

Machbarkeitsstudie klima- freundliche Energie für das Neubaugebiet „Hauptstr. – Böhler Str.“ in Dannstadt-Schauernheim

Eine Studie der:



Dieser Bericht stellt die Ergebnisse bis zur Einstellung der Studienarbeit
unklarer Fortschritt der Erschließungsplanung dar, Stand April 2023

aufgrund

Machbarkeitsstudie Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ (auch „In den Kratzbügen“) in Dannstadt-Schauernheim

Auftraggeber:

Ortsgemeinde Dannstadt-Schauernheim Frau Bürgermeisterin Manuela Winkelmann Am Rathausplatz 1 67125 Dannstadt-Schauernheim	Mail: Manuela.Winkelmann@og-daschau.vgds.de
---	--

Konzepterstellung:

Transferstelle Bingen (TSB) in der ITB gGmbH Berlinstraße 107a 55411 Bingen	
---	--

TSB-Projektnummer: 371605	Datum: 23.05.2023
----------------------------------	--------------------------

Darstellung bis zur Einstellung der Studienarbeit aufgrund unklarer Fortschritt der Erschließungsplanung, Stand April 2023

Projektleitung:

Joachim Walter	Telefon: 06721 / 98 424 250 Mail: walter@tsb-energie.de
----------------	--

Weitere Bearbeitung:

Özlem Aycicek



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

im

Institut für Innovation, Transfer und Beratung gGmbH

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	8
1 Klimafreundliche Energie für ein Neubaugebiet	9
1. Fazit und vorzeitiger Abbruch der Untersuchungen.....	9
2. Kurzerläuterung des geplanten Wärmenetzsystems.....	10
2 Wärme: Variantenvergleich und Potenzialabschätzung	23
Wärme: Grundlagenermittlung und Potenzialanalyse	24
Beschreibung des Baugebiets	24
Energieverbrauchsanalyse	25
Potenzielle Entwicklungen im Untersuchungsraum	28
Potenzialanalyse regenerativer Quellen.....	28
3. Wärme: Konzeptionierung.....	31
Technisches Konzept / Vordimensionierung	31
Energiebilanz.....	45
Primärenergiebilanz	47
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	48
CO ₂ e-Emissionsbilanz.....	- 58 -
Risikobeurteilung in Anlehnung an DIN ISO 31000 - 2018-10	- 60 -
Variante 2 – kalte Nahwärme.....	- 60 -
4. Fazit des Variantenvergleichs Wärme, Strom und der Potenzialabschätzung	- 63 -
Literaturverzeichnis	- 65 -
Abkürzungsverzeichnis	- 66 -
Anhang 1 – Strom-Konzeptstudie	- 68 -
1 Strom - Allgemeines	69
Aktueller Stand der Planungen.....	69
2 Strom: Entwicklung eines Geschäftsmodells	71
Kundenanlage	71
Quartiersmanager.....	72
3 Strom: Ermittlung des Quartier-Strombedarfs	73

Haushaltsstrom	73
Betriebsstrom aller Wärmepumpen innerhalb des Quartiers.....	74
Strombedarf der Ladeinfrastruktur bedingt durch Steigerung der Elektromobilität	75
Zusammenfassung / Bestimmung des Gesamtstrombedarfs	78
4 Strom: Regenerative Energieerzeugung (Integration von Photovoltaik).....	79
Sensitivitätsanalyse über den Ausbau an Photovoltaik.....	80
Wirtschaftlichkeitsbestimmung des Ausbaus an Photovoltaik	82
Strom: Zusammenfassung / Fazit.....	83
5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems	84
Einsatz des Batteriespeichersystems / Geschäftsfelder	85
Aktiver Börsenhandel (Optionsgeschäft)	86
Bereitstellung von Primärregelleistung	87
6 Strom: Durchführung der Jahressimulationen	90
Datengrundlage zur Durchführung der Jahressimulationen	90
Optimierung des Eigenbedarfs durch Aufnahme von PV-Überschussstrom	91
Reduktion der Lastspitze (PeakShaving)	93
Parallele Vermarktung des Batteriespeichersystems durch einen externen Vermarkter	93
Notstromversorgung	94
Auslegung des Batteriespeichers	94
7 Strom: Wirtschaftlichkeitsanalyse des Batteriespeichers	95
Investitions- und Betriebskosten	95
Wertschöpfungspotenziale.....	95
Durchführung einer statischen Amortisationsrechnung	95
8 Strom: Umweltauswirkungen.....	97
9 Strom: Zusammenfassung.....	98
1 Mob - Einleitung	101
2 Mob - Welche Mobilitätsbedarfe bestehen?	102
Örtliche Gegebenheiten.....	103
IST-Zustand	106
3 Mob - Wie können die Mobilitätsbedarfe gedeckt werden?	108
Mob: Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung.....	108
Förderung des Fuß- und Radverkehrs mit dem Fokus auf dem Bedarfsbereich Kinder	108

E-Lastenrad-Sharing	109
Car-Sharing.....	111
Car-Pooling	115
4 Mob – Motorisierter Individualverkehr	116
5. Mob: Strombedarf der Ladeinfrastruktur bedingt durch Steigerung der Elektromobilität	116
5 Mob - Bewertungsmatrix der Handlungsfelder	118
6 Mob - Regulatorik – Steuerungsmöglichkeiten im B-Plan.....	119
§ 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB – Elektrifizierung von Stellplätzen	119
§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB – Förderung alternativer Mobilitätsformen	120
§ 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB – Sicherung von Flächen für Ladeinfrastruktur	121
§ 9 Abs. 1 Nr. 22 BauGB – Elektrifizierte Gemeinschaftsstellplätze	122
Mobilität: CO₂e-Emissionsbilanz.....	123
Literaturverzeichnis - Mobilität	124

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Luftbild Plangebiet NBG „Hauptstraße - Böhler Straße“, Stadt Dannstadt-Schauernheim (Quelle: Geoportal RLP).....	11
Abbildung 1-2 Plangebiet NBG „Hauptstraße - Böhler Straße“, Stadt Dannstadt-Schauernheim Bebauungsabschnitte (Quelle: Kundenunterlagen – Geltungsbereich-In den Katzenbügen-Anlage 3/ Geoportal RLP) 12	
Abbildung 1-3 Ausschnitt aus dem Bebauungsplan Wohngebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ Dannstadt-Schauernheim, Stand September 2020 (veränderte Darstellung).....	12
Abbildung 1-3Wärmepumpe mit parallelen Heizungs-Pufferspeichern und natürlicher Kühlung (Quelle: Leitfaden Hydraulik, Hrsg.: Bundesverband Wärmepumpe e.V., Stand Februar 2019)	15
Abbildung 1-4 Schema der kalten Nahwärmeversorgung im Neubaugebiet (Quelle: eigene Darstellung)	16
Abbildung 1-6 Gegenüberstellung des Primärenergieverbrauchs	21
Abbildung 1-7 Gegenüberstellung der CO ₂ e-Emissionen.....	22
Abbildung 2-8 Ausschnitt aus dem Bebauungsplan Wohngebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ in Dannstadt-Schauernheim Bebauungsabschnitte 1 und 2, Stand September 2020 (veränderte Darstellung)	24
Abbildung 2-9 Ermittlung des Strombedarfs – gesamter Strombedarf des Quartiers (Folie 18), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).....	27
Abbildung 2-10 ...Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“, Stadt Dannstadt-Schauernheim - Entwurf zur Platzierung der Erdwärmesondenfelder; Karte entnommen: BBP Stadtplanung ▪ Landschaftsplanung, Entwurf vom 09.06.2022	30
Abbildung 2-11 ...Anlagenschema zur kalten Nahwärme mit zentralem Erdwärmesondenfeld (Quelle: Prof. Giel 2017)	33
Abbildung 2-12 Vorgesehene Grünflächen für die geplanten Erdwärmesondenfelder BBP Stadtplanung, Landschaftsplanung, Entwurf vom 09.06.2022	33
Abbildung 2-13 ...Lastgang des NBG unter Berücksichtigung von Wärmeentzug und Wärmeeintrag	36
Abbildung 2-14 ...Heizzentrale 3 D-Ansicht und Grundriss – warme Nahwärme.....	37
Abbildung 2-15 ...Integration von Photovoltaik – resultierender Lastgang des Quartiers bei maximalem PV-Ausbau (Folie 22), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-	

Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH, Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).38

Abbildung 2-16 Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: resultierender Netzbezug (Folie 26) (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatterie-speicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 39

Abbildung 2-17 Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: Autarkiegrad (Folie 25), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 40

Abbildung 2-18 Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: PV-Überschussstrom (Folie 26), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 40

Abbildung 2-19 ...Einsatz des Batteriespeichers – Optimierung des Eigenbedarfs – Netzbezug - (Folie 35), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 42

Abbildung 2-20 ...Einsatz des Batteriespeichers – Optimierung des Eigenbedarfs (Überschussstrom) (Folie 36), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 42

Abbildung 2-21 Einsatz des Batteriespeichers – Optimierung des Eigenbedarfs (Autarkiegrad) (Folie 37), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 43

Abbildung 2-22 ...Primärenergie für das gesamte Neubaugebiet 48

Abbildung 2-23 ...Wirtschaftlichkeit des Photovoltaikausbaus: statische Amortisationszeit (für Investor/ Quartiermanager) (Folie 30), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim', (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.))..... 51

Abbildung 2-24 ...CO₂e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet..... - 60 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1	Jahreskostenvergleich für das gesamte Neubaugebiet	18
Tabelle 2-1	Abschätzung des Wärmeverbrauchs im Neubaugebiet	25
Tabelle 2-2	Abschätzung des Stromverbrauchs im Neubaugebiet (Quartier)	27
Tabelle 2-3	Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit Luft/Wasser-Wärmepumpe	44
Tabelle 2-4	Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit Sole/Wasser-Wärmepumpe (kalte Nahwärme)	44
Tabelle 2-5	Energiebilanz eines Einfamilienhauses	45
Tabelle 2-6	Energiebilanz der Varianten für das gesamte Neubaugebiet	46
Tabelle 2-7	Energiebilanz der Variante 3 – warme Nahwärme	47
Tabelle 2-8	spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen	54
Tabelle 2-9	Abschätzung der Investitionskosten für eine kalte Nahwärme mit Erdwärmesondenfeld	55
Tabelle 2-10	Abschätzung der Investitionskosten für eine warme Nahwärme	55
Tabelle 2-11	Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet	56
Tabelle 2-12	Jahreskosten eines Einfamilienhauses aus Sicht der Gebäudeeigentümer	58
Tabelle 2-13	CO ₂ e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet	59

1 Klimafreundliche Energie für ein Neubaugebiet

Diese Machbarkeitsstudie untersucht die Energieversorgung für das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ in Dannstadt-Schauernheim in den Sektoren

- Wärmeversorgung der Gebäude
- Stromversorgung im Neubaugebiet
- Energie für Mobilität.

Aus den Untersuchungen in den drei Energie-Sektoren erfolgt die Betrachtung aus fachlich energetischer Sicht, mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der Versorgung, die Umweltwirkungen vor allem Treibhausgas-Emissionen und die notwendigen Umsetzungsschritte. Hinsichtlich der Umsetzung sollen

- eine rechtliche Stellungnahme zur Integration der Klimaschutzmaßnahmen in den Bebauungsplan und
- die Prüfung der geologischen Machbarkeit einer Geothermie-Nutzung

in die Machbarkeitsstudie (MBS) integriert werden.

Dieser Bericht stellt die Ergebnisse bis zur Einstellung der Studienarbeit aufgrund unklarer Fortschritt der Erschließungsplanung dar, Stand April 2023.

Fazit und vorzeitiger Abbruch der Untersuchungen

Im Rahmen der Untersuchungen und der Offenlage des B-Plans sind wichtige Themenfelder zur weiteren vertieften Bearbeitung entstanden, die die Umsetzbarkeit des Bebauungsgebietes in Frage stellen. In der Sitzung des Ortsgemeinderates vom 30.1.2023 wurden die Überlegungen abgewogen. Zu den Themenfeldern gehören neben der schwierigen Entwässerungsplanung, die Flächenanteile der öffentlichen Flächen für die Umlage und der Nachweis der streng geschützten Habenlerche im Plangebiet.

In einer gemeinsamen Diskussion mit der Verbandsgemeindeverwaltung, der Ortsgemeinde und der TSB wurde entschieden, **diese Machbarkeitsstudie nicht weiter fortzuführen.**

Für die notwendigen Überarbeitungen werden mehrere Jahre Dauer erwartet, so dass die Studienergebnisse erst danach aktualisiert werden können.

Die bisherigen Ergebnisse sind stichhaltig und wertvoll für die weitere Entwicklung von NBG in der Ortsgemeinde, allerdings kann eine Umsetzung der klimaneutralen Energieversorgung nicht ohne entschiedene Grundlage des B-Plans weitergeführt werden.

Die Untersuchungen zur klimafreundlichen Energie werden auf dem Stand von April 2023 gestoppt und dokumentiert. Bei einer späteren Umsetzung sind die Grundlagendaten zu aktualisieren.

Der vorliegende Bericht dokumentiert diesen Zwischenstand:

Auf Grundlage der vorliegenden Daten und geplanten Bebauung ist die Umsetzung einer kalten Nahwärme für das Neubaugebiet unter Einbeziehung einer Förderung die empfohlene Variante der Wärmeversorgung. Für die Realisierung der klimafreundlichen Stromversorgung ist vor allem auf die Umsetzung von Photovoltaik auf den Dächern zu achten. Eine gemeinsame Stromversorgung mit Quartiersbatterie müsste näher untersucht und ein Betreiber gefunden werden. Die Umsetzung ist energierechtliche anspruchsvoll.

Dieser Bericht stellt die Ergebnisse bis zur Einstellung der Studienarbeit aufgrund unklarer Fortschritt der Erschließungsplanung dar, Stand April 2023.

1. Kurzerläuterung des geplanten Wärmenetzsystems

Als ein Vorbild für ein möglichst klimafreundliches Wohngebiet wird für das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ eine kalte Nahwärmeversorgung entwickelt, die auf einer geothermischen Nutzung basiert. Die Besonderheit stellt ein passiver Betrieb des Netzes ohne zentrale Netzpumpe dar und ermöglicht eine besonders energieeffiziente zentrale Geowärmeversorgung eines neuen Wohngebiets. In dem Plangebiet ist noch keine Netzstruktur vorhanden, sodass ein neues Wärmenetz einschließlich der Erzeugung und Übergabe realisiert wird.

Lage und Standort

Das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ der Stadt Dannstadt-Schauernheim entsteht auf derzeit vorrangig landwirtschaftlich genutzten Flächen. Dieses befindet sich am südöstlichen Ortszugang von Dannstadt-Schauernheim südlich der Bielefelder Straße (L785) und östlich des angrenzenden Teutoburger-Wald-Weges. Das Neubaugebiet ist in zwei Teilflächen untergliedert: Bauabschnitt 1 und Bauabschnitt 2. Die Gesamtfläche des NBG „Hauptstraße - Böhler Straße“ umfasst insgesamt etwa 5,5 ha. Es ist eine Wohnbebauung mit Einfamilienhäusern, Doppelhaushälften, Reihen-, Mehrfamilienhäusern und Einfamilienhäusern mit Einliegerwohnung vorgesehen.



Abbildung 1-1 Luftbild Plangebiet NBG „Hauptstraße - Böhler Straße“, Stadt Dannstadt-Schauernheim (Quelle: Geoportal RLP)

Das NBG wird in zwei Baugebiete unterteilt und das Konzept für den Nordabschnitt betrachtet.

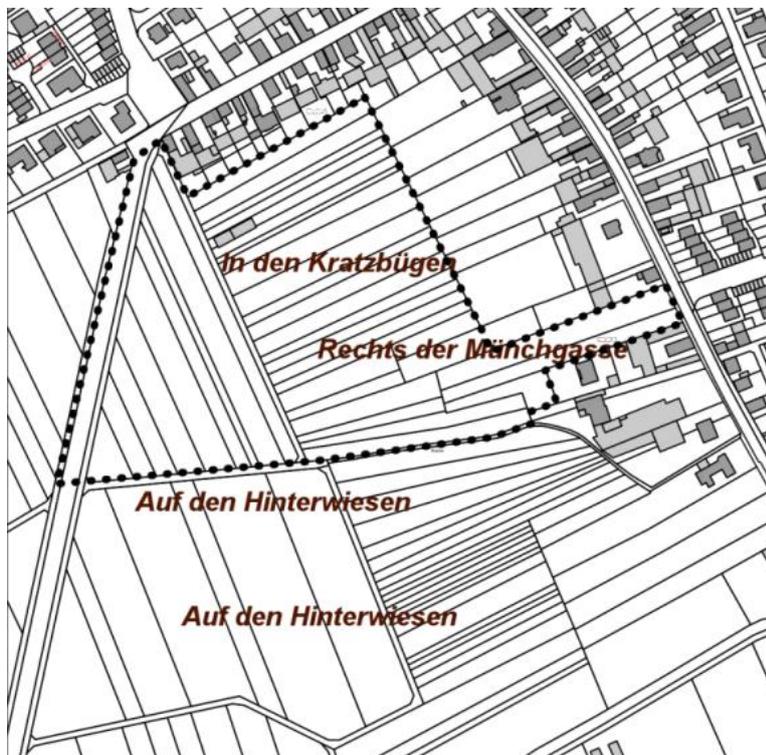


Abbildung 1-2 Plangebiet NBG „Hauptstraße - Böhler Straße“, Stadt Dannstadt-Schauernheim Bebauungsabschnitte (Quelle: Kundenunterlagen – Geltungsbereich-In den Katzenbügen-Anlage 3/ Geoportal RLP)

Aufgrund des vorliegenden Hanges besitzt das Neubaugebiet in Nordsüdausrichtung ein Gefälle von ungefähr 20 m (ca. 103 m ü. NHN). Die gesamte Höhenlage des Neubaugebietes wurde in Teilflächen von WA1 bis WA4 eingeteilt.



Abbildung 1-3 Ausschnitt aus dem Bebauungsplan Wohngebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ Dannstadt-Schauernheim, Stand September 2020 (veränderte Darstellung)

Das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ soll möglichst klimafreundlich realisiert werden. Der Bebauungsplan kann ermöglichen, dass vor allem klimafreundliche Technologien zur Wärmeversorgung umgesetzt werden und außerdem Photovoltaikanlagen installiert werden. Die Ortsgemeinde Dannstadt-Schauernheim hat die Aufgabe, eine klimafreundliche Wärmeversorgung für das Neubaugebiet zu entwickeln. Dazu wurden in dieser Machbarkeitsstudie verschiedene Varianten, auch zur Nahwärmeversorgung, gegenübergestellt.

Mindestgröße und -Varianten

Nach aktuellem Planungsstand des Bebauungsplans für das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ sind ca. 56 Bauplätze ausgewiesen.

Die Abnahmemenge ist auf den guten Energiestandard für Neubauten zurückzuführen, die in den nächsten Jahren errichtet werden. Er beruht auf dem Standard eines Effizienzhauses 40.

Die KfW-Förderung eines Effizienzhauses 55 ist Ende Januar 2022 eingestellt worden, eine Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes ist angekündigt, die den Förderstandard Effizienzhaus 40 als verpflichtenden Neubaustandard ab dem Jahr 2025 vorsieht.

Gemäß der Bundesförderung „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“ (ZEIS), nach den Förderlinien ZEIS-Wärme und ZEIS-Sektorenkopplung können Projekte mit zuwendungsfähigen Ausgaben ab 100.000 Euro gefördert werden. Die Projektbeschreibung zum Antrag auf Gewährung eines Zuschusses für eine Durchführbarkeitsstudie im Rahmen des Förderprogramms „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“ (ZEIS) wurde von der Ortsgemeinde Dannstadt-Schauernheim im Mai 2023 für eine Projektlaufzeit von 1. Juni 2021 bis 31. Dezember 2021 beantragt.

Eine Änderung des abgeschätzten Wärmeverbrauchs ist bedingt durch die mögliche Variation der Bebauung hinsichtlich Anzahl Gebäudetypen und Gebäudefläche möglich. Je nach Bebauung ist daher ohne weiteres mit einer Änderung des Wärmeverbrauchs von $\pm 10\%$ zu rechnen. Die Auswirkungen auf einen geänderten Wärmeverbrauch sind in der detaillierteren Betrachtung zu untersuchen.

Nach Vollbebauung des Neubaugebietes wird mit keinem nennenswerten Rückgang des Wärmeverbrauchs gerechnet, da ohnehin ein hoher Wärmedämmstandard einzuhalten ist und deswegen im ersten Sanierungszyklus in etwa 20 bis 40 Jahren mit keiner entscheidenden Verbrauchsminde- rung zu rechnen ist.

Innovation

Bei dem entwickelten Versorgungskonzept für das Neubaugebiet handelt es sich um eine innovative Lösung der Quartiersversorgung.

Aufgrund des insgesamt geringen Heizwärmebedarfs des Neubaugebietes und der durch die geplante Bebauung vorgegebenen relativ geringen Versorgungsdichte bietet ein passives kaltes Nahwärmenetz gegenüber der Basisvariante dezentrale Luft/Wasser-WP energetische und ökonomische Vorteile.

Der Vorteil eines passiven kalten Nahwärmenetzes besteht darin, dass keine Wärmeverluste entstehen. Das angrenzende Erdreich im Umfeld der Rohrleitungen dient als saisonaler Wärmespeicher. Unter dem Begriff der Passivität wird definiert, dass keine aktiven Komponenten wie z. B. Zirkulations- oder Zubringerpumpen in der kalten Nahwärme vorhanden sind. In jedem Gebäude wird eine dezentrale Sole/Wasser-Wärmepumpe als Schnittstelle zum kalten Nahwärmenetz installiert. Eine rekuperative Trennung zwischen kalter Nahwärme und Wärmepumpe ist nicht vorgesehen. Das Temperaturniveau der aus dem Erdreich kommenden Sole kann direkt in der Wärmepumpe eingesetzt werden. Ein Temperaturgefälle durch einen zusätzlichen Wärmeaustausch kann verhindert und damit eine höhere Effizienz erreicht werden. Die Wärmepumpen in den jeweiligen Nutzungseinheiten ziehen bei Bedarf über ihre Solepumpe die Energie direkt aus dem vorgelagerten Netz. Die Idee dabei ist, dass handelsübliche, in den Wärmepumpen verbaute Solepumpen eingesetzt werden.

Die kalte Nahwärme für das Neubaugebiet ist brennstofffrei konzipiert. In den Gebäuden werden dezentrale Sole/Wasser-Wärmepumpen installiert, die die kalte Nahwärme als Wärmequelle nutzen. Darüber hinaus ermöglichen Photovoltaikanlagen auf den Dächern der Neubauten einen Teil des selbst erzeugten Solarstroms für den Betrieb der Wärmepumpe, neben weiteren Stromverbräuchern im Haushalt und in der Mobilität, zu nutzen. Wird als verbleibender Netzstromverbrauch zertifizierter Grünstrom bezogen, werden ausschließlich erneuerbare Energien mit einem hohen Anteil an lokal erzeugter regenerativer Energie genutzt.

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 Wärmegewinne bringt. Dies bedeutet, dass beispielsweise neben einem Erdwärmesondenfeld auch das Netz thermisch im Gleichgewicht mit dem angrenzenden Erdreich steht und die Wärme der Umwelt aufnimmt. Eine größere Länge des Netzes bewirkt im Fall einer kalten Nahwärme also nicht zwingend eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit.

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 mit dem Ziel, eine homogene Temperatur im System sicherzustellen.

Im vorliegenden Projekt wird zum Vergleich gegenüber der Basisvariante mit Luft/Wasser-Wärmepumpen die Nutzung von Erdwärme durch Erdwärmesonden und die Nutzung von warmer Nahwärme durch einen Pelletkessel untersucht. In den letzten beiden Varianten werden diese an das Maschennetz angebunden.

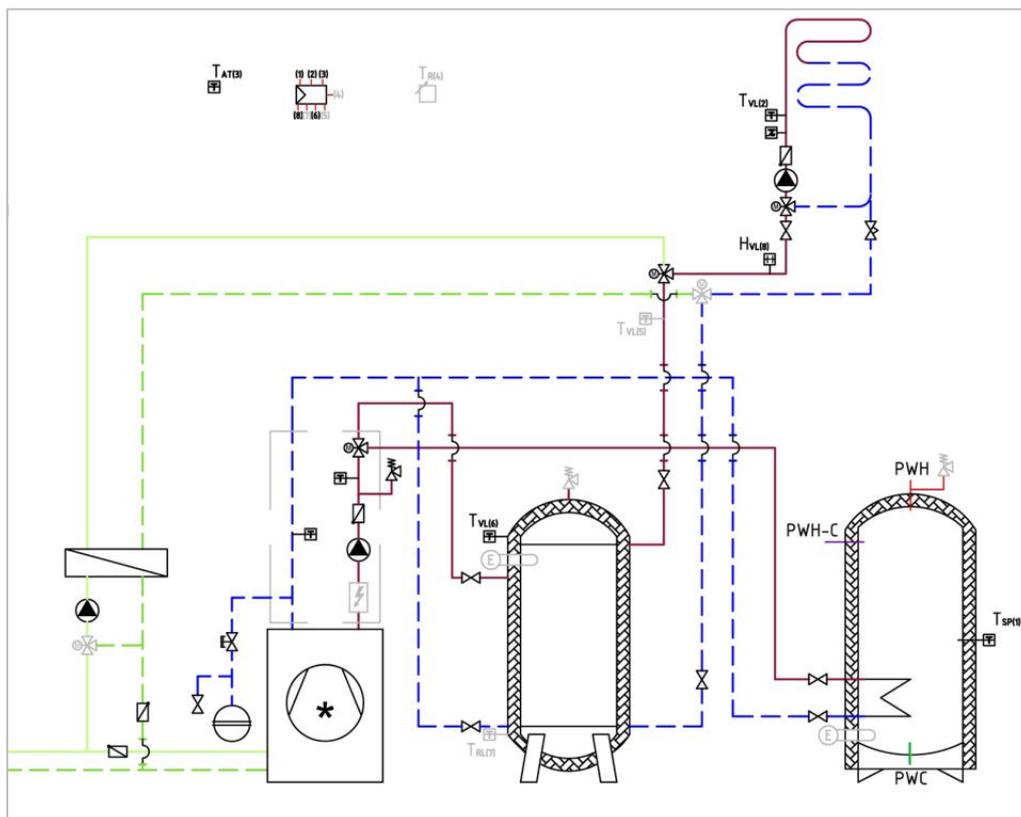


Abbildung 1-4 Wärmepumpe mit parallelen Heizungs-Pufferspeichern und natürlicher Kühlung
(Quelle: Leitfaden Hydraulik, Hrsg.: Bundesverband Wärmepumpe e.V., Stand Februar 2019)

Die Einspeisepunkte eines Erdwärmesondenfeldes können erst nach einem geologischen Gutachten konkretisiert und mit der Auswertung von Probebohrungen mit einem *Thermal-Response-Test* (kurz TRT) geplant werden. Mögliche Positionen für Erdwärmesonden wären etwa in den öffentlichen Grünflächen des Neubaugebietes. Für die warme Nahwärme muss eine Heizzentrale vorgesehen werden.

Je nach Kundenwunsch ist optional eine passive Temperierung der Neubauten über die kalte Nahwärme möglich, siehe Abbildung 1-4. Der Solekreis für Wärmepumpe und optionale Kühlung wird hierzu mit getrennten Pumpen und Rückschlagventilen ausgeführt, damit es zu keinen Überströmungen kommt. In Summe bietet eine solche gemeinsame erdgekoppelte Wärmeversorgung Vorteile gegenüber einer dezentralen Erdwärmesondenanlage eines einzelnen Gebäudes.

Erzeugerstruktur

Die Erzeugerstruktur basiert auf Geothermie als Energiequelle für die kalte Nahwärmeversorgung. Sie wird über Erdwärmesonden bzw. Erdwärmekollektoren erschlossen und über ein kaltes Nahwärmenetz zu den dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen in den Neubauten gebracht. Nicht nur zur Wärmeversorgung, sondern auch zur Temperierung der Gebäude wird die kalte Nahwärme genutzt. Das kalte Nahwärmenetz nimmt die aus der Gebäudetemperierung abgeführte Wärme auf. Sie steht als zusätzliche Wärmequelle im Netz für die angeschlossenen Wärmepumpen zur Verfügung. Die überschüssige Wärme wird über die Erdwärmesonden abgeführt und trägt somit zur Regeneration bei.

Auch das Netz steht mit dem Erdreich thermisch im Gleichgewicht und nimmt die Wärme der Umwelt auf. Es funktioniert als Erdwärmekollektor (saisonaler Speicher), der einerseits Erdwärme ins kalte Nahwärmenetz zuführt und andererseits überschüssige Wärme aus der Gebäudetemperierung ans Erdreich abführt.

Der Wärmepumpenbetrieb erfordert elektrische Energie, die teilweise mit Solarstrom von Photovoltaikanlagen auf den Neubauten bereitgestellt werden kann. Wird der übrige Stromverbrauch mit zertifiziertem Grünstrom aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen, ist eine vollständige regenerative Wärmeversorgung und Gebäudetemperierung möglich.

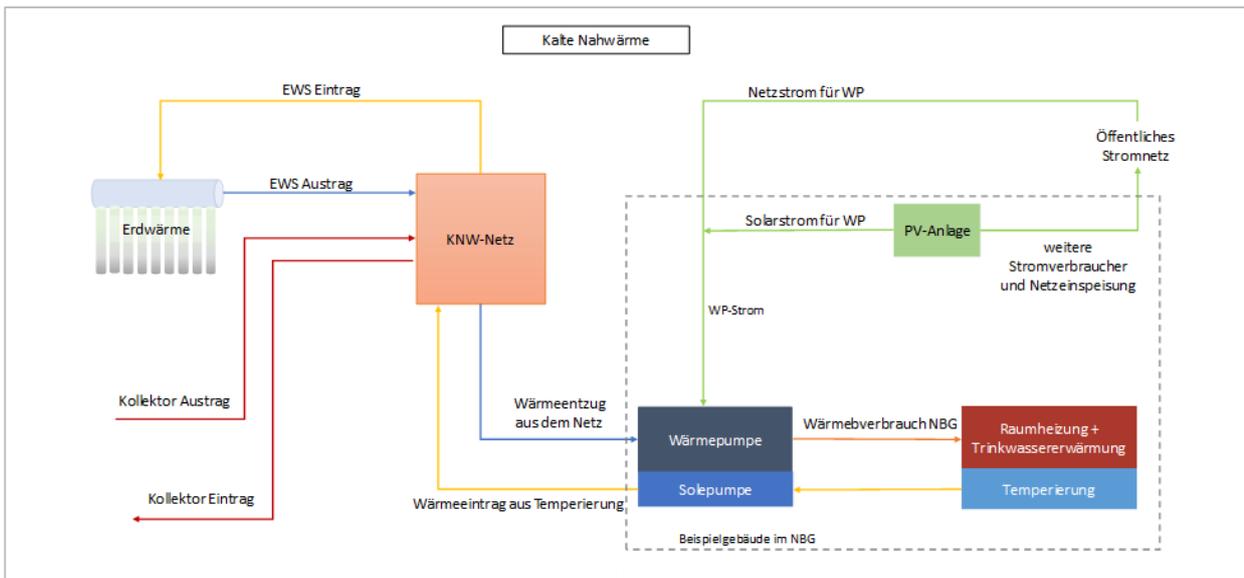


Abbildung 1-5 Schema der kalten Nahwärmeversorgung im Neubaugebiet (Quelle: eigene Darstellung)

Wirtschaftliche Tragfähigkeit

Zur wirtschaftlichen Bewertung einer kalten Nahwärmeversorgung (Variante 2) wurde ein Variantenvergleich aufgestellt. In der Basisvariante wurden dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpen (Variante 1) und eine warme Nahwärmeversorgung (Variante 3) betrachtet und den dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen mit der Energiegewinnung aus einem zentralen Erdwärmesondenfeld (Variante 2) gegenübergestellt. Für die Varianten mit einer gemeinsamen Wärmeversorgung wurde für das Baugebiet von einer 100 % Anschlussquote ausgegangen.

Neben der Kostenschätzung der Investitionen wurde eine (voll-) kostenbasierte Betrachtung angelehnt an die Annuitätsmethode aufgestellt.

In Variante 2 wurde für eine kalte Nahwärmeversorgung eine Förderung in Höhe von max. 40 % der Investitionskosten (Förderprogramm ZEIS) berücksichtigt. Die Förderung berücksichtigt die Investitionskosten des Erdwärmesondenfelds und des kalten Nahwärmenetzes. Die Förderung der Solewasser-Wärmepumpen der Hauseigentümer erfolgt über die BEG Förderung.

In Variante 1 hingegen wurde eine Förderung der Wärmepumpen nach dem Förderprogramm BEG berücksichtigt.

Zum aktuellen Zeitpunkt ist es möglich Fördergelder der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) in die Wirtschaftlichkeit einzubeziehen. Die Förderung durch BEW wird max. 40 % der Mehrinvestitionskosten (Wirtschaftlichkeitslücke) gegenüber einer Variante entsprechen. Für die Variante 1 mit dezentralen Luft/Wasser-Wärmepumpen ist die Förderung BEG über Effizienzhaus 55 ausgelaufen, wodurch keine Fördergelder mehr bezogen werden können. Bei Variante 3 wird ein Tilgungszuschuss der Pelletheizung von 35 % über die BEW berücksichtigt und ist

angelehnt an die Konditionen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) für das 3./4. Quartal 2021.

Die wesentlichen Ergebnisse in Summe für das gesamte Neubaugebiet sind in der Tabelle 1-1 zusammengefasst.

Tabelle 1-1 Jahreskostenvergleich für das gesamte Neubaugebiet

Wirtschaftlichkeit NBG alle Kosten inkl. Eigenanteil, Förderung und MwSt.		Variante 1 ¹ (Basisvariante) dez. Luft/Wasser-WP (BEG)		Variante 2 ² kalte Nahwärme mit EWS (ZEIS) mit dez. S/W-WP (BEG)		Variante 3 warme Nahwärme (BEW)	
		Netz- betreiber	Gebäude- eigentümer	Netz- betreiber	Gebäude- eigentümer	Netz- betreiber	Gebäude- eigentümer
Investition in zentrale Wärmeerschließung, Netz und zentrale Heiztechnik	€	0	0	1.255.495	0	1.348.214	232.000
Kapitalkosten in zentrale Wärmeerschließung, Netz und zentrale Heiztechnik	€/a	0	0	116.100	0	91.200	115786
Investition in dezentrale Wärmeerzeugung	€	0	1.727.000	0	921.220	0	0
Kapitalkosten in dezentrale Wärmeerzeugung	€/a	0	134.400	0	0	0	0
Verbrauchskosten Wärmeerzeugung	€/a	0	84.683	56.800	0	286.800	0
Verbrauchskosten Kühlung	€/a	0	15.549	2.610	0	0	0
Betriebskosten dezentral (Gebäude)	€/a	0	27.000	60.000	0	33.500	0
Betriebskosten zentral (Netzseitig)	€/a	0	0	0	0	0	0
Jahreskosten	€/a	261.631		232.900		411.500	

Die zentrale Wärmeversorgungsvariante (Variante 2), weist die niedrigsten Jahreskosten auf.

¹ Förderung nach BEG. Aktuell ist die Förderung nach BEG eingestellt.

² Förderung nach ZEIS. Übergangsweise können keine neuen Förder- und Änderungsanträge in den Förderprogrammen „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“, „Wärmewende im Quartier“ und „Einzelfallförderung“ angenommen werden. Neue Bundesförderung BEW ist am 15. September 2022 in Kraft getreten. Die Kombination mit der passiven Kühlung wirkt sich durch eine verbesserte Energiebilanz positiv auf die gesamten Verbrauchskosten der Variante 2 aus.

Für die Umsetzung einer kalten Nahwärme kann für das Projekt derzeit Mittel aus der Förderung „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur (ZEIS)“.

Zur Förderung von kalten Nahwärmenetzen kann aktuell die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) beantragt werden. Die Bundesförderung BEW ist am 15. September 2022 in Kraft getreten und Anträge für die BEW können dementsprechend ab September 2022 gestellt werden.

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wird gem. der Förderung ZEIS eine Förderung für die Errichtung von Wärmenetzsystemen angenommen, die u. a. die bisherige Förderung von Wärmenetzsystemen integrieren wird. Es kann zu Abweichungen bzgl. der Konditionen des Programms im Vergleich zu den hier gezeigten Daten kommen.

Der Jahreskostenvergleich zeigt, dass das entwickelte Konzept der kalten Nahwärme zur Versorgung von Neubaugebieten im Vergleich zu anderen Versorgungskonzepten wirtschaftlich darstellbar ist. Hierbei ist jedoch die Nutzung von Fördermitteln aktuell noch von großer Bedeutung. Eine Förderung durch das Programm Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) mit einem Investitionszuschuss von etwa 40 % stellt in Zukunft einen elementaren Baustein in der Realisierung der Wirtschaftlichkeit dar.

Temperaturniveau

Das kalte Nahwärmenetz als Anergienetz arbeitet weitgehend auf dem Temperaturniveau der Umgebung. Die ungestörte Erdreichtemperatur liegt in der Regel in einer Größenordnung von ca. 10 °C. Diese Temperatur wird auch anfänglich beim ersten Anschalten der Wärmepumpen als Vorlauftemperatur vom Erdreich zu erwarten sein. Infolge des Temperaturentzuges wird es im Erdreich zu einer Abkühlung kommen, so dass es zu einem stetigen Abfall der Temperaturen kommt. Schwankungen im Jahresverlauf ergeben sich dabei aufgrund der Wärmeforderung in den Gebäuden, deren optionalen Temperierung sowie Auskühlung des Erdreichs in der Heizperiode.

Wärmespeicher

Das kalte Nahwärmenetz verfügt grundsätzlich über zwei Speicherarten:

Zum einen Erdwärmesonden (Variante 2) und alle horizontalen Leitungen im Nahwärmenetz als saisonaler Wärmespeicher, der in der Heizperiode entleert und in den darauffolgenden Sommermonaten durch Wärmeeinspeisung regeneriert wird. Darüber hinaus dienen die Pufferspeicher in den Hausanschlussräumen der Kunden als thermische Kurzzeitspeicher, die im Sinne eines Lastmanagements zu einer Verlängerung der Laufzeiten und einer Reduzierung der Schalzhäufigkeit der Wärmepumpen führen.

Durch das Erdwärmesondenfeld wird das Erdreich bis zur Endteufe der Bohrungen als langfristiger Speicher für das Wärmenetzsystem erschlossen. Vorrangig dient das Erdwärmesondenfeld bzw. der Erdwärmekollektor als Wärmequelle für das kalte Nahwärmenetz. Darüber hinaus trägt eine

passive Temperierung zur Regeneration der Erdreichtemperatur bei. Die Wirkung der Regeneration fällt erfahrungsgemäß bei Erdwärmekollektoren gegenüber Erdwärmesonden mit einer Nutzung von tieferen Erdschichten geringer aus.

Für den Fall, dass sich Kunden für eine passive Kühlung entscheiden, gibt es im Zeitraum von April bis September gleichzeitigen Wärme- und Kältebedarf. Das kalte Nahwärmenetz als großer liegender Speicher kann damit zur Wärmeverschiebung zwischen den Gebäuden genutzt werden. Im weiteren Verlauf der Untersuchung wird davon ausgegangen, dass sich alle Kunden für die Möglichkeit einer Temperierung entscheiden.

Das Ziel der Wärmespeicherung besteht darin, Bedarfsspitzen zu glätten und die bestmögliche Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Potenzials des Erdreichs zu ermöglichen. So wird eine tageszeitliche Verschiebung innerhalb der Gebäude mit Hilfe von Heizungs- und TWW-Speichern mit einer saisonalen Speicherung von sommerlichen Überschüssen kombiniert, die das Erdreich als Speichermasse nutzt und dadurch ermöglicht, den Jahresnutzungsgrad der zur Verfügung stehenden lokalen Ressourcen zu maximieren.

Sektorenkopplung

Der geothermische Erdwärmespeicher und das Nahwärmenetz dienen der Wärmeversorgung des Neubaugebietes und produzieren keinen Strom. Dennoch beinhaltet das Konzept eine Sektorenkopplung und ist somit dem Strommarkt dienlich. Die Wärmepumpen in jedem Neubau sind elektrische Verbraucher, die mit einer Schnittstelle für einen automatisierten Betrieb ausgestattet sind, um energiewirtschaftlich optimiert sowie netzdienlich gefahren werden zu können.

Die einzusetzenden Wärmepumpen entsprechen den Anforderungen der Regularien „SG Ready“ für elektrische Heizungs- und Warmwasserwärmepumpen und kompatible Systemkomponenten und verfügen somit über eine Schnittstelle für einen automatisierten Strommarkt- oder netzdienlichen Betrieb. Damit ist eine Sektorenkopplung in jedem Gebäude des Neubaugebietes möglich.

Die Betriebsweise der Wärmepumpe kann darüber hinaus im Zusammenspiel mit Photovoltaikanlagen erfolgen, bei denen der erzeugte Strom vorrangig für den Betrieb der Wärmepumpe und weitere Stromanwendungen im Gebäude eingesetzt wird. Um dies zu ermöglichen, wird in diesem Konzept davon ausgegangen, dass die Wärmepumpen von den Gebäudeeigentümern selbst betrieben werden und dazu Strom über den Haushaltsstromtarif (Ökostrom) beziehen. Bei dem gewählten Tarif handelt es sich demnach nicht um einen Wärmepumpentarif. In vielen Fällen schließen solche Wärmepumpentarife eine Eigenstromnutzung der Photovoltaikanlage aus. Wenige am Markt verfügbare Wärmepumpentarife lassen dies zu, allerdings können diese nicht bundesweit bezogen werden.

Primärenergie- und CO₂e-Einsparung

In der Wärmeversorgung der Neubauten haben Erdgas oder Heizöl mit Solarthermie keine Rolle gespielt, sodass dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpen (Variante 1) als Basisvariante definiert wurde. Zudem wurde eine warme Nahwärmeversorgung (Variante 3) betrachtet.

Die Einsparung der kalten Nahwärme (Variante 2) beim Primärenergieverbrauch beträgt gegenüber der Variante 1 rund 58 % und gegenüber der Variante 3 rund 27 %.

Bei der CO₂e-Einsparung bei ausschließlicher Verwendung von Ökostrom beträgt die Einsparung gegenüber Variante 1 jeweils rund 53 % und gegenüber Variante 3 98 % der Gesamtemissionen. (vgl. Abbildung 1-6 und Abbildung 1-7)

Dies ist auf die wesentlich höhere Energieeffizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einer kalten Nahwärmeversorgung, sowie der Möglichkeit einer freien Kühlung zurückzuführen. In anderen, vergleichbaren Projekten hat sich gezeigt, dass für eine Wärmeversorgung basierend auf fossilen Brennstoffen deutlich höhere CO₂e-Emissionen vorliegen.

In folgenden Abbildungen werden die bei der Umsetzung des Vorhabens erwarteten Einsparungen hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs sowie der CO₂e-Emissionen dargestellt.

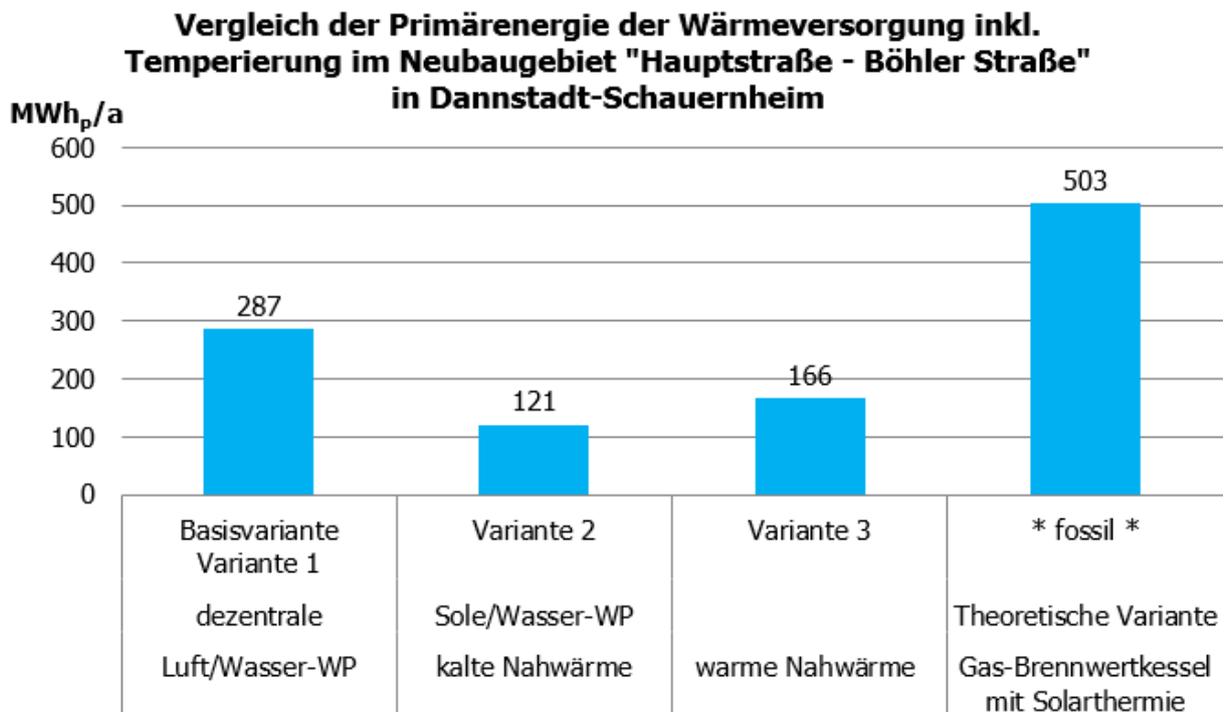


Abbildung 1-6 Gegenüberstellung des Primärenergieverbrauchs

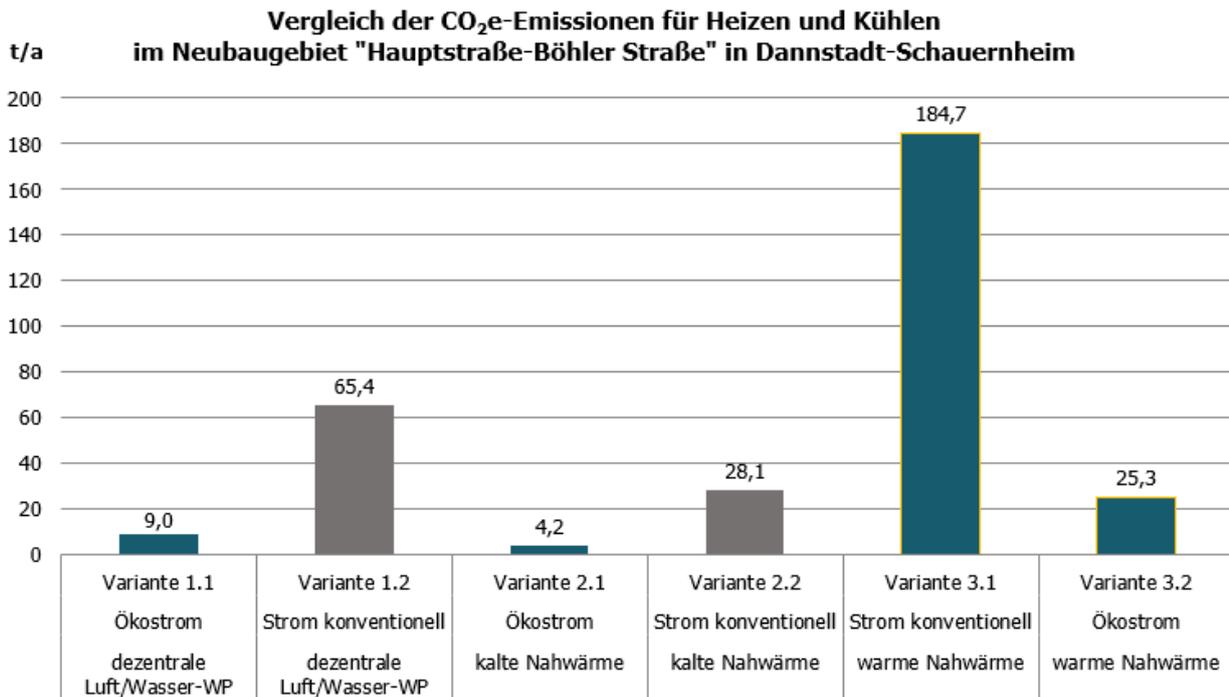


Abbildung 1-7 Gegenüberstellung der CO₂e-Emissionen

Mit dem in dieser Studie erarbeiteten Versorgungskonzept der zentralen kalten Nahwärmeversorgung ist gemäß der Berechnung in Kapitel 2.2.5 eine Wärmeversorgung mit sehr geringeren CO₂e-Emissionen möglich.

2 Wärme: Variantenvergleich und Potenzialabschätzung

Die Stadt Dannstadt-Schauernheim möchte das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ möglichst klimaneutral realisieren. Dazu werden in der vorliegenden Machbarkeitsstudie neben der dezentralen Basisvariante zentrale Versorgungsvarianten verglichen. Im Verlauf der Untersuchungen wird unter diversen Gesichtspunkten die an der besten geeignete Variante ermittelt und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit untersucht.

In der vorliegenden Machbarkeitsstudie werden folgende Varianten Bestandteil der Untersuchungen darstellen:

Basisvariante:

- **Variante 1:**

dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe und Photovoltaikanlagen zur anteiligen Eigenstromversorgung

Varianten zur zentralen Wärmeversorgung:

- **Variante 2:**

zentrale kalte Nahwärmeversorgung mit dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen zur anteiligen Stromversorgung.

Wärmequelle: Erdwärmesondenfeld

- **Variante 3:**

zentrale Wärmeerzeugung mit einem Biomassekessel auf Basis von Holzpellets, Verteilung in einem warmen Nahwärmenetz

In den Varianten 1 und 2 wird die Stromerzeugung mit dachgebundener PV-Anlage auf den Gebäuden berücksichtigt.

Der abgeschätzte Wärmeverbrauch ist die Grundlage für die Dimensionierung der wesentlichen Komponenten der Versorgungsvarianten. In Verbindung mit dem jeweiligen technischen Konzept der Untersuchungsvarianten leitet sich daraus die Energiebilanz für das betrachtete Neubaugebiet ab.

Im Variantenvergleich werden die vorhandenen Bestandsgebäude nicht berücksichtigt.

Wärme: Grundlagenermittlung und Potenzialanalyse

Die Grundlagenermittlung und Potenzialanalyse werden im Rahmen der Leistungsphase 1 (Grundlagenermittlung) und Leistungsphase 2 (Vorplanung) durchgeführt.

Beschreibung des Baugebiets

Dannstadt-Schauernheim liegt ca. 12 km westlich von Ludwigshafen am Rhein, ca. 15 km westlich des Rheines (Konrad-Adenauer-Brücke zwischen Ludwigshafen und Mannheim) und ca. 15 km nördlich von Speyer. Das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ in Stadt Dannstadt-Schauernheim soll auf derzeit vorrangig landwirtschaftlich genutzten Flächen entstehen. An das Plangebiet grenzt nordwestlich die Böhlerstraße und nordöstlich die L454 an. Nach Osten sind landwirtschaftliche Flächen vorhanden. Das Neubaugebiet ist in zwei Teilflächen untergliedert, bezeichnet als Bauabschnitt 1 und Bauabschnitt 2. Die Ortsgemeinde beabsichtigt, die Bebauungsfläche 1 baulich zu entwickeln und als allgemeines Wohngebiet, Mischgebiet sowie als eingeschränktes Gewerbegebiet auszuweisen. Es ist eine Wohnbebauung mit Einfamilienhäusern, Doppelhaushälften, Reihen-, Mehrfamilienhäusern und Einfamilienhäusern mit Einliegerwohnung vorgesehen.

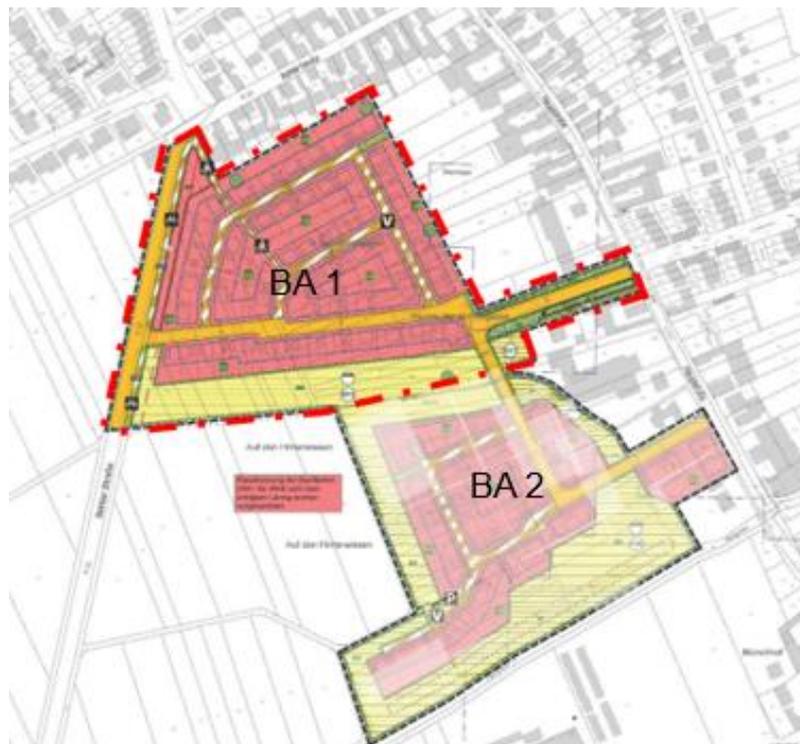


Abbildung 2-8 Ausschnitt aus dem Bebauungsplan Wohngebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ in Dannstadt-Schauernheim Bebauungsabschnitte 1 und 2, Stand September 2020 (veränderte Darstellung)

Das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ soll möglichst klimafreundlich realisiert werden. Der Bebauungsplan kann ermöglichen, dass vor allem klimafreundliche Technologien zur Wärmeversorgung umgesetzt werden und außerdem Photovoltaikanlagen installiert werden. Für eine möglichst klimafreundliche Wärmeversorgung für das Neubaugebiet muss ein Wärmeversorger oder eigene Werke in Betracht gezogen werden.

Energieverbrauchsanalyse

Die Abschätzung des Wärmeverbrauchs basiert auf dem Bebauungsplan vom September 2020. Für die zulässige Bebauung wurden jeweils Mustergebäude für Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften, Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser mit Dachformen und ihren jeweiligen Himmelsausrichtungen definiert.

In Abstimmung mit der Ortsgemeinde Dannstadt-Schauernheim wurde festgesetzt, dass über das gesamte Neubaugebiet der Standard Effizienzhaus 40 eingehalten wird. Darauf basiert die Abschätzung des Wärmeverbrauchs in den Mustergebäuden und im gesamten Neubaugebiet. Weiter wurde zur Warmwasserbereitung aufgrund von Erfahrungswerten mit einem (Komfort-) Zuschlag des Jahreswärmeverbrauchs gegenüber den GEG-Kennwerten gerechnet.

Tabelle 2-1 Abschätzung des Wärmeverbrauchs im Neubaugebiet

Gebäudetyp	Gebäude-Anzahl	Wohn-/Nutzfläche pro Gebäude m ²	Jahreswärmeverbrauch pro Gebäude kWh _{th} /a	Wärmeleistung pro Gebäude kW _{th}
EFH T1 T2 & T3	29	160	8.160	6
EFH ELW	5	190	9.690	7
DHH	12	130	6.630	5
RH	2	540	29.160	22
MFH (T1)	2	450	22.950	19
MFH (T2)	8	130	6.630	5
Summe NBG	58	10.170	521.910	407

Die Gemeinde Dannstadt-Schauernheim plant die Erschließung des Quartiers.

Energiebedarf für Strom- und Wärme im Neubaugebiet

Neben der Versorgung des betrachteten Plangebiets mit Wärme soll auch der Bereich der elektrischen Versorgung untersucht werden. Neben der Ermittlung des Strombedarfs des gesamten nördlichen Teils des Quartiers soll auch der mögliche Ausbau an Photovoltaik in Kombination mit

einem Batteriespeichersystem Bestandteil dieser Studie sein. Hierzu hat die Simon Process Engineering GmbH (SIPE) die regenerative Stromerzeugung in Kombination mit einem Großbatteriespeicher in dem Plangebiet untersucht.

Die Integration der Photovoltaikanlagen inkl. des Quartierbatteriespeichers soll als Kundenanlage gem. §3 Nr. 24a EnWG ausgeführt werden. Ein großer Vorteil dieses Konstrukts besteht darin, dass innerhalb der Kundenanlage keine Netzentgelte, Netzumlagen (KWK-, § 19 StromNEV-, Offshore- und AbLaV-Umlage) sowie Konzessionsabgaben und Stromsteuer zu entrichten sind. Dem gegenüber stehen allerdings verschiedene Anforderungen, die das Quartier erfüllen muss, um als Kundenanlage anerkannt zu werden. So muss die Kundenanlage beispielsweise unbedeutend für einen unverfälschten Wettbewerb sein.

Die Anforderungen an eine Kundenanlage gem. §3 Nr. 24a EnWG sind wie folgt:

- Energieanlagen zur Abgabe von Energie
- Räumlich zusammenhängendes Gebiet
- Mit Energieversorgungsnetz oder Erzeugungsanlage verbunden
- Unbedeutend für wirksamen und unverfälschten Wettbewerb
- Offen für jedermann zur Energiebelieferung der angeschlossenen Letztverbraucher
- Diskriminierungsfreie Netznutzung für jedermann
- Unentgeltliche Netznutzung für jedermann.

Die Anforderungen gemäß BGH EnVR 65/18 vom 12.11.2019 an eine Kundenanlage für das geplante NBG wurden geprüft. Die Bewertung ergab, dass die Schaffung einer Kundenanlage für das geplante Quartier definitiv möglich ist.

Neben der energierechtlichen Einschätzung des Quartiers als Kundenanlage wird ein darauf abgestimmtes Geschäftsmodell entwickelt. Für den weiteren Verlauf dieser Studie wird der Einsatz eines Quartiermanagers betrachtet. Dieser übernimmt die Versorgung der Anwohner sowohl mit Wärme als auch mit Strom. Wärmeseitig betreibt er das kalte Nahwärmenetz sowie die Wärmepumpen. Stromseitig pachtet er die Dachflächen, investiert in die PV-Anlagen und betreibt diese. Den erzeugten PV-Strom sowie die darüber hinaus benötigten Strom stellt er den Bewohnern zur Verfügung.

Ermittelt wurde der Strombedarf für den Haushaltsstrombezug eines Einfamilienhauses, der Betriebsstrom aller Wärmepumpen und die Ladeinfrastruktur (E-Mobilität) basierend auf Annahmen.

Die Zusammensetzung des gesamten Strombedarfs des Quartiers ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 2-2 Abschätzung des Stromverbrauchs im Neubaugebiet (Quartier)

Strombezug		Stromverbrauch kWh _{el} /a
davon für Haushaltsstrom	MWh/a	254,75
davon für Wärmeversorgung	MWh/a	232,35
davon für Ladeinfrastruktur	MWh/a	647,23
Summe NBG	MWh/a	1.134,33

Der Gesamte Strombezug ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

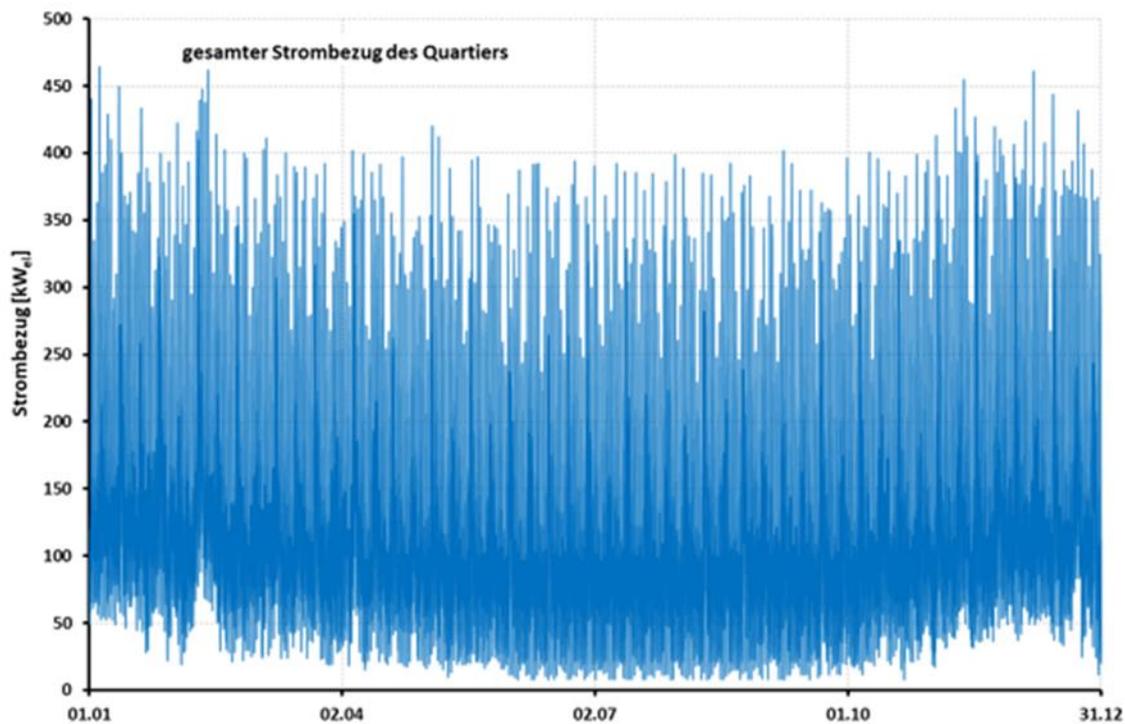


Abbildung 2-9 Ermittlung des Strombedarfs – gesamter Strombedarf des Quartiers (Folie 18), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Temperaturniveau der Abnehmer

In Neubauten kann heute eine Fußbodenheizung oder ein gleichwertiges System der flächigen Wärmeübergabe als Standard angesehen werden. Gängig ist eine maximale Vorlauftemperatur von 35 °C.

Eine solche Flächenheizung kann auch als Kühlfläche zur Raumtemperierung genutzt werden. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass im „Kühlbetrieb“ die Raumluft nicht zu stark abgekühlt wird, da es zur Tauwasserbildung kommen kann. Deswegen müssen Taupunktwächter installiert und die thermostatische Regelung angepasst werden. Die Vorlauftemperatur beläuft sich demnach auf bis zu ca. 20 °C.

Für eine zentrale Trinkwassererwärmung in Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten wird ein Temperaturniveau von 50 °C benötigt. Aus hygienischen Gründen, um die Vermehrung von Legionellen und anderen Keimen zu vermeiden, ist es notwendig mindestens einmal wöchentlich das Trinkwarmwasser auf min. 60 °C zu erhitzen und das gesamte System bis zu den Entnahmestellen zu spülen.

Im Geschosswohnungsbau empfiehlt sich eine dezentrale Trinkwassererwärmung im Durchflussprinzip in jeder Wohneinheit an. Dazu befindet sich in jeder Wohnungsstation neben dem Fußbodenheizungsverteiler eine Frischwasserstation, die Trinkwarmwasser mit 50 °C bereitet. In der Regel sind wegen der kurzen Leitungslängen keine zusätzlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Keimbildung notwendig. Über ein 4-Leiter-System wird die Wohnungsstation angebunden, um die unterschiedlichen Temperaturniveaus der Raumheizung bzw. -temperierung und Trinkwassererwärmung bedienen zu können.

Potenzielle Entwicklungen im Untersuchungsraum

Beim Untersuchungsraum handelt es sich um ein Neubaugebiet, das auf einer derzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche entwickelt wird.

Aufgrund des hohen Energiestandards der zu errichtenden Neubauten sind Sanierungsmaßnahmen, die den Energieverbrauch im Neubaugebiet beeinflussen, in den nächsten 20 Jahren nicht nennenswert zu erwarten. Aus diesem Grund wird keine Änderung des Wärmeabsatzes in den ersten 20 Betriebsjahren betrachtet.

Mit einem kalten Nahwärmenetz liegt ein sehr niedriges Temperaturniveau vor, sodass kein weiteres Potenzial für eine Temperaturabsenkung im Netzbetrieb gesehen wird, was für ein solches Konzept nicht zielführend ist.

Eine erdgekoppelte kalte Nahwärmeversorgung nutzt bereits einen sehr hohen Anteil an erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung. Auch die elektromotorischen Wärmepumpen können ausschließlich mit Strom aus regenerativen Energiequellen betrieben werden, indem Solarstrom von eigenen Photovoltaikanlagen genutzt und der verbleibende Stromverbrauch mit zertifiziertem Grünstrom aus dem öffentlichen Netz bezogen wird.

Potenzialanalyse regenerativer Quellen

Die potenziellen Wärmequellen, welche zur Versorgung des Neubaugebiets zur Verfügung stehen werden im Folgenden näher betrachtet.

Bestehende Wärmenetze

Im geplanten Neubaugebiet befindet sich kein vorhandenes Wärmenetz.

Abwärmequellen

Es sind keine potenziellen Abwärmequellen im Untersuchungsgebiet oder unmittelbar angrenzend an das Gebiet zu verzeichnen. Industrie- oder Gewerbestandorte, die Abwärmequellen aufweisen könnten, befinden sich nicht in der unmittelbaren Nähe.

Regenerative Energiequellen

Für das kalte Nahwärmenetz ist als Wärmequelle oberflächennahe Geothermie vorgesehen, die über ein bzw. mehrere Erdwärmesondenfelder erschlossen wird.

Als Flächen für die Erdwärmesondenfelder sind im Neubaugebiet öffentliche Grünflächen vorgesehen. Es ist zu beachten, dass Einschränkungen seitens der Bepflanzung über dem Erdwärmesondenfeld sowie den Anbindeleitungen von jeder Erdwärmesonde zum Sammler bestehen. Tiefwurzelnde Pflanzen sind nicht geeignet.

Es liegen keine Veröffentlichungen des Geologischen Dienstes Rheinland-Pfalz (GDI-RP) hervor. Eine erste Anfrage durch die Geologen (UBeG, Wetzlar, Herr Felix Schmuck) bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion (SGD) Süd ergibt, dass keine Beschränkungen oder Einwände bei Erschließung der oberflächennahen Geothermie Quellen mit Erdwärmesonden zu erwarten sind.

Die geothermische Ergiebigkeit muss gesamtheitlich bewertet werden, angelehnt an die VDI-Richtlinie 4640 Blatt 1.

Nach dem derzeitigen Informationsstand, der auf Anfrage durch die Geologen (UBeG, Wetzlar, Herr Felix Schmuck) beruht, erscheinen Erdwärmesonden zur Wärmequellenerschließung als geeignet. Für weitreichendere Informationen wird ein geologisches Gutachten benötigt.

Zur Wärmeversorgung des Baugebiets wurde ein Jahreswärmeverbrauch von etwa 522 MWh_{th} kalkuliert. Unter dem derzeitigen Kenntnisstand und nach Erfahrungswerten vergleichbarer Projekte wurden für das Neubaugebiet zunächst Erdwärmesonden mit einer Gesamtlänge von ca. 138 m angenommen. Dies könnte beispielsweise mit 40 Erdwärmesonden bei einem mittleren Sonden Abstand von ca. 10 m mit einer Länge von insgesamt 5.584 m realisiert werden.



Abbildung 2-10 Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“, Stadt Dannstadt-Schauernheim - Entwurf zur Platzierung der Erdwärmesondenfelder; Karte entnommen: BBP Stadtplanung ▪ Landschaftsplanung, Entwurf vom 09.06.2022

Es liegen keine Veröffentlichungen des Geologischen Dienstes Rheinland-Pfalz (GDI-RP) hervor. Es ist zu prüfen, ob sich das Neubaugebiet in **einem** Wasserschutzgebiet befindet und der Standort in keinem hydrogeologisch **kritisch** eingestuften Gebiet befindet. Dies sollte seitens der zuständigen Unteren Wasserschutzbehörde geprüft werden und eine wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Genehmigungsfähigkeit eindeutig bestätigt werden.

Die geothermische Ergiebigkeit für horizontale Erdwärmekollektoren wird angesetzt mit einer mittleren spezifischen geothermischen Ergiebigkeit aus 20 bis 30 W/m².

Die mittlere geothermische Ergiebigkeit angelehnt an die VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2³ muss ermittelt werden. Nach dem derzeitigen Informationsstand, der auf Anfrage der Geologen bei der SGD Süd beruht, erscheint der Einsatz von Erdwärmesonden zur Wärmequellenerschließung als geeignet. Für weitreichendere Informationen wird ein geologisches Gutachten benötigt.

³ Die geothermische Ergiebigkeit gilt für 2.400 Jahresbetriebsstunden.

2. Wärme: Konzeptionierung

Mit dem Ziel, das Neubaugebiet möglichst klimaneutral zu gestalten, wurden folgende Varianten zur Energieversorgung gegenübergestellt, die im Vergleich zu einer dezentralen Basisvariante bewertet wurden.

Basisvariante:

- **Variante 1:**

dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe und Photovoltaikanlage zur anteiligen Eigenstromversorgung

Varianten zur zentralen Wärmeversorgung:

- **Variante 2:**

zentrale kalte Nahwärmeversorgung mit dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen und Photovoltaikanlage zur anteiligen Stromversorgung.

Wärmequelle: Erdwärmesondenfeld

- **Variante 3:**

zentrale Wärmeerzeugung mit einem Biomassekessel auf Basis von Holzpellets, Verteilung in einem warmen Nahwärmenetz

In den Varianten 1 und 2 wird die Stromerzeugung mit dachgebundener PV-Anlage auf den Gebäuden berücksichtigt.

Der abgeschätzte Wärmeverbrauch ist die Grundlage für die Dimensionierung der wesentlichen Komponenten der Versorgungsvarianten. In Verbindung mit dem jeweiligen technischen Konzept der Untersuchungsvarianten leitet sich daraus die Energiebilanz für das betrachtete Neubaugebiet ab.

Im Variantenvergleich werden die vorhandenen Bestandsgebäude nicht berücksichtigt.

Technisches Konzept / Vordimensionierung

Alle untersuchten Varianten erfüllen die im Gebäudeenergiegesetz genannten Anforderungen. Die Anlagenkonzepte der drei Varianten ermöglichen, den Gebäudeeigentümern ein Effizienzhaus 40 umzusetzen.

Die wesentlichen Komponenten in den Wärmeversorgungsvarianten werden im Folgenden kurz beschrieben.

Variante 1: dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe und Photovoltaikanlage zur anteiligen Stromversorgung

In dieser Variante wird angenommen, dass jedes Gebäude mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung ausgestattet wird, die um einen Elektroheizstab zur Spitzen- und Reservelastabdeckung ergänzt ist. Außerdem wird zur anteiligen Eigenversorgung eine Photovoltaikanlage berücksichtigt. Sie ist entsprechend der geeigneten Dachfläche ausgelegt. Nach dieser Dimensionierung kann der Stromverbrauch der Wärmepumpe je nach Gebäudetyp zwischen etwa 24 % und 30 % mit Solarstrom gedeckt werden. Der verbleibende Solarstrom kann anteilig für den Allgemeinstrombedarf genutzt und der Stromüberschuss ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

Diese Variante dient als Basisvariante und ist die am häufigsten umgesetzte dezentrale Lösung in kleinteiligen Neubaugebieten.

Sämtliche Teile der Wärmeversorgungseinrichtungen werden hier durch den Gebäudebesitzer errichtet und betrieben.

Eine reversible Wärmepumpe kann zusätzlich auch Kälte bereitstellen, die z. B. über die Fußbodenheizung mit Taupunktwärmer eine Gebäudetemperierung ermöglicht. Dies erhöht den Stromverbrauch der Wärmepumpe. Im Kühlbetrieb muss hier gegen Außenluft rückgekühlt werden.

Variante 2: kalte Nahwärme mit dezentralen Sole/Wasser-Wärmepumpen und Photovoltaikanlage zur anteiligen Stromversorgung (Wärmequelle: Erdwärmesondenfeld)

Zur kalten Nahwärmeversorgung wird für jedes Gebäude eine Sole/Wasser-Wärmepumpe betrachtet. Auf den Dächern befindet sich eine Photovoltaikanlage, um einen Teil des Stromverbrauchs der Wärmepumpe zu decken. Sie ist entsprechend der geeigneten Dachfläche ausgelegt. Nach dieser Dimensionierung kann der Stromverbrauch der Wärmepumpe je nach Gebäudetyp zwischen etwa 27 % und 34 % mit Solarstrom gedeckt werden. Aufgrund der Gegebenheit, dass Sole/Wasser-Wärmepumpen im Vergleich zu Luft/Wasser-Wärmepumpen eine höhere Energieeffizienz und somit einen geringeren Stromverbrauch aufweisen, resultiert ein etwas höherer Autarkiegrad⁴. 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 einer Photovoltaikanlage auf jedem Gebäude kann ein Teil des Stromverbrauchs der Wärmepumpe gedeckt werden. Für das kalte Nahwärmenetz wird keine zentrale Netzpumpe vorgesehen, stattdessen werden die dezentralen Wärmepumpen mit ihren eigenen Solepumpen die benötigte Energie aus dem kalten Nahwärmenetz entnehmen, sodass es sich um ein passives Netz handelt.

⁴ Beschreibt mit dem Verhältnis des Solarstromverbrauchs zum Gesamtstrombedarf die Unabhängigkeit gegenüber dem Strombezug aus dem öffentlichen Stromnetz

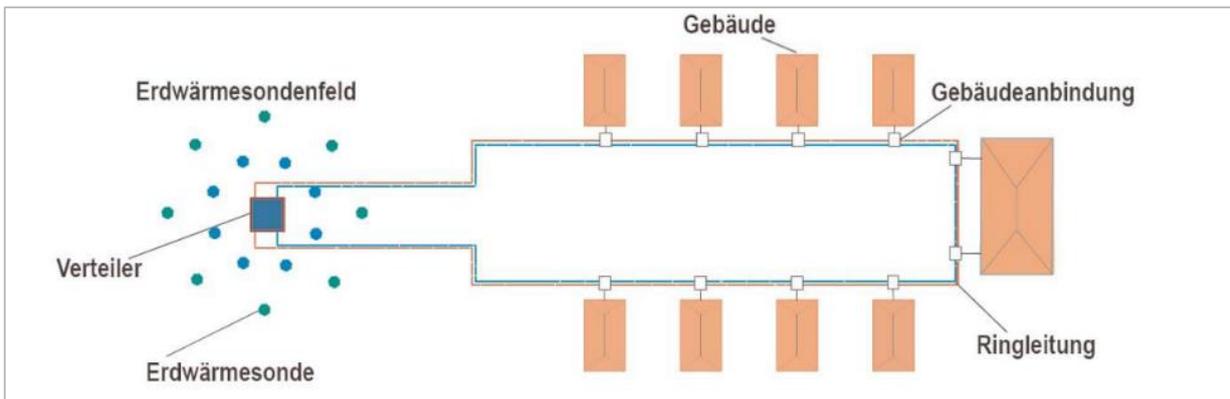


Abbildung 2-11 Anlagenschema zur kalten Nahwärme mit zentralem Erdwärmesondenfeld
(Quelle: Prof. Giel 2017)

Aufbau des Netzes

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 Wärmegewinne einbringt. Dies bedeutet, dass neben dem Erdwärmesondenfeld auch das Netz thermisch im Gleichgewicht mit dem Erdreich steht und die Wärme der Umwelt aufnimmt. Eine größere Länge des Netzes bewirkt im Fall einer kalten Nahwärme also nicht zwingend eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit.

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 mit dem Ziel, eine homogene Temperatur im System sicherzustellen.

Im vorliegenden Projekt sind Verteilerbauwerke als Einspeisepunkte mit eigenen Zugängen an das Netz geplant. Das „kalte Nahwärmenetz“ wird über Maschen/ Ring- oder Stichleitungen an die Erdwärmesondenfelder und mit den Gebäuden verbunden (nicht eingezeichnet).

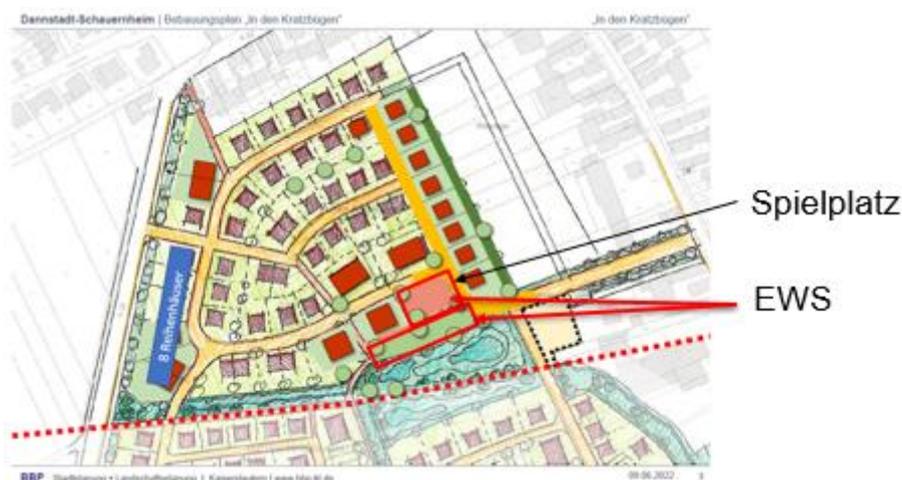


Abbildung 2-12 Vorgesehene Grünflächen für die geplanten Erdwärmesondenfelder
BBP Stadtplanung, Landschaftsplanung, Entwurf vom 09.06.2022

Prinzipiell ist durch eine Ausführung in einem geschlossenen Kreissystem wegen der unterschiedlichen Neigungen kein nennenswerter zusätzlicher Druckverlust im Netz zu erwarten, der durch aktive Umwälzpumpen kompensiert werden soll. Die Entlüftung und ggf. Druckhaltung des Netzes an den Hochpunkten sind besonders zu beachten.

In Kapitel 0 wurde bereits die auf der derzeitigen Datenlage beruhende Ermittlung des Bedarfs an Erdwärmesondenfelder angegeben. Demnach werden ca. 5.584 m als Gesamtlänge der Erdwärmesonden benötigt.

Vorbereitend für die Erstellung eines geologischen Gutachtens wurden auf Basis dieses Konzepts Lastgänge für die Dimensionierung simuliert. Dazu flossen die Effekte einer passiven Gebäudetemperierung der Neubauten im Sommer und in den Übergangszeiten sowie die Wirkung des kalten Nahwärmenetzes als „Flächenkollektor“ ein. Daraus wurden ein Jahreslastgang des verbleibenden Wärmeentzugs und der Wärmeeinträge für das zu erstellende geologische Gutachten erarbeitet, siehe Abbildung 2-13.

Eine kalte Nahwärmeversorgung basierend auf Erdwärme ermöglicht als zusätzlichen Nutzen eine passive Temperierung der Gebäude. Voraussetzungen sind, dass eine Fußbodenheizung mit Taupunktwärmer vorhanden ist und eine passive Kühlstation zusätzlich zu einer Sole/Wasser-Wärmepumpe installiert ist. Zur Gebäudetemperierung ist lediglich eine Umwälzpumpe in Betrieb, die einen wesentlich geringeren Stromverbrauch aufweist im Gegensatz zu einer Gebäudetemperierung mit einer reversiblen Luft/Wasser-Wärmepumpe. Viele Hersteller bieten für ihre Sole/Wasser-Wärmepumpen passende passive Kühlstationen an, die im Wesentlichen aus einem Wärmetauscher bestehen, über den die Wärme aus dem Gebäude in das kalte Nahwärmenetz abgeführt wird. Durch diesen Wärmeeintrag im Sommer findet abhängig von der Geologie eine gewisse Regenerierung des Untergrundes statt, was die Energieeffizienz des Gesamtsystems steigern kann. Außerdem erhöht sich die Temperatur im kalten Nahwärmenetz in einem gewissen Maß, was ebenfalls zu einer höheren Effizienz des Wärmepumpenbetriebs und einem geringeren Stromverbrauch beiträgt. Dies trifft insbesondere auf die Übergangsjahreszeiten zu, in denen gleichzeitig Gebäude beheizt und gekühlt werden. Eine passive Temperierung ist nicht mit Klimakälte vergleichbar, die z. B. ein Klimasplitgerät bereitstellt. Bei der passiven Kühlung handelt es sich um ein trägeres System und es sind Grenzen hinsichtlich der Temperatur durch das Erdreich vorgegeben. Während die Wärme im passiven System über die Fußbodenheizung abgeführt wird, kühlt ein Klimasplitgerät nur den Raum, in dem sich das Gerät befindet.

Unterstützung bei der Berechnung der Auslegung:

Bereitstellen eines Lastgangs

Um die Auslegung des Erdwärmesondenfeldes zwischen Geologie (zunächst in einer geologischen 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.

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

Mit Hilfe von 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.

- **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. Dieser Umstand führt zu einer teilweisen Regeneration der im Winter „entnommenen“ Wärme. Die Folge ist eine verminderte Abkühlung des Erdreichs im gesamten Jahresgang.

In den Berechnungen wurde dazu vorausgesetzt, dass alle Neubauten im Baugebiet eine Temperierung nutzen. Als mögliche spezifische Temperierungsleistung über eine Fußbodenheizung wurden 15 W/m^2 angesetzt. Während eine Klimatisierung mit einer größeren spezifischen Kühlleistung etwa 700 h/a in Betrieb ist, wird eine Temperierung wesentlich höhere Vollbenutzungsstunden erzielen. Hierbei spielt die Trägheit des Fußbodenheizungssystems eine Rolle. So wird die Temperierung an heißen Tagen auch in den Abend- und Nachtstunden in Betrieb sein, um am nächsten Tag mit einer möglichst niedrigen Raumtemperatur zu starten. Es wurden in erster Näherung rund 1.036 h/a angesetzt.

Hieraus resultieren Effizienzvorteile im folgenden Winter, da den Sole-/Wasser-Wärmepumpen aus dem Netz eine höhere temperierte Wärmequelle durch saisonale Wärmespeicherung im Erdreich zugeführt werden kann. In der Folge kann das Erdwärmesondenfeld bzw. -felder mit einer geringeren Größe dimensioniert werden. Auf diese Weise können die Investitionskosten und die Betriebskosten gesenkt werden. Es gilt, diese positiven Effekte den Gebäudeeigentümern zu vermitteln und dafür zu werben, die passive Temperierung auszuschöpfen und sie nicht wie eine herkömmliche Klimatisierung wegen der Stromkosten nur an wenigen Tagen zu nutzen.

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. 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 aus.

- **Gleichzeitigkeit:**

Darüber hinaus wurde ein sogenannter Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt. Auf diese Weise kann Situationen Rechnung getragen werden, in denen der Wärmeverbrauch eines Haushaltes ganz oder zu Teilen aus der in das Netz abgeführten Wärme der Kühlung anderer Haushalte gedeckt wird.

Das Ergebnis der Auslegung des Erdwärmesondenfeldes bzw. -felder auf Basis der vorangegangenen erläuterten Berechnung wird an einen zu beauftragenden Geologen als tabellarische Stundenwerte zur Erstellung eines geologischen Gutachtens übermittelt. Dem folgenden Diagramm kann die Bilanz der geothermischen Wärme aus dem Erdwärmesondenfeld entnommen werden:

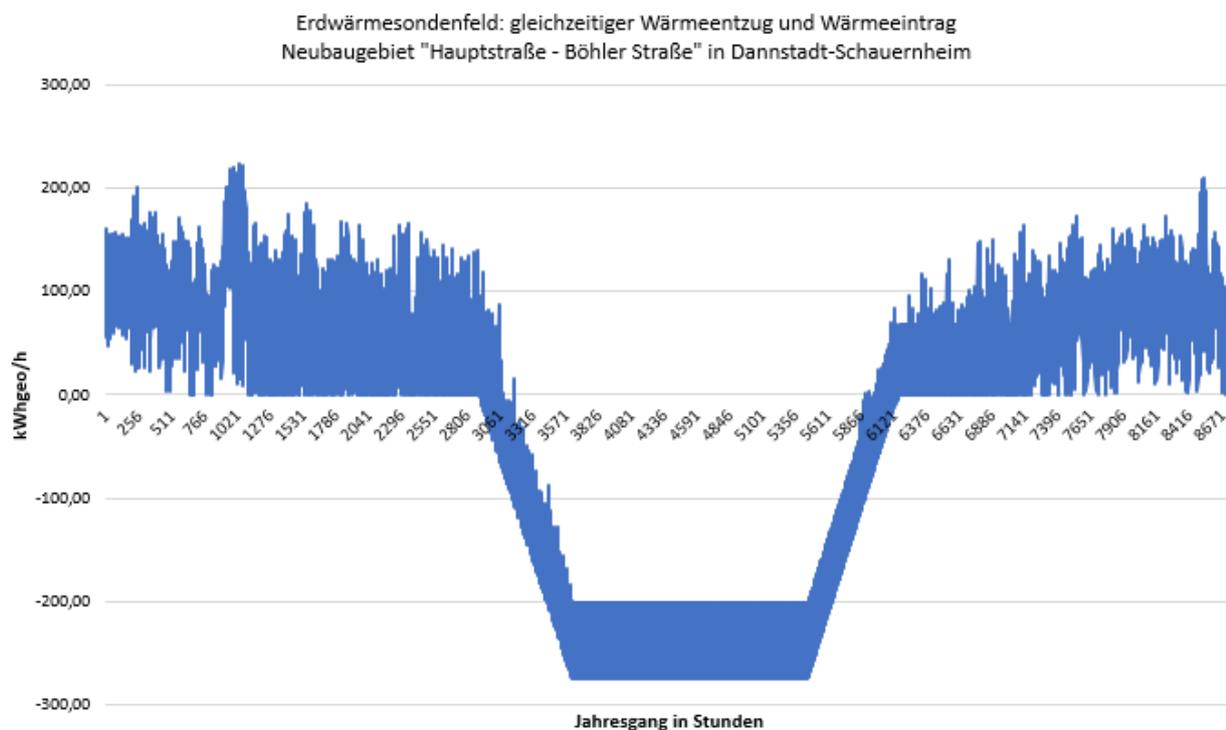


Abbildung 2-13 Lastgang des NBG unter Berücksichtigung von Wärmeentzug und Wärmeeintrag

Variante 3: zentrale Wärmeerzeugung mit einem Biomassekessel auf Basis von Holzpellets, Verteilung in einem warmen Nahwärmenetz

In einer Heizzentrale (Heizcontainer inkl. Lager) erzeugt der Pelletkessel (Biomassekessel) mit ca. 470 kWth Wärmeleistung die benötigte Wärme in dem Neubaugebiet einschließlich der zu kompensierenden Wärmenetzverluste. Der Wärmeerzeuger kann um einen Heizölbrennwertkessel als Reserve oder bei Spitzenlasten zum Einsatz kommen. In dieser Betrachtung wurde ein Heizölbrennwertkessel nicht betrachtet.

Die Heizzentrale sorgt netzseitig für die Druckhaltung und Bevorratung des Wasser-/Glykol-Gemischs. Zudem können in der Heizzentrale die Messdaten aus dem Gebiet gesammelt werden.

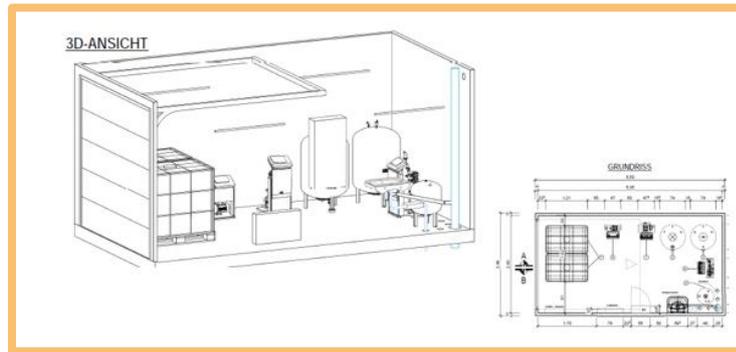


Abbildung 2-14 Heizzentrale 3 D-Ansicht und Grundriss – warme Nahwärme

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 Pellets gut möglich ist und die Anwohner möglichst nicht beeinträchtigt werden. Die Kosten für das warme Nahwärmenetz schließen das Rohmaterial, den Tiefbau, Umwälzpumpen und die Planung ein. Zu beachten ist, dass im NBG mit einem im Vergleich zu Bestandssiedlungen relativ niedrigen Wärmeverbrauch die Verluste (kalkulatorisch etwa 22 %) in einem hohen Maß die Energiebilanz und die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Aufbau des Netzes

Das „warme Nahwärmenetz“, das mit größerer Länge auch höhere Wärmeverluste mit sich bringt, fungiert im Vergleich zu einem kalten Nahwärmenetz selbst nicht als Kollektor und erbringt auch keine Wärmegewinne.

Dies bedeutet gleichzeitig, dass das warme Nahwärmenetz nicht thermisch im Gleichgewicht mit dem Erdreich steht und dazu geneigt ist die Wärme an die Umwelt abzugeben. Eine größere Länge des Netzes tendiert im Fall einer warmen Nahwärme zu einer Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit. Die Länge des warmen Nahwärmenetzes beträgt 1.627°m.

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. Für die Heizzentrale muss ein Standort auf einer freien Fläche oder einem Grundstück berücksichtigt werden.

Bei dem „warmen Nahwärmenetz“ handelt es sich um kein sogenanntes passives Maschennetz.

Photovoltaikanlagen

Die Integration der Photovoltaikanlagen wurde durch SiPE bearbeitet. Zur Simulation des PV-Erzeugungslastgangs wurden die Dachausrichtungen (violett als Nord-/ Südausrichtung, orange als Ost-/Westausrichtung gekennzeichnet) angenommen.

Die PV-Anlagen bei Dächern mit Nord-/Südausrichtung sind nach Süden ausgerichtet, bei Ost-/Westausrichtung sind sie je nach Variante auf einer oder auf beiden Dachseiten geplant. Die Ausrichtung der acht Reihenhäuser wurde als Ost/West definiert.

Der maximal mögliche Ausbau an Photovoltaik für diesen Quartiersabschnitt beträgt ca. 475 kWp. Es wurden je nach Gebäudetyp folgende Anlagenkennwerte festgelegt:

Einfamilienhäuser:	6,10 kWp
Doppelhaushälften:	4,65 kWp
Mehrfamilienhäuser, Typ 1:	12,58 kWp
Mehrfamilienhäuser, Typ 2:	13,43 kWp
Reihenhäuser:	4,66 kWp

Nach der Integration der Photovoltaikanlage beträgt der Netzbezug bei maximalem PV-Ausbau für das Plangebiet 853,11 MWh/a, das entspricht ca. 25 % des Quartier-Strombedarfs und liefert einen Überschussstrom von 218,01 MWh/a bei einer Lastspitze von 465 kW. Der resultierende Lastgang ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

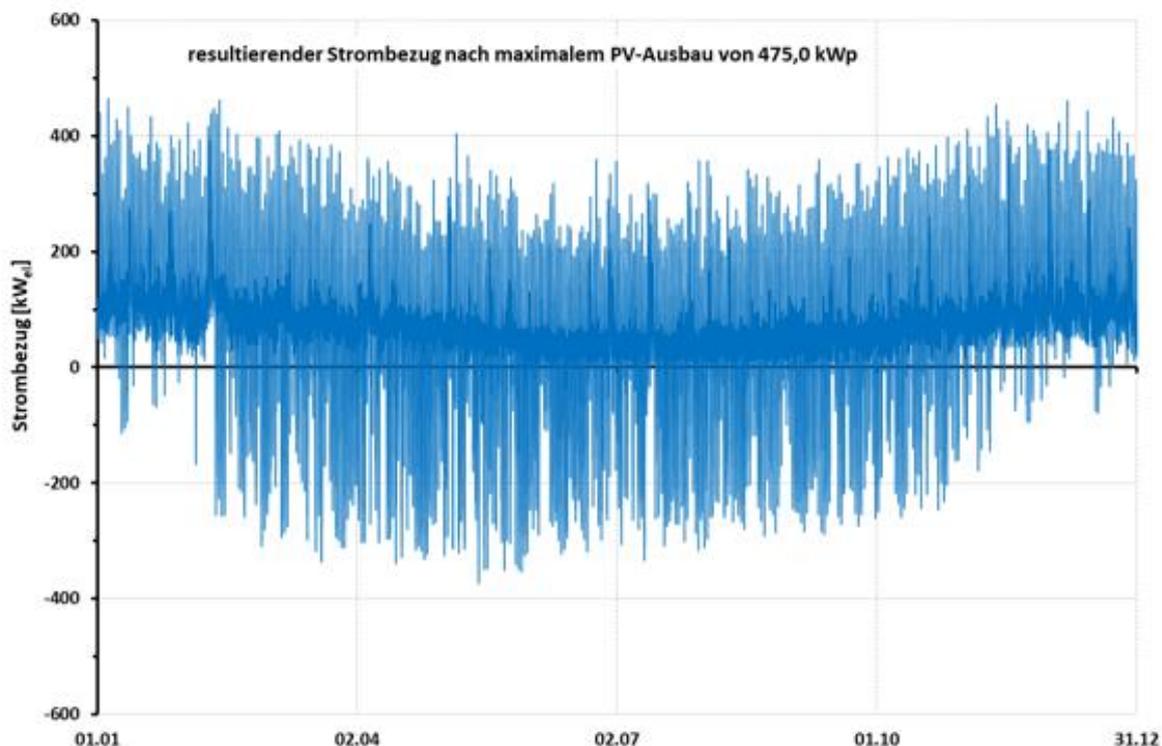


Abbildung 2-15 Integration von Photovoltaik – resultierender Lastgang des Quartiers bei maximalem PV-Ausbau (Folie 22), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH, Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Hier wird empfohlen, einerseits zu beraten, ob die solare Nutzung der Dächer als 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) sowie Solarstromerzeugung aufzuzeigen.

Neben dem maximal möglichen PV-Ausbau wurde die eine Sensitivitätsanalyse über die installierte PV-Erzeugungsleistung durchgeführt, mit dem Ziel eine wirtschaftlich optimierte Auslegung der PV-Anlage zu ermitteln. Als Kenngrößen zur Beurteilung wurde der resultierende Netzbezug des Quartiers, der Autarkiegrad sowie die PV-Überschussstrommenge herangezogen.

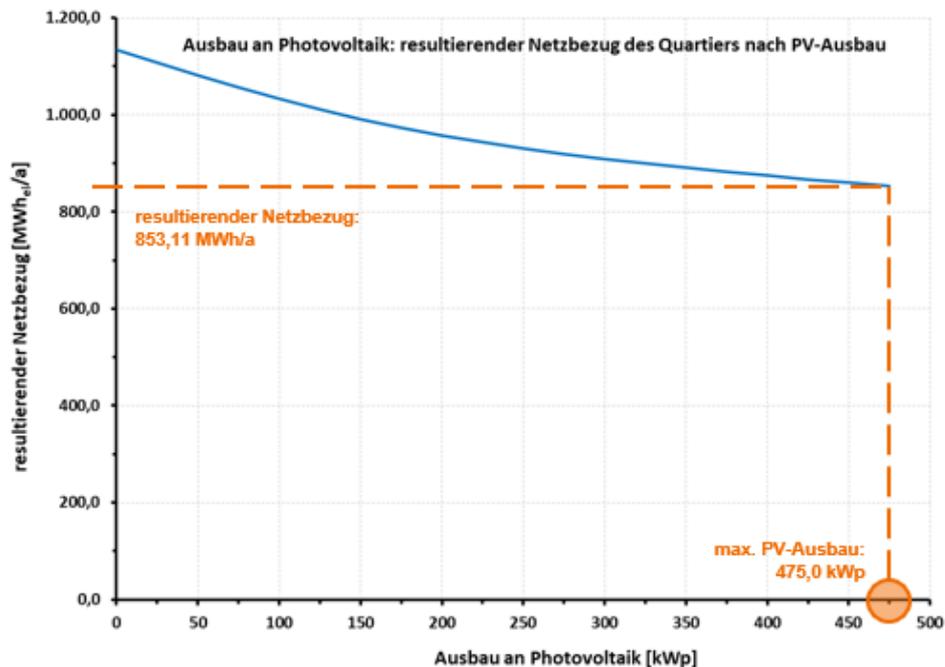


Abbildung 2-16 Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: resultierender Netzbezug (Folie 26) (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatterie-speicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Nach Ausbau der Photovoltaik im Plangebiet resultiert ein Netzbezug bei max. PV-Ausbau von 853,11 MWh/a.

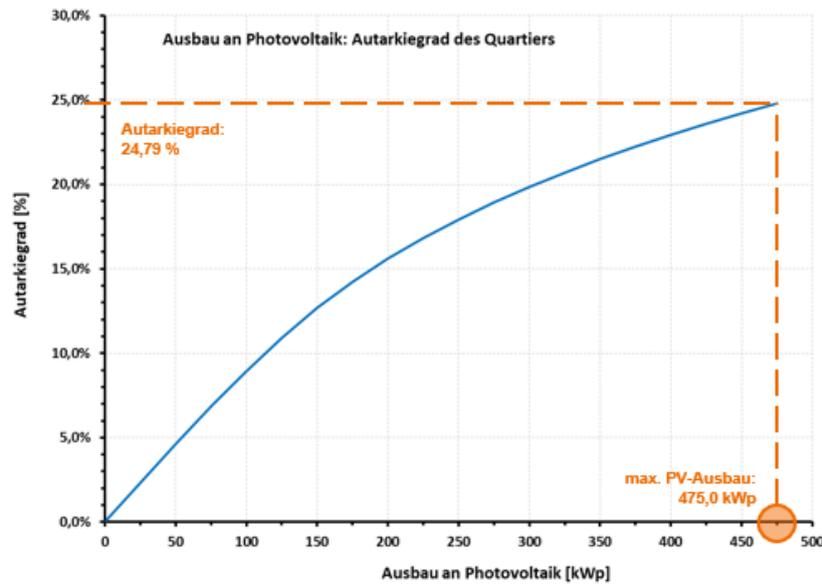


Abbildung 2-17 Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: Autarkiegrad (Folie 25), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Im Mittel wird, durch Sensitivitätsanalyse, ein Autarkiegrad von ca. 25 % ermittelt.

Selbsterzeugter Solarstrom kann einen Beitrag für den Allgemiestromverbrauch im Haushalt leisten.

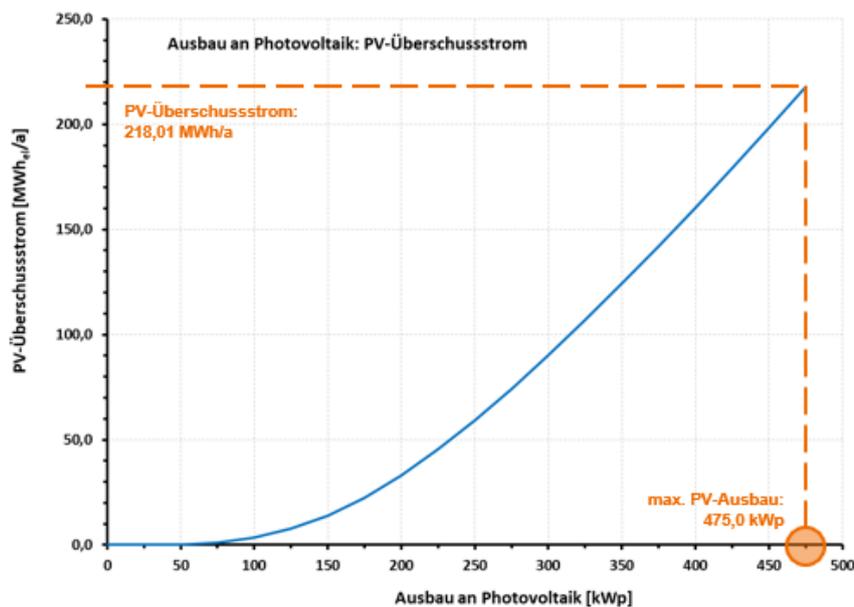


Abbildung 2-18 Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: PV-Überschussstrom (Folie 26), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Wenn zur Wärmeversorgung eine Wärmepumpe eingesetzt wird, kann auch für deren Betrieb anteilig Solarstrom genutzt werden. Modelle bei denen der Betreiber des kalten Nahwärmenetzes die PV-Anlagen zusätzlich unterhält sind ebenfalls möglich und detaillierter zu betrachten.

Der Überschussstrom nach max. PV Ausbau liegt bei ca. 218 MWh/a.

Der Ausbau an Photovoltaik reduziert deutlich den Netzbezug des Quartiers. Es kann ein Autarkiegrad des Quartiers von ca. 25 % erreicht werden. Aufgrund des fluktuierenden PV-Stromerzeugung findet eine Reduktion des Netzbezugs statt. Bei weiterem PV-Ausbau nimmt der daraus resultierende Autarkiegrad immer weiter ab. Auf der anderen Seite sind PV-Überschussstrommengen zu verzeichnen. Der Überschussstrom kann durch einen Batteriespeicher aufgenommen werden, so dass der Eigenbedarf des Quartiers weiter optimiert werden kann. Dieser Batterieeinsatz wurde seitens SiPE untersucht und bewertet. Das Batteriespeichersystem und das Batteriekonzept von SiPE stellt den Einsatz vieler kleinerer Hausbatterien, dem Einsatz eines großen Batteriespeichersystems gegenüber. Die beiden Konzepte unterschieden sich hauptsächlich hinsichtlich verschiedener Wirtschaftlichkeitsfaktoren. So sind die spezifischen Investitionskosten der kleinen Batteriespeichersysteme deutlich höher als die eines Großbatteriespeichers. Außerdem besteht für den Betreiber eines Großbatteriespeichersystems die Möglichkeit, diesen innerhalb verschiedener Strommärkte zu vermarkten und somit die Wirtschaftlichkeit des Batteriespeichers weiter zu optimieren. Aufgrund der von SIPE aufgezeigten Argumente wurde der Einsatz eines zentralen Quartierbatteriespeichers betrachtet und wirtschaftlich bewertet.

Im Folgenden wird die Nutzung des Batteriespeichers zur Erhöhung des regenerativen Anteils der Stromversorgung innerhalb des Quartiers betrachtet. Der Batteriespeicher wird hierbei durch den PV-Strom der Dachanlagen geladen und stellt diesen PV-Strom nach Bedarf (sofern keine oder keine ausreichende PV-Stromerzeugung herrscht) dem Quartier zur Verfügung.

Als Kenngröße zur Beurteilung der regenerativen Stromversorgung fungiert hierbei der Autarkiegrad, welcher den resultierenden Netzbezug mit dem Gesamtstrombedarf ins Verhältnis setzt.

Dabei wurden drei verschiedene Ausbauvarianten untersucht, die erste Variante ist der maximale Ausbau von 475 kWp, die summierte Anlagengröße der zweiten Variante beträgt 350 kWp, hierbei werden nur auf einer Seite der Dächer mit Ost-/Westausrichtung PV-Module installiert und für die dritte Ausbauvariante bekommt in etwa nur jedes zweite Dach eine PV-Anlage mit insgesamt 250 kWp.

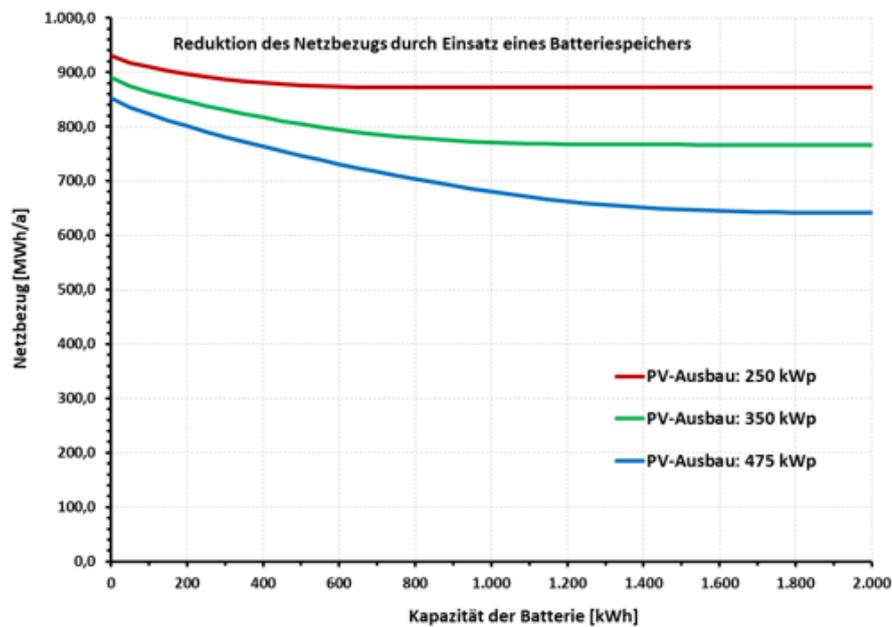


Abbildung 2-19 Einsatz des Batteriespeichers – Optimierung des Eigenbedarfs – Netzbezug - (Folie 35), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

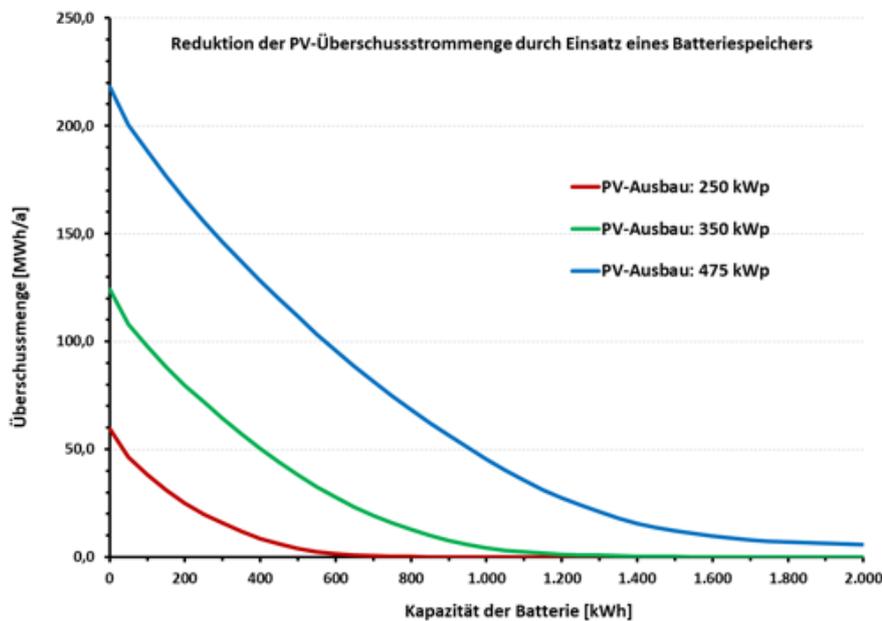


Abbildung 2-20 Einsatz des Batteriespeichers – Optimierung des Eigenbedarfs (Überschussstrom) (Folie 36), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

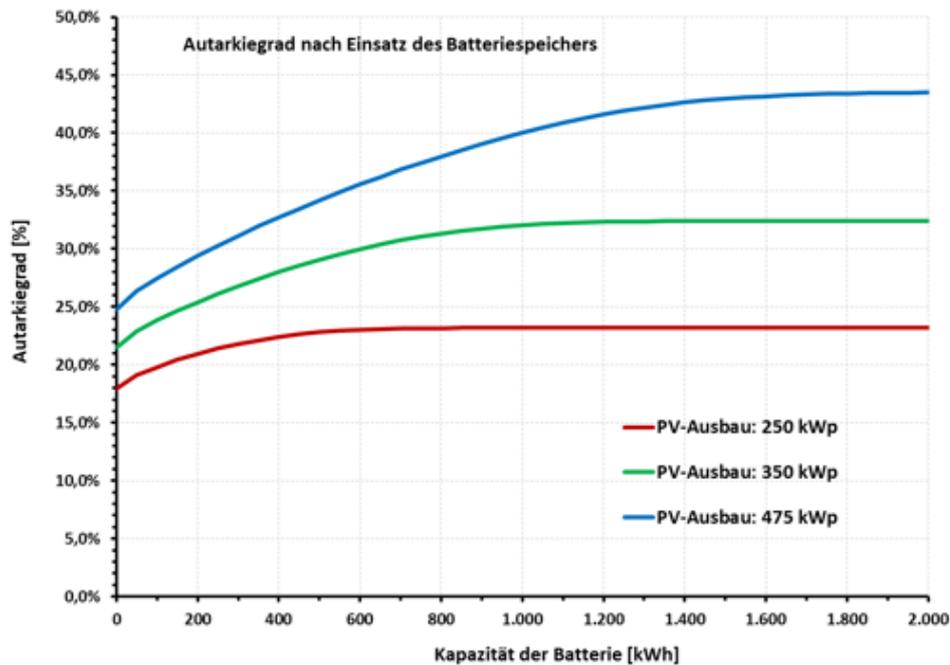


Abbildung 2-21 Einsatz des Batteriespeichers – Optimierung des Eigenbedarfs (Autarkiegrad) (Folie 37), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Bisher wurden vor allem Photovoltaikanlagen in einer Leistungsgröße von bis zu 10 kW_p installiert. Insbesondere zeichnete sich für diese Anlagengröße in der jüngsten Vergangenheit auf einem nach Süden ausgerichteten Dach durch eine sehr hohe Wirtschaftlichkeit aus. Aufgrund einer höheren Einspeisevergütung des in das öffentliche Netz eingespeisten überschüssigen Solarstroms bis zu einer Leistungsgröße bis 10 kW_p, wurden Anlagen dieser kleineren Leistungsklasse gegenüber größeren unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit bessergestellt. Lag eine Anlage oberhalb der Leistungsgröße bis 10 kW_p wurde ihr eingespeister Solarstrom mit niedrigeren Fördersätzen vergütet. Darüber hinaus musste auf eigenverbrauchten Solarstrom aus Anlagen mit einer Leistung größer 10 kW_p anteilig die EEG-Umlage bezahlt werden.

Mit der Novellierung des EEG für das Jahr 2021 wurde die 10 kW_p-Grenze auf 30 kW_p angehoben. In der Folge ist auch die Installation größerer Anlagen möglich. Seit Januar 2023 ist die EEG-Umlage dauerhaft abgeschafft. Der Wegfall der Umlage ist Bestandteil der Entlastungspakete der Bundesregierung⁵.

Tabelle 2-3 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit Luft/Wasser-Wärmepumpe

Basisvariante 1	EFH T1	EFH T2	EFH+ELW	DH-Hälfte	MFH T 1
Luft/Wasser-Wärmepumpe	N/S - Satteldach	O/W - Satteldach	O/W - Satteldach	N/S-Satteldach	N/S - Satteldach
Leistung der PV-Anlage in kW_p	7,92	16,50	16,50	6,27	6,60
Gesamtstromerzeugung	7.322	13.042	13.042	5.852	5.879
PV-Strom für Luft/Wasser-Wärmepumpe	1.053	1.258	2.126	820	0
Gesamtautarkiegrad	32	38	54	30	0

Tabelle 2-4 Solarstromerzeugung und Eigenverbrauch in den Gebäudetypen mit Sole/Wasser-Wärmepumpe (kalte Nahwärme)

Variante 2	EFH T1	EFH T2	EFH+ELW	DH-Hälfte	MFH T 1
Sole/Wasser-Wärmepumpe	N/S - Satteldach	O/W - Satteldach	O/W - Satteldach	N/S-Satteldach	N/S - Satteldach
Leistung der PV-Anlage in kW_p	7,92	16,50	16,50	6,27	6,60
Gesamtstromerzeugung	7.322	13.042	13.042	5.852	5.879
PV-Strom für Sole/Wasser-Wärmepumpe	794	936	1.726	613	0
Gesamtautarkiegrad	37	44	68	35	0

Es zeigt sich, dass der Eigenverbrauch des Solarstroms für die Luft/Wasser-Wärmepumpe höher als für die Sole/Wasser-Wärmepumpe bei gleicher PV-Anlagengröße ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund der geringeren Effizienz der Luft-/Wasser-Wärmepumpe im Vergleich zur Sole-/Wasser-Wärmepumpe der kalten Nahwärme der Gesamtstromverbrauch zur Wärmeerzeugung höher liegt. In der Folge kann auch mehr selbst erzeugter Strom verbraucht werden. Dies führt zu einem absolut betrachtet höheren Eigenverbrauch. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen ist der Eigenverbrauch des Solarstroms die maßgebliche Größe zum wirtschaftlichen Betrieb einer PV-Anlage. Der Eigenverbrauch kann 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 Förderung der Elektromobilität als Chance gesehen werden, die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen zu erhöhen. Für die weitere Betrachtung wird davon ausgegangen, dass selbst erzeugter Solarstrom für den Wärmepumpenbetrieb genutzt wird und etwaige Konformitäten im Zusammenhang der technischen und rechtlichen Wärmeversorgung erfüllt werden.

Energiebilanz

In der Energiebilanz sind die umgesetzten Energiemengen für die Varianten zur Wärmeversorgung einschließlich der Solarstromversorgung des Neubaugebiets aufgeführt.

Die Bilanz wird für einen Gebäudetyp (Einfamilienhaus) beispielhaft, sowie in Summe für das gesamte Neubaugebiet dargestellt.

Tabelle 2-5 Energiebilanz eines Einfamilienhauses

Energiebilanz Einfamilienhaus		Variante 1 L/W-WP + PV	Variante 2 kNW EWS S/W-WP + PV	Variante 3 Warme Nahwärme
Wärmeleistung des Gebäudes	kW _{th}	6	6	6
Jahreswärmeverbrauch	kWh _{th} /a	8.160	8.160	8.160
Stromverbrauch für Wärme	kWh _{el} /a	2.830	1.660	0
Solarstrom für Wärme	kWh _{el} /a	1.080	730	0
Netzstrom für Wärme	kWh _{el} /a	1.750	930	0
Stromverbrauch für Temperierung	kWh _{el} /a	1.030	100	0
Solarstrom für Temperierung	kWh _{el} /a	420	40	0
Netzstrom für Temperierung	kWh _{el} /a	610	60	0
Nahwärmebezug inkl. Netzverlusten	kWh _{th} /a	0	0	18.029

* inkl. Elektroheizstab in Variante 1

** Solarstrom nur für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

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

Tabelle 2-6 Energiebilanz der Varianten für das gesamte Neubaugebiet

Energiebilanz Neubaugebiet		Variante 1 L/W-WP + PV	Variante 2 kNW EWS S/W-WP + PV	Variante 3 Warme Nahwärme
Wärmeleistung NBG	kW _{th}	410	410	410
Jahreswärmeverbrauch	kWh _{th} /a	522.000	522.000	522.000
Stromverbrauch Wärmepumpe*	kWh _{el} /a	181.000	106.000	0
Solarstrom für Wärmepumpe**	kWh _{el} /a	62.000	42.000	0
Netzstrom für Wärmepumpe*	kWh _{el} /a	119.000	64.000	0
Stromverbrauch Temperierung	kWh _{el} /a	65.000	5.800	0
Solarstrom für Temperierung	kWh _{el} /a	24.000	2.600	0
Netzstrom für Temperierung	kWh _{el} /a	41.000	3.200	0
Gesamtstromverbrauch für Wärme und Temperierung	kWh _{el} /a	246.000	111.800	0
Solarstrom für Wärme und Temperierung	kWh _{el} /a	86.000	44.600	0
Netzstrom für Wärme und Temperierung	kWh _{el} /a	160.000	67.200	0
Hilfsenergie	kWh _{el} /a	0	0	18.029
Pellets	t/a	0	0	148
Pellets	kWh _{Hi} /a	0	0	711.809

* inkl. Elektroheizstab in Variante 1

** Solarstrom nur für den Wärmepumpenbetrieb, exkl. Elektroheizstab

Die Energiebilanz der warmen Nahwärme für das gesamte Neubaugebiet ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 2-7 Energiebilanz der Variante 3 – warme Nahwärme

Energiebilanz "warme" Nahwärme inkl. Netzverluste Neubaugebiet		Variante 3 Warme Nahwärme
Wärmeleistung inkl. Gleichzeitigkeit und Netzverluste	kW _{th}	323
Jahreswärmeverbrauch inkl. Verluste	kWh _{th} /a	669.000
Spez. Wärmeabsatz	kWh _{th} /(m _{Trasse} *a)	321
Wärmeleistung Pellet-Kessel	kW _{th}	470
Pellet Verbrauch	t/a	148
Hilfsenergiebedarf Strom	kWh _{el} /a	18.000
Netzverluste	%	22

Die Energiebilanz für die warme Nahwärme wird gesondert tabelliert, da wie in Abschnitt 2.2.1.3 beschrieben, der Wärmeverbrauch durch die Verluste (kalkulatorisch etwa 22 %) beeinflusst und in einem hohen Maß die Energiebilanz und folglich die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Primärenergiebilanz

Auf Grundlage der in der Energiebilanz ermittelten Energieströme und den jeweiligen Primärenergiefaktoren der verschiedenen Energieträger wurde der Primärenergieverbrauch für die drei untersuchten Varianten ermittelt.

Verwendete Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbar) gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG, 2020):

- Erdwärme, Umgebungswärme 0,0
- Strom, netzbezogen 1,8
- Solarstrom, gebäudenah erzeugt: 0,0
- Erdgas: 1,1
- Holz: 0,2

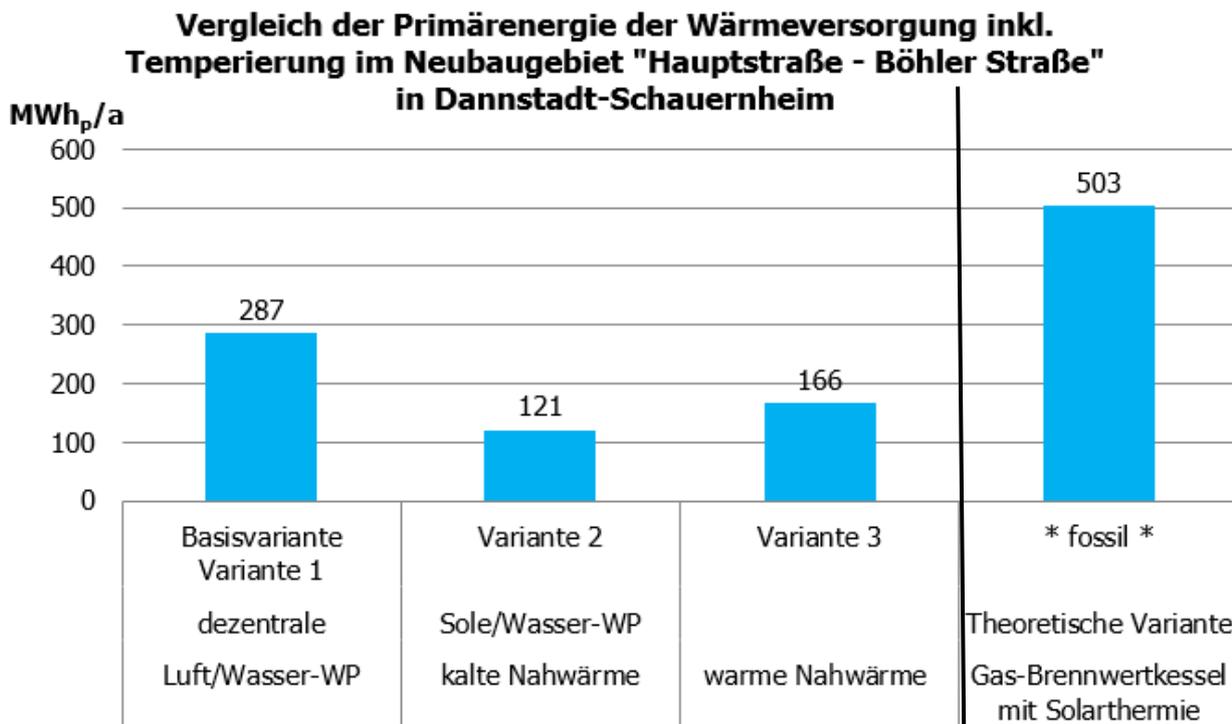


Abbildung 2-22 Primärenergie für das gesamte Neubaugebiet

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 (VDI, 2012) und der Afa-Tabelle (Bundesministerium der Finanzen, 2000). Zur Abschätzung der Investitionskosten wurden Richtpreise bei führenden Herstellern angefragt und plausibilisiert. Die jährlichen Wärmegestehungskosten werden aus den Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten bestimmt. Hier erfolgt eine rein (voll)kostenbasierte Betrachtung. Sie kann entsprechend der Umsetzung aktualisiert werden, sodass sich daraus bei genauerer Definition des Betriebsmodells eine Preisgestaltung entwickeln lässt.

Bundesförderprogramme für kalte Nahwärme

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde das Bundesförderprogramm ZEIS herangezogen.

In den Förderlinien ZEIS-Wärme und ZEIS-Sektorenkopplung können Projekte mit zuwendungsfähigen Ausgaben ab 100.000 Euro gefördert werden.

Aktuell steht das Bundesförderprogramm „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)“ zur Verfügung.

Bei dem Förderprogramm ZEIS ist der Betrieb der dezentralen Wärmepumpen durch den Netzbetreiber nicht notwendig, welcher auch in der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt wurde. Nachfolgend ist das Förderprogramm Wärmenetze 4.0 kurz beschrieben.

Landesförderprogramm „ZEIS“

Das Förderprogramm „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland Pfalz (MKUEM) unterstützt Investitionen in Rheinland-Pfalz, die den Zweck verfolgen, die Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit der Energieversorgung zu verbessern.

Gefördert werden kommunale Gebietskörperschaften, Zweckverbände, Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts, Eigengesellschaften kommunaler Gebietskörperschaften, Unternehmen sowie Energiegenossenschaften.

Übergangsweise können keine neuen Förder- und Änderungsanträge in den Förderprogrammen „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“, „Wärmewende im Quartier“ und „Einzelfallförderung“ angenommen werden.

Der Bau und Ausbau von Wärmenetzen zur direkten Versorgung von zwei oder mehr Gebäuden auf Basis von Biomasse, geothermischer und solarer Energie, industrieller Abwärme und Wärme aus Abwasser. Ebenso sind Biomassefeuerungsanlagen, Solarthermieanlagen, Wärme- und Kältespeicher, effiziente Wärmepumpenanlagen, Abwärmeverwertungsanlagen, die Abwasserwärmenutzung und Messtechnik förderfähig.

Förderfähig sind kommunale Modellprojekte im Bereich der Sektorenkoppelung (ZEIS-Sektorenkopplung).

Zudem werden unter dem Punkt ZEIS-Durchführbarkeitsstudie, projektvorbereitende Studien mit Untersuchungsgegenständen, zu denen noch keine vergleichbaren Studienergebnisse vorliegen gefördert. Untersuchungsgegenstände sind insbesondere der Wärmebereich sowie Projekte zur Sektorenkopplung. Zielsetzung ist dabei die im Anschluss der Durchführbarkeitsstudie zeitnahe Umsetzung von investiven klimafreundlichen Folgemaßnahmen. Dabei sollen hohe Anteile erneuerbarer Energien, niedrige Wärmegestehungskosten, eine verbesserte Marktintegration von Erneuerbaren Energien sowie ein verstärkter Einsatz von Energieeffizienztechnologien wie bspw. LED angereizt werden.

Der Zuschuss beträgt regelmäßig bis zu 20 v. H. der zuwendungsfähigen Ausgaben von maximal 5 Mio. Euro.

In den Förderlinien ZEIS-Wärme und ZEIS-Sektorenkopplung können Projekte mit zuwendungsfähigen Ausgaben ab 100.000 Euro gefördert werden.

In der Förderlinie ZEIS-Durchführbarkeitsstudie beträgt der Zuschuss bis zu 50 v. H. der zuwendungsfähigen Ausgaben, bis zu einem maximalen Zuschussbetrag von bis zu 50.000 Euro.

In der Förderlinie ZEIS-Sektorenkopplung können bis zu 30 v. H. der zuwendungsfähigen Ausgaben gewährt werden.

Eine Kumulierung mit öffentlichen Zuschüssen Dritter ist im Rahmen der jeweils einschlägigen beihilfe- und zuwendungsrechtlichen Regelungen möglich. (Energieagentur RLP, 2023)

Eine kalte Nahwärmeversorgung kann die Anforderungen, die an ein solches Wärmenetzsystem gestellt werden, einhalten. Grundsätzlich ist eine Förderung nur für das gesamte Projekt möglich. Demnach realisiert ein Betreiber das Wärmenetzsystem, das die Erdwärmesonden, die kalte Nahwärme (Verteilerbauwerke, Trasse, Hausanschlussleitungen etc.) und die notwendigen Komponenten für das 11-jährige Online-Monitoring nach Inbetriebnahme des Wärmenetzsystems (Eigentumsgrenze hinter WP) umfasst.

In den Förderlinien ZEIS-Wärme und ZEIS-Sektorenkopplung können Projekte mit zuwendungsfähigen Ausgaben ab 100.000 Euro gefördert werden. In einem ersten Ansatz wurde die Förderung des kalten Nahwärmenetzes in Höhe von 40 % der förderfähigen Kosten angenommen.

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Das Förderprogramm Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) läuft seit Mitte September 2022 und hat die Bundesförderung „Wärmenetzsysteme 4.0“ und die KfW-Förderung von Wärmenetzen abgelöst.

Mit der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) wird der Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen gefördert. Die Förderung verfolgt dabei einen systemischen Ansatz, der das Wärmenetz als Ganzes in den Blick nimmt und darauf zielt, die zeitaufwändige Umstellung bestehender Netze auf erneuerbare Energien und Abwärme und den Neubau vorwiegend erneuerbar gespeister Netze zuverlässig zu unterstützen. So können beispielsweise Kommunen Zuschüsse erhalten, wenn diese ein Nahwärmenetz mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien im Neubaugebiet errichten oder auch gefördert werden, wenn diese bestehende Fernwärmenetze auf erneuerbare Energien und Abwärme umrüsten.

Die systemische Förderung umfasst den Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 Prozent mit erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist werden, sowie die Transformation von Bestandsinfrastrukturen zu treibhausgasneutralen Wärmenetzen. Förderfähig in Modul 2 sind die aufgeführten Maßnahmen, sofern sie sich auf Wärmenetzsysteme zur Wärmeversorgung von mehr als 16 Gebäuden oder mehr als 100 Wohneinheiten beziehen. Voraussetzung für die systemische Förderung ist u.a. die Vorlage einer Machbarkeitsstudie (Neubau) bzw. eines Transformationsplanes (Bestandsnetz). Hierbei muss es sich nicht um eine Machbarkeitsstudie bzw. Transformationsplan handeln, die bzw. der im Rahmen des Moduls 1 gefördert wurde. Allerdings muss die vorgelegte Machbarkeitsstudie bzw. der vorgelegte Transformationsplan den Anforderungen zum Mindestinhalt und Aufbau gem. den jeweils gültigen Merkblättern genügen.

Photovoltaik

Die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlagen stellt sich insbesondere durch eine Eigenstromnutzung und der damit verbundenen geringen Bezugsmenge aus dem Netz dar. Dieser Effekt kann durch die Wärmepumpe deutlich gesteigert werden.

Die Wirtschaftlichkeit des Ausbaus der Photovoltaikanlagen und die statische Amortisationszeit des PV-Ausbaus wurde von SiPE ermittelt. Die statische Amortisationsrechnung wird sensitiv bis zu einer PV-Ausbaugröße von 475 kWp durchgeführt.

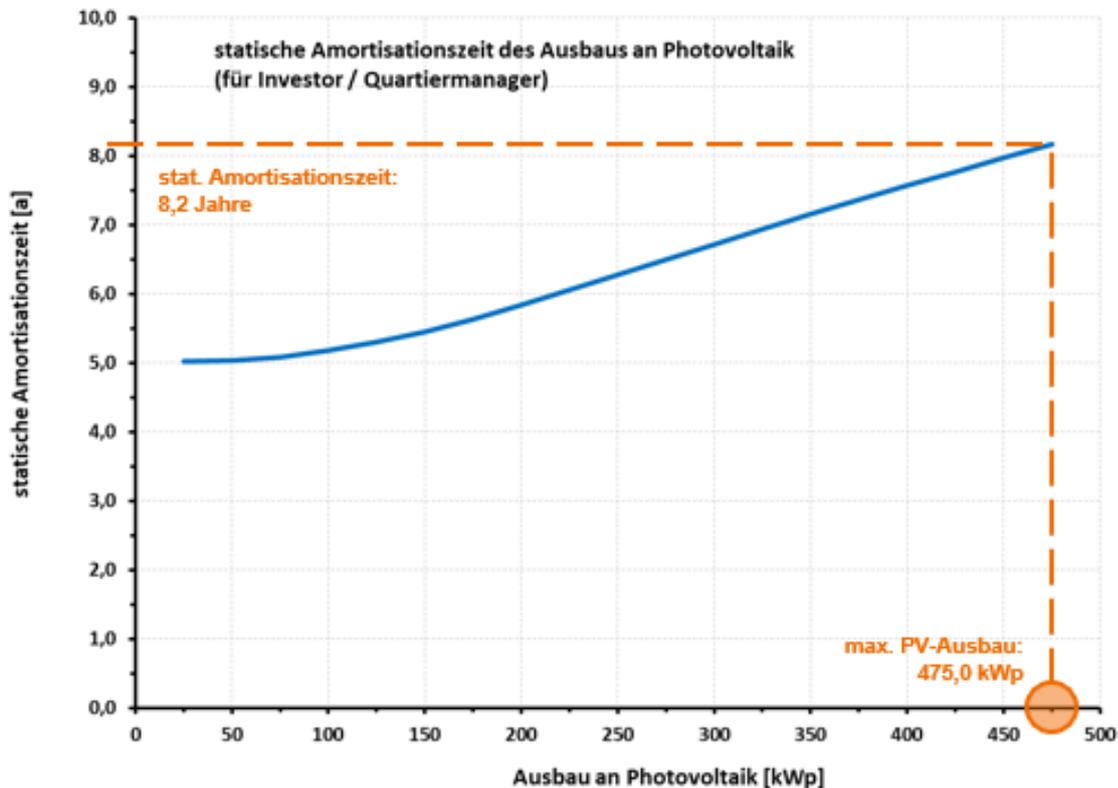


Abbildung 2-23 Wirtschaftlichkeit des Photovoltaikausbaus: statische Amortisationszeit (für Investor/ Quartiermanager) (Folie 30), (Präsentation ‚Konzept zur Regenerativen Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher innerhalb eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim‘, (Simon Process Engineering GmbH (SiPE), Prof. Dr. Ralf Simon und Philipp Kochems, M.Sc.)).

Bei einem max. Ausbau der Photovoltaikanlage ergibt sich eine statistische Amortisationszeit von 8,2 a. Bei der aufgezeigten Wirtschaftlichkeit der Investition in Photovoltaik ist es definitiv möglich, einen entsprechenden Investor bzw. Betreiber zu finden.

Der Hausbesitzer kann durch den generierten PV-Strom und durch die Verpachtung seiner Dachfläche jährliche Einnahmen erzielen. Zusätzlich hat er nach Ausbaugröße der PV-Anlage bis zu einem Viertel seines Strombedarfs mit preisstabilem Photovoltaikstrom abgedeckt.

Darüber hinaus wird die lokale Versorgungssicherheit durch den Ausbau von Photovoltaik erhöht. Das bedeutet, dass im Falle eines Ausfalls des vorgelagerten Stromnetzes durch die Photovoltaik einen Teil des Strombedarfs der Haushalte, beispielsweise für den Betrieb der Wärmepumpen, zumindest zu den Tageszeiten deckt.

Der Einsatz eines Batteriespeichers zur alleinigen Optimierung des Eigenbedarfs, sprich der Reduktion der PV-Überschussstrommenge, erzielt aufgrund der aktuell hohen Investitionskosten für das Speichersystem (ca. 850,00 €/kWh) und der relativ geringen Überschussstrommenge (218,01 MWhel/a) keine Wirtschaftlichkeit.

Es müssen daher parallele Erlöspotenziale, wie z.B. ein aktives Lastspitzenmanagement, die Vermarktung des Batteriespeichers an den Strombörse oder auch die Durchführung von Systemdienstleistungen (z.B. Bereitstellung von Primärregelleistung), erschlossen und genutzt werden.

Rahmenbedingungen

Bestimmung der kapitalgebundenen Kosten

Zinssatz für Gebäude	3,0 % ⁶
Zinssatz für Photovoltaikanlagen	4,0 % ⁷
Zinssatz für kaltes Nahwärmenetz und Wärmeerschließung	2,0 % ¹⁰
Abschreibungsdauer Luft/Wasser-Wärmepumpe	15 a ⁸
Abschreibungsdauer Sole/Wasser-Wärmepumpe	20 a ⁸
Abschreibungsdauer Photovoltaikanlage	20 a ⁹
Abschreibungsdauer zentrales Erdwärmesondenfeld (inkl. Probebohrung und TRT-Test) mit Regeneration durch passive Temperierung	30 a ¹⁰
Abschreibungsdauer kalte Nahwärmeleitungen	40 a ⁸
Abschreibungsdauer Photovoltaikanlage	20 a ⁷
Teuerungsrate	5 - 20 % ¹¹
Spez. Investitionskosten PV	1.200 €/kWp inkl. MwSt. ¹⁰

⁶ Angelehnt an den Konditionen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), KfW-Programm 261 (Stand 22.07.2022)

⁷ Angelehnt an den Konditionen zum Erneuerbare Energien KfW-Programm 270 (20/3/20, Stand 22.07.2022)

⁸ Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012

⁹ Bundesministerium der Finanzen: AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle "AV"), 15.12.2000

¹⁰ TSB: Annahme

¹¹ SiPE: Annahme aktuelle Marktsituation

Pacht der Dachfläche:	3,00 €/m ² /a ¹³
Spez. Kosten für Grundstückserwerb	15 €/m ² exkl. MwSt. ¹⁰

Bestimmung der verbrauchsgebundenen Kosten

PV-Strompreis:	25,00 ct/kWh
Strombezugskosten aus öffentl. Netz:	37,82 ct/kWh ¹³
Vergütung des Überschussstroms:	5,0 ct/kWh ¹³
Spez. Holzhackschnitzelpreis	31 €/MWh _{Hi} inkl. MwSt.

Bestimmung der betriebsgebundenen Kosten

Wartung kaltes Nahwärmenetz (EWS)	3.030 €/a exkl. MwSt. ¹⁰
Verwaltungskosten kaltes Nahwärmenetz	0,7 % der Investitionskosten ¹⁰
Wartung Luft/Wasser-Wärmepumpe	1,5 % der Investitionskosten ¹²
Wartung Sole/Wasser-Wärmepumpe	1,5 % der Investitionskosten ¹³
Technische Betreuung Photovoltaikanlage	2,0 % der Investitionskosten ¹⁰

¹² Angelehnt an Verein Deutscher Ingenieure (VDI): VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäude-technischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012 + Annahme einer Preissteigerung von 15 %

¹³ In Anlehnung an Viessmann-Angebot (2019) inkl. einer angenommenen Preissteigerung von 15 %

Bestimmung der spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen

Für alle Gebäudetypen im Neubaugebiet wurde im technischen Konzept PV-Anlagen ausgelegt und deren Ertrag simuliert. Die Ergebnisse wurden auf die übrigen Gebäudetypen übertragen, indem der Solarertrag in Bezug auf den Wärmepumpenstromverbrauch abhängig von der verfügbaren Dachfläche angepasst wurde. Für alle PV-Anlagen wurden die spezifischen Stromgestehungskosten ermittelt. Im gewichteten Mittel belaufen sie sich auf ca. 12,5 ct/kWh_{el} zzgl. MwSt.

In den Investitionskosten der PV-Anlagen wurde keine Batterie berücksichtigt, da sie für den Betrieb einer Wärmepumpe nicht benötigt wird. Für den Eigenverbrauch des Allgemeinstroms kann eine Batterie zielführend sein.

Tabelle 2-8 spez. Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen

Photovoltaik alle Kosten zzgl. MwSt.	elektrische PV-Leistung [kW _p]	Investitionskosten [€]	Kapitalkosten [€]	Betriebskosten [€/a]	Jahresgesamtkosten [€/a]	PV-Stromerzeugung [kWh _{el} /a]	Spez. Stromgestehungskosten [ct/kWh]
EFH T 1,2 & 3	12,86	19.450	1.190	390	1.580	14.289	13,16
EFH+ELW	16,50	24.958	1.530	500	2.030	15.758	15,33
DHH	11,44	17.304	1.060	350	1.410	20.811	8,06
MFH T1	13,20	19.966	1.220	400	1.620	13.451	14,33
MFH T2	13,20	19.966	1.220	400	1.620	13.451	14,33
RH	6,27	9.484	580	190	770	6.345	14,44

Bestimmung der Investitionskosten der netzgebundenen Varianten

Variante 2

Die Investitionskosten umfassen das Netz der kalten Nahwärme, die zu installierenden Erdwärmesonden sowie die gebäudeseitigen Installationen bis zum Wärmeerzeuger (WP). Diese werden im Jahreskostenvergleich annualisiert und als Kapitalkosten nach VDI 2067 dargestellt. Die abgeschätzten Investitionskosten inkl. Planungskosten für die Wärmeversorgung beruhen u. a. auf Richtpreisangeboten und eigenen Erfahrungswerten inkl. angenommener Teuerungsrate.

Tabelle 2-9 Abschätzung der Investitionskosten für eine kalte Nahwärme mit Erdwärmesondenfeld

Investitionskosten Gesamtes Neubaugebiet alle Kosten inkl. Planung und zzgl. MwSt.		Variante 2 kalte Nahwärme mit EWS
Sole/Wasser-Wärmepumpen	€	921.220
Erdwärmesondenfeld inkl. Probebohrungen	€	1.327.731
Kaltes Nahwärmenetz	€	611.493
Summe	€	2.860.444

Variante 3

Die Investitionskosten umfassen das Netz der warmen Nahwärme, die zu installierenden Verteiler pro Abnehmer sowie die gebäudeseitigen Installationen. Diese werden im Jahreskostenvergleich annualisiert und als Kapitalkosten nach VDI 2067 dargestellt. Die abgeschätzten Investitionskosten inkl. Planungskosten für die Wärmeversorgung beruhen u. a. auf Richtpreisangeboten und eigenen Erfahrungswerten inkl. angenommener Teuerungsrate.

Tabelle 2-10 Abschätzung der Investitionskosten für eine warme Nahwärme

Gesamtes Neubaugebiet Alle Kosten inkl. MwSt. inkl. Planungskosten		Variante 3* "warme" Nahwärme
Pelletkessel	€	380.800
Heizzentrale mit Brennstofflager in Massivbauweise	€	241.200
Nahwärmenetz	€	696.700
Übergabestationen Nahwärme		331.300
Für das Grundstück der Heizzentrale angesetzt Wert		56.500
Summe	€	1.706.500

Bei einer Berücksichtigung der Förderung (nach BEW) liegen die Investitionskosten des warmen Nahwärmenetzes bei 1.695.600 €.

Variantenvergleich der Vollkosten zur Wärmeversorgung und Fußbodentemperierung der Neubauten

Auf den zuvor genannten Grundlagen basiert die Berechnung der jährlichen Gesamtkosten für die Wärmeversorgung der Neubauten. Sie werden als Summe für das gesamte Neubaugebiet aus Sicht der Gebäudeeigentümer einschließlich der gesetzlichen Mehrwertsteuer angegeben.

Tabelle 2-11 Jahreskosten im gesamten Neubaugebiet

Wirtschaftlichkeit NBG alle Kosten inkl. Eigenanteil, Förderung und MwSt.	Einheit	Variante 1 ¹⁴ (Basisvariante) mit dez. L/W-WP BEG		Variante 2 ¹⁵ kalte Nahwärme mit EWS (ZEIS) mit dez. S/W-WP (BEG)		Variante 3 ¹⁵ warme Nahwärme BEW	
		Netz- betreiber	Gebäude- eigentümer	Netz- betreiber	Gebäude- eigentümer	Netz- betreiber	Gebäude- eigentümer
Investition in zentrale Wärmeerschließung, Netz und zentrale Heiztechnik	€	0	0	1.255.495	0	1.696.000	0
Kapitalkosten in zentrale Wärmeerschließung, Netz und zentrale Heiztechnik	€/a	0	0	116.100	0	91.200	0
Investition in dezentrale Wärmeerzeugung	€	0	1.700.000	0	921.220	0	0
Kapitalkosten in dezentrale Wärmeerzeugung	€/a	0	133.100	0	0	0	0
Verbrauchskosten Wärmeerzeugung	€/a	0	84.683	56.800	0	286.800	0
Verbrauchskosten Kühlung	€/a	0	15.549	0	0	0	0
Betriebskosten dezentral (Gebäude)	€/a	0	26.600	60.000	0	33.500	0
Betriebskosten zentral (Netzseitig)	€/a	0	0	0	0	0	0
Jahreskosten	€/a	259.931		232.900		411.500	

¹⁴ Förderung BEG berücksichtigt.

¹⁵ Förderung ZEIS. Die Kombination mit der passiven Kühlung wirkt sich durch eine verbesserte Energiebilanz positiv auf die gesamten Verbrauchskosten der Variante 2 aus.

In dem Neubaugebiet handelt es sich bei der kalten Nahwärme mit Erdwärmesondenfeld um die kostengünstigste Variante.

Bezüglich der aktuellen Förderlandschaft kann im Fall der „kalten Nahwärme“ derzeit die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) beantragt werden.

Eine Förderung durch das Programm ZEIS mit einem Investitionszuschuss von etwa 40 % stellt einen elementaren Baustein in der Realisierung der Wirtschaftlichkeit dar.

Der Vergleich zeigt, dass die Jahreskosten der Variante 2 gegenüber der Basisvariante 1 um rund 11 % und gegenüber der warmen Nahwärme um das 43 % geringer liegen. Es kann zu Abweichungen bzgl. der Konditionen der Fördermittel im Vergleich zu den hier gezeigten Daten kommen.

Ergänzend zur Darstellung der Jahreskosten für das gesamte Neubaugebiet werden zu einem ausgewählten Gebäudetyp die Jahreskosten nachfolgend angegeben.

Tabelle 2-12 Jahreskosten eines Einfamilienhauses aus Sicht der Gebäudeeigentümer

Jahreskosten der Gebäudeeigentümer		Variante 1 ¹⁶ (Basisvariante)	Variante 2 ¹⁷ kalte Nahwärme EWS	Variante 3 ¹⁸ warme Nahwärme
Einfamilienhaus Alle Kosten inkl. Förderung und MwSt.		dez. L/W-WP BEG	ZEIS	BEW
Förderung		Keine	BEW	BEW
Investitionskosten	€	24.058	20.285	4.000
Kapitalkosten	€/a	1.800	762	704
Netzkosten				
Kostenanteil Wärmepumpe	€/a	0	0	0
Kostenteil am Netz	€/a	0	1.178	1.851
Summe	€/a	0	1.178	1.851
Betriebskosten	€/a	360	290	540
Verbrauchskosten				
Energiekosten	€/a	1.246	850	3.987
Kosten der Kühlung	€/a	169	20	0
Summe	€/a	1.415	20	3.987
Jahreskosten der Gebäudeeigentümer	€/a	3.575	2.250	6.378

CO₂e-Emissionsbilanz

Eine ökologische Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten erfolgt mit einer CO₂e-Emissionsbilanz. Dazu werden spezifischen Emissionen herangezogen (GEMIS, 2019). Die Bilanz wird als Summe für das gesamte Neubaugebiet aufgestellt. In allen Varianten wird davon ausgegangen, dass ausschließlich Ökostrom genutzt wird. Hierfür wird ein gemittelter CO₂e-Kennwert angesetzt.

¹⁶ Förderung nach BEG. Aktuell Förderung BEG eingestellt.

¹⁷ Förderung der Netzkosten nach Wärmenetze 4.0. Bundesförderung BEW ist am 15. September 2022 in Kraft getreten. Die Kombination mit der passiven Kühlung wirkt sich durch eine verbesserte Energiebilanz positiv auf die gesamten Verbrauchskosten der Variante 2 aus. Investitionskosten und Kapitalkosten sind je nach Geschäftsmodell zu definieren. Investitionskosten und Kapitalkosten sind je nach Geschäftsmodell zu definieren. Die durch den Contractor umzulegenden Kosten sind in der Folge unter dem Punkt „Netzkosten“ zu finden.

¹⁸ Bundesförderung BEW ist am 15. September 2022 in Kraft getreten. Durch eine geringe Förderung der Netzkosten fallen die gesamten Verbrauchskosten der Variante 3 höher aus. Die Kosten für Kühlung wurden nicht berücksichtigt. Investitionskosten und Kapitalkosten sind je nach Geschäftsmodell zu definieren. Die durch den Contractor umzulegenden Kosten sind in der Folge unter dem Punkt „Netzkosten“ zu finden.

Verwendete CO₂e-Kennwerte:

- Ökostrom: 30 g/kWh_{el}¹⁹
- Solarstrom: 56 g/kWh_{el}²⁰

Tabelle 2-13 CO₂e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet

CO ₂ e-Emissionsbilanz Neubaugebiet		Variante 1 L/W-WP + PV	Variante 2 kalte Nahwärme mit EWS S/W-WP + PV	Variante 3 kalte Nahwärme mit EWK S/W-WP + PV
CO ₂ e-Emissionen PV-Strom für WP	t/a	3,6	1,9	0
CO ₂ e-Emissionen Ökostrom für WP	t/a	3,0	2,1	0
CO ₂ e-Emissionen PV-Strom für Temperierung	t/a	1,2	0,10	0
CO ₂ e-Emissionen Ökostrom für Temperierung	t/a	1,2	0,13	0
CO ₂ e-Emissionen Holzpellets	t/a	0	0	18,4
CO ₂ e-Emissionen Netzstrom Hilfsenergie	t/a	0	0	6,9
CO₂e-Emissionen gesamt	t/a	9,0	4,2	25,3

In der Variante 2 mit kalter Nahwärmeversorgung unter Einsatz von Sole/Wasser-Wärmepumpen fallen sehr niedrige Treibhausgasemissionen an. Der Unterschied zwischen der Variante 1 und der Varianten 2 ist auf die wesentlich höhere Energieeffizienz der Sole/Wasser-Wärmepumpe in Verbindung mit einer kalten Nahwärmeversorgung sowie der Möglichkeit einer freien Kühlung zurückzuführen, sodass eine kalte Nahwärme etwa 53 % der Treibhausgasemissionen von einer Wärmeversorgung mit dezentralen Luft/Wasser-Wärmepumpen einspart. Im Vergleich zur warmen Nahwärme zeigt die Variante der kalten Nahwärme eine Einsparung der Treibhausgasemissionen von etwa 98 %.

Als Wärmeversorgung der Neubauten haben Erdgas oder Heizöl mit Solarthermie keine Rolle gespielt, sodass Luft/Wasser-Wärmepumpen als Basisvariante definiert wurden. Aus anderen, vergleichbaren Projekten hat sich gezeigt, dass Treibhausgasemissionen einer

¹⁹ TSB: Annahme

²⁰ Tabelle 10, Seite 50; Climate Change: Emissionsbilanz erneuerbarer Energien, Umweltbundesamt, 2022 (ISSN 1862-4359)

Wärmeversorgung mit Erdgas oder Heizöl in Kombination mit Solarthermie um ein Vielfaches größer sind als die Emissionen einer kalten Nahwärmeversorgung.

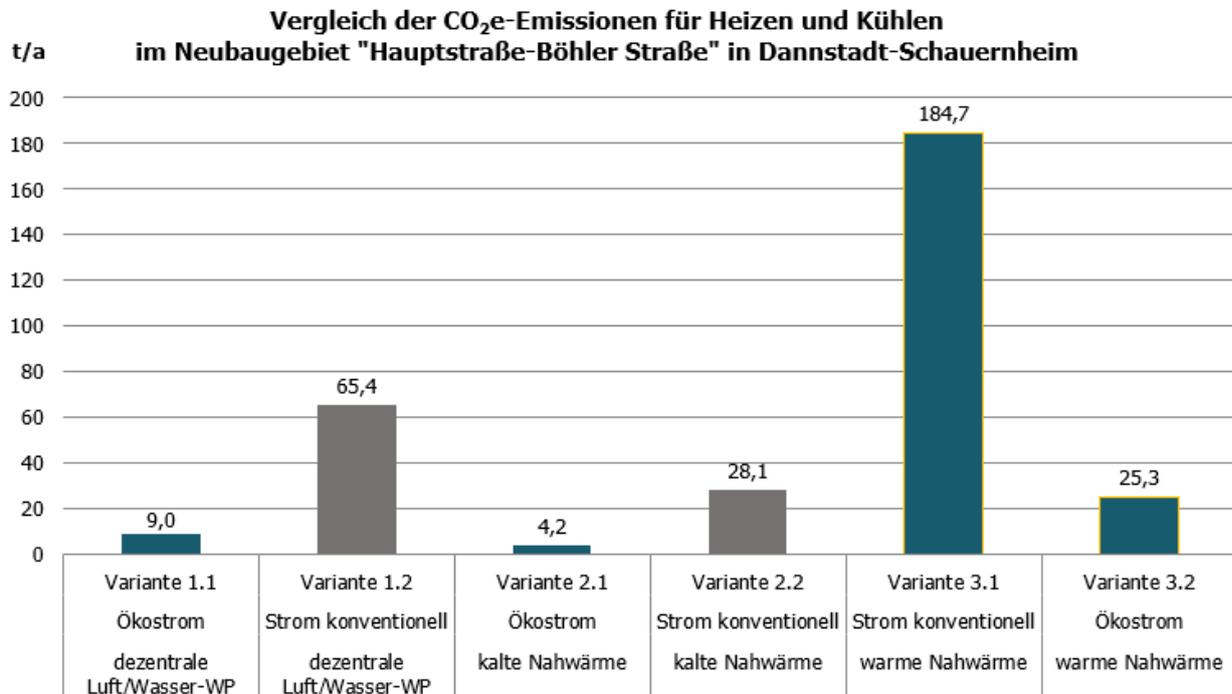


Abbildung 2-24 CO₂e-Emissionsbilanz für das gesamte Neubaugebiet

Auch aus ökologischer Sicht empfiehlt sich die Umsetzung einer kalten Nahwärmeversorgung für das Neubaugebiet „Ortsmitte“ in Dannstadt Schauernheim.

Risikobeurteilung in Anlehnung an DIN ISO 31000 - 2018-10

Variante 2 – 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 – 2018-10“ 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 tätigen Investitionskosten. Die Abschätzungen in den hier vorliegenden Fällen basieren insbesondere auf Richtpreisangeboten und eigenen Erfahrungswerten. Trotzdem muss davon ausgegangen werden, dass die Marktsituation in Form der

Entwicklung der Beschaffungspreise oder konjunkturbedingter Schwankungen zum Zeitpunkt der Ausschreibung die Investitionskosten sowohl positiv als auch negativ verändern kann. Auf Basis eines Vergleichs von Richtpreisangeboten unterschiedlicher Jahre und der Annahme, dass sich die derzeitige Marktsituation für zukünftige Vorhaben teilweise stabilisieren würde, wurde eine Teuerungsrate von bis zu 20 % für zu tätige Investitionen angenommen.

- **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. Jedoch kann die vorhandene Förderkulisse nicht als statisch betrachtet werden. Im vorliegenden Fall muss darauf hingewiesen werden, dass die wirtschaftlichste Variante (Variante 2 „kalte Nahwärme mit Erdwärmesondenfeld“ mit Förderung angelehnt an die Konditionen des Programms „ZEIS“) zu rein informatorischen Zwecken berechnet wurde.

Festgehalten werden muss, dass insbesondere die zentralen Versorgungssysteme empfindlich auf Änderungen der Förderkulisse bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit reagieren. Die Auswirkungen dieses Risikofaktors können als hoch bewertet werden. Jedoch kann die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines solchen negativen Ereignisses als gering betrachtet werden, da Änderungen an Förderprogrammen mit längeren Vorlaufzeiten verbunden sind.

- **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.

In den Berechnungen ist das Risiko der Verminderung von Zuwendungen aufgrund einer Überschreitung der Projektlaufzeiten von Fördermittelgebern nur dann ggf. gegeben, wenn der Netzbetreiber auch die Wärmepumpen betreibt.

Da alle Berechnungen für das vollständig bebaute Neubaugebiet gelten, ist jedes Jahr, um das sich die Vermarktung einzelner Grundstücke verzögert, ggf. schädlich für die Wirtschaftlichkeit. Dies ist allerdings wiederum vom Betriebsmodell und der Preisgestaltung abhängig.

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

- **Auskühlung des Erdreiches**

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

Deswegen empfiehlt es sich, die Soleverteiler so zu planen und umzusetzen, dass bei Notwendigkeit das Sondenfeld um wenige Nachbohrungen ergänzt werden kann. Der Effekt muss nicht eintreten – durch entsprechendes Kühlverhalten (Wärmeeintrag) können sich sogar positive Auswirkungen einstellen.

3. Fazit des Variantenvergleichs Wärme, Strom und der Potenzialabschätzung

Für das Neubaugebiet „Hauptstraße- Böhler Straße“ in Dannstadt-Schauernheim zeigt der Vergleich der Varianten, dass die **dezentrale kalte Nahwärme** als innovatives Wärmenetzsystem ein klimaneutrales Baugebiet ermöglicht und gegenüber der dezentralen Basisvariante (Luft/Wasser-Wärmepumpen) und zentralen warmen Nahwärme Vorteile hat.

Für das kalte Nahwärmenetz ist als Wärmequelle oberflächennahe Geothermie vorgesehen, die über mehrere **Erdwärmesondenfelder** erschlossen wird.

Die Anfrage bei der SGD Süd hat eine grundsätzliche Machbarkeit der Geothermie mit Erdwärmesonden ergeben. Somit ist der Standort für die Wärmequellenerschließung geeignet. Ein Betreiber ist hier noch zu finden.

Sowohl der Primärenergieverbrauch als auch die Treibhausgasemissionen sind mit einer kalten Nahwärme am niedrigsten, was auf eine hohe Energieeffizienz der Wärmepumpen im Wärmenetzsystem und die Möglichkeit einer passiven Temperierung zurückzuführen ist.

Die Einbindung der Photovoltaik ist auf jeden Fall zu empfehlen. Sie zeichnet sich durch eine gute Wirtschaftlichkeit und eine enorme Reduktion der CO₂-Emissionen innerhalb der Fernwärmeversorgung aus. Gleichzeitig wird die Versorgungssicherheit erhöht.

Das Batteriespeichersystem kann zur Optimierung des Eigenbedarfs überschüssigen PV-Strom im Quartier halten. Trotz einer parallelen Vermarktung an verschiedenen Strommärkten liegt die statische Amortisationszeit des Batteriespeichers bei ca. 10-14 Jahren.

Ein **Batterieeinsatz** zur Kappung der Lastspitze des Quartiers zur Netzstabilisierung ist darüber hinaus technisch möglich, bringt jedoch keine signifikante Wirtschaftlichkeit mit sich.

Perspektivisch besteht weiterhin die Möglichkeit für den Quartiermanager, sofern bei der Elektroplanung ein Schaltfeld in der Mittelspannungsstation vorgehalten wird, ein entsprechendes Batteriespeichersystem nachzurüsten

Die Wirtschaftlichkeit der Installation einer Photovoltaikanlage bzw. deren statische Amortisationszeit liegt in Abhängigkeit der Strombezugskosten bei ca. 8 Jahren. Ein weiterer Vorteil der Integration der Photovoltaik auf Seiten der Anwohner liegt darin, dass ein nicht unerheblicher Teil ihres Strombedarfs (ca. 25 %) mit preisstabilem Strom gedeckt wird.

Es kann zu Abweichungen bzgl. der Konditionen des Programms im Vergleich zu den hier gezeigten Daten kommen.

Auf dieser vorliegenden Datengrundlage basierend wird eine kalte Nahwärmeversorgung für das Neubaugebiet „Hauptstraße - Böhler Straße“ empfohlen und für eine detaillierte Betrachtung favorisiert.

Aktuell kann nur noch die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) in Betracht gezogen werden, dabei muss die Anzahl von mindestens 17 geforderten Gebäuden eingehalten werden.

Die Mindestgröße seitens der BEW ist im NBG Dannstadt-somit erreicht. Bei einer Fortführung des Projekts kann die Förderung der kalten Nahwärme über die neue Förderkulisse erfolgen.

Literaturverzeichnis

- 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/Steuer_n/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/2000-12-15-afa-103.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- co2online. (15. April 2021). *Stromspiegel 2021/22*. Von <https://www.stromspiegel.de/fileadmin/ssi/stromspiegel/Broschuere/stromspiegel-2021.pdf> abgerufen
- Energieagentur RLP. (8. Mai 2023). *Energieagentur Rheinland-Pfalz*. Von Förderprogramm „Zukunftsfähige Energieinfrastruktur“: <https://www.energieagentur.rlp.de/angebote/foerderinformationen/foerderprogramm-zukunftsaehige-energieinfrastruktur/> abgerufen
- GEG. (8. August 2020). Gesetz zur Vereinheitlichung des Energiesparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze. (*Gebäudeenergiegesetz - GEG*). Berlin.
- GEMIS. (September 2019). GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) Version 5.0 - Stand: September 2019.
- Prof. Giel. (4. April 2017). Kalte Nahwärme ist kein Widerspruch sondern eine Chance. *Vortrag am 12. Gebäudeenergie-tag Rheinland-Pfalz an der TH Bingen*. Bingen.
- VDI. (September 2012). VDI- Richtlinie 2067 Blatt 1. *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnungen*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e. V.

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
BKZ	Baukostenzuschuss
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent (carbon dioxide equivalent, nach ISO 14067-1 Pre-Draft)
DHH	Doppelhaushälfte
EFH	Einfamilienhaus
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
ELW	Einliegerwohnung
EnEV	Energieeinsparverordnung
EWK	Erdwärmekollektor
EWS	Erdwärmesonde
g	Gramm
GD NRW	Geologischer Dienst NRW
GEG	Gebäudeenergiegesetz
Index el	elektrische Energie
Index p	Primärenergie
Index th	Wärme
kNW	kalte Nahwärme
kWh	Kilowattstunden
kWp	Kilowatt-Peak (Maximalleistung)
L/W-WP	Luft/Wasser-Wärmepumpe
m ²	Quadratmeter
MWh	Megawattstunden
NBG	Neubaugebiet
PV	Photovoltaik

S/W-WP	Sole/Wasser-Wärmepumpe
t	Tonne
THG	Treibhausgase
TRT	Thermal-Response-Test
TWW	Trinkwassererwärmung
ü. NN	über Normalnull
ZEIS	Zukunftsfähige Energieinfrastruktur

Anhang 1 – Strom-Konzeptstudie

Konzeptstudie zur Untersuchung regenerativer Stromerzeugung in Verbindung mit einem Großbatteriespeicher zur Planung eines Quartiers in Dannstadt-Schauernheim

Datum: 22.12.2022

durchgeführt von Simon Process Engineering GmbH



Im Auftrag der ITB gGmbH; Geschäftsbereich: Transferstelle Bingen (TSB)

1 Strom - Allgemeines

Die Gemeinde Dannstadt-Schauernheim plant die Erschließung des Quartiers „In den Kratzbügen“. Hierzu wurde von der Transferstelle Bingen bereits eine Konzeptstudie, welche die Wärmeversorgung mittels kalter Nahwärme untersucht, durchgeführt.

Im Folgenden soll neben des bereits betrachteten Wärmesektors der Bereich der elektrischen Versorgung untersucht werden. Neben der Ermittlung des Strombedarfs des gesamten nördlichen Teils des Quartiers, der zusätzlich zum Haushaltsstrom auch den Betriebsstrom aller Wärmepumpen und den Strombedarf der Ladeinfrastruktur der Elektromobilität beinhaltet, wird ein maximaler Ausbau an Photovoltaik ermittelt. Daraufhin wird die entsprechende Stromerzeugung simuliert.

Darüber hinaus wird der Einsatz eines Batteriespeichersystems zur Optimierung des Quartier-Eigenbedarfs hinsichtlich seiner technischen und wirtschaftlichen Eignung geprüft.

Aktueller Stand der Planungen

Der aktuelle Bebauungsplan sieht die Errichtung folgender Wohnobjekte im nördlichen Teil des Quartiers vor:

- 29 Einfamilienhäuser (EFH), zweigeschossig (jeweils 1 Wohneinheit)
- 5 EFH mit Einliegerwohnung (jeweils 2 Wohneinheiten)
- 12 Doppelhaushälften (jeweils 1 Wohneinheit)
- 2 Mehrfamilienhäuser, Typ 1 (jeweils 6 Wohneinheiten)
- 2 Mehrfamilienhäuser, Typ 2 (jeweils 5 Wohneinheiten)
- 8 Reihenhäuser (jeweils 1 Wohneinheit)

In Abbildung 25 ist der schematische Bebauungsplan des Quartiers zu sehen. Die Reihenhäuser (blauer Kasten) und deren Position wurden nachträglich besprochen.



Abbildung 25: Bebauungsplan, Schema (Bildquelle: BBP: Konzeptanpassung Ergebnisse 20.06.2022)

2 Strom: Entwicklung eines Geschäftsmodells

In diesem Kapitel wird das Geschäftsmodell der Kundenanlage mit deren Anforderungen sowie der daraus folgenden Vorteile erläutert als auch die Position und Aufgaben eines Quartiermanagers betrachtet.

Kundenanlage

In dieser Konzeptstudie wird die Entwicklung einer Kundenanlage gem. §3 Nr. 24a EnWG untersucht.

Die Integration der Photovoltaikanlagen inkl. des Quartierbatteriespeichers soll als solch eine Kundenanlage ausgeführt werden. Ein großer Vorteil dieses Konstrukts besteht darin, dass innerhalb der Kundenanlage keine Netzentgelte, Netzzumlagen (KWK-, § 19 StromNEV-, Offshore- und AbLaV-Umlage) sowie Konzessionsabgaben und Stromsteuer zu entrichten sind.

Um die Vorteile nutzen zu können, muss das Quartier verschiedene Anforderungen des §3 Nr. 24a EnWG erfüllen, um als Kundenanlage anerkannt zu werden. So muss die Kundenanlage unbedeutend für einen unverfälschten Wettbewerb sein. Weiterhin wird darin gefordert, dass die Kundenanlage ein räumlich zusammenhängendes Gebiet und mit einem Energieversorgungsnetz oder einer Erzeugungsanlage verbunden sein muss. Außerdem müssen Energieanlagen zur Abgabe von Energie vorhanden und die Kundenanlage muss offen für jedermann zur Energiebelieferung der angeschlossenen Letztverbraucher sein. Zusätzlich muss die Netznutzung diskriminierungsfrei und unentgeltlich für jedermann sein.

Da diese Definition mehrere unbestimmte Rechtsbegriffe enthält, hat der BGH im EnVR 65/18 vom 12.11.2019 folgendes verkündet:

Eine Energieanlage ist für die Sicherstellung eines wirksamen und unverfälschten Wettbewerbs bei der Versorgung mit Elektrizität und Gas unbedeutend, wenn sie weder in technischer noch in wirtschaftlicher noch in versorgungsrechtlicher Hinsicht ein Ausmaß erreicht, das Einfluss auf den Versorgungswettbewerb und die durch die Regulierung bestimmte Lage des Netzbetreibers haben kann.

Als nicht mehr unbedeutend wird angenommen, wenn mehrere Hundert Letztverbraucher angeschlossen sind, eine Fläche deutlich 10.000 m² überschreitet oder die jährliche Menge an durchgeleiteter Energie 1.000 MWh deutlich übersteigt.

Nach Prüfung der oben genannten Punkte wurde festgestellt, dass die Schaffung einer Kundenanlage für das geplante Quartier definitiv möglich ist.

Quartiersmanager

Neben der energierechtlichen Einschätzung des Quartiers als Kundenanlage wird ein darauf abgestimmtes Geschäftsmodell entwickelt. Für den weiteren Verlauf dieser Studie wird der Einsatz eines Quartiermanagers betrachtet.

Der Quartiermanager übernimmt die Versorgung der Anwohner sowohl mit Wärme als auch mit Strom. Wärmeseitig betreibt er das kalte Nahwärmenetz sowie die Wärmepumpen. Stromseitig pachtet er die Dachflächen, investiert in die PV-Anlagen und betreibt diese. Den erzeugten PV-Strom sowie den darüber hinaus benötigten Strom stellt er den Bewohnern zur Verfügung.

3 Strom: Ermittlung des Quartier-Strombedarfs

Um den Ausbau der regenerativen Stromerzeugung aus Photovoltaik bewerten zu können, ist die Ermittlung des Strombedarfs aller Anwohner des Quartiers unabdingbar. Für die Ermittlung des Gesamtstrombedarfs wurden neben dem Haushaltsstrom, welcher den Betrieb elektrischer Hausgeräte, wie z.B. Spül- und Waschmaschine, Fernseher, Herd etc., abbildet auch der Strombezug der Wärmepumpen zur Wärmebereitstellung sowie der Strombedarf zum Laden zukünftiger Elektrofahrzeuge innerhalb des Quartiers herangezogen.

Haushaltsstrom

Im Bereich des Haushaltsstroms wurde ein Jahreslastgang eines Einfamilienhauses mit einem jährlichen Strombezug von 3.145 kWh_{el}/a als Datengrundlage zur Ermittlung des Strombedarfs aller Haushalte des Quartiers genutzt. Der Lastgang eines Einfamilienhauses über ein Jahr hinweg ist in nachfolgender Abbildung zu sehen. Insgesamt beläuft sich der jährliche Haushaltsstrom des Quartiers auf 254,75 MWh_{el}/a.

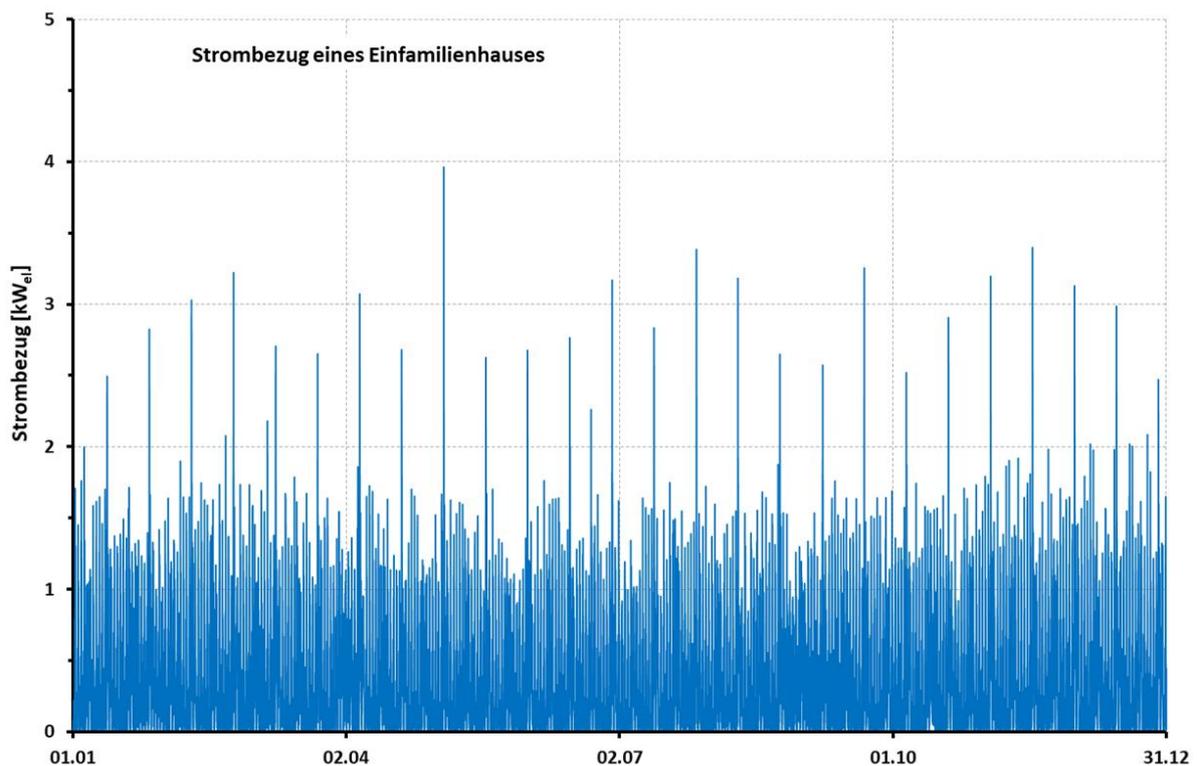


Abbildung 26: Strombezug eines Einfamilienhauses

Betriebsstrom aller Wärmepumpen innerhalb des Quartiers

Aufgrund der Elektrifizierung der Wärmeversorgung gemäß dem Konzept der Kalten Nahwärme mit der Einbindung von dezentralen Gebäudewärmepumpen erhöht sich der Strombedarf des Quartiers gegenüber einer emissionsbehafteten Wärmeversorgung. Gemäß den Simulationen der Transferstelle Bingen weist der Wärmepumpenbetrieb des Quartiers einen Strombedarf (siehe Abbildung 27) von insgesamt 232,35 MWh_{el}/a auf.

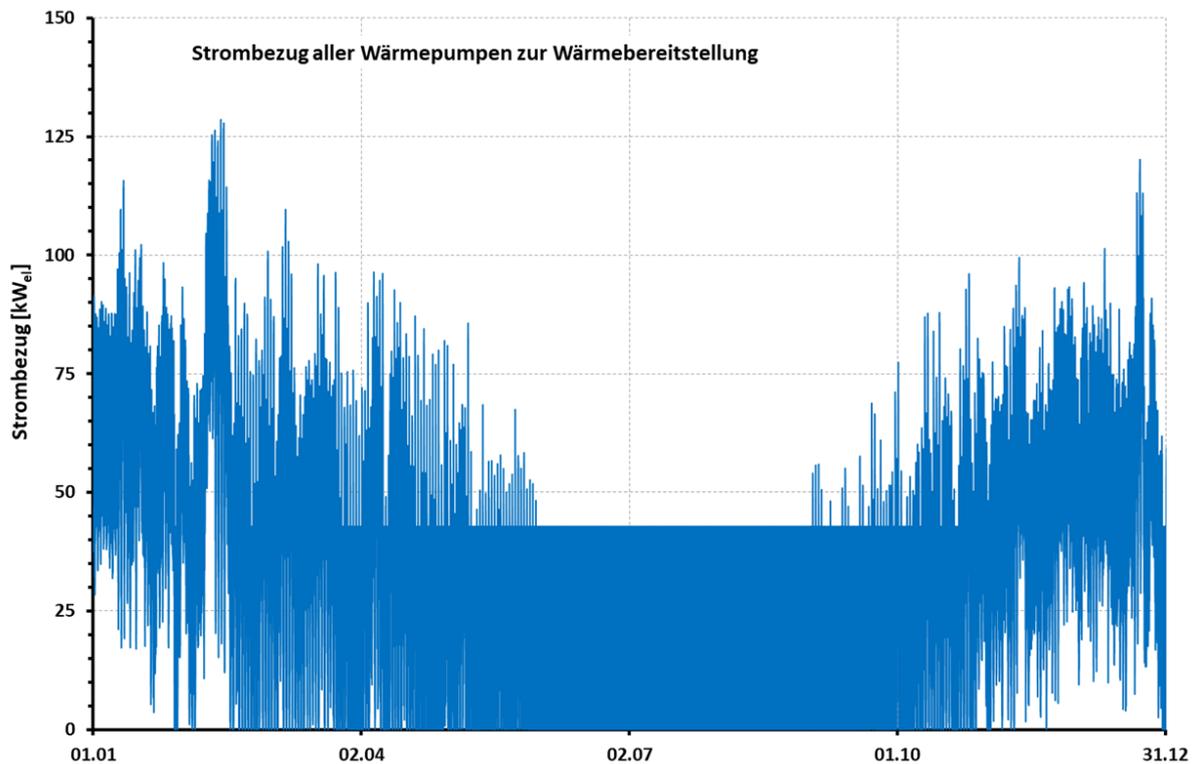


Abbildung 27: Strombezug aller Wärmepumpen des Quartiers

Strombedarf der Ladeinfrastruktur bedingt durch Steigerung der Elektromobilität

Neben dem Strom- bzw. Wärmesektor muss bei der Ermittlung des Gesamtstrombedarfs der Mobilitätssektor aufgrund zunehmender Elektromobilität ebenfalls berücksichtigt werden. Die Simulation des Jahresbedarfs einer Ladesäule wurde anhand zweier Ladeprofile, welche zwischen Werktag und Wochenende unterscheiden, durchgeführt und in Abbildung 28 sowie Abbildung 29 dargestellt. Darüber hinaus wurden in Abstimmung mit der Transferstelle Bingen weitere strukturelle Annahmen getroffen. So wurde eine E-Mobilitätsquote von ca. 75 % angenommen, was wiederum insgesamt 68 E-Fahrzeuge innerhalb des Quartiers entspricht. Außerdem wurde eine durchschnittliche Ladeleistung von $8,00 \text{ kW}_{\text{el}}$ je Ladepunkt angesetzt. Dieser Wert liegt unter der Ladeleistung von handelsüblichen Wallboxen ($11 \text{ kW}_{\text{el}}$ / $22 \text{ kW}_{\text{el}}$), da aktuell nicht alle Elektrofahrzeuge mit dieser Leistung geladen werden können. Darüber hinaus wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 40,0 % angenommen. Diese Kenngröße zeigt, wie viele Elektrofahrzeuge zu dem Spitzenzeitpunkt gleichzeitig geladen werden.

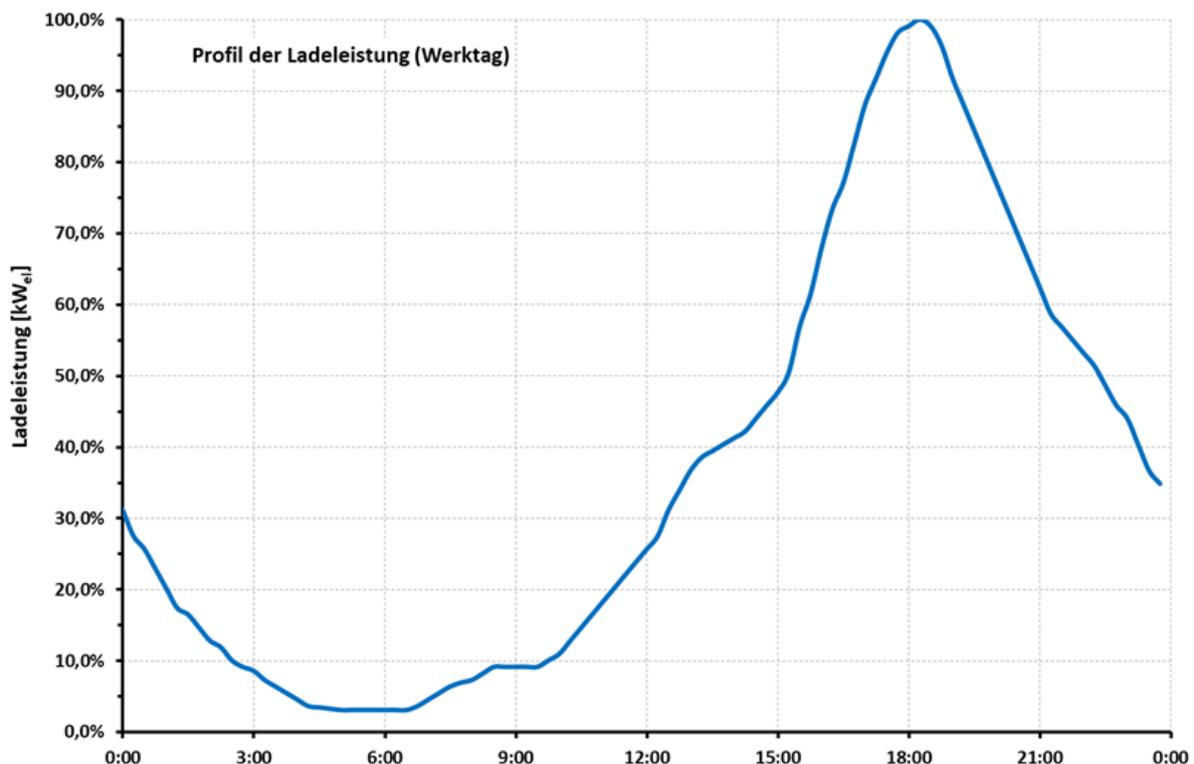


Abbildung 28: Ladeprofil einer Ladestation (Werktag)²¹

²¹ Quelle: Heinz, D. (2018): Erstellung und Auswertung repräsentativer Mobilitäts- und Ladeprofile für Elektrofahrzeuge in Deutschland

3 Strom: Ermittlung des Quartier-Strombedarfs

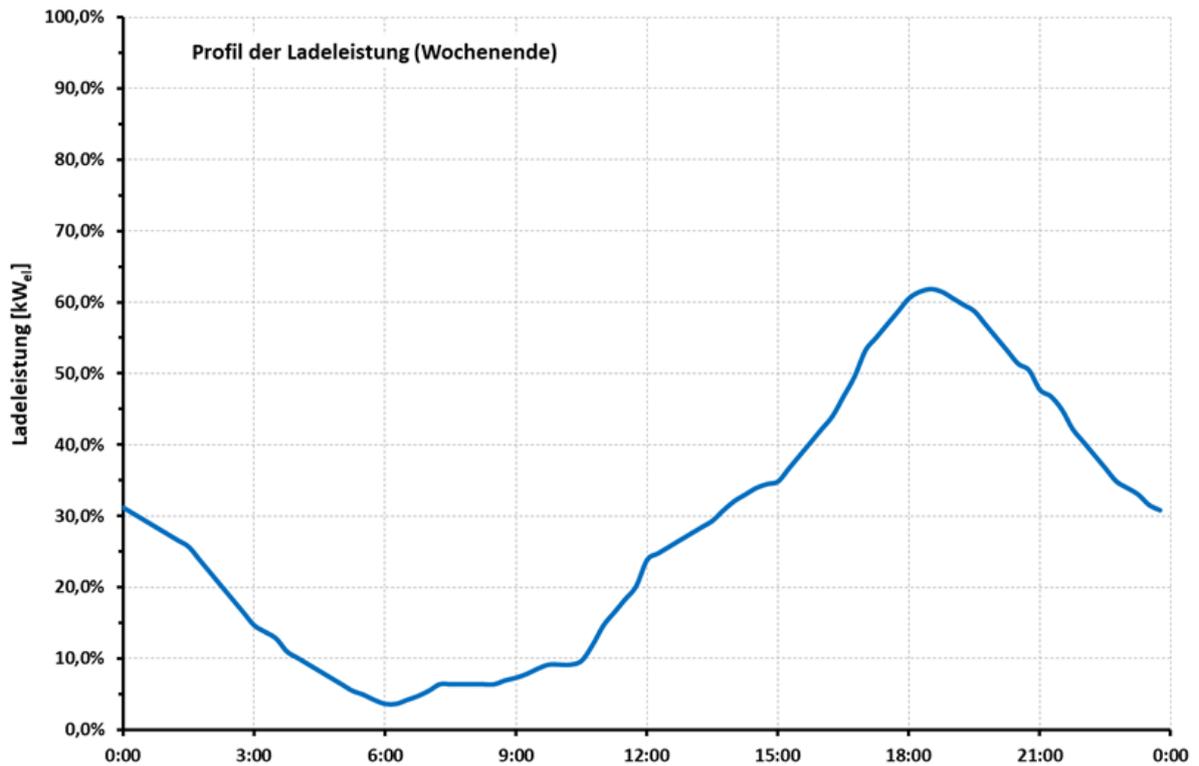


Abbildung 29: Ladeprofil einer Ladestation (Wochenende) ²²

Unter Verwendung der Ladeprofile und der Anpassung gemäß den getroffenen Annahmen ergibt sich aus folgendem Lastgang (Abbildung 30) ein jährlicher Strombedarf im Bereich der E-Mobilität des Quartiers von 647,23 MWh_{ei}/a.

²² Quelle: Heinz, D. (2018): Erstellung und Auswertung repräsentativer Mobilitäts- und Ladeprofile für Elektrofahrzeuge in Deutschland

3 Strom: Ermittlung des Quartier-Strombedarfs

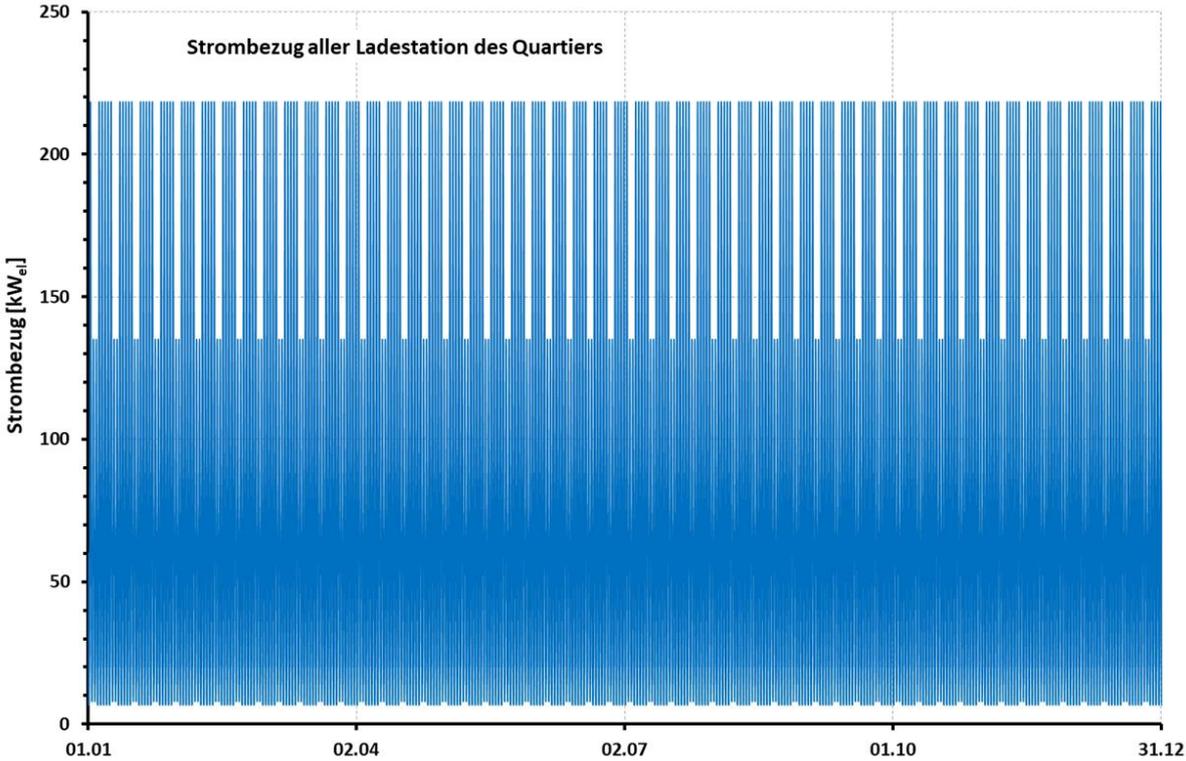


Abbildung 30: Strombezug aller Ladestationen des Quartiers

Zusammenfassung / Bestimmung des Gesamtstrombedarfs

Führt man die drei Strombezugsquellen Hausstrom, Wärmepumpenstrom sowie den Strombedarf zum Laden der Elektrofahrzeuge zusammen, ergibt sich ein jährlicher Gesamtstrombedarf des Quartiers von 1.134,33 MWh_{el}/a bei einer auftretenden Lastspitze von 465 kW_{el} (siehe Abbildung 31).

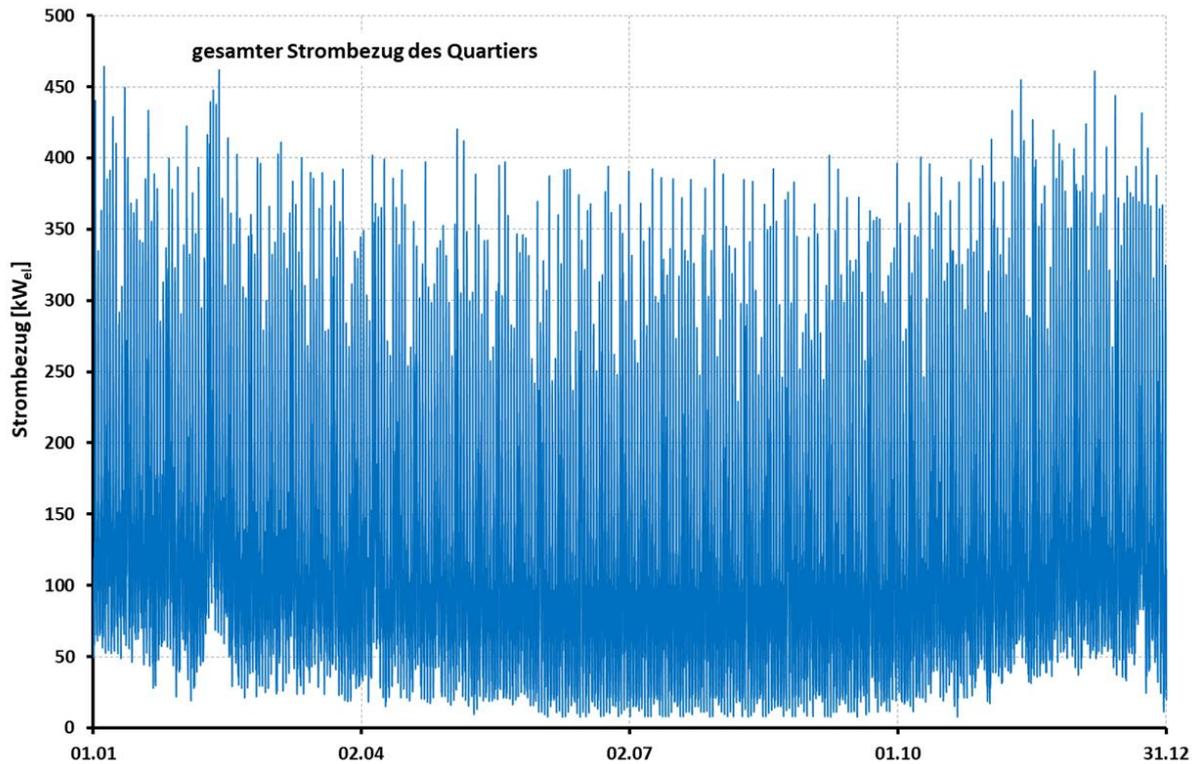


Abbildung 31: Gesamtstrombedarf des Quartiers

4 Strom: Regenerative Energieerzeugung (Integration von Photovoltaik)

Neben der Ermittlung des Gesamtstrombedarfs wurde die Integration von Photovoltaik bzw. die daraus resultierende Stromerzeugung innerhalb dieser Studie ermittelt. Hierfür wurde im ersten Schritt das mögliche Ausbaupotenzial bestimmt. Insgesamt können PV-Dachanlagen innerhalb des Quartiers mit einer kumulierten Leistung von ca. 475,0 kWp. Installiert werden. Über die im Bebauungsplan 09.06.2022 auf Seite 24 beschriebenen Dachausrichtungen und der durchschnittlichen Globalstrahlung, exportiert vom Deutschen Wetterdienst (DWD), wurde für den maximalen Ausbau an Photovoltaik ein resultierender Strombezug des gesamten Quartiers simuliert und als Lastgang in folgender Abbildung dargestellt.

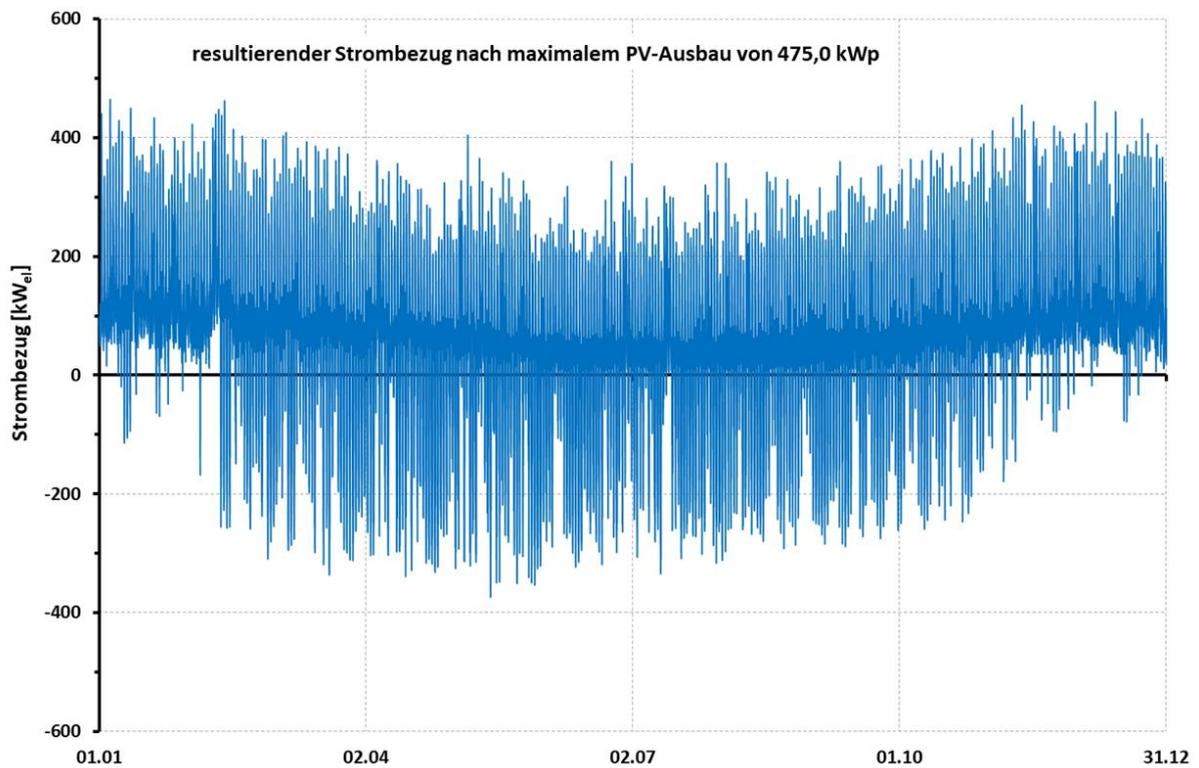


Abbildung 32: Integration von Photovoltaik –
resultierender Strombezug des Quartiers bei maximalem PV-Ausbau

Sensitivitätsanalyse über den Ausbau an Photovoltaik

Im Folgenden wurde eine Sensitivitätsanalyse über den Ausbau an Photovoltaik durchgeführt. Hierbei wurde neben dem resultierenden Netzbezug (Abbildung 33) und dem entsprechenden Autarkiegrad (Abbildung 34) die PV-Überschussstrommenge (Abbildung 35) über die jeweilig ausgebauten PV-Anlagenleistung untersucht.

Bei einer maximalen PV-Ausbaustufe von 475,0 kWp und der damit verbundenen jährlichen PV-Stromerzeugung von 500,9 MWh_{el}/a wurde der Strombezug des Quartiers auf 853,1 MWh_{el}/a reduziert. Hieraus ergibt sich ein Autarkiegrad von ca. 24,7 %. Darüber hinaus ist eine PV-Überschussstrommenge von ca. 218,0 MWh_{el}/a zu verzeichnen. Diese Strommenge kann durch Einsatz eines Batteriespeichers zur Optimierung des Quartier-Eigenbedarfs genutzt werden. Hierbei wird der Strombezug des Quartiers weiter gesenkt, was gleichzeitig einen höheren Autarkiegrad des Quartiers zur Folge hat.

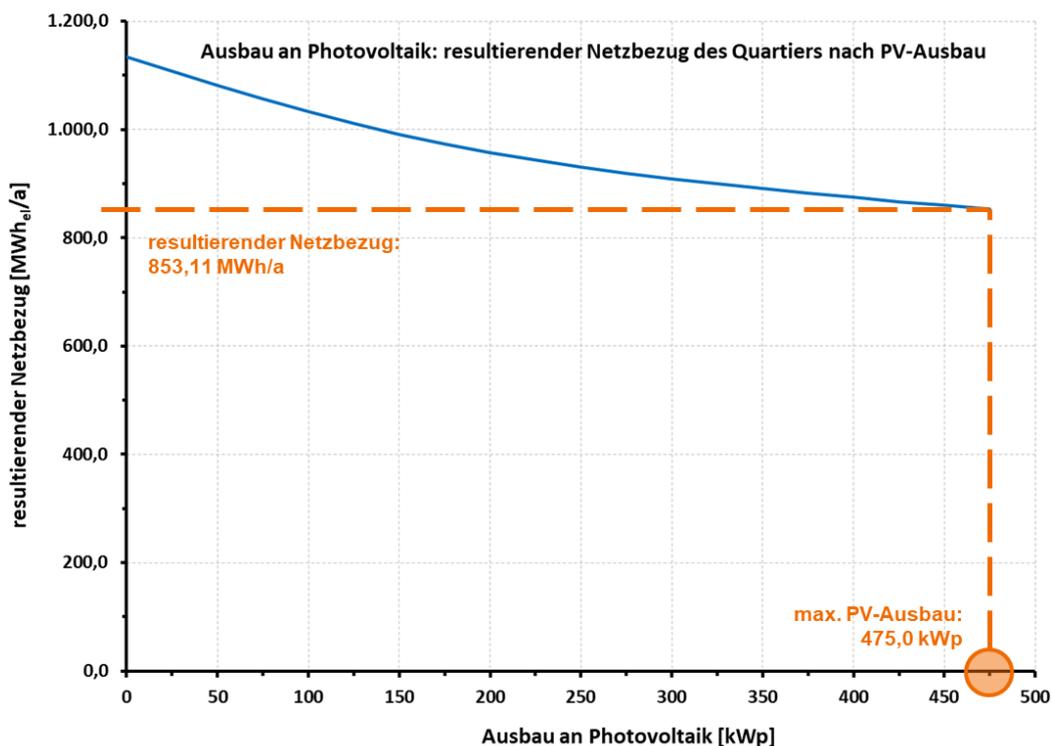


Abbildung 33: Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: resultierender Netzbezug

4 Strom: Regenerative Energieerzeugung (Integration von Photovoltaik)

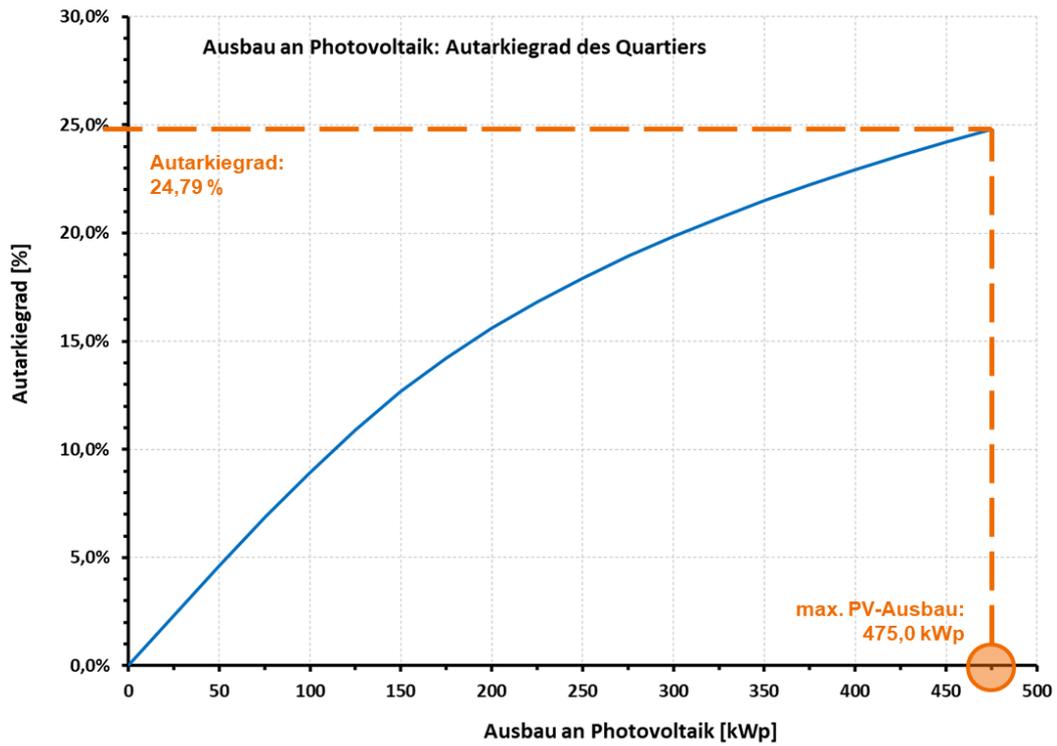


Abbildung 34: Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: Autarkiegrad

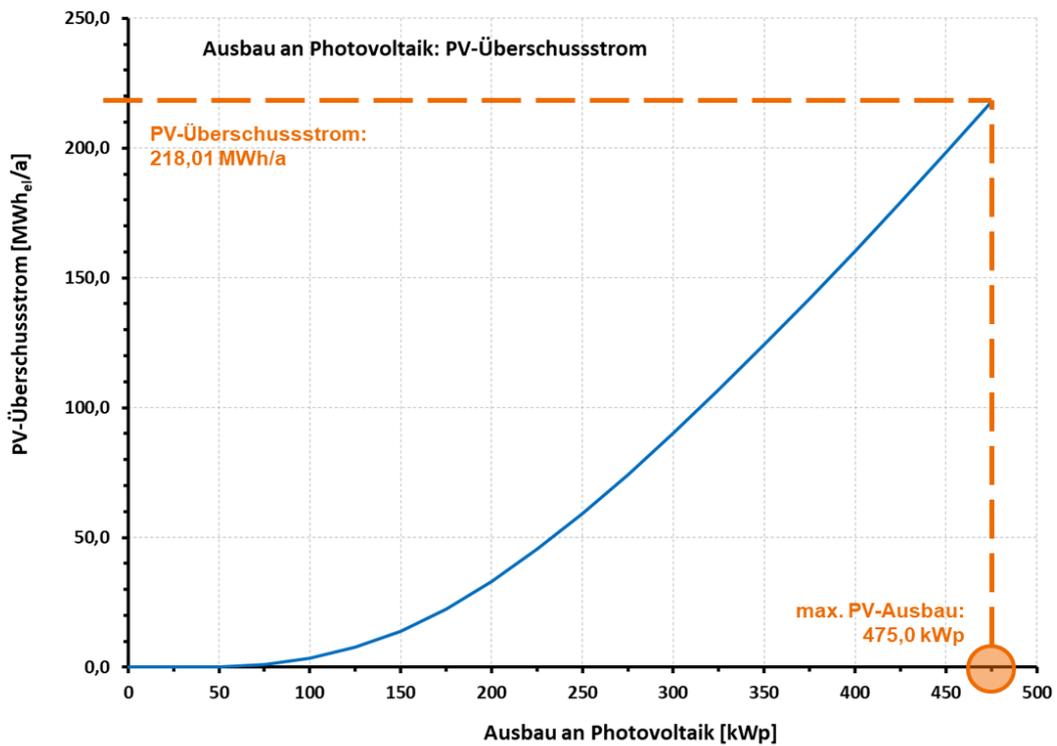


Abbildung 35: Integration von Photovoltaik – Sensitivitätsanalyse: PV-Überschussstrom

Wirtschaftlichkeitsbestimmung des Ausbaus an Photovoltaik

Im Folgenden wird die statische Amortisationszeit des PV-Ausbaus ermittelt. Folgende Annahmen wurden für die Berechnung angesetzt:

- spezifische Investitionskosten: 1.200 €/kWp
- Pacht der Dachfläche: 3,00 €/m²/a
- PV-Strompreis: 25,00 ct/kWh
- Strombezugskosten aus öffentlichem Netz: 37,82 ct/kWh
- Vergütung des Überschussstroms: 5,0 ct/kWh

Die statische Amortisationsrechnung wird sensitiv bis zu einer PV-Ausbaugröße von 475 kWp durchgeführt, siehe Abbildung 36, und beträgt mit den oben angenommenen Werten bei dem maximalen PV-Ausbau etwa 8,2 Jahre.

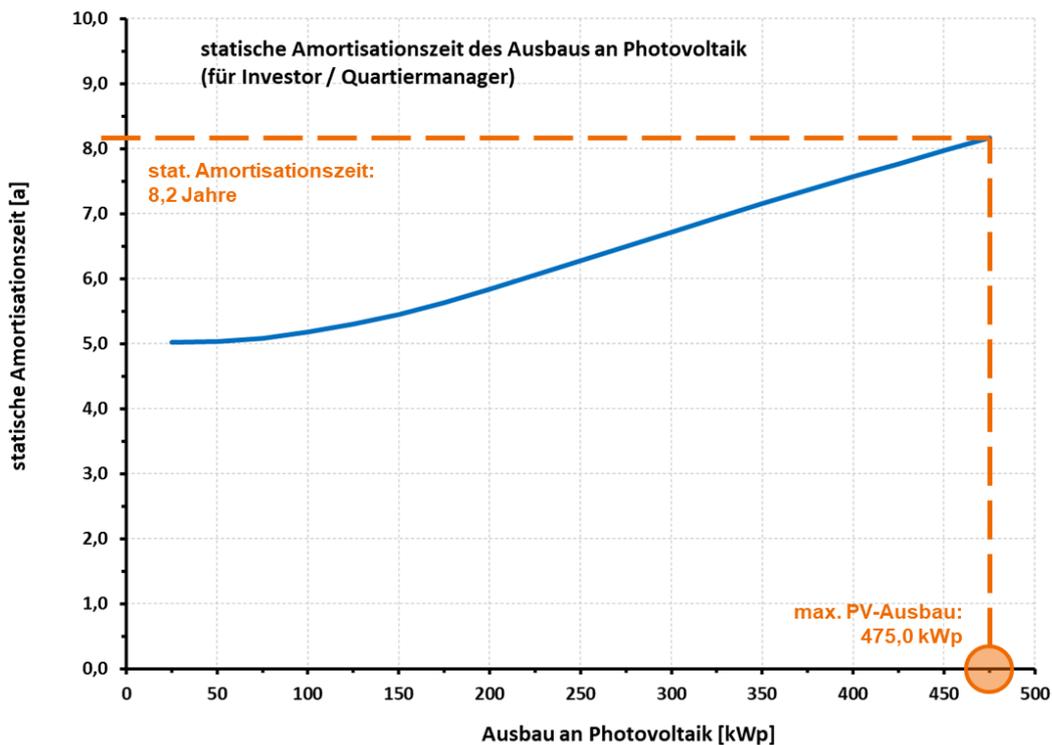


Abbildung 36: Integration von Photovoltaik – Wirtschaftlichkeitsbestimmung

Strom: Zusammenfassung / Fazit

Der Ausbau an Photovoltaik reduziert deutlich den Netzbezug des Quartiers. Aufgrund der fluktuierenden PV-Stromerzeugung ebbt die Reduktion des Netzbezugs und der daraus resultierende Autarkiegrad bei weiterem PV-Ausbau immer weiter ab. Bei einem maximalen PV-Ausbau kann ein Autarkiegrad des Quartiers von 24 % erreicht werden.

Zusätzlich sind PV-Überschussstrommengen zu verzeichnen. Diese können etwa durch einen Batteriespeicher aufgenommen werden, so dass der Eigenbedarf des Quartiers weiter optimiert werden kann. Dieser Batterieeinsatz wird im Folgenden untersucht und bewertet.

Bei der aufgezeigten Wirtschaftlichkeit der Investition in Photovoltaik ist es definitiv möglich, einen entsprechenden Investor bzw. Betreiber zu finden.

Auch der Hausbesitzer hat entsprechende Vorteile. Zum einen generiert er durch die Verpachtung seiner Dachfläche jährliche Einnahmen und zum anderen hat er je nach Ausbaugröße der PV-Anlage bis zu einem Viertel seines Strombedarfs mit preisstabilem Photovoltaikstrom abgedeckt.

Darüber hinaus wird die lokale Versorgungssicherheit durch den Ausbau von Photovoltaik erhöht. Das bedeutet, dass im Falle eines Ausfalls des vorgelagerten Stromnetzes durch die Photovoltaik ein Teil des Strombedarfs der Haushalte, beispielsweise für den Betrieb der Wärmepumpen, zumindest zu den Tageszeiten decken.

5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems

Neben dem Ausbau an Photovoltaik ist die Integration von Batteriespeichertechnik ein zentraler Schritt in Richtung regenerativer Stromversorgung des Quartiers. Im Rahmen eines Batterieeinsatzes wurden zwei Konzepte miteinander verglichen. So steht der Einsatz vieler kleinerer dezentralen Hausbatterien der Integration eines zentralen Großbatteriespeichersystems gegenüber.

Beide Konzepte unterschieden sich in erster Linie hinsichtlich verschiedener Wirtschaftlichkeitsfaktoren. So sind die spezifischen Investitionskosten der kleinen Batteriespeichersysteme deutlich höher als die eines Großbatteriespeichers. Außerdem besteht für den Betreiber eines Großbatteriespeichersystems die Möglichkeit, diesen innerhalb verschiedener Strommärkte zu vermarkten und somit die Wirtschaftlichkeit des Batteriespeichers weiter zu optimieren. Aufgrund dieser Argumente wird im Folgenden der Einsatz eines zentralen Quartierbatteriespeichers betrachtet und wirtschaftlich bewertet.

Das berücksichtigte Batteriespeichersystem wird als Komplettsystem in Containerbauform, wie in Abbildung 37 dargestellt, d.h. inkl. Transformator sowie Mittelspannungsschaltanlage im östlichen Bereich des Quartiers aufgestellt.



Abbildung 37: Beispiel eines Batteriespeichersystems²³

²³ Quelle: Tesvolt AG

5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems

Die Zellchemie des angedachten Batteriespeichersystems besteht aus Lithium-Ionen, wobei die Verwendung von Lithium-Eisenphosphat (LFP) zu empfehlen ist. Diese Empfehlung ist mit diversen Vorteilen innerhalb des Brandschutzes zu begründen. Außerdem ist diese Zellchemie kobaltfrei, was Weitere sowohl ökologische als auch sozialökonomische Vorteile gegenüber den Batteriezellen, welche aus Lithium-Nick-Mangan-Kobalt (NMC) bestehen, mit sich bringt.

Wie bereits beschrieben, soll der Großbatteriespeicher als schlüsselfertiges Komplettsystem ausgeführt sein. Das bedeutet, dass alle relevanten Sicherheitssysteme, wie Lüftung, Kühlung, Klimatisierung, Brandschutzsysteme, Feuerlöschsysteme etc. bereits ab Werk integriert sind. Hierdurch kann das Batteriespeichersystem nach elektrischem Anschluss sofort in Betrieb genommen werden. Für die später angedachte Leistungsgröße kann davon ausgegangen werden, dass das Speichersystem in zwei bis drei 40 ft ISO-Containern ausgeführt wird.

Einsatz des Batteriespeichersystems / Geschäftsfelder

Der Einsatz des Batteriespeichersystems soll vornehmlich im Bereich der Optimierung des Quartier-Eigenbedarfs liegen. Das bedeutet, dass überschüssiger Strom der Photovoltaik-Dachanlagen, welcher nicht direkt vor Ort genutzt werden kann, in dem Batteriespeicher zwischengespeichert wird, um dann zu Zeiten von geringer bis keiner Stromerzeugung der Photovoltaik das Quartier mit dem zwischengespeicherten PV-Strom zu versorgen. Darüber hinaus kann der Batteriespeicher teilweise parallel innerhalb weiterer Geschäftsfelder agieren und Wertschöpfungspotenziale heben, was gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit der Investition verbessert.

Eines dieser Geschäftsfelder zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit liegt in der Reduktion der Netzlastspitze (PeakShaving) gegenüber dem vorgelagerten Netzbetreiber. Voraussetzung hierfür ist eine Volllaststundenzahl des Quartiers von über 2.500,0 Stunden pro Jahr. Diese errechnet aus dem jährlichen Strombezug geteilt durch die maximale aufgetretene jährliche Lastspitze. Tritt dann eine Lastspitze innerhalb des Quartiers auf, kann der Batteriespeicher Strom in das Netz abgeben und somit die eventuell aufgetretene Lastspitze kappen. Hierdurch wird der Leistungspreisanteil der Netzentgelte, welche durch die maximale jährliche Lastspitze definiert werden, nicht erhöht, was mit einer Einsparung und somit einer Wertschöpfung gleichgesetzt werden kann.

5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems

Neben der Optimierung des Eigenbedarfs und des PeakShavings besitzt ein Großbatteriespeicher die Fähigkeit der Organisation eines Notstrombetriebs. Das bedeutet, dass im Fall eines Stromausfalls des vorgelagerten Netzes der Batteriespeicher dazu genutzt werden kann, die Spannungs- sowie Frequenzregelung für das Quartier zu übernehmen. Darüber hinaus kann die Leistungselektronik des Batteriespeichersystems eine aktive Blindstromkompensation durchführen, was nicht nur im Falle eines Notstrombetriebs als netzstützende Maßnahme angesehen und ggf. entsprechend vergütet werden kann.

Das Einsatzfeld mit dem größten wirtschaftlichen Potenzial bildet die externe Vermarktung des Batteriespeichersystems durch einen externen Stromhändler. Dieser Stromhändler bewirtschaftet entsprechend seiner Vermarktungsstrategie den Batteriespeicher und bringt das Speichersystem in die entsprechenden Strommärkte. Dabei können die Vermarktungseinsätze des Batteriespeichers im aktiven Börsenhandel an den kurzfristigen Strommärkten (Spotmärkten) oder innerhalb der Bereitstellung von Regelleistung bzw. Regelleistung liegen. Im Folgenden werden die entsprechenden Vermarktungsmöglichkeiten aufgezeigt und detailliert.

Aktiver Börsenhandel (Optionsgeschäft)

Im Folgenden wird die parallele Vermarktung des Batteriespeichers innerhalb der kurzfristigen Strommärkte (Spotmärkte), insbesondere des Intraday-Markts, beschrieben. Aufgrund des Ausbaus der fluktuierenden Stromerzeuger wie Windkraft und Photovoltaik wird es in Zukunft vermehrt Phasen des Stromüberschusses aber auch des Strommangels geben. Schon heutzutage ist diese „Erscheinung“ anhand hoher sowie niedriger (teils sogar negativer) Strompreise an den Spotmärkten der Börse zu erkennen. Um die Wirtschaftlichkeit eines Batteriespeichers zu erhöhen kann dieser genutzt werden, um solche Preisunterschiede an den Strommärkten zu nutzen. Bereits heute treten diese Preisunterschiede innerhalb einer Handelsperiode auf. Diesen Umstand nutzt der externe Stromhändler aus. Er kauft zu Beginn der Handelsperiode eine Strommenge günstig ein und verkauft die gleiche Strommenge im späteren Verlauf der Handelsperiode (siehe Abbildung 38). Aufgrund der Tatsache, dass gekaufte und verkaufte Strommengen identisch sind, wird physikalisch keine Strommenge aus dem Batteriespeicher entnommen oder abgelegt. Es bleibt jedoch der Preisunterschied, welcher dem Stromhändler als Erlös aus den beiden Geschäften zugutekommt. Diesen Erlös gibt er an den Anlagenbesitzer unter Abzug eines Händleranteils weiter. Da die gesamte Vermarktung des Batteriespeichers inkl. des Ladestandsmanagements automatisiert vom externen Stromhändler durchgeführt wird, fallen für den Anlagenbesitzer keine Arbeiten an. Ein weiterer großer Vorteil dieser Vermarktungsstrategie liegt darin, dass physikalisch keine Strommenge in bzw. aus dem Batteriespeicher fließt und somit auch keine Ladestandsänderung aus dieser Vermarktung resultiert. Der Batteriespeicher kann also mit seiner gesamten Kapazität für parallele Einsatzfelder genutzt werden.

5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems

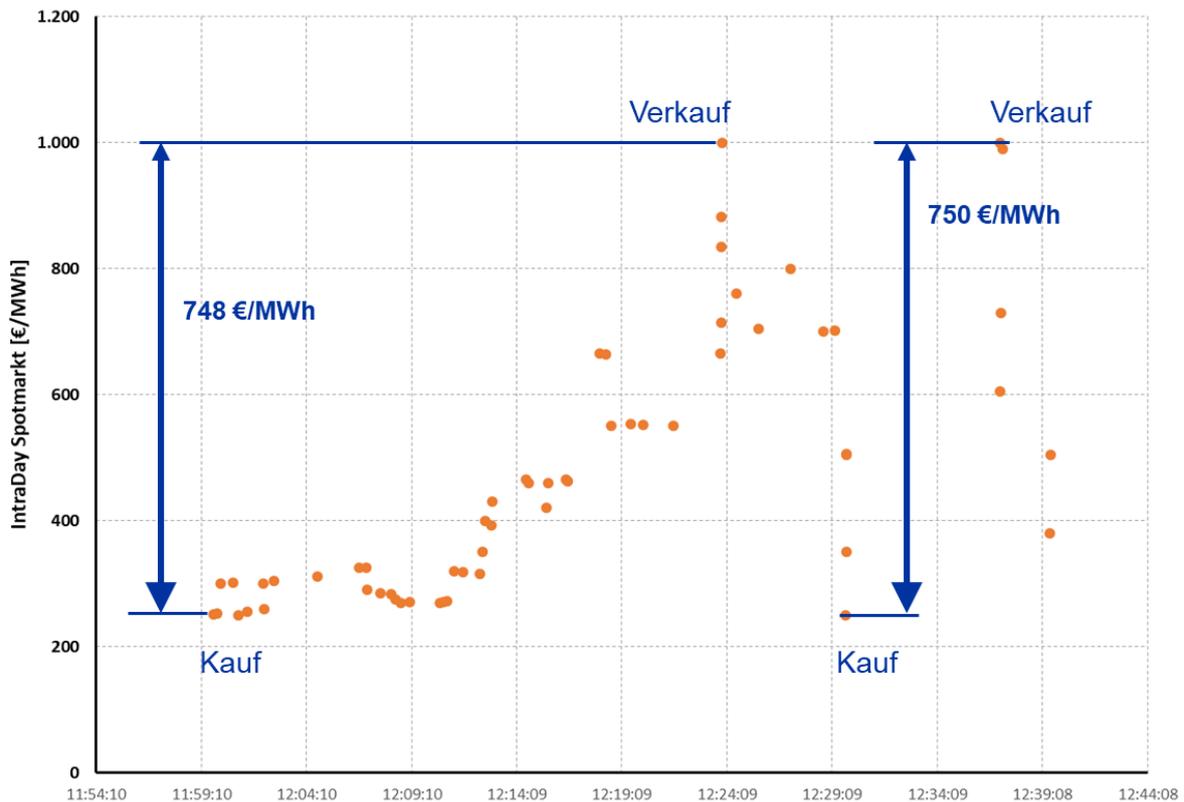


Abbildung 38: Beispiel des Optionsgeschäfts

Bereitstellung von Primärregelleistung

Neben dem aktiven Börsenhandel an den kurzfristigen Strommärkten besteht die Möglichkeit, den Batteriespeicher an den Regenergiemärkten, ebenfalls durch einen externen Stromhändler vermarkten zu lassen. In Deutschland existieren drei Regenergiearten, Minutenreserve, Sekundärregelleistung und Primärregelleistung, wobei letztere die höchste Anforderung an die Anlagentechnik stellt, jedoch gleichzeitig auch die höchsten Wertschöpfungspotenziale bietet.

Ziel der Bereitstellung von Regenergie, insbesondere der Primärregelleistung ist die Netzstabilisierung durch die Haltung der Frequenz bei 50,0 Hz. In diesem Idealfall ist die Stromerzeugung gleich dem Stromverbrauch. In der Realität wird dieser Zustand jedoch nie erreicht. Es werden ständig Abweichungen von den 50,0 Hz in beide Richtungen zu verzeichnen sein. Die Bereitstellung von Regenergie hat die Aufgabe, diesem Umstand entgegenzuwirken. Wird vor Ort eine Netzfrequenz kleiner als 50,0 Hz, was einer Unterversorgung des Netzes entspricht, detektiert, wird der Batteriespeicher entsprechend angesteuert und wird Strom in das Netz ausspeisen. Im umgekehrten Fall einer Überversorgung (Netzfrequenz > 50,0 Hz) nimmt der Batteriespeicher Strom aus dem Stromnetz auf. Wichtig innerhalb der Vermarktung ist die Tatsache, dass lediglich die Leistung des Batteriespeichersystems vermarktet wird und nicht die geleistete Arbeit. Anhand der folgenden Abbildung 39 lässt sich erkennen, dass, je nach

5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems

Netzsituation und Netzfrequenz, sofern die Abweichung der gemessenen Netzfrequenz zu den 50,0 Hz geringer als 0,2 Hz beträgt, die maximal vermarktete Batterieleistung gar nicht geleistet werden muss

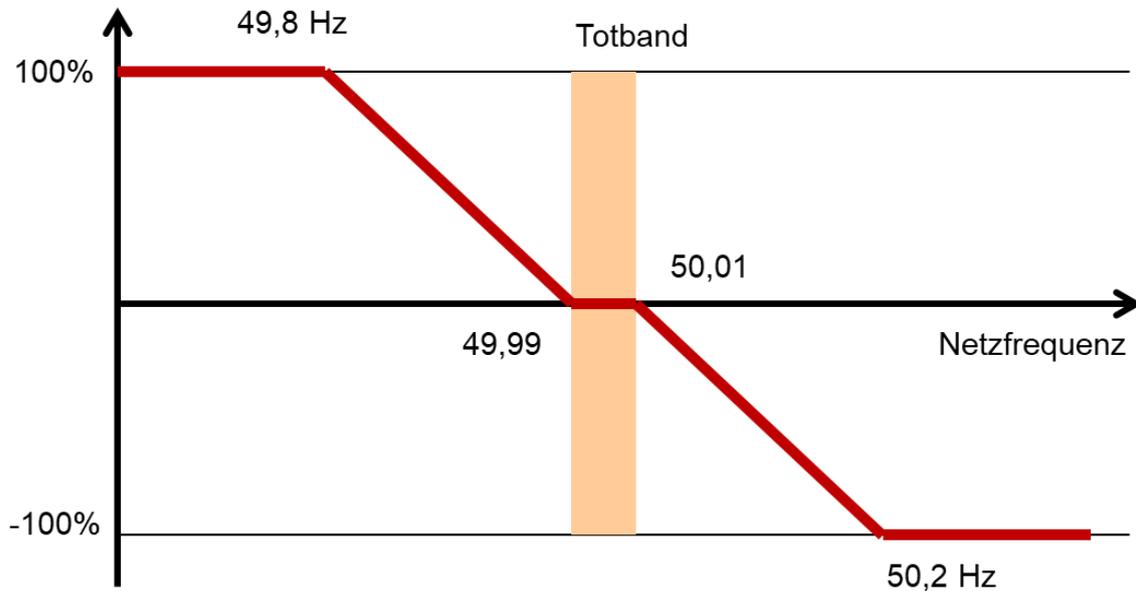


Abbildung 39: Bereitstellung von Primärregelleistung in Abhängigkeit der Netzfrequenz

Darüber hinaus gibt es weitere Anforderungen, speziell für Batteriespeicher, welche innerhalb der Bereitstellung von Primärregelleistung zu erfüllen sind. So müssen Batteriespeichersysteme seit Mai 2018 eine Mindestaktivierungszeit von 15 Minuten gewährleisten können. Das bedeutet, dass bei einer größeren Netzstörung der Batteriespeicher mindestens 15 Minuten lang Strom mit seiner maximalen Leistung aufnehmen oder ausspeisen können muss. Diese Tatsache definiert gleichzeitig Ladestandszustände, die je nach Verhältnis zwischen Speicherkapazität und Leistungsvermögen des Batteriespeichers nicht angefahren werden dürfen, da sonst eine Verletzung der Vorgaben zutrifft. In der folgenden Abbildung 40 sind diese „verbotenen“ Ladestände die grünen Flächen.

5 Strom: Integration eines Großbatteriespeichersystems

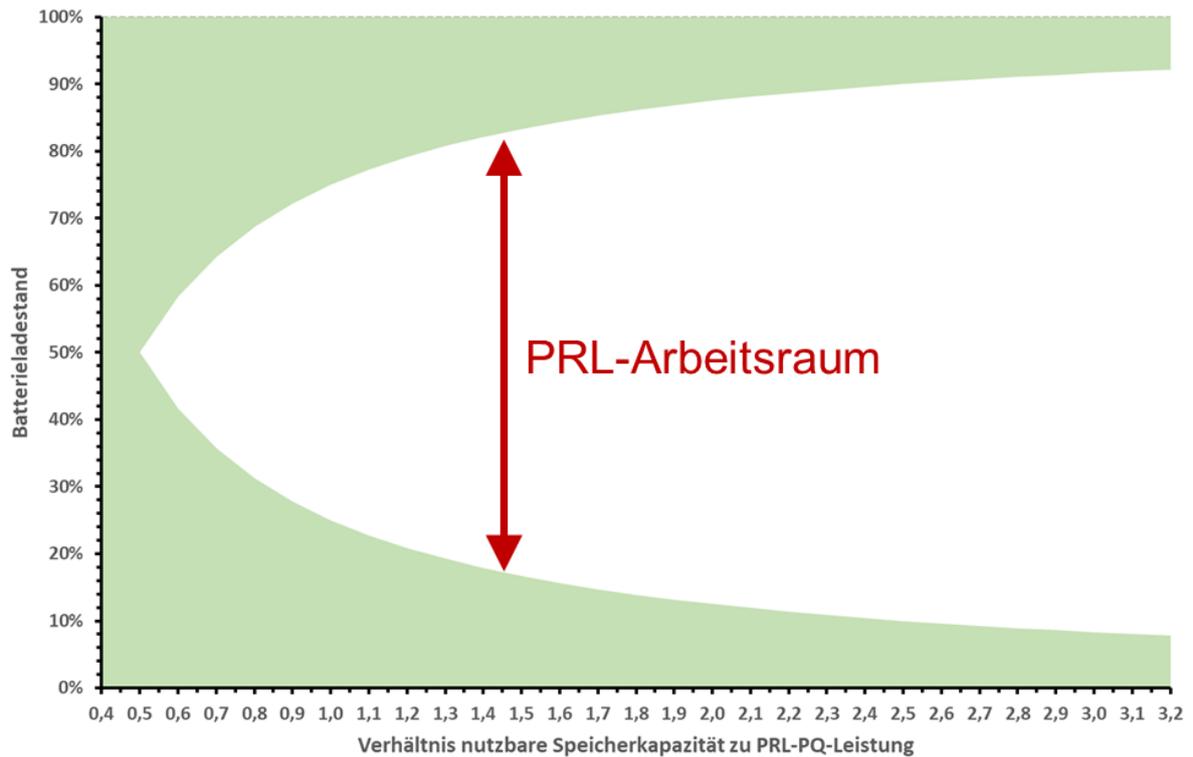


Abbildung 40: Bereitstellung von Primärregelleistung: Arbeitsraum

Um während des Normalbetriebs nicht in die kritischen Ladestände zu geraten, überwacht der externe Vermarkter den Ladestand des Batteriespeichersystems in einem 24/7-Betrieb. Zusätzlich bewirtschaftet er das Speichersystem. Innerhalb dieses aktiven Ladestandsmanagement kauft bzw. verkauft er gewisse Strommengen, um den Batteriespeicher in seinem Ladestand entsprechend auszurichten. Für diese Vorgänge ist vorgeschrieben, dass der Batteriespeicher ein Viertel seiner vermarkteten PRL-Leistung an zusätzlicher Leistung vorhalten muss. Werden beispielsweise $1,0 \text{ MW}_{\text{el}}$ innerhalb der Primärregelleistung vermarktet, muss die Gesamtleistung des Batteriespeichersystems $1,25 \text{ MW}_{\text{el}}$ betragen.

6 Strom: Durchführung der Jahressimulationen

Diese Kapitel beinhaltet zum einen die Auswirkungen des Ausbaus an regenerativer Stromerzeugung sowie zum anderen den Einsatz des Batteriespeichersystems. Die entsprechenden Simulationen wurden alle auf Basis von 15 Minuten-Zeitreihen durchgeführt.

Datengrundlage zur Durchführung der Jahressimulationen

In der folgenden Abbildung wird der resultierende Strombezug als Lastgang nach Verrechnung der Bedarfsseite mit der Erzeugerseite als Zeitreihe dargestellt. Diese Datensätze bilden die Datengrundlage der durchgeführten Jahressimulationen.

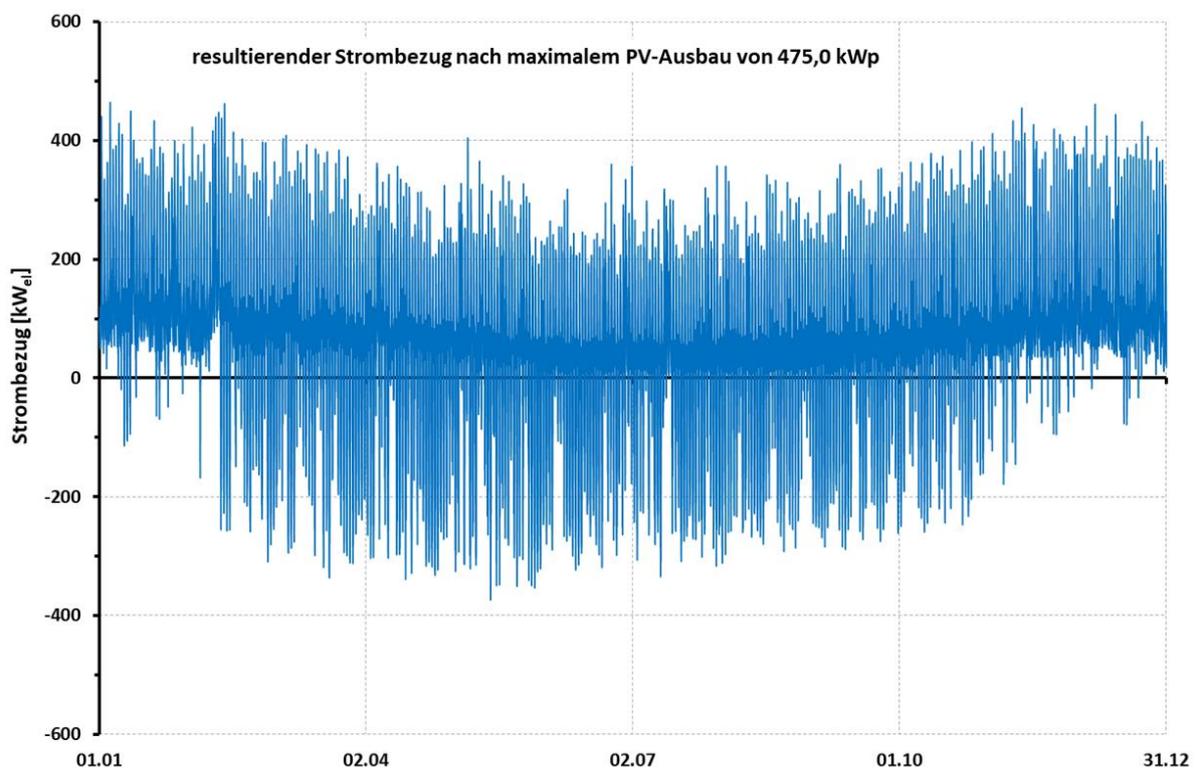


Abbildung 41: resultierender Strombezug des Quartiers bei maximalem PV-Ausbau

Optimierung des Eigenbedarfs durch Aufnahme von PV-Überschussstrom

Im Folgenden wird die Nutzung des Batteriespeichers zur Erhöhung des regenerativen Anteils der Stromversorgung innerhalb des Quartiers betrachtet. Der Batteriespeicher wird hierbei durch den PV-Strom der Dachanlagen geladen und stellt diesen PV-Strom nach Bedarf (sofern keine oder keine ausreichende PV-Stromerzeugung herrscht) dem Quartier zur Verfügung.

Als Kenngröße zur Beurteilung der regenerativen Stromversorgung fungiert hierbei der Autarkiegrad, welcher den resultierenden Netzbezug mit dem Gesamtstrombedarf ins Verhältnis setzt.

Dabei wurden drei verschiedene PV-Ausbauvarianten untersucht, die erste Variante ist der maximale Ausbau von 475 kWp, die summierte Anlagengröße der zweiten Variante beträgt 350 kWp, hierbei werden nur auf einer Seite der Dächer mit Ost-/Westausrichtung PV-Module installiert und für die dritte Ausbauvariante bekommt in etwa nur jedes zweite Dach eine PV-Anlage mit insgesamt 250 kWp. Wie die verschiedenen Ausbauvarianten den Netzbezug, den Autarkiegrad sowie die PV-Überschussmenge in Abhängigkeit der Batteriekapazität verändern, zeigen folgende Abbildungen:

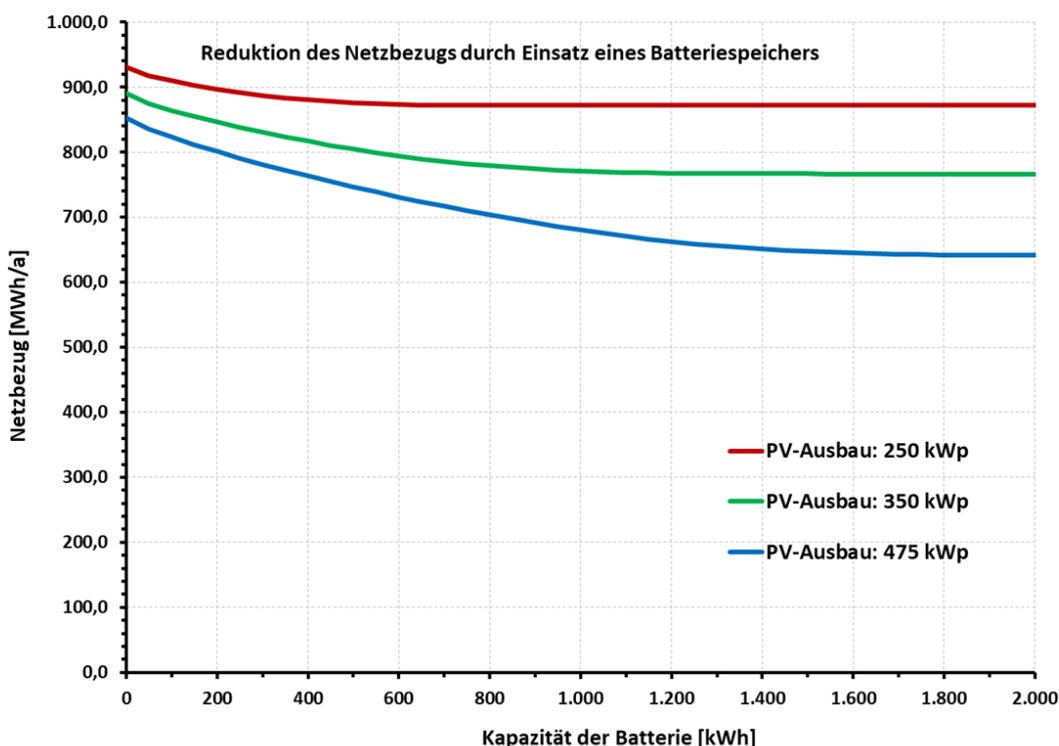


Abbildung 42: Eigenbedarfsoptimierung durch den Batteriespeicher: resultierender Netzbezug

6 Strom: Durchführung der Jahressimulationen

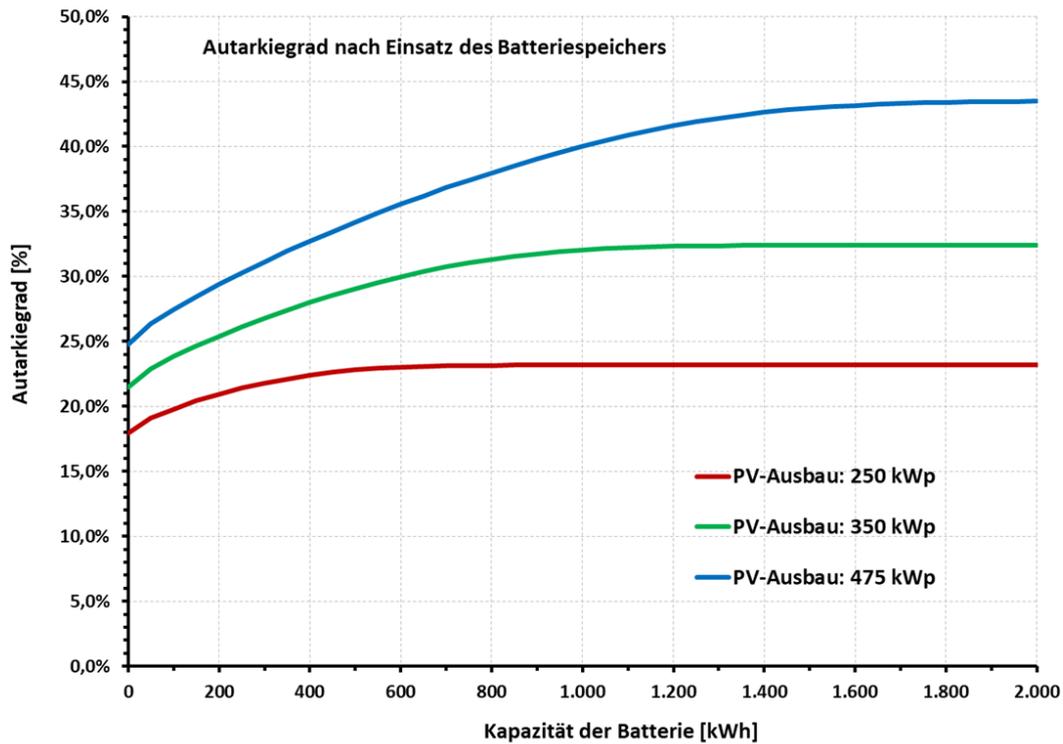


Abbildung 43: Eigenbedarfsoptimierung durch den Batteriespeicher: Autarkiegrad

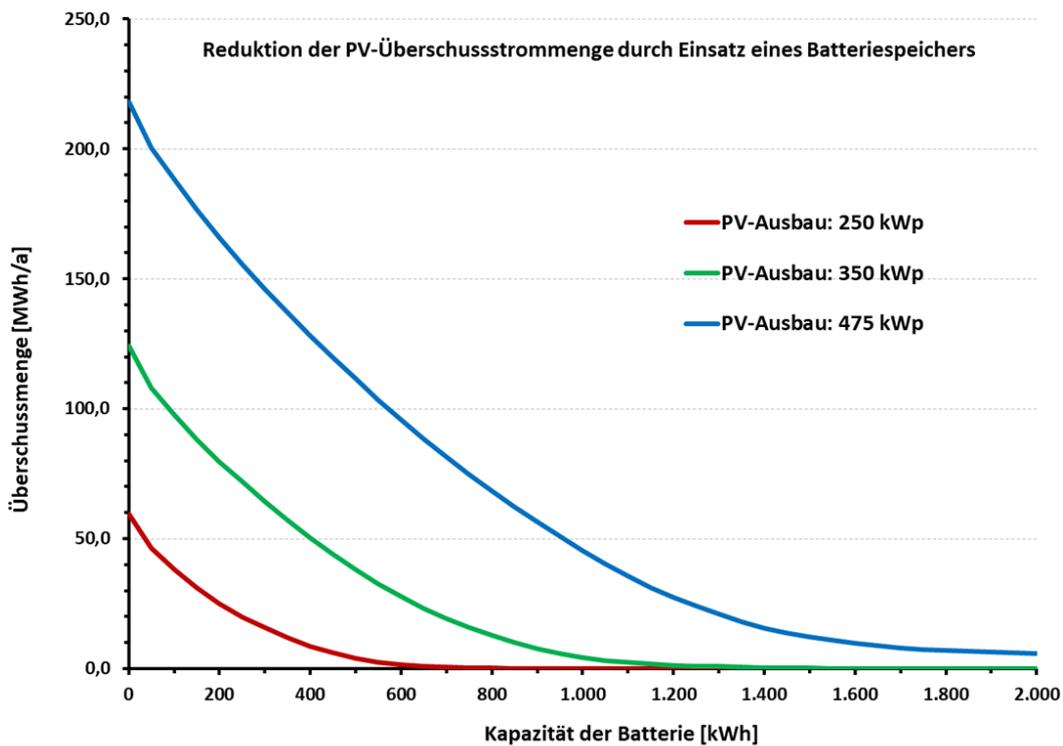


Abbildung 44: Eigenbedarfsoptimierung durch den Batteriespeicher: PV-Überschussstrom

Der Einsatz eines Batteriespeichers zur alleinigen Optimierung des Eigenbedarfs, sprich der Reduktion der PV-Überschussstrommenge, erzielt aufgrund der aktuell hohen Investitionskosten für das Speichersystem (ca. 850,00 €/kWh_{el}) und der relativ geringen Überschussstrommenge (218,01 MWh_{el}/a) keine Wirtschaftlichkeit.

Es müssen daher parallele Erlöspotenziale, wie z.B. ein aktives Lastspitzenmanagement, die Vermarktung des Batteriespeichers an der Strombörse oder auch die Durchführung von Systemdienstleistungen (z.B. Bereitstellung von Primärregelleistung), erschlossen und genutzt werden.

Reduktion der Lastspitze (PeakShaving)

Neben dem Einsatz zur Eigenbedarfsoptimierung kann ein Batteriespeichersystem zur Reduktion der Lastspitze gegenüber dem vorgelagerten Netzbetreiber eingesetzt werden. Dieser Einsatzzweck wird jedoch nur relevant, sobald das gesamte Quartier bzw. dessen Wohneinheiten als Kundenanlage ausgeführt wird.

Eine weitere Voraussetzung zur wirtschaftlichen Durchführung des PeakShavings ist, dass die Volllaststundenzahl über 2.500 h/a liegt. Da diese Kenngröße jedoch 2.438 h/a (ohne PV-Ausbau) bzw. 1.835 h/a (bei maximalem PV-Ausbau) beträgt, ist das wirtschaftliche Betreiben eines Batteriespeichers innerhalb des PeakShavings nicht zu empfehlen.

Parallele Vermarktung des Batteriespeichersystems durch einen externen Vermarkter

Nach der Auslegung des Batteriespeichers hinsichtlich der aufgezeigten Einsatzfelder wird diese unter Berücksichtigung der parallelen Vermarktung des Batteriespeichers durch einen externen Stromhändler optimiert. Hierfür wird der Batteriespeicher im Bereich des aktiven Spotmarkt- bzw. Börsenhandels (Optionsgeschäft) sowie der Bereitstellung von Primärregelleistung genutzt.

Da im Bereich des Optionsgeschäfts der Stromhändler bzw. Vermarkter Preisunterschiede innerhalb einer Handelsperiode nutzt und mit derselben Strommenge handelt, kommt es physikalisch zu keiner Stromlieferung. Das Batteriespeichersystem wird also weder geladen noch entladen. Hierdurch muss keine Kapazitätserhöhung zu den Kapazitätsvorhaltungen für das bereits aufgezeigte Einsatzfeld der Optimierung des Eigenbedarfs (1.500 kWh_{el}) vorgenommen werden.

Während der Vermarktung bzw. Bereitstellung von Primärregelleistung inkl. deren Anforderungen an den Batteriespeicher bzw. dessen Ladestands kommt es im Gegensatz zum Optionsgeschäft zu ständigen Stromlieferungen und somit zu kontinuierlichen Ladestandsänderungen. Hierdurch würden für die Vermarktung von Primärregelleistung eine zusätzliche Kapazitätsvorrhaltung, neben der Eigenbedarfsoptimierung, notwendig. Da dies jedoch mit hohen Investitionskosten einhergeht, wird eine Vermarktung des Batteriespeichers im Bereich des aktiven Börsenhandels und / oder einer Mischstrategie aus Optionsgeschäft und Bereitstellung von Primärregelleistung empfohlen. Eine Präqualifikation der Batteriespeicheranlage zur Vermarktung von Primärregelleistung ist trotzdem empfehlenswert. Hierdurch hat der Vermarkter die Möglichkeit, wirtschaftlich interessante Preiseffekte innerhalb der Primärregelleistung zu nutzen.

Notstromversorgung

Ein weiterer Einsatzzweck des Batteriespeichers ist der der Erhöhung der Versorgungssicherheit. Das Speichersystem kann beispielsweise als Notstromanlage eingesetzt werden und bei Ausfall des vorgelagerten Stromnetzes das Quartier als Inselanlage entsprechend mit Strom versorgen.

Es besteht die Möglichkeit der Erstellung eines Notstromkonzepts, so dass der Batteriespeicher immer bei mindestens der Hälfte seiner Kapazität betrieben werden muss. Somit kann dieser im Falle eines Stromausfalls beispielsweise den Betrieb der Wärmepumpen organisieren und so an kalten Wintertagen die Wärmeversorgung für 10 bis 12 Stunden aufrechterhalten.

Auslegung des Batteriespeichers

Es wird eine Kapazität des Batteriespeichers von 1.500 kWh_{el} empfohlen, so dass der Batteriespeicher folgende Einsatzfelder abdeckt:

- Optimierung des Eigenbedarfs durch „Pufferung“ von PV-Überschussstrom
- externe Vermarktung durch einen Stromhändler (Bereitstellung von Primärregelleistung und aktiver Börsenhandel)

Für die Optimierung des Eigenbedarfs ist eine Leistung des Gesamtsystems von 500 kW_{el} notwendig. Bei dieser Leistungsgröße ist jedoch eine Teilnahme innerhalb der Primärregelleistung ausgeschlossen, so dass eine Auslegung der Speicherleistung von 1.250 kW_{el} empfohlen wird, um die Anforderungen der Primärregelleistung zu erfüllen und mit 1.000 kW_{el} an dem Markt teilzunehmen.

7 Strom: Wirtschaftlichkeitsanalyse des Batteriespeichers

Im folgenden Kapitel werden die Investitionen des Batteriespeichersystems hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet.

Investitions- und Betriebskosten

Für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Batterieinvestition wurde zunächst eine Kostenaufstellung durchgeführt. Hierzu wurde ein namhafter Lieferant eines Batteriespeichersystems aufgefordert, ein für das ausgelegte Batteriespeichersystem Richtpreisangebot zu erstellen. Die Investitionskosten des Batteriespeichers inkl. Transport, Installation und Inbetriebnahme sowie eines Servicevertrags mit einer Laufzeit von 10 Jahren belaufen sich auf ca. 1.405.000,00 €. Neben den Anschaffungskosten des Batteriespeichersystems werden zusätzliche Kosten im Bereich Fundamentarbeiten und Brandschutz, elektrotechnischer Anbindung, Anlagenzertifikat nach VDE-AR-N-4110 sowie Installation intelligenter Software mit insgesamt etwa 130.000,00 € abgeschätzt. Das führt zu einer Investition von insgesamt 1.535.000 €.

Wertschöpfungspotenziale

Neben den Investitions- und Betriebskosten wurden die Wertschöpfungspotenziale ermittelt. Diese betragen im Bereich der Eigenbedarfsoptimierung durch die Batterienutzung ca. 26.600 €/a bei einem Strompreis von 30,0 ct/kWh und ca. 37.200 €/a bei einem Strompreis von 40,0 ct/kWh.

Im Bereich der externen Vermarktung des Batteriespeichers wurde ein potenzieller Vermarkter angefragt, ein Angebot zur Vermarktung des Batteriespeichersystems zu erstellen. Abzüglich des Händleranteils sowie der Kosten für die Bewirtschaftung des Batteriespeichers bzgl. des Ladestandsmanagements kann mit jährlichen Erlösen von ca. 67.500 €/a gerechnet werden. Des Weiteren waren Einmalkosten im Bereich der Fernwirktechnik in Höhe von 3.500,00 € Bestandteil dieses Richtangebots.

Durchführung einer statischen Amortisationsrechnung

Um die aufgeführten Investitionen eines entsprechenden Batteriespeichersystems wirtschaftlich bewerten zu können, wurde eine statische Amortisationsrechnung mit den Investitionskosten und Erlöse der vorherigen Kapitel durchgeführt. In Abbildung 45 ist die statische Amortisationszeit jeweils für einen Strompreis von 30,0 ct/kWh sowie 40,0 ct/kWh dargestellt. Es kann mit spezifischen Investitionskosten des Batteriespeichers im Bereich von etwa 700 €/kWh bis 850 €/kWh gerechnet werden.

7 Strom: Wirtschaftlichkeitsanalyse des Batteriespeichers

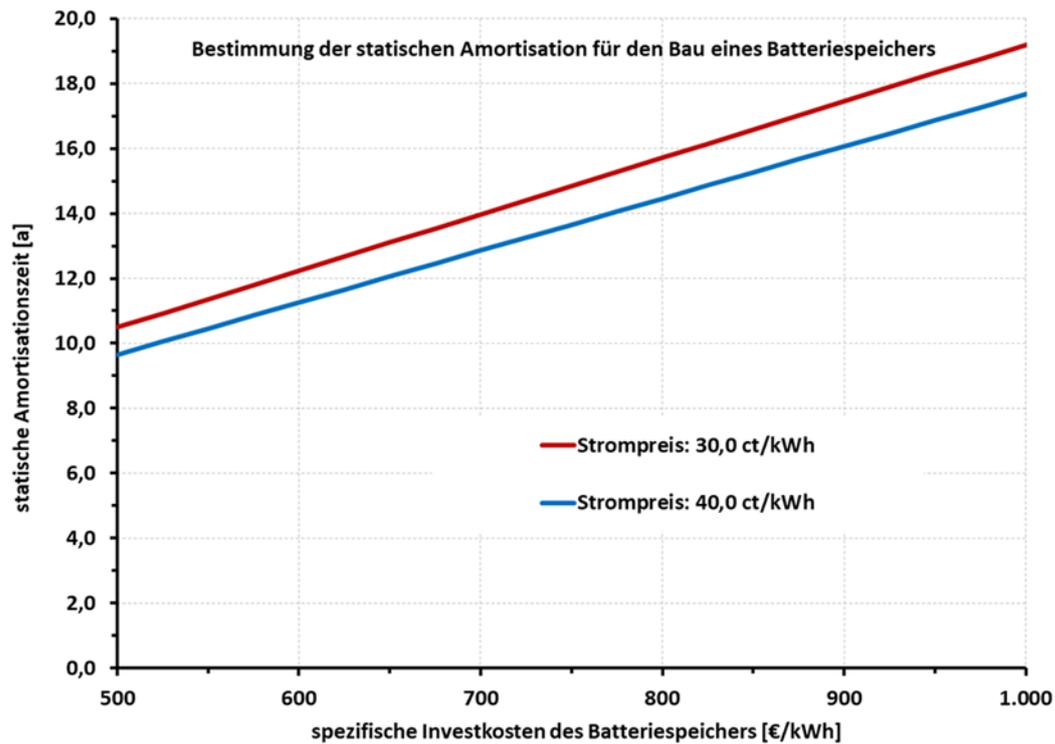


Abbildung 45: Bestimmung der statischen Amortisationszeit der Investition eines Batteriespeichersystems

Festzuhalten ist, dass sich die Batterieinvestition gemäß der eingeholten Richtpreisangebote und unter den getroffenen Annahmen nach etwas mehr als 15 Jahren bei einem Strompreis von 30 ct/kWh und nach ca. 14 Jahren bei einem Strompreis von 40 ct/kWh amortisiert.

8 Strom: Umweltauswirkungen

Um die ökologischen Auswirkungen des Ausbaus bzw. der Nutzung von Photovoltaik in Kombination mit dem Batteriespeichersystem beurteilen zu können, wird die Reduktion der CO₂-Emissionen berechnet. Als Berechnungsgrundlage werden folgende Emissionsfaktoren angesetzt:

- Photovoltaik: 50,0 gCO₂/kWh¹
- Strombezug aus dem öffentlichen Netz: 236,0 gCO₂/kWh²⁴

Der maximale Ausbau von Photovoltaik (475 kWp) geht mit einer CO₂-Reduktion von insgesamt 52,3 tCO₂/a einher. Der Einsatz des Batteriespeichers im Bereich der Eigenbedarfsoptimierung reduziert die CO₂-Emissionen im Bereich der Stromerzeugung weiter. Gemäß der beschriebenen Auslegung werden weitere 19,8 tCO₂/a eingespart.

Insgesamt beläuft sich die Reduktion der CO₂-Emissionen aufgrund regenerativer Stromerzeugung und der Optimierung des Eigenbedarfs durch ein Batteriespeichersystem somit auf insgesamt 72,1 tCO₂/a.

²⁴ Quelle: Energiewerke Dannstadter Höhe, Grund- und Ersatzversorgung

9 Strom: Zusammenfassung

Die Einbindung der Photovoltaik ist auf definitiv zu empfehlen. Sie zeichnet sich durch eine gute Wirtschaftlichkeit und eine enorme Reduktion der CO₂-Emissionen innerhalb der Nahwärmeversorgung aus. Gleichzeitig wird die Versorgungssicherheit erhöht.

Die Wirtschaftlichkeit der Installation einer Photovoltaikanlage bzw. deren statische Amortisationszeit liegt in Abhängigkeit der Strombezugskosten bei ca. 8 Jahren. Ein weiterer Vorteil der Integration der Photovoltaik auf Seiten der Anwohner liegt darin, dass ein nicht unerheblicher Teil ihres Strombedarfs (ca. 25 %) mit preisstabilem Strom gedeckt wird.

Das Batteriespeichersystem kann zur Optimierung des Eigenbedarfs überschüssigen PV-Strom im Quartier halten. Trotz einer parallelen Vermarktung an verschiedenen Strommärkten liegt die statische Amortisationszeit des Batteriespeichers bei ca. 12-16 Jahren. Ein Batterieeinsatz zur Kappung der Lastspitze des Quartiers zur Netzstabilisierung ist darüber hinaus technisch möglich, bringt jedoch keine signifikante Wirtschaftlichkeit mit sich.

Perspektivisch besteht weiterhin die Möglichkeit für den Quartiermanager, sofern bei der Elektroplanung ein Schaltfeld in der Mittelspannungsstation vorgehalten wird, ein entsprechendes Batteriespeichersystem nachzurüsten.

Impressum

Diese Konzeptstudie wurde von der Firma Simon Process Engineering GmbH (SiPE GmbH) in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der ITB gGmbH; Geschäftsbereich: Transferstelle Bingen erstellt.



Simon Process Engineering GmbH
Ellerbachstraße 16
55546 Neu-Bamberg

Büro Wiesbaden
Industriepark Kalle-Albert
Tel.: +49 (0)611 / 962 81 45
Fax: +49 (0)611 / 962 81 12

www.simon-pe.de

Alle durch die SiPE GmbH erstellten Illustrationen und Abbildungen sind für den Zweck des Konzepts und des Betriebes für das dargestellte Projekt Dannstadt-Schauernheim durch die Transferstelle Bingen, die Ortsgemeinde Dannstadt-Schauernheim sowie der VG Dannstadt-Schauernheim uneingeschränkt nutzbar.

Anhang 2 – Klimafreundliche Mobilität

**Darstellung bis zur Einstellung der Studienarbeit
aufgrund unklarer Fortschritt der Erschließungspla-
nung**

Stand April 2023

1 Mob - Einleitung

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 14: Minderungspfad Sektor Verkehr gem. KSG

Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Verkehr	139	134	128	123	117	112	105	96	85

Als Argument für das tiefere Auseinandersetzen der Gemeinden 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 tiefgehend mit den Inhalten eines emissionsreduzierten Verkehrs auseinanderzusetzen, die einmalige Chance gesehen werden, positiv auf das Mobilitätsverhalten der Anwohner des Neubaugebiets „Hauptstr. – Böhler Str.“ einzuwirken und die infrastrukturellen Grundlagen für ein solches zu legen.

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

2 Mob - Welche Mobilitätsbedarfe bestehen?

Die Analyse der Mobilitätsbedarfe zukünftiger 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
- 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 0**.

Das folgende Kapitel, das einen Blick auf die örtlichen Gegebenheiten vor allem vor dem Hintergrund der Deckung der im Vorangegangenen genannten Bedarfe wirft, 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

Örtliche Gegebenheiten

Die Koordination der Mobilität einer Familie im Alltag und die selbstständige Mobilität von Kindern und Jugendlichen sind in einem hohen Maße von den zurückzulegenden Distanzen und der Erreichbarkeit der Ziele abhängig. Positiv können sich hierbei vor allem eine zentrale Lage und eine Nutzungsmischung auswirken. Dies gilt nicht nur für Metropolräume, sondern auch für den „kleinstädtischen Raum“, in den Dannstadt-Schauernheim (ca. 13.500 Einwohner) einzuordnen ist.

In der Folge wurde, ausgehend vom Neubaugebiet „Hauptstr. – Böhler Str.“, der zentrumsgerichtete Umkreis hinsichtlich wichtiger, lokaler Zielorte untersucht.

Im Rahmen der Vermeidung und Verminderung des motorisierten Individualverkehrs ist das Zurücklegen dieser Strecken prädestiniert, um diese mit alternativen Fortbewegungsmitteln (Fuß-, Rad-, Lastenradverkehr) zurückzulegen.

Der zentrumsgerichtete Umkreis von 1.000m



Abbildung 2-1 Untersuchungskreis von 1.000m

Im Umkreis von 1.000m und damit gut mit alternativen Mobilitätsangeboten zu erreichen sind:

- eine kommunale Kindertagesstätte
- eine protestantische Kindertagesstätte
- eine katholische Kindertagesstätte
- die Kurpfalzschule
- ein Spielplatz
- die Gemeindebücherei
- eine Apotheke

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

Vor allem das Abdecken der Bedarfe der alltäglichen Versorgung im Bereich „Kinder“ und „Freizeit“ zeigt im vorliegenden Fall günstige Bedingungen, um diese Strecken mit alternativen Mobilitätsangeboten zurückzulegen.

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 Grundschulalter auch zur Entlastung der Eltern beitragen.

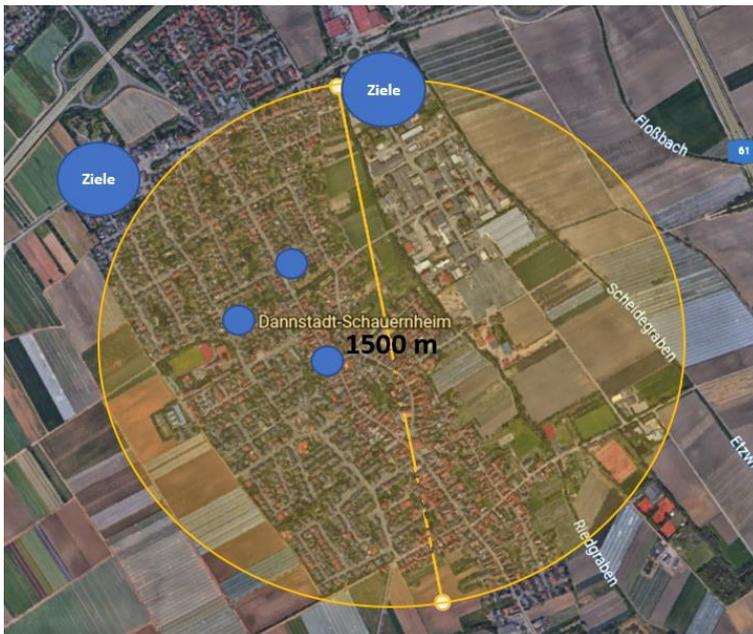
Der Anschluss des Neubaugebiets an die vorhandenen Strukturen kann vor diesem Hintergrund genutzt werden, um Wege zu den im Vorangegangenen aufgeführten Einrichtungen zu hinterfragen und abzusichern und auf diese Weise den Einsatz des motorisierten Individualverkehrs auf diesen Strecken zu reduzieren.

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 „Os-nabrück sattelt auf“ sowie die Aktionstage „Zu Fuß zur Schule“ des VCD vermitteln augenzwinkernd Informationen, 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)

Der zentrumsgerichtete Umkreis von 1.500m



Im Umkreis von 1.500m sind die folgenden Ziele zu erreichen:

- eine Filiale der Deutschen Post
- eine Bäckerei
- zwei Discounter
- ein Vollsortimenter
- ein Getränke-Händler

Abbildung 2-2 Untersuchungskreis von 1.500m

Wie die Darstellung des heutigen **IST-Zustandes** zeigt, sind rund 20% der mit dem Auto zurückgelegten Strecken kürzer als 2,5km. Im hier vorliegenden Fall sind im zentrumsgerichteten Umkreis von 1.500m vor allem Einrichtungen der alltäglichen Versorgung zu finden.

Strebt die Gemeinde eine Emissionsminderung auf der Kurzstrecke in diesem Bereich an, kann der Einsatz von **E-Lastenrädern (Kapitel 0)** eine mögliche Handlungsoption darstellen. So ist es auf diesem möglich, auch größere Einkäufe zu transportieren.

In diesem Zusammenhang kann beim Anschluss des Neubaugebiets an die vorhandenen Siedlungsstrukturen außerdem geprüft werden, wie eine sichere Fortbewegung zu Fuß oder mit dem Rad zu diesen Zielen sichergestellt werden kann.

Für den Fall, dass die Gemeinde eine privilegierte Stellung alternativer Fortbewegungsmittel auf der Kurzstrecke anstrebt, ist es außerdem denkbar, gesicherte Räume für diese zu auszuweisen, neu zu schaffen und aktiv zu bewerben.

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, Wörrstadt mit seinen 8.012 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)**

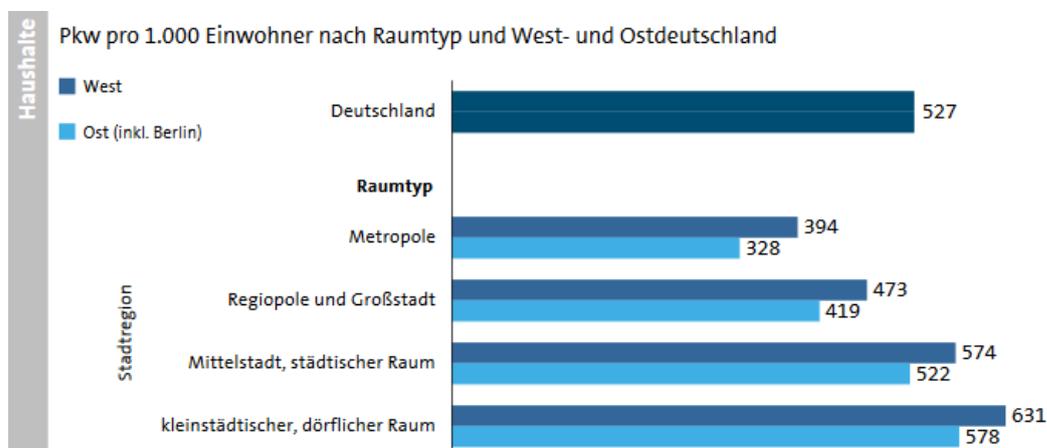


Abbildung 2-3 Pkw-Verteilung pro 1.000 Einwohner

- **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).

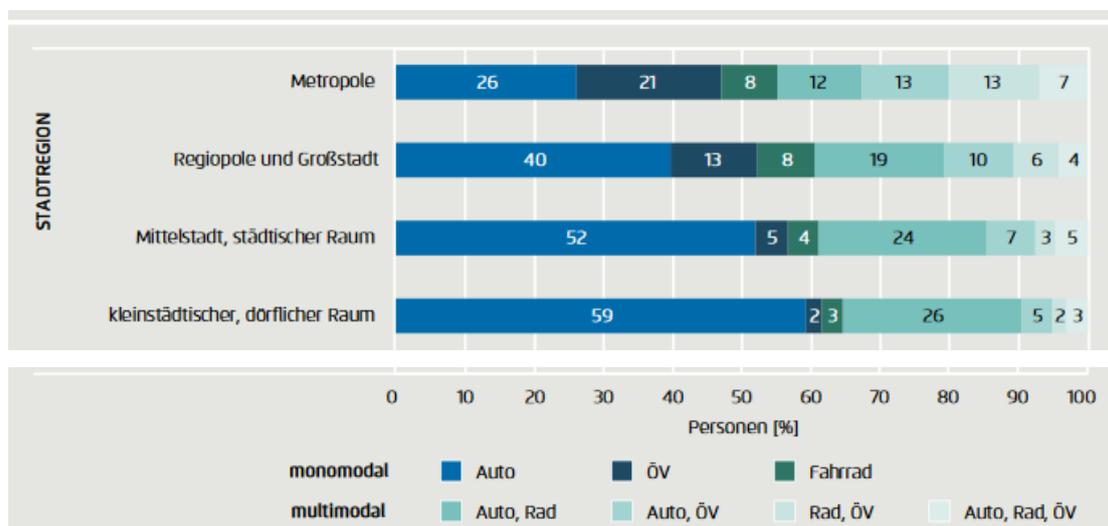


Abbildung 2-4 Verkehrsmittelmix im Verlauf einer Woche

- **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.

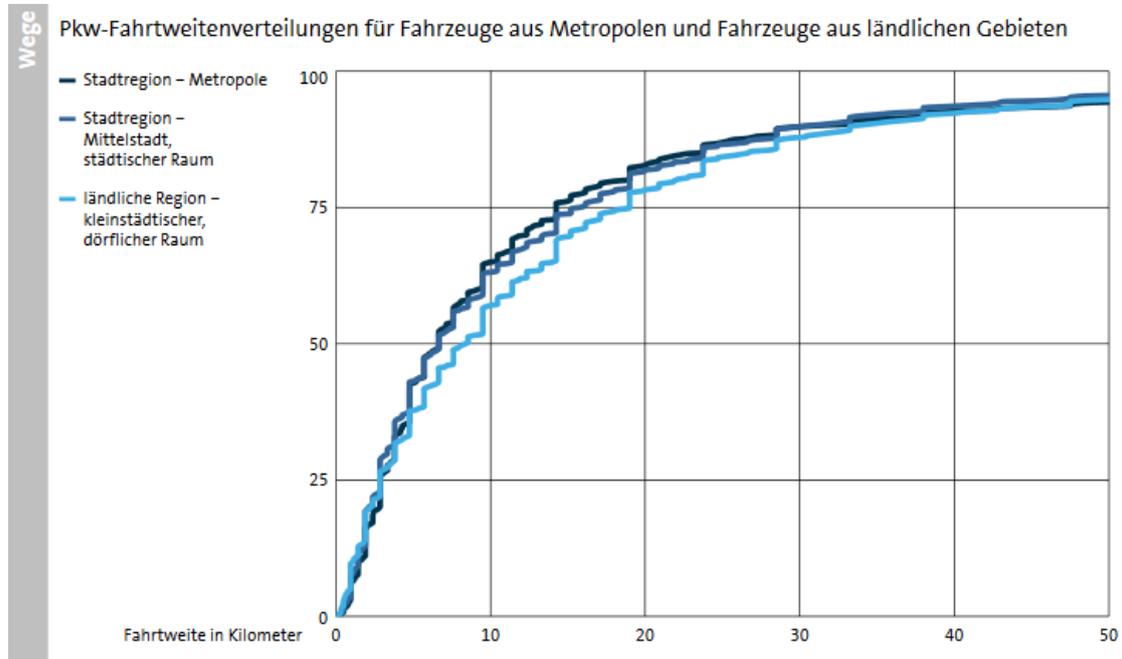


Abbildung 2-5 Verteilung von PkW-Fahrten nach Fahrweite

3 Mob - 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.

Mob: Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung

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 hierbei 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.“

E-Lastenrad-Sharing

Systembeschreibung

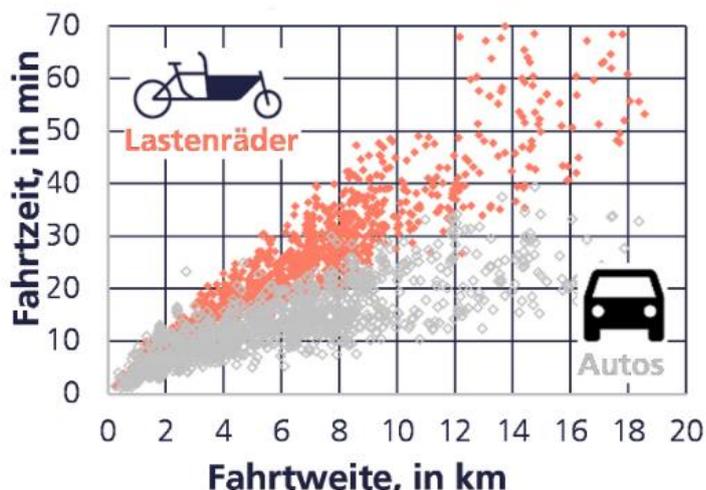
Die übliche Organisationsform eines solchen Sharing-Systems basiert auf festen Stationen, an denen die Räder geliehen und zurückgegeben werden können. In der Regel sind diese über ein zuvor definiertes Gebiet verteilt worden. Der Zugang zu einem E-Lastenrad erfolgt über eine App oder Kundenkarte. Für 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 und von einer hohen Einwohnerdichte geprägt sein (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).



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 3-1 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, Getränke, Baumarktutensilien) oder Kinder zu transportieren
- 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 Nutzfahrrädderverleihs

„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.“²⁵ Aufgrund der günstigen innerörtlichen Lage des Neubaugebiets „Hinter der Bahn, 2. BA“ 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.

²⁵ (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015)

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 Kilometer-tarif 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 ziel-führend erscheinen, basiert Car-Sharing in diesen Gebieten auf **stationsgebundenen Angebo-ten**.

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 er-reicht werden. Dies ist insbesondere der Fall, wenn nicht nur kleinteilige Wohnbebauung, sondern auch Wohnanlagen mit Mehrfamilienhäusern mit einem solchen Angebot erschlossen werden kön-nen.

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 Unter-suchung 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 Vorange-gangenen 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 gewin-nen die Anwohner Grundstücksflächen z.B. für die Gartennutzung durch die Anwendung redu-zierter Stellplatzschlüssel. Darüber hinaus können Raumgewinne das Quartier aufwerten, wenn

andernfalls zu asphaltierende Flächen für die Begrünung des öffentlichen Raumes, für mehr Platz für Fußgänger oder für Radfahrer genutzt werden kann.

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).

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 Real-labor Lincoln-Siedlung, in dem im Forschungsvorhaben „Quartiermobil“ neue Möglichkeiten der Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung untersucht werden. Wie sich im späteren Verlauf dieser Ausarbeitung zeigen wird, können die entsprechenden Flächen im öffentlichen Raum über den Bebauungsplan abgesichert werden (§ 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 204€.“²⁶

²⁶ (VCD Verkehrsclub Deutschland e.V., 2020)

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 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 resultierende Ausläufer können z.B. in der heute noch üblichen Gestaltung von Neubaugebieten gefunden werden, 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)

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 (verringert) und Fahrradabstellplätze (erhöht) mit Fingerspitzengefühl für den Raum Wörrstadt gestaltet werden.

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 wird 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 23 Stunden herum (VCD Verkehrsclub Deutschland e.V., 2020). Bei Zweitwagen kann diese 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, das 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 Darmstädter 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.

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.

Im vorliegenden Fall wäre es denkbar bei Interesse an der Umsetzung ähnlicher Angebote den Kontakt mit einer kommunalen Wohnungsgenossenschaft oder einer Energiegenossenschaft zu suchen.

4 Mob – Motorisierter Individualverkehr

Die Berechnungen zum motorisierten Mobilitätsverhalten im geplanten Neubaugebiet beruhen auf verschiedenen Annahmen und statistischen Werten. Für das im Jahr 2020 am häufigsten verkaufte vollelektrische Fahrzeug, ein Renault Zoe (Kords, 2021), wurde mit Hilfe der Simulationssoftware PV*SOL ein Verbrauchslastgang für eine nicht im Homeoffice tätige Person erstellt. Die hauseigenen Ladezeiten des Fahrzeugs sind also zu den täglichen Randzeiten und nachts. An zwei Tagen die Woche kann das Auto über Mittag zwei Stunden geladen werden, an drei bis vier Tagen ist das Fahrzeug auch am Abend noch in Benutzung.

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	3.084 kWh/Jahr
Inkl. Lade- und Batterieverluste	24 %

Die Strombedarfsplanungen des Neubaugebiets kann mit unterschiedlich hohen Anteilen an Elektroautos durchgeführt werden. Mit Blick auf den Baufortschritt und der Langfristigkeit eines neuen Wohngebiets ist zu erwarten, dass mit fast vollständiger Durchdringung mit Elektroautos im Gebiet gerechnet werden muss.

4. Mob: Strombedarf der Ladeinfrastruktur bedingt durch Steigerung der Elektromobilität

Zur Abschätzung des Strombedarfs im Gebiet sind folgende Annahmen getroffen worden, Details sind im Kapitel zur Ermittlung des Strombedarfs dargestellt (Anhang Strom-Konzeptstudie, Kapitel Strom: Ermittlung des Quartier-Strombedarfs).

Neben dem Strom- bzw. Wärmesektor muss bei der Ermittlung des Gesamtstrombedarfs der Mobilitätssektor aufgrund zunehmender Elektromobilität ebenfalls berücksichtigt werden. Die Simulation des Jahresbedarfs einer Ladesäule wurde anhand zweier Ladeprofile, welche zwischen Werktag und Wochenende unterscheiden, durchgeführt und in Abbildung 28 sowie Abbildung 29 dargestellt. Darüber hinaus wurden in Abstimmung mit der Transferstelle Bingen weitere

strukturelle Annahmen getroffen. So wurde eine E-Mobilitätsquote von ca. 75 % angenommen, was wiederum insgesamt 68 E-Fahrzeugen innerhalb des Quartiers entspricht. Außerdem wurde eine durchschnittliche Ladeleistung von 8,00 kW_{el} je Ladepunkt angesetzt. Dieser Wert liegt unter der Ladeleistung von handelsüblichen Wallboxen (11 kW_{el} / 22 kW_{el}), da aktuell nicht alle Elektrofahrzeuge mit dieser Leistung geladen werden können. Darüber hinaus wurde ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 40,0 % angenommen. Diese Kenngröße zeigt, wie viele Elektrofahrzeuge zu dem Spitzenzeitpunkt gleichzeitig geladen werden.

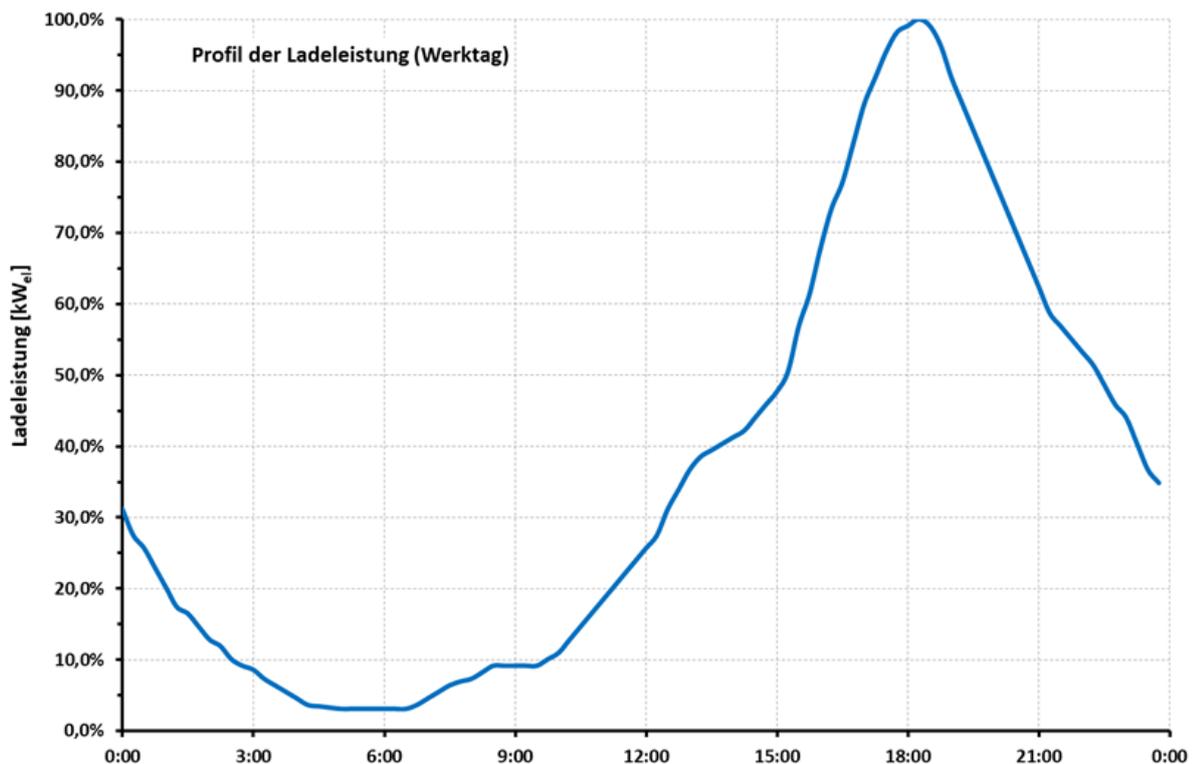


Abbildung 2: Ladeprofil einer Ladestation (Werktag)²⁷

²⁷ Quelle: Heinz, D. (2018): Erstellung und Auswertung repräsentativer Mobilitäts- und Ladeprofile für Elektrofahrzeuge in Deutschland

5 Mob - Bewertungsmatrix der Handlungsfelder

Mobilitätsziele	Alternativen zum MIV	Akteure	Vorteile/Chancen	Risiken	Klimapotential
Berufstätigkeit/Pendeln	Ridesharing (öffentliche Mitnahme) <ul style="list-style-type: none"> Einführung einer kommunalen Mitfahrgemeinschafts-plattform 	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinde Plattformbetreiber z.B.: Pendla (Kommunale Fahrgemeinschaftsplattform für Städte und Gemeinden) 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe monetäre Belastung für die Gemeinde 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Beförderungsgarantie für den Kunden 	<ul style="list-style-type: none"> Wenig Emissionsminderungspotential, da die Wahrscheinlichkeit gering ist, dass Fahrtwunsch und Angebot räumlich und zeitlich zusammenfallen aufgrund einer anderen Verkehrsnachfrage als im städtischen Raum
Emissionsminderung auf der Kurzstrecke (<2,5 km)	Gewährleistung der Durchgängigkeit des Radnetzes (Anbindung NBG) <ul style="list-style-type: none"> → Verhindern der Entstehung einer isolierten Insellösung 				
	E-Lastenrad-Sharing-Angebot	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinde: Sicherung von Flächen im B-Plan (§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB) 	<ul style="list-style-type: none"> Unterliegt nicht dem Wirkungsbereich des PBefG → i.d.R. genehmigungsfrei Multiplikatorwirkung 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Beförderungsgarantie für den Kunden 	
	E-Car-Pooling-Angebot	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinde: Sicherung von Flächen im B-Plan (§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB) 	<ul style="list-style-type: none"> Unterliegt nicht dem Wirkungsbereich des PBefG → i.d.R. genehmigungsfrei 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Beförderungsgarantie für den Kunden 	
	E-Car-Sharing-Angebot	<ul style="list-style-type: none"> Gemeinde: Sicherung von Flächen im B-Plan (§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB) 	<ul style="list-style-type: none"> Unterliegt nicht dem Wirkungsbereich des PBefG → i.d.R. genehmigungsfrei 	<ul style="list-style-type: none"> Keine Beförderungsgarantie für den Kunden 	

6 Mob - Regulatorik – Steuerungsmöglichkeiten im B-Plan

§ 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB – Elektrifizierung von Stellplätzen

Beim Ausbau der Elektromobilität nehmen infrastrukturelle Aspekte eine für die erfolgreiche Umsetzung wichtige Rolle ein. In der Folge scheinen Leerrohre zur Elektrifizierung von Stellflächen oder das Vorhalten von Ladesäulen prädestiniert, um eine solche Entwicklung im motorisierten Individualverkehr zu unterstützen.

Die Rechtsgrundlage für ein Handeln in diesem Bereich stellt der § 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB dar. Dieser besagt, dass es möglich ist, Flächen für Nebenanlagen, die aufgrund anderer Vorschriften für die Nutzung von Grundstücken erforderlich sind, festzusetzen.

In diesem Zusammenhang ist auf den § 88 Abs. 1 Nr. 3 LBauO RP zu verweisen. Dieser ermächtigt die Gemeinden mittels Satzung, Vorschriften über die „Gestaltung der Stellplätze“ zu erlassen. Die Literatur geht davon aus, dass der Begriff der „Gestaltung“ auch die Installation von Lehrrohren, einer Elektrifizierung oder Ladesäulen miteinschließen kann (Zengerling, 2018). Diese Position ist bislang jedoch nicht gerichtlich überprüft worden.

In der Folge könnte eine solche Stellplatzsatzung in Kombination mit Festsetzungen im Bebauungsplan eingesetzt werden.

Hinterfragt werden muss allerdings, ob eine solche Kombination in einer kleinteiligen Wohnbebauung zielführend ist. So ist es nicht auszuschließen, dass künftige Anwohner andere alternative Formen der Fortbewegung wählen möchten. Hierbei sind insbesondere die Mobilität auf Wasserstoffbasis oder ein „Leben ohne Auto“ zu nennen. Da ein Neubaugebiet der hier vorliegenden Größe über mehrere Jahre bebaut werden wird und die Möglichkeit besteht, dass sich beispielsweise Wasserstoff auch im Bereich des motorisierten Individualverkehrs etablieren kann, können Kollisionen in diesem Zusammenhang nicht ausgeschlossen werden.

Da zukünftige Bauherren durch eine Festsetzung (Lehrverrohrung, Elektrifizierung oder Installation einer Ladesäule) der Anforderung unterworfen werden, „ungewollt“ eine Investition tätigen zu müssen, sollte geprüft werden, ob die Belastung in einem angemessenen Verhältnis zu den verfolgten Belangen des Gemeinwohls steht (Kluckert, 2015). Hierbei ist die wirtschaftliche Zumutbarkeit der zentrale Aspekt (Grundsatz der Verhältnismäßigkeit).

Im Gegensatz zu Festsetzungen, die Photovoltaik-Anlagen (§ 9 Abs. 1 Nr.23 b) BauGB) betreffen, handelt es sich bei den hier vorgestellten Möglichkeiten grundsätzlich nicht um Investitionen, die im Laufe der Zeit Gewinne einbringen können. Stattdessen binden sie Kapital und es entstehen Opportunitätskosten. Im schlimmsten Fall, nämlich dem, dass ein betroffener Haushalt nie ein Elektroauto im Bestand haben wird, ist es möglich, dass die Investition sogar „nutzlos“ getätigt werden könnte. Auch sollte in diesem Zusammenhang bedacht werden, dass es unwahrscheinlich scheint, dass Haushalte kostenintensive Projekte wie die Neuerrichtung eines Hauses und den Umstieg auf die Elektro-Mobilität parallel vorantreiben können. Trotz Leasing-Modellen besteht hier die Möglichkeit, dass die Infrastruktur während eines Zeitraums mit unbestimmter Länge nicht genutzt werden könnte.

So sollte vor allem in den Gebieten der kleinteiligen Bebauung hinterfragt werden, ob Festsetzungen, die eine direkte Wirkung auf die Bauherren entfalten, hier das richtige Mittel der Wahl sind oder ob nicht ein flexibleres Instrument eine bessere Steuerung ermöglicht.

§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB – Förderung alternativer Mobilitätsformen

Da eine ganzheitlich nachhaltig gestaltete Mobilität nicht nur auf die Möglichkeiten der Elektromobilität reduziert werden sollte, soll im Folgenden geprüft werden, ob über den Bebauungsplan Flächen für alternative Sharing-Angebote gesichert werden können.

Die Rechtsgrundlage stellt der § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB dar. Dieser besagt, dass „Verkehrsflächen sowie Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung, wie Fußgängerbereiche, Flächen für das Parken von Fahrzeugen, Flächen für das Abstellen von Fahrrädern sowie den Anschluss anderer Flächen an die Verkehrsflächen“ festgesetzt werden können.

Maßgeblich für den Charakter einer solchen Fläche ist die besondere Nutzungsart oder der besondere Nutzungszweck der Fläche (Ernst et al., 2021, § 9 Rn. 105).

Alternative Angebote wie das E-Car-Pooling, das E-Car-Sharing oder das E-Lastenrad-Sharing kommen den in den Beispielen aufgeführten Fällen des „Parkens von Fahrzeugen“ oder des „Abstellens von Fahrrädern“ inhaltlich sehr nahe. Der Sharing-Charakter und die Möglichkeit des Aufladens werden nicht genannt. Jedoch betont die Literatur, dass der Gesetzestext an dieser Stelle lediglich Beispiele nennt und es sich hierbei nicht um einen abschließenden Katalog handelt (Battis et al., 2019, § 9 Rn. 65).

Vor diesem Hintergrund können Ausleih- und Ladestationen für E-Autos oder E-Lastenräder (elektrifizierte Stellplätze mit Sharing-Charakter) unter dem Begriff der „Verkehrsfläche mit

besonderer Zweckbestimmung“ subsumiert werden. Eine Sicherung von Flächen für alternative Mobilitätsformen kann auf Basis des § 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB sichergestellt werden.

§ 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB – Sicherung von Flächen für Ladeinfrastruktur

Neben privaten Ladepunkten erfordert eine Strategie zum Aufbau einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur auch Ladepunkte im öffentlichen Bereich. So ist es perspektivisch möglich, dass bei einer fortschreitenden Elektrifizierung die Notwendigkeit entsteht, auch in Wohngebieten den ein oder anderen öffentlichen Ladepunkt vorzuhalten. Auf diese Weise kann Besuchern die Möglichkeit gegeben werden, ihr Fahrzeug während eines Aufenthaltes aufzuladen, ohne auf den privaten Ladepunkt des Gastgebers angewiesen zu sein.

Sollen für den Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur im Neubaugebiet Flächen gesichert werden, können Festsetzungen nach dem § 9 Abs. 1 Nr. 12 BauGB in Frage kommen. Hiernach können, „Versorgungsflächen, einschließlich der Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen (...) Nutzung (...) von Strom (...) aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung“ im Bebauungsplan verankert werden.

Eine Subsumption der Ladeinfrastruktur nach dem Gesetz als „Anlage zur dezentralen Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien“ erscheint möglich. Hierfür sprechen auch die Ausführungen der Kommentarliteratur. Betont werden die weiten Spielräume, die der Gesetzgeber mit seiner umfassenden Formulierung geschaffen hat. In der Folge können „alle in Betracht kommenden Vorhaben zur Versorgung mit Energie aus erneuerbaren Energien (...) Gegenstand der Festsetzungen nach Nr. 12 sein“ (Ernst et al., 2021, § 9 Rn. 110a).

Mit Einschränkungen bezüglich der Betriebsform ist nicht zu rechnen. Hierzu führt der Kommentar aus, dass der ursprüngliche Bezug der Nummer 12 auf die öffentliche Versorgung weder die Wahl des Trägers noch die der Rechtsform begrenzt (Ernst et al., 2021, § 9 Rn. 110). In Kooperation mit einem Partner könnte eine öffentlich zugängliche Ladestation betrieben werden.

Da der Zeithorizont des Neubaugebiets im Bereich vieler Dekaden anzusiedeln ist und mit einer mittelfristigen Perspektive ein hoher Elektrifizierungsgrad der deutschen PKW-Flotte angestrebt wird, sollte der Aspekt der öffentlichen Ladeinfrastruktur in den Planungen berücksichtigt werden.

§ 9 Abs. 1 Nr. 22 BauGB – Elektrifizierte Gemeinschaftsstellplätze

Das aktuelle städtebauliche Konzept sieht neben Wohnhöfen, Stadthäusern bzw. dem Mietwohnungsbau, auch eine Seniorenresidenz vor. All diese Formen des Wohnens bringen die Gemeinsamkeit zentraler Stellplätze mit sich.

Soll hierbei der Aufbau einer Infrastruktur für die Elektromobilität unterstützt werden, können Festsetzungen nach dem § 9 Abs. 1 Nr. 22 BauGB in Betracht gezogen werden. Hierin ist die Rechtsgrundlage zu sehen, „Flächen für Gemeinschaftsanlagen für bestimmte räumliche Bereiche wie (...) Stellplätze und Garagen“ festzusetzen.

Da der § 9 Abs. 1 Nr. 22 BauGB als Unterfall des § 9 Abs. 1 Nr. 4 BauGB einzuordnen ist (Ernst et al., 2021, § 9 Rn. 182), kann erneut eine Kombination aus Festsetzungen im Bebauungsplan und der Nutzung einer angepassten Stellplatzsatzung eingesetzt werden.

Grundlage der Stellplatzsatzung ist der § 88 Abs. 1 Nr. 3 LBauO RP. In ihm ist die Ermächtigungsgrundlage zum Erlass von Satzungen über die Gestaltung von Stellplätzen zu sehen. Hierin heißt es, dass die Gemeinden durch Satzung Vorschriften über die Gestaltung von Stellplätzen erlassen können. Wie schon im Vorangegangenen ausgeführt, kann der Literatur entnommen werden, dass der Begriff der „Gestaltung“ auch die Installation von Lehrrohren, eine Elektrifizierung oder die Installation von Ladesäulen miteinschließen kann (Zengerling, 2018). Diese Position ist jedoch noch nicht gerichtlich überprüft worden.

Als Orientierung kann eine Regelung der Stadt Offenbach dienen, die mit ihrer Stellplatzsatzung einen ähnlichen Weg ging. Diese verlangt in § 6 Abs. 5 bei größeren Vorhaben, die einen regulären Bedarf von 20 Stellplätzen mit sich bringen, für mindestens 25% der Plätze zumindest vorbereitende Maßnahmen in Form einer Elektrifizierung zu treffen.

In diesem Zusammenhang ist zum einen das Absenken des Schwellenwertes von 20 Stellplätzen zu diskutieren. Zum anderen könnten die Kosten für die Betroffenen weiter gesenkt werden, wenn statt mit einer vorbereitenden Elektrifizierung mit einer Lehrverrohrung gearbeitet wird.

Aufgrund der geringen Eingriffstiefe bezüglich der Grundrechte wird der Offenbacher Lösungsansatz in der Literatur sehr positiv bewertet (Zengerling, 2018).

Trotz des „geringen“ Umfangs handelt es sich um eine sehr vorausschauende Lösung, die mit einer langfristigen Perspektive die Ausbreitung der Elektromobilität zu unterstützen versucht, da sie die Installation von Ladepunkten vorbereitet.

Mobilität: CO₂e-Emissionsbilanz

Eine ökologische Bewertung der Wärmeversorgungsvarianten erfolgt mit einer CO₂e-Emissionsbilanz. Dazu werden spezifischen Emissionen herangezogen (GEMIS, 2015). Die Bilanz wird als Summe für das gesamte Neubaugebiet aufgestellt. Die Emissionen der Heizöl- und Erdgasvariante werden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung verwendet, um Kosten für einen CO₂-Preis zu ermitteln. In allen Varianten wird davon ausgegangen, dass ausschließlich Ökostrom genutzt wird.

Die Bewertung des Stroms für die Mobilität hinsichtlich seiner Klimawirkung erfolgt im Berichtsteil Strom.

Literaturverzeichnis - Mobilität

- Agora Verkehrswende. (2008). *Baustellen der Mobilitätswende. Wie sich die Menschen in Deutschland fortbewegen und was das für die Verkehrspolitik bedeutet*. Berlin.
- Battis, U., Krautzberger, M., & Löhr, R.-P. (2019). *Baugesetzbuch Kommentar*. Münch: Verlag C.H. Beck.
- 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.
- 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*.
- Bundesverband CarSharing e. V. (bcs). (2016). *CarSharing im innerstädtischen Raum – eine Wirkungsanalyse*. Berlin.
- BVD New Living GmbH & Co. KG. (2021). *Ludwigshöhviertel - Basisinformationen für Wohngruppen*. Von https://www.ludwigshoehviertel.de/db_downloads/content/prospekt-basisinformationen-wohngruppen.pdf abgerufen
- Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V. (2016). *Was ist schneller auf der letzten Meile: Lastenrad oder Auto?*
- Ernst, W., Zinkahn, W., Bielenberg, W., & Krautzberger, M. (2021). *Baugesetzbuch Kommentar*. München: C. H. Beck.
- GEMIS. (März 2015). GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) Version 4.94 - Stand: März 2015.
- Institut für Mobilitätsforschung. (2011). *Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher*. München.
- Kluckert, S. (2015). Die Gewichtung von öffentlichen Interessen im Rahmen der Verhältnismäßigkeitsprüfung. *Juristische Schulung*, 116-120.
- 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
- Nobis, C., & Kuhnimhof, T. (2018). *Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht*. Bonn, Berlin: im Auftrag des BMVI.

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

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

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

VCD Verkehrsclub Deutschland e.V. (2020). *Was kostet ein Auto?* Von <https://www.vcd.org/service/presse/pressemitteilungen/was-kostet-ein-auto/> abgerufen

Zengerling, C. (2018). *Integration von Elektromobilität in Neubau und Bestand*. Hamburg: HafenCity Universität.