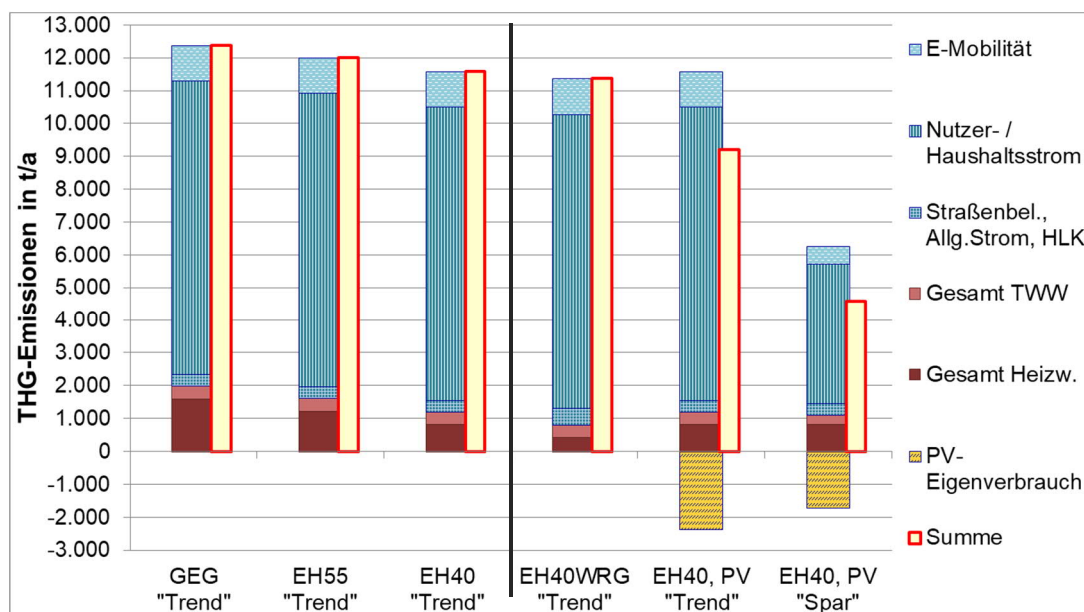


Abb. 43: Treibhausgasbilanz Gesamtgebiet, CO₂-Faktor Strom 2020

In Abb. 44 ist zu sehen, wie die Treibhausgasbilanz im Jahr 2050 aussehen wird, wenn der Bundesnetzstrom weitestgehend CO₂-neutral erzeugt wird, wie nach der Studie [IINAS 2020] prognostiziert. Es werden CO₂-Emissionen um 1.200 – 2.300 t/a in der Variante Spar und 1.600 – 2.800 t/a in der Variante Trend erwartet.

Diese können weiter reduziert werden, wenn der Erdgaseinsatz im Spitzenlastkessel zukünftig durch einen Erneuerbaren Energieträger ersetzt wird.

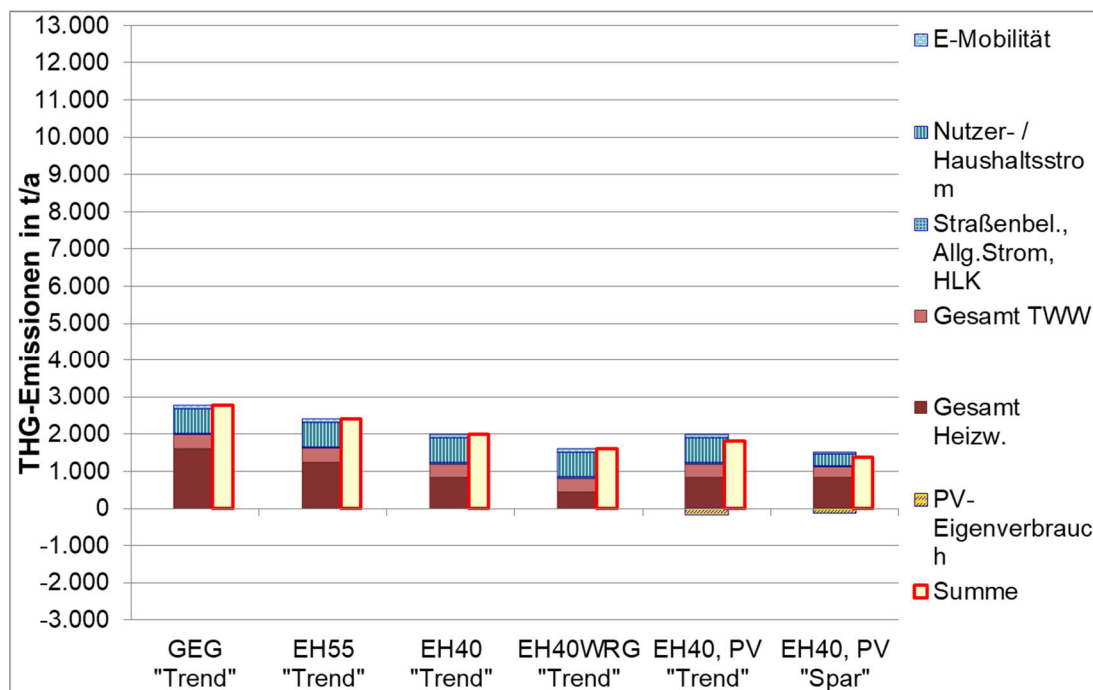


Abb. 44: Treibhausgasbilanz Gesamtgebiet, CO₂-Faktor Strom 2050

11 Ergebnisse/Empfehlungen

In Hinblick auf die Zielsetzung „klimaneutrales Gebiet“ empfehlen wir die folgenden Maßnahmen:

1. Erhöhung der städtebaulichen Dichte

Durch verdichtetes Wohnen wird ein ressourcenschonender Städtebau erreicht mit geringerem Landverbrauch, geringerem Energiebedarf und damit niedrigeren THG-emissionen. Freistehende Einfamilienhäuser sollten möglichst vermieden werden und stattdessen zumindest Doppelhäuser errichtet werden, besser Reihenhäuser oder Mehrfamilienhäuser.

Um die gleiche Personendichte zu erhalten, können mehr Erholungsflächen oder auch eine Solarthermie-Freiflächenanlage realisiert werden.

2. Minimierung des Heizenergiebedarfs

Der erste Schritt zur Reduktion von CO₂-Emissionen ist der, den Heizenergiebedarf auf ein Minimum zu reduzieren.

Ohne Förderungen weist der Effizienzhausstandards EH40 10-15% höhere jährliche Kosten auf als der EH55, der EH40Plus 30-50% höhere jährliche Kosten.

Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ist der Effizienzhausstandards EH40 wirtschaftlich günstiger als der gesetzliche Mindestenergiestandard nach Gebäudeenergiegesetz (GEG). Der Effizienzhausstandard EH40Plus verursacht tendenziell etwas höhere jährliche Kosten. Für den Effizienzhausstandard EH40Plus wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, PV-Anlage und Batteriespeicher verlangt.

Empfehlung:

- Städtische Flächen Mehrfamilienhäuser: EH40
- Städtische Flächen Einfamilien-/Reihenhäuser: EH40Plus
- Städtische Flächen Schule/Kitas: PH (ca. EG40 mit Lüftung mit WRG)
- Gewerbe: voraussichtlich keine Festlegung möglich
- Wohnungsbaugesellschaften: EH40
- private Flächen (Rückkäufer): keine Festlegung

Begründung EH40 / EH40Plus:

Mehrfamilienhäuser sind energieeffizienter als Einfamilienhäuser und müssen häufiger einem sozialen Anspruch gerecht werden (z.B. sozialer Wohnungsbau), daher hier Verzicht auf „Plus“.



Möglichkeiten der Umsetzung:

- bei städtischen Grundstücken über privatrechtliche Verträge,
- bei privaten Grundstücken von Wohnbaugesellschaften über Überzeugungsarbeit, Beratungsangebote, Festlegung über privatrechtliche Verträge
- bei privaten Einzeleigentümern ist keine Festlegung möglich, hier ist eine gute Öffentlichkeitsarbeit und Beratungsangebote notwendig.

3. Gebietszentrale Nahwärmeversorgung mit Holz-Heizkraftwerk

Die Nahwärmeversorgung mit einem Holz-Heizkraftwerk ist aus Nutzersicht eine wirtschaftliche Variante mit geringen THG-Emissionen.

Die Vorteile gegenüber einer dezentralen Wärmeversorgung sind:

- kein LKW-Verkehr im Gebiet für Pelletlieferungen,
- keine Geräuschemissionen durch Pelletlieferungen / Luft-Wärmepumpen,
- Möglichkeit, das Gebiet zentral auf einen klimafreundlicheren/ ressourcenschonenderen Wärmeträger oder eine effizientere Wärmetechnik umzustellen, sobald diese verfügbar sind.

Zur Schonung der Ressource Holz kann diese Nahwärmevariante gegebenenfalls ergänzt werden durch

- kaltes Nahwärmenetz mit Quelle Grundwasser für ein Teilgebiet mit überwiegender RH-Bebauung
- Abwärmenutzung aus Gewerbekühlung falls ausreichend vorhanden und wirtschaftlich nutzbar

Für die wirtschaftliche Realisierbarkeit einer zentralen Wärmeversorgung ist eine hohe Anschlussdichte zwingend notwendig daher wird ein **Anschluss- und Benutzungszwang** für das gesamte Gebiet empfohlen.

4. Minimierung des Strombedarfs

Da der Nutzer-Strombedarf einen erheblichen Anteil der zukünftigen THG-Emissionen des Gebiets ausmacht, wird empfohlen, diesen so gering wie möglich zu halten. Durch rechtliche Vorgaben ist dies nicht zu erreichen, daher empfehlen wir zu dem Thema eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit bei den zukünftigen Nutzern durchzuführen und ggf. Förderungen für besonders effiziente Haushaltsgeräte anzubieten.

Eine Reduktion des Strombedarfs für E-Mobilität kann durch eine gute Anbindung an den ÖPNV, gut ausgebaute Radwege und das Angebot von Car-Sharing- und Bike-Sharing Angeboten erreicht werden.

5. Solarpflicht

Wir empfehlen eine Solarpflicht für alle Gebäude über eine Satzung einzuführen, da Photovoltaik-Anlagen die einfachste und wirtschaftlichste Möglichkeit sind, lokalen, erneuerbaren Strom zu erzeugen und damit die THG-Emissionen des Gebiets weiter zu reduzieren.

12 Empfehlungen zur Umsetzung

Im Folgenden sind einige **grundsätzliche Umsetzungsmöglichkeiten** zur Sicherung der Energiekonzeption im Rahmen der weiteren Erschließung des Baugebietes Eselswiese beschrieben. Diese sind noch allgemein gehalten und daher auch als alternative Handlungsmöglichkeiten dargestellt. Aus unserer Erfahrung können die Maßnahmenpakete erst dann konkret geschnürt werden, wenn eine **Grundsatzentscheidung zur Realisierung des Konzeptes** gefällt ist. Es ist ein großer Unterschied für die Wirkung und Sinnhaftigkeit von Instrumenten, ob zum Beispiel im gesamten Gebiet, in Teilgebieten oder gar keine Fernwärme realisiert werden soll. Diesen Schritt haben wir den Empfehlungen als Punkt A vorangestellt. Erst nach einem konkreten Beschluss können von der Stadt die Grundlagen erstellt werden, um den Prozess zur Detaillierung von Festsetzungen, vertraglichen Regelungen, Vergabeverfahren, des notwendigen Personalbedarfs, etc. zu initiieren. Eine dann fällige juristische Prüfung einzelner Regelungen schafft zudem die nötige Rechtssicherheit. Unsere Vorschläge fußen auf Erfahrungen mit Umsetzungsinstrumenten in anderen Kommunen und sind daher keine rechtliche Beratung bzw. Empfehlung.

Die wesentlichen Punkte dieses Kapitels wurden in der Videokonferenz vom 9.2.2022 mit VertreterInnen der Stadt und der ProjektStadt der Nassauischen Heimstätte ausführlich besprochen. Die Ergebnisse sind in die folgenden Empfehlungen eingeflossen.

12.1 Zusammenfassung Empfehlungen

Wir empfehlen der Stadt Rüsselsheim und ProjektStadt der Nassauischen Heimstätte, folgende Schritte und Steuerungsinstrumente zur Umsetzung der im Energiekonzept erarbeiteten Empfehlungen einzuführen bzw. deren Einführung zu prüfen:

A. Beschluss des Energiekonzeptes durch ein politisches Gremium der Stadt mit einer verbindlichen Empfehlung an die Verwaltung.

Beschlossen werden sollten unseres Erachtens:

- die Empfehlungen des Konzeptes (Effizienzhausstandard EH40 bzw. EH40Plus, Wärmeversorgungskonzept und Photovoltaikpflicht)
- Differenzierte Zielformulierungen für den Gewerbebereich und das Wohn-/Mischgebiet
- Umsetzungsbausteine und das weitere Verfahren

Nur mit einem politischen Beschluss zu einem Energiekonzept mit klaren, konkreten Umsetzungsgrößen von energetischen Standards in Verbindung mit einer Energieversorgung kann durch einen potentiellen Projektanten eine verlässliche Kalkulationsgrundlage erstellt werden.

B. Festsetzungen und vertragliche Regelungen:

1. Wir empfehlen für das gesamte Baugebiet:
 - a. Die Umsetzung des Wärmeversorgungskonzeptes über einen **kommunal-rechtlichen Anschluss- und Benutzungszwang**² als Satzung.
 - b. Die Umsetzung der Pflicht zur **Errichtung von Photovoltaikanlagen** entweder als kommunale Satzung oder über eine Festsetzung im Bebauungsplan.
 - c. Die Aufnahme des **Energiekonzeptes als Fachplan zum Bebauungsplan** mit Bezug auf den Umweltbericht nach §2 BauGB und der Regelung nach Anlage 1, Absatz 2b), Punkt gg) des Baugesetzbuches (BauGB) mit einem entsprechenden Hinweis im Textteil der B-Plans.
 - d. Ggf. auch die Aufnahme der Empfehlungen des Energiekonzeptes **in den Bebauungsplan** z.B. nach §9 ff. BauGB und Regelungen aus der BauNVO (rechtliche Prüfung).
2. Wir empfehlen für städteigene Grundstücke und denen der Wohnungsgesellschaften:
 - a. Die Sicherung der Umsetzung der Empfehlungen des Energiekonzeptes auf den Baufeldern für den Wohnungsbau in einem **gemeinsamen städtebaulichen Vertrag** und in den privatrechtlichen Folgeverträgen.
 - b. Die Sicherung der Umsetzung der Empfehlungen des Energiekonzeptes auf den Baufeldern für den Gewerbebau in einem **gemeinsamen städtebaulichen Vertrag** und in den privatrechtlichen Folgeverträgen. Abweichend zum Wohnungsbau schlagen wir als Regelung für den Gebäudeenergiestandard vor, dass dieser den Anforderungen des Effizienzgebäudes EG40 möglichst nahe kommen soll. Dies soll durch die Vorlage eines Energiekonzeptes nachgewiesen werden. Ausnahmen für überwiegend strom- und prozesswärmedominierte Nutzungen sind dadurch individuell regelbar. Die Umsetzung der Empfehlungen für die Wärmeversorgung und die PV-Pflicht bleiben unberührt.

² Anschluss und Benutzungszwang ist ein Instrument zur Sicherung einer hohen Wärmedichte im Wärmenetz. Ohne eine Sicherung einer hohen Teilnahme am Wärmenetz ist es voraussichtlich nur begrenzt möglich, ein Nahwärmenetz zu realisieren.



C. Vergabeverfahren Wärmeversorgung und Grundstücke

1. Wir empfehlen ein **Vergabeverfahren** z.B. nach VgV für den Bau und Betrieb einer **zentralen Wärmeversorgung**, sofern die Stadtwerke Rüsselsheim bzw. die Energieversorgung Rüsselsheim GmbH den Bau und Betrieb nicht im Rahmen einer Inhouse-Vergabe übernehmen können oder wollen (muss zuvor geklärt werden).
2. Im Rahmen des Vergabeverfahrens sollten **Bewertungskriterien** (z.B. Wärmepreis, CO₂-Faktor, Primärenergie-Faktor und Anteil erneuerbarer Energien) und deren Gewichtung aufgestellt werden.
3. Wir empfehlen, als Grundlage für das Vergabeverfahren in einem **Aufsiedelungskonzept** einzelne Bauabschnitte und deren voraussichtliche Realisierung abzugrenzen und darzustellen. Die Aufsiedelung sollte so organisiert werden, dass räumlich eine sinnvolle und wirtschaftliche Erschließung der Wärmeversorgung möglich ist (z.B. könnten Grundstücke der Alteigentümer zusammengefasst und aus der zentralen Wärmeversorgung ausgenommen werden).
4. Im Rahmen der **Erschließungsplanung** sollte u. E. geprüft werden, ob das Wärmenetz in erst langfristig zu bebauende Baufelder (z.B. Gewerbegebiet) nicht auch über private Grundstücke verlegt werden könnte (mit entsprechenden Geh-, Fahr- und Leitungsrecht der zu belastenden Flächen nach § 9 Abs. 1 Nr. BauGB).
5. Wir empfehlen, im Rahmen der Grundstücksvergabe für stadteigene Grundstücke und denen der Wohnungsgesellschaften ein **Bewerbungsverfahren** durchzuführen, in dem ein Energiekonzept bzw. eine verbindliche Aussage zu Gebäudeenergiestandards ein Bewertungskriterium ist.

D. Information und Motivation

1. Wir empfehlen eine **Informations- und Motivationskampagne** für alle Bauwilligen mit Informationsveranstaltungen, Beratungsbausteinen und die Schulung von Baubeteiligten.
2. Wir empfehlen die Erstellung eines **Bauhandbuchs**. Es soll Bauinteressierten und Planern Tipps und Informationen zum Erreichen der Empfehlungen aus dem Energiekonzept und Planungsempfehlungen an die Hand geben.
3. Wir empfehlen zusätzlich die Einrichtung eines **Gestaltungsbeirates** ergänzt um eine Person mit energetischem Sachverstand.

12.2 Festsetzungen und vertragliche Regelungen

12.2.1 Festsetzungen im Bebauungsplanverfahren

Bei der Aufstellung von Bebauungsplänen sind u.a. folgende Belange zu berücksichtigen:

- Verantwortung für den Klimaschutz: §1 (5) und §1a (5) BauGB
- Vermeidung von Emissionen: §1 (6) Nr. 7e BauGB
- Nutzung von erneuerbaren Energien und die sparsame und effiziente Nutzung von Energie: §1 (6) Nr. 7f BauGB

Bei der Umsetzung des städtebaulichen Entwurfes zum Bebauungsplan sollten diese Aspekte berücksichtigt werden.

Eine **vorausschauende Festsetzung** von Baulinien, Baugrenzen oder Bebauungstiefen (§ 9 I Nr. 2 und 3 BauGB i.V.m. §§ 22, 23 BauNVO) ist sinnvoll, da durch die Installation von zusätzlicher Wärmedämmung und Technik im Gebäude (Schächte) ggf. Wohnfläche verloren geht. Investoren (weniger die einzelnen Bauherren) sind erfahrungsgemäß recht sensibel für dieses Thema.

Eine **PV-Pflicht**, vergleichbar zur Regelung im Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg (KSG BW), gibt es in Hessen nicht. Eine PV-Pflicht kann über das Baurecht nur recht aufwändig geregelt werden, z.B. über §9ff BauGB „... *bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien...*“ (Beispiel aus der Stadt Waiblingen in Baden-Württemberg). Hierfür sind jedoch städtebauliche Gründe erforderlich, so dass Einzelfallentscheidungen notwendig werden. Alternativ kann eine PV-Pflicht im Bebauungsplan festgesetzt werden. Zwar kann auf diesem Wege keine Nutzungspflicht festgesetzt werden, es ist jedoch davon auszugehen, dass ein Eigentümer, der nach dem Bebauungsplan eine Photovoltaikanlage auf seinem Gebäudedach errichten muss, diese im eigenen Interesse auch betreiben bzw. nutzen wird. Sinnvoll kann auch eine Regelung über Kaufverträge in Verbindung mit dem städtebaulichen Vertrag sein, siehe Kap. 12.2.2.

Regelungen zur **Wärmeversorgung** können ggf. durch (§9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB) gefasst werden. „Gebiete, in denen bei der Errichtung von Gebäuden oder bestimmten baulichen Anlagen bestimmte bauliche und sonstige technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung getroffen werden müssen (§9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB).“ Mögliche Formulierungen könnten sein:

- *Für das Plangebiet ist eine Wärmeversorgung gemäß des Energiekonzepts des Büros ebök GmbH vom Mai 2022 vorgesehen. Es wird daher*

festgesetzt, dass bei der Errichtung von Gebäuden oder bestimmten baulichen Anlagen bestimmte bauliche und sonstige technische Maßnahmen für die Erzeugung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung getroffen werden müssen. (Erst wenn konkrete Maßnahmen beschlossen sind, kann diese Formulierung konkretisiert werden.)

- *Im Baugebiet sind ein Wärmenetz und eine Heizzentrale zulässig.*

Sinnvoll ist z.B. eine Festsetzung von Versorgungsflächen nach § 9 (1) Nr. 12 BauGB für die Errichtung einer Wärmezentrale, ggf. auch in Verbindung mit der Kennzeichnung als Sondergebiete (SO) nach § 1 (2) Nr. 12 BauNVO. Ein Beispiel: Versorgungsflächen - § 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB: Einrichtungen zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Strom/Wärme. Die Standorte können ausnahmsweise in geringfügigem Umfang verschoben werden. Hinweis: Eine Abstimmung mit den Versorgungsträgern und der Stadt ist erforderlich. Wärmetrassen für das **Wärmenetz** können z.B. bei einer notwendigen Verbindung zweier privater Baufelder über öffentlichen Grund über ein Geh-, Fahr- und Leitungsrecht der zu belastenden Flächen nach § 9 Abs. 1 Nr. BauGB abgesichert werden. Zum Beispiel: Die planzeichnerisch festgesetzte Fläche „xyz“ ist mit einem Leitungsrecht zugunsten der Eigentümer der Baufelder „abc“ und „efg“ zur Herstellung und Nutzung eines baufeldübergreifenden Wärmenetzes zu belasten. Sinnvoll ist vor allem eine Regelung über Kaufverträge in Verbindung mit dem städtebaulichen Vertrag.

Für die Erstellung des **Umweltberichtes nach §2 BauGB** gibt es eine Regelung nach Anlage 1, Absatz 2b), Punkt gg) des Baugesetzbuches (BauGB). Danach müssen im Umweltbericht die Auswirkungen der Maßnahme auf den Klimaschutz und die Klimaanpassung dargestellt werden.

Das vorliegende Energiekonzept könnte informell als Anlage dem Bebauungsplan beigelegt und unter den **Hinweisen** erwähnt werden. Als weiterer Hinweis könnte im Textteil zum Bebauungsplan der Gebäudeenergiestandard erwähnt werden, z.B.: Als Gebäudeenergiestandard ist für die Wohnbebauung der Effizienzhausstandard EH40 für Geschosswohnungsbauten (alternativ Passivhaus oder EH40Plus) und der Effizienzhausstandard EH40Plus für Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser (alternativ Passivhaus) festgelegt. Bei der Planung und Errichtung von Gebäuden sind diese Mindeststandards nachzuweisen.

Alle bisher genannten Punkte könnten in der **Begründung der bauplanrechtlichen Festsetzung** kurz dargelegt werden.

Ein **kommunalrechtlicher Anschluss- und Benutzungszwang** zur Regelung der Wärmeversorgung kann nach der jeweils gültigen Gemeindeordnung in einer rechtmäßigen Satzung festgeschrieben werden. Das verbundene Ziel muss dem

öffentlichen Wohl dienen (Begründung notwendig), da in die Grundrechte der Betroffenen eingegriffen wird (namentlich vor allem die Eigentums- und allgemeine Handlungsfreiheit).

12.2.2 Städtebaulicher Vertrag / privatrechtliche Kaufverträge

Die Stadt plant, einen städtebaulichen Vertrag nach § 11 I Nr. 4 BauGB abzuschließen. Im städtebaulichen Vertrag können die Ziele des Energiekonzeptes verbindlich aufgenommen werden. Die Stadt ist bei der Bestimmung der Zulässigkeit des Vorhabens nicht an die Festsetzung nach § 9 BauGB gebunden; die Inhalte des städtebaulichen Vertrags sind Gegenstand freier Gestaltung, also auch die Aufnahme der energetischen Bindungen aus dem Konzept. Allerdings müssen die vom Vertragspartner geforderten Leistungen angemessen sein (§ 11 II 1 BauGB).

Der Vorhabenträger gibt diese Bindungen in den privatrechtlichen Verträgen mit den Grundstückskäufern weiter. Die späteren Eigentümer verpflichten sich, im Falle der Weiterveräußerung des Grundstücks die Regelungen uneingeschränkt auf die Rechtsnachfolger zu übertragen. Dies ist über einen Grundbucheintrag abzusichern. Die energetischen Auflagen sind zum Bestandteil von Kaufverträgen zu machen und somit an jeden Einzelerwerber bzw. Bauträger als verbindlich weiter zu geben.

Städtebauliche Verträge erfordern eine Gegenleistung der Kommune, z.B. eine beratende und/oder finanzielle und/oder sachbezogene Unterstützung der Grundeigentümer, wie eine Energieberatung oder Förderprogramme, durch die Kommune.

Bestandteil der Verträge sind z. B.

- Festlegung des energetischen Standards des Gebiets:
 - EH40 bzw. EH40Plus
 - PV-Pflicht
 - Anschluss- und Benutzungszwang an die Nahwärme
 - Alternativ könnte, wenn keine Nahwärme realisiert wird, der Energiestandard „EH40 EE“ gefordert werden ³
- Definition des Nachweisverfahrens
- Qualitätssteuerung
- ggf. Ausnahmeregelungen
- Vertragsstrafe
- Monitoring

³ Die „Effizienzhausklasse EE“ kann beim Neubau erreicht werden, wenn erneuerbare Energien einen Anteil von mindestens 55 Prozent des für die Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erforderlichen Energiebedarfs erbringen.



Im Rahmen der Projektentwicklung wird ein **Qualitätssicherungsverfahren** vorgeschlagen, das sich im wesentlichen

- a) an den üblichen Bauabläufen und den Planungsphasen orientiert und
- b) die üblichen Nachweise, z.B. der KfW/ Bafa nach BEG und einen Versorgungsvertrag mit den Stadtwerken bzw. dem Contractor einfordert.

Mit dem Bauantrag findet die **erste vertragsrelevante formale Prüfung** statt, z.B. der Förderantrag für den Effizienzhausstandard nach BEG an die KfW oder Bafa. Dieser beinhaltet bereits den Nachweis der Einhaltung des Standards nach dem Rechenverfahren des GEG, der DIN 18599.

Mit Bauabnahme findet die **zweite vertragsrelevante formale Prüfung** z.B. des Verwendungsnachweises statt. Da die Fördergeber KfW und Bafa eine intensive Prüfung der Unterlagen vornehmen, ist für die Stadt voraussichtlich eine rein formale Prüfung ausreichend. Im Zweifel können stichprobenhaft Kontrollen veranlasst werden. Wird vom Käufer/ Investor kein Förderantrag nach BEG gestellt, so sind durch ihn ersatzweise die entsprechenden Unterlagen nach GEG mit den analogen Unterschreitungen desselben nach dem Berechnungsverfahren 18599 von einem Bausachverständigen vorzulegen.

Zum Aspekt **Stromsparen** als wichtigem Baustein könnte die Stadt von Bauträgern ein Stromsparkonzept einfordern, in dem die Qualitäten im Bereich Technik- und Allgemeinstrom, aber auch ein Nutzerstromkonzept (z.B. Küchenausstattung) beschrieben sein sollten. Regelungen zur Integration von Elektromobilität nach Art, Umfang und Ausstattungstiefe können ebenfalls festgelegt werden.

Es sollten **stichprobenhaft Prüfungen** und Kontrollen durch die Stadt veranlasst und durch die Fachämter (z.B. Umwelt) oder externe Bausachverständige auf Kosten des Investors durchgeführt werden.

Ggf. gestellte Anträge zu **Ausnahmeregelungen** müssen nach entsprechender Vorlage von Nachweisen z.B. durch die Fachämter oder Experten entschieden werden (Einzelprüfung).

Die **Vertragsstrafe** bei Nichteinhaltung der Vertragspflichten sollte in der Größenordnung einer Nachbesserung im Sinne des Zielereichens liegen. Erfahrungen zeigen, dass die Investoren unter diesen Umständen zur Nachbesserung bereit sind. Die Größenordnung muss noch festgelegt werden. Wir empfehlen ein schlankes Verfahren, das sich z.B. an einem Betrag pro Quadratmeter Wohnfläche orientiert.

Ein Regelungsbeispiel für Wohngebäude ist im Folgenden dargestellt.

- *Der Vorhabenträger verpflichtet sich, Mehrfamilienhäuser im Effizienzhausstandard EH40, Einfamilienhäuser im Effizienzhausstandard EH40Plus (alternativ Passivhaus) zu errichten. Die technischen Mindestanforderungen*

entsprechend dem Merkblatt der Bundesförderung Energieeffizient Bauen (BEG) in der aktuellen Fassung sind auch bei Nichtinanspruchnahme der Förderung verbindlich einzuhalten und nachzuweisen.

- Die rechnerischen Nachweise gemäß den vorstehenden Anforderungen sind mit einem GEG-Nachweis nach DIN V 18599 von einem Planverfasser oder Sachverständigen nach § 68 der Hessischen Bauordnung (HBO) zu erstellen und – soweit möglich – vor Baubeginn dem Baurechtsamt der Stadt vorzulegen. Vereinfachend kann bei über das BEG geförderten Gebäuden die Förderzusage der KfW bzw. Bafa für den entsprechenden Effizienzhausstandard als Nachweis eingereicht werden.
- Die Überprüfung der Bauausführung auf Übereinstimmung mit dem rechnerischen Nachweis hat durch den Planverfasser oder Sachverständigen zu erfolgen. Änderungen der Bauausführung dürfen nicht zu einer Überschreitung der Grenzen der vorstehenden Anforderungen führen. Unverzüglich nach Fertigstellung der baulichen Anlage ist dem Baurechtsamt der Stadt ein ggf. modifizierter GEG-Nachweis mit den tatsächlich ausgeführten Baudetails vorzulegen. Der Planverfasser oder Sachverständige muss darüber hinaus die Einhaltung der Grenzwerte und die Kontrolle der Bauausführung formlos bestätigen. Vereinfachend kann bei nach dem BEG geförderten Gebäuden der Verwendungsnachweis entsprechend dem Merkblatt der Bundesförderung energieeffiziente Gebäude (BEG) in der aktuellen Fassung als Nachweis eingereicht werden.
- Die Stadt/ ein Erschließungsträger wird mit den Stadtwerken/ einem Wärmelieferunternehmen (Contractor) verbindlich einen separaten Wärmeversorgungsvertrag abschließen. Die Stadtwerke oder der Contractor sind vertraglich im Gegenzug verpflichtet, alle Gebäude innerhalb des Gebietes mit Nahwärme zu versorgen. Die Versorgung des Plangebiets mit Nahwärme ist damit grundsätzlich gewährleistet (Nachweis des Vertrags mit UR-Nr. des Notars).
- Die Stadt behält sich vor, jederzeit Überprüfungen der rechnerischen Nachweise und der Bauausführung durchzuführen.
- Bei Nicht-Einhaltung ist bei einer Überschreitung der Energiekennwerte eine Vertragsstrafe von z.B. bis zu 10,00 € je m² Wohn-/Nutzfläche für jede kWh pro m² Wohnfläche fällig. Die Flächenermittlung muss entsprechend der DIN 276 nachvollziehbar vorgelegt werden.

Die genaue Festlegung von **Ausnahmeregelungen** (ob und wie) sollte fachlich und politisch geklärt werden. Denkbar ist z.B. eine Regelung, dass von den Energiestandards unter Umständen bei einer nachweislichen Unwirtschaftlichkeit einer Baumaßnahme abgewichen werden kann, ähnlich der Regelung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit nach §5 GEG: „Anforderungen und Pflichten gelten als wirtschaftlich vertretbar, wenn generell die erforderlichen Aufwendungen innerhalb der üblichen



Nutzungsdauer durch die eintretenden Einsparungen erwirtschaftet werden können.“ Zu klären wäre das dafür zu verwendende Verfahren und die Parameter, die Benchmarks und z.B. auch die mögliche Einbeziehung einer CO₂-Bepreisung. Es ist dann alternativ aus unserer Sicht in jedem Fall ein Energiekonzept zu erarbeiten und der Stadt (z.B. dem Umweltschutzamt) zur Abstimmung vorzulegen.

12.3 Vergabe Wärmeversorgung und Grundstücke

12.3.1 Vergabe Wärmeversorgung

Ein Vergabeverfahren nach Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge (Vergabeverordnung - VgV) vom 12. April 2016 (Änderung vom 9. Juni 2021) für den Bau und Betrieb einer zentralen Wärmeversorgung wird evtl. dann notwendig, wenn die Stadtwerke Rüsselsheim bzw. die Energieversorgung Rüsselsheim GmbH den Bau und Betrieb nicht im Rahmen einer Inhousevergabe übernehmen können oder wollen. Das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen GWB macht nach § 108 eine Inhouse-Vergabe möglich. Ein Auftraggeber kann danach ausnahmsweise Aufträge ohne öffentlichen Wettbewerb an ein von ihm kontrolliertes Unternehmen vergeben. Voraussetzung ist unter anderem, dass das kontrollierte Unternehmen zu mehr als 80% für den Auftraggeber tätig ist (sog. Wesentlichkeitskriterium, §108 Abs. 1 Nr. 2 GWB). Dieser Umstand muss unbedingt vorab rechtlich geklärt werden.

Für ein Verfahren nach VgV sind unseres Erachtens folgende vorbereitende Schritte notwendig:

- Aufstellung von **Bewertungskriterien** für das Vergabeverfahren und deren Gewichtung (z.B. Wärmepreises, CO₂-Faktor, Primärenergie-Faktor und Anteil erneuerbarer Energien).
- Grundlage für das Vergabeverfahren, aber auch für die Kalkulation der Stadtwerke Rüsselsheim oder eines anderen Anbieters, ist ein **Aufsiedelungskonzept**. Das Baugebiet wird in einzelne Bauabschnitte aufgeteilt, die deren voraussichtliche Realisierung abzugrenzen. Die Aufsiedelung sollte so organisiert werden, dass räumlich eine sinnvolle und wirtschaftliche Erschließung der Wärmeversorgung möglich ist (z.B. könnten Grundstücke der Alteigentümer zusammengefasst und aus der zentralen Wärmeversorgung ausgenommen werden).
- Im Rahmen der **Erschließungsplanung** sollte u. E. auch geprüft werden, ob das Wärmenetz in erst langfristig zu bebauende Baufelder nicht auch über

private Grundstücke verlegt werden könnte (mit entsprechenden Geh-, Fahr- und Leitungsrecht der zu belastenden Flächen nach § 9 Abs. 1 Nr. BauGB).

12.3.2 Grundstücksvergabe

Für die Vergabe der Grundstücke könnte ein Bewerbungsverfahren durchgeführt werden, in dem das konkrete energetische Konzept ein Bewertungskriterium ist. Gute Erfahrungen konnten bisher dort gemacht werden, wo Investoren frühzeitig in die Diskussion um die energetischen Ziele mit einbezogen wurden. Die Stadt könnte Initiator und Steurer eines solchen Bewerbungsverfahrens sein. Kriterien im Verfahren könnten sein:

- Energiestandard des Gebäudes – Mindeststandard sind EH40 und EH40Plus - darüber hinausgehende technische Vorschläge mit einem weiteren CO₂-Minderungspotenzial bringen Vorteile.
- Stromsparkonzept nicht nur für Allgemein- und Technikstrom, z B. Konzept für Haushaltsgroßgeräte, Zuschussprogramme, ...
- Konzept zur E-Mobilität – Anzahl Ladestationen private Parkierung (z.B. in Tiefgaragen), Anzahl Lademöglichkeiten im öffentlichen Raum, Organisationsform wie Betrieb und Lastmanagement, ...)
- Verwendung von umweltverträglichen Baumaterialien – z. B. Holzbau, Recyclingbeton, etc. ggf. eine Stoffstrombilanz fordern
- Qualität der Freiräume in Bezug auf Klimafolgenanpassung – z.B. Schattenplätze, Wasser, Versickerungsmöglichkeiten, Wasserreservoir für Pflanzen im Sommer, ...
- Sozialkriterien wie familiengerechte Wohnungen, Anteil förderfähiger Mietwohnungen, Wohnen für Jung und Alt und vieles mehr.
- Architektonische Qualität
- weitere Kriterien wie naturnahe Privatgärten, Qualität von Spielflächen, etc.

Die Stadt Wernau hat eine **Konzeptvergabe** auf den stadt eigenen Grundstücken mit einem fixen Grundstückspreis und diversen Qualitätskriterien durchgeführt: *„Für das Wohnbaugebiet Adlerstraße Ost III sind weitere Weichen gestellt: Auf den städtebaulichen Wettbewerb folgt nun ein Wettbewerb, bei dem Architekten und Bauträger mit konkreten Projekten für rund 220 Wohneinheiten gefragt sind.“ „In seiner jüngsten Sitzung hat der Gemeinderat die Bedingungen des Wettbewerbs einstimmig beschlossen. Gestalterische Qualität, Nachhaltigkeit, soziale Mischung durch 20 Prozent förderfähige Mietwohnungen sowie 50 Prozent familiengerechte Wohnungen mit drei und mehr Zimmern sind wichtige Kriterien des Wettbewerbs....“, „...Bei der Nachhaltigkeit werde mindestens der Energiestandard KfW 55 erwartet, mit einem energieneutralen Konzept könne man aber Punkte*



machen, ebenso für Bauen mit Holz und recycelfähigem Material...“, „...Eine Besonderheit sei der Qualitätswettbewerb, sagte Bürgermeister Armin Elbl. Man gehe nicht mit der Erwartung, Höchstgebote zu erzielen, auf den Markt, da der Verkaufspreis festgelegt sei...“ [Zitate aus: <https://www.wernau.de/leben-wohnen/bauen-wohnen/baugebiet-adlerstrasse-ost-iii/>]

12.4 Motivation, Information und Qualitätssicherung

Die Information der Bauherrschaft über Hintergründe und Motivation des kommunalen Vorhabens ist genauso wichtig wie detaillierte Informationen über die Vorteile energiesparenden Bauens. Die Ziele der Stadt können im Rahmen von **Informationsveranstaltungen** über das Baugebiet für Bauträger, Baumenschen und beteiligte Architekten sowie Handwerker vermittelt werden. Darüber hinaus bieten sich auch Motivationsflyer und ggf. fachliches Infomaterial an.

Im Zusammenhang mit den geforderten Gebäudeenergiestandards sind im ersten Moment die vermeintlich höheren Investitionskosten im Fokus. Es ist daher wichtig, Investoren, Bauherren, Bauträgern bzw. Nutzern den Zusammenhang zwischen Investitions(mehr-)kosten und Betriebskosten (Gesamtkosten) vor allem über einen längeren Zeitraum (Lebenszyklus) zu vermitteln. Diese Zusammenhänge können gut in Beratungen, bei Veranstaltungen und in Broschüren vermittelt werden.

Zum Aspekt **Stromsparen** als wichtigem Baustein kann die Stadt Bauträgern und Bauwilligen Informationsmaterialien zur Verfügung stellen. Die Stadt Heidelberg hat dies im Rahmen der Erschließung der Bahnstadt durchgeführt. Die Materialien können gegebenenfalls übernommen und aktualisiert werden.

https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-169317748/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2017_stromsparkonzept_heidelberg_gesamtbericht_web.pdf

Eventuell könnte der Einsatz von stromsparenden Großgeräten im Haushalt (und Büro) auch mit kleinen finanziellen Boni als Kaufanreiz versehen werden. Hilfreich zur Selbstinformation sind die Gerätelisten <https://www.spargeraete.de/> des Büros Ö-Quadrat GmbH oder die Infos von label2020 unter <https://tool.label2020.eu/de>.

Ein **Bauhandbuch** oder **Gestaltungshandbuch** könnte die Öffentlichkeits- und Informationsarbeit sinnvoll unterstützen. Es soll Bauinteressierten und Planern Tipps und Informationen zum Erreichen der Empfehlungen aus dem Energiekonzept und Planungsempfehlungen an die Hand geben. Die dort beschriebenen Leitlinien erläutern „die Ideen und Themen der städtebaulichen Rahmenplanung, ergänzen und vertiefen die Regelungen aus den Bebauungsplänen, zeigen beispielhafte Lösungsansätze, unterstützen die Bauherrenberatung, sind Bestandteil der Wettbewerbs- und Grundstücksvergabeverfahren.“ (zitiert aus dem Gestaltungshand-

buch Würzburg Hubland)

(<https://www.wuerzburg-hubland.de/planung/gestaltungshandbuch/521006.Gestaltungshandbuch-Hubland---So-kann-die-raeumliche-und-architektonische-Qualitaet-des-neuen-Stadtteils-aussehen.html>)

Als weiteres ergänzendes Instrument sollte ein **Gestaltungsbeirat** (z.B. für die Themen Energie, Architektur, Städtebau, Wasser, Freiraum) zur Vergabebetrieung und zur Qualitätssteuerung eingerichtet werden. Beispiel ist Esslingen am Neckar für die Sonnensiedlung Egert, in der der Gestaltungsbeirat das Auswahlverfahren der Investoren betreut und die Freigabe vor Einreichung der Baugenehmigung erteilt hat. „...Der Gestaltungsbeirat ist in Esslingen ein von der Stadt berufenes Gremium aus Fachleuten aus der Verwaltung wie aus freien Berufen. Dazu gehört etwa der Wettbewerbsgewinner und Verfasser des städtebaulichen Konzeptes Pierino Cerliani aus Zürich, Mitglieder aus dem Preisgericht des städtebaulichen Wettbewerbes (Vorsitzender Aminde), weitere Hochbau- und Landschaftsarchitekten, Energieberater und ein Projektsteuerer aus dem Stadtplanungs- und Stadtmessungsamt. Zu diesem Sachverständigen-Gremium gehörten anfangs auch Kommunalpolitiker. Sie gewannen aber bald Vertrauen und überließen die weitere architektonisch-bauliche Diskussion den Baufachleuten. Dieses Gestaltungs- und Qualitätskollegium berät die planenden Architekten und Bauträger in Workshops mit einer offenen Diskussion und Protokollen, zu dem alle beteiligten Bauplaner jederzeit Zugang hatten. ...“ [Zitat aus: http://bw.dasl.de/wp-content/uploads/080616-Sonnensiedlung_Egert_Esslingen.pdf]

Da **Bauhandwerker und Planer** (Architekten, Ingenieure) vor Ort als Multiplikatoren wirken, sollten sie verstärkt in die Programmziele eingebunden werden. Hierzu sind Vorträge und Gesprächsrunden sinnvoll. Eine hohe Akzeptanz des verbesserten Energiestandards und der Photovoltaik bei den lokalen Multiplikatoren führt erfahrungsgemäß zu einer hohen Umsetzungsquote.

12.5 Monitoring

Es wäre sinnvoll, vertraglich zu vereinbaren, dass die Käufer/ Bauträger (Hausverwaltungen) die Energieverbräuche für Wärme und ggf. auch Nutzerstrom und Allgemeinstrom während drei Jahre nach der Inbetriebnahme an die Stadt liefern. So bestünde die Möglichkeit, den Erfolg der Maßnahme zu dokumentieren und zu kommunizieren. Die Jahresverbräuche Wärme könnten auch vom Versorger geliefert werden, der aber aus datenschutzrechtlichen Gründen nur die Liefermenge für ganze Baufelder weitergeben darf. Eine feinere Aufteilung nach Einfamilienhäusern und Geschosswohnungsbau ist vermutlich so nicht möglich. Stromverbräuche zu erfassen ist aufgrund der Vielzahl von Anbietern nicht zentral möglich.

13 Aktuelle Situation und Ausblick

13.1 Gebäudeenergiestandards

Noch während der Erstellung des Energiekonzepts wurde im Februar 2022 die Förderung des Effizienzhausstandards EH55 eingestellt. Dies wurde im vorliegenden Energiekonzept bereits berücksichtigt. Seit 21.04.22 ist nur noch die Förderung für Neubauten im Effizienzhausstandard EH40 oder Effizienzgebäudestandard EG40 **mit Nachhaltigkeitsklasse** möglich.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz hat am 29.04.2022 einen Entwurf zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) in die Ressortabstimmung gegeben, der mit dem sogenannten "Sommerpaket" in diesem Jahr verabschiedet werden soll. Dieser Entwurf enthält u.a. eine Anhebung der gesetzlichen Mindestanforderungen für Wohngebäude auf den jetzigen Effizienzhausstandard EH55 ab 01.01.2023. Laut Koalitionsvertrag soll bereits im Jahre 2025 der Effizienzhausstandard 40 als gesetzlicher Neubaustandard festgelegt werden und darüber hinaus soll jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von mindestens 65 % Erneuerbarer Energien betrieben werden.

Auswirkung auf das Energiekonzept Eselswiese:

Die wirtschaftliche Bewertung der Nutzersicht fällt aufgrund des Wegfalls der Förderungen anders aus. Da jedoch zum Zeitpunkt der Baumaßnahmen die Anhebung der Mindestanforderungen für den Gebäudeenergiestandard bereits wirksam ist, ist dies nicht mehr relevant.

Wir empfehlen, die Zielvorgaben für die Effizienzhausstandards auch unter den geänderten Rahmenbedingungen beizubehalten.

13.2 Energiepreisentwicklung

Die Entwicklung der Preise für Erdgas war in den Jahren 2020 und 2021 stark von dem durch die Pandemie verursachten wirtschaftlichen Einbruch und der darauf folgenden raschen Erholung der Wirtschaft geprägt. In den letzten Monaten kamen Unsicherheiten vor dem Angriff Russlands auf die Ukraine hinzu und nun die anhaltenden Diskussionen auf nationaler und internationaler Ebene über ein mögliches Embargo, das Risiko möglicher Lieferunterbrechungen von russischer Seite und die vorsorgliche Ausrufung der Frühwarnstufe im Notfallplan für die Gasversorgung in Deutschland.

Auswirkung auf das Energiekonzept Eselswiese:

Das Energiekonzept basiert auf Kosten und Tarife von September 2021.

Es ist davon auszugehen, dass die Energiepreise auf breiter Front steigen werden. Aktuell betrifft dies in erster Linie die fossilen Energieträger, jedoch auch bei Holz und Biomethan wird es aufgrund einer steigenden Nachfrage auch zu entsprechenden Preissteigerungen kommen.

Daraus folgt für das Baugebiet Eselswiese in erster Linie, dass für die Versorgungssicherheit und zur Verbesserung der Resilienz gegenüber Preissteigerungen möglichst viel lokale Erneuerbare Energien (kalte Nahwärme mit Grundwasser und PV-Strom-Erzeugung) genutzt und die Energiebedarfe auf ein Minimum gesenkt werden sollten.

Die Empfehlungen aus dem E-Konzept sollten also auch in dieser Hinsicht weiter verfolgt werden.

14 Literatur

- [AGFW CO₂] AGFW FW 309 Teil 6, Energetische Bewertung von Fernwärme und Fernkälte – Emissionsfaktoren nach Arbeitswert und Carnotmethode – Mai 2021
- [BMVBS 2009] „Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden Vergleichswerte für Energieausweise“, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), BBSR-Online-Publikation, März 2009, Berlin
- [BMVBS 2013] „Systematische Datenanalyse im Bereich der Nichtwohngebäude – Erfassung und Quantifizierung von Energieeinspar- und CO₂-Minderungspotenzialen“, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), BMVBS-Online-Publikation, Dezember 2013, Berlin
- [Carmen eV] Centrales Agrar Rohstoff Marketing und Energienetzwerk.
www.carmen-ev.de
- [GEMIS 2019] Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 5.0. IINAS, Darmstadt, Sept. 2019.
- [IINAS 2020] Kurzstudie „Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2019 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050“, Darmstadt, 11/2020
- [IWU 2014] „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden – Methodische Grundlagen, empirische Erhebungen und systematische Analyse – TEK. Querschnittsanalyse der Ergebnisse der Feldphase“, Institut für Wohnen und Umwelt (IWU), 10.Juni2014, Darmstadt
- [IWU-TEK] „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden – Methodische Grundlagen, empirische Erhebungen und systematische Analyse – TEK-Tool“, TEK-6.2_DB-3.54
- [UBA 2016] „Aktualisierung der Eingangsdaten und Emissionsbilanzen wesentlicher biogener Energienutzungspfade (BioEm)“, IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, Im Auftrag des Umweltbundesamtes, September 2016
- [StromSp 2021] Stromspiegel für Deutschland 2021/22, co2online, Stand 03 2021
<https://www.stromspiegel.de/fileadmin/ssi/stromspiegel/Tabellen/stromspiegel-2021-tabelle.jpg>
- [KBA2020] Kurzbericht „Verkehr in Kilometern (VK), Zeitreihe 2016-2020, Kraftfahrt-Bundesamt, 2020

15 Anhang

A1 Nutzung der Abwärme aus dem Kühlbedarf des Gewerbes

Im Gewerbegebiet wird anstelle des warmen Nahwärmenetzes ein kaltes Nahwärmenetz verlegt. Dieses wird bei ca. 15 °C betrieben und kann im Sommer zur Kühlung (direkt oder über Kältemaschine/ Wärmepumpe) und im Winter zur Heizung über eine Wärmepumpe genutzt werden.

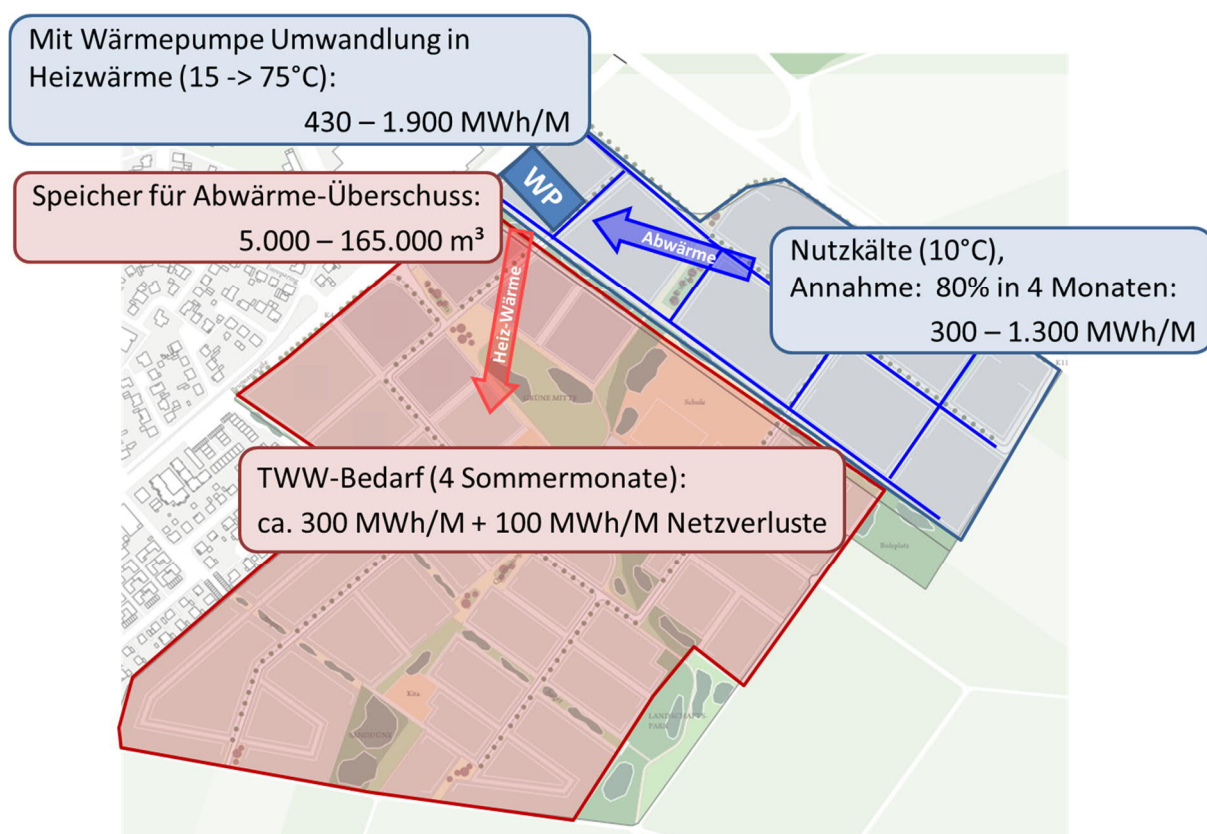


Abb. 45: Schema Abwärmenutzung aus Gewerbe, Sommerfall

Im Winterfall wird das kalte Wärmenetz über eine weitere Abkühlung des Rücklaufs des warmen Nahwärmenetzes auf 15°C erwärmt. Im Sommerfall wird das kalte Netz durch die Kühlung der Gebäude erwärmt. Diese Abwärme wird über eine zentrale Wärmepumpe am Holzheizkraftwerksstandort auf ein hohes Temperaturniveau von 75°C gehoben und in das warme Wärmenetz gespeist, um den sommerlichen Trinkwarmwasserbedarf zu decken. Um zeitliche Verschiebungen des Abwärmeaufkommens und des Wärmebedarfs auszugleichen wird zusätzlich ein Großpufferspeicher benötigt. In Abb. 45 ist der Sommerfall grafisch dargestellt.



In der Variante „Kühlung Min“ (der Kühlbedarf liegt am unteren Ende der für das Gewerbegebiet abgeschätzten Bandbreite) liegt die Abwärmemenge aus Kühlbedarf in der Größenordnung des Trinkwarmwasserbedarfs inkl. Netzverluste. In der Variante „Kühlung Max“ (der Kühlbedarf liegt am oberen Ende der abgeschätzten Bandbreite) liegt die Abwärmemenge um ein vierfaches darüber. Diese überschüssige Abwärme wird über Rückkühler an die Umwelt abgegeben. Um diese Abwärme nutzbar zu machen, müssten sehr große Speicherkapazitäten um 150.000 m³, sogenannte Saisonalspeicher errichtet werden. Pufferspeicher in dieser Größenordnung werden als Erdbeckenspeicher realisiert.

Ergebnisse

Emissionen

Gegenüber der Deckung des Sommerbedarfs über das warme Nahwärmenetz mit Holzheizkraftwerk können in der Variante „Kühlung Min“ etwa 5 % der THG-Emissionen (entspricht ca. 75 t/a) eingespart werden, in Variante „Kühlung Max“ könnten unter Einsatz eines Saisonalspeichers ca. 10 % der THG-Emissionen eingespart werden. Diese Prozentwerte sind direkt abhängig von den Emissionen der Referenzwärmeversorgung, die durch die Abwärmenutzung ersetzt wird. Je höher die Emissionen der Wärmeversorgung des warmen Nahwärmenetzes, desto größer die erzielten Einsparungen durch die Abwärmenutzung. Da die Wärmeversorgung über ein warmes Nahwärmenetz mit einem Holzheizkraftwerk bereits sehr niedrige THG-Emissionen aufweist, liegen die möglichen Einsparungen auf einem niedrigen Niveau.

Wenn sich der THG-Faktor des Bundesnetzstroms weiter wie prognostiziert reduziert, ergibt sich eine höhere Emissionsreduktion, da dann durch den Stromeinsatz in der Groß-Wärmepumpe geringere Emissionen entstehen. Unter Verwendung der in der Kurzstudie des IINAS angegebenen THG-Emissionsfaktoren des Stromnetzes für 2030 und 2050 ergibt sich eine Emissionsreduktion von 200 t/a in 2030 und 400 t/a in 2050.

Wichtig: Durch die vorgeschlagene Abwärmenutzung wird die endliche Ressource Holz geschont. Es werden 1.200 MWh/a Holz gespart, das entspricht ca. 1/3 des lokalen Holzaufkommens. Auf die jährlich eingesetzte Holzmenge bezogen wären das je nach Mindestenergiestandard 5-10 % Holzeinsparung.

Wirtschaftlichkeit

Um den Trinkwarmwasserbedarf während der Sommermonate zu decken, wird eine Wärmepumpe mit ca. 2 MW Leistung benötigt. Darüber hinaus ein Großwärmespeicher mit ca. 5.000 m³.

Schätzung der wichtigsten Kostenpositionen:

Investitionskosten Wärmepumpe:	2.200.000 EUR,
Stromkosten Wärmepumpe:	95.000 EUR/a
Einnahmen aus Wärmeverkauf:	110.000 EUR/a

Aus dieser sehr groben Abschätzung ergibt sich eine Amortisationszeit von deutlich über 100 Jahren. Können Einnahmen durch Kälte erzielt werden, beispielsweise 2,5 ct./kWh, könnten weitere Einnahmen von ca. 30.000 EUR/a erzielt werden und es wird eine Amortisationszeit von ca. 50 Jahren erreicht.

Gegebenenfalls ist es möglich, Förderung aus dem Förderprogramm „Bundesförderung effiziente Wärmenetze“ (BEW) zu erhalten. Diese kann bis zu ca. 40% der Investitionskosten betragen und die Wirtschaftlichkeit dadurch verbessern (auf ca. 30 Jahre Amortisationszeit). Zum heutigen Zeitpunkt liegt die BEW-Förderrichtlinie nur im Entwurf vor, es muss auf die Veröffentlichung gewartet werden, um genaue Aussagen treffen zu können.

Fazit/Empfehlung

Von der Umsetzung dieses Konzepts ist abzuraten, da es in dieser Variante nicht wirtschaftlich darstellbar ist.

Das Thema Abwärmenutzung sollte jedoch grundsätzlich weiter verfolgt werden. Je nachdem, welche Art von Gewerbe sich ansiedelt, könnte dieses Konzept in kleinerem Maßstab wirtschaftlich werden, wenn z.B. Abwärmequellen auf höherem Temperaturniveau zur Verfügung stehen (z.B. aus Serverräumen größerer Bürokomplexe).

Einzelne Betriebe sollten angeregt werden, intern ihre Abwärme nutzen, z. B. über Trinkwarmwasser-Systeme, die über Abwärme gespeist werden, etc. Um eine hohe interne Nutzung der Abwärme zu erreichen, sollten Informationskampagnen durchgeführt werden und ggf. kostenlose Energieberatungen angeboten werden. Eine Alternative dazu könnte sein, dass die Gewerbebetriebe bei der Flächenvergabe ein Energiekonzept vorlegen müssen, das bestimmte Bedingungen wie die Abwärmenutzung erfüllen.

Außerdem könnte überlegt werden, ob Betriebe, bei denen sich ein Eisspeicher aufgrund eines ausgewogenen Verhältnisses von Kälte- und Heizbedarf besonders gut eignen, ggf. aus dem Anschluss- und Benutzungszwang der Nahwärme zugunsten eines Eisspeichers ausgenommen werden sollten.