PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# Durchführbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebiets „Rheinhessenblick“

Ortsgemeinde Saulheim

Mit freundlicher Unterstützung:

RheinlandPfalz
MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, ENERGIE UND MOBILITÄT

TSB
Transferstelle Bingen

Bingen, den 13. Dezember 2023

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# Arbeitspakete 1.1 – 1.3
# Klimafreundliches Neubaugebiet

## Auftraggeber:

| | |
|---|---|
| Ortsgemeinde Saulheim über die Stadt Wörrstadt<br>Erster Beigeordneter- Herr Klaus Semmler<br>Geschäftsbereich Bauplanung, Entwicklung, und Umwelt<br>Auf dem Römer 8<br>55291 Saulheim | Telefon: 06732 / 5075<br>Mail: klaus.semmler@ob-saulheim.de |

## Konzepterstellung:

| | |
|---|---|
| Transferstelle Bingen (TSB) in der ITB gGmbH<br>Berlinstraße 107a<br>55411 Bingen | Telefon: 06721 / 98 424 0<br>Mail: muench@tsb-energie.de |

| | |
|---|---|
| **TSB-Projektnummer: 363905** | **Datum:** 01. Dezember 2023 |

Projektleitung:

| | |
|---|---|
| Michael Münch<br>Joachim Walter | Telefon: 06721 / 98 424 0<br>Mail: muench@tsb-energie.de |

Bearbeitung:

Prof. Dipl.-Ing (FH) Thomas Giel, Kerstin Kriebs, Florian Schulz

Teilprojektleitung „Rechtliche Aspekte" (siehe Anhang): Prof. Dr. Gerhard Roller

Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung • Berlinstr. 107a • 55411 Bingen

im

Institut für Innovation, Transfer und Beratung gGmbH

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

# Inhaltsverzeichnis

**Abbildungsverzeichnis** ..... **5**
**Tabellenverzeichnis** ..... **7**
**Zusammenfassung** ..... **9**
Arbeitspaket – Klimafreundliche Wärmeversorgung ..... 9
Arbeitspaket – Klimafreundliche Stromversorgung ..... 20
Arbeitspaket – Klimafreundliche Mobilität ..... 22
Das klimafreundliche Neubaugebiet ..... 23
Hintergrund ..... 25
**1 Arbeitspaket – Klimafreundliche Wärmeversorgung** ..... **26**
1.1 Wärmeverbrauchsanalyse ..... 26
1.2 Technisches Konzept ..... 27
1.2.1 Basisvariante: dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe und Photovoltaikanlage zur anteiligen Eigenstromversorgung; reversible (aktive) Kühlung durch die WP ..... 27
1.2.2 Variante 1: kalte Nahwärme mit dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen zur anteiligen Eigenstromversorgung. Wärmequelle Erdwärmesondenfeld; passive Kühlung durch die WP ..... 28
1.2.3 Variante 2: zentrale Wärmeerzeugung mit einem Biomassekessel auf Basis von Holzhackschnitzeln, Verteilung in einem warmen Nahwärmenetz ..... 36
1.2.4 Photovoltaikanlagen ..... 36
1.3 Energiebilanz ..... 41
1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ..... 58
1.4.1 Erläuterungen zum gewählten Gebäudestandard und dem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ..... 58
1.4.2 Fördermittel ..... 59
1.4.3 Rahmenbedingungen ..... 61
1.4.4 Photovoltaik ..... 63
1.4.5 Bestimmung der Investitionskosten der netzgebundenen Varianten ..... 67
1.4.6 Variantenvergleich der Vollkosten zur Wärmeversorgung der Neubauten ..... 69
1.5 $CO_2$e-Emissionsbilanz ..... 71
1.6 Risikobeurteilung in Anlehnung an die ISO 31000:2018 Variante 1 – kalte Nahwärme .. 74

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

1.7 Termine ..... 76
**2 Arbeitspaket – Klimafreundliche Stromversorgung ..... 78**
2.1 Welche Strombedarfe bestehen? ..... 79
2.1.1 Haushaltsstrom ..... 80
2.1.2 Wärmestrom ..... 80
2.1.3 Mobilitätsstrom ..... 82
2.2 Bilanzielle oder lastganggerechte Stromversorgung? ..... 83
2.3 Wie können die Strombedarfe gedeckt werden? ..... 87
2.3.1 PV-Eigenstromversorgung ..... 88
2.3.2 Netzbezug Ökostrom ..... 92
2.3.3 PV-Eigenstromversorgung mit Stromspeicher ..... 93
2.3.4 Gemeinschaftsmodell ..... 96
2.3.5 Freiflächen PV-Anlage ..... 99
2.3.6 Spezialfälle ..... 100
2.4 Wirtschaftlichkeit ..... 106
2.5 $CO_2$e-Emissionsbilanz ..... 108
2.6 Fazit ..... 109
**3 Arbeitspaket – Klimafreundliche Mobilität ..... 111**
3.1 Welche Mobilitätsbedarfe bestehen? ..... 112
3.1.1 Örtliche Gegebenheiten ..... 113
3.1.2 IST-Zustand ..... 117
3.2 Wie können die Mobilitätsbedarfe gedeckt werden? ..... 119
3.2.1 Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung ..... 119
3.3 Bewertungsmatrix der Maßnahmen im Handlungsfeld Verkehrsminderung ..... 127
3.4 Motorisierter Individualverkehr ..... 128
3.5 $CO_2$e-Emissionsbilanz ..... 130
3.6 Fazit ..... 132
**4 Das klimafreundliche Neubaugebiet ..... 133**
**5 Literaturverzeichnis ..... 135**
**6 Abkürzungsverzeichnis ..... 138**
**Anhang ..... 139**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0-1 $CO_2$e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet ..... 18

Abbildung 0-2 Emissionen des gesamten Neubaugebiets bei einer Integration in das gesamtdeutsche Energiesystem ..... 24

Abbildung 1-1 Anlagenschema zur kalten Nahwärme mit zentralem Erdwärmesondenfeld (Prof. Giel, 2017) ..... 29

Abbildung 1-2 Anordnung von 245 Erdwärmesonden im Abstand von je 10 m- Quelle: UBeG .. 30

Abbildung 1-3: Anordnung der 80 Erdwärmesonden im Abstand von je 11 m Quelle: UBeG .... 30

Abbildung 1-4 Lastgang des NBGs unter Berücksichtigung von Wärmeentzug und Wärmeeintrag ..... 34

Abbildung 1-5 Energieflussbild des Neubaugebiets..... 35

Abbildung 1-6 CO2e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet..... 73

Abbildung 2-1 Grundsätzliche Zusammensetzung des Gesamtstromverbrauchs in einem Gebiet ..... 79

Abbildung 2-2 Erzeugung und Verbrauch des Gebäudetyps EFH ..... 85

Abbildung 2-3 Erzeugung und Verbrauch des NBG..... 87

Abbildung 2-4 Erzeugung der lokalen PV-Anlagen des Neubaugebiets ..... 90

Abbildung 13: Kumulierte Lastgänge ..... 91

Abbildung 2-8 Darstellung von PV-Strom-Erzeugung, der Strombedarfs-Summe und dem Reststrombedarf nach PV-Eigennutzung auf Monatsbasis für das gesamte Neubaugebiet..... 92

Abbildung 2-9 Netzgekoppelte PV-Anlage mit Batteriespeicher..... 93

Abbildung 2-10 Leistungsflüsse eines netzgekoppelten photovoltaischen Batteriesystems in einem fiktiven Haushalt ohne Einbindung der Elektromobilität ..... 94

Abbildung 3-1 Untersuchungsumkreis von 500m ..... 113

Abbildung 3-2 Untersuchungsumkreis von 1000m ..... 115

Abbildung 3-3 Pkw-Verteilung pro 1.000 Einwohner..... 117

Abbildung 3-4 Verkehrsmittelmix im Verlauf einer Woche..... 117

Abbildung 3-5 Verteilung von PKW-Fahrten nach Fahrweite..... 118

Abbildung 3-6 Verteilung der Fahrtzeiten von Lastenrädern und Autos ..... 120

Abbildung 3-7 Energieverbräuche des Sektors Mobilität im Neubaugebiet..... 129

Abbildung 3-8 Emissionen des Sektors Mobilität im Neubaugebiet..... 131

Abbildung 4-1 Emissionen des gesamten Neubaugebiets bei einer Integration in das gesamtdeutsche Energiesystem ..... 134

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 0-1 Energiebilanz des Neubaugebiets ..... 11
Tabelle 0-2 Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet ..... 13
Tabelle 0-3 Minderungspfad Sektor Gebäude gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz ..... 25
Tabelle 1-1 Abschätzung des Wärmebedarfs im Neubaugebiet ..... 27
Tabelle 1-2 EEG Vergütung (keine Direktvermarktung) ..... 37
Tabelle 1-3 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit dezentralen Luft-/Wasser-Wärmepumpen ..... 38
Tabelle 1-4 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit Sole-/Wasser-Wärmepumpe (kalte Nahwärme) ..... 39
Tabelle 1-5 Energiebilanz Einfamilienhaus ..... 41
Tabelle 1-6 Energiebilanz Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung ..... 42
Tabelle 1-7 Energiebilanz Doppelhaushälfte ..... 43
Tabelle 1-8 Energiebilanz Reihenhaus ..... 44
Tabelle 1-9 Energiebilanz Mehrfamilienhaus MFH T1 ..... 45
Tabelle 1-10 Energiebilanz Mehrfamilienhaus MFH T2 ..... 46
Tabelle 1-11: Energiebilanz Mehrfamilienhaus MFH T3 ..... 47
Tabelle 1-12 Energiebilanz Seniorenresidenz ..... 48
Tabelle 1-13 Energiebilanz Kindertagesstätte ..... 49
Tabelle 1-14 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T1 ..... 50
Tabelle 1-15 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T2 ..... 51
Tabelle 1-16 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T3 ..... 52
Tabelle 1-17 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T4 ..... 53
Tabelle 1-18 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T5 ..... 54
Tabelle 1-19 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T6 ..... 55
Tabelle 1-20 Energiebilanz des gesamten Neubaugebiets ..... 56
Tabelle 1-21 Energiebilanz einer warmen Nahwärmeversorgung ..... 57
Tabelle 1-22 spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen – Teil 1 ..... 64
Tabelle 1-23 spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen – Teil 2 ..... 64
Tabelle 1-24 Amortisationsberechnung ..... 66
Tabelle 1-25 Abschätzung der Investitionskosten für die kalte Nahwärmevariante (netzseitig) ..... 67

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

Tabelle 1-26 Abschätzung der Investitionskosten für eine warme Nahwärme ..... 68
Tabelle 1-27 Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet ..... 69
Tabelle 1-28 $CO_2$e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet..... 72
Tabelle 2-1 Abschätzung des Haushaltstrombedarfs im Neubaugebiet in Saulheim ..... 80
Tabelle 2-2 Abschätzung des Wärmestromverbrauchs (Strom für Wärme) im Neubaugebiet.... 81
Tabelle 2-3 Steckbrief des Standardfahrzeugs ..... 82
Tabelle 2-4 Abschätzung des Mobilitätsstrombedarfs im Neubaugebiet..... 83
Tabelle 2-5 Gesamtstrombedarf des Neubaugebiets ..... 83
Tabelle 2-6 Verbrauchsübersicht Einfamilienhaus..... 85
Tabelle 2-7 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch ..... 89
Tabelle 2-8 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch ..... 89
Tabelle 3-1 Minderungspfad Sektor Verkehr gem. KSG..... 111
Tabelle 3-2 Bewertungsmatrix der Maßnahmen im Handlungsfeld Verkehrsminderung..... 127
Tabelle 3-3 Daten des angesetzten Standard-E-PKW ..... 128

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# Zusammenfassung

## Arbeitspaket – Klimafreundliche Wärmeversorgung

Die Gemeinde Saulheim befindet sich im Planungsprozess des Neubaugebiets „Rheinhessenblick", mit 188 Baugrundstücken. Es ist eine Wohnbebauung mit Einfamilienhäusern, Einfamilienhäusern mit Einliegerwohnung, Wohnhöfen, Doppelhaushälften, Reihenhäusern und Mehrfamilienhäuser vorgesehen. Ergänzt wird diese Bebauung um ein Nachbarschaftszentrum und eine Seniorenresidenz.

Der gesetzliche Rahmen gibt Vorgaben zur Energieeffizienz und verpflichtet zur Nutzung erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung in Neubauten. Die entsprechende Rechtsgrundlage stellt seit 01.11.2020 das Gebäudeenergiegesetz (GEG) dar.

Mit dem Ziel, das Neubaugebiet möglichst klimaneutral zu gestalten, wurden folgende Varianten zur Energieversorgung gegenübergestellt, die im Vergleich zur dezentralen Basisvariante bewertet wurden. Betrachtet werden sollen nun:

Basisvariante:

- Basisvariante
  dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP) zur Wärmeversorgung und für einen sommerlichen reversiblen Kühlbetrieb (aktiver Prozess der WP) über die Fußbodenheizung mit einem Taupunktwächter; Photovoltaikanlage zur anteiligen Eigenstromversorgung

Varianten zur zentralen Wärmeversorgung:

- Variante 1
  kalte Nahwärme mit dezentralen Sole-/Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) zur Wärmeversorgung und für einen sommerlichen passiven Kühlbetrieb über die Fußbodenheizung mit einem Taupunktwächter; Photovoltaikanlage zur anteiligen Eigenstromversorgung. Die Wärmequelle ist ein Erdwärmesondenfeld.
  (Untervarianten in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung)
- Variante 2
  zentrale Wärmeerzeugung mit einem Biomassekessel auf Basis von Holzhackschnitzeln und der Verteilung in einem warmen Nahwärmenetz

Aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen des Gebäudeenergiegesetzes bezüglich der Energieeffizienz und der (anteiligen) Versorgung von Neubauten mit erneuerbaren Energien und vor dem Hintergrund der derzeitigen Förderkulisse, wurde als Gebäudestandard eine Mischung aus Effizienzhaus 55, das den Mindestanforderungen des GEG entspricht, und Effizienzhaus 40 gewählt. Unsere Schätzung stellt eine Annahme zu einem Mittelwert dar.

Anhand des städtebaulichen Vorentwurfs in der Version vom 25.07.2023 wurde der Wärmeverbrauch für die Mustergebäude abgeschätzt. Der abgeschätzte Wärmeverbrauch ist die Grundlage für die Dimensionierung der wesentlichen Komponenten der Versorgungsvarianten.

Nach der angepassten Abschätzung beläuft sich der Jahreswärmeverbrauch auf etwa **2.084.300 $kWh_{th}/a$** und die gesamte Wärmeleistung auf ca. **1.285 $kW_{th}$** im Neubaugebiet.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 0-1 Energiebilanz des Neubaugebiets**

| Energiebilanz<br>Neubaugebiet | Einheit | Basisvariante<br>L/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 1a<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP | Variante 1b<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 1.290 | 1.290 | 1.290 | 1.290 |
| **Gleichzeitige Wärmeleistung inkl. Netzverluste** | $kW_{th}$ | | | | 940 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 2.084.000 | 2.084.000 | 2.084.000 | 2.084.000 |
| **Jahreswärmeverbrauch inkl. Netzverluste** | $kWh_{th}/a$ | | | | 2.480.000 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe gesamt (Wärme + Temperierung) *** | $kWh_{el}/a$ | 839.000 | 424.000 | 424.000 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 215.000 | 0 | 122.000 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 624.000 | 424.000 | 302.000 | |
| **Stromverbrauch für Wärme *** | $kWh_{el}/a$ | 625.000 | 417.000 | 417.000 | |
| **Solarstrom für Wärme **** | $kWh_{el}/a$ | 157.000 | 0 | 120.000 | |
| **Netzstrom für Wärme** | $kWh_{el}/a$ | 468.000 | 417.00 | 297.000 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 214.000 | 7.000 | 7.000 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 58.000 | 0 | 2.000 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 156.000 | 7.000 | 5.000 | |
| **Holzhackschnitzelverbrauch** | $kWh_{Hi}/a$ | | | | 2.884.000 |
| **Hilfsenergie Strom** | $kWh_{el}/a$ | | | | 43.000 |

* inkl. Elektroheizstab in Variante 1

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

*** keine Bilanzierung der Klimatisierung

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Die **Tabelle 0-1 Energiebilanz des Neubaugebietszeigts** zeigt bei der Betrachtung der Stromverbräuche der dezentralen Luft-/Wasser-Wärmepumpen und den Sole-/Wasser-Wärmepumpen einer kalten Nahwärme einen um ca. 50 % verminderten Strombezug der Variante 1b im Vergleich zur Basisvariante auf. Dies kann auf die höhere Effizienz der Sole-/Wasser-Wärmepumpen in Verbindung mit einer passiven Temperierung im Sommer zurückgeführt werden und beeinflusst die Ergebnisse der folgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung in einem deutlichen Maße.

Die Wirtschaftlichkeit einer warmen Nahwärme steht unter einem starken Einfluss der Netzverluste. Diese liegen mit 19 % in einem hohen Bereich. Dies kann vor allem auf sommerliche Verluste (kaum Wärmeabsatz, näherungsweise vergleichbare Verluste wie in Wintermonaten (absolut) zurückgeführt werden. So muss in dieser Jahreszeit Wärme für warmes Wasser vorgehalten werden, obwohl aufgrund ausbleibender Nutzung der Heizung nur geringe Wärmemengen abgenommen werden.

Darüber hinaus führt der hohe Gebäudestandard zu relativ geringen Wärmeverbräuchen im Jahresgang im Vergleich zu Systemen im Bestand. In der Folge liegt der spezifische Wärmeabsatz im Neubaugebiet mit 462 $kWh_{th}/(m_{Trasse}*a)$ in einem relativ geringen Bereich.

Die Daten der Energiebilanz sowie weitere wirtschaftliche Rahmenbedingungen flossen in den Jahreskostenvergleich der Wärmeversorgungsvarianten ein. Darüber hinaus wurden zur Berücksichtigung des Photovoltaikstroms als Eigenverbrauchsanteil am Wärmepumpenstromverbrauch spezifische Stromgestehungskosten für den Eigenverbrauch der Wärmepumpen ermittelt. Für eine Photovoltaikanlage auf einem EFH mit einem Flachdach in Ost/Westausrichtung entstehen spezifische Stromgestehungskosten von 16,9 $ct/kWh_{el}$ inkl. MwSt. Für den Betrieb der Wärmepumpe ist keine Batterie zur Kopplung mit der PV-Anlage notwendig. Zur Steigerung des Eigenverbrauchs (Allgemeinstrom) kann der Einsatz einer solchen jedoch zielführend sein.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgte angelehnt an die VDI-Richtlinie 2067. Zur Abschätzung der Investitionskosten wurden Richtpreise bei führenden Herstellern angefragt und plausibilisiert sowie auf eigene Schätzungen und Erfahrungswerte zurückgegriffen. Geeignete Förderprogramme wurden in den Berechnungen berücksichtigt.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 0-2 Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet**

| Alle Kosten inkl. MwSt.<br>Kosten als Eigenanteil nach Abzug der Förderung | | Basisvariante<br>Dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpen mit PV zur Eigenstromversorgung | Variante 1 a<br>Kalte Nahwärme mit dezentralen S/W-Wärmepumpen | Variante 1 b<br>Kalte Nahwärme mit dezentralen S/W-Wärmepumpen mit PV zur Eigenversorgung | Variante 1c<br>Kalte Nahwärme mit dezentralen S/W-Wärmepumpen mit PV zur Eigenversorgung | Variante 2<br>Zentrale warme Nahwärme mit 100 % Holzhackschnitzeln |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **BEW**<br>**EWS + Netz + WP** | **BEW**<br>**EWS + Netz** | **ohne BEW** | **BEW** |
| **Investitionskosten Wärmeversorgung** | **€** | **7.225.000** | **6.975.000** | **9.617.000** | **11.672.000** | **4.618.000** |
| Kapitalkosten Wärmeversorgung | €/a | 525.400 | 414.300 | 591.900 | 692.900 | 261.200 |
| Verbrauchskosten Wärmeversorgung | €/a | 281.200 | 169.600 | 138.700 | 138.700 | 116.700 |
| Betriebskosten Wärmeversorgung | €/a | 89.000 | 104.300 | 119.200 | 119.200 | 113.000 |
| **Jahreskosten Wärmeversorgung** | **€/a** | **895.600** | **688.200** | **849.800** | **950.800** | **490.900** |
| **spez. Wärmegestehungskosten** | **Ct/kWh$_{th}$** | 43,0 | 33,0 | 40,8 | 45,6 | 23,6 |

**Legende**

*1 Förderung BEG über Effizienzhaus 40 + Erneuerbare-Energien-Klasse

*2 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Referentenentwurf vom 18.08.2021)

*3 Förderung nach BEW (EWS + kNW-Netz) und WP der Hauseigentümer Förderung BEG über Effizienzhaus 40 + Erneuerbare-Energien-Klasse

*4 Bundesförderung (KfW) für Teile der Variante – in weiten Teilen keine Förderung, da die Anforderungen an die Wärmedichte hier nicht erfüllt sind; keine Temperierung des Gebäudes – hier würden deutliche Mehrkosten für vergleichbaren Komfort entstehen

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

In Abhängigkeit des gewählten Wärmeversorgungskonzepts ergeben sich monetäre Unterschiede. **Tabelle 0-2 Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet** zeigt diese auf.

Sie setzen sich aus Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten zusammen. Es erfolgt eine rein (voll)kostenbasierte Betrachtung. An dieser Stelle wird noch keine Aussage zu einem etwaigen Betriebsmodell bzw. der Preisgestaltung getroffen. Gewinne und Aufbau von Rücklagen eines Netzbetreibers sind hier in keiner Variante berücksichtigt. Nach der Umsetzung sollten diese Berechnungen aktualisiert werden.

Für **Variante 1 (dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe)** existieren keine Förderprogramme für Wärmepumpen im Neubau. Denkbar wäre eine Förderung im Rahmen des Programms „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)" in Form eines zinsgünstigen KfW-Kredits. Eine Wärmepumpe trägt grundsätzlich zum Gesamtkonzept eines Effizienzhauses 40 bei. Diese Fördermöglichkeit wurde in den Berechnungen nicht berücksichtigt.[1]

In **Variante 1a (Kalte Nahwärme)** kommt das Förderprogramm „**BEW - Bundesförderung effiziente Wärmenetze"** zum Einsatz. Die systemische Förderung umfasst die Erzeugung, Verteilung und Übergabe. Demnach befindet sich nicht nur das Erdwärmesondenfeld und das kalte Nahwärmenetz, sondern auch die Wärmepumpen in den Neubauten in der Hand des Netzbetreibers.

Die anteilige Nutzung des selbst erzeugten Solarstroms in den Gebäuden für den Wärmepumpenbetrieb, stellt eine Herausforderung dar. Es ist zu prüfen, ob und mit welchem Betriebsmodell der Solarstrom für den Betrieb der Wärmepumpen genutzt werden kann. Andererseits ist mit einem Mengeneffekt und einem günstigeren Tarif beim zentralen Einkauf für den Strom zu rechnen, daher ist hier eine Prüfung in der Umsetzungsphase unerlässlich.

**Variante 1b (Kalte Nahwärme)** nutzt die Förderung **„BEW - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze"** für das EWS-Feld und das Netz. Die dezentralen Wärmepumpen im Eigentum der Gebäudebesitzer:innen werden im Rahmen der BEG gefördert. In diesem Fall würde der Netzbetreiber nur die Erdwärmesonden und das kalte Nahwärmenetz als Wärmequelle bereitstellen. Eine Nutzung des dezentral erzeugten Solarstroms für die Wärmepumpen wäre in dieser Konstellation unproblematisch.

**Variante 1c (Kalte Nahwärme)** stellt die Wirtschaftlichkeit ohne jegliche Fördermittel dar.

Bezüglich der Ausgestaltung der Varianten der dezentralen L/W-Wärmepumpen und der kalten Nahwärme im Vergleich zur Variante der zentralen warmen Nahwärme, sind in den Jahreskosten der ersteren beiden, die Kosten einer Kühlung bereits berücksichtigt. Vor dem Hintergrund eines fortschreitenden Klimawandels und mit einer Perspektive von mehreren Dekaden als Betriebszeitraum, wird dieser Aspekt in Zukunft weiter an Relevanz gewinnen.

---

[1] Das Ergebnis dieser Studie wird unter Einbeziehung dieser Fördermöglichkeit nur in einem geringen Maß beeinflusst, da sowohl die Basisvariante als auch die Variante 1b sowie 1c in einer ähnlichen Größenordnung betroffen sind.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com



**Keine Kühlung bei der warmen Nahwärme (Variante 2) betrachtet:** Um eine vollständige Vergleichbarkeit gewähren zu können, müssten in das System der warmen Nahwärme aktive Kältemaschinen eingebunden werden. Dies würde zu einer deutlichen Verschlechterung der Energieeffizienz und der Wirtschaftlichkeit führen.

Hingegen zeigt die Versorgungsoption der kalten Nahwärme mittels Erdwärme in der Möglichkeit einer passiven Kühlung der Gebäude eine vorteilhafte Eigenschaft, die nicht zu zusätzlichen Kosten führt. Voraussetzung ist, dass die Gebäude eine Fußbodenheizung oder ein gleichwertiges System der flächigen Wärmeübergabe besitzen. Dies kann heute als Standard bei Neuerrichtungen angesehen werden. Außerdem muss die Wärmepumpe um eine „Kühlstation" (**passives Kühlen über das Erdreich**) ergänzt werden. Die Kühlstation umgeht die Wärmepumpe und führt die Wärme der Räume im Sommer über die Fußbodenheizung über einen Wärmetauscher in das kalte Nahwärmenetz ab. Die im Sommer eingespeiste Abwärme regeneriert die Erdwärmequelle – in der Umsetzung ist zu beachten, dass die Kühlung in den Gebäuden technisch ermöglicht und beworben wird.

Im Falle der reversiblen Luft/Wasser-Wärmepumpe mit einer Fußbodenheizung zur Kühlung ist mit einem **weitaus höheren Stromverbrauch** zu rechnen, da hier ein aktiver Kreisprozess zum Einsatz kommt. Der Verdichter der Wärmepumpe muss Arbeit verrichten, um die Kühlung gegen ein treibendes Temperaturgefälle zu aktivieren.

Bei der kalten Nahwärme wird die Sole/Wasser-Wärmepumpe nicht zum Kühlen genutzt, sondern über einen separaten Wärmetauscher umgangen. Daher ist der Stromverbrauch sehr gering. Die sommerliche Wärme wird über einen passiven Wärmetauscher in das Netz abgegeben und dann zu Teilen saisonal im Erdreich zwischengespeichert. Diese steht dann in der Heizsaison für einen effizienteren Betrieb des Systems zur Verfügung – dadurch wird hier der Stromverbrauch sogar überproportional verringert.

Ein weiterer Vorteil der kalten Nahwärme im Vergleich zu Luft/Wasser-Wärmepumpen besteht darin, dass kein Verdampfer außerhalb des Gebäudes aufgestellt werden muss und somit Schallemissionen vermieden werden.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com



**Bei der Betrachtung der absoluten Höhe der Jahreskosten, zeigt die Variante 2 zwar Vorteile, gleichzeitig gehen mit ihr aber auch einige Nachteile einher, die nur schwierig einer monetären Bewertung in Form von Jahreskosten zu unterziehen sind.**

Neben der schon im Vorangegangenen thematisierten Kühlung, sind dies die Notwendigkeit der Errichtung einer Heizzentrale (Baulandverlust), lokale Immissionen von Stäuben und Schadgasen oder eine Belastung des Neubaugebiets mit LKW-Verkehr, der für die Anlieferung der Brennstoffe notwendig ist, sowie die zukünftige Verfügbarkeit bzw. Preisentwicklung der Holzhackschnitzel. Darüber hinaus befinden sich im Besitz der Gemeinde keine nennenswerten Waldflächen, die zur Versorgung des Neubaugebiets mit Holzhackschnitzeln genutzt werden könnten. In der Folge müsste der Brennstoff auf dem freien Markt beschafft werden. Darüber hinaus sind der Energieträger Biomasse und die mit einer Verbrennung einhergehenden hohen Temperaturen bei der Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser unter den Bedingungen der heutigen energetischen Standards im Neubau mit Flächenheizungen grundsätzlich zu hinterfragen. So zeigen unterschiedliche Studien den Einsatz des knappen Guts Biomasse und der Wärmeerzeugung auf Basis einer Verbrennung eher im Bereich industrieller Hochtemperaturanwendungen und darüber hinaus zur stofflichen Nutzung in der chemischen Industrie. Außerdem muss mit einer verhältnismäßig kurzen Lebensdauer des Wärmeerzeugers gerechnet werden (ca. 15a). In diesem Zusammenhang muss auch die Frage nach dem „zweiten" Leben des Wärmenetzes gestellt werden. Perspektivisch zeigen sich hier Tendenzen, dass warme Nahwärmen zukünftig Großwärmepumpen mit den Wärmequellen Geothermie und Solarthermie als einspeisenden Wärmeerzeuger nutzen werden. Zur Umrüstung eines warmen Wärmenetzes, das heute auf Holzhackschnitzel setzt, muss in einem solchen Fall mit hohen zusätzlichen Investitionen gerechnet werden.

Darüber hinaus befindet sich die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energy Directive - RED II) im Rahmen des durch die Europäische Kommission verabschiedeten Pakets „Fit for 55" in der Überarbeitung. Es ist nicht auszuschließen, dass diese Novellierung auch Auswirkungen auf den Energieträger Holz mit sich bringt. So ist dem aktuellen Entwurf der Richtlinie zu entnehmen, dass „die Bioenergiepolitik dem Prinzip der Kaskadennutzung von Biomasse angepasst werden muss" ( 1) Holzprodukte, 2) Verlängerung ihrer Lebensdauer, 3) Wiederverwendung, 4) Recycling, 5) Bioenergie und 6) Entsorgung) (Europäisches Parlament, 2022). Diese Priorisierung der stofflichen Nutzung von Biomasse könnte zu einer Verknappung der Mengen führen, die zur energetischen Nutzung zu Verfügung stehen. Außerdem wird angestrebt, dass „die Mitgliedsstaaten, die energetische Nutzung von hochwertigem Rundholz – außer unter genau festgelegten Umständen, z. B. zur Verhütung von Waldbränden und bei Noteinschlag, – nicht fördern (Europäisches Parlament, 2022). Auch diese Regelung kann zu einer Verknappung der Biomasse führen, die energetisch genutzt werden kann. Wie und ob sich der Entwurf im weiteren Gesetzgebungsverfahren verändern wird, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht bewertet werden.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Bei der Betrachtung der Höhe der annuisierten Vollkosten folgt auf die Variante 2 die Variante 1a. Die Basisvariante liegt rund 23% über der Variante 1a.**

**Grundsätzlich ist zu beachten, dass ein reiner Vollkostenvergleich vorgenommen wurde. Etwaige zusätzliche Preisbestandteile, die aufgrund des Geschäftsmodells des Netzbetreibers entstehen, sind nicht berücksichtigt worden.**

**Die Variante 1b liegt im Vollkostenvergleich ebenfalls unterhalb der Vergleichsvariante- Basisvariante. Unter der Berücksichtigung der Unsicherheiten, kann davon ausgegangen werden, dass die Varianten Basisvariante, 1a und 1b als wirtschaftlich gleichwertig zu bewerten sind.**

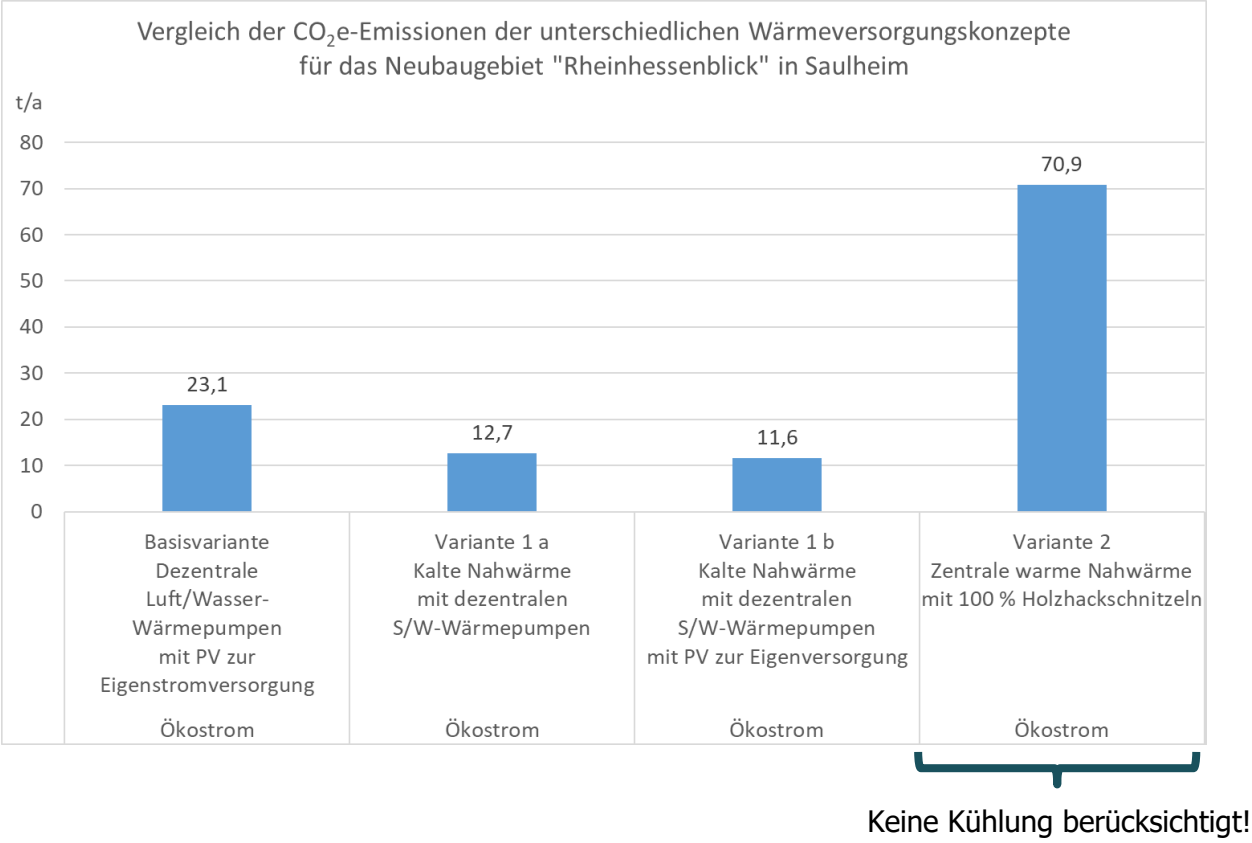
**Die Variante 1c ohne jegliche Förderung zeigt im Vollkostenvergleich mit 6 % höheren Jahreskosten als die Basisvariante ein vergleichbares Niveau.**

Darüber hinaus sollte mit dem Neubaugebiet das Ziel einer möglichst klimaneutralen Gestaltung verfolgt werden.

Zur ökologischen Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten wurde eine $CO_2$e-Emissionsbilanz erstellt. Wegen der wesentlich höheren Energieeffizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpen in Verbindung mit einer kalten Nahwärmeversorgung erreichen diese um ca. 50 % niedrigere Treibhausgasemissionen als die Luft/Wasser-Wärmepumpen. In allen Varianten mit einer Wärmepumpe ist berücksichtigt, dass deren Stromverbrauch – wenn möglich- anteilig mit selbst erzeugtem Solarstrom gedeckt wird.

Im Fall der warmen Nahwärme enthält die Bilanzierung keine Gebäudetemperierung.

Die geprüften Varianten Basisvariante, 1a, 1b (1c wie 1b) und 2 erzielen hierbei deutlich bessere Ergebnisse.




Keine Kühlung berücksichtigt!

**Abbildung 0-1 $CO_2$e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet**

Hinterfragt werden muss auch, ob die Variante 2 (warme Nahwärme), mit vergleichsweise hohen Emissionen im Vergleich zu mit Ökostrom betriebenen Wärmepumpen, im weiteren Verlauf noch berücksichtigt werden sollte. Das Bundes-Klimaschutzgesetz führt im § 13 aus:

> (1) Die Träger öffentlicher Aufgaben haben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck dieses Gesetzes und die zu seiner Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen. Die Kompetenzen der Länder, Gemeinden und Gemeindeverbände, das Berücksichtigungsgebot innerhalb ihrer jeweiligen Verantwortungsbereiche auszugestalten, bleiben unberührt. […]

Da der Sektor „Gebäude" explizit in den Anlagen des Bundes-Klimaschutzgesetzes (Reduktion der zulässigen Jahresemissionsmenge von 113 Mio. Tonnen $CO_2$-Äquivalenten im Jahr 2021 auf nur noch 67 im Jahr 2030) aufgeführt ist, könnte dies als Argument für die **Variante 1b kalte Nahwärme** gewertet werden, da diese zu den niedrigsten Emissionen führt und auch bei zukünftig potenziell steigenden Anforderungen an die sommerliche Gebäudetemperierung klimapositiv betrieben oder ggf. ergänzt werden kann.

In der Folge kann mit der hier zu treffenden Wahl zur Versorgung der Gebäude mit Raumwärme und warmem Wasser, Einfluss auf die Emissionen des Neubaugebietes in den folgenden Dekaden genommen werden.

Unter Berücksichtigung der **Bundesförderung für effiziente Wärmenetze** ergeben sich für eine kalte Nahwärmeversorgung niedrigere Jahreskosten (**Variante 1a**) wie das dezentrale Versorgungskonzept der Luft/Wasser-Wärmepumpe (**Basisvariante**). Diese Konstellation impliziert ein Betriebsmodell, in dem der Netzbetreiber auch die Wärmepumpen betreibt. Dies hat zur Folge, dass die Nutzung des selbst erzeugten Solarstroms (Gebäudeeigentümer) für den Betrieb der Wärmepumpe (Netzbetreiber) geprüft werden muss.

Obwohl die Jahreskosten der warmen Nahwärme die geringsten Werte erzielen, muss diese Variante ernsthaft hinterfragt werden. Mit ihr geht eine ganze Reihe von Nachteilen einher, die keinen Eingang in die Vollkostenrechnung nach der VDI 2067 finden können. Außerdem berücksichtigt diese Lösung keine Kühlung in den Sommermonaten. Vor dem Hintergrund des Klimawandels und einer Perspektive des Neubaugebiets von mehreren Dekaden kann dieser Aspekt zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Eine Gebäudekühlung als zusätzlicher Nutzen einer kalten Nahwärmeversorgung ist ein wesentlicher Vorteil für die Gebäudeeigentümer. Die Kühlung dient der Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels und arbeitet klimaneutral. Durch das Abführen der sommerlichen Wärme in das Erdreich werden die im Winter beanspruchten „Wärmedepots" regeneriert. In der Folge hat das Wärmeübertragungsmedium in den Erdwärmesonden eine höhere Temperatur. Dies steigert die Effizienz des Heizbetriebs in der Wintersaison, da die Wärmepumpen weniger elektrische Energie benötigen, um den Temperaturunterschied zwischen der Sole und der Vorlauftemperatur des Heizkreises des Gebäudes zu überbrücken. Sole/Wasser-Wärmepumpen haben gegenüber Luft/Wasser-Wärmepumpen den Vorteil, dass sie keine Schallemissionen im Neubaugebiet verursachen und wegen ihrer höheren Energieeffizienz weniger $CO_2$e-Emissionen aufweisen.

**Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Varianten der kalten Nahwärme deutliche Vorteile in den Bereichen Klimaschutz und Klimafolgenanpassung (Kühlung) aufweisen. Die wirtschaftliche Bewertung zeigt in Abhängigkeit der gewählten Fördermittel leichte Vorteile (Variante 1a BEW gesamt; Variante 1b BEW ohne Wärmepumpen) gegenüber der Vergleichsvariante (Basisvariante). Unter der Berücksichtigung von Unsicherheiten kann mit einer ähnlichen monetären Belastung im Falle der Basisvariante und den Varianten (1a und 1b) gerechnet werden. Bei einem Blick auf die Emissionen der Versorgungskonzepte zeigen sich die Varianten 1a und 1b vorteilhafter.**

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

## Arbeitspaket – Klimafreundliche Stromversorgung

Die Simulationsdaten zeigen, dass mit der **Installation von PV-Anlagen auf den Dächern** der Gebäude des Neubaugebiets ein erheblicher Anteil des benötigten Stroms bereitgestellt werden kann (Eigenstromversorgung). Außerdem besteht die Möglichkeit, auf diesem Wege die Jahreskosten und die Emissionen des Neubaugebiets zu senken. In der Folge erscheint eine tiefergehende rechtliche Prüfung einer Festsetzung nach dem **§ 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB** (Verhältnismäßigkeit bewerten) sinnvoll. Diese Fragestellung wurde an Herrn Prof. Dr. Roller übergeben. Nähere Ausführungen hierzu können dem Dokument „Recht" im Anhang dieses Dokuments entnommen werden.

In den Fällen der Mehrfamilienhäuser mangelt es an den Voraussetzungen zur Eigenstromversorgung. Als Alternative wurde das **Mieterstrommodel** im Zusammenhang mit einer **Kundenanlage** geprüft. Hierbei wird die Versorgung der angeschlossenen Personen über Letztere sichergestellt (mit monetären Vorteilen im Bereich der Netzentgelte und Steuern). Sie wird mit einer Erzeugungsanlage gekoppelt, die den zu vertreibenden Strom erzeugt. Zum anderen muss dieser Strom speziellen Anforderungen entsprechen, um als Mieterstrom deklariert werden zu können und sich auf diese Weise für den Mieterstromzuschlag qualifizieren zu können (**Mieterstrom**).

Es ist bekannt, dass dieses Betriebsmodell den Betreiber (eventuell identisch mit dem Vermieter) vor hohe regulatorische Anforderungen stellen kann, die für fachfremde Personen nur schwer zu überblicken sein können. Darüber hinaus wird ein geeignetes Messkonzept benötigt. Zwar kann sich die Anwendung eines Mieterstrommodells in Kombination mit einer Kundenanlage aufgrund lastsynchroner, erzeugungsnaher Verbräuche als netzdienlicher erweisen als eine reine Anlage zur Einspeisung des Stroms in das Energieversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung, jedoch kann die Gemeinde eine Umsetzung in diesem Fall nicht selbst bestimmen, nur informieren.

Werden die dezentralen **PV-Anlagen** um ein **Speichersystem** ergänzt, kann die Eigenstromversorgung weiter erhöht werden. Der verbleibende Reststrombedarf, der über das Netz der allgemeinen Versorgung bezogen werden muss, sinkt in der Folge ab. Vor diesem Hintergrund und auf Wunsch eines Workshopteilnehmers wurde die Frage nach einer Festsetzung von Batteriespeichern im Bebauungsplan ebenfalls Herrn Prof. Dr. Roller zur rechtlichen Prüfung weitergegeben. Tiefergehende Ausführungen zu dieser Fragestellung sind ebenfalls dem Dokument „Recht" im Anhang dieses Dokuments zu entnehmen.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass das **System eines zentralen Gemeinschaftsspeichers** gegenüber den dezentralen Speichersystemen zu einer leichten Erhöhung des Eigenstromverbrauchs führen kann. Jedoch zeigen sich, wie auch schon im Fall der Mieterstromversorgung hohe regulatorische Hürden. Hemmend wirkt außerdem ein geringes Angebot marktverfügbarer Anbieter und Systeme.

Die **Kopplung einer PV-Freiflächenanlage** (oder auf dem Bereich zum Lärmschutz) kann nur zu einer geringen Erhöhung des lokal verbrauchten Stroms beitragen, ein erheblicher Teil würde ins Netz eingespeist. Es eröffnet sich aber vor allem im Bereich der Belieferung des Neubaugebiets ein weites Feld rechtlicher Fragen, die im Rahmen dieser Studie nicht beantwortet

werden können. Ausführungen zur Fragestellung, ob die Festsetzung einer PV-Freiflächen-Anlage im Bebauungsplan möglich ist, können ebenfalls dem sich im Anhang befindlichen Dokument „Recht" entnommen werden.

Bezüglich der beiden letztgenannten Vergleichsvarianten ist außerdem festzuhalten, dass es zur Umsetzung einer Kooperation mit weiteren Akteuren aus der Energiewirtschaft bedarf. In den Fällen der beiden „Lokalstrom-Konzepte" wurde außerdem die Anwendung der Regelungen der Kundenanlage auf der Ebene des gesamten Neubaugebiets zur kostenoptimierten Versorgung der angeschlossenen Personen untersucht. Aufgrund der Größe des Neubaugebiets erscheint eine Umsetzung auf dieser Ebene nicht möglich.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com



## Arbeitspaket – Klimafreundliche Mobilität

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass der Energieverbrauch aber auch die Emissionen im Falle der Vollelektrisierung der Fahrzeugflotte des Neubaugebiets gegenüber einer fossil geprägten Basisvariante deutlich gesenkt werden können. Vor dem Hintergrund der langfristigen Nutzungsperspektive des Neubaugebiets erscheint es daher sinnvoll, Fragen der Elektromobilität bei der weiteren Planung bereits heute mitzudenken:

- Kann der Bebauungsplan genutzt werden, um einen Beitrag zu leisten, eine flächendeckende Ladeinfrastruktur durch Ladepunkte im öffentlichen Bereich zu verfolgen?
- Besteht die Möglichkeit, auf den Einbau von Leerrohren für das zukünftige Laden von Elektrofahrzeugen auf den Baugrundstücken einzuwirken?

Im Falle der vollelektrisierten Vergleichsvarianten 1 (1,4 PKW pro Haushalt), 2 (1,12 PKW pro Haushalt) und 3 (1 PKW pro Haushalt) zeigte die Emissionsbilanz, dass die Wahl des Stromtarifs, einen erheblichen Einfluss auf die Treibhausgasintensität des Neubaugebiets haben kann. Da die Wahl des Stromtarifs den Bauenden aber freigestellt ist und auf Seiten der Gemeinde keine Möglichkeit besteht, leitend zu wirken, können in der Folge ausschließlich Sensibilisierungsmaßnahmen in diesem Bereich verfolgt werden.

Eine weitere Verminderung der Energieverbräuche und der Emissionen, kann durch die Verringerung der Anzahl von Fahrzeugen pro Haushalt erreicht werden. Im Vergleich zum Schritt „weg von der fossil geprägten Mobilität" und hin zur Vollelektrisierung sind die Auswirkungen dieses Bereichs jedoch verhältnismäßig gering. In der Folge können die örtlichen Gegebenheiten im Umkreis des Neubaugebiets begünstigend wirken, wenn Maßnahmen der Vermeidung und Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs verfolgt werden sollen. Hier besteht bereits heute ein ganzer Strauß möglicher Maßnahmen, die sich in der Praxis bereits bewährt haben, um eine Emissionsminderung auf der Kurzstrecke zu bewirken. Hierfür bedarf es allerdings ein weitergehendes, proaktives Vorgehen der Gemeinde.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

## Das klimafreundliche Neubaugebiet

Die Untersuchung der Abdeckung der zukünftigen Stromverbräuche des Neubaugebiets zeigt (Kapitel 2.5), dass erhebliche Emissionen entstehen können, wenn die benötigten Reststrommengen durch konventionellen Netzstrom gedeckt werden sollen. Bei der Wahl des Stromtarifs kann die Gemeinde ausschließlich sensibilisierend wirken. Diese Perspektive vernachlässigt jedoch den Sachverhalt, dass erhebliche Strommengen der lokalen PV-Anlagen, die zum Zeitpunkt der Erzeugung nicht lokal verbraucht werden können, in das Energieversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung eingespeist werden. Entsprechend den Regelungen des „Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien" (EEG 2023) hat dieser Strom eine besondere Behandlung bei der Einspeisung durch die Netzbetreiber zu erfahren und ist nach dem § 11 Abs. 1 S. 1 EEG 2023 durch den Netzbetreiber unverzüglich vorrangig physikalisch abzunehmen, zu übertragen und zu verteilen. Diese Regelung hat zur Folge, dass es im Stromerzeugungsmix Deutschlands zu Veränderungen kommt, wenn zum Zeitpunkt x ein Strom-Angebot aus erneuerbaren Energien besteht (z.B. Überschussstrom der PV-Anlagen des Neubaugebietes). Aufgrund des Einspeisevorrangs der erneuerbaren Energien scheiden in der Folge andere Energieträger zum Zeitpunkt x des Bestehens des Angebots erneuerbaren Stroms aus dem Markt aus. In der Folge wurde eine „Gutschrift" für den substituierten Verdrängungsstrom berechnet und von der durch den Reststrombedarf verursachten $CO_2$-Menge abgezogen, sodass die verbleibende $CO_2$-Menge die Klimawirkung des Neubaugebiets beschreibt.

Soll das Leitbild eines möglichst treibhausgasneutralen Neubaugebiets verfolgt werden, so erscheint eine möglichst hohe Menge des in das Energieversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung einzuspeisenden Stroms der zielführendste Weg, um möglichst geringe Gesamtemissionen zu erreichen. Dies kann auf den Umstand zurückgeführt werden, dass die Betrachtungsperspektive nun einen Blick auf das Neubaugebiet eingebettet in das gesamtdeutsche Energiesystem wirft. In der Folge kommt der rechtlich bindende „Vorfahrtsanspruch des Stroms aus erneuerbaren Energien" zum Tragen und führt dazu, dass andere emissionsintensivere Marktteilnehmer bei einer Verfügbarkeit des Stroms aus erneuerbaren Energien ihren Strom nicht mehr zur Verfügung stellen können, um die Strombedarfe zu decken. Die Emissionsgutschrift für die Substitution dieses Stroms führt nun zu einer Konstellation bei der die Höhe der Gutschrift, die Emissionen für den Reststrombedarf übersteigt und in der Folge zu negativen Emissionen in der Variante mit einer PV-Eigenstromversorgung ohne Speicher führen kann. Die Ergebnisse dieser Berechnungen können der folgenden Abbildung 0-2 entnommen werden.

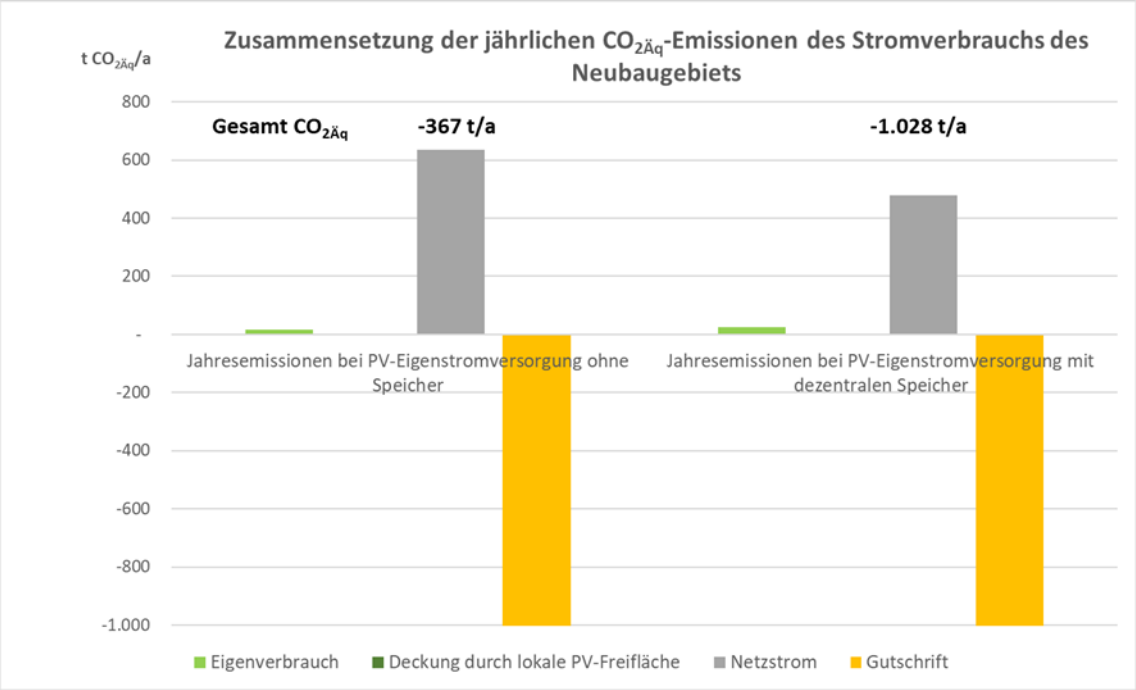



**Abbildung 0-2 Emissionen des gesamten Neubaugebiets bei einer Integration in das gesamt-deutsche Energiesystem**

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

## Hintergrund

Im Jahr 2022 veröffentlichte das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) den nun sechsten Sachstandsbericht. Hierbei handelt es sich um eine Institution der Vereinten Nationen, die in unterschiedlichen Arbeitsgruppen den aktuellen Forschungsstand aus den Bereichen naturwissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels, Folgen, Verwundbarkeit, Anpassung und Minderung zusammenträgt.

Im Bericht der Arbeitsgruppe 1, der die „Naturwissenschaftlichen Grundlagen" behandelt, heißt es: „Der vom Menschen verursachte Klimawandel wirkt sich bereits auf viele Wetter- und Klimaextreme in allen Regionen der Welt aus. Seit dem fünften Sachstandsbericht (AR5) gibt es stärkere Belege für beobachtete Veränderungen von Extremen wie Hitzewellen, Starkniederschlägen […] sowie insbesondere für deren Zuordnung zum Einfluss des Menschen." (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021)

Der IPCC betont darüber hinaus, dass es aus naturwissenschaftlicher Sicht notwendig ist, die $CO_2$-Emissionen zumindest auf netto null zu reduzieren, um die anthropogene Erwärmung zu begrenzen.

Mit der Neufassung des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Jahr 2023 richtet die Bundesregierung den Blick verstärkt auf zukünftige Emissionen und hat die Ziele der Treibhausgasminderung definiert. Bis zum Jahr 2030 sollen die Emissionen um mindestens 65 Prozent und bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 sinken. Die Netto-Treibhausgasneutralität soll im Jahr 2045 erreicht werden.

Der Anlage 2 des Gesetzes können kontinuierlich absinkende Jahresemissionsmengen bis zum Jahr 2030 entnommen werden. Besondere Relevanz für die Wärmeversorgung des Neubaugebiets hat hierbei der Reduktionspfad für den Sektor „Gebäude":

**Tabelle 0-3 Minderungspfad Sektor Gebäude gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz**

| Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO2-Äquivalent | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gebäude** | 108 | 102 | 97 | 92 | 87 | 82 | 77 | 72 | 67 |

Da mit den Gebäuden des Neubaugebiets „Rheinhessenblick" in Saulheim keine bestehenden Treibhausgase emittierenden Gebäude substituiert werden, sondern neue Verbraucher hinzukommen, ist es von besonderer Bedeutung, diese emissionsarm zu gestalten. So kann die Gemeinde doch bei einer erfolgreichen Integration der Aspekte einer emissionsarmen Wärmeversorgung in den Planungsprozess Einfluss auf die Emissionen von Dekaden nehmen.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# 1 Arbeitspaket – Klimafreundliche Wärmeversorgung

## 1.1 Wärmeverbrauchsanalyse

In einem ersten Schritt wurde eine Wärmeverbrauchsanalyse erstellt.

Die Abschätzung des Wärmeverbrauchs basiert auf dem Bebauungsplan „Rheinhessenblick" mit Stand vom 25.07.2023 und wurde mit dem Auftraggeber und dem Planungsbüro MVV Regioplan abgestimmt (E-Mail vom 06.09.2023)

Für die zulässige Bebauung werden jeweils Mustergebäude für Einfamilienhäuser mit geneigtem Dach (EFH), Einfamilienhäuser mit Einliegerwohnung (EFH + ELW), Reihenhäuser (RH) und Doppelhaushälften (DHH) definiert. Die Wohnbebauung wird um neun weitere Gebäudetypen mit einem Flachdach ergänzt: (Mehrfamilienhäuser mit drei Typen T1-T3), (Gewerbeimmobilien in sechs Typen T1-T6), eine Kindertagesstätte (Kita) und ein Seniorenheim (S-RE). Es ist eine Festsetzung von Flachdächern für die Möglichkeit von Dachbegrünungen vorgesehen.

Darüber hinaus sollen sich im Neubaugebiet eine Kita und eine Seniorenresidenz befinden. Da zum jetzigen Zeitpunkt zu beiden Neuerrichtungen noch keine energetischen Daten vorliegen, wurden diese auf Basis von plausibilisierten Erfahrungswerten abgeschätzt.

Vor dem Hintergrund einer veränderten Rechtslage und einer sich im Wandel befindlichen Förderlandschaft wurde als Gebäudestandard ein Mittelwert aus der gesetzlichen Mindestanforderung des Gebäudeenergiegesetzes vom 16.10.2023, was einem Effizienzhaus 55 gleichgesetzt werden kann, und einem Effizienzhaus 40 als energetische Referenz gewählt. Genauere Informationen zum verwendeten Gebäudestandard können dem **Kapitel 1.4.1 Erläuterungen zum gewählten Gebäudestandard und dem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** entnommen werden.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-1 Abschätzung des Wärmebedarfs im Neubaugebiet**

| Gebäudetyp | Dach-form | Gebäude-anzahl | Nutz-fläche m² | Jahreswärme-verbrauch $kW_{th}/a$ | Wärmeleistung $kW_{th.}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| EFH | Flachdach | 130 | 9.098 | 8.160 | 5 |
| EFH + ELW | Flachdach | 7 | 6.290 | 9.690 | 6 |
| DHH | Flachdach | 40 | 4.273 | 6.630 | 4 |
| RH | Flachdach | 12 | 4.273 | 6.630 | 4 |
| MFH T1 | Flachdach | 4 | 18.870 | 18.360 | 12 |
| MFH T2 | Flachdach | 6 | 21.566 | 24.480 | 16 |
| MFH T3 | Flachdach | 1 | 28.305 | 36.720 | 23 |
| Seniorenresidenz | Flachdach | 1 | 90.657 | 119.070 | 63 |
| Kita | Flachdach | 1 | 18.349 | 38.000 | 25 |
| GEW T1 | Flachdach | 1 | 9.435 | 19.680 | 14 |
| GEW T2 | Flachdach | 1 | 12.580 | 26.240 | 18 |
| GEW T3 | Flachdach | 1 | 18.870 | 39.360 | 28 |
| GEW T4 | Flachdach | 1 | 9.435 | 19.680 | 14 |
| GEW T5 | Flachdach | 1 | 25.160 | 52.480 | 37 |
| GEW T6 | Flachdach | 1 | 18.870 | 39.360 | 28 |
| **Summe Neubaugebiet:** | | **208** | **231.661** | **464.540** | **297** |

## 1.2 Technisches Konzept

Die Ortsgemeinde Saulheim möchte bei der Energieversorgung des Neubaugebiets „Rheinhessenblick" den Klimaschutz besonders berücksichtigen, was im Bebauungsplan sowie in städtebaulichen und privatrechtlichen Verträgen geregelt werden kann.

Alle untersuchten Varianten erfüllen die im Gebäudeenergiegesetz genannten Anforderungen. Die wesentlichen Komponenten der Wärmeversorgungsvarianten sollen im Folgenden nun kurz beschrieben werden.

### 1.2.1 Basisvariante: dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe und Photovoltaikanlage zur anteiligen Eigenstromversorgung; reversible (aktive) Kühlung durch die WP

In dieser Variante wird davon ausgegangen, dass jedes Gebäude mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung ausgestattet wird, die um einen Elektroheizstab zur Spitzen- und Reservelastabdeckung ergänzt wird. Außerdem wird zur anteiligen Eigenversorgung eine Photovoltaikanlage berücksichtigt. Sie ist entsprechend der geeigneten Dachfläche ausgelegt. In Abhängigkeit der im Vorangegangenen beschriebenen Gebäudetypen wurden passende PV-Anlagen als Überschusseinspeiseanlagen mit der Software PV*SOL premium 2023 (R6) simuliert. Eine detaillierte Übersicht der Anlagendaten kann dem Kapitel

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**1.4.4.1 Bestimmung der spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen** entnommen werden. Der Solarstrom, der nicht im Eigenverbrauch zur Wärmegewinnung verwendet wurde, kann anteilig für den Allgemeinstrombedarf genutzt und der Stromüberschuss ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

Diese Variante dient als Basisvariante. Nach Marktanteilen ist die Luft/Wasser-Wärmepumpe (ca. 43%) die häufigste, dezentrale Lösung für Neubauten im Jahr 2021 (Gas ca. 24%, Sonstige z.B. Fernwärme, Holz, Öl, Strom, Solarthermie und Biogas ca. 15%) (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2022).

Sämtliche Teile der technischen Gebäudeausstattung zur Wärmeversorgung werden hier durch den Gebäudebesitzer errichtet und betrieben.

Eine reversible Luft/Wasser-Wärmepumpe kann zusätzlich auch Kälte bereitstellen, die z. B. über die Fußbodenheizung mit Taupunktwächter eine Gebäudetemperierung ermöglicht. Dies erhöht den Stromverbrauch der Wärmepumpe.

### 1.2.2 Variante 1: kalte Nahwärme mit dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen zur anteiligen Eigenstromversorgung. Wärmequelle Erdwärmesondenfeld; passive Kühlung durch die WP

Zur kalten Nahwärmeversorgung wird jedes Gebäude mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe ausgestattet und an das Netz als Wärme- und Kältequelle angeschlossen. Auf den Dächern befindet sich eine Photovoltaikanlage als Überschusseinspeiseanlage, um einen Teil des Stromverbrauchs der Wärmepumpe zu decken. Sie wurde auf den jeweiligen Gebäudetyp und die resultierende Dachfläche ausgelegt. Mit Hilfe von Simulationsdaten der PV-Anlagen, wurde eine Berechnung des Stromverbrauchs der Wärmepumpen mit einer anteiligen Solarstromnutzung erstellt. Weil Sole/Wasser-Wärmepumpen im Vergleich zu Luft/Wasser-Wärmepumpen eine höhere Energieeffizienz aufweisen, resultiert ein etwas höherer Autarkiegrad. Der verbleibende Solarstrom kann anteilig für den Allgemeinstrombedarf genutzt und der Stromüberschuss ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

Ein zentrales Erdwärmesondenfeld erschließt Erdwärme, die über das kalte Nahwärmenetz den Wärmepumpen in den Gebäuden zur Verfügung gestellt wird. Mit den im Vorangegangenen erwähnten Photovoltaikanlagen kann dann ein Teil des Stromverbrauchs der Wärmepumpen gedeckt werden. Für das kalte Nahwärmenetz wird keine zentrale Netzpumpe vorgesehen, stattdessen entnehmen die dezentralen Wärmepumpen mit ihren eigenen Solepumpen die benötigte Energie aus dem kalten Nahwärmenetz, sodass es sich um ein **passives Netz** handelt.

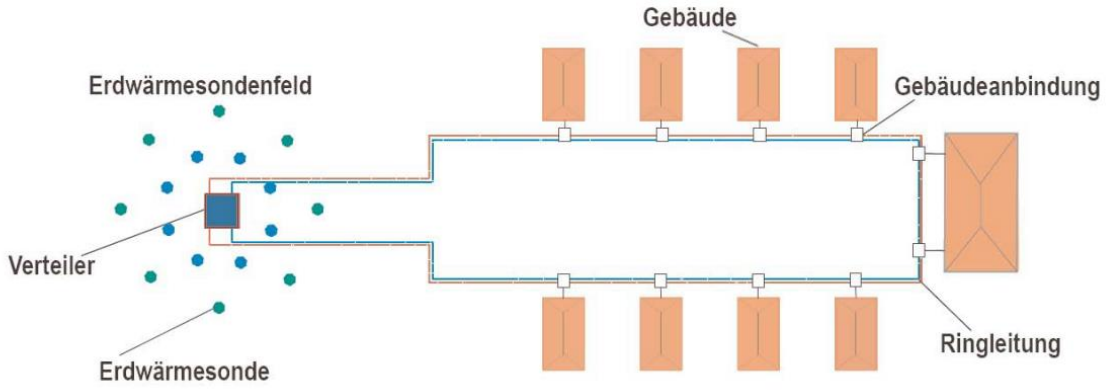



**Abbildung 1-1 Anlagenschema zur kalten Nahwärme mit zentralem Erdwärmesondenfeld (Prof. Giel, 2017)**

Detaillierte Daten zur Wärmequelle Erdwärmesondenfeld sind dem Bericht des geologischen Büros UBeG zu entnehmen.

**Aufbau des kalten Nahwärmenetzes**

Im Gegensatz zu einem warmen Nahwärmenetz, das mit größerer Länge auch höhere Wärmeverluste mit sich bringt, fungiert das Netz einer kalten Nahwärme selbst als Kollektor, der mit steigender Länge Wärmegewinne zu verzeichnen hat. Dies bedeutet, dass neben dem Erdwärmesondenfeld auch das Netz thermisch im Gleichgewicht mit dem Erdreich steht und die Wärme der Umwelt aufnimmt.

So handelt es sich bei einem kalten Nahwärmenetz um ein sogenanntes passives Maschennetz. Hierbei sollen beim Aufbau des Netzes möglichst viele Maschen gebildet werden. Dies geschieht auch mit dem Ziel, eine homogene Temperatur im System sicherzustellen.

Im vorliegenden Projekt sollen Erdwärmesonden als Wärmequelle des Netzes dienen. Eine erste Prüfung des Platzbedarfs und der Verortung ist erfolgt und kann dem Bericht des geologischen Büro UBeG entnommen werden.

In die hier vorliegenden Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit und den Emissionen fanden auch Ergebnisse des geologischen Büros UBeG Eingang. So wurden bei der Dimensionierung des Erdwärmesondenfeldes zwei Szenarien erarbeitet. Bei einer Bohrtiefe von 100 Metern müssen 245 Erdwärmesonden installiert werden. Der Abstand der Sonden zueinander betrüge zehn Meter. Im zweiten Szenario weisen die Erdwärmesonden eine Länge von 200 Metern auf. Durch die größere Wärmemenge in der Tiefe müssten dann nur noch 80 Sonden mit einem Abstand von elf Metern zueinander installiert werden. (vgl. Studie UBeG vom 03.11.2023[2]).

[2] Geologisches Büro- UBeG-Umwelt Baugrund Geothermie Geotechnik- „Studie zur geothermischen Nutzung des Untergrundes am Standort des BV „NBG Rheinhessenblick"-03.11.2023

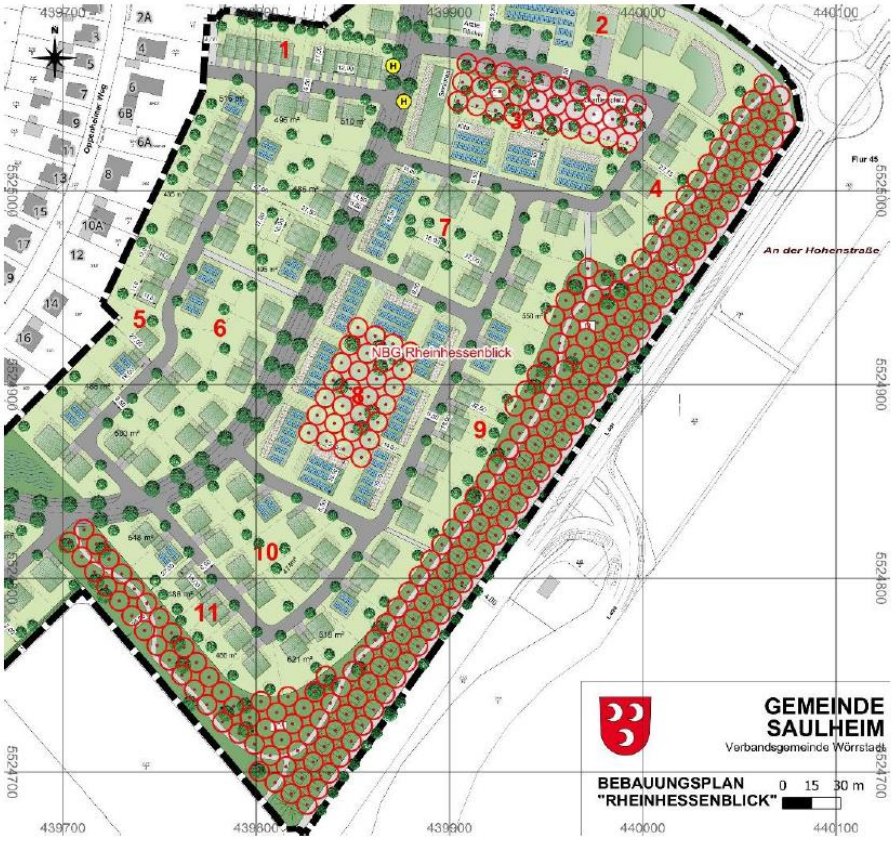



**Abbildung 1-2 Anordnung von 245 Erdwärmesonden im Abstand von je 10 m- Quelle: UBeG**

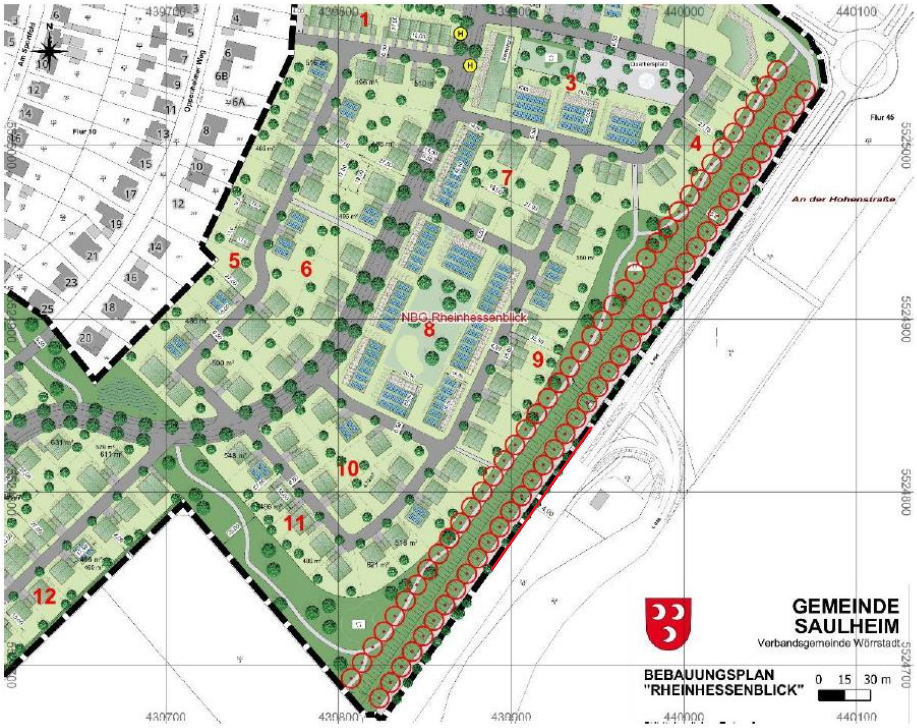



**Abbildung 1-3: Anordnung der 80 Erdwärmesonden im Abstand von je 11 m Quelle: UBeG**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com



Auf Basis des hier vorliegenden Konzepts wurden Lastgänge der einzelnen Gebäudetypen simuliert. Berücksichtigt wurden die Effekte einer passiven Gebäudetemperierung der Neubauten im Sommer und in den Übergangszeiten sowie die Wirkung des kalten Nahwärmenetzes als „Flächenkollektor". Der resultierende Jahreslastgang des verbleibenden Wärmeentzugs und der Wärmeeinträge in das EWS-Feld wurden dem geologischen Büro UBeG als Eingangswerte für deren Dimensionierung und Simulation des EWS-Feldes zur Verfügung gestellt. Diese Daten flossen in die „Studie zur geothermischen Nutzung des Untergrundes am Standort des BV NBG Rheinhessenblick" des Büros UBeG ein.

Die Flächen der Erdwärmesonden können mit kleineren Einschränkungen auch anderweitig genutzt werden, wie z. B. als Grünfläche, Spielplatz oder auf ähnliche Weise. Es ist zu beachten, dass Einschränkungen seitens der Bepflanzung über dem Erdwärmesondenfeld sowie den Anbindeleitungen von jeder Erdwärmesonde zum Sammler bestehen. Tiefwurzelnde Pflanzen sind eher nicht geeignet.

Die kalte Nahwärme basierend auf Erdwärme bietet die Möglichkeit einer passiven Kühlung der Gebäude. Voraussetzung ist, dass die Gebäude eine Fußbodenheizung besitzen und eine „Kühlstation" die Wärmepumpe ergänzt. Die Kühlstation umgeht die Wärmepumpe und führt die Wärme über einen Wärmetauscher - ohne hierfür die Wärmepumpe zu betreiben - in das kalte Nahwärmenetz ab. Somit weist die kalte Nahwärme einen weiteren Vorteil gegenüber einer Luft/Wasser-Wärmepumpe auf.

Um die Auslegung des Erdwärmesondenfeldes zwischen Geologie (Voruntersuchung) und der Energieverbrauchssimulation gut abgestimmt durchzuführen, wurde ein Jahreslastgang des Wärmeaus- und -eintrags am Soleverteiler in das EWS-Feld auf Stundenbasis simuliert und bereitgestellt. Im Folgenden soll nun erläutert werden, welche Faktoren in diese Berechnungen Eingang gefunden haben und welche Auswirkungen sie in Bezug zum Wärmeaustrag bzw. -eintrag haben:

- **Berechnung der Heizlast der verwendeten Standard-Gebäudetypen:**

  In Abhängigkeit von örtlichen Wetterdaten wurden gebäudeindividuelle Lastgänge berechnet. Diese berücksichtigen Eigenschaften wie die Differenz der Gebäudeinnentemperatur zur Außentemperatur, Transmissionswerte der Bausubstanz oder auch ein Lastprofil der zukünftigen Bewohner in Bezug auf die Trinkwassererwärmung (hier mit Komfortzuschlag simuliert). Im folgenden Schritt konnte ein zusammenfassendes Lastprofil der Wärme im Jahresgang für das gesamte Neubaugebiet entwickelt werden. Die Energiebedarfe der Gebäude werden aus Erdwärmesonden, Kollektornetz (in Summe Umweltwärme) und dem Stromanteil der in den Wärmepumpen zugeführt wird, gedeckt. Durch die unterschiedlichen Methodiken stimmen die Zahlenwerte nicht exakt mit den Heizlastberechnungen überein.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

- **Wärmeaustrag der Erdwärmesonden und des Netzes aus dem Erdreich:**

  Mit Hilfe der Anlagendaten der zu verwendenden Wärmepumpen (Jahresarbeitszahl) konnte der Wärmeentzug aus dem Erdreich berechnet werden. Hierbei wurde berücksichtigt, dass Wärme dem System sowohl über das Netz selbst, da es als Kollektor fungiert, als auch über die Erdwärmesonden zugeführt wird. Die ungedämmten Rohrleitungen des kalten Nahwärmenetzes werden in einem steinfreien Sandbett verlegt, sodass sie im thermischen Austausch mit dem umgebenden Boden stehen. Dieses Prinzip entspricht einem Erdwärmekollektor, der durch die solare Einstrahlung in den Sommermonaten Wärme aus dem Boden gewinnt.
  In Bezug auf die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) beläuft sich der Anteil aus dem Netz als Kollektor bezogen auf den gesamten Erdwärmeeintrag aufsummiert aus dem Netz und den Erdwärmesonden auf über 25 %. Eine Konkretisierung des Kollektoranteils erfolgt in der Ausführungsplanung.

- **Wärmeeintrag der Erdwärmesonden und des Netzes in das Erdreich:**

  Da eine kalte Nahwärme bei sommerlichen Temperaturen auch zur Temperierung der Gebäude über die Fußbodenheizungen genutzt werden kann, wurde der Eintrag der Wärme in das Erdreich ebenfalls in den Berechnungen berücksichtigt. Dazu wurde vorausgesetzt, dass alle Neubauten im Baugebiet eine Temperierung nutzen. Als mögliche spezifische Temperierungsleistung über eine Fußbodenheizung wurden 15 W/m² angesetzt. Während eine Klimatisierung eine höhere spezifische Kühlleistung aufweist und rund 700 h/a in Betrieb ist, wurde davon ausgegangen, dass eine passive Temperierung die gleiche Kühlarbeit wie zur Klimatisierung liefert und somit wesentlich höhere Vollbenutzungsstunden erzielt. Es wurden in erster Näherung 1.000 h/a angesetzt. Hierbei spielt die Trägheit eines Fußbodenheizsystems eine Rolle. Die ermittelten Stundenwerte dienen ausschließlich dazu, um daraus eine monatliche Verteilung der Kühlarbeit vorzunehmen.
  Dieser Umstand führt zu einer teilweisen Regeneration der im Winter „entnommenen" Wärme insbesondere im Sondenfeld. Die Folge ist eine verminderte Abkühlung des Erdreichs über die Betriebsdauer und damit eine Verlängerung der Nutzungszeiträume der Sonden.

  Hieraus resultieren Effizienzvorteile im folgenden Winter, da den Sole-/Wasser-Wärmepumpen aus dem Netz eine höher temperierte Wärmequelle durch die saisonale Wärmespeicherung im Erdreich zugeführt werden kann. In der Folge kann das Erdwärmesondenfeld mit einer geringeren Größe dimensioniert werden. Auf diese Weise können die Investitionskosten und die Betriebskosten gesenkt werden.

  Dieser „Paradigmenwechsel" im Kühlverhalten der Letztverbraucher wurde in den Berechnungen berücksichtigt. So führt doch das verstärkte Abführen der Wärme im Sommer zu Vorteilen im Winter (höhere Netztemperaturen zu Beginn der Heizperiode und damit verbunden geringerer Stromverbrauch der Wärmepumpen). Dies bedeutet, dass die Temperierung der Gebäude nun nicht mehr als eine kostenseitige Belastung angesehen werden kann. Stattdessen wirkt sie sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit und für den Klimaschutz aus.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

- **Wärmeaustausch im Netz**

  Darüber hinaus wurde berücksichtigt, dass der Wärmeverbrauch eines Haushaltes ganz oder zu Teilen aus der in das Netz abgeführten Wärme der Temperierung anderer Haushalte gedeckt wird.

Die Berechnungen dieses Jahreslastgangs wurden dem geologischen Büro UBeG in Form tabellarischer Stundenwerte übermittelt.

Dem Diagramm **Abbildung 1-4 Lastgang des NBGs unter Berücksichtigung von Wärmeentzug und Wärmeeintrag** kann die Bilanz der geothermischen Wärme aus dem Erdwärmesonden-Feld entnommen werden.

Die darauffolgende **Abbildung 1-5 Energieflussbild des Neubaugebiets** zeigt schematisch die Energieflüsse des Systems der kalten Nahwärme im vorliegenden Fall auf.

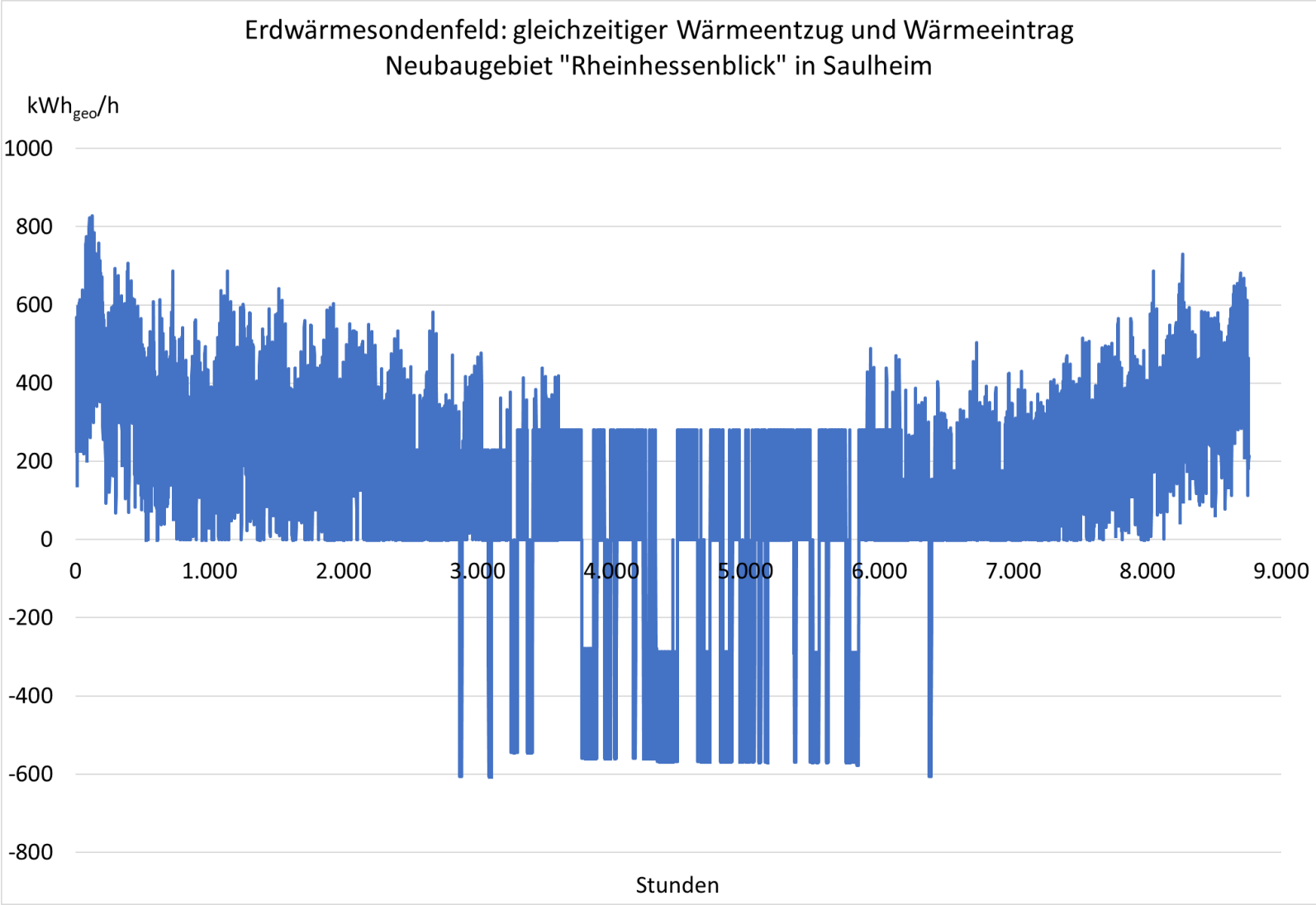



**Abbildung 1-4 Lastgang des NBGs unter Berücksichtigung von Wärmeentzug und Wärmeeintrag**

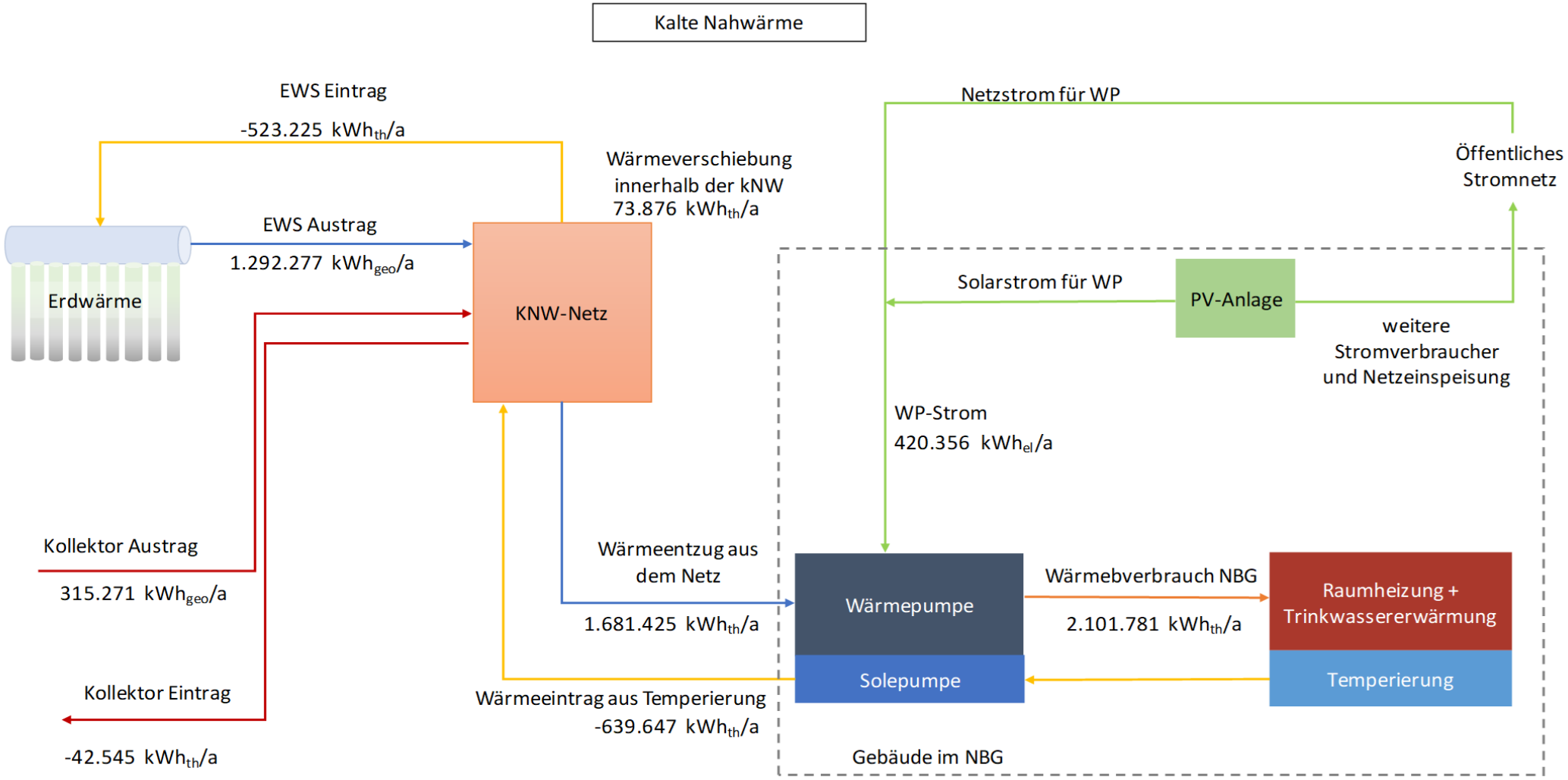



**Abbildung 1-5 Energieflussbild des Neubaugebiets**

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### 1.2.3 Variante 2: zentrale Wärmeerzeugung mit einem Biomassekessel auf Basis von Holzhackschnitzeln, Verteilung in einem warmen Nahwärmenetz

Ausschließlich in einer Heizzentrale erzeugen zwei Holzhackschnitzelkessel mit je ca. 500 $kW_{th}$ Wärmeleistung die benötigte Wärme in dem Neubaugebiet einschließlich der zu kompensierenden Wärmenetzverluste.

Über gedämmte Nahwärmeleitungen wird jedes Gebäude an die zentrale Wärmeversorgung angeschlossen. Dazu befindet sich in jedem Gebäude eine Hausübergabestation zur hydraulischen Trennung des Gebäudeheizsystems und des Nahwärmenetzes.

In der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde der abgeschätzte Wert eines Grundstücks für die Heizzentrale kostenseitig berücksichtigt. Für den Standort des Heizhauses ist es wichtig, dass der Lkw-Verkehr zur Anlieferung der Holzhackschnitzel gut möglich ist und die Anwohner möglichst nicht beeinträchtigt werden.

Zu beachten ist, dass im NBG mit einem im Vergleich zu Bestandssiedlungen relativ niedrigen Wärmeverbrauch die Verluste (kalkulatorisch etwa 19 %) in einem hohen Maß die Energiebilanz und die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

### 1.2.4 Photovoltaikanlagen

Über eine Abschätzung der Gebäudemaße und die angesetzten Dachformen wurde für jeden Gebäudetyp die für die Installation einer Photovoltaikanlage zur Verfügung stehende Dachfläche abgeschätzt. Hiernach scheint in allen Fällen die Möglichkeit zu bestehen, eine PV-Anlage zu installieren. Teilweise können auch größere Anlagen installiert werden. Für die vorliegende Wohnbebauung wurden PV-Überschusseinspeiseanlagen mit Spitzenleistungen von 4 – 72 $kW_p$ gewählt.

Zur Abschätzung der anteiligen Nutzung des Solarstroms für den Wärmepumpenbetrieb sowie zur anteiligen Deckung des allgemeinen Haushaltsstromverbrauchs, wurde für jeden Dach- und Gebäudetyp unter Berücksichtigung des jeweils spezifischen Stromverbrauchs eine Photovoltaikanlage simuliert. Dazu wurde die Software PV*SOL premium 2023 (R6) verwendet, in der Standardlastprofile für den Stromverbrauch eines privaten Haushaltes (abhängig von der Anzahl der Personen in einem Haushalt) sowie für einen Wärmepumpenbetrieb hinterlegt sind.

In den Simulationen wurden neben dem Klimastandort auch die nach Ost/West aufgeständerten Photovoltaikmodule auf den Flachdächern berücksichtigt. Die Simulationsergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt.

An dieser Stelle wird angeregt, einerseits zu beraten, ob die solare Nutzung der Dächer mittels Festsetzung in das B-Plan-Verfahren einfließen kann oder andererseits, ob es genügt, den Bauherren die hier berechneten deutlichen wirtschaftlichen Vorteile der Kopplung von Stromverbrauch (Haushaltsstrom und Wärmepumpen) und Solarstromerzeugung aufzuzeigen.

Die Frage bezüglich einer Festsetzung von PV-Anlagen im B-Plan wurde zur tiefergehenden Prüfung an Herrn Prof. Dr. Roller übergeben (Kurzgutachten zu rechtlichen Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Bebauungsplan „Rheinhessenblick" der Gemeinde Saulheim).

Neben der Installation einer Photovoltaikanlage zur Überschusseinspeisung, welche für die Eigenstromversorgung genutzt werden kann und den nicht genutzten Strom in das Netz einspeisen (Überschusseinspeisungsanlage), besteht die Möglichkeit eine Photovoltaikanlage für die Volleinspeisung auf dem Dach zu installieren (Volleinspeisungsanlage). Die Voraussetzung für die Koexistenz der beiden Anlagentypen auf einem Dach ist jedoch u.a. ein Messkonzept, das die jeweiligen abrechnungs- und bilanzierungsrelevanten Strommengen hinreichend genau erfassen kann. „Jede Anlage muss hierbei einen eigenen Zähler besitzen. Die Rolle - ob Volleinspeiser oder Teileinspeiser - kann jährlich bis spätestens 30.11. gewechselt werden und muss dem Netzbetreiber mitgeteilt werden (§ 48, Absatz 2a EEG)." (Clearingstelle EEG KWKG, 2023)

Empfehlenswert ist es, die Dächer voll zu belegen, indem neben einer Überschusseinspeiseanlage auf der übrigen geeigneten Dachfläche eine Volleinspeiseanlage installiert wird.

### EEG Vergütung

**Tabelle 1-2 EEG Vergütung (keine Direktvermarktung)**

| Datum Inbetriebnahme | Art der Einspeisung | bis 10 $kW_p$ | bis 40 $kW_p$ | bis 100 $kW_p$ |
|---|---|---|---|---|
| **01.01.2024 bis 31.01.2024** | Teileinspeisung | 8,2 $ct/kWh_{el}$ | 7,1 $ct/kWh_{el}$ | 5,8 $ct/kWh_{el}$ |
| | Volleinspeisung | 13,0 $ct/kWh_{el}$ | 10,9 $ct/kWh_{el}$ | 10,9 $ct/kWh_{el}$ |

Der Inbetriebnahme Zeitpunkt ist entscheidend für den konkreten EEG-Vergütungssatz.

Der § 49 gibt Auskunft über die Absenkung der anzulegenden Werte für Strom aus solarer Strahlungsenergie. Die Werte verringern sich ab dem 1. Februar 2024 und sodann alle sechs Monate für die nach diesem Zeitpunkt in Betrieb genommenen Anlagen um 1 Prozent gegenüber den in dem jeweils vorangegangenen Zeitraum geltenden anzulegenden Werten und werden auf zwei Stellen nach dem Komma gerundet. Für die Berechnung der Höhe der anzulegenden Werte aufgrund einer erneuten Anpassung nach Satz 1 sind die ungerundeten Werte zugrunde zu legen.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-3 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit dezentralen Luft-/Wasser-Wärmepumpen**

| Gebäude-typ | Dachtyp | Dachbelegung PV-Anlage | Leistung PV-Anlage | Gesamtstrom-erzeugung | PV-Strom für Luft/ Wasserwärmepumpe | Gesamtautarkie-grad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $kW_{peak}$ | $kWh_{el}$ | $kWh_{el}$ | % |
| EFH | Flachdach | O/W | 5,94 | 5.606 | 663 | 29 |
| EFH + ELW | Flachdach | O/W | 7,26 | 6.851 | 787 | 29 |
| RH | Flachdach | O/W | 3,96 | 3.737 | 538 | 29 |
| DHH | Flachdach | O/W | 3,96 | 3.737 | 538 | 29 |
| MFH T1 | Flachdach | O/W | 11,25 | 10.891 | 1.131 | 22 |
| MFH T2 | Flachdach | O/W | 15,00 | 14.522 | 1.508 | 22 |
| MFH T3 | Flachdach | O/W | 22,50 | 21.783 | 2.262 | 22 |
| S-RE | Flachdach | O/W | 72,34 | 70.030 | 7.335 | 22 |
| Kita | Flachdach | O/W | 23,35 | 22.608 | 2.341 | 22 |
| GEW 1 | Flachdach | O/W | 12,08 | 11.699 | 1.157 | 21 |
| GEW 2 | Flachdach | O/W | 16,11 | 15.598 | 1.543 | 21 |
| GEW 3 | Flachdach | O/W | 24,17 | 23.398 | 2.425 | 22 |
| GEW 4 | Flachdach | O/W | 12,08 | 11.699 | 1.157 | 21 |
| GEW 5 | Flachdach | O/W | 32,22 | 31.197 | 3.233 | 22 |
| GEW 6 | Flachdach | O/W | 24,17 | 23.398 | 2.425 | 22 |

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-4 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit Sole-/Wasser-Wärmepumpe (kalte Nahwärme)**

| Gebäudetyp | Dachtyp | Dachbelegung PV-Anlage | Leistung PV-Anlage | Gesamtstromerzeugung | PV-Strom für Sole/ Wasserwärmepumpe | Gesamtautarkiegrad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Einheit** | **Flachdach** | **O/W** | **$kW_{peak}$** | **kWh** | **kWh** | **%** |
| EFH | Flachdach | O/W | 5,94 | 5.606 | 506 | 31 |
| EFH + ELW | Flachdach | O/W | 7,26 | 6.851 | 601 | 31 |
| RH | Flachdach | O/W | 3,96 | 3.737 | 411 | 31 |
| DHH | Flachdach | O/W | 3,96 | 3.737 | 411 | 31 |
| MFH T1 | Flachdach | O/W | 11,25 | 10.891 | 845 | 23 |
| MFH T2 | Flachdach | O/W | 15,00 | 14.522 | 1.126 | 23 |
| MFH T3 | Flachdach | O/W | 22,50 | 21.783 | 1.689 | 23 |
| S-RE | Flachdach | O/W | 72,34 | 70.030 | 5.715 | 24 |
| Kita | Flachdach | O/W | 23,35 | 22.608 | 1.824 | 24 |
| GEW 1 | Flachdach | O/W | 12,08 | 11.699 | 866 | 22 |
| GEW 2 | Flachdach | O/W | 16,11 | 15.598 | 1.207 | 23 |
| GEW 3 | Flachdach | O/W | 24,17 | 23.398 | 1.732 | 22 |
| GEW 4 | Flachdach | O/W | 12,08 | 11.699 | 866 | 22 |
| GEW 5 | Flachdach | O/W | 32,22 | 31.197 | 2.519 | 24 |
| GEW 6 | Flachdach | O/W | 24,17 | 23.398 | 1.811 | 23 |

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

Es zeigt sich, dass der absolute Eigenverbrauch des Solarstroms der Luft-/Wasser-Wärmepumpe der Basisvariante höher als in der Variante 2 (Sole-/Wasser-Wärmepumpe) ist. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass der Gesamtstromverbrauch zur Wärmeerzeugung aufgrund der geringeren Effizienz der Luft-/Wasser-Wärmepumpe im Vergleich zur Sole-/Wasser-Wärmepumpe der kalten Nahwärme höher liegt. In der Folge wird mehr selbst erzeugter Strom für die Wärmeerzeugung und aktive Kühlung verwendet. Dies führt zu einem absolut betrachtet höheren Eigenverbrauch. Nachteilig ist hier auch, dass dieser Anteil des erzeugten Stroms nicht für die Nutzung in anderen Anwendungen (Allgemeinstrom, Elektromobilität…) zur Verfügung steht.

Unter den aktuellen Rahmenbedingungen ist der Eigenverbrauch des Solarstroms eine maßgebliche Größe, um eine PV-Anlage wirtschaftlich zu betreiben. Der monetäre Vorteil entspricht der Differenz zwischen dem Netzstrompreis und den Stromgestehungskosten des eigenverbrauchten Stroms der PV-Anlage, der zur Substitution von Netzstrom genutzt wird.
Der Eigenverbrauch kann sowohl durch eine intelligente Steuerung von Verbrauchern (Wärmepumpe mit Wettervorhersage) als auch durch den Einsatz von Batteriespeichern gesteigert werden. Vor diesem Hintergrund können der Einsatz von Wärmepumpen und die Elektromobilität als Chance gesehen werden, die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Anlagen zu erhöhen.

Im Zusammenhang mit der Nutzung von selbst erzeugtem Photovoltaik-Strom für die Wärmepumpen, wurde für die Reststrombedarfe ein allgemeiner Stromtarif gewählt, der dies ermöglicht. Bei dem gewählten Tarif handelt es sich nicht um einen Wärmepumpen-Tarif, der aufgrund besonderer Vereinbarungen günstigere Arbeitspreise bieten kann. In vielen Fällen schließt diese Form des Strom-Tarifs eine Eigenstromnutzung der Photovoltaikanlage aus. Darüber hinaus können die auf dem Markt verfügbaren Tarife, die diesen Aspekt berücksichtigen, oft nicht bundesweit bezogen werden. Die regionale Verfügbarkeit ist im Einzelfall zu prüfen. Auch setzt diese Art der Versorgung eine spezielle Zähler-Struktur voraus.

In der Summe der Faktoren ist es daher fraglich, ob weite Teile der Bauherren diese aufwendigere Konstruktion zur Nutzung des günstigeren Wärmepumpenstromtarifs in Kombination mit der Eigenstromversorgung der Wärmepumpe durch die Photovoltaik-Anlage nutzen würden, die nur im Einzelfall möglich wäre und nur einen geringen wirtschaftlichen Vorteil bringen würde.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 1.3 Energiebilanz

In der Energiebilanz sind die umgesetzten Energiemengen für die Varianten zur Wärmeversorgung einschließlich der Solarstromversorgung des Neubaugebiets in Saulheim aufgeführt. Die Bilanz wird für die definierten Mustergebäudetypen und in Summe für das NBG dargestellt.

**Tabelle 1-5 Energiebilanz Einfamilienhaus**

| Energiebilanz<br>EFH | | Basisvariante<br><br>L/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 8.160 | 8.160 | 8.160 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 2.448 | 1.632 | - |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 663 | 506 | - |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 1.785 | 1.126 | - |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 844 | 32 | - |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 245 | 10 | - |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 599 | 22 | - |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 8.160 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom nur für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-6 Energiebilanz Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung**

| Energiebilanz<br>EFH + ELW | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 6 | 6 | 4,9 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 9.690 | 9.690 | 9.690 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 2.907 | 1.938 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 787 | 601 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 2.120 | 1.337 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.003 | 32 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 291 | 10 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 712 | 22 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 9.690 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-7 Energiebilanz Doppelhaushälfte**

| Energiebilanz<br>DH-Hälfte | | Basisvariante<br>L/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 4 | 4 | 4 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 6.630 | 6.630 | 6.630 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 1.989 | 1.326 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 538 | 411 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 1.318 | 915 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 686 | 32 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 199 | 10 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 487 | 22 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 6.630 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

**Tabelle 1-8 Energiebilanz Reihenhaus**

| Energiebilanz<br><br>RH | | Basisvariante<br><br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br><br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br><br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 4 | 4 | 4 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 6.630 | 6.630 | 6.630 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 1.989 | 1.326 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 538 | 411 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 1.451 | 915 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 686 | 32 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 199 | 10 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 487 | 22 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 6.630 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-9 Energiebilanz Mehrfamilienhaus MFH T1**

| Energiebilanz<br>MFH T1 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 11,7 | 11,7 | 11,7 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 18.360 | 18.360 | 18.360 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 5.508 | 3.672 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 1.131 | 845 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 4.377 | 2.827 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.899 | 42 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 418 | 10 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.481 | 32 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 18.360 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

**Tabelle 1-10 Energiebilanz Mehrfamilienhaus MFH T2**

| Energiebilanz<br>MFH T 2 | | Basisvariante<br><br>L/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 16,2 | 16,2 | 16,2 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 24.480 | 24.480 | 24.480 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 7.344 | 4.896 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 1.508 | 1.126 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 5.836 | 3.770 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.532 | 42 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 557 | 10 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.975 | 32 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 24.480 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-11: Energiebilanz Mehrfamilienhaus MFH T3**

| Energiebilanz<br>MFH T 3 | Einheit | Basisvariante<br>L/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 23 | 23 | 23 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 36.720 | 36.720 | 36.720 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 11.016 | 7.344 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 2.262 | 1.689 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 8.754 | 5.655 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 3.798 | 63,3 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 836 | 15 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.962 | 49 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 36.720 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

**Tabelle 1-12 Energiebilanz Seniorenresidenz**

| Energiebilanz<br>Seniorenresidenz | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 63 | 63 | 63 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 119.070 | 119.070 | 119.070 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 35.721 | 23.814 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 7.335 | 5.715 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 28.386 | 18.099 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 9.970 | 84 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.194 | 20 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 7.776 | 64 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 119.070 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

**Tabelle 1-13 Energiebilanz Kindertagesstätte**

| Energiebilanz<br>Kindertagesstätte | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 25 | 25 | 25 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 38.000 | 38.000 | 38.000 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 11.400 | 7.600 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 2.341 | 1.824 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 9.059 | 5.776 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 5.275 | 63 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.161 | 15 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 4.115 | 48 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 38.000 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-14 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T1**

| Energiebilanz<br>Gewerbeimmobilie T1 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 14 | 14 | 14 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 19.680 | 19.680 | 19.680 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 5.904 | 3.936 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 1.157 | 866 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 4.747 | 3.070 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.899 | 32 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 399 | 7 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.500 | 25 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 19.680 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-15 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T2**

| Energiebilanz<br>Gewerbeimmobilie T2 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 18 | 18 | 18 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 26.240 | 26.240 | 26.240 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 6.329 | 5.248 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 1.543 | 1.207 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 5.804 | 4.041 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.532 | 31 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 532 | 7 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.000 | 24 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 26.240 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-16 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T3**

| Energiebilanz<br>Gewerbeimmobilie T3 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 28 | 28 | 28 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 39.360 | 39.360 | 39.360 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 9.383 | 7.872 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 2.425 | 1.732 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 8.596 | 6.140 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 3.798 | 42 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 836 | 9 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.962 | 33 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 39.360 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-17 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T4**

| Energiebilanz<br>Gewerbeimmobilie T4 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 14 | 14 | 14 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 19.680 | 19.680 | 19.680 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 5.904 | 3.936 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 1.157 | 866 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 4.747 | 3.070 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.899 | 32 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 399 | 7 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.500 | 25 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 19.680 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-18 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T5**

| Energiebilanz<br>Gewerbeimmobilie T5 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 37 | 37 | 37 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 52.480 | 52.480 | 52.480 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 15.744 | 10.496 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 3.233 | 2.519 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 12.511 | 7.977 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 5.064 | 63 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 1.114 | 15 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 3.950 | 48 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 52.480 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-19 Energiebilanz Gewerbeimmobilie GEW T6**

| Energiebilanz<br>Gewerbeimmobilie T6 | | Basisvariante<br>L/W-WP<br><br>Photovoltaik | Variante 1<br>Kalte Nahwärme<br>S/W-WP<br>Photovoltaik | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 28 | 28 | 28 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 39.360 | 39.360 | 39.360 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe *** | $kWh_{el}/a$ | 9.383 | 7.872 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 2.425 | 1.732 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 8.596 | 6.140 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 3.798 | 42 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 836 | 9 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 2.962 | 33 | |
| **Nahwärmebezug** | $kWh_{th}/a$ | | | 39.360 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

Zusammengefasst stellen sich die untersuchten Varianten für das gesamte Neubaugebiet wie folgt dar.

**Tabelle 1-20 Energiebilanz des gesamten Neubaugebiets**

| **Energiebilanz** Neubaugebiet | **Einheit** | **Basisvariante** L/W-WP Photovoltaik | **Variante 1a** Kalte Nahwärme S/W-WP | **Variante 1b** Kalte Nahwärme S/W-WP Photovoltaik | **Variante 2** Warme Nahwärme |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wärmeleistung** | $kW_{th}$ | 1.290 | 1.290 | 1.290 | 1.290 |
| **Gleichzeitige Wärmeleistung inkl. Netzverluste** | $kW_{th}$ | | | | 940 |
| **Jahreswärmeverbrauch** | $kWh_{th}/a$ | 2.084.000 | 2.084.000 | 2.084.000 | 2.084.000 |
| **Jahreswärmeverbrauch inkl. Netzverluste** | $kWh_{th}/a$ | | | | 2.480.000 |
| **Stromverbrauch Wärmepumpe gesamt (Wärme + Temperierung) *** | $kWh_{el}/a$ | 839.000 | 424.000 | 424.000 | |
| **Solarstrom für Wärmepumpe **** | $kWh_{el}/a$ | 215.000 | 0 | 122.000 | |
| **Netzstrom für Wärmepumpe** | $kWh_{el}/a$ | 624.000 | 424.000 | 302.000 | |
| **Stromverbrauch für Wärme *** | $kWh_{el}/a$ | 625.000 | 417.000 | 417.000 | |
| **Solarstrom für Wärme **** | $kWh_{el}/a$ | 157.000 | 0 | 120.000 | |
| **Netzstrom für Wärme** | $kWh_{el}/a$ | 468.000 | 417.00 | 297.000 | |
| **Stromverbrauch Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 214.000 | 7.000 | 7.000 | |
| **Solarstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 58.000 | 0 | 2.000 | |
| **Netzstrom für Temperierung** | $kWh_{el}/a$ | 156.000 | 7.000 | 5.000 | |
| **Holzhackschnitzelverbrauch** | $kWh_{Hi}/a$ | | | | 2.884.000 |
| **Hilfsenergie Strom** | $kWh_{el}/a$ | | | | 43.000 |

* inkl. Elektroheizstab bei der Basisvariante

** Solarstrom rein für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

**Tabelle 1-21 Energiebilanz einer warmen Nahwärmeversorgung**

| Energiebilanz<br>Warme Nahwärme<br>inkl. Netzverluste | | Variante 2<br>Warme Nahwärme |
|---|---|---|
| **Jahreswärmeverbrauch inkl. Verluste** | $kWh_{th}/a$ | 2.480.000 |
| **Spez. Wärmeabsatz** | $kWh_{th}/(m_{Trasse}*a)$ | 462 |
| **Wärmeleistung HHS-Kessel** | $kW_{th}$ | 930 |
| **Holzhackschnitzelverbrauch** | t/a | 930 |
| **Hilfsenergiebedarf Strom** | $kWh_{el}/a$ | 42.764 |
| **Netzverluste** | % | 19 |

Es liegt im Neubaugebiet ein verhältnismäßig geringer spezifischer Wärmeabsatz (pro Netzmeter) für die warme Nahwärme vor. Dies kann auf den guten energetischen Standard von Neubauten und die Grundstücksgrößen zurückgeführt werden.

Bei der Betrachtung der Energiemengen, die zur Verfügung gestellt werden müssen (Wärme + Strombedarf) um den Jahreswärmeverbrauch der Gebäude bereitstellen zu können, fällt auf, dass diese im Falle der Variante 2 deutlich höher als in den Varianten Basisvariante und 1a und 1b ausfallen. Dies kann vor allem auf die niedrige Wärmeabnahme und den ganzjährigen Betrieb des Nahwärmenetzes zurückgeführt werden. In der Folge stellen sich vergleichsweise hohe Wärmeverluste im Netz ein. Diese sind mit rund 19 % zu beziffern und kommen dadurch zustande, dass das warme Nahwärmenetz mit höheren Vorlauftemperaturen arbeitet als das Netz der kalten Nahwärme, dessen Netztemperatur der Umgebungstemperatur entspricht.

Maßgebend für die Wärmeverluste der warmen Nahwärme ist neben dem Gradienten der Temperatur des Netzes und der Umgebungstemperatur auch der Umstand, dass der Raumwärmebedarf in den Sommermonaten auf null absinkt (Juni, Juli, August und September). Für die Bereitstellung des warmen Wassers muss allerdings ein ähnliches Temperaturniveau im Rohrnetz vorgehalten werden (Stillstandsverluste).

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067[3] und die Afa-Tabelle (Bundesministerium der Finanzen, 2000). Zur Abschätzung der Investitionskosten wurden Richtpreise bei Herstellern angefragt und plausibilisiert und durch eigene Annahmen ergänzt. Die jährlichen Wärmegestehungskosten werden aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten bestimmt. Hier erfolgt eine rein (voll)kostenbasierte Betrachtung.

Zu Beginn sollen die erweiterten Rahmenbedingungen erläutert werden, die diesen Berechnungen zu Grunde liegen:

### 1.4.1 Erläuterungen zum gewählten Gebäudestandard und dem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Im Gebäudeenergiegesetz (GEG 2023) wurde das Effizienzhaus 55 als Mindeststandard eingeführt. Die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes zum 1. Januar 2024 sieht keinen höheren Wärmedämmstandard vor, sondern zielt auf den Ausbau einer klimafreundlichen Wärmeerzeugung ab. Dennoch ist davon auszugehen, dass viele Neubauten zukünftig in einem besseren Standard wie z. B. als Effizienzhaus 40 errichtet werden. So wird beispielsweise im Rahmen des KfW-Programms "Klimafreundlicher Neubau ein Effizienzhaus 40 über einen zinsgünstigen Kredit gefördert. Auf diesen aktuellen Entwicklungen basierend wurde für das Neubaugebiet ein Mittelwert aus dem Standard eines Effizienzhaus 55 und 40 zu Grunde gelegt.

Durch die Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes und den darauf beschlossenen „Klimapakt Deutschland" hat sich diese Entwicklung noch einmal beschleunigt. Der „Klimapakt Deutschland" soll dazu dienen, die verschärften Emissionsminderungsziele zu erreichen. Hier heißt es: „Im Gebäudesektor stärkere Einbindung von erneuerbaren Energien und Sanierungsoffensive mit attraktiven Fördermaßnahmen (v.a. für den sozialen Wohnungsbau) und weiteren Anreizen. **Neubaustandards werden angehoben.** Heizungen, die ausschließlich mit fossilen Brennstoffen betrieben werden können, werden nicht mehr gefördert." (Bundesministerium für Umwelt-Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2021)

In der Folge unterliegen die getätigten Berechnungen und die erarbeiteten Versorgungskonzepte der Bebauung des Neubaugebiets „Rheinhessenblick" in der Gemeinde Saulheim den folgenden Annahmen:

- Das heutige Effizienzhaus 55 entspricht zum Zeitpunkt der Bebauung dem gesetzlichen Mindeststandard. Entsprechend existiert keine Förderung.
- Das Effizienzhaus 40 wird im KfW-Programm "Klimafreundlicher Neubau" mit einem zinsgünstigen Kredit gefördert.

[3] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 1.4.2 Fördermittel

**Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)**

***Variante 1a*** *unterliegt der Annahme, dass der Netzbetreiber sowohl das Netz der kalten Nahwärme (inkl. Erdwärmesonden) als auch die dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen in den Gebäuden betreibt. Dies schließt die Nutzung von Strom aus, der durch die lokalen PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude des Neubaugebiets erzeugt wird.*

*In der* ***Variante 1b*** *stellt der Netzbetreiber nur das Netz der kalten Nahwärme (inkl. Erdwärmesonden) als Wärmequelle zur Verfügung. Die Sole/Wasser-Wärmepumpen werden durch die Bauenden angeschafft und betrieben. In dieser Konstellation kann der lokal erzeugte PV-Strom für den Betrieb der Wärmepumpen genutzt werden.*

Ein Förderweg ergibt sich mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), welche am 15.09.2022 in Kraft getreten ist. Hierbei handelt es sich um ein Nachfolge- und Ergänzungsprogramm des ausgelaufenen Programms „Wärmenetzsysteme 4.0".

Die Förderung wird als nicht rückzahlbarer Zuschuss von bis zu 40 % der förderfähigen Investitionskosten gestaltet. Die exakte Förderhöhe wird auf Basis einer zu berechnenden Wirtschaftlichkeitslücke bestimmt. Fällt die Wirtschaftlichkeitslücke im Einzelfall geringer aus, sinkt in der Folge auch die Förderquote ab. Die exakte Höhe der Wirtschaftlichkeitslücke und der Förderung ist im weiteren Verlauf des Projekts zu prüfen. Hochrechnungen aus vergleichbaren Projekten zeigen jedoch, dass mit einer hohen Förderquote zu rechnen ist. Daher wird in der vorliegenden Machbarkeitsstudie mit dem maximalen Fördersatz von 40 % kalkuliert.

Die Anforderung, dass min. 75 % der jährlich eingespeisten Wärmemenge aus erneuerbarer Energie stammt, wird mit kalten Nahwärmenetzen basierend auf Erdwärmesonden erfüllt. Ebenso erfüllt das Neubaugebiet die Mindestgröße in Form eines Anschlusses von mehr als 16 Gebäuden oder mehr als 100 Wohneinheiten.

Die Varianten 1a und 1b unterscheiden sich durch unterschiedliche Förderstrategien. Diese sind auf unterschiedliche Konstellationen bei der Umsetzung zurückzuführen, da die Wahl des zukünftigen Betriebsmodells zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschließend geklärt ist.

- **Variante 1a** unterliegt der Annahme, dass der Netzbetreiber sowohl das Netz der kalten Nahwärme (inkl. Erdwärmesonden) als auch die dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen in den Gebäuden betreibt. Dies schließt die Nutzung von Strom aus, der durch die lokalen PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude des Neubaugebiets erzeugt wird. Daraus ergibt sich eine **Förderung von Netz und Wärmepumpen** in Höhe von bis zu 40% (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: Förderquote nach Wirtschaftlichkeitslückenberechnung auf 40 % gedeckelt).
- In der **Variante 1b** stellt der Netzbetreiber nur das Netz der kalten Nahwärme (inkl. Erdwärmesonden) als Wärmequelle zur Verfügung. Die Sole/Wasser-Wärmepumpen werden durch die Bauenden angeschafft und betrieben. In dieser Konstellation kann der lokal erzeugte PV-Strom für den Betrieb der Wärmepumpen genutzt werden. Daraus ergibt sich eine **Förderung des Erdwärmesondenfeldes und des Netzes** in Höhe

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

von bis zu 40% (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: Förderquote nach Wirtschaftlichkeitslückenberechnung auf 40 % gedeckelt).

Modul 1 „Machbarkeitsstudie"

In diesem Modul werden die Überarbeitung (Aktualisierung und Ergänzung) der Vorstudie sowie die Erstellung von Test-Erdwärmesonde(n) (Probebohrungen) und deren Vermessung ((geo)thermal response test (TRT)) gefördert. Weiter werden Planungsleistungen bis zur Leistungsphase HOAI 4 gefördert. Die Förderquote beträgt bis zu 50 %.

Modul 2 „Umsetzung – systemische Förderung"

Die systemische Förderung umfasst alle Umsetzungsmaßnahmen von der Erzeugung über die Verteilung und Übergabe, die zur Dekarbonisierung und Effizienzsteigerung beitragen. Darin sind Planungsleistungen entsprechend der Leistungsphasen 5 bis 8 der HOAI für die Umsetzung ebenfalls enthalten.

Der Förderantrag ist vor dem Vorhabenbeginn zu stellen. Der Abschluss eines der Ausführung zuzurechnenden Lieferungs- oder Leistungsvertrags stellt den Vorhabenbeginn dar. Planungs- und Beratungsleistungen dürfen vor der Beantragung erbracht werden. Mit dem Förderantrag ist u. a. eine Machbarkeitsstudie mit vorgegebenem Inhalt vorzulegen. Spätestens vor der Leistungsphase 5 „Ausführungsplanung" empfiehlt sich die Antragstellung.

Der Bewilligungszeitraum beläuft sich auf 48 Monate ab Erlass des Zuwendungsbescheids. Eine Verlängerung um bis zu 24 Monate kann beantragt werden. Die Realisierung einer kalten Nahwärmeversorgung von der Planung bis zur Inbetriebnahme muss zeitlich gut getaktet sein, um das System innerhalb von drei bis vier Jahren teils parallel zur Bebauung umzusetzen.

***Variante 2*** wird ebenfalls durch das BEW mit bis zu 40 % in der Umsetzung gefördert. Das warme Nahwärmenetz ist rund 4,5 km lang, sodass keine Begrenzung des Biomasseanteils einzuhalten ist, wie es ab Netzlängen von mehr als 20 km gefordert wird. Demnach wurde für eine warme Nahwärmeversorgung mit einer Wärmeerzeugung zu 100 % aus Holzhackschnitzel eine Förderquote von 40 % angesetzt.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 1.4.3 Rahmenbedingungen

**Bestimmung der kapitalgebundenen Kosten**

| | |
|---|---|
| Zinssatz | 3 %[4] |
| Abschreibungsdauer Luft/Wasser-Wärmepumpe | 18 a [5] |
| Abschreibungsdauer Sole/Wasser-Wärmepumpe | 20 a [5] |
| Abschreibungsdauer Kühlstation (passives Kühlen) | 20 a [4] |
| Abschreibungsdauer Photovoltaikanlage | 20 a [6] |
| Abschreibungsdauer zentrales Erdwärmesondenfeld mit Regeneration durch passive Kühlung | 30 a [4] |
| Abschreibungsdauer kalte Nahwärmeleitungen | 40 a [5] |
| Abschreibungsdauer Übergabestationen warme Nahwärme | 20 a [5] |
| Abschreibungsdauer Biomassekessel | 15 a [5] |
| Abschreibungsdauer Heizzentrale inkl. Lager | 20 a [4] |
| Abschreibungsdauer Pufferspeicher | 20 a [5] |
| Abschreibungsdauer warmes Nahwärmenetz | 40 a [4] |

**Bestimmung der verbrauchsgebundenen Kosten**

| | |
|---|---|
| Arbeitspreis Strom | 40,00 ct/kWh$_{el}$ inkl. MwSt. [7] |
| spez. Stromgestehungskosten Photovoltaikanlage | siehe Tabelle 1-22 ff. |
| Spez. Holzhackschnitzelpreis | 37 €/MWh$_{Hi}$ inkl. MwSt. [8] |

**Bestimmung der betriebsgebundenen Kosten**

| | |
|---|---|
| Wartung Wärmepumpe | 1,5 % der Investitionskosten [5] |
| Technische Betreuung Photovoltaikanlage | 1 % der Investitionskosten [4] |

---

[4] TSB: Annahme

[5] Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012

[6] Bundesministerium der Finanzen: AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), 15.12.2000

[7] TSB-Annahme: Als Arbeitspreis wurde ein etwas höherer Preis als derzeit üblich angesetzt, um eine allgemein zu erwartende Preissteigerung während des zukünftigen Betriebs bereits einfließen zu lassen

[8] C.A.R.M.E.N. e.V., Süden, WG 35 (2. Quartal/2023)

| | |
|---|---|
| Wartung Biomassekessel | 1 % der Investitionskoten [5] |
| Wartung Hausübergabestationen | 1 % der Investitionskoten [5] |

Es wurden keine Kosten für die Wegenutzung des Wärmenetzes berücksichtigt. Kosten für den Erwerb eines Grundstücks, um dort eine Heizzentrale für die warme Nahwärme zu errichten, sind in der Kalkulation hingegen enthalten. Für das Erdwärmesondenfeld für eine kalte Nahwärme wurden keine Grundstückskosten angesetzt, da diese Flächen anderweitig genutzt werden können.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 1.4.4 Photovoltaik

Die Photovoltaikanlagen werden insofern in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eingebunden, indem spezifische Stromgestehungskosten bestimmt werden, mit denen der Eigenverbrauch des Solarstroms für den Wärmepumpenbetrieb bewertet wird. Der zusätzliche Nutzen, dass auch ein Teil des Allgemeinstroms mit Solarstrom gedeckt werden kann, wird nicht wirtschaftlich bewertet. Die Ermittlung der spezifischen Stromgestehungskosten erfolgt in einem Zwischenschritt der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Da für den Betrieb der Wärmepumpen keine Batterie erforderlich ist, wurden die Stromgestehungskosten ohne Investitionskosten für eine Batterie berechnet.

Eine Förderung der Photovoltaik erfolgt insofern, dass die überschüssigen Strommengen über das EEG vergütet werden, was Teil der Investitionsentscheidung sein dürfte.

Die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlagen stellt sich insbesondere durch eine Eigenstromnutzung und der damit verbundenen geringeren Bezugsmenge aus dem Netz dar. Dieser Effekt wird durch die Wärmepumpe deutlich gesteigert. Der wirtschaftliche Vorteil entspricht der Differenz zwischen dem Netzstrompreis (40,00 Ct/kWh$_{el}$ brutto)[11] und den Stromgestehungskosten der PV-Anlagen (gewichteter Mittelwert über alle Anlagentypen hinweg 16,80 Ct/kWh$_{el}$ brutto) des substituierten Stroms.

Die Nutzung des PV-Stroms in den Wärmepumpen wurde nicht in allen Varianten berücksichtigt. Dies betrifft die **Variante 1a**. Sie unterliegt der Annahme, dass der Netzbetreiber sowohl das Netz der kalten Nahwärme (inkl. Erdwärmesonden) als auch die dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen in den Gebäuden betreibt. Dies schließt die Nutzung von Strom aus, der durch die lokalen PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude des Neubaugebiets erzeugt wird.

Zusätzlich zur Bestimmung der spezifischen Stromgestehungskosten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Wärmeversorgungsvarianten wird die statische Amortisation der Überschusseinspeiseanlage für die verschiedenen Gebäudetypen ermittelt.

#### 1.4.4.1 Bestimmung der spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen

Allen Gebäudetypen wurde unabhängig von der Art der Wärmepumpe eine Photovoltaikanlage zu Grunde gelegt. Da es sich im Neubaugebiet um unterschiedliche Gebäudetypen und -größen handelt, wurden verschiedene Anlagentypen mit der Software PV*SOL 2023 (R6) premium simuliert. Die verwendeten Standardanlagen und ihre zugehörigen Daten können den folgenden Tabellen entnommen werden.

In den Investitionskosten wurde keine Batterie eingerechnet, da sie für den Betrieb einer Wärmepumpe nicht benötigt wird. Für den Eigenverbrauch des Allgemeinstroms kann eine Batterie zielführend sein. Die Investition sind kein direkter Bestandteil der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgungsvarianten – dort gehen nur die gebäudetypspezifischen Stromgestehungskosten für die Mengen des in den Wärmepumpen genutzten PV-Stroms ein.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-22 spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen – Teil 1**

| **Gebäudetyp**<br>Dachform<br>Ausrichtung der P/V-Belegung<br>**Alle Kosten inkl. MwSt.** | | **EFH**<br>Flachdach<br>O/W | **EFH + ELW**<br>Flachdach<br>O/W | **RH**<br>Flachdach<br>O/W | **DHH**<br>Flachdach<br>O/W | **MFH T1**<br>Flachdach<br>O/W | **MFH T2**<br>Flachdach<br>O/W | **MFH T3**<br>Flachdach<br>O/W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elektrische Leistung PV | $kW_p$ | 5,94 | 7,26 | 3,96 | 3,96 | 11,25 | 15,00 | 22,50 |
| Investitionskosten | € | 8.985 | 10.982 | 5.990 | 5.990 | 17.017 | 22.689 | 34.034 |
| Kapitalkosten | €/a | 704 | 860 | 469 | 469 | 1.333 | 1.778 | 2.667 |
| Betriebskosten | €/a | 90 | 300 | 170 | 300 | 110 | 227 | 340 |
| **Jahresgesamtkosten** | **€/a** | **945** | **1.155** | **630** | **630** | **1.789** | **2.005** | **3.007** |
| PV-Stromerzeugung | $kWh_{el}/a$ | 5.606 | 6.851 | 3.737 | 3.737 | 10.891 | 14.522 | 21.783 |
| **Spez. Stromgestehungskosten** | **$Ct/kWh_{el}$** | **16,8** | **16,8** | **16,8** | **16,8** | **16,4** | **16,4** | **16,4** |

**Tabelle 1-23 spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen – Teil 2**

| **Gebäudetyp**<br>Dachform<br>Ausrichtung der P/V-Belegung<br>**Alle Kosten inkl. MwSt.** | **Einheit** | **S-RE**<br>Flachdach<br>O/W | **Kita**<br>Flachdach<br>O/W | **GEW 1**<br>Flachdach<br>O/W | **GEW 2**<br>Flachdach<br>O/W | **GEW 3**<br>Flachdach<br>O/W | **GEW 4**<br>Flachdach<br>O/W | **GEW 5**<br>Flachdach<br>O/W | **GEW 6**<br>Flachdach<br>O/W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elektrische Leistung PV | $kW_p$ | 72,34 | 23,35 | 12,08 | 16,11 | 24,17 | 12,08 | 32,22 | 24,17 |
| Investitionskosten | € | 109.416 | 35.323 | 18.278 | 24.371 | 36.557 | 18.278 | 48.743 | 36.557 |
| Kapitalkosten | €/a | 8.573 | 2.768 | 1.432 | 1.909 | 2.864 | 1.432 | 3.819 | 2.864 |
| Betriebskosten | €/a | 1.094 | 353 | 183 | 244 | 366 | 183 | 487 | 366 |
| **Jahresgesamtkosten** | **€/a** | **9.667** | **3.121** | **1.615** | **2.562** | **3.843** | **1.922** | **5.125** | **3.843** |
| PV-Stromerzeugung | $kWh_{el}/a$ | 70.030 | 22.608 | 11.699 | 15.598 | 23.398 | 11.699 | 31.197 | 23.398 |
| **Spez. Stromgestehungskosten** | **$Ct/kWh_{el}$** | **16,4** | **16,4** | **16,4** | **16,4** | **16,4** | **16,4** | **16,4** | **16,4** |

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

#### 1.4.4.2 Amortisationsberechnung

Die wirtschaftliche Tragfähigkeit entscheidet maßgeblich die Investition in eine Photovoltaikanlage. Für die Überschusseinspeiseanlagen in den kleinen Wohngebäuden wurde eine statische Amortisation ermittelt. Es handelt sich um die gleiche Anlagengröße wie in der vorherigen Berechnung der spez. Stromgestehungskosten. Ein Teil des selbsterzeugten Solarstroms wird für den Allgemein- und den Wärmepumpenstromverbrauch genutzt, sodass dieser PV-Stromanteil im Netzstrombezug vermieden wird.

Demnach ergeben sich in der Jahresbilanz neben den Kapital- und Betriebskosten Erlöse aus dem vermiedenen Strombezug und der EEG-Vergütung für die Netzeinspeisung des Überschussstroms. Die statische Amortisation definiert sich aus den Investitionskosten im Verhältnis der eingesparten laufenden Kosten. Finanzierungskosten werden dabei nicht berücksichtigt, da eine statische Amortisation als betriebswirtschaftliche Kennziffer zum Bewerten verschiedener Investitionen herangezogen wird

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 1-24 Amortisationsberechnung**

| Photovoltaik als Überschusseinspeiseanlage | | PV für Haushaltsstrom | | PV für Haushalts- und L/W-Wärmepumpenstrom inkl. Elektroheizstab | | PV für Haushalts- und S/W-Wärmepumpenstrom | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | EFH / RH / DHH | EFH+ELW | EFH / RH / DHH | EFH+ELW | EFH / RH / DHH | EFH+ELW |
| Stromverbrauch | $kWh_{el}/a$ | 3.230 | 4.580 | 5.678 | 7.487 | 4.862 | 6.518 |
| Elektrische Leistung PV | $kW_p$ | 3,3 | 4,6 | 5,94 | 7,3 | 5,94 | 7,3 |
| Solarstromertrag | $kWh_{el}/a$ | 3.114 | 4.360 | 5.606 | 6.851 | 5.606 | 6.851 |
| Eigenverbrauch PV | $kWh_{el}/a$ | 969 | 1.374 | 1.599 | 2.115 | 1.507 | 2.021 |
| **Investitionskosten netto** | **€** | **5.000** | **7.000** | **9.000** | **11.000** | **9.000** | **11.000** |
| Kapitalkosten netto | €/a | 391 | 548 | 704 | 860 | 704 | 860 |
| Betriebskosten netto | €/a | 50 | 70 | 90 | 110 | 90 | 110 |
| Summe Kosten netto | €/a | 441 | 618 | 794 | 970 | 794 | 970 |
| vermiedene Netzstromkosten netto | €/a | 326 | 462 | 538 | 711 | 507 | 679 |
| EEG-Netzeinspeisevergütung netto | €/a | 176 | 245 | 329 | 388 | 336 | 396 |
| Summe Gutschriften netto | €/a | 502 | 707 | 867 | 1.099 | 843 | 1.075 |
| Einsparung der laufenden Kosten netto | €/a | 452 | 637 | 777 | 989 | 753 | 965 |
| **statische Amortisationszeit** | **a** | **11,1** | **11,0** | **11,6** | **11,1** | **11,9** | **11,4** |

Die ermittelte Amortisationszeit ist in Bezug auf eine auf 20 Jahre garantierte EEG-Einspeisevergütung und eine sehr lange Modulhaltbarkeit zu bewerten. Mit rund 11 Jahren als statische Amortisationszeit stellen sich die Photovoltaikanlagen wirtschaftlich tragfähig dar.

Darüber hinaus ist eine Vollfinanzierung über spezielle Kredite z. B. im KfW-Programm 270 möglich und hier in den Kapitalkosten zu Grunde gelegt.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 1.4.5 Bestimmung der Investitionskosten der netzgebundenen Varianten

**Variante 2: Kalte Nahwärme**

Die Investitionskosten umfassen das Netz der kalten Nahwärme, die zu installierenden Erdwärmesonden sowie die gebäudeseitigen Installationen bis zum Wärmeerzeuger. Diese werden im Jahreskostenvergleich annuisiert und als Kapitalkosten nach VDI 2067 dargestellt.

Die abgeschätzten Investitionskosten inkl. Planungskosten für die Wärmeversorgung beruhen u. a. auf Richtpreisangeboten und eigenen Erfahrungswerten.

Die folgende Tabelle zeigt die Kosten ohne Berücksichtigung der variantenspezifischen Fördermittel.

**Tabelle 1-25 Abschätzung der Investitionskosten für die kalte Nahwärmevariante (netzseitig)**

| **Investitionskosten**<br>Alle Kosten inkl. MwSt.<br>inkl. Planungskosten<br>exkl. Förderung | | **Kalte Nahwärme** |
|---|---|---|
| **Zentrale Komponenten** | | |
| Erdwärmesonden inkl. Verteiler | € | 3.266.600 |
| Anbindung Verteiler ans Netz | € | 163.300 |
| Erdarbeiten kNW Hauptleitungen | € | 148.100 |
| Erdarbeiten kNW Hausanschlüsse | € | 55.000 |
| kalte Nahwärme Hauptleitungen | € | 454.200 |
| kalte Nahwärme Hausanschlüsse | € | 458.200 |
| Frostschutzmischung | € | 135.200 |
| Energiezentrale (Fertigteil-Technikgebäude) | € | 22.400 |
| Anlagentechnik in der Energiezentrale | € | 83.300 |
| Messtechnik | € | 35.700 |
| **Summe Baukosten** | **€** | **4.822.000** |
| Baunebenkosten | € | 244.300 |
| **Gesamtsumme** | **€** | **5.066.300** |

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### Variante 3: Warme Nahwärme

Die Investitionskosten inkl. Planungskosten wurden anhand von Richtpreisangeboten und Erfahrungswerten abgeschätzt.

**Tabelle 1-26 Abschätzung der Investitionskosten für eine warme Nahwärme**

| **Investitionskosten**<br>**Gesamtes Neubaugebiet**<br>Alle Kosten inkl. MwSt.<br>inkl. Planungskosten<br>ohne Förderung | **Einheit** | **Warme Nahwärme** |
|---|---|---|
| Holzhackschnitzelkessel + Pufferspeicher | € | 710.500 |
| Heizzentrale mit Brennstofflager | € | 805.300 |
| Nahwärmenetz | € | 3.606.500 |
| Übergabestationen Nahwärme | € | 2.328.800 |
| Grundstück für die Heizzentrale (angesetzter Wert) | € | 147.600 |
| **Summe** | **€** | **7.598.700** |

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 1.4.6 Variantenvergleich der Vollkosten zur Wärmeversorgung der Neubauten

Auf den zuvor genannten Grundlagen basiert die Berechnung der jährlichen Gesamtkosten für die Wärmeversorgung der Neubauten.

Die abgeschätzten Investitionskosten beruhen auf Richtpreisangeboten und Erfahrungswerten.

**Tabelle 1-27 Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet**

| Alle Kosten inkl. MwSt.<br>Kosten als Eigenanteil nach Abzug der Förderung | | **Basisvariante**<br>Dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpen mit PV zur Eigenstromversorgung | **Variante 1 a**<br>Kalte Nahwärme mit dezentralen S/W-Wärmepumpen | **Variante 1 b**<br>Kalte Nahwärme mit dezentralen S/W-Wärmepumpen mit PV zur Eigenversorgung | **Variante 1c**<br>Kalte Nahwärme mit dezentralen S/W-Wärmepumpen mit PV zur Eigenversorgung | **Variante 2**<br>Zentrale warme Nahwärme mit 100 % Holzhackschnitzeln |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **BEW[1]**<br>**EWS + Netz + WP** | **BEW[1]**<br>**EWS + Netz** | **ohne BEW[1]** | **BEW[1]**<br>**Heizzentrale + Netz+ Übergabestation** |
| **Investitionskosten Wärmeversorgung** | € | **7.225.000** | **6.975.000** | **9.617.000** | **11.672.000** | **4.618.000** |
| Kapitalkosten Wärmeversorgung | €/a | 525.400 | 414.300 | 591.900 | 692.900 | 261.200 |
| Verbrauchskosten Wärmeversorgung | €/a | 281.200 | 169.600 | 138.700 | 138.700 | 116.700 |
| Betriebskosten Wärmeversorgung | €/a | 89.000 | 104.300 | 119.200 | 119.200 | 113.000 |
| **Jahreskosten Wärmeversorgung** | **€/a** | **895.600** | **688.200** | **849.800** | **950.800** | **490.900** |
| **spez. Wärmegestehungskosten** | **Ct/kWh$_{th}$** | 43,0 | 33,0 | 40,8 | 45,6 | 23,6 |

**Legende**

*1 Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Richtlinie vom 01.08.2022

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Die Basisvariante und die Variante 1 sind in der Lage sowohl Wärme als auch Kälte bereitzustellen. Auf Basis der Variante 2 kann das Neubaugebiet ausschließlich mit Wärme versorgt werden. Soll der gleiche Komfort wie in den Varianten 1 und 2 bereitgestellt werden, muss mit erheblichen Mehrkosten gerechnet werden.**

**Bei der Betrachtung der Basisvarianten und der Variante 1a und 1b zeigt die Variante 1a die geringsten Jahreskosten auf – die Basisvariante liegt etwa 24% darüber. Die alternative Förderoption in Form der Variante 1b zeigt im Vollkostenvergleich höhere Werte als die Variante 1a.**

**Werden keine Fördermittel nach BEW einbezogen (Variante 1c) liegen die Jahreskosten einer kalten Nahwärmeversorgung (Netzbetreiber für EWS + Netz, Gebäudeeigentümer betreiben Wärmepumpe und Photovoltaik) rund 5 % über den Jahreskosten dezentraler Luft/Wasser-Wärmepumpen (Basisvariante).**

**Es ist zu beachten, dass es sich bei der hier gewählten Darstellung um einen reinen Vollkostenvergleich handelt. Etwaige zusätzliche Preisbestandteile, die aufgrund des Geschäftsmodells des Netzbetreibers entstehen, werden nach der VDI 2067 nicht berücksichtigt. Darüber hinaus sind die hier gezeigten Ergebnisse - bedingt durch die multiplen Krisen und der damit gestiegenen Inflation- mit Unsicherheiten belastet.**

**Eine Umsetzung der Variante 2 erscheint schwierig (keine Kühlung; Holz als begrenzte Ressource, Treibhausgasemission durch Verbrennung des Holzes, Wärmedichte im Netz sehr gering).**

Die Basisvariante (dezentrale L/W-WP) stellt die Vergleichsvariante dar.

Die Variante 1 (EWS-Feld, kalte Nahwärme und dezentrale S/W-WP) wurde bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, mit unterschiedlichen Fördermöglichkeiten berechnet.

Die Variante 1a greift die „BEW - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze" auf.

Die Variante 1b nutzt die Förderung „BEW - Bundesförderung für effiziente Wärmenetze" für das EWS-Feld und das Netz. Die dezentralen Wärmepumpen im Eigentum der Gebäudebesitzer:innen werden im Rahmen der BEW gefördert. Die Wärmepumpen werden von den Gebäudebesitzer:innen betrieben. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde keine Förderung berücksichtigt. Denkbar wäre die BEG für das Effizienzhaus 40.

Die Variante 2 warme Nahwärme kann nicht direkt wirtschaftlich verglichen werden, da eine Kühlung nur unter besonderen Umständen berücksichtigt werden kann. In der Folge zeigt die Variante zwar die geringsten Jahreskosten – jedoch entfallen zum einen der Komfortgewinn in den Sommermonaten und zum anderen die präventive Klimafolgenanpassung zur Verringerung der Vulnerabilität gegenüber zukünftig häufiger auftretenden Hitzeperioden. Die Verluste im warmen Nahwärmenetz liegen bei kalkulatorisch 19 % - in diesem Zusammenhang zeigt der Blick auf die Energiebilanz, dass eine hohe Menge des Energieträgers bereitgestellt werden muss, um die Verluste zu kompensieren. Darüber hinaus muss ein Heizhaus im Neubaugebiet

errichtet werden. Es besteht die Möglichkeit, dass hierfür die Fläche eines potentiellen Baugrundstücks entfallen kann (Opportunitätskosten). Außerdem müssen regelmäßig Brennstoffe angeliefert werden. Auch aufgrund dieser Eigenschaften wurde auf eine weitere Detaillierung dieser Variante verzichtet.

Die Verbrauchskosten der warmen Nahwärme sind im Vergleich gering. Dies kann vor allem auf die derzeitig günstigen Preise des Brennstoffs Holzhackschnitzel zurückgeführt werden. Aufgrund der Systemeigenschaft der geringsten Energieeffizienz reagiert diese Variante jedoch am vulnerabelsten auf starke Preiseskapaden an den Energiemärkten. Darüber hinaus muss vor dem Hintergrund einer möglichst optimalen Allokation der Ressourcen innerhalb der Wärmewende die Frage gestellt werden, ob der Einsatz des Verbrennungsprozesses zur Bereitstellung von Warmwasser und Raumwärme auf einem niedrigen Temperaturniveau zum heutigen Tage noch zeitgemäß ist und ob diese Ressourcen nicht besser zur stofflichen Nutzung in der chemischen Industrie sowie für den Einsatz in nicht vermeidbaren Verbrennungsprozessen der Hochtemperaturanwendung zu schonen ist. Außerdem sollte schon heute die Zukunftsfähigkeit dieses Systems mitgedacht werden. So wird das gedämmte Wärmenetz über eine Dauer von 40 Jahren abgeschrieben. Bei der Biomasse-Mehrkesselanlage wird hingegen ein Abschreibungszeitraum von 15 Jahren angesetzt. Nach dieser Zeit müsste erneut die Frage nach der Wahl des Wärmeerzeugers gestellt werden. Aufgrund der voranschreitenden Wärmewende ist es wahrscheinlich, dass ein Wechsel hin zu zentralen Großwärmepumpen vollzogen werden müsste. Damit einhergehend müsste erneut die Frage einer effizienten Wärmequelle thematisiert werden.

## 1.5 $CO_2$e-Emissionsbilanz

Eine ökologische Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten erfolgt mit einer $CO_2$e-Emissionsbilanz. Dazu werden spezifische Emissionsfaktoren herangezogen (GEMIS, 2019). Die Bilanz wird als Summe für das gesamte Neubaugebiet aufgestellt.

Verwendete $CO_2$e-Kennwerte:

- Holzhackschnitzel: 24 g/$kWh_{th}$[9]
- Ökostrom: 30 g/$kWh_{el}$[10]
- Solarstrom (polykristallin): 49 g/$kWh_{el}$[9]

[9] GEMIS, 2019

[10] TSB: Plausibilisierte Annahme

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Tabelle 1-28 $CO_2$e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet**

| $CO_2$e-Emissionsbilanz<br><br>Neubaugebiet | | Basisvariante<br><br>L/W-WP + PV<br><br>Ökostrom | Variante 1a<br><br>Kalte<br><br>Nahwärme S/W-WP + PV Ökostrom | Variante 1b<br><br>Kalte<br><br>Nahwärme S/W-WP + PV Ökostrom | Variante 2<br><br>Warme Nah-wärme |
|---|---|---|---|---|---|
| $CO_2$e-Emissionen PV-Strom für WP | t/a | 4,4 | | | |
| $CO_2$e-Emissionen Ökostrom | t/a | 18,7 | 12,7 | 9,1 | |
| $CO_2$e-Emissionen HHS Wald | t/a | | | 2,5 | 70 |
| $CO_2$e-Emissionen Hilfsenergie | t/a | | | | 1 |
| **$CO_2$e-Emissionen gesamt** | **t/a** | **23,1** | **12,7** | **11,6** | **71** |

Verglichen mit einer Wärmeversorgung mittels warmem Nahwärmenetz liegen in den Varianten 1a und 1b unter Einsatz von Wärmepumpen (Betrieb mit Ökostrom) sehr niedrige Treibhausgasemissionen vor. Der relativ große Unterschied zwischen der Basisvariante und den Varianten 1a und 1b ist auf die wesentlich höhere Energieeffizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einer kalten Nahwärmeversorgung sowie die Möglichkeit einer passiven Kühlung zurückzuführen. In der Treibhausgasemissionsbilanz ist dabei noch nicht berücksichtigt, dass mit einer Holznahwärmeversorgung lokal Immissionen von Stäuben und Schadgasen einhergehen, während keine Immissionen in den beiden ersten Varianten auf einer lokalen Ebene zu verzeichnen sind.

Außerdem ist ein Ökostromtarif bei der Nutzung von Wärmepumpen klar gegenüber einer konventionellen Stromversorgung zu bevorzugen.

Aus ökologischer Sicht empfiehlt sich die Umsetzung einer kalten Nahwärmeversorgung für das Neubaugebiet in Saulheim.

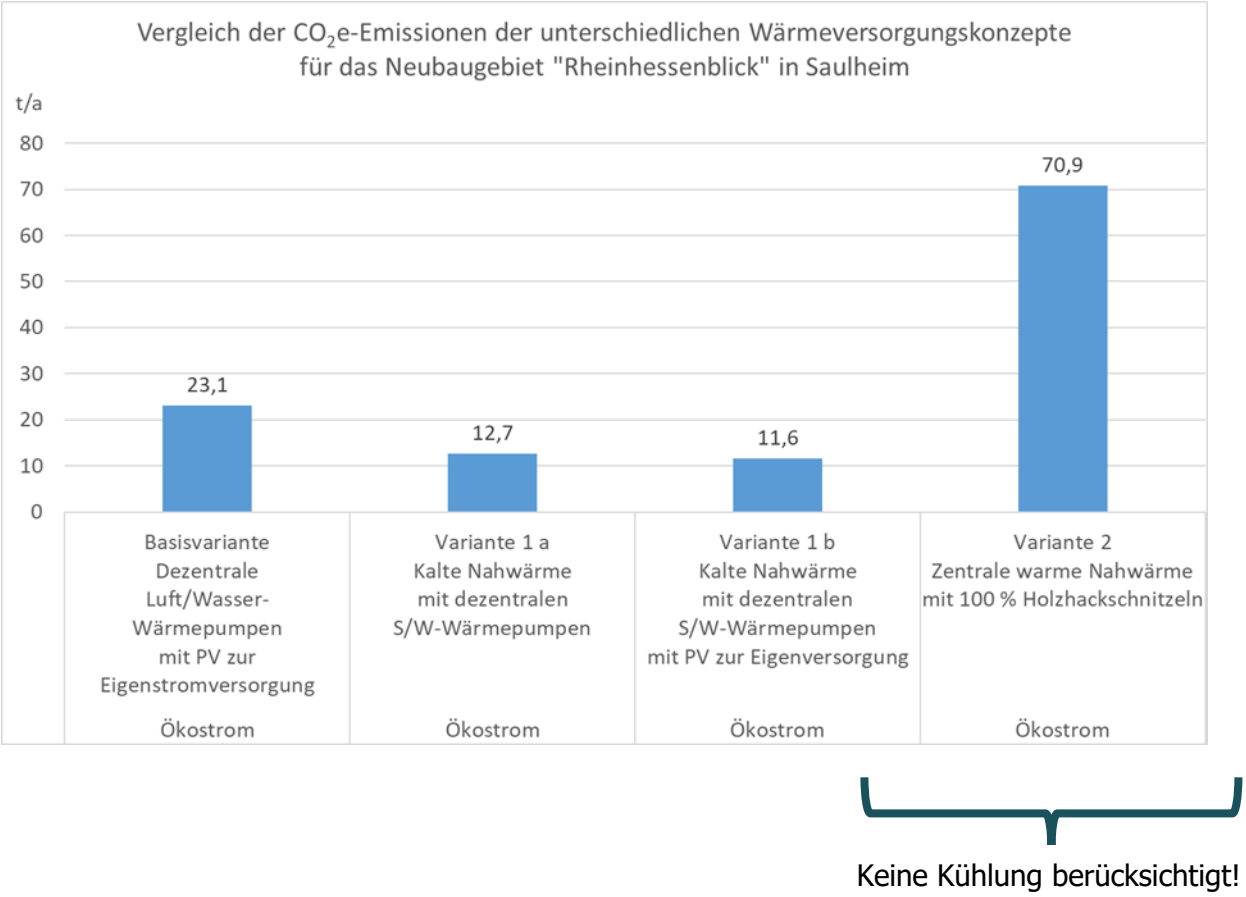



**Abbildung 1-6 CO2e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 1.6 Risikobeurteilung in Anlehnung an die ISO 31000:2018 Variante 1 – kalte Nahwärme

Neben Risiken, die schon bei der Installation eines zentralen Versorgungssystems wie einer kalten Nahwärme beachtet werden sollten, ist es möglich, dass das System auch während der Betriebszeit von mehreren Jahrzehnten von unterschiedlichen Faktoren in seiner Betriebssicherheit, Stabilität oder Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst wird. In der Folge sollen nun die wichtigsten dieser Faktoren analysiert und bewertet werden. Als Grundlage wurde hierfür die „DIN ISO 31000:2018" zum Risikomanagement herangezogen.

- **Getroffene Annahmen, die die Wirtschaftlichkeit des Systems beeinflussen können:**

  Maßgeblich für die Wirtschaftlichkeit der hier untersuchten Systeme ist die Höhe der zu tätigenden Investitionskosten. Die Abschätzungen, die in den hier vorliegenden Fällen getroffen wurden, basieren insbesondere auf Erfahrungswerten aus vergleichbaren (Umsetzungs-)Projekten. Die resultierenden Ergebnisse müssen allerdings auch vor dem Hintergrund der derzeit sehr volatilen Preisentwicklung der einzelnen Systemkomponenten gesehen werden. Preisschwankungen als Folge der multiplen Krisen und der gestiegenen Inflation führen dazu, dass unterschiedliche Komponenten nur noch zu tagesaktuellen Preisen abzurufen sind. In der Folge ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der VDI 2067 mit Unsicherheiten belastet.

- **Änderungen der Förderkulisse:**

  Da ein zentrales Versorgungssystem bei der Installation auf mehr Komponenten angewiesen ist als eines mit einer dezentralen Konstruktion, liegen die Investitionskosten der zentralen Varianten in der Regel höher. In diesem Zusammenhang nehmen die verfügbaren Fördermittel und ihre Höhe eine wichtige Rolle bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit ein. Die vorhandene Förderkulisse kann nicht als statisch betrachtet werden.

  Im vorliegenden Fall, muss darauf hingewiesen werden, dass die Förderkonditionen auf der Richtlinie vom 1. August 2022 beruhen und derzeit aufgrund der sofortigen Haushaltssperre keine neuen finanziellen Zusagen für Zahlungen ab dem Jahr 2024 erfolgen.

  Insbesondere die zentralen Versorgungssysteme können empfindlich auf Änderungen der Förderkulisse bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit reagieren. Die Auswirkungen dieses Risikofaktors können als hoch bewertet werden.

- **Baufortschritt:**

  In einzelnen Fällen ist die Förderung von zentralen Versorgungssystemen an den Baufortschritt in der Praxis gekoppelt. In der Regel wird ein Neubaugebiet kontinuierlich über wenige Jahre bebaut und der Anschluss fertiggestellter Neuerrichtungen verläuft sukzessiv. Treten bei der Bebauung jedoch Verzögerungen auf, kann das Erreichen von Schwellenwerten, die das Förderprogramm fordert, gefährdet werden. In der Folge kann sich die Wirtschaftlichkeit des umzusetzenden Systems bei ausbleibender Förderung verändern.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

Da alle Berechnungen für das vollständig bebaute NBG gelten, ist jedes Jahr, um das sich die Vermarktung einzelner Grundstücke verzögert, ggf. schädlich für die Wirtschaftlichkeit. Nach der Auswahl der favorisierten Variante bzw. Förderoption ist der Einzelfall auf diesen Risikofaktor zu überprüfen.

- **Geschäfts-/Betriebsmodelle:**

  Bereits in frühen Phasen der Planung sollten sich die Entscheidungsträger mit der Frage auseinandersetzen, mit welchem zukünftigen Geschäfts- oder Betriebsmodell die zentralen Versorgungsvarianten betrieben werden sollen, da dieser Risikobereich eine hohe Komplexität mit sich bringt.

  Eng mit dem gewählten Geschäfts- oder Betriebsmodell verknüpft ist die Preisbildung, die wiederum der zentrale Einflussfaktor für die durch die Gebäudeeigentümer zu tragenden Kosten ist.

  Darüber hinaus können beispielsweise Abhängigkeiten vom gewählten Geschäfts-/Betriebsmodell zur Höhe der zu erhaltenden Fördergelder bestehen.

- **Auskühlung des Erdreiches**

  Bei deutlichen Abweichungen der hier abgeschätzten Bilanz vom Wärmeeintrag und Wärmeaustrag aus dem Erdreich über den Kollektor (Netz) und insbesondere die Erdwärmesonden kann es zu einer mittelfristigen Auskühlung des Erdreichs und damit zu sinkenden Netztemperaturen kommen. Hiermit wäre eine Verminderung der Effizienz und damit eine Erhöhung des Stromverbrauchs verbunden.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 1.7 Termine

**26.01.2021 (online) Auftaktbesprechung zur Wärmeversorgung des Neubaugebiets**

**Teilnehmer:innen:**

- Herr Semmler, 1. Beigeordneter der Ortsgemeinde Saulheim
- Herr Sandor, Verbandsgemeindeverwaltung Wörrstadt
- Herr Haag, Energie- und Servicebetrieb Wörrstadt (ESW) AöR
- Frau Paluch, Verbandsgemeindeverwaltung Wörrstadt
- Frau Fenn, Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz
- Herr Schwörer-Böhning, MVV Regioplan
- Herr Fucker, MVV Regioplan
- Herr Münch, Transferstelle Bingen
- Frau Kriebs, Transferstelle Bingen
- Herr Schulz, Transferstelle Bingen

An dem Termin wurden die Grundlagen und Besonderheiten des Neubaugebietes zusammengetragen. Über den im August 2022 gefassten Grundsatzbeschluss zur Klimaneutralität wurde berichtet. Herr Schwörer-Böhning stellte die Historie der Gebietsentwicklung vor und Herr Semmler erläuterte die Überlegungen zur Nutzung erneuerbarer Energien im geplanten Neubaugebiet. Frau Fenn brachte Anregungen und Hinweise zu inhaltlichen Themen ein, die u. a. die Möglichkeiten konkreter Festsetzungen und städtebaulicher Verträge betreffen. Die nächsten Schritte wurden gemeinsam abgesprochen.

**23.02.2023 Besprechung in der ARGE Rheinhessenblick**

**Teilnehmer:innen:**

- Herr Semmler, 1. Beigeordneter der Ortsgemeinde Saulheim
- Mitglieder:innen der ARGE Rheinhessenblick
- Frau Paluch, Verbandsgemeindeverwaltung Wörrstadt
- Herr Schwörer-Böhning, MVV Regioplan
- Herr Freund, EDG
- Frau Kriebs, Transferstelle Bingen

In der Besprechung wurden von Frau Kriebs die zu untersuchenden Wärmeversorgungsvarianten mit ihrer jeweiligen Technologie erläutert. Anschließend wurde darauf eingegangen, welche Informationen zur Bebauung für die Berechnungen im Variantenvergleich als Grundlage benötigt werden.

**24.10.2023 Besprechung in der ARGE Rheinhessenblick**

**Teilnehmer:innen:**

- Herr Semmler, 1. Beigeordneter der Ortsgemeinde Saulheim
- Mitglieder:innen der ARGE Rheinhessenblick
- Frau Paluch, Verbandsgemeindeverwaltung Wörrstadt

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

- Herr Schwörer-Böhning, MVV Regioplan
- Frau Kriebs, Transferstelle Bingen

An dem Termin wurde zunächst das Wärmeversorgungskonzept für das Neubaugebiet „Rheinhessenblick" vorgestellt sowie die zugrundeliegenden Technologien von Frau Kriebs (TSB) näher erläutert. Die Ergebnisse des Variantenvergleichs zur Wärmeversorgung auf Basis der gemeinsam abgeschätzten Bebauung wurden vorgestellt. Die Folien des Vortrags wurden im Nachgang zur Nachlese zur Verfügung gestellt.

**07.11.2023 (online) Besprechung der Aufgaben im Arbeitspaket 2 – rechtliche Stellungnahme**

**Teilnehmer:innen:**

- Frau Paluch, Verbandsgemeindeverwaltung Wörrstadt
- Herr Prof. Dr. Roller
- Frau Kriebs, Transferstelle Bingen

In der Besprechung wurden die zuvor u. a. in der ARGE Rheinhessenblick gesammelten Themen für die rechtliche Stellungnahme festgelegt. Die Schwerpunkte sind die Festsetzungsmöglichkeit für Photovoltaik, verbindliche Nutzung eines zentralen Nahwärmenetzes und Vereinbarungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden auf öffentlichen Flächen.

**15.11.2023 Sitzung des Ortsgemeinderates Saulheim**

**Teilnehmer:innen:**

- Herr Fölix, Bürgermeister der Ortsgemeinde Saulheim
- Herr Semmler, 1. Beigeordneter der Ortsgemeinde Saulheim
- Herr Conrad, Bürgermeister der Verbandsgemeinde Wörrstadt
- Ortsgemeinderat Saulheim
- Frau Paluch, Verbandsgemeindeverwaltung Wörrstadt
- Herr Dr. Mands, UBeG
- Herr Schmuck, UBeG
- Frau Kriebs, Transferstelle Bingen

In der Ortsgemeinderatssitzung stellte zunächst Herr Schmuck (UBeG) die Ergebnisse der Studie zur geothermischen Nutzung des Untergrundes am Standort des BV „NBG Rheinhessenblick" in 55291 Saulheim vor. Anschließend präsentierte Frau Kriebs (TSB) die Ergebnisse zur Wärmeversorgung aus der Machbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebiets „Rheinhessenblick" in Saulheim.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# 2 Arbeitspaket – Klimafreundliche Stromversorgung

Um dem Weg der notwendigen Emissionsminderungen zur Begrenzung des Anstieges der globalen Durchschnittstemperaturen eine klare Struktur zu geben, hat der Deutsche Bundestag das Klimaschutzgesetz (KSG) auf den Weg gebracht. Es definiert in der Anlage 2 kontinuierlich absinkende Jahresemissionsmengen bis zum Jahr 2030. Auch ein Reduktionspfad für den Sektor „Energiewirtschaft" kann hier gefunden werden. Hierbei ist es das Ziel des Gesetzgebers, auf möglichst kontinuierlich absinkende Jahresemissionsmengen hinzuwirken. Vor diesem Hintergrund sollen die zulässigen Jahresemissionsmengen vom Jahr 2022 (257 Millionen Tonnen $CO_2$-Äquivalente) auf nur noch 108 Millionen Tonnen $CO_2$-Äquivalente absinken. Daher soll in der hier vorliegenden Studie untersucht werden, welche Stromversorgungsoptionen im Neubaugebiet „Rheinhessenblick", einen Beitrag zur Erreichung dieser Ziele leisten können.

Darüber hinaus kommt dem hier vorliegenden „Arbeitspaket 1.2 - Klimafreundliche Stromversorgung" eine besondere Rolle zu, wenn man die heutigen Entwicklungen in den Bereichen der Wärmeversorgung und der Mobilität berücksichtigt. So nimmt doch die Bedeutung einer klimafreundlichen Stromversorgung mit einer steigenden Anzahl an Wärmepumpen und E-Autos deutlich zu.

Im Gegensatz zur „alten" Energiewelt, in der fossile Brennstoffe genutzt wurden, um die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität getrennt zu versorgen, werden in der „neuen" Energiewelt erneuerbare Energien genutzt, um eine integrierte Versorgung der Sektoren umzusetzen. Man spricht von der **Sektorenkopplung**. Hierbei handelt es sich um eine „Verbindung effizienter, flexibler, sich aufeinander abstimmender Energiesysteme auf Erzeugungs- und Verbrauchsseite durch die Nutzung sauberen Stroms zum Zwecke der Dekarbonisierung" (Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., 2017).

In der Folge bildet die dezentrale und möglichst lastsynchrone Versorgung mit emissionsarmem Strom – neben der Dekarbonisierung des Sektors Energiewirtschaft – auch das Rückgrat zu einem erfolgreichen Gelingen der Wärmewende und der Mobilitätswende.

Vor diesem Hintergrund ist der hier vorliegende Bericht auch als wichtige Verknüpfung der Ergebnisse des „Arbeitspakets 1.1 - Klimafreundliche Wärmeversorgung" (Kapitel 1) und des „Arbeitspakets 1.3 - Klimafreundliche Mobilitätsinfrastruktur" (Kapitel 3) mit dem Sektor Strom zu sehen.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 2.1 Welche Strombedarfe bestehen?

Der gesamte Strombedarf des Neubaugebiets, der mit einem möglichst hohen Anteil an erneuerbaren Energien aus lokaler Erzeugung gedeckt werden soll, setzt sich aus unterschiedlichen Verbrauchern zusammen. In den Gebäuden der Wohnbebauung muss zum einen der Haushaltsstrom gedeckt werden. Beim Einsatz eines emissionsarmen Versorgungskonzepts zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser wie dem der kalten Nahwärme muss außerdem mit Stromverbräuchen gerechnet werden. Da das Neubaugebiet mit einer Perspektive von mehreren Dekaden gedacht werden soll, ist hinzukommend mit Stromverbräuchen im Bereich der Mobilität zu rechnen. Darüber hinaus sind grundsätzlich die Straßenbeleuchtung und ein öffentlich zugängliches Carsharing ebenfalls als zukünftige Verbraucher im Bereich Strom zu berücksichtigen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für das Neubaugebiet in Saulheim standen zum Zeitpunkt der Erstellung wichtige Rahmenbedingungen nicht fest: Es ist nicht entschieden, ob es innerhalb des Plangebietes ein Car-Sharing-Angebot geben wird oder die zusätzlichen Bewohner gezielt ein eigenes Angebot erhalten: Car-Sharing lässt sich daher nicht eindeutig dem neuen Baugebiet zuordnen und wird daher hier nicht bilanziert. Auch die Straßenbeleuchtung wurde hier nicht betrachtet, weil Lichtpunkte, Ausleuchtung und Ausstattung nicht feststehen und die Entscheidung der Ortsgemeinde nicht entscheidend beeinflussen würden.

**Abbildung 2-1** fasst die dem folgenden Konzept zu Grunde liegenden Verbraucher noch einmal zusammen:

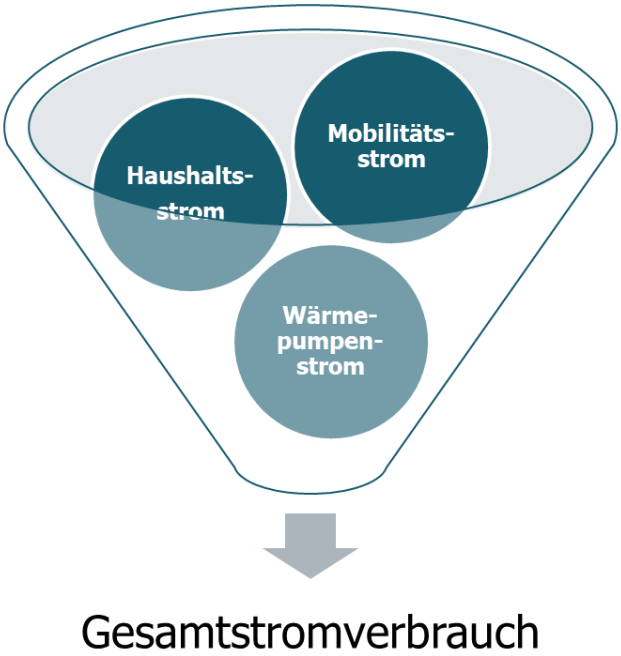



**Abbildung 2-1 Grundsätzliche Zusammensetzung des Gesamtstromverbrauchs in einem Gebiet**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 2.1.1 Haushaltsstrom

In einem ersten Schritt wurde eine Stromverbrauchsanalyse erstellt.

Die Abschätzung des Haushaltsstromverbrauchs basiert auf dem städtebaulichen Entwurf in der Fassung vom 25.07.2023 und wurde synchron mit dem Arbeitspaket 1.1. Wärme aktualisiert.

Für die zulässige Bebauung wurden die Mustergebäude herangezogen, die im Arbeitspaket Wärme mit dem Auftraggeber abgestimmt wurden.

Der Haushaltsstrombedarf umfasst alle alltäglichen Stromverbräuche wie Beleuchtung, Entertainment und Küchengeräte. Zur Berechnung wurden die DIN 4708 und der Stromspiegel für Deutschland 2021/22 herangezogen.

Die folgende Tabelle zeigt die resultierenden Stromverbräuche des Neubaugebiets in Saulheim:

**Tabelle 2-1 Abschätzung des Haushaltstrombedarfs im Neubaugebiet in Saulheim**

| Gebäudetyp | Dachform | Gebäudeanzahl | Jahres-Haushalts-Strom $kWh_{el}/a$ / Typ |
|---|---|---|---|
| EFH | Flachdach | 130 | 408.850 |
| EFH + ELW | Flachdach | 7 | 22.015 |
| DHH | Flachdach | 40 | 125.800 |
| RH | Flachdach | 12 | 37.740 |
| MFH T1 | Flachdach | 4 | 12.580 |
| MFH T2 | Flachdach | 6 | 18.870 |
| MFH T3 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| Seniorenresidenz | Flachdach | 1 | 70.000 |
| Kita | Flachdach | 1 | 10504 |
| GEW T1 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| GEW T2 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| GEW T3 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| GEW T4 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| GEW T5 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| GEW T6 | Flachdach | 1 | 3.145 |
| **Summe Haushalts-strom im Neubauge-biet:** | | | **728.374** |

### 2.1.2 Wärmestrom

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde eine Wärmeverbrauchsanalyse erstellt. Der Jahreswärmeverbrauch setzt sich aus der Summe des Wärmebedarfs für Trinkwarmwasser-Bereitung und für die Raumheizung zusammen.

Die Abschätzung des Wärmeverbrauchs basiert ebenfalls auf dem städtebaulichen Zielkonzept mit Stand vom Februar 2022.

Tiefergehende Informationen zur Berechnung der Wärmeverbräuche können dem Teilbericht des Arbeitspakets „Wärme" entnommen werden. Die Wärmeverbräuche ($kWh_{th}$) bilden die Grundlage zur Berechnung des Wärmestroms ($kWh_{el}$). Um nun den Bedarf des Wärmestroms zu berechnen wurde die Annahme getätigt, dass das Versorgungskonzept einer kalten Nahwärme mit zentralen Erdsondenbohrungen und dezentralen Wärmepumpen zur Anwendung kommt. In der Folge kann der aus dem Wärmeverbrauch resultierende Wärmestrom mir Hilfe der Jahresarbeitszahlen der Sole/Wasser-Wärmepumpen berechnet werden.

Die Ergebnisse können der folgenden Tabelle entnommen werden:

**Tabelle 2-2 Abschätzung des Wärmestromverbrauchs (Strom für Wärme) im Neubaugebiet**

| Gebäudetyp | Dachform | Gebäudeanzahl | Wärmestromverbrauch $kWh_{el}/a$ |
|---|---|---|---|
| EFH | Flachdach | 130 | 218.358 |
| EFH + ELW | Flachdach | 7 | 13.962 |
| DHH | Flachdach | 40 | 54.589 |
| RH | Flachdach | 12 | 16.377 |
| MFH T1 | Flachdach | 4 | 33.254 |
| MFH T2 | Flachdach | 6 | 54.873 |
| MFH T3 | Flachdach | 1 | 13.718 |
| Seniorenresidenz | Flachdach | 1 | 20.657 |
| Kita | Flachdach | 1 | 7845 |
| GEW T1 | Flachdach | 1 | 4.059 |
| GEW T2 | Flachdach | 1 | 5.413 |
| GEW T3 | Flachdach | 1 | 8.119 |
| GEW T4 | Flachdach | 1 | 4.059 |
| GEW T5 | Flachdach | 1 | 10.825 |
| GEW T6 | Flachdach | 1 | 8.119 |
| **Summe Wärmestrom im Neubaugebiet:** | | | **474.227** |

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 2.1.3 Mobilitätsstrom

Der Mobilitätsstrom, der Eingang in die hier dargelegten Berechnungen zur Stromversorgung finden soll, geht auf ein Szenario des Arbeitspakets Mobilität zurück. Es unterliegt zum einen der Annahme, dass das Neubaugebiet seine Mobilitätsbedarfe zukünftig auf Basis von 100% Elektromobilität decken wird. Hierbei wurde als Standardfahrzeug das im Jahr 2020 mit mehr als 30.000 Neuzulassungen am häufigsten zugelassene, vollelektrische Fahrzeug in Deutschland - die Renault ZOE – gewählt (Statista, 2021).

**Tabelle 2-3 Steckbrief des Standardfahrzeugs**

| | |
|---|---|
| **Fahrzeugtyp** | Renault ZOE R110 (AC charging 22 kW) |
| **Batteriekapazität** | 41 kWh |
| **Verbrauch (kombiniert)** | 17,2 kWh/100 km |
| **Leistung** | 80 kW / 100 PS |
| **Reichweite** | 316 km |
| **Statistisch durchschnittliche jährliche Fahrleistung** | 13.600 km |
| **Lademodus** | PV-Optimiert |
| **Mobilitätsstromverbrauch pro Jahr inkl. Lade- und Batterieverluste** | 3.084 kWh/Jahr; 24 % |

Zum anderen wird davon ausgegangen, dass eine verringerte PKW-Quote pro Haushalt (1,12 PKW/Haushalt) gegenüber dem heutigen „Status Quo" (1,4 PKW/Haushalt) vorzufinden sein wird. Dies kann auf unterschiedliche Faktoren, wie den vermehrten Home-Office Einsatz, den Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel und ein zunehmendes Bewusstsein des eigenen Verkehrsverhaltens (vor allem eine Verkehrsverlagerung hin zu alternativen Verkehrsmitteln auf der Kurzstrecke) zurückgeführt werden. Hier hat die Ortsgemeinde Saulheim und das regionale Umfeld Einflussmöglichkeiten, wie stark das individuelle Auto in der Mobilität seine Rolle behält.

Die folgende Tabelle zeigt die Daten des Mobilitätsstroms, der in den weiteren Berechnungen der Stromversorgung berücksichtigt wurde:

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

**Tabelle 2-4 Abschätzung des Mobilitätsstrombedarfs im Neubaugebiet**

| Gebäudetyp<br><br>Var: 1,4 E-Autos/Haushalt | Dachform | Gebäudeanzahl | Mobilitätsstromverbrauch pro Jahr<br><br>$kWh_{el}/a$ |
|---|---|---|---|
| EFH | Flachdach | 130 | 555.534 |
| EFH + ELW | Flachdach | 7 | 59.827 |
| DHH | Flachdach | 40 | 170.934 |
| RH | Flachdach | 12 | 51.280 |
| MFH T1 | Flachdach | 4 | 102.560 |
| MFH T2 | Flachdach | 6 | 175.817 |
| MFH T3 | Flachdach | 1 | 38.460 |
| Seniorenresidenz | Flachdach | 1 | - |
| Kita | Flachdach | 1 | - |
| GEW T1 | Flachdach | 1 | 9.435 |
| GEW T2 | Flachdach | 1 | 17.093 |
| GEW T3 | Flachdach | 1 | 25.640 |
| GEW T4 | Flachdach | 1 | 12.820 |
| GEW T5 | Flachdach | 1 | 34.187 |
| GEW T6 | Flachdach | 1 | 25.640 |
| **Summe Mob.strom Neubaugebiet:** | | 208 | **1.279.228** |

## 2.2 Bilanzielle oder lastganggerechte Stromversorgung?

Wie im Vorangegangenen erläutert, setzt sich der Strombedarf des Neubaugebiets im vorliegenden Fall aus den folgenden drei Komponenten zusammen. Aus Gründen der Vereinfachung und weil noch unklar ist, wie sich ein Betreiber für Carsharing finden lässt, dessen Standort innerhalb des NBG liegen kann, wurde Car-Sharing nicht weiter verfolgt. Straßenbeleuchtung ebenfalls.

**Tabelle 2-5 Gesamtstrombedarf des Neubaugebiets**

| Bedarfskomponente | Bedarf über alle Gebäude |
|---|---|
| Haushaltsstrom | ca. 728.374 kWh/a |
| Wärmestrom | ca. 474.227 kWh/a |
| Mobilitätsstrom (1,12 E-Fahrzeuge) | ca. 1.279.228 kWh/a |
| **Gesamtstrombedarf** | ca. **2.481.829** kWh/a |

Betrachtet man diese absoluten Zahlen, so könnte der Eindruck entstehen, dass eine PV-Freiflächenanlage oder eine Windkraftanlage, die im Jahr rund 2.500.000 kWh Strom erzeugt, in der Lage ist, das Neubaugebiet mit emissionsarmem Strom aus erneuerbaren Energien zu versorgen. Aus einer bilanziellen Perspektive ist dies auch richtig. Doch die Praxis zeigt, dass zwischen

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

einer bilanziellen und einer lastganggerechten Versorgung mit erneuerbaren Energien große Unterschiede bestehen.

Besonders anschaulich wird dies, wenn man sich das Erzeugungsverhalten einer privaten PV-Anlage und das Ladeverhalten des E-Autos vor Augen führt. Die PV-Anlage liefert Strom im Tagesgang mit einem Peak um die Mittagszeit. Das E-Auto befindet sich – einmal abgesehen von Arbeitstagen im Home-Office – außer Haus und kehrt erst zu einer fortgeschrittenen Nachmittagszeit wieder zum Wohnort zurück. Selbst wenn in diesem bewusst plakativ gewählten Beispiel eine bilanzielle Deckung des Stromverbrauchs für den Ladestrom möglich wäre, überlagern sich die Lastgänge nicht ausreichend, damit die eigene PV-Anlage den Strombedarf des E-Autos decken kann.

Ein solches Konzept der Eigenversorgung deckt im Verlauf des Tages und eines Jahres zunächst nur einen Teil des Strombedarfs, da die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien stark von ihrem volatilen Charakter abhängig ist.

Vor diesem Hintergrund wurde für die hier vorliegende Studie ein genauerer Ansatz auf Basis von stundengenauen Lastgängen (24 h pro Tag bei 365 Tagen pro Jahr = 8.760 Werte pro Lastgang) der Stromverbräuche und der Stromerzeugung gewählt. Mit Hilfe dieses Vorgehens kann berechnet werden, zu welcher Stunde, an welchem Tag des Jahres, welche Menge an Strom gebraucht wird und welche Menge zeitgleich auf den Dächern durch die lokalen PV-Anlagen erzeugt werden kann. Die Differenz muss auf einem alternativen Weg z.B. durch Strombezug aus dem Netz der allgemeinen Versorgung gedeckt werden.

Die stundengenauen Lastgänge werden für den Haushalts- und Mobilitätsstrom sowie die solare Stromerzeugung mit der Planungs- und Simulationssoftware PV*SOL premium 2023 (R6) erzeugt und nachträglich um die Lastgänge der Sole/Wasser-Wärmepumpen der Kalten Nahwärme ergänzt. Die Software PV*SOL premium 2023 (R6) ist ein dynamisches Simulationsprogramm, welches mittels Eingabe der Rahmendaten wie Photovoltaikanlagengröße und Stromverbrauch die Lastgänge simuliert (Valentine Software, 2023). Mit Hilfe dieser Daten lässt sich ein genaues Bild der Tages- und Jahresverläufe jedes einzelnen Gebäudes bestimmen.

Nachdem die zukünftigen Strombedarfe in den ersten Kapiteln vor allem auf der Ebene des gesamten Neubaugebiets in summierter Form betrachtet wurden, soll nun das Zustandekommen dieser Werte mit dem lastganggerechten Ansatz am Beispiel des zweigeschossigen Einfamilienhauses vom Typ 1 beispielhaft erläutert werden. Jedem Gebäudetyp liegt eine solche Berechnung zugrunde. Auf diesen aufbauend und unter Berücksichtigung der jeweiligen Anzahl der einzelnen Gebäudetypen kommen dann die Summenlastgänge des gesamten Neubaugebiets zustande.

Wie im Kapitel **2.3.1 PV-Eigenstromversorgung** tiefer gehend erläutert wird, wurde für jeden Gebäudetyp eine PV-Anlage dimensioniert und ein Erzeugungslastgang simuliert.

Das zweigeschossige Einfamilienhaus wurde hierbei mit einem Nord/Süd Dach geplant. Die PV-Anlage befindet sich lediglich auf der Südseite des Daches, die Spitzenleistung wurde mit 7,2 kWp für die Dachfläche bemessen. Der Gesamtstromverbrauch dieses Gebäudes mit einem Elektroauto beläuft sich auf 9.098 kWh/a. Die Zusammensetzung dieses Strombedarfs und der Erzeugung kann der folgenden Tabelle entnommen werden:

**Tabelle 2-6 Verbrauchsübersicht Einfamilienhaus**

| Verbraucher | Verbrauch in $kWh_{el}/a$ |
|---|---|
| Haushaltsstrom | ca. 3.145 kWh/a |
| Wärmepumpenstrom | ca. 1.680 kWh/a |
| Mobilitätsstrom (1,4 E-Fahrzeuge) | ca. 4.270 kWh/a |
| **Summe Strombedarf** | **ca. 9.098 kWh/a** |
| PV-Erzeugung | 8.720 kWh/a |
| Eigenverbrauch | 3.420 kWh/a (39%) |
| Verbleibender Netzbezug, berechnet aus Stundenwerten | 5.676 kWhel/a |

Die PV-Anlage produziert ca. 8.720 $kWh_{el}/a$. Damit deckt die PV-Anlage nicht den gesamten Strombedarf des Gebäudes ab. Bei der Betrachtung der lastganggerechten Stundenwerten ergibt sich: Es können von den rund 9.100 $kWh_{el}$ selbst erzeugten Stroms knapp 3.400 $kWh_{el}$ pro Jahr vor Ort genutzt werden. Der Eigenverbrauch des PV-Stroms liegt bei 39 %, die restlichen 61 % der erzeugten Energie werden als Überschussstrom in das öffentliche Netz eingespeist.

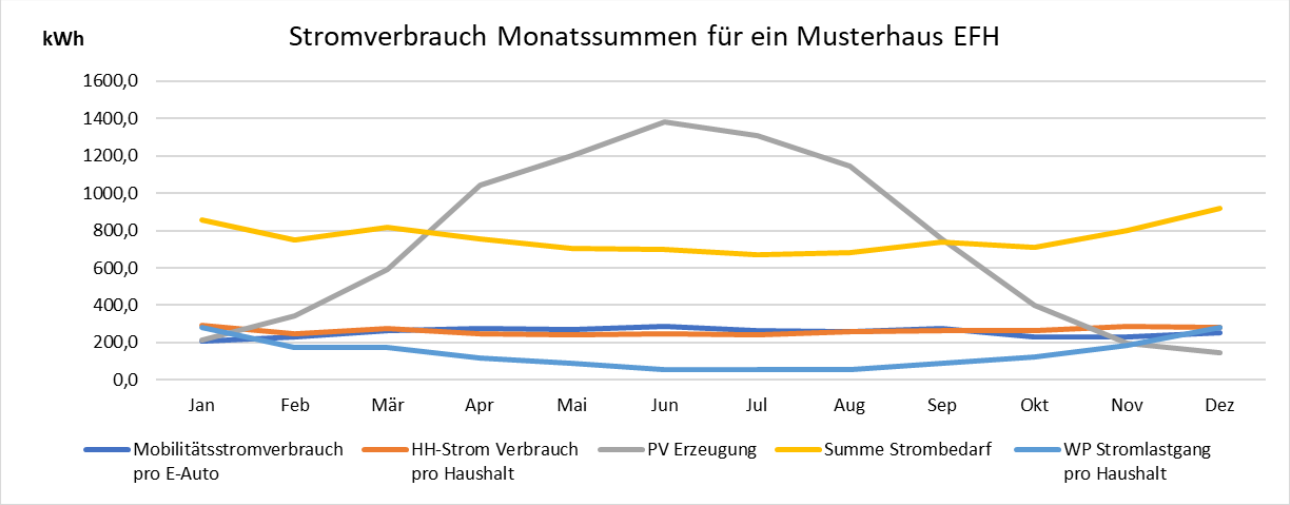



**Abbildung 2-2 Erzeugung und Verbrauch des Gebäudetyps EFH**

Die **Abbildung 2-2 Erzeugung und Verbrauch des Gebäudetyps EFH** zeigt die Monatssummen der Bedarfssektoren (Haushaltsstrom, Wärme, Mobilität) und der PV-Strom-Erzeugung im Jahresgang.

Der Haushaltsstrombedarf bleibt über das gesamte Jahr recht konstant (rot).

Der Strombedarf der Wärmepumpen steigt vor allem in den Wintermonaten an, da zu dieser Zeit nicht nur Warmwasser, sondern auch Raumwärme bereitgestellt werden muss (blau). In den Sommermonaten sinkt der Wärmebedarf auf ein Minimum ab.

Der Mobilitätsstrombedarf gestaltet sich über das Jahr ausgeglichen.

Es ist anzumerken, dass diese Daten mit Unschärfen behaftet sind, da die zugrundeliegenden Lastgänge auf Annahmen und Mittelwerten von Haushalten basieren. Im Einzelfall kann es zu Abweichungen zwischen den realen Verbrauchswerten und den hier berechneten kommen.

Die Kurven der PV-Strom-Erzeugung (gelb) und des Reststrombedarfs (blau) sind gegenläufig. Je mehr Energie auf dem Dach produziert wird, desto geringer ist der Bedarf an Strom, der auf einem anderen Weg gedeckt werden muss. Bei dieser Betrachtung zeigt sich auch, dass während des gesamten Jahres Strombedarfe entstehen, die nicht durch die dezentralen PV-Anlagen gedeckt werden können.

Eine reine Betrachtung der Jahressummen (Bilanz) würde diese Entwicklung nicht abbilden, es braucht die Betrachtung von Lastgängen über den Jahresverlauf. Welche Anteile des Strombedarfs auf der Ebene des Neubaugebiets mit Strom aus lokalen PV-Anlagen gedeckt werden können und wie Reststrombedarfe auch mit emissionsarmem Strom versorgt werden können, soll in den folgenden Kapiteln näher untersucht werden.

## 2.3 Wie können die Strombedarfe gedeckt werden?

Für das neuerrichtete Neubaugebiet ist ein Gesamtstrombedarf von ca. 2.480 $MWh_{el}$ pro Jahr zu erwarten, nur bezogen auf den häufigen Gebäudetyp Einfamilienhäuser (EFH) sind es 1.180 $MWh_{el}$/a. Dominierend sind hierbei der Haushaltsstromanteil mit ca. 33 % und der Mobilitätsstrom mit rund 42 %. Ein Viertel des Strombedarfs des Neubaugebiets entfällt auf die Wärmeversorgung. Dies ist auf die hohen verwendeten Gebäudestandards (Effizienzhaus 40) und die damit einhergehenden geringen Raumwärmebedarfe zurückzuführen.

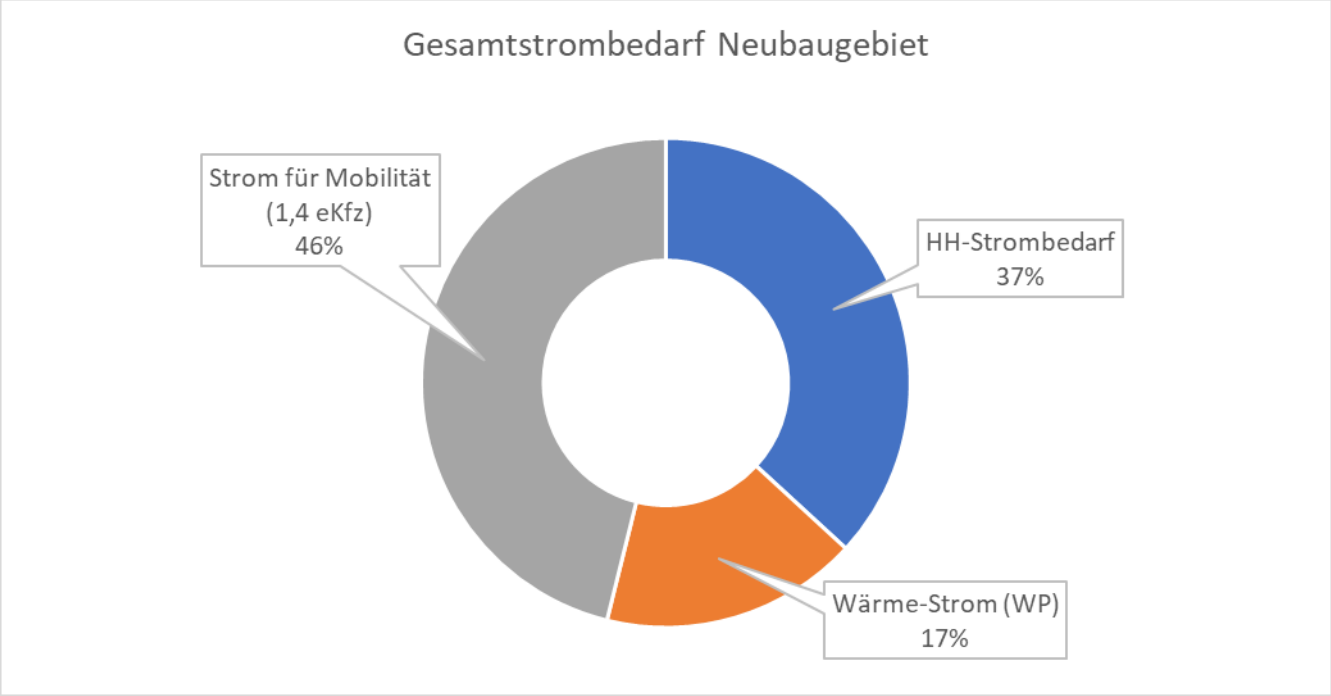



**Abbildung 2-3 Erzeugung und Verbrauch des NBG**

Um nun das Ziel einer klimaneutralen, dezentralen und lastganggerechten Deckung dieser Bedarfe zu verfolgen, wurde in einem ersten Schritt untersucht, welcher Anteil durch PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude des Neubaugebiets und dem damit verbundenen Eigenverbrauch des Stroms gedeckt werden kann.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### 2.3.1 PV-Eigenstromversorgung

Auf Basis der Gebäudetypen, deren Maße und Dachformen, die mit dem Auftraggeber abgestimmt wurden, wurde für jeden Gebäudetyp die für die Installation einer Photovoltaikanlage zur Verfügung stehende Dachfläche abgeschätzt. Hiernach scheint in allen Fällen die Möglichkeit zu bestehen, eine PV-Anlage zu installieren. Für die vorliegende Wohnbebauung wurden PV-Anlagen mit Spitzenleistungen von 3,96 – 32,22 $kW_p$ gewählt. Daten zu den einzelnen simulierten Anlagentypen können den folgenden **Tabelle 2-7** bis **Tabelle 2-9** entnommen werden.

In der Folge wurden Erzeugungslastgänge für jeden Anlagentyp simuliert. Der Betrieb der Anlage und die Deckung des Strombedarfs basieren auf den folgenden Regeln:

- Der Strom der Photovoltaikmodule soll prioritär direkt vor Ort verbraucht werden.
- Entstehen zu einem Zeitpunkt Stromüberschüsse der PV-Anlage, werden diese in das Stromnetz der allgemeinen Versorgung eingespeist.
- Liefert die PV-Anlage weniger Strom als gerade benötigt wird, so handelt es sich bei der verbleibenden Strommenge um Reststrom, der auf einem anderen Weg bezogen werden muss.

Tabelle 2-7 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch

| Gebäudetyp | EFH | EFH+ELW | DHH | RH | MFH T1 |
|---|---|---|---|---|---|
| Dachtyp | Flachdach | Flachdach | Flachdach | Flachdach | Flachdach |
| Dachbelegung PV- Anlage | O/W | O/W | O/W | O/W | O/W |
| Leistung der PV- Anlage | 5,94 | 7,26 | 3,96 | 3,96 | 11,25 |

Tabelle 2-8 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch

| Gebäudetyp | MFH T2 | MFH T3 | S-RE | Kita | GEW T1 |
|---|---|---|---|---|---|
| Dachtyp | Flachdach | Flachdach | Flachdach | Flachdach | Flachdach |
| Dachbelegung PV- Anlage | O/W | O/W | O/W | O/W | O/W |
| Leistung der PV- Anlage | 15,00 | 22,50 | 72,34 | 23,35 | 12,08 |

Tabelle 2-9 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch

| Gebäudetyp | GEW T2 | GEW T3 | GEW T4 | GEW T5 | GEW T6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Dachtyp | Flachdach | Flachdach | Flachdach | Flachdach | Flachdach |
| Dachbelegung PV- Anlage | O/W | O/W | O/W | O/W | O/W |
| Leistung der PV- Anlage | 16,11 | 24,17 | 12,08 | 32,22 | 24,17 |

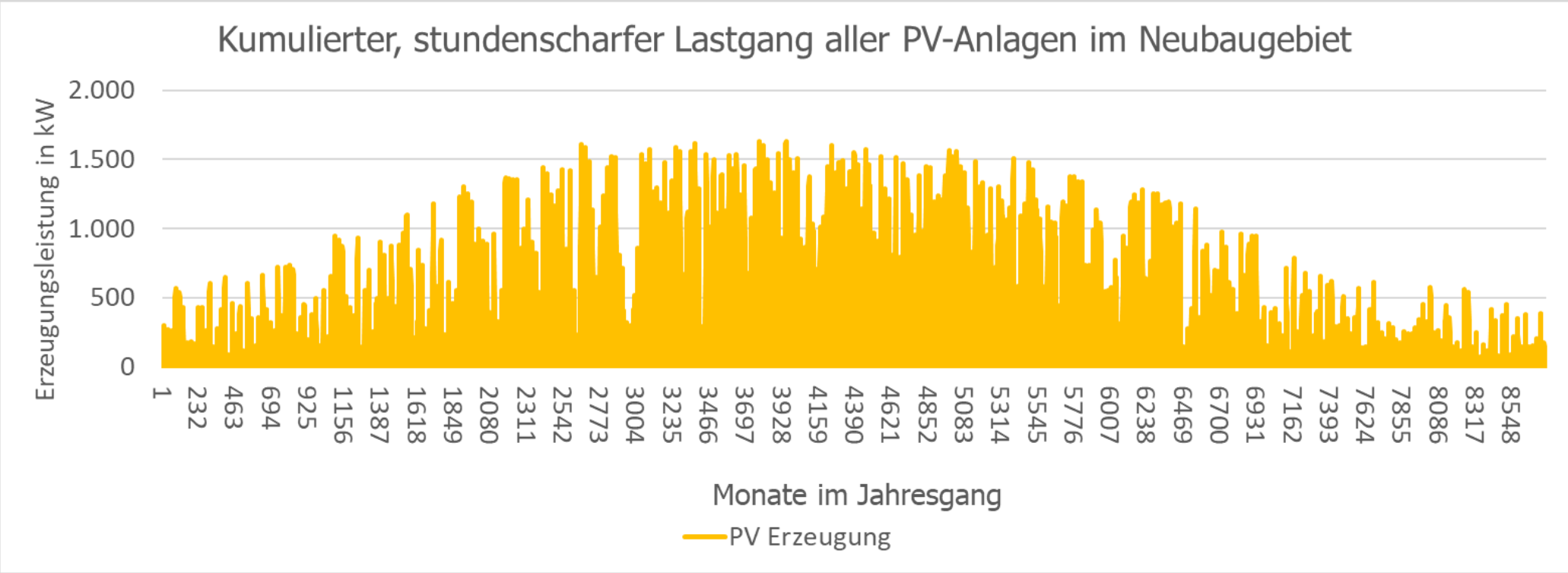



**Abbildung 2-4 Erzeugung der lokalen PV-Anlagen des Neubaugebiets**

Als Resultat der in den **Tabellen 2-7** bis **2-9** aufgeführten Anlagendaten zeigt die **Abbildung 2-4** einen kumulierten Lastgang aller im Neubaugebiet zu installierenden PV-Anlagen im Jahresgang. Dieser Darstellung liegen die Simulationsdaten der einzelnen Anlagentypen mit 8760 stundenscharfen Werten zu Grunde, die in der Folge in Abhängigkeit der Häufigkeit des einzelnen Gebäudetyps gewichtet und anschließend addiert wurden. Diese Erzeugungsdaten bilden nun den Ausgangspunkt der Untersuchung.

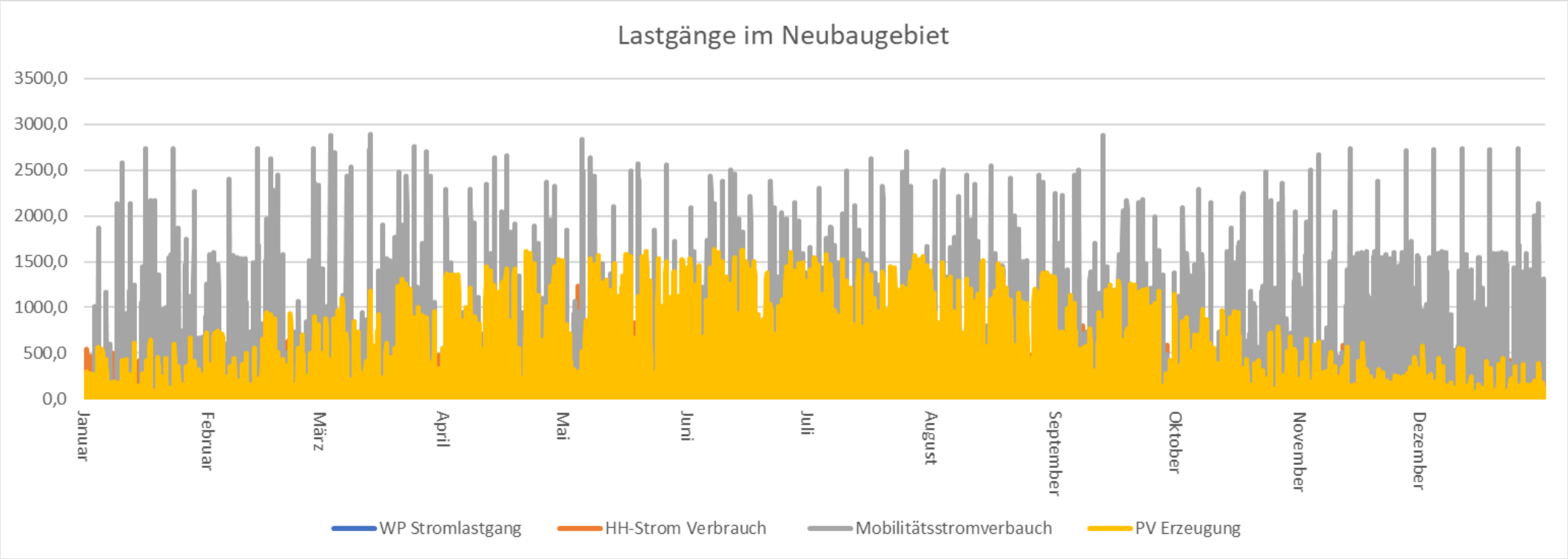



**Abbildung 5: Kumulierte Lastgänge**

**Abbildung 2-6** zeigt die Daten in einer komprimierten Form auf Monatsbasis. Obwohl in den Monaten April, Juni, Juli und August bilanziell mehr Strom durch die PV-Anlagen bereitgestellt wird, als zur Deckung der Bedarfe benötigt wird, besteht trotzdem ein Reststrombedarf, der auf einem anderen Wege gedeckt werden muss. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Strom der PV-Anlagen nicht lastsynchron bereitgestellt werden kann: Es gibt einzelne Stunden auch im Sommer, in denen die PV-Anlage den Strombedarf nicht decken kann.

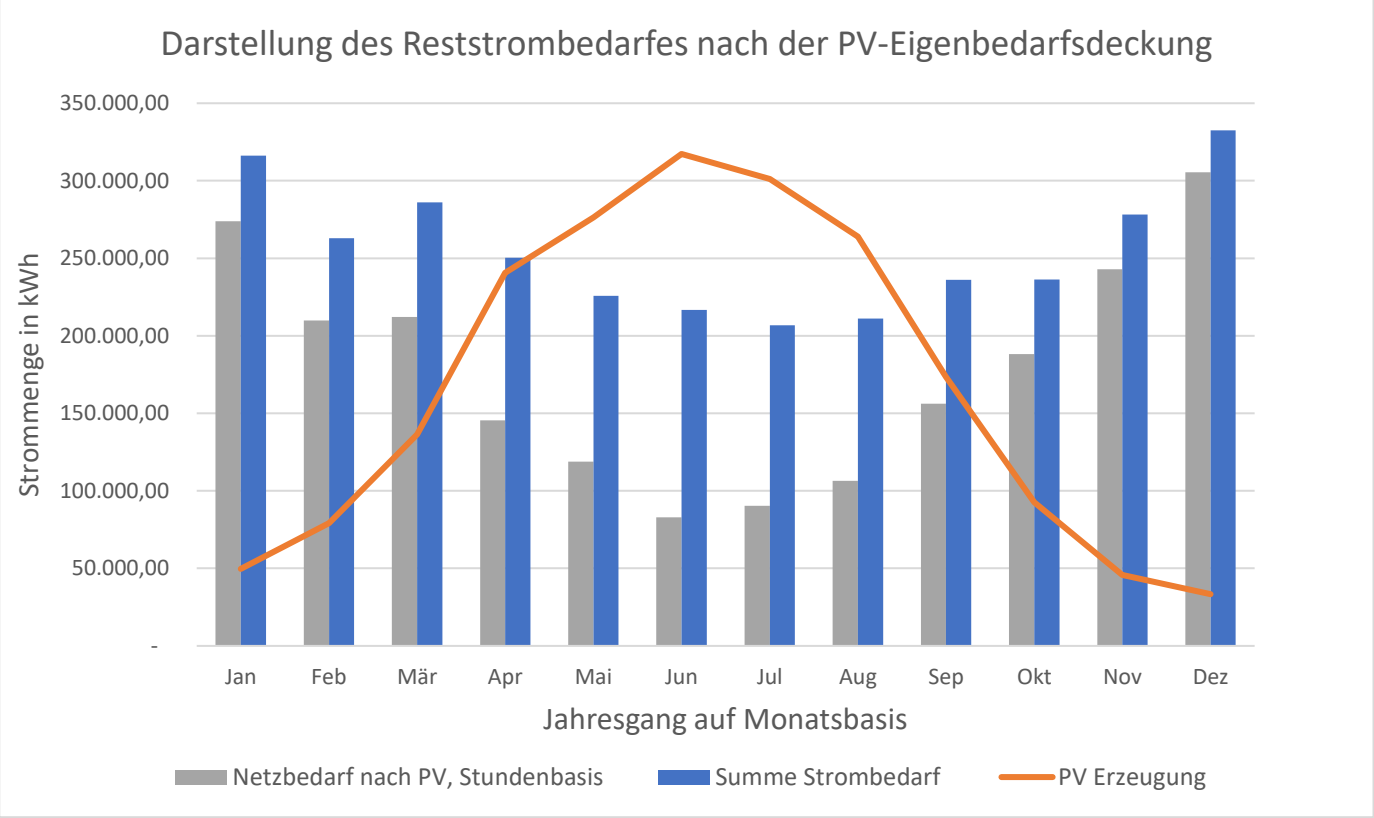



**Abbildung 2-6 Darstellung von PV-Strom-Erzeugung, der Strombedarfs-Summe und dem Reststrombedarf nach PV-Eigennutzung auf Monatsbasis für das gesamte Neubaugebiet**

Im Folgenden soll nun untersucht werden, wie der Reststrombedarf gedeckt werden könnte.

### 2.3.2 Netzbezug Ökostrom

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass jeder Hausbesitzer einen eigenen Grünstrom-Vertrag mit seinem frei gewählten Energieversorgungsunternehmen abschließt. In diesem Fall erfolgt ein bilanzieller Bezug von Strom aus Erneuerbaren Energien. Die Herkunft des Stroms kann über die jeweiligen Nachweise nachvollzogen werden. Diese Möglichkeit der Reststromdeckung bringt die geringste Komplexität mit sich. Eine direkte Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien in der Region geht mit dieser Versorgungsoption nur in seltenen Fällen mit ein. Die Gemeinde kann keinen Einfluss auf die Wahl des Stromtarifs der Bauenden ausüben. Es besteht nur die Möglichkeit in diesem Sinne sensibilisierend zu wirken.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### 2.3.3 PV-Eigenstromversorgung mit Stromspeicher

Wie bereits im Vorangegangenen thematisiert, ist es im Normalfall bei der Versorgung privater Haushalte mit PV-Strom vom eigenen Dach nicht möglich, den insgesamt erzeugten Strom vollständig selbst zu verbrauchen und keinen Strom in das Netz der allgemeinen Versorgung einzuspeisen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass Verbrauch und Erzeugung nicht synchron zur selben Zeit anfallen. Der Eigenverbrauchsanteil (Anteil des selbst verbrauchten Solarstroms, der nicht in das Stromnetz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird) kann aber durch die Anwohner gezielt erhöht werden, wenn große Verbraucher dann genutzt werden, wenn das größte Sonnenangebot vorliegt. Trotz optimiertem Verbrauchsverhalten sind die Auswirkungen dieser „händischen" Erhöhung des Eigenverbrauchs aber begrenzt.

Wird die PV-Anlage um ein Speichersystem erweitert, kann mehr Strom selbst verbraucht werden. Auf diesem Weg können deutlich höhere Autarkiegrade erreicht werden. Der Autarkiegrad quantifiziert den Anteil des Strombedarfs, der durch die PV-Anlage gedeckt werden kann. Liegt der Autarkiegrad bei 100 %, so wird kein Strom mehr aus dem Stromnetz der allgemeinen Versorgung bezogen. Dieser Zuwachs an Unabhängigkeit von der allgemeinen Stromversorgung kann als Argument für die Erweiterung einer PV-Anlage um ein Speichersystem gewertet werden. Darüber hinaus kann auf diesem Weg das Stromnetz der allgemeinen Versorgung entlastet werden. So speist die PV-Anlage bei dem Vorliegen eines Speichersystems weniger oder keinen Überschussstrom mehr ein. Wird wiederum Strom benötigt, kann dieser aus dem Speicher bezogen werden (Quaschning, 2021).

Den technischen Aufbau einer netzgekoppelten PV-Anlage mit einem Batteriespeicher zur Erhöhung des Eigenverbrauchsanteils stellt die folgende **Abbildung 2-7** schematisch dar (Quaschning, 2021):

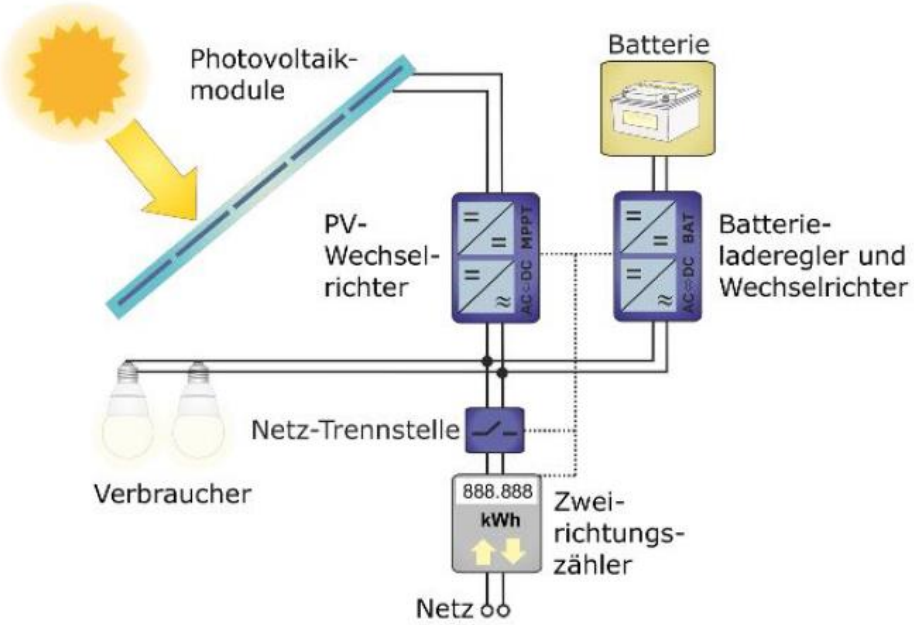



**Abbildung 2-7 Netzgekoppelte PV-Anlage mit Batteriespeicher**

Für die zweite Vergleichsvariante, in der die Ein- und Zweifamilienhäuser mit PV-Anlagen mit Batteriespeicher ausgerüstet werden sollten, wurde nun das Vorgehen bei der Berechnung der stundenscharfen Lastgänge angepasst. Von der Basisvariante (Ausrüstung aller Gebäude mit PV-Anlagen und Eigenverbrauch) wurden sowohl die Verbrauchsdaten als auch die Erzeugungsdaten der PV-Anlagen in die Berechnungen integriert. Die angepassten Berechnungen wurden nach der folgenden Betriebsführung der PV-Anlage mit Batteriespeicher vorgenommen (stundenscharf):

- Der Strom der Photovoltaikmodule soll prioritär direkt vor Ort verbraucht werden.
- Entstehen zu einem Zeitpunkt Stromüberschüsse der PV-Anlage, wird mit diesen das Speichersystem geladen.
- Ist die Batterie vollständig aufgeladen, wird der Stromüberschuss in das Netz eingespeist.
- Liefert die PV-Anlage weniger Strom als gerade benötigt wird, springt die Batterie ein.
- Liefert die PV-Anlage weiterhin weniger Strom als gerade benötigt wird und ist die Batterie vollständig entleert, so wird der Reststrombedarf aus dem Stromnetz der allgemeinen Versorgung gedeckt.

Die folgende **Abbildung 2-8** zeigt dieses Verhalten des Systems am Beispiel eines fiktiven Haushaltes schematisch auf (Quaschning, 2021):

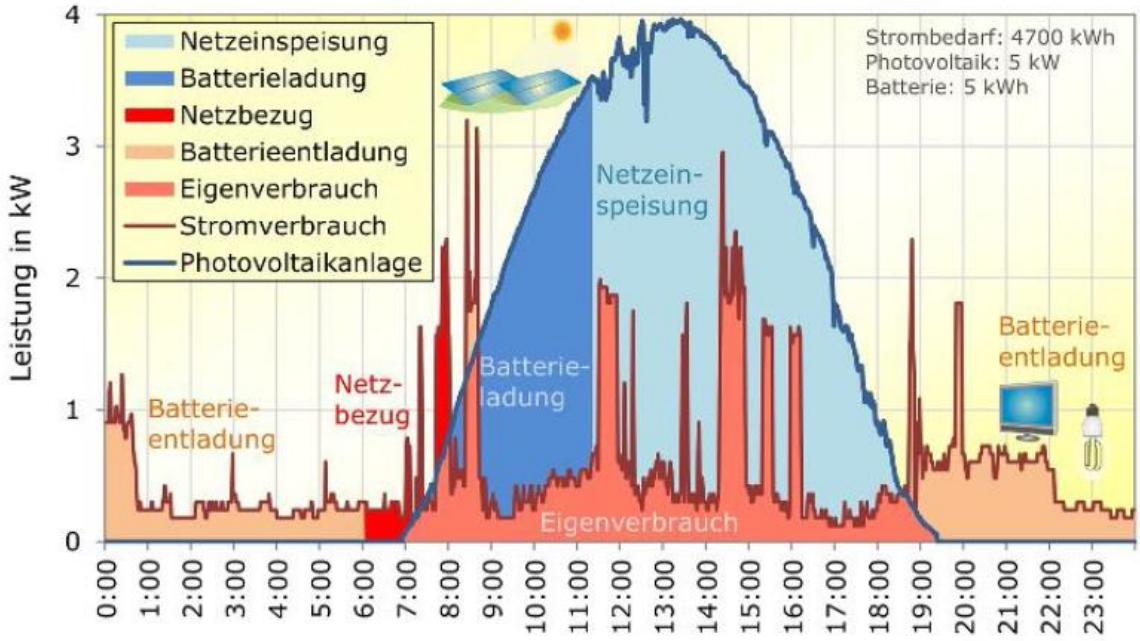



**Abbildung 2-8 Leistungsflüsse eines netzgekoppelten photovoltaischen Batteriesystems in einem fiktiven Haushalt ohne Einbindung der Elektromobilität**

Gegenüber der Vergleichsvariante einer PV-Eigenstromversorgung ohne Speicher zeigen die Ergebnisse der Berechnungen, dass der Eigenverbrauch des dezentral erzeugten Stroms durch den Einsatz von Speichersystemen in den Ein- und Zweifamilienhäusern signifikant erhöht werden kann. Allerdings ist die Festsetzung der Verwendung eines Batterie-Speichers bisher keine Praxis z.B. in Bebauungsplänen.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### 2.3.4 Gemeinschaftsmodell

Soll der Grad der Eigenversorgung erhöht werden, so setzt der herkömmliche Ansatz bei dem einzelnen zu versorgenden Letztverbraucher an und installiert auf dieser Ebene einen Stromspeicher. Das Denken auf der Ebene des Quartiers kann jedoch Vorteile mit sich bringen. Wawer et al. definieren den „Stromspeicher im Quartier" folgendermaßen **(Wawer, Griese, Halstrup, & Ortmann)**:

> Ein Quartierspeicher ist ein Batteriespeicher, der in einer räumlichen Ausdehnung von mindestens zwei zusammenhängenden bebauten Grundstücken und maximal einem Stadtteil durch eine abgrenzbare Personengruppe gemeinsam genutzt wird. Die Speichernutzung erfolgt mit oder ohne Nutzung des öffentlichen Netzes.

Im Vergleich zum Einzelspeicher können hierbei Skalenerträge bei dem Tätigen der Investition realisiert werden. Hinzukommend sinken die spezifischen Kosten der peripheren Regelung pro kWh. Außerdem bewirkt die Kombination unterschiedlicher Verbrauchsprofile eine verringerte Speicherkapazität gegenüber einzeln installierten Speichern. Gleichzeitig erhöht sich der Nutzungsgrad des Speichers durch das Einbinden einer höheren Zahl an Verbrauchern **(Wawer, Griese, Halstrup, & Ortmann)**. Darüber hinaus kann sich die Kombination unterschiedlicher Verbrauchsprofile und das zeitversetzte Einspeichern bzw. Verbrauchen bei der Nutzung eines Quartiersspeichers positiv auf die Eigenverbrauchsquote auswirken. So konnte im Projekt „ESQUIRE" der Anteil des selbst verbrauchten Stroms auf diese Weise gegenüber einzelnen Heimspeichern um bis zu 4 % gesteigert werden (Gährs, 2020).

Darüber hinaus kann die gerade aufgeführte Liste von Vorteilen des Quartiersspeichers gegenüber Einzelspeichersystemen perspektivisch um einen zentralen Aspekt ergänzt werden: Je größer die Einheit der Leistung bzw. des Energieinhalts des Speichers ist, die der Betreiber anbieten kann, desto einfacher können neue Anwendungsfelder für das System erschlossen werden. Als Resultat wurde aus diesem Gedanken ein sogenannter Multi-Use-Ansatz erarbeitet, der die Einbindung eines Gemeinschaftsspeichers in das deutsche Energiesystem berücksichtigt **(Schnabel, 2020)**. Perspektivisch können die folgenden Komponenten im Zusammenhang mit einem Gemeinschaftsspeicher zum Einsatz kommen:

- Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge:
  Da elektrifizierte Fahrzeuge des motorisierten Individualverkehrs bei Ladevorgängen mit verhältnismäßig hohen Leistungen arbeiten und größere Speichersysteme in der Lage sind, diese zur Verfügung zu stellen, können Investitionen für sonst notwendige Netzerweiterungen bei einer Einbindung minimiert werden (Gährs, 2020).
- Lastspitzenkappung:
  Perspektivisch können die nun folgenden Dienstleistungen im Rahmen eines Quartierskonzeptes mit Speicher erbracht werden. So ist es zumindest nicht auszuschließen, dass, ähnlich den Industriekunden heute, zukünftig auch Haushaltskunden ein Leistungspreis berechnet wird. In einem solchen Szenario ist es denkbar, dass der Quartiersspeicher eingesetzt werden kann, um teure Lastspitzen zu vermeiden (Schnabel, 2020).

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

- Intraday-Handel:
  Ist Überschussstrom in größeren Mengen vorhanden, kann dieser im Intraday-Handel flexibel gehandelt werden. Begrenzend wirkt das Minimum des Handelsvolumens. Da über den angebotenen Zeitraum 100kW Leistung zur Verfügung stehen müssen, richtet sich diese Möglichkeit nur an sehr große Speicher (Schnabel, 2020).
- Agieren am Regelenergiemarkt:
  Kann der Betreiber eines Gemeinschaftsspeichers die Anforderungen an bereitzustellende Mindestvolumina erfüllen und besteht die Präqualifizierung des Netzbetreibers, so besteht die Möglichkeit, den Quartierspeicher auch im Bereich der Primärregelleistung einzubinden und auf diese Weise weitere Einnahmen zu erwirtschaften. Hierbei wirkt das Speichersystem schwankungsausgleichend und leistet somit einen Beitrag zur Stabilisierung des Stromnetzes (Gährs, Knoefel, & Cremer, 2018).

Von der Strom-Basisvariante (Ausrüstung aller Gebäude mit PV-Anlagen und Eigenverbrauch) wurden sowohl die Verbrauchsdaten als auch die Erzeugungsdaten der PV-Anlagen als Eingangswerte verwendet. Die Berechnungen wurden nach der folgenden Betriebsführung des Gemeinschaftsspeichers vorgenommen (stundenscharf):

- Der Strom der Photovoltaikmodule soll prioritär direkt vor Ort verbraucht werden.
- Entstehen zu einem Zeitpunkt Stromüberschüsse der PV-Anlage, werden diese dem Gemeinschaftsspeicher zugeführt.
- Liefert die PV-Anlage weniger Strom als gerade benötigt wird, wird Strom aus dem Speicher entnommen.
- Liefert die jeweilige PV-Anlage weiterhin weniger Strom als gerade benötigt wird und kann der Gemeinschaftsspeicher keinen Strom aufgrund des Ladestands mehr an die Verbraucher abgeben, so wird der Reststrombedarf aus dem Stromnetz der allgemeinen Versorgung gedeckt.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass der Eigenverbrauch des lokal erzeugten Stroms bei dem Einsatz eines zentralen Gemeinschaftsspeichers im Gegensatz zur Vergleichsvariante mit dezentralen Speichersystemen (Speicher in den Gebäuden) mit einer hohen Wahrscheinlichkeit leicht erhöht werden kann. Dies kann vor allem auf die Kombination unterschiedlicher Verbrauchsprofile zurückgeführt werden.

Jedoch zeigt sich, dass einer Umsetzung in die Praxis unterschiedliche regulatorische Hemmnisse entgegenstehen. So gestaltet sich vor allem der Prozess der Ausspeisung aus dem Speicher kompliziert. Da hierbei im Regelfall das Stromnetz der allgemeinen Versorgung genutzt werden muss, kann die Wirtschaftlichkeit eines solchen Systems durch Zahlung der Stromsteuer

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com



oder der Netzentgelte belastet werden, obwohl es sich bei dem im Gemeinschaftsspeicher zwischengespeicherten Strom um den in den dezentralen PV-Anlagen der Anwohner erzeugten Überschussstrom handelt.

Einen Lösungsansatz für diese Problematik könnte die Nutzung einer Kundenanlage darstellen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen dieser werden im Kapitel **Kundenanlage nach dem § 3 Nr. 24a EnWG** ausführlicher dargestellt. An dieser Stelle muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass mit dem Errichten und dem rechtssicheren Betrieb einer Kundenanlage umfangreiche regulatorische Anforderungen einhergehen.

Ein weiteres Hemmnis bei der Umsetzung in die Praxis kann darüber hinaus in der zum jetzigen Zeitpunkt nur geringen Anzahl marktverfügbarer Systeme gesehen werden.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 2.3.5 Freiflächen PV-Anlage

In der letzten Vergleichsvariante wurde untersucht, welche Auswirkungen auf die Versorgung zu erwarten sind, wenn die Gebäude des Neubaugebiets (ausgerüstet mit dezentralen PV-Anlagen auf den Dächern) um eine Freiflächen-PV-Anlage ergänzt werden. Bei dieser Anlage könnte es sich um PV-Module handeln, die sich auf der Krone eines Lärmschutzwalls oder auf einem benachbarten Grundstück befinden. Hier wurde angenommen, dass 400 m Länge zur Verfügung stehen und eine Fläche von ca. 800 qm PV-Anlage installiert werden können.

Als Eingangsdaten dienen, wie schon in den vorherigen Varianten die Verbrauchsdaten des Neubaugebiets als auch die Erzeugungsdaten der dezentralen PV-Anlagen der Basisvariante. Diese Daten wurden nun um einen weiteren Lastgang einer Freiflächen-PV-Anlage ergänzt.

Die Berechnungen wurden nach der folgenden Betriebsführung der Freiflächen-PV-Anlage durchgeführt (stundenscharf):

- Der Strom der dezentralen Photovoltaikmodule auf den Dächern soll prioritär direkt vor Ort verbraucht werden.
- Entstehen zu einem Zeitpunkt Stromüberschüsse der PV-Anlage, werden diese in das Stromnetz der allgemeinen Versorgung eingespeist.
- Liefert die PV-Anlage weniger Strom als gerade benötigt wird, wird prioritär Strom der nahegelegenen Freiflächen-PV-Anlage bezogen.
- Liefern sowohl die dezentralen PV-Anlagen des Neubaugebiets als auch die nahegelegenen Freiflächen-PV-Anlage weniger Strom als gerade benötigt wird, so wird der Reststrombedarf aus dem Stromnetz der allgemeinen Versorgung gedeckt.

Die Simulation des Lastgangs der Freiflächen-PV-Anlage zur Deckung des Reststrombedarfs zeigt, dass rund 640.000 kWh durch die PV-Anlage auf dem Lärmschutzwall erzeugt werden können. In den Monaten Mai-August zeigt die Simulation schon ein Überangebot im Gebiet aus PV-Strom von den Dächern. Zusätzlicher PV-Strom bringt also hier keine zusätzliche lastganggerechte Deckung. In den übrigen Monaten des Jahres könnte noch etwa 10 % des PV-Stroms von der Freiflächen-Anlage genutzt werden, also würden zusätzlich etwa 30.000 kWh/a genutzt werden können. In der Jahresbilanz (nicht stundenscharf) könnte man argumentieren, dass weitere 640.000 kWh Strom vor Ort erzeugt werden. Allerdings wird nur ein geringer Anteil zeitgleich vor Ort genutzt werden können.

Wie zu erwarten, zeigt der Erzeugungs-Lastgang der Freiflächen-PV-Anlage einen ähnlichen Verlauf, wie die Lastgänge der PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude des Neubaugebiets. In dieser Eigenschaft ist ein Nachteil der Kopplung des Neubaugebiets mit einer Freiflächen-PV-Anlage (bzw. hier: auf dem Lärmschutzwall) zu sehen. Würde ein anderer Anlagentyp aus einer ähnlichen Leistungsklasse, der ebenfalls Strom aus erneuerbaren Energien gewinnt, mit den dezentralen PV-Anlagen auf den Dächern des Neubaugebiets kombiniert (z.B. Windkraftanlage), so besteht die Möglichkeit, dass sich die Lastgänge des Reststrombedarfs des Neubaugebiets mit dem der Erzeugung der ergänzenden EE-Erzeugungsanlage günstiger überschneiden und auf diesem Wege höhere Strommengen zusammenkommen, die dann nicht mehr über das Stromnetz der allgemeinen Versorgung gedeckt werden müssen.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Darüber hinaus besteht in dieser Versorgungsvariante hinsichtlich der Belieferung eine ähnliche Problematik im Bereich der Regulatorik, wie in der vorangegangenen Versorgungsvariante (**2.3.4 Gemeinschaftsmodell**). In der Folge ergeben sich umfangreiche Fragestellungen des Energiewirtschaftsrechts (z.B. Geschäftsmodell der Anlage → Wie erfolgt die Belieferung?), die im Rahmen dieser Studie nicht erörtert werden können und stark von den Gegebenheiten des Einzelfalls und den verfügbaren Akteuren abhängig sind.

### 2.3.6 Spezialfälle

Nach dem § 3 Nr. 19 EEG 2021 ist die Eigenversorgung mit Strom wie folgt definiert:

> „Eigenversorgung" der Verbrauch von Strom, den eine natürliche oder juristische Person im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage selbst verbraucht, wenn der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird und diese Person die Stromerzeugungsanlage selbst betreibt

Von dieser Definition werden unterschiedliche Konstellationen, die im vorliegenden Neubaugebiet auftreten können, nicht erfasst. So besteht die Möglichkeit, dass PV-Module einer Freiflächenanlage zur Versorgung des Neubaugebiets genutzt werden sollen oder ein institutioneller Vermieter die Miethäuser errichtet, die Wohnungen vermietet und der Strom der PV-Anlagen zur Versorgung der Anwohner genutzt werden soll. Mit Hilfe des Konstrukts der Kundenanlage können solche, aber auch andere Versorgungskonzepte umgesetzt werden. Die Kundenanlage verbindet die zu versorgenden Letztverbraucher mit der Stromerzeugungsanlage. Darauffolgenden soll außerdem der Mieterstrom untersucht werden, der sich speziell an die Versorgung in Mietfällen mit PV-Strom vom Dach des Mietshauses richtet (als Alternative zur reinen Direkteinspeisung). Als Stromerzeugungsanlagen können hier ausschließlich Photovoltaik-Anlagen zum Einsatz kommen. Werden diese genutzt, kann die wirtschaftliche Attraktivität des Angebots für den Anbieter, aber auch für die Kunden durch die Nutzung des Mieterstromzuschlags gesteigert werden.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

#### 2.3.6.1 Kundenanlage nach dem § 3 Nr. 24a EnWG

Die Kundenanlage ist eine Anlage zur Abgabe von Energie (Deutscher Bundestag, 2011). Sie muss klar von den „Energieversorgungsnetzen der allgemeinen Versorgung" (§ 3 Nr. 17 EnWG) und den „geschlossenen Verteilernetzen" (§ 110 EnWG) abgegrenzt werden. Im Gegensatz zu den beiden Letztgenannten genießt die Kundenanlage verschiedene Privilegien, die ihre Ausprägung in einer weniger starken Regulierung finden. Im Gegenzug muss eine Kundenanlage unterschiedliche Anforderungen erfüllen. Diese können dem § 3 Nr. 24a des Energiewirtschaftsgesetztes entnommen werden:

> Nr. 24a Kundenanlagen
>
> Energieanlagen zur Abgabe von Energie,
>
> a) die sich auf einem räumlich zusammengehörenden Gebiet befinden,
>
> b) mit einem Energieversorgungsnetz oder mit einer Erzeugungsanlage verbunden sind,
>
> c) für die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs bei der Versorgung mit Elektrizität und Gas unbedeutend sind und
>
> d) jedermann zum Zwecke der Belieferung der angeschlossenen Letztverbraucher im Wege der Durchleitung unabhängig von der Wahl des Energielieferanten diskriminierungsfrei und unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden.

In der jüngeren Vergangenheit kam es bei Umsetzungen in die Praxis immer wieder zu Unstimmigkeiten bei der Quantifizierung dieser Anforderungen, sodass zum heutigen Tag verschiedene gerichtliche Entscheidungen vorliegen, die die Größenordnung, in der sich eine Kundenanlage bewegen kann, relativ klar umreißen.

**Das räumlich zusammenhängende Gebiet**

Bei der Prüfung des Vorliegens einer Kundenanlage nimmt das Kriterium eines räumlich zusammenhängenden Gebiets die Bedeutung eines Grobfilters ein (Brahms, 2020). Zentral ist für den Bundesgerichtshof die Frage, ob die logische Einheit des Gebiets im zu prüfenden Einzelfall unterbrochen wird. Für eine Kundenanlage, die der Versorgung eines Quartiers in der Praxis dienen soll, bedeutet dies, dass das Vorliegen von Grundstücken im untersuchten Gebiet, die eigene Anlagen zur Versorgung nutzen, dem Vorliegen einer Kundenanlage hinderlich sind. Die logische Einheit würde unterbrochen werden. Ebenfalls steht es der Argumentation für eine Kundenanlage entgegen, wenn die versorgten Grundstücke verstreut über ein Gebiet angeordnet sind. In einem solchen Fall wäre die logische Einheit nicht erkennbar (BGH Beschl.v.12.11.2019– EnVR 66/18, BeckRS 2019, 35718, Rn. 22).

Eine Unterbrechung ist allerdings nicht per se als Argument gegen das Vorliegen einer solchen Anlage zu werten. Unschädlich ist es, wenn eine Straße das Gebiet durchquert, öffentliche Räume, wie Spielplätze innerhalb des zu versorgenden Quartiers liegen oder unterschiedliche baurechtliche Nutzungsgruppen zu finden sind (Brahms, 2020).

Greifbarer macht diese doch recht abstrakte Darstellung des Begriffs ein Fall, der durch den Bundesgerichtshof verhandelt wurde. Hierbei sollten 20 Reihenhäusern Wärme und Strom mittels Blockheizkraftwerken bereitgestellt werden. Die Wohnanlage wurde durch eine Straße unterbrochen, die der Erschließung diente. In der Folge verweigerte die Netzbetreiberin den Anschluss mit der Begründung, dass hier eine Unterbrechung vorliege. Das Gericht teilte diese Einschätzung unter der Berücksichtigung des Zwecks der Straße nicht (BGH Beschl. v. 12.11.2019 – EnVR 66/18, BeckRS 2019, 35718, Rn. 2,3, 23).

**Die mangelnde Bedeutung für den Wettbewerb**

Dieses Merkmal ist insbesondere im Kontext zum Zweck und den Zielen des Energiewirtschaftsgesetztes zu sehen (§ 1 EnWG). Da die Kundenanlage eine privilegierte Stellung bezüglich ihrer Regulierung genießt, darf sie weder in „technischer", „wirtschaftlicher" noch in „versorgungsrechtlicher" Hinsicht den Wettbewerb beeinflussen (BGH, Beschl. v. 12.11.2019 EnVR 65/18, Rn. 31). Aus diesem Grund begrenzt der Gesetzgeber die Kundenanlage mit dieser Anforderung in unterschiedlicher Hinsicht. Von Relevanz kann dieser Aspekt insbesondere werden, wenn es um die Versorgung größerer Quartiere geht (wie im vorliegenden Fall).

Entsprechende Kriterien zur Prüfung gibt der Gesetzgeber in der Begründung des Gesetzes vor (Deutscher Bundestag, 2011):

- Anzahl der angeschlossenen Letztverbraucher:

  Vor allem in Fällen, in denen ganze Quartiere versorgt werden sollen und diese von einer größeren Dimension sind, kann in diesem Kriterium ein limitierender Faktor gesehen werden. Der zu prüfende Richtwert von „weniger als mehreren Hundert Letztverbrauchern" wurde jüngst noch einmal näher quantifiziert, sodass die Literatur eine Untergrenze in einem Bereich von 300 angeschlossenen Letztverbrauchern vermutet (Brahms, 2020). **Im vorliegenden Fall wurde eine Abschätzung der Anzahl der Neubürger auf Basis von statistischen Werten vorgenommen. Mit ca. 688 zukünftigen Bewohnern übersteigt das Neubaugebiet den im Vorangegangenen aufgeführten Schwellenwert deutlich. In der Folge ist der Einsatz einer Kundenanlage im Kontext mit dem gesamten Neubaugebiet als unwahrscheinlich zu bewerten.**

- Geographische Ausdehnung:

  Die geographische Ausdehnung des versorgten Quartiers sollte 10.000 $m^2$ nicht übersteigen (BGH, Beschl. v. 12.11.2019 EnVR 65/18, Rn. 32). **Im vorliegenden Fall umfasst das gesamte Neubaugebiet ca. 106.620 $m^2$. Erneut überschreitet das Neubaugebiet den Schwellenwert deutlich.**

- Menge an durchgeleiteter Energie:

  Darüber hinaus sollte durch eine Kundenanlage in einem Quartier nicht mehr als 1.000 MWh Strom zu den Letztverbrauchern geleitet werden. Dieser Schwellenwert zielt auf die gesamte durchgeleitete Strommenge ab. Wird die Kundenanlage in Kombination

mit Mieterstrom aus PV-Anlagen betrieben, muss in dieser Betrachtung auch die zusätzlich aus dem „Stromversorgungsnetz der öffentlichen Versorgung" bezogene Strommenge berücksichtigt werden (Reststrom) (Brahms, 2020).

**Vor dem Hintergrund der im Vorangegangenen berechneten Strommengen zur Versorgung des gesamten Neubaugebiets (Kapitel:**

| Gebäudetyp<br><br>Var: 1,4 E-Autos/Haushalt | Dachform | Gebäudeanzahl | Mobilitätsstromverbrauch pro Jahr<br><br>$kWh_{el}/a$ |
|---|---|---|---|
| EFH | Flachdach | 130 | 555.534 |
| EFH + ELW | Flachdach | 7 | 59.827 |
| DHH | Flachdach | 40 | 170.934 |
| RH | Flachdach | 12 | 51.280 |
| MFH T1 | Flachdach | 4 | 102.560 |
| MFH T2 | Flachdach | 6 | 175.817 |
| MFH T3 | Flachdach | 1 | 38.460 |
| Seniorenresidenz | Flachdach | 1 | - |
| Kita | Flachdach | 1 | - |
| GEW T1 | Flachdach | 1 | 9.435 |
| GEW T2 | Flachdach | 1 | 17.093 |
| GEW T3 | Flachdach | 1 | 25.640 |
| GEW T4 | Flachdach | 1 | 12.820 |
| GEW T5 | Flachdach | 1 | 34.187 |
| GEW T6 | Flachdach | 1 | 25.640 |
| **Summe Mob.strom Neubaugebiet:** | | 208 | **1.279.228** |

Bilanzielle oder lastganggerechte Stromversorgung?**), wird auch an dieser Stelle noch einmal deutlich, dass das Neubaugebiet als Ganzes keine geeignete Größe zur Nutzung einer Kundenanlage hat.**

### Das diskriminierungsfreie und unentgeltliche Zurverfügungstellen

Ähnlich dem Prüfkriterium einer mangelnden Bedeutung für den Wettbewerb soll auch diese Anforderung der Absicherung eines liberalen Marktes dienen – trotz der Existenz natürlicher Monopole in Form der Stromnetze. Der Bundesgerichtshof sieht hierin eine zentrale Bedeutung (BGH Beschl. v. 12.11.2019 – EnVR 66/18, BeckRS 2019, 35718, Rn. 19).

So muss der Strom nach dem § 3 Nr.24a d) diskriminierungsfrei durch die Kundenanlage hindurchgeleitet werden. Angeschlossene Letztverbraucher haben hierbei die freie Wahl bezüglich ihres zu wählenden Stromlieferanten. Wählt nun ein Letztverbraucher einen dritten, externen

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Lieferanten, so muss der Betreiber der Kundenanlage dem Stromlieferanten das Durchleiten der Energie unentgeltlich gestatten.

Außerdem muss die Kundenanlage den Letztverbrauchern unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Zahlungen, die im Rahmen des reinen Zurverfügungstellens z.B. durch Miet- oder Pachtvertrag entstehen, sind erlaubt. Nutzungsabhängige Entgelte, z.B. nach der Menge des durchgeleiteten Stroms, sind hingegen verboten (Deutscher Bundestag, 2011).

#### 2.3.6.2 Mieterstrom

Um der Verbrauchergruppe der Mieter die Möglichkeit zu geben, an der Stromwende zu partizipieren, hat der Gesetzgeber die Regelungen des Mieterstroms geschaffen. Diese ermöglichen ein Verbrauchskonzept, das auch abseits des Eigenverbrauchs und der Direkteinspeisung funktioniert (§ 21 Abs. 3 EEG 2021):

> Der Anspruch auf die Zahlung des Mieterstromzuschlags nach § 19 Absatz 1 Nummer 3 besteht für Strom aus Solaranlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt bis zu 100 Kilowatt, die auf, an oder in einem Wohngebäude installiert sind, soweit er von dem Anlagenbetreiber oder einem Dritten an einen Letztverbraucher geliefert und verbraucht worden ist
>
> **1.** innerhalb dieses Gebäudes oder in Wohngebäuden oder Nebenanlagen in demselben Quartier, in dem auch dieses Gebäude liegt, und
>
> **2.** ohne Durchleitung durch ein Netz.
>
> § 3 Nummer 50 ist mit der Maßgabe anzuwenden, dass mindestens 40 Prozent der Fläche des Gebäudes dem Wohnen dient. Im Fall der Nutzung eines Speichers besteht der Anspruch nach § 19 Absatz 1 Nummer 3 nicht für Strom, der in den Speicher eingespeist wird. Die Strommenge nach Satz 1 muss so genau ermittelt werden, wie es die Messtechnik zulässt, die nach dem Messstellenbetriebsgesetz zu verwenden ist.

Im Gegensatz zur Kundenanlage, die bezüglich der Art der jeweiligen Stromerzeugungsanlage im Quartier keinerlei Beschränkungen kennt, muss im Falle des Mieterstromzuschlags eine PV-Anlage genutzt werden. So könnten die Mehrfamilienhäuser mit PV-Anlagen für die Inanspruchnahme einer Mieterstromregelung in Frage kommen. Dies erfordert allerdings ein Bekenntnis des Vermieters/Eigentümers zur Mieterstromregelung. Gegen den Willen des Vermieters/Eigentümers ist eine Umsetzung nicht möglich. Auch der Bezug von Mieterstrom durch den Mieter erfolgt stets auf einer freiwilligen Basis. Jedoch besteht die Möglichkeit, dass die Gemeinde in diesem Bereich sensibilisierend wirkt.

Der zu fördernde Strom darf hierbei nur aus einer Anlage mit einer maximalen Leistung von 100 kW stammen. Der Gesetzgeber begründet dies damit, dass es unwahrscheinlich ist, dass PV-Anlagen, die in Verbindung mit einem Wohngebäude stehen, diesen Schwellenwert überschreiten (Deutscher Bundestag, 2017)

Außerdem muss sich die PV-Anlage „auf, an oder in einem Wohngebäude" befinden. Förderfähig sind folglich ausschließlich Anlagen, die sich entweder auf dem Dach eines Gebäudes befinden, an oder in die Fassade integriert sind. Deutlich wird hierbei, dass bei der Versorgung eines Mehrfamilienhauses nach den Anforderungen des Mieterstroms keine Anlage genutzt werden kann, die beispielsweise als Überdachung von Parkplätzen dient oder als Freiflächenanlage auf öffentlichen Flächen zu finden ist.

Darüber hinaus muss es sich bei dem versorgten Gebäude um ein Wohngebäude handeln. Diese Eigenschaft quantifiziert der Gesetzgeber noch einmal. So dürfen im Fall des Wohngebäudes maximal 60 % der Fläche des Gebäudes gewerblich genutzt werden.

Weiterhin muss der Strom vom Anlagenbetreiber oder einem Dritten an einen Letztverbraucher geliefert werden. Der Anlagenbetreiber selbst darf auch gleichzeitig der Betreiber der Kundenanlange sein (Deutscher Bundestag, 2017).

Bisher durfte nach dem EEG geförderter Mieterstrom nur innerhalb des Gebäudes, auf dessen Dach er „erzeugt" wurde, verbraucht werden. Diese Regelung hat der Gesetzgeber nun aufgeweicht und den Verbrauchsraum um das Quartier erweitert. Nun darf der Mieterstrom auch „in Wohngebäuden oder Nebenanlagen in dem selben Quartier, in dem auch" das Gebäude mit der PV-Anlage liegt, verbraucht werden (§ 21 Abs. 3 Nr. 1 EEG).

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

## 2.4 Wirtschaftlichkeit

Eine monetäre Bewertung der Versorgungsvarianten erfolgt mit Hilfe der Annuitäten-Methode. Alle Kosten werden annuitätisch auf Jahreskosten umgerechnet und als Summe für das gesamte Neubaugebiet aufgestellt. In allen Varianten wird davon ausgegangen, dass konventioneller Netzstrom genutzt wird.

Verwendete Kosten:

- Mittlerer Arbeitspreis konventioneller Netzstrom:
  38,27 €-Cent/kWh (brutto)
- Basisvariante: spez. Stromgestehungskosten der dezentralen PV-Anlagen:

  12,24 €-Cent/kWh (brutto)
- Variante 1: spez. Stromgestehungskosten der dezentralen PV-Anlagen mit dezentralem Speicher:

  19,31 €-Cent/kWh (brutto)
- Variante 2: spez. Stromgestehungskosten der dezentralen PV-Anlagen mit zentralem Speicher:

  19,39 €-Cent/kWh (brutto)
- Variante 3: spez. Stromgestehungskosten zentrale PV-Freiflächenanlage:
  8,41 €-Cent/kWh (brutto)

Mit der Installation von PV-Anlagen auf den Dächern der Gebäude des Neubaugebiets ist es möglich, die laufenden Stromkosten auf Jahresbasis gegenüber dem reinen Netzstrombezug deutlich zu senken. So zeigen die abgeschätzten spezifischen Stromgestehungskosten der dezentralen PV-Anlagen einen deutlichen monetären Vorteil gegenüber dem mittleren Arbeitspreis des konventionellen Netzstroms. Darüber hinaus kann durch das Einspeisen des Überschussstroms an der Stromwende partizipiert werden. Diese wirtschaftlichen Rahmenbedingungen können als Hinweis auf eine mögliche Verhältnismäßigkeit einer PV-Anlagen-Pflicht auf Basis des § 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB gedeutet werden.

Gegenüber der Basisvariante können die Vergleichsvarianten 1 und 2 keine weiteren signifikanten Einsparungen erzielen. Dies ist vor allem auf den Umstand zurückzuführen, dass die Speichersysteme weitere Investitionen erfordern. Zwar kann auf diesem Weg der Eigenverbrauch erhöht werden (vorteilhaft gegenüber dem Netzstrombezug), gleichzeitig steigen aber auch die spez. Stromgestehungskosten des selbst erzeugten und gespeicherten Stroms (Nachteil gegenüber der Basisvariante). Darüber hinaus ist die Kostenschätzung der Variante 2 aufgrund der geringen Marktverfügbarkeit geeigneter Systeme mit erheblichen Unsicherheiten belastet.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Betrachtung der Variante 3. Die geringer geschätzten spezifischen Stromgestehungskosten der Freiflächen-PV-Anlage gegenüber dem Arbeitspreis des Netzstroms führen auch hier zu einem monetären Benefit. Dieses Ergebnis muss allerdings auch vor dem Hintergrund der derzeit sehr volatilen Preisentwicklung der einzelnen Systemkomponenten gesehen werden. Preisschwankungen als Folge der Corona-Pandemie, des Kriegs in der Ukraine und der gestiegenen Inflation führen dazu, dass unterschiedliche Komponenten nur noch zu tagesaktuellen Preisen abzurufen sind. In der Folge ist die Wirtschaftlichkeit dieser Variante ebenfalls mit erheblichen Unsicherheiten belastet.

## 2.5 $CO_2$e-Emissionsbilanz

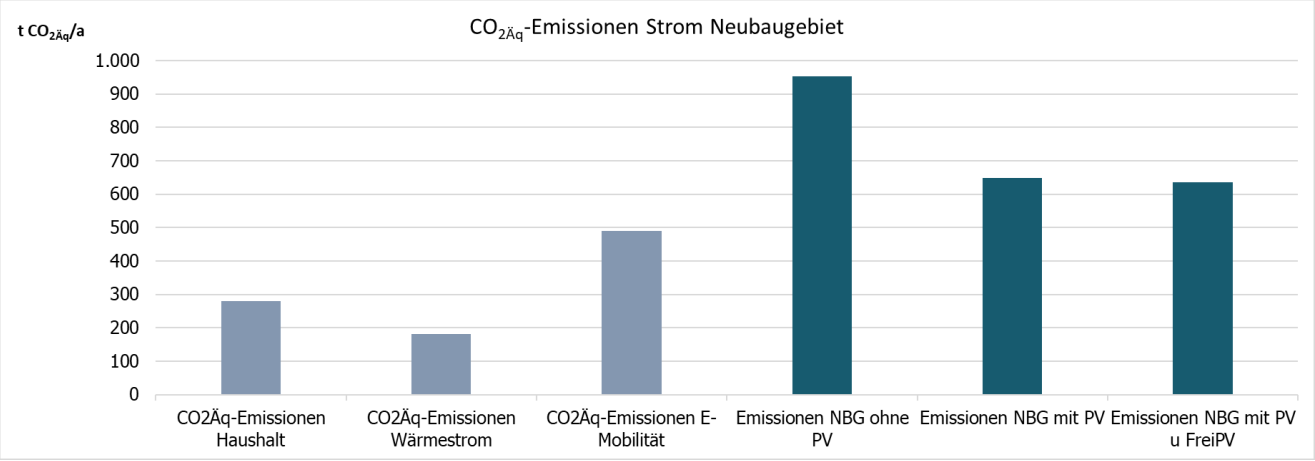
Eine ökologische Bewertung der Versorgungsvarianten erfolgt mit einer $CO_2$e-Emissionsbilanz. Dazu werden spezifische Emissionen herangezogen (GEMIS, 2019). Die Bilanz wird als Summe für das gesamte Neubaugebiet aufgestellt. In allen Varianten wird davon ausgegangen, dass konventioneller Netzstrom genutzt wird.

Für die Abschätzung der jährlichen Emissionen wurden die folgenden $CO_2$e-Kennwerte verwendet:

- Solarstrom (polykristallin): 20 g/kWh
- Konventioneller Netzstrom: 384 g/kWh

Die Simulationsdaten zeigen, dass der Eigenverbrauch von lokal selbsterzeugtem Strom dem Ziel eines emissionsarm gestalteten Neubaugebiets zuträglich ist. Eine weitere Verminderung der Emissionen kann über die Erhöhung der Eigenverbrauchsquote erreicht werden.

Erhebliche Emissionen entstehen durch den Bezug von konventionellem Netzstrom. Die Möglichkeiten der Gemeinde zur Reduktion dieser Emissionen sind jedoch stark begrenzt, da die Wahl des Stromtarifs in der Hand der jeweiligen Anwohner liegt. Es ist denkbar, dass die Gemeinde in diesem Bereich sensibilisierend wirkt.



PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com



## 2.6 Fazit

Die Simulationsdaten zeigen, dass mit der **Installation von PV-Anlagen auf den Dächern** der Gebäude des Neubaugebiets ein erheblicher Anteil des benötigten Stroms bereitgestellt werden kann (Eigenstromversorgung - Basisvariante). Außerdem besteht die Möglichkeit, auf diesem Wege die Jahreskosten und die Emissionen des Neubaugebiets zu senken. In der Folge erscheint eine tiefergehende rechtliche Prüfung einer Festsetzung nach dem **§ 9 Abs. 1 Nr. 23 b) BauGB** (Verhältnismäßigkeit) sinnvoll. Diese Fragestellung wurde an Herrn Prof. Dr. Roller übergeben. Nähere Ausführungen hierzu können der „rechtlichen Stellungnahme im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebiets Rheinhessenblick in Saulheim" im Anhang dieses Dokuments entnommen werden.

In den Fällen der Mehrfamilienhäuser mangelt es an den Voraussetzungen zur Eigenstromversorgung. Als Alternative wurde das **Mieterstrommodel** im Zusammenhang mit einer **Kundenanlage** geprüft. Hierbei wird die Versorgung der angeschlossenen Personen über Letztere sichergestellt (mit monetären Vorteilen im Bereich der Netzentgelte und Steuern). Sie wird mit einer Erzeugungsanlage gekoppelt, die den zu vertreibenden Strom erzeugt. Zum anderen muss dieser Strom speziellen Anforderungen entsprechen, um als Mieterstrom deklariert werden zu können und sich auf diese Weise für den Mieterstromzuschlag qualifizieren zu können (**Mieterstrom**).

Es zeigt sich, dass dieses Betriebsmodell den Betreiber (eventuell identisch mit dem Vermieter) vor regulatorische Anforderungen stellen kann, die für fachfremde Personen nur schwer zu überblicken sein können. Darüber hinaus wird ein geeignetes Messkonzept benötigt. Zwar kann sich die Anwendung eines Mieterstrommodells in Kombination mit einer Kundenanlage aufgrund lastsynchroner, erzeugungsnaher Verbräuche als netzdienlicher erweisen als eine reine Anlage zur Einspeisung des Stroms in das Energieversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung, jedoch kann die Gemeinde eine Umsetzung in diesem Fall ausschließlich auf einem sensibilisierenden Wege verfolgen.

Werden die dezentralen **PV-Anlagen** um ein **Speichersystem** ergänzt, kann die Eigenstromversorgung weiter erhöht werden. Der verbleibende Reststrombedarf, der über das Netz der allgemeinen Versorgung bezogen werden muss, sinkt in der Folge ab.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass das **System eines zentralen Gemeinschaftsspeichers** gegenüber den dezentralen Speichersystemen zu einer leichten Erhöhung des Eigenstromverbrauchs führen kann. Jedoch zeigen sich, wie auch schon im Fall der Mieterstromversorgung hohe regulatorische Hürden. Hemmend wirkt außerdem ein geringes Angebot marktverfügbarer Anbieter und Systeme.

Die **Kopplung einer PV-Freiflächenanlage** kann zu einer Erhöhung des lokal erzeugten und auch verbrauchten Stroms beitragen. Auch erscheint es möglich, dass die Anlage mit ihren Stromgestehungskosten einen Beitrag zu einer emissionsarmen, kostengünstigen Versorgung des Neubaugebiets leistet. Es eröffnet sich aber vor allem im Bereich der Belieferung des Neubaugebiets ein weites Feld rechtlicher Fragen, die im Rahmen dieser Studie nicht beantwortet werden können. Die Frage, ob die Festsetzung einer PV-Freiflächen-Anlage im Bebauungsplan

möglich ist, wurde zur rechtlichen Prüfung an Herrn Prof. Dr. Roller weitergegeben (siehe Anhang „rechtliche Stellungnahme im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebiets Rheinhessenblick in Saulheim" ).

Bezüglich der beiden letztgenannten Vergleichsvarianten ist außerdem festzuhalten, dass es zur Umsetzung einer Kooperation mit weiteren Akteuren aus der Energiewirtschaft bedarf. In den Fällen der beiden „Lokalstrom-Konzepte" wurde außerdem die Anwendung der Regelungen der Kundenanlage auf der Ebene des gesamten Neubaugebiets zur kostenoptimierten Versorgung der angeschlossenen Personen untersucht. Aufgrund der Größe des Neubaugebiets erscheint eine Umsetzung auf dieser Ebene nicht möglich.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# 3 Arbeitspaket – Klimafreundliche Mobilität

Um dem Weg der notwendigen Emissionsminderungen zur Begrenzung des Anstieges der globalen Durchschnittstemperaturen eine klare Struktur zu geben, hat der Deutsche Bundestag das Klimaschutzgesetz (KSG) auf den Weg gebracht. Es definiert in der Anlage 2 kontinuierlich absinkende Jahresemissionsmengen bis zum Jahr 2030. Auch ein Reduktionspfad für den Sektor „Verkehr" kann hier gefunden werden:

**Tabelle 3-1 Minderungspfad Sektor Verkehr gem. KSG**

| Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO2-Äquivalent | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Verkehr** | 139 | 134 | 128 | 123 | 117 | 112 | 105 | 96 | 85 |

Als Argument für eine tiefere Auseinandersetzung der Gemeinde mit den Inhalten einer klimafreundlichen Mobilitätsinfrastruktur, kann der **§ 13 KSG „Berücksichtigungsgebot"** gewertet werden:

> Die Träger öffentlicher Aufgaben haben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck dieses Gesetzes und die zu seiner Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen. Die Kompetenzen der Länder, Gemeinden und Gemeindeverbände, das Berücksichtigungsgebot innerhalb ihrer jeweiligen Verantwortungsbereiche auszugestalten, bleiben unberührt.

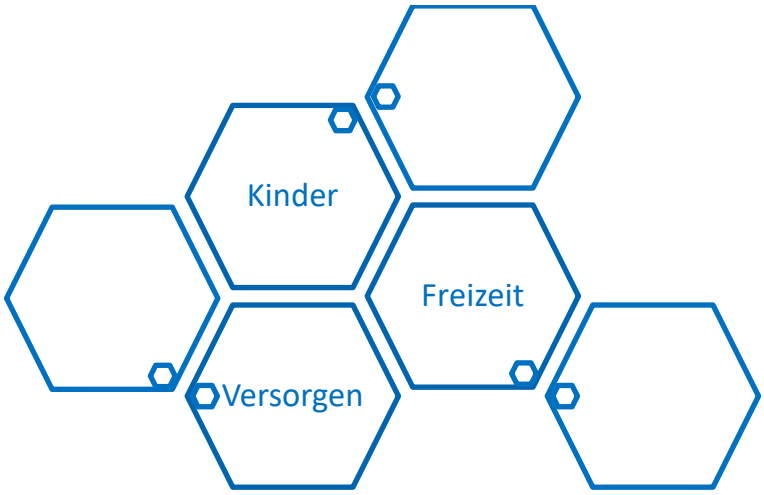
Hervorzuheben ist, dass die Integration dieser weiteren Inhalte in den Planungsprozess des Neubaugebiets als wertvoll für eine Emissionsminderungsstrategie eingestuft werden kann, da auf diese Weise **Einfluss auf die Emissionen von Dekaden** genommen werden kann. In der Folge kann in dem proaktiven Verhalten der Gemeinde, sich tiefergehend mit den Inhalten eines emissionsreduzierten Verkehrs auseinanderzusetzen, die einmalige Chance gesehen werden, positiv auf das Mobilitätsverhalten der Anwohner des Neubaugebiets „Rheinhessenblick" einzuwirken und die infrastrukturellen Grundlagen für ein solches zu legen.

Insbesondere vor diesem Hintergrund sind die nun folgenden Ausarbeitungen zu sehen.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

## 3.1 Welche Mobilitätsbedarfe bestehen?

Die Analyse der Mobilitätsbedarfe künftiger Anwohner erfolgt in Orientierung an zentrale Aspekte des „Spannungsfelds Familienmobilität" des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Zentral sind auf einer lokalen Ebene hierbei vor allem die folgenden Bereiche:




Vor allem im ländlichen Raum zeigt sich, dass zur Deckung dieser Bedarfe oft das Auto genutzt, obwohl eine lokale Verfügbarkeit häufig gegeben ist. In der Folge können sich insbesondere im Falle von Kindern und Jugendlichen negative Folgen zeigen. Zu nennen sind hierbei insbesondere:

- nachweisbare motorische Defizite bei Kindern und Jugendlichen
- erhöhtes Gefährdungspotenzial durch geringe eigene Erfahrung im Straßenverkehr
- durch Bewegungsmangel reduzierte Leistungsfähigkeit im Unterricht
- zusätzliche Belastungen der Umwelt durch Feinstaub- und Treibhausgasemissionen

Um diesen oder ähnlichen Folgen entgegenzuwirken, wurden unterschiedliche Handlungsansätze entwickelt. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das gezielte Fördern von Alternativen zur Mobilität mit dem Auto. Nähere Informationen hierzu finden sich vor allem im **Kapitel 3.2.1**.

Das folgende Kapitel wirft einen Blick auf die örtlichen Gegebenheiten vor dem Hintergrund der Deckung der im Vorangegangenen genannten Bedarfe und verfolgt hierbei insbesondere:

- die Förderung der eigenständigen Mobilität von Kindern und Jugendlichen
- die Unterstützung von Familien in ihrer Selbstorganisation, sich das eigene Mobilitätsverhalten bewusst zu machen
- eine Berücksichtigung der Familienbedarfe bei der Wohnumfeldplanung

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### 3.1.1 Örtliche Gegebenheiten

Die Koordination der Mobilität einer Familie im Alltag und die selbstständige Mobilität von Kindern und Jugendlichen ist in einem hohen Maße von der Distanz und der Erreichbarkeit abhängig. Positiv können sich hierbei vor allem eine zentrale Lage und Nutzungsmischung auswirken. Dies gilt nicht nur für Metropolräume, sondern auch für den „kleinstädtisch, dörflichen Raum", in den die VG Wörrstadt und damit auch die Ortsgemeinde Saulheim einzuordnen ist.

In der Folge wurde, ausgehend vom Neubaugebiet „Rheinhessenblick", der Zentrums gerichtete Umkreis hinsichtlich wichtiger Zielorte untersucht.

Im Rahmen der Vermeidung und Verminderung des motorisierten Individualverkehrs ist das Zurücklegen dieser Strecken prädestiniert für kurze Spaziergänge zu Fuß. Der zweite Untersuchungsbereich im Zentrums gerichteten Umkreis von 1000 m hat die Nutzung anderer alternativer Verkehrsmittel zum Ziel.

**Der auf ein Zentrum gerichtete Umkreis von 500m**

Und damit fußläufig schnell zu erreichen sind:

- REWE (Einkaufszentrum)
- Spielplatz
- Kita (Rappelkiste)

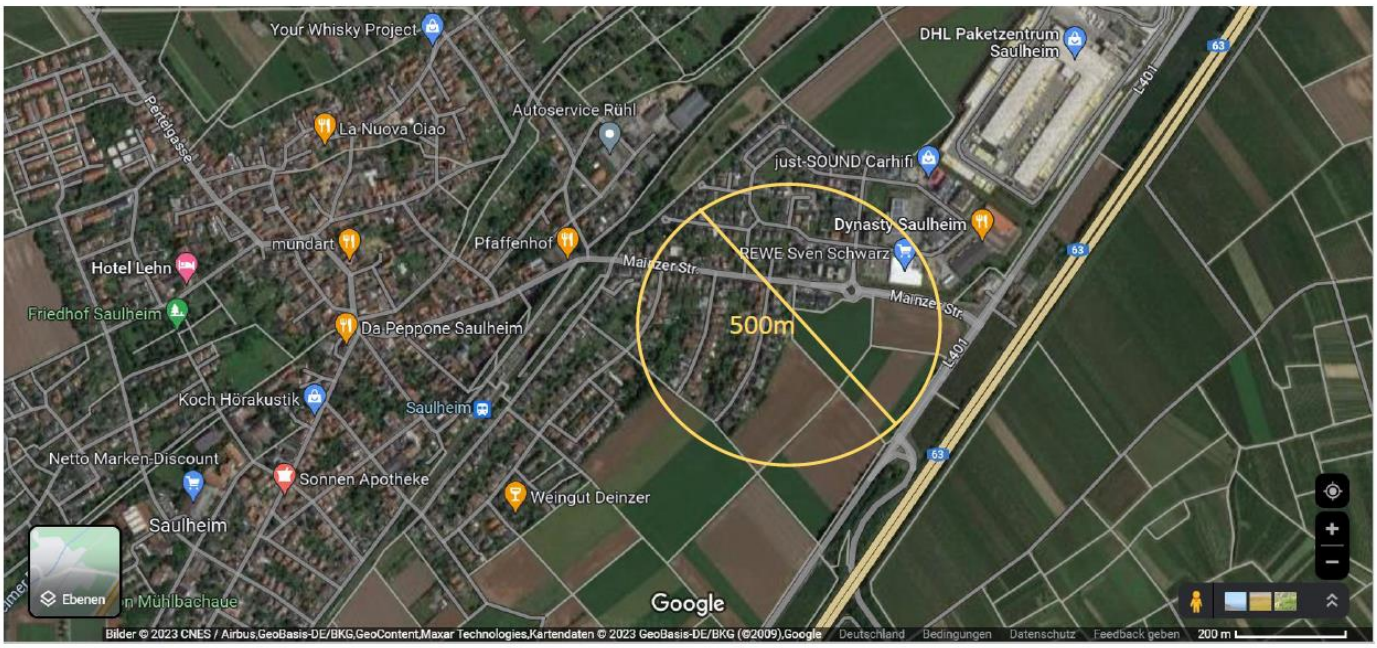



**Abbildung 3-1 Untersuchungsumkreis von 500m**

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

Diese Rahmenbedingungen können als Anlass genommen werden, einer sicheren Fortbewegung zu Fuß oder mit dem Rad bei der Planung des Neubaugebiets eine besondere Beachtung zu schenken.

Vor allem die Abdeckung des Bedarfs der alltäglichen Versorgung scheint im vorliegenden Fall besonders günstige Bedingungen bieten zu können, um diese Strecken mit alternativen Mobilitätsangeboten zurückzulegen. Besonders interessant könnte hierbei auch der Einsatz eines E-Lastenrad-Sharings sein, da auf diese Weise auch größere Einkäufe transportiert werden können.

| **Kindergerechte Gehweggestaltung** |
| --- |
| Für einen sicheren Aufenthalt von Kindern im öffentlichen Raum ist es wichtig, sichere Bewegungsräume zu schaffen. Eine systematische Vernetzung unterschiedlicher Aufenthalts- und Spielorte für Kinder kann einen Beitrag leisten, um eine Verlagerung der Beförderung von Kindern mit dem Auto hin zu alternativen Mobilitätsformen anzustoßen bzw. zu fördern. |
| **Best-Practise** |
| Bespielbare Stadt Griesheim: „Griesheim ist die erste Stadt Deutschlands, in der systematisch Spielplätze miteinander vernetzt, temporäre Spielstraßen eingerichtet und lückenlose Fußwegenetze für Kinder geschaffen wurden. Unterschiedliche Spielangebote begleiten die Gehwege und werten damit Schul- und andere Kinderwege deutlich auf.“ |

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

### Der Zentrums gerichtete Umkreis von 1000m

Im Umkreis von 1000m sind die folgenden Ziele zu erreichen:

- REWE (Einkaufszentrum)
- Spielplatz
- Kita (Rappelkiste)
- Sonnen Apotheke
- Bahnhof Saulheim

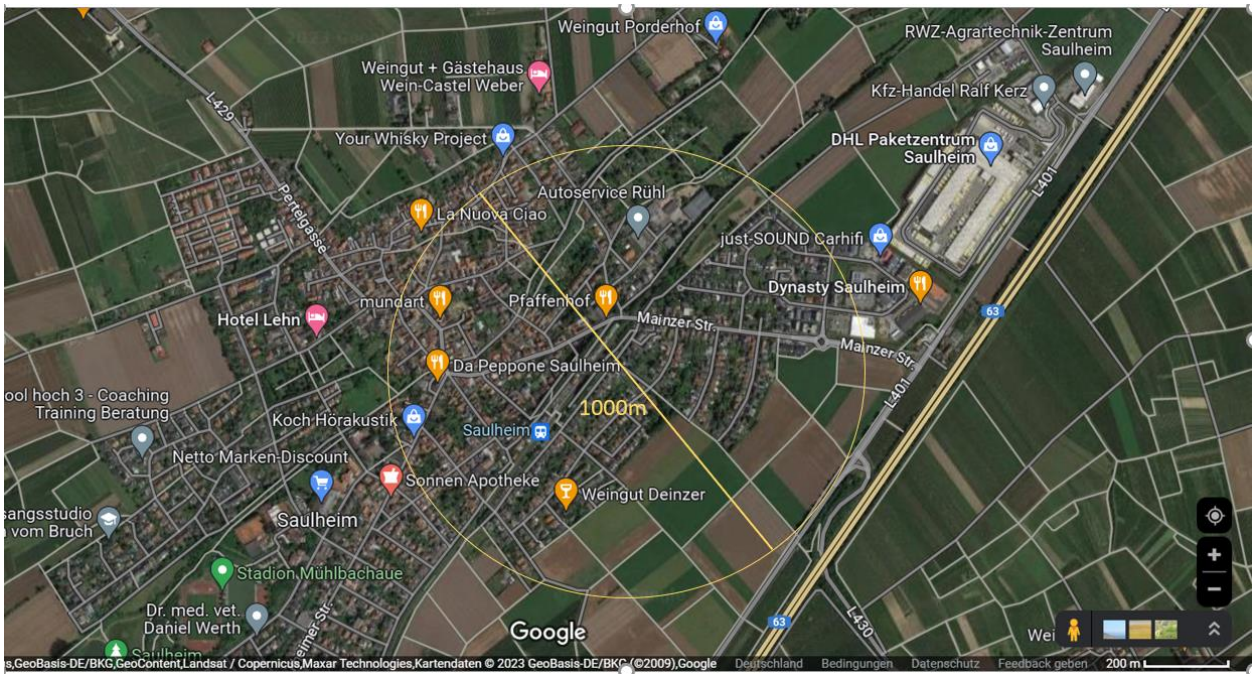



**Abbildung 3-2 Untersuchungsumkreis von 1000m**

Vor dem Hintergrund der Familienmobilität ist die eigenständige Mobilität von Kindern und Jugendlichen von zentraler Bedeutung. Neben dem gemeinsamen Zurücklegen von Wegen mit den Eltern im Kindesalter und dem Sammeln erster Erfahrungen im öffentlichen Raum auf diese Weise, kann die räumliche Nähe von Bildungsangeboten im fortgeschrittenen Alter auch zur Entlastung der Eltern beitragen. Der Anschluss des Neubaugebietes an die vorhandenen Strukturen kann vor diesem Hintergrund genutzt werden, um Schulwege zu den im Vorangegangenen aufgeführten Einrichtungen zu hinterfragen, abzusichern und auf diese Weise den Einsatz des motorisierten Individualverkehrs zu reduzieren.

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur führt hierzu noch einmal ausführlicher aus:

„Viele Eltern fühlen sich heute unter Druck, ihre Kinder optimal zu fördern und für das unsicher gewordene Berufsleben vorzubereiten. Die Wahl der besten Schule, des besten Kinderarztes, des besten Fußballvereins usw. hat jedoch meist deutlich weitere Wege zu Folge, die sich dann nur noch mit dem Auto bewältigen lassen. Die Folge: mehr Begleitwege und höherer Zeitaufwand für die Eltern sowie weniger selbst gestaltete Freizeit für die Kinder und weniger Kontakte

mit Gleichaltrigen im direkten Wohnumfeld. Hier braucht es pro-aktive Beratungen und Informationen der Kommunen, welche die Bedürfnisse der Eltern ernst nehmen und sie über nahräumliche Alternativen aufklären." (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015)

„Immer mehr Eltern sind davon überzeugt, dass die Sicherheit ihrer Kinder im öffentlichen Raum nur mit dem Auto gewährleistet werden kann. Das tägliche Verkehrschaos vor vielen Grundschulen und Kitas ist ein Ausdruck dieser Entwicklung. Dabei überschätzen viele Eltern die Gefahr eines Unfalls beim Radfahren oder zu Fuß und unterschätzen die Gefährdungen, wenn sie ihr Kind mit dem Auto bringen. Hier helfen gezielte Elternabende und Aufklärungskampagnen, die Folgen bestimmter Entscheidungen aufzuzeigen und Lust auf ein anderes Mobilitätsverhalten zu wecken. Kampagnen wie „Mehr Freiraum für Kinder" des Landes Nordrhein-Westfalen oder „Osnabrück sattelt auf" sowie die Aktionstage „Zu Fuß zur Schule" des VCD vermitteln augenzwinkernd Informationen („Flirten auf dem Schulweg geht nur ohne Mamataxi. Fahr mehr Rad"), sie unterstützen Kommunen, mehr Platz für Kinder vor ihrer Haustür zu schaffen, und motivieren die Kinder, Fahrrad zu fahren oder zu Fuß zu gehen." (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015)

### Weitere innerhalb von 2200m erreichbare Ziele

- Kindertagessstätte Regenbogen, Mühlbachindianer,
- Waldorfkindergarten
- Tierarzt Dr. med. vet. Daniel Verth
- Deutsche Postfiliale 536

### 3.1.2 IST-Zustand

Das alltägliche Mobilitätsverhalten in Deutschland wird in regelmäßigen Abständen durch die Studie „Mobilität in Deutschland" (MiD) beleuchtet. Hierbei wurde unter anderem das Mobilitätsverhalten der Menschen im „kleinstädtischen, dörflichen Raum" in „Stadtregionen" (Umland der Stadt) untersucht. Es erscheint denkbar, Saulheim mit seinen Einwohnern im Einzugskreis von Mainz in einen solchen Raumtypen einzuordnen (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2020). Folgende Eigenschaften sind bei der Betrachtung der Statistik auffällig:

- **Kein anderer Raumtyp weist eine derart hohe Konzentration von rund 630 PKW pro 1.000 Einwohnern auf** (Nobis & Kuhnimhof, 2018)

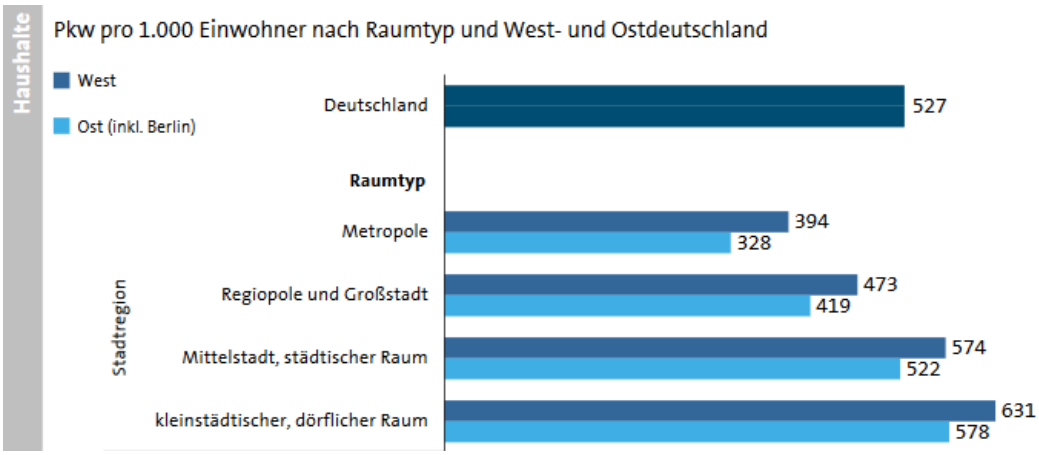



**Abbildung 3-3 Pkw-Verteilung pro 1.000 Einwohner**

- **59% der Menschen bewegen sich monomodal, rein mittels motorisiertem Individualverkehr**. Ein geringer Anteil von 26% bewegt sich multimodal mit Auto und Rad (Agora Verkehrswende, 2008).

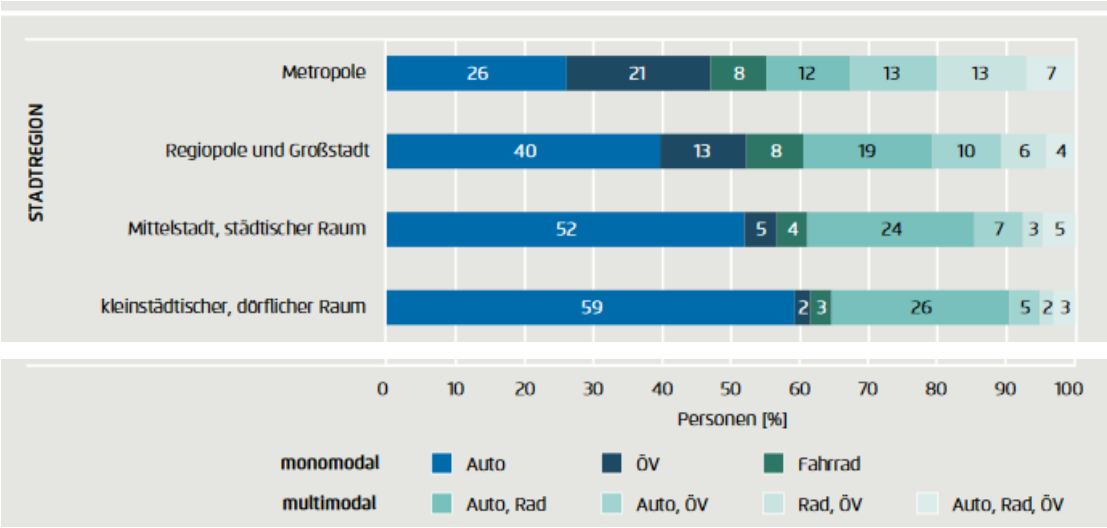



**Abbildung 3-4 Verkehrsmittelmix im Verlauf einer Woche**

- **Ca. 20% der mit dem Auto zurückgelegten Strecken sind kürzer als 2,5km** (Nobis & Kuhnimhof, 2018). Diese Strecken sind prädestiniert, um durch

Anreize eine Verhaltensänderung zur Emissionsreduktion auf der Kurzstrecke zu fördern.

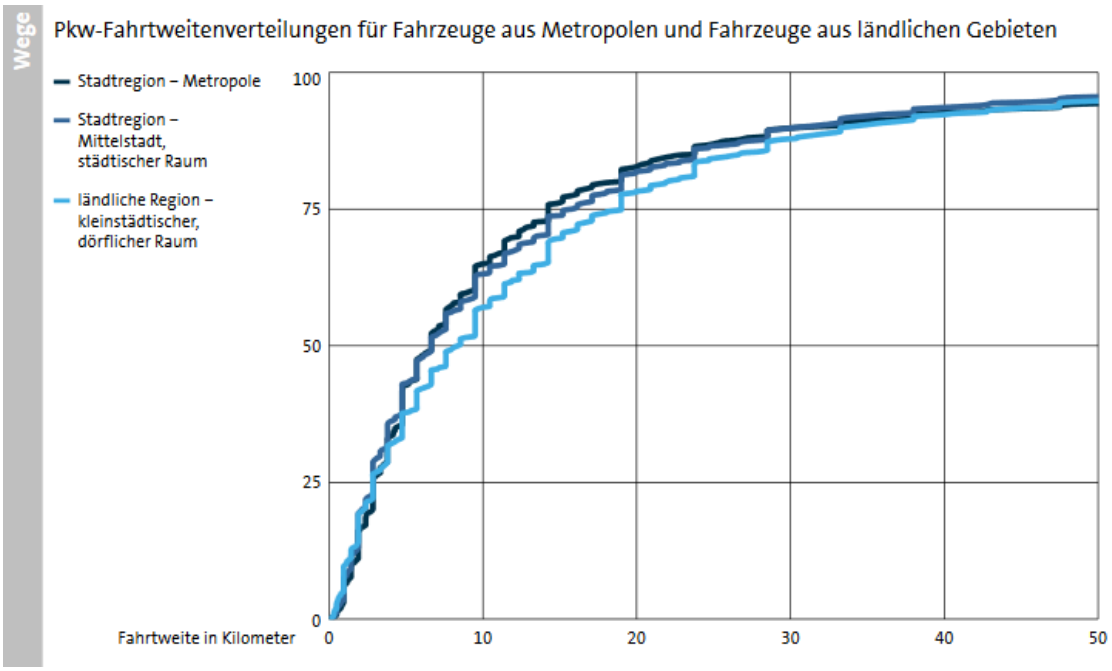



Abbildung 3-5 Verteilung von PKW-Fahrten nach Fahrweite

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 3.2 Wie können die Mobilitätsbedarfe gedeckt werden?

Um das Ziel einer Emissionsminderung zu erreichen und darüber hinaus langfristig einen treibhausgasneutralen Verkehr bis 2050 anzustreben, hat das Umweltbundesamt einen Instrumentenmix zusammengestellt. Vor diesem Hintergrund sind bei der Planung des Neubaugebietes insbesondere die folgenden zwei Handlungsoptionen von zentraler Bedeutung (Bergk, Knörr, & Lambrecht, 2017):

- **Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung (mit dem Fokus auf der Kurzstrecke)**
- **Förderung der E-Mobilität auf der Straße**

Im nun folgenden Kapitel sollen Maßnahmen zur praxisnahen Umsetzung vorgestellt werden, die in der Lage sind, vor allem diese Handlungsoptionen zu stimulieren.

### 3.2.1 Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung

#### 3.2.1.1 Förderung des Fuß- und Radverkehrs mit dem Fokus auf dem Bedarfsbereich Kinder

Speziell die Förderung des Fuß- und Radverkehrs kann im vorliegenden Fall genutzt werden, um Veränderungen im Modal Split anzustoßen. Mit der im Folgenden beschriebenen Maßnahme soll insbesondere eine Verhaltensänderung adressiert werden, bei der statt einer monomodalen Wahl des MIV vermehrt eine multimodale Kombination aus Auto und Fahrrad zum Einsatz kommt.

| **Kindergerechte Gehweggestaltung** |
|---|
| Für einen sicheren Aufenthalt von Kindern im öffentlichen Raum ist es wichtig, sichere Bewegungsräume zu schaffen. Eine systematische Vernetzung unterschiedlicher Aufenthalts- und Spielorte für Kinder kann einen Beitrag leisten, um eine Verlagerung der Beförderung von Kindern mit dem Auto hin zu alternativen Mobilitätsformen anzustoßen bzw. zu fördern. |
| **Best-Practise** |
| Bespielbare Stadt Griesheim: „Griesheim ist die erste Stadt Deutschlands, in der systematisch Spielplätze miteinander vernetzt, temporäre Spielstraßen eingerichtet und lückenlose Fußwegenetze für Kinder geschaffen wurden. Unterschiedliche Spielangebote begleiten die Gehwege und werten damit Schul- und andere Kinderwege deutlich auf.“ |

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 3.2.1.2 E-Lastenrad-Sharing

**Systembeschreibung**

Die übliche Organisationsform eines solchen Sharing-Systems basiert auf festen Stationen, an denen die Räder geliehen und zurückgegeben werden können. In der Regel sind diese über ein zuvor definiertes Gebiet verteilt worden. Der Zugang zu einem E-Lastenrad erfolgt über eine App oder Kundenkarte. Für die Rückgabe kann eine beliebige Station gewählt werden (Universität Kassel, 2007).

Der freie Lastenradverleih in Darmstadt „Heinerbike" geht in diesem Zusammenhang in Teilen einen anderen Weg. Hier wurden auch lokale Einzelhändler in das System miteingebunden, die sich an der Finanzierung des Projekts beteiligen. In der Folge fungieren die Geschäfte der Einzelhändler als Abholstation für das bereitgestellte Lastenrad und erweitern so das Netz an Ausleihstationen.

In der Regel erfolgt die Finanzierung eines solchen Systems über Werbeeinnahmen, Parkgebühren oder ein nutzungsabhängiges Entgelt. Die gewählten Standorte sollten sich in der Nähe zur Wohnbebauung befinden (Universität Kassel, 2007).

**Benefits**

Dass das Lastenrad gerade auf der Kurzstrecke ein wertvoller Baustein sein kann, um eine emissionsarme Alternative zum motorisierten Individualverkehr zu schaffen, zeigen die Ergebnisse des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR). So heißt es im zugehörigen Handout: „Unter drei Kilometer haben Lastenräder und Autos nahezu identische Fahrtzeitenbereiche, erst ab fünf Kilometer sind die Unterschiede deutlicher" (Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V., 2016).

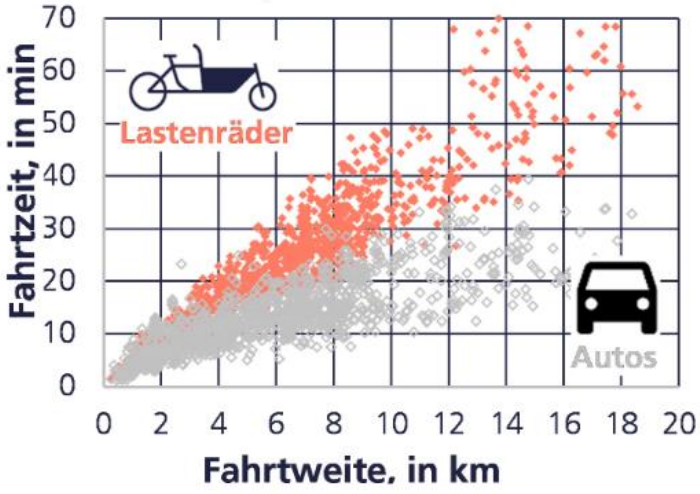



**Abbildung 3-6 Verteilung der Fahrtzeiten von Lastenrädern und Autos**

Diese Stärke des Lastenrads, Kurzstrecken des motorisierten Individualverkehrs zu substituieren, bestätigt eine Befragung von Nutzerinnen und Nutzern freier Lastenrad-Initiativen. Die Initiativen verleihen zusammen 134 Lastenräder, davon 40 Lastenräder mit elektrischer Unterstützung, und haben ca. 9.750 registrierte Nutzerinnen. An der Befragung haben insgesamt N= 931 Nutzerinnen und Nutzer teilgenommen (Becker & Rudolf, 2017):

- Die Lastenräder wurden hauptsächlich genutzt, um Einkäufe (Lebensmittel, Getränkekisten, Baumarktutensilien) oder Kinder zu transportieren

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

- Das Autoersatzpotenzial des freien Lastenrad-Sharings ist hoch: 46 % der Befragten geben an, dass sie ihre Tour mit dem Auto gemacht hätten, wenn sie kein freies Lastenrad zur Verfügung gehabt hätten
- 95 % der Befragten haben die Absicht, wieder ein Lastenrad zu nutzen
- 36 % der Studienteilnehmer haben die Absicht sich selbst ein Lastenrad anzuschaffen

## Handlungsempfehlungen

| **Aufbau eines Nutzfahrräderverleihs** |
|---|
| „Transporträder sind in der Anschaffung relativ teuer, für Familien aber ungemein praktisch. Den Wochenendeinkauf erledigen, die Kinder zum Sportverein bringen – bequem ohne Parkplatzsuche und Tüten schleppen."[11] Aufgrund der günstigen innerörtlichen Lage des Neubaugebiets und den vielfältigen Zielen in den Bedarfsbereichen „Kinder" und „Versorgung" scheint das Neubaugebiet prädestiniert, um alternative Formen der Mobilität aktiv zu fördern. |
| **Best-Practise** |
| Leben im Westen Frankfurt/M: In Kooperation mit institutionellen Wohnungsbaugesellschaften wird Mietern ein kostenloses Ausleih-Angebot von Transporträdern bereitgestellt. Für den Fall, dass Mehrfamilienhäuser oder mehrere Objekte durch die gleiche Gesellschaft bewirtschaftet werden, könnte sich die Gemeinde um die Realisierung ähnlicher Angebote bemühen. |

| **Neu-Bürger-Marketing** |
|---|
| „Das Verkehrsverhalten wird insbesondere in persönlichen Umbruchsituationen wie einem Umzug […] oder nach der Geburt eines Kindes neu organisiert. Dabei sind besonders Familien die Alternativen zum Auto nicht immer bewusst. Häufig ist die Familiengründung mit der Anschaffung eines Autos verbunden."[2] |
| **Best-Practise** |
| Projekt Go!Family: Aufgrund der relativ hohen Investitionskosten für Elektrofahrräder mit Kinderanhänger oder Nutzfahrräder/Lastenrädern bietet das Mobilitätsreferat der Stadt München den Bürgern Ausleihgerätschaften an. Mit diesen können Anwohner über einen Zeitraum von 6 Tagen die Integration dieser Fortbewegungsmittel in Ihren Alltag testen. Indirekt erfolgt eine Sensibilisierung für das eigene Mobilitätsverhalten. Vorstellbar wäre es auch, ein solches Angebot nicht nur für Neubürger anzubieten, sondern dies auf die gesamte Gemeinde auszudehnen. Positiv zu bewerten sind hier die geringen Investitionskosten. |

[11] (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015)

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com



PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

#### 3.2.1.3 Car-Sharing

**Systembeschreibung**

Zentrale Eigenschaft von Car-Sharing-Angeboten ist nach der Definition des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur der Einsatz von „Kraftfahrzeugen, die einer unbestimmten Anzahl von Fahrerinnen und Fahrern auf der Grundlage einer Rahmenvereinbarung zur selbstständigen Nutzung nach einem die Energiekosten mit einschließenden Zeit- und/oder Kilometertarif angeboten werden" (Bundesministerium für Verkehr, 2013).

Hierbei können Car-Sharing-Angebote grundsätzlich in zwei Kategorien unterteilt werden:

- Car-Sharing als stationsgebundene Angebote
- Free-floating-Car-Sharing in einem fest definierten Straßenraum

Da Free-floating-Angebot im ländlichen Raum aufgrund der räumlichen Gegebenheiten nicht zielführend erscheinen, basiert Car-Sharing in diesen Gebieten auf **stationsgebundenen Angeboten**.

Um ein solches Angebot sinnvoll betreiben zu können, ist die direkte Nähe zur Wohnbebauung obligatorisch. Für ländliche Verhältnisse muss eine relativ hohe Einwohnerdichte im Umkreis erreicht werden. Dies ist insbesondere der Fall, wenn nicht nur kleinteilige Wohnbebauung, sondern auch Wohnanlagen mit Mehrfamilienhäusern mit einem solchen Angebot erschlossen werden können.

**Benefits**

Aus der Sicht des Kunden kann sich ein monetärer Benefit einstellen, wenn das eigene Fahrzeug weniger als 10.000 km pro Jahr genutzt wird. Nach Literaturwerten kann der „Break-Even-Point" in Abhängigkeit der spezifischen Rahmenbedingungen zwischen einer Fahrleistung von 8.000 und 12.000km angesiedelt werden (Universität Kassel, 2007).

Ein Tätigwerden der Gemeinde (in einer noch zu definierenden Form) in diesem Bereich würde vor allem die Substitution von Zweitwagen adressieren. Dies zeigen die Ergebnisse einer Untersuchung aus dem Jahr 2016. Hierbei konnten in der Gemeinde Vaterstätten in Bayern sieben private Pkw durch ein Car-Sharing-Auto ersetzt werden. Dies waren vor allem die im Vorangegangenen angesprochenen Zweitwagen.

Weitere positive Effekte können gehoben werden, wenn sich ein auf diese Weise verringerter Stellplatzbedarf auch in der Planung und dem Aufbau des Wohnquartiers wiederfindet. So gewinnen die Anwohner Grundstücksflächen z.B. für die Gartennutzung durch reduzierte Autostellplätze. Darüber hinaus können Raumgewinne das Quartier aufwerten, wenn andernfalls zu asphaltierende Flächen für die Begrünung des öffentlichen Raumes, für Fußgänger oder Radfahrer genutzt werden können.

Außerdem ist an diesen Ergebnissen gut zu erkennen, dass Car-Sharing-Angebote nicht nur im Raum von Metropolregionen erfolgreich funktionieren, sondern auch in ländlicheren Regionen Anwendung finden können (Bundesverband CarSharing e. V. (bcs), 2016).

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Die anzusprechende Zielgruppe kann in der Gesellschaftsgruppe der jüngeren Erwachsenen gesehen werden, da Studien zeigen, dass diese Gruppe für Veränderungen im Mobilitätsverhalten besonders empfänglich ist (Institut für Mobilitätsforschung, 2011).

**Aufbau eines Car-Sharing-Angebots**

Um einem multimodalen Verkehrskonzept eine flexible Option hinzuzufügen, die gleichzeitig die Möglichkeit bietet, Transporte zu tätigen, kann sich das Platzieren von Car-Sharing-Fahrzeugen im Baugebiet als zielführend erweisen. Als Alternative zum Zweit-PKW und in Ergänzung zum im Folgenden beschriebenen E-Car-Pooling können zukünftige Anwohner flexibel reagieren, wenn spontan der Bedarf zur Nutzung eines PKWs auftritt.

**Best-Practise**

Neben Energiegenossenschaften, können auch lokal verwurzelte, gewerbliche Anbieter (z.B. book-n-drive) potentielle Kooperationspartner darstellen. Dies zeigt erfolgreich das Reallabor Lincoln-Siedlung, in dem im Forschungsvorhaben „Quartiermobil" neue Möglichkeiten der Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung untersucht werden. In diesem Zusammenhang sollte im Vorfeld der Frage nachgegangen werden, ob die entsprechenden Flächen im öffentlichen Raum über den Bebauungsplan abgesichert werden können (z.B. § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB).

**Neu-Bürger-Sharing-Beratung**

„Das Verkehrsverhalten wird insbesondere in persönlichen Umbruchsituationen wie einem Umzug […] oder nach der Geburt eines Kindes neu organisiert. Dabei sind besonders Familien die Alternativen zum Auto nicht immer bewusst. Häufig ist die Familiengründung mit der Anschaffung eines Autos verbunden."[2]

**Best-Practise**

Zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern der Darmstädter Lincoln-Siedlung wird beim kostenlosen „MobiCheck" genau berechnet, inwieweit die Nutzung der angebotenen, alternativen Mobilitätsformen Vorteile bietet. Zeigt sich hierbei ein monetärer Benefit in ausreichender Höhe, ist dies das wohl stärkste Argument, um Menschen in Umbruchssituationen alternative Verhaltensweisen im Sektor Mobilität nahezubringen.
In diesem Zusammenhang schreibt der VCD Verkehrsclub Deutschland e.V.:
„Wer ein Auto besitzt, weiß, dass laufende Kosten anfallen. Wie hoch diese Kosten liegen, ist vielen Autohalter*innen allerdings nicht wirklich klar. In einer kürzlich erschienenen Studie des RWI Leipzig, der Uni Mannheim und der US-Uni Yale kommen die Forscher*innen zu dem Ergebnis, dass deutsche Autobesitzer*innen die laufenden Kosten für ihre Fahrzeuge nur halb so hoch einschätzen, wie sie tatsächlich sind. Die tatsächlichen Kosten beliefen sich auf durchschnittlich 425€ im Monat, so die Forscher*innen. Die befragten Haushalte hingegen schätzten die laufenden Kosten für ihr Auto auf monatlich gerade mal 204y€."[12]
In der Folge muss davon ausgegangen werden, dass bei vielen Verbraucher*innen in diesem Bereich ein Informationsdefizit vorliegt
Anregungen zu Berechnungs-Tools, die bei einem „MobiCheck" zum Einsatz kommen können, können z.B. der Internetseite des VCD Verkehrsclub Deutschland e.V. entnommen werden.

**Nachhaltige Gestaltung der Verkehrsräume**

Die Gestaltung anthropogener Lebensräume in Europa ist oft geprägt von einer starken Berücksichtigung der Bedürfnisse des Automobils. Dies hat zur Folge, dass auch heute noch bei Planung von Neubaugebieten bewusst oder unbewusst Elemente verfolgt werden, die zwar

[12] **Es ist eine ungültige Quelle angegeben.**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

nicht mehr die Umsetzung einer „autogerechten Stadt" der 1970er Jahre verfolgen, gleichzeitig jedoch auch nicht die Koexistenz von Automobil und Fahrrad auf einer Augenhöhe fördern. Hieraus resultieren Ausläufer, welche z.B. in der heute noch üblichen Gestaltung von Neubaugebieten gefunden werden können, bei der das Fahrrad sein Dasein hinter dem Auto in der Garage fristet. Das Herbeiführen einer Verkehrswende, die auch eine Verhaltensänderung der Nutzer miteinschließt, wird durch die Existenz solcher Elemente erschwert.

**Best-Practise**

Geprüft werden kann, ob veränderte verringerte Stellplatzschlüssel für Pkw oder erhöhte Schlüssel für Fahrradabstellanlagen im vorliegenden Fall zur Anwendung kommen können. Dies richtet sich vor allem an **Wohnprojekte mit einem gemeinschaftlichen Charakter** in Form von **Wohnhöfen** oder **Mehrfamilienhäusern**. In diesen Fällen können Elemente des Ludwigshöhviertel in Darmstadt als Vorbild dienen. Berücksichtigt werden hierbei:

- **Pkw-Stellplätze:**
  „Das Ludwigshöhviertel soll stellplatzreduziert entwickelt werden. Die Stadt beabsichtigt für den Geltungsbereich des Bebauungsplanes S 26 eine Einschränkungs- und Verzichtssatzung zu beschließen. Der Stellplatznachweis erfolgt zum einen „wohnungsnah" auf dem Baugrundstück und zum anderen durch Ablösung der „nicht wohnungsnahen" Stellplätze. Je freifinanzierter Wohneinheit sollen 0,65 und je öffentlich geförderter Wohneinheit sind 0,5 Stellplätze nachzuweisen sein. Hiervon sollen je Wohneinheit 0,15 Stellplätze „wohnungsnah" auf dem Baugrundstück nachgewiesen, hergestellt und unterhalten werden. Die Herstellung von mehr als 0,15 notwendigen Stellplätzen je Wohneinheit auf dem Baugrundstück ist unzulässig. Die darüberhinausgehenden, „nicht wohnungsnahen" Stellplätze (0,65 abzüglich 0,15, bzw. 0,5 abzüglich 0,15 Stellplätze je Wohneinheit) sind abzulösen. Sofern auf dem Kaufgrundstück keine „wohnungsnahen" Stellplätze nachgewiesen werden können, sind diese eventuell ebenfalls abzulösen." **(BVD New Living GmbH & Co. KG, 2021)**
- **Radverkehr auf privaten Flächen:**
  „Gemäß Einstellplatzsatzung sind mindestens 2,5 Fahrradabstellplätze je Wohneinheit nachzuweisen. Von diesen Fahrradabstellplätzen sind 50 % in den Freianlagen herzustellen, davon wiederum 50 % überdacht. Mindestens 10 % der Fahrradabstellplätze sind (für Besucher) zugänglich im Bereich der Eingänge zu den Gebäuden zu positionieren. Fahrradabstellplätze sind auf den Baugrundstücken nachzuweisen (max. 50 m Fußweg vom Hauseingang entfernt).
  Zur Förderung des Radverkehrs ist eine komfortable Unterbringung sowie eine leichte Zugänglichkeit der Fahrradabstellanlagen zu gewährleisten. Die Fahrradabstellplätze innerhalb von Gebäuden müssen barrierefrei erreichbar sein (entweder über Aufzüge oder entsprechende Rampen).
  Den Bewohnern soll ein E-Lastenradverleih-Angebot zu Verfügung gestellt werden. Die dafür erforderliche Fläche von mind. 5 m² je 30 WE ist bei Bedarf dem Betreiber eines E-Lastenradverleihsystems mit entsprechender Möglichkeit für einen Stromanschluss zu Verfügung zu stellen. Der Betreiber des Mobilitätsmanagements ist berechtigt, für die Vermietung dieser Fläche einen Lastenradverleih-Anbieter zu benennen."
  **(BVD New Living GmbH & Co. KG, 2021)**

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com



**An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die beiden im Vorangegangenen aufgeführten Beispiele nur der Inspiration dienen sollen. Bei der inhaltlichen Bewertung dieser bzw. der Übertragung von Elementen auf den vorliegenden Fall, sollte im Hinterkopf behalten werden, dass die Lage des Ludwigshöhviertels zwar in einem äußeren Gürtel Darmstadts zu verorten ist, dieser Bereich aber trotzdem einen eher städtischen Charakter und einen entsprechenden Anschluss an die Stadt Darmstadt besitzt. Sollen ähnliche Komponenten im hier vorliegenden Neubaugebiet zur Anwendung kommen, sollten die Schlüssel für PKW-Stellplätze und Fahrradabstellplätze für den Raum Wörrstadt/ Saulheim angepasst werden.**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

#### 3.2.1.4 Car-Pooling

**Systembeschreibung**

Das hier vorgeschlagene Konzept des Car-Poolings orientiert sich stark am im Vorangegangenen vorgestellten E-Car-Sharing. Zwei Eigenschaften zeichnen das System vor allem aus und ermöglichen eine Abgrenzung zu anderen Konzepten:

- Das Sharing-Angebot wir stationsgebunden angeboten.
- Ein Fahrzeug steht exklusiv den Anwohnern eines Mehrfamiliengebäudes zur Verfügung.

Diese Maßnahme adressiert, wie auch schon das klassische E-Car-Sharing, Zweitwagen mit geringen Nutzungszeiten. Im Durchschnitt wird ein PKW nur eine Stunde am Tag gefahren und steht die restlichen 23 Stunden (VCD Verkehrsclub Deutschland e.V., 2020). Bei Zweitwagen kann die Nutzung noch einmal geringer ausfallen. In einem solchen Fall entstehen für den Einzelnen in Bezug zur Nutzung unverhältnismäßig hohe Kosten (Opportunitätskosten für das gebundene Kapital, Steuern, Versicherung etc.) und die Siedlung wird durch eine unnötige Flächeninanspruchnahme belastet.

Um diese Nutzungszeiten zu erhöhen, teilt sich nun ein festgelegter Kreis von Anwohnern ein E-Car, dass z.B. vor dem entsprechenden Mehrfamilienhaus an der Ladesäule ausgeliehen werden kann. Pro Haushalt und Monat kann das Fahrzeug für eine vorher festgelegte Anzahl an Stunden kostenlos gebucht werden.

| **Aufbau eines Car-Pooling-Angebots** |
|---|
| Als Vorbild kann das e-Car-Pooling-Angebot „mein Lincoln mobil" der bauverein AG in der Darmstädte Lincoln-Siedlung dienen. Hierbei wurde die Lincoln-Siedlung mit der Prämisse geplant, den Anwohnern unterschiedlichste Mobilitätsangebote zu bieten, um den Einsatz eigener Fahrzeuge zu verringern. |
| **Best-Practise** |
| Den Mieterinnen und Mietern der bauverein AG steht derzeit eine Flotte von drei Elektroautos (Renault ZOE) zur Verfügung. Jede Bewohnerin und jeder Bewohner kann die Fahrzeuge bis zu vier Stunden pro Woche (16 Stunden pro Monat) kostenlos nutzen. Bei darüber hinaus gehenden Nutzungszeiten können die Fahrzeuge auch zu günstigen Preisen gemietet werden. Das Ziel ist es, dass die Fahrzeuge nur dann in Anspruch genommen werden, wenn sie von jemandem wirklich gebraucht werden (z.B. für einen Großeinkauf). Betrieben werden die Autos mit Ökostrom.<br>Um sicherzustellen, dass die Wünsche der Stadt bei der Umsetzung berücksichtigt werden, wurde ein Durchführungsvertrag mit dem Entwicklungspartner (Vorhabenträger) geschlossen. Im Durchführungsvertrag wird die Umsetzung des Mobilitätskonzepts detailliert festgehalten. Auf diese Weise ließ sich die Stadt u.a. die Verpflichtung zur Weitergabe der Regelungen zur Umsetzung des Mobilitätskonzepts wie zum Mobilitätsmanagement an Dritte – Investoren bzw. andere Rechtsnachfolger – zusichern.<br>Im vorliegenden Fall wäre es denkbar bei Interesse an der Umsetzung ähnlicher Angebote den Kontakt mit einer kommunalen Wohnungsgenossenschaft oder einer Energiegenossenschaft zu suchen. |

## 3.3 Bewertungsmatrix der Maßnahmen im Handlungsfeld Verkehrsminderung

**Tabelle 3-2 Bewertungsmatrix der Maßnahmen im Handlungsfeld Verkehrsminderung**

| Maßnahmen Verkehrsminderung | Akteure | Vorteile/Chancen | Risiken | Klimapotential |
|---|---|---|---|---|
| **Nähe zu Nahversorgungsangeboten, Kindgerechte Gestaltung der Verkehrsachsen zu Örtlichkeiten des täglichen Bedarfs** | • Gemeinde | • Günstige Ausgangsbedingungen, um Maßnahmen der Verkehrsvermeidung und Verminderung auf der Kurzstrecke zu verfolgen | | • Geringes bis mittleres Emissionsminderungspotential |
| **E-Car-Sharing-Angebote** | • Gemeinde<br>• Kooperationspartner | • Geringe monetäre Belastung für die Gemeinde<br>• Multiplikatorwirkung | • Keine Beförderungsgarantie für Kunden | • Geringes kurzfristiges Emissionsminderungspotential, in dieser Maßnahme ist eher eine Ergänzungsoption der bereits vorhandenen Mobilitätsoptionen zu sehen. Ziel ist es, dass die Nutzer beginnen, das eigene Mobilitätsverhalten zu hinterfragen und die Integration von Alternativen in den eigenen Alltag zu testen. Langfristig sollen Verhaltensänderungen auf der Kurzstrecke angeschoben werden, um perspektivisch die PKW-Anzahl pro Haushalt zu reduzieren. |
| **E-Car-Pooling-Angebote** | • Gemeinde<br>• Kooperationspartner | • Geringe monetäre Belastung für die Gemeinde<br>• Multiplikatorwirkung | • Keine Beförderungsgarantie für Kunden | • Geringes kurzfristiges Emissionsminderungspotential, in dieser Maßnahme ist eher eine Ergänzungsoption der bereits vorhandenen Mobilitätsoptionen zu sehen. Ziel ist es, dass die Nutzer beginnen, das eigene Mobilitätsverhalten zu hinterfragen und die Integration von Alternativen in den eigenen Alltag zu testen. Langfristig sollen Verhaltensänderungen auf der Kurzstrecke angeschoben werden, um perspektivisch die PKW-Anzahl pro Haushalt zu reduzieren. |
| **E-Lastenrad-Sharing** | • Gemeinde<br>• Kooperationspartner | • Geringe monetäre Belastung für die Gemeinde<br>• Geringe Komplexität in der Umsetzung, Kooperationspartner nicht unbedingt notwendig<br>• Multiplikatorwirkung | • Keine Beförderungsgarantie für Kunden | • Geringes kurzfristiges Emissionsminderungspotential, in dieser Maßnahme ist eher eine Ergänzungsoption der bereits vorhandenen Mobilitätsoptionen zu sehen. Ziel ist es, dass die Nutzer beginnen, das eigene Mobilitätsverhalten zu hinterfragen und die Integration von Alternativen in den eigenen Alltag zu testen. Langfristig sollen Verhaltensänderungen auf der Kurzstrecke angeschoben werden, um perspektivisch die PKW-Anzahl pro Haushalt zu reduzieren. |

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 3.4 Motorisierter Individualverkehr

Die Berechnungen zum motorisierten Mobilitätsverhalten im geplanten Neubaugebiet gliedern sich in eine Basisvariante und der Betrachtung der Einflussfaktoren und Variationen.

Die **Basisvariante** beschreibt ein „Weiter so" nach den heutigen Verhältnissen. In einem Neubaugebiet im ländlichen Raum kann hierbei ein statistischer Durchschnittswert für Haushalte mit mindestens einem Fahrzeug mit 1,4 Fahrzeugen angenommen werden (BMVI, 2019). Als Resultat ergibt sich eine potentielle Zahl von ca. 485 Fahrzeugen im vorliegenden Fall. Auf Basis von statistischen Literaturwerten wurde der jeweilige Anteil der unterschiedlichen Antriebsarten an der Gesamtanzahl der Fahrzeuge bestimmt (KBA, 2020). In der Folge konnten auf Basis dieser Daten die Energieverbräuche und Emissionen der Basisvariante abgeschätzt werden.

Mit Hinblick auf den zukünftigen Bebauungsfortschritt und die langfristige Perspektive des Neubaugebiets basieren die beiden alternativen **Varianten** auf der Annahme, dass die Elektromobilität zukünftig einen Anteil von 100% an der Zusammensatzung der Gesamtzahl der Fahrzeuge ausmachen wird. Als Standardfahrzeug wurde das im Jahr 2020 am häufigsten verkaufte vollelektrische Fahrzeug, ein Renault Zoe (Kords, 2021), angesetzt. Die Ladezyklen und Stromverbräuche wurden mit Hilfe der Simulationssoftware PV*SOL für eine nicht im Homeoffice tätige Person berechnet. Die hauseigenen Ladezeiten des Fahrzeugs sind also zu den täglichen Randzeiten und nachts. An zwei Tagen der Woche kann das Auto über Mittag zwei Stunden geladen werden, an drei bis vier Tagen ist das Fahrzeug auch am Abend noch einmal in Benutzung. Diese Annahmen finden in einen stundenscharfen Lastgang mit 8760 Werten Eingang. Dieser wurde im weiteren Verlauf an das Arbeitspaket Strom übergeben.

**Tabelle 3-3 Daten des angesetzten Standard-E-PKW**

| | |
|---|---|
| **Fahrzeugtyp** | Renault ZOE R110 (AC charging 22 kW) |
| **Batteriekapazität** | 41 kWh |
| **Verbrauch (kombiniert)** | 17,2 kWh/100 km |
| **Leistung** | 80 kW / 100 PS |
| **Reichweite** | 316 km |
| **Statistisch durchschnittliche jährliche Fahrleistung** | 13.500 km |
| **Lademodus** | PV-Teiloptimiert |
| **Mobilitätsstromverbrauch pro Jahr**<br>**Inkl. Lade- und Batterieverluste** | 3.084 kWh/Jahr<br>24 % |

Für die Szenarien 100% Elektromobilität wurde die Strombedarfsplanung des Neubaugebiets mit unterschiedlich hohen PKW-Anzahlen pro Haushalt durchgeführt.

Die **Variante 1** basiert hierbei auf dem statistischen Durchschnittswert für Haushalte mit mindestens einem Fahrzeug mit 1,4 Fahrzeugen (BMVI, 2019).

In der **Variante 2** (1,12 PKW pro Haushalt) wurde eine verminderte Anzahl an Fahrzeugen angesetzt. Faktoren, die rückläufige PKW-Zahlen pro Haushalt begünstigen können, können im anhaltenden Megatrend der Digitalisierung, dem Home Office, einer guten Anbindung des Neubaugebiets an die öffentlichen Verkehrsmittel oder in der grundsätzlichen Entscheidung, ein suffizienteres Leben zu führen, gefunden werden.

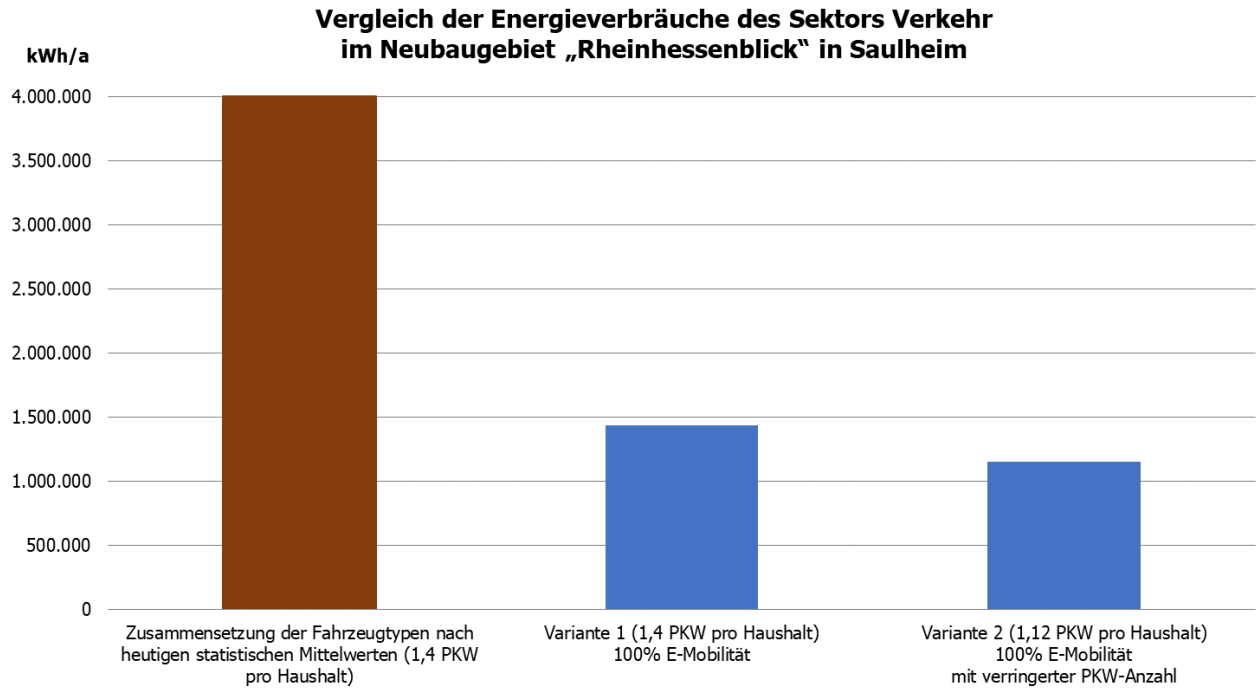



**Abbildung 3-7 Energieverbräuche des Sektors Mobilität im Neubaugebiet**

Es zeigt sich, dass die Energieeffizienz des Fuhrparks im Neubaugebiet mit der derzeitigen Zusammensetzung der Fahrzeugtypen (Basisvariante) deutliche Nachteile gegenüber einer vollelektrisierten Flotte mit der gleichen Anzahl an Fahrzeugen hat (Variante 1). Eine Verringerung der PKW-Anzahl pro Haushalt kann zu einem leichten Absinken der Energieverbräuche im Neubaugebiet führen.

In der Folge erscheint es sinnvoll zu prüfen, mit welchen planerischen Instrumenten das Neubaugebiet auf dem Weg zu einer vollelektrisierten Fahrzeugflotte unterstützt werden kann und welche Festsetzungen helfen können, eine günstige Umgebung für eine verringerte PKW-Anzahl pro Haushalt zu schaffen. Die Bundespolitischen Maßnahmen im Sektor Verkehr wirken sich hier auch aus und wirken vor Ort.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 3.5 $CO_2$e-Emissionsbilanz

Eine ökologische Bewertung der Vergleichsvarianten im Bereich der Mobilität erfolgt mit einer $CO_2$e-Emissionsbilanz. Dazu werden spezifische Emissionen herangezogen (GEMIS, 2019). Die Bilanz wird als Summe für das gesamte Neubaugebiet aufgestellt.

Verwendete $CO_2$e-Kennwerte:

- Benzin: 261 g/kWh
- Diesel: 281 g/kWh
- Strom konventionell (Netzstrom): 384 g/kWh$_{el}$
- Öko-Strom: 30 g/kWh$_{el}$

Die Ergebnisse der Emissionsbilanz in ihrer absoluten Höhe überraschen in Anbetracht der Tatsache nicht, dass die vorangegangene Energiebilanz die Basis dieser Berechnungen bildet. So zeigte sich schon zu diesem Zeitpunkt, dass eine Vollelektrisierung des Fuhrparks (Varianten 1, und 2) des Neubaugebiets zu deutlichen Vorteilen gegenüber dem fossil dominierten Basisszenario im Bereich der Energieeffizienz führen kann. Demgegenüber bringt eine Reduktion der PKW-Anzahl pro Haushalt nur geringe Vorteile mit sich.

Der bestimmende Faktor der Emissionsbilanz kann folglich in der Menge der benötigten Energie gefunden werden. So wirkt der hohe Energieverbrauch im fossil geprägten Basisszenario „Weiter so" (rund 4,95 Mio. kWh) so nachteilig, dass die günstigeren $CO_2$e-Kennwerte der Kraftstoffe Benzin und Diesel gegenüber dem $CO_2$e-Kennwert des konventionellen Netzstroms nicht in der Lage sind, diesen Nachteil auszugleichen.

Die ökologische Bewertung der Stromverbräuche in den Varianten 1 und 2 bringt eine Problematik mit sich. Im Gegensatz zur Installation von PV-Anlagen, die über den § 9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB abgesichert werden können, existiert keine Möglichkeit, die Anwohner zu verpflichten, einen Ökostromtarif zu nutzen. Diese Betrachtung wäre als Best-Case zu betrachten.

Im Gegensatz dazu steht die Verwendung des Emissionsfaktors des konventionellen Netzstroms. Dieser stellt den Worst-Case dar und unterliegt der Annahme, dass die heutige Emissionsbelastung des deutschen Strommixes über die gesamte Nutzungszeit konstant bleibt. Allerdings bildet dies nicht die Realität ab, da der deutsche Strommix mit einer fortschreitenden Stromwende emissionsärmer wird und die Emissionen im Laufe der Zeit abnehmen. In der Folge muss in diesen Ergebnissen der Worst-Case gesehen werden, sie sind in den Abbildungen dargestellt.

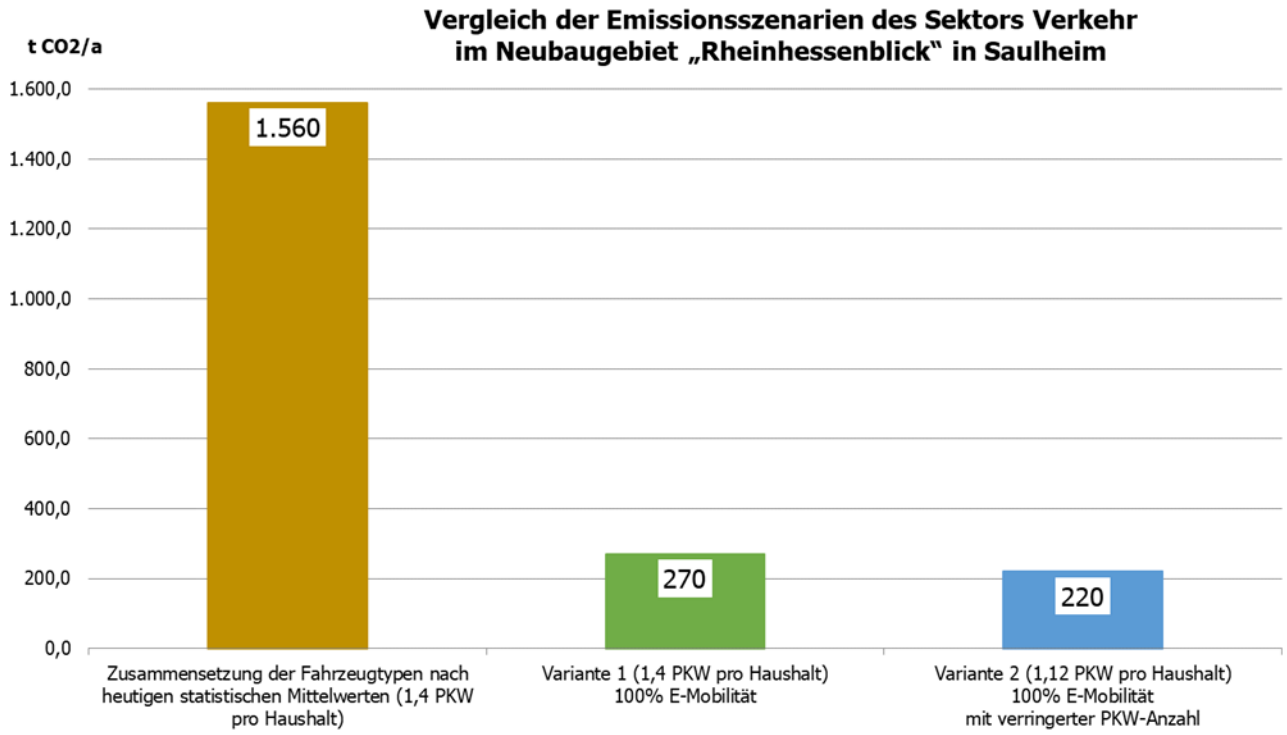



**Abbildung 3-8 Emissionen des Sektors Mobilität im Neubaugebiet**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

## 3.6 Fazit

Die Betrachtungen zeigen, dass der Energieverbrauch aber auch die Emissionen im Falle der Vollelektrisierung der Fahrzeugflotte des Neubaugebiets gegenüber einer fossil geprägten Basisvariante deutlich gesenkt werden können. Vor dem Hintergrund der langfristigen Nutzungsperspektive des Neubaugebiets erscheint es daher sinnvoll, Fragen der Elektromobilität bei der weiteren Planung bereits heute mitzudenken:

- Kann der Bebauungsplan genutzt werden, um einen Beitrag zu leisten, eine flächendeckende Ladeinfrastruktur durch Ladepunkte im öffentlichen Bereich zu verfolgen?
- Besteht die Möglichkeit, auf den Einbau von Leerrohren für das zukünftige Laden von Elektrofahrzeugen auf den Baugrundstücken einzuwirken?

Im Falle der vollelektrisierten Vergleichsvarianten 1 (1,4 PKW pro Haushalt), 2 (1,12 PKW pro Haushalt) zeigte die Emissionsbilanz, dass die Wahl des Stromtarifs, einen erheblichen Einfluss auf die Treibhausgasintensität des Neubaugebiets haben kann. Da die Wahl des Stromtarifs den Bauenden aber freigestellt ist und auf Seiten der Gemeinde keine Möglichkeit besteht, leitend zu wirken, können in der Folge ausschließlich Sensibilisierungsmaßnahmen in diesem Bereich verfolgt werden.

Eine weitere Verminderung der Energieverbräuche und der Emissionen, kann durch die Verringerung der Anzahl von Fahrzeugen pro Haushalt erreicht werden. Im Vergleich zum Schritt weg von der fossil geprägten Mobilität und hin zur Vollelektrisierung sind die Auswirkungen dieses Bereichs jedoch verhältnismäßig gering. In der Folge können die örtlichen Gegebenheiten im Umkreis des Neubaugebiets begünstigend wirken, wenn Maßnahmen der Vermeidung und Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs verfolgt werden sollen. Hier besteht bereits heute ein ganzer Strauß möglicher Maßnahmen, die sich in der Praxis bereits bewährt haben, um eine Emissionsminderung auf der Kurzstrecke zu bewirken. Hierfür bedarf es allerdings ein weitergehendes, proaktives Vorgehen der Gemeinde.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

# 4 Das klimafreundliche Neubaugebiet

Wie der Blick auf die potentiellen Emissionen im Kapitel 2.5 gezeigt hat, entstehen erhebliche Emissionen durch das Neubaugebiet, wenn die benötigten Reststrommengen durch konventionellen Netzstrom gedeckt werden sollen. Es ist bekannt, dass die Gemeinde bei der Wahl des Stromtarifs ausschließlich sensibilisierend wirken kann. Diese Perspektive vernachlässigt jedoch den Sachverhalt, dass erhebliche Strommengen der lokalen PV-Anlagen, die zum Zeitpunkt der Erzeugung nicht lokal verbraucht werden können, in das Energieversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung eingespeist werden. Entsprechend den Regelungen des „Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien" (EEG 2023) hat dieser Strom eine besondere Behandlung bei der Einspeisung durch die Netzbetreiber zu erfahren. So heißt es im § 11 Abs. 1 S. 1 EEG 2023: „Netzbetreiber müssen vorbehaltlich des § 13 des Energiewirtschaftsgesetzes den gesamten Strom aus erneuerbaren Energien oder aus Grubengas, der in einer Veräußerungsform nach § 21b Absatz 1 veräußert wird, unverzüglich vorrangig physikalisch abnehmen, übertragen und verteilen." Diese Regelung hat zur Folge, dass es im Stromerzeugungsmix Deutschlands zu Veränderungen kommt, wenn zum Zeitpunkt x ein Strom-Angebot aus erneuerbaren Energien besteht (z.B. Überschussstrom der PV-Anlagen des Neubaugebietes). Aufgrund des Einspeisevorrangs der erneuerbaren Energien scheiden in der Folge andere Energieträger zum Zeitpunkt x des Bestehens des Angebots erneuerbaren Stroms aus dem Markt aus. In der Vergangenheit war dies in erster Linie die Erzeugung aus Stein- bzw. Braunkohlekraftwerken im Kondensationsbetrieb (Umweltbundesamt, 2020). Vor allem im Falle von KWK-Anlagen ist es üblich, Einsparungen, sowohl der Primärenergie, als auch von Emissionen mittels Gutschrift-Verfahren zu ermitteln. Das Gebäudeenergiegesetz stellt hierzu in der Anlage 9 Emissionsfaktoren bereit. Der Verdrängungsstrommix wird hierbei mit 860 g $CO_2$-Äquivalenten pro kWh bewertet. Da die vorliegende Studie jedoch Emissionsfaktoren der Datenbank GEMIS verwendet, wurde als Alternative der Emissionsfaktor heimischer Steinkohle-Kraftwerke als Alternative zum Verdrängungsstrom nach dem GEG herangezogen. Dieser Faktor beziffert die $CO_2$-Äquivalente pro kWh in Höhe von 838 g. Für die Menge des Überschussstroms der PV-Anlagen des Neubaugebiets wurde nun eine „Gutschrift" berechnet die der $CO_2$-Menge entspricht, die im Referenzprozess der Stromproduktion des Steinkohle-Kraftwerks entstehen würde. In der Folge wurde diese „Gutschrift" für den substituierten Verdrängungsstrom von der durch den Reststrombedarf verursachten $CO_2$-Menge abgezogen, sodass die verbleibende $CO_2$-Menge die Klimawirkung des Neubaugebiets beschreibt.

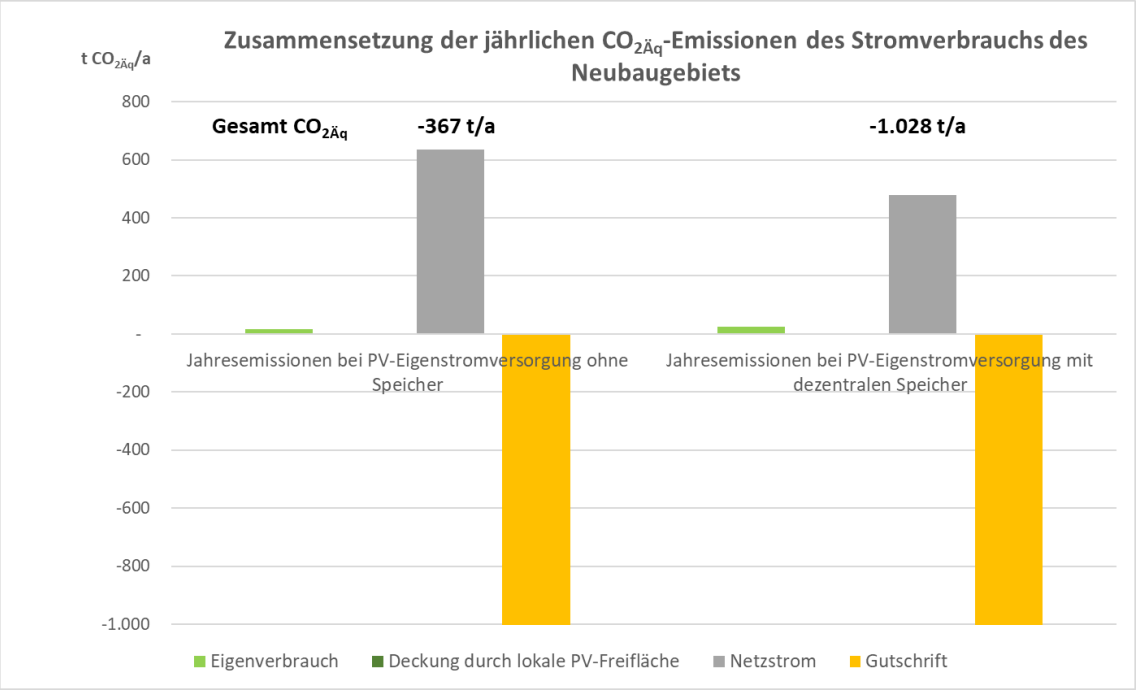



**Abbildung 4-1 Emissionen des gesamten Neubaugebiets bei einer Integration in das gesamtdeutsche Energiesystem**

Zeigte sich im Vorangegangenen, dass sowohl dezentrale Speichersysteme als auch ein zentraler Speicher zielführend sein können, um möglichst hohe Strommengen lokal zu verbrauchen und auf diesem Weg die Stromnetze zu entlasten, so zeichnet die hier genutzte Perspektive ein anderes Bild. Soll das Leitbild eines möglichst treibhausgasneutralen Neubaugebiets verfolgt werden, so erscheint eine möglichst hohe Menge des in das Energieversorgungsnetz der allgemeinen Versorgung einzuspeisenden Stroms der zielführendste Weg, um möglichst geringe Gesamtemissionen zu erreichen. Dies kann auf den Umstand zurückgeführt werden, dass die Betrachtungsperspektive nun einen Blick auf das Neubaugebiet eingebettet in das gesamtdeutsche Energiesystem wirft. In der Folge kommt der rechtlich bindende „Vorfahrtsanspruch des Stroms aus erneuerbaren Energien" zum Tragen und führt dazu, dass andere emissionsintensivere Marktteilnehmer bei einer Verfügbarkeit des Stroms aus erneuerbaren Energien ihren Strom nicht mehr zur Verfügung stellen können, um die Strombedarfe zu decken. Die Emissionsgutschrift für die Substitution dieses Stroms führt nun zu einer Konstellation bei der die Höhe der Gutschrift, die Emissionen für den Reststrombedarf übersteigt und in der Folge zu negativen Emissionen in der Variante mit einer PV-Eigenstromversorgung ohne Speicher führen kann. Unter den getroffenen Annahmen ist es rechnerisch möglich ein Emissionsdefizit von ca. minus -1.080 t $CO_2$-Äquivalente pro Jahr zu erreichen und damit bilanziell weniger als Null zu emittieren.

Die Grundvoraussetzung für ein klimaneutrales Neubaugebiet ist damit eine möglichst hohe Nutzung der Solarstromerzeugung. Durch die Verbrauchs-Sektorenkopplung wird für den Zielzustand eine strombasierte Wärmeversorgung und Mobilität der Bewohner:innen angenommen; damit bleibt die Basis der klimafreundlichen Energieversorgung und das wichtigste Instrument:

**„Macht die Dächer voll!"**

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

# 5 Literaturverzeichnis


Agora Verkehrswende. (2008). *Baustellen der Mobilitätswende. Wie sich die Menschen in Deutschland fortbewegen und was das für die Verkehrspolitik bedeutet.* Berlin.

Becker, S., & Rudolf, C. (29. 06 2017). *Das Potenzial von Lastenrad-Sharing für nachhaltige Mobilität: Erste Nutzerstudie der Freien Lastenräder*. Von https://dein-lastenrad.de/images/b/b2/FactSheet-Nutzerstudie_v3.pdf abgerufen

Bergk, F., Knörr, W., & Lambrecht, U. (2017). *Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen - Teilbericht des Projekts „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs 2050".* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

BMVI. (Februar 2019). *Ergebnisbericht; Mobilität in Deutschland.* Abgerufen am Juni 2021 von http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf

BMWi. (4. August 2017). Änderungen der Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Brahms, F. (2020). Konkretisierung der Anforderungen an eine Kundenanlage i. S.d. § 3 Nr. 24 a EnWG im Nachgang zum Beschluss des BGH (12.11.2019, EnVR 65/18). *Zeitschrift des Institus für Energie- und Wettbewerbsrecht in der (4)*, S. 162-170.

Bundesministerium der Finanzen. (15. Dezember 2000). *AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV").* Abgerufen am 15. Mai 2017 von http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Bundesministerium für Umwelt-Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2021). *Klimapakt Deutschland*. Von https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimapakt_deutschland_bf.pdf abgerufen

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (Juli 2015). Familienmobilität im Alltag - Herausforderungen und Handlungsempfehlungen. Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, B. u. (2013). *Bericht der Bundesregierung hinsichtlich des Sachstandes der Änderungen von Rechtsnormen im Hinblick auf Carsharing.*

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2022). *Förderung für energieeffiziente Gebäude der KfW vorläufig gestoppt - Bundesregierung ordnet Förderung und gesetzliche Standards für Neubau neu* . Von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Meldung/2022/20220124-foerderung-fur-energieeffiziente-gebaude-durch-kfw.html abgerufen

Bundesverband CarSharing e. V. (bcs). (2016). *CarSharing im innerstädtischen Raum – eine Wirkungsanalyse.* Berlin.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. (2017). *Wärmewende im Zeichen der Sektorkopplung.* Von https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/waermepumpe/07_Publikationen/Sonstige/BWP_Positionspapier-Sektorkoppelung_2018-04.pdf abgerufen

Bundesverband Wärmepumpe e.V. (28. 10 2022). *Zahlen & Daten zu Absatzzahlen und Marktanteilen.* Von https://www.waermepumpe.de/presse/zahlen-daten/ abgerufen

BVD New Living GmbH & Co. KG. (2021). *Ludwigshöhviertel - Basisinformationen für Wohngruppen*. Von https://www.ludwigshoehviertel.de/db_downloads/content/prospekt-basisinformationen-wohngruppen.pdf abgerufen

Clearingstelle EEG KWKG. (2023). *Clearingstelle EEG KWKG*. Von https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/haeufige-rechtsfrage/237 abgerufen

Deutscher Bundestag. (2011). *Drucksache 17/6072 - Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung.*

Deutscher Bundestag. (2017). *Drucksache 18/12355 - Entwurf eines Gesetzes zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes.*

Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V. (2016). *Was ist schneller auf der letzten Meile: Lastenrad oder Auto?*

Europäisches Parlament. (14. 09 2022). *Parlament unterstützt Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien und Energieeinsparungen .* Von https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20220909IPR40134/parlament-unterstutzt-forderung-der-nutzung-erneuerbarer-energien abgerufen

GEMIS. (September 2019). GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) Version 5.0 - Stand: 09/2019.

Institut für Mobilitätsforschung. (2011). *Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher.* München.

KBA. (2020). *Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2020 nach Bundesländern und ausgewählten Kraftstoffarten absolut.* Abgerufen am Juni 2021 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz_b_umwelt_archiv/2020/2020_b_umwelt_dusl.html?nn=2601598

Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen. (2023). *Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen*. Von https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/themen/strom/photovoltaik/EEG-2023.php abgerufen

Kords, M. (2021). *Anzahl der Neuzulassungen von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb in Deutschland nach Modell im Jahr 2020*. Von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/209647/umfrage/anzahl-verkaufter-elektroautos-in-deutschland/ abgerufen

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Nobis, C., & Kuhnimhof, T. (2018). *Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht.* Bonn, Berlin: im Auftrag des BMVI.

Prof. Giel. (4. April 2017). Kalte Nahwärme ist kein Wiederspruch sondern eine Chance. *Vortrag am 12. Gebäudeenergietag Rheinland-Pfalz an der TH Bingen*. Bingen.

Quaschning, V. (2021). *Erneuerbare Energien im Klimaschutz - Hintergründe, Techniken und Planung, Ökonomie und Ökologie, Energiewende.* München: Carl Hanser Verlag.

Schnabel, F. (2020). *Energiekonzepte mit Quartierspeichern: Handlungsmöglichkeiten für Kommunen - Quartierspeicher im Multi-Use zwischen Nutzen vor Ort und Mehrwert fürs Energiesystem*. Von https://www.esquire-projekt.de/fileadmin/esquire/Datein/Pr%C3%A4sentation_Frieder_Schnabel.pdf abgerufen

Statista. (2021). *Anzahl der Neuzulassungen von Personenkraftwagen mit Elektroantrieb in Deutschland nach Modell im Jahr 2020.* Abgerufen am Juni 2021 von https://de.statista.com/statistik/daten/studie/209647/umfrage/anzahl-verkaufter-elektroautos-in-deutschland/

Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (31. 12 2020). *Datentabelle: Bevölkerungsstand (Gemeindeebene)*. Von http://geodaten.statistik.rlp.de/mapbender/stala/showdatasheet.php?lingo=deutsch&tab_id=258 abgerufen

Umweltbundesamt. (2020). *Hintergrund November 2020 - Status quo der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland - Sachstandspapier.* Von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/hgp_statusquo_kraft-waermekopplung_final_bf.pdf abgerufen

Universität Kassel. (2007). *Zukunft des ÖPNV im ländlichen Raum – Planung und Betrieb vor dem Hintergrund der demografischen Wandels, Schlussbericht.* Kassel.

Valentin Software. (2023). *Die Planungs- und Simulationssoftware für Photovoltaik-Systeme.* Abgerufen am 2021 Juni von https://valentin-software.com/produkte/pvsol-premium/

VCD Verkehrsclub Deutschland e.V. (2020). *Auto teilen statt besitzen* . Von https://www.vcd.org/artikel/auto-teilen-statt-besitzen/ abgerufen

Wawer, T., Griese, K.-M., Halstrup, D., & Ortmann, M. (kein Datum). Stromspeicher im Quartier. *Z Energiewirtsch 42 (3)*, S. 225-234.

ZEIS. (28. November 2018). Zukunftsfähige Energieinfrastruktur. *Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Energie, Ernäherung und Forsten vom 28 November 2018 (1083)*. Ministerialblatt der Landesregierung Rheinland-Pfalz.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# 6 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| a | Jahr |
| BAFA | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie |
| $CO_2$ | Kohlenstoffdioxid |
| $CO_2e$ | Kohlenstoffdioxid-Äquivalent<br>(carbon dioxide equivalent, nach ISO 14067-1 Pre-Draft) |
| EFH | Einfamilienhaus |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| EWS | Erdwärmesonde |
| g | Gramm |
| Index f | Endenergie, DIN V 18599 |
| Index Hi | Heizwert (lat. interior) |
| Index Hs | Brennwert (lat. superior) |
| Index th | Wärme |
| Index el | elektrische Energie |
| kNW | kalte Nahwärme |
| kWh | Kilowattstunden |
| kW | Kilowatt |
| L/W-WP | Luft/Wasser-Wärmepumpe |
| $m^2$ | Quadratmeter |
| MWh | Megawattstunden |
| NB | Netzbetreiber |
| NBG | Neubaugebiet |
| PV | Photovoltaik |
| RH | Reihenhaus |
| S/W-WP | Sole/Wasser-Wärmepumpe |
| t | Tonne |
| THG | Treibhausgase |

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com



PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# Anhang

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# Rechtliche Stellungnahme im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebietes "Rheinhessenblick" in Saulheim

Im Auftrag der ITB gGmbH

Prof. Dr. jur. Gerhard Roller

8.12.2023

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

**Inhalt**

1 Einleitung ..... 3
2 Möglichkeit einer verbindlichen Festsetzung von PV Anlagen ..... 3
2.1 Rechtsgrundlage ..... 3
2.2 Städtebauliche Gründe ..... 3
2.3 Abwägung ..... 4
2.4 Verhältnismäßigkeit ..... 5
2.5 Festsetzungsentwurf ..... 6
2.6 Ausnahmeklausel ..... 7
2.7 Weitere Empfehlung ..... 7
3 Verbindliche Nutzung eines zentralen Nahwärmenetzes ..... 7
3.1 Öffentliche Einrichtung ..... 8
3.2 Klima- und Ressourcenschutz als Grund des Anschluss- und Benutzungszwanges ..... 9
3.2.1 § 109 Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) als Rechtsgrundlage ..... 9
3.2.2 Notwendigkeit konkreter Klimagutachten? ..... 10
3.2.3 Verhältnismäßigkeit ..... 11
3.3 Notwendigkeit einer eigenständigen Satzung ..... 12
4 Festsetzung der Erdsonden ..... 12
4.1 Flächenfestsetzung nach Nr. 12 ..... 12
4.2 Festsetzung nach Nr. 13 ..... 13
5 Zusammenfassende Empfehlungen ..... 14

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com
PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

# 1 Einleitung

Diese rechtliche Stellungnahme erfolgt im Rahmen des von der Transferstelle Bingen (TSB) durchgeführten Projektes „Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebietes `Rheinhessenblick´ in Saulheim" und wurde von der ITB gGmbH am 13.11.2023 beauftragt. Im Folgenden wird die rechtliche Zulässigkeit der Festsetzung einer PV Pflicht im Bebauungsplan (unten Kapitel 2) sowie die Zulässigkeit eines Anschluss- und Benutzungszwangs für eine Kalte Nahwärmeversorgung (Kapitel 3) und die Festsetzung eines Erdsondenfeldes auf einer öffentlichen Fläche (Kapitel 4) geprüft. Abschließend werden zusammenfassende Empfehlungen gegeben (unten 5).

# 2 Möglichkeit einer verbindlichen Festsetzung von PV Anlagen

Für die Rechtmäßigkeit einer Festsetzung im Bebauungsplan bedarf es zunächst einer gesetzlichen Grundlage (nachfolgend 2.1.). Die Festsetzung muss darüber hinaus aus städtebaulichen Gründen erfolgen (2.2), dem Abwägungsgebot gerecht werden (2.3) und im Rahmen der Abwägung für die jeweils Betroffenen auch verhältnismäßig sein (2.4).

## 2.1 Rechtsgrundlage

§ 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB ist grundsätzlich als Rechtsgrundlage geeignet, um PV Anlagen auf Dächern im B-Plan verbindlich vorzuschreiben. Nach dieser Vorschrift kann der Einbau von Anlagen und Einrichtungen festgesetzt werden, in denen erneuerbare Energien erzeugt, genutzt oder gespeichert werden können oder die einen Anschluss an externe Anlagen dieser Art technisch ermöglichen oder erleichtern.[1] Im vorliegenden Fall geht es um Photovoltaikanlagen und mithin um Anlagen zur Erzeugung von erneuerbaren Energien.

## 2.2 Städtebauliche Gründe

Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 BauGB müssen grundsätzlich durch städtebauliche Gründe gerechtfertigt sein. Dieser Begriff ist im Gesetz selbst nicht definiert. Er ergibt sich aber indirekt aus den Aufgaben und Zielen der Bauleitplanung. Diese Ziele, die in § 1 Abs. 5 BauGB beschrieben sind, werden von der Gemeinde selbst im Rahmen ihres planerischen Ermessens für das Plangebiet konkretisiert. Stehen die Festsetzungen mit dem von der Gemeinde verfolgten städtebaulichen Konzept in Einklang und ist dieses Konzept durch die Ziele der Bauleitplanung gerechtfertigt, so liegen auch städtebauliche Gründe im Sinne des Gesetzes vor.

Im vorliegenden Fall dient die Festsetzung in erster Linie dem Klimaschutz. Es ist heute unstrittig, dass das Baugesetzbuch den globalen Klimaschutz sowie die Klimaanpassung

---

1 *Schrödter/Möller*, Baugesetzbuch, Kommentar, 9. Aufl. 2019, § 9 Rn. 175.

2 Vgl. Ernst/Zinkahn/Bielenberg/Krautzberger/*Wagner*, Baugesetzbuch, Stand: 143. EL August

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

als Ziel verfolgt.[2] Spätestens seit der sog. "Klimaschutznovelle" 2011 ist sowohl der Klimaschutz als auch die Klimaanpassung als städtebauliches *Ziel* und *Abwägungsbelang* in die Planung integriert.[3] Aufgabe der Bauleitplanung ist somit auch, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.[4] Es geht heute nicht mehr darum, ob Gemeinden Klimaschutz betreiben *dürfen*, sondern in welchem Umfang sie dies *müssen*.

Der erforderliche städtebauliche Bezug ist somit gegeben, wenn die Gemeinde den Klimaschutz als städtebauliches Ziel verfolgt und die entsprechende Festsetzung mit den Klimaschutzzielen in Einklang steht.

Vorliegend hat der Ortsgemeinderat Saulheim in seiner Sitzung vom 19.8.2020 den Beschluss gefasst, das Neubaugebiet "Rheinhessenblick" als ein pilothaftes, klimaneutrales Neubaugebiet zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurde unter anderem eine Machbarkeitsstudie für das zugehörige Energiekonzept ausgeschrieben und hierfür die Landesförderung "Zukunftsfähige Energieinfrastruktur" in Anspruch genommen. Das städtebauliche Konzept zielt somit eindeutig darauf ab, im konkreten Fall ein klimaneutrales Baugebiet zu entwickeln. Dieses Ziel steht im Einklang mit den dargelegten Zielen des Baugesetzbuches.

Zudem fügt sich diese Zielvorstellung in das von der Verbandsgemeinde Wörrstadt verfolgte Klimaschutzkonzept ein, wonach der gesamte Energiebedarf durch erneuerbare Energien gedeckt werden soll.[5]

Schließlich verfolgt das Land die Zielsetzung, bis 2030 die Erzeugungskapazität der Fotovoltaik um jährlich 500 MW zu steigern.[6] Auch mit diesen Zielen steht die Planung in Einklang.

Es ist somit festzuhalten, dass die hier verfolgte Planung zur Verankerung einer PV-Pflicht eine klare Grundlage in der städtebaulichen Konzeption der Gemeinde hat, das Baugebiet an Klimaneutralität zu koppeln. Der städtebauliche Bezug ist damit hinreichend dargetan.

## 2.3 Abwägung

Im Rahmen der Abwägung sind die betroffenen öffentlichen und privaten Belange untereinander zu einem gerechten Ausgleich zu bringen. Zunächst sind die Belange zu ermitteln und sodann zu bewerten, § 2 Abs. 3 BauGB.

---

2 Vgl. Ernst/Zinkahn/Bielenberg/Krautzberger/*Wagner*, Baugesetzbuch, Stand: 143. EL August 2021, § 1a Rn. 286.

3 Vgl. § 1 Abs. 5 BauGB: "Die Bauleitpläne sollen (...) dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern (...)". Sowie § 1a Abs. 5 BauGB wonach "den Erfordernissen des Klimaschutzes (..) sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden."

4 Ernst/Zinkahn/Bielenberg/Krautzberger/*Söfker*, Baugesetzbuch, Stand: 143. EL August 2021, § 9 Rn. 197a.

5 https://www.vgwoerrstadt.de/Bauen-Umwelt-Wirtschaft/Klimaschutz-Energie/Klimaschutz/

6 Gesetzentwurf zur Änderung des Landessolargesetzes, Dr. 18/6910 vom 12.7.2023.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Das Abwägungsgebot setzt nach der Rechtsprechung zunächst voraus, dass eine Abwägung überhaupt stattfindet, sodann dass in die Abwägung an Belangen eingestellt wird, was nach Lage der Dinge in sie eingestellt werden muss und schließlich dass weder die Bedeutung der betroffenen öffentlichen und privaten Belange verkannt noch der Ausgleich zwischen ihnen in einer Weise vorgenommen wird, die zur objektiven Gewichtigkeit einzelner Belange außer Verhältnis steht.[7]

Die abzuwägenden Belange ergeben sich insbesondere aus § 1 Abs. 6 BauGB. Für eine Festsetzung der PV Pflicht können dabei folgende öffentlichen Belange ins Feld geführt werden:

(1) Die PV Pflicht dient der nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung und dem Klimaschutz (§ 1 Abs. 5, § 1a Abs. 5 BauGB), hier insbesondere der Erreichung der Klimaneutralität des Neubaugebietes "Rheinhessenblick". Generell kann davon ausgegangen werden, dass im Fall der Nutzung des Solarstroms im Neubaugebiet mit weit aus geringeren spezifischen Emissionen pro Kilowattstunde verbrauchten Stroms zu rechnen ist.

(2) Schließlich erfüllt die Festsetzung auch die städtebauliche Aufgabe der Nutzung erneuerbarer Energien (§ 1 Abs. 6 Nr. 7 f BauGB) und leistet einen Beitrag zur schadstofffreien Stromproduktion und Luftreinhaltung (§ 1 Abs. 6 Nr. 7 a und e BauGB).

Demgegenüber sind andere öffentliche Belange und private Belange, die der Festsetzung entgegenstehen könnten, abzuwägen. Der Festsetzung entgegenstehende andere *öffentliche* Belange sind nicht ersichtlich. Die privaten Belange der Eigentümer sind insoweit betroffen, als mit der Errichtung der Anlage Investitionskosten verbunden sind, die zu einer Steigerung der Baukosten führen. Dieser Aspekt ist im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung zu berücksichtigen.

## 2.4 Verhältnismäßigkeit

Der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit verlangt nach ständiger Rechtsprechung, dass eine Maßnahme geeignet, erforderlich und zumutbar sein muss.

Dass eine PV Pflicht geeignet wäre, das Ziel der Klimaneutralität des Baugebiets zu befördern, ist evident, denn durch den erzeugten und selbst verbrauchten sowie eingespeisten Solarstrom werden $CO_2$ Emissionen eingespart. Auch an der Erforderlichkeit dürfte es keine vernünftigen Zweifel geben, da nur die Umsetzung aller für das Baugebiet möglichen Klimaschutzmaßnahmen zu einem Erfolg in Richtung Klimaneutralität führen kann und insoweit keine weniger einschneidenden Mittel zur Verfügung stehen. Die Alternative, die Errichtung von PV Anlagen der freiwilligen Entscheidung der Eigentümer zu überlassen würde das Ziel nicht in gleicher Weise erreichen können.

Bei der Beurteilung der Verhältnismäßigkeit (im engeren Sinne, also der wirtschaftlichen Zumutbarkeit für die Einzelnen) sind die Mehrkosten für die Eigentümer einerseits mit den durch die Festsetzung verfolgten Gemeinwohlziele andererseits miteinander abzuwägen. Dabei ist es nicht von vornherein unzulässig, dass eine Festsetzung zu gewissen Mehrkosten führt. Vielmehr sind diese in Bezug zu setzen zu

---

7 BVerwGE 34, 301 (309); 45, 309 (314 f.).

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

den Gemeinwohlvorteilen, die mit der entsprechenden Festsetzung verbunden sind. Diese bestehen hier insbesondere in dem Beitrag zur $CO_2$ Reduzierung, womit die Gemeinde Saulheim ihrer Verantwortung gerecht wird, die mit der Planung grundsätzlich ermöglichte Emission klimaschädlicher Gase zu reduzieren. Geringfügige Mehrkosten führen daher noch nicht zur Unverhältnismäßigkeit sofern die Gemeinwohlvorteile überwiegen. In der Literatur werden hier Werte im Bereich zwischen 3,6 %[8] und 5 % der Investitionskosten (bei Amortisation auch darüber hinaus) als gerechtfertigt angesehen. Diese würden im hier vorliegenden Fall deutlich unterschritten.

Es ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass sich die Investition in eine PV Anlage im Laufe der Nutzungsdauer amortisiert und daher insgesamt von einem wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen ausgegangen werden kann. Neben der Höhe der Investitionskosten muss daher auch die Möglichkeit der Amortisation mit berücksichtigt werden.[9] Erst diese Betrachtung führt zu einer angemessenen Beurteilung der dem Einzelnen tatsächlich auferlegten Zusatzbelastung.

Die in der Machbarkeitsstudie für einige Haustypen des Neubaugebietes berechneten Amortisationszeiten weisen dabei auf eine gute wirtschaftliche Vertretbarkeit hin.[10] Dies gilt auch für die Variante 1a, bei der nicht die Eigentümer, sondern der Netzbetreiber zentral die Wärmepumpen betreibt und daher die Eigentümer nicht den Vorteil des Eigenverbrauchs des PV Stroms für die Wärmepumpen realisieren können.[11] Auch wenn man die in der statischen Amortisation nicht berücksichtigten Kapitalzinsen für eine Fremdfinanzierung (mit 3 %) mit berücksichtigt, so ergeben sich Amortisationszeiten, die deutlich unter dem Abschreibungszeitraum liegen.

Insgesamt erscheint daher auch unter Berücksichtigung gewisser Unsicherheiten in Bezug auf die Strompreisentwicklung., dass für das Plangebiet ein wirtschaftlicher Betrieb von PV Anlagen auf Gebäuden möglich sein wird.

Daher genügt die hier beabsichtigte Festsetzung zur PV Pflicht grundsätzlich auch dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz.

## 2.5 Festsetzungsentwurf

Im Vorentwurf des B-Plans vom 31.10.2023 ist folgende Festsetzung enthalten:

| |
|---|
| A 12.3 Solaranlagen<br>Auf den Dachflächen sind Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von mind. 5 kWp zu installieren. Es wird empfohlen, einen Batteriespeicher zu installieren. |

8 *Grigoleit/Klanten*, Möglichkeiten einer Solarpflicht, NVwZ 1-2/2022, S. 32. Diese Zahl orientiert sich an der Rechtsprechung zum Planschadensrecht des § 42 BauGB, wobei die Anlehnung an das Planschadensrecht aber zweifelhaft erscheint, da die PV Anlage nicht zu einer "Wertminderung" des Grundstücks führt, sondern im Gegenteil zu einer Werterhöhung im Hinblick auf die klimaneutrale und – unter Berücksichtigung der Amortisationszeit – im Ergebnis auch kostengünstigen Erzeugung.

9 So auch *Grigoleit/Klanten*, S. 35.

10 TSB, Durchführbarkeitsstudie zur Energieversorgung des Neubaugebiets "Rheinhessenblick", Auftraggeber Ortsgemeinde Saulheim, (im Folgenden zitiert als *Machbarkeitsstudie)*, Tabelle 1-24, S. 67.

11 Vgl. *Machbarkeitsstudie* Tabelle 1-24, S. 67.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Die vorgeschlagene Festsetzung enthält eine Mindestleistung der Anlage. Es ist fraglich, ob diese Vorgabe notwendig ist, da die Dimensionierung der Anlage in der Regel von dem Ziel bestimmt sein wird, das wirtschaftliche Optimum im Einzelfall zu erreichen. Nach den Berechnungen in der Machbarkeitsstudie wäre zumindest im Falle der EFH in der Variante 1a bereits eine Anlagengröße von 3,3 kwp ausreichend um die wirtschaftlich sinnvollste Abdeckung zu erreichen. Es sollte daher auf eine Mindestleistung verzichtet werden. Dies erhöht die Flexibilität für die Eigentümer und ist gleichwohl hinreichend bestimmt.

### 2.6 Ausnahmeklausel

Um im Hinblick auf verbleibende Unsicherheiten der wirtschaftlichen Entwicklung das rechtliche Risiko zu minimieren, könnte in den B-Plan eine Härtefallklausel aufgenommen werden, um für atypische Fälle, bei denen aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen eine Anlage nicht installiert werden kann, eine Ausnahme zu erteilen.

### 2.7 Weitere Empfehlung

Die Dächer könnten teilweise mit weiteren Volleinspeisemodulen belegt werden, die über die für den Eigenbedarf notwendigen Überschusseinspeiseanlagen hinausgehen.[12] Für diese sollte angesichts möglicher Unsicherheiten der wirtschaftlichen Vertretbarkeit angesichts der geringeren Einspeisevergütung keine Festsetzung, sondern lediglich eine Empfehlung im B-Plan erfolgen.

## 3 Verbindliche Nutzung eines zentralen Nahwärmenetzes

Der Ortsgemeinderat Saulheim hat in seiner Sitzung vom 15.11.2023 die Versorgung des Neubaugebietes mit einem kalten Nahwärmenetz beschlossen.[13] Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist dabei Voraussetzung, dass alle Grundstücke dem Netz angeschlossen werden.

Die Festlegung einer verpflichtenden Nutzung eines kalten Nahwärmenetzes kann über den in der Gemeindeordnung vorgesehenen sogenannten "Anschluss- und Benutzungszwang" erreicht werden. Grundlage ist § 26 der rheinland-pfälzischen Gemeindeordnung. Nach dieser Vorschrift können die Gemeinden bei Vorliegen eines öffentliches Bedürfnisses durch Satzung für Grundstücke ihres Gebiets den Anschluss unter anderem auch an Fernheizung und von Heizungsanlagen an bestimmte Energieversorgungseinrichtungen und die Benutzung dieser Einrichtungen vorschreiben.

§ 26 Gemeindeordnung Rheinland-Pfalz macht die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges von dem Vorliegen eines öffentlichen Bedürfnisses abhängig. Hierzu hat das OVG Koblenz bereits in einer älteren Entscheidung festgestellt, dass für die Anordnung eines Anschluss- und Benutzungszwangs lediglich „vernünftige Gründe des Gemeinwohls“ erforderlich seien.[14] Hierzu zählen nach Auffassung des OVG auch

---

12 *Machbarkeitsstudie*, S. 37.

13 Vgl. auch B-Plan Vorentwurf der MVV Regioplan GmbH vom 30.10.2023, Festsetzung A.12.2.

14 OVG Koblenz, Urt. v. 11.12.1979, 10 C 10/79.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Gründe der Wirtschaftlichkeit. So ist es zulässig zu berücksichtigen, dass ein wirtschaftlich sinnvoller Betrieb eines aus Umwelt- und Klimaschutzgründen vorgesehenen Nahwärmesystems nur bei einer entsprechenden Anschlussdichte verwirklicht werden kann.[15]

## 3.1 Öffentliche Einrichtung

Ein Anschluss- und Benutzungszwang kann nur für eine "öffentliche Einrichtung" festgesetzt werden.[16] Grundsätzlich besteht jedoch eine Wahlfreiheit der Kommune in Bezug auf die Form, in der sie ihre öffentlichen Einrichtungen betreibt und es liegt in ihrem Ermessen, öffentliche Aufgaben wie z. B. die Energieversorgung, auch in den Formen des Privatrechts zu erfüllen.[17] Eine Übertragung auf Private ist aber an besondere Voraussetzungen geknüpft, insbesondere daran, dass die Gemeinde einen wesentlichen Einfluss auf die Entscheidungen des Privaten behalten muss.

Bei der Übertragung der Aufgabe der Wärmeversorgung des Baugebiets auf einen privaten Betreiber kommen verschiedene Varianten in Betracht. Vorliegend ist dazu noch keine Entscheidung gefallen. In allen Contracting Modellen kommt es aus rechtlicher Sicht aber darauf an, dass die Gemeinde auf wesentliche Fragen Einfluss hat und ein sogenanntes "Letztentscheidungsrecht" behält.

Die Gemeinde muss einen "maßgeblichen Einfluss auf die wesentlichen Fragen der Betriebsführung" haben.[18] Hierzu gehören unter anderem Regelungen, die "die Zugangsansprüche des Personenkreises (...) gewährleisten sowie die Ausgestaltung der Benutzungsverhältnisse und die weitere betriebliche Entwicklung vorgeben können".[19] Wesentliche Entscheidungen zur technischen Umgestaltung der bestehenden Fernwärmeversorgungsanlage und Erweiterungen muss die Gemeinde letztverbindlich bestimmen können.[20] Nicht entscheidend ist demgegenüber in wessen Eigentum die zur Nutzung bereitgestellten Gegenstände der öffentlichen Einrichtung sind.[21] So könnte das Erdwärmenetz auch im Eigentum eines oder mehrerer Privater sein.

Weiterhin wird von der Rechtsprechung teilweise verlangt, dass der Bestand der Einrichtung gegenüber den "Kunden" auch dauerhaft gesichert sein muss. Daher muss bei einer vertraglichen Übertragung auf Dritte darauf geachtet werden, dass eine

---

15 So auch *Dreibus/Neutz/Beucher/Nauheim-Skrobek*, Die Kommunalgesetze für Rheinland-Pfalz, GemO, 7. Erg.Lf. Dezember1997, § 26, S. 3.

16 *Oster/Nies*, in: Höhlein/Schaaf/Stubenrauch/Dietlein, PdK RhPf, GemO Rh.-Pf., März 2007, § 26 Nr.7.

17 VG Neustadt an der Weinstraße Urt. v. 7.4.2014, 4 K 726/13.NW, BeckRS 2014, 49642; http://www.landesrecht.rlp.de/jportal/portal/t/7qe/page/bsrlpprod.psml?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&doc.id=MWRE150001110&doc.part=L.

18 OVG Magdeburg, Urt. v. 8.4.2008, 4 K 95/07, NVwZ-RR 2008, 810 (811). Ähnlich OVG Lüneburg, Beschl. v. 11.12.2012, 10 ME 130/12, BeckRS 2012,60829. Für Rheinland-Pfalz vgl. auch Oster/Nies, in: Höhlein/Schaaf/Stubenrauch/Dietlein, PdK RhPf, GemO Rh.-Pf., März 2007, § 26 Nr.7 sowie die Entscheidung des VG Neustadt, oben Fn. 17.

19 OVG Magdeburg, Urt. v. 8.4.2008, 4 K 95/07, NVwZ-RR 2008, 810 (811).

20 Vgl. auch OVG Münster, Beschl. v. 13.3.2018,, KommJur 2018, 303; OVG Magdeburg, Urt. v. 21.3.2018, BeckRS 2018, 13014, Rn. 28 ff.

21 OVG Lüneburg, Beschl. v. 18.8.2015 – 9 LA 1/14, NVwZ-RR 2015, 946 (Rn. 7).

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

zeitliche Sicherung der Gesellschaft im Außenverhältnis vereinbart wird. Eine Vertragslaufzeit von 10 Jahren, nach denen dann die Verträge mit den Beziehern der Energie gekündigt werden können, ohne dass die Gemeinde dies mitentscheiden kann, reicht dazu nicht aus.[22]

Die Rechtsprechung verlangt schließlich auch eine Preis- und Mißbrauchskontrolle hinsichtlich Entgelterhöhungen und Regelungen über den Fortbestand der Benutzungsrechte im Fall der Insolvenz. Die Gemeinde muss die Möglichkeit haben, im Falle des Missbrauchs der dem privaten Betreiber eingeräumten Monopolstellung zu intervenieren. Bloße Mitspracherechte der Gemeinde reichen dazu nicht aus. Auch Formulierungen im Betreibervertrag, die Parteien hätten sich über derartige Fragen "abzustimmen", sind nach Auffassung des VG Göttingen nicht ausreichend. [23]

Es ist daher zwingend notwendig, dass die Gemeinde mit dem Betreiber der zentralen Nahwärmeversorgung entsprechende Verträge abschließt. Die genauen Formulierungen, die in den jeweiligen Verträgen getroffen werden müssten, hängen von dem konkreten Modell ab und sind nicht Gegenstand dieser rechtlichen Stellungnahme. Der Gemeinderat sollte aber, wenn sich ein konkretes Betreibermodell abzeichnet, einen Grundsatzbeschluss fassen und die Verwaltung beauftragen, bei der Vertragsgestaltung das hier beschriebene "Letztentscheidungsrecht" der Gemeinde sicherzustellen.[24]

## 3.2 Klima- und Ressourcenschutz als Grund des Anschluss- und Benutzungszwanges

### 3.2.1 § 109 Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) als Rechtsgrundlage

Nach § 109 des Gebäude-Energie-Gesetzes (GEG) können die Gemeinden auch aus Gründen des Klima- und Ressourcenschutzes einen Anschluss- und Benutzungszwang festlegen, unabhängig davon, wie die landesrechtliche Ermächtigungsgrundlage in der Gemeindeordnung formuliert ist.

Das Bundesverwaltungsgericht hat mit Urteil vom 8.9.2016[25] entschieden, dass die wortgleiche Vorläufernorm zu § 109 GEG, § 16 EEWärmeG, eine bundesrechtliche Befugnisnorm darstelle, die jede Begründung eines Anschluss- und Benutzungszwangs an ein Netz der öffentlichen Fernwärme- oder Fernkälteversorgung zum Zwecke des

---

22 VG Göttingen, ebd. S. 5.

23 VG Göttingen, Beschl. v. 27.11.2019, 3 B 179/19 sowie gleichlautend 3 B 181/19, Amtl. Umdruck S. 5.

24 So ist auch die Stadt Göttingen verfahren, Vgl. Vorlage FB66/0431/1, Beschluss des Rates vom 13.12.2019:
"Zugleich wird die Verwaltung ermächtigt, zum Betrieb der öffentlichen Anlagen i.S.v.Ziff. 2.) mit dem Betreiber der Anlagen einen Betreibervertrag abzuschließen. In diesem ist u.a. zu regeln, dass
- Art und Umfang der betriebenen Anlagen der Nahwärmeversorgung
- der Zeitpunkt ihrer Herstellung, Erweiterung und Erneuerung
- Art und Zustand des genutzten Wärmeträgers einschl. der Bestimmung der Qualitäten des Heizmaterials von der Stadt Göttingen im Sinne eines Letztentscheidungsrechtes festgelegt werden. Ferner muss dieser Betreibervertrag Regularien zum Ausschluss einer missbräuchlichen Preisgestaltung enthalten." https://www.goettingen.de/rathaus/oeffentliche-sitzungen/.

25 BVerwG, Urt. v. 8.9.2016, – 10 CN 1/15, NVwZ 2017, S. 61.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Klima- und Ressourcenschutzes erfasse, ohne Rücksicht darauf, ob er das globale Gesamtklima oder das lokale Kleinklima betreffe.

### 3.2.2 Notwendigkeit konkreter Klimagutachten?

Das Bundesverwaltungsgericht hat auch entschieden, dass der Anschluss- und Benutzungszwang im Regelfall keine Begutachtung der konkreten gesamtklimatischen Auswirkungen voraussetzt. Diese Frage ist unter dem Gesichtspunkt der Eignung der Maßnahme für die Verhältnismäßigkeit relevant (unten 3.2.3). Ausreichend – aber auch erforderlich – ist, dass die Fernwärmeeinrichtung den (technischen) Anforderungen des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes bzw. des GEG genügt, denn dann

> "begründet dies eine unwiderlegliche gesetzliche Vermutung, dass der Anschluss- und Benutzungszwang von Gebäuden an eine solche Einrichtung zum Klima- und Ressourcenschutz geeignet ist."[26]

Ein einzelfallbezogenes Klimagutachten ist nur dann erforderlich, wenn die Einrichtung nicht den Anforderungen des Gesetzes genügt. Die Einhaltung der Anforderungen des Anhangs ist nachzuweisen. Die Gemeinde muss sich bei Beschlussfassung über den Anschluss- und Benutzungszwang über das Vorliegen der Voraussetzungen im Klaren sein.[27]

Für ein kaltes Nahwärmenetz müssen die speziell für die Geothermie normierten Anforderungen erfüllt sein, die in § 37 GEG normiert sind. Anforderungen an die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe sind *nicht* in das neue GEG übernommen worden. [28]

Maßgeblich ist somit nur noch die Anforderung aus § 37 GEG selbst, die lautet:

> "Die Anforderung nach § 10 Absatz 2 Nummer 3 ist erfüllt, wenn durch die Nutzung von Geothermie, Umweltwärme oder Abwärme aus Abwasser, die mittels elektrisch oder mit fossilen Brennstoffen angetriebener Wärmepumpen technisch nutzbar gemacht wird, der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50 Prozent aus den Anlagen zur Nutzung dieser Energien gedeckt wird."

Wie sich aus der amtlichen Begründung zu dieser Vorschrift ergibt, muss der Deckungsanteil am Wärme- und Kälteenergiebedarf durch die Anlagen zur Nutzung der Geothermie und Umweltwärme, also insbesondere durch die Wärmepumpe, nicht aber durch deren Einsatzstoff (z. B. Gas bei gasbetriebenen Wärmepumpen) gedeckt werden. Dies ist vorliegend gegeben, da die Wärmepumpe den Wärmebedarf der Gebäude ausschließlich deckt, so dass die Anforderungen des GEG erfüllt sind. Die Anforderungen des GEG werden auch von den anderen in der Machbarkeitsstudie untersuchten Varianten erfüllt.[29]

---

26 BVerwG, NVwZ 2017, S. 62, Rn. 17.

27 Hierzu VG Göttingen, Beschl. v. 27.11.2019, 3 B 179/19 sowie gleichlautend 3 B 181/19, Amtl. Umdruck S. 7 (nicht rechtskräftig).

28 Begründung zum GEG, BT-Dr. 19/16716, vom 22.1.2020, S. 132.

29 Vgl. *Machbarkeitsstudie*, Kap.1.2., S. 27.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 3.2.3 Verhältnismäßigkeit

Darüber hinaus muss der Anschluss- und Benutzungszwang für die Betroffenen *verhältnismäßig* sein. Die Maßnahme muss folglich geeignet, erforderlich und zumutbar sein.

Die *Eignung* eines kalten Nahwärmenetzes für den Klimaschutz ist ohne Zweifel gegeben. Wie oben dargelegt, sind auch die Anforderungen des GEG erfüllt. Angesichts des verfolgten städtebaulichen Ziels, das Baugebiet klimaneutral zu planen, ist auch eine Wärmeversorgung erforderlich, die nur zu minimalen $CO_2$ Emissionen führt.

Hinsichtlich der Zumutbarkeit für die einzelnen Eigentümer ergibt sich aus der Machbarkeitsstudie, dass die Kosten der Kalten Nahwärmenutzung im Plangebiet für die Eigentümer sogar unterhalb der Referenzanlage mit einer dezentralen Luft/Wasser-Wärmepumpe liegen.[30] Dabei sind allerdings bereits Förderungen einberechnet.[31] Es wird hier vorausgesetzt, dass diese auch tatsächlich realisierbar sind. Es ist zudem hervorzuheben, dass die spezifischen Wärmegestehungskosten der Kalten Nahwärme hier selbst ohne Förderung nur 2,6 ct über dem Basisszenario liegen würde.[32] Damit ist jedenfalls ein gewisser Puffer vorhanden für den Fall, dass die einberechneten Förderungen nicht in voller Höhe ausgeschöpft werden könnten.

Andere Wärmeversorgungssysteme (Gas) scheiden wegen der damit verbundenen zu hohen Treibhausgasemissionen aus, dies gilt auch für die in der Studie untersuchte Variante der Holzhackschnitzelanlage. Die Variante der warmen Nahwärmenutzung (Variante 2) ist zwar insgesamt deutlich günstiger.[33] Allerdings kommt diese Variante für das hier aus städtebaulichen Gründen beabsichtigte klimaneutrale Baugebiet nicht in Betracht, da die $CO_2$ Emissionen etwa 6 mal so hoch sind wie bei den Varianten der kalten Nahwärmenutzung und immerhin 3 mal so hoch wie im Basisszenario.[34] Auch wenn die Variante die Bedingungen des GEG erfüllt, erschiene unter diesen Umständen ein Anschluss- und Benutzungszwang für diese Variante schwer vermittelbar. Es kommt hinzu, dass die Entwicklung der Holzhackschnitzelpreise wesentlich unvorhersehbarer ist und die Gemeinde über keine eigenen Holzressourcen verfügt. Weitere Nachteile hinsichtlich Grundstücksbedarf, lokale Emissionen und Anlieferungsverkehr sowie fehlende Kühlung im Sommer kommen hinzu,[35] die in der Abwägung zu berücksichtigen sind. Es ist daher rechtlich nicht zu beanstanden, wenn diese Variante nicht weiter verfolgt wird.

Unter den dargelegten Umständen erweist sich insgesamt ein Anschluss- und Benutzungszwang für ein Kaltes Nahwärmesystem als verhältnismäßig. Für atypische Sonderfälle kann in der Satzung – wie dies generell üblich ist – eine entsprechende Ausnahmeregelung vorgesehen werden.

---

30 *Machbarkeitsstudie*, S. 17, unter Berücksichtigung von Unsicherheiten wird dort von einer wirtschaftlich gleichwertigen Lösung ausgegangen.

31 Im Einzelnen dazu: *Machbarkeitsstudie*, Kapitel 1.4.2.

32 *Machbarkeitsstudie* Tabelle 1-27, S. 70. Dies entspricht 5 % der Jahreskosten, vgl. ebd. S. 71.

33 *Machbarkeitsstudie* Tabelle 1-27, S. 70.

34 *Machbarkeitsstudie*, Tabelle 1-28, S. 73.

35 *Machbarkeitsstudie* S. 74

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

### 3.3 Notwendigkeit einer eigenständigen Satzung

Eine unmittelbare Festsetzung des Anschluss- und Benutzungszwangs im Bebauungsplan ist nicht möglich. Insofern ist die im Vorentwurf des B-Plans[36] unter C enthaltene Festsetzung so nicht ausreichend. Für die Umsetzung eines Anschluss- und Benutzungszwanges müsste daher eine eigenständige Satzung der Gemeinde aufgestellt werden. In den Bebauungsplan sollte dann diese Satzung gem. § 9 Abs. 6 BauGB nachrichtlich übernommen werden.

Es empfiehlt sich, neben der Anschlussberechtigung und der Anschluss- und Benutzungspflicht auch eine Ausnahmeregelung aufzunehmen um zwar unwahrscheinliche, aber ggf. auftretende Sonderfälle abzudecken. Ausnahmen sollten auch für die Nutzung (theoretisch möglicher) noch besserer klimaschützender Lösungen zugelassen werden.[37] Das OVG Lüneburg hatte in dem Göttinger Fall das Fehlen einer entsprechenden Klausel beanstandet.[38]

## 4 Festsetzung der Erdsonden

### 4.1 Flächenfestsetzung nach Nr. 12

Nach § 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB können Flächen für Anlagen und Einrichtung zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien festgesetzt werden.

Für das kalte Nahwärmenetz müssen Erdsonden ausgebracht werden. Die Erdsonden und die Leitungen können als Erzeugung bzw. Verteilung angesehen werden. Erfasst sind nämlich auch die Flächen, die für die Gewinnung der jeweiligen Versorgungsart notwendig sind.[39] Die Flächen, die für die Erdsonden erforderlich sind, könnten daher auf dieser Rechtsgrundlage festgesetzt werden.

Soweit die Erdsonden in Grünflächen ausgebracht werden, kann auch eine Festsetzung nach Nr. 15 in Betracht kommen. Grundsätzlich können Flächen auch durch andere Festsetzungen überlagert werden, d.h. die Flächen können auch auf der Grundlage der Nr. 12 und der Nr. 15 festgesetzt werden. Voraussetzung ist allerdings, dass die Zweckbestimmung als Grünfläche nicht beeinträchtigt wird. Insbesondere müssen die Grünflächen frei von fester Bebauung sein. Diese Voraussetzung wäre auch bei einer Nutzung als Erdsondenfeld gegeben.[40]

---

36 B-Plan Vorentwurf der MVV Regioplan GmbH vom 30.10.2023.

37 So auch die Formulierung im Plan Vorentwurf der MVV Regioplan GmbH vom 30.10.2023 unter C, 3. Absatz für Nullenergiehäuser, wobei es sich rechtstechnisch dann um eine "Ausnahme" im Sinne des § 31 Abs. 1 BauGB, nicht um eine "Befreiung" handelt.

38 Dies wurde bei der neuesten Fassung der Göttinger Satzung vom 18.3.2022 berücksichtigt, vgl. Stadt Göttingen, Beschlussorlage FA6/0482/21 vom 8.6.2021. Die Entscheidung des OVG wird dort erwähnt, ist aber nicht veröffentlicht.

39 *Mitschang*, Auswirkungen der Klimaschutz-Novelle auf die Kommunale Bauleitplanung, DVBl. 2012, 134 (138).

40 Ggf. sollten Festsetzungen hinsichtlich der zulässigen Bepflanzung gemacht werden, da Tiefwurzler weniger geeignet erscheinen, vgl. *Machbarkeitsstudie*, S. 31.

PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com
PDF-XChange Editor Click to BUY NOW! www.tracker-software.com

Zweifelhaft erscheint, ob auch eine Verträglichkeit mit der Nutzung einer Fläche als Regenrückhalte- und/oder Versickerungsfläche gegeben ist, dies müsste fachlich geklärt werden.

## 4.2 Festsetzung nach Nr. 13

Alternativ könnte eine Festsetzung aber auch auf der Grundlage der Nr. 13 erfolgen. Danach können "die Führung von oberirdischen oder unterirdischen Versorgungsanlagen und –leitungen" festgesetzt werden. Denn strenggenommen braucht es für die Erdsonden nicht die gesamte Fläche, sondern lediglich punktuelle Möglichkeiten der Absenkung in das Erdreich. Insofern wird hier nicht die gesamte Grundstücksfläche – schon gar nicht oberirdisch – benötigt. Die Anlagen müssen "Leitungscharakter" haben, dazu gehören "Schächte, Masten, Pumpe u.ä."[41] Hierunter lassen sich auch ohne weiteres die Erdsonden subsumieren. Die Festlegungen der Erdsondenschächte kann somit auch auf Grundlage der Nr. 13 erfolgen (auch in Kombination mit Nr. 15).

[41] *Mitschang/Reidt*, in: Battis/Krautzberger/Löhr, Baugesetzbuch, Kommentar, 14. Aufl. 2019, § 9 Rn. 75.

PDF-XChange Editor
Click to BUY NOW!
www.tracker-software.com

# 5 Zusammenfassende Empfehlungen

1. § 9 Abs. 1 Nr. 23 b BauGB ist grundsätzlich als Rechtsgrundlage geeignet, um PV Anlagen auf Dächern im B-Plan verbindlich vorzuschreiben.
2. Im vorliegenden Fall dient die Festsetzung in erster Linie dem Klimaschutz. Es ist heute unstrittig, dass das Baugesetzbuch als Ziel den globalen Klimaschutz sowie die Klimaanpassung verfolgt.
3. Die verfolgte Planung zur Verankerung einer PV-Pflicht hat eine klare Grundlage in der städtebaulichen Konzeption der Gemeinde, die das Baugebiet als pilothaftes Gebiet entwickeln will, das weitgehend klimaneutral ist. Der städtebauliche Bezug ist damit gegeben.
4. Die Festsetzung einer PV Pflicht für Überschusseinspeisemodule kann so gestaltet werden, dass sie dem Abwägungsgebot entspricht und für die Betroffenen auch verhältnismäßig ist, da sie erhebliche Gemeinwohlvorteile hat und die Anlagen sich innerhalb der Betriebszeit amortisieren.
5. Auf die Festsetzung einer Mindestleistung der Module sollte verzichtet werden.
6. Für weitere Volleinspeisemodule und Batteriespeicher sollte lediglich eine Empfehlung in den B-Plan aufgenommen werden.
7. Für ein zentrales Kaltes Nahwärmenetz kann auf der Grundlage der §§ 26 GemO, 109 GEG zum Schutze des Klimas ein sogenannter Anschluss- und Benutzungszwang durch eigenständige Satzung begründet werden.
8. Bei einem privaten Betreibermodell des Nahwärmenetzes muss die Gemeinde sicherstellen, dass sie für wesentliche Fragen der Betriebsführung ein "Letztentscheidungsrecht" behält. Dies ist durch entsprechende vertragliche Formulierungen sicherzustellen.
9. Der Gemeinderat sollte, sobald er sich für ein konkretes Betreibermodell entscheidet, einen Grundsatzbeschluss fassen und die Verwaltung beauftragen, bei der Vertragsgestaltung das Letztentscheidungsrecht der Gemeinde sicherzustellen.
10. Der Anschluss- und Benutzungszwang muss durch eine eigenständige Satzung begründet werden. Diese kann nachrichtlich in den B-Plan übernommen werden.
11. Die Erdsonden für das Kalte Nahwärmesystem können auf der Grundlage des § 9 Abs. 1 Nr. 12 und/oder 13 festgesetzt werden. Sie können mit anderen Nutzungen, z.B. als Grünfläche (Nr. 15) kombiniert werden.