Energiegrundkonzeption für drei Neubauquartiere in Berlin-Pankow

im Auftrag der

der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen

Berliner Energieagentur GmbH
Französische Str. 23
10117 Berlin
Telefon 030 293330 – 0
Telefax 030 293330 – 99
E-Mail: office@berliner-e-agentur.de

erstellt durch

Claudia Alt
Simon Schirmer

Projekt-Nr. 16012800

31. Januar 2018

Vorwort des Auftraggebers

Die anhaltende dynamische und prognostizierte Bevölkerungsentwicklung sowie die aktuellen Zuwanderungszahlen geben für Berlin den Anlass alle verfügbaren Areale auf die Option von Wohnungsneubau im Stadtgebiet hin zu überprüfen. Die Berliner Kernstadt und die innenstadtnahen Gebiete reichen als alleinige Potentiale für die Errichtung preiswerten Wohnraums bei weitem nicht aus.

Drei dieser potenziellen neuen Schwerpunkte des Wohnungsneubaus im Bezirk Pankow sind die landeseigenen Flächen des „Blankenburger Süden“ mit ca. 90 ha für 5.000 – 6.000 Wohneinheiten sowie der „Elisabeth-Aue“ mit ca. 73 ha und ca. 5.000 Wohneinheiten sowie die im Privateigentum befindlichen Flächen an der „Ludwig-Quidde-Straße“ mit ca. 16 ha und 1.200 Wohneinheiten. Diesen Flächen gemeinsam ist eine regionale Nähe und eine Planungstätigkeit im September 2016. Für die Elisabeth-Aue wurde von der Landesregierung der Beschluss gefasst, die Bebauung in dieser Legislaturperiode nicht weiter zu verfolgen. Die vor dieser Entscheidung begonnenen Untersuchungen werden jedoch fach- und sachgerecht abgeschlossen.

Ziel der Stadt Berlin ist es bei der Entwicklung der Neubaugebiete möglichst frühzeitig die grundlegenden Untersuchungen durchzuführen, um die gewonnen Erkenntnisse in den städtebaulichen Entwurfsprozess mit seinen häufig auftretenden Flächenkonkurrenzen einzuspeisen und abwägen zu können. Hierzu zählt neben z. B. Untersuchungen zum Verkehr, Landschaftsökologie oder Regenwasserbewirtschaftung auch die Erstellung eines Energiegrundkonzeptes.

Die Bedeutung von Klimaschutz und Energiewende steigt für die Stadt Berlin permanent. Das Berliner Energiewendegesetz und der Entwurf des Berliner Energie- und Klimaschutzprogrammes verweisen auch darauf, dass die neuen Stadtquartiere energieeffizient und klimaschonend zu gestalten sind.

Um Synergieeffekte bei der Erstellung der Energiegrundkonzepte nutzen und unterschiedliche Ansätze der Versorgung aufzeigen zu können, wurde die Erarbeitung der Energiegrundkonzepte für die drei Quartiere in einem Auftrag vergeben.

Es werden in der „Energiegrundkonzeption für drei Neubauquartiere in Berlin-Pankow“ für die einzelnen Wohnungsbauflächen Varianten zur Versorgung mit Strom, Wärme, Kälte und Elektromobilität dargestellt und diese hinsichtlich ökologischer, ökonomischer und städtebaulicher Kriterien bewertet sowie Handlungsempfehlungen gegeben. Die zur Bewertung ermittelten Kosten und Werte können aufgrund des gegenwärtigen frühen Planungsstadiums der Quartiere nur eine Annäherung darstellen.

Ein Energiegrundkonzept kann somit eine Grundlage für die Entwicklung der Wohnungsbaupotentialflächen bilden und die darin enthaltenen Aussagen für die städtebauliche Diskussion wichtige Entscheidungen vorbereiten. Bei weiterer Konkretisierung der Planung, insbesondere nach Vorliegen eines finalen städtebaulichen Konzeptes und den weiteren Überlegungen seiner Umsetzung, wären die Untersuchungsergebnisse jeweils an die veränderten Projektbedingungen anzupassen und zu vertiefen.

Inhalt

Vorwort des Auftraggebers 2
Abbildungsverzeichnis 5
Tabellenverzeichnis 9
1 Zusammenfassung und Empfehlung 10
2 Vorgehen und Arbeitsgrundlage 23
2.1 Einleitung und Aufgabenstellung 23
2.2 Allgemeines Vorgehen 25
2.3 Verwendete Unterlagen 27
3 Methodische Ansätze 29
3.1 Nutzungsgruppen 29
3.2 Energiebedarfe 30
3.3 Energieangebote 32
3.4 Versorgungsvarianten 35
3.5 Betreibermodelle 37
3.6 Wirtschaftliche Bewertung 41
3.7 Ökologische Bewertung 42
4 Untersuchungsgebiet Elisabeth-Aue 44
4.1 Ausgangslage 44
4.2 Varianten 50
4.3 Vergleich der Versorgungsvarianten - KfW-EH-55-Standard 58
4.4 Vergleich der Bedarfsvarianten 68
4.5 Fazit der Variantenuntersuchung – Elisabeth-Aue 70
5 Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden 72
5.1 Ausgangslage 72
5.2 Varianten 78
5.3 Vergleich der Versorgungsvarianten 86
5.4 Fazit der Variantenuntersuchung – Blankenburger Süden 93
6 Untersuchungsgebiet Ludwig-Quidde-Str. 95
6.1 Ausgangslage 95
6.2 Varianten 101

6.3 Vergleich der Versorgungsvarianten 110
6.4 Fazit der Variantenuntersuchung – Ludwig-Quidde-Straße 118
7 Innovationen 120
7.1 Energiespeicher 120
7.2 Power-to-Heat 122
7.3 Solarwege 123
7.4 Kleinwindkraftanlagen 124
7.5 Elektromobilität 126
8 Sonderthemen 127
8.1 Berliner Energiewendegesetz 127
8.2 Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 127
8.3 Regenwasserbewirtschaftung versus Solarenergienutzung 128
8.4 Öffentliches Straßenland versus Energieversorgungsnetze 130
8.5 Vergleich von Wärmeversorgungsarten 132
9 Städtebauliche Einflussmöglichkeiten - Energieeffizienz 135
9.1 Stadtplanerische Einflussmöglichkeiten 135
9.2 Kennwerte 138
9.3 Rückschlüsse auf Untersuchungsgebiet 145
10 Anhang 147
10.1 Glossar 147
10.2 E-Mail Korrespondenz Erdgasanschluss – Ludwig-Quidde-Straße 151
10.3 Parameter - Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 153
10.4 Parameter - ökologische Bewertung 154

2 Vorgehen und Arbeitsgrundlage

2.1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Bundeshauptstadt Berlin steht aufgrund der absehbaren Bevölkerungsentwicklung sowie der aktuellen Zuwanderung vor großen Herausforderungen. Dies betrifft insbesondere die Schaffung von preiswertem Wohnraum. Städtebaulichen Großprojekten kommt daher eine besondere Bedeutung zu.

Das Land Berlin hat drei Areale im Berliner Nordosten identifiziert, deren Entwicklungsmöglichkeiten untersucht werden. Es handelt sich dabei um folgende Gebiete:

- Die **Elisabeth-Aue** (nordwestlich des S-Bahnhofes Blankenburg) hat eine Fläche von ca. 73 ha und wird landwirtschaftlich genutzt. Auf der Wohnungsbaupotentialfläche des ehemaligen Rieselfelds können bis zu. 5.000 neue Wohnungen entstehen. Bei dem Plangebiet handelt es sich um eine landeseigene Fläche. Die gegenwärtige Regierungskoalition hat jedoch den Beschluss gefasst, dass das Potentialgebiet Elisabeth-Aue in dieser Legislaturperiode nicht weiter zur Bebauung verfolgt wird. Die bereits in Auftrag gegebenen Untersuchungen, darunter das vorliegende Energiegrundkonzept, werden jedoch noch fach- und sachgerecht fertiggestellt. Für die Untersuchung zum Energiegrundkonzept wird ein fiktiver Baubeginn für das Jahr 2025 angenommen.
- Die Entwicklung des Stadtquartiers **Blankenburger Süden** (südöstlich des S-Bahnhofes Blankenburg) ist auf den Flächen mit einer Größe von ca. 90 ha der ehemaligen Rieselfelder sowie einem aufgegebenen Standort der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (FHTW) an der Heinersdorfer Straße und am Blankenburger Pflasterweg beabsichtigt. Die unbebauten Flächen der Rieselfelder (ca. 85 ha) sind überwiegend landwirtschaftlich und die meisten ehemaligen FHTW-Gebäude gewerblich genutzt. Es können bis zu 5.000 bis 6.000 neue Wohneinheiten sowie soziale Einrichtungen und Gewerbenutzungen auf der landeseigenen Fläche entstehen. Gegenwärtig werden für das Plangebiet die Vorbereitenden Untersuchungen gem. § 165 Abs. 4 BauGB durchgeführt, um die grundsätzlichen Rahmenbedingungen zur Entwicklung des neuen Stadtquartieres bzw. der Notwendigkeit einer städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme zu prüfen. Für die Untersuchung zum Energiegrundkonzept wird ein fiktiver Baubeginn für das Jahr 2025 angenommen.
- Auf dem sich im Privateigentum befindenden Areal an der **Ludwig-Quidde-Straße** (nördlich des S-Bahnhofes Blankenburg) können rund 1.200 neue Wohnungen entstehen. Davon sollen im ersten Bauabschnitt auf der südlichen und östlichen Teilflächen etwa 560 Wohnungen realisiert werden. Für die Teilflächen befindet sich der Bebauungsplan Nr. 3-59 in Aufstellung. Für die Untersuchung zum Energiegrundkonzept wird ein fiktiver Baubeginn für das Jahr 2019 angenommen.

Vor dem Hintergrund der Koalitionsvereinbarung mit dem Ziel Berlin als Vorreiter für Klimaschutz und Energiewende zu entwickeln und des damit verbundenen in diesem Sommer vom Senat verabschiedeten Berliner Energie- und Klimaschutzprogrammes (BEK) kommt insbesondere der energieeffizienten und klimaschonenden Gestaltung von neuen Stadtquartieren eine besondere Bedeutung zu. Dies betrifft einerseits die bauliche Umsetzung der Gebäude und andererseits die Energieversorgung der Quartiere und soll für den zukünftigen Planungsprozess eine wesentliche Rolle spielen.

Die Berliner Energieagentur GmbH (BEA) wurde damit beauftragt, für die drei Neubauquartiere und deren unterschiedliche Nutzungen (Wohnen, Soziale Infrastruktur, Gewerbe und Verkehr) eine Energiegrundkonzeption zur Versorgung mit Strom, Wärme, Kälte und Elektromobilität zu erstellen. Das Energiegrundkonzept soll eine konkrete Handlungsempfehlung in Hinblick auf die Berücksichtigung der Energieversorgung im weiteren Planungsprozess in den drei Quartieren geben und dabei ökologische, ökonomische und städtebauliche Kriterien berücksichtigen. Die Ergebnisse des Energiegrundkonzeptes bilden hierbei für die grundsätzlichen städtebaulichen Rahmenplanungen eine wichtige technische wie ökologische Teilinformation.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ein Energiegrundkonzept aufgrund des frühen Planungsstadiums nur eine mögliche Energieversorgung der Quartiere aufzeigen kann. Insbesondere die wirtschaftliche und ökologische Bewertung der einzelnen Versorgungsvarianten kann nur eine Tendenz abbilden. Bei weiterer Konkretisierung der Planung, insbesondere nach Vorliegen eines finalen städtebaulichen Konzeptes, ist die Untersuchung an die in den Projektgebieten veränderten Rahmenbedingungen und der Weiterentwicklung der Möglichkeiten sowie Anforderungen an die Energieversorgung anzupassen und zu vertiefen.

2.2 Allgemeines Vorgehen

Die Konzepterstellung für die drei Untersuchungsgebiete folgt dem Ablaufschema gemäß Abbildung 2-1.

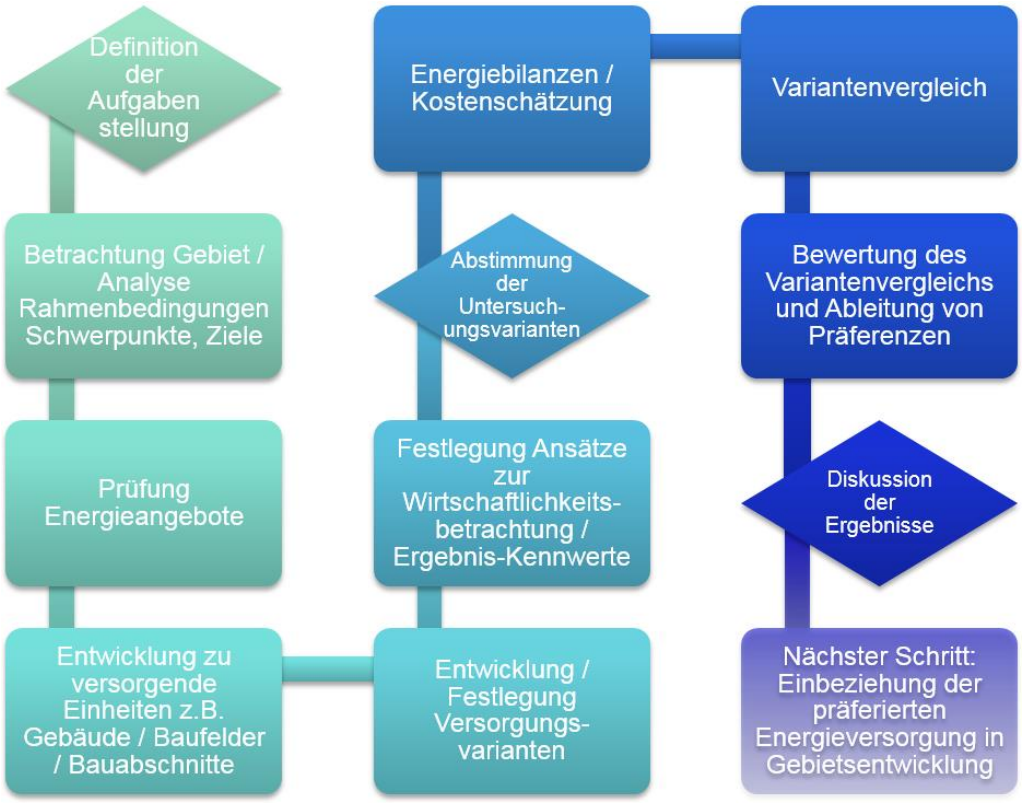

Abbildung 2-1: Ablaufschema Konzepterstellung

Die Ermittlung der Energiebedarfe für Wärme, Strom, Kälte und Elektromobilität sowie der jeweiligen Profile für die drei Stadtquartiere wurden auf Basis der vom AG zur Verfügung gestellten Kennwerte für die Quartiersentwicklung (Art und Maß der baulichen Nutzung, Nutzungsflächen, etc.) erstellt. Gab der aktuelle Planungsstand notwendige Randbedingungen und Parameter nicht vor, hat die BEA Vorschläge zur Annahmen unterbreitet. Des Weiteren wurde zur Berechnung der Energiebedarfe auf Kenn- und Erfahrungswerte sowie den aktuellen normativen und gesetzlichen Rahmenbedingungen zurückgegriffen.

In Ergänzung zur Ermittlung der Energiebedarfe wurde das Energieangebot in den jeweiligen Untersuchungsgebieten geprüft und in Abstimmung mit dem Auftraggeber Untersuchungsvarianten zur Energieversorgung der Quartiere festgelegt und diese im Weiteren hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und der Ökologischen Auswirkungen betrachtet.

Der Betrachtung der Untersuchungsvarianten in den Quartieren (Kapitel 4-6) ist zur Erläuterung der gebietsbezogenen Analyse das Kapitel 3 mit der Darstellung der methodischen Ansätze vorangestellt. Dies umfasst u.a. die Beschreibung der zugrunde gelegten Ansätze zu den Nutzungsgruppen, Energiebedarfen, Versor-

gungsvarianten, Betreibermodellen sowie für die wirtschaftliche und ökologische Bewertung.

Das Kapitel 7 Innovationen stellt gegenwärtige, sich in der Diskussion befindende Ansätze im Energiebereich, wie u.a. Power-to-Heat-und Elektromobilität hinsichtlich des aktuellen Stands der Technik vor und ergänzt dieses um einen Ausblick zur Relevanz. Dies auch vor dem Hintergrund der langen Realisierungszeiträume der Quartiere und einer eventuell späteren Berücksichtigung der Ansätze bei der Aktualisierung und Weiterentwicklung der Energiegrundkonzepte.

Zur generellen besseren Einordnung und Verständnis der vorgestellten Energiegrundkonzepte in den Quartieren werden im Kapitel 8 Sonderthemen u.a. zu den rechtlichen Grundlagen (Berliner Energiewendegesetz), Regenwasserbewirtschaftung vs. Solarenergienutzung und ein Vergleich von Wärmeversorgungsarten vorgenommen.

Abschließend wird in Kapitel 9 auf die städtebaulichen Einflussmöglichkeiten zur Erreichung einer hohen Energieeffizienz eingegangen und unter Berücksichtigung dieser auch eine Bewertung der vorliegenden Testentwürfe der Quartiere vorgenommen.

Im Anhang Kapitel 10 finden sich das Glossar, um genutzte Abkürzungen und Begriffe zu erläutern, die E-Mail-Korrespondenz zur Erdgaserschließung des Gebiets Ludwig-Quidde-Straße sowie die verwendeten Parameter für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und ökologischer Bewertung.

2.3 Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden verwendet:

Für alle drei Untersuchungsgebiete:

- Machbarkeitsuntersuchung - Medientechnische Erschließung zur Ver- und Entsorgung; Forschungs- und Planungsgruppe Stadt und Verkehr; 09.12.2016
- Pläne zur Machbarkeitsuntersuchung - Medientechnische Erschließung zur Ver- und Entsorgung; Forschungs- und Planungsgruppe Stadt und Verkehr; 09.12.2016
- Präsentation Auftakttermin Energiegrundkonzept - Wohnungsneubau im Nordosten Berlins, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin, 14.12.2016
- Leistungsbeschreibung zur Angebotsaufforderung; Wohnungsneubau im Berliner Nordosten – Beschränkte Ausschreibung für eine Energiegrundkonzeption zur Entwicklung von drei Neubauquartieren; 17.10.2016
- Entwurf des GebäudeEnergieGesetz (GEG) in der Fassung vom 23.01.2017
- Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG); Stand: 20.10.2015
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), Stand 24.10.2015
- KfW Förderprogramm - Anlage zum Merkblatt Energieeffizient Bauen (153)

Für das Untersuchungsgebiet Elisabeth Aue:

- Vorentwurf des Integrierten städtebaulichen Entwicklungskonzeptes (I-SEK) für die Elisabeth-Aue und ihre Umgebung; Planergemeinschaft Kohlbrenner eG; 31. Oktober 2016
- Häusliche Prüfungsarbeit im städtebaulichen Referendariat - Entwicklung der Elisabeth-Aue in Berlin-Pankow zu einem neuen Stadtteil für vielfältige Wohnformen, Andre Stademann; 17.11.2015
- Pläne zur Häuslichen Prüfungsarbeit im städtebaulichen Referendariat- - Entwicklung der Elisabeth-Aue in Berlin-Pankow zu einem neuen Stadtteil für vielfältige Wohnformen, Andre Stademann; 17.11.2015

Für das Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden:

- Machbarkeitsstudie Blankenburger Pflasterweg; Bezirksamt Pankow von Berlin und BIM-Berliner Immobilienmanagement GmbH (Auftragnehmer Topos); 25.02.2016

Für das Untersuchungsgebiet Ludwig-Quidde-Straße:

- Entwurf des Vorhabenbezogenen Bebauungsplans Nr. 3-59; Bezirksamt Pankow von Berlin, 2016
- Begründung zum Entwurf des Vorhabenbezogenen Bebauungsplans Nr. 3-59; Bezirksamt Pankow von Berlin, 2016
- Entwurf-Gestaltungsplan – Stand 22.06.2016, Quartier Ludwig-Quidde-Str.; Göllner Architekten/Christburk Grundbesitz GmbH

Bei den verwendeten Unterlagen handelt es sich insbesondere für die Elisabeth-Aue und den Blankenburger-Süden um zur Erstellung des Energiegrundkonzeptes hilfsweise herangezogene Studien und städtebauliche Testentwürfe. In der frühen Phase der Entwicklung der Quartiere ist es für die Grundlagenermittlung wie z.B. zur Energie erforderlich über getroffene Annahmen für die städtebauliche Struktur der Quartiere zu neuen Erkenntnissen für den weiteren Planungsprozess zu gelangen. Sie stellen **keinen** Vorgriff auf die weiteren Planungen der beiden Flächen dar.

3 Methodische Ansätze

In diesem Kapitel finden sich die methodischen Ansätze für die Entwicklung und Bewertung der Energieversorgungsvarianten.

3.1 Nutzungsgruppen

3.1.1 Wohnen

Für die drei städtebaulichen Entwicklungsgebiete ist Wohnen die geplante Hauptnutzung, um möglichst breite Bevölkerungsschichten mit Wohnraum zu versorgen. Die durchschnittliche, nach aktuellem Stand vorgesehene städtebauliche Dichte weist eine GFZ von 0,8 – 1,2 auf. Ganz überwiegend ist Geschosswohnungsbau mit mittlerer Höhe vorgesehen. Nur für kleinere Bereiche ist eine niedrigere Bebauung angedacht.

Durch die Einbindung von landeseigenen Wohnungsunternehmen auf der Grundlage des „Bündnis für soziale Wohnungspolitik und bezahlbare Mieten“ sollen für einen großen Anteil der auf den landeseigen Flächen der Elisabeth-Aue und des Blankenburger-Süden zu erstellenden Wohnungen sozialverträgliche Mieten angeboten werden.

Neben den landeseigenen Wohnungsunternehmen ist es beabsichtigt auch private Eigentümer, Baugruppen u. a. mit einzubinden, um vielfältige Eigentums-, Bau- und Wohnstrukturen zu ermöglichen.

3.1.2 Gewerbe/Handel/Dienstleistung

Einen geringen Anteil an der jeweiligen Gebietsfläche ist, nach aktuellem Stand, für Gewerbe, Handel und Dienstleistung vorgesehen. Hier soll lediglich die Nahversorgung durch Bäcker, Kioske oder auch Dienstleistungen wie Ärzte etc. gewährleistet werden. Ausnahme bildet der Blankenburger Süden nördlich des Blankenburger Pflasterwegs. Dort sind existierende Gewerbe mit einzubeziehen.

Zusätzlich sind für die Elisabeth-Aue und den Blankenburger–Süden Flächen für jeweils einen Supermarkt berücksichtigt, um eine erweiterte Nahversorgung zu ermöglichen.

Insgesamt liegt der Anteil für Flächen für den Bereich Gewerbe/Handel/ Dienstleistung bei unter 5 %.

3.1.3 Soziale Infrastruktur

Für die Neubaugebiete ist eine angemessene Ausstattung mit sozialer Infrastruktur vorzusehen.

Die Ausstattung mit Schulen, Kitas, Jugendfreizeitstätten, Senioren, Sonstige (Flüchtlingsunterkünfte, Sozialstationen etc.) wurde den aktuellen Planungen der Senatsverwaltung bzw. den vorliegenden städtebaulichen Testentwürfen / für das jeweilige Untersuchungsgebiet entnommen.

Insgesamt liegt der Anteil für Flächen für den Bereich Soziale Infrastruktur bei maximal 5 %.

3.1.4 Verkehr

Der Bereich Verkehr wurde mit Ausnahme des Strombedarfs für Elektromobilität nicht betrachtet. Um eine dezidierte Berücksichtigung der Energiebedarfe des Verkehrs in Energiegrundkonzepten mit berücksichtigen zu können, wäre für die jeweiligen Quartiere ein integriertes Mobilitätskonzept zu erstellen.

3.2 Energiebedarfe

Die Wärmebedarfe werden maßgeblich durch die Wahl des Baustandards bestimmt. Der Strombedarf wird je nach Nutzung aus Kennwerten gebildet.

3.2.1 Wärmebedarf - Baustandard

Insgesamt wurden in Abstimmung mit dem AG zwei verschiedene Baustandards betrachtet. Hierbei wurde der KfW-Effizienzhaus (EH)-55- sowie der KfW-EH-40-Plus-Standard zu Grunde gelegt. Hintergrund ist, dass der KfW-EH 55-Standard in der Praxis in Deutschland bereits aktuell mehrheitlich und ohne nennenswerten Mehrpreis umgesetzt wird[5]. Zudem ist er nach Einschätzung der BEA als Mindeststandard zur Erreichung der klimaschutzpolitischen Ziele des Berliner Senats in Bezug auf den spezifischen Energiebedarf und CO_2-Ausstoß einzustufen. Neben der Unterschreitung der Ziel-Kennwerte der geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) bezüglich des Transmissionswärmeverlust H_T durch erhöhten Wärmeschutz, ist der geforderte spezifische Primärenergiebedarf Q_P durch Einsatz von Erneuerbaren Energien oder KWK zu erreichen.

Der KfW-EH-40-Plus-Standard wurde seitens der stattlichen Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) im April 2016 eingeführt, um den Einsatz innovativer technischer Komponenten zu fördern. Das Plus-Paket umfasst neben dem erhöhten Wärmeschutzstandard folgende technische Komponenten:

- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Visualisierung von Stromverbrauch und Stromerzeugung
- stromerzeugende Anlage (Basis: erneuerbare Energie)
- Batteriespeicher

Beide KfW-EH-Standards basieren auf der novellierten Energieeinsparverordnung (EnEV) 2014 und der zum 1. Januar 2016 in Kraft getretenen Verschärfung für Wohngebäude. Diese bezieht sich auf höhere Anforderungen an den Primärenergiebedarf sowie die Transmissionswärmeverluste.

Die Wahl des KfW-EH-40 Plus-Standards wurde vorgeschlagen und mit dem AG abgestimmt, um einen innovativen Standard mit aktiven Komponenten im Vergleich zu dem inzwischen „normalen“ KfW-EH-55-Standard zu untersuchen. Früh stellte sich im Laufe des Projekts heraus, dass der KfW-EH-40 Plus-Standard aktuell nicht wirtschaftlich umzusetzen ist. Daher wurde dieser nur als Variante für das Baugebiet Elisabeth-Aue untersucht. Mit der zusätzlichen Untersuchung des KfW-EH-40 Standards (ohne zusätzliche technische Komponenten) bezogen auf den

[5] gemäß Förderreport der KfW Bankengruppe 2016

Heizwärmebedarf als Variante wurde die Tendenz der Ergebnisse für höhere Wärmeschutzstandards untersucht. Die zusätzliche Betrachtung des Passivhausstandards hätte den Rahmen der beauftragten Untersuchung gesprengt.

Für beide Baustandards erfolgte die Ermittlung der Nutz- und Endenergiebedarfe für Raumheizung und Trinkwarmwasser (TWW). Die gewählten Ansätze lauten:

Tabelle 1: Energiebedarfe KfW-EH-Standards

Bedarf / Standard	KfW-EH-55-Standard	KfW-EH-40-Plus-Standard
Raumwärme	35 kWh/m²a	25 kWh/m²a
TWW-Erwärmung Nutz-/ Endenergie)	12,5 / 20 kWh/m²a	12,5 / 20 kWh/m²a

Zum Vergleich der in Tabelle 1 dargestellten Kennwerte, der Passivhausstandard besitzt ein Heizwärmebedarf von etwa 15 kWh/m² a.

Die neuen Gebäude sollen im KfW-EH-55-Standard (oder alternativ im KfW-EH40-Plus-Standard) untersucht werden. Damit gehen Unterschreitungen der EnEV-Anforderungen an den Primärenergiebedarf (Qp) um mindestens 45 % und an den Transmissionswärmeverlust (HT) um mindestens 30% einher.[6]

Ein wirtschaftlicher Vergleich des Baustandards KfW-Effizienzhaus-40-Plus-Standard wurde, in Abstimmung mit dem AG, nur für das Untersuchungsgebiet Elisabeth-Aue vorgenommen. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dieser Variante sind auch auf die anderen Untersuchungsgebiete übertragbar.

3.2.2 Kältebedarf

Hinsichtlich des Kältebedarfs wurde davon ausgegangen, dass durch die Einhaltung der Anforderungen der Energiesparverordnung (EnEV) in Bezug auf den Wärme-bzw. Sonnenschutz eine aktive Kühlung sowohl der Wohngebäude, als auch der gewerblichen und der Sozialen Infrastruktur nicht erforderlich ist.

Kältebedarf im gewerblichen Bereich (insbesondere für Lebensmittelkühlung) ist für die betrachteten Quartiere vernachlässigbar und wurde im Kennwert für Strom einbezogen.

3.2.3 Strombedarf

Die Ermittlung der Strombedarfe der verschiedenen Untersuchungsgebiete basiert auf folgende Kennwerte:

- Wohngebäude
    - Wohnen: 2.000 kWh/a WE
    - Wohnungslüftung: 200 kWh/WE (für KfW-EH-40-Plus-Standard)
    - Allgemeinstrom: 2 kWh/m²a Energiebezugsfläche (EBF)[7]

[6] Kreditanstalt für Wiederaufbau: Kredit Nr. 153, Technische Mindestanforderungen

[7] EBF entspricht der Wohnfläche bzw. der nutzbaren Fläche

- Soziale Infrastruktur: 15 kWh/m²a EBF (Schulen/Kitas/Sonstiges)
- Gewerbe/Handel/Dienstleistung: 50 kWh/m²a EBF – dieser Wert enthält auch den Strombedarf für Kühlung
- E-Mobilität
    - 10 % der WE besitzen ein E-Fahrzeug
    - 10.000 km/a á 0,20 kWh/km
- Heizzentrale/Peripherie (z. B. Pumpen): 1 % des Wärmebedarfs

Der Strombedarf für die Öffentlichkeit (Beleuchtung, Lichtsignalanlagen, Öffentlicher Nahverkehr wie Tram) sind nicht berücksichtigt.

3.3 Energieangebote

Für alle drei Untersuchungsgebiete wurde im ersten Schritt der Einsatz möglicher Energieträger untersucht.

- Leitungsgebundene Energien: Fernwärme, Erdgas (auch: Bioerdgas), Abwasser
- Bioenergie: Holz in Form von Holzhackschnitzeln und Pellets
- Solarenergie für die thermische und elektrische Nutzung
- sowie das geothermisches Potential
- Abwärme: Abwasser (s. oben)

Dabei wurden berücksichtigt:

- die örtlichen Gegebenheiten (z. B. Bodenaltlasten, Nutzungsformen innerhalb der Gebiete) und
- die städtebaulichen Testentwürfe (städtebauliche Kenngrößen, Dachformen etc.)

Der Einsatz möglicher Energieträger wurde anhand folgender Matrix, siehe Abbildung 3-1, bewertet. Insbesondere die EE-Teilversorgungsvarianten der Elisabeth-Aue wurden jedoch auch ein stückweit exemplarisch untersucht und sind somit auch teilweise auf die andere Gebiete übertragbar.

Eine auf Fernwärme basierende Wärmeversorgung kann aufgrund der fehlenden Anschlussmöglichkeiten, wie es aus der vorliegenden Machbarkeitsuntersuchung „Medientechnische Erschließung zur Ver- und Entsorgung“ der Forschungs- und Planungsgruppe Stadt und Verkehr, 2016 (FGS) hervorgeht, für alle drei Untersuchungsgebiete ausgeschlossen werden. Dagegen ist eine Erdgas basierende Energieversorgung für die zu untersuchenden Gebiete grundsätzlich möglich.

Die jeweilige Verfügbarkeit der genannten Energieträger sowie die Erläuterung der Auswahl der untersuchten Versorgungsvarianten erfolgt in den gebietsspezifischen Unterkapiteln.

	Solarthermie	Photovoltaik (PV)	Geothermie	Nahwärme aus KWK	Fernwärme aus KWK / EE	Abwärme	Feste Biomasse
Positive Rahmen-bedingungen	Hoher Anteil zusam-menhängender, nutzbare Flächen (Dach oder andere, z.B. Lärmschutzwand o.Ä.)	Hoher Anteil nutz-barer Dachfläche Nutzungs-mischung Hohe Anschluss-quote	Gebäudenahe Freiflächen Relevantes geo-thermisch- es Potential Regenerations-quelle	Hohe städtische Dichte Nutzungs-mischung Gasnetz vorhanden	Fern-wärmenetz vorhanden	Gleichmäßige und dauerhafte Ab-wärme-quellen auf hohem Tem-peraturniveau	Kostengünstiger Brennstoff Zuverlässiges Brennstoffangebot Kurze Lieferwege
Negative Rahmen-bedingungen	Hohe GFZ Ost/West Gebäude-ausrichtung Staffelgeschoss Dachaufbauten	Staffelgeschoss Dachaufbauten, Intensives Grün-dach	Bodenaltlasten oberflächennahe Rupelschicht	ggf. hoher Baukos-tenzuschuss	hoher Grund-preis ggf. hoher Baukosten-zuschuss	Große Entfernungen	Lärm-, Staub- und Abgasemissionen
Investitions-/ Betriebskosten	€€€ / €€	€€€ / €	€€€ / €€	€€ / €	€ / €€	€€(€) / €	€€ / €

Abbildung 3-1: Matrix - Entscheidungsgrundlage Energieträger

3.3.1 Potentiale Solarenergienutzung

Es besteht die Möglichkeit, die Dachflächen für Solarthermie und / oder Photovoltaik (PV) energetisch zu nutzen. Aufgrund der in Relation zur der WE-Anzahl geringen Dachfläche besteht jedoch eine Flächenkonkurrenz, so dass die Dachflächen nur für die Gewinnung von Wärme oder Strom sinnvoll genutzt werden können. Der Einsatz von Hybrid-Modulen wird aufgrund der noch geringen Strom-Wirkungsgrade der Module an dieser Stelle nicht betrachtet.

3.3.1.1 Flächenpotential

Zur Ermittlung des Flächenpotentials zur Solarenergienutzung wurden die Grundflächen auf Basis der vorliegenden städtebaulichen Testentwürfen (Elisabeth-Aue, Blankenburger Süden) bzw. dem Gestaltungsplan/Bebauungsplanentwurf (Ludwig-Quidde-Str.) ermittelt und Dachflächen (Annahme: Flachdach) als deckungsgleich angenommen.

Allerdings sind nicht die gesamten projizierten Flächen nutzbar, sondern werden durch folgende Punkte eingeschränkt:

- Staffelgeschosse,
- Dachaufbauten (Abluft, Blitzschutz, Fenster etc.),
- Abstandsflächen zur Dachkante und/oder
- einzuhaltende Wegeflächen für Wartung und Instandhaltung an den Solaranlagen.

Auf Grundlage von Erfahrungen wird davon ausgegangen, dass ca. 50% der vorhandenen Dachflächen für Solarenergie genutzt werden können.

3.3.1.2 Solarthermie

Die vorhandenen Dachflächen können zur Aufstellung von Solarthermieanlagen zur Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung verwendet werden.

Die optimale Ausrichtung sollte in Richtung der Mittagssonne weisen, also in Richtung Süden. Eine Abweichung von 30 Prozent nach Ost oder West mindert den Ertrag der Anlage nur um rund 5 Prozent.

Solarthermieanlagen zur Warmwasserbereitung sind idealerweise auf die Sonne während der Übergangszeit ausgerichtet, da dadurch die höchsten jährlichen Deckungsgrade zu erwarten sind. Ein Winkel von 35-45 Grad ist hier optimal. Hintergrund ist, dass im Sommer die Einstrahlung höher ist und eine flachere Installation zu einer zeitweise Abschaltung der Systeme führen würde, da der Ertrag den Bedarf übersteigt.

Eine Solarthermieanlage zur Heizunterstützung sollte ihren maximalen Beitrag zur Wärmeversorgung dagegen im Herbst und im Frühling liefern. Daher sollte sie auf die tiefer stehende Mittagssonne in diesen Jahreszeiten ausgerichtet sein. Ein Neigungswinkel von 50 bis 65 Grad ist daher vorzuziehen.

Bei gleicher verfügbarer Dachfläche ist die bereitgestellte Wärmemenge einer Solarthermieanlage zur reinen Warmwasserbereitung mit flacherer Neigung etwas höher als die Wärmemenge einer steiler geneigten Anlage zur zusätzlichen Hei-

zungsunterstützung. Hintergrund ist zum einen, dass sich die Modulabstände aufgrund des steileren Winkels der Kollektoren vergrößern und zum anderen, dass die Solaranlage nicht auf maximalen Ertrag im Sommer, sondern auf maximale Deckung des Bedarfs in der Übergangszeit ausgerichtet ist. Grundsätzlich gilt, dass Thermosolaranlagen bei Mehrfamilienhäusern sehr groß ausgelegt werden müssen, um in den Sommermonaten den Bedarf für die TWW-Bereitung komplett zu decken und darüber hinaus noch die Heizung zu unterstützen. In vielen Fällen ist das Platzangebot auf den Dächern in Gebäuden mit mehr als vier Geschossen dafür nicht ausreichend. Dies gilt umso mehr, wenn Staffelgeschosse, Dachgärten oder ähnliches geplant sind. Der niedrige Deckungsgrad erfordert daher eine zusätzliche Wärmeerzeugung, die häufig nicht effizient arbeitet. Dies beeinflusst neben den Investitionskosten die Wirtschaftlichkeit der Systeme negativ.

3.3.1.3 Photovoltaik

Alternativ können die vorhandenen Dachflächen zur Aufstellung von PV-Anlagen und die Gewinnung von Strom genutzt werden. Zunehmend wird, besonders im Geschosswohnungsbau, eine Ost/West Aufständerung, siehe Abbildung 3-1, der Module bevorzugt.

Foto 3-1: Beispiel einer Ost/West Aufständerung einer PV-Anlage (Quelle: BEA)

Dadurch ist eine höhere Eigennutzung des Erzeugten Stroms aufgrund des passenderen Erzeugungs- und Bedarfsprofils in den Morgen- und Abendstunden möglich. Wirtschaftlich interessant ist dies auch aufgrund der stark gesunkenen Modulpreise. Zusätzlicher Vorteil ist der geringere Flächenbedarf, da sich die einzelnen Module nicht gegenseitig verschatten und somit lediglich geringe Abstände der Module zur Instandhaltung notwendig sind. Dadurch resultiert eine auf die Dachfläche bezogene deutlich größerer installierter PV-Leistung sowie Ertrag gegenüber einer Südausrichtung.

3.4 Versorgungsvarianten

Im Folgenden werden die verschiedenen, für alle drei Untersuchungsgebiete gültigen, Versorgungsvarianten beschrieben. In Kapitel 8 werden in Ergänzung, Sonderthemen behandelt, die Einfluss auf die energetischen Rahmenbedingungen von Neubauquartieren in Berlin besitzen.

3.4.1 Referenzvariante - Erdgas-Brennwertkessel mit Solarthermie

Die Wärmeversorgung in der Referenzvariante erfolgt mit Brennwertkesseln auf Erdgasbasis in Kombination mit solarthermischen Anlagen, die dezentral je zusammenhängendes Gebäude installiert sind. Es wird auf die Verlegung einer Nahwärmetrasse zwischen einzelnen Gebäudeblöcken im Erdreich verzichtet. Diese Variante hat sich in den letzten beiden Jahrzehnten zum Standard entwickelt und ist auch im Neubau aufgrund der überschaubaren Investitionskosten und der relativ einfachen Planung für die Wärmeerzeugung mit Brennwertkessel, noch immer die am häufigsten anzutreffende Versorgungslösung. Zur Einhaltung der Forderung der Energieeinsparverordnung (EnEV) hinsichtlich des Primärenergiebedarfs ist die Einbindung erneuerbarer Energien notwendig.

Die Auslegung der solarthermischen Anlagen erfolgt gemäß der Vorgabe aus dem EEWärmeG für Mehrfamilienhäuser mit 0,03 m² Aparturfläche pro m² beheizter Nutzfläche für alle Wohngebäudegebäude der Gebiete. Bei einer üblichen Aufstellung von solarthermischen Flachkollektoren (Ausrichtung Süd, Neigung 45°) ergibt sich ein Verhältnis Dachfläche zu Modulfläche von etwa 3,5 um notwendige Verschattungsabstände (Berücksichtigung des Sonneneinfallwinkels und Modulmaße) einhalten zu können.

Die Heizzentralen befinden sich in jedem zusammenhängenden Gebäude und sollten eine Fläche von mindestens 24 m² mit einer Raumhöhe von 2 m aufweisen. Die zusätzlich benötigte Fläche ergibt sich aus der Integration der solarthermischen Anlage im Heizraum, insbesondere für den Pufferspeicher.

3.4.2 Erdgas-BHKW mit Niedertemperatur Nahwärmenetz

Es wird die kombinierte Wärmeerzeugung mit Blockheizkraftwerk (BHKW) und Spitzenlastheizkessel mit Nahwärmenetz untersucht. BHKW nutzen durch die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung im Vergleich zu getrennten Systemen den eingesetzten Brennstoff mit geringeren Verlusten aus. Dies führt zu niedrigen Primärenergiefaktoren. Daher unterstützt die Bundesregierung diese effiziente Technologie im Rahmen des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-G). BHKW werden vor diesem Hintergrund zunehmend für größere Wohnanlagen oder –gebiete eingesetzt, da dort aufgrund des ganzjährigen Bedarfs für die Trinkwarmwasserbereitung die wirtschaftlichen Einsatzbedingungen günstig sind.

Bei der Wärmeerzeugung hat das BHKW Vorrang, um eine möglichst hohe Laufzeit zu erreichen. Der Spitzenlasterzeuger ist als Brennwertgerät ausgeführt und soll die Auslegungsheizlast abdecken können. Somit kann der gesamte Wärmebedarf, auch bei nicht betriebenem BHKW (z.B. aufgrund von Wartungsarbeiten), sichergestellt werden.

Das Nahwärmenetz wird auf eine Systemtemperatur von 70 C im Vorlauf und 40 C im Rücklauf ausgelegt.

Die BHKW Versorgungsvarianten werden baufeld- als auch bauabschnittsweise untersucht. Für beide Variante wird eine

- Volleinspeisung sowie eine
- Eigennutzung via Mieterstrommodell, siehe Kapitel 3.5

berechnet. Für die wirtschaftlichste BHKW Variante werden zusätzlich die Auswirkungen der Kombination mit einer PV-Dachanlage untersucht.

Die Einteilung der baufeld- und bauabschnittsweisen Versorgungszuschnitte erfolgt in den jeweiligen Unterkapiteln der Untersuchungsgebiete.

3.4.3 Erneuerbare Energien

Die verschiedenen, folgenden EE Varianten, werden in den jeweiligen Kapiteln der der drei Untersuchungsgebiete beschrieben:

- Elisabeth-Aue: Variante EE - Auswahl je nach Baufeldeigenschaft wie Geschossanzahl, Lage oder Angebot von EE-Quellen
    - Abwasserwärmenutzung via Wärmepumpen und Erdgas-BHKW
    - Solarthermie mit und ohne saisonalem Speicher
    - Biomethan-BHKW
    - Erdgas-Brennwertkessel mit Photovoltaik
- Blankenburger Süden: Zentrales Holzheizkraftwerk
- Ludwig-Quidde-Straße: Oberflächennahe Geothermie via Erdwärmesonden und Wärmepumpen

3.5 Betreibermodelle

3.5.1 Eigenbetrieb Wohnungsunternehmen

Alle Wärmeversorgungsvarianten dieser Energiegrundkonzeption wurden zunächst im Eigenbetrieb kalkuliert.

Auch für die öffentliche Hand gilt für Einnahmen außerhalb ihrer hoheitlichen Aufgaben das Gewerbesteuerrecht. Daher sind für kommunale Wohnungsunternehmen mietfremde Einnahmen steuerrechtlich problematisch.

Eine Stromvermarktung an Dritte wird somit zunächst nicht miteinbezogen.

Dies bedeutet bei stromerzeugenden Versorgungsvarianten, wie der BHKW-Varianten oder einer Integration von PV, eine vollständige Einspeisung des erzeugten Stroms in das örtliche Stromnetz.

Die Installation und der Betrieb einer PV-Anlage, gerade vor dem Hintergrund der notwendigen Direktvermarktung nach dem Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG), werden im Eigenbetrieb nicht betrachtet. Auch BHKW mit einer Leistung über 100 kW unterliegen dem Direktvermarktungsgebot und eine Stromeinspeisung wird zu äußerst geringen Preisen vergütet.

Daher ist häufig der Betrieb durch Dritte eine sinnvolle Variante, die im Weiteren beschrieben wird.

3.5.2 Betrieb durch Dritte mit Mieterstrommodell

Die Objektversorgung mit Wärme ist neben dem Eigenbetrieb auch durch einen Anlagenbetreiber möglich. Dieser übernimmt in der Regel sowohl Investitionen in

die Anlagentechnik als auch den Anlagenbetrieb. Im Falle des Einschaltens eines Betreibers ist davon auszugehen, dass eine reine Wärmeversorgung (ohne Stromerzeugung) wirtschaftlich nicht wesentlich günstiger erfolgen kann. Investitionen, Kapitalzinsen bzw. Kalkulationszins, Wartung und Instandhaltung bleiben etwa gleich. Eine höhere Energieeffizienz durch eine optimierte Betriebsführung und Anlagencontrolling und damit einhergehende geringere Energiekosten gleichen sich durch höhere Betreiberkosten und/oder eine ggf. höhere Gewinnerwartung nahezu aus.

Entscheidender wirtschaftlicher Faktor ist daher die Vermarktung von erzeugtem Strom an Mieter (meist Haushalte und Kleingewerbe) als Endkunden.

Tabelle 2: Vergleich Eigenbetrieb / Mieterstrommodell

	Eigenbetrieb ohne Mieterstromverkauf	Mieterstrommodell
Kapitalkosten		etwa gleich
Energieeinkauf		etwa gleich
Betriebskosten (Wartung u. Laufende Kosten)		etwa gleich
Renditeerwartung		höher
Einnahmen aus Stromverkauf	Voll-Einspeisung ins Netz	anteiliger Direkt-Verkauf von Strom: höhere Einnahmen

Die BHKW-Varianten weisen durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme ein wirtschaftlich interessantes Potential für einen Betreiber auf. Eine klassische Mieterstromversorgung eines Quartiers erfolgt i. d. R. über ein privates dezentrales Stromnetz. Bei der somit geschaffenen objekt-(nahen) Versorgung entfallen viele gesetzliche Zuschläge für den direkt genutzten Strom sowie die Netzentgelte. Die EEG-Umlage ist aber dennoch zu zahlen.

Dabei ist zu beachten, dass die Verlegung einer privaten Stromtrasse mit Querungen öffentlichen Straßenlandes aufgrund des bestehenden Konzessionsvertrags zwischen dem Land Berlin und dem Stromnetzbetreiber Stromnetz Berlin i. d. R. für einen Betreiber unzulässig ist.

Alternativ kann somit ein direkter Verkauf des dezentral erzeugten Stromes an die Mieter auch über einen Bilanzkreis realisiert werden. Hierzu sind jedoch zusätzliche Fixkosten für das Bilanzkreismanagement als auch spezifische Kosten pro verkaufter kWh Strom einzuplanen. Des Weiteren fallen hierbei zusätzliche Steuern und Abgaben an.

Durch die Vermarktung des in den KWK-Anlagen erzeugten Stroms werden bei den meisten Betreibern die Wärmekosten subventioniert und sinken dadurch.

Für die Mieter ergeben sich in der Regel bessere Strombezugskonditionen insbesondere gegenüber dem Grundversorgungstarif, da der vor Ort erzeugte Strom zumeist günstiger erzeugt werden kann.

Um die Wirtschaftlichkeit der Mieterstromversorgung zu erhöhen, ist es von Vorteil möglichst viele Mieter mit dem eigenerzeugten Strom zu versorgen. Gerade in Neubaugebieten kann erfahrungsgemäß durch den geringen Preis und die Identifikation der Stromabnehmer mit dem „Quartiersstrom“ von einer hohen Anschlussquote (gewählter Ansatz: 70 %) ausgegangen werden. Bei den Kunden besteht jedoch grundsätzlich eine gesetzlich verankerte Wahlfreiheit des Stromversorgers.

Abbildung 3-2 zeigt den Vergleich der Stromerlöse im ersten Jahr sowie im Mittel über einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren bei reiner Netzeinspeisung und Mieterstrommodell, beispielhaft für eine BHKW-Variante des Untersuchungsgebietes Elisabeth-Aue. Die Relationen dieser Darstellung der Erlöse sind auch auf andere Gebiete übertragbar.

Wer das Mieterstrommodell durchführt ist grundsätzlich beliebig. Aktuell können kommunale Wohnungsunternehmen ihren steuerrechtlichen Vorteil aufgrund des Wohnungsangebots als soziales Gut verlieren, wenn sie neben Mieten weitere Einnahmen erzielen. Dadurch kommen sie selbst als Betreiber von Mieterstrommodellen nicht in Frage. Daher haben viele kommunale Wohnungsunternehmen gewerbliche Töchter gegründet, die als solche tätig werden können. Die EU prüft aktuell, den bisher geltenden steuerlichen Vorteil abzuschaffen. In diesem Fall könnten auch die kommunalen Wohnungsunternehmen selbst ihre Mieter direkt versorgen.

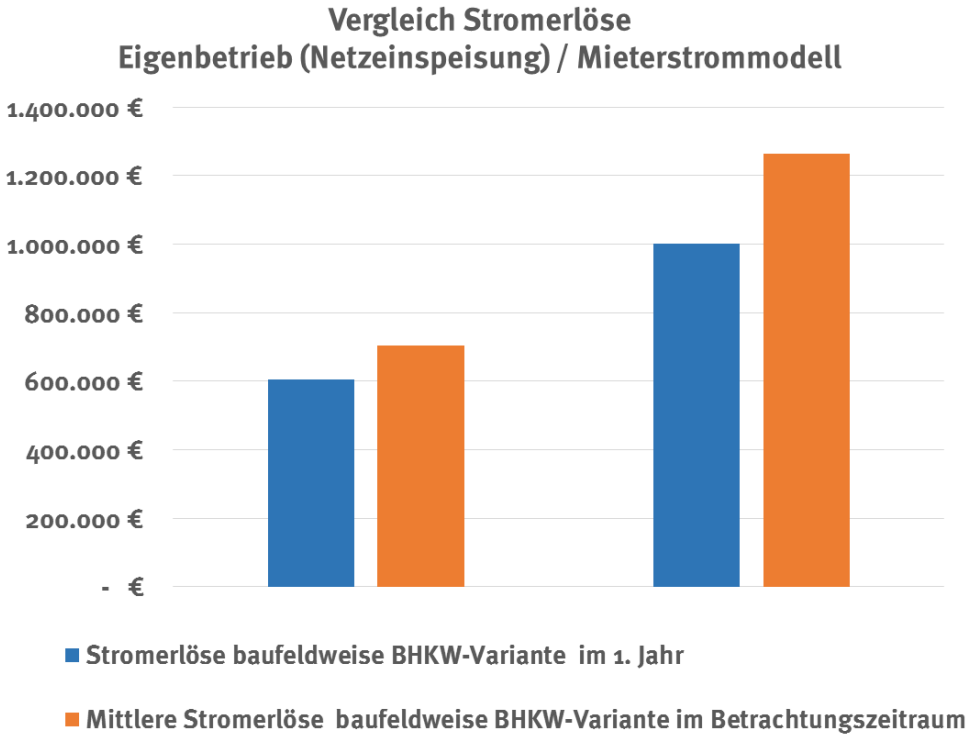

Abbildung 3-2: Stromerlöse Netzeinspeisung und Mieterstrommodell - Beispiel Elisabeth-Aue

Die Stromerzeugung in KWK-Anlagen kann zusätzlich durch auf Gebäudedächern installierte PV-Anlagen ergänzt werden, die in der Regel an die Stromverteilung jeweils eines zusammenhängenden Gebäudes angeschlossen ist. Damit könnte eine höhere Eigenstromversorgung der Gebäudegruppe erreicht werden. Die Erzeugungsprofile von BHKW und PV-Anlage ergänzen sich grundsätzlich sehr gut. Die reduzierte Stromerzeugung des BHKW im Sommerbetrieb (nur TWW-Bereitung) kann durch die im Sommer höhere PV-Stromerzeugung ausgeglichen werden. Im Winter leistet dann das BHKW den höheren Anteil der Stromversorgung.

Durch das am 29.06.2017 verabschiedete Mieterstromgesetz soll die Profitabilität von PV-Anlagen zur Mieterstromversorgung gesteigert werden. Hierzu soll im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ein Förderanspruch für PV-Anlagen auf Wohngebäuden verankert werden. Demnach soll der Betreiber einer solchen Anlage einen Mieterstromzuschlag erhalten, der sich an den im EEG genannten Einspeisevergütungen abzüglich eines Abschlags von 8,5 Cent/kWh orientiert. Die Höhe des Mieterstromzuschlags hängt von der Größe der Solaranlage[8] und dem PV-Zubau[9] ab und liegt voraussichtlich zwischen 2,75 Cent/kWh und 3,8 Cent/kWh.

Der Einsatz von Stromspeichern kann grundsätzlich den Anteil des Eigenverbrauchs erhöhen und neben der Wirtschaftlichkeit auch den Anteil einer ökologischen Stromversorgung des Quartiers deutlich steigern. Gerade vor dem Hintergrund, dass die PV-Anlagen nur in Direktvermarktung betrieben werden können, sind Stromspeicher interessant. Die derzeit möglichen Förderbeträge decken die notwendigen Investitionen für Stromspeicher noch nicht vollständig. Da die Entwicklung effizienter und kostengünstiger Stromspeicher eine hohe Dynamik aufweist, sollte vor der Umsetzung der Energieversorgung in den Untersuchungsgebieten nochmals eine Vergleichsrechnung vorgenommen werden.

In welchem Umfang sich die Einschaltung eines Betreibers ökonomisch auswirkt, wird in der wirtschaftlichen Bewertung der Versorgungsvarianten für alle drei Untersuchungsgebiete untersucht.

[8] Auf diese Weise werden die mit steigender Anlagengröße sinkenden Anlagenpreise bzw. Stromgestehungskosten berücksichtigt. Große Anlagen haben einen geringeren Förderbedarf als kleinere.

[9] Die Degression der Einspeisevergütung von PV-Strom ist direkt abhängig von der PV-Zubaurate. Da die Mieterstromzulage (Einspeisevergütung – 8,5 Cent/kWh) sich direkt aus der Einspeisevergütung ermittelt, ist auch diese vom PV-Zubau abhängig.

3.6 Wirtschaftliche Bewertung

3.6.1 Dynamische Wärme-Vollkosten

Zunächst wurden alle notwendigen Investitionen basierend auf abgefragten Richtpreisen der Hersteller oder Erfahrungswerten für die Wärmeversorgung zusammengestellt. Basierend auf dem jeweiligen Energiebedarf wurden die notwendigen Brennstoff- und Strommengen für den Betrieb der Anlagen ermittelt. Diese Angaben wurden für alle Varianten in eine dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Wärmekosten in Anlehnung an die VDI 2067 überführt. Diese Betrachtung beinhaltet als dynamische Vollkosten folgende Kostenarten:

- Kapitalgebundene Kosten (Technische Anlagen, Netze, Peripherie)
- Bedarfsgebundene Kosten (Energiekosten, Hilfsenergie) und Erlöse
- Betriebsgebundene Kosten (Warten und Instandhaltung)
- Sonstige Kosten (Service, Sonstiges)

Die Erlöse für den erzeugten Strom als KWK-Zuschlag, aus der Einspeisung oder dem Verkauf von Strom wurden auf Basis des aktuellen KWK-G sowie von Erfahrungswerten ermittelt. Die Betriebskosten wurden ebenfalls basierend auf Erfahrungswerten sowie Faktoren für Instandsetzung sowie Wartung und Inspektion aus der VDI 2067 abgeschätzt.

Grundsätzlich wurden mögliche Fördermittel aus aktuellen Förderprogrammen auch für die Gebiete mit spätem Umsetzungszeitpunkt berücksichtigt. Bei einer Änderung der Förderbedingungen sind die Ergebnisse neu zu überprüfen.

Die dynamische Berechnungsmethode ergibt sich aus der Berücksichtigung der Zinsen, Preissteigerungen und Lebensdauer bezogen auf die obigen Kostenarten. Der Betrachtungszeitraum für alle Varianten wurde auf 15 Jahre festgelegt. Komponenten, die eine Lebensdauer länger als 15 Jahre aufweisen, verfügen dementsprechend über einen Restwert und gehen daher mit entsprechend verringerten Annuitäten in die Berechnung der Gesamtkosten ein. Für Komponenten, die eine Lebensdauer kürzer als 15 Jahre aufweisen, ist eine Ersatzinvestition notwendig, die mittels eines Wiederbeschaffungsfaktors eingepreist wird.

Für die dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde ein Kalkulationszinssatz von 4 % für Wohnungsunternehmen und 6 % für Dritte (bspw. Contractoren) angesetzt. Die Energiepreissteigerung wurde für alle Energieträger mit 2,5 % in die Berechnung aufgenommen. Alle zu Grunde liegenden wirtschaftlichen Ansätze wurden mit dem AG abgestimmt und sind in Anhang 10.3 Tabelle 14 zu finden.

Die dynamischen Wärmevollkosten entsprechen der Berechnungsmethode der dynamischen Vollkosten, bezogen auf die Kenngröße €/m² Nutzfläche und Monat. Diese Kenngröße wurde aufgrund des hohen Wohnanteils gewählt, da er sowohl für Mieter als auch Vermieter eine aussagekräftige Größe darstellt.

3.6.2 Mittlere Wärmevollkosten

Die mittleren Wärmevollkosten errechnen sich aus dem Mittelwert der jährlichen dynamischen Wärmevollkosten der einzelnen Betrachtungsjahre. Diese wurden wiederum aufgeteilt in Heizkosten und anteilige Nettokaltmiete, um die Ergebnisse insbesondere für den vorgesehenen Fokus des Mietwohnungsbaus in den Untersuchungsgebieten aussagekräftiger zu machen.

Die Heizkosten (anteilige Warmmiete für Wärmeversorgung), bezogen auf die Wohn- bzw. Nutzfläche und Monat. setzen sich aus folgenden Preisbestandteilen zusammen:

- Bedarfsgebundene Kosten
- Betriebsgebundene Kosten, abzüglich Instandhaltungskosten
- Sonstige Kosten

Die anteilige Nettokaltmiete bzw. die Grundkosten für die Wärmeversorgung, setzten sich aus folgenden Preisbestandteilen zusammen:

- Kapitalgebundene Kosten
- Instandhaltungskosten

Die Aufteilung der Kostenbestandteile auf die wärmeversorgungsabhängige, anteilige Nettokaltmiete sowie die Grundkosten für die Wärmeversorgung (bspw. bei Contracting-Vorhaben) ist je nach Konstellation projektabhängig.

3.7 Ökologische Bewertung

Im Folgenden werden die Berechnungsmethodiken zur Ermittlung des Primärenergiefaktors (PEF) sowie der CO_2-Emissionen erläutert.

3.7.1 Ansätze und Berechnungsmethodik - Primärenergiefaktor

Der PEF beschreibt, wie viel kumulierte Energie einschließlich Brennstoffförderung, -aufbereitung und -transport sowie Stromerzeugung und -transport für die erzeugte Wärme erforderlich ist. Er wird in der Einheit $kWh_{primär}/kWh$ bzw. dimensionslos angegeben.

Die Ermittlung des PEF für die verschiedenen Versorgungsvarianten erfolgt nach der Logik der EnEV. Dazu werden PEF für die eingesetzten Energieträger sowie die sogenannte Hilfsenergie[10] und der für die Wärmepumpen genutzte Strom überwiegend direkt aus DIN-Normen bzw. der DIN 18599-1 entnommen.

Für die bereitgestellte Wärme aus KWK-Anlagen wurde die Berechnungsmethodik nach AGFW-Arbeitsblatt FW 309-1 angewandt. Dazu werden die Energiemengen der für die Energieerzeugung eingesetzten Primärenergieträger mit deren jeweiligen PEF (i. d. R. nach DIN 18599-1) multipliziert, während die erzeugte Netto-Strommenge (nach Abzug des Eigenverbrauchs) aus der KWK-Anlage in voller Hö-

[10] i. d. R. Betriebsstrom für Heizung, TWW und Lüftung, also Pumpen und Ventilatoren

he mit dem Faktor für den *Verdrängungs-Strommix* für Strom aus fossilen Kraftwerken[11] abgezogen.

Die Stromerzeugung aus PV-Anlagen wird nach aktueller Berechnungsvorschrift der EnEV nur in Höhe des Betriebsstromes (z. B. Pumpen und Brenner in der Heizzentrale, Wärmepumpen, Ventilatoren etc.) mit dem Faktor für den *Verdrängungs-Strommix* bewertet.

Die resultierende Primärenergie wird auf die bereitzustellende Wärmemenge ab Wärmeübergabestation (WÜST), also ohne Trassenverluste, bezogen. Negative PEF sind bei hohen Stromerzeugungsmengen rechnerisch möglich, werden jedoch gemäß EnEV auf Null gesetzt.

3.7.2 Ansätze und Berechnungsmethodik - CO_2-Emissionen

Die CO_2-Emissionen werden mit den CO_2-Äquivalenten auf Basis der aktuellen Datenbank des Globalen Emissions-Modells Integrierter Systeme[12] (GEMIS) für das Inbetriebnahmejahr[13] bewertet. Hierbei werden die CO_2-Emissionswerte einmal bezogen auf die Wärmeversorgung sowie einmal für die gesamte Energieversorgung des Untersuchungsgebietes, jeweils mit Vorkette, d. h. unter Berücksichtigung von Emissionen bei der Exploration, Transport etc., des jeweiligen Energieträgers ausgegeben. Zudem berücksichtigen die Äquivalente neben den direkten CO_2-Emissionen den Ausstoß von weiteren Treibhausgasen, wie Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O).

Die CO_2-Emissionen für die Wärmeversorgung berechnen sich nach real benötigten Energiemengen zur Wärmebereitstellung, -verteilung und -abnahme einschließlich des benötigten Stroms, der auf Basis der Prognose des Strommix Deutschlands (einschließlich des Anteils an Erneuerbare Energien) während des Betrachtungszeitraums in die Berechnung einging.

Für die KWK-Anlagen wird nach dem Arbeitsblatt FW 309-6, Absatz 6.4.2 der AGFW verfahren. Hier werden der Wärme lediglich die Emissionen für das Mehr an Brennstoff für die Wärmeauskopplung im Vergleich zur reinen Stromerzeugung zugeschrieben. Damit lassen sich CO_2 und Brennstoffwärmeanteile für die KWK-Nettowärmeerzeugung und für die Nettostromerzeugung ermitteln.

Die CO_2-Emissionen für die gesamte Energieversorgung hingegen berücksichtigt alle real benötigten und erzeugten Energiemengen. Hierbei werden daher die Strombedarfe für Wohnen, E-Mobilität, soziale Infrastruktur und Gewerbe/Handel/Dienstleistung, die komplette Stromerzeugung aus KWK und PV sowie real benötigten Energiemengen zur Wärmebereitstellung (Fernwärme, Erdgas, Biomethan, Holz) berücksichtigt. Die erzeugten Strommengen werden nicht mit einem Verdrängungs- sondern mit dem allgemeinen Strommix verrechnet.

[11] Aufgrund des gesetzlichen Vorrangs für KWK-Strom (ebenso Strom aus Erneuerbaren Energiequellen) wird nur der PEF-Mix für fossile Kraftwerke (einschl. Atomkraft) berücksichtigt.

[12] GEMIS v4.95, April 2017

[13] I. d. R. erfolgt die Ermittlung der Faktoren für das Bezugsjahr aus der linearen Interpolation von ex anten und ex post Faktoren

5 Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden

5.1 Ausgangslage

5.1.1 Allgemeine Beschreibung des Quartiers

Das betrachtete Gebiet liegt im Ortsteil Blankenburg des Bezirks Pankow. Das Untersuchungsgebiet liegt östlich der Heinersdorfer Straße sowie südlich (ein kleiner Teil nördlich) des Blankenburger Pflasterwegs.

Das zu untersuchende Gebiet Blankenburger Süden hat eine Fläche von rund 90 ha. Es können ca. 5.000 – 6.000 neue Wohnungen entstehen. Aufgrund des allgemeinen Ansatzes von durchschnittlich zwei Personen pro Wohneinheit (WE), wird mit einer Gesamteinwohnerzahl von etwa 11.000 gerechnet. Für das Baugebiet Blankenburger-Süden wird ein Baubeginn für das Jahr 2025 angenommen.

Gegenwärtig werden für das Plangebiet die Vorbereitenden Untersuchungen gem. § 165 Abs. 4 BauGB durchgeführt, um die grundsätzlichen Rahmenbedingungen zur Entwicklung des neuen Stadtquartieres bzw. der Notwendigkeit einer städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme zu prüfen.

Das Areal einschließlich der bestehenden Gebäude nördlich des Blankenburger Pflasterweges fungierte ehemals als Standort der Hochschule für Technik und Wirtschaft (FHTW) und südlich des Blankenburger Pflasterweges als Studentenwohnheim und als Polizeikaserne. Nach Aufgabe der universitären Nutzung der Gebäude nördlich des Blankenburger Pflasterweges wurden Hallen und Garagen z.T. kleinteilig vermietet und werden bis heute gewerblich genutzt. Der gesamte Gebäudebestand südlich des Blankenburger Pflasterweges wird gegenwärtig abgebrochen. Die unbebauten Flächen des Untersuchungsgebietes werden landwirtschaftlich genutzt.

Die Flächen des Untersuchungsgebiets sind im Besitz des Landes Berlin. Das Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden wird im Rahmen dieser Arbeit nördlich des Blankenburger Pflasterweges mit dem vorhandenen Gebäudebestand und südlich ohne Bestandsgebäude betrachtet.

Als städtebaulicher Entwurf wurde die Vorzugsvariante der Machbarkeitsstudie Blankenburger Pflasterweg; Bezirksamt Pankow von Berlin und BIM-Berliner Immobilienmanagement GmbH (Auftragnehmer Topos), siehe Abbildung 5-1, verwendet. In Abstimmung mit dem AG wird zur Untersuchung des Gesamtgebietes die Vorzugsvariante des nördlichen Teilgebiet auf die südliche Fläche ausgeweitet. Hierbei handelt es sich um einen beispielhaften Entwurf aus der Machbarkeitsstudie. .Sie stellt keinen Vorgriff auf die weiteren Planungen dar, sondern ermöglicht durch den angenommen städtebaulichen Ansatz die Ermittlung von Grundlagen für den weiteren Planungsprozess.

Abbildung 5-1: Städtebaulicher Testentwurf Blankenburger Süden, nördliche Teilfläche

(Quelle: Machbarkeitsstudie Blankenburger Pflasterweg; Bezirksamt Pankow von Berlin und BIM (Auftragnehmer Topos))

Das Gesamtgebiet kann sinnvoll in 55 Baufelder und sieben größere Abschnitte, folgend als Bauabschnitte bezeichnet, aufgeteilt werden. Für eine seriöse Untersuchung verschiedener Versorgungsvarianten sind gebäude- bzw. baufeldweise zugeordnete Bruttogrundflächen (BGF) Angaben essentiell. Es ergeben sich, die in Tabelle 9 dargestellten Größen.

Tabelle 6: Blankenburger Süden - - Ermittelte BGF

	Soziale Infra-struktur Bestand	Gewerbe Handel Dienst-leistungen Bestand	Wohnen Neubau	Soziale Infra-struktur Neubau	Gewerbe Handel Dienst-leistungen Neubau
BGF in m²	1.200	45.000	570.000	32.000	45.000

Zur Ermittlung der Wohnfläche (Wohnen) bzw. der nutzbaren Fläche (Soziale Infrastruktur, Gewerbe) wurde ein Verhältnis zwischen BGF und Wohnfläche bzw. nutzbarer Fläche von 0,75 angesetzt.

5.1.2 Energiebedarfe

Zur Auswahl der energetischen Baustandards wurden, gemäß Abbildung 5-2, der KfW-EH-55-Standard (Unterschreitung des geltenden EnEV-Standards um eine KfW-Förderstufe), der KfW-EH-40-Plus-Standard (Unterschreitung des geltenden EnEV-Standards um zwei KfW-Förderstufen) sowie der Passivhausstandard diskutiert. In Abstimmung mit dem AG wurde der Passivhausstandard aufgrund seiner gegenwärtig noch höheren Investitionskosten in der Variantenbetrachtung nicht weiter berücksichtigt.

Der Baustandard KfW-Effizienzhaus-40-Plus-Standard wurde, in Rücksprache mit dem AG, nur für das Untersuchungsgebiet Elisabeth-Aue in dem Vergleich der Versorgungsvarianten mit betrachtet. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dieser Variante, siehe Kapitel 4.4, sind auch auf das Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden übertragbar. Die Darstellung der Energiebedarfe erfolgt für alle drei diskutierten energetischen Baustandards in Bezug auf den Heizwärmebedarf.

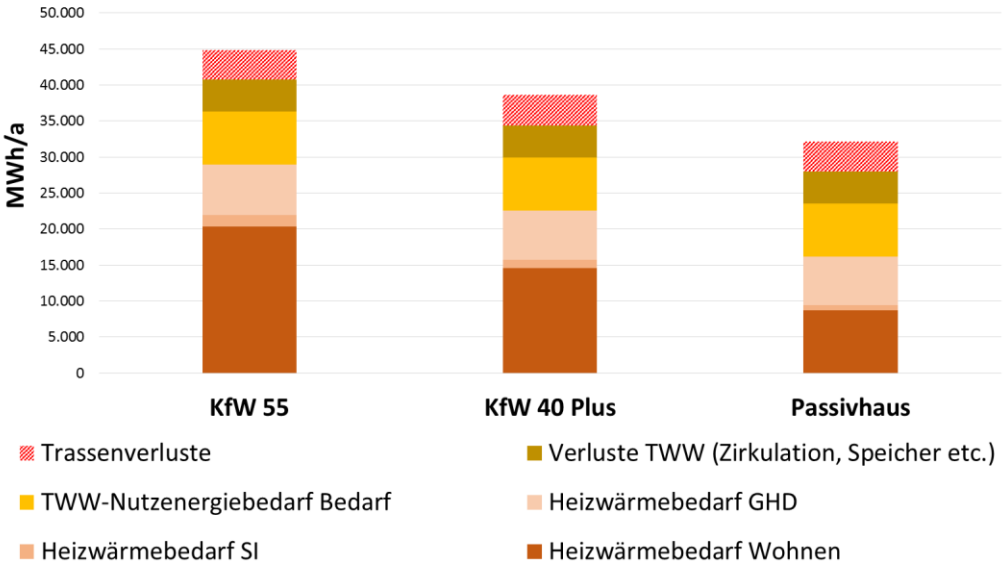

Abbildung 5-2: Wärmebedarf Gesamtgebiet Blankenburger Süden

Die Wärmebedarfe ermitteln sich gemäß der dargestellten Kennwerte in Abschnitt 3.2.1. Wie aus Abbildung 5-2 hervorgeht, ist der Wärmebedarf zur Bereitstellung, Speicherung und Zirkulation von Trinkwarmwasser (TWW) unabhängig des Gebäudeenergiestandards. Bei höherem Wärmeschutzstandard steigt der Anteil der TWW-Bereitung am Gesamtwärmedarf.

Der Heizwärmebedarf der KfW-EH-40-Plus-Variante ist gegenüber der KfW-EH-55-Variante um rund 20 % geringer, wohingegen der Gesamtwärmebedarf um etwa 15 % sinkt. Der Heizwärmebedarf der Passivhaus-Variante ist gegenüber der

KfW-EH-55-Variante um rund 45 % geringer, wohingegen der Gesamtwärmebedarf um etwa 30 % sinkt.

Insgesamt fällt die Reduzierung des Wärmebedarfs bei höheren Baustandards für den Neubau geringer als für die Untersuchungsgebiete Elisabeth-Aue und Ludwig-Quidde-Straße aus, da der Wärmebedarf der Bestandsgebäude über alle Bedarfsvarianten konstant ist.

Auch die Verluste des Nahwärmenetzes bleiben absolut nahezu gleich und steigen relativ an. Da sich die Nennweiten der Rohre und die Temperaturen nicht oder nur geringfügig ändern, bleiben die Verluste nahezu gleich. Die Wärmebedarfe der Bestandsgebäude, die unabhängig des Energiestandards der Neubauobjekte sind, sind hierbei berücksichtigt.

Der Strombedarf des gesamten Untersuchungsgebietes Blankenburger Süden ist in Abbildung 5-3 dargestellt und ermittelt sich gemäß den dargestellten Kennwerten in Abschnitt 3.2.2.

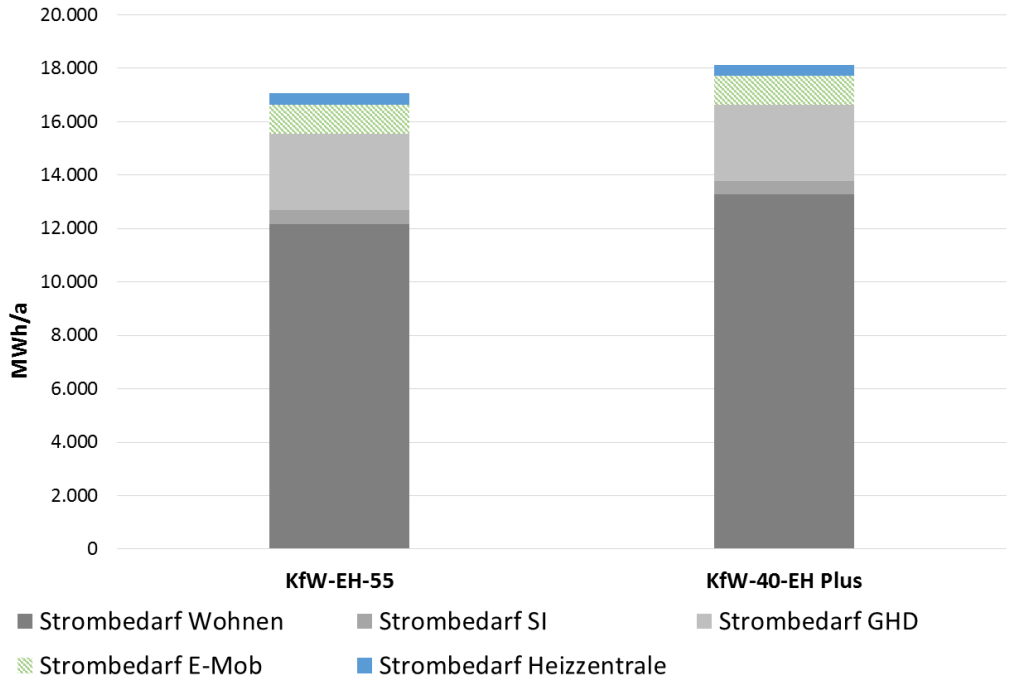

Abbildung 5-3: Strombedarf Gesamtgebiet Blankenburger Süden

Der Strombedarf der KfW-EH-40-Plus-Variante ist aufgrund der zusätzlichen benötigten Wohnungslüftung etwas höher als der KfW-EH-55-Variante. Demgegenüber steht ein minimal geringerer Strombedarf für die Heizzentrale inklusive Peripherie, aufgrund des geringeren Wärmebedarfs. Der Strombedarf für Elektromobilität ist bei beiden untersuchten Gebäudestandards konstant, besitzt unter den gemachten Annahmen einen geringen Anteil am Gesamtstrombedarf.

5.1.3 Potentiale Solarenergienutzung

5.1.3.1 Flächenpotential

Gemäß dem beschriebenen Vorgehen zur Ermittlung des Flächenpotentials zur Solarenergienutzung, siehe Abschnitt 3.3.1.1 ergibt sich eine nutzbare Dachfläche von etwa 95.000 m².

5.1.3.2 Solarthermie

Wie aus Tabelle 7 hervorgeht und in Abschnitt 3.3.1.2 erläutert, ist die bei gleicher verfügbaren Dachfläche bereitgestellte Wärmemenge einer Solarthermieanlage zur reinen Warmwasserbereitung mit flacherer Neigung etwas höher, als die Wärmemenge einer steiler geneigten Anlage zur zusätzlichen Heizungsunterstützung.

Tabelle 7: Maximalpotentialbetrachtung Solarthermie, Blankenburger Süden

	Süd 45°	**Süd 60°**
Verwendung	Warmwasserbereitung	Heizungsunterstützung
Azimut	0°	0°
Neigung der Kollektorfläche	45°	60°
Brutto- Dachfläche	190.000 m²	190.000 m²
nutzbare Dachfläche (Ansatz: 50%)	95.000 m²	95.000 m²
spezifischer Kollektor-Jahresertrag	430 kWh/m² a	400 kWh/m² a
Verhältnis Dachfläche zu Modulfläche	360 %	400 %
Modulfläche	27.000 m²	24.000 m²
Solarthermie Erzeugung	12.000 MWh/a	10.000 MWh/a

Die Solarthermievariante "Warmwasserbereitung" deckt bilanziell etwa 25 % (KfW-EH-55-Standard) und 30 % (KfW-EH-40 Plus-Standard) des gesamten Wärmebedarfs.

Die Solarthermievariante "Warmwasserbereitung + Heizungsunterstützung" deckt bilanziell etwa 30 % (KfW-EH-55-Standard) und 35 % (KfW-EH-40 Plus-Standard) des gesamten Wärmebedarfs.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass eine komplette Verwendung der bereitgestellten Solarwärme nur mit ausreichend Speichermedien möglich ist. Die Wahl der Aufständerung sollte von der geplanten Einbindungsmöglichkeit der solaren Wärme (ausschließliche Warmwasserbereitung oder mit Heizungsunterstützung) in das Heizungssystem abhängig gemacht werden.

5.1.3.3 Photovoltaik

Wie aus Tabelle 8 hervorgeht ist der spezifische Ertrag einer Ost/West aufgeständerten PV-Anlage gegenüber einer Süd ausgerichteten Anlage um den Faktor zwei bis zweieinhalb größer. Bei maximaler Belegung der nutzbaren Fläche durch Ost/West ausgerichtete PV-Module ist eine bilanzielle Abdeckung des gesamten Strombedarfs des Untersuchungsgebietes zu etwa 60 % möglich.

Tabelle 8: Maximalpotentialbetrachtung PV, Blankenburger Süden

	Süd 20	**Süd 30**	**Ost/West 15**
Azimut	0°	0°	-90°/90°
Neigung	20°	30°	15°
theoretische Dachfläche	190.000 m²	190.000 m²	190.000 m²
nutzbare Dachfläche	95.000 m²	95.000 m²	95.000 m²
spezifischer Jahresertrag	970 kWh/kW_p	996 kWh/kW_p	839/826 kWh/kW_p
Verhältnis Dachfläche zu PV-Modulfläche	232 %	288 %	97 %
Anzahl PV Module	25.000	20.000	54.000
PV-Leistung	7.000 kW_p	5.500 kW_p	15.000 kW_p
PV-Erzeugung	7.000 MWh/a	6.000 MWh/a	13.000 MWh/a

Bei einem Flächenkonflikt zwischen dem Einsatz einer Solarthermie- oder PV-Anlage ist bei derzeitigen Bedingungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine PV-Anlage mit hohem Eigenverbrauchsanteil (› 50 %) einer Solarthermieanlage vorzuziehen.

5.2 Varianten

Gemäß Abbildung 3-1 (Matrix - Entscheidungsgrundlage Energieträger) wurde die Auswahl der zu untersuchenden Versorgungsvarianten, wie in Abbildung 5-4 dargestellt, ergebnisoffen diskutiert.

- Eine Fernwärme basierende Wärmeversorgung kann, wie bereits beschrieben, aufgrund fehlender Anschlussmöglichkeiten ausgeschlossen werden.
- Abwärmenutzung: Im Untersuchungsgebiet bzw. um das Untersuchungsgebiet herum besteht, nach Absprache mit den Berliner Wasserbetrieben, kein Potential zur Abwasserwärmenutzung. Die umliegenden Abwasserkanäle liegen häufig in Anfangshaltung vor, sodass noch keine großen Abwassermengen durchfließen. Dadurch können dem Abwasser keine großen Wärmeleistungen entzogen werden. Daneben besteht gegenwärtig kein Sanierungsbedarf, sodass ein Einbau eines Wärmetauschersystems in einen Abwasserkanal mit sehr hohen Investitionskosten verbunden wäre.

  Bei der Realisierung des Blankenburger Süden ist voraussichtlich die Anlage neuer Abwasserkanäle erforderlich, sodass in diesem Zuge das Abwasserwärmepotential neu zu prüfen ist. Weitere relevante Abwärmequellen bestehen nicht.
- Eine Wärmeversorgung über eine zentrale gasbetriebene KWK-Anlage wurde insbesondere aufgrund der Tatsache, dass die Realisierung der Bauabschnitte über mehrere Jahre umgesetzt werden sollen, in Abstimmung mit dem AG, nicht untersucht. Hierbei ist zu erwähnen, dass bei gasbetriebenen KWK-Lösungen auch Anlagen kleinerer Leistungsgrößen wirtschaftlich umsetzbar sind.
- Das geothermische Potential ist für das Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden im Berliner Vergleich als gut einzustufen. Auf Datengrundlage der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen zum geothermischen Potential in Berlin kann bei einer Bohrungstiefe von 100 m mit einer Entzugsleistung von etwa 35 – 40 W/m (Entzugsdauer 2.400 h/a) gerechnet werden. Nach Aussagen der Abteilung Wasser und Geologie der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz sind artesische gespanntes Grundwasser sowie bestehenden Bodenaltlasten zwar kein Ausschlusskriterium für eine Erdwärmenutzung, führt aber bei der Umsetzung zu Mehrkosten und einem höheren Genehmigungsaufwand. Daher wird eine geothermische Erdwärmenutzung in Abstimmung mit dem AG nicht weiter untersucht.
- Eine Wärmeversorgung über feste Biomasse ist für ein Neubaugebiet grundsätzlich möglich. Aus wirtschaftlichen Gründen bietet sich hierbei eine zentrale Versorgungsvariante an, da bei steigender Anlagengröße die spezifischen Kosten bei holzbasierenden Energieversorgungsanlagen deutlich sinken und ab einer gewissen Anlagengröße Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), zur gleichzeitigen Wärme- und Stromerzeugung, wirtschaftlich tragfähig wird. Da für diese Technologie die Skaleneffekte besonders groß sind, ist hier die Errichtung des zentralen HKW von Beginn an zu planen. Der Start der holzbasierten KWK kann aus betriebswirtschaftlichen Gründen erst später erfolgen.

Holzhackschnitzel bieten gegenüber Holzpellets günstigere Brennstoffpreise. Der Einsatz ist jedoch sehr betriebs- und instandhaltungsintensiv. Daher ist der Einsatz von Holzhackschnitzeln eher für große und Holzpellets für kleinere, vollautomatisierte Anlagen geeignet.
Ein aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu präferierendes zentrales Holzheizkraftwerk in unmittelbarer Nähe zu Wohnhäusern ist aufgrund den Lärm-, Staub- und Abgasemissionen (Lieferverkehr, Brennstofflagerung und- schüttung, Verbrennungsabgase) nicht zu empfehlen. Ein möglicher Standort ist in einer als Gewerbegebiet klassifizierten Fläche zu suchen.

Kleinere dezentrale holzbasierende Wärmeerzeugungsanlagen werden in Abstimmung mit dem AG ebenfalls nicht weiter betrachtet, da neben den genannten Gründen der Wirtschaftlichkeit bei kleinerer Anlagen der Lieferverkehr für den Brennstoff auf das Gesamtgebiet ausgebreitet werden würde.

Die Versorgungsvarianten über gasbetriebene KWK-Anlagen einzelner Teilgebiete, Solarenergienutzung via Solarthermie und PV sowie einem zentralen Holzheizkraftwerk werden nachfolgend untersucht.

Abbildung 5-4 zeigt die näher untersuchten Varianten, die im Folgenden beschrieben werden. Die wirtschaftliche und ökologische Betrachtung erfolgt in einem Variantenvergleich in Kapitel 5.3. Das Potential der Solarenergienutzung für das Gesamtgebiet wird in Kapitel 5.1.3 erläutert.

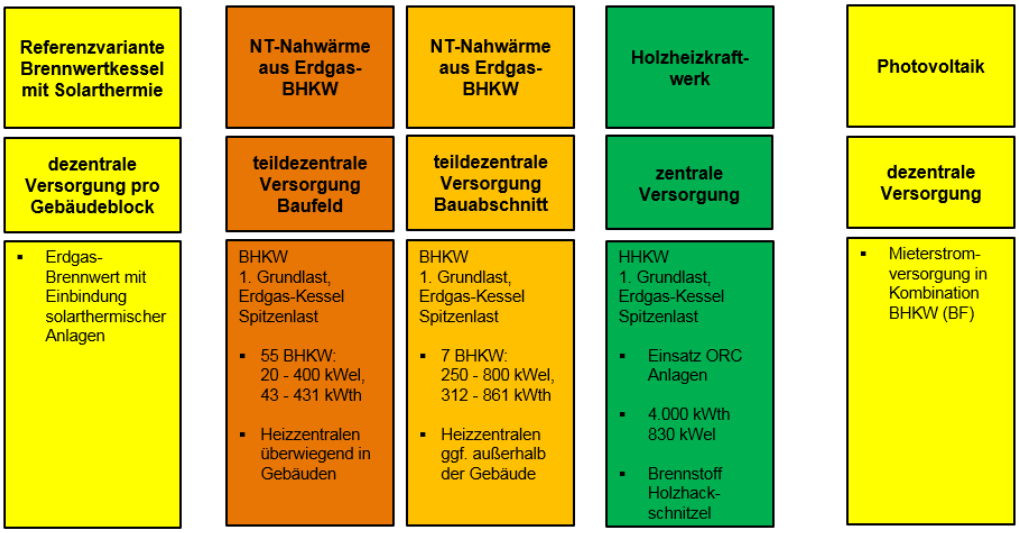

Abbildung 5-4: Betrachtete Versorgungsvarianten Blankenburger Süden

Die im folgenden Abschnitt angegebenen Platzbedarfe der einzelnen Versorgungsvarianten sind als Richtwerte zu verstehen. Die vorzuhaltenden Flächen in oder außerhalb der Gebäude können erst im Rahmen einer abzustimmenden Entwurfsplanung festgelegt werden. Für die betrachteten Varianten erfolgt die Wärmeversorgung für die Gebäude kostengünstig jeweils aus einer Heizzentrale bzw. Wärmeübergabestation (WÜST) je zusammenhängenden Gebäudeblock. In der WÜST sind die Absperrorgane, Wärmemengenzähler, Wärmetauscher sowie ein Speicher (TWW- oder Pufferspeicher mit Frischwasserstation) und die Regelung

enthalten. Ein Vergleich der Kosten mit der Versorgung pro Gebäude (Adresse) wird in Kap. 8.5.1 vorgenommen.

5.2.1 Referenzvariante - Erdgas-Brennwertkessel mit Solarthermie

Die für alle drei Untersuchungsgebiete gültige Referenzvariante wird in Abschnitt 3.4.1 beschrieben.

5.2.2 Erdgas-BHKW mit Niedertemperatur Nahwärmenetz

Die für alle drei Untersuchungsgebiete gültigen BHKW-Varianten werden in Abschnitt 3.4.2 beschrieben. Die Einteilung der baufeld- und bauabschnittsweisen Versorgungszuschnitte erfolgt folgend.

5.2.2.1 Dezentrale Versorgung - Baufeld

Das nördliche Teilgebiet wird, wie in Abbildung 5-5 dargestellt, baufeldweise in 29 Teilgebiete untergliedert. Übertragen auf das Gesamtgebiet ergeben sich insgesamt 55 Baufelder, die jeweils einzeln für sich versorgt werden.

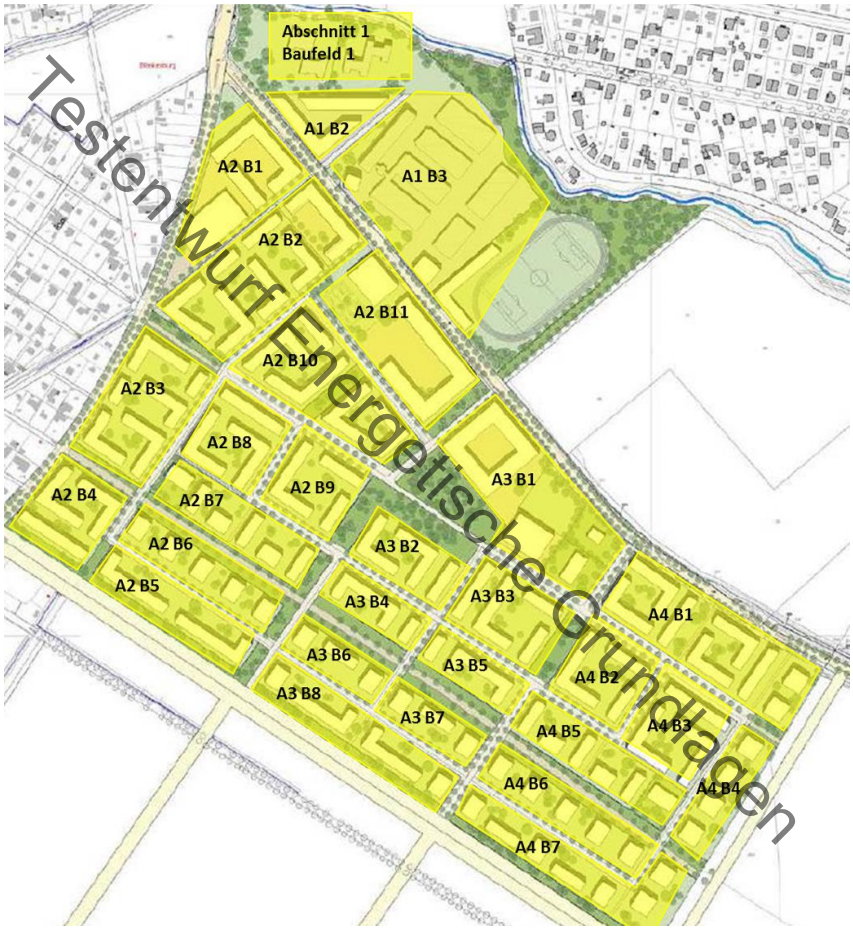

Abbildung 5-5: Einteilung des Gesamtgebietes in Baufelder, Blankenburger Süden

(Quelle: Machbarkeitsstudie Blankenburger Pflasterweg; Bezirksamt Pankow von Berlin und BIM (Auftrag-nehmer Topos); ergänzt durch BEA)

Der wesentliche Vorteil dieser Untervariante ist, dass nach aktuellem Stand kein öffentliches Straßenland innerhalb der Gebiete geplant ist. Dadurch ist ein privates dezentrales Stromnetz überhaupt sowie ein Nahwärmenetz kostengünstig zu realisieren. BHKW-Module kleinerer Leistung, wie sie für eine baufeldweise gegenüber einer bauabschnittsweisen Versorgung notwendig sind, besitzen höhere spezifische Kosten als BHKW-Module größerer Leistung. Allerdings können sie gemäß aktuellem KWK-G eine höhere Förderung erhalten.

Die benötigten Flächen der Heizzentralen können i. d. R. aufgrund des Platzbedarfes sowie der Anlagengröße der BHKW in den geplanten Gebäuden integriert werden. Hierbei können entweder Kelleräume genutzt oder - falls eine Unterkellerung nicht möglich ist - Technikräume in den Erdgeschossen geschaffen werden.

Aus Schallschutzgründen wird empfohlen, die BHKW der größeren Leistungsklassen(2 x 140 kW_{el}, 1 x 400 kW_{el}) in Energiezentralen außerhalb von Wohngebäuden aufzustellen. Hinweise zu Aufstellmöglichkeiten sowie einer möglichen Schallprognose siehe folgender Abschnitt 5.2.2.2.

Die Heizzentralen befinden sich baufeldweise möglichst zentral und sollten eine Fläche von durchschnittlich mindestens 26 m² mit einer Raumhöhe von 2,5 m aufweisen. Der Platzbedarf für die Wärmeübergabestationen der weiteren zusammenhängenden Gebäude muss etwa 10 m² mit einer Raumhöhe von 2 m aufweisen.

5.2.2.2 Dezentrale Versorgung - Bauabschnitt

Das nördliche Teilgebiet wird, wie in Abbildung 5-6, abschnittsweise in vier Teilgebiete untergliedert, die jeweils einzeln für sich versorgt werden. Übertragen auf das Gesamtgebiet ergeben sich insgesamt sieben Abschnitte, folgend als Bauabschnitte benannt.

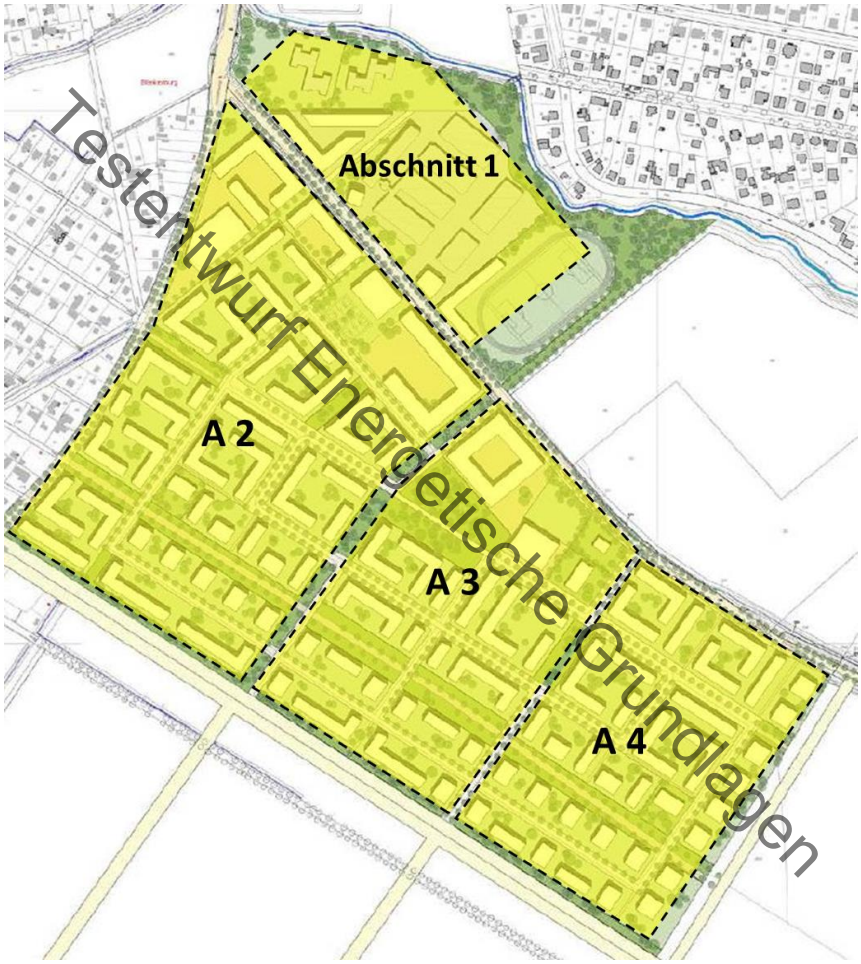

Abbildung 5-6: Einteilung des Gesamtgebietes in Bauabschnitte, Blankenburger Süden

(Quelle: Machbarkeitsstudie Blankenburger Pflasterweg; Bezirksamt Pankow von Berlin und BIM (Auftrag-nehmer Topos); ergänzt durch BEA)

Öffentliches Straßenland innerhalb eines BHKW-Versorgungsgebietes verteuert die Verlegung eines Nahwärmenetzes. Eine Querung von öffentlichen Straßen mit privaten Stromleitungen ist aus konzessionsrechtlichen Gründen, siehe hierzu Kapitel 3.5, nicht möglich. BHKW-Module größerer Leistung, wie sie sich für eine bauabschnittsweise Versorgung anbieten sind, besitzen wiederum niedrigere spezifische Kosten als BHKW-Module kleinerer Leistung.

Aus Schallschutzgründen wird empfohlen BHKW der anbietenden Größenklasse (205 – 800 kW_{el}) ab 100 kW_{el} in Energiezentralen außerhalb von Wohngebäuden aufzustellen. Dies kann entweder in separaten Technikgebäuden oder innerhalb von Nichtwohngebäuden realisiert werden. Eine kostengünstige Option stellt der Bau einer Heizzentrale ober- oder unterirdisch in unmittelbarer Nähe zu einem Wohngebäude dar, bei dem eine Hauswand (meist der Giebel) als Führung der Schornsteinanlagen genutzt wird. Der Zugang zur Heizzentrale kann von außen oder durch ein Gebäude erfolgen. Insbesondere werden damit die Mehrkosten für eine freistehende Schornsteinanlage gespart und dieser architektonisch in die Gebäudestruktur eingefasst.

Die Aufstellung in Wohngebäuden ist nicht ausgeschlossen, jedoch insbesondere aufgrund erhöhter Schallschutzanforderungen deutlich anspruchsvoller. Bei einer Neubauplanung, die mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt wird, sollte dies jedoch machbar und in einem frühen Stadium berücksichtigt werden. Sofern eine Aufstellung in Wohngebäuden erfolgen soll, wird folgendes dringend empfohlen:

- Prüfen ob Pufferzonen möglich sind z. B. unterhalb von Etagen mit gewerblicher Nutzung ohne Geräuschsensibilität.
- Erstellung einer Schallprognose im Rahmen eines Sachverständigengutachtens. Sie ist Grundlage für die Gebäudeplanung, um frühzeitig notwendige Raumdimensionierungen und technische Schallschutzmaßnahmen, wie z. B. angepasste Rohrführung, festzulegen und in der Planung zu berücksichtigen.

Die Heizzentralen befinden sich abschnittsweise möglichst zentral und sollten eine Fläche von durchschnittlich 70 m² mit einer Raumhöhe von 4 m aufweisen. Der Platzbedarf für die Wärmeübergabestationen der weiteren zusammenhängenden Gebäude muss etwa 10 m² mit einer Raumhöhe von 2 m aufweisen.

5.2.3 Holzheizkraftwerk

In Biomasseheizkraftwerken im Leistungsbereich zwischen 0,2 – 2 MW_{el} findet i. d. R. der Organic Rankine Cycle (ORC) Prozess seine Anwendung.

Der ORC-Prozess basiert auf einer ähnlichen Prozessart wie ein herkömmlicher Dampfkraftprozess. Der Unterschied besteht darin, dass anstatt Wasser organische Arbeitsmittel, oftmals Toluol oder Pentan, deren Siede- und Kondensationspunkte niedriger als Wasser sind, zum Einsatz kommen. Dieser Prozess wird, neben der Nutzung in holzbefeuerten KWK-Anlagen, oftmals für die Abwärmenutzung (› 80 °C) eingesetzt. Dabei wird die thermische Energie aus dem Verbrennungsprozess auf einen Thermoölkreislauf, den ORC-Kreislauf, übertragen. Solch eine Anlage, einschließlich Thermoölkreislauf, erreicht in der Praxis nur geringe elektrische Wirkungsgrade von 12 - 14 %, bezogen auf die gesamte Feuerungsleistung.

Für das Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden wird ein zentrales Holzheizkraftwerk mit ORC-Prozess (4.000 kW_{th}/830 kW_{el}) angesetzt. Der Brennstoff der Anlage sind Holzhackschnitzel. Der erzeugte Strom wird im kompletten Untersuchungsgebiet über einen Bilanzkreis an die Bewohner verkauft. Ergänzt wird die Anlage mit Erdgas-Spitzenlastkesseln. In Abbildung 5-7 ist beispielhaft das Holzheizkraftwerk mit ORC-Anlage der Stadtwerke Bielefeld in ähnlicher Leistungsklasse (5.500 kW_{th}/1.350 kW_{el}) dargestellt.

Zur Brennstoffbereitstellung bedarf es über ein ganzes Jahr betrachtet etwa 400 Anlieferungen mit einem Sattelkipper (maximale Nutzlast: 27 t). Das Forstamt Pankow kann auf Nachfrage keine Holzhackschnitzel bereitstellen. Für ganz Berlin gilt, dass grundsätzlich keine relevante Menge an Biomasse zur Energieerzeugung aus dem Stadtgebiet zur Verfügung steht. Daher ist eine Belieferung aus der unmittelbaren ländlichen Umgebung von Berlin, aus Brandenburg, zu empfehlen. Entscheidend ist der Abschluss langjähriger Lieferverträge, wie in der Schweiz

üblich, um die Brennstofflieferungen über einen längeren Zeitraum bei kalkulierbaren Preisen zu gewährleisten.

Das Holzheizkraftwerk sollte, wie bereits beschrieben, bei Weiterentwicklung des bestehenden Gewerbes nördlich des Blankenburger Pflasterweges verortet werden. Hierfür ist nach Literaturangaben eine Fläche von etwa 600 m² für Gebäude (Kesselhaus, Lagerhalle, Verwaltung) sowie 500 m² für Außenanlagen vorzusehen. Das vergleichbare Kraftwerk der Stadtwerke Bielefeld besitzt ein Kesselhaus der Fläche von etwa 800 m² (Höhe 20 m) sowie ein Lagerhaus mit 600 m² (Höhe 8 m). Da es sich bei größeren Biomasseheizkraftwerken um Einzelanfertigungen handelt, kann eine genaue Flächenbedarfsermittlung erst nach einer detaillierten Planung erfolgen. Der Platzbedarf für die Wärmeübergabestationen der zusammenhängenden Gebäude muss etwa 10 m² mit einer Raumhöhe von 2 m aufweisen.

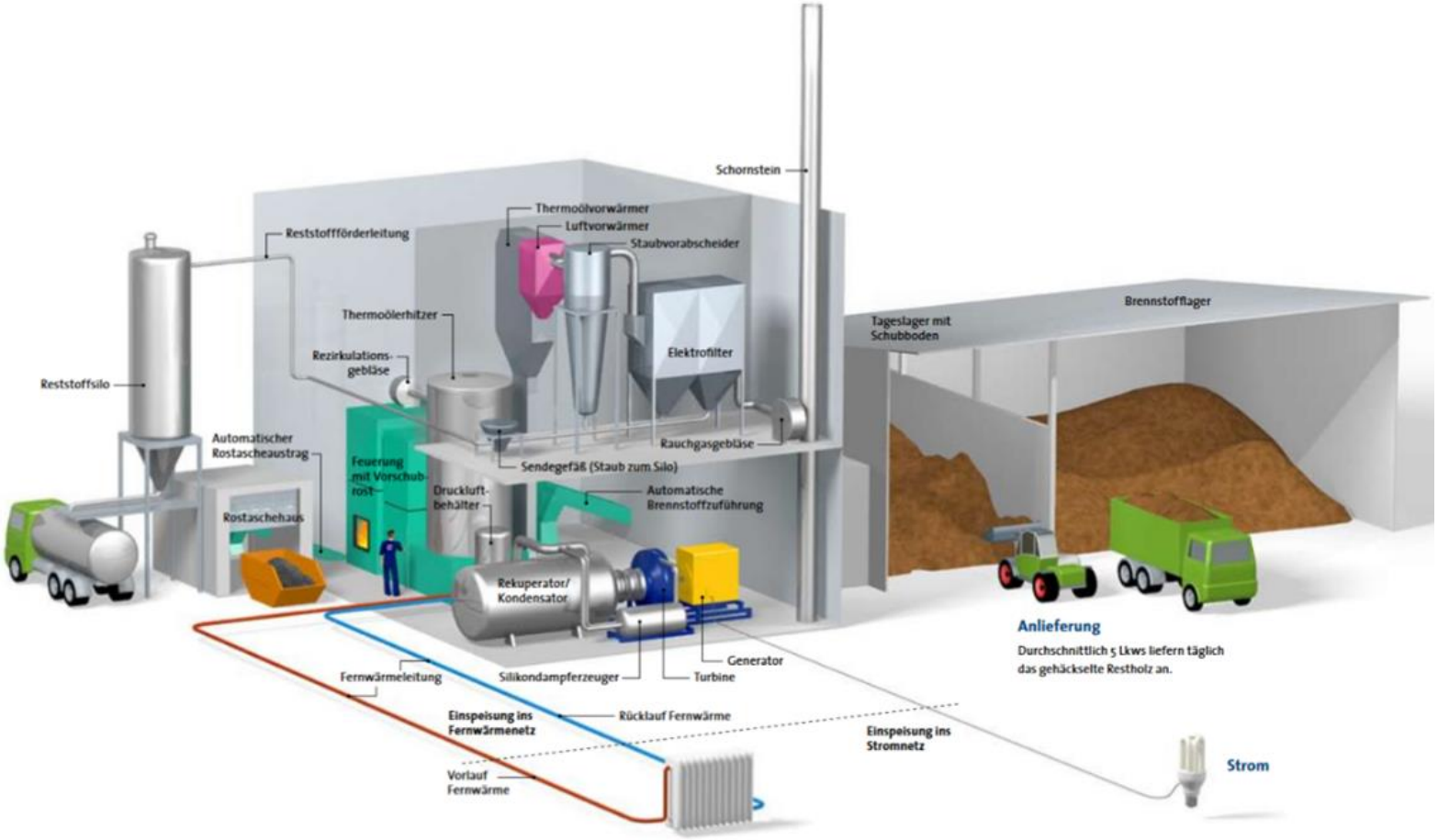

Abbildung 5-7: Graphische Darstellung des Holzheizkraftwerkes mit ORC-Prozess der Stadtwerke Bielefeld (Quelle Stadtwerke Bielefeld; https://www.stadtwerke-bielefeld.de/das-unternehmen/fuer-die-umwelt/erneuerbare-energien/holzkraftwerk.html; 21.06.2017)

5.3 Vergleich der Versorgungsvarianten

In folgendem Kapitel werden die in 5.1.3 und 5.2 dargelegten Versorgungsvarianten für den Baustandard KfW-EH-55-Standard wirtschaftlich sowie ökologisch miteinander verglichen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Bewertung der Versorgungsvarianten auf Grundlage eines Grobkonzeptes erfolgt und die dargestellten Werte nur eine Tendenz darstellen können.

5.3.1 Wirtschaftliche Bewertung

Die verschiedenen Varianten zur Wärmeversorgung werden in diesem Abschnitt wirtschaftlich bewertet.

Die wirtschaftliche Bewertung erfolgt auf Basis der Erläuterungen in Abschnitt 3.6 Es wird darauf hingewiesen, dass in Abstimmung mit dem AG für das Gebiet Blankenburger Süden Kosten auf den Zeitraum 2025-2040 hochgerechnet wurden, da fiktiv eine Umsetzung für 2025 angenommen wurde.

5.3.1.1 Abschätzung der Investitionen

Abbildung 5-8 zeigt die abgeschätzten Investitionen für die vorgestellten Versorgungsvarianten.

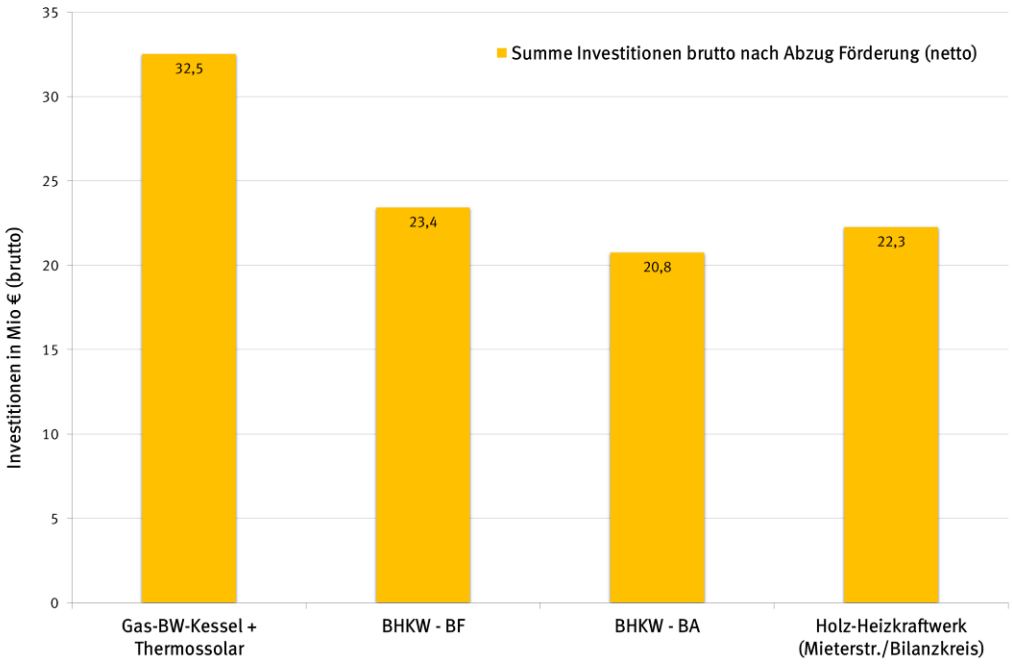

Abbildung 5-8: Investitionen in die Energieversorgung, KfW-EH-55 Blankenburger Süden

Es zeigt sich, dass die bauabschnittsweise BHKW-Variante die geringsten Investitionssummen aufweisen. Da die spezifischen Anlagenkosten für kleinere BHKW-Module höher sind weist die baufeldweise BHKW-Variante eine höhere Investitionssumme auf.

Aufgrund der hohen spezifischen Anlagenkosten von Thermosolaranlagen zeigt die Variante mit dezentralen Brennwertgeräten die höchsten Investitionskosten.

Die holzbefeuerte KWK-Variante sowie die baufeldweise BHKW-Variante weisen Investitionskosten in ähnlicher Größenordnung auf. Die vergleichsweise teure Anlagentechnik für ein Holzheizkraftwerk mit ORC-Anlage wird durch den Skalen-effekt, der durch die zentrale Versorgungsvariante einhergeht, kompensiert.

Für alle Varianten ist zu berücksichtigen, dass eine wirtschaftlich optimierte Versorgung dargestellt ist. Das beinhaltet, dass die Wärmeversorgung bzw. der Anschluss an ein Nahwärmenetz je zusammenhängendes Gebäude berechnet ist. Ein ökonomischer Vergleich zwischen einer Versorgung je zusammenhängendes Gebäude und je Gebäude bzw. Adresse wird beispielhaft in Kapitel 8.5.1 gezogen.

Obige Zahlen bieten die Grundlage für eine erste wirtschaftliche Einschätzung der Wärmeversorgungsvarianten. Eine detaillierte Aussage, wie wirtschaftlich die verschiedenen Konzepte der Wärmeversorgung sind, lässt sich hiermit jedoch nicht treffen.

Dazu werden in den folgenden Kapiteln die Vollkosten analysiert, die in Anlehnung an die VDI 2067 sowohl kapital-, aber auch bedarfs- und betriebsgebundene sowie sonstige Kosten berücksichtigten. Grundsätzlich wurden mögliche Fördermittel aus aktuellen Förderprogrammen berücksichtig. Bei einer Änderung der Förderbedingungen sind die Ergebnisse neu zu überprüfen.

5.3.1.2 Abschätzung der dynamischen Vollkosten nach VDI 2067

Abbildung 5-9 zeigt die dynamischen Vollkosten, aufgeteilt nach den Kostengruppen nach VDI 2076 für die beschriebenen Varianten der Wärmeversorgung.

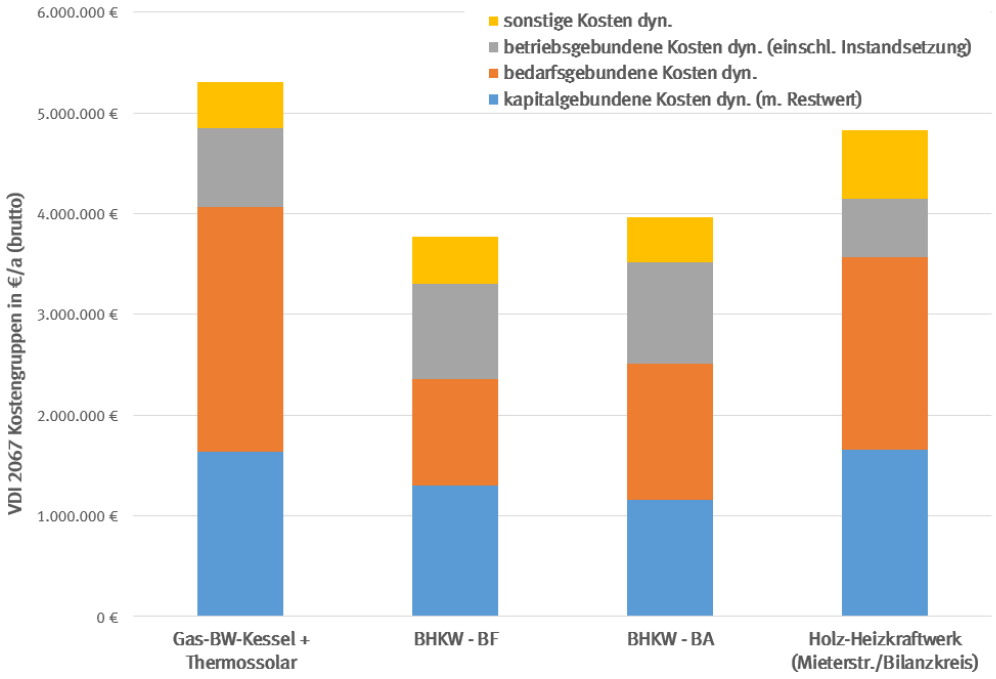

Abbildung 5-9: Dynamische Vollkosten nach VDI 2067, KfW-EH-55 Blankenburger Süden

Es zeigt sich, dass die BHKW-Varianten die niedrigsten Vollkosten aufweisen. Die baufeldweise BHKW-Variante ist aufgrund den geringsten bedarfsgebunden Kosten am wirtschaftlichsten. Dies ist vor allem, auch gegenüber der bauabschnittsweisen BHKW-Varianten, aufgrund der günstigeren Förderung von BHKW $\leq$ 50 kW_{el} für 60.000 Betriebsstunden nach dem KWK-G 2016 und den daraus resultierenden Erlösen zu begründen. Dadurch ergeben sich gegenüber allen anderen Varianten deutlich reduzierte Energiekosten.

Die höchsten Vollkosten und bedarfsgebundenen Kosten sind in der Referenzvariante (Brennwertkessel mit Solarthermie) zu verzeichnen. Die Referenzvariante hat zwar einen niedrigeren Erdgasbedarf als die KWK-Varianten, dem gegenüber stehen jedoch keine Erlöse durch die Stromeinspeisung nach KWK-G.

Die Versorgungsvariante via Holzheizkraftwerk weist etwas niedrigere Wärmevollkosten wie die Referenzvariante auf. Hierbei sind jedoch die kapitalgebunden Kosten höher, jedoch die bedarfsgebundenen Kosten, aufgrund der zusätzlichen Stromerlöse sowie eines zu erwartenden günstigen Brennstoffbezugs von Holzhackschnitzeln, niedriger.

Die jährlichen kapitalgebundenen Kosten ergeben sich analog zu der Höhe der Investitionssummen (siehe Kapitel 5.3.1.1).

Die sonstigen Kosten liegen für die Holzvariante vergleichsweise hoch, da die Verwaltungskosten hoch sind und ein jährliches Gutachten zum Brennstoffeinsatz vorgelegt werden muss.

5.3.1.3 Abschätzung der mittleren Wärme-Vollkosten und deren Mietanteile

Abbildung 5-10 zeigt die mittleren Wärme-Vollkosten für die Versorgungsvarianten. In Abbildung 5-11 sind diese nach Heizkosten (rot, anteilige Warmmiete der Wärmeversorgung) sowie der anteiligen Nettokaltmiete bzw. den Grundkosten für die Wärmeversorgung (blau) aufgeteilt.

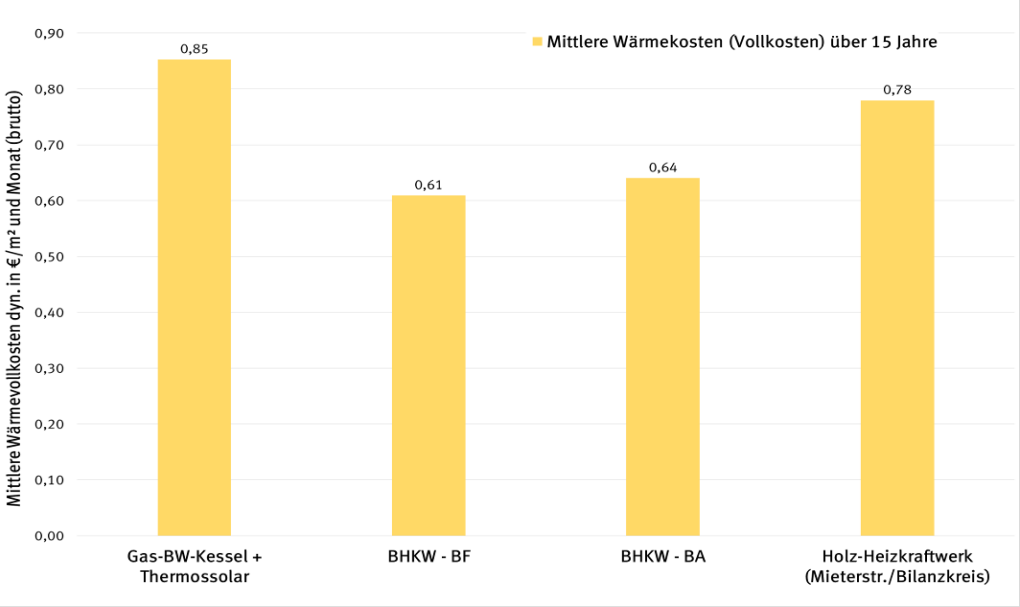

Abbildung 5-10: Mittlere Wärmekosten (Vollkosten), KfW-EH-55 Blankenburger Süden

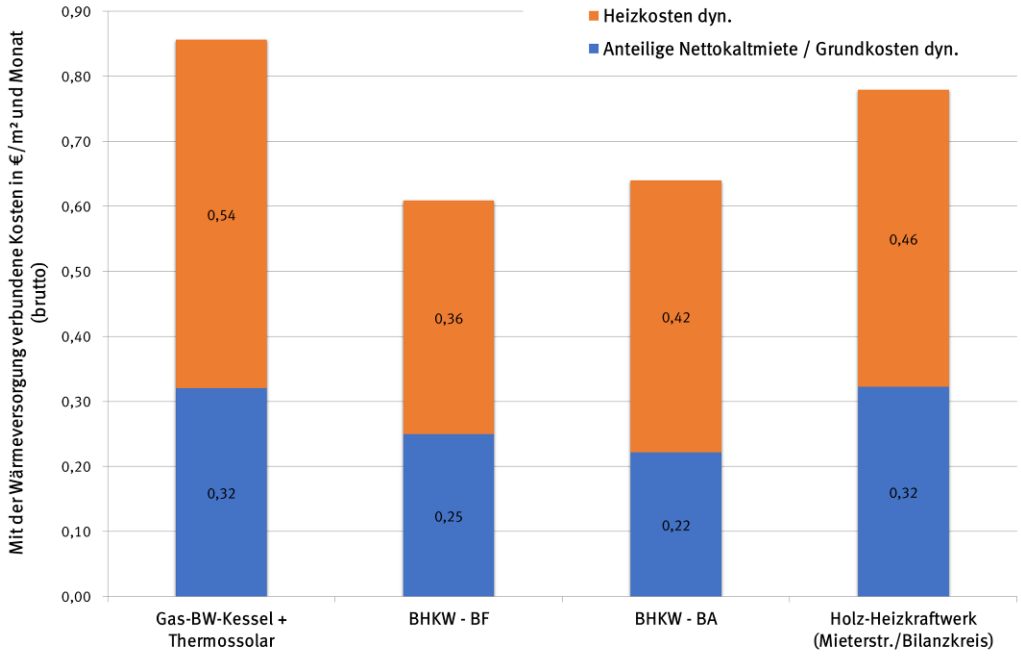

Abbildung 5-11: Mietanteile nach Wärme-Vollkosten, KfW-EH-55Blankenburger Süden

Die Tendenz der mittleren Wärme-Vollkosten, die der Mieter zu tragen hat, entspricht der Abbildung sowie den dazugehörenden Erläuterungen in Kapitel 5.3.1.2.

Aus Abbildung 5-11 geht hervor, dass aus Mietersicht nicht die Nettokaltmiete als Maßstab gelten sollte, sondern die Warmmiete. Aus energieversorgungstechnischer Sicht ist hierbei die anteilige Warmmiete für die Wärmeversorgung entscheidend, um geringere Heizkosten in der Miete abbilden zu können und dadurch Energieversorgungsvarianten mit hohen Grundkosten bzw. mit einem hohen Baustandard nicht zu benachteiligen.

5.3.1.4 Vergleich der mittleren Wärmekosten (Vollkosten) mit und ohne Mieterstrommodell

Wie bereits beschrieben, ist eine baufeldweise BHKW-Variante durch die günstige Fördersituation sowie die vom Konzessionsrecht unberührte Stromverteilung auf den jeweiligen Baufeldern für einen Anlagenbetreiber und Anbieter von Mieterstrom durchaus attraktiv. Für ein privates dezentrales Stromnetz sind zusätzliche Investitionskosten einzukalkulieren.

Für die bauabschnittsweise BHKW-Variante kann ein direkter Verkauf des dezentral erzeugten Stroms an die Mieter jedoch über einen Bilanzkreis realisiert werden. Hierzu sind jedoch zusätzliche Fixkosten für das Bilanzkreismanagement als auch spezifische Kosten pro verkaufter kWh Strom einzuplanen. Des Weiteren fallen hierbei zusätzliche Steuern und Abgaben an.

Für die wirtschaftlichere BHKW-Variante mit Mieterstrommodell wird zusätzlich die Auswirkung der Kombination mit PV-Dachanlagen untersucht.

In Abbildung 5-12 werden die BHKW-Varianten, unter Einbeziehung eines Mieterstrommodells sowie der Kombination mit PV, auf die wirtschaftlichen Auswirkungen in Hinblick auf die mittleren Wärmekosten dargestellt.

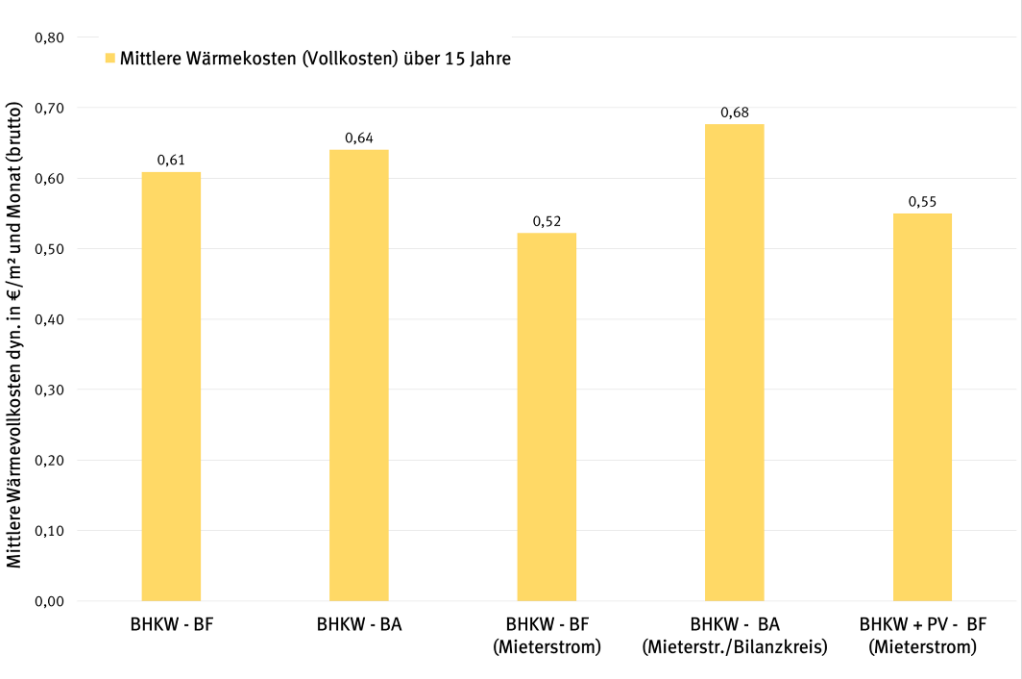

Abbildung 5-12: Mittlere Wärmekosten (Vollkosten) mit und ohne Mieterstrommodell , Blankenburger Süden

Für die Mieterstrommodelle wurde ein Kalkulationszinssatz von 12,5 % angesetzt, um die Renditeanforderung eines Betreibers in die Betrachtung einfließen zu lassen. Dies macht sich besonders bei den Kapitalkosten bemerkbar, die für alle Varianten im Mieterstrommodell erhöht sind. Ebenso sind die sonstigen Kosten gegenüber den Varianten im Eigenbetrieb leicht erhöht, da Servicekosten für den Betreiber anfallen. Die Anschlussquote der Mieter wurde mit 70 % angesetzt.

Der wesentliche Unterschied zeigt sich jedoch bei den Energiekosten. Für die baufeldweise BHKW-Variante lassen sich durch die Mieterstromvermarktung (mit und ohne PV-Anlagen) Überschüsse erwirtschaften. Bei der baufeldweisen-BHKW Variante ohne PV werden die mittleren Wärmevollkosten durch den Mieterstromverkauf subventioniert und sinken von 0,61 €/m² auf 0,52 €/m² je Monat. Der zusätzliche finanzielle Aufwand von PV-Anlagen (Investition, Betrieb) kompensiert die Einnahmen aus dem Mieterstromverkauf, sodass die mittleren Wärme-Vollkosten, gegenüber der baufeldweisen BHKW-Variante mit Mieterstrom, leicht steigen. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass die Eigennutzungsquote aufgrund des größeren Stromangebots leicht sinkt. Bei kompletter Stromabnahme ist kein Anstieg oder sogar eine leichte Minderung zu erwarten. Dargestellt wurde hier die konservativere Annahme.

Die Mieterstromversorgung über einen Bilanzkreis ist aufgrund der Bilanzkreiskosten sowie den zu entrichteten Steuern und Abgaben pro verkaufter kWh Strom

unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten für das betrachtete Gebiet nicht zu empfehlen.

Die wirtschaftlichen Vorteile der Mieterstromvermarktung sowohl für KWK-Strom als auch PV-Strom sind vor allem von den Renditeerwartungen des Betreibers sowie von der Anschlussquote der Mieter abhängig. Eine niedrige Renditeerwartung und eine hohe Anschlussquote würden in der Folge zu einer Reduzierung der Wärmepreise führen und senken die Heizkosten für die Mieter.

5.3.2 Ökologische Bewertung

Die in Kapitel 5.1.3 und 5.2 beschriebenen Varianten der Wärmeversorgung werden hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen, gemäß Abschnitt 3.7, im Folgenden bewertet. Dazu werden die Versorgungsvarianten hinsichtlich des Primärenergiefaktors (PEF) und den absoluten CO_2-Emissionen betrachtet. Eine Übersicht der verwendeten Faktoren (PEF, CO_2) ist in Anhang 10.4 zu finden.

5.3.2.1 Abschätzung der Primärenergiefaktoren

Abbildung 5-13 zeigt die ermittelten PEF der untersuchten Versorgungsvarianten. Für die BHKW Varianten gilt, dass der PEF unabhängig der Stromnutzung (Volleinspeisung/Selbstnutzung via Mietstrom) ist.

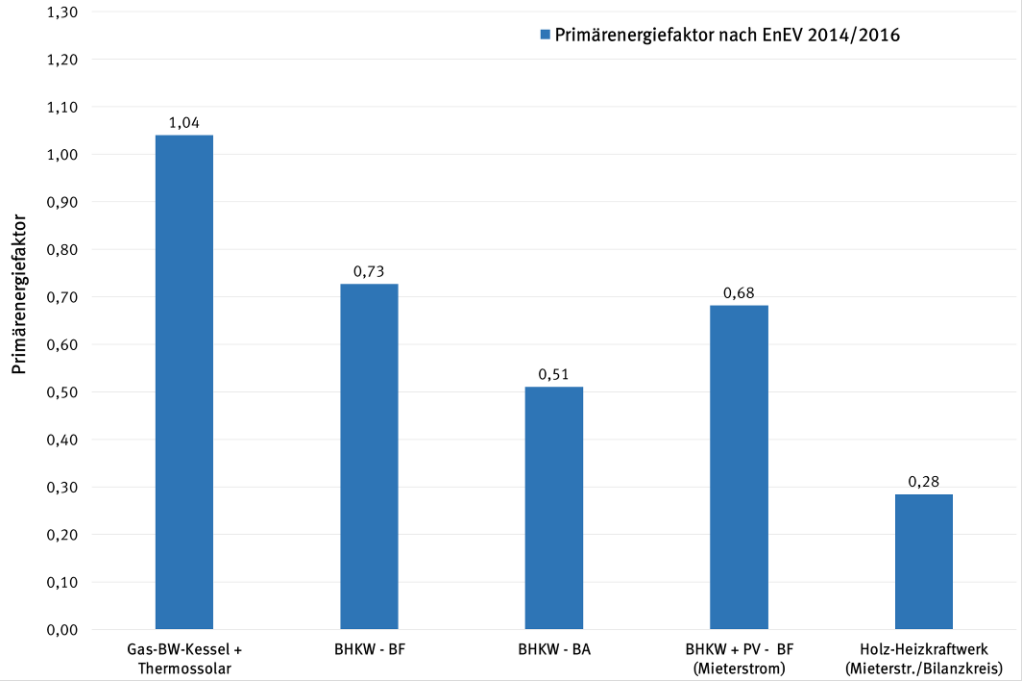

Abbildung 5-13: Primärenergie, Blankenburger Süden

Den niedrigsten PEF weist die Variante Holzheizkraftwerk mit rund 0,3 auf, da hier der größte Anteil an erneuerbaren Energien eingebunden wird sowie der zusätzlich erzeugte Strom in voller Höhe mit dem Verdrängungsfaktor des Strommixes in Abzug gebracht werden kann.

Die bauabschnittsweise BHKW-Variante hat mit ca. 0,5 einen ebenfalls niedrigen PEF vorzuweisen. Gegenüber der baufeldweisen BHKW-Variante erzeugen die BHKW-Module zur bauabschnittsweisen Versorgung deutlich mehr Strom (~ 80 % Strommehrertrag) bei ähnlichem Wärmedeckungsanteil. Im Vergleich zu den anderen bauabschnittsweisen BHKW Varianten der Untersuchungsgebiete Elisabeth-Aue und Ludwig-Quidde Straße ist der PEF hier sehr niedrig, da im Mittel der Wärmebedarf pro Abschnitt höher ist und dadurch größere Anlagenmodule mit höherer Stromkennzahl gewählt wurden. Der höhere mittlere Wärmebedarf der Bauabschnitte kommt beispielsweise, im Vergleich zur Elisabeth-Aue durch den Gebäudebestand sowie einer höheren angenommen WE-Anzahl bei einer Aufteilung des Gebietes in ebenfalls sieben Bauabschnitte zustande.

Eine Auslegung der BHKW der baufeldweisen Versorgungsvariante mit der Zielvorgabe eines niedrigeren PEF von ebenfalls rund 0,5 ist möglich. Dabei würden die Anlagenleistung der BHKW steigen, die Vollbenutzungsstunden sinken und die Wärmekosten leicht steigen. Durch die höhere Anlagenleistung, würde die Stromkennzahl des BHKW steigen und dadurch in Summe mehr Strom erzeugt werden, der mit dem PEF des Verdrängungs-Strommix in Abzug gebracht wird.

Bei der Variante "baufeldweise BHKW + PV" verringert sich der PEF nur unwesentlich, da nach aktueller Methodik der PV-Strom nur in Höhe des Betriebsstromes mit dem PEF des Verdrängungs-Strommixes anrechenbar ist. Die ökologischen Auswirkungen einer PV-Anlage werden durch die CO_2-Emissionen für die gesamte Energieversorgung sichtbar. Die Referenzvariante (Brennwertkessel mit Solarthermie) weist den höchsten PEF mit rund 1,0 auf.

5.3.2.2 Abschätzung der äquivalenten CO_2-Emissionen

Abbildung 5-14 zeigt die CO_2-Emissionen für die Wärmeversorgung sowie für die gesamte Energieversorgung, inklusive Vorkette.

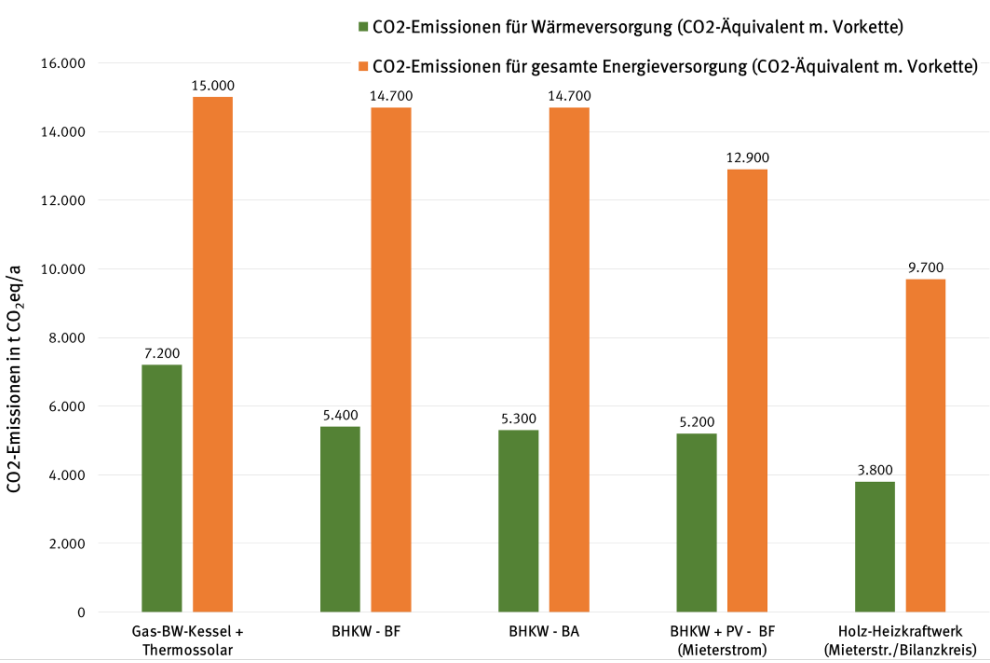

Abbildung 5-14: CO2-Emissionen, Blankenburger Süden

Analog zu den Ergebnissen der PEF der unterschiedlichen Versorgungsvarianten ist die holzbasierte KWK-Variante unter ökologischen Gesichtspunkten am vorteilhaftesten. Es zeigt sich, dass die Referenzvariante (Brennwertkessel mit Solarthermie) die höchsten CO_2-Emissionen, sowohl für die Wärme- als auch die gesamte Energieversorgung, aufweist.

Die positiven ökologischen Auswirkungen einer PV-Anlage werden anhand der Betrachtung der CO_2-Emissionen für die gesamte Energieversorgung sichtbar. Hierbei sinken die Emissionswerte um etwa 15 %. Dabei werden - anders als bei der Berechnung des PEF- die gesamten erzeugten Strommengen nicht mit einem Verdrängungsstrommix, sondern mit dem allgemeinen Strommix verrechnet. Aufgrund des vergleichsweise niedrigen CO_2-Äquivalents des Strommixes im Jahr der angesetzten Inbetriebnahme (2025) (hoher Anteil erneuerbarer Energien), fällt die Reduktion der Stromerzeugung insbesondere durch KWK gering aus.

5.4 Fazit der Variantenuntersuchung – Blankenburger Süden

Bezogen auf die wirtschaftlichen und ökologischen Ergebnisse des Variantenvergleiches in 5.3 ergeben sich folgende Aussagen:

Die wirtschaftlichste Wärmeversorgung stellt die baufeldweise BHKW-Variante optional im Mieterstrommodell dar. Grundsätzlich sind kompakte Zuschnitte mit möglichst vielen WE ohne zu querende öffentlichen Straßenland zu präferieren. Hier ist eine Optimierung der Zuschnitte der Versorgungsgebiete möglich und sollte bei der städtebaulichen Entwicklung berücksichtigt werden. Es wird darauf hingewiesen, dass der empfohlene Zuschnitt auf der aktuell geltenden Förderkulisse von KWK-Anlagen beruht. Ändert sich diese, ist der Zuschnitt ggf. neu zu überdenken.

Die ökologisch günstigste Wärmeversorgung stellt die Variante via Holzheizkraftwerk dar. Die mittleren Wärmevollkosten liegen hierbei etwas niedriger wie die der Referenzvariante (Brennwertkessel mit Solarthermie). Gegenüber der wirtschaftlichsten Variante der baufeldweisen BHKW-Versorgung mit Mieterstrommodell liegen die Wärmevollkosten um etwa 50 % höher.

Zur Reduzierung der abgeschätzten Wärmekosten bietet es sich an, das Versorgungsgebiet eines zentralen Holzheizkraftwerkes z.B. in Richtung Süden (Gewerbegebiet Heinersdorf) zu erweitern. Dadurch würden auf der einen Seiten die spezifischen Anlagenkosten sinken und auf der anderen Seite der Einsatz einer effizienteren KWK-Technologie, mit höhere Stromkennzahl, ermöglicht. Als Konversionstechnologie für die Stromerzeugung aus fester Biomasse kommen bei Leistungen › 2 MW_{el} vorwiegend Dampfturbinen zum Einsatz. Der elektrische Wirkungsgrad von Heizkraftwerken, unter Einsatz des Dampfkraftprozesses mit Turbine, kann durchaus 30 % erreichen. Gegenüber dem angesetzten ORC-Prozess entspricht dies etwa einer Verdoppelung des elektrischen Wirkungsgrades.
Der Betrieb von gebäudeweisen PV-Anlagen stellt sich als grundsätzlich ökologisch sinnvoll heraus. Mit der Erzeugung regenerativen Stromes geht eine deutliche Reduzierung der CO_2-Emissionen bezogen auf die Gesamtenergieversorgung einher. Wirtschaftlich attraktiv stellt sich die Mieterstromvermarktung des PV-Stromes, insbesondere aus Sicht des Mieters dar.
Eine stärkere Erschließung des Quartiers hinsichtlich Elektromobilität trüge zu

einer erhöhten Eigennutzung des PV-Stromes bei, was wiederum die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlagen erhöhen würde.
Aufgrund des begrenzten Dachflächenangebotes ist eine Entscheidung hinsichtlich der Regenwasserbewirtschaftung zu treffen. Grundsätzlich gilt: PV-Dachanlagen und Gründächer schließen sich nicht kategorisch aus. Es ist aber mit Mehrkosten für die Aufständerung zu rechnen. Eine Regenwasserbewirtschaftung auf Flachdächern ist auch ohne Gründächer, bspw. durch Kiesdächer, möglich. Weitere Informationen hierzu sind in Kapitel 8.3 enthalten.
Bei einem Flächenkonflikt zwischen dem Einsatz einer Solarthermie- oder PV-Anlage ist bei derzeitigen Bedingungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine PV-Anlage mit hohem Eigenverbrauchsanteil (› 50 %) einer Solarthermieanlage vorzuziehen.

Mieterstromangebote ermöglichen für die Mieter bessere Strombezugskonditionen gegenüber vielen alternativen Anbietern, insbesondere gegenüber dem Grundversorgungstarif, da der vor Ort erzeugte Strom zumeist günstiger erzeugt werden kann. Zusätzlich werden i. d. R. bei KWK-basierenden Versorgungssystemen die Wärmekosten durch den Erlös aus dem Stromverkauf subventioniert.

Wie in Kapitel 4.4 für das Untersuchungsgebiet Elisabeth-Aue dargestellt senkt ein erhöhter Baustandard den Energiebedarf und ist daher aus ökologischer Sicht sinnvoll. Der KfW-EH-40-Plus-Standard ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten noch nicht sinnvoll. Der energetische Nutzen der zusätzlichen Komponenten, kann deren Mehrinvestitionen abzüglich der höheren Fördersummen nicht komplett kompensieren. Ein erhöhter Baustandard, KfW-EH-40 statt KfW-EH-55-Standard, führt langfristig jedoch zu mittleren Wärmevollkosten in ähnlicher Größenordnung. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus dem Vergleich verschiedener Baustandards für das Gebiet Elisabeth-Aue ist auch auf das Untersuchungsgebiet Blankenburger Süden übertragbar.

Als Zielvorgabe hinsichtlich einer anzustrebenden Miethöhe sollte nicht die Nettokaltmiete sondern die Warmmiete als Maßstab gelten. Dadurch könnten die kompletten Wärmevollkosten mitberücksichtigt und verschiedene Versorgungsvarianten aus Gesamtmietkostensicht neutral bewertet werden.
Berlin setzt sich auf Länderebene ein, energetisch optimierte Baustandards bei der Bemessung des Wohngelds in Form eines Zuschusses zu berücksichtigen. Das Land sollte dies als Vorreiter in seinen Ausführungsvorschriften berücksichtigen.
Bei der Konkretisierung der Energieplanung des gesamten Untersuchungsgebietes bzw. einzelner Teilbereiche sollte die zukünftige Nutzung der Bestandsgebäude nördlich des Blankenburger Pflasterweges bekannt sein. Dann können die energetischen Anforderungen der Bestandsgebäude an ein übergeordnetes Energieversorgungsystem genauer definiert werden und Rückschlüsse für die weitere Energieplanung gezogen werden.

7 Innovationen

Im folgenden Kapitel werden zusätzlich innovative Energieversorgungssysteme dargestellt und bewertet. Insbesondere im Hinblick auf eine Entwicklung der Quartiere ab 2025, ist es wichtig innovative Ansätze zu diskutieren, um diese unter veränderten Rahmenbedingungen, berücksichtigen und neu bewerten zu können.

Grundsätzlich stehen aktuell viele Fördermöglichkeiten für innovative und kostenintensive Energietechnik zur Verfügung, welche die Nutzung von Technologien wirtschaftlich attraktiver machen bzw. an oder über die Grenze zur Wirtschaftlichkeit heben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Förderungen in dem Maße sinken werden, wie durch Standardisierung z. B. in Serienfertigung oder Skaleneffekte die Kosten für die Technologien fallen.

7.1 Energiespeicher

Speicher arbeiten im Prinzip immer nach demselben Prinzip: zu Zeiten geringer Nachfrage und höherem Angebot wird ein Speichermedium beladen und bei Bedarf wieder entladen, mit dem Ziel den Bedarf und die Nachfrage zu entkoppeln.

Neben der physikalischen Arbeitsweise unterscheiden sich Speicher zudem im Be- und Entladezyklus– so können Speicher über kurze Zeit z.B. Stunden-, tageweise oder über lange Zeit also z.B. saisonal betrieben werden.

Kurzzeitspeicher werden dabei in der Regel kleiner dimensioniert als Langzeitarbeitsspeicher und unterscheiden sich daher stark in den Investitionskosten und im Platzbedarf. Dieser hängt vor allem von der Energiedichte des Speichers ab.

7.1.1 Wärmespeicher

Im Wärmebereich kommen meist Speicher zum Einsatz, die stunden-, tageweise oder saisonal betrieben werden. Unterschieden wird zwischen der sensiblen, der latenten und der thermochemischen Speicherung.

Die Speicherung von Wärme über sensible Wärmespeicher ist momentan die einfachste und gängigste Methode. Im Prinzip wird ein Arbeitsmedium mit möglichst hoher Wärmekapazität – meist Wasser -erwärmt und in einem gedämmten Puffer gelagert. Dabei kann z.B. die Abwärme von BHKW oder, zur Entlastung der Netzinfrastruktur, die Power-to-Heat-Technologie genutzt werden.

Grundsätzlich gilt: je mehr Energie pro Kubikmeter gespeichert werden kann, desto kleiner kann eine Anlage dimensioniert werden. Mit Wasser als Speichermedium sind oft relevante Platzbedarfe notwendig.

Eine höhere Speicherdichte lässt sich mit der latenten Wärmespeicherung erreichen. Dabei kommen phasenwechselnde Arbeitsmedien (PCM) zum Einsatz. Der Phasenwechsel, also die Änderung des Aggregatzustandes eines Stoffes, geht stets mit einer Zu- oder Abfuhr von Energie einher, sodass der Phasenwechsel also z.B. das Verdampfen und Kondensieren oder das Schmelzen und Erstarren als Speicher genutzt werden kann. Für die Regelung von Raumtemperatur werden oft Paraffine verwendet. Noch kommen Latentwärmespeicher in Raumheizsyste-

men kaum zur Anwendung, jedoch gibt es erste Produkte die in Serie produziert werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht, Wärme thermochemisch zu speichern. Thermochemische Speicher bieten die Möglichkeit, Wärme über einen sehr langen Zeitraum mit sehr geringem Platzbedarf zu speichern. Aktuell wird jedoch die Anwendung von thermochemischen Speichern für Gebäude eher skeptisch gesehen. Auf Grund der sehr hohen Kosten und der geringen Zyklenanzahl ist die Technologie noch nicht marktreif.

7.1.2 Stromspeicher

Strom kann mittels Akkumulatoren gespeichert werden. Am häufigsten werden, aufgrund fallender Kosten Lithium-Ionen-Batterien, verwendet. Abbildung 7-1 zeigt die Ergebnisse einer McKinsey Studie zur Entwicklung von Batteriespeicherkosten. Aktuell liegt beispielhaft der Systempreis für den Tesla Powerwall 2 bei etwa 520 €/kWh. Bis 2024 soll der Preis für den Batteriespeicher um über die Hälfte auf etwa 200 €/kWh fallen.

Derzeit etwas günstiger, jedoch mit geringerer Energiedichte sind Bleiakkumulatoren. Bei anhaltender Entwicklung werden Bleiakkumulatoren allerdings zukünftig aus dem Markt gedrängt. Aktuell werden Batteriespeicher hauptsächlich zur Netzstabilisierung eingesetzt. Dabei werden die Akkumulatoren bei Leistungsspitzen beladen und das Netz entlastet. Der Einsatz von Stromspeichern in Gebäuden oder kleinen Versorgungsgebieten ist aktuell trotz vorhandener Fördermöglichkeiten wirtschaftlich nicht attraktiv.

Dies wird sich mit weiter fallenden Kosten bei der Stromgestehung aus EE und bei den Speichern ändern. Die Stromspeicherung bietet dabei vielfältige Einsatzmöglichkeiten, mit Hinblick auf die Sektorenkopplung Mobilität und Strom. Mit dem fortschreitendem Ausbau von Elektromobilität ermöglichen Stromspeicher die Möglichkeit Be- und Entladezyklen nutzungsorientiert zu entkoppeln. Bei einer Konkretisierung der Entwicklung der zukünftigen Quartiere und der Erstellung von Mobilitätskonzepten sollten aktuelle Stromspeicher und deren Einsatz neu geprüft werden.

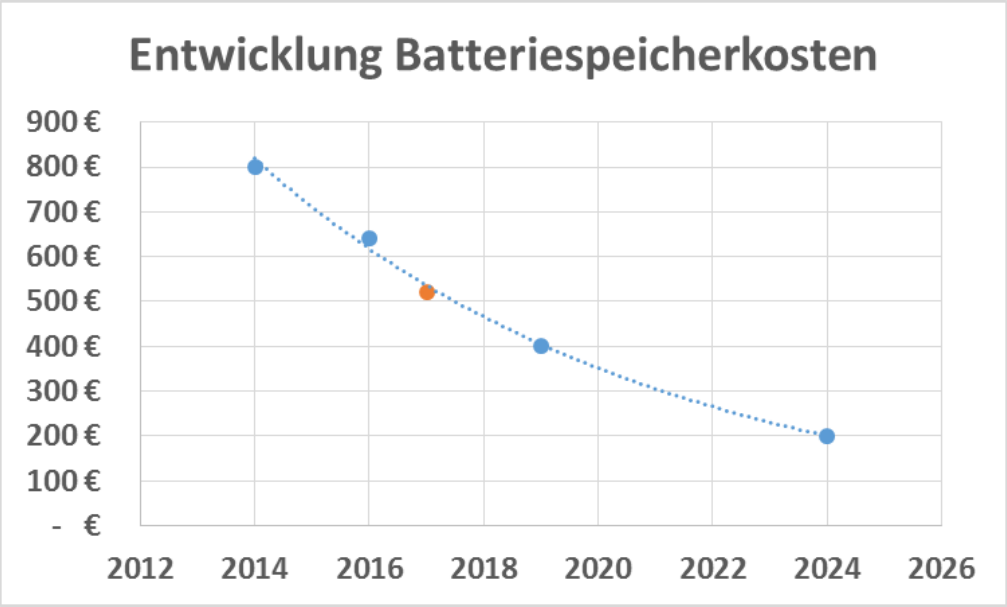

Abbildung 7-1: Entwicklung Batteriespeicherkosten

7.2 Power-to-Heat

Power-to-Heat (PtH) bezeichnet hier die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme in ein Versorgungssystem, das Wärme entweder aus Strom oder anderen Energiequellen, also bivalent, erzeugen kann.

Die Grundidee der PtH-Technologie ist in Abbildung 7-2 dargestellt. Da der Ausbau des Stromnetzes derzeit nicht mit dem der Erneuerbaren Energien Schritt halten kann, bietet diese Technologie eine Möglichkeit, vermehrt auftretenden regenerativen Überschussstrom, welcher ansonsten aus Gründen der Netzstabilität abgeregelt werden müsste, für den Wärmesektor zu gewinnen. Neben dem volkswirtschaftlichen Nutzen – der Strom steht zu Grenzkosten von null zur Verfügung – kann PtH fossile Brennstoffe substituieren und damit die Erreichung der nationalen klimapolitischen Zielsetzungen durch einen gesteigerten Anteil Erneuerbaren Energien im Wärmebereich unterstützen.

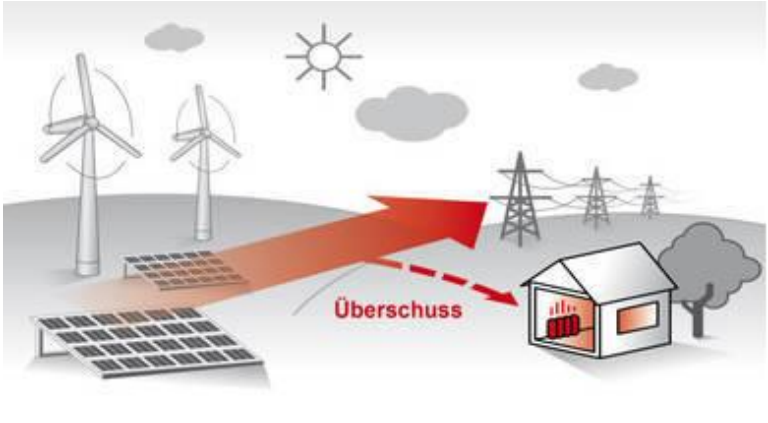

Abbildung 7-2: Grundprinzip des Einsatzes von Power-to-Heat
Quelle: Glen Dimplex)

Die Einbindung von PtH in Wärmeversorgungssysteme gestaltet sich im Allgemeinen problemfrei, da es sich um eine relativ unkomplizierte und zumindest im kleineren Leistungsbereich erprobte Technologie handelt, die aufgrund geringer Investitionskosten auch bei einer Laufzeit weniger Stunden im Jahr wirtschaftlich arbeiten kann. Ein Einsatz bietet sich insbesondere in Wärmenetzen an, deren Wärme hauptsächlich aus fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Durch die Integration von z.B. Elektrodenkessel - diese können als zuschaltbare Lasten bis in den Megawatt (MW)-Bereich konzipiert werden - kann in Zeiten von Stromüberschüssen der Verbrauch von fossilen Energieträgern reduziert werden. Sowohl durch den zumeist in PtH-Anlagen integrierten thermischen Speicher als auch die Speicherfähigkeit von größeren Wärmenetzen kann die Wärmeproduktion vom -bedarf weitestgehend entkoppelt werden.

Zurzeit befindet sich PtH in Deutschland jedoch trotz der vergleichsweise niedrigen Investitionskosten noch kaum in Anwendung. Grund hierfür ist vor allem, dass ein Verkauf von abgeregeltem Strom aus dem Einspeisemanagement nicht vorgesehen und eine Nutzung auch negativer Strompreise an der Strombörse, aufgrund der bleibenden Belastung durch Umlagen und Steuern, i.d.R. wirtschaftlich nicht attraktiv bzw. tragfähig ist. Zudem sind zukünftige Erlöse im heutigen primären Anwendungsfall für PtH, dem Einsatz im Regelleistungsmarkt (Strom), unsicher, da bei zu erwartender Marktsättigung mit sinkenden Preisen zu rechnen ist.

Auch wenn der Einsatz von PtH zum jetzigen Zeitpunkt noch durch wesentliche Hindernisse gekennzeichnet ist, ist sie dennoch auf dem Vormarsch. Daher sollte die Technologie als Option bei der Konkretisierung der Energiegrundkonzepte bzw. bei der Realisierung der Neubauquartiere betrachtet und die bestimmenden Rahmenbedingungen einer erneuten Prüfung unterzogen werden.

7.3 Solarwege

Seit einigen Jahren werden horizontal verlegbare, der Dauerbelastung des Straßenverkehrs wiederstehende Bauelemente mit integrierten Photovoltaik-Modulen entwickelt. Erste Pilotprojekte für Radwege sowie Straßen wurden bereits in den Niederlanden und Frankreich umgesetzt. Auch in Deutschland wird an Solar-Straßenbelag geforscht (s. http://www.solmove.com/de/news/). Das erste Pilotprojekt in Deutschland ist für 2018 geplant (s. Abbildung). Für die Gemeinde Erlstadt bei Köln sollen Module des Unternehmens SOLMOVE-250 m² eines Radwegs bedecken und Strom erzeugen.

Abbildung 7-3: Geplanter Solar-Radweg bei Erlstadt (Quelle: SOLMOVE)

Für eine breite Anwendung der Technologie bedarf es neben der Reduktion der hohen spezifischen Investitionskosten jedoch vor allem noch Verbesserungen der Materialeigenschaften. Die Bauelemente müssen zum einen der mechanischen Dauerbelastung des Verkehrs wiederstehen und zum anderen ein ähnliches Oberflächenverhalten bezüglich Griffigkeit und Polierresistenz wie bisher verwendete Materialien aufweisen. Aber auch die Selbstreinigungsfähigkeit sowie die Abführung von Wasser sind von großer Bedeutung für die Umsetzbarkeit von Solarwegen.

Da die Anforderungen an Solarwege im Bereich Fuß- und Radverkehr geringer sind als an Straßen, können entsprechende PV-Lösungen in den kommenden Jahren mit Sicherheit in die Planung von Energiekonzepten mit einbezogen werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die horizontalen Lage der Module und die damit einhergehenden fehlenden Ausrichtung nach der Sonne sowie die erhöhte Verschmutzung in einem geringeren Ertrag gegenüber herkömmlichen Photovoltaikanlagen resultiert. Hinzu kommt, dass der Verschattung nicht nur im Rahmen der Gebäudebebauung sondern auch der Landschaftsgestaltung über den gesamten Nutzungszeitraum eine besondere Aufmerksamkeit gelten muss. Die Verschattung eines kleinen Teils der Modulfläche führt bereits aufgrund der Reihenverschaltung der einzelnen enthaltenen Solarzellen zu einer überproportionalen Reduktion der Gesamtleistung des Moduls.

Die Erträge bewegen sich aktuell zwischen 20-40 kWh/m² gegenüber rund 80-100 kWh/m² bei einer Anordnung auf Dachflächen in Ost-West-Ausrichtung

7.4 Kleinwindkraftanlagen

Im Baugebiet selbst könnten sogenannten Kleinwindkraftanlagen[17] zum Einsatz kommen. Diese dürfen bis zu einer Nabenhöhe von 20 m genehmigungsfrei auf Masten oder gebäudeintegriert errichtet werden. In Berlin sind technische Aufbauten auf Gebäuden prinzipiell zulässig.

Im Vorfeld einer Machbarkeitsuntersuchung ist grundsätzlich eine Windmessung über mindestens ein Jahr zwingend erforderlich, da standortbezogen die Windverhältnisse und Gebäudeumströmung sehr unterschiedlich sind. In einem Siedlungsgebiet bzw. einer Parklandschaft mit Baumbestand ist die sogenannte Oberflächenrauhigkeit vergleichsweise hoch und es sind daher auf 20 m Nabenhöhe nur geringe durchschnittliche Windgeschwindigkeiten zu erwarten.

Für die städtebauliche und architektonische Einbindung sind u.a. zu beachten:

- Immissionen durch Schall, Schwingungen und Schattenwurf (Stroboskopeffekt)
- Festigkeit und Sturmsicherung der Turbine
- Tragfähigkeit bei Gebäudeintegration

Nach derzeitigem Stand verursachen Kleinwindkraftanlagen bis zwanzig Meter Nabenhöhe spezifische Kosten von ca. 5.000 bis 7.000 €/kW. Auch eine bevor-

[17] Keine eindeutige Definition. In der Regel werden hiermit Anlagen kleiner 100 kW elektrischer Leistung zusammengefasst.

zugte Behandlung dieser Anlagen bei der Einspeisevergütung im Rahmen des EEG genügt nicht, diesen wirtschaftlichen Nachteil zu kompensieren. Im Vergleich besitzen große Windkraftanlagen an Land (Nabenhöhe › 140 m, 3 - 4 MW) spezifische Kosten von ca. 1.200€/kW.[18]

Eine jüngst in einem Pilotprojekt in Berlin umgesetzte innovative Variante der Kleinwindkraftanlagen mit Namen WindRail® nutzt die Aufwinde an Gebäudefassaden. Relevante Aufwinde sind jedoch erst bei höheren Gebäuden mit mindestens 7 Stockwerken zu erwarten, was für die Untersuchungsgebiete i. d. R. nicht zutrifft.

Aus wirtschaftlichen Erwägungen kann eine weitere Auseinandersetzung mit Kleinwindkraftanlagen nicht empfohlen werden.

[18] 2015; Deutsche WindGuard; Kostensituation der Windenergieanlagen an Land in Deutschland - Update

7.5 Elektromobilität

Großer Vorteil von Elektrofahrzeugen ist die Möglichkeit sich nahezu emissionsfrei fortzubewegen, sofern der verwendete Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Die Bedeutung von Elektromobilität wird mit dem zunehmenden Ausbau von Ladeinfrastrukturen und fallenden Kosten für E-Autos weiter an Bedeutung gewinnen.

Für die jeweiligen Versorgungsvarianten wurde angenommen, dass 10 % der Wohneinheiten im Versorgungsgebiet je ein E-Fahrzeug nutzen. Jedes E-Fahrzeug wird etwa 10.000 km pro Jahr gefahren. Der Strombedarf pro km beträgt 0,20 kWh/km. Daraus resultiert ein jährlicher Strombedarf von 200 kWh pro Wohneinheit.

Für eine Ladeinfrastruktur stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Privat können Mieter in der eigenen Garage bzw. auf dem eigenen Stellplatz Ladestationen zur Verfügung gestellt werden. Unter der Beteiligung von Infrastrukturpartnern können z.B. Kundenparkplätze im halböffentlichen Raum angedacht werden. Letztlich ist es auch möglich eine Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum bereitzustellen. Die genannten Optionen unterscheiden sich neben dem Nutzungsverhalten zudem in rechtlichen und wirtschaftlichen Herausforderungen und müssen bei einer Konzeptionierung mit berücksichtigt werden.

Technisch muss das Stromnetz auf die zusätzliche Belastung ausgelegt werden. Öffentlich zugängliche AC-Ladestationen bieten in der Regel eine Leistung von 22 kW_{el}. Eine weitaus höhere Leistung und damit weitaus kürzere Ladezeiten bieten moderne Schnellladesysteme mit etwa 150 kW_{el}. Vieles spricht für einen zukünftigen Schnellladestandard oder auch das Vorhandensein beider Optionen. Entsprechend muss das Stromnetz je nach Anforderungsprofil dimensioniert werden. Letztlich ist dies jedoch mit Bestandsnetzen verbunden und hat erhebliche Auswirkungen darauf. Das vorgelagerte Netz muss also stets mit untersucht werden.

Aktuell ist im Bereich der Elektromobilität vieles in Bewegung. Unterschiedliche Konzepte hinsichtlich Ladesysteme sowie Abrechnung sind in der Erprobung. Netzbetreiber und Stromanbieter sind intensiv intern sowie mit Anbietern, Interessenten sowie politischen Entscheidern im Diskurs. In den kommenden fünf bis zehn Jahren werden sich in dem Bereich Entwicklungen und Standards herausbilden, welche in der weiteren Entwicklung der Quartiere mit zu berücksichtigen sind.

8 Sonderthemen

In folgendem Kapitel werden Sonderthemen behandelt, die Einfluss auf die energetischen Rahmenbedingungen von Neubauquartieren in Berlin besitzen.

8.1 Berliner Energiewendegesetz

Im Berliner Energiewendegesetz (EWG Bln) ist das Ziel festgeschrieben, die Gesamtsumme der Kohlenstoffdioxidemissionen im Land Berlin bis zum Jahr 2020 um 40 %, bis 2030 um mindestens 60 % und bis 2050 um mindestens 85 % im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu reduzieren.

8.2 Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm

Das Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm 2030 (BEK 2030), welches sich zurzeit noch im Entwurfsstadium (Beschluss Senat vom 20.06.2017, Beschluss Abgeordnetenhaus steht noch aus) befindet, enthält dafür konkrete Strategien. Ein Handlungsfeld stellt dabei der Bereich Gebäude und Stadtentwicklung dar. Mithilfe eines Maßnahmenmixes zur Erhöhung der Sanierungsraten und –tiefen, der Verbesserung von Anlagentechnik und der verstärkten Umsetzung von ambitionierten Neubau- und Sanierungsstandards soll bis 2050

- der spezifische jährliche Endenergieverbrauch unter Einbezug erneuerbarer Energieträger über alle Gebäudeklassen hinweg auf 77 kWh/m² bzw. 67 kWh/m²[19] (Stand 2012: 207 kWh/m² a)
- und die jährlichen CO2-Emissionen auf 7 kg CO2/m² NGF * a (Stand 2017: 50 kg CO2/m² a) gesenkt werden.

Mit Blick auf die vorgeschriebenen maximalen Endenergiebedarfe für Raumwärme und Trinkwarmwasser im Rahmen der KfW-EH-Standards, siehe Tabelle 1, die den Berechnungen dieses vorliegenden Energiekonzeptes zugrunde liegen, werden die jährlichen Endenergieverbrauchsziele mit dem

- KfW-EH-55-Standard (max. 55 kWh/m²a) und dem
- KfW-EH-40-(Plus)-Standard (max. 45 kWh/m²a)

bereits heute im Neubau erreicht. Jedoch ist zu beachten, dass die Zielwerte als Vorgabe sowohl für den Gebäudebestand als auch für Neubau gelten, sodass letzterer den Bestand teilweise zu kompensieren hat.

Abbildung 8-1 zeigt am Beispiel der untersuchten Versorgungskonzepte für das Gebiet Elisabeth-Aue, dass die Vorgaben für spezifische CO_2-Emissionen mit dem heutigen Stand der Technik unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten im KfW-EH-55-Standard kaum zu erreichen sind. Im KfW-EH-40-Standard hingegen wird die Vorgabe der CO_2-Emmissionen überwiegend unterschritten.

[19] Gilt ohne Einberechnung von Solarthermie und Umweltwärme, aber unter Einberechnung der Nutzung von Biomasse und ohne Anrechnung von selbstgenutztem PV-Strom

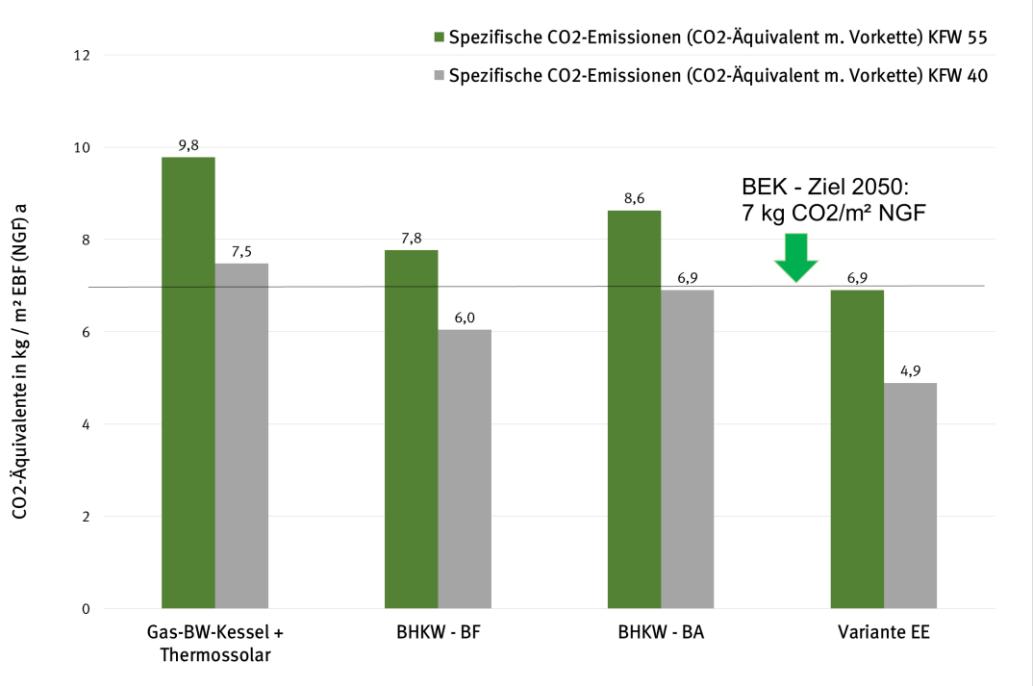

Abbildung 8-1: Spezifische CO2-Emissionen für Wärmeversorgung nach dem BEK - Beispiel KfW55-EH - Elisabeth-Aue

Für die Erreichung der Klimaziele in Berlin sind, bezogen auf Neubauprojekte, ein hoher energetischer Baustandard in Kombination mit energieeffizienten Versorgungslösungen zu empfehlen.

8.3 Regenwasserbewirtschaftung versus Solarenergienutzung

In der Regenwasserbewirtschaftung werden gezielt Maßnahmen umgesetzt, um anfallendes Niederschlagswasser abzuführen, dieses dabei aber möglichst gleichzeitig auch zu bewirtschaften.

Eine wirkungsvolle Maßnahme stellt insbesondere im städtischen Bereich die Begrünung von Gebäudedächern dar. Hierdurch kann die Regenwasserrückhaltung und die damit verbundene Verdunstung wesentlich erhöht werden. Die Art der Begrünung wird grundsätzlich nach Aufbau und Bewuchs in extensiv (Dünnschichtaufbau mit Substrat und einer trockenheitsverträglichen Vegetation) und intensiv (vollwertiger Bodenaufbau bis hin zu einer möglichen Baumbepflanzung) unterschieden.

Die Kombination von Dachbegrünung und Solarenergienutzung schließt sich grundsätzlich nicht aus. Dachbegrünung kann sogar positive Auswirkungen auf den Einsatz von Solaranlagen haben. Während auf konventionellen Flachdächern hohe Temperaturen dazu führen, dass Solaranlagen nicht mehr in optimalen Betriebsbereichen arbeiten können, führen die wesentlich niedrigeren Temperaturen auf bepflanzten Flachdächern stattdessen zu einer Leistungssteigerung. Dieser Kühleffekt kann zu einem Mehrertrag von bis zu 4% beitragen, deckt jedoch nicht die Mehrkosten für die notwendige Aufständerung von PV-Anlagen auf Gründä-

chern von ca. 30% ab. Eine Abgrenzung zwischen Anlagen- und Gründachfläche kann daher wirtschaftlich sinnvoll sein.

Abbildung 8-2 zeigt eine PV-Anlage, auf einem Dach mit extensiver Dachbegrünung, ohne erhöhte Unterkonstruktion. Wie dargestellt ist der Bewuchs an den unteren Modulkanten besonders groß, da Regenwasser sowie Nährstoffe von der gesamten Modulfläche zentriert auf die Fläche unterhalb der Module gelangen. Hierbei entstehen deutliche Ertragseinbußen hinsichtlich der PV-Stromerzeugung.

Abbildung 8-2: PV-Anlage auf extensiv begrüntem Dach (Quelle: BEA)

Die Trennung zwischen Grünflächen und Kiesflächen für PV-Anlagen, wie sie in Abbildung 8-3 abgebildet ist, kann ein möglicher Kompromiss zwischen einem begrünten Dach und einer effizienten PV-Stromerzeugung sein. Verschattungsproblematiken würde bei dieser Dachvariante deutlich minimiert werden.

Abbildung 8-3: Dachflächentrennung zwischen Grün- und Kiesflächen (Quelle: BEA)

In Verbindung mit einer Intensivbegrünung ist der Einsatz von Solarthermie-Anlagen dem von Photovoltaik vorzuziehen. Während die Verschattung (bspw. durch Pflanzen) eines kleinen Teils der Modulfläche einer PV-Anlage aufgrund der Reihenverschaltung der einzelnen Solarzellen bereits zu einer überproportionalen

Um nicht schon zu Beginn der Planungsphase bestimmte energetischer Versorgungsmodelle auszuschließen, sollte die Entwicklung von Zuschnitten für Neubaugebiete unter der Prämisse erfolgen, zusammenhängende Gebiete mit möglichste vielen WE und einer heterogenen Nutzungsstruktur ohne eine Durchtrennung durch öffentliche Straßen zu bilden. Hierbei sind aber auch die anderen auf das Plangebiet gestellten Anforderungen wie. z.B. Verkehrsführung, Freiraumnutzung oder Bebauungsstruktur mit zu berücksichtigen und gegeneinander abzuwägen.

Als Richtwert für eine wirtschaftlich sinnvolle BHKW-Versorgungslösung, gilt eine Mindestanzahl an versorgten Wohnungen bei Neubau von rund 100 WE und bei Bestandsgebäude von etwa 40 WE. Durch eine größere Anzahl von angeschlossenen Wohneinheiten lassen sich deutliche Skaleneffekte erschließen.

8.5 Vergleich von Wärmeversorgungsarten

8.5.1 Versorgung zusammenhängende Gebäude versus gebäudeweise

Grundsätzlich kann die Wärmeversorgung für Gebäude dezentral pro Gebäude (eine Wohnungsweise Versorgung wird im Rahmen des Projekts nicht untersucht) oder aus einer zentralen Wärmeerzeugung leitungsgebunden umgesetzt werden.

Bei der Versorgung zusammenhängender Gebäude aus einer gemeinsamen Heizzentrale ist der entscheidende Vorteil die enorme Kostenersparnis, da nur eine zentrale Wärmeübergabe oder –erzeugung sowie eine Übergabestation aus dem öffentlichen Netz geschaffen werden muss. Eine gemeinsame Versorgung bietet sich an, wenn die zusammenhängenden Gebäude die gleiche Nutzungsstruktur aufweisen und demselben Eigentümer gehören.

Demgegenüber ist der Vorteil einer gebäudeweisen Versorgung, dass die Gebäude separat regelbar sind und messtechnisch abgegrenzt werden können. Zusätzlich verringern sich die Rohrleitungskosten und -verluste aufgrund kürzerer Installationswege. Hierbei ist aber der erhöhte Raumbedarf für mehrere Heizzentralen zu berücksichtigen.

Als Mischform bietet sich bei kleinen Gruppen bis zu drei Gebäuden an, aus der Heizzentrale optional verschiedene separat regelbare und messtechnisch abgrenzbare Heizkreise zu installieren. Dies führt zu etwas höheren Kosten im Rohrbau und Regelungstechnik sowie zu höheren Leistungsverlusten.

Abbildung 8-5 zeigt die Gegenüberstellung der mittleren Wärmevollkosten für die Versorgung von zusammenhängenden Gebäuden und gebäudeweisen Versorgung, am Beispiel der baufeldweisen BHKW-Varianten für Elisabeth-Aue.

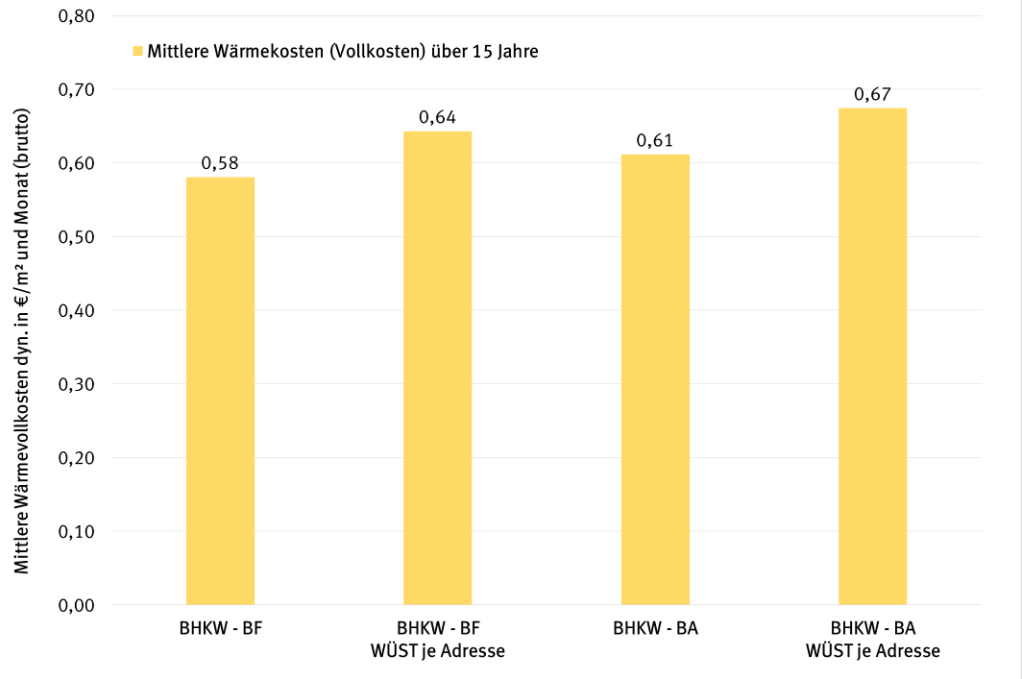

Abbildung 8-5: Mittlere Wärmevollkosten für Versorgung von zusammenhängenden Gebäuden und gebäudeweisen Versorgung, Elisabeth-Aue

Unter den getroffenen Annahmen, dass sich die Anzahl der Wärmeübergabestationen (WÜST) etwa verdoppeln sowie gleichzeitig sich der Flächenbedarf und Kosten je WÜST um 25 % reduzieren, steigen die Wärmevollkosten um rund 0,06 €/m² und Monat bzw. ca. 10 %. Dieser Wert ist als absoluter Anhaltspunkt zu verstehen.

8.5.2 Trassenverlegung im Gebäude versus Erdreichverlegung

Die Nahwärmenetze für die baufeld- oder bauabschnittsweise Versorgung durch zentrale Heizzentralen können entweder grundsätzlich im Erdreich oder wo es möglich ist in den Gebäuden erfolgen.

Insbesondere bei längeren Häuserblocks bietet die Trassenverlegung bis zur nächsten WÜST (je zusammenhängenden Gebäude oder gebäudeweise, siehe 8.5.1) innerhalb der Gebäude Kostenvorteile. Erdarbeiten für die Trassenverlegung sind somit nur zwischen einzelnstehenden Gebäudekomplexen notwendig. Eine Trassenverlegung im Gebäude bietet sich besonders dann an, wenn die durchlaufenden Gebäude demselben Eigentümer gehören. Notwendig ist das Vorhandensein eines Installationswegs. Dies kann im Keller oder unterhalb der Decke des Erdgeschosses sein.

Abbildung 8-6 zeigt die Gegenüberstellung der mittleren Wärmevollkosten für eine Trassenverlegung im Gebäude und im Erdreich, am Beispiel der baufeldweisen BHKW-Variante für das Gebiet Elisabeth-Aue.

Abbildung 8-6: Mittlere Wärmevollkosten für eine Trassenverlegung im Gebäude und im Erdreich, Elisabeth-Aue

Unter der getroffenen Annahme, dass sich die Kosten bei einer reinen Erdverlegung um 50 % erhöhen, steigen die mittleren Wärmevollkosten kaum. Selbst bei einer angenommenen Verdoppelung der Trassenkosten sind keine spürbaren Effekte zu erkennen.

Die geringe Auswirkung einer Verteuerung der Trassenkosten liegt an der langen Lebensdauern von Wärmenetzen, die nach der VDI 2067 mit 40 Jahren angesetzt wurde. Dadurch verfügen die Nahwärmenetze über einen entsprechend hohen Restwert und gehen mit verringerten Annuitäten in die Berechnung der Gesamtkosten ein.

9 Städtebauliche Einflussmöglichkeiten - Energieeffizienz

Für Kommunen ist das Baugesetzbuch die wichtigste Rechtsquelle für den Städtebau. Bereits in Paragraph 1 werden die zahlreichen zu berücksichtigende Belange, wie sie in Abbildung 9-1 dargestellt sind, in der Bauleitplanung aufgeführt. Neben vielen Aspekten wie der Deckung der Wohnbedürfnisse der Bevölkerung, Entwicklung von Stadtgebieten u. v. m., sind auch die Belange des Umweltschutzes und darunter die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie zu beachten. Hierbei ist anzumerken, dass der Belang Klimaschutz nur eines mehrerer zu berücksichtigen Themen ist. Bei einem Interessenskonflikt mehrerer Belange, gilt es zwischen diesen abzuwägen, um aus gesamtstädtischer Sicht Entscheidungen treffen zu können.

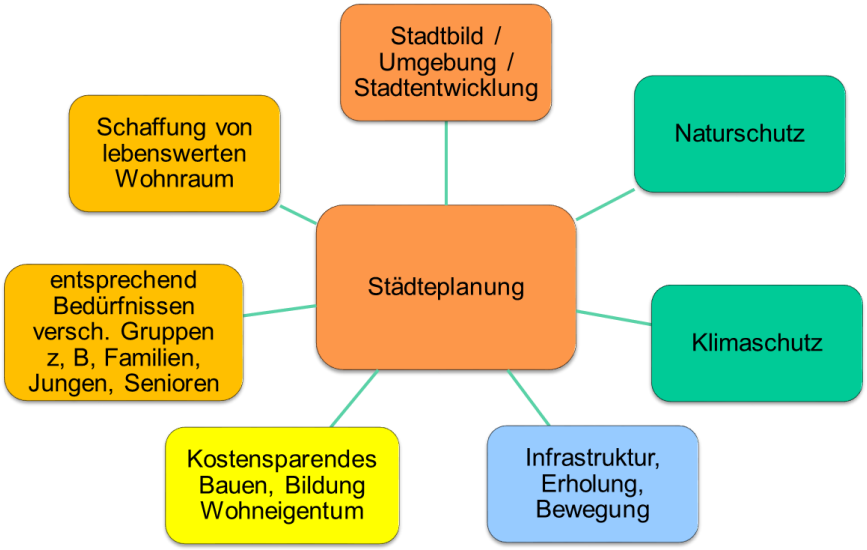

Abbildung 9-1: Belange gemäß § 1 Abs. 6 Baugesetzbuch (beispielhaft)

In den folgenden Kapiteln sind verschiedene städtebauliche Einflussmöglichkeiten, hinsichtlich einer unter energetischen Gesichtspunkten zu empfehlenden Gebiets- und Gebäudeentwicklung sowie Kennwerte zur Bewertung und rechtlichen Sicherung dieser beschrieben.

9.1 Stadtplanerische Einflussmöglichkeiten

9.1.1 Ansätze auf Gebietsebene

Die Abbildung 9-2 zeigt Ansätze zur Reduzierung des Energieverbrauchs durch Vorgaben bei der Entwicklung neuer Bauflächen.

Abbildung 9-2: Stadtplanerische Einflussgrößen auf Energieverbrauch - Gebietsebene (eigene Darstellung)

Neben zu berücksichtigenden lokalklimatischen Bedingungen bei der Gebietsauswahl sind besonders eine hohe städtebauliche Kompaktheit und Durchmischung vorteilhaft.

Erstere verringert den Heizenergiebedarf (Großstadt: minus 10%–15%)[20] und reduziert die spezifischen Kosten für leitungsgebundene Versorgungsvarianten sowie deren Wärmeverluste. Gleichzeitig steigt jedoch der Kältebedarf im Sommer. Eine hohe Durchmischung zwischen Wohnen, Gewerbe und sozialer Infrastruktur bewirkt eine Homogenisierung von Wärme- und Stromlasten sowie vom Verkehrsaufkommen. Des Weiteren ist eine Abwärmenutzung, beispielsweise aus gewerblichen Kälteanlagen zur Wärmebedarfsdeckung für Wohngebäude oder der sozialen Infrastruktur, möglich. Die Auswirkungen der Zuschnitte für Bauflächen sind in Kapitel 8.4 erläutert.

9.1.2 Ansätze auf Gebäudeebene

Entscheidungen hinsichtlich des energetischen Baustandards, der Energieversorgung, der Dachform sowie der Kompaktheit und Ausrichtung von Gebäuden besitzen, wie in Tabelle 13 aufgeführt, verschiedene Einflüsse auf den Energieverbrauch von Gebäude und somit von Gebieten.

Tabelle 13: Stadtplanerische Einflussgrößen auf Energieverbrauch - Gebäudeebene

Einflussfaktoren	Einsparpotentiale (Richtwerte)	Begründung
Verbesserter	**~ 67 %**	– bei Passivhaus statt KfW-EH-70

[20] Quelle: 2014; Praxisleitfaden Klimaschutz in der Stadtplanung; Stadt Frankfurt a. M., Regionalverband FrankfurtRheinMain

Wärmeschutz	Heizwärme	– Reduzierung des Heizwärmebedarfs
Effiziente Energieversorgung	**~ 35 %** CO_2 Heizwärme	– BHKW Variante statt dezentrale Gas-Brennwert-kessel, Bsp. Variantenuntersuchung Elisabeth-Aue
Kompaktheit Gebäude	**~ 20 %** Heizwärme[21]	– Potential zur Minderung des Heizwärmebedarfs bei kompakten Gebäuden
Gebäudeausrichtung	bis zu **100 %** nutzbarer Solargewinne	– passive Solarenergienutzung: Ost/West-Orientierung 35% weniger als Süd/Nord (Passivhausfenstern) – Verschattung durch Nachbargebäude (Firsthöhe!)/ Bäume minimieren
Dachform, Ausbildung Dachhaut (Gründach), Tragfähigkeit	bis zu **100 %** nutzbarer Solargewinne	– Aktive Solarenergienutzung – Günstige Dachformen: Flachdach, Pultdach (Neigung/Ausrichtung beachten), Satteldach (Neigung/Ausrichtung beachten) – Staffelgeschosse bewirken ungünstigere Flächenpotentiale

Abbildung 9-3: Stadtplanerische Einflussgrößen auf Energieverbrauch - Gebietsebene

9.1.3 Ansätze auf Verfahrensebene

In Abbildung 9-4 sind die beschriebenen stadtplanerischen Einflüsse auf ein Neubaugebiet, geordnet nach den übergeordneten Schritten der Bauleitplanung in Berlin, dargestellt. Grundsätzlich gilt, dass bei einem hohen Besitzanteil der öffentlichen Hand eines Baugebietes der Einfluss durch die Stadtplanung steigt. Daneben kann auch bei privatem Eigentum durch städtebauliche Verträge Einfluss auf Investoren durch festgeschriebene Bindungskriterien, siehe Abbildung, genutzt werden um Gebiete ökologisch sinnvoll zu entwickeln.

[21] Quelle: 2014; Praxisleitfaden Klimaschutz in der Stadtplanung; Stadt Frankfurt a. M., Regionalverband FrankfurtRheinMain

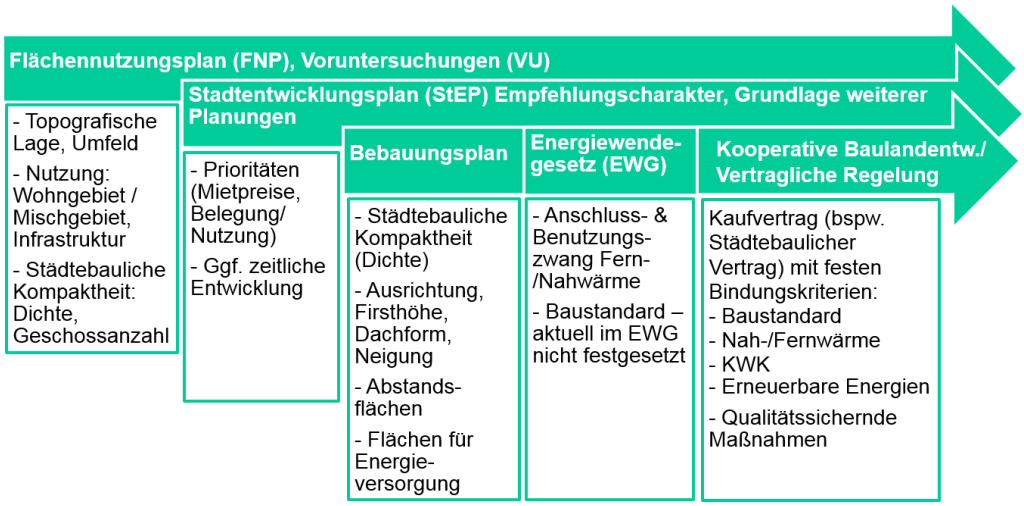

Abbildung 9-4: Einflussmöglichkeiten während der Bauleitplanung in Berlin

Nach der Novellierung des Energiewendegesetzes (EWG) vom 19.05.2017 gilt, dass der Senat von Berlin ermächtigt wird, durch Rechtsverordnung für bestimmte Gebiete den Anschluss an eine öffentliche Einrichtung zur Versorgung mit Nah- und Fernwärme/-kälte (Anschlusszwang) und deren Benutzung (Benutzungszwang) vorzuschreiben.

Die Festschreibung zur Verpflichtung eines Energiekonzeptes oder eines einzuhaltenden Baustandards, wie es andere Städte bereits praktizieren, könnte ein weiterer regulatorischer Schritt sein um den Klimaschutz bei der Entwicklung neuer Baugebiete zu stärken.

Einige Städte in Deutschland, darunter die Stadt Frankfurt am Main als Vorreiter haben beispielsweise den Passivhausstandard bei Neubau und der Sanierung stadteigener und städtisch genutzter Gebäude festgesetzt. In Frankfurt gilt dies auch für städtische Eigenbetriebe, darunter auch die städtischen Wohnungsbaugesellschaften. In Freiburg muss bei größeren Bauvorhaben ein Energiekonzept erstellt und vorgelegt werden. Die Versorgungsvariante mit den niedrigsten CO2-Emissionen ist dabei umzusetzen, die maximal 10 % teurer als eine definierte Basisvariante – in der Regel im Vergleich zu einer dezentralen Versorgungsvariante auf Basis Erdgas - ist.

9.2 Kennwerte

9.2.1 Versorgungsvarianten abhängig der Wärmebedarfsdichte

Abbildung 9-5 gibt je nach Wärmebedarfsdichte eines Gebietes Auskunft darüber, wann ein Versorgungssystem mit einer hohen Wahrscheinlichkeit wirtschaftlich realisierbar ist. Die genannten Grenzwerte sind als Orientierung zu verstehen. Es kann entnommen werden, in welchen Quartieren und unter welchen strukturellen Ausgangsbedingungen ein zentrales oder dezentrales Wärmeversorgungssystem für Anlagen- und Netzbetreiber geeignet ist.

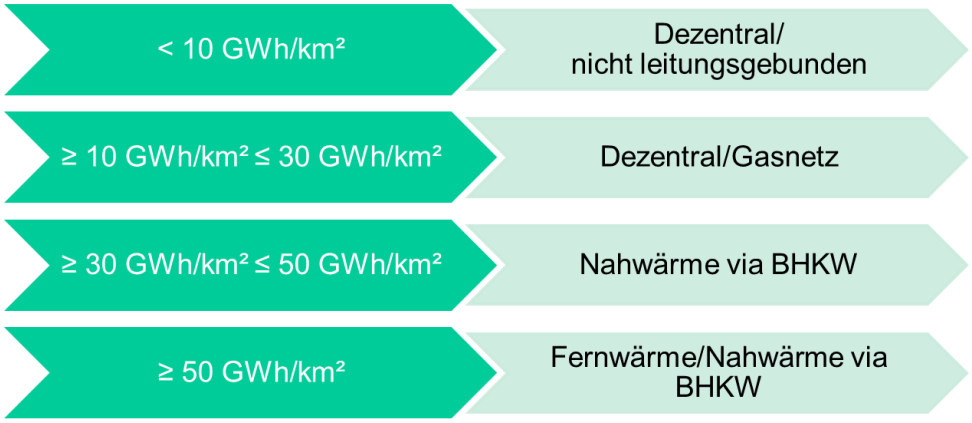

Abbildung 9-5: Einordung von Wärmebedarfsdichten zu Versorgungslösungen

(Quelle: 2014; Praxisleitfaden Aufbau von Wärmenetzen; Stadt Frankfurt a. M., Regionalverband FrankfurtRheinMain, eigene Darstellung)

Für die Gebiete Blankenburger Süden (~ 34 GWh/km² a) und Ludwig-Quidde-Straße (~ 34 GWh/km² a) gilt, dass eine Versorgung über ein Nahwärmenetz mit hoher Wahrscheinlichkeit wirtschaftlich ist. Dies konnte durch die BHKW-Versorgungsvarianten für beide Gebiete nachgewiesen werden.

Das Gebiet Elisabeth-Aue (~ 25 GWh/km² a) gilt gemäß Abbildung 9-5, dass eine dezentrale Wärmeversorgung via Gasnetz zu empfehlen ist. Der Kennwert ist jedoch bereits am oberen Ende der getroffenen Klassen. Da sich die Wärmebedarfsdichte aus der Bruttobaufläche berechnet und der städtebauliche Testentwurf sehr große Grünflächen außerhalb und zwischen den drei großen Abschnitten aufweisen, verzerrt dies das Ergebnis. Der Vergleich der Versorgungsvarianten hat anschaulich ergeben, dass die BHKW-Varianten unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten der Referenzvariante mit dezentralen Brennwertkesseln vorzuziehen ist.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Richtwerte fallweise an den speziellen Rahmenbedingungen zu überprüfen sind.

9.2.2 Wärmeschutzstandard

Die unmittelbarste Auswirkung auf dem gesamten Wärmebedarf eines Gebietes besitzt die Wahl des Wärmeschutzstandards.

Ein erhöhter Wärmeschutzstandard senkt, wie in Abbildung 9-6 am Beispiel Elisabeth-Aue dargestellt, den Energiebedarf deutlich und ist auf lange Sicht aus Mietersicht, bezogen auf die Wärmevollkosten, zu empfehlen. Dies muss nicht zwangsläufig zu erhöhten Baukosten führen, da die besseren Standards sukzessive zur „Normalausführung“ werden. Entscheidender ist, den Baustandard möglichst frühzeitig festzulegen. Die beauftragten Planer arbeiten dann mit einem klaren Ziel bei – wenn überhaupt – geringen Mehrkosten z. B. auf einen Passivhausstandard hin. Häufig sind die Unterschiede bei den spezifischen Baukosten zwischen Architektenentwürfen größer als zwischen Wärmeschutzstandards.

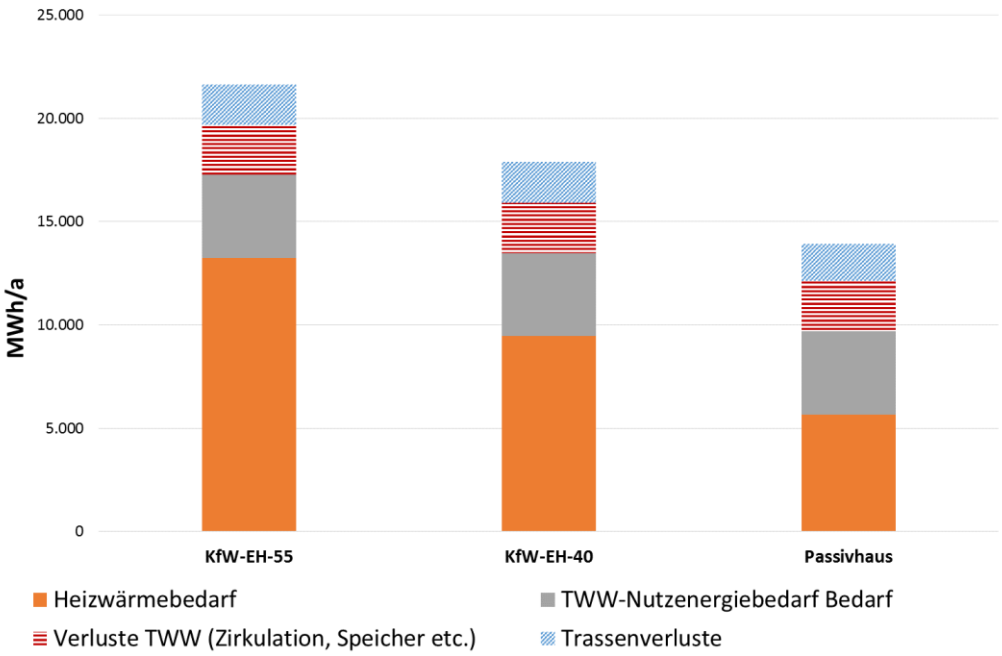

Abbildung 9-6: Stadtplanerische Einflussgrößen auf Energieverbrauch – Wärmeschutzstandard, Bsp. Elisabeth-Aue

Der Wärmebedarf zur Trinkwarmwasserbereitung und –bereitstellung (Zirkulations- und Speicherverluste) sowie die absoluten Trassenwärmeverluste sind nahezu unberührt der Wahl des energetischen Baustandards, weshalb sie anteilig bei besseren Wärmeschutzstandards größer werden.

9.2.3 Kompaktheit der Gebäude [22]

Die energetische Kompaktheit eines Gebäudes ergibt sich u.a. aus dem Verhältnis von Volumen (V) zur Oberfläche (= Hüllfläche A) und wird als A/V-Verhältnis definiert. Je kleiner das A/V-Verhältnis, desto weniger Wärme verliert ein Gebäude spezifisch bezogen auf die Nutzfläche bei gleichem Dämmstandard.

Abbildung 9-7 stellt verschiedene Gebäudeformen mit den dazugehörigen A/V-Verhältnissen dar und gliedert diese von einem ungünstigen (1,2) zu einem günstigen A/V-Verhältnis (0,25). Eine mehrgeschossige Blockrandbebauung hat einen Wert von etwa 0,25 - 0,35.

[22] Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung; Stadt Essen

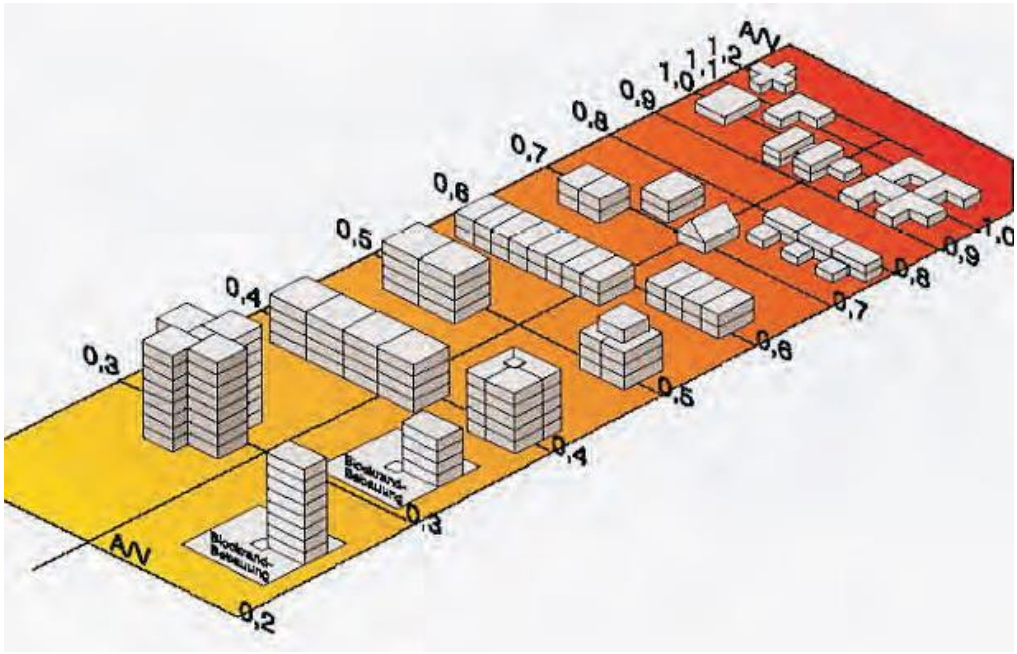

Abbildung 9-7: Beurteilung der Kompaktheit durch das A/V-Verhältnis

(Quelle: Solarfibel Baden-Württemberg, Originaldarstellung)

Hinsichtlich des A/V-Verhältnis gelten folgende Grundsätze:

- Die Geschossigkeit beeinflusst das A/V-Verhältnis maßgeblich. Das A/V-Verhältnis wird mit steigender Geschossanzahl günstiger. Für Mehrfamilien- und Reihenhäusern gilt, dass bei weniger als 2-3 Geschossen ein deutlich ungünstigeres A/V-Verhältnis zu verzeichnen ist. Ein günstiges A/V-Verhältnis weist eine Bauweise mit 3 bis 5 Geschossen auf. Bei mehr als 5 Geschossen ist allerdings keine wesentliche Verbesserung des A/V Verhältnis zu erreichen. Es werden jedoch zusätzliche technische Einrichtungen (bspw. Aufzug) notwendig.
- Das A/V-Verhältnis nimmt mit zunehmender Baukörperlänge ab. Die Gebäude-/Zeilenlänge sollte bei zweigeschossigen Gebäuden etwa 20 m, bei mehrgeschossigen Gebäuden ca. 30 m nicht unterschreiten. Eine Länge von 30 bis 50 m hat ein günstiges A/V-Verhältnis. Eine über 50 m liegende Länge der Baukörper hat keine deutliche Verbesserung des A/V-Verhältnisses zur Folge.
- Mit zunehmender Baukörpertiefe verbessert sich das A/V-Verhältnis. Die Notwendigkeit einer natürlichen Belichtung und Belüftung begrenzt andererseits die maximal mögliche Gebäudetiefe. Die günstigste Häusertiefe liegt daher zwischen 12 und 14 m.
- Für kleinere Baukörper (Einfamilienhäuser, Doppelhäuser) liegt die energetisch optimale Gebäudeabmessung bei einem Verhältnis von Länge zu Tiefe bei 1/1 bis 3/2.
- Eine Zergliederung von Baukörpern z. B. durch Vor- und Rücksprünge, Erker o. Ä. führt zur Verringerung der Kompaktheit und somit zu einer Erhöhung des A/V-Verhältnisses. Mit zunehmendem Gebäudeversatz, wie es im Gestaltungsplan für Elisabeth-Aue vorgesehen ist, erhöht sich das A/V-Verhältnis.

9.2.4 Dachform [23]

Die Kompaktheit eines Gebäudes hängt zudem von der Dachform ab. Für die energetische Beurteilung der Dachausformung ist hierbei nicht das A/V-Verhältnis, sondern das Hüllflächen-Wohnflächen-Verhältnis (A/WF) entscheidend. Eine Bewertung der Dachform über das A/V-Verhältnis führt zu einer Fehlbewertung, wie das Beispiel in Abbildung 9-8 zeigt.

Dachform	**FD**	**PD 10°**
Bauweise Gebäudelänge = 10,0 m Gebäudetiefe = 8,0 m	**freist.**	**freist.**
Wandhöhe Süd [m]	5,6	7,0
Wandhöhe Nord [m]	5,6	5,6
A [m²]	361,6	388,0
V [m²]	448	504
Oberflächen/Volumen Verhältnis A/V [1/m]	**0,81**	**0,77**
Jahres-Primärenergiebedarf [kWh/a]	17546,4	19166,1
WF [m²]	126,0	126,0
wohnflächenbezogener Primärenergiebedarf [$\frac{kWh}{m^2_{WF}a}$]	**139,3**	**152,1**

Abbildung 9-8: Beurteilung der Dachform durch das A/WF-Verhältnis

(Quelle: Solarfibel Baden-Württemberg, ergänzt durch Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung; Stadt Essen)

Das Beispiel zeigt, dass ein Gebäude mit einem Pultdach ein ungünstigere A/WF-Verhältnis (3,1) gegenüber einem mit Flachdach (2,9) aufweist. Ein Gebäude mit Flachdach besitzt einen um etwa 8 % geringeren wohnflächenbezogenen Primärenergiebedarf gegenüber einem Gebäude mit Pultdach gleicher Wohnfläche.

Letztlich ist die Berechnung des A/WF-Verhältnisses, der Dachform und der daraus resultierende Energiebedarf sehr theoretisch. Darüber hinaus ist die Dachform auch hinsichtlich der aktiven Solarnutzung ein wichtiger Aspekt. Flachdächer sind hinsichtlich der Solarenergienutzung positiv zu bewerten, da diese die größten Nutzungsmöglichkeiten hinsichtlich der Neigung, Ausrichtung einer Solaranlage zulassen. Sattel- oder Pultdächer hingegen begrenzen die Aufstellungsmöglichkeiten. Staffelgeschosse verringern die potentielle Dachfläche zur Solarenergienutzung.

Aus Sicht des Heizwärmebedarfs sowie einer Solarenergienutzung sind Flachdächer ohne Staffelgeschosse zu empfehlen.

[23] Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung; Stadt Essen

9.2.5 Passive Solarenergiegewinnung [24]

Unter passiver Sonnenenergiegewinnung versteht man, Wärmegewinne aus Sonnenstrahlung in das Gebäude direkt oder indirekt durch Speicherung in baulichen Komponenten zu nutzen. Über transparente Flächen (Fenstern) gelangt die Sonnenenergie in die Räume. Bei Wärmeschutzfenstern ist der spätere Wärmedurchgang nach draußen – wenn die Außenluft kühler als der Raum ist - stark verzögert. Entscheidend ist, dass es im Gebäude Speichermassen in Form von massiven Innen- und Außenwänden, Geschossdecken gibt. Wenn diese nur als Leichtbauelemente ausgeführt sind, kann zwar die Sonneneinstrahlung direkt genutzt, aber nicht gespeichert und später abgegeben werden.

Moderne Fenster weisen für die Himmelsrichtungen Süd, aber auch West und Ost inzwischen positive Energiebilanzen zwischen Transmissionswärmeverlusten und passivem Solargewinn aus. Neben niedrigen Transmissionswärmeverlusten für das gesamte Fenster (U_W-Werte z.B. $\leq 0{,}95$ W/m²K) sind hohe Gesamt-Energiedurchlasskoeffizienten (g-Werte z. B. $\geq 0{,}6$) erforderlich.

Die städtebaulichen Einflussfaktoren auf die passiven Solargewinne und –verluste, wie sie in Abbildung 9-9 dargestellt sind, wie die

- Orientierung von Gebäuden,
- Verschattung durch Nachbargebäude sowie die
- Verschattung durch Vegetation

werden im Weiteren ausgeführt.

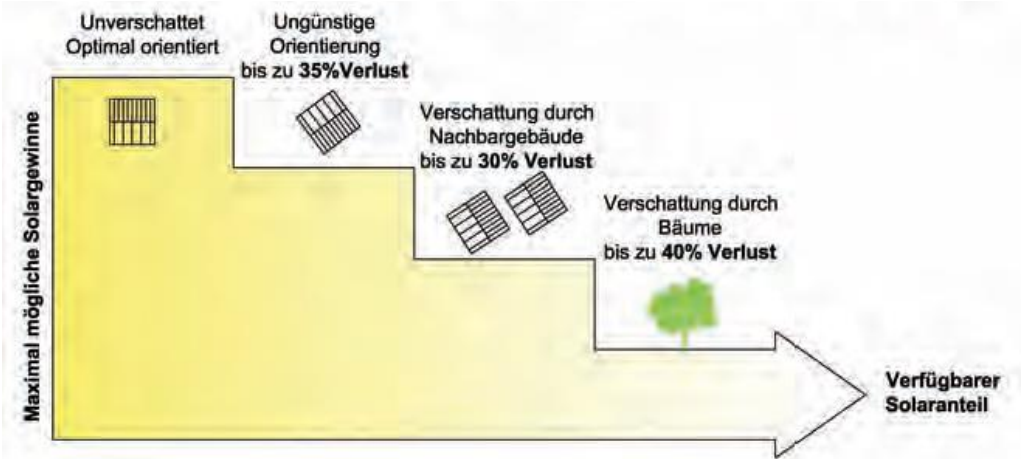

Abbildung 9-9: Städtebauliche Einfluss Faktoren auf die passiven Solargewinne und –verluste

(Quelle: Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung; Stadt Essen)

Passive solare Gewinne werden größtenteils über die Solarfassade[25] erzielt. Südorientierte Hauptfassaden weisen gegenüber Ost-West-orientierten Hauptfassa-

[24] Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung; Stadt Essen

[25] Solarfassade: südorientierte Hauptfassade

den eine längere Gesamtbesonnungsdauer in den Wintermonaten auf. Mit zunehmender Südabweichung der Solarfassade nehmen die solaren Gewinne, vor allem in den Wintermonaten November bis Februar, ab. Die deutlichste Abnahme ist hierbei zwischen 25° und 90° Südabweichung zu verzeichnen. Da eine ungünstige Orientierung solare Verluste bis zu 35 % bewirken kann, ist für alle Gebäude grundsätzlich eine Südorientierung anzustreben, wobei sich der Toleranzrahmen von – 22,5° Süd bis + 22,5° Süd bewegen kann.

Zur Erfüllung des geforderten, aber auch sinnvollen sommerlichen Wärmeschutzes nach EnEV kann durch einen waagerechten, möglichst flexiblen Überstand oberhalb des Fensters, im Sommer bei steil stehender Sonne eine Sonneneinstrahlung und mögliche Überhitzung auf einfache Weise und wirksam verhindert werden. Alternativ bieten sich Außenjalousien an. Eine Ost- oder Westausrichtung würde durch die flacher einfallende Sommersonne in den Morgen- oder Abendstunden leicht zu einer Überhitzung führen. Außenjalousien werden hier dringend empfohlen.

Neben der Orientierung ist die Verschattungsfreiheit grundlegend für eine passive Solarenergienutzung. Diese wird sichergestellt, wenn am kürzesten Tag des Jahres die Sonnenstrahlen auch durch die Fenster der südlich ausgerichteten Erdgeschossräume treffen.

Neben ungünstiger Orientierung führt die gegenseitige Verschattung durch Nachbargebäude vor allem bei langen parallelen Zeilen zu einer deutlichen Reduzierung der Solargewinne. Dabei spielt die Höhe und die Lage der Schatten werfenden Kante oder Dachfirsts eines benachbarten Gebäudes eine wesentliche Rolle. Zu beachten ist also das Verhältnis zwischen A (Abstand Schatten werfende Kante zur Solarfassade) und H (Höhe der Schatten werfenden Kante, z. B. First). Je geringer das A/H-Verhältnis, desto höher der Verschattungsanteil.
Das A/H-Verhältnis sollte bei langen, parallelen Zeilen gleicher Höhe mindestens 2,7 aufweisen. Eine Vergrößerung der Abstände über das 3,5 fache hinaus bringt keine wesentliche Verbesserung der Solargewinne.
Bei Einzelgebäuden in offener Bauweise sollte, bei Einhaltung der ordnungsrechtlichen seitlichen Abstandflächen, das A/H-Verhältnis mindestens 2,4 betragen.

Die Verschattung von Gebäuden durch vorhandene bzw. geplante Bäume kann die potentiellen Solargewinne erheblich mindern. Die Verschattungswirkung von Nadelbäumen entspricht weitgehend der Verschattungswirkung von Gebäuden. Als Faustregel sollten einzeln stehende Nadelbäume einen Mindestabstand der 2-fachen, Baumgruppen der 2,7-fachen arttypischen erreichbaren Baumhöhe einhalten. Für Laubbäume gilt, dass einzeln stehende Laubbäume einen Mindestabstand der 1,5-fachen, Baumgruppen der 2-fachen arttypischen erreichbaren Baumhöhe einhalten.

Während im Winter die einstrahlende Sonne als passive Heizung willkommen ist, ist diese im Sommer aufgrund des solaren Wärmeeintrags nicht.

10 Anhang

10.1 Glossar

Abflussbeiwert	Der Abflussbeiwert dient der Bemessung der Versickerungsleistung verschiedener Oberflächen. Dieser Wert gibt das Verhältnis von oberflächlich abfließendem Regenwasser zur Gesamtabflussmenge für verschiedene Oberflächen a. Je höher der Abflussbeiwert ist, desto weniger Regenwasser versickert und fließt direkt ab (effektiver Niederschlag).
AG	Auftraggeber
AGFW	AGFW: Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., ehemals Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft
Aperturfläche	Die Aperturfläche bezeichnet die Gesamtfläche von einem Solarthermie Kollektor, auf welche Sonnenlicht trifft. Sie erfasst also den Innenbereich eines Kollektors - die Gesamtfläche abzüglich des Gehäuses.
BEA	Berliner Energieagentur GmbH
BEK	Berliner Energie- und Klimaschutzprogramm
BHKW	Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ist eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (KWK-Anlage) im kleinen bis mittleren Leistungsbereich, zur Gewinnung elektrischer Energie und Wärme, die vorzugsweise am Ort des Wärmeverbrauchs betrieben wird. Es kann auch Nutzwärme in ein Nahwärmenetz eingespeist werden.
BHKW - BA	BHKW-Variante zur bauabschnittsweisen Versorgung
BHKW - BF	BHKW-Variante zur baufeldweisen Versorgung
Bilanzkreis	Ein Bilanzkreis ist ein virtuelles Energiemengenkonto für Strom und Gas. Mit Hilfe der Bilanzkreise wird sichergestellt, dass nur genau die Energie verkauft oder geliefert werden kann, die produziert oder gefördert wurde.
Bivalente Betriebsweise	In einem bivalenten Heizsystem produzieren zwei Wärmeerzeuger, mit unterschiedlichen Energieträgern, die benötigte Wärmeenergie. (Beispiel: Kombination aus Wärmepumpe und Gas-Brennwertkessel)
Brennwertkessel	Brennwertkessel ist ein Heizkessel für Warmwasserheizungen, der den Energieinhalt (Brennwert) des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig nutzt. Mit Brennwertkesseln wird das Abgas weitestgehend abgekühlt und dadurch auch die Kondensationswärme des im Rauchgas enthaltenen Wasserdampfes zur Wärmebereitstellung genutzt.

CO2-Äquivalent	CO_2-Äquivalente sind eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase.
Dimensionslos	Eine dimensionslose Größe ist eine physikalische Größe, die durch eine reine Zahl ohne Maßeinheit angegeben werden kann.
Dreileiternetz	Dreileiternetz weist dagegen zwei Vorlaufleitungen auf, von denen eine auf konstantem Temperaturniveau und die andere nach der Außentemperatur gesteuert betrieben wird sowie eine gemeinsame Rücklaufleitung.
Dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	Die dynamischen Verfahren berücksichtigen sowohl die Bewertung von Ein- und Auszahlungen entsprechend ihrem zeitlichen Anfall als auch die genaue Erfassung von Ein- und Auszahlungen während der Nutzungsdauer.
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EnEV	Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist ein Teil des deutschen Wirtschaftsverwaltungsrechtes.
EnEV-Anforderungen	Die EnEV schreibt Bauherren bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergiebedarf ihres Gebäudes oder Bauprojektes vor. Die EnEV gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude.
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
Grundlast	Permanent benötigte Leistung
HAST	Die Hausanschlussstation (HAST) ist der Übergabepunkt der Fern- oder Nahwärme vom Energieversorger zum versorgten Gebäude.
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KfW-EH	Der Begriff Effizienzhaus ist ein Energiestandard für Wohngebäude, den die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) eingeführt hat. Für das KfW-Effizienzhaus (KfW-EH) gibt es verschiedene Stufen, angegeben durch Kennzahlen. Je kleiner die Kennzahl, desto geringer der Energiebedarf und desto höher die Förderung. Gefördert werden die Standards KfW-EH 40 Plus, 40 und 55.
KfW-EH-Standard	KfW Effizienzhaus (EH) – Standard, z.B. KfW EH 55
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung – Gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme, z.B. durch Otto-Motoren, Gasturbinen o. Ä.
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz

Mieterstrommodell	Ein Betreiber erzeugt im Objekt Strom (i. d. R. PV oder KWK), um diesen den Mietern zu verkaufen. Er selbst oder ein Dritter treten als Energielieferant der Mieter auf. (Direktverbrauch des Stroms in räumlichem Zusammenhang zur Erzeugung und ohne Durchleitung durch ein öffentliches Netz) Bei dem im Objekt erzeugten und verbrauchten Strom fallen einige Strompreisbestandteile, insbesondere Konzessionsabgabe, Stromsteuer und Netznutzungsentgelte, weg.
Monoenergetische Betriebsweise	Die monoenergetische Betriebsweise ist eine bivalente Betriebsweise, bei der nur ein Energieträger eingesetzt wird, üblicherweise Elektrizität. (Beispiel: Kombination aus Wärmepumpe und Heizstab)
Monovalente Betriebsweise	Zur Wärmeerzeugung wird bei monovalenter Betriebsweise nur ein Heizsystem eingesetzt. (Beispiel: Wärmepumpe als alleiniger Wärmeerzeuger)
ORC	Organic Rankine Cycle – Thermodynamischer Kreisprozess mit KWK, in dem an Stelle von Wasser ein niedrig siedendes organisches Arbeitsmedium zirkuliert.
Primärenergiebedarf Q_P	Der Primärenergiebedarf eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird.
Primärenergiefaktor (PEF)	Der Primärenergiefaktor (PEF) zeigt das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu abgegebener Endenergie an und ist dimensionslos.
Rupelschicht	Schicht im Erdreich, die als Grundwasserstauer aus Ton (Rupelton) zwischen dem süßwasserführenden Grundwasserstock und dem unterhalb des Rupeltons gelegenen salzwasserführenden Schichten liegt.
SI	Soziale Infrastruktur (Kitas, Schulen, etc.)
Speicherladesystem	Bei Bedarf wird Warmwasser dem Speicher entnommen. Dabei fließt das Kaltwasser in den Speicher und füllt das entnommene Speichervolumen.
Stromkennzahl	Die Stromkennzahl bezeichnet das Verhältnis von elektrischer Leistung Pel zum Nutzwärmestrom Q˙nutz. Die Zahl drückt damit das Verhältnis von elektrischer Leistung zu genutzter Abwärmeleistung aus.
Transmissionswärmeverlust H_T	Der Transmissionswärmeverlust ist eine der Verlustleistungen, welche bei einem beheizten Gebäude durch Energieabgabe an die Umgebung entsteht.
TWW	Trinkwarmwasser (erwärmtes Wasser in Trinkwasserqualität)
	Übergangszeit beschreibt die Zeit zwischen der Heizperiode und

Übergangszeit	der Zeit in der kein Heizwärmebedarf besteht (typischerweise Herbst und Frühling).
Verdrängungs-Strommix	Durch Stromeinspeisung aus PV oder BHKW beispielsweise wird anderweitig bzw. konventionell erzeugter Strom substituiert und damit "verdrängt". Der substituierte Strom kann bei einer ökologischen Bewertung der einspeisenden Erzeugungsanlage mindernd (bezogen auf den PEF oder dem CO2-Äquivalent) angerechnet werden.
Vollbenutzungsstunden	Betriebsstunden bei voller Nennleistung einer Anlage (z.B. Heizung); Berechnung: Energie [kWh] pro Jahr dividiert durch die durchschnittliche maximale Leistung [kW] pro definierte Zeiteinheit.
Vollkosten	Bei einer Vollkostenrechnung werden alle Kosten (kapital-, bedarfs-, betriebsgebundene und sonstige Kosten) und Erlöse (bspw. Stromvermarktung/Stromeinspeisung, Restwerte) berücksichtigt.
Wärmenetz (Nah-/ Fernwärme)	Als Nahwärme wird die Übertragung von Wärme zwischen Gebäuden zu Heizzwecken umschrieben, wenn sie im Vergleich zur Fernwärme nur über verhältnismäßig kurze Strecken erfolgt. Der Übergang zur Fernwärme mit größeren Wärmemengen und Leitungslängen ist fließend. Rechtlich wird zwischen Nah- und Fernwärme nicht unterschieden.
Watt (kWel, kWth, MW)	Das Watt ist die im internationalen Einheitensystem für die Leistung (Energieumsatz pro Zeitspanne) verwendete Maßeinheit. Die Maßeinheit kann sich auf elektrische (el) und thermische (th) Energie beziehen (häufige Anwendung bspw. im Kontext BHKW), ist jedoch nicht notwendig wenn eine Unterscheidung nicht notwendig ist. Vorsätze für Maßeinheiten (wie m = Milli, k = Kilo, M = Mega etc.), dienen dazu, Vielfache oder Teile von Maßeinheiten zu bilden, um Zahlen mit vielen Stellen zu vermeiden.
WE	Wohneinheiten
WÜST	Wärmeübergabestation (Beispiel: Wärmeübertragung/ Systemtrennung zwischen Nahwärmenetz und Gebäudeheizsystem)
Zweileiternetz	Das Zweileiternetz hat eine Vorlaufleitung und eine Rücklaufleitung