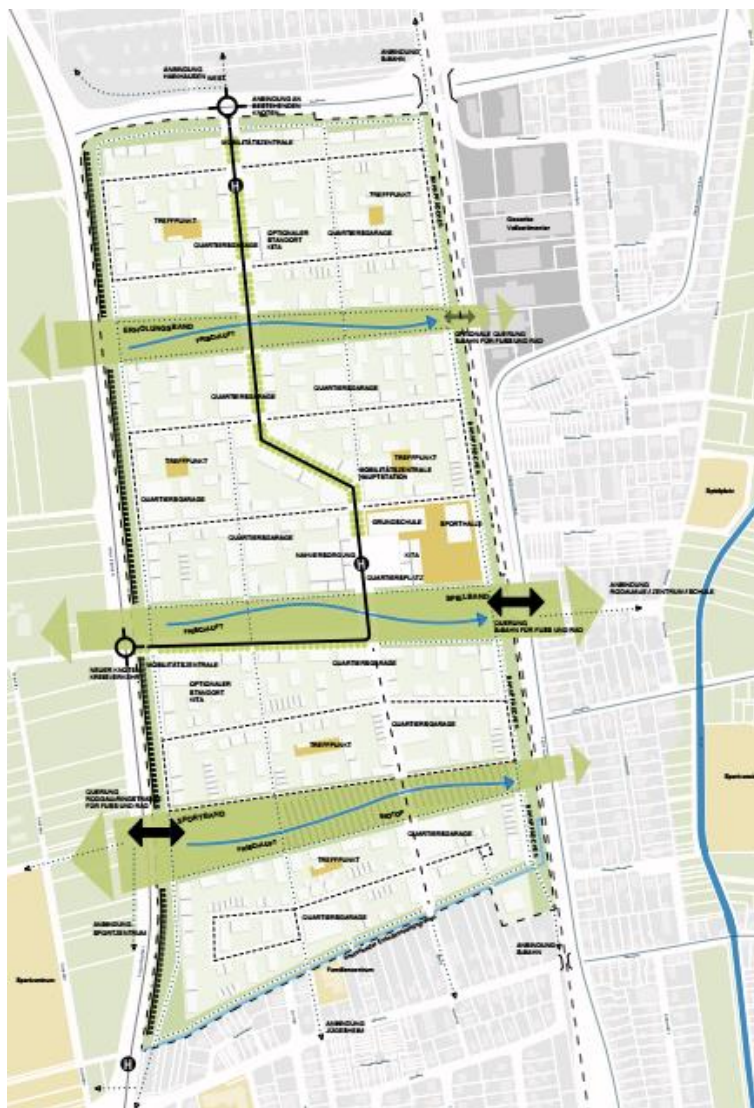


ENERGIEKONZEPT FÜR DAS NEUBAUGEBIET RODGAU-WEST



Tilia GmbH



Auftraggeber: Magistrat der Stadt Rodgau
Hintergasse 15
63110 Rodgau

Ansprechpartner: Herr Markus Ebel-Waldmann
Stadtwerke Rodgau
Kontakt:
markus.ebel-waldmann@stadtwerke-rodgau.de
+49 6106 8296 4111
Herr Robert Schütz
Hessische Landgesellschaft mbH, Unterstützung und Beratung im Rahmen
der Bodenbevorratung
Kontakt:
robert.schuetz@hlg.org
+49 6105 4099 411

Auftragnehmer: Tilia GmbH
Inselstraße 31
04103 Leipzig

Ansprechpartner: Herr Ronny Kirbach
Projektmanager
Kontakt:
ronny.kirbach@tilia.info
+49 341 339 76 120

Unterauftragnehmer: Leipziger Institut für Energie GmbH
Lessingstraße 2
04109 Leipzig
Kontakt:
matthias.reichmuth@ie-leipzig.com
+341 2247 6225

Autoren: Ronny Kirbach, Tony Marie Schönherr, Dirk Klingen (Tilia GmbH), Matthias Reichmuth (IE Leipzig)

Stand: 30.04.2021

INHALT

- 1 Einleitung..... 11
- 2 Erhebung und Darstellung des Ausgangszustandes..... 11
 - 2.1 Beschreibung des Gebiets „Rodgau-West“ 11
 - 2.2 Städtebaulicher Rahmenplan 12
 - 2.3 Klimaschutzziele und Energiestrategie Rodgau..... 15
 - 2.4 Abschätzung Energiebedarfe..... 16
 - 2.5 Umfeldprüfung Abwärmequellen 23
- 3 Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz 24
 - 3.1 Gebäudetypen 24
 - 3.2 Variantenvergleich 26
 - 3.2.1 Übersicht Varianten..... 26
 - 3.2.2 Energiebedarfe 27
 - 3.2.3 CO₂-Bilanz 35
 - 3.2.4 Wirtschaftlichkeit 35
 - 3.2.5 Bewertung 36
 - 3.3 Sommerlicher Wärmeschutz 37
 - 3.4 Nutzerverhalten..... 38
 - 3.5 Handlungsoptionen 39
- 4 Dezentrale Nutzung Erneuerbarer Energien 40
 - 4.1 Verschattungsanalyse..... 40
 - 4.2 Stromversorgung..... 43
 - 4.3 Wärmeversorgung..... 44
 - 4.3.1 Luft-Wasser-Wärmepumpen..... 44
 - 4.3.2 Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen 44
 - 4.3.3 Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen, Solarthermie..... 46
 - 4.4 Variantenvergleich 46
 - 4.4.1 Wirtschaftlichkeit 46
 - 4.4.2 Energie- und CO₂-Bilanz..... 48
 - 4.4.3 Zusammenfassung..... 50
 - 4.5 Verteilnetzinfrastuktur..... 51

- 4.5.1 Klassische Netzstruktur 51
- 4.5.2 Kundenanlagen 54
- 4.6 AkteurInnen 55
- 4.7 Handlungsoptionen 57
- 5 Zentrale Strom- und Wärmeversorgung 58
 - 5.1 Stromversorgung 58
 - 5.2 Wärmeversorgung 58
 - 5.2.1 Erdkollektor 58
 - 5.2.2 Ergänzter Erdkollektor 59
 - 5.2.3 Multivalent 60
 - 5.2.4 Seethermie 62
 - 5.2.5 Abwärme 64
 - 5.2.6 Kraft-Wärme-Kopplung 65
 - 5.2.7 Abwärme, Kraft-Wärme-Kopplung 67
 - 5.3 Variantenvergleich 67
 - 5.3.1 Wirtschaftlichkeit 67
 - 5.3.1 Energie- und CO₂-Bilanz 70
 - 5.3.2 Zusammenfassung 73
 - 5.4 Verteilnetzinfrastruktur 74
 - 5.5 AkteurInnen 76
 - 5.6 Handlungsoptionen 78
- 6 Querschnittstechnologien 80
 - 6.1 Quartierspeicher 80
 - 6.2 Smart Grid Technologien 83
- 7 Darstellung nachhaltiger Mobilitäts-Lösungen 87
 - 7.1 Stärkung umweltfreundlicher Verkehrsmittel 88
 - 7.1.1 Infrastruktur für Fuß- und Radverkehr 88
 - 7.1.2 Zugänglichkeit der ÖPNV-Infrastrukturen 88
 - 7.1.3 Car-Sharing, Mobilitätsstationen und innovative Angebote 88
 - 7.1.4 Verminderung des MIV und seiner Lärm- und Schadstoffemissionen 90
 - 7.2 Sektorkopplung und Energieversorgung des Verkehrs 90

- 7.2.1 Rolle von Strom und Wasserstoff für den Verkehrssektor..... 90
- 7.2.2 Infrastruktur für Elektromobilität in den Quartiersgaragen..... 91
- 7.3 Modellrechnungen 92
 - 7.3.1 Definition zweier Varianten und einer Trendbetrachtung..... 92
 - 7.3.2 Auswirkungen der Szenarien und der Trendbetrachtung 96
 - 7.3.3 Bewertung der Szenarien und Empfehlungen..... 97
- 8 Umsetzungskonzept 98
 - 8.1 Maßnahmenempfehlung..... 98
 - 8.1.1 Gebäudeenergieeffizienz..... 98
 - 8.1.2 Energiekonzept..... 98
 - 8.1.3 Mobilitätskonzept..... 99
 - 8.2 Mögliche Fördermittelprogramme..... 99
 - 8.3 Ablaufplan 105
 - 8.4 Mögliche Betreibermodelle..... 106
 - 8.4.1 Energiegenossenschaften..... 106
 - 8.4.2 Stadtwerke als Lösungsanbieter..... 107
 - 8.4.3 Contracting 108
 - 8.4.4 Prosumer-Modelle..... 110
 - 8.5 Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit..... 111
 - 8.6 Dokumentation und Erfolgskontrolle..... 113
- 9 Zusammenfassung..... 117
- 10 Quellenverzeichnis 119
- 11 Anlagen..... 121

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AN	Energiebezugsfläche
BA	Bauabschnitt
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BGF	Bruttogrundfläche
DHH	Doppelhaushälfte
EE	Erneuerbare Energie
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energie-Einsparverordnung
E-Pkw	Elektro-Pkw
EW	Einwohner
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HEG	Hessisches Energiegesetz
HLG	Hessische Landgesellschaft mbH
HNF	Hauptnutzfläche
IINAS	Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhaus
NGF	Nettogrundfläche
NNF	Nebennutzfläche
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PEF	Primärenergiefaktor
PHEV	Plug-in-Hybrid-Pkw
PV	Photovoltaik
PV	Photovoltaik
RH	Reihenhaus
Rh	Raumheizbedarf
RLT	Raumluftechnik
ST	Solarthermie
THG-Emissionen	Treibhausgas-Emissionen
TWW	Trinkwarmwasser
WP	Wärmepumpe

Die aufgeführten Abkürzungen gelten auch für die jeweilige Pluralform.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Fläche Baugebiet Rodgau-West	12
Abbildung 2.2: Rahmenplan Rodgau-West	14
Abbildung 2.3: Baugebiet Rodgau-West gem. Rahmenplan mit angenommenen Bauabschnitten	15
Abbildung 2.4: Energiebedarfe Standard-Variante	23
Abbildung 3.1: Energiebedarfe nach Varianten Gebäudeeffizienzstandard	34
Abbildung 3.2: CO ₂ -Emissionen nach Varianten Gebäudeeffizienzstandard	35
Abbildung 3.3: Wirtschaftliche Bewertung Varianten Gebäudeeffizienzstandard	36
Abbildung 4.1: Abschattung zu niedrigstem und höchstem Jahressonnenstand	41
Abbildung 4.2: Kartendarstellung Ergebnisse Verschattungsanalyse	42
Abbildung 4.3: Beispielabbildung gegenseitige Gebäudeverschattung	42
Abbildung 4.4: Eignungsflächen dezentrale Erdkollektoren Variante Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen	45
Abbildung 4.5: möglicher Netzverknüpfungspunkt Strom	52
Abbildung 4.6: möglicher Netzanknüpfungspunkt – Option 3	52
Abbildung 4.7: Mögliche Einteilung in Kundenanlagen	54
Abbildung 5.1: Steckbrief Variante Erdkollektor und Potentialflächen zentrale Erdkollektoren	59
Abbildung 5.2: Steckbrief Variante ergänzter Erdkollektor und Potentialflächen zentrale Erdkollektoren, Entnahmestellen Abwasserwärme	60
Abbildung 5.3: Steckbrief Variante Multivalent und Verortung der Erzeuger	62
Abbildung 5.4: Steckbrief Variante Seethermie und Verortung der Erzeuger	63
Abbildung 5.5: Ergebnisse Simulation mittlere Seetemperatur (T _{See} = mittlere Seetemperatur ohne Wärmeentzug, T _{SeeEntzug} = mittlere Seetemperatur mit Wärmeentzug)	64
Abbildung 5.6: Steckbrief Variante Abwärme und Verortung der Erzeuger	65
Abbildung 5.7: Kenndaten Variante Kraft-Wärme-Kopplung und Verortung der Erzeuger	66
Abbildung 5.8: Leitungsführung Wärmenetz	75

Abbildung 6.1: Schema einer Marktplattform, Beispiel Projekt E-DeMa (Modellregion Rhein-Ruhr) 84

Abbildung 6.2: Beispiel intelligenter Stromzähler mit Visualisierung aus Projekt MeRegio (Modellregion Göppingen) 84

Abbildung 7.1: Car-Sharing am Bahnhof Rodgau-Hainhausen 89

Abbildung 7.2: Wallbox für Pkw in Tiefgaragen, derzeitiger Stand der Technik 91

Abbildung 7.3: Angenommene Entwicklung der Bestandsanteile von elektrisch angetriebenen Pkw in Deutschland (PHEV...Plug-in-Hybrid-PKW) 92

Abbildung 7.4: Angenommene Anwesenheitsquote der E-Pkw in allen Szenarien 94

Abbildung 8.1: Übersicht Ablaufplan 105

Abbildung 8.2: Einbindungsintensität in der Öffentlichkeitsarbeit 112

Abbildung 8.3: Hierarchie Datenerfassung und Verarbeitung 115

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.1: Energiebedarfe Standard-Variante (=GEG) gesamtes Baugebiet	17
Tabelle 2.2: Energiebedarfe Standard-Variante Bauabschnitt 1	20
Tabelle 2.3: Energiebedarfe Standard-Variante Bauabschnitt 2	21
Tabelle 2.4: Energiebedarfe Standard-Variante Bauabschnitt 3	22
Tabelle 3.1: Steckbrief MFH	24
Tabelle 3.2: Steckbrief EFH	24
Tabelle 3.3: Steckbrief DHH	25
Tabelle 3.4: Steckbrief RH	25
Tabelle 3.5: Kennwerte Gebäude mit Sondernutzung	25
Tabelle 3.6: Charakterisierung Gebäudeeffizienzstandards (allgemein, alle Gebäudetypen)	26
Tabelle 3.7: Varianten Gebäudeeffizienzstandard	27
Tabelle 3.8: Energiebedarfe KfW 55-Variante gesamtes Baugebiet	28
Tabelle 3.9: Energiebedarfe KfW 40-Variante gesamtes Baugebiet	30
Tabelle 3.10: Energiebedarfe Mix-Variante gesamtes Baugebiet	32
Tabelle 3.11: Energiebedarfe nach Varianten Gebäudeeffizienzstandard	34
Tabelle 4.1: Annahmen Photovoltaik	44
Tabelle 4.2: Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärme Varianten dezentrale Energieversorgung	47
Tabelle 4.3: Wirtschaftlichkeitsberechnung Strom Varianten dezentrale Energieversorgung	47
Tabelle 4.4: Energiebilanz Varianten dezentrale Versorgungslösungen	48
Tabelle 4.5: Nutz-, End- Primärenergiebilanz Varianten dezentrale Energieversorgung	49
Tabelle 4.6: Prognose zur Entwicklung des Emissionsfaktors für Strommix	49
Tabelle 4.7: CO2-Emissionsbilanz Varianten dezentrale Energieversorgung	49
Tabelle 4.8: Zusammenfassung Varianten dezentrale Energieversorgung	50

Tabelle 4.9: AkteurInnenanalyse dezentrale Versorgungsvarianten 56

Tabelle 5.1: Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärme Varianten zentrale Energieversorgung..... 68

Tabelle 5.2: Wirtschaftlichkeitsberechnung Strom Varianten zentrale Energieversorgung 69

Tabelle 5.3: Energiebilanz Varianten zentrale Energieversorgung 70

Tabelle 5.4: Nutz-, End-, Primärenergiebilanz Varianten zentrale Energieversorgung,..... 71

Tabelle 5.5: Prognose zur Entwicklung des Emissionsfaktors für Strommix 72

Tabelle 5.6: Energiebilanz Varianten zentrale Energieversorgung 72

Tabelle 5.7: Zusammenfassung Varianten zentrale Energieversorgung 73

Tabelle 5.8: AkteurInnenanalyse zentrale Versorgungsvarianten 77

Tabelle 6.1: Strom-Quartierspeicher für Varianten dezentrale Energieversorgung 82

Tabelle 6.2: SWOT-Analyse Quartierspeicher 83

Tabelle 7.1: Szenarienbeschreibung Mobilität..... 95

Tabelle 7.2: Ergebnisse Szenarien Mobilität 96

Tabelle 8.1: Steckbrief Förderprogramm Wärmenetze 4.0 100

Tabelle 8.2: Steckbrief Förderprogramm KfW Standard 270 101

Tabelle 8.3: Steckbrief Förderprogramm KfW Standard 271 101

Tabelle 8.4: Steckbrief Förderprogramm KfW IKK (201) 102

Tabelle 8.5: Steckbrief Förderprogramm KfW IKU (270)..... 103

Tabelle 8.6: Steckbrief Förderprogramm HEG 104

1 EINLEITUNG

Wie so viele Metropolregionen in Deutschland unterliegt auch die Rhein-Main-Region starken Wachstumstendenzen. Vor allem der Wohnungsmarkt in und um Frankfurt am Main ist stark angespannt. Viele Menschen ziehen daher zwangsläufig in die umliegenden (sub)-urbanen Gebiete. Auch Rodgau ist von den wachsenden Zuzugsströmen betroffen. Die Stadt ist infrastrukturell sehr gut erschlossen und überzeugt durch ihre Nähe zu Offenbach am Main und Frankfurt am Main. Um den wachsenden Bedarf nach Wohnraum befriedigen zu können, plant die Stadt Rodgau in Zusammenarbeit mit der Hessischen Landesgesellschaft (HLG) die Entwicklung eines neuen Baugebiets in Rodgau. Das geplante Baugebiet „Rodgau-West“ liegt zwischen den Stadtteilen Jügesheim und Hainhausen. Im Baugebiet sollen etwa 2.100 Wohneinheiten mit Wohnraum für ca. 4.600 Menschen in Ein-, Doppel- und Mehrfamilienhäusern geschaffen werden.

Der bereits erarbeitete Rahmenplan definiert die Bedingungen und Ziele für die weitere Entwicklung des Wohnbaugebietes und soll um ein Energieversorgungskonzept für Wärme und Strom ergänzt werden. Das Energieversorgungskonzept soll verschiedene Entwicklungsoptionen des Wohnbaugebietes berücksichtigen. Als übergeordnetes Ziel forciert die Stadt Rodgau die Planung und Umsetzung eines Plusenergie-Quartiers. Das bedeutet, dass im geplanten Wohngebiet Rodgau-West in Summe über das Jahr bilanziert, mindestens so viel erneuerbare Energie (EE) erzeugt werden soll, wie von den BewohnerInnen verbraucht wird. Wenn möglich sollen energetische Überschüsse erzeugt werden.

Das vorliegende Energiekonzept untersucht in verschiedenen Varianten die technischen Möglichkeiten, wirtschaftliche Kriterien, ökologischen Auswirkungen und Umsetzungsmöglichkeiten in Hinblick auf die spezifischen Rahmenbedingungen des Baugebietes Rodgau-West. In das Energiekonzept fließen auch Untersuchungen zu nachhaltigen Mobilitätslösungen ein. Neben den Anspruchskriterien des bestehenden Rahmenplans liegt der Fokus der Untersuchungen auf den Umsetzungsmöglichkeiten innovativer Technikkonzepte mit hoher Energie-, Kosten- und CO₂-Effizienz. Eine Kälteversorgung wird im Konzept nicht betrachtet. Dies wurde in Abstimmung mit den Projektbeteiligten zu Beginn beschlossen. Kälteanwendungen und Gebäudeklimatisierung werden damit nicht prinzipiell ausgeschlossen, jedoch sollte zur Unterstützung bezahlbaren Wohnraums im Geschosswohnungsbau allgemeingültige Lösung definiert werden.

Die resultierenden Erkenntnisse, Ergebnisse und Empfehlungen sollen zur Vorbereitung der Bauleitplanung, Erschließung und anschließender Bebauung genutzt werden.

2 ERHEBUNG UND DARSTELLUNG DES AUSGANGSZUSTANDES

2.1 BESCHREIBUNG DES GEBIETS „RODGAU-WEST“

Das geplante Gebiet Rodgau-West hat eine Gesamtfläche von 46 Hektar und liegt zwischen den Stadtteilen Jügesheim und Hainhausen der Stadt Rodgau. Die Stadt Rodgau, Landkreis Offenbach, hat knapp 48.000 EinwohnerInnen – Tendenz steigend – und eine Fläche von 65 km². Die Entfernung zum Zentrum Frankfurt am Main beträgt je nach Verkehrsmittel etwa 25 Minuten. Derzeit handelt es sich bei dem zukünftigen Baugebiet um vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen und eine Biotopfläche.

Im Norden des geplanten Wohnbaugebietes liegt der Stadtteil Hainhausen. An dessen westlichen Ortsrand entsteht derzeit in Zusammenarbeit der Stadt Rodgau und HLG das Baugebiet H17. Die östliche Grenze von Rodgau-West bildet die S-Bahntrasse, hinter der sich eine aufgelockerte Bebauung sowie die grüne Aue der Rodau anschließen. Südlich des künftigen Baugebietes schließt der Stadtteil Jügesheim mit seiner durchgrüneten Siedlungsstruktur an. Östlich der S-Bahngleise liegt die Jügesheimer Ortsmitte. Neben Einzelhandel und gastronomischen Angeboten befinden sich hier auch das Rathaus und die Stadtverwaltung. Im Westen dominieren Felder und Wiesen das Landschaftsbild.



Abbildung 2.1: Fläche Baugebiet Rodgau-West

Quelle: [1]

Etwa einen Kilometer entfernt befindet sich zwischen Dietzenbach und Rodgau ein Waldgebiet. 2,5 km südwestlich von Rodgau-West liegt der Rodgau See. Der Baggersee hat eine Fläche von 25 Hektar und ist bis zu 35 m tief. Zudem verläuft durch das Stadtgebiet, östlich des Plangebietes, der Bach Rodau.

Das geplante Baugebiet befindet sich in einer Wasserschutzzone IIIA. Die Zone III (A und B) soll den Schutz vor weitreichenden Beeinträchtigungen, insbesondere vor nicht oder nur schwer abbaubaren chemischen oder radioaktiven Verunreinigungen gewährleisten. Dies ist im Rahmen der Konzeption zu berücksichtigen.

2.2 STÄDTEBAULICHER RAHMENPLAN

Im Jahr 2018 hat das Architekturbüro prosa, welches den städtebaulichen Wettbewerb für das Gebiet Rodgau-West gewann, mit der Ausarbeitung des städtebaulichen Rahmenplans begonnen. Dieser sieht vor, dass in Rodgau-West neben etwa 2.100 Wohneinheiten auch ein Lebensmittelnahversorger, Kleingewerbe, Gastronomie, Arztpraxen, Dienstleistungsunternehmen, Grundschule sowie mindestens zwei Kindertagesstätten entstehen sollen. Die geplante Bebauungsdichte liegt bei 50 Wohneinheiten pro Hektar Nettobauland über das gesamte Quartier und bis zu 60 Wohneinheiten pro Hektar Nettobauland

im zentralen Quartier (vgl. Bauabschnitt I, Abbildung 2.3). Der Anteil an freistehenden Gebäuden soll bei 30 % liegen. [2][3]

Der Rahmenplan legt die Bedingungen und Ziele für die Entwicklung des Wohnbaugebiets fest und gibt damit auch die Leitplanken für die Erstellung des Energiekonzeptes vor. Folgende Ziele wurden von der Stadt Rodgau für die Entwicklung des Baugebietes Rodgau-West definiert: [3]

- vielfältiges und lebendiges Quartier entwickeln
- Schaffung lebenswerter Nachbarschaft
- stadtverträgliche Mobilität
- Schutz natürlicher Ressourcen und nachhaltige Stadtentwicklung
- Ressourcen schonen und Klimaneutralität anstreben
- qualitätsvolle Umsetzung sicherstellen.

Im Nachfolgenden werden einige, für das Energiekonzept maßgeblich relevante Punkte aus der Zieldefinition konkretisiert. Zu nennen wären beispielsweise die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum mit niedrigen Energiekosten, die Erzeugung und Nutzung von Solar-, Wind- und Bioenergie im Quartier oder die Verknüpfung von ökologischen und ökonomischen Aspekten unter Berücksichtigung der Akquise und Bereitstellung von Fördermitteln. Im Bereich Mobilität präzisiert der Rahmenplan, dass innerhalb des Quartiers die Unabhängigkeit vom eigenen Auto durch die Schaffung alternativer Mobilitätsangebote forciert wird. Die Anbindung an das bestehende Verkehrsnetz soll für den motorisierten Individualverkehr über die Rodgau-Ring-Straße und Südtrasse erfolgen, für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) über Alter Weg und Südtrasse. Im Quartier sind zwei neue Haltestellenpunkte geplant – am nördlichen Gebietseingang und am zentralen Quartiersplatz. An der Rodgau-Ringstraße in Nähe der Sportanlage (vgl. Abbildung 2.2) ist eine weitere Haltestelle vorgesehen. Wohnen und Parken sollen weitestgehend entkoppelt werden. Das private Parken soll in über zehn Quartiersgaragen organisiert werden. Diese befinden sich in einer maximalen Laufdistanz von 150 m, beziehungsweise zwei Gehminuten zu den Mehrfamilienwohneinheiten. Bei Einfamilienhäusern und Doppelhaushälften ist das Parken am Haus möglich. Die Quartiersgaragen sollen über Ladestationen für Elektro-Fahrzeuge verfügen und als Mobilitätsstationen dienen. Des Weiteren wird das Quartier von drei Grünbandstreifen durchzogen, welche primär als Frischluftschneisen fungieren (vgl. Abbildung 2.2). Sie sollen nach unterschiedlichen Nutzungsschwerpunkten gestaltet werden (Erholung, Sport und Spiel). [2][3]

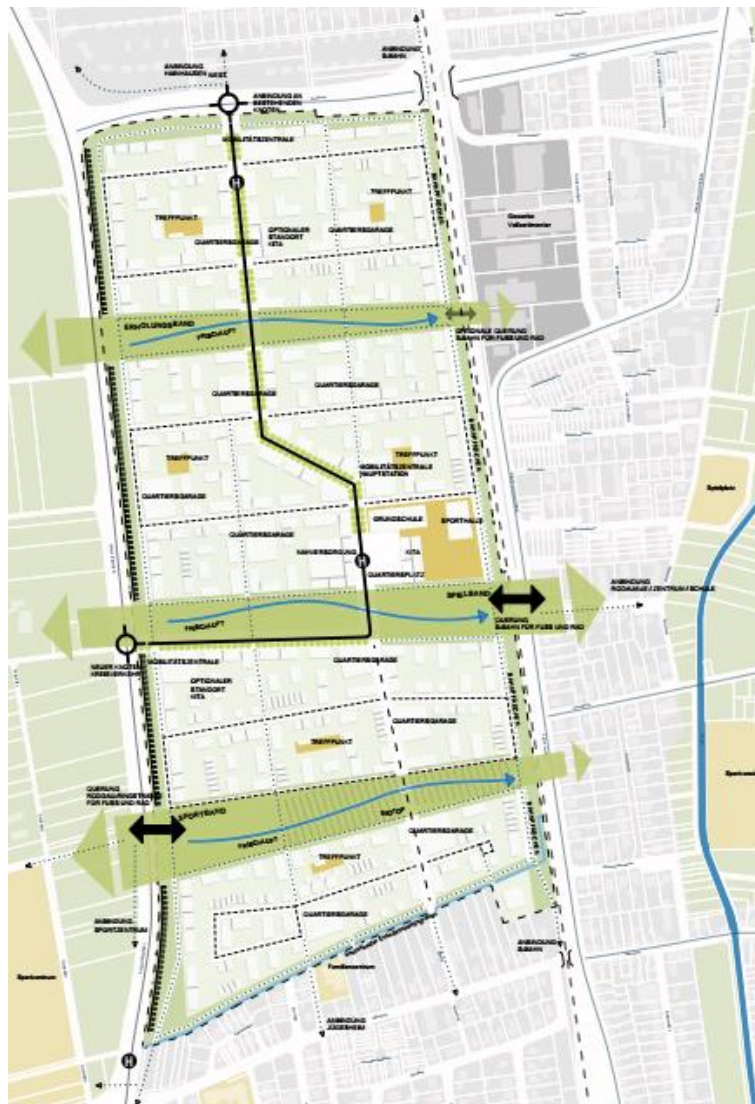


Abbildung 2.2: Rahmenplan Rodgau-West

Quelle: [4]

Neben den bereits genannten Aspekten definiert der Rahmenplan Vorgaben und Bedingungen für die zukünftige Entwässerung im Quartier. Ein Schwerpunkt liegt beim Regenwassermanagement. Dachbegrünungen und die definierten Grünbänder dienen als Rückhalt- und Retentionsflächen. Temporäre Wasserflächen und die Speicherung des Regenwassers in zahlreichen Zisternen sind ebenso vorgesehen und können das Kanalnetz und nachgelagerte Systeme entlasten.

Das Baugebiet wird in unterschiedlichen Bauabschnitten erschlossen und entwickelt. Der zeitliche Ablauf als auch die Verortung und der Zuschnitt von Bauabschnitten unterliegt Annahmen, welche mit der HLG abgestimmt sind. Der erste Bauabschnitt beinhaltet voraussichtlich die zentralen Flächen um den Quartiersplatz und die Grundschule, Kindertagesstätten und Nahversorger. Die weiteren Abschnitte folgen in einem angestrebten Zeitraum von 10 Jahren. Dabei wird aktuell in 3 Bauabschnitte unterschieden (siehe Abbildung 2.3), deren Charakter sich jedoch noch ändern kann.

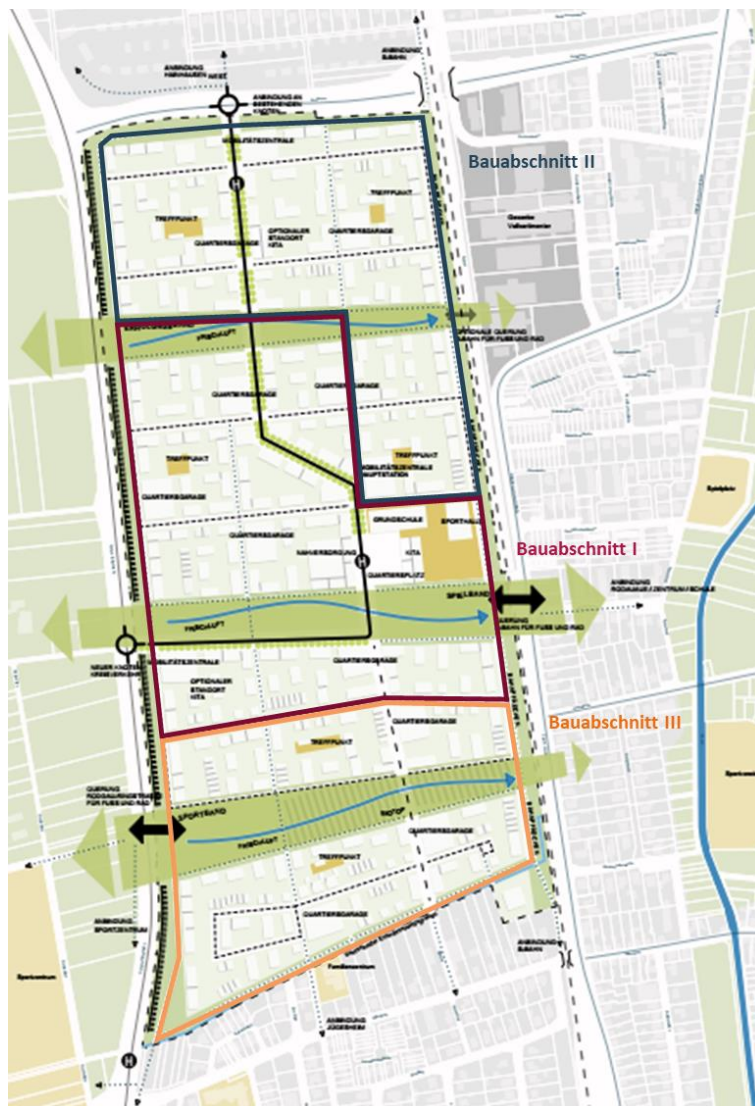


Abbildung 2.3: Baugebiet Rodgau-West gem. Rahmenplan mit angenommenen Bauabschnitten

Quelle: In Anlehnung an [4]

2.3 KLIMASCHUTZZIELE UND ENERGIESTRATEGIE RODGAU

Es liegt ein integriertes Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzept der Stadt Rodgau aus dem Jahr 2019 vor. Dies wurde in Zusammenarbeit mit der Energielenker Beratungs GmbH erstellt.

Der ermittelte Endenergieverbrauch im Stadtgebiet Rodgau lag laut diesem Konzept im Jahr 2016 bei 1,3 Mio. MWh. Der größte Anteil entfiel auf den Verkehrssektor sowie die privaten Haushalte mit 42 % und 38 %. Die Stromerzeugung basierte zu 3,8 % auf EE. Dies liegt weit unter dem Bundesdurchschnitt von 30 % im Jahr 2016, allerdings nur marginal unter dem Schnitt von 5 % des Regionalverbandgebietes FrankfurtRheinMain. Die Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) pro EinwohnerIn beliefen sich im Jahr 2016 auf 9,7 t CO₂. Der Bundesdurchschnitt lag bei 11,5 t/a.

Zudem verweist das Konzept darauf, dass auch Rodgau vom Klimawandel betroffen ist. In den letzten Jahrzehnten sind Temperaturanstiege zu verzeichnen. Auch die Anzahl an Hitzetagen, mit Temperaturen von über 30 °C und die Zunahme von Extremwetterereignissen wie Starkregen oder Stürmen wurden dokumentiert. [5]

Die Stadt Rodgau hat aufgrund des sich ergebenden Handlungsbedarfs und unter Berücksichtigung der bundespolitischen Klimastrategie folgende quantitativen Klimaziele definiert: [5]

- Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2035 um 50 % gegenüber 2016 auf 5 t CO₂ pro EinwohnerIn
- Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2050 um 80 % gegenüber 2016 auf 2 t CO₂ pro EinwohnerIn
- Erreichung eines Energieträgereinsatzes von 50 % erneuerbaren Energien
- Steigerung der Gebäudesanierungsquote auf 2,5 % mit Beachtung einer nachhaltigen Sanierung.

Ein besonders wichtiger Stellhebel für die Erreichung der Klimaschutzziele ist in Rodgau, neben der Energieeffizienz, der Ausbau der erneuerbaren Energien. Vor allem die Nutzung der Sonnenenergie für die Strom- und Wärmeerzeugung birgt ein großes, bisher wenig genutztes Potential. In der Stadt Rodgau lag das technische Potential zur Stromerzeugung durch PV-Anlagen in 2016 bei etwa 220 GWh/a. Davon wurden nur knapp 2 % genutzt. Das Wärmeerzeugungspotential durch Solarthermie betrug 146 GWh/a, genutzt wurden 0,6 %. Ähnlich hohe, ungenutzte technische Potentiale weisen andere erneuerbare Energieträger auf. Lediglich das technische Potential von Klär- und Deponiegas zur Stromerzeugung wurde im städtischen Gebiet zu 95 % erschlossen. [5]

Die oben genannten quantitativen Ziele werden im Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzept begleitet durch einen qualitativen Zielkatalog, mit Fokus auf die Handlungsfelder nachhaltige Mobilität, Planen – Bauen – Sanieren, Erneuerbare Energien / Energieversorgung, Gewerbe – Handel – Industrie, Infrastruktur, Verwaltung, Kommunikation / Bildung. Im Rahmen der Planung des Stadtgebiets Rodgau-West sowie dessen Energie- und Mobilitätskonzept werden bereits zahlreiche der definierten Leit- und Unterziele berücksichtigt. Zu nennen wären beispielhaft die „[...]Verfolgung von fortschrittlichen Konzepten für Mobilität Freiraum / Grünflächen / öffentlicher Raum und Energie bei der Entwicklung von Neubaugebieten [...], Nutzung von Photovoltaik unter Einbezug von Speichermöglichkeiten [...], Stadtstrukturen an den Klimawandel anpassen [...], Öffentlichkeitswirksame Begleitung und Mitwirkung bei der Maßnahmenumsetzung [...]“.[5], S. 82 ff.)

Die Entwicklung eines Plusenergie-Quartiers in Rodgau-West kann einen maßgeblichen Beitrag zur Erreichung der definierten Klimaschutzziele Rodgaus leisten.

2.4 ABSCHÄTZUNG ENERGIEBEDARFE

Zur quantitativen Einordnung des Baugebiets wurde eine Energiebedarfsanalyse mit Gebäudeeffizienzstandard nach GEG (ehemals EnEV), Erdgas-Heizung sowie einem Anteil von ca. 20 % PV-Strom durchgeführt. Dies gilt als Referenz- und Standard-Variante. Angenommen wurde eine zentrale Warmwasserbereitung über die Erdgas-Heizung. Die Parameter und Methoden sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 2.1: Energiebedarfe Standard-Variante (=GEG) gesamtes Baugebiet

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	232.629	28.191	3.165	5.670	1.290	3.620	59.000	333.565
Umrechnungsfaktor VDI 3807	-	0,84	0,84	0,90	0,90	0,90	0,86	-	
NGF	m ²	195.408	23.680	2.849	5.103	1.161	3.113	-	
f (HNF)	-	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	-	
HNF (tatsächliche Nutzung)	m ²	153.158	18.560	2.233	4.000	910	2.440	-	
NNF (notwendige Nebenflächen)	m ²	42.250	5.120	616	1.103	251	673	-	
f (AN)	-	0,81	0,81	0,85	0,86	0,86	0,86	-	
Energiebezugsfläche AN	m ²	187.313	22.699	2.690	4.876	1.109	3.113	-	
Anzahl Gebäude		235	41	1	1	1	3	13	295
2. Energetische Qualität									
Bezeichnung		GEG	GEG	GEG	GEG	GEG	GEG		
Verbesserung Primärenergiebedarf EnEV 2016 gegenüber EnEV 2014 = zulässiger Primärenergiebedarf	%	-25%	-25%	-25%	-25%	-25%	-25%		
Unterschreitung des zulässigen Transmissionswärmeverlustes H'T,max der maßgeblichen EnEV um	%	15%	15%	15%	15%	15%	15%		
Anteil erneuerbare Energie Erzeugung von Strom aus erneuerbarer Energie wie Sonne oder Wind von 30 kWh/m ² *a für 20 % der Grundfläche von Gebäuden/Gebäudeteilen mit mehr als zwei Obergeschossen	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
3. Bedarfswerte									
Methode		gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599		
Lüftungsrate Gebäudeemission qB	l/sm ²	0,35	0,35	0,7	0,35	0,35	0,35		
Lüftungsrate je Person qP	l/sP	0,7	0,7	1,5	10	3,5	4,2		
Flächenbedarf je Person	m ² /P	38	38	7	1	2	2		

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe	
Auslegungswert für Anzahl der Personen n	n	4.030	488	319	4.000	455	1.220			
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	l/s	160.803	19.477	4.912	41.400	3.503	11.102			
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	m ³ /h	578.892	70.117	17.684	149.040	12.613	39.967			
Luftwechsel pro m ²	m ³ /hm ²	4	4	8	37	14	16			
Luftwechsel bei 3 m Raumhöhe	1/h	1	1	3	12	5	5			
Heizlast Raumheizung inkl. Trinkwarmwasser (TWW)	W/m ² AN	40	40	40	50	40	50			
Wärmebedarf Raumheizung	kWh/m ² AN	40	45	40	60	40	60			
Wärmebedarf TWW	kWh/m ² AN	15	12,5	5	5	5	5			
WRG Grad für RLT	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75			
4. Heizungsbedarf										
Stat. Heizleistung aus Heizlast	kW	6.083	737	72	86	24	88			
Dynamische Heizleistung für Raumluftechnik (RLT, isotherm T _{zu} = 24°C)	kW	1.410	171	36	158	20	68			
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	7.493	908	108	244	44	156		8.952	
Summe Heizleistung spezifisch je m ² NGF (Nutzenergie)	W/m ²	38	38	38	48	38	50			
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	10.302	1.305	121	317	50	202		12.299	
Summe Heizenergie je m ² NGF (Nutzenergie)	kWh/m ² a	53	55	43	62	43	65			
5. Strombedarf										
Methode	-	Bedarfskennwerte nach VDI 3807, Mittelwerte								
Strombedarf pro m ²	kWh/m ² BGF	20	20	199	10	20	21	8		
Summe Strombedarf	MWh/a	4.653	564	630	57	26	76	472	6.477	
6. Endenergiebedarf										
Normnutzungsgrad Erdgas-Brennwertkessel	-	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88			
TWW-Verteilverluste	%	25%	20%	0%	0%	0%	0%			
Stromerzeugung PV	MWh/a	880	107	13	23	5	15	277	1.320	
Endenergie Rh+TWW	MWh/a	12.505	1.548	138	360	57	230	0	14.837	
Endenergie Strom	MWh/a	4.653	564	630	57	26	76	472	6.477	
Summe Endenergie	MWh/a	17.158	2.112	767	417	83	306	472	21.314	
7. Primärenergiebedarf										
Primärenergiefaktor (PEF) Erdgas	-				1,1					
PEF Strommix	-				1,8					

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
PEF PV	-				0				
Summe Primärenergiebedarf	MWh/a	20.546	2.525	1.262	457	99	363	350	25.604

Pro definierten Bauabschnitt treten zusammengefasst die folgenden Energiebedarfe auf.

Tabelle 2.2: Energiebedarfe Standard-Variante Bauabschnitt 1

Bauabschnitt 1

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	98.294	3.645	3.165	1.290	5.670	2.700	27.290	142.054
Anzahl	-	100	5	1	1	1	2	6	116
4. Heizungsbedarf									
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	3.166	117	108	55	195	116		3.757
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	4.353	169	121	72	219	151		5.085
5. Strombedarf									
Summe Strombedarf	MWh/a	1.966	73	630	13	113	57	218	3.070
6. Endenergiebedarf									
Summe Endenergie	MWh/a	7.250	273	767	95	363	228	218	9.194
Stromerzeugung PV	MWh/a	372	14	13	5	23	11	128	566
7. Primärenergiebedarf									
Summe Primärenergiebedarf	MWh/a	8.681	327	1.262	104	437	271	162	11.244

Tabelle 2.3: Energiebedarfe Standard-Variante Bauabschnitt 2

Bauabschnitt 2

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	84.675	5.375	0	0	0	920	19.140	110.110
Anzahl	-	83	9	0	0	0	1	4	97
4. Heizungsbedarf									
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	2.727	173	0	0	0	40		2.940
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	3.750	249	0	0	0	51		4.050
5. Strombedarf									
Summe Strombedarf	MWh/a	1.694	108	0	0	0	19	153	1.973
6. Endenergiebedarf									
Summe Endenergie	MWh/a	6.245	403	0	0	0	78	153	6.879
Stromerzeugung PV	MWh/a	320	20	0	0	0	4	90	434
7. Primärenergiebedarf									
Summe Primärenergiebedarf	MWh/a	7.478	481	0	0	0	92	114	8.166

Tabelle 2.4: Energiebedarfe Standard-Variante Bauabschnitt 3

Bauabschnitt 3

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	49.660	19.171	0	0	0	0	12.570	81.401
Anzahl	-	52	27	0	0	0	0	3	82
4. Heizungsbedarf									
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	1.599	617	0	0	0	0		2.217
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	2.199	888	0	0	0	0		3.087
5. Strombedarf									
Summe Strombedarf	MWh/a	993	383	0	0	0	0	101	1.477
6. Endenergiebedarf									
Summe Endenergie	MWh/a	3.663	1.436	0	0	0	0	101	5.199
Stromerzeugung PV	MWh/a	188	73	0	0	0	0	59	320
7. Primärenergiebedarf									
Summe Primärenergiebedarf	MWh/a	4.386	1.717	0	0	0	0	75	6.178

Zusammengefasst stellen sich die Energiebedarfe grafisch wie in Abbildung 2.4 dar.

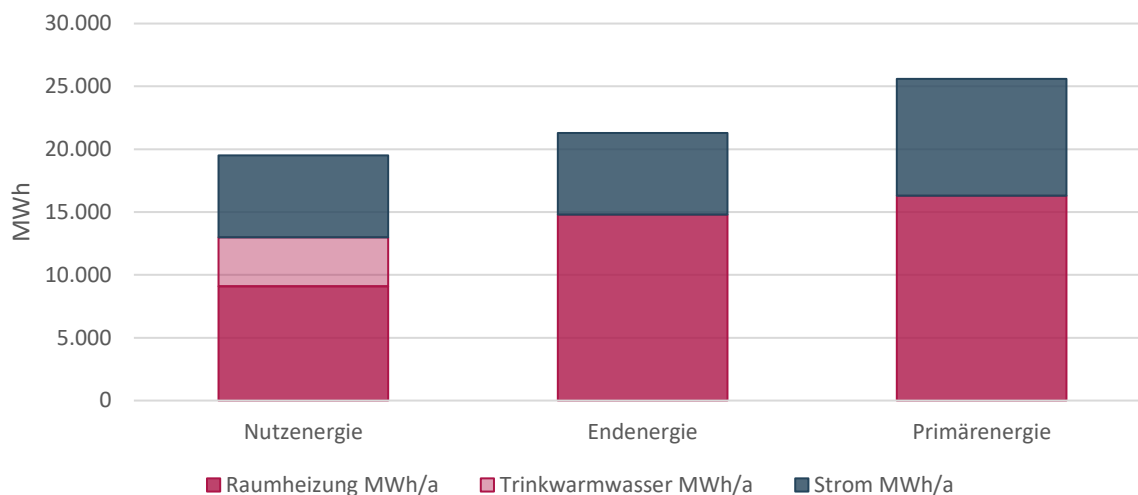


Abbildung 2.4: Energiebedarfe Standard-Variante

2.5 UMFELDPRÜFUNG ABWÄRMEQUELLEN

Im Vorfeld wurde das Umfeld des Gesamtquartiers auf mögliche Wärmequellen geprüft. Dazu gehören industrielle Abwärme, Wärme aus Abwasser oder auch Oberflächengewässern.

Im unmittelbaren Umfeld (bis 200 m Entfernung) sind lediglich einzelne Gewerbebetriebe ansässig, welche aufgrund fehlender Hochtemperatur-Prozesse keine signifikanten Abwärmepotentiale aufweisen. Gleiches gilt auch für das nahe Umfeld im Radius von 1.000 m. Größere Betriebe im Stadtgebiet von Rodgau gehören vornehmlich zur Logistikbranche ohne energieintensive Produktionsprozesse. In geringen Umfang ist niedergrädige Abwärme bei einem Temperaturniveau unter 60 °C zu erwarten, jedoch nicht in relevanten Größenordnungen. Damit kann letztendlich festgestellt werden, dass es im Umfeld des Quartiers aktuell keine nutzbaren industriellen Abwärmequellen gibt.

Für die wirtschaftliche Nutzung von Abwasserwärme wird eine dauerhafte Durchflussmenge von ca. 8 l/s als grober Richtwert angenommen. Für die konkrete Nutzung im kleineren Umfang wurden insgesamt 3 potentielle Entnahmestellen identifiziert. Zum einen ist dies der Schmutzwasserkanal Hannah-Arendt-Straße, DN 300 mit einer erwarteten Durchflussmenge von ca. 10 l/s. Ebenso kann der Mischwasserkanal Johann-Strauß-Straße, DN 1300 in Betracht gezogen werden, insbesondere da über diese Achse das Baugebiet Rodgau-West voraussichtlich erschlossen wird. Ein weiteres Potential bietet der Mischwasserkanal Eisenbahnstraße, DN 1300 für den Südbereich des Quartiers. In Summe ist das Abwärmepotential jedoch auf ca. 300 kW begrenzt und kann damit nur als Ergänzung fungieren.

Die Rodau als fließendes Oberflächengewässer in unmittelbarer Nähe zum Quartier bietet ein zu geringes Mengenpotential aufgrund der geringen transportierten Wassermengen für die Energieerzeugung. In weiterer Umgebung bietet jedoch der Rodgauer See eine Möglichkeit zur Wärmeerzeugung für ein Neubauquartier. Die konkreten Mengen sind in einer Variante für eine zentrale Wärmeversorgung zu betrachten und zu bemessen.

3 MAßNAHMEN ZUR STEIGERUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ

3.1 GEBÄUDE TypEN

Das Baugebiet ist im Wesentlichen als Wohngebiet klassifiziert. Dementsprechend macht der überwiegende Teil der vorgesehenen Bebauung Wohngebäude aus. Daneben sollen zwei Kindertagesstätten, eine Grundschule mit zugehöriger Sporthalle und ein Nahversorger entstehen. Zur genaueren Einordnung der Wohn- und Nicht-Wohngebäudetypen wurden Steckbriefe entwickelt, die repräsentative Kennwerte wiedergeben.

Tabelle 3.1: Steckbrief MFH

Mehrfamilienhaus					
Abkürzung	MFH				
Erläuterung zur Gebäudeart	Das MFH ist ein Wohngebäude, das von mehreren Parteien bewohnt wird. Es besitzt mehrere abgeschlossene Wohnungen mit jeweils eigener Wohnungseingangstür. Das MFH stellt die vorrangige Nutzungsart im Quartier dar mit etwa 70 % an der Gesamt-BGF.				
Spezifikationen Rodgau-West	3-16 Wohneinheiten je MFH 3-4-geschossig				
Durchschnittliche Angaben zur Gebäudeart	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Hauptnutzfläche (tats. Nutzung)	Wohneinheiten	HNF je Wohneinheit
	992 m ²	833 m ²	650 m ²	8,5	76,1 m ²



Tabelle 3.2: Steckbrief EFH

Einfamilienhaus					
Abkürzung	EFH				
Erläuterung zur Gebäudeart	Das EFH ist ein freistehendes Wohngebäude, das nur eine Wohneinheit enthält.				
Spezifikationen Rodgau-West	2-3-geschossig				
Durchschnittliche Angaben zur Gebäudeart	Bruttogrundfläche	Nettogrundfläche	Hauptnutzfläche (tats. Nutzung)	Wohneinheiten	HNF je Wohneinheit
	275 m ²	231 m ²	180 m ²	1,0	180,5 m ²



Tabelle 3.3: Steckbrief DHH

Doppelhaushälfte					
Abkürzung	DHH				
Erläuterung zur Gebäudeart	Unter einem Doppelhaus werden zwei aneinandergebaute und oft einheitlich gestaltete EFH verstanden. Diese EFH werden als Doppelhaushälften bezeichnet.				
Spezifikationen Rodgau-West	1-3-geschossig				
Durchschnittliche Angaben zur Gebäudeart	Brutto-grundfläche	Netto-Grundfläche	Hauptnutzfläche (tats. Nutzung)	Wohn-einheiten	HNF je Wohneinheit
	519 m ²	436 m ²	340 m ²	2,0	170,0 m ²




Tabelle 3.4: Steckbrief RH

Reihenhaus					
Abkürzung	RH				
Erläuterung zur Gebäudeart	Das Reihenhaus ist ein Einfamilienhaus (EFH), das sich mit weiteren gleichartig gestalteten EFH geschlossen aneinanderreihet.				
Spezifikationen Rodgau-West	1-3-geschossig 3-7 Gebäude pro Reihe				
Durchschnittliche Angaben zur Gebäudeart	Brutto-grundfläche	Netto-Grundfläche	Hauptnutzfläche (tats. Nutzung)	Wohn-einheiten	HNF je Wohneinheit
	1.145 m ²	962 m ²	750 m ²	5,2	145,6 m ²




Tabelle 3.5: Kennwerte Gebäude mit Sondernutzung

Sondernutzungen						
Gebäudespezifikationen	Einheit	Nahversorger	Sporthalle	Grundschule	Kita	Quartiersgarage
Anzahl je Gebäudeart		1	1	1	3	13
Durchschnittliche BGF	m ²	3.165	1.290	5.670	1.207	4.538
Durchschnittliche. NGF	m ²	2.849	1.161	5.103	1.038	-
Durchschnittliche. HNF	m ²	2.222	906	3.980	809	-
Geschosse	-	1-geschossig	1-geschossig	3-geschossig	2-geschossig	4-5-geschossig

3.2 VARIANTENVERGLEICH

Zur Ermittlung des Einflusses auf den Energiebedarf wurde ein Variantenvergleich verschiedener Gebäudeeffizienzstandards durchgeführt. Grundlage hierfür waren neben den Mindestanforderungen nach GEG, bereits etablierte Standards z.B. nach KfW 55, KfW 40 oder KfW 40 +, Passivhausstandard oder andere innovative Baustandards. Dabei wurde auch eine Mischung nach Gebäudenutzungstypen betrachtet.

3.2.1 ÜBERSICHT VARIANTEN

Ausgewählt wurden neben dem vorgegebenen GEG-Standard die Gebäudeeffizienzstandards nach KfW. Begründen lässt sich dies durch die starke Verbreitung der Standards im Wohnungsbau und die guten Förderbedingungen. Anspruchsvollere Gebäudestandards sind damit nicht ausgeschlossen, jedoch heute und auf absehbare Zeit weniger verbreitet, insbesondere im privaten Wohnungsbau. Dies liegt vor allem an den hohen Investitionskosten und Anforderungen in der fachlichen Umsetzung. In der folgenden Tabelle sind die ausgewählten Gebäudeeffizienzstandards charakterisiert. Sie sind dabei auf alle Gebäudetypen anwendbar, da diesen das Referenzgebäudeverfahren zugrunde liegt.

Tabelle 3.6: Charakterisierung Gebäudeeffizienzstandards (allgemein, alle Gebäudetypen)

Gebäudeeffizienzstandard:	GEG	KfW 55	KfW 40
Herkunft	entspricht ca. KfW 70, Niedrigenergiestandard für Gebäude	KfW Gebäudestandard (Programm 153)	KfW Gebäudestandard (Programm 153)
Transmissionswärmeverluste (ggü. Referenzgebäude)	85 %	70 %	55 %
Primärenergiebedarf (ggü. Referenzgebäude)	75 %	55 %	40 %
Heizwärmebedarf	ca. 35 kWh/m ²	ca. 30 kWh/m ²	ca. 20 kWh/m ²
Warmwasserbedarf	5 – 15 kWh/m ²	5 – 15 kWh/m ²	5 – 15 kWh/m ²

Der KfW-Standard 40 + wurde hier nicht explizit einbezogen, da dieser im Wesentlichen dem KfW 40-Standard entspricht, jedoch mit der Pflicht zum Einsatz einer PV-Anlage. Dies wird in dieser Betrachtung jedoch separat untersucht.

Aus den einzelnen Standards wurden insgesamt 4 Varianten gebildet, welche einerseits eine Abstufung innerhalb der Gebäudeeffizienzstandards, als auch eine mögliche Zusammensetzung nach Gebäudenutzungstypen aufzeigen sollen.

Tabelle 3.7: Varianten Gebäudeeffizienzstandard

Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
nach GEG	nach KfW 55	nach KfW 40	Mix nach Gebäudenutzung
<ul style="list-style-type: none"> alle Gebäude nach Mindeststandard gem. GEG 	<ul style="list-style-type: none"> alle Gebäude nach Mindeststandard gem. KfW 55 	<ul style="list-style-type: none"> alle Gebäude nach Mindeststandard gem. KfW 40 	<ul style="list-style-type: none"> MFH nach KfW 55 EFH, DHH, RH nach KfW 40 öffentl. Sondergebäude nach KfW 40 Nahversorger nach KfW 55

Die Varianten 1 bis 3 sind homogen über alle Gebäudetypen gleich gestaltet. Variante 4 ist heterogener und in Abhängigkeit der Gebäudetypen variabel im Gebäudeeffizienzstandard. Sondergebäude in öffentlicher Hand sind aufgrund des Vorbildcharakters mit einem höheren Standard bedacht, ebenso wie Einfamilienhäuser. Für letztere ist der spezifische Energiebedarf aufgrund der frei stehenden Konstruktion und einem ungünstigerem Oberflächen-Volumenverhältnis (Kompaktheit) bei gleichen Gebäudeeffizienzstandard höher als für Mehrfamilienhäuser. Daher wird hier ein höherer Standard angesetzt. Zudem ist die Nachweisführung für die Förderung einfacher, was höhere Fördermittel durch einen erhöhten Gebäudeeffizienzstandard attraktiver macht. Für Mehrfamilienhäuser stellt sich die Förderung hierfür i.d.R. wesentlich unattraktiver dar und wird in der Praxis auch nur selten wahrgenommen. Mehrfamilienhäuser wie auch der Nahversorger sind mit dem KfW 55-Standard angenommen. Dieser bildet für diese Gebäudetypen einen in der Praxis etablierten Kompromiss zwischen Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit.

3.2.2 ENERGIEBEDARFE

Die Wärmebedarfe wurden analog der unter 2.4 etablierten Methode für den GEG-Standard anhand der DIN V 18599 ermittelt. Dabei unterscheidet sich die energetische Qualität gem. Tabelle 3.6 je nach Gebäudeeffizienzstandard. Alle angenommenen Parameter und die sich daraus ergebenden Werte sind in den folgenden Tabellen für die Gebäudeeffizienzstandards KfW 55 und KfW 40 dargestellt sowie für die Mix-Variante.

Die Strombedarfe ergeben sich nach analoger Vorgehensweise, wobei die spezifischen Flächenwerte aus unterschiedlichen Quellen stammen. Grundlage waren die VDI 3807 – Verbrauchskennwerte für Gebäude sowie die BBSR-Online-Publikation Nr. 20/2019 – Vergleichskennwerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden. Hierbei wurde nicht nach Varianten unterschieden. Die Werte verstehen sich außerdem zzgl. der Heizstrombedarfe.

Tabelle 3.8: Energiebedarfe KfW 55-Variante gesamtes Baugebiet

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	232.629	28.191	3.165	5.670	1.290	3.620	59.000	333.565
Umrechnungsfaktor VDI 3807	-	0,84	0,84	0,90	0,90	0,90	0,86	-	
NGF	m ²	195.408	23.680	2.849	5.103	1.161	3.113	-	
f (HNF)	-	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	-	
HNF (tatsächliche Nutzung)	m ²	153.158	18.560	2.233	4.000	910	2.440	-	
NNF (notwendige Nebenflächen)	m ²	42.250	5.120	616	1.103	251	673	-	
f (AN)	-	0,81	0,81	0,85	0,86	0,86	0,86	-	
Energiebezugsfläche AN	m ²	187.313	22.699	2.690	4.876	1.109	3.113	-	
Anzahl Gebäude		235	41	1	1	1	3	13	295
2. Energetische Qualität									
Bezeichnung		GEG	GEG	GEG	GEG	GEG	GEG		
Verbesserung Primärenergiebedarf EnEV 2016 gegenüber EnEV 2014 = zulässiger Primärenergiebedarf	%	-45%	-45%	-45%	-45%	-45%	-45%		
Unterschreitung des zulässigen Transmissionswärmeverlustes H'T,max der maßgeblichen EnEV um	%	30%	30%	30%	30%	30%	30%		
Anteil erneuerbare Energie Erzeugung von Strom aus erneuerbarer Energie wie Sonne oder Wind von 30 kWh/m ² *a für 20 % der Grundfläche von Gebäuden/Gebäudeteilen mit mehr als zwei Obergeschossen	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
3. Bedarfswerte									
Methode		gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599		
Lüftungsrate Gebäudeemission qB	l/sm ²	0,35	0,35	0,7	0,35	0,35	0,35		
Lüftungsrate je Person qP	l/sP	0,7	0,7	1,5	10	3,5	4,2		
Flächenbedarf je Person	m ² /P	38	38	10	5	5	5		

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
Auslegungswert für Anzahl der Personen n	n	4.021	498	223	800	182	488		
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	l/s	160.439	19.867	4.908	41.400	3.503	11.102		
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	m ³ /h	577.582	71.522	17.668	149.040	12.613	39.967		
Luftwechsel pro m ²	m ³ /hm ²	4	4	8	37	14	16		
Luftwechsel bei 3 m Raumhöhe	1/h	1	1	3	12	5	5		
Heizlast Raumheizung inkl. TWW	W/m ² AN	28	28	28	35	28	35		
Wärmebedarf Raumheizung	kWh/m ² AN	28	32	28	42	28	42		
Wärmebedarf TWW	kWh/m ² AN	15	12,5	5	5	5	5		
WRG Grad für RLT	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75		
4. Heizungsbedarf									
Stat. Heizleistung aus Heizlast	kW	3.931	487	44	47	14	52		
Dynamische Heizleistung für RLT (isotherm T _{zu} = 24°C)	kW	1.302	161	31	124	17	57		
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	5.233	648	75	171	31	109		6.266
Summe Heizleistung spezifisch je m ² NGF (Nutzenergie)	W/m ²	27	27	26	33	27	35		
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	8.036	1.018	89	229	37	146		9.555
Summe Heizenergie je m ² NGF (Nutzenergie)	kWh/m ² a	41	42	31	45	32	47		
5. Strombedarf									
Methode	-	Bedarfskennwerte nach VDI 3807, Mittelwerte							
Strombedarf pro m ²	kWh/m ² BGF	20	20	199	10	20	21	8	
Summe Strombedarf	MWh/a	4.653	564	630	57	26	76	472	6.477

Tabelle 3.9: Energiebedarfe KfW 40-Variante gesamtes Baugebiet

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	232.629	28.191	3.165	5.670	1.290	3.620	59.000	333.565
Umrechnungsfaktor VDI 3807	-	0,84	0,84	0,90	0,90	0,90	0,86	-	
NGF	m ²	195.408	23.680	2.849	5.103	1.161	3.113	-	
f (HNF)	-	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	-	
HNF (tatsächliche Nutzung)	m ²	153.158	18.560	2.233	4.000	910	2.440	-	
NNF (notwendige Nebenflächen)	m ²	42.250	5.120	616	1.103	251	673	-	
f (AN)	-	0,81	0,81	0,85	0,86	0,86	0,86	-	
Energiebezugsfläche AN	m ²	187.313	22.699	2.690	4.876	1.109	3.113	-	
Anzahl Gebäude		235	41	1	1	1	3	13	295
2. Energetische Qualität									
Bezeichnung		KfW 40	KfW 40	KfW 40	KfW 40	KfW 40	KfW 40		
Verbesserung Primärenergiebedarf EnEV 2016 gegenüber EnEV 2014 = zulässiger Primärenergiebedarf	%	-60%	-60%	-60%	-60%	-60%	-60%		
Unterschreitung des zulässigen Transmissionswärmeverlustes H'T,max der maßgeblichen EnEV um	%	45%	45%	45%	45%	45%	45%		
Anteil erneuerbare Energie Erzeugung von Strom aus erneuerbarer Energie wie Sonne oder Wind von 30 kWh/m ² *a für 20 % der Grundfläche von Gebäuden/Gebäudeteilen mit mehr als zwei Obergeschossen	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
3. Bedarfswerte									
Methode		gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599		
Lüftungsrate Gebäudeemission qB	l/sm ²	0,35	0,35	0,7	0,35	0,35	0,35		
Lüftungsrate je Person qP	l/sP	0,7	0,7	1,5	10	3,5	4,2		
Flächenbedarf je Person	m ² /P	38	38	10	5	5	5		

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
Auslegungswert für Anzahl der Personen n	n	4.021	498	223	800	182	488		
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	l/s	160.439	19.867	4.908	41.400	3.503	11.102		
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	m ³ /h	577.582	71.522	17.668	149.040	12.613	39.967		
Luftwechsel pro m ²	m ³ /hm ²	4	4	8	37	14	16		
Luftwechsel bei 3 m Raumhöhe	1/h	1	1	3	12	5	5		
Heizlast Raumheizung inkl. TWW	W/m ² AN	22	22	22	28	22	28		
Wärmebedarf Raumheizung	kWh/m ² AN	22	25	22	33	22	33		
Wärmebedarf TWW	kWh/m ² AN	15	12,5	5	5	5	5		
WRG Grad für RLT	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75		
4. Heizungsbedarf									
Stat. Heizleistung aus Heizlast	kW	2.892	358	31	31	10	36		
Dynamische Heizleistung für RLT (isotherm T _{zu} = 24°C)	kW	1.219	151	28	103	15	50		
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	4.111	509	59	134	24	86		4.924
Summe Heizleistung spezifisch je m ² NGF (Nutzenergie)	W/m ²	21	21	21	26	21	28		
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	6.914	862	73	185	30	118		8.182
Summe Heizenergie je m ² NGF (Nutzenergie)	kWh/m ² a	35	36	26	36	26	38		
5. Strombedarf									
Methode	-	Bedarfskennwerte nach VDI 3807, Mittelwerte							
Strombedarf pro m ²	kWh/m ² BGF	20	20	199	10	20	21	8	
Summe Strombedarf	MWh/a	4.653	564	630	57	26	76	472	6.477

Tabelle 3.10: Energiebedarfe Mix-Variante gesamtes Baugebiet

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
1. Flächeninformationen									
BGF	m ²	232.629	28.191	3.165	5.670	1.290	3.620	59.000	333.565
Umrechnungsfaktor VDI 3807	-	0,84	0,84	0,90	0,90	0,90	0,86	-	
NGF	m ²	195.408	23.680	2.849	5.103	1.161	3.113	-	
f (HNF)	-	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	-	
HNF (tatsächliche Nutzung)	m ²	153.158	18.560	2.233	4.000	910	2.440	-	
NNF (notwendige Nebenflächen)	m ²	42.250	5.120	616	1.103	251	673	-	
f (AN)	-	0,81	0,81	0,85	0,86	0,86	0,86	-	
Energiebezugsfläche AN	m ²	187.313	22.699	2.690	4.876	1.109	3.113	-	
Anzahl Gebäude		235	41	1	1	1	3	13	295
2. Energetische Qualität									
Bezeichnung		KfW 55	KfW 40	KfW 55	KfW 40	KfW 40	KfW 40		
Verbesserung Primärenergiebedarf EnEV 2016 gegenüber EnEV 2014 = zulässiger Primärenergiebedarf	%	-45%	-60%	-45%	-60%	-60%	-60%		
Unterschreitung des zulässigen Transmissionswärmeverlustes H'T,max der maßgeblichen EnEV um	%	30%	45%	30%	45%	45%	45%		
Anteil erneuerbare Energie Erzeugung von Strom aus erneuerbarer Energie wie Sonne oder Wind von 30 kWh/m ² *a für 20 % der Grundfläche von Gebäuden/Gebäudeteilen mit mehr als zwei Obergeschossen	-	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
3. Bedarfswerte									
Methode		gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599	gem. DIN V 18599		
Lüftungsrate Gebäudeemission qB	l/sm ²	0,35	0,35	0,7	0,35	0,35	0,35		
Lüftungsrate je Person qP	l/sP	0,7	0,7	1,5	10	3,5	4,2		
Flächenbedarf je Person	m ² /P	38	38	10	5	5	5		

Pos.	Einheit	MFH	EFH / DHH / RH	Nahversorger	Sporthallen	Schulen	Kita	Quartiersgarage	Summe
Auslegungswert für Anzahl der Personen n	n	4.021	498	223	800	182	488		
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	l/s	160.439	19.867	4.908	41.400	3.503	11.102		
Gesamtlüftungsrate q _{tot}	m ³ /h	577.582	71.522	17.668	149.040	12.613	39.967		
Luftwechsel pro m ²	m ³ /hm ²	4	4	8	37	14	16		
Luftwechsel bei 3 m Raumhöhe	1/h	1	1	3	12	5	5		
Heizlast Raumheizung inkl. TWW	W/m ² AN	28	22	28	28	22	28		
Wärmebedarf Raumheizung	kWh/m ² AN	28	25	28	33	22	33		
Wärmebedarf TWW	kWh/m ² AN	15	12,5	5	5	5	5		
WRG Grad für RLT	%	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75		
4. Heizungsbedarf									
Stat. Heizleistung aus Heizlast	kW	3.931	358	44	31	10	36		
Dynamische Heizleistung für RLT (isotherm T _{zu} = 24°C)	kW	1.302	151	31	103	15	50		
Summe Heizleistung (Nutzenergie)	kW	5.233	509	75	134	24	86		6.061
Summe Heizleistung spezifisch je m ² NGF (Nutzenergie)	W/m ²	27	21	26	26	21	28		
Summe Heizenergie (Nutzenergie)	MWh/a	8.036	862	89	185	30	118		9.320
Summe Heizenergie je m ² NGF (Nutzenergie)	kWh/m ² a	41	36	31	36	26	38		
5. Strombedarf									
Methode	-	Bedarfskennwerte nach VDI 3807, Mittelwerte							
Strombedarf pro m ²	kWh/m ² BGF	20	20	199	10	20	21	8	
Summe Strombedarf	MWh/a	4.653	564	630	57	26	76	472	6.477

Zusammenfassend ergeben sich die Energiebedarfe nach den Varianten und in den einzelnen Bauabschnitten wie folgend dargestellt.

Tabelle 3.11: Energiebedarfe nach Varianten Gebäudeeffizienzstandard

Pos.	Einheit	GEG	KfW 55	GfW 40	MIX
Baugebiet					
Wärmebedarf	MWh	12.299	9.555	8.182	9.320
Strombedarf	MWh	6.477	6.477	6.477	6.477
Bauabschnitt 1					
Wärmebedarf	MWh	5.085	3.943	3.372	3.863
Strombedarf	MWh	3.070	3.070	3.070	3.070
Bauabschnitt 2					
Wärmebedarf	MWh	4.051	3.160	2.714	3.121
Strombedarf	MWh	1.973	1.973	1.973	1.973
Bauabschnitt 3					
Wärmebedarf	MWh	3.087	2.399	2.054	2.294
Strombedarf	MWh	1.477	1.477	1.477	1.477

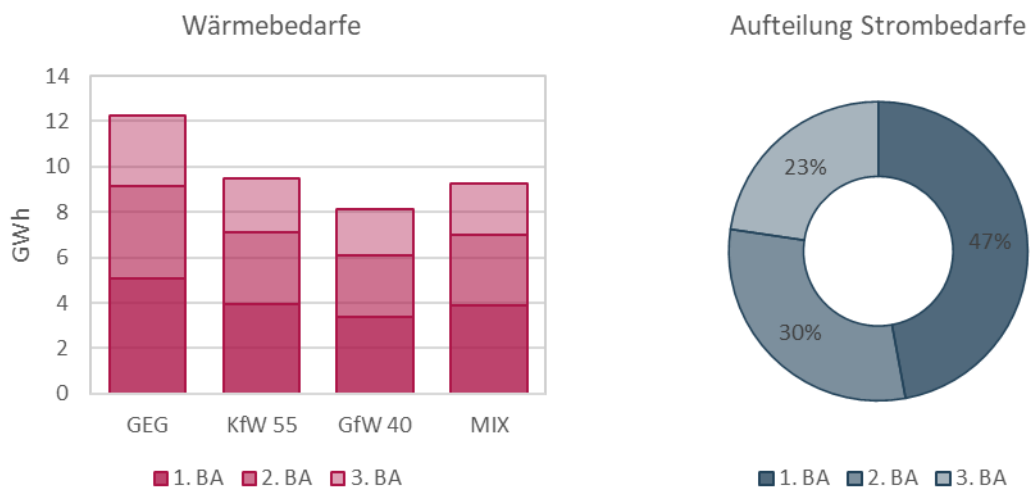


Abbildung 3.1: Energiebedarfe nach Varianten Gebäudeeffizienzstandard

Die GEG-Variante weist mit den Mindestanforderungen auch den höchsten Wärmebedarf auf, die Variante nach KfW 40 den geringsten. Beide andere Varianten, KfW 55 und Mix, weisen ein ähnlich hohes Niveau auf, wobei die Mix-Variante einen etwas geringeren Wärmebedarf (199 MWh bzw. 2 % geringer) verursacht. Die Einsparung der KfW 40-Variante zu diesen beiden ist jedoch deutlich geringer, als die Einsparung der KfW 55- bzw. Mix-Variante zum Mindestwärmeschutz gemäß GEG.

3.2.3 CO₂-BILANZ

Für die Bilanzierung der CO₂-Emissionen wurde die zu Beginn eingeführte Standard-Variante mit dem Einsatz von Erdgas-Brennwert-Kesseln sowie einem Anteil von 20 % PV-Strom genutzt. Dadurch wird der reine Effekt der Dämmwirkung abgebildet. Der Strombedarf wurde in diesem Fall jedoch nicht betrachtet, da er für alle Varianten unveränderlich ist. Für Erdgas wurden gemäß Veröffentlichung des Umweltbundesamtes ein Emissionsfaktor von 201 g/kWh angenommen.

Ebenfalls Einfluss hat die sogenannte graue Energie, also die Energie bzw. Emissionen, welche bei der Herstellung der Gebäude entstehen. Zur Ermittlung dieser wurden Durchschnittswerte aus der Baubranche für die Menge der notwendigen Dämmstoffe, als auch der durch diese entstehenden Emissionen angesetzt. Darüber hinausgehende Emissionen durch die Herstellung des Baukörpers sind als „Sowieso-Emissionen“ zu sehen und fallen über alle Varianten gleich an. Zudem ist die graue Energie auf die kalkulatorische Gesamtnutzungsdauer von 50 Jahren verteilt.

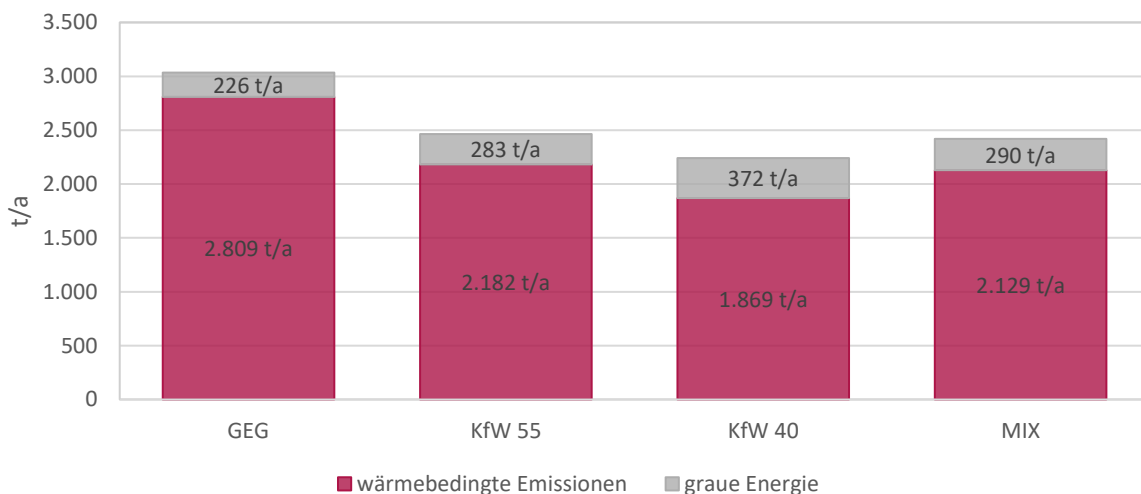


Abbildung 3.2: CO₂-Emissionen nach Varianten Gebäudeeffizienzstandard

Insgesamt haben die wärmebedingten Emissionen in diesem Vergleich den größten Anteil. Entsprechend der Energiebedarfe erweist sich die Varianten mit den meisten Emissionen als die GEG-Variante bzw. der geringsten Emissionen als die KfW 40-Variante. Gegenläufig verhalten sich die Emissionen der grauen Energie, da mit einem höheren Gebäudestandard eine höhere Dämmung einhergeht und damit eine größere Menge an Dämmmaterial anfällt.

3.2.4 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Um ein abschließendes Ergebnis bzgl. des Gebäudeeffizienzstandards zu erhalten, wurde eine wirtschaftliche Betrachtung der Varianten vorgenommen. Einfluss haben hier einerseits die Energiekosten für die Wärmebereitstellung, andererseits die Kosten für die Isolierung der Gebäudehülle. Diese Kosten wurden gemäß Annuitätenmethode über die Nutzungsdauer von 50 Jahren ermittelt. Weitere Annahmen waren:

- Wärmepreis von 170 EUR/MWh
- Betrachtungszeitraum 50 Jahre
- eigenständige Wirtschaftlichkeit, d.h. kein Einbezug von Fördergeldern
- Material- und Montagekosten Dämmung von 80 – 140 EUR/m²(BGF)

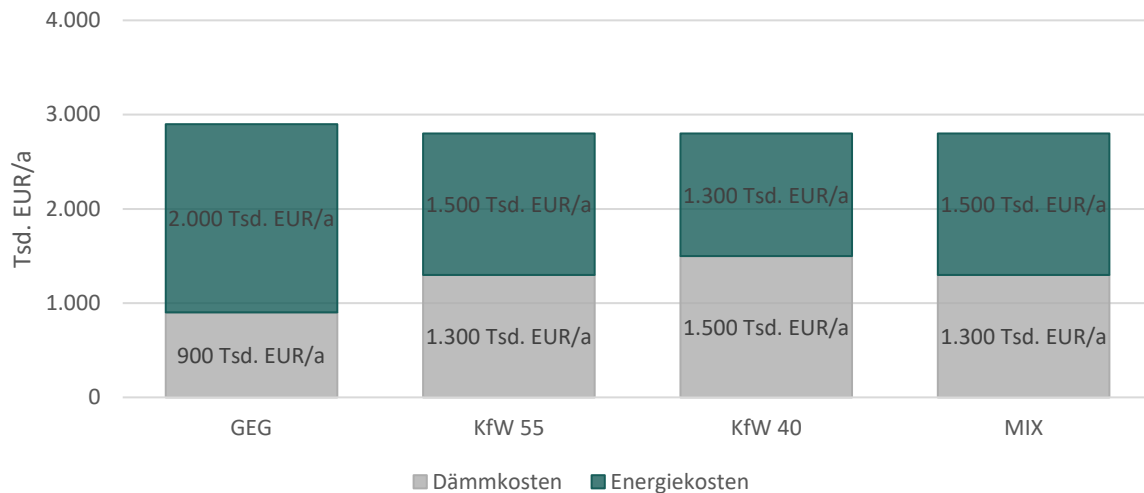


Abbildung 3.3: Wirtschaftliche Bewertung Varianten Gebäudeeffizienzstandard

Im Ergebnis ergeben sich zwar deutlich geringere Energiekosten bei steigendem Gebäudeeffizienzstandard, dieser Vorteil wird jedoch zu einem großen Teil durch die erhöhten Kosten für die Isolierung der Gebäudehülle aufgezehrt. So ergeben sich die Kosten in der GEG-Variante zu ca. 2,9 Mio. EUR/a, für die weiteren Varianten zu ca. 2,8 Mio. EUR/a. Ein höherer Gebäudeeffizienzstandard weist damit nicht zwangsweise einen signifikanten Kostenvorteil auf, trotz deutlicher Energieeinsparungen.

Durch die Nutzung von Fördergeldern kann sich dieses Verhältnis deutlich zu Gunsten höherer Standards wenden, weshalb diese nicht pauschal als unrentabel angesehen werden können.

In der Regel deckt die Förderung der KfW für den Gebäudeeffizienzstandard KfW 55 die Mehrkosten für den zusätzlichen Aufwand durch die Kombination von zinsgünstigen Darlehen und Tilgungszuschüssen. Für den KfW 40-Gebäudeeffizienzstandard sind hier Einzelfallprüfungen notwendig, da die Förderung weniger stark steigt, als gegenüber dem GEG-Effizienzstandard. Für Mehrfamilienhäuser ist die Förderung häufig nicht mehr kostendeckend, zudem Bauträger i.d.R. nicht an den Energiekosteneinsparungen partizipieren.

3.2.5 BEWERTUNG

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden, dass:

- höhere Gebäudeeffizienzstandards die CO₂-Emissionen merklich senken (hier bis zu 25 %)
- gleichzeitig verringern sich durch einen geringeren Wärmebedarf auch die Anforderungen an die Versorgungslösungen, um den gewünschten Plus-Energie-Standard zu erreichen, da weniger Energie im Quartier erzeugt werden muss

- daher ist eine Empfehlung für einen über den Mindestanforderungen hinausgehenden Gebäudeeffizienzstandard auszusprechen und dieser anzustreben
- höhere Gebäudeeffizienzstandards sind über die Gesamtnutzungsdauer i.d.R. nur mit einer ausreichenden Förderung in üblichen Wirtschaftszeiträumen wirtschaftlich attraktiv, Fördermöglichkeiten sind in Kapitel 2 erläutert
- in dieser Betrachtung wurden die Anlagentechnik und die Versorgungslösung noch weitestgehend außen vorgelassen, diese hat jedoch ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Primärenergie- und CO₂-Bilanz

Zur Vereinfachung werden in den folgenden Kapiteln die Varianten GEG, MIX und KfW 40 weiter betrachtet. Die Variante KfW 55 entfällt, da sie sehr ähnliche Bedarfswerte wie die Mix-Variante aufweist und somit redundant wäre. Gleichzeitig ist die Mix-Variante stärker an die Baupraxis angelegt und daher zweckmäßiger in der Betrachtung.

3.3 SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Aufgrund der noch nicht eingeleiteten Bauleitplanung, lassen sich im Rahmen des Konzepts zum sommerlichen Wärmeschutz nur allgemeine Aussagen treffen. Dies kann mit einer weiteren Definition der Position, Ausrichtung, Kubatur und Ausführung der Gebäude weiter spezifiziert werden. Dennoch werden allgemeine Planungsgrundsätze berücksichtigt:

- ein hoher Wärmeschutz hat aufgrund der isolierenden Wirkung auch einen verbesserten sommerlichen Wärmeschutz zur Folge, insbesondere sollten nachfolgende Punkte beachtet werden:
 - eine Ausreichende Wärmedämmung des Dachs
 - ausreichende Luftdichtheit
 - hohe Wärmekapazitäten von Dämmstoffen (Masse)
 - Einsatz von Mehrscheiben-Isolierglas mit Wärmeschutzverglasungen (reflektierende Folien, Beschichtungen)
- vorausschauende Planung von Fensterflächen (Ausrichtung nach Süden vermeiden, Flächenverhältnisse optimieren)
- Verschattung von Fensterflächen und Einsatz von Sonnenschutzsystemen (baulich Maßnahmen, Vegetation, Außenjalousien, Markisen u.a.)
- automatisiertes Lüftungsregime von raumluftechnischen Anlagen (Nachtlüftung)
- Klimatologische Maßnahmen im Gesamtquartier, z.B. Begrünung von Dach- und Freiflächen, hoher Grünflächenanteil
- Einsatz passiver Kühlung (Verdunstung, Wärmepumpe)

Diese Maßnahmen sollten primär eingesetzt werden, um den sommerlichen Wärmeschutz gemäß den Regelwerken (DIN 4108-2) zu erfüllen. Erst wenn diese nicht mehr ausreichen, ist auf das Mittel der aktiven Kühlung, z.B. durch Klimageräte zurückzugreifen.

3.4 NUTZERVERHALTEN

Neben der Gebäudehülle und der technischen Gebäudeausrüstung, hat auch das individuelle NutzerInnenverhalten einen Einfluss auf den konkreten Energiebedarf eines Gebäudes. Gleichzeitig ist das NutzerInnenverhalten der am schwierigsten zu beziffernde Faktor und auch der am schwersten zu steuernde. Dennoch können gerade vor dem Hintergrund der Digitalisierung auch im Wärmemarkt und den sich dadurch ergebenden Möglichkeiten, Maßnahmen zum Energiesparen aufgezeigt werden:

- Dokumentation
 - „Wer seinen Energieverbrauch nicht kennt, kann ihn auch nicht verbessern“
 - Messung und Darstellung von Energieverbräuchen für EndnutzerInnen
 - Kennwert-Vergleiche mit allgemeinen Kennwerten und anonymisierten Werten aus der unmittelbaren Umgebung (Nachbarschaft, Quartier)
 - Zeitraum-Vergleiche
 - Benchmarks
 - Echtzeitmessung zur Darstellung direkter Effekte von Einsparmaßnahmen
 - Plattformangebote zur Darstellung, Aufbereitung von Verbräuchen und Information zu Einsparmaßnahmen
- Automatisierung und Smart Home
 - „Die Digitalisierung ist vor allem eine Service-Revolution“
 - Programmierbare oder intelligente Thermostate
 - automatisierte Abschaltung bei Lüftung
 - Intelligente Heizungssteuerung mit Plattformangebot (s.o.)
 - Smart Home-Angebote (bzgl. Energieverbrauch) in Kombination mit weiteren Angeboten (Photovoltaik , Sicherheitstechnik, Elektromobilität, etc.)
- Instandhaltung und Wartung
 - „Voraussetzung für eine sparsame Heizung ist eine funktionierende Heizung“
 - Regelmäßige Heizungssystemwartung (Wärmeversorgung **und** –verteilung)
 - Reinigung von Anlagen und kritischer Armaturen
 - Heizungsmonitoring
 - hydraulischer Abgleich
 - Einstellung der Heizkennlinie
 - Austausch von Verschleißteilen oder Komponenten mit niedriger Energieeffizienz

3.5 HANDLUNGSOPTIONEN

Im Rahmen einer Empfehlung für einen über den Mindeststandard hinausgehenden Gebäudeeffizienzstandard sollte dies auch in der Bauleitplanung eingegrenzt werden. Gleiches gilt für den sommerlichen Wärmeschutz, welcher aus energetischer als auch klimatologischer Sicht mit dem Wandel des Klimas immer relevanter wird. Folgende Handlungsoptionen werden daher ausgesprochen:

- Die bauordnungsrechtlichen Festsetzungsmöglichkeiten zur Gestaltung des sommerlichen Wärmeschutzes sollten ausgeschöpft werden, z.B. zur gegenseitigen Verschattung, Verortung und Gestaltung der Vegetation, Baukörperstellung, Höhe und baulicher Nutzung. Hier sollte im Rahmen der Bauleitplanung die Bauflächen im Sinner eines größtmöglichen Nutzens für den sommerlichen Wärmeschutz gestaltet werden.
- Im Bebauungsplanverfahren sind die Festsetzungsmöglichkeiten zum Klimaschutz vielfältig, aber bedürfen sorgfältiger Auswahl und sind auf Flächengestaltung, Vorgaben zur Baukörpergestaltung und -dimension begrenzt, ein beschränkter Einfluss gilt insbesondere dem Privateigentum, dennoch sollten alle verfügbaren Möglichkeiten aktiv eingefordert werden.
- Die Festlegung von Gebäudeeffizienzstandards oder Festlegung von Zielwerten z.B. CO₂, ist umstritten und nicht rechtssicher, gleiches gilt für die Festlegung von Einbauten oder technischen Anlagen.
- Mit steigender Bedeutung von Nachhaltigkeit und Klimaschutz können ggf. Möglichkeiten zunehmen, intelligente Konzepte durch Bauflächenentwicklung und Festsetzungsmöglichkeiten zu schaffen, diese sollten wahrgenommen und eingefordert werden auch in den späteren Bauabschnitten.
- Städtebauliche Verträge als öffentlich-rechtlicher Verträge und private Kaufverträge erlauben eine konkrete Festlegung von Gebäudeeffizienzstandards und allgemeinen Vorgaben zur Energieversorgung, diese sollten im Rahmen der Flächenvermarktung von Beginn an eingefordert werden.
- Öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Verträge sollten eingesetzt werden, wenn immer die Möglichkeit besteht.
- Alternativ sollten parallel Anreize geschaffen werden höhere Gebäudeeffizienzstandards umzusetzen, z.B. durch ein Angebot kostenloser Energieberatungen, Fördermittelberatungen und einen Service zur Beantragung und Administration von Fördermitteln. Dies mindert Hemmnisse bei der Nutzung ebensolcher Förderinstrumente, vereinfacht den Bauträgern und EigentümerInnen den Bauablauf und ist gleichzeitig auch ein positives Marketinginstrument für das Baugebiet und die Stadt allgemein.
- Zudem sollte die Vorbildfunktion im Bereich öffentlicher Gebäude besonders im Baugebiet wahrgenommen und ein erhöhter Gebäudeeffizienzstandard, z.B. KfW 40 angestrebt werden.
- Im Rahmen der Digitalisierung und Gebäudeautomation mit Fokus auf die Energieeffizienz sollten durch öffentliche Träger und Unternehmen Angebote zu den in Kapitel 0 gemachten Möglichkeiten entwickelt und angeboten werden.

4 DEZENTRALE NUTZUNG ERNEUERBARER ENERGIEN

4.1 VERSCHATTUNGSANALYSE

Einen wesentlichen Teil an der Energieversorgung kann Solarenergie genutzt durch Photovoltaik in Form von elektrischem Strom oder durch Solarthermieranlagen als Wärme haben. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine möglichst ungestörte Nutzung dieser Strahlung über den gesamten Jahresverlauf. In bebauten Gebieten kann die Verschattung dabei eine wichtige Rolle spielen und ein wesentlicher Ertragsfaktor sein. Verschattung kann dabei durch hohe Vegetation, aber auch Bauwerke und Gebäude entstehen.

Zur Beurteilung der Verschattungswirkung aufgrund der Baustruktur und Ausrichtung der Gebäude wurde eine Verschattungsanalyse durchgeführt. Hieraus sollten allgemeine Empfehlungen abgeleitet werden. Grundlage für die Analyse war die Rahmenplanung Rodgau-West vom 03.09.2020. Verwendet wurde das Programm PV*SOL 2021, Valentin mit einer stündlichen Analyse in einem 3D-Modell. Für die Gebäudehöhen wurden folgende Annahmen gemacht:

- EG: Geschossoberkante 3,0 m
- 1. OG: Geschossoberkante 5,8 m
- 2. OG: Geschossoberkante 8,6 m
- 3. OG: Geschossoberkante 11,4 m
- 4. OG: Geschossoberkante 14,2 m

Betrachtet wurden als Jahresextrempunkte der 21.12. mit dem niedrigsten Jahressonnenstand sowie der 21.06. mit dem höchsten Jahressonnenstand. Da noch keine genauen Angaben zur Gebäudekubatur oder Dachformen gemacht wurden, ist vom Idealfall einer Verwendung von Flachdächern im gesamten Baugebiet ausgegangen worden. Dies stellt aus Sicht der Verschattung, als auch der Belegung mit Photovoltaik oder Solarthermie den günstigsten Fall dar. Verwendung andere Dachformen, z.B. Spitzdächer vermindert im Allgemeinen die belegbare Fläche und erhöht die Verschattung. Nicht berücksichtigt sind Bäume und allgemein Vegetation über den Gebäudehöhen.

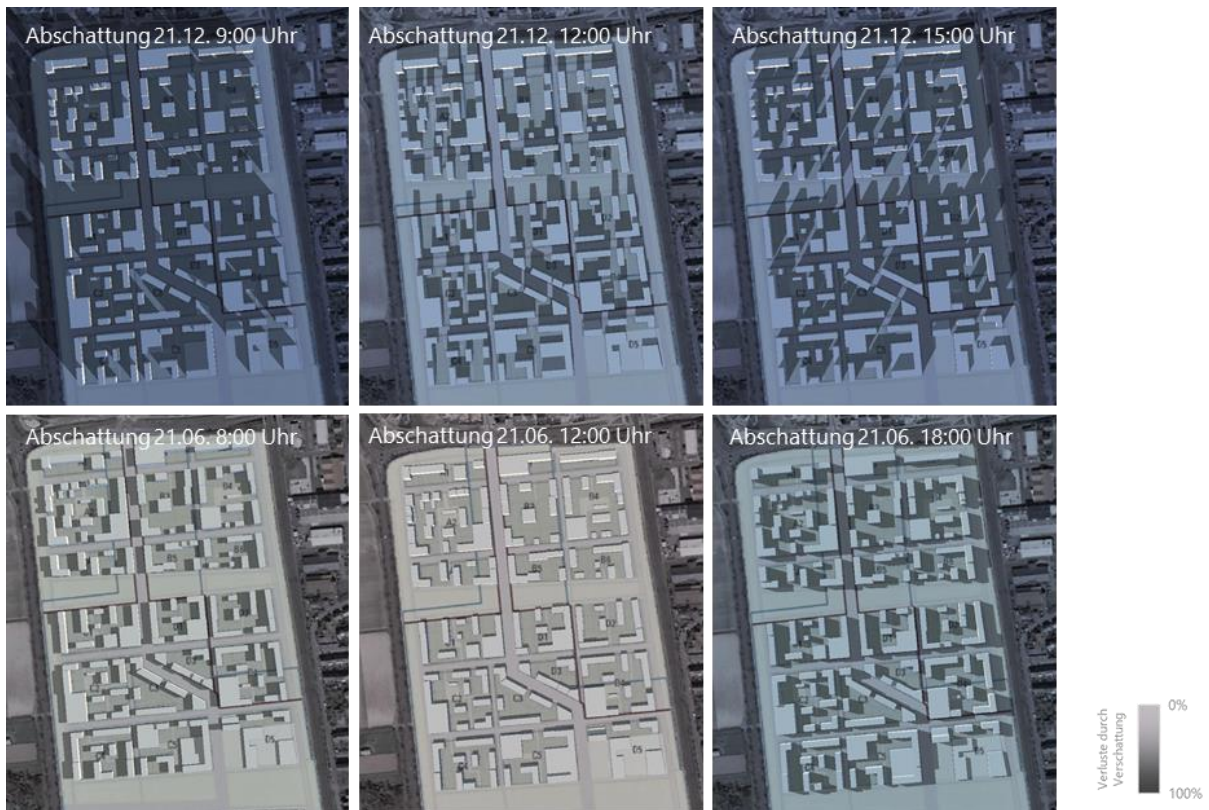


Abbildung 4.1: Abschattung zu niedrigstem und höchstem Jahressonnenstand

Der ermittelte Verschattungsgrad ergibt sich nun aus dem inklusive Verschattung zu erwartendem Ertrag aus Solarstrahlung auf ebener Fläche im Verhältnis zu einer vollständig unverschatteten Fläche gleicher Größe. Die Verluste durch Verschattung werden dabei in Prozent angegeben.

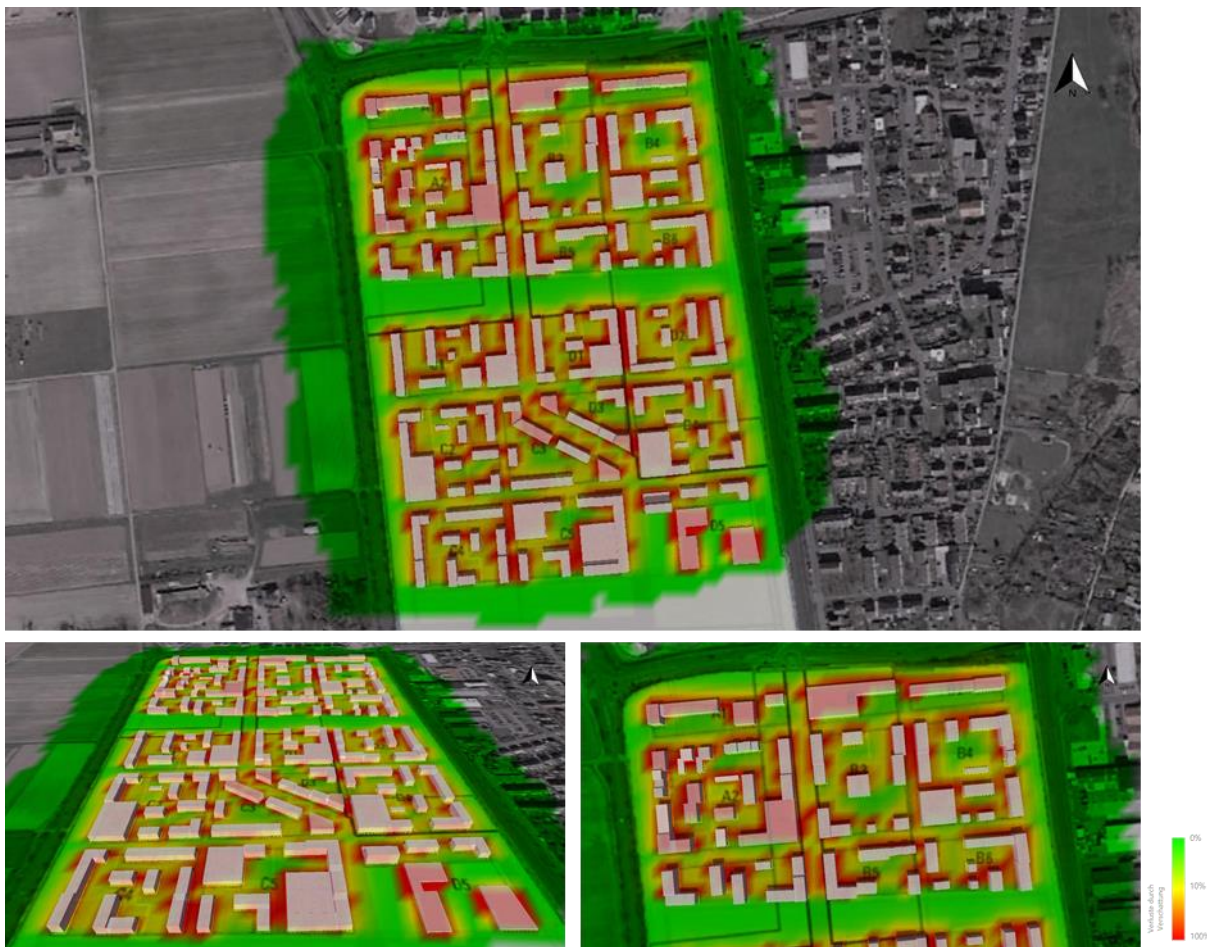
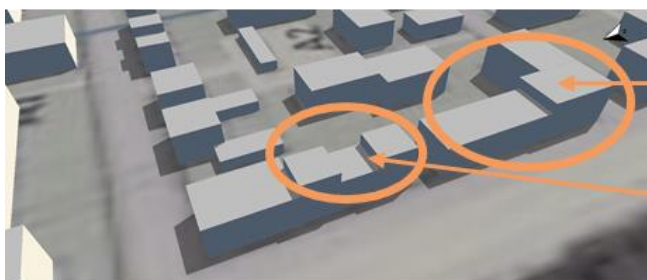


Abbildung 4.2: Kartendarstellung Ergebnisse Verschattungsanalyse

Abbildung 4.2 zeigt die Ergebnisse der Analyse. Zu berücksichtigen ist hierbei die logarithmische Farbskala. Bei einer Verschattung größer 10 % beginnt man von einer hohen Verschattung zu sprechen.

Für das Baugebiet kann festgehalten werden, dass die angenommenen großflächigen Flachdachstrukturen geringe Verschattungsflächen erzeugen und damit geringe Ertragsverluste verursachen. Eine uneinheitliche Verteilung von Gebäudehöhen erhöht die Verschattungsflächen jedoch in Einzelfällen durch ungünstige Höhenunterschiede zwischen den Gebäuden. Hohe Gebäude befinden sich häufiger auf der Südseite von Baufeldern, wodurch angrenzende nördlich liegende Dachflächen niedrigerer Gebäude einer Verschattung ausgesetzt sind (siehe Abbildung 4.3).



Verschattung durch höheres Dach direkt südlich

Uneinheitliche Höhen → mittleres Dach nicht nutzbar

Abbildung 4.3: Beispielabbildung gegenseitige Gebäudeverschattung

Die Ertragsminderung beträgt insgesamt 5,0 % über das gesamte Baugebiet, was im Vergleich als niedrig einzuordnen ist

Für die weitere Entwicklung und konkrete Bebauung können daraus allgemeine Empfehlungen für die Verschattung und Kubaturen aus Sicht der energetischen Versorgung formuliert werden:

- uneinheitliche Gebäudehöhen dicht angrenzender Gebäude sollten vermieden werden
- pro Baufeld sollten die höchsten Gebäude im nördlichen Bereich verortet werden
- Dachaufbauten sollten an der nördlichen Dachkante platziert werden, um Verschattung von Anlagen zu vermeiden
- Prinzipiell sind Dachflachstrukturen aus Sicht der Ertragsdichte zu empfehlen
- Spitzdächer sollten möglichst in einer Ost-West-Ausrichtung ausgeführt werden, um einen möglichst hohen Ertrag zu erreichen bei Dachneigungen von weniger als 35 °
- Bepflanzung in Gebäudenähe sollte Wuchshöhen niedriger als die Dachkante aufweisen und ggf. mit dieser Maßgabe bewirtschaftet werden

Für die weitere Betrachtung wird insbesondere für die Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften und Reihenhäuser nicht vom Idealfall eines Flachdachs ausgegangen, sondern von einer hälftigen Ausführung als Spitzdach und damit verringerten Ertragswerten für die Solarstrahlung.

4.2 STROMVERSORGUNG

Hinsichtlich der Stromversorgung für das Quartier wurden Photovoltaik und Kleinwindkraft untersucht.

Die Nutzung von Solarstrahlung zur elektrischen Energieerzeugung mittels Photovoltaikmodulen stellt eine etablierte Technologie zur dezentralen Stromerzeugung im urbanen Umfeld dar. Als Gleichstrom bereitgestellte Energie wird durch Wechselrichter in netzkonformen Wechselstrom überführt und kann direkt im Gebäude durch die Hausanlage genutzt oder in das allgemeine Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist werden.

Installationsort für Photovoltaikanlagen ist im urbanen Umfeld in der Regel die Dachfläche der Gebäude. Freiflächen sind im betrachteten Quartier nicht für eine PV-Nutzung vorgesehen. Ebenso wurden aufgrund der hohen gegenseitigen Gebäudeverschattung Fassadenflächen nicht berücksichtigt.

Das Potential zur Stromerzeugung bemisst sich wesentlich nach den verfügbaren Flächen auf den Dächern der Gebäude. Aufbauten verringern den Anteil der nutzbaren Dachfläche. Zudem besteht u.U. eine weitere Konkurrenz zur solarthermischen Nutzung, welche in der Variante 3 zum Tragen kommt.

Für die Untersuchung wurden aufgeständerte Anlagen auf Mehrfamilienhäusern sowie Sonderbauten und dachparallele Anlagen auf Einfamilienhäuser, Reihenhäusern, Doppelhaushälften und Quartiersgaragen herangezogen. Die Berechnung erfolgt unter der Berücksichtigung einer gemischten Ausrichtung der Module im Quartier (Südausrichtung bzw. Ost-West-Ausrichtung).

Für die Berechnung wurden die folgenden Annahmen getroffen:

Tabelle 4.1: Annahmen Photovoltaik

Position	Einheit	Wert
Spezifische Modulleistung	Wp/m ²	200
Spezifischer Ertrag Südausrichtung	kWh/Wp	1.034
Spezifischer Ertrag Ost-West-Ausrichtung	kWh/Wp	825
Anteil nutzbarer Dachfläche	%	40-80

Insgesamt ergibt sich für das Quartier damit eine potentielle Modulfläche von etwa 61.000 m², über die ein Stromertrag von 11,3 GWh pro Jahr generiert werden kann.

Kleinwindkraftanlagen wurden auf den Quartiersgaragen mit je maximal 4,5 kW Leistung vorgesehen. Generell ist festzustellen, dass der Standort sich nicht für die Nutzung dieser Technologie eignet, aufgrund ungünstiger Windverhältnisse (Windgeschwindigkeit < 3,5 m/s). Damit ist der Beitrag der Kleinwindkraft im Vergleich zur Photovoltaik gering und hat eher einen Leuchtturmcharakter. Insgesamt ergibt sich eine Stromerzeugung von etwa 45 MWh, die über die Kleinwindkraft bereitgestellt werden kann.

Hinsichtlich der Wärmeversorgung wurden drei dezentrale Versorgungslösungen auf Basis von regenerativen Energien näher untersucht. Diese sollen im folgenden Abschnitt zunächst kurz erläutert werden, ehe ein detaillierter Vergleich erfolgt.

4.3 WÄRMEVERSORGUNG

Genauso wie die Stromversorgung ist auch die Wärmeversorgung bei dezentraler Nutzung erneuerbarer Energien objektweise betrachtet. Eine Einteilung in Bauabschnitte ist daher nicht zweckmäßig und es wird darauf verzichtet. Für jedes Objekt wird unabhängig voneinander eine für den Standort geeignete Versorgungslösung definiert.

4.3.1 LUFT-WASSER-WÄRMEPUMPEN

Die Variante beinhaltet die Untersuchung des monovalenten Einsatzes von Luft-Wasser-Wärmepumpen zur dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude im Gebiet. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe nutzt die Außenluft zur Erwärmung des Heiz- oder Trinkwassers. Über einen Wärmeüberträger wird die Wärme an den Heizkreislauf im Gebäude abgegeben.

Insgesamt ist in dieser Variante die Installation von 282 Wärmepumpen in unterschiedlichen Leistungsstufen (10-20 kW für die kleineren Verbraucher und bis zu 150 kW für die Sonderbauten) für die Gebäude erforderlich. Die Quartiersgaragen sind hierbei nicht berücksichtigt, da für diese keine Wärmeversorgung erfolgt.

4.3.2 LUFT-WÄRMEPUMPEN, SOLE-WÄRMEPUMPEN

Die Variante untersucht den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen für die kleineren Verbraucher im Quartier, wie Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften sowie Reihenhäuser. Für die größeren Verbraucher, das heißt Mehrfamilienhäuser und Sonderbauten (Schule, Sporthalle, Kitas und Nahversorger) kommen vorbehaltlich der Flächenverfügbarkeit Sole-Wasser-Wärmepumpen und Erdkollektoren zum Einsatz.

Für die Gewinnung der Erdwärme wird dabei ein Rohrsystem waagrecht in etwa ein bis zwei Meter Tiefe unter die Erdoberfläche verlegt. Durch das Rohrsystem wird eine Sole aus frostsicherer Flüssigkeit geführt, die die thermische Energie aufnimmt und dem Wärmetauscher übergibt. Erdkollektoren nehmen Wärmeenergie aus dem oberflächennahen Bereich auf. Die Energie wird durch Sonneneinstrahlung und Regen(sicker)wasser bereitgestellt.

Im Rahmen der Konzeption kommen Kollektoren in einlagiger Ausführung zur Anwendung. Diese werden in ca. 1,5 m Tiefe verlegt und damit oberhalb grundwasserführender Schichten. Somit ist auch ein Betrieb aus Sicht des Wasserschutzes möglich. Hierzu wurden informelle Gespräche mit der unteren Wasserschutzbehörde geführt. Verbindliche Aussagen bedürfen jedoch eines konkreten Antrags mit entsprechender Entwurfsplanung. Weiterhin werden zunächst lediglich die Grundstücksflächen und nicht die zwischen den einzelnen Bebauungen befindlichen Grünflächen für die Verlegung von Erdkollektoren berücksichtigt. Insgesamt können 21 Gebäude im Quartier so monovalent über Erdkollektoren mit Wärme versorgt werden. Das bedeutet eine gesamte Kollektorfläche von etwa 17.000 m². In der folgenden Abbildung sind die Flächen mit Erdkollektoren orange hinterlegt.



Abbildung 4.4: Eignungsflächen dezentrale Erdkollektoren Variante Luft-Wärmepumpen, Sole-Wärmepumpen

Eine Alternative können neben den Erdkollektoren auch Grundwasser-Wärmepumpen darstellen. Durch einen Brunnen in 5 – 10 m Tiefe wird dabei Grundwasser entnommen und über einen Wärmetauscher Wärme entzogen. Das Grundwasser wird unverändert über einen zweiten Brunnen in grundwasserführende Schichten zurückgegeben. Vorteilhaft ist hier der geringere Flächenbedarf, jedoch müssen die beiden Brunnen, um sich nicht gegenseitig zu beeinflussen, einen individuellen Mindestabstand aufweisen. Bis zu einer Entzugsleistung von 30 kW sind diese gemäß mündlicher Aussage der unteren Wasserschutzbehörde zulässig, bedürfen jedoch der Einzelfallprüfung.

Tiefere Bohrungen, z.B. bei der Verwendung von Erdsonden in 20 – 100 m Tiefe, sind nicht zulässig, da sich das Baugebiet in einem Wasserschutzgebiet befindet.

4.3.3 LUFT-WÄRMEPUMPEN, SOLE-WÄRMEPUMPEN, SOLARTHERMIE

Die Variante 3 gleicht der Variante 2 mit dem Unterschied, dass zusätzlich der Einsatz von Solarthermie auf den Dachflächen konkurrierend zur Photovoltaik untersucht wird. Dabei wurde die Nutzung der zur Verfügung stehenden Dachfläche für Solarthermie mit 10 % angesetzt. Damit ergibt sich eine Dachbelegung mit Photovoltaikmodulen von 90 %. Über eine potentielle Modulfläche von 6.000 m² könnten somit etwa 2,2 GWh an Wärme erzeugt werden.

Für alle drei Varianten gilt, dass die Wärmepumpen im Sommer auch für die Kühlung der Gebäude zum Einsatz kommen können. Dabei wird das grundlegende Funktionsprinzip einfach umgekehrt, d.h. der Innenluft im Gebäude wird Wärme entzogen, die wiederum nach draußen abgeführt wird.

4.4 VARIANTENVERGLEICH

Die Varianten sollen im Folgenden hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit, Ökologie und technischen Umsetzbarkeit einander gegenübergestellt werden.

4.4.1 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Für die wirtschaftliche Bewertung der Varianten wurde eine Gestehungskostenrechnung herangezogen. Hierbei werden Wärme- und Stromgestehungskosten getrennt ausgewiesen. Die Gestehungskosten berücksichtigen Investitionskosten sowie Betriebs- und Verbrauchskosten. Die Kosten werden jeweils auf die bereitgestellte Energie (EUR/MWh) und auf die Nutzfläche als repräsentative Warmmiete (EUR/m²*Monat) ausgegeben.

Die Betriebs- und Verbrauchskosten berücksichtigen im Wesentlichen Kosten für Wartung und Instandsetzung der Anlagentechnik, Kosten für die Betriebsführung, MSR-Wesen, Versicherung und den Strombezug für die Wärmepumpen.

In den folgenden zwei Tabellen sind für die drei Varianten jeweils die Aufstellung Kosten-Positionen zusammengetragen, sowie im Ergebnis Gestehungskosten und Wärmepreise ausgegeben.

Tabelle 4.2: Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärme Varianten dezentrale Energieversorgung

WÄRME		Luft-WP	Luft- & Sole-WP	Luft- & Sole-WP & ST
Kapitalkosten	EUR/a	463.000	550.800	800.300
Luft-Wasser-Wärmepumpen	EUR/a	400.600	385.700	385.700
Erdkollektoren (inkl. Tierbau)	EUR/a	0	58.300	58.300
Sole-Wasser-Wärmepumpe	EUR/a	0	30.300	30.300
Solarthermieanlage	EUR/a	0	0	217.000
Nebenkosten	EUR/a	62.400	76.500	109.000
Operative Kosten	EUR/a	735.700	729.900	718.800
Betriebskosten	EUR/a	186.700	196.900	213.800
Bedarfskosten	EUR/a	543.000	563.000	496.000
<i>Strombezug WP</i>	<i>EUR/a</i>	<i>451.000</i>	<i>439.000</i>	<i>428.000</i>
<i>Eigenstrom WP</i>	<i>EUR/a</i>	<i>92.000</i>	<i>91.000</i>	<i>68.000</i>
Summe	EUR/a	1.198.700	1.280.700	1.519.100
Wärmekosten je bereitgestellte Energie	EUR/MWh	119	127	150
Wärmekosten je Nutzfläche	EUR/m²NUF	0,54	0,58	0,69

Tabelle 4.3: Wirtschaftlichkeitsberechnung Strom Varianten dezentrale Energieversorgung

STROM		Luft-WP	Luft- & Sole-WP	Luft- & Sole-WP & ST
Kapitalkosten	EUR/a	707.000	707.000	636.000
Photovoltaikanlage	EUR/a	705.000	705.000	634.000
Kleinwindkraftanlage	EUR/a	2.000	2.000	2.000
Operative Kosten	EUR/a	982.000	982.000	978.000
Betriebskosten	EUR/a	124.000	124.000	117.000
Bedarfskosten	EUR/a	858.000	858.000	861.000
<i>Stromnetzbezug</i>	<i>EUR/a</i>	<i>793.000</i>	<i>793.000</i>	<i>796.000</i>
<i>EEG-Umlage auf Eigenverbrauch (40%)</i>	<i>EUR/a</i>	<i>65.000</i>	<i>65.000</i>	<i>65.000</i>
ERLÖSE	EUR/a	-557.000	-557.000	-500.000
Stromeinspeisung	EUR/a	-557.000	-557.000	-500.000
Summe	EUR/a	1.132.000	1.132.000	1.114.000
Stromkosten	EUR/MWh	175	175	172

Im wirtschaftlichen Vergleich stellt sich die Luft-WP-Variante als die beste Option mit den geringsten Wärmekosten dar. Die Variante Luft-&Sole-WP liegt hinsichtlich der Wärmekosten auf leicht höherem Niveau. Die um Solarthermie ergänzte Variante liegt über den anderen beiden Varianten. In Bezug auf die Stromkosten liegen alle drei Varianten auf ähnlich hohem Niveau mit einem leichten Vorteil in der letztgenannten Variante.

4.4.2 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

In der nachfolgenden Tabelle ist zusammenfassend dargestellt, wie in den einzelnen Varianten der Wärme- und Strombedarf aus welchen Quellen gedeckt wird.

Das ermittelte Plusenergiekriterium ergibt sich dabei aus dem Quotienten der zur Erzeugung genutzten Endenergie, was der im Quartier erzeugten Energie entspricht, und der Nutzenergiebedarfe:

$$\text{PlusEnergieKriterium} = \frac{\text{Endenergiebedarf Wärme \& Strom}}{\text{im Quartier gewonnene Endenergie}}$$

Im Quartier gewonnene Energie ist dabei Wärme aus Solarstrahlung oder Umweltenergie (Luft, Erdreich) und Strom aus Solarenergie und Windkraft.

Für die Ermittlung der Eigenstromnutzung aus Photovoltaik- und Kleinwindkraftstrom wurde ein stundenscharfer Erzeugungs- sowie Bedarfslastgang erstellt und diese einander gegenübergestellt. Darüber kann für jede Stunde im Jahr ermittelt werden, inwieweit der Bedarf aus der Erzeugung direkt vor Ort gedeckt werden kann oder inwieweit Strom aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden muss. Weiterhin kann somit bestimmt werden, welcher Anteil des erzeugten Stroms in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

Tabelle 4.4: Energiebilanz Varianten dezentrale Versorgungslösungen

Position	Einheit	Variante 1 Luft-WP	Variante 2 Luft- & Sole- WP	Variante 3 Luft- & Sole- WP & ST
Wärmebedarf	MWh	9.319	9.319	9.319
aus Luft-Wasser-Wärmepumpe	MWh	9.319	8.688	7.084
aus Sole-Wasser-Wärmepumpe	MWh	-	631	631
aus Solarthermie	MWh	-	-	1.604
Strombedarf Gebäude	MWh	6.477	6.477	6.477
Netzbezug	MWh	3.967	3.965	3.983
Eigenstrom	MWh	2.510	2.512	2.494
Strombedarf Wärmepumpen	MWh	2.930	2.872	2.547
Netzbezug	MWh	2.077	2.023	1.974
Eigenstrom	MWh	853	848	573
Strombedarf gesamt	MWh	9.406	9.348	9.024
Stromerzeugung	MWh	11.388	11.388	10.254
Netzeinspeisung	MWh	8.627	8.629	7.743
Plusenergiekriterium		114 %	116 %	111 %

Es ist festzustellen, dass die Stromerzeugung aus Photovoltaik- und Kleinwindkraftanlagen bilanziell den Strombedarf des Quartiers für Gebäude- sowie Heizstrom in allen Varianten decken kann. Real werden allerdings nur etwa 30 % des Photovoltaikstroms vor Ort genutzt, die übrigen 70 % werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Für die einzelnen Varianten wurden auf Basis der Bedarfswerte sowie der jeweiligen Art der Energieversorgung, die Nutz-, End- und Primärenergiebedarfe für Wärme und Strom ermittelt und in folgender Energiebilanz zusammengetragen. Hierfür wurde für den Netzbezug der nach DIN V 18599 gültige Wert für den Primärenergiefaktor des allgemeinen Strommixes von 1,8 angenommen. Für den vor Ort genutzten Strom aus der Photovoltaik sowie der Kleinwindkraft kann ein Wert von 0 angesetzt werden.

Tabelle 4.5: Nutz-, End- Primärenergiebilanz Varianten dezentrale Energieversorgung

		Luft-WP	Luft- & Sole-WP	Luft- & Sole-WP & ST
Wärme				
Nutzenergiebedarf	MWh	9.319	9.319	9.319
Endenergiebedarf	MWh	2.930	2.872	2.547
Primärenergiebedarf	MWh	3.738	3.642	3.553
Strom				
Nutzenergiebedarf	MWh	6.477	6.477	6.477
Endenergiebedarf	MWh	6.477	6.477	6.477
Primärenergiebedarf	MWh	7.139	7.135	7.168

Bei der Erstellung der CO₂-Bilanz wurde die zukünftige Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für Strom berücksichtigt. Als Status Quo wurde der vom Umweltbundesamt 2019 veröffentlichte CO₂-Emissionsfaktor für den Strommix angenommen. Die Prognosewerte für die Jahre 2030 und 2050 beruhen auf einer Kurzstudie des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen (IINAS).

Tabelle 4.6: Prognose zur Entwicklung des Emissionsfaktors für Strommix

Entwicklung CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix	Ansatz
2020 (Veröffentlichung Umweltbundesamt 2019)	401 g/kWh
2030 (Prognose IINAS)	176 g/kWh
2050 (Prognose IINAS)	18,2 g/kWh

Über die genannten Eingangsgrößen ergibt sich die folgende CO₂-Bilanz für Wärme und Strom, ausgegeben absolut in Tonnen pro Jahr (t/a) und relativ in Tonnen pro Einwohner pro Jahr (t/EW*a):

Tabelle 4.7: CO₂-Emissionsbilanz Varianten dezentrale Energieversorgung

Position	Einheit	Luft-WP	Luft- & Sole-WP	Luft- & Sole-WP & ST
CO ₂ -Emissionen (aktuell)	t/a	9.085	9.072	9.058
CO ₂ -Emissionen (2030)	t/a	7.122	7.117	7.110
CO ₂ -Emissionen (2050)	t/a	218	217	216
CO ₂ -Emissionen (aktuell)	t/EW*a	2,08	2,08	2,08
CO ₂ -Emissionen (2030)	t/EW*a	1,63	1,63	1,63
CO ₂ -Emissionen (2050)	t/EW*a	0,05	0,05	0,05

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich die drei Varianten hinsichtlich des Primärenergiebedarfs sowie der CO₂-Emissionen wenig voneinander unterscheiden und damit aus ökologischen Aspekten keine Vorzugsvariante genannt werden kann.

Bei rein bilanzieller Berücksichtigung des im Quartier erzeugten Stroms aus Photovoltaik und Kleinwindkraft fallen keine CO₂-Emissionen im Gebiet an, da die Menge an erzeugtem Strom den Strombedarf für Gebäude- und Heizstrom übersteigt.

4.4.3 ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassend ergibt sich folgendes Bild für den Variantenvergleich:

Tabelle 4.8: Zusammenfassung Varianten dezentrale Energieversorgung

	Luft-WP	Luft- & Sole-WP	Luft- & Sole-WP & ST
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> + hohe Flexibilität + geringe Investitionskosten 	<ul style="list-style-type: none"> + hohe Flexibilität + insg. geringe Investitionskosten + höhere Effizienz der Sole-Wärmepumpen 	<ul style="list-style-type: none"> + hohe Flexibilität + insg. geringe Investitionskosten + höhere Effizienz der Sole-Wärmepumpen + Warmwasserbereitung am Objekt
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - schlechte Effizienz - hoher Strombedarf - ggf. Lärm-Emissionen (Außenaufstellung) - hohe PV-Belegungs-dichte erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - insg. schlechte Effizienz - ggf. Lärm-Emissionen (Außenaufstellung) - höhere Kosten für Erdkollektoren - hohe PV-Belegungs-dichte erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - insg. schlechte Effizienz - ggf. Lärm-Emissionen (Außenaufstellung) - höhere Kosten für Erdkollektoren - geringerer PV-Stromertrag - hohe PV-Belegungs-dichte erforderlich
Plusenergiekriterium	114 %	116 %	111 %
Wärmekosten	119 EUR/MWh 0,54 EUR/m ² NUF	127 EUR/MWh 0,58 EUR/m ² NUF	150 EUR/MWh 0,69 EUR/m ² NUF
Stromkosten	175 EUR/MWh	175 EUR/MWh	172 EUR/MWh
Primärenergiebedarf	10.877 MWh	10.777 MWh	10.721 MWh
CO ₂ -Emissionen 2020	9.085 t/a	9.072 t/a	9.058 t/a
CO ₂ -Emissionen 2030	7.122 t/a	7.117 t/a	7.110 t/a
CO ₂ -Emissionen 2050	218 t/a	217 t/a	216 t/a

4.5 VERTEILNETZINFRASTRUKTUR

4.5.1 KLASSISCHE NETZSTRUKTUR

Auf Basis der vorangegangenen Analysen zu den Strombedarfen für die einzelnen Sektoren (Gebäudestrom, Heizstrom und Elektromobilität), konnte eine erste grobe Auslegung des elektrischen Verteilnetzes für das Gebiet erfolgen. Die Auslegung erfolgte bauabschnittsweise, sodass die Verteilnetze für jeden Bauabschnitt unabhängig voneinander funktionieren.

Zunächst wurde beim zuständigen Netzbetreiber, der Energienetze Offenbach GmbH (ENO), eine Netzauskunft für das vorgelagerte Stromnetz angefragt. Auf den folgenden Plänen ist der Verlauf des elektrischen Verteilnetzes farblich dargestellt. Die roten Linien kennzeichnen dabei vorhandene Mittelspannungskabel. Die Abbildung 4.5 stellen mögliche Anknüpfungspunkte für die Bauabschnitte 1 bis 3 dar. Insgesamt bieten sich 3 Mittelspannungstrassen an:

- nördlich der Südtrasse mit deren Überquerung
- S-Bahn-Querung auf Höhe Frischluftschneise „Spielband“, Anbindung an Mittelspannungs-Trasse (MS-Trasse) Eisenbahnstraße, Voraussetzung ist eine Unterführung der S-Bahn-Linie
- südlich in Verlängerung zum Westring, MS-Trasse westlich der S-Bahn-Linie

Zum besseren Verständnis beinhalten die Abbildungen neben dem Leitungsplan der ENO auch die Darstellung des Rahmenplans. Die Angaben zu möglichen Netzanknüpfungspunkten erfolgten zum Zeitpunkt der Berichtserstellung vorbehaltlich der Netzberechnung und -prüfung seitens der ENO. Diese ist in Auftrag gegeben, konnte jedoch noch nicht überreicht werden.

Dementsprechend ist auch eine Aussage zur Auslastung der vorgeschlagenen Mittelspannungstrassen nicht vorhanden und es kann keine Schlussfolgerung für eine mögliche Anbindung der einzelnen Bauabschnitte gezogen werden. Eine nachträgliche Empfehlung wird jedoch angestrebt.



Abbildung 4.5: möglicher Netzverknüpfungspunkt Strom

Das elektrische Verteilnetz innerhalb des Quartiers wurde mit der Maßgabe ausgelegt, dass über die zentrale Quartiersstraße alle Bauabschnitte versorgt werden können, unabhängig davon an welcher Stelle die Netzanknüpfung zum vorgelagerten Netz erfolgt. Der Hauptstrang in der Zentralachse ist damit so dimensioniert, dass an jeder Stelle die komplette Leistung bedient werden kann – unter

Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitsfaktoren, die im Folgenden noch erläutert werden. Jeder Bauabschnitt kann somit unabhängig von den anderen über Seitenstränge an den Hauptstrang angebunden werden. Gleichzeitig ist eine Ringbildung der Netztopologie möglich, wodurch eine höhere Versorgungssicherheit erzielt wird, da das Quartier netzseitig von mehreren Richtungen aus versorgt werden kann.

Die Auslegung des Hauptstrangs und der Seitenstränge erfolgte in Abhängigkeit der jeweils gebäudeseits abgefragten elektrischen Leistung für den Gebäudestrombedarf, für die Wärmepumpen sowie für die Elektromobilität. Generell sollte das Verteilnetz innerhalb des Quartiers auch ohne Quartiersspeicher funktionieren. Daher wurde im Rahmen der Konzeption das Netz auf die Abnahmemengen ohne Speicher ausgelegt.

Hinsichtlich des Gebäude- und Wärmepumpen-Stroms wurden je Netzstrang Gleichzeitigkeitsfaktoren angesetzt, in Abhängigkeit der Anzahl an Wohneinheiten bzw. Gebäuden. Der Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt dabei, dass die Maximalleistung je Gebäude bzw. Wohneinheit nie komplett simultan abgefragt wird, sondern dies zeitversetzt geschieht. Über den Faktor kann eine passende Dimensionierung des Netzes durchgeführt werden. Für den Hauptstrang ergibt sich somit eine Gleichzeitigkeit von 0,11 für den Strombedarf der Haushalte. Getrennt davon beträgt die Gleichzeitigkeit für die elektrische Leistung der Wärmepumpen 0,48, da diesen eine andere Nutzungscharakteristik zugrunde liegt.

Bezüglich der Leistungsabfrage der Elektromobilität, erfolgte die Auslegung generell auf Basis der Annahme des Maximalszenarios einer Ausstattung aller Stellplätze im Quartier mit Ladesäulen für Elektro-Fahrzeuge.

Hierbei wurde zwischen Ladesäulen im Bereich der Einfamilienhäuser / Doppelhaushälften / Reihenhäuser sowie Ladesäulen, die in den Quartiersgaragen verortet sind, unterschieden. Für erstere Gruppe wurden im Rahmen der Kalkulation 21 kW-Ladesäulen vorgesehen, für die Quartiersgaragen 11 kW-Ladesäulen. Aus den Stromlastgängen, die im Rahmen des Mobilitätskonzeptes erstellt wurden, konnte eine Gleichzeitigkeit innerhalb der Quartiersgaragen von 0,1 ermittelt werden. Für die übrigen Stellplätze wurde keine Gleichzeitigkeit berücksichtigt, d.h. der Faktor mit 1 angenommen.

Die je Strang abgefragte elektrische Leistung ergibt sich schließlich aus den getrennt voneinander ermittelten abgefragten Leistungen je Strang für Gebäudestrom, Wärmepumpen-Strom und Strom für Elektromobilität. Für die Netzanknüpfungspunkte an das vorgelagerte Netz, ergibt sich durch diese erste grobe Netzauslegung und unter Berücksichtigung eines Puffers von 15 %, ein Anschlusswert von etwa 11,5 MW für das gesamte Quartier.

Neben den bedarfsseitigen Leistungswerten muss im Rahmen der Netzauslegung zusätzlich auch die Einspeiseleistung berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich um die Stromeinspeisemengen aus den Photovoltaik- sowie Kleinwindkraftanlagen. Unter Berücksichtigung der Peak-Leistung der Anlagen ergibt sich, wiederum unter Berücksichtigung des Puffers von 15 %, eine Einspeiseleistung von maximal 14 MW.

Im Leitungsplan ist eine detaillierte Auslegung mit Darstellung der einzelnen Stränge und den jeweils abgefragten Leistungen ersichtlich.

4.5.2 KUNDENANLAGEN

Eine weitere Option zur Auslegung des elektrischen Verteilnetzes im Quartier ist die Einteilung des Gebietes in mehrere sogenannte Kundenanlagen. Diese Option soll im Rahmen dieses Konzeptes zunächst nur qualitativ beschrieben werden.

Der Begriff der Kundenanlage wird im § 3 des Energiewirtschaftsgesetzes definiert. Letztverbraucher sind dabei über eine kundeneigene Energieanlage angeschlossen, die mittels eines Summenzählers vom allgemeinen Versorgungsnetz abgegrenzt ist. Eine solche Kundenanlage muss für den Wettbewerb und für den Netzbetreiber unbedeutend sein. Eine genaue Begrenzung nennt das Gesetz dabei nicht. Auf der Basis verschiedener richterlicher Urteile in der Vergangenheit kann der Begriff der Kundenanlage aber näher definiert werden. Als nicht mehr unbedeutend kann eine Energieanlage demnach bewertet werden, wenn beispielsweise mehrere Hundert LetztverbraucherInnen angeschlossen sind.

In der Abbildung 4.7 sind beispielhaft zwei mögliche Abgrenzungen von Kundenanlagen im Bauabschnitt 1 dargestellt. Die Einteilung berücksichtigt eine maximale Anzahl angeschlossener Letztverbraucher von etwa 200 sowie das Vorhandensein einer Quartiersgarage als mögliche Fläche zur Aufstellung eines Speichers je Kundenanlage sowie entsprechender Infrastruktur für die Kundenanlage.

Der Vorteil einer solchen Kundenanlage ist die Befreiung von Netznutzungsentgelten und anderen Abgaben bzw. Umlagen. Durch das Zusammenschließen mehrerer Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten können diese bestmöglich aufeinander abgestimmt werden. Nachteilig gestaltet sich allerdings, dass die Netzauslegung weniger flexibel erfolgen kann, da die Regularien zur Kundenanlage eingehalten und von Beginn an mitgedacht werden müssen.



Abbildung 4.7: Mögliche Einteilung in Kundenanlagen

4.6 AKTEURINNEN

Bei der Umsetzung sind diverse AkteurInnen beteiligt, die unterschiedliche Sichtweisen und Aufgaben in Bezug auf die Umsetzung der Versorgungslösung haben. Diese wurden für die Umsetzung der Varianten betrachtet und sind hier in Kurzform aufgelistet. Die Rollenverteilung unterteilt sich dabei in AkteurInnen mit Verantwortung (sind verantwortlich für die Umsetzung der Versorgungslösung und des Nachweises der Zielstellung), AkteurInnen, welche in Mitarbeit wirken (sind an der Umsetzung beteiligt, jedoch ohne Verantwortung für das Gesamtquartier) und AkteurInnen ohne direkte Mitarbeit, die jedoch Informationen erhalten.

Tabelle 4.9: AkteurInnenanalyse dezentrale Versorgungsvarianten

AkteurIn	Erläuterung	Rolle (V...Verantwortung M...Mitarbeit I...Information)	Aufgaben
Stadt Rodgau	Stadtplanung, Verkehrsbehörde, Presse und Information	V	<ul style="list-style-type: none"> – Bauleitplanung – Genehmigungen – Öffentlichkeitsarbeit
Stadtwerke Rodgau	SWR, EVR, Wasser Tiefbau	V	<ul style="list-style-type: none"> – Stromnetzbetreiber – Energieversorger – ÖPNV-Betreiber – Energiedienstleister – Erschließung
HLG	-	V	<ul style="list-style-type: none"> – Flächenbevorratung – Flächenverwertung – Erschließung
Untere Wasserbehörde	-	M	<ul style="list-style-type: none"> – Genehmigung von Geothermieanlagen < 30 kW
Bauträger mit Projektentwicklercharakter	-	M	<ul style="list-style-type: none"> – Errichtung und Finanzierung von Immobilien – Erfüllung der Anforderungen gem. gesetzlichen Regularien, Bauordnungsrecht und bilateralen Auflagen an Gebäuden
Bauträger mit Eigennutzungscharakter	Privateigentümer mit Errichtung eigenem Wohneigentums	M	<ul style="list-style-type: none"> – Errichtung und Finanzierung eigengenutzter Immobilien – Erfüllung der Anforderungen gem. gesetzlichen Regularien, Bauordnungsrecht und bilateralen Auflagen an Gebäude – NutzerIn der Energieinfrastruktur, EndkundIn
Gebäude- /WohneigentümerInnen	KäuferIn von Wohneigentum oder Gebäuden	I	<ul style="list-style-type: none"> – NutzerIn der Energieinfrastruktur, EndkundIn
MieterInnen	-	I	<ul style="list-style-type: none"> – NutzerIn der Energieinfrastruktur, EndkundIn
Netzbetreiber	Strom, Informations- und Telekommunikationsnetze	V	<ul style="list-style-type: none"> – infrastrukturelle Erschließung des Baugebiets – Betrieb der Infrastruktur – Sicherstellung der Betriebssicherheit – Verwaltung und Herstellung von Netzanschlüssen
PlanerInnen/ArchitektInnen	im Auftrag von Bauträgern	M	<ul style="list-style-type: none"> – Planung und Errichtung von Gebäuden und Bauwerken – Sicherstellung der Anforderungen gem. gesetzlichen Regularien, Bauordnungsrecht und bilateralen Auflagen
Bauunternehmen	im Auftrag von Bauträgern	M	<ul style="list-style-type: none"> – Herstellung von Gebäuden und Bauwerken – Sicherstellung der Anforderungen gem. Planung
Technische Gebäudeausrüster	Fachfirmen, HandwerkerInnen, etc.	M	<ul style="list-style-type: none"> – Herstellung von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung – Sicherstellung der Anforderungen gem. Planung bzw. Vorgaben Bauträger
BürgerInnen	-	I	<ul style="list-style-type: none"> – Beteiligung an Bauleitplanung

4.7 HANDLUNGSOPTIONEN

Im Bezug auf die Wärme- und Stromversorgung sollte seitens der Stadt möglichst vielfältige Instrumente zur Erreichung des angestrebten Plus-Energie-Standards genutzt werden. Dies beinhaltet ordnungsrechtliche Vorgaben, Möglichkeiten durch kommunale Unternehmen und die Schaffung von Anreizen für einen möglichst nachhaltigen Ressourcen- und Energieeinsatz. Folgende Handlungsoptionen werden daher festgehalten:

- Es ist zur Erreichung des Plus-Energie-Standards die größtmögliche Ausnutzung von Dachflächen zur Energiegewinnung zu ermöglichen. Ein grober Zielwert als Richtgröße, welcher konkret vom Energiekonzept abhängig ist, kann mit mindestens 70 % angegeben werden.
- Im Bebauungsplanverfahren kann dies mitunter vorgegeben werden (§9 Abs. 1 Nr 23 b) BauGB), die Festsetzungsmöglichkeit ist jedoch rechtlich umstritten und nicht abschließend rechtssicher. Eine rechtliche Prüfung für das Baugebiet wird hier empfohlen.
- Energetisch nutzbare bzw. zu nutzende Freiflächen beispielsweise für Erdkollektoren, Brunnen, ggf. in Koordinierung mit Flächennutzung und Oberflächenwassermanagement sollten schon in der Bauleitplanung ausgewiesen werden.
- Vorgaben zu Schallschutz innerhalb der Bauleitplanung haben Auswirkung auf die Aufstellung von Luft-Wärmepumpen. Dies kann zur Steuerung genutzt werden.
- In jedem Falle ist als Mindeststandard die Schaffung der Möglichkeit zur energetischen Nutzung durch PV-Anlagen als Vorgabe in öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Verträgen vorzusehen. Eine Erweiterung kann in der Pflicht zur konkreten Nutzung dieser Möglichkeit und der Errichtung einer PV-Anlage festgesetzt werden. Dies hängt auch von möglichen Angeboten Dritter, z.B. den Stadtwerken in Form von Pachtmodellen ab.
- Parallel können auch Anreize und Verfahrenserleichterungen geschaffen werden für die Installation von PV-Anlagen, z.B. durch Energieberatungen, ein Angebot zur Baubegleitung, Fördermittelberatung und Unterstützung durch einen Betriebsservice (Anmeldung, jährliche Meldung, rechtliche Auflagen, etc.). Die Errichtung und der Betrieb privater PV-Anlagen ist nicht trivial und stellt häufig ein Hemmnis gerade für private BauherrInnen dar. Durch ein Service-Angebot durch die Stadt oder kommunale Unternehmen kann diese Hürde gesenkt werden.
- Zudem sollte die Vorbildfunktion im Bereich öffentlicher Gebäude besonders im Baugebiet wahrgenommen werden.
- Eine weitere Vereinfachung kann die Schaffung eines allgemeingültigen Genehmigungsrahmens für Grundwasser-Wärmepumpen mit Planungsgrundsätzen sein. Hierbei kann sich mit der unteren Wasserbehörde speziell für das Gebiet abgestimmt werden und Genehmigungsverfahren vereinfacht werden. Dies gilt auch für Erdkollektoren.

5 ZENTRALE STROM- UND WÄRMEVERSORGUNG

5.1 STROMVERSORGUNG

Analog zu den dezentralen Versorgungsvarianten wurde für die Stromversorgung auch in den zentralen Varianten Photovoltaik und Windkraft in gleicher Weise betrachtet.

Für zentrale Photovoltaik-Freiflächenanlagen fehlt im Baugebiet eine geeignete Fläche. Daher muss auch in den zentralen Versorgungsvarianten auf die dezentralen Dachflächen zurückgegriffen werden.

Zentrale Windkraftanlagen sind für das Baugebiet aufgrund mangelnden Flächenangebots, zu geringer Abstände zu bebauten Gebieten, als auch aufgrund mangelnder Eignung durch geringe Windgeschwindigkeiten nicht zu empfehlen und damit auch nicht betrachtet. Kleinwindkraftanlagen können auch in den zentralen Varianten eine Ergänzung mit Leuchtturmcharakter sein.

5.2 WÄRMEVERSORGUNG

Ursprünglich wurden auf Basis der Voruntersuchungen im Quartier und der Umfelduntersuchung drei Varianten in Betracht gezogen. Durch neue Erkenntnisse im Laufe des Projekts wurden jedoch vier weitere Varianten ergänzt und in den Vergleich aufgenommen. Alle Möglichkeiten zur Wärmeversorgung werden im Folgenden einzeln vorgestellt.

5.2.1 ERDKOLLEKTOR

Genauso wie in den dezentralen Versorgungsvarianten besteht auch für die zentralen Lösungen die Möglichkeit der Nutzung von Erdwärme. Aufgrund der Lage in einem Wasserschutzgebiet kommt dabei nur der Einsatz von Erdkollektoren oder maximal Grundwasserwärme in Frage.

Für die Gewinnung der Erdwärme wird im Falle des Erdkollektors ein Rohrsystem waagrecht in etwa ein bis zwei Meter Tiefe unter die Erdoberfläche verlegt. Durch das Rohrsystem wird eine Sole aus frostsicherer Flüssigkeit geführt, die die thermische Energie aufnimmt und dem Wärmetauscher übergibt. Erdkollektoren nehmen Wärmeenergie aus dem oberflächennahen Bereich auf. Die Energie wird durch Sonneneinstrahlung und Regen(sicker)wasser bereitgestellt.

Im Rahmen der Konzeption kommen Kollektoren in einlagiger Ausführung zur Anwendung. Als potentielle Verlegeflächen sind die Freiraumflächen im Quartier berücksichtigt. Aus dem vorliegenden Bodengutachten war ersichtlich, dass bei einer Zusammensetzung aus trockenen Sanden und Schluffen sowie stellenweise Kies, nur mit einer vergleichsweise geringen Wärmeentzugsleistung von 25 W/m^2 zu rechnen ist. Mit den ermittelten Wärmebedarfen ergibt sich draus eine notwendige Kollektorfläche von insgesamt ca. 160.000 m^2 . Die verfügbare Freifläche im Quartier in Höhe von ca. 53.000 m^2 deckt diesen Bedarf nur zu ca. einem Drittel ab. Damit sind für diese Variante weitere nutzbare Flächen außerhalb des Baugebiets notwendig. Dies kann entweder westlich der Rodgauer Ringstraße erfolgen oder östlich der S-Bahn-Linie. Dort befinden sich ca. 25.000 m^2 städtischer Fläche, welche ein Nutzungspotential bieten. Andere Flächen müssten erst akquiriert werden. Daraus ergeben sich mehrere zentrale Erdkollektoren, welche in ein zentrales Wärmenetz pro Bauabschnitt einspeisen. Die einbezogenen Flächen sind in Abbildung 5.1 dargestellt.

Prinzipiell stellt sich aufgrund des enormen Flächenbedarfs und der daraus entstehenden Flächenkonkurrenz jedoch die Frage der Machbarkeit dieser Variante, auch wenn diese technisch umsetzbar ist. Für den Vergleich wird die Variante wie dargestellt weiter betrachtet. Ohne signifikanten wirtschaftlichen Vorteil gegenüber anderen Versorgungslösungen, stellt der Flächenbedarf allerdings ein erhebliches Hemmnis dar.

Das Netz ist als Niedertemperaturnetz konzipiert. Das heißt, die gewonnene thermische Energie aus den Kollektoren wird direkt bei einer Temperatur von ca. 10 °C in das Netz eingespeist und dort verteilt. Die Temperaturerhöhung auf die gewünschte Heiztemperatur erfolgt dezentral erst am jeweiligen Gebäude. Die Trinkwassererwärmung erfolgt kaskadiert durch eine Wärmepumpe oder elektrisch unterstützt. Der notwendige Strom kann im unmittelbaren Zusammenhang aus der Photovoltaik genutzt werden. Somit kann auf zentrale Großwärmepumpen verzichtet werden. Weiterhin wird die Wärme aufgrund der geringen Differenztemperatur zum umgebenden Erdreich nahezu verlustfrei transportiert.

Sowohl Erdkollektoren als auch das Wärmenetz können in dieser Variante je Bauabschnitt dimensioniert und unabhängig voneinander umgesetzt und betrieben werden.

Wärme

- einlagige Kollektoren
- Kollektorflächen je Bauabschnitt dimensionierbar
- trockener Sand, Schluff, stellenweise Kies bis 3 m Tiefe (Bodengutachten) = Entzugsleistung gering mit ca. 25 W/m²
- notwendige Kollektorfläche ≈ 160.000 m²
- Hinzunahme Flächen östlich S-Bahn in Prüfung
- Kaltes Wärmenetz mit 5 – 15 °C Vorlauf
- dezentrale Wärmepumpen in Objekten zur Temperaturerhöhung

Strom

- 100 % Dachbelegung PV
- Kleinwindkraft auf Quartiersgaragen



Abbildung 5.1: Steckbrief Variante Erdkollektor und Potentialflächen zentrale Erdkollektoren

5.2.2 ERGÄNZTER ERDKOLLEKTOR

Diese Variante beinhaltet die schon vorher betrachteten Erdkollektoren, nun jedoch unter Ergänzung weiterer Wärmeerzeugungstechnologien. Zum einen wird die Abwasserwärmenutzung mit in Betracht gezogen. Aus der Umfeldprüfung ergab sich eine thermische Leistung von ca. 300 kW an drei unterschiedlichen Entnahmepunkten. Die Entnahmen in der Hannah-Arendt-Straße und der Johann-Strauß-Straße bieten sich für den 2. Bauabschnitt an, die Entnahme in der Eisenbahnstraße für den 3. Bauabschnitt. Dabei ist von einem ganzjährigen Betrieb auszugehen.

Weiterhin wird die Wärmeerzeugung durch dezentrale Solarthermieanlagen analog zur entsprechenden dezentralen Versorgungslösung in Kapitel 0 ergänzt. Es werden ca. 10 % der verfügbaren Dachfläche als Solarthermiefläche angenommen. Dies leistet insbesondere einen Beitrag zur Sommerlast und kann in

Kombination mit der Abwasserwärme und Pufferspeichern pro Objekt, wie bei solarthermischen Anlagen üblich, die gesamte Wärmeversorgung in den Sommermonaten und z.T. auch in den Übergangsmonaten gewährleisten. Dabei können im Wärmenetz, welches ebenfalls als Niedertemperaturnetz angedacht ist, saisonal höhere Temperaturen eingestellt werden, um die Effizienz der Wärmepumpen zu erhöhen. Eine stärkere Belegung mit Solarthermie auf Kosten von Photovoltaik wird dabei nicht empfohlen, da zum einen die gewonnene Mehrmenge an Wärme nur durch zusätzliche Speicher genutzt werden kann und zum anderen Photovoltaik unter den aktuellen und absehbaren Marktumständen wirtschaftlich vorteilhafter ist.

Die Auslegung der Erdkollektoren und des Wärmenetzes können in dieser Variante ebenfalls je Bauabschnitt dimensioniert und unabhängig voneinander umgesetzt und mit den gemachten Ergänzungen betrieben werden.

Dennoch wird in dieser Variante die Problematik des hohen Flächenbedarfs nicht gelöst. Der Leistungsanteil der Abwasserwärme, welcher für die Auslegung ausschlaggebend ist, ist zu klein um den Flächenbedarf in relevanten Größenordnungen zu senken. Die Solarthermie kann zu gar keiner Reduzierung beitragen, da diese volatil und nicht steuerbar erzeugt wird. In Summe reduziert sich die notwendige Kollektorfläche nur um ca. 7.000 m², was immer noch eine Zusatzfläche außerhalb des Quartiers von ca. 100.000 m² notwendig macht. So stellt auch dieser Umstand für die Variante ein deutliches Hemmnis dar.

Wärme

- einlagige Kollektoren, je Bauabschnitt dimensionierbar
- trockener Sand, Schluff, stellenweise Kies bis 3 m Tiefe (Bodengutachten) = Entzugsleistung gering mit ca. 25 W/m²
- notwendige Kollektorfläche ≈ 150.000 m²
- Hinzunahme Flächen östlich S-Bahn in Prüfung
- Kaltes Wärmenetz mit 5 – 15 °C Vorlauf
- dezentrale Wärmepumpen in Objekten zur Temperaturerhebung
- Abwasserwärme aus allen 3 potentiellen Kanälen
- 10 % Dachbelegung Solarthermie

Strom

- 90 % Dachbelegung PV
- Kleinwindkraft auf Quartiersgaragen

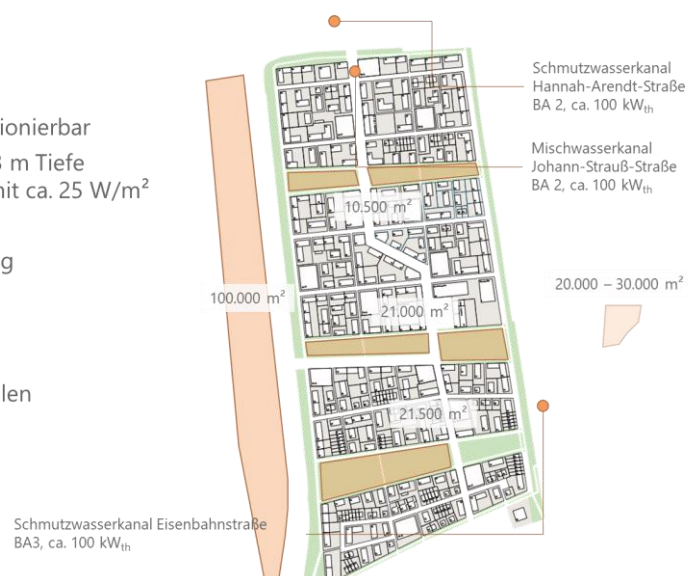


Abbildung 5.2: Steckbrief Variante ergänzter Erdkollektor und Potentialflächen zentrale Erdkollektoren, Entnahmestellen Abwasserwärme

5.2.3 MULTIVALENT

In dieser Variante wird die Idee des Erdkollektors nach wie vor weiterverfolgt, jedoch in der Weise, dass dieser nur auf die verfügbare Fläche von ca. 53.000 m² begrenzt ist. In Kombination mit der verfügbaren Abwasserwärme reicht diese Fläche aus, um den 2. oder 3. Bauabschnitt vollständig über ein

Niedertemperaturnetz versorgen zu können. Voraussetzung dafür ist die Sicherung der Freiflächen zur Verwendung und Berücksichtigung einer nur eingeschränkten Überbauung der Flächen.

Für den ersten Bauabschnitt wird unabhängig davon eine weitere Versorgungslösung in Form eines Holzhackschnitzel-Heizwerks betrachtet. Hintergrund ist die Möglichkeit, aus den stadteigenen Waldflächen Holzhackschnitzel zur energetischen Verwertung zu nutzen. Diese soll hier zumindest in Teilen Anwendung finden. Das entsprechende Heizwerk mit einer thermischen Leistung von ca. 2.700 kW kann westlich des Quartiers auf einer freien Fläche errichtet werden und versorgt über ein Warmwassernetz den 1. Bauabschnitt. Ein Niedertemperaturnetz ist in diesem Fall nicht zweckmäßig, da die erzeugte Wärme schon auf einem hohen Temperaturniveau vorhanden ist und nicht angehoben werden muss. Aus dem städtischen Waldflächen müssten dafür jährlich ca. 970 t Holz (Fichte) bzw. ca. 1.900 fm entnommen werden. In Abstimmung mit der Stadt werden die eingesetzten Holzhackschnitzel in der Konzeptbewertung als Energie aus dem Quartier gewertet, da sie im räumlichen Zusammenhang gewonnen werden.

Für den 3. Bauabschnitt kommt neben der Nutzung von Abwasserwärme die schon erwähnte Grundwasserwärmenutzung in Frage. Hierbei wird über einen oder mehrere Schluckbrunnen Grundwasser entnommen. Mittels eines Wärmetauschers kann dem Grundwasser nun Wärme entzogen werden und dieses wieder über einen Spuckbrunnen dem Grundwasserleiter zugeführt werden. Hierbei entsteht an der Rückführung des Grundwassers eine Temperaturfahne, d.h. ein Gebiet in Fließrichtung mit einem Temperaturgefälle zur Umgebungstemperatur. Einzelne Brunnen sollten nicht innerhalb der jeweiligen Temperaturfahne eines anderen Brunnens liegen, um eine zu hohe Temperaturabsenkung zu vermeiden. Eine mündliche Rücksprache mit der unteren Wasserschutzbehörde als auch der Bergbauaufsicht ergab keine grundsätzlichen Einwände für die Nutzung von Grundwasser. Jedoch unterliegen die Vorhaben einer fachlichen Einzelfallprüfung auf Grundlage einer Entwurfsplanung und können im Rahmen dieser auf Einwände stoßen.

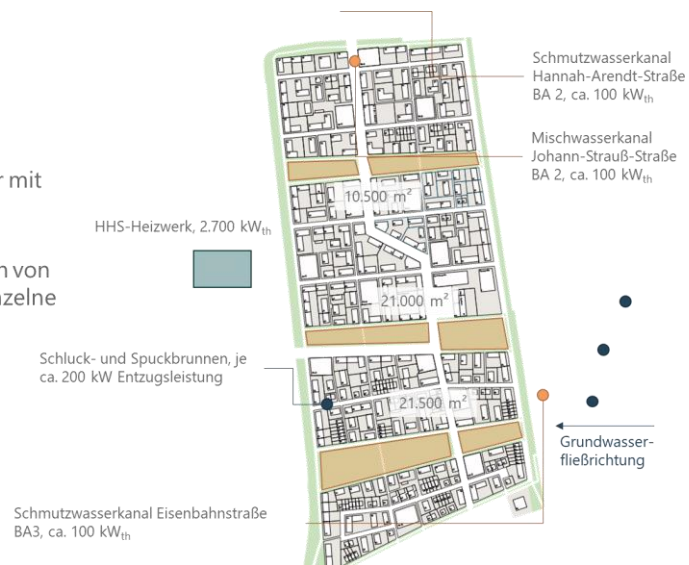
Insgesamt sind für den 3. Bauabschnitt 5 Entnahmestellen mit je einer Leistung von 200 kW bei einer Temperaturdifferenz bei Entnahme von maximal 2 Kelvin notwendig. Dabei wird von einer Brunntiefe von 15 m ausgegangen. Eingespeist wird die gewonnene thermische Energie in ein Niedertemperaturnetz, analog zum Erdkollektor mit einer dezentralen Temperaturerhöhung durch Wärmepumpen in den Gebäuden.

Wärme

- BA 1 mit HHS-Heizwerk, Warmwassernetz
- BA 2 mit Erdkollektor und Abwasserwärme, kaltes Wärmenetz, Kollektorfläche im Quartier mit ca. 50.000 m²
- BA 3 mit Grundwasserwärmepumpe, kaltes Wärmenetz, Positionierung der Brunnen von Temperaturfeldberechnung abhängig, ggf. einzelne Brunnen östlich S-Bahn

Strom

- 100 % Dachbelegung PV
- Kleinwindkraft auf Quartiersgaragen

**Abbildung 5.3: Steckbrief Variante Multivalent und Verortung der Erzeuger**

Prinzipiell kann die Zuordnung der Versorgungsvarianten zu den einzelnen Bauabschnitten variieren. Eine Ausnahme dabei bildet der 1. Bauabschnitt. Da dieser einen höheren Bedarf hat, genügen die Potentiale aus Erdkollektoren als auch Grundwasserwärme voraussichtlich nicht für eine vollständige Versorgung dieses Gebietes aus. Zudem ist die Sicherung der Flächen für den Erdkollektor von hoher Relevanz. Da dies voraussichtlich mit Baubeginn des 1. Bauabschnittes nicht garantiert werden kann, sollte der Erdkollektor zeitlich nachrangig behandelt werden.

5.2.4 SEETHERMIE

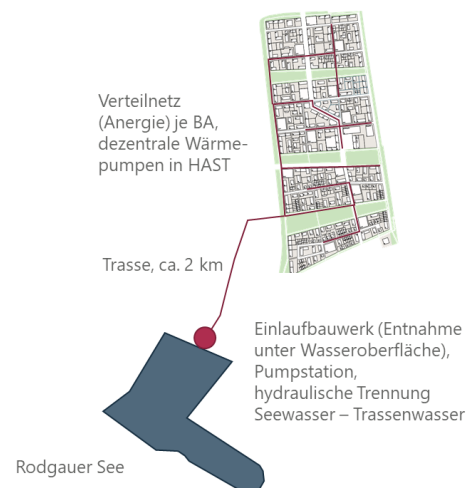
Als ergänzte innovative Wärmeversorgungslösung kommt entsprechend der Umfelduntersuchung auch die Nutzung sogenannter Seethermie in Frage. Das Versorgungssystem wird dabei ähnlich ausgeführt wie die bisherigen Varianten mit einem Niedertemperaturnetz. In diesem Fall wird jedoch ein Oberflächengewässer als Primärwärmequelle genutzt. Mit dem Rodgauer See in ca. 2,5 km Entfernung steht ein ausreichend großes Reservoir zur Verfügung. Am See selbst würde durch ein Einlaufbauwerk das Seewasser über einen Wärmetauscher abgekühlt und dementsprechend Wärme entzogen. Die Temperaturdifferenz betrage dabei 1 – 2 Kelvin. Das abgekühlte Seewasser kann dem Gewässer direkt und ohne Beeinflussung wieder zugeführt werden. Die Wasserentnahme sollte dabei an in tieferen, dauerhaft eisfreien Wasserschichten erfolgen, um konstante Temperaturen auch in den Wintermonaten garantieren zu können. Die Anomalie des Wassers hat zur Folge, dass in den unteren Seeschichten eine konstante Temperatur von ca. 4 °C vorhanden ist. Der Rücklauf kann knapp unter der Wasseroberfläche erfolgen. Aufgrund der Entfernung zum Quartier ist eine Wärmeleitung von 2 – 3 km Länge notwendig, um die Wärme ins Baugebiet zu transportieren. Da dies auf einem Niedertemperaturniveau erfolgt, sind jedoch, wie im Gesamtnetz, kaum Wärmeverluste zu erwarten. Am Rande des Quartiers kann das Wasser nun auf bauabschnittsbezogene Teilnetze aufgeteilt werden. So wird ein unabhängiger Betrieb gewährleistet. Lediglich die zuführende Trasse zwischen Quartier und See muss auf alle Bauschnitte ausgelegt werden. Die entsprechende Pumpstation kann mit dem Einlaufbauwerk kombiniert werden, sodass der notwendige Flächenbedarf am See auf ca. 200 – 300 m² begrenzt werden kann.

Wärme

- Wärmeentzug aus Rodgauer See über Wärmetauscher (Rohrbündel) mit direkter Entnahme Seewasser
- Gemeinsame Trasse, getrennte Teilnetze
- Kaltes Netz oder zentrale Großwärmepumpe

Strom

- 100 % Dachbelegung PV
- Kleinwindkraft auf Quartiersgaragen

**Abbildung 5.4: Steckbrief Variante Seethermie und Verortung der Erzeuger**

In einer Erweiterung der Variante wurde eine Teilbetrachtung nur für den ersten Bauabschnitt durchgeführt. Die Bauabschnitte 2 und 3 werden hier durch dezentrale Wärmeerzeugungslösungen versorgt, gemäß den Varianten unter Punkt 4.3. Hintergrund sind die vorhandenen Eigentumsverhältnisse der zu bebauenden Flächen. Etwa ein Drittel davon liegt laut HLG in privater Hand. Eine Anbindung an ein Wärmenetz kann dabei ohne vorhandenen öffentlich- oder privat-rechtlichen Vertrag nur sehr eingeschränkt, beispielsweise über eine Satzung vorgegeben werden. Dies stellt jedoch keine favorisierte Option der Gemeinde Rodgau dar. Die Energieversorgung soll auf Freiwilligkeit beruhen. Dezentrale und damit flexiblere Versorgungslösungen können in den Bauabschnitten mit einem höheren Anteil an Privateigentümern zu einer größeren Akzeptanz des Plus-Energie-Ziels führen und letztendlich dem Gesamtziel dienlich sein. Daher wird diese Variante eher ins Auge gefasst. Für die Betrachtung der Kosten erfolgt jedoch eine weitere Unterteilung in eine zentrale und eine hybride (zentrale und dezentrale Lösungen) Variante.

Prinzipiell kann jedoch auch die Zuordnung der Bauabschnitte verändert werden, beispielsweise mit dem 2. oder 3. Bauabschnitt als zentral versorgte Variante. Aus oben genannten Gründen wird jedoch der 1. Bauabschnitt als zentral versorgt empfohlen. Pro zentral versorgten Bauabschnitt ist lediglich die zentrale Trasse zum Rodgauer See sowie die verkehrsseitige Erschließung zu berücksichtigen. Da die Verlegung von Wärmenetzen zwecks der Zugänglichkeit in öffentlich gewidmeten Straßen zu empfehlen ist, sollten diese erst nach der Netzverlegung hergestellt werden. Zudem ist die Sicherung der Flächen notwendig.

Ein hemmender Faktor für die Umsetzung der Variante kann die öffentliche Akzeptanz der technologischen Nutzung des als Badesees deklarierten Rodgauer Sees sein. Einer Doppelnutzung steht aus technologischer Sicht unter entsprechende Sicherheitsvorkehrungen nichts im Wege. So wird beispielsweise am Bodensee die vorgestellte Technologie seit Jahren eingesetzt ohne Beeinflussung weitere Nutzungen. Dennoch ist ein Eingriff in ein bestehendes Naherholungsgebiet immer bedachtam vorzunehmen und sollte nur mit einer akzeptierten Lösung unter aktiver Bürgerbeteiligung vorgenommen werden.

Der Einfluss auf die Seethermik infolge des Wärmeentzugs kann als gering eingestuft werden. Die durchschnittliche Erwärmung durch den anthropologischen Klimawandel weist für Oberflächengewässer

in Deutschland ca. 1 Kelvin aus. Die hier aufgezeigte technologische Abkühlung bewegt sich je nach Variante zwischen 0,5 und 1 Kelvin. Ein negativer Einfluss auf die Seeökologie oder Wasserqualität ist damit nicht zu erwarten. Grundlage hierfür bildete eine überschlägige Simulation der mittleren Seetemperatur im Jahresverlauf mit und ohne Wärmeentzug. Gemäß Abbildung 5.5 beträgt die mittlere Abweichung deutlich unter einem Kelvin.

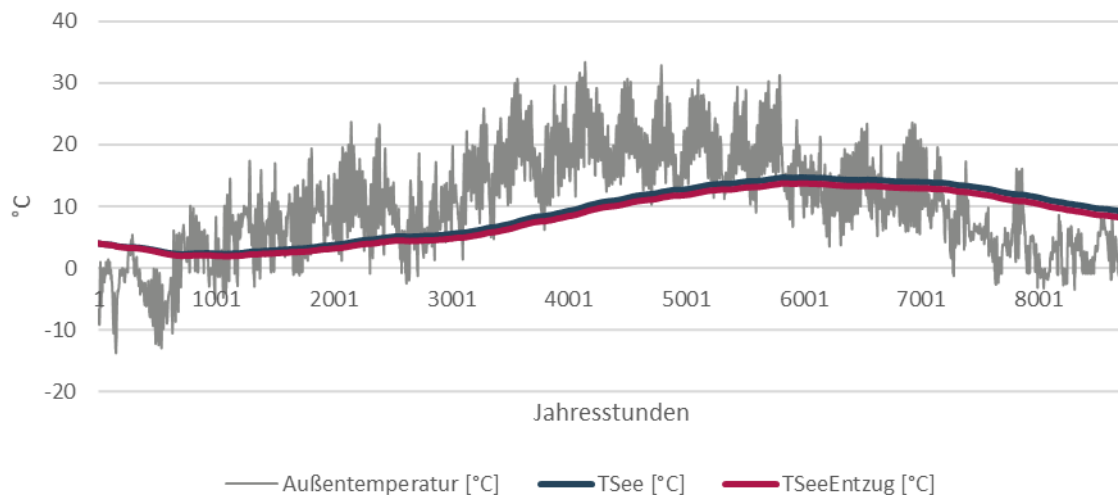


Abbildung 5.5: Ergebnisse Simulation mittlere Seetemperatur (TSee = mittlere Seetemperatur ohne Wärmeentzug, TSeeEntzug = mittlere Seetemperatur mit Wärmeentzug)

Die Simulation betrachtet dabei nur Mittelwerte und kann nicht die gesamte Hydrodynamik abbilden, weist jedoch in einem ersten Schritt keine potentiell schädlichen Einflüsse auf.

5.2.5 ABWÄRME

Die Umfelduntersuchung ergab keine nutzbaren bestehenden Abwärmequellen. Parallel zum Projekt Rodgau-West wurde durch die Stadt Rodgau und die Stadtwerke darum gebeten, dennoch eine solche Möglichkeit in die Betrachtung zu nehmen. Beispielhaft wurde deshalb eine weitere Variante betrachtet, bei der bis spätestens 2025 niedergrädige Abwärme mit einer Leistung von bis zu 40 MW auf einem Niveau von ca. 28 °C im Stadtgebiet bereitgestellt werden kann.

Eine mögliche Nutzung ist ähnlich der Hybrid-Seethermie-Variante vorstellbar. Dabei wird der erste Bauabschnitt über eine Trasse von der Abwärmequelle durch ein Niedertemperaturnetz auf etwas höherem Niveau von ca. 25 °C versorgt. Dies ist durch die höhere Abwärmtemperatur möglich und erhöht insgesamt die Effizienz der nach wie vor gebäudeweisen Temperaturerhöhung auf die notwendige Heiztemperatur von ca. 35 °C. In den beiden ergänzenden Bauabschnitten sind in der Variante dezentrale Wärmeerzeugungstechnologien vorgesehen, um eine erhöhte Flexibilität vor dem Hintergrund der bestehenden Flächeneigentumsverhältnisse zu gewährleisten.

Da es sich um eine externe Wärmelieferung handelt, können hierfür auch Lieferkosten anfallen. Gleichzeitig sollte der Wärmelieferant verpflichtet werden, die notwendige Einrichtung zur Auskopplung der Wärme selbst zu Verfügung zu stellen. Den gewonnen ökologischen Effekt kann sich dieser z.T. anrechnen. Da es sich bei der Abwärme um ein unabhängig vom Bedarf anfallendes Abfallprodukt

handelt, sind die hierfür aufrufbaren Preise i.d.R. auch niedrig, was der Variante einen wirtschaftlichen Vorteil gibt.

Wärme

- Abwärme aus neuer Gewerbeansiedlung auf Niveau von 28 °C für BA 1
- Niedertemperaturnetz im Quartier
- Dezentrale Versorgungslösungen in BA 2 und BA 3

Strom

- 100 % Dachbelegung PV
- Kleinwindkraft auf Quartiersgaragen

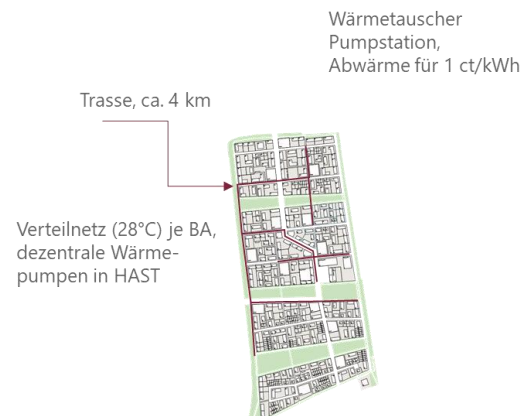


Abbildung 5.6: Steckbrief Variante Abwärme und Verortung der Erzeuger

Mit Blick auf die einzelnen Bauabschnitte gilt die gleiche Aussage wie für die Variante Seethermie. Die Rangfolge der Bauabschnitte kann relativ frei gewählt werden, z.B. erst der 2. Bauabschnitt zentral versorgt werden. Dennoch wird aus den oben genannten Gründen der erste Bauabschnitt als zentral versorgter Abschnitt empfohlen. Zudem können auch mehrere Bauabschnitte durch die Abwärme beliefert werden, wenn sich eine entsprechend wirtschaftlich lohnendes Abnehmerpotential vor Erschließung des Abschnittes abbildet. Entsprechend sollte die Medienplanung koordiniert werden.

5.2.6 KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Parallel zur Rahmenplanung wurde seitens der Stadtwerke Rodgau schon im Vorfeld ein mögliches Versorgungskonzept erarbeitet. Dies erfolgte noch unter anderen Rahmenbedingungen, wird für die Vergleichbarkeit jedoch in diesem Rahmen mit einbezogen.

Vorgesehen ist eine Unterteilung des gesamten Baugebiets in 25 Einzelquartiere, welches jeweils durch eine Energiezentrale auf Basis von vorerst erdgasversorgten BHKW und Heizkesseln mit Wärme und Strom versorgt werden soll. Verbunden ist dies mit einem exklusiven Quartiertarif. Die Einteilung und konzeptionelle Idee sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.

Eckdaten Rodgau-West

- 25 Quartiere aufgeteilt auf Baufelder
- Wohngebäude innerhalb der Quartiere werden über **Energiezentralen** mit Wärme und Strom versorgt
- Bewohner erhalten Wärme- und Stromversorgung zum eigenen, exklusiven Quartier-Tarif



Abbildung 5.7: Kenndaten Variante Kraft-Wärme-Kopplung und Verortung der Erzeuger

Quelle: EVR

Problematisch an dieser Variante im Rahmen des angestrebten Plus-Energie-Standards ist jedoch die Nutzung von Erdgas als fossiler Energieträger, da dieser nicht erneuerbar ist, aber auch nicht aus dem Quartier oder dessen näherem Umfeld gewonnen werden kann. Die weitere Bewertung zeigt, ob diese Variante dennoch eine Alternative darstellt.

Eine Anwendungsmöglichkeit mit der Vereinbarkeit der Klimaschutzziele liegt jedoch in der Nutzung alternativer Brennstoffe. Dies kann Biomethan sein, allerdings besteht bei dieser Nutzung wieder ein Bezug außerhalb des Quartierumfelds, da im Stadtgebiet Rodgau keine ausreichenden, selbst erzeugten Biomethanmengen zur Verfügung stehen. Langfristig bietet nur Wasserstoff aus erneuerbarem Strom die Möglichkeit zur Dekarbonisierung. Die Stadtwerke Rodgau haben in diesem Zusammenhang erste Pläne angestoßen und verfolgen eine ambitionierte Wasserstoffstrategie für den Verkehrs- und Energiesektor. Dabei sollen mittels Stroms von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen eigener Wasserstoff vor Ort erzeugt und über eine öffentliche Tankinfrastruktur bereitgestellt werden. Die dann vorhandene Infrastruktur bietet auch die Möglichkeit den Brennstoff Wasserstoff im Baugebiet Rodgau-West einzusetzen.

Die Anwendung von Wasserstoff wird in einer konzeptionellen Betrachtung dabei sukzessive ab 2030 angenommen. Hierbei kann ein geringer Anteil von Wasserstoff dem Erdgasnetz beigemischt werden. Diese Beimischung hat jedoch Grenzen, da sich die physikalischen Eigenschaften von Erdgas und Wasserstoff soweit unterscheiden, dass Netzinfrastruktur und Anwendungsgeräte, z.B. die BHKW ertüchtigt oder ersetzt werden müssen. Langfristig wird ein Ersatz durch Brennstoffzellen angenommen, welche auch 100 %-igen Wasserstoff einsetzen können. Bei den Gestehungskosten des Wasserstoffs wird der kommenden technologischen Entwicklung und Preisdegression Rechnung getragen und gemäß der Wasserstoffstudie der SWR ein Preis von 4,5 €/kg angenommen.

Bezogen auf die abschnittsweise Entwicklung des Baugebietes ergibt sich in dieser Variante der Vorteil einer höheren Flexibilität gegenüber anderer zentraler Netzvarianten, da nicht ein kompletter Bauabschnitt, sondern nur Teilgebiete zentral versorgt werden.

5.2.7 ABWÄRME, KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG

Als Symbiose aus den beiden vorangegangenen Varianten wurde noch auf Wunsch die Betrachtung der Abwärmenutzung im 1. Bauabschnitt in Kombination mit nachbarschaftsbezogenen KWK-Lösungen im 2. und 3. Bauabschnitt betrachtet. Die Variante erbt dabei die Vor- und Nachteile dieser Versorgungslösungen. So stellt sich zwar eine höhere Flexibilität durch den kleineren Bezug auf Nachbarschaften und ein wirtschaftlicher und ökologischer Vorteil aus der Abwärmenutzung dar.

Die Rangfolge der Bauabschnitte kann hier je nach Fortschritt der Flächensicherung auch variiert werden. Wie in den vorangegangenen Varianten ist dies in der koordinierten Medien- und Verkehrswegeplanung zu berücksichtigen und einzutakten.

5.3 VARIANTENVERGLEICH

Die Varianten sollen im Folgenden hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit, Ökologie und technischen Umsetzbarkeit einander gegenübergestellt werden.

5.3.1 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Für die wirtschaftliche Bewertung der Varianten wurde eine Gestehungskostenrechnung herangezogen. Hierbei werden Wärme- und Stromgestehungskosten getrennt ausgewiesen. Die Gestehungskosten berücksichtigen Investitionskosten sowie Betriebs- und Verbrauchskosten. Die Kosten werden jeweils auf die bereitgestellte Energie (EUR/MWh) und auf die Nutzfläche als repräsentative Warmmiete (EUR/m²*Monat) ausgegeben.

Die jährlichen kapitalgebundenen Kosten wurden annuitätisch über den Kalkulationszinssatz und Nutzungsdauer der jeweiligen Anlagentechnik ermittelt. Die Betriebs- und Verbrauchskosten berücksichtigen im Wesentlichen Kosten für Wartung und Instandsetzung der Anlagentechnik, Kosten für die Betriebsführung, MSR-Wesen, Versicherung und den Strombezug für die Wärmepumpen. In den folgenden zwei Tabellen sind für die Varianten jeweils die Aufstellung der Kosten zusammengetragen sowie im Ergebnis Gestehungskosten und Wärmepreise ausgegeben.

Tabelle 5.1: Wirtschaftlichkeitsberechnung Wärme Varianten zentrale Energieversorgung

Position	Einheit	Erdkollektor	Ergänzter Erdkollektor	Multivalent	Seethermie, alle BA	Seethermie, hybrid	Abwärme	KWK (H ₂)	Abwärme, KWK (H ₂)
Kapitalkosten	EUR/a	1.406.700	1.745.400	1.095.400	937.400	933.000	1.017.200	1.418.700	1.559.300
Erdkollektoren	EUR/a	497.000	476.100	186.000	0	0	0	0	0
Nahwärmenetz	EUR/a	186.600	186.600	186.600	186.600	98.000	98.000	186.600	186.600
HAST	EUR/a	358.400	358.400	287.600	358.400	141.100	141.100	216.800	216.800
Abwasserwärme	EUR/a	0	19.100	19.100	19.100	0	0	0	0
Holz-HW	EUR/a	0	0	119.200	0	0	0	0	0
Grundwasserwärme	EUR/a	0	0	27.600	0	0	0	0	0
Solarthermie	EUR/a	0	273.900	0	0	0	0	0	0
Seethermie	EUR/a	0	0	0	147.600	131.200	0	0	0
Abwärme	EUR/a	0	0	0	0	0	186.400	0	186.400
KWK	EUR/a	0	0	0	0	0	0	618.800	608.400
Dez. L/W-WP	EUR/a	0	0	0	0	283.300	283.300	0	0
Dez. Erdkollektoren	EUR/a	0	0	0	0	39.400	39.400	0	0
Dez. GW-Brunnen	EUR/a	0	0	0	0	26.800	26.800	0	0
NK	EUR/a	364.700	431.300	269.300	225.700	213.200	242.200	396.500	361.100
Operative Kosten	EUR/a	665.725	646.925	696.125	669.725	679.225	628.325	2.114.225	1.968.125
Betriebskosten	EUR/a	284.725	313.925	310.125	254.725	264.225	269.325	646.255	541.125
Bedarfskosten	EUR/a	381.000	333.000	386.000	415.000	415.000	359.000	1.155.000	1.147.000
<i>Strombezug WP</i>	<i>EUR/a</i>	<i>262.000</i>	<i>244.000</i>	<i>145.000</i>	<i>291.000</i>	<i>314.000</i>	<i>243.000</i>	<i>0</i>	<i>71.000</i>
<i>Eigenstrom WP</i>	<i>EUR/a</i>	<i>74.000</i>	<i>44.000</i>	<i>46.000</i>	<i>79.000</i>	<i>83.000</i>	<i>59.000</i>	<i>9.000</i>	<i>13.000</i>
<i>Pumpenstrom</i>	<i>EUR/a</i>	<i>45.000</i>	<i>45.000</i>	<i>45.000</i>	<i>45.000</i>	<i>18.000</i>	<i>18.000</i>	<i>45.000</i>	<i>45.000</i>
<i>Holz-HW</i>	<i>EUR/a</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>12.000</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>HHS</i>	<i>EUR/a</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>138.000</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Abwärme</i>	<i>EUR/a</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>39.000</i>	<i>0</i>	<i>39.000</i>
<i>Erdgas/Wasserstoff</i>	<i>EUR/a</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1.092.000</i>	<i>972.000</i>
Summe	EUR/a	2.072.425	2.392.325	1.791.525	1.607.125	1.612.225	1.645.525	3.219.925	3.247.425
Gestehungskosten	EUR/MWh	222	257	192	172	173	177	346	348
Wärmepreis	EUR/m²NUF	0,94	1,08	0,81	0,73	0,73	0,74	1,46	1,47

Tabelle 5.2: Wirtschaftlichkeitsberechnung Strom Varianten zentrale Energieversorgung

Position	Einheit	Erdkollektor	Ergänzter Erdkollektor	Multivalent	Seethermie, alle BA	Seethermie, hybrid	Abwärme	KWK (H ₂)	Abwärme, KWK (H ₂)
Kapitalkosten	EUR/a	706.000	636.000	706.000	706.000	706.000	706.000	1.101.200	943.100
PV	EUR/a	704.000	634.000	704.000	704.000	704.000	704.000	704.000	704.000
Kleinwindkraft	EUR/a	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
BHKW	EUR/a	0	0	0	0	0	0	395.200	237.100
Operative Kosten	EUR/a	969.100	964.600	950.100	973.100	979.100	763.100	1.192.100	926.100
Betriebskosten	EUR/a	124.100	118.600	124.100	124.100	124.100	124.100	124.100	124.100
Bedarfskosten	EUR/a	845.000	846.000	826.000	849.000	855.000	639.000	1.068.000	802.000
<i>Stromnetzbezug</i>	<i>EUR/a</i>	<i>778.000</i>	<i>779.000</i>	<i>756.000</i>	<i>782.000</i>	<i>789.000</i>	<i>541.000</i>	<i>210.000</i>	<i>310.000</i>
<i>EEG-Umlage</i>	<i>EUR/a</i>	<i>67.000</i>	<i>67.000</i>	<i>70.000</i>	<i>67.000</i>	<i>66.000</i>	<i>98.000</i>	<i>141.000</i>	<i>128.000</i>
<i>Wasserstoff</i>	<i>EUR/a</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>717.000</i>	<i>364.000</i>
Sonst. Erlöse	EUR/a	-563.000	-508.000	-574.000	-561.000	-561.000	-485.000	-846.000	-706.000
Stromeinspeisung	EUR/a	-563.000	-508.000	-574.000	-561.000	-561.000	-485.000	-846.000	-706.000
Summe	EUR/a	1.112.100	1.092.600	1.082.100	1.118.100	1.124.100	984.100	1.447.300	1.163.200
Gestehungskosten Eigenversorgung	EUR/MWh	172	169	167	173	174	152	223	180

5.3.1 ENERGIE- UND CO₂-BILANZ

In der nachfolgenden Tabelle ist dargestellt, wie in den einzelnen Varianten der Wärme- und Strombedarf aus welchen Quellen gedeckt wird. Für die Ermittlung der Eigenstromnutzung aus Photovoltaik- und Kleinwindkraftstrom wurde ein stundenscharfer Erzeugungs- sowie Bedarfslastgang erstellt und diese einander gegenübergestellt. Daraus kann für jede Stunde im Jahr ermittelt werden, inwieweit der Bedarf aus der Erzeugung direkt vor Ort gedeckt werden kann oder aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden muss.

Tabelle 5.3: Energiebilanz Varianten zentrale Energieversorgung

Position	Einheit	Erdkollektor	ergänzter Erdkollektor	Multivalent	Seethermie	Seethermie, hybrid	Abwärme	KWK	Abwärme, KWK
Wärmebedarf	MWh	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319
aus Erdkollektor /Sole-Wärmepumpe	MWh	9.319	5.940	1.826	-	-	-	-	-
aus Abwasserwärme	MWh	-	1.386	2.012	2.300	-	-	-	-
aus Solarthermie	MWh	-	1.993	-	-	-	-	-	-
aus Grundwasserwärme	MWh	-	-	1.578	-	-	-	-	-
aus Holzhackschnitzeln	MWh	-	-	3.905	-	-	-	-	-
aus Seethermie	MWh	-	-	-	7.019	3.905	-	-	-
aus dez. Luft-Wasser-Wärmepumpe	MWh	-	-	-	-	3.633	3.633	-	-
aus dez. Sole-Wasser-Wärmepumpe	MWh	-	-	-	-	1.782	1.782	-	-
aus Abwärme	MWh	-	-	-	-	-	3.905	-	3.905
aus BHKW	MWh	-	-	-	-	-	-	7.684	4.332
aus Heizkessel	MWh	-	-	-	-	-	-	1.636	1.083
Strombedarf Gebäude	MWh	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477
Netzbezug	MWh	3.891	3.893	3.779	3.911	3.943	2.705	1.048	1.550
Eigenstrom	MWh	2.585	2.584	2.697	2.565	2.534	3.772	5.429	4.927
Strombedarf Wärmepumpen	MWh	2.071	1.628	1.203	2.266	2.410	1.902	215	589
Netzbezug	MWh	1.311	1.219	723	1.457	1.571	1.214	0	371
Eigenstrom	MWh	760	409	481	809	839	687	215	218
Strombedarf gesamt	MWh	8.548	8.105	7.680	8.743	8.887	8.378	6.692	7.066
Stromerzeugung	MWh	11.383	10.249	11.383	11.383	11.383	11.383	17.530	14.849
Netzeinspeisung	MWh	8.038	7.257	8.205	8.009	8.010	6.925	12.079	10.091
Plus-Energie-Kriterium	%	118%	114%	123%	116%	116%	119%	111%	116%

In allen Varianten kann das Plus-Energie-Kriterium erfüllt werden. Dieses ergibt sich dabei, wie in den dezentralen Versorgungsvarianten, aus dem Quotienten der zur Erzeugung genutzten Endenergie, was der im Quartier erzeugten Energie entspricht und der Nutzenergiebedarfe:

$$PEQ = \frac{\text{Endenergiebedarf Wärme \& Strom}}{\text{im Quartier gewonnene Endenergie}}$$

Im Quartier gewonnene Energie ist dabei Wärme aus Solarstrahlung, Umweltenergie (Luft, Erdreich) oder Holzhackschnitzeln (Gewinnung im räumlichen Zusammenhang) und Strom aus Solarenergie und Windkraft. Zudem wird methodisch auch der erzeugte Strom aus erdgasbefeuerten KWK-Anlagen als im Quartier gewonnener Strom bewertet.

Real werden allerdings nur etwa 30 % des Photovoltaikstroms vor Ort genutzt, die übrigen 70 % werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Zudem ist in allen Varianten von einer vollständigen Ausnutzung der verfügbaren PV-Dachfläche auszugehen. Dies wird in der Realität so voraussichtlich nicht erreicht werden. Eine Mindestbelegung von über 70 % ist für alle Varianten zur Erreichung des Plus-Energie-Standards jedoch erforderlich.

Für die einzelnen Varianten wurden auf Basis der Bedarfswerte sowie der jeweiligen Art der Energieversorgung Nutz-, End- und Primärenergiebedarfe für Wärme und Strom untersucht und in folgender Energiebilanz zusammengetragen. Hierfür wurde für den Netzbezug der nach DIN V 18599 gültige Wert für den Primärenergiefaktor des allgemeinen Strommixes von 1,8 angenommen. Für den vor Ort genutzten Strom aus der Photovoltaik sowie der Kleinwindkraft kann ein Wert von 0 angesetzt werden.

Tabelle 5.4: Nutz-, End-, Primärenergiebilanz Varianten zentrale Energieversorgung,

Position	Einheit	Erd-kollektor	ergänzter Erd-kollektor	Multi-valent	See-thermie, alle BA	See-thermie, hybrid	Abwärme	KWK	Ab-wärme, KWK
Wärme									
Nutzenergie	MWh	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319	9.319
Endenergie	MWh	2.071	1.628	5.797	2.266	2.410	1.902	10.611	9.850
Primärenergie	MWh	2.360	2.195	2.219	2.622	2.828	2.186	387	1.060
Strom									
Nutzenergie	MWh	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477
Endenergie	MWh	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	6.477	7.878	5.021
Primärenergie	MWh	7.005	7.007	6.803	7.041	7.097	4.869	1.887	2.790

Bei der Erstellung der CO₂-Bilanz wurde die zukünftige Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für Strom berücksichtigt. Als Status Quo wurde der vom Umweltbundesamt 2019 veröffentlichte CO₂-Emissionsfaktor für den Strommix angenommen. Die Prognosewerte für die Jahre 2030 und 2050 beruhen auf einer Kurzstudie des IINAS.

Tabelle 5.5: Prognose zur Entwicklung des Emissionsfaktors für Strommix

Entwicklung CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix	Ansatz
2020 (Veröffentlichung Umweltbundesamt 2019)	401 g/kWh
2030 (Prognose IINAS)	176 g/kWh
2050 (Prognose IINAS)	18,2 g/kWh

Über die genannten Eingangsgrößen ergibt sich die folgende CO₂-Bilanz für Wärme und Strom, ausgegeben absolut in Tonnen pro Jahr (t/a) und relativ in Tonnen pro Einwohner pro Jahr (t/EW*a):

Tabelle 5.6: Energiebilanz Varianten zentrale Energieversorgung

Position	Einheit	Erd-kollektor	ergänzter Erd-kollektor	Multi-valent	See-thermie, alle BA	See-thermie, hybrid	Abwärme	KWK	Ab-wärme, KWK
CO ₂ -Emissionen (aktuell)	t/a	2.086	2.050	1.929	2.153	2.211	1.572	3.969	3.329
CO ₂ -Emissionen (2030)	t/a	916	900	916	945	970	690	3.685	2.897
CO ₂ -Emissionen (2050)	t/a	94	92	205	97	99	71	23	35
CO ₂ -Emissionen (aktuell)	t/EW*a	0,48	0,47	0,44	0,49	0,51	0,36	0,91	0,76
CO ₂ -Emissionen (2030)	t/EW*a	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,16	0,84	0,66
CO ₂ -Emissionen (2050)	t/EW*a	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

Hinsichtlich der CO₂-Emissionen bewegen sich die meisten Varianten auf einem ähnlichen Niveau. Auffällig ist die Variante Abwärme mit einem ca. 25 % niedrigerem CO₂-Ausstoß, bedingt durch die höhere Effizienz der Wärmepumpen. Diese wiederum wird durch die höhere Primärquelltemperatur der Abwärme erreicht. Hervorzuheben ist außerdem die KWK-Variante mit einer fast doppelt so hohen Emissionsbilanz aufgrund des eingesetzten Erdgases. Durch den Einsatz von Wasserstoff sinken diese jedoch zum Jahr 2050 jedoch genauso stark wie die auf Wärmepumpen basierenden Varianten.

5.3.2 ZUSAMMENFASSUNG

Tabelle 5.7: Zusammenfassung Varianten zentrale Energieversorgung

	Erdkollektor	ergänzter Erdkollektor	Multivalent	Seethermie	Seethermie, hybrid	Abwärme	KWK	Abwärme, KWK
Vorteile	+ höhere Effizienz Sole-Wärmepumpen	+ höhere Effizienz Sole-Wärmepumpen + Warmwasserbereitung am Objekt	+ hohe Plus-Energie-Quote + hohe Diversifizierung der Wärmeerzeugung	+ niedrige Wärmekosten + Flexibilität in BA2 & BA3	+ niedrige Wärmekosten + Flexibilität in BA2 & BA3	+ hohe Effizienz + niedrige Wärmekosten + Flexibilität in BA2 & BA3	+ hohe Effizienz + hohe Flexibilität + Exklusivtarif	+ hohe Effizienz + hohe Flexibilität + Exklusivtarif
Nachteile	- hohe Investitionskosten - überproportionaler Flächenbedarf	- hohe Investitionskosten - überproportionaler Flächenbedarf - geringerer PV-Strom-Ertrag	- Schadstoffemissionen im Quartier - hoher Flächenbedarf - hohe Investitionskosten für verschiedene Erzeugungssysteme - Plus-Energie im räumlichen Zusammenhang	- Akzeptanz am Badensee - niedrige Effizienz Luft-WP - hohe PV-Belegungs-dichte erforderlich	- Akzeptanz am Badensee - niedrige Effizienz Luft-WP - hohe PV-Belegungs-dichte erforderlich	- Risiko durch Abhängigkeit vom Abwärmelieferanten - Trassenführung z.T. durch Stadtgebiet - Plus-Energie im räumlichen Zusammenhang	- Einsatz fossiler Energieträger - steigende CO ₂ -Kosten - Plus-Energie im räumlichen Zusammenhang	- Einsatz fossiler Energieträger - steigende CO ₂ -Kosten - Abhängigkeit vom Abwärmelieferanten - Trassenführung z.T. durch Stadtgebiet - Plus-Energie im räumlichen Zusammenhang
Plus-Energie-Kriterium	118 %	114 %	123 %	116 %	116 %	119 %	111 %	116 %
Wärmekosten	222 EUR/MWh 0,94 EUR/m ² NUF	257 EUR/MWh 1,08 EUR/m ² NUF	192 EUR/MWh 0,81 EUR/m ² NUF	172 EUR/MWh 0,73 EUR/m ² NUF	173 EUR/MWh 0,73 EUR/m ² NUF	177 EUR/MWh 0,74 EUR/m ² NUF	346 EUR/MWh 1,46 EUR/m ² NUF	348 EUR/MWh 1,47 EUR/m ² NUF
Stromkosten	172 EUR/MWh	169 EUR/MWh	167 EUR/MWh	173 EUR/MWh	174 EUR/MWh	152 EUR/MWh	223 EUR/MWh	180 EUR/MWh
Primärenergiebedarf	9.364 MWh	9.202 MWh	9.022 MWh	9.663 MWh	9.925 MWh	7.055 MWh	2.274 MWh	2.790 MWh
CO₂-Emissionen 2020	2.086 t/a	2.050 t/a	1.929 t/a	2.153 t/a	2.211 t/a	1.572 t/a	3.969 t/a	3.329 t/a
CO₂-Emissionen 2030	916 t/a	900 t/a	916 t/a	945 t/a	970 t/a	690 t/a	3.685 t/a	2.897 t/a
CO₂-Emissionen 2050	94 t/a	92 t/a	205 t/a	97 t/a	99 t/a	71 t/a	19 t/a	28 t/a

5.4 VERTEILNETZINFRASTRUKTUR

Zur Verteilnetzinfrastruktur gehört neben dem Stromnetz in diesem Falle auch das Wärmenetz. Das Stromnetz kann analog zu Kapitel 4.5 ausgelegt werden, da sich im Strombedarf und der -erzeugung keine erheblichen Unterschiede zeigen. Gleiches gilt für die Verknüpfung zum vorgelagerten Stromnetz.

Das Wärmenetz wurde je Bauabschnitt entworfen in Abhängigkeit der dort vorhandenen Bedarfsleistungen. Auf Ebene von Straßenzügen wurde eine Einteilung vorgenommen, welche die Auslegungsleistung bestimmt. Die Länge der Stränge wurde anhand der Rahmenplandaten ermittelt. Aus den Wärmeleistungen lassen sich die Volumenströme in Abhängigkeit der Vor- und Rücklauftemperaturen bestimmen und daraus wiederum die notwendigen Rohrdurchmesser.

Im Bereich der Niedertemperaturnetze kann auf eine Isolierung verzichtet werden, da die Netztemperatur der Umgebungstemperatur des Erdreiches entspricht und somit keine Wärmeübertragung stattfindet, ergo auch keine Wärmeverluste entstehen. Dies gilt nicht für die Abwärme-Variante und das Warmwassernetz des ersten Bauabschnittes in der Multivalent-Variante, da die Temperaturen hier jeweils höher liegen. Die Leitungsführung ist in allen Varianten identisch, jedoch unterscheiden sich die Dimensionen in den beiden letztgenannten von dem des Niedertemperaturnetzes.

Die Variation der Wärmeversorgung macht die Festlegung der Wärmenetze sehr komplex. Zudem müssen Erschließung des Baugebietes und die Unabhängigkeit der Bauabschnitte gewährleistet werden. Daher werden die folgenden Grundsätze für die Netzauslegung gemacht:

- Über die zentrale Quartierstraße, über welche auch weitere Medien erschlossen werden (z.B. Wasser) erfolgt eine zentrale Trassenführung durch alle Bauabschnitte. Die Trasse kann dabei aus mehreren Rohrleitungen bestehen, jeweils mit Bezug auf den jeweiligen Bauabschnitt oder als einzelne Sammelleitung ausgeführt sein. Dadurch wird eine Erschließung aller Bauabschnitte gewährleistet. Die Dimension hängt vom gewählten Energiekonzept ab.
- Die Erschließung von außen (z.B. Seethermie oder Abwärme) kann über die Baugebietsgrenzen an der zentralen Trasse (Anschluss Südtrasse, Anschluss Rodgauer Ringstraße, Anschluss Alter Weg) erfolgen.
- Bauabschnittsweise werden von der zentralen Trasse Leitungen unabhängig abgeführt, damit diese unabhängig voneinander konzipiert und betrieben werden können.
- Sollte ein Bauabschnitt nicht weiterentwickelt oder anders entwickelt werden, lassen sich die Einzelleitungen anpassen.

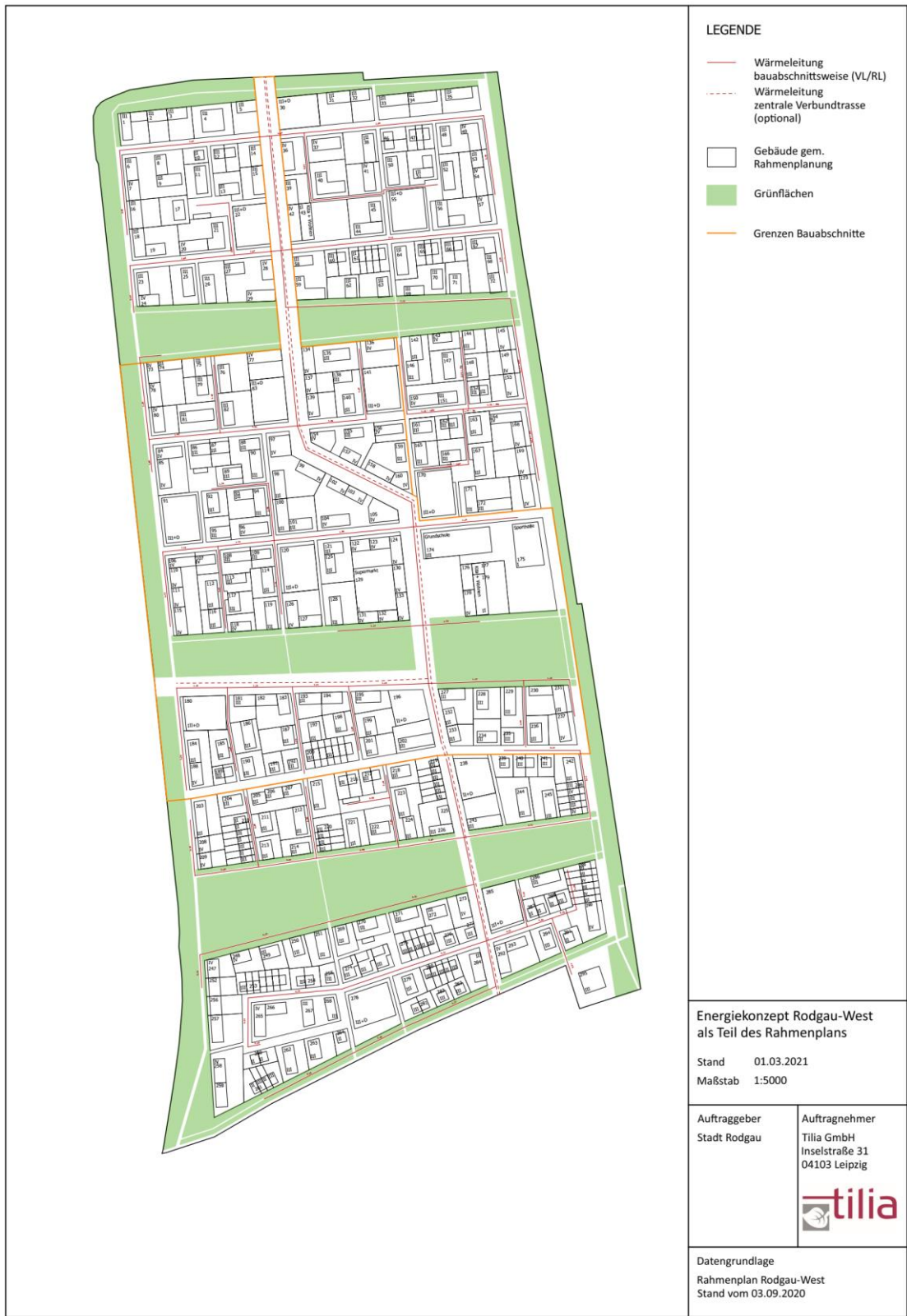


Abbildung 5.8: Leitungsführung Wärmenetz

5.5 AKTEURINNEN

Bei der Umsetzung sind diverse AkteurInnen beteiligt, die unterschiedliche Sichtweisen und Aufgaben in Bezug auf die Umsetzung der Versorgungslösung haben. Diese wurden für die Umsetzung der Varianten betrachtet und sind hier in Kurzform aufgelistet. Die Rollenverteilung unterteilt sich dabei in AkteurInnen mit Verantwortung (sind verantwortlich für Umsetzung der Versorgungslösung und Nachweis der Zielstellung), AkteurInnen, welche in Mitarbeit wirken (sind an Umsetzung beteiligt, jedoch ohne Verantwortung für Gesamtquartier) und AkteurInnen ohne direkte Mitarbeit, die jedoch Informationen erhalten.

Tabelle 5.8: AkteurInnenanalyse zentrale Versorgungsvarianten

AkteurIn	Erläuterung	Rolle (V...Verantwortung M...Mitarbeit I...Information)	Aufgaben
Stadt Rodgau	Stadtplanung, Verkehrsbehörde Presse und Information	V	<ul style="list-style-type: none"> – Bauleitplanung – Genehmigungen – Öffentlichkeitsarbeit
Stadtwerke Rodgau	SWR, EVR, Wasser Tiefbau	V	<ul style="list-style-type: none"> – Stromnetzbetreiber – Wärmenetzbetreiber – Energieversorger – ÖPNV-Betreiber – Energiedienstleister – Erschließung
HLG	-	V	<ul style="list-style-type: none"> – Flächenbevorratung – Flächenverwertung – Erschließung
Untere Wasserbehörde	-	M	<ul style="list-style-type: none"> – Genehmigung von Geothermieanlagen < 30 kW – Genehmigung zur energetischen Nutzung von Oberflächengewässern
Bergbauaufsicht	-	M	<ul style="list-style-type: none"> – Genehmigung von Geothermieanlagen > 30 kW
Bauträger mit Projektentwicklercharakter	-	M	<ul style="list-style-type: none"> – Errichtung und Finanzierung von Immobilien – Erfüllung der Anforderungen gem. gesetzlichen Regularien, Bauordnungsrecht und bilateralen Auflagen an Gebäude
Bauträger mit Eigennutzungscharakter	PrivateigentümerInnen mit Errichtung von eigenem Wohneigentum	M	<ul style="list-style-type: none"> – Errichtung und Finanzierung eigengenutzter Immobilien – Erfüllung der Anforderungen gem. gesetzlichen Regularien, Bauordnungsrecht und bilateralen Auflagen an Gebäude – NutzerIn der Energieinfrastruktur, EndkundIn
Gebäude- /WohneigentümerInnen	KäuferInnen von Wohneigentum oder Gebäuden	I	<ul style="list-style-type: none"> – NutzerIn der Energieinfrastruktur, EndkundIn
MieterInnen	-	I	<ul style="list-style-type: none"> – NutzerIn der Energieinfrastruktur, EndkundIn
Netzbetreiber	Strom, Wärme, Informations- und Telekommunikations- netze	V	<ul style="list-style-type: none"> – infrastrukturelle Erschließung des Baugebiets – Betrieb der Infrastruktur – Sicherstellung der Betriebssicherheit – Verwaltung und Herstellung von Netzanschlüssen
PlanerInnen/ArchitektInnen	im Auftrag von Bauträgern	M	<ul style="list-style-type: none"> – Planung und Errichtung von Gebäuden und Bauwerken – Sicherstellung der Anforderungen gem. gesetzlichen Regularien, Bauordnungsrecht und bilateralen Auflagen
Bauunternehmen	im Auftrag von Bauträgern	M	<ul style="list-style-type: none"> – Herstellung von Gebäuden und Bauwerken – Sicherstellung der Anforderungen gem. Planung
Technische Gebäudeausrüster	Fachfirmen, HandwerkerInnen, etc.	M	<ul style="list-style-type: none"> – Herstellung von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung – Sicherstellung der Anforderungen gem. Planung bzw. Vorgaben Bauträger
BürgerInnen	-	I	<ul style="list-style-type: none"> – Beteiligung an Bauleitplanung und ggf. Seethermie

5.6 HANDLUNGSOPTIONEN

Im Bezug auf die Wärme- und Stromversorgung sollte seitens der Stadt möglichst vielfältige Instrumente zur Erreichung des angestrebten Plus-Energie-Standards genutzt werden. Dies beinhaltet ordnungsrechtliche Vorgaben, Möglichkeiten durch kommunale Unternehmen und die Schaffung von Anreizen für einen möglichst nachhaltigen Ressourcen- und Energieeinsatz. Folgende Handlungsoptionen werden daher festgehalten:

- Es ist zur Erreichung des Plus-Energie-Standards die größtmögliche Ausnutzung von Dachflächen zur Energiegewinnung zu ermöglichen. Ein grober Zielwert (als Richtgröße, welcher konkret vom Energiekonzept abhängig ist, kann mit mindestens 70 % angegeben werden.
- Im Bebauungsplanverfahren kann dies mitunter vorgegeben werden (§9 Abs. 1 Nr 23 b) BauGB), die Festsetzungsmöglichkeit ist jedoch rechtlich umstritten und nicht abschließend rechtssicher. Eine rechtliche Prüfung für das Baugebiet wird hier empfohlen.
- Energetisch nutzbarer bzw. zu nutzende Freiflächen beispielsweise für Erdkollektoren, Brunnen, ggf. in Koordinierung mit Flächennutzung und Oberflächenwassermanagement sollten schon in der Bauleitplanung ausgewiesen werden.
- Vorgaben zu Schallschutz innerhalb der Bauleitplanung haben Auswirkung auf die Aufstellung von Luft-Wärmepumpen. Dies kann zur Steuerung genutzt werden.
- In jedem Falle ist als Mindeststandard die Schaffung der Möglichkeit zur energetischen Nutzung durch PV-Anlagen als Vorgabe in öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Verträgen vorzusehen. Eine Erweiterung kann in der Pflicht zur konkreten Nutzung dieser Möglichkeit und der Errichtung einer PV-Anlage festgesetzt werden. Dies hängt auch von möglichen Angeboten Dritter, z.B. den Stadtwerken in Form von Pachtmodellen ab.
- Parallel sollten auch Anreize und Verfahrenserleichterungen geschaffen werden für die Installation von PV-Anlagen, z.B. durch Energieberatungen, ein Angebot zur Baubegleitung, Fördermittelberatung und Unterstützung durch einen Betriebsservice (Anmeldung, jährliche Meldung, rechtliche Auflagen, etc.). Die Errichtung und der Betrieb privater PV-Anlagen ist nicht trivial und stellt häufig ein Hemmnis gerade für private BauherrInnen dar. Durch ein Service-Angebot durch die Stadt oder kommunale Unternehmen kann diese Hürde gesenkt werden.
- Zudem sollte die Vorbildfunktion im Bereich öffentlicher Gebäude besonders im Baugebiet wahrgenommen werden.
- Eine weitere Vereinfachung kann die Schaffung eines allgemeingültigen Genehmigungsrahmens für Grundwasser-Wärmepumpen mit Planungsgrundsätzen sein. Hierbei kann sich mit der unteren Wasserbehörde speziell für das Gebiet abgestimmt werden und Genehmigungsverfahren vereinfacht werden. Dies gilt auch für Erdkollektoren.
- Generell ist im Rahmen der zentralen Versorgungsvarianten zwingend eine Entscheidung für ein Wärmeversorgungskonzept, zumindest jedoch eine engere Auswahl zu treffen und dieser weiter zu verfolgen bzw. zu entwickeln mit Konkretisierung der Rahmenbedingungen und Ausführungen bis zur endgültigen Festlegung für ein Wärmeversorgungskonzept.
- Mit Blick auf Wärmenetze ist im Rahmen der Bauleitplanung i.d.R. keine Festsetzung zum Anschluss- und Benutzungszwang gegeben. Dies kann ggf. über separate Satzungen ermöglicht werden, ist jedoch nicht verbreitet und kann ein Vermarktungshemmnis sein (Zwang i.d.R. negativ konnotiert).

- Innerhalb der Flächenvermarktung ist zu empfehlen den Plus-Energie-Standard aktiv als Anreiz-Instrument zu nutzen, gar als Alleinstellungsmerkmal. Dadurch lassen sich Zielgruppe und Nachfrage auch aktiv steuern. Dies erleichtert ggf. auch den Einsatz zentraler Versorgungskonzepte.

6 QUERSCHNITTSTECHNOLOGIEN

6.1 QUARTIERSPEICHER

Im Rahmen einer SWOT-Analyse soll der Einsatz eines oder mehrerer Strom-Quartierspeicher zum Ausgleich von Schwankungen bei Erzeugung und Verbrauch diskutiert werden. Die SWOT-Analyse stellt dabei die Untersuchung von Stärken (**Strengths**), Schwächen (**Weaknesses**), Chancen (**Opportunities**) und Risiken (**Threats**) der Thematik dar. Stärken und Schwächen kommen dabei von innen, können also direkt vom Projekt beeinflusst werden. Dagegen thematisieren Chancen und Risiken externe Faktoren, die nicht direkt beeinflusst werden können.

Die Ausführung kann dabei zentral, also mit einem oder wenigen großen Quartiersspeichern, oder dezentral, also mit Zugriff auf private Stromspeicher einzelner Haushalte und der Vernetzung dieser in einem virtuellen Großspeicher erfolgen. Die dezentralen Speicher entfalten hierbei eine Doppelwirkung. Einerseits erhöhen sie die Eigenverbrauchsquote der einzelnen Haushalte, andererseits können sie auch netzdienlich für das Gesamtquartier eingesetzt werden. Die Privathauhalte erlauben dabei einen Zugriff auf die Speicherkapazität unter vorher vereinbarten Bedingungen. Eine Vernetzung kann auch als Smart Grid-Technologie bezeichnet werden und ist als Handlungsfeld erprobt. Konkrete Erfolge sind im folgenden Kapitel beschrieben. Ob der Quartierspeicher zentral oder dezentral ausgeführt ist, macht für die Gesamtwirkung auf das Quartier jedoch keinen Unterschied.

Generell entlasten Stromspeicher Stromnetze, da sie Erzeugung und Verbrauch des Stroms zeitlich voneinander entkoppeln. Dabei werden Spitzen in der Einspeisung, beispielsweise von Photovoltaik-Strom bei starker Sonneneinstrahlung, im gesamten Quartier ebenso wie Nachfragespitzen durch den Quartierspeicher abgepuffert. Somit erfolgt eine Flexibilisierung des Energiesystems. Man spricht hierbei auch von Lastspitzenkappung oder Peak-Shaving. Hohe elektrische Leistungen werden dabei vermieden, da die Energie in einem Speicher gepuffert wird und in Zeiten hoher Leistungsbedarfe aus dem Speicher abgerufen werden kann. Diese Spitzenlast-Glättung bewirkt auch einen preislichen Vorteil, wenn neben dem Arbeitspreis je Kilowattstunde Strom auch ein Leistungspreis für die maximal aus dem Netz bezogene Leistung erhoben wird. Die Abrechnung eines Leistungspreises erfolgt heute in der Regel nur für Kunden mit großem Leistungsbedarf, für Privatkunden kommt dies aktuell nicht zum Tragen. Die Ermittlung des Leistungspreises richtet sich nach der höchsten bezogenen Leistung im Jahr. Eine kurze Spitze kann hier also bereits hohe Kosten verursachen, was durch die Lastspitzenkappung vermieden werden kann.

Daneben tragen Stromspeicher auch dazu bei, dass der Eigenverbrauchsanteil lokal erzeugten Stromes erhöht werden kann. Die Erhöhung der Eigenverbrauchsquote ist dabei von der Größe des Speichers abhängig. Im Vergleich zu Heimspeichern bietet ein Quartierspeicher zusätzlich die Chance, dass diese Quote noch einmal erhöht werden kann, da Bedarf und/oder Angebot unter den BewohnernInnen des Quartiers zeitversetzt auftreten können. Ein weiterer Vorteil für die QuartiersbewohnerInnen liegt daran, dass keine eigenständige Anschaffung, Betrieb und Wartung der Heimspeicher mehr erforderlich ist, sondern dass diese Themen an eine mögliche Betreiberin ausgelagert werden können. Es ist keine eigene Investition in die Anlagentechnik erforderlich und das betriebliche Risiko wird verlagert. Weiterhin wird

eine Platzersparnis im eigenen Gebäude geschaffen, wenn anstelle des eigenen Heimspeichers ein Quartiersspeicher eingesetzt wird.

Neben den genannten Vorteilen bzw. Chancen der ergeben sich für die Realisierung von Strom-Quartiersspeichern auf der anderen Seite jedoch auch Schwächen und Risiken. Aufgrund noch immer hoher Speicherpreise, lassen sich in Projekten auf Quartiersebene teilweise keine wirtschaftlichen Vorteile erzielen, wenn die Anschaffungs- und Betriebskosten den genannten Einsparungen gegenübergestellt werden. Weiterhin müssen Betreibermodelle gefunden werden, die gegebenenfalls nur schwierig oder mit größeren rechtlichen Hürden umsetzbar sind. Renditeanforderungen von externen Betreiberinnen können den Vorteil für GebäudeeigentümerInnen schmälern. Gleichzeitig muss eine Akzeptanz unter den BewohnernInnen bzw. GebäudeeigentümerInnen im Quartier geschaffen werden. Denn sicherlich gibt es auch solche, denen eher an einer Unabhängigkeit gelegen ist und die selbst Kontrolle über die eigene Ein- und Ausspeicherung haben möchten.

Um eine quantitative Aussage treffen zu können, wurde im Rahmen des Energiekonzeptes eine vergleichende Betrachtung vorgenommen. Hierbei wurden beispielhaft für die vorgestellte Versorgungsvariante 2 Minder- und Mehrkosten für eine Lösung mit bzw. ohne Quartiersspeicher ermittelt. Hierbei wurde zunächst die Annahme getroffen, dass für den Betrieb der Quartiersspeicher beispielsweise die NetzbetreiberIn in Frage käme. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund des in Summe hohen Leistungsbedarfes im Quartier die Abrechnung eines Leistungspreises erfolgen würde uns somit auch von einer Spitzenlastkappung profitiert werden kann. Unter der Maßgabe, dass die Bauabschnitte unabhängig voneinander funktionieren sollen, wurde für jeden Bauabschnitt ein eigener Quartiersspeicher mit einer Kapazität zwischen 2.000 und 3.000 kWh vorgesehen. Die Speicherkosten wurden mit 700 EUR/kWh angesetzt.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Untersuchung für das gesamte Quartier zusammengetragen:

Tabelle 6.1: Strom-Quartierspeicher für Varianten dezentrale Energieversorgung

		Quartiersspeicher	
		nein	ja
Energiebilanz			
Strombedarf gesamt	MWh	9.591	9.591
Stromerzeugung (PV und Kleinwindkraft)	MWh	11.388	11.388
Netzeinspeisung	MWh	7.955	5.936
Eigenstromnutzung	MWh	3.433	5.452
Netzbezug	MWh	6.158	4.139
Leistungsspitze	MW	3,4	2,8
Wirtschaftlichkeit			
Mehrkosten	EUR/a	---	464.000
Minderkosten	EUR/a	---	180.000
SALDO	EUR/a		-284.000
Ökologie - Minderemissionen auf Basis von			
- aktueller Emissionsfaktor Strom	t/a	---	809
- Emissionsfaktor-Prognose Strom 2030	t/a	---	355
- Emissionsfaktor-Prognose Strom 2050	t/a	---	37

Die Ergebnisse zeigen, dass die Eigenverbrauchsquote durch den Einsatz der Quartierspeicher von etwa 30% auf etwa 50% gesteigert werden kann. Weiterhin kann die Leistungsspitze um etwa 20 % gesenkt werden. Über die Steigerung des Eigenverbrauchs und die damit einhergehende Verringerung des Netzbezuges ist eine deutliche Reduzierung der jährlichen CO₂-Emissionen möglich.

Gleichzeitig ist jedoch auch zu erkennen, dass die Minderkosten aus dem verringerten Leistungsentgelt sowie dem verringerten Stromnetzbezug aufgrund höheren Eigenverbrauchs die Mehrkosten aus den hohen Anschaffungskosten der Quartierspeicher sowie höheren Betriebskosten nicht decken können. Hierbei wäre eine Verringerung der spezifischen Speicherkosten von aktuell etwa 700 EUR/kWh auf unter 300 EUR/kWh erforderlich, um einen Ausgleich von Minder- und Mehrkosten zu schaffen.

Dabei zeigt sich in dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ein Vorteil vernetzter dezentraler Speicher. Diese benötigen keine zentralen Investitionen in Speicherkapazitäten, sondern nutzen vorhandene Kapazitäten aus Privathaushalten. Nachteilig ist dabei, dass die Menge an Speicherkapazität damit auch von der Verbreitung dezentraler Speicher abhängig ist. Dennoch bietet der Aufbau einer zentralen Plattform oder Verwendung bereits bestehender DienstleisterInnen zur Vernetzung dezentraler Speicher Vorteile für die Senkung der jährlichen CO₂-Emissionen.

Um zentrale Speicher, ggf. auch erst nachträglich einbauen zu können, sollte in den Quartiersgaragen eine entsprechende Aufstellfläche vorgehalten werden, welche zusätzlich mit Leerrohren erschlossen ist. Zusätzlich muss Platz für eine Wandlerrmessanlage freigehalten werden und die Spannungshauptverteilung der Quartiersgarage ausreichend Platz für eine Erweiterung vorhalten.

In der folgenden Darstellung sind die Ergebnisse der SWOT-Analyse abschließend kurz zusammengefasst.

Tabelle 6.2: SWOT-Analyse Quartierspeicher

intern	S Stärken <ul style="list-style-type: none"> ▪ Neubaugebiet – d.h. neue Strukturen können einfacher aufgebaut werden ▪ Kappung von Lastspitzen und damit Senkung des Leistungsentgeltes ▪ Erhöhung des Eigenverbrauchs -> weniger Bezug von teurem Netzstrom & Verringerung von CO₂-Emissionen ▪ Weniger Abhängigkeit von Börsenstrompreisen 	W Schwächen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Betreibermodell ggf. schwierig umsetzbar ▪ Hohe Investitionskosten für Stromspeicher und damit aktuell kein wirtschaftlicher Vorteil erzielbar ▪ Renditeanforderungen von externen Betreibern schmälern ggf. den Vorteil für GebäudeeigentümerInnen
	O Chancen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung von Förderbedingungen und Förderung von Quartierspeichern ▪ Weiterhin sinkende Speicherpreise verbessern die Wirtschaftlichkeit einer Realisierung 	T Risiken <ul style="list-style-type: none"> ▪ Langfristige Verlässlichkeit der Förderpolitik? ▪ Fehlender Anschlusswille von BewohnerInnen aufgrund des Wunsches nach Unabhängigkeit und Kontrolle über eigene Ein- und Ausspeicherung
extern	positiv	negativ

6.2 SMART GRID TECHNOLOGIEN

Smart Grid Technologien umfassen prinzipiell Technologien zur Vernetzung von EnergieverbraucherInnen und -produzentInnen mit dem Ziel Verbrauch und Erzeugung von Energie besser aufeinander abzustimmen. Ausführung und Gestaltung sind dabei nicht normiert oder genauer definiert, sondern vielfältig. In der Regel spielen auch nicht ausschließlich die Technologien der Informations- und Kommunikationstechnik eine Rolle, sondern es sind auch Marktelemente mit einzubinden, um beispielsweise Anreize für erwünschtes Verhalten zu schaffen.

Um reale Effekte aus der Praxis auf das Baugebiet Rodgau West übertragen zu können, wurden die Modellregionen im Rahmen der E-Energy-Initiative untersucht und ausgewertet. In dieser Initiative wurden insgesamt 6 durch das BMWi geförderte Modellregionen befähigt, verschiedene Smart Grid-Ansätze umzusetzen und die Vorteile entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Erzeugung bis hin zum EndverbraucherIn aufzeigen.

Dabei wurden in den Modellregionen u.a. folgende Handlungsfelder betrachtet:

- Erprobung eines Strom-Marktplatzsystems mit regionalen Produkten, auf dem ErzeugerInnen, gewerbliche VerbraucherInnen mit verschiebbaren Lasten und Energiedienstleister

zusammengeführt wurden

Der E-DeMa-Marktplatz und seine Produkte

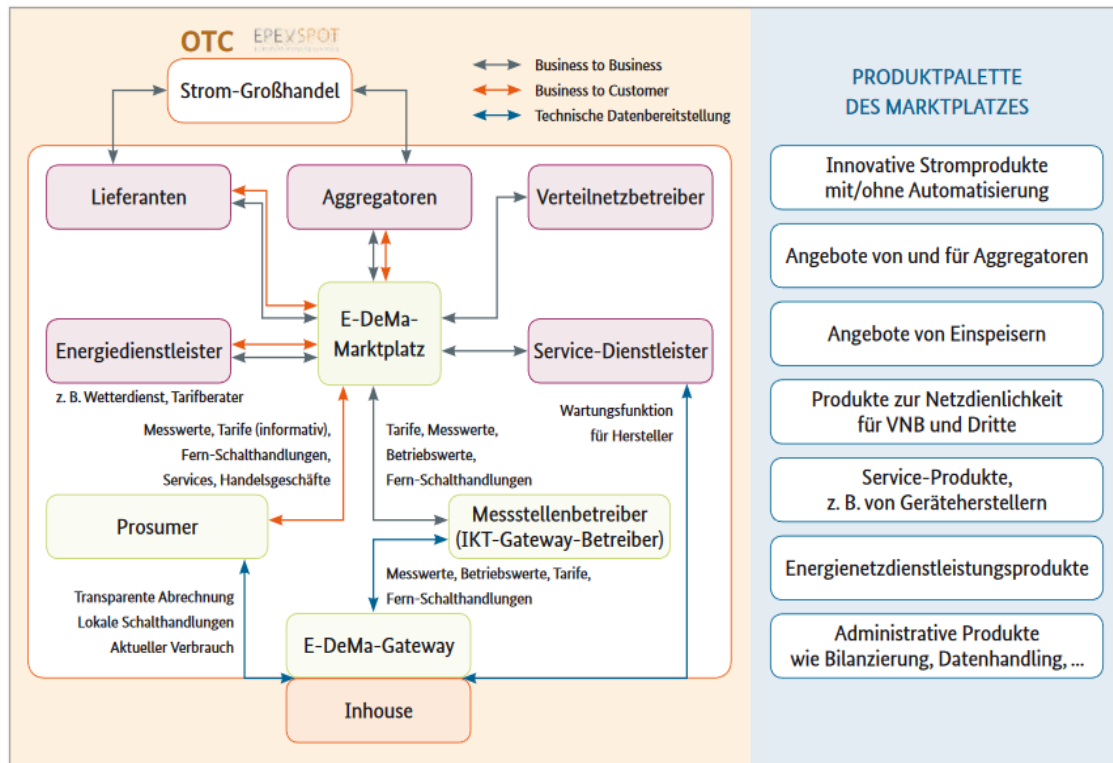


Abbildung 6.1: Schema einer Marktplattform, Beispiel Projekt E-DeMa (Modellregion Rhein-Ruhr)

- Ausstattung von VerbraucherInnen mit intelligenten Stromzählern und Echtzeitverarbeitung durch Energieversorger und Angebot dynamischer Tarifmodelle als Anreizsystem zur Verbrauchssteuerung



Abbildung 6.2: Beispiel intelligenter Stromzähler mit Visualisierung aus Projekt MeRegio (Modellregion Göppingen)

- Darstellung und Visualisierung von Verbräuchen und Stromtarifen in Echtzeit auf gemeinsamen Plattformen, Zugang über Internet oder Apps
- automatisierte Steuerung intelligenter Endgeräte bzw. mit Funktionssteckern nachgerüstete Endgeräten und Ermöglichung zum Demand-Side-Management (Bedarfssteuerung)
- Installation von Batteriesystemen und strompreisgesteuerter Regelung dieser

Durch diese Maßnahmen konnten Lasten und Verbräuche verschoben, aber auch insgesamt gesenkt werden, was wiederum eine bessere Ausnutzung von volatilen Erzeugern und Kostensenkungen zur Folge hatte. Konkret wurden durchschnittlich:

- eine temporäre Verbrauchserhöhung von bis zu 30 %,
- eine temporäre Verbrauchsreduzierung von bis zu 20 %,
- eine jährliche Verbrauchssenkung von 6 %,
- Lastverschiebungen von durchschnittlich 11 %,
- eine Effizienzsteigerung von 1 % erzielt.

Die Kosten betragen für alle Modellregionen insgesamt 140 Mio. EUR. Hierbei waren jedoch auch erhebliche Forschungs- und Entwicklungskosten beinhaltet.

Für das Baugebiet Rodgau-West sind vor allem Handlungsfelder, welche sich auf Haushalte konzentrieren sinnvoll, da so gut wie keine Gewerbeansiedlungen geplant sind. Dies umfasst im Wesentlichen drei Felder:

- Verwendung von Smart-Metern pro Haushalt und Aufbereitung der Verbräuche durch dritte Dienstleister bei freiem Marktzugang von Stromversorgern
- Darstellung und Visualisierung eigener Verbräuche auf einer zentralen, online zugänglichen Plattform durch dritte Dienstleister
- Möglichkeit zur Steuerung von Endgeräten anhand zentraler Verbrauchs- oder ggf. Preissignale

Die konkrete Ausstattung muss hierbei auf Freiwilligkeit basieren, um die notwendige Akzeptanz zu schaffen. Einzig die Ausstattung mit Smart-Metern kann durch einen gemeinsamen Messstellenbetreiber flächendeckend im Quartier realisiert werden und ist anzustreben, auch um an zukünftigen technologischen Entwicklungen im Strommarkt partizipieren zu können. Weitere Handlungsfelder sollten als Angebot formuliert werden mit Verweis auf den daraus resultierenden Vorteilen für die EndverbraucherInnen.

Eine Herausforderung besteht in der Finanzierung beim Aufbau der notwendigen zentralen IT-Infrastruktur und einer Datenbank bzw. Plattform zur Auswertung und individuellen Darstellung von Verbräuchen. Ein möglicher Dienstleister hat im aktuellen Marktdesign keine Einnahmen durch solch eine Plattform, wenn diese kostenfrei angeboten werden soll. Jedoch kann dies ein Kundenbindungsinstrument für einen Energieversorger, z.B. die lokalen Stadtwerke sein.

Überträgt man die Ergebnisse der Modellregionen auf das Baugebiet Rodgau West, lassen sich folgende Vorteile im Endausbau erwarten:

- eine jährliche Strom-Verbrauchssenkung von 200 – 350 MWh bzw. 30.000 – 50.000 EUR für die EndverbraucherInnen, dies entspricht max. 24 EUR pro Haushalt
- Lastverschiebungen von durchschnittlich 60 – 100 kW,
- Erhöhung des Eigenstromanteils von PV-Strom von 30 % auf ca. 33 %

7 DARSTELLUNG NACHHALTIGER MOBILITÄTS-LÖSUNGEN

Die Nachhaltigkeit und damit die Verbesserung der Umweltfreundlichkeit des Verkehrs kann grundsätzlich mit mehreren Strategien angegangen werden:

1.) Verkehrsvermeidung

Die Belastungen, die sich durch Emissionen von klima- oder gesundheitsschädlichen Abgasen sowie durch Lärm aus dem Verkehrssektor ergeben, können grundsätzlich an der Quelle am besten vermieden werden, wenn die zurückzulegenden Wege (von Personen) bzw. Transporte (von Waren)

- entweder ganz entfallen können (z. B. durch Heimarbeit oder Telebanking)
- oder durch eine veränderte Lage der Ziele kürzer ausfallen als zuvor (z. B. durch wohnungsnahen Arbeitsplätze, Kindertagesstätten und Einkaufsgelegenheiten).

2.) Verkehrsverlagerung

Verkehrsströme, die bisher mit weniger umweltfreundlichen Verkehrsmitteln (z. B. Pkw) zurückgelegt wurden, können durch gute Infrastrukturen und Angebote von umweltfreundlicheren Verkehrsmitteln zu nennenswerten Anteilen auf diese umweltfreundlichen und zugleich effizienteren Verkehrsmittel verlagert werden. Dies ist am wirksamsten durch eine Kombination von Push- und Pull-Faktoren (z. B. attraktive Fahrradinfrastruktur und zugleich Parkraumbewirtschaftung für Pkw) möglich. Diese Strategie findet sich schon im Mobilitätskonzept des Rahmenplans.

3.) Energieträgerwechsel

Sowohl bei dem Schadstoff- und CO₂-Emissionen als auch beim Lärm ist es möglich, den unvermeidlichen und nicht verlagerbaren restlichen Verkehr dadurch umweltfreundlicher zu machen, dass er von fossilen Kraftstoffen auf regenerative Antriebe bzw. Elektromobilität umgestellt wird.

4.) Technische Effizienzfortschritte

Diejenigen Verkehre, die weiterhin motorisiert bleiben (sowohl mit Elektro- als auch Verbrennungsmotor) können dadurch umweltfreundlicher werden, dass die jeweiligen Motoren durch technische Innovationen oder leichtere Bauweise der Fahrzeuge weniger Energie benötigen als vergleichbare Vorläufermodelle.

Die ersten beiden Strategien lassen sich durch eine geeignete Planung, die Dritte durch die örtliche Förderung der Voraussetzungen für die Elektromobilität beeinflussen. Die vierte Strategie ist nicht Gegenstand dieses Konzeptes.

Die erste Strategie wurde durch die Integration einer Grundschule mit Turnhalle, eines Nahversorgers und einer Kita in den Kernbereich von Rodgau-West (Quartiersplatz) bei der Rahmenplanung bereits verfolgt, zur zweiten Strategie folgen Ausführungen in Teilkapitel 7.1, zur dritten Strategie Ausführungen in Teilkapitel 7.2.

7.1 STÄRKUNG UMWELTFREUNDLICHER VERKEHRSMITTEL

7.1.1 INFRASTRUKTUR FÜR FUß- UND RADVERKEHR

Die Infrastruktur für den Fuß- und Radverkehr (d. h. den nichtmotorisierten Verkehr) wurde im Rahmen des Teilberichts Verkehr und Mobilität des städtebaulichen Rahmenplans „Gebietsentwicklung Rodgau-West“ [7] geplant (nachfolgend als Mobilitätskonzept bezeichnet). Darin wurde besonders auf folgende Effekte geachtet:

- Das Fußwegenetz erschließt den neuen Ortsteil engmaschig
- Durch Grünflächen und durch Verkehrswege ohne dauerhaft parkende Pkw wird eine hohe Aufenthaltsqualität erreicht.
- Die Übergänge in Richtung Hainhausen (mit Brücke entlang der Bahnlinie über die Südtrasse) und Jügesheim (auf mehreren Fußwegen) sind barrierefrei und ebenerdig möglich. Zudem sind die Wege dorthin zu Fuß und mit dem Fahrrad kürzer als über die für den motorisierten Verkehr freigegebenen Straßen.
- Der Radverkehr wird ebenfalls im Sinne eines Stadtteils der kurzen Wege organisiert.
- Die Rodgau-Ringstraße und die S-Bahn sollen nutzungsfreundlich und barrierefrei gequert werden.
- Die Abkürzungsmöglichkeiten des nichtmotorisierten Verkehrs bringen im Vergleich zum motorisierten Verkehr Zeitvorteile mit sich. Dies begünstigt den nichtmotorisierten Verkehr bei der Verkehrsmittelwahl der zukünftigen EinwohnerInnen.
- Entlang der S-Bahn ist das Wohngebiet unmittelbar an das hessische Rad-Hauptwegenetz angeschlossen, in Ost-West-Richtung befindet sich vom Wohngebiet aus gut erreichbar, ein Radschnellweg von Seligenstadt über Rodgau und Dietzenbach zum Frankfurter Flughafen (FRM9) in Planung [8].

7.1.2 ZUGÄNGLICHKEIT DER ÖPNV-INFRASTRUKTUREN

Die wichtigsten ÖPNV-Infrastrukturen im Umfeld des Wohngebietes Rodgau-West stellen die S-Bahn-Stationen in Hainhausen und in Jügesheim dar, von denen in jedem Baufeld mindestens eine in einer Entfernung von weniger als 1.000 m Luftlinie liegt. In einigen Baufeldern gilt dies für beide Stationen gleichermaßen. Durch die geplante Erweiterung des Stadtbusnetzes um eine Linie, die der Quartiersstraße folgt und zweimal im Neubaugebiet Rodgau-West hält, wird die Feinerschließung gewährleistet [7]. Sowohl zu den S-Bahn-Stationen als auch zu den Bushaltestellen führen Fuß- und Radwege bzw. die Wohnstraße auf direktem Weg.

7.1.3 CAR-SHARING, MOBILITÄTSSTATIONEN UND INNOVATIVE ANGEBOTE

Die Energieversorgung Rodgau (EVR) bietet bereits bisher (2020) in allen fünf Stadtteilen von Rodgau Car-Sharing mit jeweils einem elektrischen Fahrzeug an. Im Vergleich zu anderen Car-Sharing-AnbieterInnen besteht ein Alleinstellungsmerkmal darin, dass keine Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor angeboten werden.



Abbildung 7.1: Car-Sharing am Bahnhof Rodgau-Hainhausen

Quelle: [9]

Als Nutzerinnen und Nutzer werden damit derzeit rund 1% der Rodgauer Bevölkerung erreicht. Deutschlandweit hat der Bundesverband Car-Sharing im Jahr 2020 für stationsbasierte Car-Sharing-Angebote 710.000 Fahrberechtigte erfasst [10], d. h. 0,85 % der deutschen Bevölkerung. Da sich die Mehrheit der Carsharing-Nutzungsberechtigten in Deutschland auf Großstädte konzentriert, liegt die Zahl der Nutzungsberechtigten dieser Angebote in den meisten Mittelstädten der Größe Rodgaus niedriger.

Die Energieversorgung Rodau (EVR) plant eine schrittweise Ausweitung ihres Angebots in Rodgau (mehr Fahrzeuge, mehr Standorte). Diese Perspektive wird auch im Mobilitätskonzept [7] verfolgt. Dort wird vorgeschlagen, für Rodgau-West mit drei E-Carsharing-Fahrzeugen zu beginnen und das Angebot je nach Entwicklung der Nachfrage auszubauen.

Mittelfristig wird vorgeschlagen, in allen Quartiersgaragen Car-Sharing mit E-Fahrzeugen anzubieten, wobei die Fahrzeuge jeweils so nah wie möglich am Eingang der Quartiersgarage platziert werden sollten, so dass das Angebot niederschwellig und für alle Nutzerinnen und Nutzer der Quartiersgarage gut sichtbar ist.

Mobilitätsstationen unterstützen die Multimodalität, indem an einer Stelle Zugangsmöglichkeiten für unterschiedliche Verkehrsmittel miteinander verbunden werden, z. B. ÖPNV-Stationen mit Car-Sharing-Angebot und Fahrradverleih.

Bevorzugte Standorte für Mobilitätsstationen sind grundsätzlich Haltepunkte des Schienenverkehrs, in Rodgau also die S-Bahnhöfe, weiterhin sind zentrale Bushaltestellen gut geeignet. Bisher bestehen in Rodgau noch keine Mobilitätsstationen in diesem Sinne.

Das Mobilitätskonzept sieht drei Mobilitätsstationen im Gebiet von Rodgau-West vor, darunter den Quartiersplatz (mit Bushaltestelle, als „Mobilitätszentrale“) sowie eine im Norden (Quartiersgarage an der zweiten Stadtbushaltestelle) und eine im Westen (an einer Quartiersgarage) [7].

Die konkrete Angebotspalette wird im Rahmen des Mobilitätskonzepts beschrieben, wesentliche Komponenten sind erfahrungsgemäß: Car-Sharing, ÖPNV-Auskunft und -Tickets; Fahrradparken, idealerweise auch Fahrradvermietung, Ladesäule für Elektromobilität (Pkw, Roller, E-Bikes).

7.1.4 VERMINDERUNG DES MIV UND SEINER LÄRM- UND SCHADSTOFFEMISSIONEN

Die Verminderung des MIV soll durch das Mobilitätskonzept [7] erreicht werden, indem die Angebote für die nicht-motorisierten VerkehrsteilnehmerInnen attraktiv gestaltet werden. Zudem soll der Zugang zum MIV nicht leichter sein als zu den anderen Verkehrsmitteln, daher werden die Pkw in Quartiersgaragen und – für die EinwohnerInnen der Mehrfamilienhäuser – nicht unmittelbar an den Wohngebäuden geparkt, um keinen Anreiz zur Pkw-Nutzung auf sehr kurzen Wegen zu schaffen. Zudem werden die Stellplätze in den Quartiersgaragen von den Wohnungen getrennt vermarktet und vermietet, für die übrigen Flächen gilt eine Parkraumbewirtschaftung, da auch stehende Pkw Kosten verursachen. Damit können die EinwohnerInnen durch die Abschaffung von Pkw mehr Geld einsparen als bei kostenfreien Parkplätzen. Zudem wird durch das Car-Sharing die Verminderung des Bestands privater Pkw begünstigt, wie mehrere Studien empirisch nachweisen konnten [11].

Zur Verminderung der Lärm- und Schadstoffemissionen der verbleibenden Pkw sollen diese schrittweise von fossilen Antrieben auf Elektroantrieb umgestellt werden, indem die Infrastruktur für die Elektromobilität von Beginn an mit geplant wird (vgl. Punkt 7.2). Das globale Auslaufen der Technologie des Verbrennungsmotors wird dabei nicht vor Ort, sondern durch europaweite Vorgaben und internationale Verträge gesteuert.

7.2 SEKTORKOPPLUNG UND ENERGIEVERSORGUNG DES VERKEHRS

7.2.1 ROLLE VON STROM UND WASSERSTOFF FÜR DEN VERKEHRSSEKTOR

Für eine treibhausgasneutrale Mobilität stehen grundsätzlich mehrere Technologieoptionen zur Verfügung, dabei kommen einerseits batterieelektrische Fahrzeuge (E-Mobile) und andererseits wasserstoffbetriebene Fahrzeuge mit Brennstoffzelle in Betracht, wobei die Gewinnung des Wasserstoffs – anders als bisher üblich – nicht aus Erdgas, sondern regenerativ erfolgen soll, d. h. im Regelfall durch Elektrolyse. Damit beruhen beide Technologien auf Strom, bei Wasserstoff ergeben sich jedoch durch die zusätzliche Umwandlungsstufe Wirkungsgradverluste. Beide Energieträger werden künftig in unterschiedlichen Anwendungsbereichen dominieren. Für Pkw hat dabei der batterieelektrische Antrieb die höchste Technologiereife erreicht. Auch die verfügbare Ladeinfrastruktur für elektrische Pkw ist in Deutschland wesentlich dichter ausgebaut als das Netz der Wasserstofftankstellen.

Wasserstoff wird im Verkehrssektor vorwiegend dort eingesetzt, wo batterieelektrische Antriebe Nachteile im Verhältnis von Energiebedarf bzw. Reichweite und Batteriegewicht aufweisen. Dies gilt z. B. für schwere Nutzfahrzeuge, aber auch im Busverkehr. Die Stadtwerke Rodgau beschaffen daher 2021 mindestens sechs Omnibusse mit Brennstoffzellenantrieb und lassen eine Wasserstofftankstelle errichten, an der diese Busse tanken können [12]. Im nächsten Schritt soll der Wasserstoff auch

regenerativ erzeugt werden. Die Wasserstoff-Tankstelle mit zugehörigen Hochdruckbehältern sind nicht in Rodgau-West vorgesehen.

Im Wohngebiet Rodgau-West wird der motorisierte Verkehr nach dem Auslaufen der derzeit noch dominierenden Verbrennung fossiler Kraftstoffe voraussichtlich in erster Linie elektrische Pkw umfassen, die in den Quartiersgaragen geladen werden können. Die nachfolgenden Betrachtungen beschränken sich daher auf die direkte Nutzung von regenerativem Strom durch batterieelektrische Pkw. Unabhängig davon kann damit gerechnet werden, dass der ÖPNV auch durch Busse mit Wasserstoffantrieb stattfindet, die jedoch außerhalb des Wohngebiets Rodgau-West geladen werden.

7.2.2 INFRASTRUKTUR FÜR ELEKTROMOBILITÄT IN DEN QUARTIERSGARAGEN

Ausgehend von den im Rahmen des Energiekonzepts ermittelten Stromproduktionsmengen wird versucht, einen wesentlichen Teil des Stroms in den Quartiersgaragen zu nutzen, um die dort stehenden Pkw mit Elektroantrieb aufzuladen. In den nachfolgenden Modellrechnungen geschieht dies in unterschiedlichem Umfang.



Abbildung 7.2: Wallbox für Pkw in Tiefgaragen, derzeitiger Stand der Technik

Quelle: [13]

7.3 MODELLRECHNUNGEN

7.3.1 DEFINITION ZWEIER VARIANTEN UND EINER TRENDBETRACHTUNG

Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde festgelegt zwei Varianten (Szenarien) zu rechnen, die in Bezug auf die Zahl der Stellplätze genau auf das Mobilitätskonzept [7] zugeschnitten sind, sowie eine Trendbetrachtung zu erstellen, die von einer langfristig rückläufigen Zahl von Pkw ausgeht.

Die Zahl der Stellplätze in den Quartiersgaragen ergibt sich aus dem Mobilitätskonzept: Von den 3.085 dort geplanten Stellplätzen entfallen 145 auf Verkehrsziele (Nahversorger, Büros, Praxen, Schule, Kitas), die übrigen 2.646 Stellplätze sind den 1.890 Wohnungen zugeordnet, die in den Mehrfamilienhäusern geschaffen werden sollen. Dabei wurde die Annahme zu Grunde gelegt, dass 10 % der Wohnungen in Einfamilienhäusern, Reihenhäusern oder Doppelhaushälften geschaffen werden, bei denen die Stellplätze direkt am Gebäude geschaffen werden, so dass diese keine Stellplätze in den Quartiersgaragen benötigen. Als Kapazität der Quartiersgaragen ergibt sich damit die Gesamtzahl von 2.791 Stellplätzen.

Alle Modellrechnungen gehen von der Annahme aus, dass der Anteil von E-Fahrzeugen überregionalen Szenarien folgt und 2050 jeweils 100 % erreicht. Dieser Verlauf wird durch ein HochlaufszENARIO vorgezeichnet, das einen wachsenden Anteil elektrisch angetriebener Fahrzeuge und einen Verkaufsstopp für fossil angetriebene Pkw ab etwa 2035 vorsieht. Die konkrete Hochlaufkurve für Plug-in-Hybrid-Pkw (PHEV) elektrische Pkw (E-Pkw) und Sonstige zeigt Abbildung 7.3.

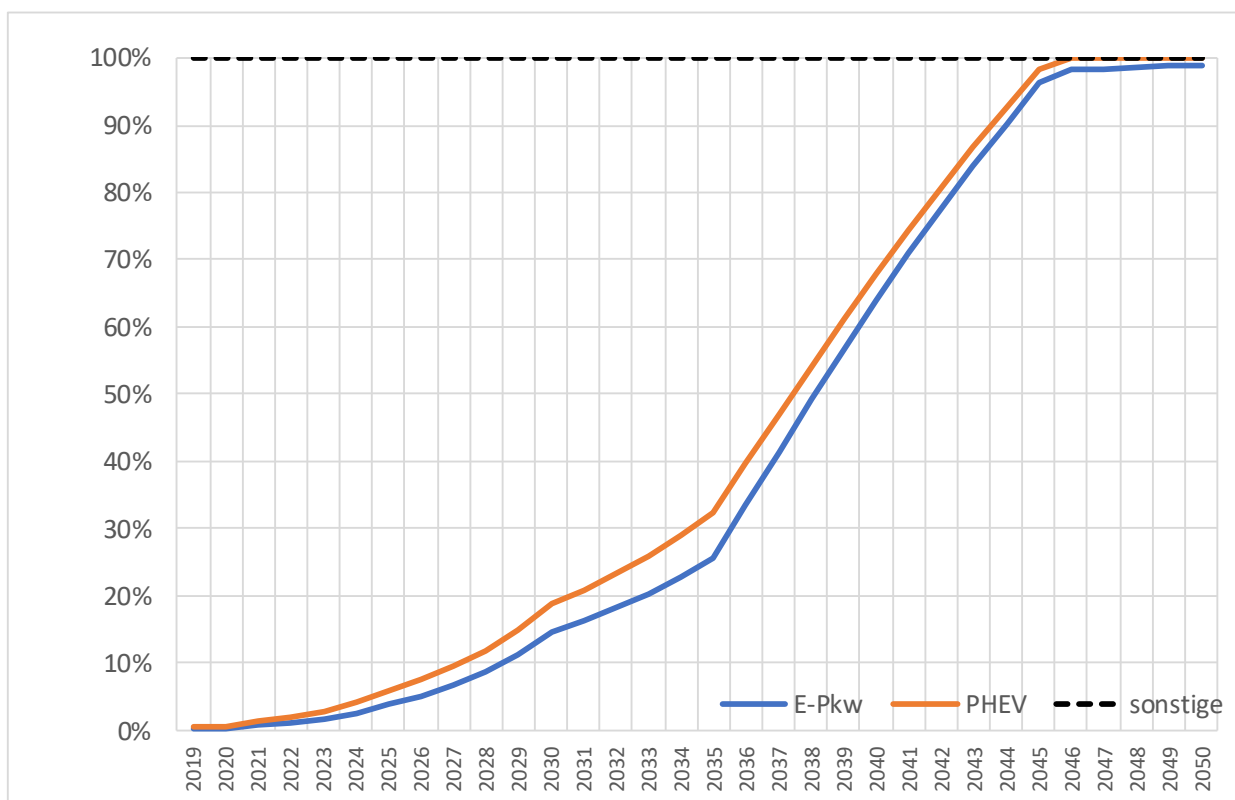


Abbildung 7.3: Angenommene Entwicklung der Bestandsanteile von elektrisch angetriebenen Pkw in Deutschland (PHEV...Plug-in-Hybrid-PKW)

Quelle: Eigene Berechnungen und Annahmen des IE Leipzig auf Grundlage von Eckwerten aus [15] und Szenario Z95 in [14]

Hierbei sind die drei Graphen aufsummiert und ergeben gemeinsam 100 %. Es sind somit jeweils die Anteile der jeweiligen Fahrzeugklasse dargestellt. Ersichtlich ist so, dass der Anteil der E-PKW deutlich steigt bis zum Jahr 2050, während der Anteil sonstiger Antriebe sinkt. Der Anteil an Plug-in-Hybrid-PKW bleibt relativ konstant auf niedrigem Niveau.

In Szenario 1 und Szenario 2 werden alle 2.791 Stellplätze durch Pkw belegt, von denen im Jahr 2035 ca. 32 % elektrisch, der Rest fossil angetrieben werden. Im Jahr 2050 werden alle Stellplätze durch rein elektrische Pkw genutzt.

Die Trendbetrachtung geht davon aus, dass die Zahl der gemeldeten Pkw je 1.000 EinwohnerInnen, die zu Jahresanfang 2020 in Rodgau bei 566 lag, um 10% auf 510 absinkt. Dies tritt ein, wenn der Wertewandel der jüngeren Generation den Trend weg vom eigenen Pkw verstetigt und auch Unternehmen in den Innenstädten der Ballungsräume ihren Beschäftigten vermehrt keine Optionen zum günstigen Parken von Pkw mehr anbieten. Da von den EinwohnerInnen ca. 4.140 auf die Mehrfamilienhäuser entfallen, denen die Quartiersgaragen zugeordnet sind, ist bei dieser Prämisse davon auszugehen, dass ca. 2.100 Pkw angeschafft werden, hinzu kommen noch ca. 120 Pkw für andere Zwecke (Nahversorger, Schule, Kitas, Carsharing) - in den beiden Szenarien sind es gemäß Mobilitätskonzept 145 Stellplätze. Die Gesamtzahl der Pkw wird in dieser Trendbetrachtung mit 2.223 angesetzt. Von den gemäß Mobilitätskonzept [7] geschaffenen Stellplätzen bleiben somit ca. 20 % ungenutzt. Für diesen Fall sieht das Mobilitätskonzept vor, dass nicht benötigte Quartiersgaragen ganz oder etagenweise rückbaubar errichtet werden und durch andere Nutzungen ersetzt werden können.

Sowohl in den beiden Szenarien als auch in der Trendbetrachtung fahren die Pkw im Tagesmittel 35 km. Diese Annahme entspricht einer Jahresfahrleistung von 12.784 km und liegt damit im Mittelfeld zwischen den Erhebungen der Bundesanstalt für Straßenwesen [16] und denen der Kfz-Versicherer [17].

Der mittlere Strombedarf wurde aus einer Untersuchung des ADAC abgeleitet, in der 27 aktuelle Modelle von E-Fahrzeugen hinsichtlich ihres spezifischen Verbrauchs und ihrer Reichweite überprüft wurden [18]. Der mittlere Strombedarf lag darin bei 21 kWh/100 km.

Ausgehend von diesen beiden Kennwerten zur Tagesfahrleistung und zum Stromverbrauch ergibt sich täglich ein Bedarf von 7,35 kWh. Dieser wird dann jeweils in der Quartiersgarage wieder nachgeladen. Für die Auslegung der Wallboxen wurde in Abstimmung mit den Stadtwerken Rodgau eine Leistung von 11 kW angesetzt, somit kann der Tagesbedarf in weniger als einer Stunde geladen werden. Auch Fahrzeuge, die größere Fahrstrecken zurückgelegt haben, können über Nacht problemlos nachgeladen werden. So lässt sich der Bedarf für eine Tagesfahrleistung von 500 km innerhalb von 9,5 Stunden nachladen, dies entspricht etwa den derzeit größten Speicherkapazitäten nach [18].

- Im Szenario 1 sowie in der Trendbetrachtung wird davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge jeweils bei Ankunft an die Wallbox angeschlossen werden und nachladen.
- Im Szenario 2 wird angenommen, dass der Ladevorgang in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit selbst erzeugten Stroms und vom geplanten Abfahrtszeitpunkt gesteuert wird. Dazu müssen die

Fahrerinnen und Fahrer der Fahrzeuge bei Ankunft jeweils festlegen, wann der E-Pkw frühestens wieder benötigt wird.

Für alle Szenarien wurde dieselbe Verlaufskurve hinsichtlich der Anwesenheit von Pkw zu unterschiedlichen Tageszeiten angenommen. So wird angenommen, dass an den Wochentagen Montag bis Donnerstag 80 % der E-Pkw nachts von 0 Uhr bis 5 Uhr in der Quartiersgarage parken. Tagsüber sinkt die Belegung, so dass sich zwischen 10 und 14 Uhr nur 30% aller Fahrzeuge in der Garage befinden. Ab dem frühen Nachmittag füllen sich die Stellplätze wieder, bis um 23 Uhr wieder 80 % der Plätze belegt sind. Die zu 100 % fehlenden Pkw entsprechen den über Nacht abwesenden Nutzerinnen und Nutzern (z. B. UrlauberInnen). Die Annahmen für den Freitag unterscheiden sich insofern, dass ein Teil der NutzerInnen am Nachmittag nicht zurückkommt, sondern aufgrund von Unternehmungen über das Wochenende außerhalb von Rodgau verbleibt. Daher wurde für die Wochenenden nachts eine verminderte Auslastung von 75 % angesetzt. Da an Wochenenden weniger Pkw für den Berufs- und Ausbildungsverkehr benötigt werden, wurde angenommen, dass der Anteil der ganztägig parkenden Pkw höher liegt, wobei an Samstagen wegen des Einkaufsverkehrs die Absenkung nicht so stark wie an Sonntagen ausfällt. Alle Annahmen sind graphisch in Abbildung 7.4 zusammengefasst.

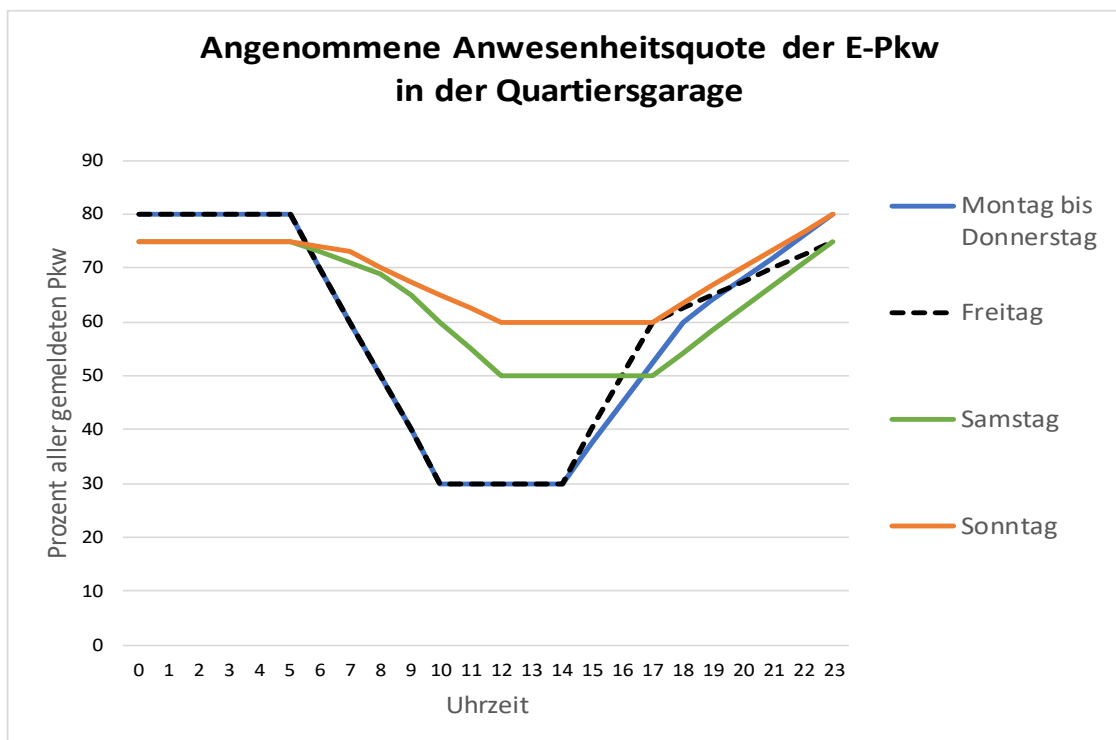


Abbildung 7.4: Angenommene Anwesenheitsquote der E-Pkw in allen Szenarien

Quelle: Eigene Annahmen des IE Leipzig (Erläuterung im Text)

Auch in Zeiten gleichbleibender Belegung wurde damit gerechnet, dass jeweils ein Teil der Fahrzeuge in dieser Stunde ankommt und gleich viele Fahrzeuge abfahren, diese Annahme bewegt sich zwischen 0,5 % der Fahrzeuge in Nachtstunden und 2 % der Fahrzeuge tagsüber. Auch in Zeiten, in denen die Anwesenheitsquote abnimmt, kommen Fahrzeuge an und umgekehrt, so dass zu allen 24 Stunden des

Tages sowohl Fahrzeuge ankommen als auch abfahren. Im Ergebnis bleiben je Arbeitstag 15,5 % aller Pkw ganztägig ungenutzt in der Quartiersgarage.

Szenario 2 unterscheidet sich nun von Szenario 1 durch die Steuerung der Ladevorgänge:

In Szenario 2 wird für diejenigen 15,5 % der Fahrzeuge, die an einem konkreten Tag ganztägig nicht bewegt werden, netzdienliches bidirektionales Laden angenommen. Wenn durch die regenerativen Stromerzeugungsanlagen in Rodgau-West weniger Strom erzeugt als im Quartier benötigt wird, wird Strom aus den Batteriespeichern der E-Pkw entnommen, um den stationären restlichen Bedarf zu decken. Dabei wird darauf geachtet, dass die Batteriespeicher nicht vollständig entleert werden, 20 % der typischen Speicherkapazität von 64 kWh [18] bleiben bei diesem Vorgang mindestens in der Batterie. In der umgekehrten Situation, d. h. wenn die örtliche Stromerzeugung in Rodgau-West den stationären Bedarf des Quartiers übersteigt, fließt der überzählige Strom in die Wallboxen der Quartiersgaragen. Dabei werden zuerst die Speicher der ganztägig geparkten Pkw nachgefüllt, danach schrittweise die übrigen Pkw, die den Strom für ihren nächsten Abfahrtszeitpunkt benötigen. Sofern der Stromüberschuss nicht ausreicht, um alle Pkw rechtzeitig vor ihrer Abfahrt nachzuladen, wird spätestens eine Stunde vor der geplanten Abfahrt der Batteriespeicher mit Strom aus dem überörtlichen Stromnetz betankt. Wenn mehr lokaler Strom erzeugt wird, als für alle lokalen Anwendungen und alle in den Quartiersgaragen befindlichen Pkw-Batterien nötig ist, dann wird der verbleibende Überschuss in das Stromnetz eingespeist. Das netzdienliche Laden führt somit dazu, dass aus dem Stromnetz sowohl weniger Strom entnommen werden muss als auch dazu, dass weniger lokal erzeugter Strom dorthin eingespeist wird.

In der Trendbetrachtung wird dagegen das Ladeverhalten der Pkw wie in Szenario 1 zugrunde gelegt.

Zum Abschluss werden die zentralen Eingangsgrößen der beiden Szenarien und der Trendbetrachtung gegenübergestellt.

Tabelle 7.1: Szenarienbeschreibung Mobilität

	Szenario 1	Szenario 2	Trendbetrachtung
Anzahl genutzter Pkw-Stellplätze in den Quartiersgaragen	2.791	2.791	2.223
Anteil der E-Pkw an allen Pkw 2035	32 %	32 %	32 %
Anteil der E-Pkw an allen Pkw 2050	100 %	100 %	100 %
Ladezeitpunkt geparkter E-Pkw	Volles Nachladen direkt bei Ankunft	Sobald mehr Strom erzeugt als benötigt wird, spätestens eine Stunde vor der geplanten Abfahrt	Volles Nachladen direkt bei Ankunft
Nutzung von Speichern der E-Pkw für Strombedarf der Wohnungen	nein	Ja, sofern Pkw ganztags parkt und der Bedarf im Quartier nicht aus selbst erzeugtem Strom gedeckt werden kann.	nein

7.3.2 AUSWIRKUNGEN DER SZENARIEN UND DER TRENDBETRACHTUNG

In der Wechselwirkung mit der gesamten Energieerzeugung und dem Energieverbrauch in Rodgau-West (Gebäude und E-Pkw) ergeben sich in den betrachteten Szenarien und in der Trendbetrachtung die nachfolgend aufgeführten zentralen Kennwerte als Ergebnis.

Tabelle 7.2: Ergebnisse Szenarien Mobilität

	Szenario 1	Szenario 2	Trendbetrachtung
Jahres-Fahrstrombedarf der E-Pkw 2035	1.834 MWh	1.834 MWh	1.461 MWh
Jahres-Fahrstrombedarf der E-Pkw 2050	5.687 MWh	5.687 MWh	4.530 MWh
Anteil des selbst genutzten Stroms an der Erzeugung 2035 (Gesamtjahr)	35 %	66 %	34 %
Anteil des selbst genutzten Stroms am Bedarf 2035 (Gesamtjahr)	36 %	53 %	37 %
Gesamtbedarf an fossilen Kraftstoffen für die (68%) Pkw mit Verbrennungsmotor 2035	20.540 MWh	20.540 MWh	16.363 MWh
Treibhausgasemissionen der fossilen Pkw im Jahr 2035	4.591 t CO ₂ äq	4.591 t CO ₂ äq	3.658 t CO ₂ äq

Grundlage der Berechnungen waren dabei 13.568 jährlich zurückgelegte Kilometer je Pkw gemäß Fahrleistungserhebung der Bundesanstalt für Straßenwesen [16], ein Dieselanteil von 27 % an den von fossilen Pkw zurückgelegten Fahrstrecken sowie mittlere Kraftstoffverbrauchswerte des statistischen Bundesamts [20] und Emissionsfaktoren des in der Wissenschaft üblichen Modells GEMIS.

Alle Angaben zum Strombedarf der E-Pkw und dessen Deckung beziehen sich nur auf die in den Quartiersgaragen parkenden Pkw, nicht auf die Pkw der Ein- und Zweifamilienhäuser, die auf den entsprechenden Grundstücken untergebracht sind.

Damit werden folgende Zusammenhänge klar:

- Insgesamt wird rechnerisch 2035 im Quartier Rodgau-West (für stationäre und mobile Anwendungen zusammen) etwas mehr Strom regenerativ erzeugt als verbraucht. In der Trendbetrachtung ist der Bedarf 2035 sogar noch etwas niedriger, weil von weniger Pkw ausgegangen wird, also auch entsprechend weniger elektrischen Pkw.
- Da sich von 2035 bis 2050 der Anteil der E-Pkw an allen Pkw etwa verdreifacht, steigt auch der Jahres-Fahrstrombedarf entsprechend. Er liegt damit in einer ähnlichen Größenordnung wie der Haushaltsstrombedarf des Wohngebiets.
- Die Nutzung von Speichern der ganztägig parkenden Pkw trägt in Szenario 2 wesentlich dazu bei, einen größeren Teil des im Quartier „Rodgau-West“ produzierten Stroms auch selbst zu verbrauchen als ohne diese Option. Gleichzeitig führt die beschriebene Form des bidirektionalen Ladens dazu, dass der Anteil des Strombedarfs, der aus vor Ort erzeugtem Strom gedeckt werden kann, merklich ansteigt.

- Weil in Szenario 2 Strom sowohl zur Einspeicherung in stehende Pkw als auch zum Laden benötigt wird, ist der Gesamtstrombedarf rechnerisch höher, so dass der Grad der Bedarfsdeckung nicht ganz so stark ansteigt wie der Anteil des selbst genutzten Stroms.
- Damit werden die Stromnetze entlastet, die für die Versorgung von Rodgau-West sowie für den Abtransport des dort in Spitzenzeiten erzeugten Stroms benötigt werden.
- Für die Klimaneutralität des Stadtteils wesentlich ist die Zahl der verbleibenden fossilen Pkw. In der Trendbetrachtung, in der von einer niedrigeren Pkw-Dichte je Einwohner als heute ausgegangen wird, liegt sowohl der Jahresbedarf an Fahrstrom für die E-Pkw als auch der fossile Kraftstoffbedarf der fossilen Pkw deutlich niedriger als in den Szenarien 1 und 2, die sich untereinander in diesem Punkt nicht unterscheiden.

Diese Zusammenhänge gelten analog für das Gesamtquartier als auch unabhängig in den einzelnen Bauabschnitten, da die PKW-Dichte und das Verkehrskonzept in den Abschnitten sehr ähnlich sind. Berücksichtigt werden muss die jeweilige technische Einbindung der Quartiersgaragen in den Bauabschnitten zu den entsprechenden Netzen des Bauabschnittes.

7.3.3 BEWERTUNG DER SZENARIEN UND EMPFEHLUNGEN

Der Vergleich der drei Varianten wird im folgenden Abschnitt eine Empfehlung abgeleitet. Szenarien legt folgende Empfehlungen nahe:

- Der Ausbau der Stromnetze sollte die wachsende Nachfrage nach Strom in den Quartiersgaragen berücksichtigen.
- Sobald die Möglichkeiten des zeitgesteuerten und bidirektionalen Ladens technisch für alle E-Pkw verfügbar sind, sollten diese auch in den Quartiersgaragen von Rodgau-West genutzt werden. Bei steigender Elektrifizierung der Pkw können diese Möglichkeiten wesentlich zur Entlastung der Stromnetze beitragen. Langfristig muss der Netzausbau dann nicht für das gleichzeitige Laden aller Pkw ausgelegt werden.
- Die Entwicklung der aktuellen Trends beim Autobesitz und die Begünstigung umweltfreundlicher Alternativen (ÖPNV, Radverkehr, Fußverkehr) sollen kontinuierlich verfolgt werden. Zusammengenommen haben sie das Potential auch unabhängig vom Energieträgerwechsel für den Pkw-Antrieb eine deutliche Verminderung der Emissionen aus dem Pkw-Verkehr zu bewirken.

8 UMSETZUNGSKONZEPT

8.1 MAßNAHMENEMPFEHLUNG

8.1.1 GEBÄUDEENERGIEEFFIZIENZ

Gebäudeeffizienzstandard

- zur Erreichung des angestrebten Plus-Energie-Standards wird als Mindest-Gebäudeeffizienzstandard
 - für Mehrfamilienhäuser der KfW 55-Standard empfohlen, Mehrfamilienhäuser sind durch ihre Kompaktheit energieeffizienter, weshalb i.d.R. geringere Anforderungen gestellt werden können, zudem sind Fördermöglichkeiten i.d.R. weniger attraktiv
 - für Einfamilienhäuser und verwandte Nutzungstypen (DHH, RH) der KfW 40 Standard empfohlen, einer geringeren Belegung und Kompaktheit wird damit Rechnung getragen
 - für Sondergebäude (nicht Quartiersgaragen) der öffentlichen Hand der KfW 40 Standard als Vorbildwirkung
- allgemeine Planungsgrundsätze zum sommerlichen Wärmeschutz sind pro Gebäude zu berücksichtigen, in Ergänzung zu einer klimatologischen Optimierung des Gesamtquartiers
- die beschriebenen Handlungsoptionen sollten vollumfänglich verfolgt werden

Maßnahmen zur Energieeinsparung

- Plattformangebot zur Dokumentation, Visualisierung, Vergleich und Benchmark und Information des Energieverbrauchs
- Angebote in Form von Beratung und konkreter Dienstleistung durch z.B. Stadtwerke zur Gebäudeautomatisierung und automatischen Heizungssteuerung
- Serviceangebot zur regelmäßigen Instandhaltung und Wartung von Heizungsanlagen, PV-Anlagen und anderen Anlagen der Gebäudeausrüstung

8.1.2 ENERGIEKONZEPT

Stromerzeugung

- großflächige Belegung von Dachflächen mit Photovoltaik-Anlagen, die Mindestbelegung liegt bei 70 – 80 % der Gesamtdachfläche
- Vorbereitung für Einsatz von Smart Grid-Technologien durch Ausrüstung mit intelligenten Stromzählern
- Aufbau einer zentralen, online zugänglichen Plattform zur Darstellung und Visualisierung eigener Verbräuche, siehe Maßnahmen zur Energieeinsparung
- Aufbau einer zentralen Plattform zur Vernetzung dezentraler Speicher zu einem Quartierspeicher inkl. Verwendung der Speicherkapazitäten von Elektrofahrzeugen, kein Aufbau eigener zentraler Speicherkapazitäten
- die beschriebenen Handlungsoptionen sollten vollumfänglich verfolgt werden

Wärmeerzeugung

- Priorisiert wird die Variante Abwärme zur Wärmeversorgung, d.h. Einspeisung von Abwärme (28 °C) in Niedertemperaturnetz für den 1. Bauabschnitt, der 2. und 3. Bauabschnitt werden mit dezentralen Systemen (Luft-Wärme- oder Sole-Wasser-Wärmepumpe) ergänzt
Voraussetzung ist, dass Abwärme zur Verfügung steht
- Als Alternative wird die Seethermie-Variante angeraten, d.h. Einspeisung von Seewärme in Niedertemperaturnetz für den 1. Bauabschnitt, 2. und 3. Bauabschnitt werden mit dezentralen Systemen (Luft-Wärme- oder Sole-Wärmepumpe) ergänzt
- Als nachrangige Alternative wird zur dezentralen Variante unter Verwendung von Sole-Wasser-Wärmepumpen angeraten, d.h. Sole-Wasser-Wärmepumpen werden in Kombination mit Erdkollektoren oder Grundwasser nach Möglichkeit eingesetzt, besteht diese nicht, sind Luft-Wasser-Wärmepumpen alternativ einzusetzen
- Zentrale Großwärmespeicher sind nicht angeraten, da keine volatile Wärmeerzeugung vorhanden ist, welche in die einspeisen könnte und die Netzeinspeisung von Überschussstrom aus Photovoltaik wirtschaftlicher ist, als die Verwendung zur Wärmeerzeugung
- In den Versorgungsvarianten besteht eine Abhängigkeit zwischen Bebauungsdichte und Konzeptauswahl. Prinzipiell gilt, je höher die Bebauungsdichte, desto höher die Energiebedarfsdichte, wodurch sich zentrale Netze und Versorgungslösungen als besseres Konzept anbieten (geringerer Flächenbedarf, höhere Wirtschaftlichkeit mit steigender Energiebedarfsdichte). Umgekehrt sind mit sinkender Bebauungsdichte eher dezentrale Lösungen zu empfehlen. Ein Grenzwert hierfür ist jedoch individuell zu bestimmen und kann nicht pauschal angegeben werden.
- die beschriebenen Handlungsoptionen sollten vollumfänglich verfolgt werden

8.1.3 MOBILITÄTSKONZEPT

- Der Ausbau der Stromnetze sollte die wachsende Nachfrage nach Strom in den Quartiersgaragen berücksichtigen.
- Sobald die Möglichkeiten des zeitgesteuerten und bidirektionalen Ladens technisch für alle E-Pkw verfügbar sind, sollten diese auch in den Quartiersgaragen von Rodgau-West genutzt werden. Bei steigender Elektrifizierung der Pkw können diese Möglichkeiten wesentlich zur Entlastung der Stromnetze beitragen. Langfristig muss der Netzausbau dann nicht für das gleichzeitige Laden aller Pkw ausgelegt werden.
- Die Entwicklung der aktuellen Trends beim Autobesitz und die Begünstigung umweltfreundlicher Alternativen (ÖPNV, Radverkehr, Fußverkehr) sollen kontinuierlich verfolgt werden. Zusammengefasst haben sie das Potential auch unabhängig vom Energieträgerwechsel für den Pkw-Antrieb eine deutliche Verminderung der Emissionen aus dem Pkw-Verkehr zu bewirken.

8.2 MÖGLICHE FÖRDERMITTELPROGRAMME

Die nationale Förderlandschaft ist sehr divers und unterliegt stetigen Anpassungen an die politischen Zielstellungen des Bundes und der Europäischen Union. Die nachfolgenden Darstellungen geben einen Einblick in die, zum Zeitpunkt der Konzepterstellung, nutzbaren Förderprogramme im Rahmen der

Entwicklung des Wohnbaugebietes Rodgau-West. Der Fokus liegt hierbei auf der Realisierung der Vorzugsvarianten. Da die technischen Ausführungen gezeigt haben, dass die Einhaltung eines Energie-Plus-Standard zwingend die Realisierung zahlreicher dezentraler PV-Lösungen im Quartier erfordert, sollen neben Fördermöglichkeiten für (kommunale) Unternehmen auch potenzielle Förderungen für Privatpersonen berücksichtigt werden. Die jeweilige Berechtigung zur Inanspruchnahme ist unter Antragsberechtigte ausgewiesen.

Tabelle 8.1: Steckbrief Förderprogramm Wärmenetze 4.0

Wärmenetze 4.0 – Modul II: Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0	
Fördergegenstand – Schlagwörter	<ul style="list-style-type: none"> • Modul I: Erstellung Machbarkeitsstudie • Modul II: Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0 • Modul III: Informationsmaßnahmen zur Erzielung der erforderlichen Anschlussquote und Wirtschaftlichkeit • Modul IV: Capacity Building
Antragsberechtigte	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen, Kommunen, kommunale Betriebe, kommunale Zweckverbände, Vereine, Genossenschaften, Bildung von Konsortien möglich
Fördermittelumfang	<ul style="list-style-type: none"> • Zuschuss in Höhe von 30 bis 40 % • Zzgl. Bis zu 10 % Nachhaltigkeitsprämie je nach Anteil EE und Abwärme • Maximale Förderhöhe 15 Mio. Euro
Fördermittelgeber	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Technische Machbarkeitsstudie muss vorhanden sein (Abwicklung via Modul I nicht zwangsläufig erforderlich) • Abwärme aus KWK-Anlagen wird nur anerkannt, wenn sie Bestandteil von Industrieanlagen sind, deren Primärprozess nicht die KWK ist • Spezifische Anforderungen für Kalte Nahwärmenetze: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dezentrale Wärmepumpen befinden sich im Eigentum des Wärmenetzbetreibers ○ Kunden wird nutzbare Wärme zur Verfügung gestellt ○ Strombezugskosten für die Wärmepumpen trägt der Wärmenetzbetreiber • Kumulierung mit anderen Förderprogrammen nicht möglich, (KWKG z.T. ausgenommen)
Weiterführende Informationen	https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html

Tabelle 8.2: Steckbrief Förderprogramm KfW Standard 270

KfW Erneuerbare Energien – Standard (270)	
Fördergegenstand – Schlagwörter	Planung und Umsetzung von Wärme-/ Kältenetzen, Wärme-/ Kältespeicher aus EE: <ul style="list-style-type: none"> • PV (Dach/Fassade, Freifläche), Wasser, Wind • Mitfinanzierung vorgelagerter Netze, Batteriespeicher • Messtechnik, Steuerungstechnik, Regeltechnik
Antragsberechtigte	<ul style="list-style-type: none"> • Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, Privatpersonen
Fördermittelumfang	<ul style="list-style-type: none"> • Kredit mit effektivem Jahreszins ab 1,03 % • Förderung von bis zu 100 % der Kosten, maximal 50 Mio. Euro
Fördermittelgeber	Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • EEG-Anforderungen sind zu erfüllen
Weiterführende Informationen	https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/

Tabelle 8.3: Steckbrief Förderprogramm KfW Standard 271

KfW Erneuerbare Energien – Premium (271)	
Fördergegenstand – Schlagwörter	<ul style="list-style-type: none"> • Solarkollektoranlagen (> 40 m²), Wärmenetz (basierend auf EE), Wärmespeicher, Wärmepumpen, Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) aus Biomasse
Antragsberechtigte	<ul style="list-style-type: none"> • (kommunale) Unternehmen, öffentliche Einrichtungen, Privatpersonen, Contractoren
Fördermittelumfang	<ul style="list-style-type: none"> • Kredit mit effektivem Jahreszins ab 1,0 % • Förderung von bis zu 100 % der Kosten, maximal 25 Mio. Euro • Bis zu 50 % Tilgungszuschuss
Fördermittelgeber	KfW
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestlaufzeit 2 Jahre
Weiterführende Informationen	https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/

Tabelle 8.4: Steckbrief Förderprogramm KfW IKK (201)

IKK – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (201)	
Fördergegenstand – Schlagwörter	<p>Wärme- und Kälteversorgung im Quartier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlagen zur lokalen Nutzung industrieller Abwärme • Dezentrale Wärme- und Kältespeicher • Wärme- und Kältenetze im Quartier
Antragsberechtigte	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunale Gebietskörperschaften, deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe, Gemeindeverbände
Fördermittelumfang	<ul style="list-style-type: none"> • Kredit mit effektivem Jahreszins ab 0,01 % (Stand 12/2020) • Förderung von bis zu 100 % der Kosten, ohne definierten Höchstbetrag • 10 % Tilgungszuschuss
Fördermittelgeber	KfW
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestlaufzeit 4 Jahre • Kombination mit anderen Förderungen z.T. möglich, z.B. Wärme-/Kältenetz- bzw. Wärme-/Kältespeicherförderung nach § 18-21 bzw. § 22-25 KWKG
Weiterführende Informationen	<p>https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/</p>

Tabelle 8.5: Steckbrief Förderprogramm KfW IKU (270)

IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (202)	
Fördergegenstand – Schlagwörter	<p>Wärme- und Kälteversorgung im Quartier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlagen zur lokalen Nutzung industrieller Abwärme • Dezentrale Wärme- und Kältespeicher <p>Wärme- und Kältenetze im Quartier</p>
Antragsberechtigte	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunale Unternehmen, gemeinnützige Organisationen, Körperschaften/ Anstalten des öffentlichen Rechts, Unternehmen im Rahmen von Investor-Betreiber-Modellen
Fördermittelumfang	<ul style="list-style-type: none"> • Kredit mit effektivem Jahreszins ab 1 % • Förderung von bis zu 100 % der Kosten, maximal 50 Mio. Euro • 10 % Tilgungszuschuss
Fördermittelgeber	KfW
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Mindestlaufzeit 4 Jahre • Kombination mit Mitteln aus dem EEG oder KWKG nicht möglich
Weiterführende Informationen	<p>https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Quartiersversorgung/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunale-Unternehmen-(202)/</p>

Tabelle 8.6: Steckbrief Förderprogramm HEG

Energetische Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes (HEG)	
Fördergegenstand – Schlagwörter	<p>A: Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien (§ 5 HEG):</p> <ul style="list-style-type: none"> • investive Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, zur rationellen Energieerzeugung und -verwendung und zur Nutzung erneuerbarer Energiequelle • gesetzlicher Mindeststandard muss übertroffen werden <p>B: Förderung von Energieberatung und Akzeptanzmaßnahmen (§ 8 HEG):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung einer Energieberatungsstelle oder einer Energieagentur und deren personelle Fachbesetzung für die Dauer von bis zu drei Jahre
Antragsberechtigte	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche und juristische Personen
Fördermittelumfang	<ul style="list-style-type: none"> • A: Zuschuss bis zu 30 %, Investitionsumfang muss > 12.550 Euro sein • B: Zuschuss bis zu 75 %
Fördermittelgeber	Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • -
Weiterführende Informationen	https://www.wibank.de/wibank/energetische-foerderung-im-rahmen-des-heg/energetische-foerderung-heg-312036

8.3 ABLAUFPLAN

Wie bereits erläutert soll die Entwicklung des Baugebietes abschnittsweise erfolgen. Der nachfolgende Ablaufplan berücksichtigt alle drei ausgewiesenen Bauabschnitte (vgl. Abbildung 2.3). Es wird ab Beginn der Grundstückvermarktung von einer Entwicklungsdauer von 15 Jahren ausgegangen. Der Ablaufplan sieht im Wesentlichen sechs Arbeitsschwerpunkte vor – das Bebauungsplanverfahren, die Grundstückvermarktung, die (energetische) Erschließung, die Umsetzung der Energieinfrastruktur, das fortlaufende Monitoring und die projektbegleitende Öffentlichkeitsarbeit. Den Arbeitsschwerpunkten wurden Verantwortlichkeiten zugeordnet. Je nach gewähltem Betreibermodell könnten zusätzliche Arbeitsschritte für die Anbahnung und Durchführung der Zusammenarbeit entstehen.

		Projekt-Jahr														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Arbeitsschwerpunkte	Hauptverantwortlicher															
Grundstücksvermarktung		BA 1			BA 2				BA 3							
Vorverhandlungen, Entwicklung Regularien für Eigentümer: für B-Plan	Stadt Rodgau	■														
für Kaufverträge/ städtebauliche Verträge	Hessische Landesgesellschaft	■														
Flächenvermarktung	Hessische Landesgesellschaft			■				■								
Bebauungsplanverfahren	Stadt Rodgau	■														
(Energetische) Erschließung	Betreiber	BA 1			BA 2				BA 3							
Planung (Strom/ Wärme)		■														
Bau (Strom/ Wärme)				■				■								
Umsetzung Erzeugungsinfrastruktur	Betreiber	BA 1			BA 2				BA 3							
Planung					■				■							
Bau/ Inbetriebnahme				■				■								
Monitoring	Betreiber	■														
Systementwicklung					■				■							
Aufbau und Umsetzung Plattform				■				■								
Inbetriebnahme/ Betrieb				■				■								
Öffentlichkeitsarbeit	Stadt Rodgau	■														
Informationsveranstaltung/ Workshop/ Event		(punktuelle Durchführung)														

Abbildung 8.1: Übersicht Ablaufplan

Die Grundstücksvermarktung beinhaltet dabei nicht nur den reinen Verkaufsprozess, sondern auch schon informelle Vorgespräche mit InteressentInnen und Projektentwicklern in der Anbahnung. Diese sind in der Akquisephase unerlässlich, um die Rahmenbedingungen vorverhandeln zu können und geeignete InteressentInnen für die Grundstücke auszuwählen. Hierzu gehört auch, die konkreten Vermarktungsbedingungen aus Sicht der Energieversorgung festzulegen und diese Vorgaben zu kommunizieren und durchzusetzen.

Das Bebauungsplanverfahren beinhaltet das formale bauordnungsrechtliche Verfahren zur Festlegung der möglichen Bebauung des Gebiets.

Mit der infrastrukturellen Erschließung beginnen die Bauarbeiten im Gebiet. Dazu gehören die Energiemedien Strom und Wärme als auch Trinkwasser, Abwasser und Informations- und Telekommunikationsinfrastruktur. Parallel sollte, bei Schaffung der ersten infrastrukturellen Voraussetzungen, die Erzeugungsinfrastruktur z.B. zentrale Trassen, Betriebsgebäude o.ä. geschaffen werden.

Mit der der Energieerzeugung ist auch die Basis für das Monitoringsystem zu schaffen. Hierzu gehört die IT-Infrastruktur, als auch notwendige Plattformen, Datenbanken oder Services, um diese mit Beginn der Versorgung in Betrieb nehmen zu können.

Die Öffentlichkeitsarbeit begleitet alle Phasen von Beginn an und ist, wie oben beschrieben, ein kontinuierlicher Prozess.

Die Phasen wiederholen sich bauabschnittsbezogen, insbesondere die Herstellung der physischen Infrastruktur und Anlagen. Nichtsdestotrotz ist mit verschiedenen Umsetzungshemmnissen zu rechnen und diese schon während der Phase der Bauleitplanung zu berücksichtigen:

- rechtzeitige Flächensicherung pro Bauabschnitt und in den Erschließungsflächen
- eingeschränkte Ordnungsmöglichkeiten bzgl. Gebäudeenergieeffizienz
- Bildung signifikanter Abweichungen vom Rahmenplan im Bauleitverfahren erfordert Anpassung des Versorgungskonzepts
- Technologievorbehalte, z.B. ggü. Wärmeversorgung aus Abwärme
- Kritik aus der Öffentlichkeit zu Zielen, Methoden, konkreten Konzepten
- divergierende Interessenlagen von EigentümerInnen (Investoren, Projektentwickler, PrivateigentümerInnen) untereinander und ggü. öffentlichen Institutionen (Stadtverwaltung, Stadtwerke)
- genehmigungsrechtliche Einwände von Behörden und Träger öffentlicher Belange

8.4 MÖGLICHE BETREIBERMODELLE

Hinsichtlich der Betriebskonzepte sind unterschiedliche Modelle vorstellbar. Im Folgenden werden ausgewählte relevante Modelle kurz vorgestellt und mit einer Würdigung eingeordnet.

Folgende Modelle werden näher betrachtet:

1. Energiegenossenschaften
2. Stadtwerke als Lösungsanbieter
3. Contracting
4. Prosumer-Modelle

Wesentlich ist weiterhin, dass bestimmte Konzepte kombinierbar sind, wie bspw. die Stadtwerke als Lösungsanbieter auch Prosumer-Modelle anbieten können, während sich dies bspw. weniger für das Contractoren-Modell eignet.

8.4.1 ENERGIEGENOSSENSCHAFTEN

Grundsätzliches

Genossenschaften haben sich in den verschiedensten Märkten etabliert und sich dabei in Größe und Struktur unterschiedlich ausgebildet. Allen Genossenschaften ist jedoch gemein, dass die MitgliederInnen zugleich EigentümerInnen und KundInnen ihrer Genossenschaft sind. Das so genannte Identitätsprinzip unterscheidet eine Genossenschaft von allen anderen Formen der kooperativen Zusammenarbeit.

Im Vordergrund steht der genossenschaftliche Förderzweck und nicht die Zahlung einer Rendite. Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass Genossenschaften keine Gewinne erwirtschaften. Auch eine

Genossenschaft sollte sich marktkonform und betriebswirtschaftlich effizient verhalten, um im Wettbewerb bestehen und die MitgliederInnen langfristig fördern zu können.

In einer Genossenschaft schließen sich die MitgliederInnen freiwillig zusammen, um gemeinsam zu wirtschaften. Dabei soll die wirtschaftliche Förderung aller MitgliederInnen aus eigener Kraft und nicht durch Unterstützung Dritter bzw. des Staates gelingen. Die Genossenschaft wird von Personen geführt (Vorstand und Aufsichtsrat), die selbst Mitglied der Genossenschaft sind. Die grundsätzlichen Entscheidungen werden in der Genossenschaft in der Generalversammlung der MitgliederInnen getroffen. Hier hat jedes Mitglied unabhängig von seiner Kapitalbeteiligung nur eine Stimme. Dies soll den Einfluss einzelner MehrheitseignerInnen auf die Genossenschaft begrenzen.

Vorteile

Erfahrungsgemäß bringt die Gründung von Energiegenossenschaften vor allem bei kontrovers diskutierten Vorhaben wie bspw. Windparks Vorteile.

Nachteile

Wenngleich eine aktive Bürgerbeteiligung gewünscht ist, kann sich allerdings gerade durch die Gründung einer Energiegenossenschaft später ein weiteres ungewünschtes Themenfeld ergeben (Partikularinteressen). Weiterhin gestaltet sich die Entscheidungsfindung für alle wesentlichen Themen (sog. Corporate Governance) der Entstehung und Fortentwicklung des Quartiers bei der Vielzahl der AkteurInnen als deutlich aufwendiger.

Würdigung

Die Gründung einer Energiegenossenschaft ist ein sehr aufwendiger Schritt. Die Zielsetzung einer Beteiligung der BürgerInnen an dem Vorhaben lässt sich über einen aktiven Dialog mit allen Beteiligten wesentlich leichter und effizienter erreichen. Im vorliegenden Fall würden wir aufgrund des hohen Innovationsgrads und Umweltbewusstseins des Vorhabens auch keinen gesellschaftlichen Widerstand erwarten, der eine Energiegenossenschaft erfordern würde.

Da der Einfluss jedes Mitglieds unabhängig von seiner Kapitalbeteiligung auf eine Stimme begrenzt ist, empfiehlt sich dieses Modell nicht für das Vorhaben, dessen Umsetzung einen kompetenten energieerfahrenen Partner erfordert.

8.4.2 STADTWERKE ALS LÖSUNGSANBIETER

Grundsätzliches

Grundsätzlich ist dieses Modell auch für weitere wettbewerbliche Energieversorger neben den ansässigen Stadtwerken anwendbar. Allerdings wird gerade bei vollständig bzw. mehrheitlich kommunal gehaltenen Stadtwerken dieses Modell häufig von der für die Quartiersentwicklung verantwortlichen Stadt gewählt, da es die kommunalen Interessen mit der energiewirtschaftlichen Lösungskompetenz der Stadtwerke kombiniert.

Vorteile

Die Entscheidungswege sind deutlich schnittstellenärmer bei der Umsetzung des Quartierskonzeptes durch die Stadtwerke Rodgau, die erfahren in der Entwicklung und auch im Betrieb von kritischen Infrastrukturen sind. Reaktionszeiten und Erreichbarkeit sind aufgrund der lokalen Verankerung in Rodgau konkurrenzlos.

Neben der örtlichen Kenntnis und starken lokalen und regionalen Vernetzung könnten die Stadtwerke auch zusätzlich weitere innovative Lösungen anbieten. Durch die Bündelung von Leistungen können einzelne Leistungen spezifisch gesehen günstiger angeboten werden bzw. neuartige Angebote entstehen. Da sich bereits ein erheblicher Teil des entstehenden Wohnraums im privaten Eigentum befindet, werden sich die entsprechenden Angebote voraussichtlich nach dem Aggregationsniveau bei den ZielkundenInnen unterscheiden (IndividualkundenInnen vs. Bündelkunden wie bspw. Wohnungswirtschaft).

Nachteile

Die Stadtwerke verfügen über begrenzte Ressourcen, die sie fokussiert für den Erhalt und Ausbau einer hochwertigen Daseinsvorsorge einsetzen können. Bei gegebener Auftraggeberkompetenz lassen sich etwaige Ressourcen-Engpässe aber sinnvoll durch Einbindung externer Expertise lösen.

Würdigung

Die Umsetzung der Energiewende vor Ort hat sich im Zusammenspiel zwischen Kommune und Stadtwerken insbesondere dort gut bewährt, wo die Stadtwerke in kommunaler Hand sind. Hier lassen sich im Idealfall gesellschaftliche Zielvorstellungen mit energiewirtschaftlicher Kompetenz verbinden. Gerade bei innovativen Vorhaben sind etablierte Entscheidungswege von Vorteil.

Für den vorliegenden Fall sehen wir dieses Modell als vielversprechend an.

8.4.3 CONTRACTING

Grundsätzliches

Der Begriff „Contracting“ bezeichnet die Umsetzung der Energieversorgung in Gebäuden oder Produktionsanlagen durch einen Dienstleister auf der Basis eines langfristigen Vertrages. Die beiden Vertragsparteien beim Contracting sind der „Contractor“, das ausführende Unternehmen, und der Contractingnehmer, das beanspruchende Unternehmen. Dieser beauftragt den Contractor mit der Ausführung der vertraglich vereinbarten Leistung. Im Vorfeld berät der Contractor das auftraggebende Unternehmen und installiert eine kundenspezifische Lösung. Dieses Energiedienstleistungspaket beinhaltet je nach Vereinbarung die Planung, den Betrieb und die Wartung, die kontinuierliche Optimierung der Anlagen sowie den Einkauf des Energieträgers und die Finanzierung des Projekts. Dabei übernimmt der Contractor die Verantwortung für die technische Umsetzung sowie vertraglich definierte kommerzielle Risiken. Die Laufzeiten des Contracting betragen üblicherweise zehn bis 15 Jahre. Beim Energie-Contracting stehen keine bestimmten Energieträger oder Technologien im Vordergrund.

Grundsätzlich lassen sich beim Energiecontracting vier Arten unterscheiden.

1. Energiesparcontracting

Bei diesem Contractingmodell, das auch als Energy Performance Contracting (EPC) bezeichnet wird, übernimmt der Contractor von der Finanzierung über die Planung bis hin zur Betreuung sämtliche Aufgaben für den Contractingnehmer. Der Gegenstand des Vertrages ist bei diesem Contractingmodell die garantierte Einsparung von Energiekosten auf der Seite des Contractingnehmers. Um diese Einsparungen erzielen zu können, führt der Contractor auf eigenes Risiko Energiesparmaßnahmen durch, die auf eine Reduzierung des Energiebedarfs im Unternehmen des Contractingnehmers und damit auf eine Reduzierung des Energieverbrauchs ausgerichtet sind. Einen Teil der eingesparten Energiekosten erhält der Contractor als Vergütung.

2. Energieliefercontracting

Bei dieser Art wird eine Anlage zur Energiebereitstellung vom Contractor geplant, finanziert und gebaut. Der Contractingnehmer bezieht diese Energie zu vertraglich festgelegten Konditionen für einen festgelegten Zeitraum. Gemäß dieser Definition ist die Lieferung der Energie der Vertragsgegenstand.

3. Betriebsführungscontracting

Im Unterschied zum Energieliefercontracting übernimmt der Contractor bei diesem Contractingmodell eine bereits beim Contractingnehmer vorhandene Anlage und führt auf eigenes Risiko Optimierungsmaßnahmen durch.

4. Finanzierungscontracting

Hierbei plant, errichtet und finanziert der Contractor eine abgegrenzte Anlage, die der Betreiber der Anlage, der Contractingnehmer, einen sicheren und umweltschonenden Betrieb ermöglicht. Die anfänglichen Investitionskosten werden vom Contractor übernommen und über die Vertragslaufzeit durch die Contractingnehmer getilgt.

Als Contractoren kämen Energieversorger, wie bspw. die Stadtwerke Rodgau, oder spezialisierte Energiedienstleister in Frage. Typischerweise würde die Auswahl eines geeigneten Contractors in einem wettbewerblichen Verfahren, z. B. im Rahmen einer Ausschreibung, erfolgen.

Vorteile

Contracting bietet eine gesicherte Versorgung über Vertragslaufzeiten von 10 bis 15 Jahren im Rahmen des abgeschlossenen Leistungsumfangs ab, der typischerweise Einbau, Betriebsführung und Wartung der Anlagen umfasst. Die anfänglich hohen Investitionskosten und der planerische Aufwand werden vollständig an den externen Dienstleister ausgelagert.

Nachteile

Wenngleich der gewünschte Anspruch an Ökologie und Innovation an das entstehende Quartier auch im Contracting umsetzbar ist, optimiert es per se die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens und fühlt sich erst nachgeordnet den weiteren Anforderungen des Projektes verpflichtet.

Würdigung

Das Contracting-Modell kann insbesondere bei bestehenden Infrastrukturen mit erhöhten Modernisierungs- bzw. Sanierungsbedarf seine Stärken ausspielen. Hier können Effizienzgewinne erzielt werden, die beim Weiterbetrieb der bestehenden Infrastrukturen nicht erreichbar wären. Bei der Planung von Neubauten entfällt dieser Vorteil allerdings.

Zusammenfassend passen die Stärken des Contracting-Modells nicht zur Art des Vorhabens.

8.4.4 PROSUMER-MODELLE

Grundsätzliches

Der Begriff „Prosumer“ bezeichnet KundenInnen, die nicht nur als VerbraucherInnen, sondern zugleich auch als AnbieterInnen von Dienstleistungen oder Produkten auftreten. Im vorliegenden Fall lässt sich dies gut am Beispiel der EigentümerInnen von Dachflächen illustrieren, die sich für den Einsatz von Photovoltaik (PV) eignen; diese EigentümerInnen treten somit zugleich als KonsumentInnen und als ErzeugerInnen von Energie auf. Dieser Anwendungsfall ist von hoher praktischer Relevanz für die vorliegende Quartiersentwicklung. Verschiedene Vertragsmodelle können für die Umsetzung einer PV-Anlage auf dem Gebäude infrage kommen. Hier wird der Fokus auf die Anlagenpacht gelegt, da dies die derzeit wirtschaftlichste Variante und am meisten umgesetzte Vertragsform darstellt. Dennoch werden verschiedene Vertragsmodelle kurz erläutert.

1. PV-Anlagenpachtvertrag

In diesem Modell verpachtet die EigentümerIn ihr Dach zu einem Preis (der bei öffentlichen Liegenschaften meist symbolisch ist). Auf dem Dach errichtet die pachtende Person der Dachfläche, z.B. die Stadtwerke, auf eigene Kosten die PV-Anlage, die wiederum an die EigentümerIn gegen ein monatliches Entgelt verpachtet wird. Der vor Ort erzeugte Sonnenstrom wird vorrangig in der Liegenschaft verbraucht, überschüssiger Strom wird in das Netz eingespeist. Mit der monatlichen Pacht und dem Betriebsführungsentgelt sind alle anfallenden Kosten für Wartung und Instandhaltung der Anlage abgedeckt und es fallen für die EigentümerIn keine weiteren Aufgaben an. Das Risiko für den Ertrag der PV-Anlage liegt bei der EigentümerIn als pachtende Person der Anlage. Ein Teil dieses Risikos wird über den Betriebsführungsvertrag wieder ausgelagert. Durch den Pacht- und Betriebsführungsvertrag wird die technische Anlagenverfügbarkeit garantiert. Wirtschaftlich interessant ist das Pachtmodell, da die Kosten der EEG-Umlage für den Verbrauch des vor Ort produzierten Solarstroms auf 40 % gesenkt werden können.

2. Solarstromliefervertrag

Der Aufbau dieses Modells ist dem der Pacht ähnlich, jedoch wird die Anlage nicht an die EigentümerIn verpachtet. In diesem einfacheren Vertragsmodell beliefern z.B. die Stadtwerke die EigentümerIn mit dem direkt vor Ort erzeugten Solarstrom zu einem festgelegten Grund- und Arbeitspreis einschließlich der vollen EEG-Umlage, ein wirtschaftlicher Betrieb ist somit schwieriger umsetzbar. Bei diesem Modell tragen die Stadtwerke das Ertragsrisiko und sorgen sich um die Wartung und Instandhaltung während der Vertragslaufzeit.

3. Mieterstrom

Diese Vertragsform ist vor allem in der Wohnungswirtschaft üblich. Beim Mieterstrommodell pachtet ein Energieversorger das Dach einer Liegenschaft und baut darauf eine Solarstromanlage. Der erzeugte Strom wird den Mietparteien angeboten, die dazu einen entsprechenden Stromvertrag abschließen können. Bei zu geringer Solarstromerzeugung werden die fehlenden Strommengen aus dem Netz bereitgestellt. Insbesondere bei Neubauten lassen sich ausreichend hohe TeilnehmerInnenquoten erreichen, die Voraussetzung für eine wirtschaftliche Umsetzung des Modells sind.

4. Eigenbetrieb (Eigenbau + Eigenfinanzierung)

In diesem Modell wird die Anlage durch die EigentümerIn eigenständig finanziert, geplant, errichtet und betrieben. In der Regel werden - bis auf die Finanzierung - die einzelnen Leistungen zum Teil oder komplett an Dritte übergeben. Die Einnahmen durch die EEG-Vergütung sowie die Ersparnisse durch die Solarstromeigennutzung stehen den Betriebskosten und Abschreibungen für die Baukosten gegenüber. Mit dem Eigenbetrieb der Anlage folgen regelmäßige energiewirtschaftliche Pflichtmeldungen und die Verantwortung für Reparaturen, Monitoring usw. In diesem Modell lässt sich durch die Vielzahl an individuellen Lösungen auch nicht unbedingt der Nutzen einer ganzheitlich abgestimmten Lösung verwirklichen.

Würdigung

Aufgrund des hohen Anteils an privatwirtschaftlichen EigentümerInnen im Quartier sind Prosumer-Modelle im Sinne einer aktiven Anreizsteuerung zur Erreichung der ökologischen Zielsetzungen zwingend vorzusehen.

Prosumer-Modelle lassen sich mit verschiedenen weiteren Betreibermodellen verbinden. Sie eignen sich v. a. in Kombination mit Quartiersversorgern und weniger im Zusammenhang mit Contracting-Modellen, die einen anderen Fokus haben.

8.5 KOMMUNIKATION UND ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

Die Energiewende wird als abstraktes Konzept mehrheitlich von der Bevölkerung befürwortet. Dies spiegeln zahlreiche Studien und Umfragen wieder. Werden einzelne Bevölkerungsgruppen mit der technischen Umsetzung direkt konfrontiert, reagieren sie jedoch häufig skeptisch oder es kommt zu Protesten. Oftmals greift der sogenannte NIMBY-Effekt (Not in my backyard) – klimafreundliche Energieversorgung ja, aber bitte keine Stromüberlandleitungen, Solarpanels oder Windräder in meinem Wohnumfeld. Dies ist im Hinblick auf die vorgestellten Energieversorgungslösungen dieses Konzepts zwar eher unwahrscheinlich, aber neben diesem Effekt können auch ökologische Konflikte, fehlende Transparenz, mangelndes Verständnis über die Projektumsetzung und den -nutzen sowie weitere Gründe zu Widerständen gegenüber der Projektrealisierung für eine nachhaltige und zukunftsfähige Energieversorgung führen. Vor diesem Hintergrund ist eine frühzeitige und zielgerichtete Einbindung und Kommunikation von und mit betroffenen AkteurInnen unerlässlich. Die breite Akzeptanz und Mitwirkung durch die zukünftigen Quartiersbewohnern ist zwingend erforderlich, da für die Erreichung des angestrebten Plus-Energie-Standards die Umsetzung von ProsumerInnen-Modellen unerlässlich ist.

Entscheidende Erfolgsfaktoren sind neben einer frühzeitigen Kommunikation die Transparenz, Glaubwürdigkeit, proaktive Zusammenarbeit und der Dialog mit den beteiligten AkteurInnen – im vorliegenden Fall sind dies neben den zukünftigen QuartierbewohnerInnen auch BauherrInnen, Bauträger, Investoren, Betreiber, GrundbesitzerInnen, AnrainerInnen und andere interessierte und involvierte Gruppen und Personen. Diese sollten mit Hilfe stakeholderkompatibler Kommunikationsinstrumente über die geplanten technischen Lösungen und Konzepte informiert werden. Hierfür bieten sich vor allem die aktive Pressearbeit, Informations- und Dialogveranstaltungen, eine Projekt-Website und Visualisierungen im öffentlichen Raum an. Die möglichen Kommunikationsplattformen binden die AkteurInnen unterschiedlich stark ein. Es ist daher sinnvoll sich zuvor die Frage zu stellen, ob eine adressierte AkteurInnengruppe informiert, motiviert, beteiligt oder zur Kooperation eingebunden werden soll.

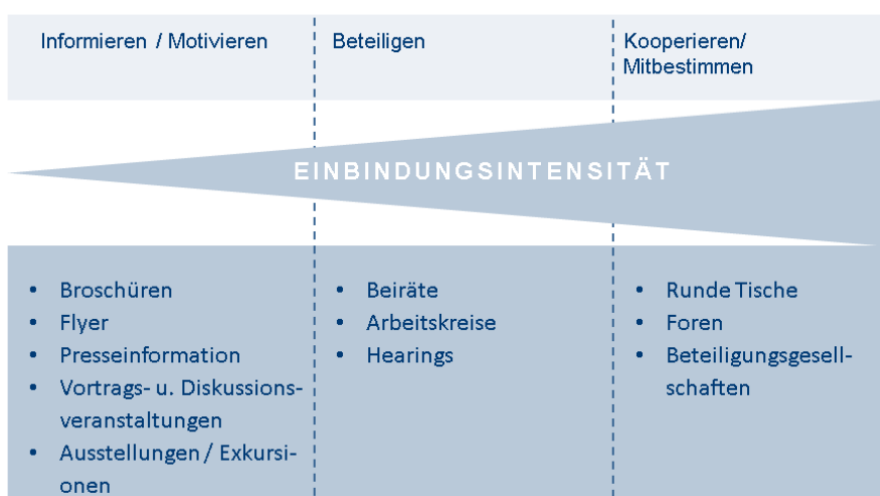


Abbildung 8.2: Einbindungsintensität in der Öffentlichkeitsarbeit

Quelle: [2]

Soziale Medien können ebenfalls bespielt werden, tragen aber erfahrungsgemäß eher geringfügiger zu den gewünschten Effekten bei. Der MultiplikatorInneneffekt kann aber dazu führen, dass interessierte und informierte AkteurInnen die sozialen Medien zur Verbreitung der kommunizierten Informationen nutzen. [2]

Eine erste BürgerInneninformationsveranstaltung wurde bereits zum Auftakt des Projektes im Jahr 2016 durchgeführt. Eine weitere folgte im November 2019 zur Erläuterung und Diskussion der ersten Phase der Rahmenplanung. Im Rahmen von Themen-Tischen wurden die Fragen und Anregungen von etwa 80 Beteiligten aufgenommen. Zudem erfolgte eine Online-Umfrage, deren Ergebnisse ebenfalls in der Rahmenplanung berücksichtigt wurden. Nach Ende der zweiten Phase des Rahmenplans ist die Durchführung einer weiteren BürgerInneninformationsveranstaltung durch die Stadt Rodgau online erfolgt. Künftig werden im Rahmen der Bauleitplanung weitere Beteiligungen umgesetzt. Hierzu zählt auch die Information und Beteiligung zum Energiekonzept. Laufende Aktualisierungen der Homepage www.rodgau-west.de runden die Information und Beteiligung ab.

Für eine erfolgreiche Kommunikationsstrategie und Öffentlichkeitsarbeit kann es zukünftig von Vorteil sein, im Quartier eine zentrale AnsprechpartnerIn zu etablieren, um die initiative Rolle des „In-Gang-setzen“ wahrzunehmen, und möglichst viele lokale AkteurInnen in die Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit einzubinden und zu steuern. In Rodgau könnte diese Rolle von der Stadt und/oder den Stadtwerken (falls diese beispielsweise als Infrastruktur-Betreiber agieren) unter Beteiligung der HLG eingenommen werden. Im Idealfall entwickelt sich ein selbstorganisierendes Netzwerk, in dem AkteurInnen miteinander agieren. Dies ist beispielsweise im Rahmen von Arbeitskreisen möglich, aus welchen unter anderem Energiegenossenschaften hervor gehen können (vgl. 8.4.1). Allerdings sollte die zentrale AnsprechpartnerIn die Aktivitäten und die geplanten energetischen Lösungen im Blick haben und die Passgenauigkeit zum Gesamtziel stetig überprüfen.

Zur Veranschaulichung und Akzeptanzerhöhung verschiedener Aspekte des Energiekonzeptes können diese für die zukünftigen und derzeitigen EinwohnerInnen Rodgaus erlebbar gemacht werden. Hierzu sind in den unterschiedlichen Stufen der Baugebietsentwicklung verschiedene Durchführungsformate denkbar. Während der Vermarktungsphase beispielsweise im Rahmen der Durchführung von Stadt(teil)-, Volks- oder Vereinsfesten mit dem Einsatz von Elektro-Fahrzeugen für einen Shuttle- oder Heimbring-Service. Dieser weckt das Interesse an der Technologie, ermöglicht den aktiven Themen- und Informationsaustausch und verankert ein positives Erlebnis mit dem Thema Elektromobilität. Nach der erfolgreichen Erschließung des Baugebietes und zu Beginn des Baus der Energieinfrastruktur könnte von der Stadt Rodgau oder den zukünftigen Betreibern der Infrastruktur ein Tag der offenen Baustelle durchgeführt werden. Des Weiteren wäre im Zuge der Plattformentwicklung für das zukünftige Monitoring der Bau einer digitalen Anzeigetafel an einem gut frequentierten Punkt im Quartier, beispielsweise dem Schulcampus, denkbar. Hier können in Echtzeit Daten zu Energieverbräuchen oder eingesparten CO₂-Emissionen visualisiert werden. Nach Fertigstellung der ersten Gebäude ist es ratsam den zukünftigen BewohnerInnen noch einmal die Besonderheiten der Gebäudehülle und Energieversorgung zu verdeutlichen. Dies könnte über Flyer oder Aufsteller im Quartier verwirklicht werden. Zusätzlich können hier Informationen und Tipps zum Thema Energieeffizienz und energieeffizientes Verhalten zur Verfügung gestellt werden. Zudem können Informationen und Beratungsleistungen auch auf dem bereits 2018 und 2019 durchgeführten Energietag in Rodgau angeboten werden. Das Format ist bereits etabliert und wurde von der Bevölkerung gut angenommen. Ebenso ist die Vernetzung und Zusammenarbeit mit dem Energieberatungsstützpunkt der Verbraucherzentrale Hessen sinnvoll.

Im Rahmen der Entwicklung der Bauabschnitte zwei und drei kann auf die best-practice Erfahrungen aus Bauabschnitt eins zurückgegriffen werden.

8.6 DOKUMENTATION UND ERFOLGSKONTROLLE

Das energetische Monitoring dient der Evaluierung des mit der Erstellung des energetischen Konzeptes angestoßenen Prozesses der Schaffung eines Plus-Energie-Quartiers. Das Energiemanagement für das betrachtete Baugebiet lässt sich gut mit den Aktivitäten der Stadt Rodgau zum Energiemanagement in kommunalen Gebäuden verknüpfen. Das geplante Monitoring könnte ein Aufgabenbereich einer EnergiemanagerIn für das Quartier sein, hierfür müssten bei den MitarbeiterInnen der Stadtverwaltung entsprechende Kapazitäten geschaffen werden. Alternativ könnten auch die kommunalen Stadtwerke

die Ressource bereitstellen. In jedem Falle sollte eine zentrale Koordinierungsstelle für das Monitoring geschaffen werden. So werden eine Überlagerung von Aufgaben und Verantwortung vermieden und klare Hierarchien sowie Kommunikationswege hergestellt.

Mit dem konsekutiven Monitoring des Quartierskonzeptes können die Erfolge der Maßnahmenumsetzung dargestellt und mögliche Handlungsbedarfe identifiziert werden, um ggf. Kurskorrekturen bei der Maßnahmenumsetzung oder auch neue Potentiale frühzeitig in den Prozess integrieren zu können. Im Sinne eines Qualitätsmanagements kann so in regelmäßigen Intervallen auf aktuelle Erfordernisse und Trends reagiert werden.

Als Dokumentations- und Kommunikationsinstrument gegenüber der Öffentlichkeit und der kommunalen Verwaltung kann das Monitoring genutzt werden, um weitere AkteurInnen zu motivieren und die BewohnerInnen für das Thema zu sensibilisieren. Die Umsetzungserfolge könnten z.B. regelmäßig in der Presse und für die relevanten MitarbeiterInnen der Stadtverwaltung dargestellt werden.

Im Zuge der Erfassung der Verbrauchsdaten zur Abrechnung als auch von Erzeugungsanlagen, z.B. Photovoltaik-Anlagen, sind die entsprechenden Messstellen als vorhanden anzunehmen. Zur Erfolgskontrolle ist der Zugriff auf diese erfassten Daten zu organisieren. Hierbei kann nach den einzelnen Sektoren Wärme und Strom unterschieden werden.

Für den Stromverbrauch bietet sich als zentrale Stelle der Stromnetzbetreiber an. Dieser verfügt im Rahmen des Netzbetriebs über sämtliche Verbrauchsdaten und ist häufig auch Messtellenbetreiber. So können die aggregierten Daten anonymisiert zur Wahrung des Datenschutzes an die Stadtverwaltung zumindest jährlich übermittelt werden. Gleiches gilt für die Erzeugungsdaten aus erneuerbaren Energie-Anlagen. Diese sind im Rahmen der EEG-Förderung zu registrieren und zu messen und müssen beim Stromnetzbetreiber angemeldet werden. Da die Stadtwerke Rodgau den Betrieb des Stromnetzes übernehmen sollen, hat die Kommune Zugriff auf die Daten. Da es sich um sensible, personenbezogene Informationen handelt, ist die DSGVO zwingen einzuhalten und Daten nur aggregiert zu verwenden.

Im Wärmebereich gestaltet sich die Datenerfassung komplexer:

- Bei der Nutzung von Wärmenetzen kann der jeweilige Netzbetreiber bzw. der Wärmelieferant in der Vergabe zur Erfassung und Weitergabe verpflichtet werden. Dies kann in den Wärmelieferverträgen ebenso berücksichtigt werden. Wieder sind Vorgaben der DSGVO zwingend zu berücksichtigen.
- Ist eine objektweise dezentrale Versorgung vorgesehen bestehen zwei Möglichkeiten zur Datenerfassung. Einmal kann dies in Kauf- und/oder einen städtebaulichen Vertrag verankert werden. Da im Zuge der Nebenkostenabrechnung oder jährlichen Verbrauchsabrechnung ohnehin der Verbrauch ermittelt wird, ist dies unwesentlich mit Mehraufwand für die EigentümerIn verbunden. Voraussetzung ist jedoch das Zustandekommen solch eines Vertrags im Rahmen der Flächenveräußerung.
- Ist dies nicht der Fall, kann wieder auf den Stromnetzbetreiber zurückgegriffen werden, da eine dezentrale Versorgung technisch immer in Verbindung mit einer elektrischen Wärmepumpe steht und diese i.d.R. separat messtechnisch erfasst und abgerechnet wird. Hieraus lässt sich auf den Wärmeverbrauch schließen.

- Als weitere Option besteht auch die freiwillige Meldung der Wärmeverbräuche an die Stadtverwaltung zum Monitoring des Baugebiets.

Die Hierarchie ist im Folgenden nochmals schematisch dargestellt.

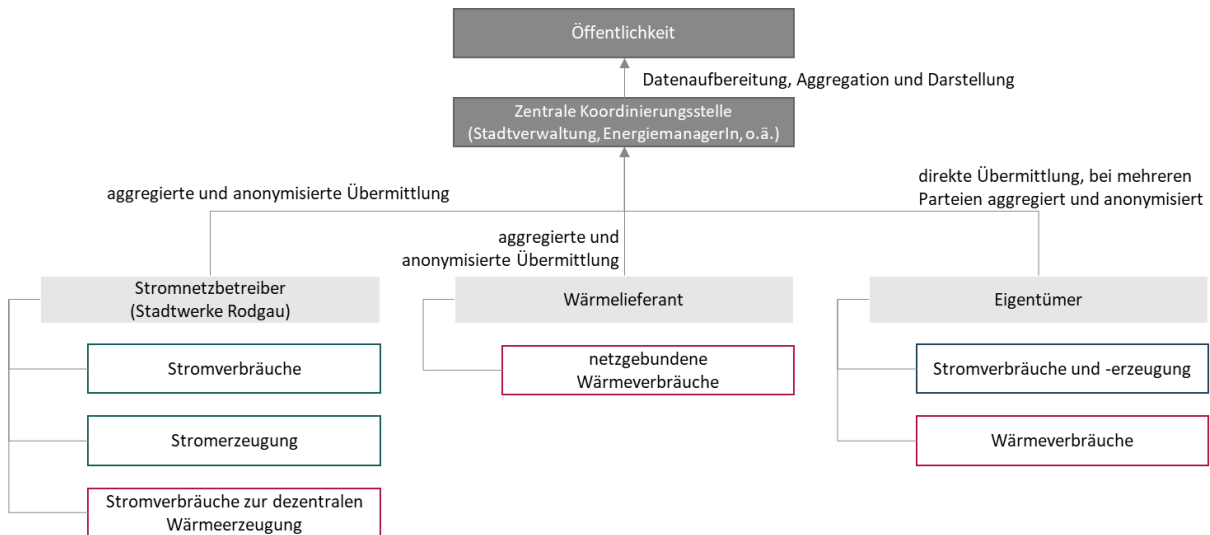


Abbildung 8.3: Hierarchie Datenerfassung und Verarbeitung

Die Veröffentlichung der Daten sollte pro Bauabschnitt oder für das Baugebiet in Summer erfolgen und in Form aufbereiteter Kennzahlen, z.B. dem Plus-Energie-Kriterium erfolgen. Dies gewährt einerseits die Wahrung des Datenschutzes als auch breites Verständnis und eine einfache Kommunikation. Die Aggregationsstufe ist flexibel den Bauabschnitten anzupassen.

Das Veröffentlichung der Kennzahlen kann in einem Reporting jährlich organisiert werden. Eine unterjährige Statusermittlung ist auch möglich, deckt sich jedoch nicht zwangsläufig mit den Zyklen der Datenerfassung und sind außerdem weniger aussagekräftig, da z.B. wichtige Kennzahlen wie das Plus-Energie-Kriterium per Definition auf Jahreszyklen bezogen sind.

Als Instrument zur Veröffentlichung bieten sich bestehende Kanäle an:

- Amtsblatt der Stadt Rodgau
- ggf. Newsletter oder KundInnenmagazine der Stadtwerke Rodgau
- lokale Printmedien
- BürgerInnenveranstaltungen
- Homepage Stadt Rodgau, Abteilung Stadtplanung
- Internetauftritt bzw. -präsentation des Baugebiets
- Jahresenergieabrechnung der BewohnerInnen im Baugebiet

Weitere Ansätze zur Dokumentation und Erfolgskontrolle sind:

- Zusätzlich könnte die Nutzung von Gebäudeenergieberatungen etwa in Zusammenarbeit mit Verbraucherzentralen oder den Stadtwerken dokumentiert werden. So ließe sich der errechnete Wärmebedarf auch noch konkretisieren.

- Ein Ansatz, der auch die Vorbildfunktion Einzelner hervorhebt, wäre die erweiterte mediale Nutzung der Maßnahmenergebnisse in lokalen Medien über das bloße Reporting hinaus – etwa in Quartiersportraits im Amtsblatt.
- Empfehlungen zur Berücksichtigung der vorgeschlagenen Maßnahmen in der Bauleitplanung und bei städtebaulichen Verträgen

9 ZUSAMMENFASSUNG

Die Rhein-Main-Region unterliegt starken Wachstumstendenzen. Vor allem der Wohnungsmarkt in und um Frankfurt am Main ist stark angespannt. Viele Menschen ziehen daher zwangsläufig in die umliegenden (sub)-urbanen Gebiete. Auch Rodgau ist von den wachsenden Zuzugsströmen betroffen. Um den wachsenden Bedarf nach Wohnraum befriedigen zu können, plant die Stadt Rodgau in Zusammenarbeit mit der Hessischen Landgesellschaft (HLG) die Entwicklung eines neuen Baugebiets in Rodgau. Das geplante Baugebiet „Rodgau-West“ liegt zwischen den Stadtteilen Jügesheim und Hainhausen. Im Baugebiet sollen etwa 2.100 Wohneinheiten, mit Wohnraum für ca. 4.600 Menschen in Ein-, Doppel- und Mehrfamilienhäusern geschaffen werden.

Der bereits erarbeitete Rahmenplan definiert die Bedingungen und Ziele für die weitere Entwicklung des Wohnbaugebietes und sollte um ein Energieversorgungskonzept für Wärme und Strom ergänzt werden. Das Energieversorgungskonzept soll verschiedene Entwicklungsoptionen des Wohnbaugebietes berücksichtigen. Als übergeordnetes Ziel forciert die Stadt Rodgau die Planung und Umsetzung eines Plusenergie-Quartiers. Das bedeutet, dass im geplanten Wohngebiet Rodgau-West in Summe über das Jahr bilanziert mindestens so viel erneuerbare Energie (EE) erzeugt werden soll, wie von den BewohnerInnen verbraucht wird. Wenn möglich sollen energetische Überschüsse erzeugt werden.

In verschiedenen Varianten wurden technische Möglichkeiten, wirtschaftliche Kriterien, ökologische Auswirkungen und Umsetzungsmöglichkeiten im Hinblick auf die spezifischen Rahmenbedingungen des Baugebietes Rodgau-West untersucht. Dabei flossen auch Untersuchungen zu nachhaltigen Mobilitätslösungen ein, auf Grundlage des bestehenden Mobilitätskonzeptes.

Im Arbeitspaket Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wurde die Wirkung des Gebäudeeffizienzstandards betrachtet. Es wurden verschiedene Standards in Varianten gegenübergestellt und mit Hinblick ihrer Auswirkungen auf Energiebedarfe und Kosten bewertet. Im Ergebnis wird ein über das gesetzliche Mindestmaß (GEG) hinaus gehender Gebäudeeffizienzstandard empfohlen, um das angestrebte Plusenergie-Quartier schaffen zu können. Daneben sollten allgemeine Planungsgrundsätze zum sommerlichen Wärmeschutz berücksichtigt und die Digitalisierung von Energieverbräuchen als Instrument eingesetzt werden, NutzerInnen das Energieeinsparen zu erleichtern.

Die Energieversorgung wurde gemäß den Anforderungen in dezentralen Varianten als auch zentralen Varianten betrachtet. Insgesamt sind drei dezentrale Varianten aufgestellt und bewertet worden. Fokus lag in diesem Kapitel auf der Stromversorgung, da diese auch die Infrastruktur elektrisch betriebener Heizsysteme bildet. Insgesamt erreichen die dezentralen Varianten die Anforderungen eines Plusenergie-Quartiers, jedoch nur mit einer sehr hohen Dachbelegung mit Photovoltaik in Höhe von mehr als 70 % der verfügbaren Flächen. Insgesamt konnten Handlungsoptionen für die Stadt Rodgau abgeleitet werden.

Im Rahmen der zentralen Varianten wurden statt der ursprünglich angestrebten drei insgesamt sieben Varianten betrachtet. Hier hat sich eine mögliche Abwärmenutzung oder die Nutzung von Seethermie mittels des Rodgauer See in Kombination mit dezentralen Versorgungssystemen in verschiedenen Bauabschnitten als am besten bewertete Varianten heraus kristallisiert. Sie zeichnen vergleichsweise

geringen Kosten und einer guten Erfüllung des Plusenergie-Quartiers gegenüber allen aus. Dennoch ist in allen Fällen eine Hohe Dachbelegung von mehr als 60 % der Dachflächen mit Photovoltaik notwendig.

Übergreifende Technologien wie Quartierspeicher und Smart Grid Technologien bringen Vorteile mit sich in Bezug auf eine erhöhte Nutzung von vor Ort erzeugter Energie, Energiekosten, Netzstabilität und Betriebsführung. Jedoch sind viele der Technologien nach wie vor nur eingeschränkt marktreif. Dennoch sollte deren Einsatz in das Versorgungskonzept vorausgedacht werden, falls ein Einsatz sich in Zukunft wirtschaftlich rechnet.

Da Energieversorgung und Mobilität im Rahmen der Sektorkopplung immer mehr zusammenfließen, wurde die Vernetzung der Sektoren aus technischer Sicht und der gegenseitige Einfluss berücksichtigt. Dabei sollte der Ausbau der Stromnetze die wachsende Nachfrage nach Strom in den Quartiersgaragen berücksichtigen. Bidirektionales und zeitgesteuertes Laden von Elektrofahrzeugen sollte verfügbar gemacht werden, um bei steigender Elektrifizierung die Stromnetze zu entlasten. Allgemein sollte die Entwicklung der aktuellen Trends beim Autobesitz und die Begünstigung umweltfreundlicher Alternativen (ÖPNV, Radverkehr, Fußverkehr) kontinuierlich verfolgt werden. Zusammengenommen haben sie das Potential auch unabhängig vom Energieträgerwechsel für den Pkw-Antrieb eine deutliche Verminderung der Emissionen aus dem Pkw-Verkehr zu bewirken.

Für die Umsetzung gibt es zahlreiche Fördermittel, welche aufgezeigt wurden und eine Finanzierung besonders innovativer Konzepte ermöglichen. Ein Ablaufplan und konkrete Handlungsoptionen für die Stadt im Rahmen ihrer Handlungsmöglichkeiten wurden aufgezeigt. Dabei sollten alle ordnungsrechtlichen Maßnahmen genutzt, aber gleichzeitig auch Anreize geschaffen werden, damit EigentümerInnen und Bauträger sich nachhaltiger Energiesysteme bedienen. Passende Betreibermodelle bieten hier zusätzliche Partizipationsmöglichkeiten, z.B. durch Mieterstrom- oder Pachtmodelle, um NutzerInnen an der Energiewende aktiv teilhaben zu lassen. Mit den kommunalen Stadtwerken hat die Stadt Rodgau außerdem einen wertvollen Wissensträger und Akteur im energiewirtschaftlichen Umfeld, welcher wesentlich zur Umsetzung der Versorgungslösungen beitragen kann.

Für die Vermarktung der Flächen und Entwicklung des Baugebietes sollte eine dauerhaft begleitende Öffentlichkeitsarbeit aufgebaut werden. Die Kommunikation des Plusenergie-Quartiers sollte dabei als wertvolles Marketinginstrument verstanden und aktiv eingesetzt werden. Gleichzeitig muss dieses auch transparent nachgewiesen werden.

Zusammenfassend konnten im Rahmen der Aufgabenstellung Energiekonzepte zur Erreichung eines Plusenergie-Quartiers identifiziert werden bei gleichzeitig marktfähigen Kosten für die NutzerInnen. Insbesondere durch eine konsequente Eigenstromerzeugung aus PV, können die Energiekosten auf ein für NutzerInnen attraktives Niveau gesenkt werden. Die vorgestellten Modelle ermöglichen es dritten Anbietern zudem wertschöpfend an der Energieversorgung teilzuhaben und so eine erfolgreiche Umsetzung des Quartiers mit voranzutreiben.

10 QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Energieversorgung Rodgau, Präsentation HLG_Plus_Energie-Siedlung_190329
- [2] Hessische Landgesellschaft mbH im Auftrag der Stadt Rodgau, 2020, Rodgau-West – Rahmenplan – Ziele, https://www.rodgau-west.de/pdf/rodgauwest_ziele.pdf, letzter Zugriff 30.12.2020.
- [3] prosa Architektur + Stadtplanung I Quasten Rauh PartGmbH, 2020, Rahmenplanung Rodgau-West, Scoping, 17.08.2020.
- [4] Hessische Landgesellschaft mbH im Auftrag der Stadt Rodgau, 2020, Rodgau-West – Rahmenplan – Ziele, https://www.rodgau-west.de/pdf/rodgauwest_rahmenplan.pdf, letzter Zugriff 30.12.2020.
- [5] energielenker projects GmbH, 2019, Konzept der Stadt Rodgau, Integrierter Klimaschutz und Klimaanpassung.
- [6] Holzmann-Sach, Ute, Naturverträgliche Energiewende, Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen für eine erfolgreiche Kommunikation – Eine Sicht aus der Praxis –, <https://www.landschaft.tu-berlin.de/fileadmin/fg218/Forschung/Expertise-Kommunikation.pdf>, letzter Zugriff 24.11.2020.
- [7] Saary 2020: Saary, K.; Saary, J. (Verkehrslösung): Städtebaulicher Rahmenplan Gebietsentwicklung Rodgau-West, Teilbericht Verkehr und Mobilität. Im Auftrag von prosa Architektur + Stadtplanung BDA. 45 Seiten, Darmstadt, November 2020.
- [8] Rost/Schlegl 2020: Rost, A., Schlegl, A.: Radfahren – Mehr Radschnellwege durchs Rhein-Main-Gebiet. In: Frankfurter Rundschau online, veröffentlicht am 20.02.2020, <https://www.fr.de/rhein-main/mehr-radschnellwege-durchs-rhein-main-gebiet-13551751.html>, letzter Zugriff am 11.12.2020
- [9] EVR 2021: Energieversorgung Rodau (Hrsg.): Carsharing – das elektrische Kleeblatt fahren und teilen, <https://www.ev-rodau.de/Navigation/Carsharing/>, letzter Zugriff am 19.01.2021
- [10] bcs 2021: Bundesverband CarSharing e.V. (Hrsg.): Branchenkennzahlen: Datenblatt CarSharing in Deutschland, Stand 01.01.2020. https://www.carsharing.de/sites/default/files/uploads/datenblatt_carsharing_in_deutschland_stand_01.01.2020_1.pdf, letzter Zugriff am 19.01.2021
- [11] bcs 2016: Bundesverband CarSharing e.V. (Hrsg.): Wirkung verschiedener CarSharing-Varianten auf Verkehr und Mobilitätsverhalten. CarSharing fact sheet Nr. 3, 8 Seiten, Juni 2016. http://www.carsharing.info/sites/default/files/uploads/bcs_factsheet_3.pdf, letzter Zugriff am 20.01.2021
- [12] OP 2020: Stadtbus fährt in Zukunft mit Wasserstoff. Start im Dezember 2021; Stadtwerke sollen Wasserstoff-Tankstelle bauen. In: Offenbach-Post (Ostkreis/Rodgau) vom 18.12.2020
- [13] EFAHRER 2021: CHIP Communications GmbH (Hrsg.): Laden in der Tiefgarage, als Mieter oder Eigentümer. <https://efahrer.chip.de/laden/laden-in-der-tiefgarage-als-mieter-oder-eigentuemer>, letzter Zugriff am 20.01.2021
- [14] BCG 2018: The Boston Consulting Group / Prognos AG: Klimapfade für Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie. 286 Seiten, Berlin, Januar 2020.
- [15] KBA 2020: Kraftfahrtbundesamt (Hrsg.): mehrere Veröffentlichungen zum Pkw-Bestand (Fachserie FZ1) und zu Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsarten (monatliche Pressemeldungen vom 05.02.2020 bis 08.01.2021)

- [16] BASt 2017: Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.): Marcus Bäumer, Heinz Hautzinger, Manfred Pfeiffer, Wilfried Stock (IVT Research GmbH, Mannheim); Barbara Lenz, Tobias Kuhnimhof, Katja Köhler, Institut für Verkehrsforschung DLR, Berlin: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung. BASt-Bericht V 290, 110 Seiten, Bergisch Gladbach, 2017.
- [17] Zippmann 2020: Zippmann, V.: Jährliche Fahrleistung 2019: So viel fahren Deutsche – In Mecklenburg-Vorpommern fahren Autofahrer am weitesten. Artikel auf Basis einer Auswertung von Check 24 zur Fahrleistung 2019 von 2019 abgeschlossenen Kfz-Versicherungen. In: Autozeitung, 14.02.2020. <https://www.autozeitung.de/jaehrliche-fahrleistung-197899.html>, letzter Zugriff am 21.01.2021
- [18] ADAC 2020: Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (Hrsg.): Stromverbrauch Elektroautos: Aktuelle Modelle im ADAC Test. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>, letzter Zugriff am 10.12.2020
- [19] Deutsches Institut für Urbanistik, 2011, Leitfaden kommunaler Klimaschutz, Berlin.
- [20] Destatis 2017: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Umweltökonomische Gesamtrechnung Transportleistungen und Energieverbrauch im Straßenverkehr 2005 – 2015, Tab. 4. Wiesbaden, 2017.

11 ANLAGEN