Planung und Entwicklung
Gesellschaft mbH
Schellingstraße 4/2
72072 Tübingen
Telefon 0 70 71 93 94 0
Telefax 0 70 71 93 94 99
mail@eboek.de
www.eboek.de

Energetische Gebäudestandards und Energieversorgungskonzept für das Neubaugebiet „Bayernkaserne“ in München

Stand der Bearbeitung:	30. Okt 2016
Datum des Berichts:	30. April 2017
im Auftrag von:	Landeshauptstadt München (LHM), Referat für Gesundheit und Umwelt (RGU)
Projektleitung:	Dipl.-Phys. Gerhard Lude
Inhaltliche Bearbeitung:	Dipl.-Phys. Gerhard Lude Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

1 Aufgabenstellung 1

2 Zusammenfassung der Ergebnisse 2

2.1 Städtebauliche Untersuchung 2

2.2 Energiebedarf und Energieversorgung 2

2.3 Umwelt- und Klimabilanz 5

2.4 Empfehlungen 6

3 Grundlagen 8

3.1 Beschreibung des Baugebiets 8

3.2 Städtebaulicher und landschaftsplanerischer Realisierungswettbewerb 9

3.3 Umgebung 10

3.4 Planerische Grundlagen 10

3.5 Gebäude 11

3.6 Energieversorgung 12

3.7 Stromverbrauchsdaten in München 12

3.8 Vorgaben zu energetischen Standards in der Bayernkaserne 14

3.9 Rahmenbedingungen Klimaschutz und Energieeffizienz in München 15

3.9.1 Das „Integrierte Handlungsprogramm Klimaschutz in München IHKM“ 15

3.9.2 Das „Energetische Maßnahmenpaket LHM“ 17

3.9.3 Der Münchner „Ökologischer Kriterienkatalog“ 17

3.9.4 Das „Förderprogramm Energieeinsparung“ (Stand 2013) 18

3.9.5 Das wohnungspolitische Handlungsprogramm „Wohnen in München V“ 19

3.9.6 Ausbauinitiative Strom und Fernwärme der SWM 20

3.10 Energiestandards 21

3.11 Plus-Energie-Standard 23

3.12 Weitere Energiekonzepte und Modellprojekte in München 23

3.13 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) 25

4 Methodik 26

4.1 Einfluss der Bebauungsstruktur auf den Energiebedarf und das sommerliche Klima 26

4.1.1 Kubatur 26
4.1.2 Ausrichtung, Drehung der Gebäude 27
4.1.3 Verschattung 29
4.1.4 Städtebauliche Optimierung 29
4.2 Flächenbezug der Kennwerte 30
4.3 Diskussion der Berechnungsmethodik 31
4.4 Nutzwertanalyse, Methode zur Entscheidungsfindung 32
4.5 Mustergebäude 34
4.6 Szenarien Energiestandards, Versorgungsvarianten und Szenarien zur Aufteilung des Untersuchungsgebiets 35
4.7 Rechnerische Grundlagen 37
4.7.1 Spezifische Strombedarfsdaten Haushaltsstrom Sektor Wohnen 37
4.7.2 Spezifische Strombedarfsdaten anderer Sektoren 38
4.7.3 Parameter Primärenergiebedarf und CO_2 40
4.7.4 Parameter für Wirtschaftsbetrachtungen 43
4.8 Abgrenzung der Bilanzen 44
4.9 Potentiale 44
4.10 Wärmenetze – (technische) Nomenklatur 45
4.11 Trinkwarmwasser-Hygiene 47
4.12 Kühlung 48

5 Projektablauf und Projektschritte 50
5.1 Termine mit den Projektbeteiligten 50
5.2 Zwischenschritte 50
5.3 Workshop energieeffiziente Stadtplanung Bayernkaserne 51

6 Städtebauliches Konzept 52
6.1 Städtebauliche Parameter, Kompaktheit 52
6.2 Verschattung (Heizperiode) 56
6.3 Stadtklima und Sommerlicher Wärmeschutz 58
6.4 Aktive Nutzung Solarenergie durch Photovoltaik unter Berücksichtigung von Dachgärten 60
6.5 Wohnungslüftung 61
6.6 Städtebauliche Aufteilung in die Teilgebiete B1 und B2 62
6.7 Realisierbarkeit ambitionierter Standards (Passivhaus) 65
6.8 Bewertung städtebauliches Konzept 66

7 Energiebedarf Heizung, Warmwasser, Strom 67
7.1 Szenarien und Aufteilung B1 / B2 67
7.2 Nutzenergie, Endenergie für Heizung, Warmwasser 68

7.3 Heizlast und Dichte der Nachfrage 70
7.4 Strombedarf Haushalt, Gewerbe, Kühlung 72
7.5 Stromerzeugung durch Photovoltaik 76
7.5.1 Simulation des Modellgebäudes 76
7.5.2 Ertrag Solarstrom für das Gesamtgebiet 79
7.6 Bewertung des Einsparpotenzials 80

8 Wärmeversorgungskonzept 81

8.1 Varianten der Wärmeversorgung – Grundsätze 81
8.2 Qualitative Analyse – Auswahl von Wärmeversorgungsvarianten nach Realisierbarkeit 82
8.2.1 Leitungsgebundene Erdgas-, Bioerdgas, Biogasversorgung 82
8.2.2 Gebietszentrale mit motorischem Erd- oder Biogas-Blockheizkraftwerk 83
8.2.3 Wärmepumpen 84
8.2.4 Holz- und andere Biomasse als Brennstoff 85
8.2.5 Windenergie 87
8.2.6 Thermische Solarnutzung 87
8.2.7 Low-EX Netze, kalte Nahwärme 88
8.3 Nutzwertanalyse - Darstellung und Bewertung ausgewählter Systeme 89
8.3.1 Abwasserwärme 90
8.3.2 Grundwassernutzung 95
8.3.3 Oberflächennahe Geothermie zur Einzelversorgung 98
8.3.4 Wärmepumpe und Eisspeicher 107
8.3.5 Geothermie - Potentiale für Teilnetze 110
8.3.6 Kombination von Wärmepumpe mit Photovoltaik 116
8.3.7 Nahwärme aus Biogas-Blockheizkraftwerk 123
8.3.8 Fernwärme der Stadtwerke München 128
8.4 Fernwärme Versorgungsvarianten – Möglichkeiten zur Verbesserung der Fernwärmenutzung 131
8.4.1 Zentrale Mischerstation (Niedertemperaturnetz) 133
8.4.2 Direkte Nutzung des Rücklaufs (Low-T Netz) 134
8.4.3 Fernwärme Rücklaufnutzung durch Beimischung 136
8.4.4 Fernwärme-Übergabestation mit WW-Blase 137
8.4.5 Fazit Verbesserung der Fernwärme 137
8.5 Kombinations-Variante 138
8.6 Bewertung der verschiedenen Versorgungsvarianten 139

9 Primärenergie- und CO_2-Bilanz; Umweltwirkung der Szenarien 142

9.1 Primärenergiebilanz Wärmeversorgung 142
9.1.1 Varianten mit homogener Wärmeversorgung im Gesamtgebiet 142

9.1.2 Kombinationsvariante ... 144
9.2 CO2-Bilanz der Wärmeversorgung ... 145
9.2.1 Varianten mit homogener Versorgung des Gesamtgebiets ... 145
9.2.2 Szenarien und Aufteilung B1 / B2 ... 147
9.2.3 Kombinationsvariante ... 149
9.3 Umweltbilanz Strom ... 150
9.4 Gesamtbilanz – Klimaneutraler Stadtteil ... 151
9.5 Bewertung Umweltwirkung ... 153

10 Umsetzungsstrategien ... 155
10.1 Einflussmöglichkeit der Stadtplanung ... 155
10.2 Organisation blockzentraler Versorgung ... 156
10.3 Übertragbarkeit des Vorgehens ... 157

11 Literatur ... 159
11.1 Allgemeine Literatur ... 159
11.2 Literatur München ... 164

12 Anhang I (Ergänzungen) ... 167
12.1 Änderung der Rahmenbedingungen während der Bearbeitungszeit ... 167
12.1.1 Das Wohnungspolitische Handlungsprogramm „Wohnen in München VI“ ... 167
12.1.2 Novelle der EnEV 2017-2020 und Zusammenfassung mit EEWärmeG im neuen Gebäudeenergiegesetz ... 169
12.2 Bewertung von Umweltwirkung für Stromerzeugungsanlagen ... 170
12.3 Tatsächliche Verschärfung der EnEV 2016 ... 172

13 Anhang II (Pläne) ... 174

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Satellitenbild Umgebung und ungefähre Abgrenzung des Baugebiets. Quelle: Google Maps. 10

Abb. 2 Neubebauung Bayernkaserne Grundlagenplan Stand 16.07.2016, Arge Dudler/Hilmer&Sattler (Auszug). Die Achsen und Baufelder wurden der besseren Sichtbarkeit wegen nochmals verdeutlicht. *Siehe auch Anhang Pläne*. 11

Abb. 3 Stromspiegel – Vergleich des Stromverbrauchs in Deutschland. Quelle: BMUB, http://www.die-stromsparinitiative.de/stromspiegel/..... 14

Abb. 4 Handlungsfelder des IHKM. Quelle Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt 16

Abb. 5 Fernwärmenetz der Stadtwerke München, Quelle [SWM Ausbau FW]..... 21

Abb. 6 A/V Verhältnis, Beispiele. Quelle: Institut für Solare Stadtplanung Dr.-Ing. Peter Goretzki. 27

Abb. 7 Typische Bauformen. Quelle [Vallentin 2011]..... 28

Abb. 8 Einfluss der Orientierung. Quelle [Vallentin 2011] 28

Abb. 9 Die näher behandelten Mustergebäude (siehe Text)..... 35

Abb. 10 [AGFW FW309-1 2014] [ARGE BM 2009]..... 40

Abb. 11 Darstellung der unterschiedlichen Potentiale und Potentialbegriffe Quelle: Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ [LF KomKlimaschutz] 44

Abb. 12 Workshop Stadtplanung am 14.7.2016. 51

Abb. 13 Bruttogrundflächen der Baufelder..... 53

Abb. 14 Aufteilung der Bruttoflächen nach Nutzung. 53

Abb. 15 Geschossflächenzahl (Bezug auf die Grundstücke ohne Verkehrsflächen)..... 54

Abb. 16 Kompaktheit (A/V-Verhältnis) der untersuchten Gebäude 55

Abb. 17 Kompaktheit (A/V-Verhältnis) der untersuchten Gebäude 55

Abb. 18 Verschattungsmodell der Bayernkaserne. Oben: Wintersonnwende (21.12.) 12h. Unten Tag-und-Nacht-Gleiche (21.3.) 12h..... 57

Abb. 19 Innenansicht des Nordflügels von Block B3..... 59

Abb. 20 Flächenverteilung unter Annahme verschiedener Aufteilung B1 / B2. 64

Abb. 21 Das untersuchte Mustergebäude B3.1 (Schnitte in Süd-Nord und Oben-Unten). Es wurde musterhaft befenstert und als Passivhaus modelliert. Im Gegensatz zur freien Lage im städtebaulichen Kontext der Bayernkaserne wurden typische Verschattungskanten berücksichtigt. 65

Abb. 22 Nutzenergiebedarf Heizung und Warmwasser in den Szenarien / der Aufteilung B1, B2. Die Szenarien „Alles B1“ und „Alles B2“ dienen zum Vergleich und als Potentialabschätzung. 67

Abb. 23 Energiebedarf (Nutzenergie Heizung, Endenergie Heizung und Warmwasserbereitung) für das Gesamtgebiet bei verschiedenen Energiestandards. Im Plusstandard wird die regenerative Deckung eines Großteils der Warmwasserbereitung vorausgesetzt..... 68

Abb. 24 Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung im Untersuchungsgebietes (Münchner Standard) aufgeteilt nach Sektoren 69

Abb. 25 Abgeschätzte Heizlast für die Gebäude bei Wärmeschutzstandard MünSt / EffH70 71
Abb. 26 Nachfragedichte Endenergie bei Ausführung des Baugebiets für verschiedene Wärmschutzstandards. Die Bezugsgrößen Flächenbezug wurden von ebök ermittelt unter dem angenommen Abzug von Erschließungsflächen (Bezug auf 27,5 ha) sowie ohne Abzug von Erschließungsflächen (Bezug auf 48,3 ha). 71
Abb. 27 Nachfragedichte für Endenergiebedarf Dichte für REAL (Münchner Standard, EffH70, EnEV2016) 72
Abb. 28 Strombedarf und Einsparpotential für verschiedene Varianten / Szenarien 73
Abb. 29 Strombedarf Szenario REAL nach Sektoren 74
Abb. 30 Abschätzung Strombedarf für gekühlte Flächen nach Nutzung und Szenarien 75
Abb. 31 Modellgebäude C 7.2 mit Belegung durch PV-Module. Die Dachterrasse wurde ausgespart. 76
Abb. 32 Monatliche Ertragsprognose (Strombedarf und Deckung durch PV). Bilanz für Mustergebäude C 7.2. 77
Abb. 33 Strombedarf und Deckung durch PV. Bilanz für Mustergebäude C 7.2. 78
Abb. 34 Strombedarf und Deckung durch PV. Bilanz für Mustergebäude C 7.2. 78
Abb. 35 Masterplan Bestandsgebäude (Ausschnitt) 84
Abb. 36 CO, NOx und Feinstaubemissionsfaktoren (bezogen auf Brennstoff- bzw. Energieeinsatz, Referenzgebäude Reihenhaus, EnEV). Quelle [UBA Heizung2011] 86
Abb. 37 Prinzip der Abwasserwärmenutzung. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V. 91
Abb. 38 Nutzbarkeit Abwasserwärme (Abstand zum Kanal, markierte Gebäude – Heizlast kann gedeckt werden) und Flächenbedarf für geothermische Nutzung anhand der Mustergebäude B5.1 und C7.3. 92
Abb. 39 Grundwassernutzung mit Brunnen und Wärmepumpe (Quelle Bundesverband Wärmepumpe e.V.) 95
Abb. 40 Jahrestemperaturniveau in verschiedener Bodentiefe. Quelle: REHAU 98
Abb. 41 Erdwärmesonden. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V. 99
Abb. 42 Energiepfähle. Quelle Uponor. 101
Abb. 43 Flachkollektoren. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V. 103
Abb. 44 Erdwärmekörbe, Energiekörbe. Quelle: Uponor. 105
Abb. 45 Eisspeicher. Quelle: Viessmann. 107
Abb. 46 Potentialflächen für mögliche Geothermienutzung 110
Abb. 47 Tagesbilanz Wintertag PV mit Wärmepumpe. 117
Abb. 48 Wochenprofile für Winter (oben) Übergangszeit Frühjahr, Sommer (Mitte) und Herbst (unten). 119
Abb. 49 Grafischer Überblick Jahresbilanz Ergebnisse Simulation PV mit Wärmepumpe 120
Abb. 50 Netz für das Gesamtgebiet sowie primäre und alternative Standorte BHKW (orange). Desgleichen für Teilgebiet „westlich Achse 3“ (blau). ... 123

Abb. 51 Übersicht über die zu erwartenden Wärmepreise BHKW. 125
Abb. 52 Neue Fernwärmetrasse (violett), obsolete Fernwärmeleitungen (rot), Gasnetz (gelb) der SWM. Quelle: ebök, Bestand nach Angaben SWM. 128
Abb. 53 Prinzip Skizze Anbindung klassische Fernwärmenutzung gepuffert mit Frischwasserstation und Zirkulation. FriWa – Frischwasserstation. gem. Heizkreis – Symbol für alle Heizkreise. Rot-Vorlauf, Blau Rücklauf. Der Wärmetauscher befindet sich im Gebäude. 132
Abb. 54 Prinzip Skizze zentrale Mischerstation zwischen Fernwärme und Quartiersnetz. 133
Abb. 55 Anbindung an Rücklauf mit Wärmepumpe. Prinzipskizze. FriWa – Frischwasserstation. gem. Heizkreis – Symbol für alle Heizkreise. Rot-Vorlauf, Blau Rücklauf. 134
Abb. 56 Prinzip Skizze Rücklaufnutzung durch Vorlauf-Beimischung. FriWa – Frischwasserstation. gem. Heizkreis – Symbol für alle Heizkreise. Rot-Vorlauf, Blau Rücklauf 136
Abb. 57 Fernwärmeübergabestation mit integrierter WW-Blase (System Jenni). Quelle Jenni Energietechnik AG. 137
Abb. 58 Gemische Variante Versorgung (siehe Text). Die nicht markierten Gebäude werden im Basis-Standard (MüSt) mit Fernwärme SWM angenommen. Die durch die nicht angeschlossenen Gebäude leicht reduzierte Trasse Fernwärme ist blau eingezeichnet. Eine Mischerstation FW sollte am südlichen Eingang zur Bayernkaserne gebaut werden. 138
Abb. 59 Primärenergieaufwand möglicher Energieträger / Versorgungsarten..... 142
Abb. 60 Primärenergieaufwand der Kombinationsvariante in Relation zu Referenzen. 144
Abb. 61 CO_2 Ausstoß (CO_2 Äquivalente) möglicher Energieträger / Versorgungsarten..... 145
Abb. 62 CO_2-Szenarien 148
Abb. 63 CO_2 Äquivalent-Emissionen der Kombinationsvariante in Relation zu Referenzen. 149
Abb. 64 CO_2 Bilanz der Stromanwendungen in Haushalt, Gewerbe-Handel-Dienstleistung sowie Raum-Kühlung. Szenarien REAL ohne besondere Maßnahmen, MAX mit Sparmaßnahmen. Desgleichen unter Annahme eines Emissionsfaktors für den Strommix wie er 2050 erwartet werden könnte..... 151
Abb. 65 Gesamtbilanz der Gebäudestandards, „Münchner Standard“, Passivhaus etc. (incl. Beheizung und Warmwasserbereitung) in Kombination mit verschiedenen Wärmeversorgungsarten; Strom für Haushalte und Gewerbe-Nutzung. Vergleich mit PV Ertrag: bei den umrandenten Fällen ist CO_2-Kompensation möglich. 152
Abb. 66 Einflussmöglichkeiten der Stadtplanung auf Energieverbrauch und Emission (ebök). 155
Abb. 67 Energiebilanz gekoppelte Strom- und Wärmerzeugung. 170
Abb. 68 Verschärfung der Anforderungen an H'_T durch Änderung der Nachweissystematik mit in Kraft treten der EnEV 2016 anhand der Beispielgebäude der Typologie Düsseldorf. 173

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Das „Energetische Maßnahmenpaket LHM“ für eigene Liegenschaften (Fortschreibung 2015). Quelle RGU. 17
Tab. 2 Förderstandards der KfW (Wohngebäude) 22
Tab. 3 Muster Systemsteckbrief Nutzwertanalyse 34
Tab. 4 Die verwendeten Energiestandards und Varianten (Kennungen) 36
Tab. 5 Die untersuchten Szenarien (s.a. Kap. 3.8) 37
Tab. 6 Annahme Verteilung der Haushaltsgrößen 37
Tab. 7 Spezifische Stromverbrauchswerte in den Verbrauchsklassen des Stromspiegels für die Bayernkaserne 38
Tab. 8 Verwendete spezifische Kennwerte Haushaltsstrom 38
Tab. 9 Vergleichskennwerte Wärme und Strom. Auszug Tabelle 2.1 [EnEV RegelnNiWo15] 39
Tab. 10 Primärenergiefaktoren der Energieträger und Prozesse, Kumulierter Energieaufwand. 42
Tab. 11 In der Untersuchung verwendete Definition zur Technische Nomenklatur Wärmenetze 46
Tab. 12 Spezifischer Strombedarf gekühlter Gebäude in der Schweiz [Brunner 2008] 49
Tab. 13 Mögliche Aufteilung in die Teilgebiete B1, B2 63
Tab. 14 Merkmale der Mustergebäudes im Standard Passivhaus 65
Tab. 15 Ergebnisse und Einsparpotentiale Endenergiebedarf für das Gesamtgebiet. 69
Tab. 16: Heizlast für das Baugebiet unter Annahme verschiedener wärmetechnischer Standards 70
Tab. 17 Mustergebäude Wärmeversorgungskonzept (siehe Karte Abb. Abb. 9 Seite 14). 90
Tab. 18 Abwasserwärmenutzung, Abschätzung 93
Tab. 19 Abschätzung Quellschüttung für Grundwassernutzung. 96
Tab. 20 Abschätzung Erdsonden, Flächenbedarf, Kosten. 100
Tab. 21 Abschätzung Energiepfähle. 102
Tab. 22 Abschätzung nicht überbaubare Flächenkollektoren. 104
Tab. 23 Abschätzung Energiekörbe. 105
Tab. 24 Abschätzung Eisspeicher 107
Tab. 25 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufelder E 111
Tab. 26 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufelder E (Fortsetzung) 112
Tab. 27 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufeld B. 113
Tab. 28 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufelder rund um den Quartiersplatz 115
Tab. 29 Überblick Jahresbilanz Ergebnisse Simulation PV mit Wärmepumpe 119
Tab. 30 Ergebnisse der Umweltberechnung BHKW 125
Tab. 31 Grobkostenschätzung Übergabestationen, Anschluss Fernwärme 129
Tab. 32 Übersicht Ergebnisse und Bewertung der untersuchten Systeme (s.a. Kap. 8.3). 139

Tab. 33 Wertetabelle zu Abb. 60 146
Tab. 34 Wertetabelle zu Abb. 62. 150

1 Aufgabenstellung

Auf dem Grundstück der ehemaligen Bayernkaserne im Münchner Norden soll ein neues Quartier in nachhaltigem Städtebau entstehen. Auf rund 48 ha Grund, der sich in städtischem Eigentum befindet, ist die Errichtung von rund 4.000 Wohnungen mit der erforderlichen Infrastruktur wie Schulen, Kindergärten, Geschäften, Büros, Gewerbeunternehmen, Grünflächen, Spiel- und Sportflächen etc. geplant.

Die Aufgabe des vorliegenden Konzepts für das Neubaugebiet „Bayernkaserne“ umfasst gemäß Auftragsbeschreibung folgende Punkte:

- Ziel der Untersuchung ist es, den gesamten Energiebedarf und die CO_2-Emissionen aller Gebäude des Neubaugebietes „Bayernkaserne“ zu ermitteln, sowie unterschiedliche Formen der Energieversorgung miteinander zu vergleichen.
- Die Möglichkeit der Aufteilung des gesamten Baugebiets in die Teilgebiete B1 (Anschluss an die Fernwärmeversorgung) und B2 (mit erhöhtem energetischen Gebäudestandard und erneuerbarer Energieversorgung) soll hierbei ebenfalls untersucht werden.
- Die Varianten der Wärmeversorgung sind einer Kosten-Nutzen Analyse zu unterwerfen. Hierfür ist ein möglichst einheitliches Bewertungsschema zu entwickeln. Basis der Bewertung sollen die technische Umsetzbarkeit, die Ökologie sowie die Wirtschaftlichkeit sein.
- Dabei sollen der gesamte Energiebedarf aller Gebäude für die Sektoren Heizung, Warmwasser und Strom ermittelt, sowie die unterschiedlichen Konzepte und Varianten verglichen werden (der Sektor Verkehr findet keine Berücksichtigung). Die Bilanzen sollen Nutz- und Endenergiebedarf umfassen. Es sollen der Primärenergiebedarf sowie die CO_2-Emissionen ermittelt werden.
- Die Möglichkeiten zur Annäherung an die Ziele der Klimaneutralität und CO_2-Neutralität sollen untersucht werden.
- Die Potenziale zur Nutzung von erneuerbaren Energien sollen bestimmt werden.
- Es sollen Empfehlungen für die weitere städtebauliche Entwicklung, Planungshilfen und Verbesserungsvorschläge gegeben werden.
- Es soll ein Vorschlag für eine zukünftige standardisierte Vorgehensweise zur Übertragbarkeit auf andere Vorhaben der Stadt gemacht werden.

Das Ergebnis dieser Berechnungen und die damit verbundenen Empfehlungen bilden die Basis für das Energiekonzept, das im weiteren Planungsprozess und im Bauleitplan-Verfahren im Rahmen eines sog. „integrierten Nachhaltigkeitskonzepts“ durch die Landeshauptstadt München (LHM) weiterverfolgt werden soll.

2 Zusammenfassung der Ergebnisse

2.1 Städtebauliche Untersuchung

Der Entwurf weist eine hohe Kompaktheit der Baukörper sowie eine hohe bauliche Dichte auf. Hocheffizienzgebäude wie Passivhaus und KfW Effizienzhaus 40 lassen sich dadurch mit relativ geringem Aufwand beim Wärmeschutz der Gebäudehülle und somit kostengünstig umsetzen.

Die Berechnungen zeigen, dass die mit der städtebaulichen Dichte einhergehende stärkere Verschattung im Neubaugebiet Bayernkaserne für die Einhaltung der Effizienzstandards dagegen nachrangig ist.

Aufteilung in die Teilgebiete B1 und B2

Eine räumliche Abgrenzung und Aufteilung in Teilgebiete mit teilweise höheren Anforderungen an Energiestandard und/oder Wärmeversorgung lässt sich nicht begründen. Es ist keine natürliche Abgrenzung vorhanden; auch in Hinblick auf die Ziele des Klimaschutzes kann keine Abgrenzung abgeleitet werden. Der Ausschluss vom Fernwärmeanschluss in einem Teilgebiet ist gegenüber den Investoren nur schwer zu vermitteln. Die Etablierung einer eigenen lokalen, dezentralen oder blockzentralen Versorgung bringt hohe Investitionskosten mit sich.

Es wird daher vorgeschlagen, die Aufteilung in die Teilgebiete fallen zu lassen.

Energiestandards Hocheffizienzgebäude

Da die Landeshauptstadt München in eigenen Liegenschaften volle Handlungsfreiheit besitzt, wird vorgeschlagen, die eigenen Gebäude in der Bayernkaserne (Schulen etc.) in jedem Fall als Hocheffizienz-Gebäude auszuführen.

Im Gesamtgebiet sollten alle diskutierten Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes und zur regenerativen Versorgung einzelner Gebäude realisiert werden.

2.2 Energiebedarf und Energieversorgung

Einsparpotentiale Energie für Heizung und Warmwasserbereitung

Gegenüber der Ausführung aller Gebäude im Münchner Standard (nach Öko-Kriterien-Katalog)[1] lassen sich im Untersuchungsgebiet Bayernkaserne ca. 18% an

[1] Siehe Kap. 3.9.3

Nutzenergie zur Beheizung (Heizenergie) einsparen, wenn ca. 1/3 der Gebäudeflächen als KfW Effizienzhaus 40[2] ausgeführt werden.

Wenn alle Gebäude als Hocheffizienzgebäude (auf dem Niveau von Passivhaus- oder KfW Effizienzhaus 40 - Standard) errichtet werden, liegt das Gesamt-Einsparpotential Heizenergie gegenüber dem Münchner Standard liegt bei ca. 71%.

Neben der Bereitstellung von Heizenergie ist ein vom Energiestandard unabhängiger Sockelbetrag für Warmwasserbereitung notwendig, aufgrund dessen die Einsparung von Endenergie weniger gravierend ausfällt. Gegenüber der Ausführung im Münchner Standard kann ein Einsparpotential von maximal 38,6% Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung erwartet werden, wenn alle Gebäude als Hocheffizienzgebäude (Passivhaus, KfW Effizienzhaus 40) errichtet werden.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es für eine zentrale Wärmeversorgung notwendig, einen Schwellenwert des Wärmeabsatzes nicht zu unterschreiten. In der Bayernkaserne sind jedoch auch unter Annahme von Hocheffizienzgebäuden die Nachfragedichte Endenergie (Heizung und Warmwasserbereitung) sowie die Heizlast für die Versorgung aus zentraler Quelle (Nahwärme, Fernwärme) ausreichend.

Strombedarf Haushalt, Gewerbe und Kühlung

Der Einfluss der Stadtbauplanung auf den späteren Verbrauch an Strom ist marginal, da dieser von der Geräteausstattung der Wohnungen und Gewerbeeinheiten und vom Nutzerverhalten abhängig sind. Da der Sektor Wohnen den Strombedarf der künftigen Siedlung jedoch extrem dominiert, sollten Maßnahmen vorrangig in diesem Sektor angegangen werden.

Nach Stromspiegel kann hier ein Potential von 62% Einsparung gegenüber dem derzeit erwarteten mittleren Stromverbrauch angegeben werden.

Sehr wohl kann aber die lokale Erzeugung von PV-Strom zur Verbrauchs- und damit zur CO_2-Minderung beitragen. Durch die dichte Bebauung und die Anforderungen zur Dachbegrünung bzw. Erholungsflächen auf den Dächern steht jedoch verhältnismäßig wenig Fläche für Photovoltaik zur Verfügung. Der potentielle Ertrag beträgt daher in der Jahresbilanz nur rd. 61% des Bedarfs an Haushaltsstrom. Um wenigstens einen 90%igen Deckungsanteil zu erreichen, sind umfangreiche Stromsparmaßnahmen notwendig.

[2] Basis der Betrachtung ist die Ausführung nach dem gesetzlichen Standard, wobei EnEV 2016, KfW Effizienzhaus 70 und Münchner Standard werden als gleichwertig angesehen werden. Die Szenarien sind in Kap. 4.6 ausgeführt.

Versorgung der Gebäude mit Wärme für Heizung/Warmwasser und Kälte

Versorgung mit Fernwärme

Für das Neubaugebiet der Bayernkaserne steht Fernwärme der Stadtwerke München GmbH (SWM) zur Wärmeversorgung mit ausreichend Leistung und ausreichend hohen Temperaturen zur Verfügung. Die LHM gewährt der Fernwärme Vorrang. Die SWM sind zur Versorgung bereit; die Hemmnisse insbesondere bei der Umsetzung durch Investoren werden als gering eingestuft.

Aus der Nutzwertanalyse ist ersichtlich, dass die Verwendung der Fernwärme der Stadtwerke München einen hohen Nutzwert bei guter Umsetzbarkeit besitzt. Die Einsparung von Treibhausgasen ist jedoch gegenüber Standardlösungen (Gasbrennwert-Solar) gering.

Versorgung mit regenerativen Energien

Im Bereich der Bayernkaserne stehen nicht ausreichend Energiequellen zur Verfügung, um eine flächendeckende Vollversorgung mit regenerativen Energien zu erreichen. Die Versorgung von Einzelgebäuden, Teilbereichen oder eine ergänzende regenerative Versorgung ist jedoch grundsätzlich möglich.

So ist eine Wärmeversorgung mit Erdsonden, die auf den Grundstücken untergebracht werden, in Verbindung mit Wärmepumpen prinzipiell überall möglich[3]. Einzelne Gebäude können mit Abwasserwärme und Wärmepumpe oder mit Grundwasserwärmepumpe versorgt werden. Eine Lösung, die vor allem im Büro- und Gewerbebereich den Vorteil der regenerativ gestützten Kühlung mit sich bringt, ist die Versorgung mit Wärmepumpe und Erdpfählen oder Eisspeicher. Allen genannten Varianten ist jedoch gemeinsam, dass sie mit deutlich höheren Investitionskosten, höherem Flächenbedarf etc. einhergehen. Die Nutzwertanalyse zeigt daher, dass mit Hemmnissen in der Umsetzung zu rechnen ist.

Eine weitere Möglichkeit regenerativ betriebener Wärmeversorgung besteht im Bau eines Nahwärmenetzes mit BHKW Zentrale. Mögliche Standorte hierfür konnten identifiziert werden. Wird das BHKW mit einem hohen Biogas-Anteil betrieben, so ergibt sich eine gute Umweltwirkung. Der zu erwartende Wärmepreis ist jedoch umso höher, je höher der Biogasanteil ist. Ein eigenständiges Nahwärmenetz macht jedoch nur Sinn, wenn der zukünftige Betreiber unabhängig von den Stadtwerken München agieren soll.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, ein Biogas-BHKW und/oder weitere regenerativ erzeugte Wärme (auch aus Holzhackschnitzel) irgendwo im Netz der SWM anzukoppeln. In diesem Fall verbessert sich der CO_2-Faktor der Fernwärme insgesamt (in Abhängigkeit der Einspeisung). Durch Verrechnung (z.B. durch ein Vertriebsmodell „grüne Fernwärme“) könnte die CO_2-Verbesserung auch direkt dem Neubaugebiet Bayernkaserne zu Gute kommen.

---

[3] Alle Aussagen beziehen sich auf die prinzipielle Machbarkeit bzw. Potentiale. Zum jetzigen Zeitpunkt sind für eine tatsächliche Umsetzung noch weitere Informationen z.B. über Geologie notwendig.

2.3 Umwelt- und Klimabilanz

Bezüglich der Klimabilanz ergibt sich ein stark konträres Bild je nach Betrachtungswinkel. Der Primärenergie-Aufwand ist ein Maß für den Regenerativanteil, während die CO_2-Emissionen (genauer die auf das CO_2-Äquivalent bezogenen Emissionen aller Treibhausgase) ein Maß für die Klimawirksamkeit darstellt.

Beim Primärenergieaufwand schneidet die Fernwärme der SWM aufgrund der Stromverdrängung der Kraft-Wärmekopplung sehr gut ab. Dies hat zur Folge, dass die Nachweise nach EnEV (welche auf einer Primärenergiebilanz beruhen) auch für Hocheffizienzgebäude sehr leicht zu führen sind. Der Nachweis kann auch nicht mehr durch die Annahme einer voll regenerativen Versorgungsart (als Beispiel wurde Holz betrachtet) erleichtert werden. Mit teilregenerativer Versorgung ist zumindest der Standard KfW Effizienzhaus 55 noch leicht umsetzbar.

Anders ist die Beurteilung nach Treibhausgasemissionen (bzw. CO_2-Äquivalenten): Hier schneidet die Fernwärmeversorgung der SWM nur wenig günstiger als eine angenommene Basis-Wärmeversorgung mit solarthermisch unterstütztem Gasbrennwertkessel (Standard EnEV Referenzgebäude) ab. Günstig sind Versorgungsarten, die geringe Treibhausgasemissionen verursachen. Die Wärmeversorgung durch eine holzbefeuerte Anlage ist CO_2-seitig vergleichsweise günstig, jedoch aus Gründen der lokalen Emission nicht realisierbar.

Aufgrund der großen Diskrepanz im Nutzwert der Versorgungsarten muss der Fokus beim Klimaschutz in der geplanten Siedlung Bayernkaserne auf der Verbesserung der Gebäudehülle liegen. Dieser Weg ist realistisch, da die Stadtstruktur bei der gegebenen Kompaktheit der Gebäude diesbezüglich nur einen geringen Mehraufwand erfordert.

Ein hoher baulicher Standard (Wärmeschutz der Gebäudehülle) führt unmittelbar zu einer hohen Einsparung an Heizenergie. Wird das Gesamtgebiet z.B. im Passivhausstandard errichtet, lässt sich auch unter Annahme von Fernwärme für die Wärmeversorgung gegenüber dem Münchner Standard ein hoher Betrag an Treibhausgasen von ca. 1850 t/a einsparen. Durch diese Kombination kann eine ähnlich gute Klimawirksamkeit wie mit dem Münchner Standard und teilregenerativer Versorgung (z.B. die flächendeckend unrealistische Versorgungsart Wärmepumpe PV unterstützt oder Biogas-BHKW mit 30% Biogasanteil) erreicht werden.

Klimaneutralität

Durch die dichte städtebauliche Situation mit überwiegend fünf- bis sechsgeschossigen Gebäuden stehen in Relation zu den Wohn- und Nutzflächen wenig Dachflächen zur Verfügung. Daher ist es nicht möglich, die bilanzierten CO_2-Emissionen durch PV-Stromerzeugung im Gebiet auszugleichen.

Trotzdem würde Stromerzeugung aus PV oder Biogas-BHKW einen wertvollen Schritt auf dem Weg zur Klimaneutralität darstellen. Bilanziell kann die Eigen-

produktion entweder den Stromsektor (ohne Verkehr) ausgleichen, wenn umfassende Stromsparmaßnahmen umgesetzt werden. Oder es können die Emissionen ausgeglichen werden, wenn Hocheffizienzgebäude (Passivhaus, KfW Effizienzhaus 40) mit der Fernwärme der SWM oder Nahwärme aus einem Biogas-BHKW versorgt werden.

Umsetzung

Kap. 10.3 enthält einen Katalog der Maßnahmen im Regelablauf als Empfehlung für zukünftige Baugebiete.

2.4 Empfehlungen

Empfehlungen für das Neubaugebiet Bayernkaserne

Wir empfehlen die städtebauliche Entwicklung in der Linie der vorhandenen Entwürfe weiter zu verfolgen und in den nachfolgenden Planungsschritten entsprechend zu qualifizieren. Im weiteren Verlauf der Planung sollte verstärkt Augenmerk auf die stadtklimatische Situation (Überhitzung im Sommer) gelegt werden.

Die höchste Einsparung an klimarelevanten Treibhausgasen lässt sich am besten durch Verbesserung der Gebäude über das von der EnEV geforderte Maß hinaus erreichen. Die sehr kompakten Gebäude-Strukturen bieten die Chance einer wirtschaftlichen Umsetzung von Hocheffizienzgebäuden im KfW Effizienzhaus 40 Standard oder Passivhausstandard.

Daher sollten Investitionen zunächst in Effizienztechnik der Gebäudehülle erfolgen. Wir empfehlen die flächendeckende Festlegung des Passivhausstandard, ersatzweise KfW Effizienzhaus 40 Standard. Mindestens sollte ein Drittel der anvisierten Wohnfläche im Passivhausstandard oder KfW Effizienzhaus 40 Standard fixiert werden. Die übrigen Gebäude sollen dann im KfW Effizienzhaus 55 Standard realisiert werden.

Mit Ziel der Klimaneutralität wäre der Plusenergiestandard für die Gebäude notwendig. Hierzu sind alle technischen Maßnahmen zur Reduktion des Endenergiebedarfs zu ergreifen – allen voran die Minimierung des Heizwärmebedarfs.

Eine nachvollziehbare Abgrenzung eines Teilgebiets B2 konnte nicht gefunden werden. Die Umsetzung von Effizienzgebäuden im Standard Passivhaus oder KfW Effizienzhaus 40 wird daher unabhängig von einer Gebietsabgrenzung empfohlen.

Direkten Einfluss hat die Landeshauptstadt München in eigenen Liegenschaften (Schulen etc.). In diesen Gebäuden sollten auf jeden Fall höchste Energiestandards umgesetzt werden.

Aufgrund der hohen baulichen Dichte ist der Bedarf an Strom im Neubauquartier nur schwer durch Photovoltaik auf den Dächern zu decken, auch wenn alle verfügbaren Flächen genutzt werden. Wir empfehlen, umfangreiche Stromsparmaßnahmen in allen Haushalten anzustreben. Damit kann der bilanzielle Betrag von rd. 61% Deckung durch PV-Strom auf 90% erhöht werden. Zum Erreichen dieses Ziels sind zu einem späteren Zeitpunkt intensive Beratung bzw. Förderung der Haushalte und Gewerbetreibenden notwendig.

Im Rahmen des Stadtplanungsprozesses sollten die Voraussetzungen für eine möglichst flächendeckende Belegung der Dächer mit Photovoltaik geschaffen werden. Hierzu sind die bestehenden Vorschriften (Dachrandabstand, Dachbegrünung, Dachgärten etc.) zu prüfen. Es ist sinnvoll, eine Verpflichtung zur Belegung der Dachflächen mit PV-Anlagen in die Kaufverträge aufzunehmen.

Wir empfehlen den flächendeckenden Anschluss der Gebäude an die Fernwärme der Stadtwerke München. Gleichzeitig sollte auf die Stadtwerke eingewirkt werden, dass die Fernwärmeerzeugung und -versorgung in viel stärkerem Maß als bislang regenerativ und klimaschonend erfolgt. Alle Maßnahmen vor Ort, die zu einer im Temperaturniveau angepassten und effizienten Fernwärme führen, sollten durchgeführt werden. Dazu gehören die Absenkung der Vorlauftemperaturen sowie die Ausnutzung der Temperaturspreizung durch Rücklauftemperaturabsenkung.

Eine weitere Möglichkeit wäre, voll regenerativ erzeugte Wärme an geeigneter Stelle im Stadtgebiet ins Netz der Stadtwerke einzukoppeln und über ein Vertriebsmodell „grüne Fernwärme“ in der Bayernkaserne anzubieten.

Alternativ zur Versorgung mit Fernwärme SWM wäre eine gebietsbezogene Nahwärmelösung möglich. Da hierfür jedoch nicht nur ein interessierter, unabhängiger Betreiber gefunden werden müsste, sondern auch mit höheren Wärmepreisen zu rechnen wäre, werden die Realisierungs-Chancen hierfür als gering eingeschätzt.

Allgemeine Empfehlungen für Neubaugebiete

Der bislang gültige Münchner Standard ist mit Einführung der EnEV 2014/2016 obsolet. Grundsätzlich wäre der LHM zu empfehlen, im Rahmen des FES und des „Ökologischen Kriterienkatalogs“ etc. einen neuen „Münchner Standard“ zu etablieren, der dem Effizienzhaus 40 Standard der KfW entspricht. Für Einzelgebäude und modellhafte Siedlungen ist darüber hinaus die Realisierung des Plusenergiehaus-Standards sinnvoll.

Die Münchner Förderprogramme sollten konsequent fortgeführt und angepasst werden.

Zu beachten ist, dass aus städtebaulicher Sicht einige Anforderungen an Schallschutz, Klimafolgeanpassung etc. Hand in Hand mit hohen Energiestandards gehen.

Wir empfehlen künftig weiterhin die Etablierung eines Workshops mit Stadtplanern, Energieplanern und ggf. weiteren Experten als Standard-Verfahren für Neubau- oder Sanierungsgebiete.

Im Kontext der städtebaulichen Planungen sind grundsätzlich Energiekonzeptionen einzubeziehen. Folgende Untersuchungen sind relevant:

- Erhebung der Nutzungen (und des damit verbundenen Einflusses auf den Energiebedarf).
- Untersuchung von Ansätzen bzw. Maßnahmen zur Minimierung des Energieverbrauchs für Heizung, Warmwasser, Kühlung durch bereits in der Stadtplanung formulierten Maßnahmen (z.B. Verschattung, Energie-standards).
- Prüfung von möglichen Arten zur Energieversorgung. Identifikation und Prüfung lokaler regenerativer Energiequellen nach dem hier dargestellten Nutzwertverfahren und Vergleich mit Standard-Technik.
- Identifizierung von Hemmnissen der Umsetzung. Empfehlung von geeigneten und wirtschaftlichen Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen.

3 Grundlagen

3.1 Beschreibung des Baugebiets

Das Areal der ehemaligen Bayernkaserne[4] ist ca. 48 ha groß und liegt im Münchner Norden im Stadtteil Schwabing-Freimann (Abb. 1).

Derzeit werden die noch bestehenden Gebäude des Planungsgebiets hauptsächlich als Flüchtlingsunterkünfte und als Unterkünfte für Obdachlose genutzt. Das Planungsgebiet ist weitgehend eben. Die Fläche ist eine der letzten im Münchner Stadtgebiet verfügbaren Reserven im Eigentum der Landeshauptstadt München, die eine großflächige städtebauliche Entwicklung erlaubt.

Um eine hohe Qualität der Planung zu erreichen, wurde 2014 ein beschränkter zweiphasiger Realisierungswettbewerb durch die Landeshauptstadt München ausgelobt.

Die Wettbewerbssieger (Dudler / Hilmer & Sattler) sind beauftragt, eine Master-planung sowie einen Gestaltungsleitfaden zu erstellen.

[4] Zur Geschichte der Bayernkaserne siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Bayern-Kaserne

3.2 Städtebaulicher und landschaftsplanerischer Realisierungswettbewerb

Die vorliegende Planung basiert auf dem 1. Rang des städtebaulichen und landschaftsplanerischen Wettbewerbs „Ehemalige Bayernkaserne“ (Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung).

Wettbewerbsaufgabe (Auszug)

Von den teilnehmenden Arbeitsgemeinschaften wird ein Vorschlag für ein urbanes, dichtes Quartier mit mindestens 3.000 und bis zu 5.000 Wohnungen für mindestens 7.500 Einwohnerinnen und Einwohner sowie den dazugehörigen Grün- und Freiflächen und sozialen Infrastruktureinrichtungen erwartet. Dabei sind gleichzeitig überzeugende städtebauliche und landschaftsplanerische Qualitäten zu entwickeln.

Anlass und Ziel des Wettbewerbs (Auszug)

„Auf dem Gelände der ehemaligen Bayernkaserne in Freimann soll von 2020 an ein neues Stadtquartier mit rund 4.000 Wohnungen entstehen. Das etwa 48 Hektar große Areal ist seit Mitte 2011 im Eigentum der Stadt und bietet enorme Chancen für die Münchner Stadtentwicklung und den angespannten Wohnungsmarkt. Neben den Wohnungen sind auf der militärischen Konversionsfläche mehrere Kindertagesstätten, eine Grundschule sowie ein Schulzentrum mit Grundschule und Gymnasium geplant. Hinzu kommen öffentliche und private Freiflächen sowie eine Feuerwache an der Heidemannstraße. Für die Verlängerung der Trambahnlinie 23 führt eine Trasse durch das Gelände, in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung werden Fuß- und Radwege angelegt. Mit der Neuplanung bietet sich die Chance, ein urbanes, innovatives und vielfältig gemischtes Wohnquartier mit hohem Identifikationspotenzial für die Bewohnerinnen und Bewohner zu schaffen. Das Gebiet soll mit den umgebenden Stadtquartieren intensiv vernetzt werden und auch zur Verbesserung des Umfeldes beitragen“.[5]

„Ein besonderes Gewicht liegt auf der Entwicklung eines nachhaltigen Stadtquartiers mit einem zukunftsfähigen Energiekonzept, das die Optimierung bzw. Reduktion des Energiebedarfs sowie die Energiebedarfsdeckung durch u.a. regenerative Energien umfasst. Daneben soll der sorgfältige Umgang mit Ressourcen betrachtet und langfristig eine hohe ökologische und soziale Qualität des Gebiets gesichert werden. Dabei sind die soziokulturellen, ökologischen und ökonomischen Aspekte einer nachhaltigen Stadtentwicklung in der Planung zu berücksichtigen“.[6]

Damit wurde bereits in der Wettbewerbsaufgabe neben den städtebaulichen und sozialen Qualtäten ein schonender Umgang mit Ressourcen und Nachhaltigkeit in

---

5 Zitat nach https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Stadt-und-Bebauungsplanung/Wettbewerbe/Ehemalige-Bayernkaserne.html)

6 Zitat nach der Auslobung Beschränkter Realisierungswettbewerb 18.7.2015 https://www.competitionline.com/de/ausschreibungen/134472

der Stadtentwicklung gefordert. Die Planungsziele sollen in den nachfolgenden Planungs- und Verfahrensschritten sukzessive weiter entwickelt und konkretisiert werden.

3.3 Umgebung

Das Gebiet liegt im Münchner Stadtteil Freimann. Es wird nördlich von der Heidemannstraße, eine der großen Verkehrsadern von München, begrenzt (Abb. 1). Im Süden grenzt das Plangebiet an den Euro-Industriepark. In diesem Gewerbegebiet befinden sich hauptsächlich großflächige Handelsunternehmen wie V-Markt, Mediamarkt, Radl Bauer, Poco, real, Metro u.a. Im Osten liegen weitere große Lagerhallen und das Zenith Kulturzentrum, daran angrenzend (Heidemannstraße 164) das BMW-Werk 0.1 + 1.9. Noch weiter östlich (ca. 700 m Luftlinie) befindet sich das MOC Veranstaltungscenter der Messe München.

Abb. 1 Satellitenbild Umgebung und ungefähre Abgrenzung des Baugebiets. Quelle: Google Maps.

3.4 Planerische Grundlagen

Basis der Untersuchung ist der „Grundlagenplan Stand Wettbewerb“ ARGE Dudler/Hilmer Sattler/AGS v. 16.07.2015 (Abb. 2).

Die Baufelder (Carrées) wurden durch die Architekten in Achsen (Zeilen und Spalten) eingeteilt z.B. B3 (siehe auch Pläne im Anhang). Unter Bezugnahme auf

diese Achsen wurden die Gebäude ggf. nochmals weiter untergliedert z.B. „E5.1“ Die Gebäude-Nutzungen wurden anhand dieses Planes angenommen.

Die Gebäude wurden incl. Achse 8 berücksichtigt, Gebäude östlich davon ab Achse 9 (BAY OST) wurden nicht berücksichtigt (im Plan ausgegraut). Hier schließt ein Gebiet im Besitz eines privaten Vorhabensträgers an, das zwar synchron entwickelt wird, aber nicht Gegenstand dieser energiebezogenen Untersuchung ist.

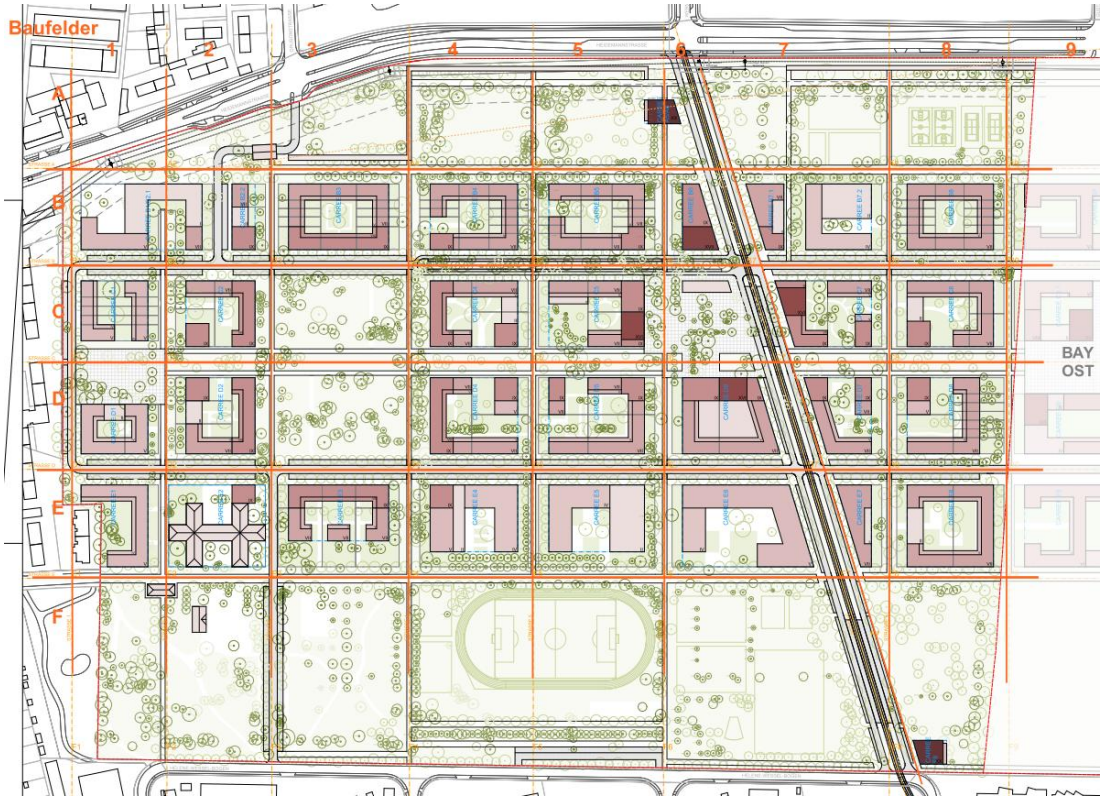


Abb. 2 Neubebauung Bayernkaserne Grundlagenplan Stand 16.07.2016, Arge Dudler/Hilmer&Sattler (Auszug). Die Achsen und Baufelder wurden der besseren Sichtbarkeit wegen nochmals verdeutlicht. *Siehe auch Anhang Pläne*.

3.5 Gebäude

Bis auf die Gebäude E2 werden alle Gebäude der bestehenden Bayernkaserne abgerissen. Im Entwurf ist überwiegend Wohnbebauung vorgesehen.

Entsprechend dem Planentwurf wurde in B1 eine Feuerwache, in B7.2, B7.3, E5 und E6 Schulgebäude mit Sporthallen sowie in D5.2 ein Altenzentrum angenommen. In den Erdgeschossen der Gebäude rund um die zentralen Plätze wurde Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD) vorgesehen.

Die mittlere Haushaltsgröße soll rd. 2,5 Personen je Haushalt betragen und liegt damit über dem Durchschnitt in München. Der Planung nach soll auch ein höherer Kinderanteil dort wohnen; dem wird durch die schulischen Angebote vor Ort Rechnung getragen.

Das neue Stadtquartier soll nach der sog. "Münchner Mischung" mit Miet- und Eigentumswohnungen für möglichst alle Einkommensgruppen realisiert werden. Erreicht wird dies durch eine Aufteilung von 50 % gefördertem Wohnungsbau und 50 % freifinanziertem Wohnungsbau auf den städtischen Flächen.

Zum geförderten Wohnungsbau zählen dabei der Mietwohnungsbau für untere und mittlere Einkommensgruppen (30 %) und der Miet- und Eigentumswohnungsbau des Münchner Modells für mittlere Einkommensgruppen (20 %). Im freifinanzierten Wohnungsbau sollen 40 % des gesamten Wohnbaurechts für eine Bebauung durch Baugemeinschaften und Genossenschaften reserviert werden. Somit verbleiben 10 % für den ungebundenen freifinanzierten Wohnungsbau[7].

3.6 Energieversorgung

Grundversorger sind die Stadtwerke München SWM. Derzeit liegen im Areal Versorgungsleitungen für Wasser, Abwasser, Strom und Fernwärme. Da die bestehende Grundstruktur der Verkehrswege nicht erhalten bleibt, muss von einer vollständigen Neuerschließung des Baugebiets ausgegangen werden.

Das Gebiet kann gut mit Fernwärme der SWM erschlossen werden. Südlich des Gebiets befindet sich eine Fernwärme-Hauptleitung, die zur Versorgung des Plangebiets herangezogen werden kann. Die Kapazitäten des Netzes sind laut Auskunft der SWM ausreichend. Die Stadtwerke sind zur Versorgung bereit.

3.7 Stromverbrauchsdaten in München

Der Stromverbrauch in Privathaushalten (Sektor Wohnen) ist sehr stark von der Geräteausstattung und der Haushaltsgröße abhängig (Abb. 3). Kleine Haushalte mit ein bis zwei Personen zeigen einen Sockelbetrag; je mehr Personen im Haushalt leben, umso geringere spezifische Verbräuche Strom je Person sind zu erwarten. Umgerechnet auf die mittlere Wohnfläche von rd. 38,6 m² je Person (MFH) sind in einem Drei-Personenhaushalt Verbrauchswerte zwischen 15,5 kWh/(m²a) Wohn- oder Nutzfläche (sehr sparsam – Kat. A) bis 34,5 kWh/(m²a) (sehr hoch – Kat. G) zu erwarten.

Für die Prognose des mittleren Stromverbrauchs in der Bayernkaserne wurde daher eine Methode gewählt, die eine mögliche Verteilung der Haushaltsgrößen berücksichtigt.

7 Lt. Mitteilung Stadtplanung / RGU.

Mittelwerte Stromverbrauch in München

Laut amtlicher Erhebung waren im Dezember 2013 1.492.677 und im Dezember 2014 1.519.015 wohnberechtigte Einwohner mit Haupt- oder Nebenwohnsitz in München gemeldet.[8] Damit waren im Mittel 1.505.846 Einwohner gemeldet.

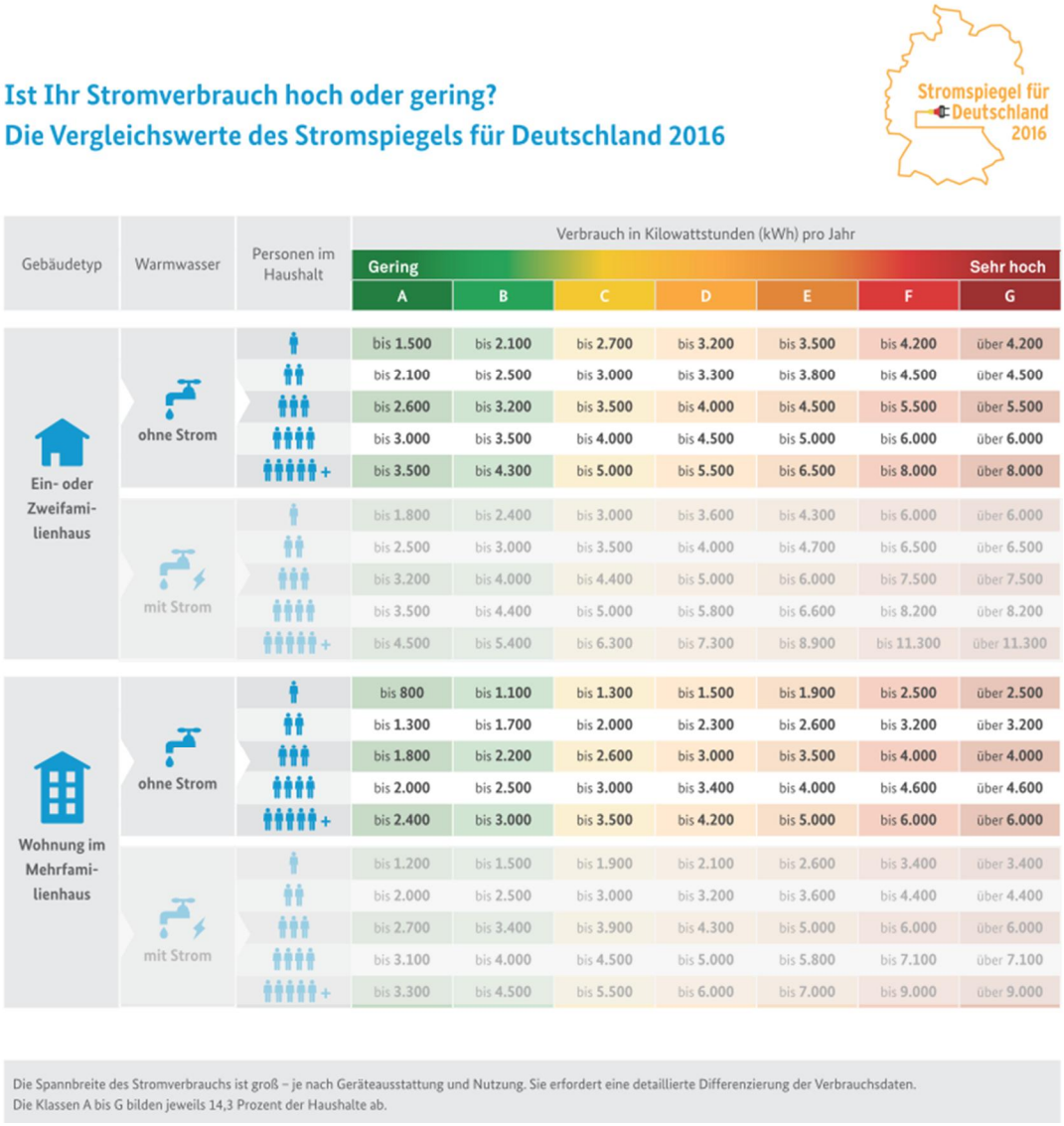
Laut Überarbeitung der Klimaschutzstrategie bis 2050 (Öko-Institut)[9] wurden 2014 in München rd. 2.237 GWh/a Strom im Sektor Privathaushalte (ohne Verkehr) verbraucht. Die Angaben beruhen auf korrigierten Verbrauchszahlen der Stadtwerke und einer Abschätzung der Aufteilung nach Sektoren. Die Betrachtung der Stromverbrauchsentwicklung zwischen den Jahren 1990 und 2014 zeigt eine Änderung um +15,4 %, das entspricht einer jährlichen Zunahme von rund 0,6 % bezogen auf den Ausgangswert. Im Sektor private Haushalte bleibt der Stromverbrauch jedoch nahezu konstant.

Das statistische Landesamt weist zum 31. Dezember 2013 einen Bestand von 766.586 Wohnungen mit insgesamt 55.177.988 m² aus[10]. Damit liegt der mittlere Stromverbrauch für einen Haushalt mit im Mittel **2,31 Personen bei 3.339 kWh/a**. Nach dem Stromspiegel Deutschland entspricht dies etwa der Kategorie E – F im Mehrfamilienhaus (Abb. 3) und wird somit als hoher Verbrauch eingeordnet. Bezogen auf die Wohnfläche liegt der Mittelwert bei **39,5 kWh/(m²a).**

8 Quelle: Referat für Stadtplanung und Bauordnung, Demografiebericht München – Teil 1, Stand Mai 2015, S.14

9 Quelle: Klimaschutzziel- und -strategie München 2050. Öko-Institut. Entwurf Zwischenbericht vo.5.4.16 (nicht veröffentlicht).

10 Statistik Kommunal 2014 Kreisfreie Stadt München. Bayrisches Landesamt für Statistik. Tab. 13. Bestand an Wohngebäuden und Wohnungen am 31. Dezember 1995, 2011, 2012 und 2013



Ist Ihr Stromverbrauch hoch oder gering?
Die Vergleichswerte des Stromspiegels für Deutschland 2016

Stromspiegel für Deutschland 2016

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			Gering						Sehr hoch
			A	B	C	D	E	F	G
Ein- oder Zweifamilienhaus	ohne Strom	1	bis 1.500	bis 2.100	bis 2.700	bis 3.200	bis 3.500	bis 4.200	über 4.200
		2	bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.300	bis 3.800	bis 4.500	über 4.500
		3	bis 2.600	bis 3.200	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.500	über 5.500
		4	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000
		5+	bis 3.500	bis 4.300	bis 5.000	bis 5.500	bis 6.500	bis 8.000	über 8.000
	mit Strom	1	bis 1.800	bis 2.400	bis 3.000	bis 3.600	bis 4.300	bis 6.000	über 6.000
		2	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.700	bis 6.500	über 6.500
		3	bis 3.200	bis 4.000	bis 4.400	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.500	über 7.500
		4	bis 3.500	bis 4.400	bis 5.000	bis 5.800	bis 6.600	bis 8.200	über 8.200
		5+	bis 4.500	bis 5.400	bis 6.300	bis 7.300	bis 8.900	bis 11.300	über 11.300
Wohnung im Mehrfamilienhaus	ohne Strom	1	bis 800	bis 1.100	bis 1.300	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.500	über 2.500
		2	bis 1.300	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.300	bis 2.600	bis 3.200	über 3.200
		3	bis 1.800	bis 2.200	bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	über 4.000
		4	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.400	bis 4.000	bis 4.600	über 4.600
		5+	bis 2.400	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.200	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000
	mit Strom	1	bis 1.200	bis 1.500	bis 1.900	bis 2.100	bis 2.600	bis 3.400	über 3.400
		2	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.200	bis 3.600	bis 4.400	über 4.400
		3	bis 2.700	bis 3.400	bis 3.900	bis 4.300	bis 5.000	bis 6.000	über 6.000
		4	bis 3.100	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.000	bis 5.800	bis 7.100	über 7.100
		5+	bis 3.300	bis 4.500	bis 5.500	bis 6.000	bis 7.000	bis 9.000	über 9.000

Die Spannbreite des Stromverbrauchs ist groß – je nach Geräteausstattung und Nutzung. Sie erfordert eine detaillierte Differenzierung der Verbrauchsdaten.
Die Klassen A bis G bilden jeweils 14,3 Prozent der Haushalte ab.

Abb. 3 Stromspiegel – Vergleich des Stromverbrauchs in Deutschland. Quelle: BMUB, http://www.die-stromsparinitiative.de/stromspiegel/

3.8 Vorgaben zu energetischen Standards in der Bayernkaserne

Nach den Vorgaben des Auftraggebers soll das Baugebiet in zwei Teilgebiete aufgeteilt werden:

- Teilgebiet B1: Hier gilt der Münchner Energie-Standard (nach dem Ökologischen Kriterien-Katalog; siehe Kap. 3.10 und 4.10); dieses Teilgebiet soll mit Fernwärme versorgt werden. Das Teilgebiet soll ca. 2/3 des Gesamtgebiets einnehmen
- Teilgebiet B2: Hier soll ein verbesserter Energiestandard zur Anwendung kommen; das Gebiet soll mit regenerativen Energien versorgt werden, CO_2-Neutralität wird angestrebt. Das Teilgebiet soll ca. 1/3 des Gesamtgebiets umfassen (s.a. Kap. 4.6).

3.9 Rahmenbedingungen Klimaschutz und Energieeffizienz in München

3.9.1 Das „Integrierte Handlungsprogramm Klimaschutz in München IHKM“

„Mit einem Grundsatzbeschluss hat der Münchner Stadtrat Ende 2008 eine referatsübergreifende Steuerung der städtischen Klimaschutzaktivitäten festgelegt. Ziel ist es, die Effizienz der ergriffenen Maßnahmen zu steigern und Synergien besser zu nutzen. Das Referat für Gesundheit und Umwelt (RGU) bekam die Aufgabe übertragen, in enger Abstimmung mit allen städtischen Referaten und Dienststellen ein „Integriertes Handlungsprogramm Klimaschutz in München (IHKM)“ zu entwickeln. Fachliche Grundlage des IHKM ist das Gutachten des Öko-Instituts „Kommunale Strategien zur Reduktion der CO_2-Emissionen um 50 Prozent am Beispiel der Stadt München“ aus dem Jahr 2004. Das Gutachten definiert rund 40 Handlungsfelder, auf denen die Kommune Einfluss nehmen kann, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren und quantifiziert das technisch mögliche Reduktionspotenzial. Das erste Maßnahmenpaket des IHKM – das „Klimaschutzprogramm 2010“ – umfasst die Aktivitäten für den Zeitraum von 2010 bis 2012 und wurde 2010 beschlossen. Die vom Öko-Institut definierten rund 40 Handlungsfelder wurden zu 7 Handlungsfeldern zusammengefasst. Zu jedem dieser Handlungsfelder wurde eine referatsübergreifende Arbeitsgruppe gebildet, deren Aufgabe es ist, neue Maßnahmen zu entwickeln und die bestehenden Maßnahmen zu evaluieren und fortzuschreiben.

Mit dem Beschluss der Vollversammlung am 20. November 2014 wurde das „Klimaschutzprogramm 2015“ beschlossen. Die zweite Fortschreibung des IHKM enthält Maßnahmen für den Umsetzungszeitraum 2015 bis einschließlich 2017.

Insgesamt hat die Stadtverwaltung für drei Jahre 97,9 Millionen Euro erhalten um 87 Einzelmaßnahmen aus insgesamt acht Handlungsfeldern umzusetzen. Hiervon sind 61 Maßnahmen Fortschreibungen aus den vorangegangenen Programmen. Nach wie vor ist die Sanierung der stadteigenen Gebäude durch das Baureferat einer der Schwerpunkte des IHKM. Hierfür werden über das IHKM in den nächsten drei Jahren 70,8 Millionen Euro investiert werden. Auch das Budget für das bewährte Förderprogramm Energieeinsparung (FES) des Referats für Gesundheit und Umwelt wird 2015 bis 2017 erneut von 10 auf rund 14 Millionen Euro aufgestockt. Zu den thematischen Schwerpunkten des Klimaschutzprogramms 2015 zählen zudem Maßnahmen, die den Energieverbrauch im Gewerbe senken. Es handelt sich hierbei sowohl um Beratungsangebote als auch Förderprogramme. Außerdem wurden die Mittel für eine zunehmende Anzahl an Maßnahmen im Bereich Bewusstseinsbildung angehoben“[11]*.*

[11] Zitat nach https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Klimaschutz_und_Energie/Klimaschutzstrategie/IHKM.html

Abb. 4 Handlungsfelder des IHKM. Quelle Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

Als Maßnahme sind im Integrierten Handlungsprogramm Klimaschutz in München unter anderem angegeben[12]:

- Fortschreibung der Aufstockung des Förderprogramms Energieeinsparung (FES)
- Klimaschutzmaßnahmen der städtischen Wohnungsbaukonzerne GWG und GEWOFAG
- Höhere energetische Standards im geförderten Wohnungsbau
- Energiekonzepte für neue Baugebiete
- Klimafunktionsanalysen und Studien zu Auswirkungen des Klimawandels und deren Integration in die Bauleitplanung
- Szenarien zur Umsetzung der 2000-Watt Gesellschaft
- Förderprogramm für energieeffiziente Planung von Gewerbeneubauten sowie der energetischen Sanierung im Bestand der Gewerbebauten im Stadtgebiet
- Investitionszuschüsse für Wärmedämmung und hocheffiziente Energiespeicher im Bestand und Neubau von Gewerbeimmobilien
- Ausbau des Fernwärmenetzes
- SWM Ausbauoffensive erneuerbare Energien, Nutzung der Tiefengeothermie durch SWM
- Fortschreibung der energetischen Standards im Neubau und Gebäudebestand (städtischer Gebäude)
- Intensivierung des Erfahrungsaustausches zum nachhaltigem Bauen (DGNB, BNB) und Modellprojekt mit Nachhaltigkeitszertifizierung

12 Aufgeführt sind nur Maßnahmen mit Bezug auf Neubau Bayernkaserne.

3.9.2 Das „Energetische Maßnahmenpaket LHM“

Zur Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen bei eigenen Liegenschaften und um sowohl bei gas- als auch bei fernwärmeversorgten Gebäuden eine gleichbleibende Qualität der Gebäudehüllen zu gewährleisten, wird bei allen Neubaumaßnahmen und Sanierungen im Gebäudebestand das 2015 unverändert fortgeschriebene „Energetisches Maßnahmenpaket LHM“ zugrunde gelegt.

Tab. 1 Das „Energetische Maßnahmenpaket LHM“ für eigene Liegenschaften (Fortschreibung 2015). Quelle RGU.

Energetische Qualität der Gebäudehülle		
Außenbauteile	**U-Werte** [W/(m²K)]	**Dämmqualitäten**
Dach/OGD/Decke nach unten gegen Außenluft	0,15	ca. 240 mm – 0,035 W/(mK)
Außenwand	0,20	ca. 180 mm – 0,035 W/(mK)
Erdberührte Bauteile, Bauteile gegen unbeheizte Räume	0,25	ca. 140 mm – 0,035 W/(mK)
Fenster	1,00	Dreifachverglasung, wärmeschutztechnisch verbesserter Randverbund
Fenster Pfosten-Riegel-Fassade	1,00	Dreifachverglasung, wärmeschutztechnisch verbesserter Randverbund
Glastüren	1,30	Zweifachverglasung, wärmeschutztechnisch verbesserter Randverbund
Glasdächer, Lichtkuppeln, Lichtbänder	1,30	- / -
Außentüren opak	1,80	- / -
Wärmebrücken mit einem Zielwert $\Delta U_{WB} < 0{,}05$ W/(m²K).		
Anordnung der Heizkörper vor opaken Bauteilen (Ausnahmen sind zu begründen)		
Nachweis der Dichtheit über einen Blower-Door-Test; bis 1.500 m³ Luftvolumen Zielwert n50 < 1,0 h^{-1}; ab einem Luftvolumen von 1.500 m³ gilt ein auf die Hüllfläche bezogener Zielwert q50 < 1,7 mh^{-1}.		
Energetische Qualität der Anlagentechnik		
Ggf. Einsatz von Photovoltaikanlagen mit vorrangiger Selbstnutzung des Stroms		
Ggf. Einsatz einer dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung		
Vorgabe der installierten Beleuchtungsleistung mit einem Zielwert von 0,020 W/(m²lx) unter Annahme eines Wartungsfaktors von 0,8. Bei ungünstigen Raumgeometrien sind Abweichungen möglich.		
Einsatz von Präsenzmeldern und tageslichtabhängiger Kunstlichtsteuerung in Turnhallen. Einsatz von Präsenzmeldern in Fluren und Sanitärbereichen. Bei Wirtschaftlichkeit Einsatz von Präsenzmeldern, tageslichtabhängiger Kunstlichtsteuerung und Konstantlichtregelungen in Klassen- und Gruppenräumen.		
Intensivierung des Einsatzes der LED-Technik		
Ggf. Einsatz Erneuerbarer Energien im Wärmebereich, wie z.B. durch Wärmepumpen, Holzpellet- bzw. Holzhackschnitzelheizungen sowie durch thermische Solaranlagen bei entsprechendem Warmwasserbedarf		
Ggf. Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen		

3.9.3 Der Münchner „Ökologischer Kriterienkatalog“

Der „Ökologische Kriterienkatalog“ ist verbindlich für alle Wohnungs- und Gewerbebauten auf städtischen Flächen [Ökokriterien]. Die wichtigsten Kriterien:

- Es sind nur Baustoffe mit geringem Anteil von Energieaufwand in Herstellung und Verarbeitung zu verwenden.
- Der Wärmeschutz der Gebäudehülle ist verbessert auszuführen (bei Wohngebäuden $H'_{T'}$ -15%; bei Nicht-Wohngebäuden U_{Mittel} - 10% gegenüber EnEV-Referenzgebäude s.a. Kap. 3.9.4).
- Die Verwendung von Strom zur Beheizung und Warmwasserbereitung im Wohnungsneubau ist generell unzulässig.
- Eine Beheizung oder Warmwasserbereitung mit festen oder flüssigen Brennstoffen ist unerwünscht.
- Die Errichtung von Solaranlagen (thermisch, PV) wird angestrebt.
- Fernwärme ist bevorzugt zu verwenden
- Klimatisierung ist nicht generell zulässig.

3.9.4 Das „Förderprogramm Energieeinsparung“ (Stand 2013)

Im „Förderprogramm Energieeinsparung“ werden u.a. Wärmedämmmaßnahmen an Wohngebäuden (Bestandgebäude), ein gegenüber der EnEV verbesserter „Münchner Gebäudestandard“ sowie der Bau von Passivhäusern gefördert. Für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe kann ein CO_2-Bonus vergeben werden. Versorgungsseitig wird u.a. der Einsatz von KWK, Speichersysteme und Solaranlagen gefördert. Die Förderung aus dem Münchner „Förderprogramm Energieeinsparung“ ist mit andern Förderprogrammen kumulierbar! [FES2013]

Münchner Förderprogramm Energieeinsparung

„Münchner Gebäudestandard“ im „Förderprogramm Energieeinsparung“ (FES)

Dieses städtische Förderprogramm zielt auf einen besseren Wärmeschutz und niedrigeren Heizenergiebedarf ab als gesetzlich durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) als Mindestanforderung vorgegeben. Der „Münchner Gebäudestandard“ betrifft den Neubau von Wohngebäuden des öffentlich geförderten Wohnungsbaus.

Förderfähig ist die Errichtung von Wohngebäuden des öffentlich geförderten Wohnungsbaus, wenn im Ergebnis deren spezifischer Transmissionswärmeverlust

H'_T und deren spezifischer Primärenergiebedarf Q_P die im Folgenden genannten Werte nicht überschreitet.

Zum Stand der Ausarbeitung galten folgende Anforderungen:

- $H'_{T\ max}$ [W/(m²K)] = 85 % H'_T des Referenzgebäudes nach EnEV 2009
- $Q_{P\ max}$ [kWh/(m²a)] = 70 % $Q_{P\ max}$ des Referenzgebäudes EnEV 2009
- $Q_{el\ max}$ = 12,0 kWh/(m²a)

Hinweis: Während der Bearbeitung des Berichts wurde der Förderstandard „Münchner Standard 2016“ folgendermaßen geändert:

- *$H'_{T\ max}$ [W/(m²K)] = 85 % H'_T des Referenzgebäudes nach EnEV 2016*
- *$Q_{P\ max}$ [kWh/(m²a)] = 60 % $Q_{P\ max}$ des Referenzgebäudes EnEV 2016*
- *$Q_{el\ max}$ = 12,0 kWh/(m²a)*

Als Voraussetzung für eine Förderung müssen zusätzlich die allgemeinen und maßnahmenspezifischen Anforderungen des „Münchner Qualitätsstandards” erfüllt werden (s. Broschüre „Münchner Qualitätsstandard“ 3.2 vom 01.09.2016).

Passivhäuser

Ebenfalls aus dem FES gefördert werden Gebäude, deren nach den Berechnungsvorschriften des Passivhausprojektierungspaketes (PHPP) berechneter spezifischer Heizwärmebedarf 15 kWh/(m²a) nicht überschreitet. Bei geringfügiger Abweichung wird der Fördersatz reduziert. Über die Zertifizierung des Bauvorhabens durch ein für die Passivhauszertifizierung vom Passivhausinstitut zugelassenes Büro muss nachgewiesen werden, dass dieser Wert eingehalten ist. Als Voraussetzung für eine Förderung müssen zusätzlich die allgemeinen und maßnahmenspezifischen Anforderungen des Münchner Qualitätsstandards erfüllt werden.

Solaranlagen

Aus dem FES wird außerdem der Einbau thermischer Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung gefördert; allerdings nicht bei Gebäuden mit mehr als vier Wohneinheiten und möglicher oder vorhandener Versorgung mit Fernwärme.

3.9.5 Das wohnungspolitische Handlungsprogramm „Wohnen in München V“

Hinweis: Das Handlungsprogramme WiM V wurde zum 16.11.2016 während der Bearbeitungszeit des Endberichts überabeitet. Ergänzungen zum nun beschlossenen Programm „Wohnen in München VI“ (2017-2021) befinden sich im Anhang 12.1.1.

Mit dem wohnungspolitischen Handlungsprogramm „Wohnen in München V“ werden die Zielvorgaben der Münchner Wohnungspolitik für die Jahre 2012 – 2016 fortgeschrieben und weiterentwickelt [RSB 08187]. Für die Ausschreibung und Vergabe städtischer Grundstücke und für den geförderten Wohnungsbau wird darin ein energetischer Standard für Neubauvorhaben vorgeschrieben, der die Anforderungen der aktuellen EnEV 2009 an den Primärenergieverbrauch um 30% unterschreitet, entsprechend dem Standard KfW-Effizienzhaus 70 bei

a) allen Wohnungsbauprojekten der städtischen Wohnungsbaugesellschaften,

b) zukünftig in allen Programmen des geförderten Wohnungsbaus generell,

c) bei der Ausschreibung und Vergabe städtischer Grundstücke für den Wohnungsbau mit Ausnahme von freifinanzierten Grundstücken in nicht fernwärmeversorgten Gebieten, in denen nur der Dämmstandard des KfW Effizienzhauses 70 (EnEV 2009) vorausgesetzt wird.

3.9.6 Ausbauinitiative Strom und Fernwärme der SWM

Die Ausbauinitiative Erneuerbare Energien der Stadtwerke München und Fernwärme nennt folgende Ziele ([SWM Ausbau FW], [SWM Ausbau EE]):

- Das Münchner Fernwärmenetz mit rund 800 km (Stand 2012) gehört zu einem der größten in Europa. Die SWM rechnen in den nächsten zehn Jahren mit weiteren 100 km bei einem Neuanschlusswert von 700 Megawatt (Abb. 5).
- Die Fernwärme wird zu ca. 95 % im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess aus Erdgas, Steinkohle und Siedlungsabfällen erzeugt. Der Kraftwerkspark ist als hocheffizient eingestuft [PÖYRY2009].
- Bis 2025 wollen die SWM so viel Ökostrom in eigenen Anlagen produzieren, wie ganz München verbraucht.
- Bis 2040 soll München zur ersten deutschen Großstadt werden, in der Fernwärme zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Hierzu sollen in den nächsten Jahrzehnten eine Reihe weiterer Geothermie-Kraftwerke realisiert werden. Lt. Ausbauplan der SWM werden in den nächsten Jahren diverse Standorte auf deren Eignung untersucht[13]. Geplant ist der Bau von bis zu 16 Geothermieanlagen; derzeit sind auf dem Stadtgebiet zwei Anlagen in Betrieb. Im Bereich der Bayernkaserne ist keine Geothermieanlage der SWM vorgesehen.
- Eine weitere Aktivität der SWM ist der Ausbau der Fernkälte. Bereits seit 2004 dienen U-Bahn-Schächte als Kältequelle. In speziellen Wasserkanälen (Dückern) wird Grundwasser gesammelt und dann unter den Schächten hindurchgeführt. Hieraus wird Kälte für das Forschungs- und Innovations-

[13] S.a. https://www.swm.de/privatkunden/unternehmen/engagement/umwelt/vision-fernwarme.html

zentrum der BMW Group gewonnen. Außerdem hat die SWM in der Münchner Innenstadt ein Fernkältenetz errichtet. Die Zentrale ist im Stachus-Bauwerk untergebracht. Zur Rückkühlung wird der Westliche Stadtgrabenbach genutzt.

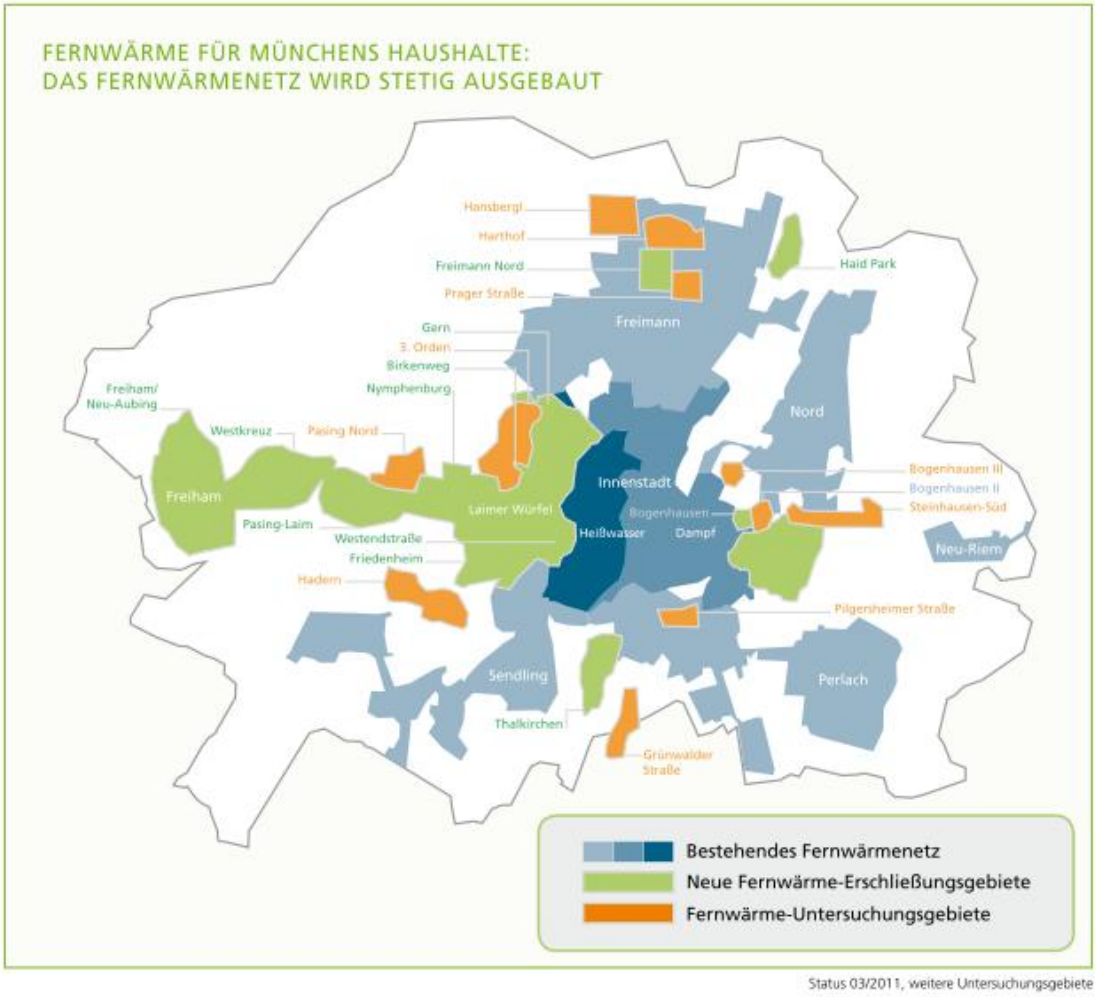


Abb. 5 Fernwärmenetz der Stadtwerke München, Quelle [SWM Ausbau FW].

3.10 Energiestandards

Einen Überblick über **aktuelle Förderstandards** der KfW zeigt Tab. 2. Während der Laufzeit des Projekts trat zum 1.1.2016 die Verschärfung der EnEV 2014 (EnEV 2016) in Kraft, die einen um 25 % niedrigeren Primärenergiekennwert gegenüber dem Referenzgebäude vorsieht [EnEV 2014]. Da dies sehr nahe am Förderstandard Effizienzhaus 70 der KfW liegt, wurde die Förderung dieses Standards zum 1.4.2016 durch die KfW eingestellt.

Tab. 2 Förderstandards der KfW (Wohngebäude)

	Energieeffizient Sanieren					Energieeffizient Bauen		
Förderstufen KfW-Effizienzhaus (Bezug EnEV 2014*)	KfW-Effizienz-haus Denkmal	KfW-Effizienz-haus 115	KfW-Effizienz-haus 100	KfW-Effizienz-haus 85	KfW-Effizienz-haus 70	KfW-Effizienz-haus 55	KfW-Effizienz-haus 40	KfW-Effizienz-haus 40 Plus
Anforderung an Q_P	160 %	115%	100%	85%	70%	55%	40%	40%
	der Referenzgebäudewerte nach Tabelle 1 der Anlage 1 der EnEV 2014*							
Anforderung an H_T'	175%	130%	115%	100%	85%	70%	55%	55%
	der Referenzgebäudewerte nach Tabelle 1 der Anlage 1 der EnEV 2014*							
Anforderung an Passivhäuser		Q_P (PHPP) ≤ 40 kWh/m²(AN) Effizienzhaus 55 (Passivhaus) Q_P (PHPP) ≤ 30 kWh/m²(AN) Effizienzhaus 40 (Passivhaus) Q_h (PHPP) ≤ 15 kWh/m²(WF)						
* Die Effizienzhaus-Systematik der KfW bleibt von den verschärften Anforderungen an das Referenzgebäude zum 01.01.2016 gemäß Anlage 1 Tabelle 1 Zeile 1 der EnEV 2014 unberührt (Stand Jan. 2015)								

Neu ist die Förderung des Effizienzhaus 40 Plus Standard. Diese Gebäude erfüllen folgende zusätzlichen Anforderungen:

- eine stromerzeugende Anlage auf Basis erneuerbarer Energien,
- ein stationäres Batteriespeichersystem (Stromspeicher),
- eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung,
- eine Visualisierung von Stromverbrauch und Stromerzeugung über ein entsprechendes Benutzerinterface.

Der energetische Gebäudestandard nach dem „**Ökologischen Kriterienkatalog 2012“** („Münchner Standard 2012“ mit Stand 2012) fordert eine Unterschreitung des mittleren Transmissionswärmeverlustes (H'_T) nach EnEV 2009 um 15% (Wohngebäude) und 10% (Nicht-Wohngebäude). Damit entspricht er etwa dem KfW Effizienzhaus 70[14] und liegt damit sehr nahe beim neuen gesetzlichen Standard nach EnEV (2016).

Diese drei Standards werden bei den Berechnungen vereinfachend gleichgesetzt und im Bericht als „**Münchner Standard“** bezeichnet, da Unterschiede im jetzigen Planungsstand des Neubaugebiets Bayernkaserne irrelevant sind.

*Ergänzung: Beim “**Münchner Gebäudestandard 2016“** des Förderprogramms Energieeinsparung (FES), der nur für Neubauten im öffentlich geförderten Wohnungsbau gilt, darf der spezifische Transmissionswärmeverlust H'_T höchstens 85% des Referenzgebäudes nach EnEV 2016 betragen, der spezifische Primärenergiebedarf beträgt höchstens 70% (s. Kap. 12.1.1).*

[14] Die Förderstandard der KfW Effizienzhäuser werden im Text mit auch EffH abgekürzt, also EffH55, EffH40 usw.

3.11 Plus-Energie-Standard

In der Vorlage zur ökologischen Mustersiedlung Prinz-Eugen-Park wird der Plus-Energie-Standard auf Basis des Gutachtens von Ebert Engineering GmbH wie folgt definiert:

„Die Gebäude müssen mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen. Sonnenenergie wird über Photovoltaik in Solarstrom bzw. über Solarthermie in Wärme umgewandelt. Die solaren Gewinne müssen rechnerisch mindestens den Endenergiebedarf (nach EnEV) für Raumheizung, Warmwasser und Hilfsenergie (Strom für Haustechnik, Heizanlage, etc. ohne Berücksichtigung des Haushaltsstroms) abdecken“. [RSB 02353]

Dies bedeutet eine bilanzielle Verrechnung auf Basis der erzeugten oder verbrauchten Endenergie im Jahresverlauf. Nicht berücksichtigt wird Über- oder Unterdeckung des tatsächlichen Bedarfs im Tages- oder Monatsverlauf. Ebenso bleibt offen, ob Strom und Wärme je einzeln oder in Summe gedeckt werden müssen.

Üblich ist eine Verrechnung über Primärenergie. Hier stellt sich jedoch sofort die Frage, welche Parameter für die Stromsubstitution angesetzt werden dürfen. Die Primärenergiebilanz führt nicht zu einer Verbesserung der Gebäudehülle, sondern zu einer Minimierung des Primärenergiefaktors der Versorgung. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass auch regenerativ erzeugte Energie sparsam verwendet werden sollte.

Darüber hinaus ist die Bilanzgrenze offen. Hier kann im Umgriff ein einzelnes Gebäude, ein Baublock oder das Gesamtgebiet gemeint sein. Die bilanzierte Energieneutralität (oder sogar Energieüberschuss) kann nicht darüber hinwegtäuschen, dass eine hohe Abhängigkeit von konventioneller Stromerzeugung besteht.

Wie auch bereits in der Vorlage anklingt, lässt sich eine weitgehende Energieautarkie (auf Basis Endenergie) nur dann erreichen, wenn der Energiebedarf auf ein Minimum gedrosselt wird. Das ist im Bereich der Heizwärme durch eine Gebäudehülle im Passivhausstandard zur erreichen. Im Bereich des Stromverbrauchs müssen die marktbesten Haushaltsgeräte sowie ein straffes Stromsparkonzept zur Anwendung kommen. Die so minimierten Restanteile Strom und Wärme lassen sich leichter (regenerativ) decken.

Siehe auch [Voss 2013].

3.12 Weitere Energiekonzepte und Modellprojekte in München

Neben anderen Projekten sind vor allem die folgenden Projekte im Zusammenhang mit dem Konzept für die Bayernkaserne als wichtig zu erachten:

Energiekonzept Freiham-Nord

"Für das Gebiet Freiham-Nord wurden bereits mit dem Beschluss des Ausschusses für Stadtplanung und Bauordnung vom Juli 2008 die Eckdaten für den städtebaulichen und landschaftsplanerischen Wettbewerb festgelegt. Demnach sollte ein modellhafter Stadtteil unter anderem mit einem zukunftsfähigen Energiekonzept realisiert werden. Der minimierte Energiebedarf sollte soweit wie möglich durch regenerative Energieträger gedeckt werden. Für den Teilbereich des Neubaugebiets in Freiham wurden energetische Aspekte frühzeitig im Städtebau und bei der Wohngebietsplanung berücksichtigt sowie beispielhafte energetische Untersuchungen für ein ausgewähltes Wohnbaufeld durchgeführt. Dabei wurden die Auswirkungen der baulichen Form und des Gebäudeenergiestandards auf die Baukosten, den Energiebedarf und die Möglichkeiten der Stromerzeugung durch Photovoltaik geprüft sowie unterschiedliche bauliche Varianten, wie offener oder geschlossener Blockrand und Dachaufbauten, berücksichtigt. Die Einbeziehung angrenzender Bestandsquartiere in die energetischen Betrachtungen von Neubaugebieten hat sich bewährt und wurde über das zonierte Fernwärmesystem mit Nutzung von unterschiedlichen Vor- und Rücklauftemperaturen vorbildhaft gelöst. Auch der neue Ansatz, die energetischen Gebäudequalitäten und baulichen Dichten im Zusammenspiel mit Leitungsführung und Wärmeabnahmedichten des künftigen Fernwärmenetzes energieeffizient zu zonieren, kann in zukünftigen Planungen weiterentwickelt werden"[15].

Siehe auch [Eicker 2011], [EnergieStadtMünchen].

Ackermannbogen

Im Stadtteil Schwabing wurde auf ca. 40 ha ehemalig militärisch genutzter Fläche bis 2014 das Projekt Ackermannbogen von Bauträgern und - erstmals in München - von Baugemeinschaften realisiert. Hervorzuheben ist die Realisierung einer solaren Nahwärmeversorgung, auf den drei nord-süd-orientierten Gebäudezeilen des Quartiers Nord-West sind ca. 3.000 m² thermische Solarkollektoren installiert. Die Speicherung erfolgt in einem zentralen Langzeitwärmespeicher mit 26 m Durchmesser und einer lichten Höhe von 16 m mit einer Kapazität von 6.000 m³ Wasseräquivalent. Über ein Nahwärmenetz werden 319 Wohnungen mit insgesamt 30.400 m² Geschossfläche versorgt. Die Spitzenlastdeckung und Redundanz erfolgt aus dem Fernwärmenetz der Stadtwerke München. Die Anlage ist seit Sommer 2007 in Betrieb.

Prinz-Eugen-Park

Das Gelände des Prinz-Eugen-Parks erstreckt sich über ca. 30 ha, von denen ca. 15 ha Bauland sind. Die Entwicklung wurde 2008 mit einem städtebaulichen

[15] (zitiert nach [RGU 13147])

Wettbewerb eingeleitet. Es sollen sowohl Geschosswohnungsbauten als auch Wohncluster aus verdichteten Flachbauten, Reihenhaustypen und Stadthäusern entstehen. An öffentlicher Infrastruktur sind Schulen, Kindertageseinrichtungen sowie Bürgerbegegnungsstätten und Sporteinrichtungen vorgesehen. Die Baufelder werden sowohl an Baugenossenschaften als auch an Baugemeinschaften und Bauträger vergeben. Ende 2015 wurden erste Baufelder an Investoren vergeben.

Der Gestaltungsleitfaden nennt als ausdrücklichen Wunsch gegenüber dem Münchner Standard verbesserte Energiestandards: Aufgrund der langen Lebenszyklen von Immobilien ist der Entwicklung verbesserter Energiestandards in der Gebäudeplanung konsequent Rechnung zu tragen [Prinz-Eugen].

Teile der Siedlung (in den Baufeldern WA13 – 16) sollten nach Vorlage des Referats für Stadtplanung und Bauordnung als ökologische Mustersiedlung im Plusenergiestandard und in Holzbauweise errichtet werden, in diesem Bereich wäre der Anschluss an Fernwärme der Stadtwerke München nicht zwingend vorgesehen [RSB 02353]. Der Vorschlag fand im Stadtrat jedoch keine Mehrheit [SPD 02353]. Demnach soll nun eine Mustersiedlung in oben genanntem Umgriff in Holzbauweise und mit Anschluss an Fernwärme realisiert werden. Somit entfällt die ursprünglich von der Stadtverwaltung vorgeschlagene Realisierung des Plusenergiestandards mit regenerativer Versorgung.

3.13 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Seit 1. Januar 2009 muss die Wärmeversorgung bei Neubauten anteilig regenerativ gedeckt werden, z.B.: durch 15% solare Wärme; ersatzweise durch Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Diese Verpflichtung entfällt bei besserer Wärmedämmung über das von der EnEV geforderte Maß hinaus [EEWärmeG-2015].

Alle untersuchten Versorgungs-Varianten des Konzepts erfüllen die Kriterien des EEWärmeG entweder direkt oder über die ebenfalls möglichen Ersatzmaßnahmen wie verbesserter Wärmeschutz (s.a. Anhang).

Erfüllung des EEWärmeG durch Fernwärme der SWM

Laut §7 Abs3 EEWärmeG kann Fernwärme aus KWK dann als Ersatzmaßnahme gelten, wenn die Fernwärmeerzeugung als hocheffizient gelten kann. Die Stadtwerke München stellen ca. 95% der Nutzwärme im Netz als hocheffiziente KWK (gemäß Richtlinie 2004/8/EG) bereit. Somit ist nach Ansicht der Gutachter die Voraussetzung zur Anerkennung als Ersatzmaßnahme erfüllt [PÖYRY2009].

4 Methodik

Im Rahmen des Energiekonzepts wurde folgende Berechnungsmethodik verwendet:

- Energiekennwerte Heizwärme nach dem Verfahren der EnEV [EnEV 2014] sowie Passivhaus-Vorprojektierung [PHVP] (erweiterte Fassung zur Berücksichtigung von Verschattungen und Heizlast).
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen in Anlehnung an VDI 2067 / Leitfaden energiebewusste Gebäudeplanung [VDI 2067-1]
- Nicht-Wohnnutzung (Büro, Schule etc.) wurde pauschal anhand der Basisdaten der Umsetzungsrichtlinie zur EnEV [EnEV RegelnNiWo15] sowie eigenen Musterberechnungen berücksichtigt.

Alle Kostenangaben sind grobe Abschätzungen aus Richtpreisangeboten, Kostenindex etc. Die Angaben verstehen sich netto, ohne MwSt., im betriebsfertigen Zustand oder - wenn davon abweichend - nach Angabe. Um eine Abgrenzung von Kostenermittlungen zu dokumentieren wurde der Begriff „Erwartungswert“ verwendet.

4.1 Einfluss der Bebauungsstruktur auf den Energiebedarf und das sommerliche Klima

Grundsätzlich bestimmt die Bilanz von Wärmeverlusten über Gebäudehülle, Lüftungswärmeverluste etc. zu Wärmegewinnen über Einstrahlungen (solare Gewinne) und Gewinne über Personen und Geräte den Bedarf an Heizwärme für ein Gebäude. Man unterscheidet Kernwinter (in dem das solare Angebot gering ist), Übergangsjahreszeit und Sommer. Jede Jahreszeit stellt unterschiedliche Anforderungen an den Städtebau; darüber hinaus sind Vorgaben wie Nutzung, bauliche Dichte, Erschließung und vieles mehr zu beachten. Es ist wesentliche Aufgabe der Stadtplanung, hierfür ein Optimum zu finden.

4.1.1 Kubatur

Kennzeichnend für die Kompaktheit ist das A/V (Außenflächen-Volumen-Verhältnis) des Gebäudes (Abb. 6). Aufgrund des Bezugs der EnEV (Energieeinsparverordnung) zum Referenzgebäude mit derselben Geometrie entfällt eine Optimierung des A/V der Kubatur hinsichtlich des EnEV-Nachweises.

Gleichwohl benötigen Gebäude mit kleinerer Oberfläche bei gleicher Hüllqualität weniger Energie als Gebäude mit ungünstigem A/V. Kompakte Gebäude sind damit nicht nur in Bezug auf die Heizenergiekosten, sondern auch in Bezug auf die Baukosten günstiger als solche mit hohem A/V-Verhältnis. Die Kubatur ist somit eine sehr wichtige Größe; insbesondere trägt bei Hocheffizienzgebäuden eine günstige Kubatur stark zur Kosteneffizienz bei.

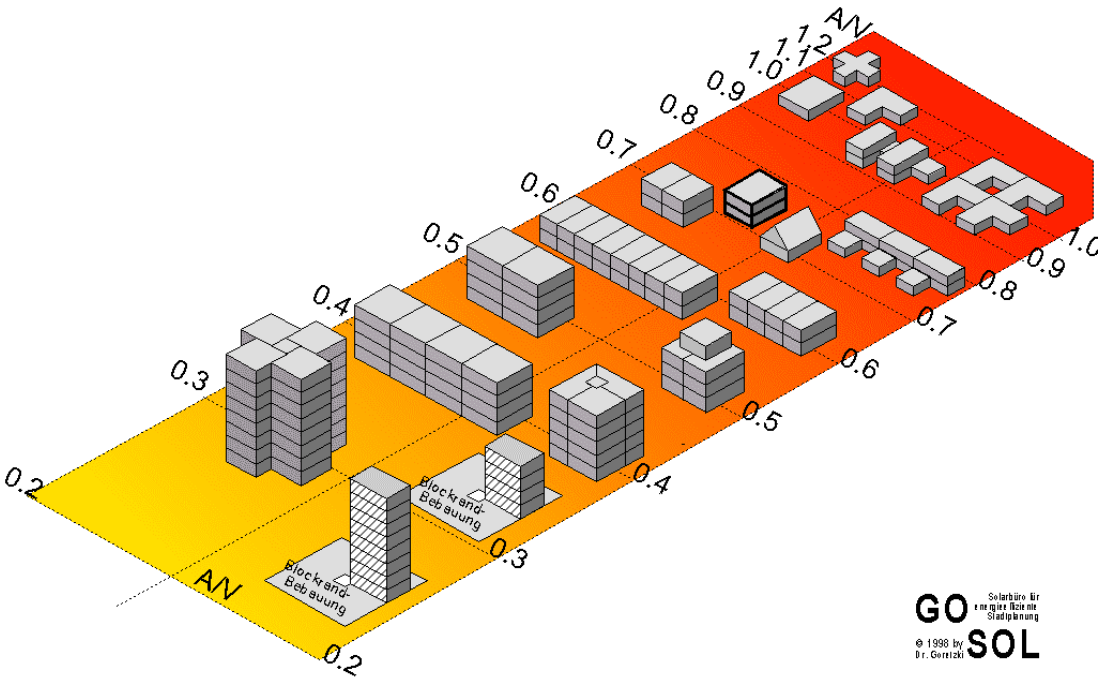


Abb. 6 A/V Verhältnis, Beispiele. Quelle: Institut für Solare Stadtplanung Dr.-Ing. Peter Goretzki.

4.1.2 Ausrichtung, Drehung der Gebäude

In der Arbeit von Vallentin [Vallentin 2011] finden sich sehr grundsätzliche Untersuchungen zu Ausrichtung, Drehung und der Wirkung solarer Gewinne auf den Heizwärmebedarf von Effizienz- und Passivhäusern (Abb. 7, Abb. 8). Diese wurden von ebök beim Workshop Stadtplanung vorgestellt (s.a. Kap 5.3) und fanden Eingang in die Berechnungen.

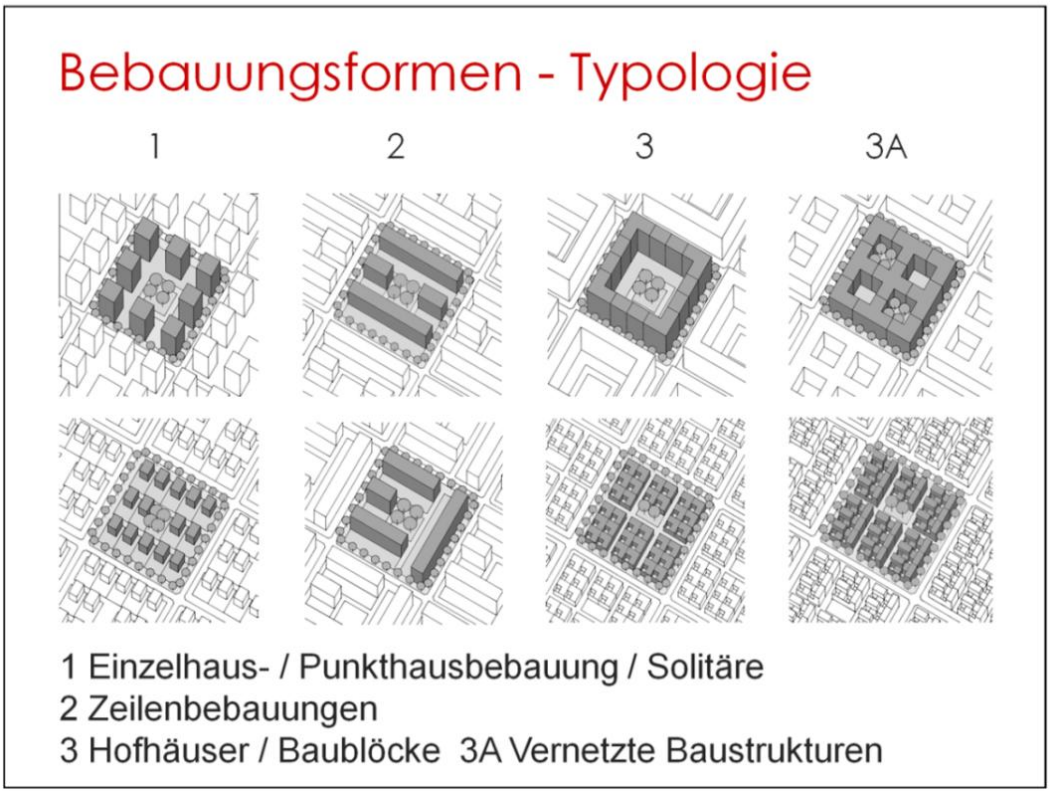


Abb. 7 Typische Bauformen. Quelle [Vallentin 2011]

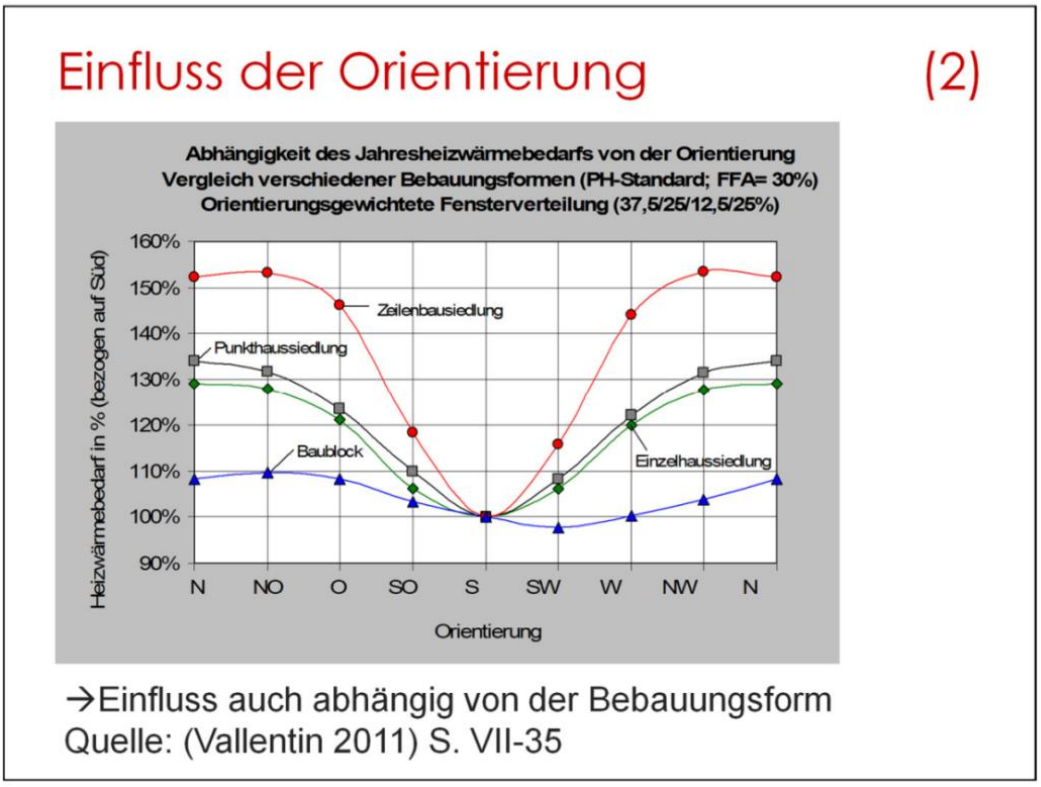


Abb. 8 Einfluss der Orientierung. Quelle [Vallentin 2011]

Bei sonst gleichen Randbedingungen zeigt sich eine starke Abhängigkeit von der Orientierung, wenn die Befensterung eines Gebäudes ebenfalls orientiert ist. Dies ist in Abb. 8 bei Zeilenbebauung stark, bei Blockbebauung wenig der Fall (Abb. 7).

Da die solaren Einträge in ein Gebäude von der Qualität der Verglasung (g-Wert oder Gesamtenergie-Durchlassgrad der Verglasung) und der Fenstergröße, nicht aber vom Wärmeschutz der Gebäudehülle abhängt, ist der solare Eintrag in erster Näherung unabhängig von der Qualität der Gebäudehülle. Solare Einträge tragen damit *relativ* umso mehr zur Reduktion des Heizwärmebedarfs bei, desto *geringer* der Wärmeverlust des Gebäudes ist. Hocheffizienzgebäude (Passivhäuser) zeigen daher bei stark orientieren Gebäuden (Zeilenbebauung) einen starken Einfluss auf die Orientierung Abb. 8, eine günstige Orientierung ist eine der notwendigen Voraussetzungen.

4.1.3 Verschattung

Im städtebaulichen Kontext ist in Abhängigkeit vom Grad der baulichen Dichte eine gegenseitige Verschattung der Gebäude unumgänglich.

In Bezug auf Verschattungen muss zwischen Winter- und Übergangssituationen sowie Sommersituation unterschieden werden. Während vor allem in der Übergangsjahreszeit solare Gewinne über die Fensterflächen notwendig zur Reduktion des Heizwärmebedarfs beitragen und Verschattungen durch Gebäude, Bäume usw. eher unerwünscht sind, ist im Sommer die Verschattungen von Innenräumen zur Vermeidung von sommerlicher Überhitzung notwendig.

4.1.4 Städtebauliche Optimierung

Winter- und Übergangsjahreszeit

Entscheidend für eine gute Nutzung der solaren Einstrahlung ist weniger der Kernwinter, in dem das solare Angebot gering ist, sondern die Übergangsjahreszeit. Im Kernwinter benötigen auch Hocheffizienzhäuser Heizenergie. Diese wird umso geringer, je geringer die Verluste über Gebäudehülle und Lüftung etc. sind, was einen guten Wärmeschutz sowie eine günstige Kubatur voraussetzt.

Durch solare Gewinne vor allem in der Übergangsjahreszeit lässt sich die Heizperiode massiv verkürzen, was die Jahresbilanz des Gebäudes entscheidend verbessert. Hierzu sind die Gebäudestellung und die gegenseitige Verschattung der Gebäude entscheidend. Der relative Einfluss wird bei sehr guter Kubatur geringer. Die Optimierung erfolgt anhand der konkreten Situation, da städtebauliche Dichte, Verschattung und Bauvolumen sowie Orientierung voneinander abhängig sind, aber gegenläufige Einflüsse besitzen.

Auch die aktiven Solarenergiegewinne durch thermische Solaranlagen und Photovoltaik sind im Kernwinter gering, in der Übergangsjahreszeit mäßig. Aktive solare Beheizung ist daher bei Hocheffizienzhäusern aufgrund des dem Angebot entgegengesetzten Bedarfs kaum möglich.

Laubabwerfende Bäume mit einer kurzen Belaubungszeit sind gut geeignet, die winterliche Verschattung gering zu halten [Solarfibel BaWü].

Sommersituation

Im Sommer herrscht ein Überangebot an solarer Strahlung und somit kein Bedarf an Heizenergie. Für die Sommersituation ist somit die Verschattung von Innenräumen sowie die Generierung eines angenehmen Stadtklimas Aufgabe der Stadtplanung.

In Bezug auf die Verschattung von Innenräumen sind südorientierte Räume aufgrund der hochstehenden Sonne und des streifenden Einfalls weniger kritisch zu sehen als ost-/west-orientierte Räume. In allen Fällen ist ein beweglicher außenliegender Sonnenschutz vorzusehen. Stadtplanerisch muss hier die Notwendigkeit zur Verschattung im Blick behalten werden; z.B. bei Schulräumen, wo außen zugängliche Verschattungseinrichtungen oft dem Vandalismus ausgesetzt sind.

Bäume und Sträucher haben im Stadtbild eine wichtige Funktion. Vor allem im Sommer tragen sie zur Verschattung des Außenraums, teilweise auch des Innenraums sowie zur Verbesserung des Stadtklimas durch Verdunstung und Filterung bei.

Thermische Solaranlagen sind üblicherweise so ausgelegt, dass in den Sommermonaten der Warmwasserbedarf mehr als abgedeckt wird, damit auch bei reduzierter Einstrahlung in der Übergangszeit genug Warmwasser zur Verfügung steht.

4.2 Flächenbezug der Kennwerte

Die DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“ [DIN 277-1:2016] sowie die Wohnflächenverordnung [WoFlV] nennen folgende Flächenkennwerten:

Brutto-Grundfläche BGF:	Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerks und deren konstruktive Umschließungen
Netto-Raumfläche NRF[16]:	BGF abzüglich der Konstruktionsfläche KF.
Wohnfläche WF	Die Wohnfläche einer Wohnung umfasst die Grundflächen der Räume, die ausschließlich zu dieser Wohnung gehören incl. Wintergärten, Schwimmbädern und ähnlichen nach allen Seiten geschlossenen Räumen sowie Balkonen, Loggien, Dachgärten und Terrassen, aber nicht Kellerräume, Abstellräume, Waschküchen etc.

[16] Früher NGF – Nettogrundfläche.

Damit lässt sich die für die Kennwertbildung notwendige Bezugsfläche wie folgt definieren:

Energiebezugsfläche EBF NRF (Nicht-Wohngebäude) oder WF innerhalb der thermischen Gebäudehülle.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Bezugsfläche nach EnEV für Wohngebäude (Gebäudenutzfläche A_n) pauschal aus dem beheizten Gebäude-Volumen durch Multiplikation mit 0,32 1/m berechnet wird. Dies entspricht einer Geschosshöhe von im Mittel 3,13 m. Bei abweichenden Stockwerkshöhen weichen die Bezugsgrößen (EBF, A_n) teilweise stark voneinander ab. Bei der Beurteilung der Kennwerte muss den unterschiedlichen Bezugsgrößen folglich Rechnung getragen werden.

4.3 Diskussion der Berechnungsmethodik

Für das Energiekonzept ist zwischen Nachweismethodik und Berechnung der (Energie-)Kennwerte zu unterscheiden. Während sich der Nachweis auf die Einhaltung eines Grenzwerts unter standardisierten Rand- und Nutzungsbedingungen bezieht, muss ein insbesondere in Wirtschaftlichkeitsvergleichen verwendeter Kennwert einen realistischen Bezug haben. Dabei lassen sich Gebäude mit gut definierten Nutzungen wie Wohn- oder Büronutzungen sehr viel besser abbilden, als schwer zu definierende Nutzungen wie Handel oder Gewerbe.

Die Förderstandards der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) basieren auf der Nachweissystematik der EnEV. Für nicht gekühlte Wohngebäude ist der Nachweis nach EnEV [EnEV 2014] auf Basis von DIN 4108-6 [DIN V 4108-6:2003] und DIN 4701-10 [DIN V 4701-10:2003] ausreichend. Ein Nachweis nach DIN 18599 ist nicht zwingend zu führen.

Erfahrungsgemäß liefert das Verfahren der EnEV im Bereich der Standard- und Niedrigenergiehäuser (Wohnen) gute, bei Hocheffizienzgebäuden jedoch zunehmend ungenauere Kennwerte. Hier wiederum ist das Verfahren nach PHPP [PHPP2015] sehr gut validiert. Die beiden Verfahren sind jedoch nicht kompatibel, sodass immer eine Abwägung getroffen werden muss, welches Verfahren angewendet wird. In der Regel wurde in der vorliegenden Untersuchung das Verfahren EnEV verwendet. Wo abweichend, wurde darauf hingewiesen. Beim Nachweis der Förderstandards nach KfW sind beide Verfahren zugelassen (Kap. 3.10).

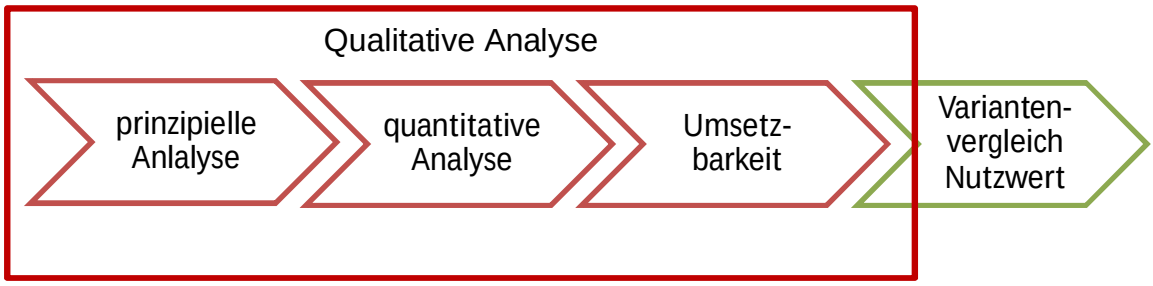
Im Bereich der Nicht-Wohngebäude wurde auf eine Berechnung nach DIN 18599 verzichtet. Die vorliegenden Unterlagen im Stadium des städtebaulichen Entwurfs lassen die von der Norm geforderte feine Parametrisierung, z.B. im Bereich der Haustechnik, nicht zu. Zudem sind die Ergebnisse als reine Nachweiswerte zu betrachten. Die so berechneten Kennwerte sind erfahrungsgemäß nicht mit tatsächlichen Verbrauchswerten abgleichbar und somit abstrakt. Zur Beurteilung der

Nicht-Wohngebäude (oder Teilgebäuden) wurde daher die Benchmarksammlung der Umsetzungsrichtlinie [EnEV RegelnNiWo15] herangezogen, die grobe aber realistische Kennwerte detailliert auf die Nutzung bezogen liefert. In der vorgenommenen Systematik sind diese Teilkennwerte folglich als zu erreichende Soll-Werte für die zukünftige Bebauung zu verstehen.

Eine Diskussion der Vorgehensweise für Neubaugebiete der Stadt München im Zusammenhang mit der Berechnungsmethodik findet sich in Kap.10.

4.4 Nutzwertanalyse, Methode zur Entscheidungs-findung

Im Rahmen der Ausschreibung zum Projekt wurde eine einheitliche methodische Vorgehensweise zur einheitlichen Beurteilung der verschiedenen technischen Varianten insbesondere der Wärmeversorgung vorgeschlagen. Es ist sinnvoll, ein zunächst lineares Bewertungsschema anzuwenden, das im Ausschlussprinzip zu einer Verdichtung der umsetzbaren Varianten führt. Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Entscheidungsfindung folgt dabei folgendem Ablauf:



Prinzipielle Analyse

- stehen die benötigten Ressourcen prinzipiell zur Verfügung?
- stehen Zwänge wie gesetzliche Vorgaben, Satzungen und Beschlüsse (der Landeshauptstadt München) der Variante entgegen?
- besteht die Möglichkeit der technischen Realisierung (z.B. ist das Verfahren marktgängig)?

Quantitative Analyse

- stehen die benötigten Ressourcen in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung (Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage)?
- ist das Verfahren effizienter und klimaschonender als der Standard?
- bestehen Chancen der wirtschaftlichen Umsetzung?

Umsetzung

- Investition und Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Klar erkennbar unwirtschaftliche Varianten sollten von vorne herein ausgeschlossen werden.
- zwingende Hemmnisse in der Umsetzung. Bestehen Chancen auf eine Realisierung?
- Konkurrenz zu anderen Verfahren. Klar erkennbare Konkurrenzsituation zu (klima-/wirtschaftlich-) günstigeren Verfahren.

Verfahren, die diesen Prozess positiv durchlaufen haben, können auf gleicher Basis, z.B. in ihrer Umweltwirkung und/oder ihrer Wirtschaftlichkeit, direkt verglichen werden.

Nutzwertanalyse

Im Rahmen der Nutzwertanalyse wurde für jedes untersuchte System ein Nutzwertprofil entwickelt, das die Vor- und Nachteile des Systems, die Anwendbarkeit und zu erwartenden Kosten sowie die Umweltwirkung zusammenfasst.

Der in den Steckbriefen Tab. 3 genannte Anlagenaufwand e_p und CO_2 bezieht sich auf die Nutzenergie incl. der Anlagenverluste.

Die genannten Kosten sind grob abgeschätzte Erwartungskosten.

Tab. 3 Muster Systemsteckbrief Nutzwertanalyse.

SYSTEM Nutzwertanalyse	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
Kriterien	Daten / Informationen notwendig / Voraussetzung	Zentral-Blockzentral-Dezentral	Einschränkungen
Anwendbarkeit			
Bemerkung			
Vorteil			
Nachteile			
Zentral / Dezentral			
Betreiber			
Hemmnisse			
Potential			
Regenerativanteil			
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
Investitions- / Betriebskosten			
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)			
Bewertung			
Konzept weiter verfolgen			

4.5 Mustergebäude

Aus den Gebäuden des Entwurfs wurden typische Gebäude als Mustergebäude ausgewählt und detailliert nach EnEV berechnet. Da zum Zeitpunkt des städtebaulichen Entwurfs keine Fassadenteilungen, Gebäudehöhen (Stockwerkshöhen) etc. vorliegen, wurden derartige Parameter anhand von Literatur- und Erfahrungswerten abgeschätzt. Die Betrachtung von Mustergebäuden als Repräsentanten für das Gesamtgebiet ist ausreichend. In Abb. 9 sind die Mustergebäude verortet. Grün: Mustergebäude Passivhaus (feine Modellierung), Rot: Mustergebäude für Energiestandards, Versorgungsarten. Blau: Mustergebäude Photovoltaik.

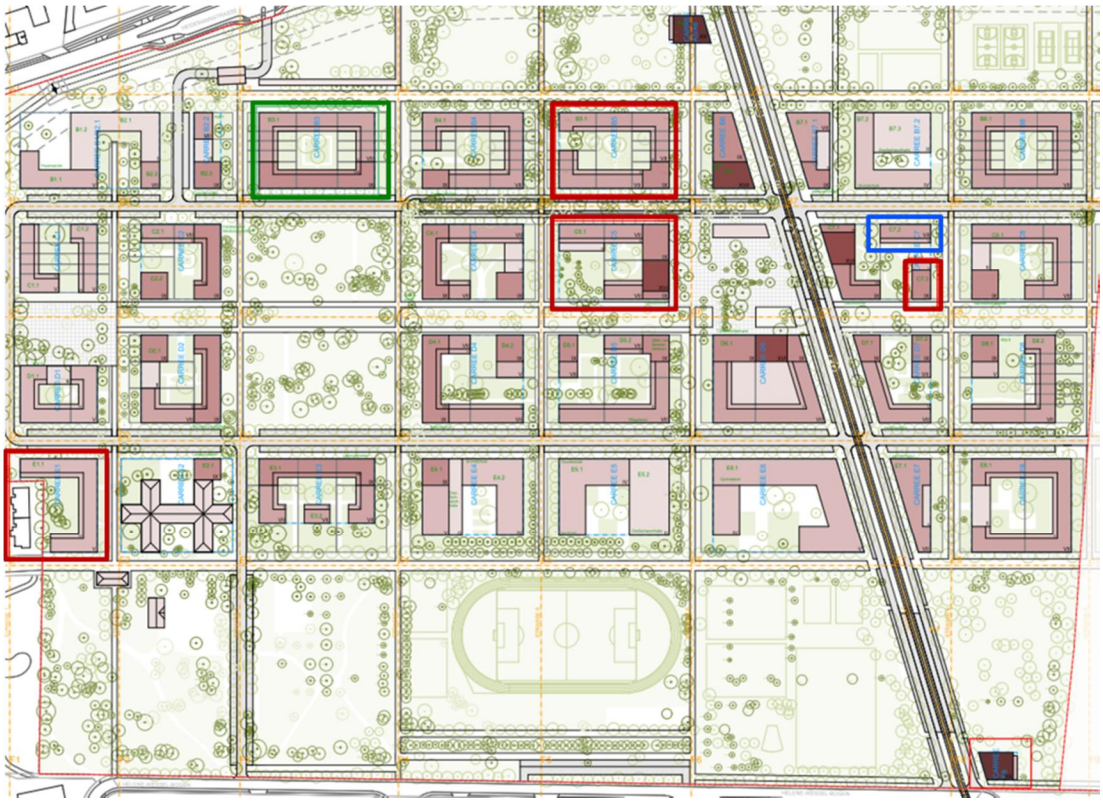


Abb. 9 Die näher behandelten Mustergebäude (siehe Text).

4.6 Szenarien Energiestandards, Versorgungsvarianten und Szenarien zur Aufteilung des Untersuchungsgebiets

Während der Laufzeit des Projekts traten die angekündigten Verschärfungen der Energieeinsparverordnung zum 1.1.2016 in Kraft. Die Modellbildung sowie die Berechnungen haben jedoch nach wie vor Gültigkeit. Aufgrund der Primärenergieanforderung besteht eine hohe Abhängigkeit zwischen dem Erreichen des Anforderungsniveaus und dem Regenerativanteil der Wärmeversorgung. Die Musterberechnungen wurden auf Basis der zum Zeitpunkt der Bearbeitung bekannten Parameter durchgeführt und enthalten notwendigerweise eine Reihe von Abschätzungen.

Wie in Kap. 3.10 aufgeführt, ist es aufgrund der geringen Unterschiede sinnvoll, die Energieniveaus EnEV 2016, Effizienzhaus 70 und Standard nach dem „Ökologischen Kriterienkatalog“ gleich zu setzen. Er wird hier als „Münchner Standard“ (MünST) bezeichnet.

Tab. 4 zeigt einen Überblick über die untersuchten Energiestandards und Versorgungsvarianten.

Tab. 4 Die verwendeten Energiestandards und Varianten (Kennungen)

Wärmeschutzvarianten	
EnEV REF	Referenzgebäude nach EnEV 2014
REAL	Effizienzhaus 70 nach KfW = Münchner Standard nach „Ökokriterien Katalog“ (MünST) = EnEV mit Verschärfung der Anforderungen 2016 (EnEV2016)
EffH55	Effizienzhaus 55 nach KfW
EffH40	Effizienzhaus 70 nach KfW
PH	Passivhaus nach PHPP [PHPP2015] Technisch-Wirtschaftliche Grenze
PLUS	Plusenergiehaus (Abschätzung); Ausschöpfung des technischen Potentials; siehe Kap. 0
Strombedarf Varianten / Szenarien (s.a. Kap. 3.7, 4.7.1)	
REF	Mittelwert München
REAL	Zu erwartender Strombedarf Bayernkaserne ohne besondere Maßnahmen (Klasse C nach Stromspiegel)
ZIEL	Strombedarf mit Stromsparmaßnahmen (Klasse A nach Stromspiegel)
MAX	Strombedarf mit extrem verbesserten Stromsparmaßnahmen
Versorgungsvarianten	
GasBW	Versorgung mit Gasbrennwertkessel solar unterstützt wie Referenzgebäude nach EnEV
FW-SWM	Fernwärmeversorgung der Stadtwerke München Tab. 10
FW-SWM+	Angenommene verbesserte Fernwärmeversorgung der Stadtwerke München 2020. Verbesserung Primärenergiefaktor um -10% auf 0,10; Verbesserung CO2 Ausstoß um -10% auf 205 g/kWh
Holz/ Regenerative	Voll regenerative Energieversorgung z.B. durch Holzpellets/Holzhackschnitzel.

Auftragsgemäß wurde die Aufteilung des Gesamtgebiets in die Teilgebiete

- B1 (mit Münchner Standard und Fernwärmeversorgung) und
- B2 (mit ambitionierteren Standards und im Hinblick auf den Klimaschutz optimierter Wärmeversorgung)

untersucht. B2 sollte dabei ca. 1/3 der Wohnfläche einnehmen.

Um einen Vorschlag für eine sinnvolle und wirkungsvolle Aufteilung entwickeln zu können, wurden drei Szenarien REF, REAL und ZIEL untersucht. In Kombination

mit teilweise verbesserter Versorgungstechnik ergaben sich drei Unterkategorien (Tab. 5).

Tab. 5 Die untersuchten Szenarien (s.a. Kap. 3.8)

Szenario Heizung WW	B1		B2	
	Geb.Hülle	Versorgung	Geb.Hülle	Versorgung
REF EnEV	EnEV2014/2016	GasBW		
REF		FW-SWM		
REAL	Münchner Standard nach Ökokriterien-Katalog	FW-SWM	Niedrigstenergie-gebäude / EffH40	FW-SWM
REAL+		FW-SWM+		Regenerativ
ZIEL	EffH55	FW-SWM	Plusenergiehaus	FW-SWM
ZIEL+		Regenerativ		Regenerativ

Der Energiebedarf der Gebäude wurde zunächst anhand von Mustergebäuden unter der Annahme von Wohnnutzung exemplarisch berechnet. Die identifizierten Mustergebäude sind im Plan Abb. 9 markiert (rot umrandet). Die Gesamtbilanz ergibt sich aus der Ermittlung der Bezugsflächen und der Zuordnung von Muster-Gebäude und Nutzung. Die anvisierten Energiestandards wurden berücksichtigt.

4.7 Rechnerische Grundlagen

4.7.1 Spezifische Strombedarfsdaten Haushaltsstrom Sektor Wohnen

Da der spezifische Stromverbrauch stark von der Haushaltsgröße sowie der Ausstattung abhängig ist, wurde für das Untersuchungsgebiet eine Aufteilung nach Haushaltsgrößen vorgenommen (Tab. 6). Insgesamt werden in der Bayernkaserne rd. 333.532 m² Nutzfläche für Wohnen erwartet (Kap. 6.1).

Tab. 6 Annahme Verteilung der Haushaltsgrößen

Personen je HH	Anzahl Haushalte in der BYKaserne	Annahme Verteilung der Anzahl	Annahme Verteilung der Wohnflächen
1	864	25%	10%
2,5	1.901	55%	55%
4,5	672	20%	35%

Unter der Annahme der Verbrauchswerte des Stromspiegels ergeben sich die in Tab. 7 gewichteten Mittelwerte je Verbrauchsklasse.

Tab. 7 Spezifische Stromverbrauchswerte in den Verbrauchsklassen des Stromspiegels für die Bayernkaserne

	A	B	C	D	E	F
kWh/(m²a)	15,3	19,5	23,0	26,6	31,4	37,7

Diese Mittelwerte sind Basis der spezifischen Festlegungen in Tab. 8 bei der verschiedenen Einsparszenarien (von REF bis MAX)[17] Stromsparklassen zugeordnet wurden.

Weitere Eingangsdaten ergeben sich aus eigenen Hochrechnungen und Erfahrungswerten über die mittlere und sparsame Ausstattung von Wohnungen mit elektrischen Geräten. Strom für Warmwasserbereitung und Haustechnik (z.B. Pumpenstrom, Aufzüge, Beleuchtung Treppenhaus etc.) bleibt hier unberücksichtigt, der Hilfsstrom der Wärmeversorgungsanlagen wurde bei der Berechnung der Anlagentechnik berücksichtigt.

Tab. 8 Verwendete spezifische Kennwerte Haushaltsstrom

Kategorie nach Stromspiegel		F	D-E	C	A	A+
Szenario			REF	REAL	ZIEL	MAX
Kennwert Strom	kWh/(m² a) $_{EBF}$	40	30	23	15	11

4.7.2 Spezifische Strombedarfsdaten anderer Sektoren

Die Stromkennwerte wurden nach der Umsetzungsrichtlinie [EnEV RegelnNiWo15] angenommen.

[17] Die Szenarien sind in Kap.

Tab. 9 Vergleichskennwerte Wärme und Strom. Auszug Tabelle 2.1 [EnEV RegelnNiWo15]

Ziffer nach BWZK[9]	Gebäudekategorie	Gebäudegröße (Nettogrundfläche) [m²]	Schreibweise für die Angabe „Gebäudenutzung" im Energieausweis	Vergleichswerte	
				Wärme [10]	Strom
				[kWh/(m²$_{NGF}$·a)]	
1	2	3	4	5	6
2100	Hörsaalgebäude	beliebig	Hörsaal	90	40
2200	Institutsgebäude für Lehre und Forschung (ohne BWZK Nr. 2210 bis 2250)	beliebig	Institut für Lehre und Forschung	105	65
2210	Institutsgebäude I [12]	≤ 3.500	Institut Typ I bis 3500 m²	90	25
		> 3.500	Institut Typ I über 3500 m²	85	35
2220	Institutsgebäude II [12]	beliebig	Institut Typ II	110	55
2230	Institutsgebäude III [12]	beliebig	Institut Typ III	95	65
2240	Institutsgebäude IV [12]	beliebig	Institut Typ IV	135	75
2250	Institutsgebäude V [12]	beliebig	Institut Typ V	140	95
2300	Institutsgebäude für Forschung und Untersuchung	beliebig	Institut, Forschung / Untersuchung	135	65
2400	Fachhochschulen	beliebig	Fachhochschule	80	30
3000	Gebäude des Gesundheitswesens (ohne BWZK Nr. 3200)	beliebig	Gesundheitswesen	135	50
3200	Krankenhäuser und Unikliniken für Akutkranke	beliebig	Krankenhaus	250	125
4100	Allgemeinbildende Schulen	≤ 3.500	Schule bis 3500 m²	105	10
		> 3.500	Schule über 3500 m²	90	10
4200	Berufsbildende Schulen	beliebig	Berufsbildende Schule	80	20
4300	Sonderschulen	beliebig	Sonderschule	105	15
4400	Kindertagesstätten	beliebig	Kindertagesstätte	110	20
4500	Weiterbildungseinrichtungen	beliebig	Weiterbildungseinrichtung	90	20
5000	Sportbauten (ohne BWZK Nr. 5100, 5200 und 5300) und Sondersportanlagen (Kegelbahnen, Schießanlagen, Reithallen, Eissporthallen, Tennishallen)	beliebig	Sportbau allg.	120	30
5100	Hallen (ohne Schwimmhallen)	beliebig	Sporthalle	110	25
5200	Schwimmhallen	beliebig	Schwimmhalle	425	155

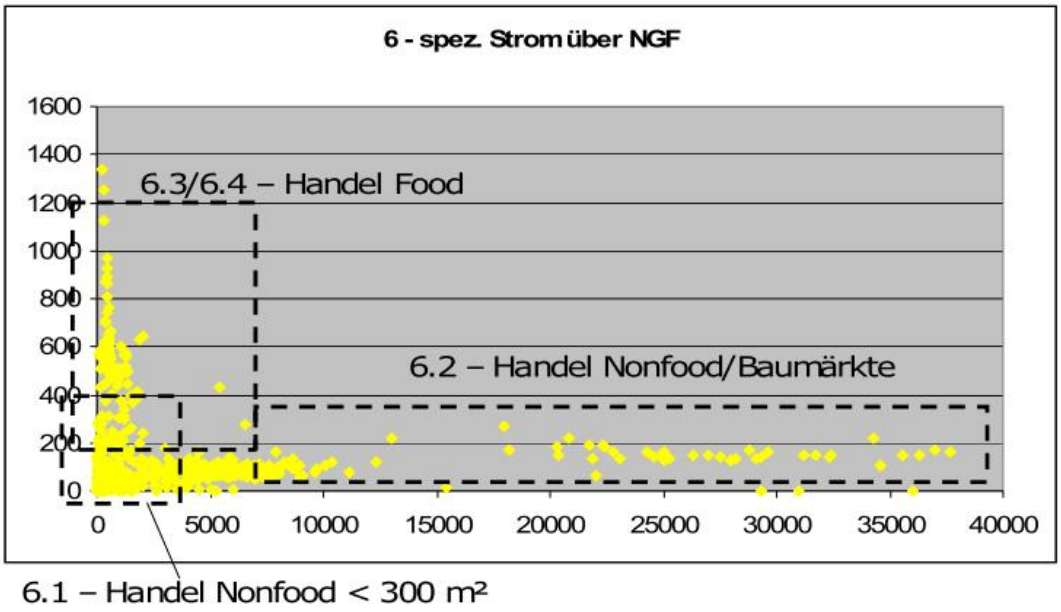


Abb. 10 [AGFW FW309-1 2014] [ARGE BM 2009]

Für den Sektor GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) findet sich in der Richtlinie nur eine unzureichende Quelle. Daher wurden weitere Quellen herangezogen, die im Folgenden zitiert werden (Abb. 10).

Die Bildung der Wolken zeigt, dass die Lebensmittelmärkte einen wesentlichen höheren spezifischen Stromverbrauch aufweisen als Nichtlebensmittelmärkte. Die Gründe dafür liegen bei der Ausstattung durch Kühlmöbel, dem Warmhalten von Lebensmitteln sowie dem Aufbacken von Gebäck. Im Vergleich zu Baumärkten ist auch eine stärkere Beleuchtung der Produkte in den Regalen üblich.

Gastronomie

Die Energiekosten liegen in der Gastronomie bei 5 – 6% des Umsatzes, der niedrige Benchmarkwert von 1,5% aus der Literatur aus der Schweiz scheint dabei nicht repräsentativ. Der Gesamtenergieeinsatz pro m² Betriebsfläche liegt zwischen 250 und 380 kWh/m².a. Große Unschärfen können hier durch unterschiedliche Bezugsflächen entstehen, z.B. Brutto- oder Nettogeschossflächen, Berücksichtigung von Lager, Kühlräumen, Küche, Gastgärten und Wintergärten bei der Bezugsfläche. Weiters sind Tages- und Saisonöffnungszeiten in der Gastronomie sehr unterschiedlich. Der Stromeinsatz pro m² Betriebsfläche und Jahr liegt bei den in der Literatur verfügbaren Studien zwischen 100 und 135 kWh“ [ÖGUT 2011]; [ARGE BM 2009]

4.7.3 Parameter Primärenergiebedarf und CO_2

Die flächenspezifischen Werte beziehen sich auf die Netto-Grundfläche NRF, welche bei Wohnbauten im Rahmen des städtebaulichen Konzepts gleich der Wohnfläche gesetzt wird.

Der Endenergiebedarf Warmwasser ergibt sich bei Wohngebäuden aus dem Standardwert der Nutzenergie von 12,5 kWh/(m²a) bezogen auf die Nutzfläche A_n entsprechend der EnEV zuzüglich der anlagenspezifischen Verluste der Erzeugung, Speicherung und Verteilung. Der Endenergiebedarf Heizung ergibt sich aus der Nutzenergie (abhängig vom energetischen Gebäudestandard), zuzüglich den Anlagenverlusten der jeweiligen Anlage sowie den Verteilverlusten eines Nahwärmenetzes (sofern in der Variante vorhanden).

Bei der Berechnung der Umweltwirkungen von unterschiedlichen Energieträgern für die Beheizung von Gebäuden ist es wichtig, die Verluste zu kennen, die während der Gewinnung und Weiterverarbeitung in der vorgelagerten Kette auftreten (z. B. Heizöl: Förderung am Bohrloch, Rohöltransport, Raffinerie, Transport von Heizöl zum Endverbraucher). Diese Verluste sind im kumulierten Energieverbrauch (KEV) zusammengefasst, der der besseren Vergleichbarkeit unterschiedlicher Energieträger dient. Der KEV beinhaltet alle energetischen Aufwendungen bei Herstellung (ohne Nebenprodukte z. B. ohne Energieinhalt für Bauholz) und der Nutzung (ohne Entsorgung) von Produkten oder Dienstleistungen und ist somit umfassender als der früher verwendete Primärenergieaufwand [IWU KEV]. Die Unterschiede von PE, KEV (und dem ebenfalls gebräuchlichem KEA – kumulierte Energieaufwand incl. Hilfsprodukte und Entsorgung) sind bei vielen Energieträgern gering. Ein nennenswerter Unterschied besteht jedoch bei der Beurteilung von PV-Strom.

Der Primärenergiebedarf sowie die CO_2-Äquivalente wurden mit den in Tab. 10 genannten Werten ermittelt.

Tab. 10 Primärenergiefaktoren der Energieträger und Prozesse, Kumulierter Energieaufwand.
Quellen: [EnEV 2014], [DIN V 18599 1-10], [DIN V 4701-10:2003] [PHPP2004], [Gemis 4.93], [IWU KEV], [ifeu Biogas2008], [IWU Zukunft]
(eigene Berechnungen/Abschätzungen kursiv)

Energieträger / Prozess	Primärenergiefaktor f_P [kWh/kWh]	CO_2-Äquivalent [t/MWh]	Quelle
Holz	0,2	0,05	PHPP 2007 / DIN V 4701-10 / Gemis 4.14
Erdgas H	1,1	0,25	PHPP 2007 / DIN V 4701-10 / Gemis 4.14
StromMix D	2,6	0,613	PHPP2007/EnEV / DIN V 4701-10 / Gemis 4.14
Strom Mix EnEV2016	1,8		EnEV 2014/2016
Strom Substitution d. Stromerzeugung	-2,6	-0,613	EnEV 2014/2016 / DIN V 4701-10 / Gemis 4.14
StromMix D 2020	*1,62*	*0,613*	*Abschätzung; nach IWU Zukunft*
StromMix D 2050	*1,26*	*0,511*	*Abschätzung; nach IWU Zukunft*
Solarenergie (PV Strom)	0,0	.	DIN 18599 2011
Biogas (Bio-Erdgas)	0,5	0,07	DIN 18599 2011, Nach Basisdaten Biogas ifeu
Nah-/Fernwärme fossil 70%KWK	0,70		DIN 18599 2011
Nah-/Fernwärme erneuerbar 70%KWK	0,0		DIN 18599 2011
FW Wärmeverbundnetz München Angabe SWM	0,11	0,156	Zertifikat SWM [SWE Zert fp] Mitteilung SWM vom 16.11.2015
FW Wärmeverbundnetz München		0,228	Stadt München CO_2 Monitoring [CO2 Monitoring]
Nahwärme aus Biogas BHKW 30% Biogas	*0,581*	*0,098*	*Berechnung/Abschätzung ebök s. Kap. 0 (Bezug auf Nutzenergie)*
Nahwärme aus Biogas BHKW 100% Biogas	*0,0*	*0,0*	*Berechnung/Abschätzung ebök s. Kap. 0 (Bezug auf Nutzenergie)*
Wärmepumpe in Kombination mit PV	*0,34*	*0,117*	*Berechnung/Abschätzung ebök s. Kap. 8.3.6 (Bezug auf Nutzenergie)*
	KEV (nicht regenerativ) [kWh/kWh]	CO2-Äquivalent [t/MWh]	
Holzhackschnitzel	0,03	0,014	Kumulierter Energieaufwand (IWU2014) / GEMIS 4.93
Holzpellets	0,06	0,018	Kumulierter Energieaufwand (IWU2014) / GEMIS 4.93
PV Strom (amorphe Zellen)	0,27	0,083	Kumulierter Energieaufwand (IWU2014) / GEMIS 4.93
PV Strom (multikristalline Zellen)	0,23	0,083	Kumulierter Energieaufwand (IWU2014) / GEMIS 4.93
Solarwärme (Flachkollektor)	0,03	0,013	Kumulierter Energieaufwand (IWU2014) / GEMIS 4.93

4.7.4 Parameter für Wirtschaftsbetrachtungen

Der Auftrag beinhaltet keine umfassende Wirtschaftlichkeitsberechnung. An einigen Stellen der Untersuchung werden jedoch Betrachtungen zu Kosten und Wirtschaftlichkeit (Wärmegestehungskosten) angestellt. Grundsätzlich wird dabei folgende Systematik verwendet:

Investitionen

Alle Kostenangaben sind grobe Abschätzungen aus Richtpreisangeboten, Kostenindex etc. Die Angaben verstehen sich netto, ohne MWSt., im betriebsfertigen Zustand oder - wenn davon abweichend - nach Angabe. Um eine Abgrenzung von Kostenermittlungen zu dokumentieren, wurde der Begriff „Erwartungswert“ verwendet

Mehrkosten

Die Kostenansätze für Maßnahmen an der Hülle sind in der Regel Mehrkosten gegenüber der Mindestdämmung. Diese beinhalten die Lieferung und Anbringung von Dämmschichten; nicht jedoch „Sowieso-Maßnahmen“ wie Nebenkosten (z.B. Gerüst).

S.a. Anhang Kap. *Mehrkostenansatz bei der Kostenermittlung Gebäudehülle*

Verbrauchskosten

Die regionale Energie-Grundversorgung erfolgt über die Stadtwerke München. Die Beurteilung von leitungsgebundenen Energieträgern (Strom, Gas, Fernwärme) erfolgt – wenn notwendig – auf Basis der Tarifstruktur der Stadtwerke München. Weitere Energietarife wurden – wenn notwendig – aufgrund öffentlich zugänglicher Quellen(z.B. Carmen e.V. für Holzbrennstoffe) herangezogen.

Zins und Teuerung

Für Energie wurde keine jährliche Teuerung angenommen, ebenso wurde die allgemeine Teuerung, welche sich auf Betrieb und Wartung bezieht vernachlässigt. Preisangaben beziehen sich daher auf das erste Betriebsjahr. Der angenommene Kalkulationszinssatz beträgt 3%. Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre, Investitionen wurden anhand ihrer kalkulatorischen Lebensdauer verteilt oder – wenn nötig – Ersatzinvestitionen berücksichtigt.

4.8 Abgrenzung der Bilanzen

Für Fernwärme, Strom usw. wird die Bilanz nach dem Territorialprinzip gezogen. Die Systemgrenze ist das Untersuchungsgebiet „Bayernkaserne“ (ehemaliges Kasernenareal in städtischem Grundbesitz).

Stromerzeugung wird bei PV als negativer Wert (Verdrängung von Strom im Strommix Deutschland) bilanziert. Der Strom aus BHKW verdrängt ebenfalls Mix-Strom, die Gutschrift erhält in diesem Fall jedoch die Wärmeproduktion direkt. Für weitere Ausgleichsbuchungen steht dieser Betrag dann nicht mehr zur Verfügung.

4.9 Potentiale

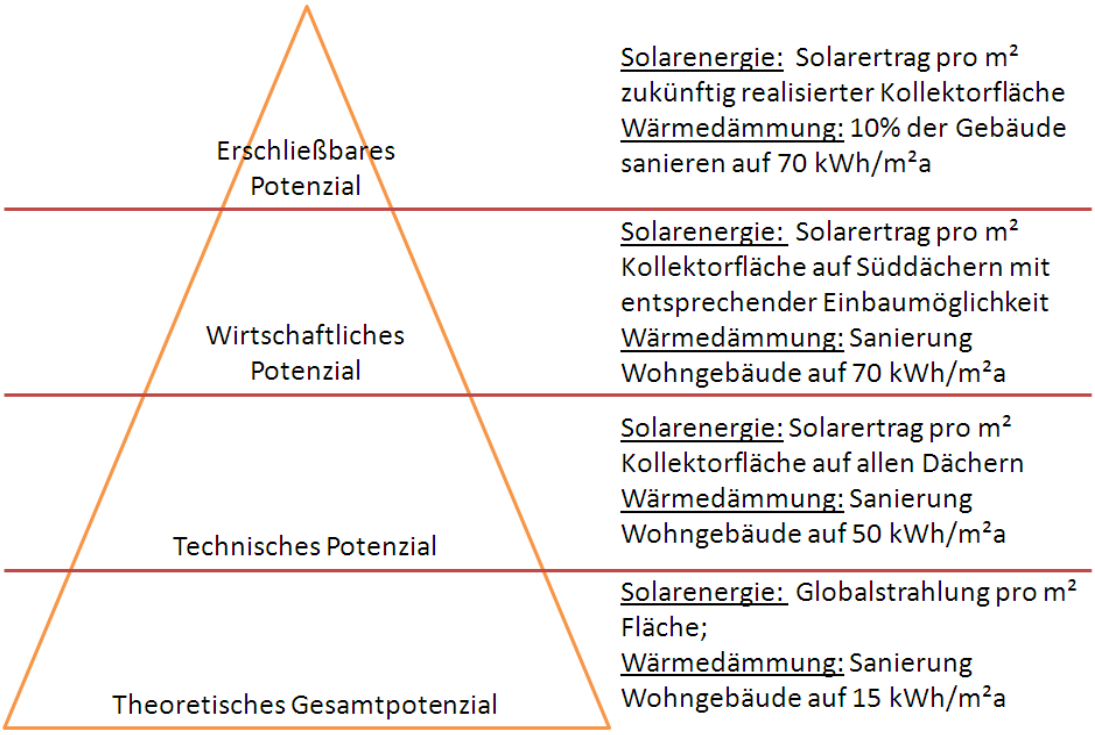


Abb. 11 Darstellung der unterschiedlichen Potentiale und Potentialbegriffe
Quelle: Praxisleitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ [LF KomKlimaschutz]

Potential (von lat. *potentia* „Stärke, Macht“) bedeutet die Fähigkeit zur Entwicklung, die (noch nicht ausgeschöpfte) Möglichkeit. Im Rahmen des Konzepts wird der Potentialbegriff in erster Linie im Zusammenhang mit den Möglichkeiten der Energieeinsparung sowie der Klimarelevanz (CO_2-Ausstoß) verwendet.

Das **theoretische Gesamtpotential** umfasst das gesamte nutzbare Angebot an Möglichkeiten in einem zeitlich und räumlich festgelegten Betrachtungsraum, wie z.B. die von der Sonne auf die Erdoberfläche eingestrahlte Energie (Globalstrahlung).

Das **technische Potential** beschreibt den Teil des theoretischen Potentials, der unter den wesentlichen technischen Restriktionen genutzt werden kann. Dies sind

zum Beispiel konstruktive Grenzen der Dämmung im Gebäudebestand oder die effektiv nutzbare umgewandelte Globalstrahlung.

Das **wirtschaftliche Potential** beschreibt den Teil des technischen Potentials, der unter ökonomischen Gesichtspunkten umgesetzt werden kann. Dabei werden Investitionskosten den eingesparten Energiekosten gegenübergestellt und über einen Zeitraum von ca. 20 Jahren betrachtet.

Schließlich werden nicht alle wirtschaftlichen Potentiale gleich umgesetzt. Bei Dämmung und Solaranlagen sind begrenzende Faktoren z.B. gestalterische oder rechtliche Restriktionen wie der Denkmalschutz. Letztendlich ist dieses **erschließbare Potential** nur noch ein Bruchteil der Energie, die im theoretischen Potential zur Verfügung steht.

Das theoretische und technische Potential ist am leichtesten zu berechnen, es ist für eine aussagekräftige Bilanz jedoch nicht geeignet. In der Regel wird in der Untersuchung das technisch-wirtschaftliche Potential betrachtet. Dieses berechnet sich aus den theoretischen Potentialen durch Simulation oder – falls dies nicht möglich ist - durch qualifizierte Abschätzung, z.B. der sich durchschnittlich einstellende Sanierungszustand oder eine Quote der Eigenstromnutzung beim Ertrag von PV-Strom.

4.10 Wärmenetze – (technische) Nomenklatur

Folgende Definitionen sollen verwendet werden:

Ein (öffentliches) Wärmenetz liegt vor, wenn durch eine gemeinsame Wärmeversorgungseinrichtung

- mehr als ein Gebäude durch dieselbe Wärmeversorgungseinrichtung beliefert wird,
- bei der Leitungsführung öffentlicher Raum tangiert wird,
- die Lieferung durch einen Dritten (Versorgungsunternehmen) erfolgt.

Erfolgt die Wärmeerzeugung lokal eng begrenzt und in der Regel aus einer (Kraft-) Wärmezentrale, so spricht man von **Nahwärme**. Typische Leistungen der Wärmeerzeuger liegen bei einigen MW. Andernfalls spricht man von **Fernwärme**.

In der Diskussion um effiziente Fernwärmeversorgung wird leider ebenfalls keine einheitliche Begrifflichkeit verwendet. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung wird daher folgende Festlegung getroffen:

- Anforderung an Heizbetrieb: Vorlauf mindestens 35°C (Flächenheizung), 55°C (Niedertemperaturheizung),
- Anforderung an Warmwasserbereitung (Großanlagen): Vorlauf mindestens 70°C,
- Temperaturverlust Übergabestation max. 5K (Grädigkeit).

Damit können die in Tab. 11 genannten Begriffe eingeführt werden. Die Tabelle enthält typische Auslegetemperaturen, die sich an den oben genannten Notwendigkeiten der Nutzung orientieren. Es ist zu beachten, dass die Vorlauftemperatur in der Regel gleitend gefahren wird, typisch für Fernwärme-Bestandsnetze ist eine maximale Vorlauftemperatur von bis zu 110 °C, welche in Schwachlastzeiten gleitend bis zu 70° heruntergefahren wird.

In Abhängigkeit von der Temperatur des Vorlaufs können verschiedene Wärmequellen erschlossen werden. Kalte Nahwärme kann z.B. direkt aus Erdsonden eingespeist werden. Für LOW EX[18] und LOW T[19] Systeme kommen weitere regenerative Quellen wie z.B. solare Speichersysteme in Frage.

Die übertragene Energie in Fernwärmeleitungen ist proportional zum Volumenstrom im Netz und der Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf.

Die Wärmeverluste (Leitungsverluste) sind abhängig vom Rohrdurchmesser, der Dämmstärke und der Medientemperatur. Eine möglichst niedere Vorlauftemperatur ist anzustreben.

Tab. 11 In der Untersuchung verwendete Definition zur Technische Nomenklatur Wärmenetze

	Vorlauf-temperatur (VL) (typisch) [°C]	**Rücklauf-temperatur (RL) (typisch) [°C]**	**Erläuterung**
Kalte Nahwärme	10 – 20	5	Betrieb immer mit Wärme-pumpe dezentral
LOW EX[20]	20 – 40	10 – 15	Flächenheizungen möglich; bei Heizkörpern Betrieb mit Wärmepumpe dezentral
LOW T[21]	40 – 60	20 – 30	Heizbetrieb mit Heizkörpern möglich, Warmwasserbereitung eingeschränkt möglich (Klein-anlagen). Bei hohem Bedarf, Hygiene und Legionellen-schaltung bzw. (elektrische) Nacherwärmung notwendig
Niedertemperatur Normaltemperatur	70 - 80	40 – 60	Direkte Verwendung zur Trink-warmwasserbereitung auch in Großanlagen
Hochtemperatur (konventionelle Netze)	größer 90	40 – 60	Absenkung (Mischer) an der Übergabestation. Bei Temperaturen >100 °C erhöhter Netz- Druck.

18 von „low exergy“
19 von „low temperature“
20 von „low exergy“
21 von „low temperature“

Die Temperaturspreizung (Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur) sollte hoch bleiben, da sonst bei gleicher transportierter Energie der Volumenstrom erhöht werden muss, was den Aufwand zum Transport (Pumpenstrom) erhöht. Eine niedrige Rücklauftemperatur ist daher mehrfach wirksam: Zur Verminderung der Leitungsverluste, zur Verminderung des Volumenstroms (Pumpenstrom) und vor allem zur Verbesserung des Ausnutzungsgrads der Wärme-Erzeugung.

Sind die Temperaturen jedoch für die anvisierte Anwendung nicht mehr ausreichend, muss dezentral ein zusätzlicher apparativer Aufwand (Nacherwärmung, Wärmepumpe) getrieben werden.

4.11 Trinkwarmwasser-Hygiene

Kleinanlagen sind alle Anlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern, sowie Anlagen mit Trinkwassererwärmern mit einem Speicherinhalt bis zu 400 Liter und/oder einem Rohrleitungsinhalt bis zur Drei Litern zwischen Abgang Trinkwassererwärmer und Entnahmestelle. Alle anderen Anlagen sind **Trinkwasser-Großanlagen** [DVGW551]**.**

Für Großanlagen gelten strenge hygienische Vorschriften, u.a. müssen

- Stichleitungen so ausgeführt werden, dass deren Wasserinhalt ≤ 3 l beträgt („Drei-Liter-Regel“),
- sonstige Leitungen als Zirkulations-Leitungen ausgeführt werden.
- am Wasseraustritt des TW-Erwärmers muss die Temperatur mindestens 60°C betragen.
- die Kaltwassertemperatur muss auf maximal 25°C beschränkt werden.
- Im Bedarfsfall muss thermische Desinfektion durch Temperaturanhebung auf mindestens 70° C im Netz möglich sein

Dies hat zur Folge, dass die Trinkwasser-Erwärmung in Mehrfamilienhäusern entweder

- mit wohnungsweisen Frischwasser-Stationen (Kleinanlage unter Beachtung der „Drei-Liter-Regel“) oder
- durch zentrale Trinkwassererwärmung mit Zirkulation ausgeführt sein muss.

Bei zentraler Versorgung muss die Wärmeversorgung in der Lage sein, die notwendige Austrittstemperatur am Trinkwassererwärmer sicher zu stellen. Nimmt man einen Temperaturverlust von ca. 5 K in der Fernwärmeübergabe an, so ergibt sich eine notwendige Vorlauftemperatur von 65-70 °C. Können die geforderte Austrittstemperatur sowie die Möglichkeit der thermischen Desinfektion nicht erreicht werden, so muss z.B. durch einen elektrischen Heizstab nacherhitzt werden.

Gerade bei der Nutzung regenerativer Energien stehen (wie im Neubaugebiet Freiham) aus Gründen der Effizienz Vorlauftemperaturen nur unterhalb 60°C zu Verfügung.

Frischwasser-Stationen (FriWa)

Frischwasser-Stationen (FriWa) werden bei der Warmwasserbereitung eingesetzt, um die Speicherung und Vorhaltung von Trink-Warmwasser auf dem Niveau der Gebrauchstemperatur (ca. 55 Grad C) zu vermeiden. Die Frischwasserstation besteht aus einem leistungsfähigen Wärmetauscher der im Durchlaufprinzip im Bedarfsfall Warmwasser mit der Wärme aus Heizwasser (auch aus Pufferspeicher) erzeugt.

Kompakt-Wohnungsstation WS

Die Wohnungs-Station (WS) ist eine platzsparende Station zur wohnungsweisen Wärmeübergabe von Raumheizung und Warmwasser. Die WS enthält alle notwendigen Baugruppen (FriWa, Wärmetauscher, Pumpen, Elektrik usw.) und wird nur noch mit den Wärmeversorgungsleitungen der Fernwärme oder der Hausanlage verbunden. Aufgrund der kompakten Bauweise ist die Leistung begrenzt. Die Montage in unmittelbarer Nähe der Wohnung ermöglicht die Einhaltung der 3-Liter-Regel.

4.12 Kühlung

Im Rahmen des Konzepts wird ausschließlich der Bedarf an Raumkühlung behandelt. Der Bedarf zur Kühlung von z.B. Lebensmitteln ist der Prozess(kälte) zuzurechnen, der genau wie andere stromgetriebene Prozesse (z.B. Strom für Backöfen in Bäckereien) der jeweiligen Nutzung zuzurechnen ist.

Im Gegensatz zur winterlichen Heizung, bei dem die Solltemperaturen in einem engen Temperaturkorridor und über eine lange Zeit aufrecht zu halten sind, ist der Bedarf an Gebäudekühlung stark von den inneren Lasten der Gebäudenutzung und dem Komfortbedarf der Nutzer abhängig. In der Regel sind zwangsweise zu kühlende Räume auf (innenliegende) Veranstaltungssäle, Serverräume und dergleichen beschränkt. Wohnbauten, aber auch Schulen, Turnhallen etc., werden in der Regel nicht gekühlt. Im Bereich von Büros, Arztpraxen, Läden, Banken und dgl. ist der Bedarf an Kühlung stark von Bedarf an Komfort abhängig. Klimatisierung (d.h. neben Heizen, Lüften und Kühlen auch die Be- oder Entfeuchten der Luft) wird in der Regel eher abgelehnt. Der Bedarf an Kühlung wird darüber hinaus vor allem von der Gebäudegestaltung und -ausstattung bestimmt. Bevor ein Kühlbedarf identifiziert wird, sollen planerisch zunächst alle passiven Maßnahmen umgesetzt werden:

- Reduktion der inneren Lasten,

- Reduktion der solaren Einträge durch angepasste Fensterflächen
- Wirksame, außenliegende und verstellbare Sonnenschutzeinrichtungen,
- zugängige innere Speichermassen.

Es sollte beachtet werden, dass die Maßnahmen zur Raumkühlung im Sommer wirksam sind, im Winter aber nicht zu einer Erhöhung des Heizwärmebedarfs führen. Verschattung durch Überstände wie Balkone oder Dächer sowie Sonnenschutzverglasung sind daher nicht pauschal sondern nur gezielt einzusetzen.

Die Funktionalität der Maßnahmen sollte durch den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes, am besten durch eine dynamische Simulation (in der Objektplanung), für Nutzräume wie Büros, Praxen etc. nachgewiesen werden.

Verbleibende innere Lasten können durch ein stimmiges Nachtlüftungskonzept aufgefangen werden. Weitergehende Maßnahmen sind der Einsatz von passiver/regenerativer Kühlung über Erdsonden und Betonkernaktivierung. Die Stadtwerke München bieten in einigen Bereichen hierzu Fernkälte aus U-Bahn-Dückern und Grundwasserbrunnen an.

Erst wenn alle passiven Maßnahmen ausgeschöpft sind, solle der Einsatz von aktiver Kühlung mittels Kompressionskältemaschinen erwogen werden. Hierzu ist in der Objektplanung ein Kühlkonzept zu fordern. (S.a. [BY Büro EffPlan]).

Folgende Annahmen wurden im Rahmen der Untersuchung getroffen:

- 50 % der Flächen GHD und Büro werden gekühlt.
- Die Werte REAL („Status quo“) und ZIEL („Energieeffizient“) der Tab. 12 werden als zusätzlicher Strombedarf Kühlung angenommen.

Tab. 12 Spezifischer Strombedarf gekühlter Gebäude in der Schweiz [Brunner 2008]. In der Schweiz ist der Flächenbezug auf Brutto-Grundfläche üblich.

		Luftförderung	*Kühlung Aussenluft*	*Zusatz-kühlung*	*Total*
Technik	***Klima***	[$kWh_e/(m^2 \cdot a)$]	[$kWh_e/(m^2 \cdot a)$]	[$kWh_e/(m^2 \cdot a)$]	[$kWh_e/(m^2 \cdot a)$]
Status quo	2005	6,1	2,6	5,0	13,7
Energieeffizient	2035	1,3	0,9	1,4	3,7

5 Projektablauf und Projektschritte

5.1 Termine mit den Projektbeteiligten

Folgende Termine und Bearbeitungsschritte wurden mit den Projektbeteiligten (Referat für Gesundheit und Umwelt RGU, Referat für Stadtplanung und Bauordnung PLAN, Stadtwerke München SWM, ARGE Bayernkaserne) durchgeführt:

21.7.2015	Auftaktgespräch, Besichtigung des Baugebiets
15.9.2015	Versorgung der Bayernkaserne – Termin mit den Stadtwerken München
26.11.2015	Zwischentermin. Vorstellung und Diskussion der Zwischenergebnisse mit dem Auftraggeber.
1.2.2015	Vorstellung Zwischenergebnisse und technische Varianten zur Verbesserung der Fernwärme. Fachlicher Austausch mit den Stadtwerken München
1.2.2016	Vorstellung Zwischenergebnisse und fachlicher Austausch mit der Stadtplanung (Planungsreferat, ARGE Bayernkaserne)
14.7.2016	Workshop Stadtplanung
	Abschussgespräch (steht zum Termin des Abschlussberichts noch aus)

5.2 Zwischenschritte

Die Zwischenschritte des Projektfortschritts wurden in acht Notizen festgehalten und mit dem Auftraggeber abgestimmt.

Notiz 1	14.8.15	Termin SWM	Klärung und Fixierung der Randbedingung Versorgung
Notiz 2	19.8.15	Arbeitsplan	Klärung und Fixierung Arbeitsplan und Randbedingungen der Berechnungen
Notiz 3	20.8.15	Optimierung Städtebau	Empfehlungen zum Städtebau und zu städtebaulichen Indikatoren
Notiz 4	16.9.15	Versorgung	Qualitative Betrachtung von Versorgungsmöglichkeiten
Notiz 5	2.19.15	Versorgung	Zwischenergebnisse städtebauliche Indikatoren und Auslegung Fernwärme
Notiz 6	10.2.16	Versorgung Vertiefung	Vertiefte Betrachtung von Versorgungsmöglichkeiten
Notiz 7	22.3.16	Fernwärme Verbesserung	Anpassung der Fernwärme der SWM an das Neubaugebiet Bayernkaserne
Notiz 8	24.6.16	Versorgung Regenerative	Zwischenergebnisse Wärmeversorgungskonzept Regenerative Energien

5.3 Workshop energieeffiziente Stadtplanung Bayernkaserne

Am 14.7.2016 wurde ein Workshop des Referats für Stadtplanung und Bauordnung sowie der ARGE Bayernkaserne unter Beteiligung von ebök in München durchgeführt. Hauptthema waren Qualitäten und Verbesserungen der folgenden städtebaulichen Aspekte:

- Einflussmöglichkeiten des Städtebaus, Spielräume bei der Umsetzung energieeffizienter Gebäude.
- Kompaktheit, Stellung der Gebäude: Auswirkungen auf Energiebedarf und Kosten.
- Wohnungslüftung und Energieeffizienz – auch im Zusammenhang mit Lärmschutz und Schadstoffbelastung im Außenbereich.
- Verschattung der Gebäude, Eigenverschattung, gegenseitige Verschattung, solare Nutzung. Interpretation von interaktiven Schattenmodellen.
- Sommerlicher Wärmeschutz, Klimafolgeanpassung.
- Nutzung von Dächern für Dachgärten und PV.
- Vom Städtebau zur Planung: Was muss schon jetzt beachtet werden? Welche Auswirkungen haben städtebauliche Festlegungen auf die spätere Umsetzung energieeffizienter Gebäude?

Abb. 12 Workshop Stadtplanung am 14.7.2016.

Ergebnisse

Die Erarbeitung und Betrachtung der wichtigsten städtebaulichen Parameter im Hinblick auf Energiebedarf, Emissionen (CO_2 Ausstoß), sommerlichen Wärmeschutz und Stadtklima im interdisziplinären Team von Stadtplanern und Architekten, Grünplanern, Klimaschutzexperten und Energieexperten stellt einen wichtigen Schritt für die Schaffung und Sicherung einer hohen städtebaulichen Qualität dar.

Es ist klar, dass der Einfluss der Stadtplanung auf bestimmte Parameter (z.B. spätere Nutzung der Gebäude) gering ist. Andere Parameter wie Verschattung und Stellung der Gebäude lassen sich jedoch sehr gut beeinflussen (s.a. Kap. 4.1). Sehr wichtig ist die Berücksichtigung von Parametern bereits in der Stadtplanung, die sich in der Objektplanung als energie- und kostentreibend erweisen können. Beispielsweise können ungeschickt gewählte Gebäudehöhen sich auf die Ausgestaltung von Wärmebrücken an Terrassenaustritten auswirken. Ein weiteres Beispiel ist die Gestaltung der Tiefgarage, die bei Hocheffizienzgebäuden am besten voll thermisch entkoppelt ausgeführt werden sollte. Die Stockwerkshöhe der Erdgeschosse ist entscheidend für die Belichtung der in einer dichten städtebaulichen Umgebung ohnehin stark verschatteten unteren Geschosse.

Aus diesem Grund wird die Aufnahme eines Workshops in einer ähnlichen wie der durchgeführten Form als Regelablauf im Planungsprozess empfohlen.

6 Städtebauliches Konzept

6.1 Städtebauliche Parameter, Kompaktheit

Gebäudeflächen

Die Gebäude wurden jeweils einzeln aufgenommen. Die Nutzung wurde – sofern erkennbar – dem betreffenden Teilbereich zugeordnet. Abb. 13 zeigt einen Überblick über die Bruttogrundflächen (BGF) in den Baufeldern. Unterirdische Bereiche der Gebäude wurden nicht berücksichtigt. Die Bruttogrundflächen sind Basis für die weitere Beurteilung. Durch (nutzungsabhängigen) pauschalierten Abzug der Konstruktionsflächen berechnen sich die Nettoraumfächen (NRF) welche in der städtebaulichen Untersuchung mit der Wohnfläche und der Energiebezugsfläche gleichgesetzt werden (Kap. 4.2).

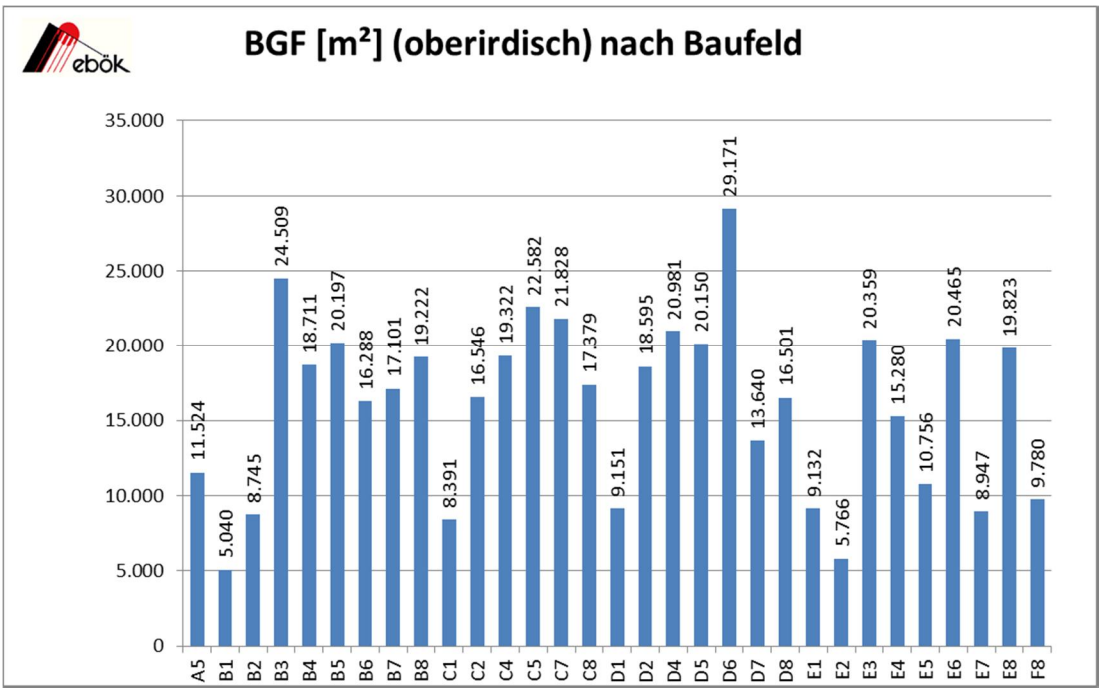


Abb. 13 Bruttogrundflächen der Baufelder

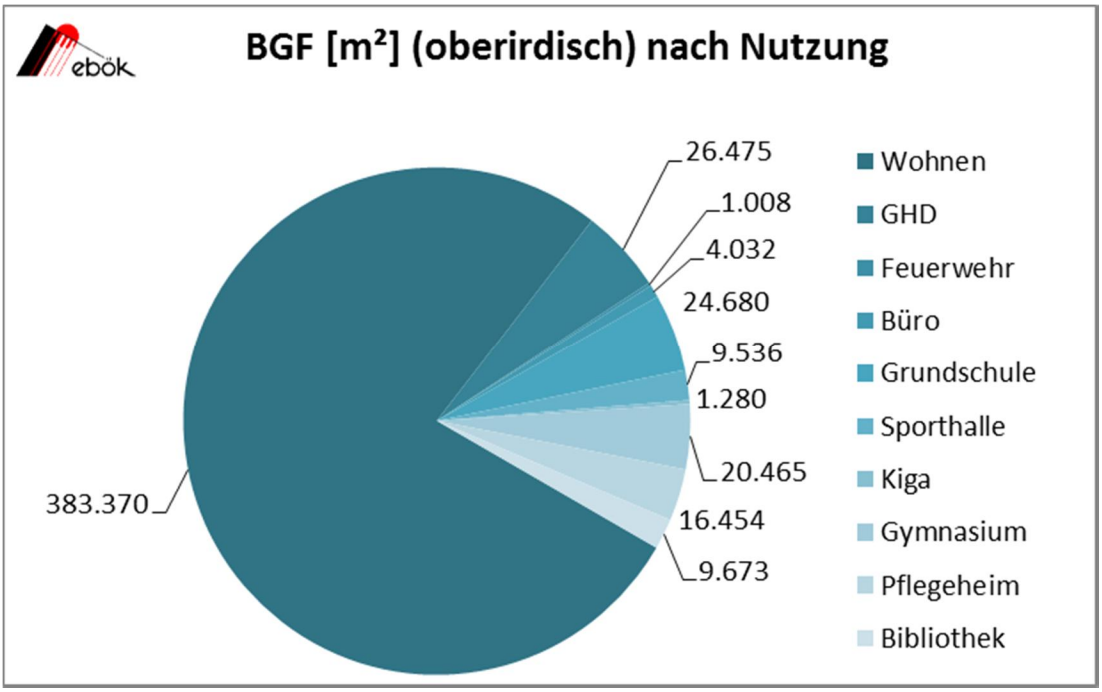


Abb. 14 Aufteilung der Bruttoflächen nach Nutzung.

In der Bayernkaserne überwiegt Wohnnutzung (Abb. 14) gefolgt von Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD).

Insgesamt wurden ca. **497.000 m² BGF** entsprechend ca. **435.000 m² NRF** ermittelt (ohne Berücksichtigung von unterirdisch gelegenen Flächen).

Bebauungsdichte

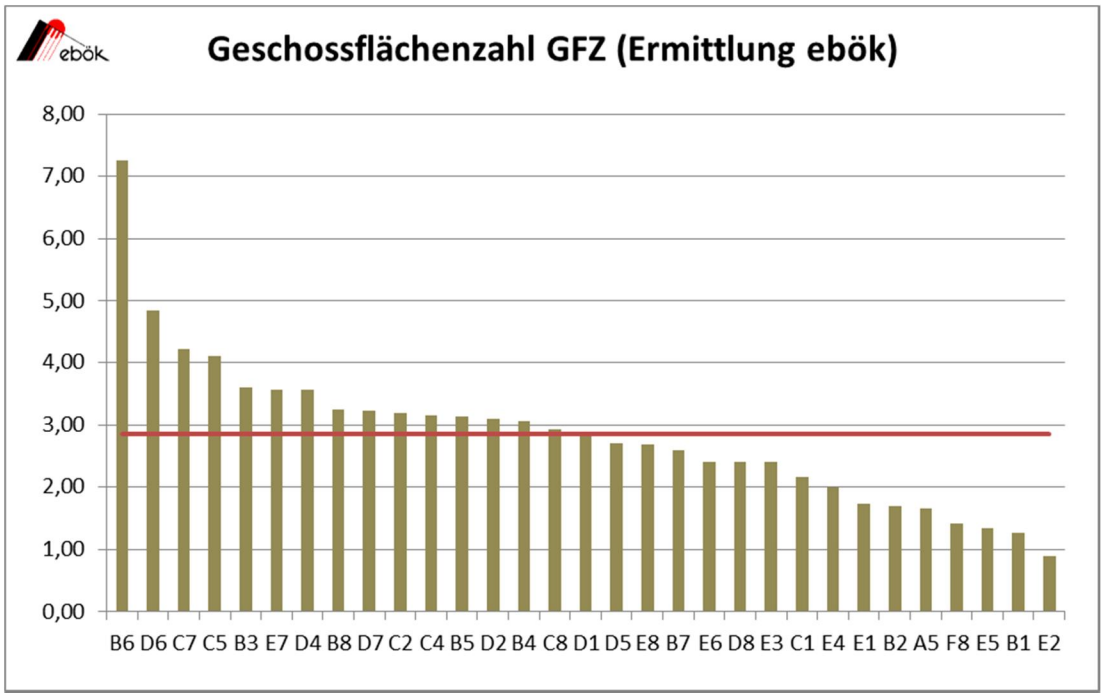


Abb. 15 Geschossflächenzahl (Bezug auf die Grundstücke ohne Verkehrsflächen)

Die Geschossflächenzahl[22] wurde für das Plangebiet bestimmt, um einen Eindruck über die Bebauungsdichte, insbesondere im Vergleich der Baufelder, zu bekommen. Für die energetische Betrachtung und Bewertung sind die Geschossflächenzahlen nicht relevant.

Die Grundstücke der Bayernkaserne sind überwiegend dicht bebaut (Abb. 15). Es ist zu erwarten, dass die Dichtewerte noch nicht stabil sind, da im derzeitigen Planungsstand noch Interpretation (Verkehrsflächen etc.) und partielle Nachverdichtung möglich ist. Die vorliegenden Zahlen sollten im Zuge des Stadtplanungsprozesses verifiziert und weiterentwickelt werden.

22 Die Geschossflächenzahl GFZ ist ein Indikator für das Maß der baulichen Nutzung (Dichte). Sie bezeichnet das Verhältnis der gesamten Geschossfläche aller Vollgeschosse des Gebäudes auf einem Grundstück zu der Fläche des Baugrundstücks.

Kompaktheit

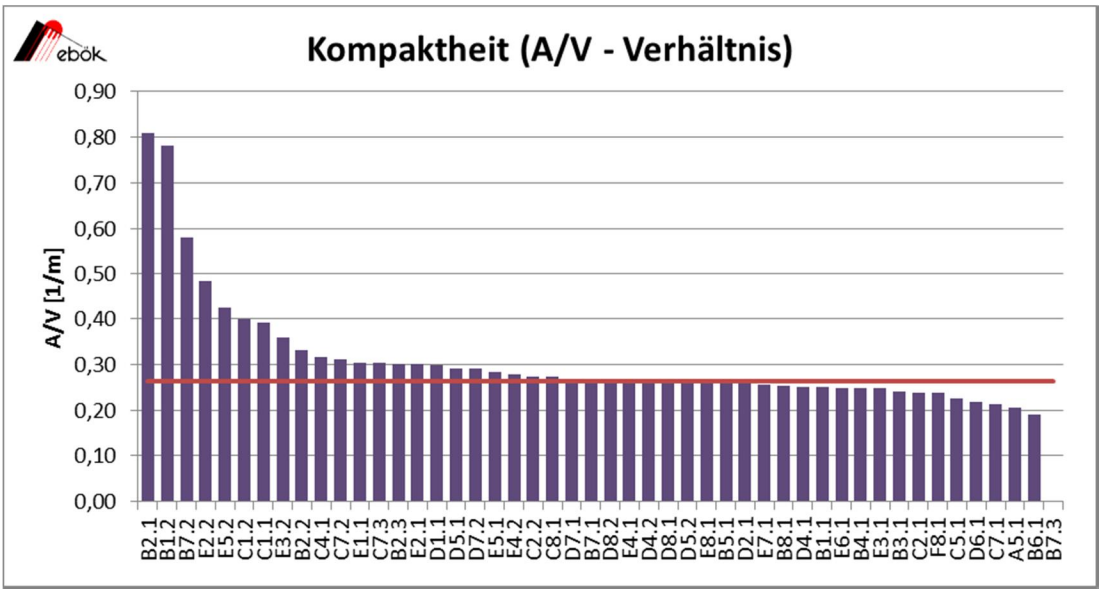


Abb. 16 Kompaktheit (A/V-Verhältnis) der untersuchten Gebäude

Die nach Kompaktheit sortierten A/V-Verhältnisse zeigt Abb. 16. Der ungewichtete Mittelwert liegt bei ca. 0,31 [1/m]. Die Gebäude B1.2 und B2.1 sind aufgrund der flachen Baustruktur eindeutige Ausreißer.

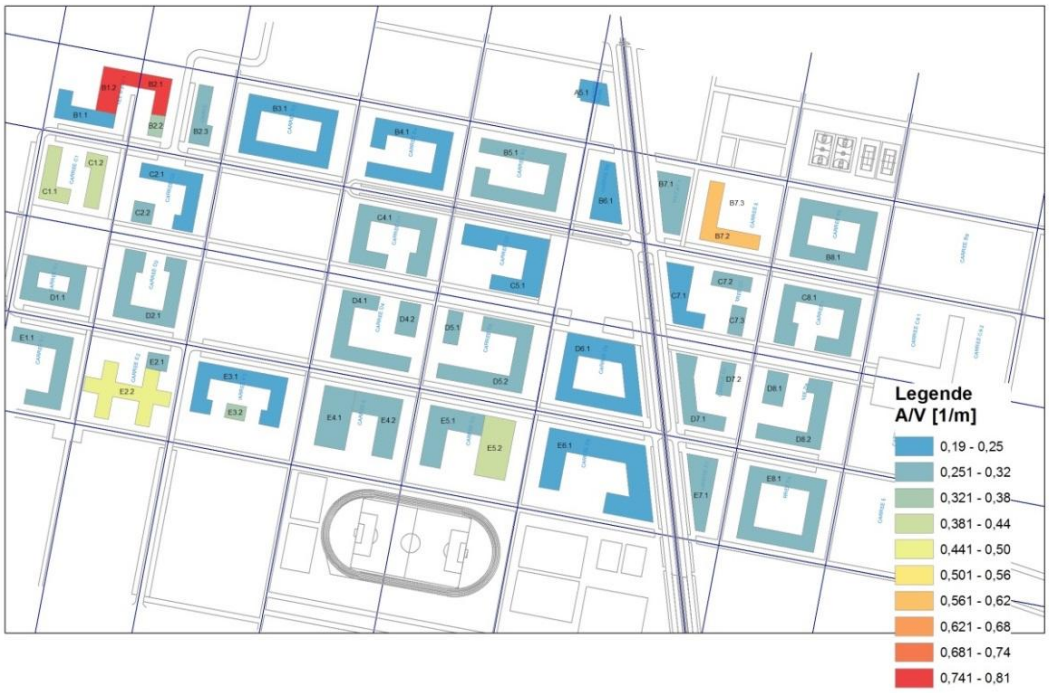


Abb. 17 Kompaktheit (A/V-Verhältnis) der untersuchten Gebäude

Bewertung

Das Neubaugebiet Bayernkaserne weist eine hohe Bebauungsdichte auf. Die Gebäude sind bis auf wenige Ausnahmen sehr kompakt, die Gebäude weisen ein sehr günstiges A/V-Verhältnis auf.

6.2 Verschattung (Heizperiode)

Die dichte städtebauliche Situation führt zu gegenseitiger Verschattung und Eigenverschattung der Gebäude. Die Modellgebäude wurden im städtebaulichen Kontext unter Berücksichtigung der Nachbarbebauung modelliert.

Die Verschattungssituation wurde dabei zunächst qualitativ betrachtet (Abb. 18). Darüber hinaus findet die Verschattung der solaren Gewinne Eingang in die Bilanzierungsberechnungen des Heiz-Energiebedarfs (s. Kap. 7).

Bewertung

Eine Verschattung durch die Nachbargebäude ist in der Bayernkaserne aufgrund der baulichen Dichte gegeben. Der Einfluss der Verschattung auf den Heizwärmebedarf ist bei den Modellgebäuden gegeben, aber akzeptabel. Insbesondere die Realisierbarkeit hocheffizienter Gebäude wird bei der gegebenen Kompaktheit durch Verschattung noch nicht so stark beeinflusst, dass aus Gründen der mangelnden solaren Nutzbarkeit ein Hocheffizienzkonzept nicht mehr wirtschaftlich darstellbar wäre.

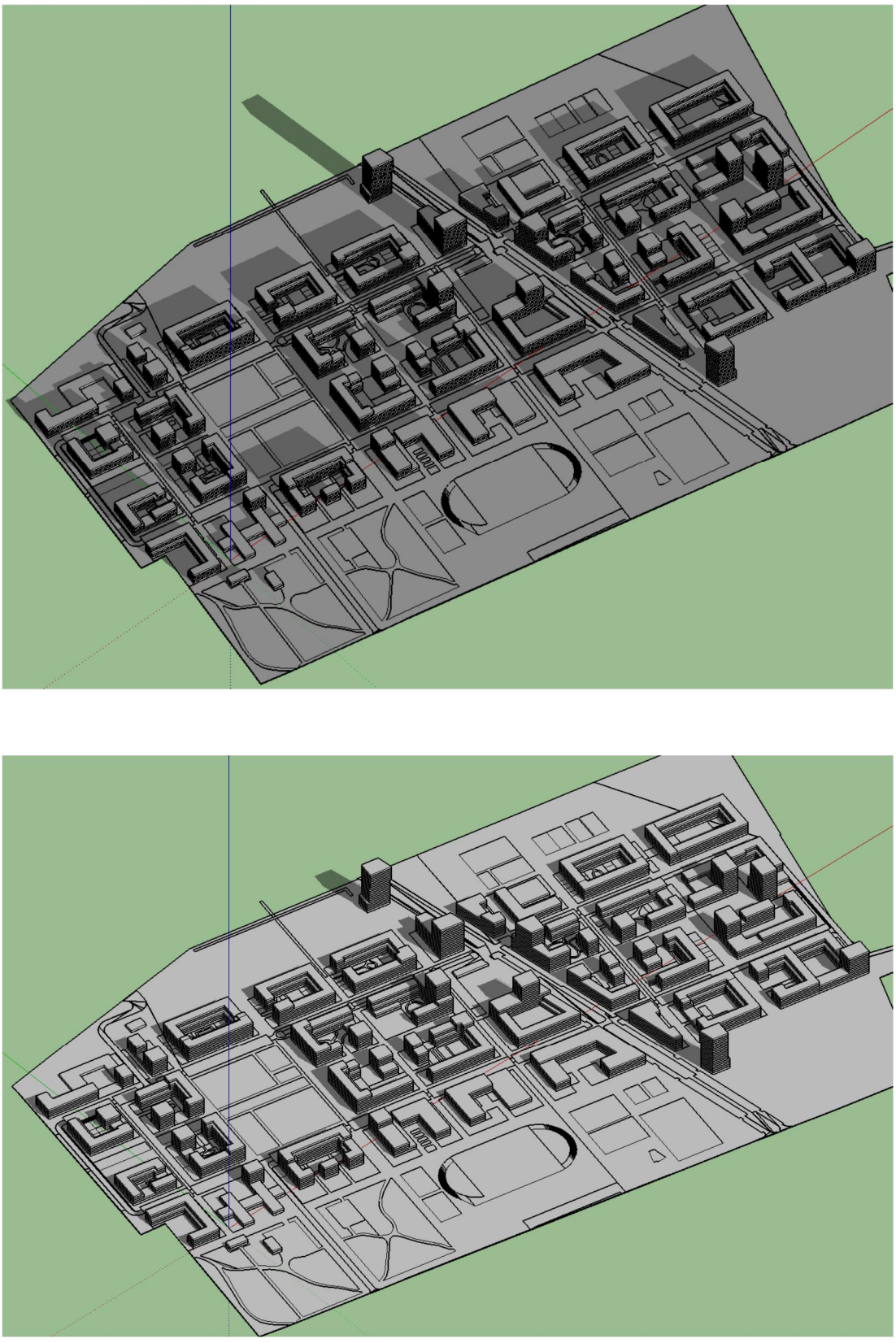
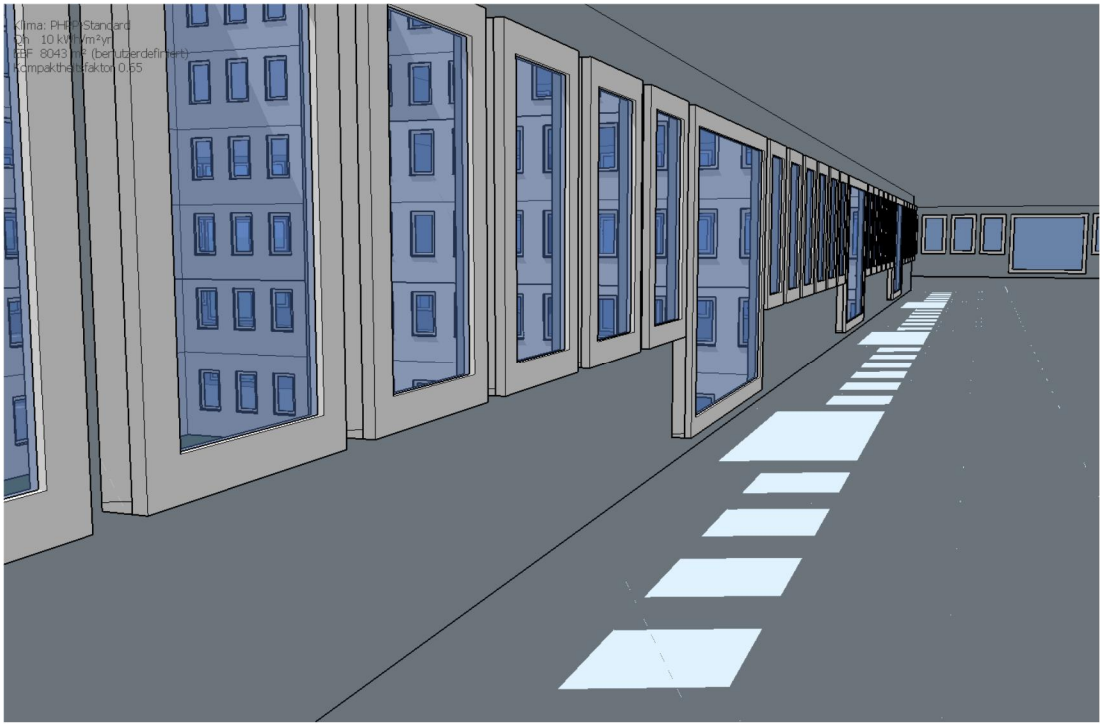


Abb. 18 Verschattungsmodell der Bayernkaserne. Oben: Wintersonnwende (21.12.) 12h. Unten Tag-und-Nacht-Gleiche (21.3.) 12h

6.3 Stadtklima und Sommerlicher Wärmeschutz

Insbesondere beim Workshop Stadtplanung (s. Kap. 5.3) waren Stadtklima, und das Innenraumklima ausführlich behandelte Themen. In der vorliegenden Untersuchung wird die Sommersituation nicht quantitativ behandelt. Für eine Quantifizierung fehlen zum derzeitigen Planungsstand häufig Ausführungsdetails. Es lassen sich aufgrund von Erfahrungswerten aus der Objektplanung die folgenden Aussagen treffen:

- Aufgrund der dichten Bebauung ist eine sommerliche Überhitzung des Stadtbereichs sehr wahrscheinlich.
- Durch die überwiegende Südausrichtung der Baublöcke finden sich sehr häufig Situationen, die bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes der Gebäude gut lösbar sind. Ein außenliegender beweglicher Sonnenschutz ist notwendig; dies ist aber Aufgabe der Objektplanung.
- Mit wirksamem außenliegendem Sonnenschutz versehene Wohngebäude, die einen moderaten Fensterflächenanteil aufweisen und gut gedämmt sind, weisen erfahrungsgemäß eine moderate sommerliche Innenraumtemperatur auf.
- In Büro- oder Gewerbebauten, in denen die inneren Lasten höher sein können, müssen die Innenraumtemperaturen ggf. mittels Kühlung begrenzt werden. Hierzu sind zunächst alle möglichen passiven Maßnahmen (Nachtkühlung, regenerative Kühlung) auszureizen und alle Maßnahmen zur Reduktion der Kühllast zu treffen. Erst dann kann eine nachgewiesene Kühllast den Einsatz von Kühlaggregaten erforderlich machen.



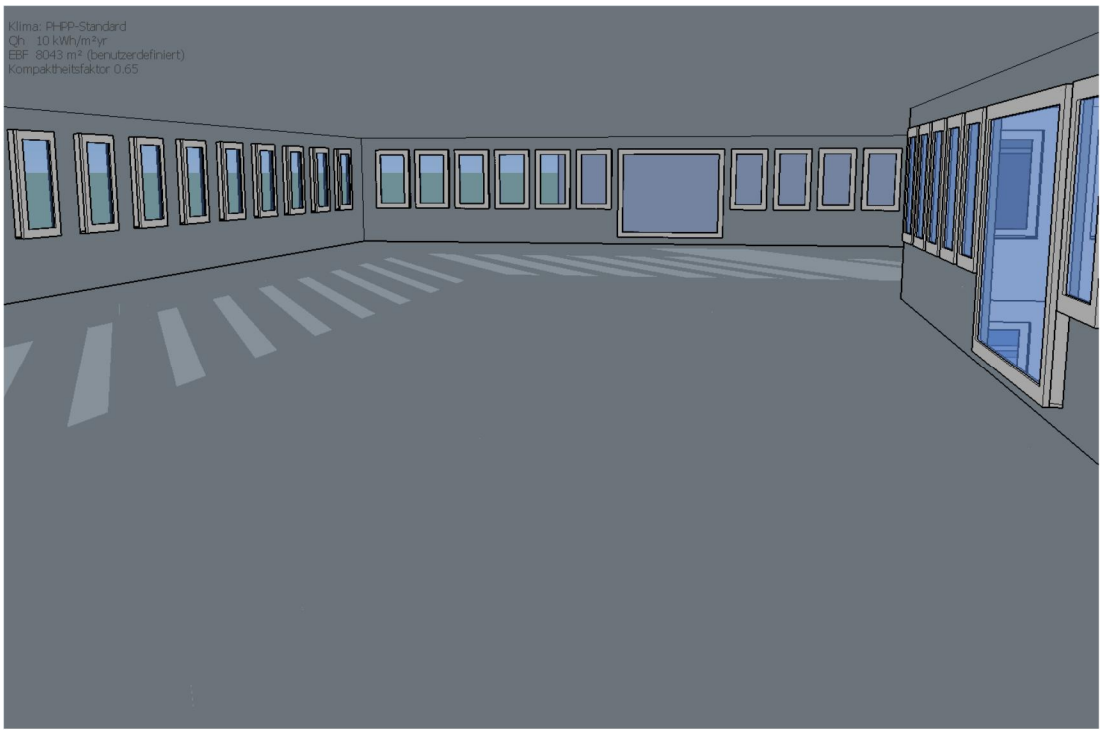


Abb. 19 Innenansicht des Nordflügels von Block B3.
Oben: Streifender Lichteinfall im Sommer an der Südseite (12.7 12h). Unten: Die Sommersonne dringt durch Ost- und Nordfenster tief in den Raum ein (12.7. 6h). An der Südseite ist ein außenliegender beweglicher Sonnenschutz notwendig, an der Nordseite in Schlafräumen wenigstens wünschenswert.

Bewertung

Im Bereich des Stadtklimas kann der Überhitzung durch den konsequenten Einsatz von Grünflächen gegenüber Stein- oder Asphaltoberflächen wenigstens teilweise begegnet werden. Sinnvoll für das Stadtklima sind auch Dachbegrünung und begrünte Fassaden. Es wird empfohlen, zum Thema Stadtklima (für ausgesuchte Wetterlagen) eine gesonderte Untersuchung durch ein Fachbüro durchführen zu lassen.

Kritisches Augenmerk muss auf die ost-/westorientierten Fassaden gelegt werden. Generell müssen ost-/west- und südorientierte Fenster mit beweglichem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet werden. In Schlafräumen kann auch in Nordbereichen eine Verschattung aufgrund der im Sommer von Nord-Ost her einfallenden Sonne notwendig werden.

Insbesondere bei Schulgebäuden muss die Verschattung auch in Zusammenhang mit der Lüftungssituation (Entwärmung durch Nachtlüftung) und der Gefahr des Vandalismus gelöst werden.

6.4 Aktive Nutzung Solarenergie durch Photovoltaik unter Berücksichtigung von Dachgärten

Die Dachflächen der Gebäude in der Bayernkaserne können entweder von Dachgärten oder von Photovoltaik belegt werden. Eine Kombination ist zwar denkbar, aber nicht empfehlenswert. Ebenso sind Kombinationskollektoren PV und thermisch solar nicht sinnvoll.

Seitens der Stadtplanung sind 2 m² Dachterrasse je Einwohner vorgesehen. Diese Flächen wurden bei den Berechnungen ebenso wie ein pauschaler Abzug für nicht belegbare Flächen an Dachränder, Dachaufbauten etc. berücksichtigt.

Bezogen auf die Nutzungsmöglichkeiten von Dachflächen bedarf es eines stimmigen Konzepts zur räumlichen und funktionellen Organisation. Neben notwendigen technischen Aufbauten und der Einrichtung von Dachgärten bzw. Dachbegrünung soll ein möglichst großer Anteil der Dachfläche insbesondere für die Stromerzeugung durch PV-Anlagen möglich werden.

An Hochpunkten der Bebauung ist eine Verschattung der nordseitig angeordneten PV-Modulen möglich. In solchen Bereichen sollten bevorzugt Dachgärten angeordnet werden, für die ein Wechsel von sonnigen und schattigen Bereichen sehr wünschenswert ist.

PV-Anlagen sollten bei unterschiedlichen Dachniveauhöhen auf den höher gelegenen Dächern situiert werden, um Verschattung zu vermeiden. Die niedrigeren Dächer stehen dann für Dachbegrünung und Dachgärten zur Verfügung.

6.5 Wohnungslüftung

Beim Workshop Stadtplanung (s. Kap. 5.3) wurde das Thema Lärmschutz vor allem im Nordbereich entlang der Heidemannstraße ausführlich diskutiert.

Insbesondere in lärm- und schadstoffbelasteten Gebieten bietet der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (auch im Wohnbereich) nicht nur den Vorteil der Energieeffizienz, sondern ermöglicht auch eine (komfortable) Nutzung der betroffenen Bereiche.

Als schwächstes Glied beim Schallschutz der Fassade kommt den Fenstern erhöhte Bedeutung zu. Die Wirkung von Schallschutzfenstern (Klasse 3-6) ist jedoch nur im geschlossenen Zustand gegeben. Ein fugendichter Einbau ist dabei nicht nur aus Gründen des Wärme- und Feuchteschutzes unabdingbar, sondern aus Gründen des Schallschutzes notwendig.

Der aus hygienischen Gründen mindestens notwendige Luftaustausch muss über Fensterlüftung oder über eine mechanische Lüftungsanlage erfolgen. Insbesondere wenn Schlafräume zu lärmintensiven Bereichen hin gelegen sind (wie das bei Annahme üblicher Grundrisse im Bereich der nördlichen Blöcke zur Heidemannstraße hin sehr wahrscheinlich wird) ist die Öffnung während der Nachtstunden nicht angezeigt. Eine Lüftung über Fenster ist hier ganzjährig nicht möglich.

Der Einsatz von Abluftanlagen mit Nachströmung über die Fassaden ist möglich, aber aufgrund des notwendigen Schallschutzes an den Zuluftöffnungen nicht das Mittel der Wahl. Wird mechanisch über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung gelüftet, so lassen sich neben sehr guter Filtertechnik auch entsprechende Schallschutzmaßnahmen integrieren.

Eine Lüftungsanlage darf nicht mit einer Klimatisierung (Behandlung der Luft auch in den Parametern Kälte und/oder Feuchte) verwechselt werden. Die Lüftungsanlage fördert ausschließlich gefilterte und auf das notwendige Maß erwärmte Luft. Eine Öffnung der Fenster ist weiterhin zur Stoßlüftung im Bedarfsfall und für den Außenkontakt notwendig und sollte unbedingt in der Planung vorgesehen werden. Ein Öffnen der Fenster wird nicht verhindert oder verboten, ist jedoch in der Regel nicht mehr notwendig.

Insbesondere in Schulen mit einer hohen Belegungsdichte von Personen in Klassenräumen ist eine Lüftung auch während des Unterrichts notwendig. Untersuchungen haben gezeigt, dass die CO_2-Konzentration[23] in Schulräumen während der Schulstunde auf ein Maß steigt, das zu Leistungsabfall bei den Schülern führen kann (Lit [FGK 22 Schulen]). In verlärmten Bereichen ist ein Öffnen der Fenster im Sommer allerdings nicht ohne eine massive Störung des Unterrichts möglich.

Beim Passivhauskonzept ist der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung integraler Teil des Konzepts.

[23] Die Konzentration des Atemgases CO_2 in der Innenluft wird als gut messbare Führungsgröße für die Qualität der Innenluft herangezogen ([DIN 1946-6 2009]).

Ergebnisse

Vor allem aus Gründen des Schallschutzes ist in den stark lärmbelasteten Bereichen neben den üblichen Schallschutzmaßnahmen der Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung angezeigt. Hierdurch lässt sich ein Mehrfachnutzen durch Energieeffizienz, Wohnkomfort bzw. hygienisch notwendigem Luftwechsel, Nutzungssicherheit im Schul- und Bürobereich und dem notwendigen Lärmschutz erreichen.

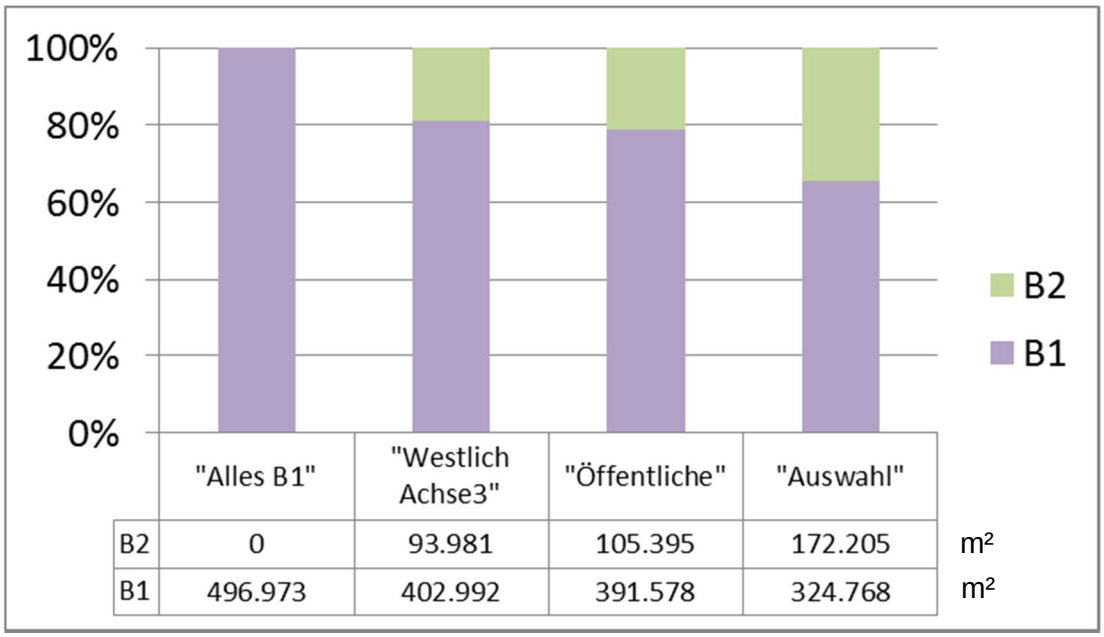
6.6 Städtebauliche Aufteilung in die Teilgebiete B1 und B2

Eine Aufgabe der Untersuchung ist die Aufteilung in die Teilgebiete B1 und B2 mit besonderen Anforderungen (Kap. 4.6). Es sollen die Auswirkungen verschiedener Szenarien des Wärmeschutzes und der Versorgung in den Teilbereichen B1, B2 untersucht werden.

Aus dem städtebaulichen Entwurf ergibt sich allerdings keine „natürliche“ Aufteilung durch abgrenzbare Teil-Gebiete, nur schwer mit Fernwärme zu versorgende Teilgebiete etc. Auf der anderen Seite ist eine räumliche Fixierung und Abgrenzung notwendig, da sich daraus sehr unterschiedliche Konsequenzen für die weitere Konzeption ergeben. Folgende Ideen der Abgrenzung wurden entwickelt und untersucht (Tab. 13):

Tab. 13 Mögliche Aufteilung in die Teilgebiete B1, B2

Teilgebiet	Begründung der Auswahl	Grün = B2 Gebiet mit verbessertem Wärmeschutz / Haustechnik
Westlich Achse 3	Durch die Auswahl kann die FW-Trasse leicht verkürzt werden	
Öffentliche Gebäude	Der Durchgriff bei der Umsetzung ist bei eigenen Gebäuden der Stadt München besonders gut	
Aus-gewählte Gebäude	Vor allem aufgrund der sehr günstigen Kubatur ergeben sich Um-setzungsvorteile	



	"Alles B1"	"Westlich Achse3"	"Öffentliche"	"Auswahl"	
B2	0	93.981	105.395	172.205	m²
B1	496.973	402.992	391.578	324.768	m²

Abb. 20 Flächenverteilung unter Annahme verschiedener Aufteilung B1 / B2.

In Kap.8 werden die alternativen Möglichen zur Fernwärmeversorgung aufgezeigt und diskutiert. Die Umweltwirkung der Varianten wird in Kap.9 unter Annahme einer möglichen voll regenerativen Versorgung und einer möglichen verbesserten Fernwärmeversorgung berechnet.

Die Auswahl „Westlich Achse3“ erfüllt nicht das Kriterium „1/3 (der Nutzfläche)“; auch die Auswahl der Öffentlichen Gebäude bleibt unter der Vorgabe (Abb. 20).

Bewertung

Eine räumliche Abgrenzung für ein Teilgebiet B2 lässt sich im Untersuchungsgebiet nicht begründen. Die Vorteile, z. B. verkürzte Fernwärmetrassen, sind unter der Annahme, dass die Erschließung vollständig neu hergestellt werden muss, sehr gering. Aus Sicht der Investoren ist zu erwarten, dass ein Anschluss an Fernwärme günstiger sein wird, als eine wie auch immer geartete lokale Versorgung (s.a. Kap. 7.2). Erdgas steht als potentiell alternativer leitungsgebundener Energieträger ebenfalls nicht zur Verfügung. Daher wird der Ausschluss von Fernwärme für diese Gebäude nur schwer zu vermitteln sein (siehe auch Bewertung der verschiedenen Versorgungsvarianten Kap. 8.6).

6.7 Realisierbarkeit ambitionierter Standards (Passivhaus)

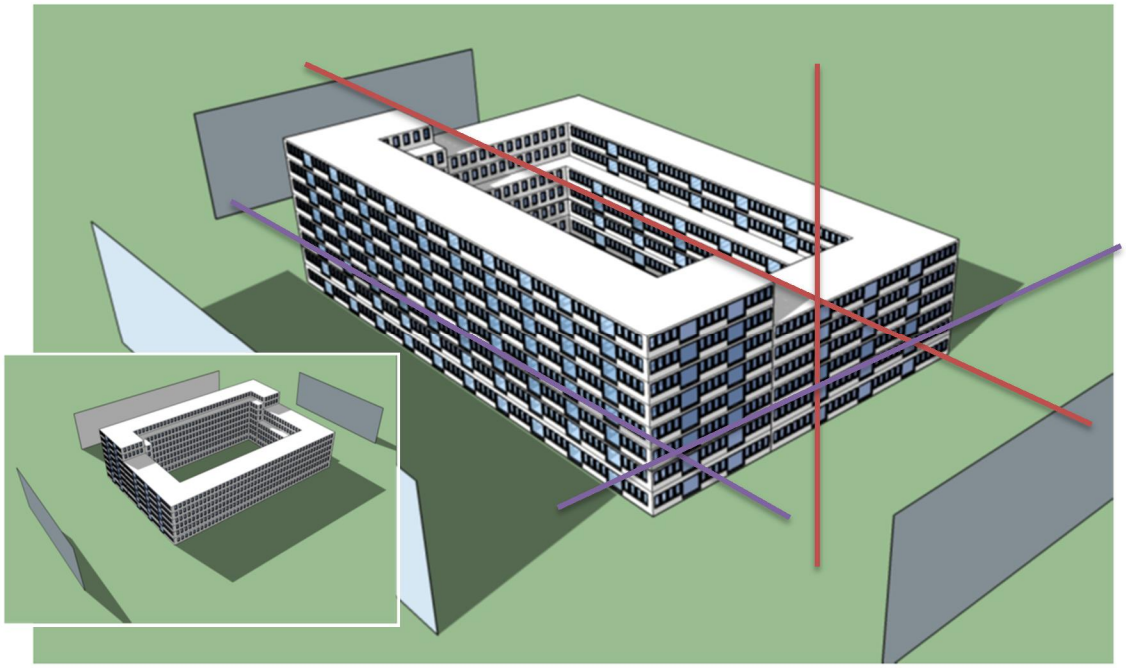


Abb. 21 Das untersuchte Mustergebäude B3.1 (Schnitte in Süd-Nord und Oben-Unten). Es wurde musterhaft befenstert und als Passivhaus modelliert. Im Gegensatz zur freien Lage im städtebaulichen Kontext der Bayernkaserne wurden typische Verschattungskanten berücksichtigt.

Das Mustergebäude B3.1 (im Plan Abb. 9 Seite 35grün umrandet) wurde als Passivhaus unter Berücksichtigung realer (Eigen-) Verschattung modelliert und bewertet. Das Gebäude weist eine sehr günstige Kubatur, jedoch im Innenbereich starke Eigenverschattung auf. Das nebenan gelegene Gebäude B4.1 ist zudem auf der Südseite stark verschattet.

Tab. 14 Merkmale der Mustergebäudes im Standard Passivhaus

Bauteil	**U-Wert**	**Äquivalente Dämmstärke**
	W/m²K	mm
Außenwand	0,2	170
Dach	0,15	230
Bodenplatte	0,25	130
Fenster	0,8	
Wärmebrücken-minimiert		
Lüftungswärmerückgewinnung		

Bewertung

Bei den ungünstigen Verschattungssituationen im Innenbereich ergeben sich höhere Energiekennwerte als auf den unverschatteten Südseiten. Sowohl im Mittel als auch in der ungünstigen Situation lässt sich das Gebäude und alle Gebäude mit ähnlicher Kubatur gut als Passivhaus realisieren. Die Verschattung im vorliegenden städtebaulichen Kontext ist für die Realisierung sowie die Auswahl der Gebäude nicht entscheidend.

6.8 Bewertung städtebauliches Konzept

Der Entwurf weist eine hohe städtebauliche Dichte auf, die Gebäude sind überwiegend sehr kompakt.

Der hohen Dichte ist geschuldet, dass sich die Gebäude gegenseitig verschatten, was in der Heizperiode geringere solare Einträge über Fensterflächen bedingt. Aufgrund der sehr guten Kubatur ist der Einfluss jedoch untergeordnet.

Die hohe Dichte hat jedoch auch in der Sommersituation Auswirkungen. Das Thema Stadtklima ist nicht Teil der vorliegenden Untersuchung. An dieser Stelle soll aber der Hinweis auf mögliche sommerliche Überhitzung gegeben werden: Es sollten wirksam Maßnahmen zur Vermeidung von Überhitzung in den Gebäuden als auch im Umfeld getroffen werden.

Vor allem aufgrund der sehr guten Kompaktheit lassen sich auch ambitionierte wärmetechnische Standards wie der Passivhausstandard mit überschaubarem wirtschaftlichen Aufwand realisieren. Die dichte Bauweise im Quartier führt - wie schon erwähnt - zu gegenüber der freien Lage verminderten solaren Einträgen in die Gebäude während der Heizperiode. Die Effekte sind jedoch untergeordnet, so dass sich viele Gebäude in Passivhausbauweise realisieren lassen.

Da die städtebaulichen Voraussetzungen für die Realisierung von Hocheffizienzgebäuden sehr gut sind, stellt ein ambitionierter Wärmschutzstandard im Kontext der Klimaschutzziele der Landeshauptstadt München eine Chance, die Treibhausgase zu mindern, dar, die unbedingt wahrgenommen werden sollte.

Im Laufe der weiteren Planung, insbesondere der Objektplanung, sollte darauf geachtet werden, dass die aus energetischer Sicht sehr guten Voraussetzungen (Kompaktheit, Ausrichtung usw.) nicht im Übermaß durch Versprünge, Durchbrüche oder ein Auflösen der Blockstrukturen abgewertet werden.

Empfehlung

Wir empfehlen die Forcierung von Festlegungen von mindestens einem Drittel der avisierten Wohnfläche im Passivhausstandard, ersatzweise im Standard KfW Effizienzhaus 40. Die übrigen Gebäude sollen im Standard KfW Effizienzhaus 55 realisiert werden.

7 Energiebedarf Heizung, Warmwasser, Strom

Zur Aufstellung der genannten Bilanzen wurde die Berechnung anhand von Modellgebäuden durchgeführt und anhand des städtebaulichen Entwurfs für das Gesamtgebiet aufsummiert.

7.1 Szenarien und Aufteilung B1 / B2

Die mögliche räumliche Aufteilung in die Teilgebiete B1 und B2 wurde in Kap. 6.6 diskutiert. Ziel der Aufteilung und des Teilgebiets B2 wäre eine nennenswerte Verbesserung der Umweltwirkung unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit. Um die Wirkung der Aufteilung sowie die Einsparpotentiale zu untersuchen, wurden die Kreuzverknüpfungen von Energiestandard und Aufteilung in sog. Szenarien untersucht (s.a. Kap. 4.6 Seite 35).

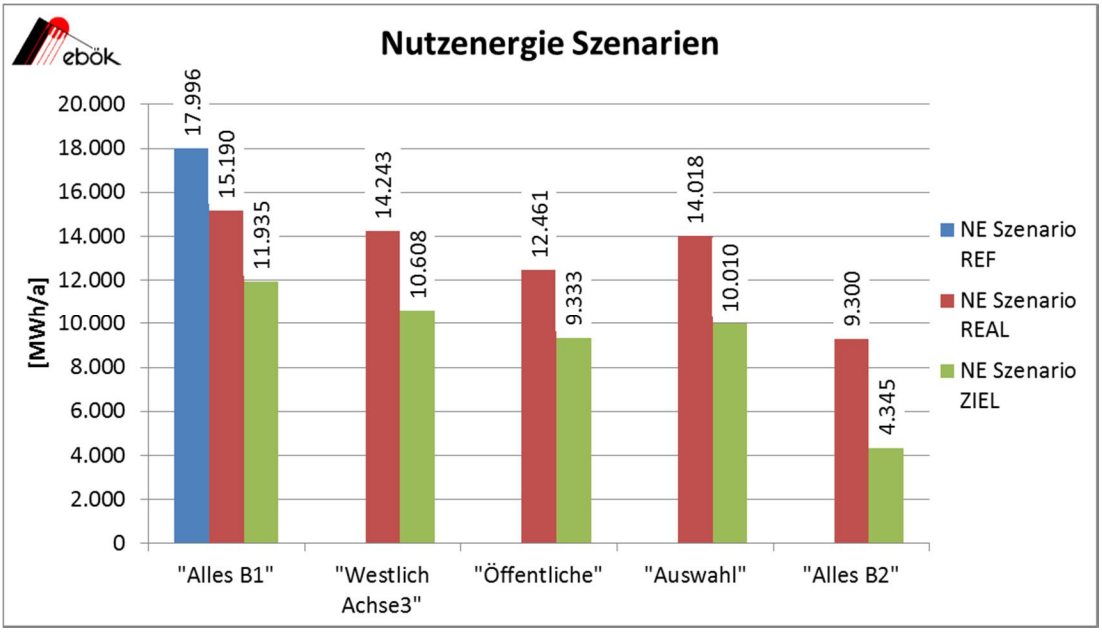


Abb. 22 Nutzenergiebedarf Heizung und Warmwasser in den Szenarien / der Aufteilung B1, B2. Die Szenarien „Alles B1“ und „Alles B2“ dienen zum Vergleich und als Potentialabschätzung.

Abb. 22 zeigt das Ergebnis der Szenarien-Bilanz. Ohne Aufteilung („Alles B1“) wird ein Nutzenergiebedarf von rd. 15.190 MWh/a erwartet (REAL). Die Szenarien „Alles B1“ und „Alles B2“ dienen zum Vergleich und als Potentialabschätzung. Durch diese Aufteilung können im Standard-Szenario REAL maximal 2.729 MWh Nutzenergie für die Beheizung und Warmwasserbereitung eingespart werden (18%). Höhere Einsparungen von maximal. 39% ergeben sich, wenn alle Gebäude mindestens im KfW Effizienzhaus 55 Standard und eine Auswahl als Plusenergiegebäude ausgeführt werden (Szenario ZIEL). Das Gesamt-Potential liegt bei 71% Einsparung (Szenario ZIEL, „Alles B2“).

Bewertung

Bezüglich des Endenergiebedarfs ergibt sich keine zwingende Aufteilung des Baugebiets in Teilgebiete. Die höchste Endenergieeinsparung zeigt die Auswahl der eigenen (öffentlichen) Gebäude der Stadt München.

7.2 Nutzenergie, Endenergie für Heizung, Warmwasser

Für das Gesamtgebiet wurde in Abhängigkeit der Nutzung sowie des avisierten Energiestandards die Energiebilanz Heizung und Warmwasserbereitung aufgestellt. Der Nutzenergiebedarf Heizwärme bezieht sich auf die im Gebäude wirksame Energiemenge, der Endenergiebedarf auf die dem Gebäude zugeführte Energiemenge (incl. den Erzeugungs- und Verteilverlusten). Die Variante EnEV REF entspricht dem Referenzgebäudestandard nach EnEV2014 und wurde zum Vergleich aufgenommen. Der Münchner Standard MünSt wurde mit dem Effizienzhaus 70 Standard der KfW gleichgesetzt und entspricht dem EnEV 2016 Standard (siehe Kap. 3.10 Seite 21).

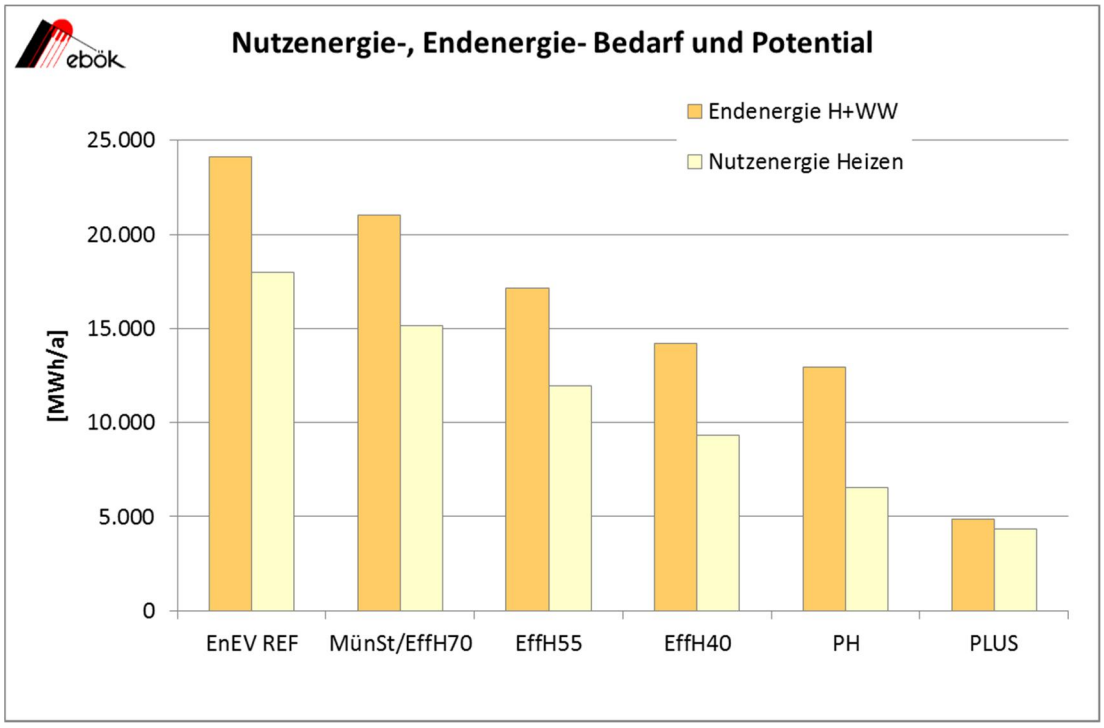


Abb. 23 Energiebedarf (Nutzenergie Heizung, Endenergie Heizung und Warmwasserbereitung) für das Gesamtgebiet bei verschiedenen Energiestandards. Im Plusstandard wird die regenerative Deckung eines Großteils der Warmwasserbereitung vorausgesetzt.

Tab. 15 Ergebnisse und Einsparpotentiale Endenergiebedarf für das Gesamtgebiet.

Standard	EnEV REF[24]	MünSt/ EffH70	EffH55	EffH40	PH	PLUS
Endenergie H+WW [MWh/a]	24.109	21.017	17.173	14.247	12.904	4.866
Einsparung gg. EnEVREF [MWh/a] / [%]		-3.091	-6.936	-9.862	-11.204	-19.242
		-12,8%	-28,8%	-40,9%	-46,5%	-79,8%
Einsparung gg. MünSt [MWh/a] / [%]			-3.844	-6.770	-8.113	-16.151
			18,3%	32,2%	38,6%	76,8%

Endenergiebedarf nach Sektoren

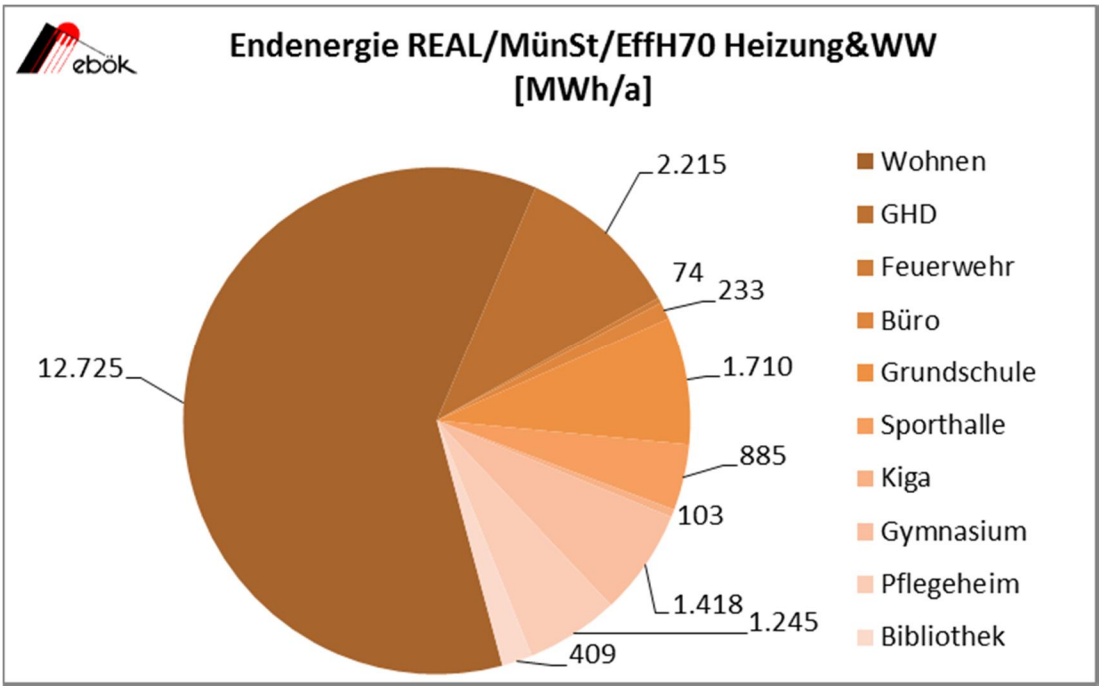


Abb. 24 Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung im Untersuchungsgebietes (Münchner Standard) aufgeteilt nach Sektoren

Ergebnis

Der Sektor Wohnen dominiert den wärmeseitigen Endenergiebedarf. Durch Wärmedämmmaßnahmen an der Gebäudehülle erschließt sich ein hohes Einsparpotential. So verbessert der Münchner Standard gegenüber der EnEV (in der Regelung von 2014) den Energiebedarf Heizung und Warmwasserbereitung um rd. 13%.

Durch technisch überschaubare Maßnahmen an der Gebäudehülle lässt sich der Bedarf auch gegenüber den gesetzlichen Anforderungen 2016 noch weiter senken.

[24] Bezug auf EV2014

Bereits das niedrigste aktuelle Förderniveau der KfW (Effizienzhaus 55) spart rund 18,3% Endenergie ein. Werden alle technisch/wirtschaftlichen Maßnahmen (auf Passivhausniveau) umgesetzt, so können rd. 38,6% Endenergie eingespart werden.

Bewertung

Die Realisierung eines Hocheffizienzstandards Effizienzhaus 40 oder Passivhaus im Baugebiet bringt eine deutliche Energieeinsparung und ist daher ist sinnvoll. Der Standard ist in möglichst vielen Gebäuden umzusetzen.

Mit Ziel der Klimaneutralität ist zum Erreichen des Plusenergiestandards notwendig, alle technischen Maßnahmen zur Reduktion des Endenergiebedarfs zu ergreifen. Im Bereich der Warmwasserbereitung kann das durch die solare Warmwasserbereitung erreicht werden. Unter diesen Annahmen ist eine Einsparung von 77% gegenüber dem Münchner Standard erreichbar.

7.3 Heizlast und Dichte der Nachfrage

Die Heizlast wurde überschlägig als real auftretende Heizlast (ohne Zuschläge für Netzverluste, Auslegung usw.) ermittelt. Bei Hocheffizienzgebäuden wurde berücksichtigt, dass die Heizlast in Bezug auf die Warmwasserbereitung auftritt. Tab. 16 gibt einen Anhaltswert über die zu erwartenden Heizlast im größten und kleinsten anzunehmenden Fall.

Tab. 16: Heizlast für das Baugebiet unter Annahme verschiedener wärmetechnischer Standards

		MünSt / EffH70	**EffH40 / PH**
Heizlast	MW	17,5	10,7

Abb. 25 Abgeschätzte Heizlast für die Gebäude bei Wärmeschutzstandard MünSt / EffH70

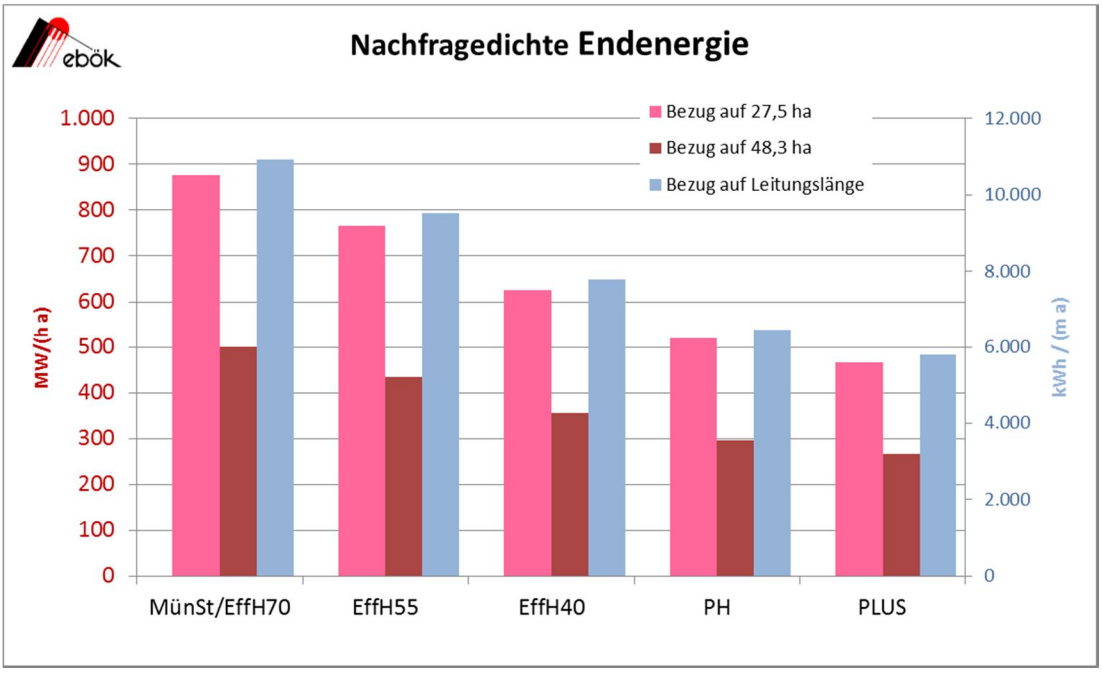


Abb. 26 Nachfragedichte Endenergie bei Ausführung des Baugebiets für verschiedene Wärmschutzstandards. Die Bezugsgrößen Flächenbezug wurden von ebök ermittelt unter dem angenommen Abzug von Erschließungsflächen (Bezug auf 27,5 ha) sowie ohne Abzug von Erschließungsflächen (Bezug auf 48,3 ha).

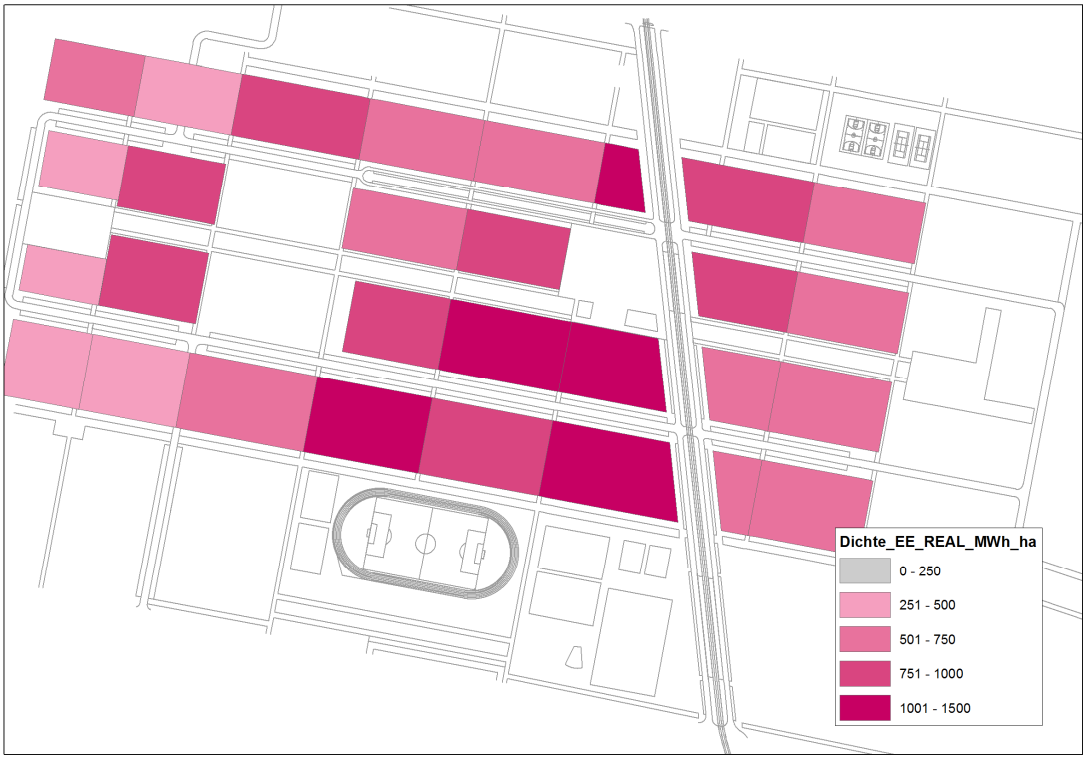


Abb. 27 Nachfragedichte für Endenergiebedarf Dichte für REAL (Münchner Standard, EffH70, EnEV2016)

Ergebnis Heizlast und Nachfragedichte

Die auftretende Heizlast variiert mit dem Wärmeschutzstandard. Auch im Fall des ohne weitergehende Maßnahmen zu erwartenden Wärmeschutzstandards liegt sie mit 17,5 MW im Bereich, in dem eine Wärmeversorgung durch eine Gebietszentrale durchaus möglich ist.

Andererseits ist die zu erwartende Nachfragedichte im Fall des REAL-Standards aber auch unter weitergehenden Maßnahmen (Szenario PH) ausreichend hoch, um eine zentrale Versorgung durch Fernwärme wirtschaftlich zu ermöglichen. Erfahrungswerte für eine Nachfragedichte, bei der Fernwärmeversorgung wirtschaftlich zu realisieren ist, liegen im Bereich von 250 MWh/ha. Dieser Wert wird selbst unter der Annahme von Passivhausstandard für alle Gebäude noch erreicht (Abb. 26).

7.4 Strombedarf Haushalt, Gewerbe, Kühlung

Hilfsstrombedarf

Der Hilfsstrombedarf für den Betrieb der Wärmeversorgung und -verteilung ist abhängig von der verwendeten Anlagetechnik. Im Rahmen der Stadtplanung kann

nur durch die Festlegung auf Fernwärme überhaupt nennenswert Einfluss auf den Hilfsstrombedarf im Quartier genommen werden (da hierbei die Beiträge für Kesselbetrieb usw. wegfallen).

Es ist zu erwarten, dass der Bedarf an Hilfsstrom für Heizung, Wärmeverteilung und Speicherung für alle Gebäude zusammen bei rd. 235 MWh/a liegt. Für Lüftung (einfache Abluft-Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung) wäre der Bedarf auf rund 478 MWh/a abzuschätzen. *Hinweis: Bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung läge der Hilfsstrombedarf nochmals merklich höher; es ist jedoch nicht anzunehmen, dass diese Technik flächendeckend eingesetzt wird.*

Bewertung

In Relation zu Haushaltsstrom, Energie für Wärme und dergleichen ist der Bedarf an Hilfsstrom marginal und wird in Folge als eigenständige Größe vernachlässigt und unter Haushaltsstrom subsummiert. Die Einflussmöglichkeit auf den Hilfsstrombedarf durch den Stadtplanungsprozess ist verschwindend gering.

Haushaltsstrom, Handel und Gewerbe

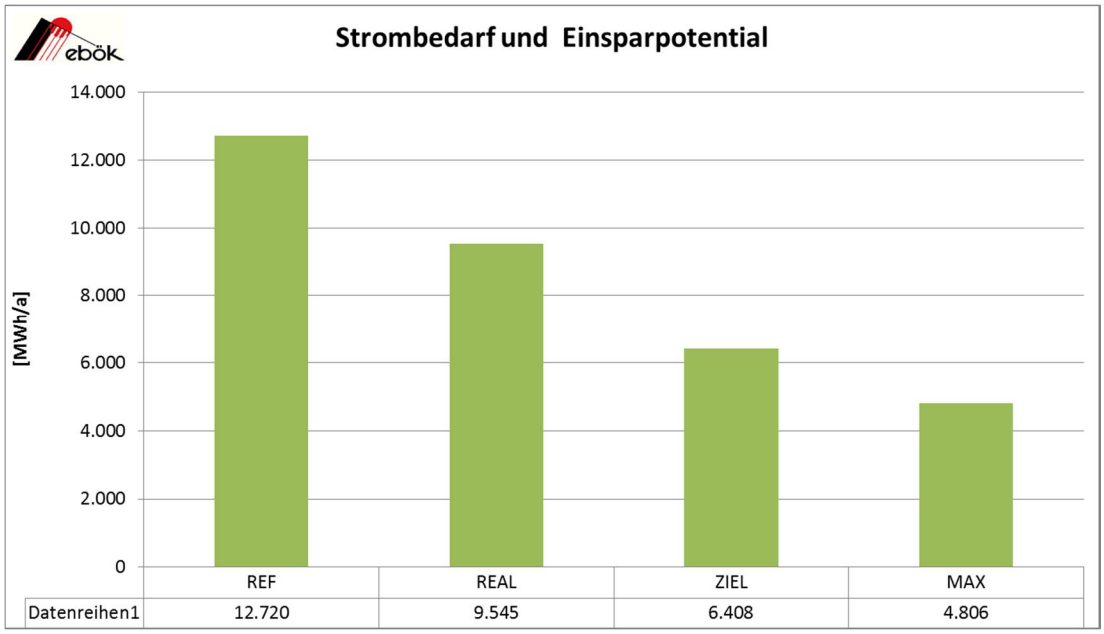


Abb. 28 Strombedarf und Einsparpotential für verschiedene Varianten / Szenarien

Ergebnisse

Im Untersuchungsgebiet Bayernkaserne ist ohne besondere Maßnahmen ein Bedarf von rd. 9.545 MWh Strom je Jahr für Haushalte, Handel und Gewerbe zu erwarten.

Durch Stromsparmaßnahmen (Klasse A nach Stromspiegel) kann über alle Sektoren eine Einsparung von rd. 3.137 MWh p.a. (entsprechend 33%) gegenüber dem erwarteten Zustand REAL erreicht werden. Das maximale Potential in der Bayern-

kaserne liegt bei rd. 4.793 MWh p.a. Einsparung (62%). Um dieses (technische) Potential zu erreichen, wären alle Haushalte verpflichtet, maximal mögliche Stromsparmaßnahmen anzuwenden.

Bewertung

Der Einfluss der Stadtplanung auf die Nutzer und damit den tatsächlichen Stromverbrauch ist nur äußerst gering (s.a. Anhang). Bilanziell können im Rahmen der Untersuchung Potentiale (nach Stromspiegel) zwar angegeben werden, sie können allerdings nur erreicht werden, wenn entsprechende Maßnahmen greifen. Im Rahmen der Untersuchung können aus diesem Grund nur allgemeine Stromsparmaßnahmen angegeben werden. Eine Umsetzung kann erst mit Einzug der Nutzer umgesetzt werden. Wirksam ist hierzu eine Vor-Ort-Beratung (s.a. http://www.die-stromsparinitiative.de).

Mögliche Maßnahmen sind u.a.:

- Marktbeste Elektrogeräte nach http://www.spargeraete.de
- Sparsame Beleuchtung
- Verzicht auf Gefriergeräte und Wäschetrockner
- Verzicht auf Stand-By, sparsame und angepasste Ausstattung mit elektrischen Geräten

Strombedarf nach Sektoren

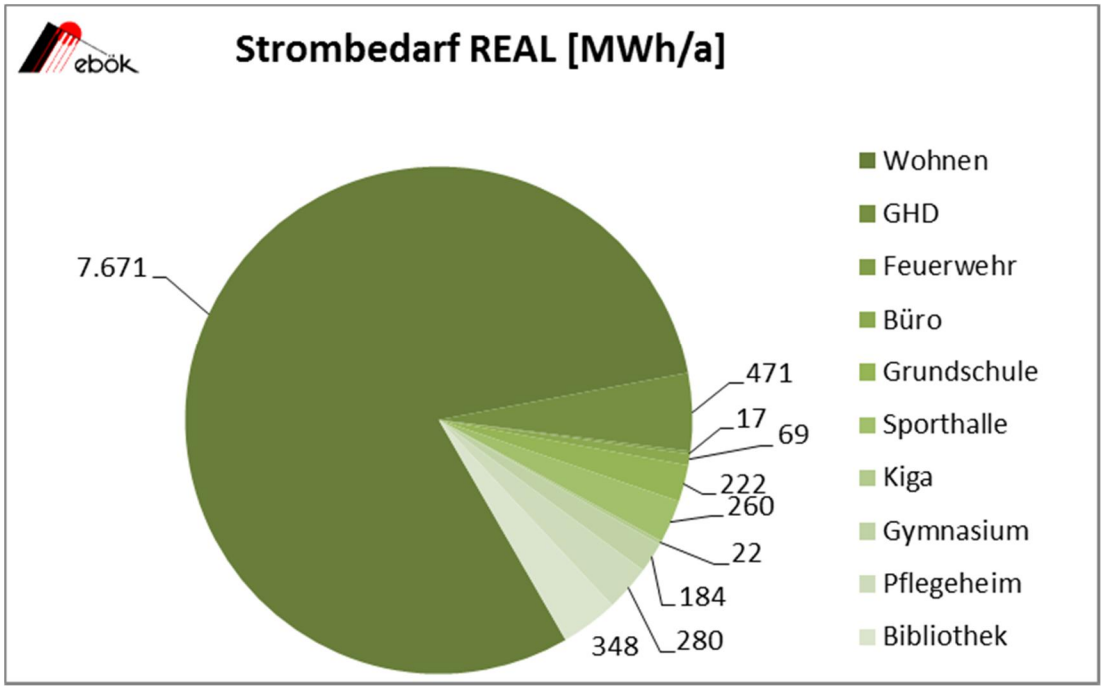


Abb. 29 Strombedarf Szenario REAL nach Sektoren

Der Sektor Wohnen dominiert den Strombedarf extrem (Abb. 29), sodass Stromsparmaßnahmen primär in diesem Sektor zur Wirkung kommen können.

Strombedarf für Kühlung

s.a. Kap. Kühlung 4.12, Kap. Wärmepumpen mit PV Kap. 8.3.6

Der reale Strombedarf für Kühlung ist abhängig von der Gebäudenutzung und der eingesetzten Kühltechnologie. Für eine Abschätzung des möglicherweise auftretenden Bedarfs an Strom für Gebäudekühlung wurden die zu kühlenden Flächen anhand der Nutzungssektoren abgeschätzt.

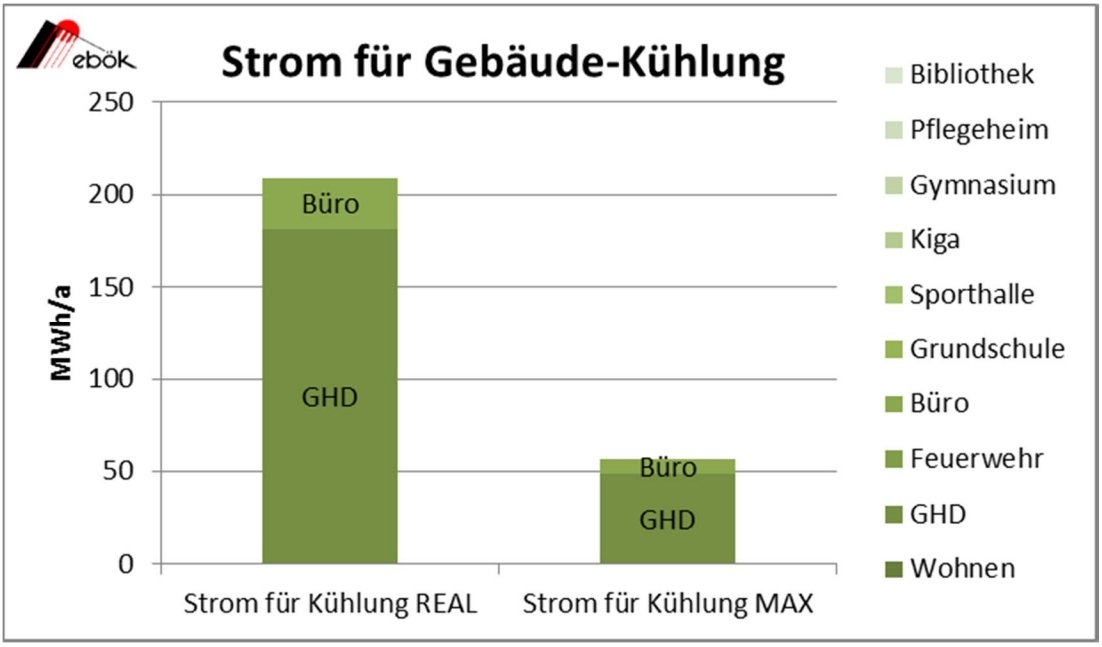


Abb. 30 Abschätzung Strombedarf für gekühlte Flächen nach Nutzung und Szenarien

Im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch des Gesamtgebiets ist der abgeschätzte Strombedarf von rd. **209 MWh/a** für Gebäudekühlung eher gering. Das Potential der Einsparung allein durch verbesserte Gerätetechnik ist mit 73% hoch (Strombedarf **56 MWh/a** im MAX-Szenario). In den Sektoren, in denen Kühlbedarf angenommen wurde, ist der Anteil jedoch mit rd. 20% (GHD) und 22 % (Büro) nennenswert.

Ergebnis Stromverbrauch

Im Bereich Stromverbrauch bestehen hohe Einsparpotentiale. Diese zu erschließen ist nur dann möglich, wenn die künftigen Nutzer des Gebiets wirksame Maßnahmen – u.a. moderate Geräteausstattung, Effizienzgeräte A++ und dergleichen – ergreifen. Auf städtebaulicher Ebene existieren hier nur sehr beschränke Einflussmöglichkeiten. Im Zusammenhang mit einem klimaneutralen Baugebiet mit einen möglichst niedrigen CO_2 Ausstoß wird ein möglichst niedriger Energieverbrauch auch im Strombereich essentiell (s.g. Kap. 9.2.2).

Der Stromverbrauch für Kühlzwecke ist nur sehr schwer abzuschätzen, da er sehr stark von der tatsächlichen Nutzung abhängig ist. Die Anteile am Gesamtstromverbrauch in den Sektoren, in denen Kühlbedarf angenommen wurde (zu 50% der Fläche) sind jedoch nennenswert, sodass es auf jeden Fall lohnenswert ist, den Kühlbedarf durch bauliche und passive Maßnahmen zu reduzieren. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel und der daraus resultierenden Möglichkeit von trockenen, heißen Sommern mit entsprechender Überhitzung der Städte ist ein Ansteigen der Kühllast- und Arbeit zu erwarten.

Stromverbrauch im öffentlichen Raum

Im öffentlichen Raum tritt Strombedarf in erster Linie für Straßenbeleuchtung auf. Eine Abschätzung zum Zeitpunkt der Stadtplanung kann prinzipiell über eine Kategorisierung der Straßenquerschnitte (Erschließungsstraße, Hauptverkehrsweg, etc.) und die hierfür erforderlichen Beleuchtungsstärken vorgenommen werden. In den letzten Jahren hat die LED-Technik in der Straßenbeleuchtung enorme Fortschritte gemacht, sodass heute fast ausschließlich diese Technik zur Anwendung kommt. Leider liegen in der Literatur hierfür kaum brauchbare spezifische Planungswerte vor, sodass die Bilanz derzeit nur sehr grob abgeschätzt werden kann. Eine derartige Abschätzung ist nicht Teil der Untersuchung, sollte aber bei einer möglichen Überarbeitung berücksichtigt werden.

7.5 Stromerzeugung durch Photovoltaik

7.5.1 Simulation des Modellgebäudes

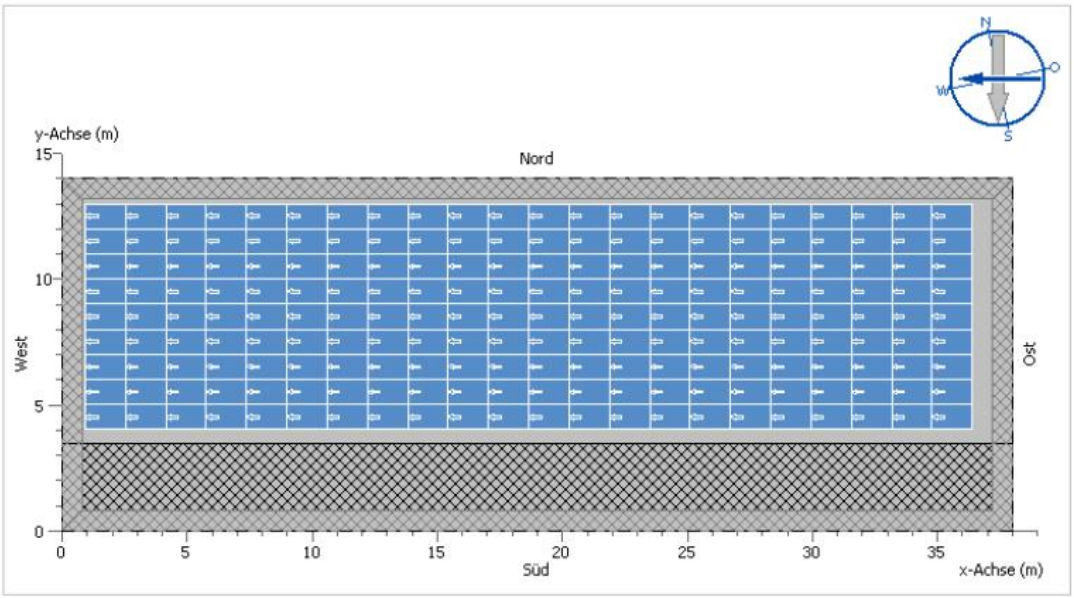


Abb. 31 Modellgebäude C 7.2 mit Belegung durch PV-Module. Die Dachterrasse wurde ausgespart.

Im Hinblick auf eine Kompensation der CO_2-Emissionen, die durch den Betrieb der Gebäude auftreten, wurde die Möglichkeit der Belegung mit PV-Modulen anhand eines Mustergebäudes untersucht. Hierfür wurde das Mustergebäude C 7.2 (siehe Abb. 9), welches ein günstiges Verhältnis von Bewohnern zu Dachfläche aufweist, herangezogen. Die Dachterrasse (Flächenanteile in einer Größenordnung von ca. 134 m² für gemeinschaftlich nutzbare Dachflächen) wurden berücksichtigt.

Eine Belegung der verfügbaren Dachflächen mit PV-Modulen ergibt eine maximale Belegung mit 198 Modulen je 260 W (ca. 1 m x 1,6 m). Daraus ergibt sich eine Gesamtleistung von 51,5 kWp (Gesamt-Generatorfläche ca. 323,2 m²), wobei die Module in Ost/West-Ausrichtung flach geneigt (10°) ausgerichtet sind.

Das Mustergebäude besitzt rd. 3.000m² NRF (67 Personen). Der Strombedarf beträgt ca. 55.000kWh/a Haushalts-Strom.

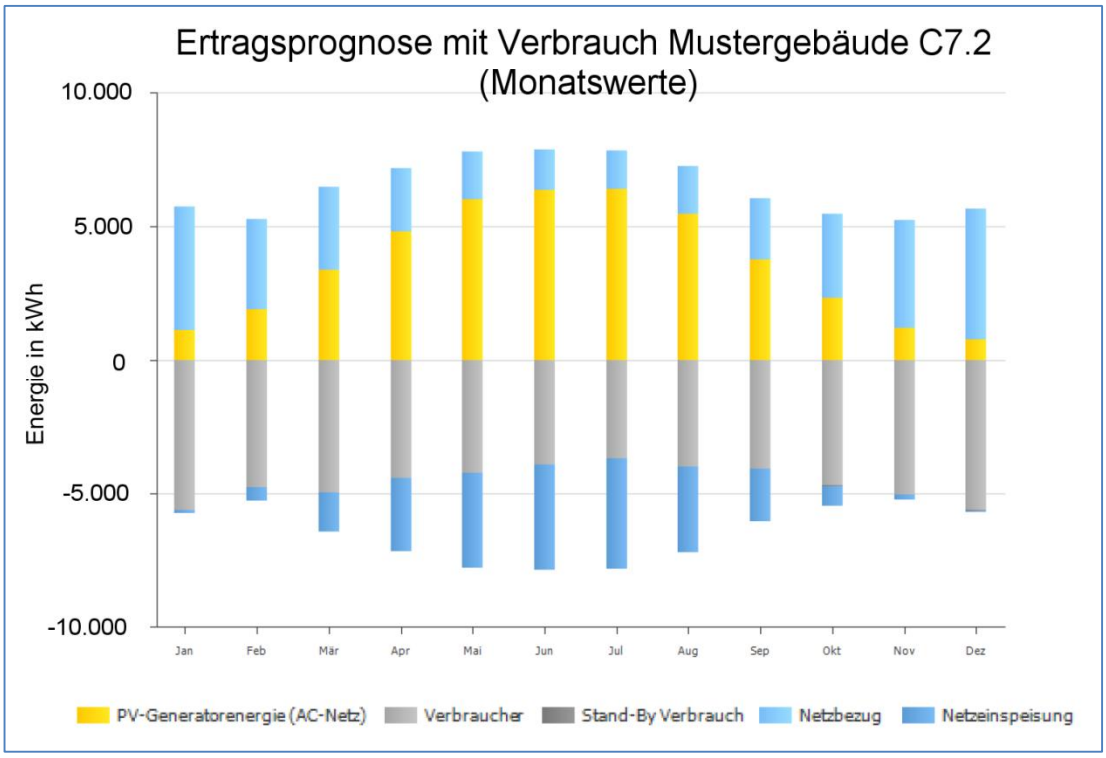


Abb. 32 Monatliche Ertragsprognose (Strombedarf und Deckung durch PV). Bilanz für Mustergebäude C 7.2.

Aus der Monatsbilanz wird deutlich, dass in den Sommermonaten eine Überdeckung des Bedarfs besteht, während in den Wintermonaten der solare Ertrag gering ist. Auch im Sommer besteht ein zeitlicher Versatz zwischen Ertrag (mit dem Hauptertrag zur Mittagszeit) und dem Bedarf, der während der dunklen Abendstunden und nachts auftritt. Daher ist auch im Sommer ein Netzbezug bei gleichzeitiger Netzeinspeisung zu verzeichnen. Insgesamt lassen sich rund 38 % des Jahresbedarfs über die Solaranlage decken. Rund 48% des erzeugten Solarstroms können im Gebäude verbraucht werden (Abb. 33, Abb. 34).

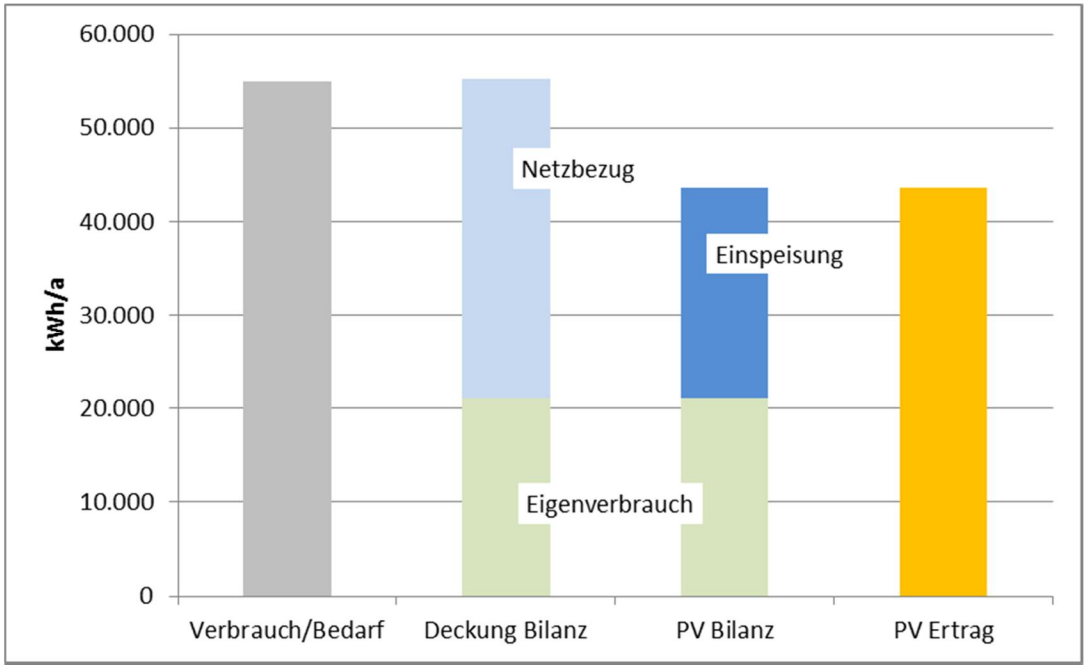


Abb. 33 Strombedarf und Deckung durch PV. Bilanz für Mustergebäude C 7.2.

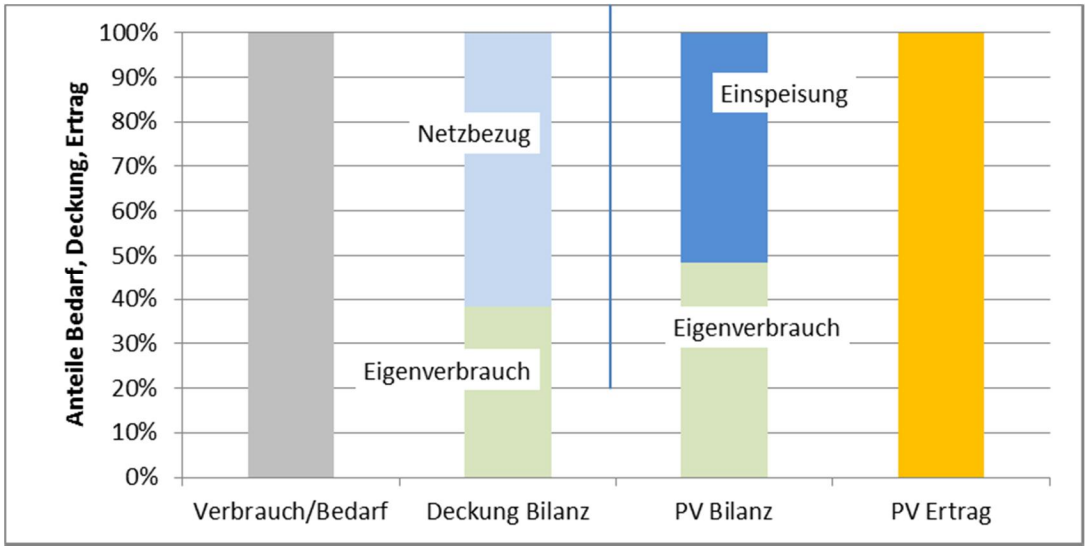


Abb. 34 Strombedarf und Deckung durch PV. Bilanz für Mustergebäude C 7.2.

Bewertung

Berücksichtigt man die zeitliche Korrelation von Angebot an Solarstrom und Nachfrage, so erhält man den direkten Deckungsanteil durch PV (ohne die Berücksichtigung von Speichertechnologie). Der hier für das Mustergebäude berechneten direkte Deckungsanteil ist für die Mehrfamilienhäuser im Untersuchungsgebiet eher günstig, da bei noch größeren Gebäuden weniger Dachfläche pro Bewohner zur Verfügung steht. Es kann daher erwartet werden, dass rd. 1/3 der Stromnachfrage durch direkt genutzten PV Strom gedeckt wird. In Bezug auf den erzeugten Strom kann grob die Hälfte selbst genutzt werden, die andere Hälfte muss wegen mangelnder eigener Nachfrage ins Netz eingespeist werden.

7.5.2 Ertrag Solarstrom für das Gesamtgebiet

Zur Abschätzung des Gesamtertrags (Jahresbilanz) an PV Strom wurden alle Dächer des Entwurfs vermessen und modellhaft mit PV belegt.

Die Gesamtbruttofläche aller Dächer beträgt rd. 79.000 m², davon sind 67.532 m² nicht verschatteten Flächen zuzuordnen. Unter Berücksichtigung eines Randabstands, sodass den Münchner Richtlinien genüge getan ist, sowie Dachaufbauten etc. stehen rd. 60.820 m² Dachfläche zur Verfügung.

Nicht alle Dachflächen sind optimal exponiert. Aus dem Entwurf wurden daher verschattete Bereiche vermessen und entsprechend bewertet.

Die notwendigen Dachterrassen von 2m² pro Person können auch auf verschatteten Flächen untergebracht werden. Darüber hinaus stehen die Terrassenflächen in Konkurrenz zur PV, so dass rd. 7.800 Dachfläche nicht für PV, sondern vorrangig für Terrassen genutzt werden.

Die unter Berücksichtigung von allen Abzügen verbleibende Netto-Dachfläche für die Belegung mit PV beträgt 54.000 m².

Der solare Eintrag wurde für den Standort München ortstypisch mit 980 kWh/(kW_P a) (Bezug auf Peakleistung der Paneele) angenommen.

	Kollektorfläche [m²]	**Ertrag [kWh/a]**
Summe für aufgeständerte Kollektoren (Süd)	**35.116**	**6.170.350**
Summe für flache Kollektoren (Ost-West)	**42.919**	**5.927.090**

Ergebnis

Werden alle möglichen Dachflächen mit Solarmodulen belegt, so kann mit einem maximalen Ertrag von rd. **6.170 MWh/a** gerechnet werden. Dabei wurden Dachgärten, Dachränder und dgl. sowie Verschattung durch Gebäudeteile berücksichtigt. Es ist zu erwarten, dass rd. 68 % der Brutto-Dachfläche mit PV belegt werden kann.

Dem steht der Jahresbedarf an Strom z.B. für Haushalte, Handel und Gewerbe (s.a. Abb. 28) sowie weiterer Strombedarf z.B. öffentlicher Strombedarf (Straßenbeleuchtung usw.) gegenüber.

Bewertung

In der Jahresbilanz kann der potentielle Gesamtertrag durch PV-Strom nur rd. 65 % des Gesamtbedarfs (Jahresbilanz) an Strom für Haushalte etc. decken. Es ist nicht realistisch den Ertrag durch PV im Gebiet nennenswert zu steigern, daher sind höhere Deckungsanteile nur bei verringertem Verbrauch zu erreichen. Um einen rechnerischen Deckungsanteil von mehr als 90% zu erhalten, sind verstärkte Stromsparmaßnahmen zu ergreifen (s. Szenario ZIEL in Abb. 28)

7.6 Bewertung des Einsparpotenzials

Wird ca. 1/3 der Gebäude als Effizienzhaus 40 Gebäude ausgeführt, so lassen sich dadurch maximal 18 % Nutzenergie einsparen. Eine hohe Einsparung an Nutz- und Endenergie kann durch einen hohen Anteil an Hocheffizienzgebäuden erreicht werden. Das Einspar-Potential liegt bei insgesamt 71 %. Nutzenergie (siehe Kap. 7.2).

Aus der Untersuchung von verschiedenen Szenarien der Aufteilung in B1 und B2 konnte kein Argument für eine strikte Aufteilung gewonnen werden.

Auch in Bezug auf die Einsparung an Endenergie lassen sich hohe Einsparpotentiale identifizieren. Numerisch sind die Einsparungen jedoch kleiner als bei der Nutzenergie, da ein „Sockelbetrag“ für die Warmwasserbereitung zum Tragen kommt. Die flächendeckende Einführung des Effizienzhaus 55 Standards spart gegenüber der Berechnungsvariante „Münchner Standard“ nochmals rd. 18,3 %, die Einführung von Hocheffizienzstandards zwischen 32,2 und 38,6 % ein. Der höchste Endenergiebedarf ist dem Sektor Wohnen zuzuordnen.

Die Nachfragedichte in Bezug auf Jahresarbeit (Endenergie Heizung und Warmwasserbereitung) sowie Heizlast ist für die Versorgung aus zentraler Quelle (Nahwärme, Fernwärme) ausreichend.

Nach Stromspiegel kann ein Potential von 62 % Einsparung im Strombereich angegeben werden. Der Einfluss der Stadtplanung auf den tatsächlichen Verbrauch ist gering. Der Sektor Wohnen dominiert den Strombedarf extrem, so dass Maßnahmen vorrangig in diesem Sektor angegangen werden sollten.

Durch die dichte Bebauung ist das Verhältnis von Dachfläche zum gebäudebezogenen Energiebedarf ungünstig. Daher deckt der potentielle Ertrag an Strom durch Photovoltaik nur rd. 61 % des Bedarfs. Um wenigstens einen 90 %-igen Deckungsanteil zu erreichen, sind Stromsparmaßnahmen notwendig.

8 Wärmeversorgungskonzept

Das Neubaugebiet der Bayernkaserne kann mit Fernwärme der Stadtwerke München versorgt werden. Die Stadtwerke sind bereit, die Versorgung zu übernehmen. Es existiert ein Grundsatzbeschluss der Stadt München, auf städtischen Grundstücken der Fernwärmeversorgung grundsätzlich Vorrang zu gewähren, Ausnahmen sind möglich [RGU 12384].

Nach Vorgaben des Auftraggebers soll insbesondere im verbesserten Teilbereich B2 der Regenerativanteil der Versorgung möglichst hoch sein (s.a. Kap. 3.7). Daher ist Ziel der Untersuchung, Möglichkeiten zur lokalen Verbesserung und Optimierung der Fernwärmeversorgung zu finden und andererseits Möglichkeiten der alternativen Wärmeversorgung auszuloten.

8.1 Varianten der Wärmeversorgung – Grundsätze

Grundsätzlich sind folgende Unterscheidungen zu treffen:

- Die **zentrale Versorgung** erfolgt aus dem übergeordneten Fernwärmenetz der Stadtwerke München SWM. Es wird ein Fernwärmeanschluss je Gebäude vorgesehen.
- Die zentrale Versorgung kann auch mit Übergabe der Fernwärme je Baublock und Verzug der Fernwärmeleitung in Kellern und Tiefgaragen erfolgen.
- Die **gebietszentrale Versorgung** erfolgt durch eine Wärmezentrale nur für das Untersuchungsgebiet Bayernkaserne mit separatem Wärmenetz auf dem Gebiet der Bayernkaserne. Die Anschlüsse können wie bei zentralen Varianten Gebäude- oder Blockweise erfolgen. Eine Redundanz und Spitzenlastdeckung kann ggf. aus übergeordnetem Fernwärmenetz erfolgen. Der Standort einer möglichen Zentrale muss in den städtebaulichen Entwurf integriert werden.
- Bei einer **baublockzentralen Versorgung** wird eine Wärmezentrale für den betreffenden Baublock erstellt. Der Verzug der Wärmeleitungen erfolgt auf privatem Gelände oder in Tiefgaragen. Öffentliche Straßen werden nicht gequert.
- Die **dezentrale Versorgung** erfolgt gebäudeweise mit getrennten Heizungsanlagen.

Von den oben genannten Strukturvarianten sind auch Mischformen möglich.

Es können zwar allgemeine Aussagen über die Vor- und Nachteile der genannten Versorgungsstrukturen aufgezählt werden, letztendlich bestimmen jedoch die konkreten Randbedingungen die Vorgehensweise.

In der Regel treten folgende Abhängigkeiten auf:

Die folgende qualitative Analyse/Nutzwertanalyse diskutiert die technisch/wirtschaftlichen Randbedingungen. Fragen der Umsetzbarkeit werden in Kap. 10 diskutiert.

8.2 Qualitative Analyse – Auswahl von Wärmeversorgungsvarianten nach Realisierbarkeit

Eine Voruntersuchung möglicher Versorgungsarten wurde bereits in Notiz 4 vorgenommen und nach einem einheitlichen Schema bewertet.

8.2.1 Leitungsgebundene Erdgas-, Bioerdgas, Biogasversorgung

Da im Baugebiet aller Voraussicht nach **kein Gasnetz** zur Verfügung gestellt wird, scheiden alle dezentral gasbetriebenen Varianten (z.B. Gasbrennwertkessel je Gebäude) aus. Vorstellbar sind Varianten, die in einer Gebietszentrale einen

Anschluss an das Gasnetz der Stadtwerke München erfordern z.B. eine BHKW-Gebietszentrale.

Da die Landeshauptstatt München bestrebt ist, Neubaugebiete vorrangig an das Fernwärme-Netz der SWM anzubinden, wird die Versorgung neuer Baugebiete mit Erdgas nachrangig (s.u.).

Gasbrennwertkessel, auch in Kombination mit thermischer Solaranlage. Dezentral, Blockzentral	Ausgeschlossen, da kein Gasnetz zur Verfügung steht
Dezentrale Erd- oder Biogas BHKW	Ausgeschlossen, da kein Gasnetz zur Verfügung steht

8.2.2 Gebietszentrale mit motorischem Erd- oder Biogas-Blockheizkraftwerk

Der Betrieb einer Gebietszentrale mit einem motorisch betriebenen Erd- oder Biogas-Blockheizkraftwerk ist im Prinzip möglich. Die Redundanz und Spitzenlastdeckung könnte entweder durch Gas-Spitzenlastkessel und/oder durch Fernwärmeanschluss der SWM erfolgen. Als Standort einer Zentrale käme der südliche Bereich Helene-Wessel-Bogen / Quartiersstraße Eingang Süd nach Diskussion im Workshop Stadtplanung in Frage (Abb. 35). Dort sind Bestandsgebäude, die nach derzeitigem Kenntnisstand auch verbleiben (und bereits jetzt Einrichtungen der Stadtwerke beinhalten).

Aufgrund des produzierten Stroms schneiden BHKWs in Bezug auf den Primärenergiebedarf gut ab – insbesondere wenn sie voll (oder anteilig) mit dem regenerativen Brennstoff Biogas betrieben werden. Wie jede Einrichtung, bei der Energie aus der Verbrennung gewonnen wird, ist auch ein BHKW nicht lokal emissionsfrei zu betreiben.

Abb. 35 Masterplan Bestandsgebäude (Ausschnitt)

Bewertung

Eine BHKW-Zentrale ist prinzipiell möglich. Wird sie durch die Stadtwerke München betrieben, so müsste sie jedoch nicht zwingend im Bereich der Bayernkaserne stehen, die Einkopplung von KWK Wärme ist an jeder Stelle im FW-Netz der SWM möglich und könnte so insgesamt zur Verbesserung der FW München herangezogen werden. Lokale Emissionen im Münchner Innenraum könnten so vermieden werden.

Ohne die Bindung an den Standort Bayernkaserne stehen motorische BHKW allerdings in Konkurrenz zu den deutlich größeren und effizienter zu betreibenden GUD Kraft-Wärmeanlagen. Insbesondere Gasturbinen sind für die Teilnahme am zunehmend wichtigeren Markt der Regelenergie interessanter als BHKW.

Zentrale Erd- oder Biogas BHKW	Möglich, aber nicht standortgebunden. Mögliche Konkurrenz zu GUD u. Gasturbinen.

Nach Absprache mit dem Auftraggeber wird die Variante Biogas BHKW noch näher untersucht (siehe Kap.8.3.7, Seite 123).

8.2.3 Wärmepumpen

Wärmepumpen sind in der Regel lokal emissionsfrei, da mit Strom betrieben. Sie benötigen eine Wärmequelle (Abwärme aus Prozessen, Abwässer, Umweltwärme,

Erdwärme o.ä.), die nach Möglichkeit eine hohe Temperatur und ausreichend Leistung bieten muss. Wärmepumpenlösungen können im Prinzip überall im Untersuchungsgebiet eingesetzt werden, wenn Wärmequellen zur Verfügung stehen.

Bewertung

Außenluftwärmepumpen kommen wegen ihrer geringen Effizienz nicht in Betracht

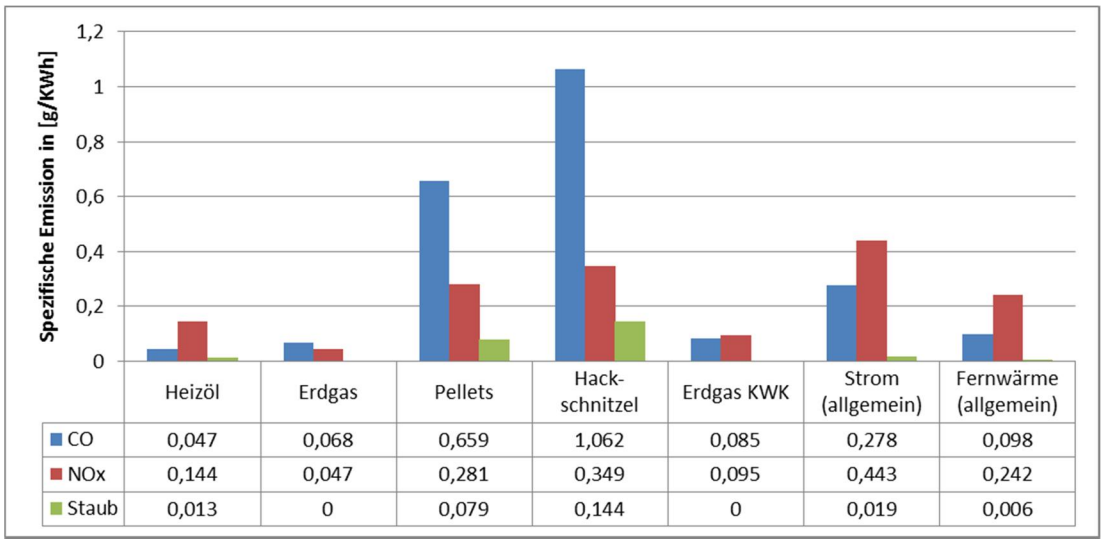
Dezentrale Außenluft Wärmepumpe	Stellt in der Regel eine investitionskostengünstige Lösung dar. Die Wärmequelle Außenluft stellt für die Beheizung von Gebäuden eine schwache Wärmequelle dar, da eine in der Heizperiode hohe Gleichzeitigkeit von Nachfrage und geringem Angebot besteht. Sie sind daher ineffizient. Städtebaulich stellen Außenluft-Wärmetauscher keine erwünschte Lösung dar. Bei Aufdach-Anordnung besteht eine Konkurrenz mit Dachgärten und PV-Anlagen.

Andere Wärmpumpenlösungen mit Erdreich oder Grundwasser als Wärmequelle werden nachfolgend näher untersucht.

8.2.4 Holz- und andere Biomasse als Brennstoff

Die Verbrennung von **fester Biomasse** (oder anderen Festbrennstoffen) ist auch bei neuester Filtertechnik nicht emissionsfrei.

Der Grenzwert für Kessel bis 1MW liegt nach der 1. BImSchV bei 20 mg/Nm³ Staub. Größere Kessel unterliegen der TA Luft, auch hier gilt ein Emissions-Grenzwert von 20 mg/Nm². Die tatsächlichen Emissionen der Anlagen sind sehr stark von der verwendeten Filtertechnik abhängig. In der Regel kommt bei großen Anlagen ein mehrstufiges Filter- und Abscheidersystem aus Multizyklon, Elektroabscheider und ggf. Textilfilter zum Einsatz. Im Vergleich mit Erdgasheizungen zeigen Holzheizungen jedoch deutlich höhere Emissionen, Abb. 36 zeigt einen Überblick über die verschiedenen Energieträger bezogen auf den Energieeinsatz.



	Heizöl	Erdgas	Pellets	Hack-schnitzel	Erdgas KWK	Strom (allgemein)	Fernwärme (allgemein)
CO	0,047	0,068	0,659	1,062	0,085	0,278	0,098
NOx	0,144	0,047	0,281	0,349	0,095	0,443	0,242
Staub	0,013	0	0,079	0,144	0	0,019	0,006

Abb. 36 CO, NOx und Feinstaubemissionsfaktoren (bezogen auf Brennstoff- bzw. Energieeinsatz, Referenzgebäude Reihenhaus, EnEV). Quelle [UBA Heizung2011]

Werden alle Gebäude nach dem „Münchner Standard“ gebaut, so ist ein Wärmebedarf inklusive Netzverlusten der Fernwärme von rund 23.119 MWh/a (Münchner Standard) bzw. 14.195 MWh/a (Passivhaus) zu erwarten. Die notwendige Anlagenleistung liegt bei ca. 15 MW bzw. 10 MW[25]. Die Lagerkapazität mit einer Reichweite von 1 Woche müsste 632 m³ (bzw. 388 m³ für PH) betragen. Es ist weiterhin zu erwarten, dass die Brennstofflieferung im Mittel an 6 (bzw. 3) Tagen die Woche und 11-mal (bzw. 6-mal) die Woche unter Volllast erfolgen muss. Im Jahr fallen ca. 147 (bzw. 90) t Asche an, die abtransportiert und entsorgt werden müssen.

Bewertung

Im bereits stark durch Verkehr usw. belasteten Münchner Stadtgebiet ist die zusätzlich Emission von Schadstoffen, insbesondere Stickoxid und Staub, durch die Wärmeerzeugung für Gebäudebeheizung unerwünscht. Daher sind alle Heizungsanlagen, die diese lokalen Emissionen verursachen, nicht zu priorisieren.

Die Anlieferung des Brennstoffs Holz verursacht LKW-Verkehr, was im verdichteten Stadtraum von München nicht erwünscht ist. Die Lagerung des Brennstoffs hat einen hohen Raumbedarf, was im städtebaulichen Umfeld und im Kontext der Freiraumplanung problematisch sein kann.

25 Grobe Abschätzung nach Vollaststunden zur Abschätzung der Lagerkapazitäten

Holzkessel (Hackschnitzel., Pellets), dezentral, Blockzentral	Ausgeschlossen wg. lokaler Emissionen
Gebietszentrale Hackschnitzel	Aufgrund der Emissionen, des Platzbedarfs u.a. für Lager und der häufigen Anfahrt mit schweren LKW ist der Standort Bayernkaserne für eine Hackschnitzelanlage nicht empfehlenswert.
Einkopplung von Wärme aus Hackschnitzeln an einem anderen Standort im Münchner Fernwärmeverbund	Im Prinzip möglich und empfehlenswert. Die Verrechnung kann auch bilanziell mit der Bayernkaserne erfolgen („grüne Fernwärme“). Wünschenswert wäre eine Kompensation in gleicher Höhe wie der Bedarf in der Bayernkaserne. Muss ins Ausbaukonzept der SWM integriert werden.

8.2.5 Windenergie

Die Nutzung von **Windenergie** in Kleinen Windkraftanlagen (KWA) ist im städtebaulichen Umfeld der Bayernkaserne unerwünscht.

Kleine Windenergieanlagen KWA	Im hoch verdichteten städtebaulichen Umfeld nicht sinnvoll aufgrund geringer Erträge und weiterer Hemmnisse (Statik, Eisschlag, optisch-ästhetische Beeinträchtigung etc.).

8.2.6 Thermische Solarnutzung

Solarthermische Warmwasserbereitung kann sinnvoll mit Gebäudeheizung in dezentralen Systemen kombiniert werden. Für einige Konzepte sind solare Beiträge zur Regeneration im Sommer notwendig (siehe Einzelbeschreibungen). Dezentrale **thermische Solarnutzung** stellt allerdings eine Konkurrenz zur Fernwärme oder zu anderen (gebiets-)zentralen Versorgungen dar. Da in der Regel ein Nah- oder Fernwärmenetz ganzjährig betrieben werden muss, ist die Einbindung von thermischen Solaranlagen kontraproduktiv, da hierdurch die Wärmeabnahme im Sommer (bei Wärmeüberschuss der KWK Wärmeerzeugung) reduziert wird. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Kombination von Fernwärme KWK und thermischer Solaranlage ökologische oder ökonomische Vorteile mit sich bringt.

Das Konzept einer **solaren Nahwärme** mit Saisonspeicher ist im Neubaugebiet Ackermannbogen als Pilotprojekt realisiert. Ein weiteres Projekt wird vom Auftraggeber wegen der relativ hohen Wärmekosten nicht verfolgt. Entsprechende Flächen zur Errichtung eines Saisonspeichers sind derzeit städtebaulich nicht integriert.

Thermische Solaranlagen (dezentrale Anlagen auf den Gebäuden)	In Kombination mit Fernwärme und Nahwärme nicht sinnvoll. Kombination mit Wärmepumpen etc. dezentral sinnvoll (siehe unten). Auf Dächern und an Fassaden möglich, die thermische Solarnutzung steht jedoch in Flächen-Konkurrenz zur Photovoltaik.
Solare Nahwärme	Ein Pilotprojekt wurde bereits im Ackermannbogen realisiert. Diese Technik ist derzeit wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig.
Photovoltaik zur Direkterwärmung von Warmwasser	Ist als Alternative zu thermischen Solaranlagen durchaus möglich, wenn wirtschaftlich vertretbar. Steht in Konkurrenz zu „echten“ Stromanwendungen, z.B. Wärmepumpe, Stromeinspeisung.

8.2.7 Low-EX Netze, kalte Nahwärme

(s.a. Kap. 4.10)

Ein Low-EX Netz verteilt Wärme in einem Teilbereich des Neubaugebiets (mehrere Gebäude) oder flächendeckend, wobei die Temperaturen im Netz deutlich geringer sind als in einer klassischen Fern- oder Nahwärmeversorgung. Vorteil von Low-EX Netzen sind die geringeren Leitungsverluste.

Low-Ex-Netze werden dann sinnvoll eingesetzt, wenn Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau, z.B. Prozesswärme, Abwasserwärme, zur Verfügung stehen. In diesem Fall ist es möglich, das Temperaturniveau mittels Wärmepumpe auf nutzbares Niveau anzuheben und zu verteilen (klassische Fernwärme / Low-T Netz) oder die Verteilung auf niedrigem Niveau vorzunehmen und eine dezentrale Nacherwärmung vorzusehen (Low-EX / kalte Nahwärme).

Mögliche Wärmequellen sind in Kap. 8.3.1 – 8.3.3 aufgeführt.

Die Anbindung einzelner Gebäude z.B. an ein Erdkollektorfeld fällt nicht unter die Betrachtung „Netz“.

Weitere Varianten sind ein Dreileiternetz (dritter Leiter mit mittlerem Temperaturniveau) und doppelte Vernetzung Vor- und Rücklauf je Temperaturniveau getrennt.

Bewertung

Im Bereich der Bayernkaserne stehen nur sehr eingeschränkt (regenerative) Energiequellen auf niedrigem Temperaturniveau zur Verfügung. Eine Möglichkeit, deren Realisierbarkeit jedoch näher untersucht werden müsste, ist die großflächige Nutzung oberflächennaher Geothermie in den Grünzügen. In diesem Fall ist die Verteilung über eine kalte Nahwärme möglich und ggf. auch sinnvoll (Kap. 8.3.5).

Hier treten Zielkonflikte mit dem Baumbestand und Baumstandorten in den Grünflächen sowie mit weiteren Nutzungsanforderungen auf. Großflächige oberflächennahe Geothermie würde hierdurch erheblich aufwändiger.

Es ist nicht sinnvoll, das bei der Fernwärme München anstehende Temperaturniveau auf ein nicht mehr direkt nutzbares Niveau herunter zu mischen und in einem Low-Ex Netz der Bayernkaserne zu verteilen.

Aus Investitionsgründen ist eine mehrfache Vernetzung nicht sinnvoll, sodass entweder ein lokales Nahwärmenetz oder das Fernwärmenetz der SWM (in einem Teilgebiet) verlegt werden sollte.

8.3 Nutzwertanalyse - Darstellung und Bewertung ausgewählter Systeme

In der Nutzwertanalyse werden die zu untersuchenden Varianten näher betrachtet, Es wird eine Abschätzung über Bedarf, Leistungsbedarf und Quellenstärke regenerativer Energien getroffen sowie die Umweltwirkung und die zu erwartenden Versorgungspreise abgeschätzt. Eine Abwägung von Aufwand zu Ertrag (Nutzwert) führt zu einer Einschätzung über die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit. Es werden nur Varianten aufgenommen, die in der Vorauswahl (qualitative Analyse) eine realistische Chance auf technische und wirtschaftliche Realisierung haben. Technologien, die derzeit im Forschungsstadium oder nicht marktgängig sind, werden genauso wenig untersucht, wie bereits ausgeschlossene Varianten (Kap. 8.2).

Um die Realisierungschancen auszuloten, wurden für jede Variante anhand von Musteruntersuchungen kurze Bedarfsanalysen in Relation zu Potentialabschätzungen anhand der Mustergebäude durchgeführt (Tab. 17). Als energetischer Gebäudestandard wird das KfW Effizienzhaus 55 angesetzt.

Tab. 17 Mustergebäude Wärmeversorgungskonzept (siehe Karte Abb. Abb. 9 Seite 10).

Modell		**B5.1**	**C5.1**	**C7.3**	**E1.1**
Energiestandard		EffH55	EffH55	EffH55	EffH55
Energiebezugsfläche (EBF)	[m²]	17.583	19.488	2.777	7.115
Personen		475	527	75	192
Endenergiebedarf Heizung	[kWh/a]	433.134	444.248	80.061	193.941
Endenergiebedarf WW	[kWh/a]	377.532	417.990	60.718	154.187
Endenergie H+WW	[kWh/a]	810.666	862.238	140.779	348.128
Heizleistung	[kW]	241	247	44	108
Abschätzung Gesamtleistung Heizung incl. WW-Bereitung	**[kW]**	**413**	**458**	**65**	**167**

Es wird davon ausgegangen, dass die Versorgung monovalent erfolgt, das heißt, dass ein *redundanter*[26] Anschluss an Fernwärme nicht in Betrachtung gezogen wird. Reicht die Quellstärke (regenerativ) nicht aus, so werden Fehlbeträge in Leistung oder Bedarf für die Aufstellung der Energiebilanz als direkt-elektrisch gedeckt angenommen.

8.3.1 Abwasserwärme

Als Wärmequelle wird hierbei das (warme) Siedlungs-Abwasser genutzt. Typisch sind Abwassertemperaturen von ca. 10°C bis 15°C.

Mittels Wärmepumpe wird die Temperatur auf ein zur Gebäudebeheizung nutzbares Niveau angehoben (Abb. 37). Die Entzugsleistung des Wärmetauschers bestimmt die Maximalleistung der Wärmepumpe (Ausgangsleistung) und damit die abdeckbare Heizlast.

[26] Die Annahme geht davon aus, dass ein Gebäude entweder an Fernwärme der SWM angeschlossen ist, oder die Versorgung über eine alternative Wärmeversorgung erfolgt. Die Alternative kann dezentrale je Gebäude, blockzentral oder gebietszentral erfolgen.

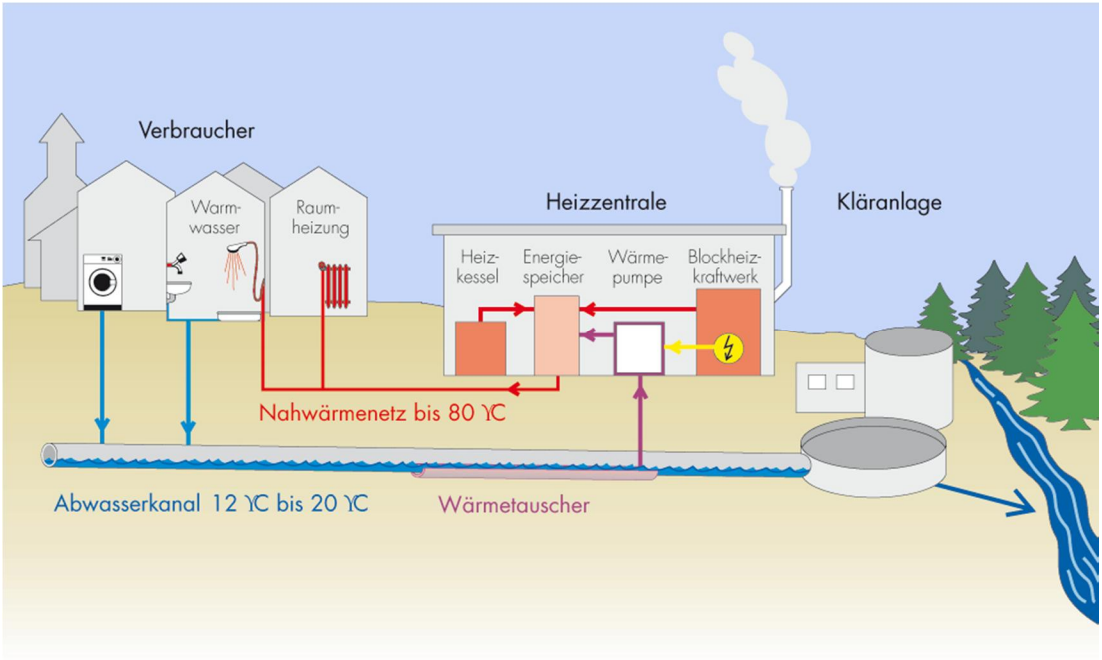


Abb. 37 Prinzip der Abwasserwärmenutzung. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Laut Auskunft der Münchner Stadtentwässerung MSE liegen in der Heidemannstraße nördlich des Gebiets Kanäle NE 1400/2100 ("normales Eiprofil", Spitze nach unten) und DN 600 bzw. ÜE 600/1100 (Rohrkanal bzw. "überhöhtes Eiprofil"). Im Kanal NE 1400/2100 laufen bei Trockenwetter in der Tagesspitze ca. 40 l/s Schmutzwasser. Temperaturmessungen liegen leider nicht vor, aus der Kenntnis anderer Kanäle kann aber übertragen werden, dass die Abwassertemperaturen im Kanal typischerweise um die 10 °C liegen. Im Regenfall und bei Schneeschmelze kann die Temperatur für Stunden und manchmal sogar Tage auf Temperaturen um die 6 – 8 °C absinken. Die MSE bevorzugt den Einbau von Wärmetauschern als Bypass und ist zur Kooperation mit den SWM bereit.

Voraussetzung für die Abwasser-Wärmenutzung ist, dass der Tauscher in den Kanalfluss eingebaut werden kann. Dies muss entlang des Kanals in der Heidemannstraße erfolgen. Sollte diese Variante weiter verfolgt werden, so muss diese Möglichkeit detailliert geprüft werden[27].

Ergebnisse

Aus den genannten Eckdaten lässt sich eine Eignung als **„bedingt geeignet“** für Abwasserwärme-Nutzung ableiten[28]. Es ist eine Entzugsleistung von ca. 240 kW des Wärmetauschers zu erwarten. Es ist zu erwarten, dass ca. 320 kW Heizlast abgedeckt werden können (ohne Berücksichtigung von Transportverlusten).

27 Diese Prüfung ist nicht Gegenstand der Untersuchung.

28 Kanalbewertung Fa. UHRIG Kanaltechnik, 78187 Geislingen

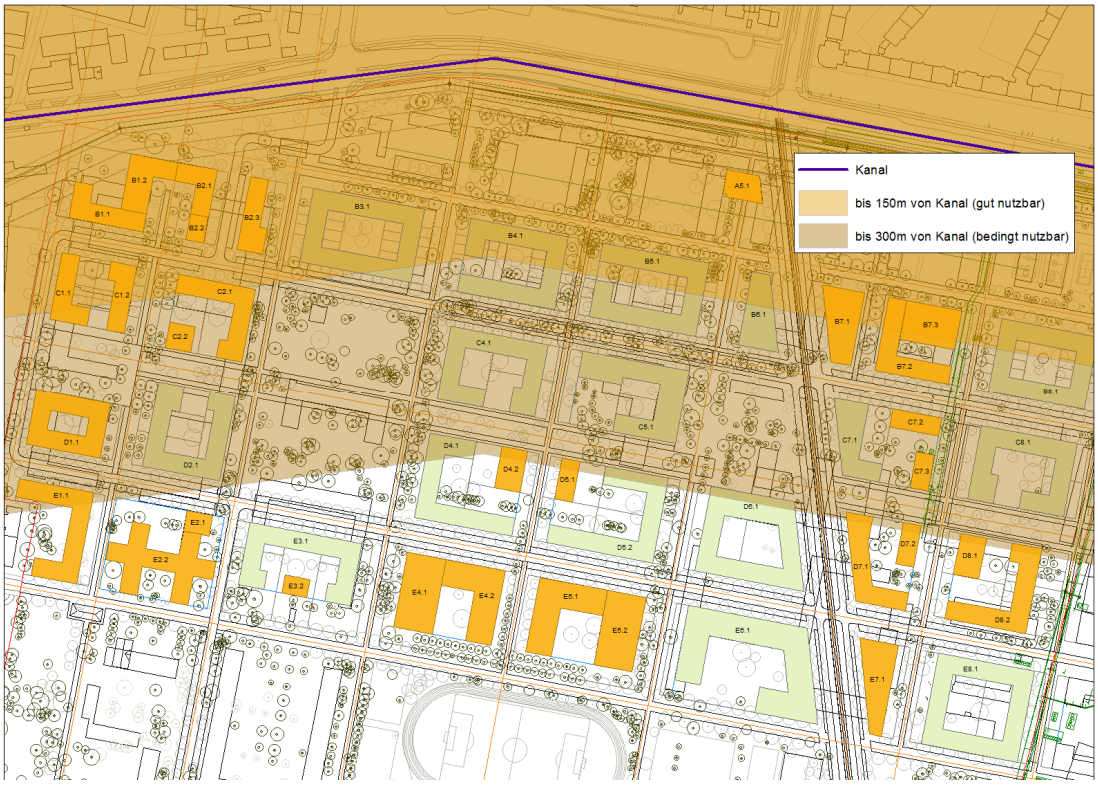


Abb. 38 Nutzbarkeit Abwasserwärme (Abstand zum Kanal, markierte Gebäude – Heizlast kann gedeckt werden) und Flächenbedarf für geothermische Nutzung anhand der Mustergebäude B5.1 und C7.3.

Das Potential der Abwasserwärme steht nicht flächendeckend an. Es wird aber angenommen, dass diese Entzugsleistung mindestens einmalig im Bereich der Heidemannstraße und für ein Gebäude in der Bayernkaserne genutzt werden kann. Die weitere Nutzung im weiteren Verlauf des Kanals muss ebenfalls geprüft werden. Die Anbindungslänge (Abstand Wärmequelle zur Verbrauchsort) ist aus wirtschaftlichen Gründen ebenfalls begrenzt. Es Abschätzung ergibt, dass das Potential innerhalb eines Abstands von 150m um den Kanal gut und innerhalb eines Abstands von 300m eingeschränkt nutzbar ist. In Abb. 38 sind sowohl die nutzbaren Korridore entlang der Heidemannstraße als auch Gebäude markiert, deren Heizlast durch das Angebot abgedeckt werden könnte. Voraussetzung ist eine sehr gute Gebäudehülle (Effizienzhaus 40), um die Heizlast zu minimieren.

Gute Voraussetzungen bestehen bei den kleineren Gebäuden in der nordwestlichen Ecke des Baugebiets. Die Gebäude B1, B2 sowie ggf. C1, C2.1 und B7 bieten gute Voraussetzung für die Nutzung von Abwasserwärme.

Der Abfluss aus dem Neubaugebiet wurde hierbei (noch) nicht berücksichtigt. Der Kanalverlauf ist derzeit noch nicht festgelegt. Kann auch das Abwasser des Baugebiets an zentraler Stelle zur Abwasserwärmenutzung herangezogen werden, so erschließt sich hieraus eine weitere Möglichkeit. Es ist zu erwarten, dass für rund 10.000 Einwohner der Bayernkaserne ein Abflusswert von 21 l/s angenommen werden kann. Damit ergibt sich gerade noch eine bedingte Eignung, vorausgesetzt der Abwassersammler kann zentral und gut nutzbar gestaltet werden. Es ist eine **Entzugsleistung von 128 kW für die Abwässer der Bayernkaserne zu erwarten.**

Tab. 18 Abwasserwärmenutzung, Abschätzung

Entzugsleistung Abwasser-Wärme-tauscher in der Heidemannstrasse	kW_{max}	240	
Entzugsleistung Abwasser-Wärme-tauscher eines zu errichtenden zentralen Sammlers im Bereich Bayernkaserne	kW_{max}		128
Eignung		bedingt geeignet	bedingt geeignet
Heizlast Heizung und WW max. ohne Berücksichtigung von Verlusten	kW_{max}	320	171
Erwartungswert Invest-Kosten WT und Anbindung bis 150m ohne Anlagen	EUR	300.000	300.000
Potential Ausgangsleistung WP	KW	318	170
Erwartungswert Invest-Kosten Wärmepumpe	EUR	150.000	80.000

Bewertung

Die Abwasserwärmenutzung ist wirtschaftlich nur in geringem Abstand zum Wärme-tauscher und damit zum Kanal vertretbar. Der Tauscher muss im Straßenprofil unterzubringen sein. Das Potential steht im Bereich der Bayernkaserne nur einmalig zur Verfügung. Aus Abb. 38 ist ersichtlich, dass die Abwasser-Wärmenutzung nur für effiziente Gebäude (EffH40) und vornehmlich nur für die kleineren nord-westlichen Gebäude in Frage kommt. Der Abfluss aus der Bayernkaserne kann ebenfalls genutzt werden. Da hier kein Eingriff in ein bestehendes Kanalnetz, sondern ein Neubau erfolgt, ist die Umsetzung bedeutend einfach möglich. In jedem Fall sind die Quellstärke und damit das ausschöpfbare Potential sehr deutlich beschränkt, sodass nur einzelne Gebäude in der Nähe des Abwasser-Wärme-tauschers in den Genuss der Abwasser-Wärmenutzung kommen können.

Stkbrf. 1 Nutzwertanalyse Abwasserwärme.

Abwasser Wärmenutzung mit lokaler oder zentraler Wärmepumpe	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Strom	Wärme	Abwässer
	Daten / Informationen notwendig / Voraus-setzung	zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	Abwasserkanäle, Lage, Dimension, (Durchflussmenge Temperaturniveau)	dezentral nur für Einzelgebäude oder Blöcke.	Quelle reicht nur für sehr wenige Gebäude
Anwendbarkeit	Für einzelne Gebäude nach Prüfung an Sammlern Heidemannstr. oder Neubau am zentralen Abfluss der Bayernkaserne (noch nicht festgelegt) möglich. Erneuerung der Infrastruktur bietet Möglichkeit, Tauscher einzubauen. Verteilung „kalt“ mit WP im Gebäude oder mit WP am Tauscher ist möglich. Kombination mit Spitzenlastdeckung und solarthermischen Anlagen ist möglich		
Bemerkung	Technik ist etabliert		
Vorteil	Potential Abwasser (Temperatur) vergleichsweise hoch		
Nachteile	NT Heizsystem notwendig. TWW-Hygiene aufwändig.		
Betreiber	Investor Gebäude oder Stadtwerke/Contractor		
Hemmnisse	Stadtwerke und Entsorgungsbetriebe sind an einer Nutzung wenig interessiert. Aus rechtlichen Gründen wird der Bau eines Bypasses durch die MSE gefordert. Betreiber muss gefunden werden. Nur sinnvoll mit hocheffizienten Gebäuden.		
Potential	gering		
Regenerativanteil	mäßig		
Raumbedarf	mittel, im Gebäude		
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
	0,49	0,166 kg/kWh	
Investitions- / Betriebskosten	hoch	hoch	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	16 ct je kWh Nutzenergie, wobei ca. 50% auf Investitionskosten zurückzuführen sind		
Bewertung	Sehr geringe Quellstärke mit daraus resultierender Einschränkung im Versorgungspotential. Hohe Investitionskosten.		
Konzept weiter verfolgen	Nur für Einzelgebäude. Investitionskosten beachten		

8.3.2 Grundwassernutzung

Wärmequelle ist hier das Grundwasser, welches in der Regel im Saugbrunnen gefördert und im Schluckbrunnen wieder dem Grundwasserleiter zugeführt wird (Abb. 39). Zu beachten sind die wasserrechtlichen Genehmigungen, die Chemie des geförderten Wassers sowie die zur Verfügung stehenden Quellstärken am Standort.

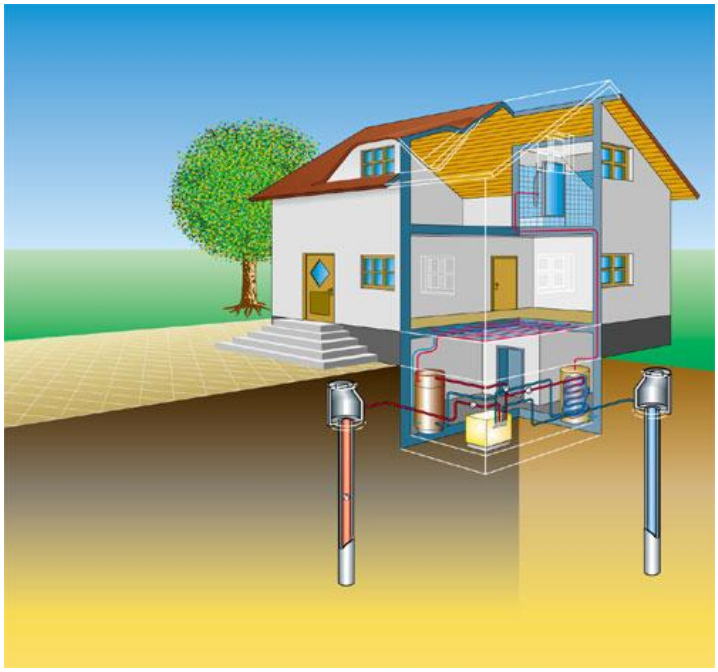


Abb. 39 Grundwassernutzung mit Brunnen und Wärmepumpe (Quelle Bundesverband Wärmepumpe e.V.)

Laut interner Information des Referats für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München (RGU) v. 11.2.16 ist eine Grundwassernutzung möglich – aber eingeschränkt, da der Grundwasserleiter keine ausreichende Mächtigkeit der Schicht oberhalb der Stauebene für die Erschließung mit vertikalen Brunnen besitzt. In der wasserführenden Sandschicht (ab ca. 5 m Tiefe; Fließrichtung SSW nach NNO) ist die Erschließung mit Horizontalbrunnen möglich, aber gegenüber der Vertikalbohrung aufwändig und daher nicht optimal. Die tertiären Sande weisen keine gute hydraulische Leitfähigkeit auf; außerdem besteht die Gefahr der Brunnenversandung.

Es wurde daher untersucht, welche Schüttungen notwendig für die Beheizung der Mustergebäude sind. Dabei wird von einer Einzelversorgung durch eine monovalent betriebene Wasser-Wasser Wärmepumpe ausgegangen. Eine Abschätzung der notwendigen Fördermengen zeigt Tab. 19. Eine Abschätzung der zu erwartenden Kosten wurde nicht vorgenommen, da diese sehr stark von der notwendigen Erschließungstechnik und diese wiederum von der Geologie abhängt. Um hierfür qualifizierte Aussagen treffen zu können, sind zunächst Erkundungsbohrungen notwendig.

Aufgrund der guten Temperatursituation des Grundwassers ist eine hohe Leistungszahl einer nachgeschalteten Wärmepumpe zu erwarten.

Ergebnisse

Tab. 19 Abschätzung Quellschüttung für Grundwassernutzung.

Modell		**B5.1**	**C5.1**	**C7.3**	**E1.1**
Notwendige Schüttung im Mittel	[l/h]	53.763	59.403	8.537	21.832
Notwendige Schüttung im Lastfall	[l/h]	107.525	118.807	17.074	43.665
Kosten Brunnen und Anbindung	[EUR]	Siehe Text			
Erwartungswert Invest-Kosten Wärmepumpe	[EUR]	198.000	237.000	56.500	148.000

Bewertung

Im Rahmen des Projekts kann keine Einschätzung abgegeben werden, ob die notwendigen Fördermengen (Schüttungen) zu erreichen sind. Die Möglichkeiten müssen im Bedarfsfall durch ein Fachbüro erkundet werden. Die notwendigen Fördermengen bei den größeren Gebäuden sind jedoch beeindruckend.

Gegebenenfalls könnte die Grundwassernutzung für einzelne sehr effiziente Gebäude möglich sein.

In der Planung ist für eine Nutzung bei mehreren Brunnen eine Temperaturfeld-untersuchung notwendig.

Stkbrf. 2 Nutzwertanalyse Grundwasserwärme.

Wärmepumpe mit Grundwasserbrunnen	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Strom	Wärme	Grundwasser
	Daten / Informationen notwendig / Voraus-setzung	Zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	Geologie des Nutzungsgebiets Wassernutzung	Dezentral, Blockzentral	kein Konzept für das Gesamtgebiet
Anwendbarkeit	Durch die (bislang bekannte) Geologie ergeben sich starke Einschränkungen in der Anwendbarkeit. Der Grundwasserleiter ist nur eingeschränkt nutzbar, Quellstärke nur ausreichend für ausgewählte Gebäude. Kombination mit Spitzenlastdeckung z.B. durch geothermisch gespeiste Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen ist möglich		
Bemerkung	Für blockzentrale Lösungen muss ein Betreiber gefunden werden.		
Vorteil	Auch zur Kühlung geeignet.		
Nachteile	NT Heizsystem notwendig. TWW-Hygiene aufwändig. Geologie und Wassernutzung muss geklärt werden. Saug- und Schluckbrunnen sind nach Möglichkeit auf dem Grundstück unterzubringen. Ggf. Klärung der Nutzungsrechte notwendig.		
Betreiber	Investor Gebäude oder Stadtwerke/Contractor		
Hemmnisse	Die Quellstärken sind begrenzt. Die Möglichkeit der geologischen Nutzung sowie der Wassernutzung muss geklärt werden. Nutzungsrechte bei Saug-/Schluckbrunnen außerhalb der Grundstücks müssen geklärt werden. Betreiber muss gefunden werden. Nur sinnvoll mit hocheffizienten Gebäuden.		
Potential	Gering		
Regenerativanteil	Mäßig – Hoch in Abhängigkeit der Quellstärke und der daraus resultierenden Leistungsziffer der WP sowie der notwendigen Betriebsweise (bivalent/monovalent)		
Raumbedarf	Mittel, im Gebäude, mittel im Außenraum		
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
	0,49	0,166 kg/kWh	
Investitions-/Betriebskosten	hoch	hoch	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	Keine Angaben möglich, da Kosten für Brunnen im Rahmen des Projekts nicht zu definieren		
Bewertung	In allen Fällen sehr geringe Quellstärke mit daraus resultierender Einschränkung im Versorgungspotential. Hohe Investitionskosten.		
Konzept weiter verfolgen	Nur für Einzelgebäude		

8.3.3 Oberflächennahe Geothermie zur Einzelversorgung

Die oberflächennahe geothermische Nutzung ist mittels verschiedener Techniken möglich. Allen gemein ist, dass die Bohrteufe geringer ist als 400m und dass ein Tauschmedium – in der Regel Sole – verwendet wird.

Bei der oberflächennahen Geothermie ist eine direkte Nutzung nicht möglich, da die Temperaturniveaus zu niedrig sind. Daher wird die Temperaturanhebung durch eine nachgeschaltete Wärmepumpe notwendig. Dem Quellenmedium (Sole, Wasser) und damit dem Erdreich wird Wärme entzogen und auf höherem Niveau an die Heizungsverteilung bzw. Warmwasserbereitung abgebeben. Die Jahresarbeitszahl[29] der Wärmepumpe, die hierbei erreicht werden kann, ist dabei stark von den Quell- und Zieltemperaturniveaus abhängig.

Die Wärmetauscher-Rohre können entweder flächig verlegt oder in Bohrlöcher oder Pfähle eingebracht werden. Oberflächennahe Erdschichten bis ca. 10m regenerieren sich primär aus der solaren Einstrahlung sowie über eindringendendes Regenwasser. In tieferen Schichten ist der langsame Zufluss von Wärme aus Grundwasserströmen und/oder Wärmeleitung für die Erwärmung zuständig. In jedem Fall sind die Quellstärken beschränkt.

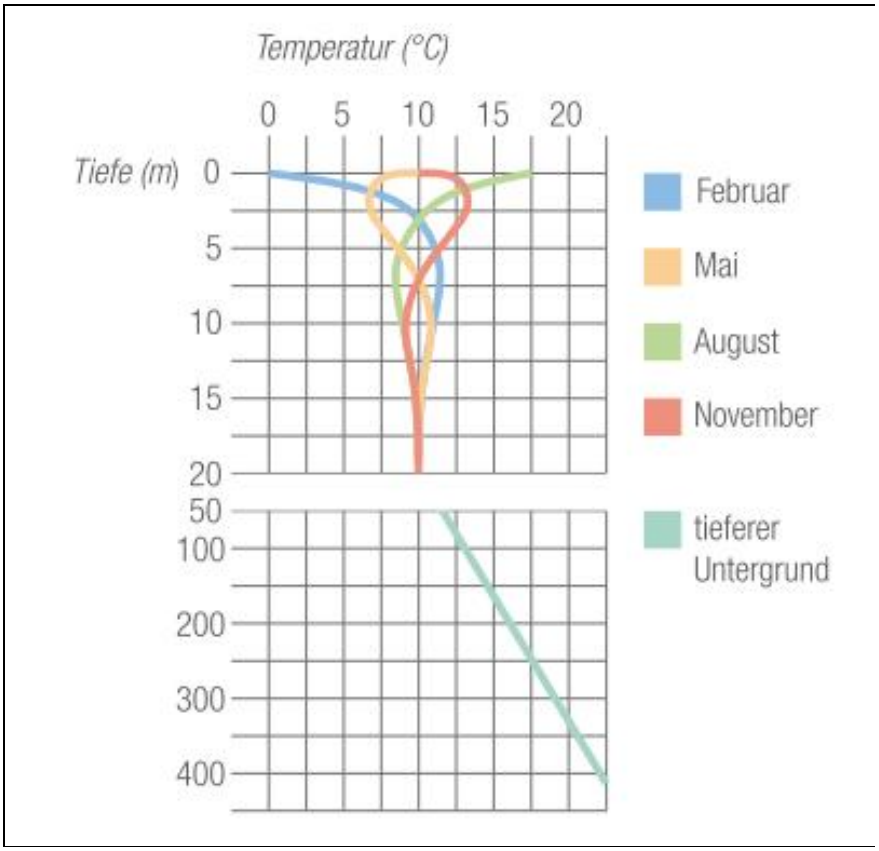


Abb. 40 Jahrestemperaturniveau in verschiedener Bodentiefe. Quelle: REHAU

[29] Jahrsarbeitszahl= Nutzenergie/Energieaufwand. Entspricht der über das Jahr gemittelten Leistungszahl (COP) = Wärmeleistung der WP / Leistungsaufnahme.

Die Planung und Begleitung durch ein geologisches Planungsbüro ist in allen Varianten unerlässlich. Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich auf den allgemeinen Kenntnisstand von Technik und Normen sowie die vom RGU übermittelten Informationen.

Laut Information des RGU vom 11.2.16 sind Bodenprofile südöstlich und nordöstlich des Untersuchungsgebiets vorhanden. Ein genauer Aufschluss durch Probebohrung auf dem Baugebiet existiert zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht. Die folgenden Aussagen und Abschätzungen fußen auf dem derzeitigen Kenntnisstand. Sie sollten bei näherer Betrachtung daher unbedingt durch Probebohrungen untermauert werden.

8.3.3.1 Erdwärmesonden (EWS)

Die geothermische Nutzung erfolgt bei dieser Technik durch horizontal in Bohrlöchern verlegte U-förmige Wärmetauscherrohre. Dem Erdreich wird durch die solegefüllten Tauscher Wärme entzogen, die mittels Wärmepumpe unter Einsatz von Energie – in der Regel elektrischer Strom – auf nutzbares Temperaturniveau gehoben wird.

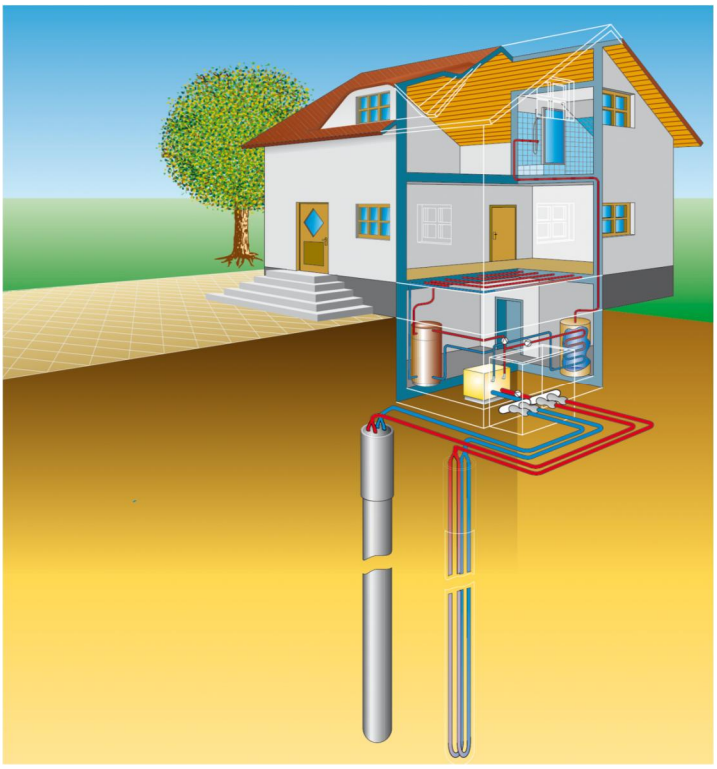


Abb. 41 Erdwärmesonden. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Nach Kenntnis des RGU vom 11.2.16 beginnt in 16 m (nordöstlich des Geländes) bis 21 m Tiefe (südöstlich des Geländes) die erste Stauschicht zum nächsten Grundwasserstockwerk. Diese Schicht darf zwar angebohrt, aber nicht durch-

brochen werden. Die darüber liegenden Schichten bestehen aus Sand und Kies, die einen gemeinsamen Grundwasserleiter ab ca. 5 m Tiefe darstellen.

In der Untersuchung wird angenommen, dass für Erdsonden eine maximale nutzbare Tiefe von 25 m besteht. Die Möglichkeit einer Sonden-Bohrung muss im Bedarfsfall durch ein Fachbüro genau untersucht werden.

Die Entzugsleistung der Sonden wird mit 80 W/m Sondenlänge nach [VDI 4640-2] angenommen.

Ein Vorteil von Erdsonden ist die Möglichkeit, diese als Kältequelle mit einer hierfür auch für den Kühlbetrieb geeigneten Wärmepumpe zu nutzen. Die Ergiebigkeit ist mit 80 - 120 kWh je Meter Sondenlänge und Jahr jedoch beschränkt.

Ergebnisse

Tab. 20 Abschätzung Erdsonden, Flächenbedarf, Kosten.

Modell		**B5.1**	**C5.1**	**C7.3**	**E1.1**
Baufeld Fläche (ca.)	[m²]	6.439	5.500	1.471	4.356
nicht überbaute Freifläche	[m²]	2.933	2.632	392	1.907
Bohrteufe max.	[m]	25	25	25	25
Anzahl Sonden		159	176	26	65
Flächenbedarf	[m²]	2544	2816	416	1040
Erwartungswert Invest-Kosten für Sondenbohrung und Anbindung ohne Anlagen	[EUR]	198.000	223.000	35.000	85.000
Erwartungswert Invest-Kosten für Wärmepumpe	[EUR]	169.000	202.000	44.500	88.100

Auch unter der Annahme einer geringen Bohrteufe von nur 25 m ist es bei den Mustergebäuden rechnerisch möglich, die für die Wärmeversorgung notwendigen Erdsonden auf den Grundstücken unterzubringen – teilweise sogar im Bereich der nicht überbauten Freifläche. Im Prinzip ist es möglich, die Sonden unter der Tiefgarage oder unter dem Gebäude zu verlegen.

Bewertung

Die Flächenpotentiale der Grundstücke sind rein rechnerisch ausreichend für die Versorgung mit EWS und Wärmepumpe. Ob die Potentiale voll genutzt werden können oder durch Überbauung, Tiefgarage, Grenzabstände, tatsächliche Ergiebigkeit, Freiflächengestaltung etc. eingeschränkt sind, muss geklärt werden. Ebenso muss durch Probebohrung geklärt werden, welche nutzbare Tiefe im Untergrund tatsächlich zur Verfügung steht.

8.3.3.2 Energiepfähle

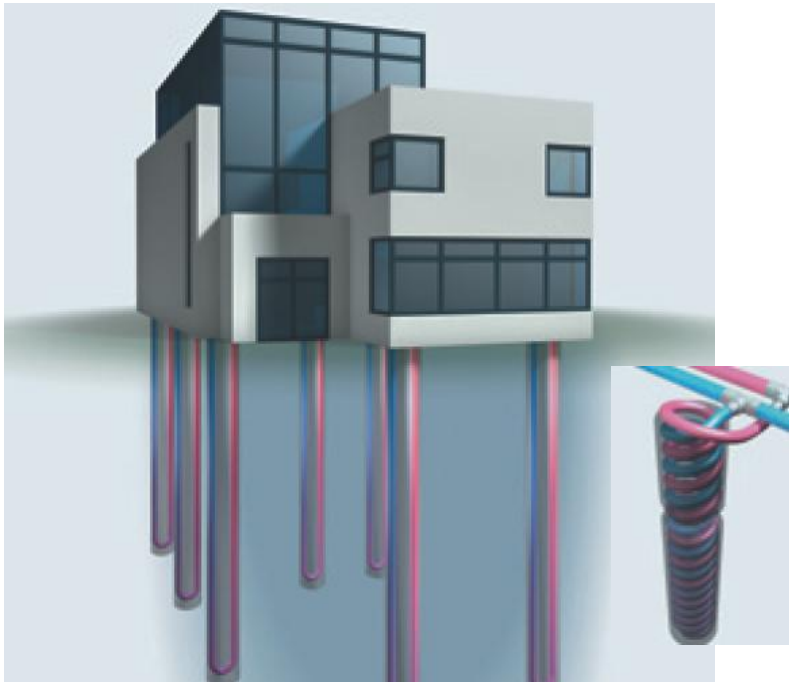


Abb. 42 Energiepfähle. Quelle Uponor.

Energiepfähle werden ähnlich wie Erdsonden frei ins Erdreich gebohrt oder gerammt, die Sole-Wärmetauscher werden in Beton vergossen. Energiepfähle reichen weniger tief als Erdsonden. In der Regel werden sie als statisches Element mit der Gründung des Gebäudes kombiniert, wobei natürlich die Erfordernisse der Gebäudestatik zu beachten sind. Ganz besonders ist auf die Vermeidung von Frost durch den Wärmeentzug zu achten. Die Entzugsleistung wurde nach der Literatur mit 60 W/m (Pfahllänge) angenommen.

Ein Mehrfachnutzen ergibt sich aus der Möglichkeit der Gebäudekühlung. Hierbei erwärmt eine hierfür geeignete Wärmepumpe im Kühlbetrieb die Energiepfähle im Sommer. Die Energiepfähle stehen als Kältequelle zu Beginn des Sommers zur Verfügung und erwärmen (regenerieren) bis zum Beginn der Heizperiode. Diese Kältequelle ist mit ca. 15 – 35 W/m Entzugsleistung jedoch sehr beschränkt.

Ergebnisse

Tab. 21 Abschätzung Energiepfähle.

Modell		B5.1	C5.1	C7.3	E1.1
Baufeld Fläche (ca.)	[m²]	6.439	5.500	1.471	4.356
nicht überbaute Freifläche	[m²]	2.933	2.632	392	1.907
Anzahl Pfähle		307	340	49	124
Flächenbedarf	[m²]	4.911	5.439	777	1.989
WP Strom	[kWh/a]	215.194	229.464	37.200	92.133
Erwartungswert Invest-Kosten für Absorber-Rohre und Anbindung ohne weitere Anlagen wie Pfähle etc., keine Berücksichtigung der Statik.	[EUR]	215.000	230.000	37.000	92.000
Erwartungswert Invest-Kosten für Wärmepumpe	[EUR]	169.000	202.000	44.500	88.100

Das vorhandene Flächenpotential ist bei den untersuchten Mustergebäuden ausreichend für die Versorgung mit Energiepfählen und Wärmepumpe.

Bewertung

Energiepfähle sind eine gute Möglichkeit der Erdwärmenutzung. Insbesondere die Mehrfachnutzung zur sommerlichen Kälteerzeugung ist von Vorteil. Hiermit können die Erdtemperaturen gut regeneriert werden. Die Nutzung ist überall im Baugebiet möglich. Schwer absehbar sind jedoch die Kosten der Maßnahmen, da die Statik des künftigen Gebäudes betroffen ist. Aus den Erfordernissen der Gründung ergeben sich auch die tatsächliche nutzbaren Potentiale. Aus wirtschaftlichen Gründen ist nicht zu erwarten, dass mehr Pfähle als statisch erforderlich eingebaut werden.

Wie bei allen Wärmepumpenanlagen erfordert eine monovalent betriebene Anlage hohe Investitionen; da faktisch jedoch außer Strom kein anderer Energieträger zur Verfügung steht, kommt eine Anlage mit Spitzenlastdeckung über Gas etc. nicht in Frage.

8.3.3.3 Flächenkollektoren

Bei Flächenkollektoren werden mit Sole gefüllte Rohre horizontal flächig verlegt.

Nicht überbaubare Flächenkollektoren werden in einer Tiefe von 1,2 bis 1,5 m eingebaut. Der Ertrag ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit [VDI 4640-2][VDI 4640-3]. Bei diesem System erfolgt die Regeneration von oben durch Regen und Sonne. Wegen der Abkühlung des Bodens durch die Kollektoren sind hier unter

anderem die Auswirkungen auf geplante Bäume zu beachten. Bereits vorhandene Bepflanzungen, die erhalten bleiben sollen, stehen in Konkurrenz zu dieser Form der oberfl̈ächennahen Geothermie.

Überbaubare Kollektoren werden unter der Bodenplatte eingebracht. Der Einsatz ist nur dann sinnvoll, wenn das Grundwasser die Erträge positiv beeinflusst. Dies ist im Baugebiet ab 5 m Tiefe zu erwarten. Hierbei sind besonders die statischen Erfordernisse sowie die Frostfreiheit zu beachten. Bei diesen Systemen ist es notwendig, die Erdtemperaturen im Sommer aktiv zu regenerieren. Dies kann direkt solar über Kollektoren oder durch Umschalten der Wärmepumpe auf Raumkühlung erfolgen.

Eine Abschätzung der zu erwartenden Erträge für überbaubare Kollektoren ist bei vorliegendem Kenntnisstand nur schwer möglich. Die Aussagen beziehen sich damit auf nicht überbaubare Kollektoren.

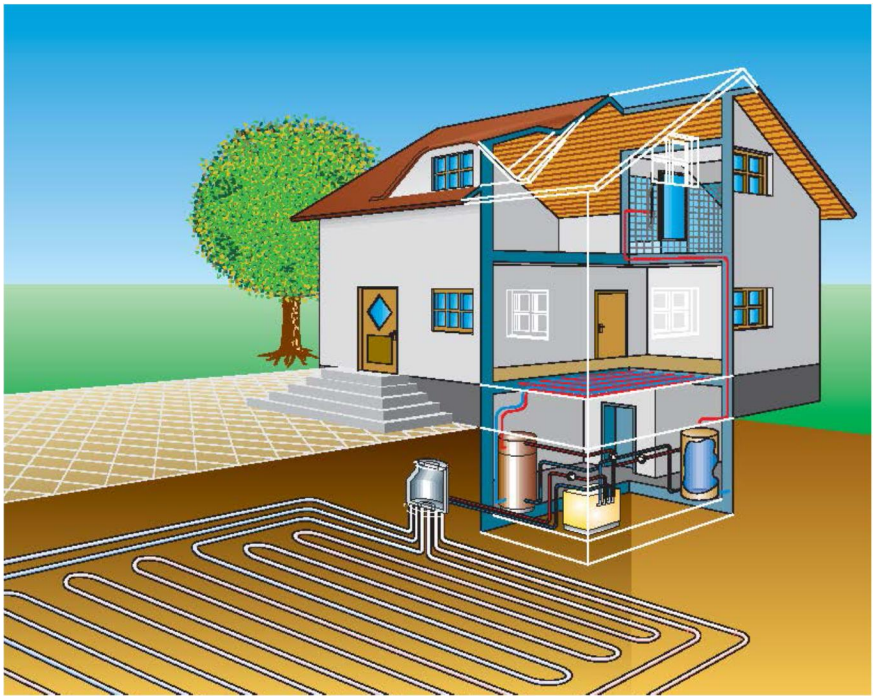


Abb. 43 Flachkollektoren. Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Ergebnisse

Tab. 22 Abschätzung nicht überbaubare Flächenkollektoren.

Modell		B5.1	C5.1	C7.3	E1.1
Baufeld Fläche (ca.)	[m²]	6.439	5.500	1.471	4.356
nicht überbaute Freifläche	[m²]	2.933	2.632	392	1.907
Rohrlänge	[m]	13.349	15.352	2.494	6.186
Flächenbedarf Erdkollektor	[m²]	8.677	9.979	1.621	4.021
Erwartungswert Invest-Kosten für Kollektor und Anbindung ohne Anlagen ohne (zusätzliche) Erdarbeiten	[EUR]	157.000	180.000	30.000	73.000
Erwartungswert Invest-Kosten für Wärmepumpe	[EUR]	169.000	202.000	44.500	88.100

Bewertung

Nicht überbaubare Flächenkollektoren haben einen hohen Bedarf an Freiflächen. Aufgrund der oberflächennahen Verlegung benötigen Sie eine Regeneration von oben und daher freies Gelände ohne Überbauung. Aufgrund der Abkühlung des Erdreichs ist hier grundsätzlich nur niedriger Pflanzenbewuchs (Sträucher, Stauden) empfehlenswert. Würde das Konzept der Flächenkollektoren realisiert, würde sich die für Baumbestand nutzbare Freifläche voraussichtlich erheblich reduzieren. Aus Tab. 22 ist ersichtlich, dass der Flächenbedarf für die Mustergebäude rechnerisch (und hier ohne Berücksichtigung des bestehenden bzw. geplanten Baumbestands) nur in den größeren Grünflächen gedeckt werden kann. Flächenkollektoren kommen daher insbesondere für die inneren Lagen (z.B. C7.3) nicht in Frage und sind aus oben genannten Gründen auch für die Randbereiche schwer realisierbar.

8.3.3.4 Energiekörbe

Energiekörbe (Erdwärmekörbe) sind eine spezielle Art der oberflächennahen Energienutzung. Hierbei werden Solerohre konzentriert gewickelt und in entsprechende Aushublöcher verbracht. Vorteil gegenüber dem Flächenkollektor ist der leichtere Einbau und der geringere Flächenbedarf. Der Eingriff in den Boden ist durch die geringe Einbautiefe minimiert.

Die Entzugsleistung liegt bei ca. 750 W je Stück. Energiekörbe kommen wegen ihrer beschränkten Leistung vor allem in kleineren Bauvorhaben zum Einsatz.

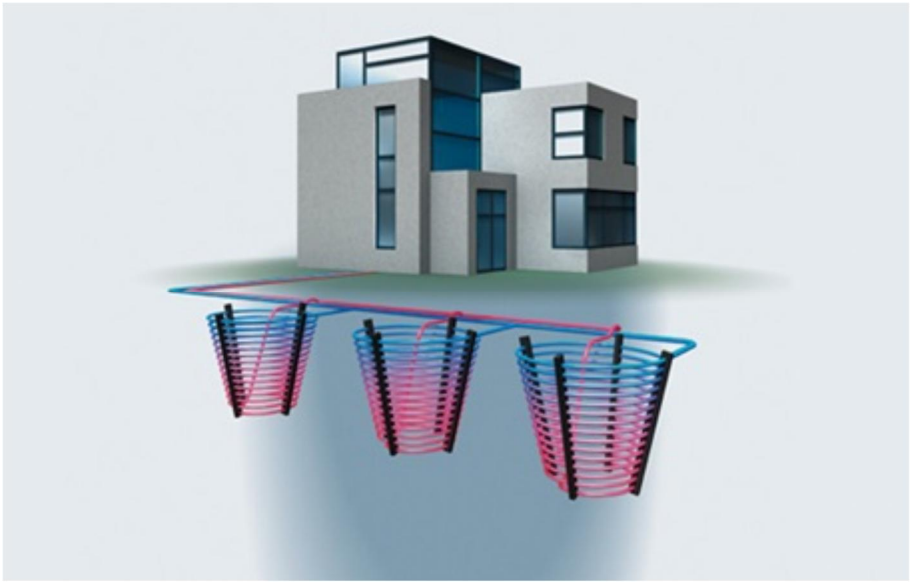


Abb. 44 Erdwärmekörbe, Energiekörbe. Quelle: Uponor.

Ergebnisse

Tab. 23 Abschätzung Energiekörbe.

Modell		B5.1	C5.1	C7.3	E1.1
Baufeld Fläche (ca.)	[m²]	6.439	5.500	1.471	4.356
nicht überbaute Freiflächen	[m²]	2.933	2.632	392	1.907
Anzahl		405	448	64	164
Flächenbedarf	[m²]	6.479	7.174	1.025	2.624
Erwartungswert Invest-Kosten für Energiekörbe ohne Anlagen ohne Erdarbeiten	[EUR]	284.000	314.000	45.000	115.000
Erwartungswert Invest-Kosten für Wärmepumpe	[EUR]	169.000	202.000	44.500	88.100

Bewertung

Da Energiekörbe im Wesentlichen eine andere Bauart der Flachkollektoren darstellen, unterliegen sie den gleichen Einschränkungen wie Flachkollektoren (mit dem Vorteil der einfacheren Verlegung). Die Bewertung für Energiekörbe ist daher analog zur Bewertung für Flachkollektoren (s. Kap. 8.3.3.3).

8.3.3.5 Nutzwertanalyse

Im folgenden Steckbrief ist die Nutzwertanalyse oberflächennaher Geothermie aus Nutzersicht dargestellt.

Stkbrf. 3 Nutzwertanalyse oberflächennahe Geothermie aus Nutzersicht.

Nutzung oberflächennahe Erdwärme mit dezentraler oder blockzentraler Wärmepumpe Wärmequelle Erdsonden, Energiepfähle, Flächenkollektoren	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Strom	Wärme	Erdwärme
	Daten / Informationen notwendig / Voraussetzung	zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	Geologie des Nutzungsgebiets	dezentral, blockzentral	kein Konzept für das Gesamtgebiet
Anwendbarkeit	Durch die (bislang bekannte) Geologie ergeben sich starke Einschränkungen in der Anwendbarkeit. Die nutzbaren Quellen sind beschränkt. Erdsonden und Energiepfähle lassen sich auf den Grundstücken unterbringen, Sonden müssten teilweise unter dem Gebäude liegen. Wenn Flächenkollektoren nicht unter dem Gebäude situierte werden können, müssten sie im öffentlichen Raum untergebracht werden (mit allen rechtlichen Konsequenzen und Einschränkungen der weitern Nutzbarkeit z.B. Baumbestand). Die Kombination mit Spitzenlastdeckung und solarthermischen Anlagen ist möglich. WP- Strom kann auch z.T. lokal über PV erzeugt werden.		
Bemerkung	Für blockzentrale Lösungen muss ein Betreiber gefunden werden.		
Vorteil	vor allem Energiepfähle auch zur Kühlung geeignet		
Nachteile	NT Heizsystem notwendig. TWW – Hygiene aufwändig. Geologie muss geklärt werden. Flächennutzungsmöglichkeit muss geklärt und rechtlich abgesichert werden, wenn öffentliche Flächen genutzt werden sollen.		
Betreiber	Investor Gebäude oder Stadtwerke/Contractor		
Hemmnisse	Die Quellstärken differieren je nach Wärmequelle, sind aber begrenzt. Die Möglichkeit der geologischen Nutzung sowie der Flächennutzung muss geklärt werden. Betreiber muss gefunden werden. Nur sinnvoll mit hocheffizienten Gebäuden und NT Heizsystem.		
Potential	Gering		
Regenerativanteil	Mäßig – Hoch in Abhängigkeit der Quellstärke und der daraus resultierenden Leistungsziffer der WP sowie der notwendigen Betriebsweise (bivalent/monovalent)		
Raumbedarf	mittel im Gebäude, hoch (Erdbohrungen) bzw. sehr hoch (Flächenkollektoren) im Außenraum		
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
	0,49	0,166 kg/kWh	
Investitions-/Betriebskosten	hoch	hoch	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	12 ct (Erdsonden) min. 13 ct (Flächenkollektor) je kWh Nutzenergie, wobei ca. 45% auf Investitionskosten zurückzuführen sind.		
Bewertung	Geringe, für einzelne Gebäude aber ausreichende Quellstärke mit daraus resultierender Einschränkung im Versorgungspotential. Hohe Investitionskosten.		
Konzept weiter verfolgen	Nur für Einzelgebäude		

8.3.4 Wärmepumpe und Eisspeicher

Bei einem Eisspeicher-System wird die Latentwärme des Phasenübergangs flüssig-fest genutzt, um auf kompaktem Raum eine hohe Speicherdichte zu erreichen. In der Regel wird Wasser (Eis) als Speichermedium genutzt. Der Speicher dient als Wärmequelle für eine (umschaltbare) Wärmepumpe. Das System ist so ausgelegt, dass der gesamte Speicher durchfrieren kann. Die Regeneration (Abtauen, Erwärmen) erfolgt durch die Wärme häuslicher Abwässer (welche durch Tauscher-rohre durch den Speicher geleitet werden), durch Solarkollektoren und durch das Erdreich (direkte Erwärmung des Speichers). Eine umschaltbare Wärmepumpe kann in Sommer Raumkälte erzeugen und so den Speicher ebenfalls regenerieren.

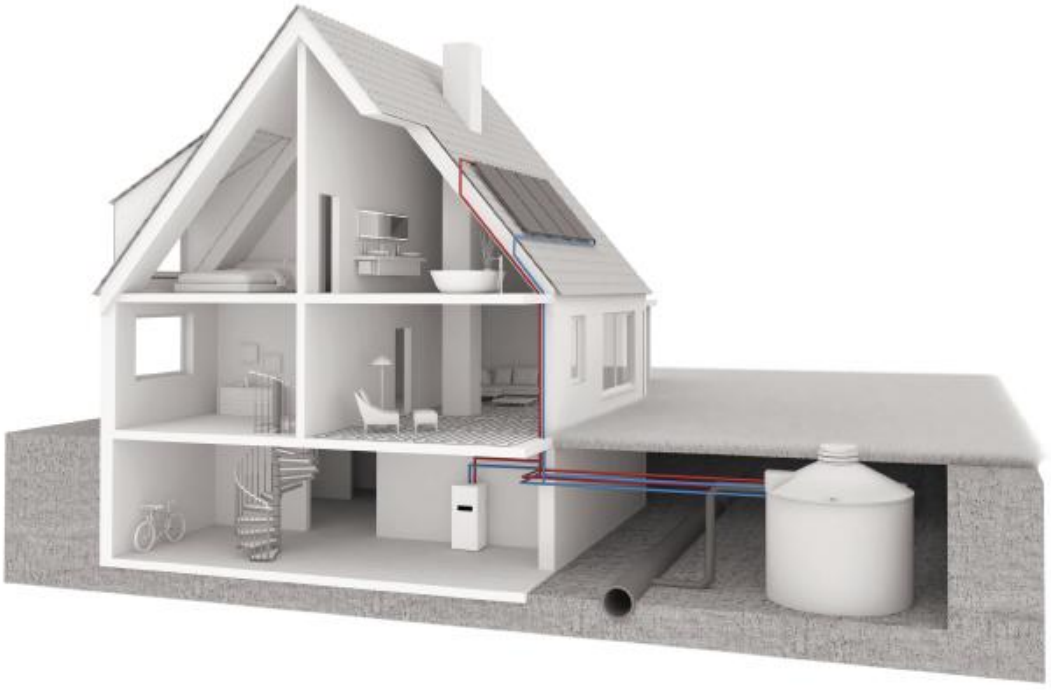


Abb. 45 Eisspeicher. Quelle: Viessmann.

Ergebnisse

Tab. 24 Abschätzung Eisspeicher.

Modell		B5.1	C5.1	C7.3	E1.1
Baufeld Fläche (ca.)	[m²]	6.439	5.500	1.471	4.356
nicht überbaute Freiflächen	[m²]	2.933	2.632	392	1.907
Speichergröße	[m³]	832	920	132	338
Flächenbedarf	[m²]	254	281	40	103
Erwartungswert Baukosten für Speicherraum ohne Anlagen	[EUR]	332.800	368.000	52.800	135.200
Erwartungswert Invest-	[EUR]	71.000	79.000	11.000	29.000

Modell		B5.1	C5.1	C7.3	E1.1
Kosten für Eisspeicher incl. Anbindung (sehr grobe Schätzung)					
Erwartungswert Invest-Kosten für Wärmepumpe und Wärmetauscher	[EUR]	198.000	237.000	56.500	148.000

Eine Abschätzung der Auslegung von Eisspeichern ist schwierig und sollte detailliert in der Planung erfolgen. Anhand von Eckdaten im Betrieb befindlicher Systeme lassen sich jedoch Anhaltswerte für Speicher- und Kollektorgröße angeben. Vorteil von Eisspeichersystemen ist die weitgehende Unabhängigkeit von geologischen Rahmenbedingungen.

Derzeit sind nur wenige Großanlagen in Betrieb. Eine detaillierte Planung ist in jedem Fall notwendig.

Bewertung

Das Speichervolumen für das Mustergebäude B 5.1. kann durch einen 3 m hohen, 10 m breiten und 27 m langen unterirdisch gelegenen Speicher gedeckt werden. Der Speicher für das Mustergebäude C 7.3 fiele deutlich kleiner aus. Die Unterbringung von Speichern auf dem Grundstück erscheint möglich, es besteht jedoch eine Konkurrenzsituation zur Tiefgarage. Zudem sind unterirdische Anlagen teuer in der Realisierung. Im Prinzip sind Eisspeicher mit Wärmepumpe überall im Baugebiet möglich.

Eisspeicheranlagen bieten den Vorteil, im Sommer eine Gebäudekühlung zu ermöglichen. Zur Regeneration des Speichers kann entweder die Gebäudekühlung, Gebäudeabwässer, Solar-Kollektoren oder eine Kombination herangezogen werden.

Stkbrf. 4 Nutzwertanalyse Wärmepumpe mit Eisspeicher.

Wärmepumpe mit Eisspeicher	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Strom	Wärme	Kollektoren, lokale Abwässer und Erdwärme
	Daten / Informationen notwendig / Voraussetzung	zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	Statik und genaue Auslegung	dezentral, blockzentral	kein Flächenkonzept
Anwendbarkeit	Eisspeichersysteme könnten auf den Grundstücken untergebracht werden, stehen aber aufgrund der Größe in Konkurrenz zu Tiefgaragen.		
Bemerkung	Für blockzentrale Lösungen muss ein Betreiber gefunden werden.		
Vorteil	Auch zur Kühlung geeignet. Gute Kombination mit thermischen Solaranlagen.		
Nachteile	NT Heizsystem notwendig. TWW – Hygiene aufwändig.		
Zentral / Dezentral	dezentral oder blockzentral möglich		
Betreiber	Investor Gebäude oder Stadtwerke/Contractor		
Hemmnisse	Es handelt sich um eine relativ neue Technik für die anvisierte Leistungsgröße. Die Auslegung erfordert eine dynamische Simulation. Nur sinnvoll bei hocheffizienten Gebäuden.		
Potential	gering		
Regenerativanteil	Mäßig – Hoch in Abhängigkeit der Quellstärke und der daraus resultierenden Leistungsziffer der WP sowie der notwendigen Betriebsweise (bivalent/monovalent)		
Raumbedarf	im oder unter dem Gebäude hoch		
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
	0,49	0,166 kg/kWh	
Investitions- / Betriebskosten	hoch	hoch	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	mindestens 14 je kWh Nutzenergie, wobei ca. 50% auf Investitionskosten zurückzuführen sind		
Bewertung	Hohe Investitionskosten in bauliche Maßnahmen, aber gut machbar, wenn Investor gefunden werden kann. Fassadenkollektor zur Regeneration des Eisspeichers muss architektonisch integriert werden. Mehrfachnutzen (Kühlung) möglich.		
Konzept weiter verfolgen	Nur für Einzelgebäude		

*) Anlage wurde mit Solarkollektor zur Regeneration angenommen. Die Wirkung kann hier nur sehr grob abgeschätzt werden

8.3.5 Geothermie - Potentiale für Teilnetze

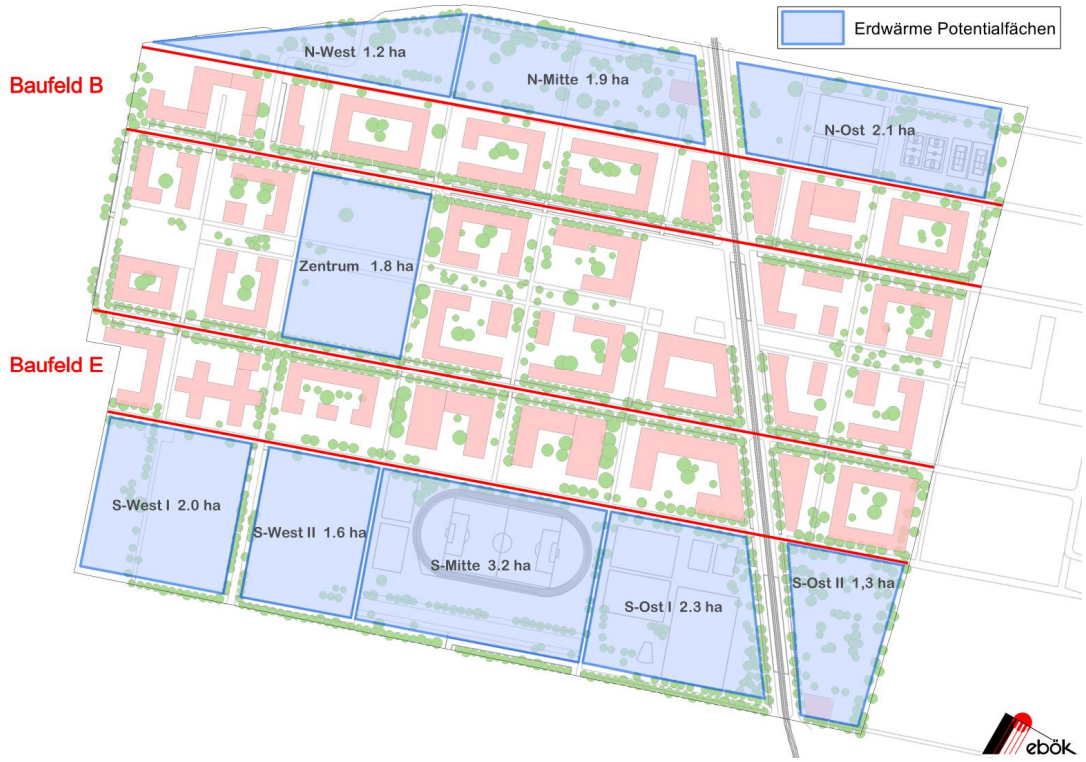


Abb. 46 Potentialflächen für mögliche Geothermienutzung

Unter der Annahme, dass die Freiflächen nördlich und südlich des Areals für die geothermische Nutzung zur Verfügung stehen, kann daraus das Potential für die Versorgung eines Teilgebiets abgeschätzt werden.

Die geothermische Quelle (Erdsonden oder Kollektoren s. Kap. 8.3.3) wird dabei zentral erschlossen. Die Anbindung der Gebäude erfolgt über ein Nahwärmenetz entweder

- auf nutzbarem Temperaturniveau (ca. 75°C Vorlauf) durch Temperatur-anhebung mittels zentraler Wärmepumpenanlage, oder
- über ein kaltes Nahwärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen je Gebäude oder Block.
- einzeln mit direkter Anbindung des oder der Gebäude an das Sondenfeld.

Auch bei Hocheffizienzhäusern (Passivhäusern) kann die notwendige Heizleistung nicht beliebig klein sein, da sie einen Leistungssockel aufgrund der Warmwasser-bereitung aufweist. Bei zunehmender Effizienz wird die notwendige Leistung zur Warmwasserbereitung gegenüber der Beheizung dominant. Aus diesem Grunde ist es ausreichend, die untersuchten Energiestandards zu betrachten. Begrenzender Faktor der Leistung ist in allen Fällen die zur Verfügung stehende Sondenleistung der Erdkollektoren. Mischvarianten mit poly-energetischer Versorgung (z.B. zur

Spitzenlastdeckung aus Fernwärme) wurden in der Potentialabschätzung nicht untersucht. Sie stellen keine technisch/wirtschaftlich sinnvolle Lösung dar.

Voraussetzung für die Realisierung der Varianten ist eine genaue geologische Untersuchung des Geländes.

Ebenfalls ungeklärt ist, ob die Flächen für eine geothermische Nutzung zur Verfügung stehen, da sich im Bereich des südlichen Grüngürtels neben Bestandsgebäuden auch ein Sportgelände und umfangreicher Baumbestand befindet, welcher nach laufender städtebaulicher Planung erhalten werden soll.

Abschätzung für die südliche Reihe der Gebäude (Baufelder E)

Zur Abschätzung des Verhältnisses von Angebot und Bedarf wurde untersucht, ob die vorhandene Fläche (südlicher Grüngürtel) für die Versorgung der angrenzenden Gebäude ausreichend ist.

Tab. 25 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufelder E

Baufeld		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Energiestandard		EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt
End-Energiebedarf	[MWh/a]	328	360	842	1.141	827	1.418	388	617
Heizleistung	[kW]	187	176	418	467	341	645	184	406
Erdsonden									
Anzahl bei Bohrteufe 25m		72	69	161	181	132	251	71	156
Flächenbedarf	[m²]	1.152	1.104	2.576	2.896	2.112	4.016	1.136	2.496
Baufeld Größe	[m²]	5.295	6.460	8.483	7.631	8.022	8.513	2.511	7.383
Ausreichend		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Flächenkollektor									
Rohrlänge netto		6.061	5.805	13.578	15.276	11.148	21.252	5.977	13.122
Flächenbedarf	[m²]	3.940	3.773	8.825	9.929	7.246	13.814	3.885	8.529
Anbindung an Feld…		S-West I		S-West II	S-Mitte		S-Ost I	S-Ost II	
Potential-Fläche	[m]	20.193		15.591	31.962		22.853	13.426	
Ausreichend		ja		ja	ja		ja	ja	

Tab. 26 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufelder E (Fortsetzung)

Baufeld		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Energiestandard		PH	PH	PH	PH	PH	PH	PH	PH
End-Energiebedarf	[MWh/a]	236	74	527	409	289	547	232	512
Heizleistung	[kW]	187	119	418	324	228	249	184	406
Erdsonden									
Anzahl bei Bohrteufe 25m		72	47	160	124	88	97	71	156
Flächenbedarf	[m²]	1.152	752	2.560	1.984	1.408	1.552	1.136	2.496
Baufeld Größe	[m²]	5.295	6.460	8.483	7.631	8.022	8.513	2.511	7.383
Ausreichend		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Flächenkollektor									
Rohrlänge netto		6.020	3.921	13.457	10.447	7.362	8.197	5.920	13.068
Flächenbedarf	[m²]	3.913	2.549	8.747	6.791	4.785	5.328	3.848	8.494
Anbindung an Feld …		S-West I		S-West II	S-Mitte		S-Ost I	S-Ost II	
Potential-Fläche	[m]	20.193		15.591	31.962		22.853	13.426	
Ausreichend		ja		ja	ja		ja	ja	

Ergebnisse

Im südlichen Grünstreifen stehen insgesamt rd. 10,4 ha netto zur Verfügung. Die zur Verfügung stehende Fläche ist rechnerisch ausreichend für Flächenkollektoren in allen untersuchten energetischen Varianten (Einschränkungen s.o.).

Abschätzung für die nördliche Reihe der Gebäude (Baufelder B)

Tab. 27 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufeld B.

Baufeld		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Energiestandard		EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt
End-Energiebedarf	[MWh/a]	398	347	808	617	666	627	1.062	634
Heizleistung	[kW]	160	179	501	383	413	285	464	393
Erdsonden									
Anzahl bei Bohrteufe 25m		62	70	193	147	159	111	180	151
Flächenbedarf	[m²]	992	1.120	3.088	2.352	2.544	1.776	2.880	2.416
Baufeld Größe	[m²]	4.817	5.187	6.811	6.127	6.439	2.242	6.607	5.928
Ausreichend		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Flächenkollektor									
Rohrlänge netto		5.214	5.901	16.242	12.400	13.385	9.402	15.148	12.739
Flächenbedarf	[m²]	3.389	3.836	10.557	8.060	8.700	6.111	9.847	8.280
Anbindung an Feld …		N-West			N-Mitte			N-Ost	
Potential-Fläche	[m]	11.652			18.710			20.849	
Ausreichend		Nein			Nein			Ja	

Baufeld		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Energiestandard		PH	PH	PH	PH	PH	PH	PH	PH
End-Energiebedarf	[MWh/a]	156	226	633	483	522	430	452	497
Heizleistung	[kW]	124	179	501	383	413	195	358	393
Erdsonden									
Anzahl bei Bohrteufe 25m		48	70	192	147	158	76	137	151
Flächenbedarf	[m²]	768	1.120	3.072	2.352	2.528	1.216	2.192	2.416
Baufeld Größe	[m²]	4.817	5.187	6.811	6.127	6.439	2.242	6.607	5.928
Ausreichend		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Flächenkollektor									
Rohrlänge netto		3.990	5.897	16.158	12.335	13.315	6.436	11.522	12.672
Flächenbedarf	[m²]	2.593	3.833	10.502	8.018	8.655	4.183	7.489	8.237
Anbindung an Feld …		N-West			N-Mitte			N-Ost	
Potential-Fläche	[m]	11.652			18.710			20.849	
Ausreichend		Nein			Nein			Ja	

Ergebnisse

Die Grundstücksflächen sind bei allen untersuchten Energiestandards rechnerisch ausreichend für die Unterbringung von Erdsonden.

Im nördlichen Grünstreifen stehen insgesamt rd. 5,1 ha netto zur Verfügung. Die zur Verfügung stehenden Flächen sind rechnerisch nicht ausreichend für Flächen-kollektoren in allen untersuchten energetischen Varianten (Einschränkungen s.o.). Von den untersuchten Teilflächen ist nur die Fläche N-Ost ausreichend zur Versorgung der Gebäude B7, B8.

Abschätzung für Gebäude rund um den Quartiersplatz (Achse 3)

Tab. 28 Abschätzung Flächenbedarf und Potentialflächen zu Baufelder rund um den Quartiersplatz

Baufeld		C2	C4	D2	D4	C2	C4	D2	D4
Energiestandard		EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	EffH70/ MüSt	PH	PH	PH	PH
End-Energiebedarf	[MWh/a]	632	601	710	840	428	500	481	543
Heizleistung	[kW]	339	395	382	430	339	395	382	430
Erdsonden									
Anzahl bei Bohrteufe 25m		132	152	147	166	132	152	146	165
Flächenbedarf	[m²]	2.112	2.432	2.352	2.656	2112	2432	2336	2640
Baufeld Größe	[m²]	5.189	6.125	6.005	5.906	5.189	6.125	6.005	5.906
Ausreichend		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Flächenkollektor									
Rohrlänge netto		11.166	12.791	12.392	13.976	11.159	12.738	12.297	13.859
Flächenbedarf	[m²]	7.258	8.314	8.055	9.084	7.253	8.280	7.993	9.008
Anbindung an Feld …		Zentrum				Zentrum			
Potential-Fläche	[m]	18.423				18.423			
Ausreichend		Nein				Nein			

Ergebnisse

Die Grundstücksflächen sind bei allen untersuchten Energiestandards rechnerisch ausreichend für die Unterbringung von Erdsonden.

Aus dem Zentrums-Platz stehen insgesamt rd. 1,8 ha netto zur Verfügung. Die zur Verfügung stehenden Flächen sind rechnerisch nicht ausreichend für Flächen-kollektoren in allen untersuchten energetischen Varianten (Einschränkungen s.o.).

Bewertung

Das Geothermiepotential wurde für zwei verschiedene Energiestandards (Münchner Standard, Passivhaus) ausreichend genau untersucht.

Das notwendige Erdsondenfeld (Sondenbohrung) lässt sich im Bereich der Gebäude unterbringen, auch wenn nur eine Bohrteufe (von angenommenen) 25 m zur Verfügung steht. Bei der Ausführung muss jedoch beachtet werden, dass die Sonden unter der Tiefgarage und teilweise auch im Bereich der statisch tragenden Fundamente eingebracht werden müssen. Aus organisatorischer Sicht ist es jedoch einfacher, die Sonden auf dem Grundstück unterzubringen.

Die notwendigen Flächen für Erdkollektoren stehen im südlichen Grünstreifen zur Verfügung; im nördlichen Grünstreifen stehen sie nur teilweise, auf dem Zentrums-Platz nicht ausreichend zur Verfügung.

Bei einer Nutzung von öffentlichen Flächen (Plätze, Straßen, Grünflächen) als Kollektorflächen stellen sich sehr schnell rechtliche Fragen der Nutzung sowie der Haftung. Darüber hinaus muss die Frage nach Querungen von Straßen mit (privaten) Leitungen geklärt werden.

Es sei an dieser Stelle auch nochmals darauf hingewiesen, dass die Flächen teilweise überbaut bzw. durch Sportanlagen genutzt sind oder einen Baumbestand aufweisen, der grundsätzlich erhalten werden soll.

Die konkrete Verfügbarkeit der Flächen vor dem Hintergrund der Zielkonflikte (Baumbestand, Sportplatz usw.) ist zu prüfen. Fragen in diesem Zusammenhang wurden im Workshop Städtebau nicht angesprochen und können im Rahmen der Untersuchung nicht geklärt werden.

8.3.6 Kombination von Wärmepumpe mit Photovoltaik

Betrachtet werden Wärmepumpen zu Heizzwecken, s.a. Kap. 7.5

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung lokaler regenerativer Energiequellen ist der Betrieb der (dezentralen) Wärmepumpen[30] durch vor Ort erzeugten Strom aus Photovoltaik.

Dabei ist zu unterscheiden, ob die die erzeugten Energiemengen rein bilanziell mit dem Bedarf verglichen werden oder ob Strom direkt genutzt wird. Im letzteren Fall ist die zeitliche Entwicklung von Angebot und Nachfrage zu beachten. Sowohl aus Sicht der Nutzer als auch der Energiewirtschaft ist ein hoher Eigenverbrauch sinnvoll.

Die Musterberechnung wurde anhand einer stundenweisen Simulation mit Lastprofil und solarem Ertrag über ein Jahr (s.a. Kap. 7.5) erstellt. Hierfür wurde das Mustergebäude C 7.2, welches ein günstiges Verhältnis von Bewohnern zu Dachfläche aufweist, herangezogen. Die Belegung der Dachflächen wurde wie in Kap. 7.5 als maximal belegt angenommen, wobei konkurrierende Nutzungsarten (geplante Dachgärten etc.) hierbei bereits berücksichtigt sind.

Der angenommene Bedarf an Endenergie für Heizung und Warmwasser beträgt mit Wärmepumpe (WP) ca. 30.750 kWh/a Strom. Zugrunde gelegt ist der „Münchner Standard“. Der Haushaltsstrombedarf beträgt wie in Kap. 7.5 ca. 55.000 kWh/a. Es wird die Abdeckung von Haushaltstrom und Wärmepumpenstrom betrachtet. Die alleinige Deckung von WP-Strom ist wegen der Konkurrenz der Stromanwendungen nicht sinnvoll.

[30] Die Art der Wärmepumpe (Grundwasser, Geothermie …) ist für diese Betrachtung unerheblich.

Ergebnisse

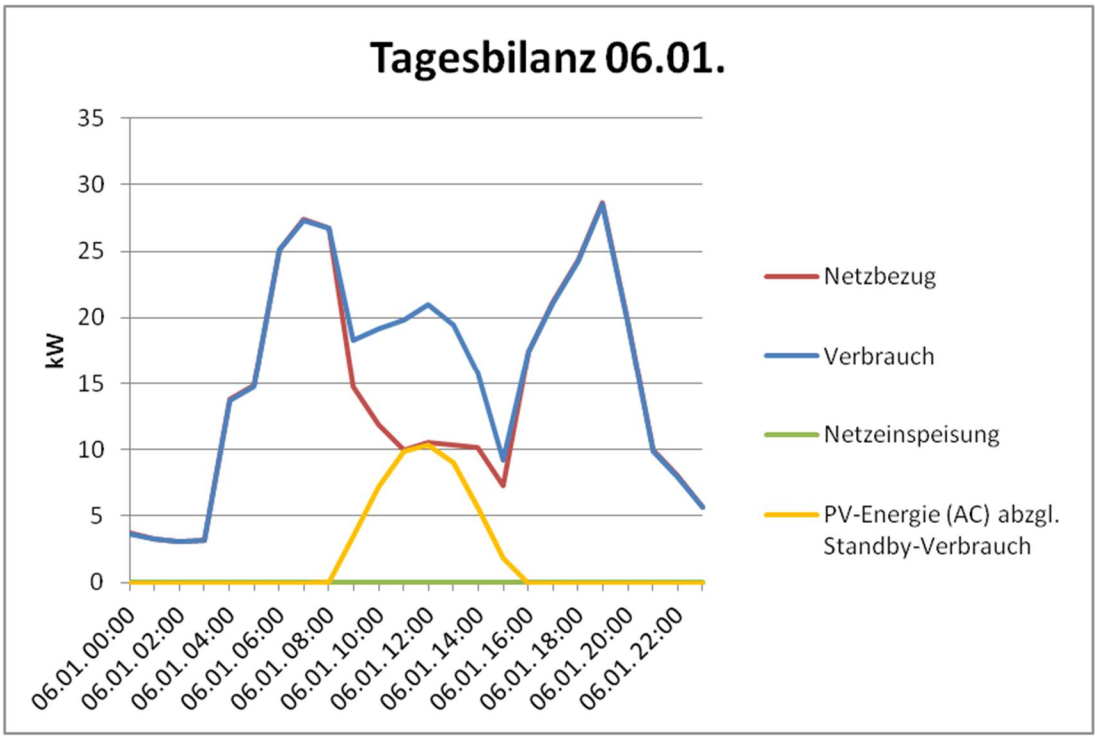
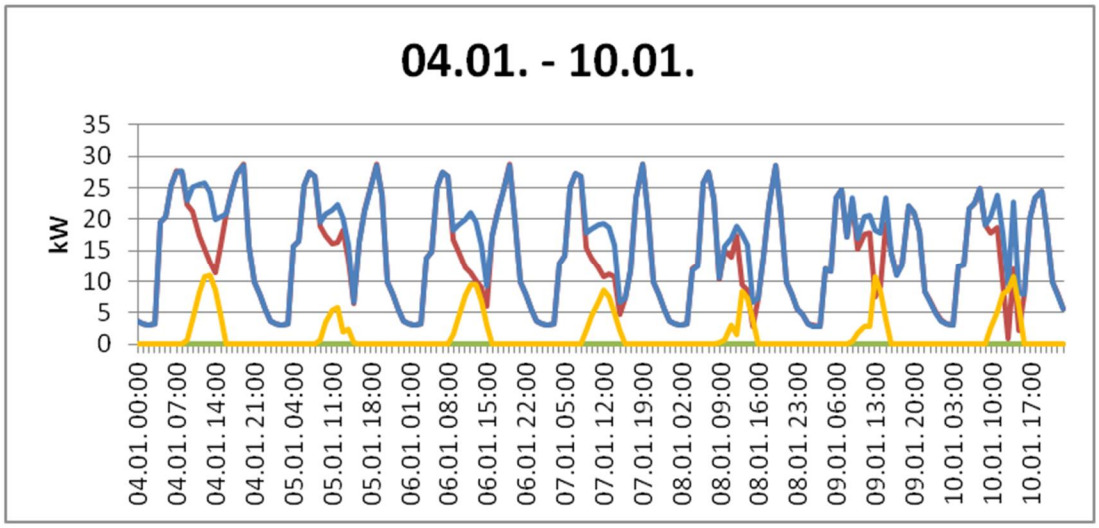
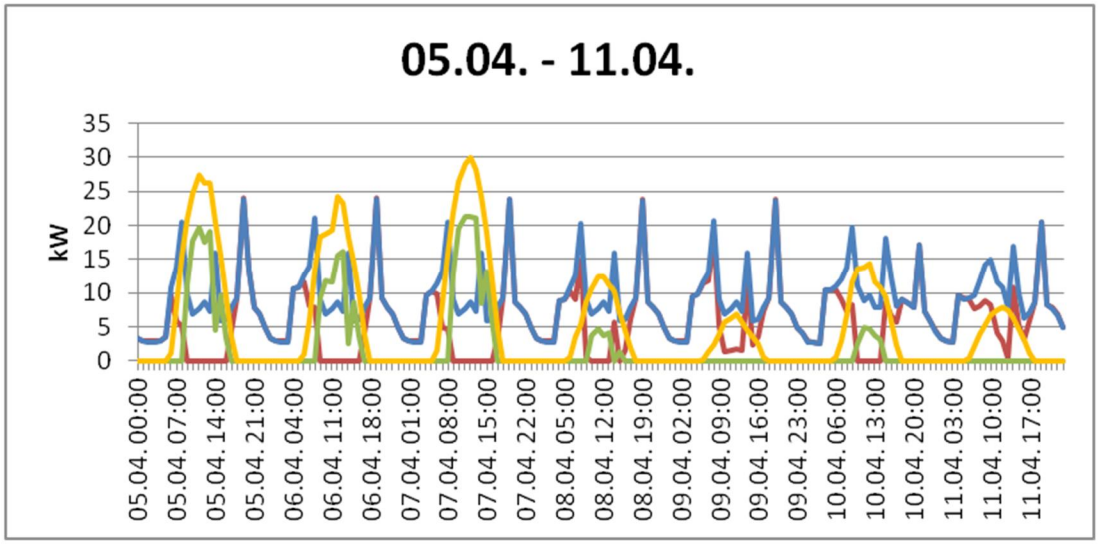
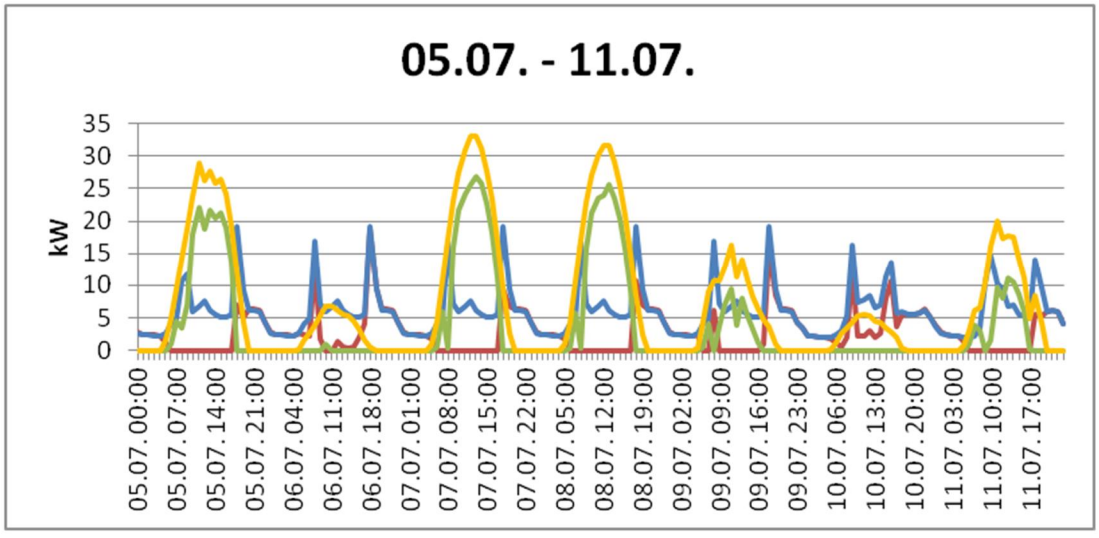


Abb. 47 Tagesbilanz Wintertag PV mit Wärmepumpe.

Die Bilanz an einem klaren typischen Wintertag (Abb. 47) zeigt, dass die PV nur ca. 1/3 der auftretenden Spitzenlast abdecken kann, das aber auch nur zeitversetzt um die Mittagszeit. In der Nacht liefert sie keinen Beitrag, der Strombedarf ohne Stromspeicher muss dann vollständig durch Netzbezug gedeckt werden. Entsprechend erfolgt keine Einspeisung. Das Lastbild (Verbrauch) ist eine typische Überlagerung von Wärmepumpen-Profil und Lastprofil Haushaltsstrom mit verstärktem Bedarf in den Morgen- und Abendstunden.


04.01. - 10.01.
kW
35
30
25
20
15
10
5
0
04.01.00:00
04.01.07:00
04.01.14:00
04.01.21:00
05.01.04:00
05.01.11:00
05.01.18:00
06.01.01:00
06.01.08:00
06.01.15:00
06.01.22:00
07.01.05:00
07.01.12:00
07.01.19:00
08.01.02:00
08.01.09:00
08.01.16:00
08.01.23:00
09.01.06:00
09.01.13:00
09.01.20:00
10.01.03:00
10.01.10:00
10.01.17:00


05.04. - 11.04.
kW
35
30
25
20
15
10
5
0
05.04.00:00
05.04.07:00
05.04.14:00
05.04.21:00
06.04.04:00
06.04.11:00
06.04.18:00
07.04.01:00
07.04.08:00
07.04.15:00
07.04.22:00
08.04.05:00
08.04.12:00
08.04.19:00
09.04.02:00
09.04.09:00
09.04.16:00
09.04.23:00
10.04.06:00
10.04.13:00
10.04.20:00
11.04.03:00
11.04.10:00
11.04.17:00


05.07. - 11.07.
kW
35
30
25
20
15
10
5
0
05.07.00:00
05.07.07:00
05.07.14:00
05.07.21:00
06.07.04:00
06.07.11:00
06.07.18:00
07.07.01:00
07.07.08:00
07.07.15:00
07.07.22:00
08.07.05:00
08.07.12:00
08.07.19:00
09.07.02:00
09.07.09:00
09.07.16:00
09.07.23:00
10.07.06:00
10.07.13:00
10.07.20:00
11.07.03:00
11.07.10:00
11.07.17:00

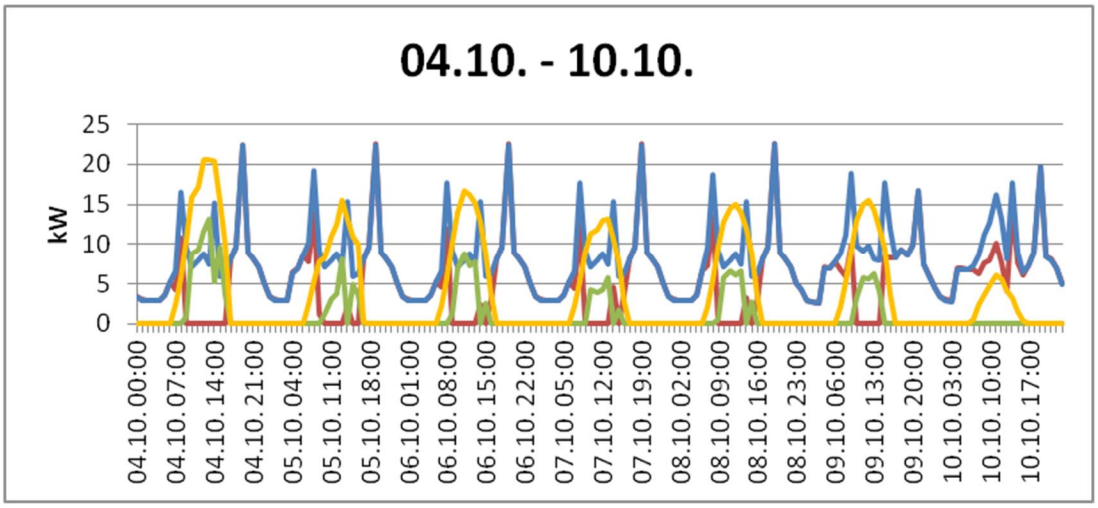


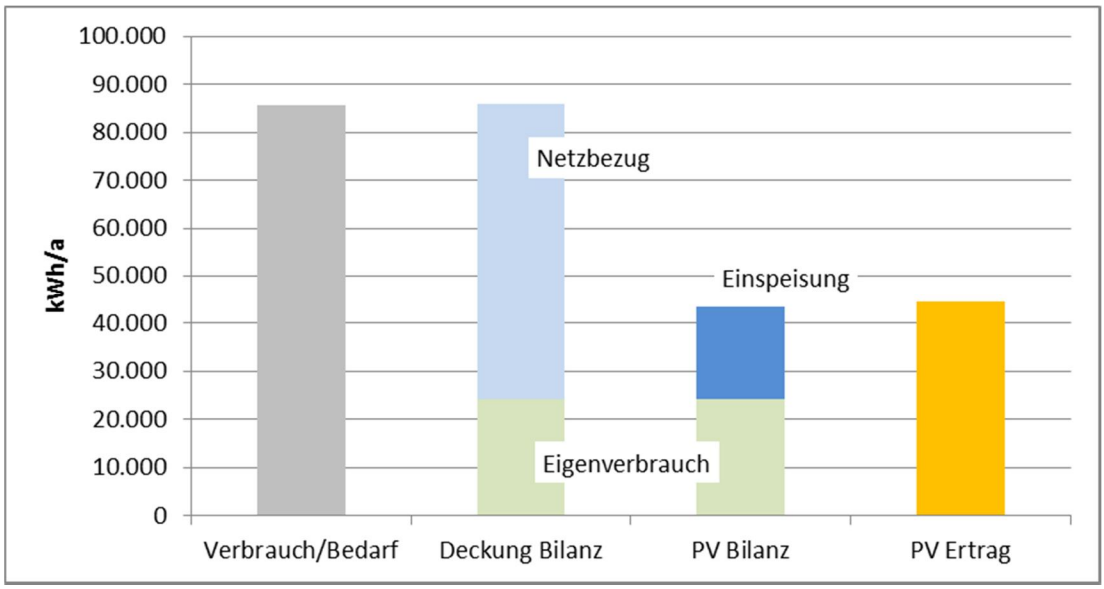
Abb. 48 Wochenprofile für Winter (oben) Übergangszeit Frühjahr, Sommer (Mitte) und Herbst (unten).

Tab. 29 Überblick Jahresbilanz Ergebnisse Simulation PV mit Wärmepumpe

	Haushalts-strom	**Anteil am Verbrauch**	**HH+WP**	**Anteil am Verbrauch**
	kWh/a	%	kWh/a	%
Verbrauch/Bedarf (HH und WP)	55.000		85.750	
Netzbezug	34.145		61.647	
Eigen-Verbrauch	21.091		24.339	
PV Ertrag	43.558	79	44.397	52
Netzeinspeisung	22.466		19.219	

Die Wochenübersichten der Übergangszeit zeigen Tage, an denen eine Deckung möglich ist oder sogar Strom eingespeist werden kann (Abb. 48). Der Ertrag ist aber stark wetterabhängig und wechselt mit der Einstrahlung von Solarenergie täglich. Insbesondere in den „dunklen“ Stunden ist Netzbezug notwendig. Im Bereich des Lastprofils Wärmepumpe wäre eine thermische Pufferung mit ausreichend großem Pufferspeicher in der Lage, noch mehr PV Strom zur Eigennutzung zu verwenden. Für die Deckung des Haushaltsstroms ist jedoch eine Stromspeicherung durch einen Batteriespeicher für einen höheren Deckungsgrad notwendig.

Das typische Sommerprofil zeigt eine Über-Deckung mit entsprechend hoher Einspeisung tagsüber. Die Situation wechselt aber schnell in den Abendstunden. Auch hier wird Netzbezug (ohne thermischen Speicher und Stromspeicher) schnell notwendig. Aufgrund der Überdeckung wäre auch eine elektrische Direktbeheizung eine Speichers („power to heat“) möglich, im vorliegenden Fall aber nur zur Schonung der Wärmepumpe sinnvoll. Alternativ kann der Sommerüberschuss zur Kühlung (mittels umschaltbarer Wärmepumpe) verwendet werden.



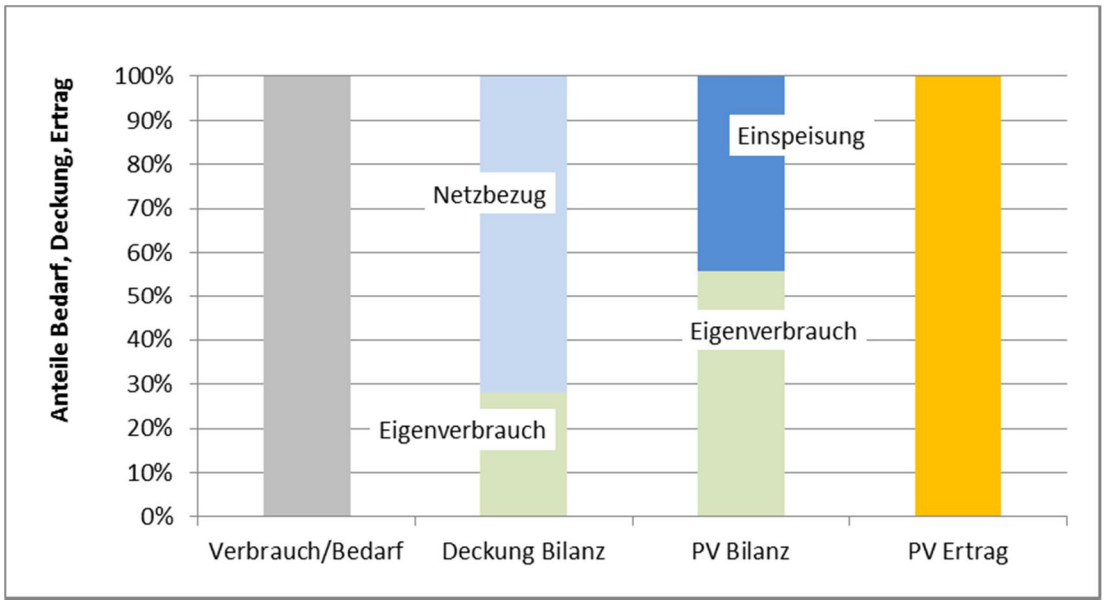


Abb. 49 Grafischer Überblick Jahresbilanz Ergebnisse Simulation PV mit Wärmepumpe

Die Abschätzung des direkt zu verwendenden Stromanteils verbessert die Umweltwirkung der Wärmepumpen-Wärmeversorgungen. So ist zu erwarten, dass sich der spezifische CO_2-Ausstoß von 0,166 kg/KWh_{nutz} auf 0,117 kg/KWh_{nutz} verbessert. Der Primärenergiefaktor der Systeme verbessert sich von 0,49 auf 0,34.

In der Jahresbilanz für das Gebäude C7.2 können realistischerweise ca. 52% des Bedarfs an Haushaltsstrom plus Wärmepumpenstrom oder 100% des Wärmepumpenstroms durch PV-Strom gedeckt werden.

Bewertung

Die Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik führt zu einer deutlichen Verbesserung der Umweltwirkung der Wärmepumpenlösungen. Als Alternative zum Stromeinkauf ist die Verwendung von PV-Eigenstrom in der Regel wirtschaftlich. Die Gesamtwirtschaftlichkeit der Anlage hängt stark von den erzielbaren Erlösen und dem zum Zeitpunkt der Planung gültigen Strommarkt ab.

Durch die Kombination kann sich der Eigenverbrauch der Stromerzeugung gegenüber der reinen PV-Nutzung für Haushaltsstrom erhöhen. Gleichzeitig sinkt der solare Deckungsanteil. D.h., dass trotz höherem Nutzungsgrad des Solarstroms (bei höherem Bedarf für Haushalt und Wärmepumpe) mehr Strom aus dem Netz bezogen werden muss.

Aus Sicht der Stromnutzung, der Wirtschaftlichkeit und des Klimaschutzes ist die Kombination von PV mit eigengenutztem Strom für die Wärmepumpe sinnvoll. Die Lösung steht jedoch zu allen Lösungen in Konkurrenz, bei denen die Wärme ohne PV-Strom erzeugt wird.

Fällt die Entscheidung zugunsten einer Wärmepumpenversorgung aus, so ist die eigene Stromerzeugung mit PV sinnvoll. Umgekehrt führt der Einsatz von PV keinesfalls zwingend zu einer Entscheidung für eine Kombination von WP mit PV. In diesem Fall sollte PV auch unabhängig vom Wärmepumpeneinsatz als mögliche Option zur Klimaneutralität eingesetzt werden (Kap. 9.2.2).

Diese Simulationsrechnung wurde anhand des ungünstigsten anzunehmenden Standards durchgeführt. Es ist zu erwarten, dass der Deckungsgrad bei verbesserten Wärmedämmstandards in Maßen höher wird. Es verbleibt das Problem von mangelnder Gleichzeitigkeit von solarem Ertrag zur Nachfrage. Ein höherer Nutzungsgrad kann nur durch Stromspeicherung erreicht werden.

Durch die Kombination Wärmepumpe und PV kann sich darüber hinaus noch folgender Nutzen ergeben: Wird eine Wärmepumpe zu Kühlzwecken verwendet, so ist die Gleichzeitigkeit von solarer Last im Gebäude (die zu Überhitzung führt) mit dem solaren Ertrag hoch. In der Bilanz steigt hierbei die Eigennutzung, die Einspeisung wird geringer. In den Sommermonaten kann von einer hohen Deckung des Wärmepumpenstroms ausgegangen werden.

Zukünftig können sich durch verbesserte Regel- und Speicherkonzepte Möglichkeiten der Teilnahme am kurzfristigen Regelenergiemarkt ergeben. Damit können auch verhältnismäßig kleine Energieerzeugungsanlagen sehr wirtschaftlich werden. Von Vorteil ist, dass mit vergrößerten Wärmespeichern Wärmepumpen auch kurzfristig negative Regelenergie bereitstellen können. Diese Fragestellungen gehen allerdings weit über ein städtebauliches Konzept hinaus und können prinzipiell als Zusatz (fast) überall realisiert werden.

Stkbrf. 5 Nutzwertanalyse Kombination Wärmepumpe mit PV.

Kombination Wärmepumpe mit Photovoltaik (alle Wärmepumpen)	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Solarstrahlung	Strom (für Wärme)	Sonne
	Daten / Informationen notwendig / Voraussetzung	zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	Dachflächen stehen für PV zur Verfügung	Dezentral, Blockzentral	
Anwendbarkeit	Im Allgemeinen können die Dachflächen von Flachdächern gut belegt werden. Seit einigen Jahren stehen hierfür auch flach geneigte Kollektoren wirtschaftlich zur Verfügung, sodass die städtebaulichen Einschränkungen gering sind.		
Bemerkung	für blockzentrale Lösungen muss ein Betreiber gefunden werden		
Vorteil	Liefert Strom auch für andere Anwendungen / zur Einspeisung. Kombination mit WP für Kühlzwecke mit hoher Gleichzeitigkeit möglich.		
Nachteile	siehe WP Lösungen.		
Betreiber	Investor Gebäude , Contractor oder Bürger/Eigentümer/Mieter		
Hemmnisse	hohe Investition in PV-Anlagen Nur sinnvoll mit hocheffizienten Gebäuden.		
Potential	hoch. Es kann eine durchschnittliche Abdeckung von 30% des WP Stroms durch PV angenommen werden („Münchner Standard“) Durch weitere/neuere Konzepte in Regelung und Speicherung kann PV-Strom auch kleinteilig von hoher energiewirtschaftlicher Relevanz sein.		
Regenerativanteil	sehr hoch		
Raumbedarf	auf den Dächern. Hier besteht Konkurrenz zu Dachgärten. Teilweise ist Eigenverschattung der Gebäude zu beachten.		
Zu erwartende Umweltwirkung des Wärmepumpensystems	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
	0,34	0,117 kg/kWh	
Investitions- / Betriebskosten	hoch	Siehe WP Lösungen / abhängig von Stromverkauf	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	siehe WP Lösungen		
Bewertung	Die Kombination von PV und WP ist sinnvoll. Ansonsten: PV-Anlage zur Einspeisung und Eigennutzung in Haushalt. Hohe Investitionskosten.		
Konzept weiter verfolgen	eingeschränktes Ja, wenn Lösungen mit WP priorisiert werden davon unabhängig: Ja für PV		

8.3.7 Nahwärme aus Biogas-Blockheizkraftwerk

Ein Teilgebiet oder das gesamte Untersuchungsareal wird aus einer Gebietszentrale mit biogasbetriebenem Blockheizkraftwerk (BHKW) versorgt (s.a. Kap. 8.2.2). Das BHKW übernimmt dabei ca. 25 – 30% der thermischen Spitzenlast und 70 – 80% der Wärmearbeit. Die verbleibende Last wird entweder durch einen Spitzenlast-kessel, der mit Erdgas betrieben[31] wird, oder durch Fernwärme gedeckt. Die Biogas[32]-Versorgung erfolgt dabei über das Gasnetz der SWM.

Als Standort einer Zentrale käme der südlichen Bereich Helene-Wessel-Bogen / Quartiersstraße Eingang Süd nach Diskussion im Workshop Stadtplanung in Frage (Abb. 50).

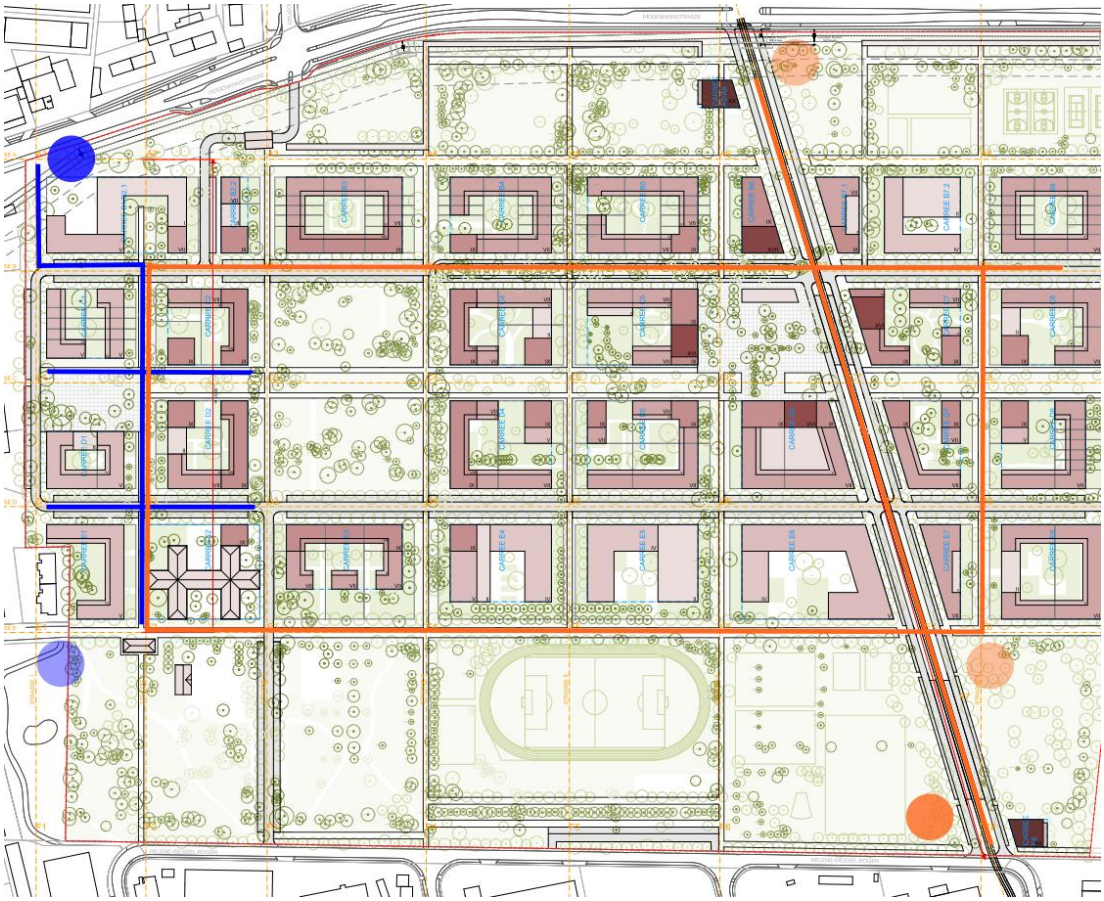


Abb. 50 Netz für das Gesamtgebiet sowie primäre und alternative Standorte BHKW (orange). Desgleichen für Teilgebiet „westlich Achse 3“ (blau).

31 Der Strombeitrag BHKW wird nach EEG für biogene Brennstoffe höher vergütet. Das ist beim Wärmebeitrag nicht der Fall. Daher kommt zur Spitzenlastdeckung aus wirtschaftlichen Gründen das günstigere Erdgas zum Einsatz.

32 Auch Bio-Erdgas genannt um zu betonen, dass die gleiche Qualität wie Erdgas zur Verfügung steht.

Die Netzlängen betragen ca. 760 m (Teilnetz „westlich Achse 3“) bzw. 2.850 m (Gesamtnetz).

Beide Varianten wurden unter der Annahme Münchner Standard (Minimalstandard) und Passivhausstandards (Maximalstandard) berechnet.

Das BHKW wird entweder mit reinem Biogas oder mit 30% Beimischung von Biogas zum Erdgas betrieben, was Auswirkung auf Preis und Umweltwirkung hat.

Ergebnis

Gebäudestandard	**EffH70**	**PH**	**EffH70**	**PH**
Lage des Biogas-BHKWs	WestlichAchse3	WestlichAchse3	Gesamt	Gesamt
Investition [EUR]	645.000	496.000	2.440.000	1.610.000

Die Investitionskosten (Grobschätzung) beinhalten Kosten für Anlagen (BHKW; Spitzenkessel, und Nebenanlagen), Gebäude, sowie Netz. Es wird ein Anschluss-kostenbeitrag je Gebäude mindernd berücksichtigt.

Die Investitionskosten werden kapitalisiert und entsprechend der Annuitäten-methode auf die Lebensdauer sowie den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren verteilt. Zusammen mit den Kosten für Betriebsmittel (Erdgas, Biogas) und Wartung/Instandhaltung sowie einer Gewinnerwartung des Betreibers ergeben sich die anfänglichen Gesamtkosten. Das BHKW erzeugt während seiner Laufzeit Strom, der nach KWK-Gesetz bzw. EEG-Gesetz vergütet wird. Ebenso mindert die vermiedene Emission der Stromerzeugung die Emissionen der Wärmeerzeugung (s.a. Kap 12.2). Bezogen auf die Liefermenge an Wärme werden so der zu erwartende Wärmepreis sowie die Umweltwirkung ermittelt.

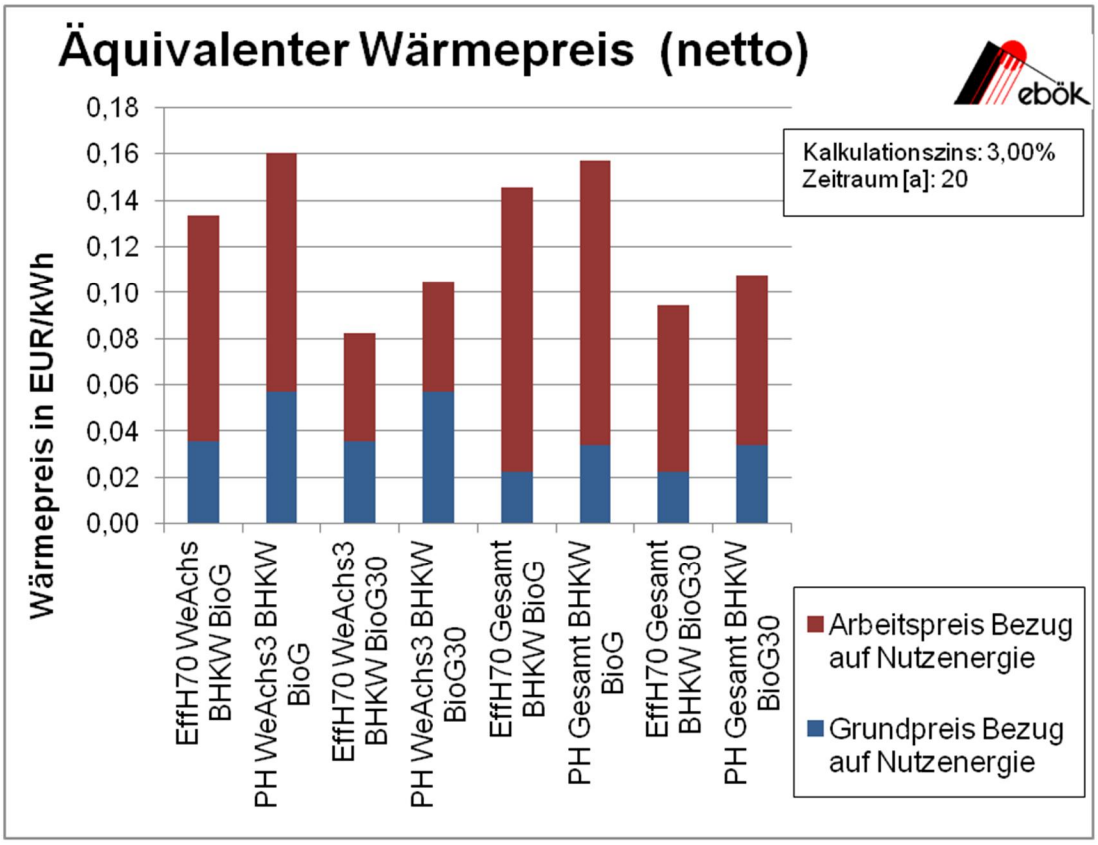


Abb. 51 Übersicht über die zu erwartenden Wärmepreise BHKW.

Tab. 30 Ergebnisse der Umweltberechnung BHKW.

	Westlich Achse3				Gesamtgebiet			
	BHKW BioGas 100%		BHKW BioGas 30%		BHKW BioGas 100%		BHKW BioGas 30%	
	EffH70	PH	EffH70	PH	EffH70	PH	EffH70	PH
Primärenergiefaktor d. Erzeugung (kWh_{Prim}/kWh_{Nutz})	0,00	0,00	0,606	0,585	0,000	0,000	0,589	0,546
CO_2-Faktor [g/kWh_{Nutz}]	0,0	0,0	0,103	0,098	0,0	0,0	0,097	0,085

Bewertung

Die Versorgung mit Nahwärme aus einer Gebietszentrale mit BHKW und Spitzenlastdeckung ist sowohl für ein Teilgebiet („westlich Achse 3“) als auch für das Gesamtgebiet möglich. Ein mögliches Netz sowie mögliche Standorte einer Zentrale zeigt Abb. 50.

Damit eine sehr gute Umweltwirkung erreicht werden kann, ist der Einsatz eines hohen Anteils von regenerativen Energien nötig. Hierfür kommt der Einsatz von Biogas in Frage. Das Biogas wird dabei nicht direkt von der Erzeugung in der

Biogasanlage zum Verbraucher-BHKW durchgeleitet. Vielmehr wird Biogas vom Erzeuger in das Erdgasnetz eingespeist und dem Verbraucher berechnet, ähnlich wie beim Bezug von Ökostrom. .[33]

Der resultierende zu erwartende Wärmepreis ist weniger von der Netzgröße, sondern in erster Linie vom Brennstoffeinsatz abhängig. Der reine Biogasbetrieb ist mit ca. 13 – 16 ct.je kWh gelieferte Wärme vergleichsweise teuer. Wird 30% Biogas verwendet, sind die Erträge aus der Stromlieferung zwar geringer, trotzdem sinkt der zu erwartende Wärmepreis auf 8 – 11 ct. je kWh. Im Vergleich mit der Fernwärmelieferung der SWM sind alle untersuchten Varianten unwirtschaftlich.

Umweltseitig schneidet das reine Biogas-BHKW mit Spitzenlastdeckung über Erdgas-Brennwertkessel durch Substitution in der Stromproduktion sehr gut ab. Primärenergetisch und CO_2-seitig ist die Versorgung klimaneutral.

Wird 30% Biogas im BHKW verwendet, so werden ca. 0,085 kg/kWh CO_2 Äquivalente emittiert, der Primärenergiefaktor liegt bei 0,55. Damit ist die Versorgung ähnlich wie eine Wärmepumpe zu bewerten; der PE-Faktor liegt höher als der zertifizierte Wert der SWM. Der CO_2 Faktor ist jedoch sehr günstig.

Beide Varianten werden in der Umsetzung größere Hemmnisse erfahren, da ein Betreiber der Anlagen gefunden werden muss. Zudem müssen die Investoren über privatrechtliche Verträge an die Nahwärmeversorgung gebunden werden. Da sich aus Sicht des Nutzers oder Investors keine Vorteile gegenüber der Fernwärme der SWM ergeben, ist der zu erwartende höhere Preis ein deutliches Hemmnis.

[33] Die Produktion von biogenen Energieträgern in Großanlagen der Landwirtschaft ist derzeit in der Diskussion. Diese Diskussion soll hier nicht geführt werden.

Stkbrf. 6 Nutzwertanalyse Biogas BHKW (beide Varianten) aus Sicht des Nutzers.

Nahwärme aus Biogas BHKW - für Teilbereich „westlich Achse3“ - für Gesamtgebiet Einsatz von - Biogas 30% - Biogas 100%	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Wärme aus BHKW (Biogas 100%, Biogas 30%, Erdgas f. Spitzenlast)	Wärme	keine
	Daten / Informationen notwendig / Voraussetzung	zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	keine	zentrale Versorgung, Übergabe dezentral je Gebäude, blockzentral	keine
Anwendbarkeit	Kann uneingeschränkt verwendet werden. Übergabe je Gebäude oder je Block. Bei einer Blockübergabe reduzieren sich die Hausanschlusskosten. Der Verzug der Wärmeleitung muss dann in den Tiefengaragen erfolgen.		
Bemerkung	System steht in Konkurrenz zur FW SWM. Es muss ein Betreiber gefunden werden. Die Konkurrenz (Sommer) durch thermische Solaranlagen sollte vermieden werden.		
Vorteil	Flächendeckend und uneingeschränkt verfügbar. Keine Einschränkung in der Nutzung		
Nachteile	Lokal nicht emissionsfrei.		
Betreiber	Für Netz und Zentrale muss ein Betreiber gefunden werden. Für die Übergabestation: Investor		
Hemmnisse	Technisch bestehen keine Hemmnisse. In Bezug auf Hocheffizienzgebäude fallen die Grundkosten (Hausanschluss aber auch Leistungspreis im Betrieb) verstärkt ins Gewicht.		
Potential	ausreichen für alle Gebäude		
Regenerativanteil	Sehr hoch (100% Biogas) bzw. hoch (30% Biogas). Der sehr gute Primärenergiefaktor sowie CO_2 neutral bei Verwendung von 100% Biogas. Bei Verwendung von 30% Biogas entsprechend ungünstiger. Spitzenlastdeckung mit Erdgas. Stromproduktion substituiert deutschen Strom-Mix.		
Raumbedarf	Zentrale hat deutlichen Raumbedarf und muss ins Stadtbild integriert werden.		
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh_{nutz})]	
	0,62 (30% Biogas) 0,01 (100% Biogas)	0,105 kg/kWh (30% Biogas) 0,004 kg/kWh (100% Biogas)	
Investitions- / Betriebskosten	gering (Nutzer) hoch (Betreiber)	hoch (30% Biogas) sehr hoch (100% Biogas)	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	11 ct je kWh Nutzenergie (Biogas-BHKW 30% Biogas) 16 ct je kWh Nutzenergie (Biogas-BHKW 100% Biogas) wobei ca. 4 – 5% auf Grundpreis und Investitionskosten zurückzuführen sind		
Bewertung	Gesamtgebiet kann versorgt werden. Investorenfreundliche Versorgung. Hoher Wärmegestehungspreis v.a. bei 100% Biogas. Konkurrenzfähig nur mit günstigem Anbieter. Hemmnisse durch Konkurrenz zur Fernwärme; Betreiber muss gefunden werden. Hemmnisse in der rechtlichen Umsetzung. Günstiger CO_2 Emissionen		
Konzept weiter verfolgen	Bedingt		

8.3.8 Fernwärme der Stadtwerke München

Der Fernwärmeanschluss kann im ganzen Gebiet realisiert werden. Laut Auskunft der SWM steht ausreichend Leistung und Wärme zur Verfügung.

Aktuell wird die Fernwärme in Heiz- und Heizkraftwerken erzeugt. 1 – 2% der Fernwärme stammt derzeit aus Geothermie. Ziel der Stadtwerke München ist es, bis 2040 eine voll regenerative Energieversorgung (Strom, Fernwärme) anzubieten. Damit ist langfristig auch mit einer Absenkung des CO_2 Emissionsfaktors zu rechnen (s.a. Kap. 3.9.6).

Neben dem Ausbau der KWK-Anlagen gehört hierzu auch die verstärkte Nutzung der **Tiefengeothermie**. Laut Ausbauplan der SWE werden in den nächsten Jahren diverse Standorte auf deren Eignung mittels Probebohrung untersucht[34]. Geplant ist der Bau von bis zu 16 Geothermieanlagen; derzeit sind auf dem Stadtgebiet zwei Anlagen in Betrieb, eine in Planung. Im Bereich der Bayernkaserne ist keine Bohrung vorgesehen.

Im Bereich der Bayernkaserne muss die Fernwärme zusammen mit der übrigen Erschließung neu hergestellt werden. Werden alle Gebäude angefahren, so beträgt die Trassenlänge ca. 2.209 m (ohne Hausanschlüsse Abb. 52).

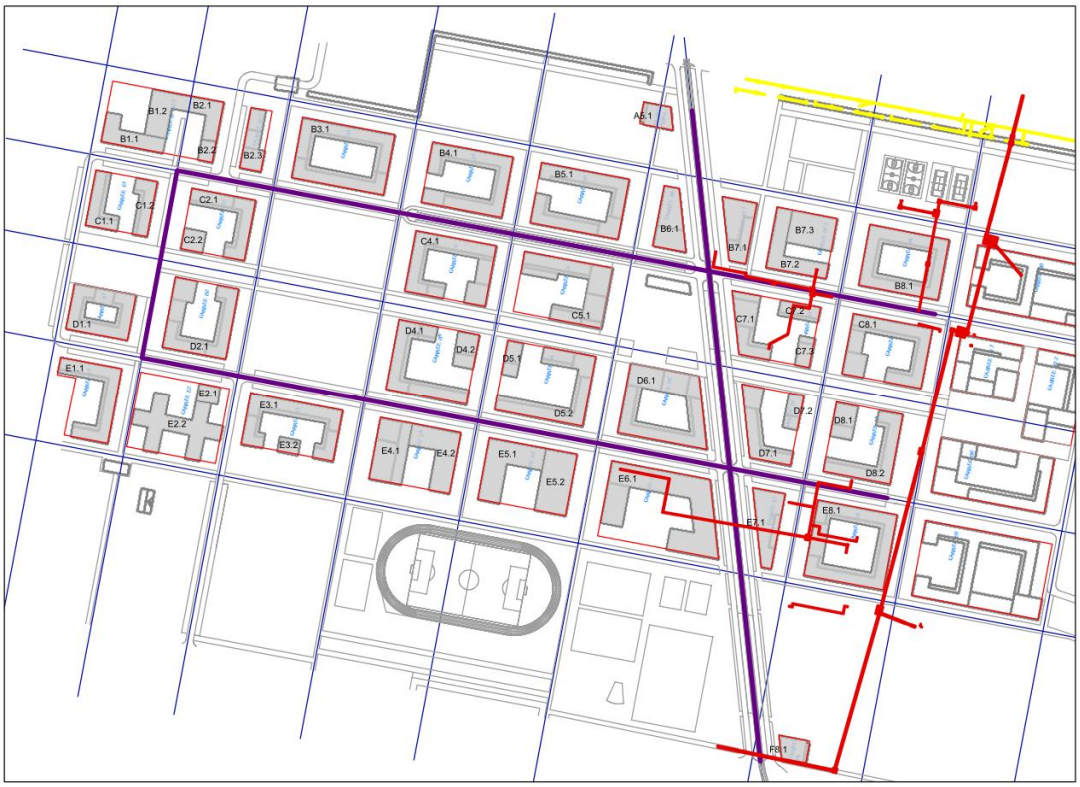


Abb. 52 Neue Fernwärmetrasse (violett), obsolete Fernwärmeleitungen (rot), Gasnetz (gelb) der SWM. Quelle: ebök, Bestand nach Angaben SWM.

34 S.a. https://www.swm.de/privatkunden/unternehmen/engagement/umwelt/vision-fernwarme.html

Tab. 31 Grobkostenschätzung Übergabestationen, Anschluss Fernwärme

Modell	**B5.1**	**C5.1**	**C7.3**	**E1.1**
Erwartungswert Invest-Kosten für Übergabestation, Hausanschluss (Standard), Baukostenzuschuss	46.300	58.400	22.200	30.800

Bewertung

Die Fernwärmeversorgung der Stadtwerke München stellt eine Möglichkeit dar, das Gebiet homogen mit Energie für Heizung und Warmwasser zu versorgen. Vorteil für die Investoren sind die niedrigen Investitionskosten, eine hohe Versorgungssicherheit sowie ein geringer Raumbedarf im Gebäude. Aufgrund des niedrigen Primärenergiefaktors können die Anforderungen der EnEV an Gebäude höherer Effizienzklassen verhältnismäßig leicht erreicht werden. Nachteilig für die Klimaschutzziele der Landeshauptstadt München ist der hohe CO_2 Ausstoß (s. Kap. 4.7.3).

Stkbrf. 7 Nutzwertanalyse Fernwärme SWM aus Sicht des Nutzers

Fernwärme SWM	Energieträger Input	Energieträger Output	Lokale Quellen
	Wärme	Wärme	keine
	Daten / Informationen notwendig / Voraussetzung	zentral blockzentral dezentral	Einschränkungen
	keine	zentrale Versorgung, Übergabe dezentral je Gebäude, Blockzentral	keine
Anwendbarkeit	Kann uneingeschränkt verwendet werden. Übergabe je Gebäude oder je Block. Bei einer Blockübergabe reduzieren sich die Hausanschlusskosten. Der Verzug der Wärmeleitung muss dann in den Tiefengaragen erfolgen.		
Bemerkung	Es besteht ein Nutzungskonzept seitens der LHM. Die SWM haben ihre Bereitschaft zur Versorgung erklärt. Aufgrund der ausgeglichenen Leistungsnachfrage von Hocheffizienzgebäuden stellt die Errichtung solcher Gebäude für eine Fernwärmeversorgung einen Vorteil dar. Die Konkurrenz (Sommer) durch thermische Solaranlagen sollte vermieden werden.		
Vorteil	Flächendeckend und uneingeschränkt verfügbar. Keine Einschränkung in der Nutzung		
Nachteile	Abhängigkeit vom Betreiber. Abhängigkeit vom Ausbaukonzept der SWM (Geothermie, Regenerative Energien).		
Betreiber	Für die Übergabestation: Investor		
Hemmnisse	Technisch bestehen keine Hemmnisse. In Bezug auf Hocheffizienzgebäude fallen die Grundkosten (Hausanschluss aber auch Leistungspreis im Betrieb) verstärkt ins Gewicht.		
Potential	Ausreichend für alle Gebäude		
Regenerativanteil	Der sehr gute Primärenergiefaktor resultiert aus dem rechnerischen Substitutionsverfahren der Stromerzeugung. Derzeit ist der Regenerativanteil der Fernwärmeerzeugung gering. Es existiert ein Ausbaupfad der SWM. Die Bewertung des CO_2 Ausstoßes erfolgt nach Kap. 4.7.3. Tab. 10. Der CO_2 -.Ausstoßes ist verhältnismäßig ungünstig und weicht stark von der Bewertung nach PE ab.		
Raumbedarf	gering		
Zu erwartende Umweltwirkung	Anlagenaufwand e_p	Spez. CO_2 Ausstoß [kg/(kWh$_{nutz}$)]	
	0,13 *)	0,243 **)	
Investitions- / Betriebskosten	Gering	mäßig	
Zu erwartende Wärmegestehungskosten aus Nutzersicht (netto)	8 ct je kWh Nutzenergie, wobei ca. 7% auf Grundpreis und Investitionskosten zurückzuführen sind		
Bewertung	Gesamtgebiet kann versorgt werden. Wenige Hemmnisse; Investorenfreundliche Versorgung Ungünstiger CO_2 Emissionen		
Konzept weiter verfolgen	Ja		

*) enthält Substitution der Stromproduktion. **) nutzenergiebezogene CO_2 – Emission basierend auf Angaben RGU Tab. 10

8.4 Fernwärme Versorgungsvarianten – Möglichkeiten zur Verbesserung der Fernwärmenutzung

Laut Tab. 10 besitzt die Fernwärme der SWM einen sehr günstigen Primärenergiefaktor, der auf das verwendete Substitutionsverfahren des erzeugten Stroms bei der Berechnung zurückzuführen ist. Der CO_2 Ausstoß ist jedoch hoch, sodass nur wenig Verbesserung gegenüber einer Standardversorgung mit Gasbrennwertkessel (solar unterstützt) zu erwarten ist.

Daher wurden verschiedene Vorschläge zur Verbesserung der lokalen Fernwärmenutzung erarbeitet und bewertet.

Eine nachhaltige Verbesserung des Regenerativeinsatzes sowie der resultierenden CO_2-Bilanz kann nur durch ein Fernwärmekonzept der Stadtwerke München erfolgen (s.a. [SWM Ausbau EE], [SWM Ausbau FW]):

- Ausbau regenerativer Energien durch Einkopplung von regenerativ erzeugter Wärme in das Fernwärmenetz (z.B. Holz als Energieträger) oder Tiefengeothermie in sehr nennenswertem Umfang.
- Reduktion der fossilen Energieträger, insbesondere Steinkohle.
- Bilanzielle Kompensation und direkte Vermarktung an interessierte Abnehmer (in der Bayernkaserne) von voll regenerativ erzeugter Fernwärme aus Kraft-Wärmekopplung.

Die Untersuchung zu Maßnahmen und Auswirkungen im Münchner Fernwärmenetz war nicht Gegenstand der Untersuchung.

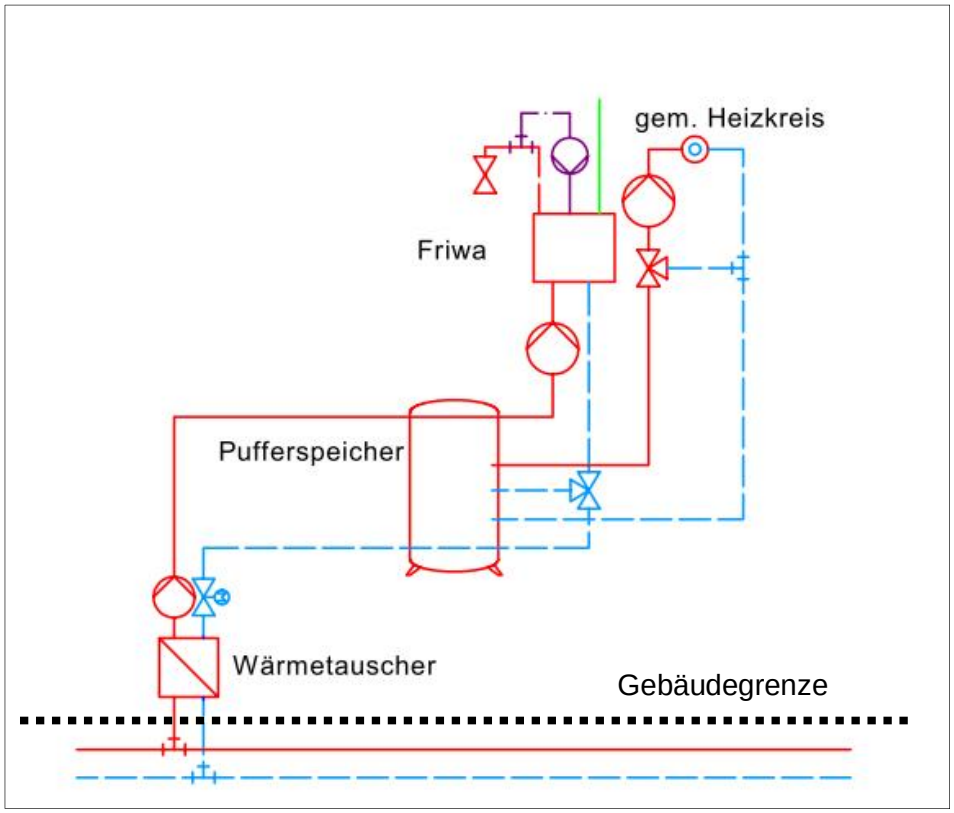


Abb. 53 Prinzip Skizze Anbindung klassische Fernwärmenutzung gepuffert mit Frischwasserstation und Zirkulation. FriWa – Frischwasserstation. gem. Heizkreis – Symbol für alle Heizkreise. Rot-Vorlauf, Blau Rücklauf. Der Wärmetauscher befindet sich im Gebäude.

Abb. 53 zeigt die Anbindung an die klassische Fernwärme (direkte Nutzung). Die Anbindung erfolgt mit der im Netz der SWM üblichen Vorlauftemperatur von 80 – 120 °C (zur Nomenklatur siehe Tab. 11). Die Fernwärme wird im Schema zur Beheizung und Warmwasserbereitung mit Frischwasserstationen (Friwa) genutzt.

Vorteile

- Direkte Nutzung, kein weiterer apparativer Aufwand

Nachteile

- Keine lokale Verbesserung der CO_2-Emissionen. Eine Verbesserung ist langfristig im Zuge des Ausbaupfads der FW SWM (s.a. Kap. 3.9.6) mit zunehmender Erschließung der Tiefengeothermie bis 2040) zu erwarten.

Direkt und lokal kann die Fernwärmenutzung in der Bayernkaserne durch folgende Maßnahmen (s. Technikvarianten 8.4.1- 8.4.4) verbessert werden:

(1) Absenkung der Vorlauftemperaturen auf das notwendige Mindestmaß durch Einbau einer zentralen Mischerstation.

(2) Direkte Nutzung des Fernwärme-Rücklaufs.

(3) Gemischte Nutzung Vorlauf/Rücklauf.

(4) Eine Absenkung der Rücklauftemperaturen auf das von den SWM geforderte Maß dient der Effizienzsteigerung im Kraftwerk.

8.4.1 Zentrale Mischerstation (Niedertemperaturnetz)

Derzeit sind die Vorlauftemperaturen im Netz der SWM höher als eigentlich in der Bayernkaserne benötigt, da für die zu erwartenden Neubaustandards geringere Heiztemperaturen ausreichend sind. Bestimmend für das Temperaturniveau ist die Notwendigkeit zur hygienischen Trinkwasserbereitung.

Selbst unter Berücksichtigung einer Sicherheit (Temperatur im letzten Strang) und Grädigkeit der Übergabe sind ca. 70 – 75 °C im Vorlauf ausreichend.

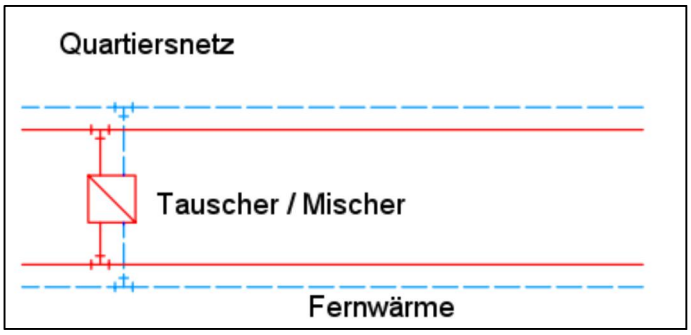


Abb. 54 Prinzip Skizze zentrale Mischerstation zwischen Fernwärme und Quartiersnetz.

Die Absenkung könnte über den Einbau einer zentralen Mischerstation erreicht werden (Abb. 54). Dazu wird dem FW-Hauptstrang ein Massenstrom entnommen und durch Beimischung aus dem Rücklauf die erforderliche Temperatur für das Quartiers-Teilnetz der Bayernkaserne gemischt. Der Einbau einer zentralen Mischerstation ist möglich, wird jedoch von den SWM nicht favorisiert.

Die Maßnahme dient zur Reduktion der Wärmeverluste, eine lokale oder netzweite Verbesserung der Fernwärme ist nur marginal zu erwarten.

Vorteile

- Direkte Nutzung der Fernwärme weiterhin möglich
- Verminderung der Leitungsverluste
- Bereits jetzt Teilbereich mit zukunftsorientierten Netztemperaturen (im Hinblick auf die Erfordernisse des Ausbau der Tiefen-Geothermie) realisiert
- Absenkung der Rücklauftemperaturen

Nachteile

- Leichte Erhöhung des notwendigen Massenstroms

- Vertragsregelungen über reduzierte Vorlauftemperatur mit Bauherrn notwendig
- Investitionskosten in Mischerstation
- Mischerstation wird überflüssig, wenn die Netztemperaturen im Zuge der vermehrten Nutzung der Geothermie netzweit abgesenkt werden.

8.4.2 Direkte Nutzung des Rücklaufs (Low-T Netz)

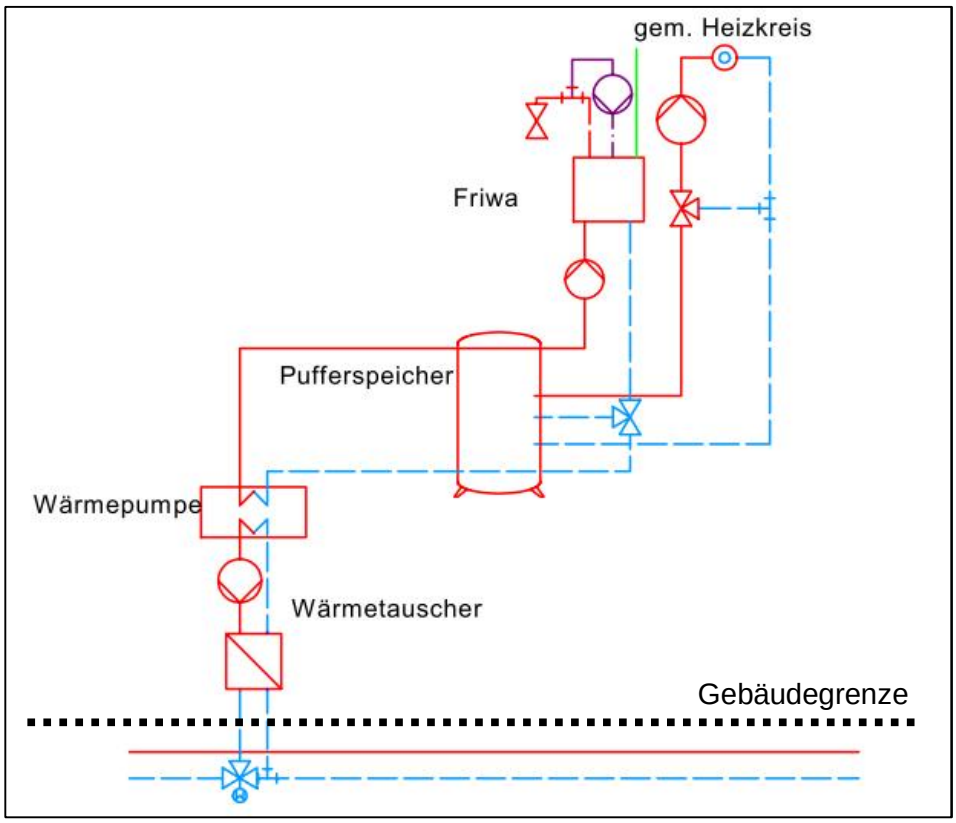


Abb. 55 Anbindung an Rücklauf mit Wärmepumpe. Prinzipskizze. FriWa – Frischwasserstation. gem. Heizkreis – Symbol für alle Heizkreise. Rot-Vorlauf, Blau Rücklauf.

Die Nutzung des Fernwärme-Rücklaufs bedingt einen apparativen Aufwand zur Nacherwärmung des Heizwassers in den Gebäuden, da die zu erwartende Rücklauftemperaturen nicht zu allen Zeiten ausreichend für die Warmwasserbereitung (vor allem für die Hygieneschaltung) sind [35].

Die Nacherwärmung des Fernwärme-Rücklaufs erfolgt durch eine Hochtemperatur-Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser (Abb. 55). Hydraulisch muss dabei die Flussrichtung der Fernwärmeleitung bei Gleichdruck beachtet werden. Daher ist ein Drosselventil auf der Hauptleitung (Rücklauf) notwendig.

Es ist zu erwarten, dass die Eingangstemperaturen des Quellenmediums an der Wärmepumpe (Fernwärmerücklauf) bei ca. 40°C – 50°C liegen. Aus hygienischen

[35] Die Fernwärmerücklauf-Temperatur liegt nach Aussagen der SWM stadtweit bei durchschnittlich 60 °C; sie soll bei Neubaugebieten auf unter 45 °C gedrückt werden.

Gründen sind ca. 65 – 70°C am Ausgang der Wärmepumpe notwendig. Unter diesen Arbeitsbedingungen ist eine Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe von mindestens 4 zu erwarten.

Vorteil der Lösung ist die Erzeugung sehr niedriger Rücklauftemperaturen. Diese sind im Heiz-Kraftwerk sinnvoll, da sie zu einem höheren Nutzungsgrad des Kraftwerks führen. Insbesondere bei Geothermieanlagen sind niedere Rücklauftemperaturen wünschenswert.

In Bezug auf Energieverbrauch, CO_2 Ausstoß etc. bietet die Lösung jedoch keine Vorteile. Auch die dem Rücklauf entnommene Energie muss im Kraftwerk wieder dem Fernwärmenetz zugeführt werden. Sie stellt keinen „geschenkten“ Energiebeitrag dar, der alternativ weggekühlt werden müsste. Es ist nicht zu erwarten, dass die nachgeschaltete Wärmpumpe Effizienzvorteile bringt, wenn sie mit Mixstrom aus dem Stromnetz betrieben wird. In der Bilanzgrenze Bayernkaserne sind keine nennenswerten Vorteile zu erwarten. Wirkungsvoll ist die Schaltung als Sekundäreffekt, in dem der Nutzungsgrad des Kraftwerks verbessert wird. In Bezug auf das Gesamtnetz sind die Verbesserungen jedoch kaum zu beziffern.

Diese Schaltung ist zur Gebäudekühlung nicht geeignet.

Der Betrieb der Wärmepumpen in Kombination mit PV-Anlagen ist sinnvoll (s. Kap. 8.3.6).

Vorteile

- Effizienzsteigerung durch verbesserten Nutzungsgrad Kraftwerk
- Kombination mit eigener Stromerzeugung aus PV möglich

Nachteile

- Hoher apparativer Aufwand
- Keine Effizienzsteigerung durch „geschenkte“ Energiebeiträge

8.4.3 Fernwärme Rücklaufnutzung durch Beimischung

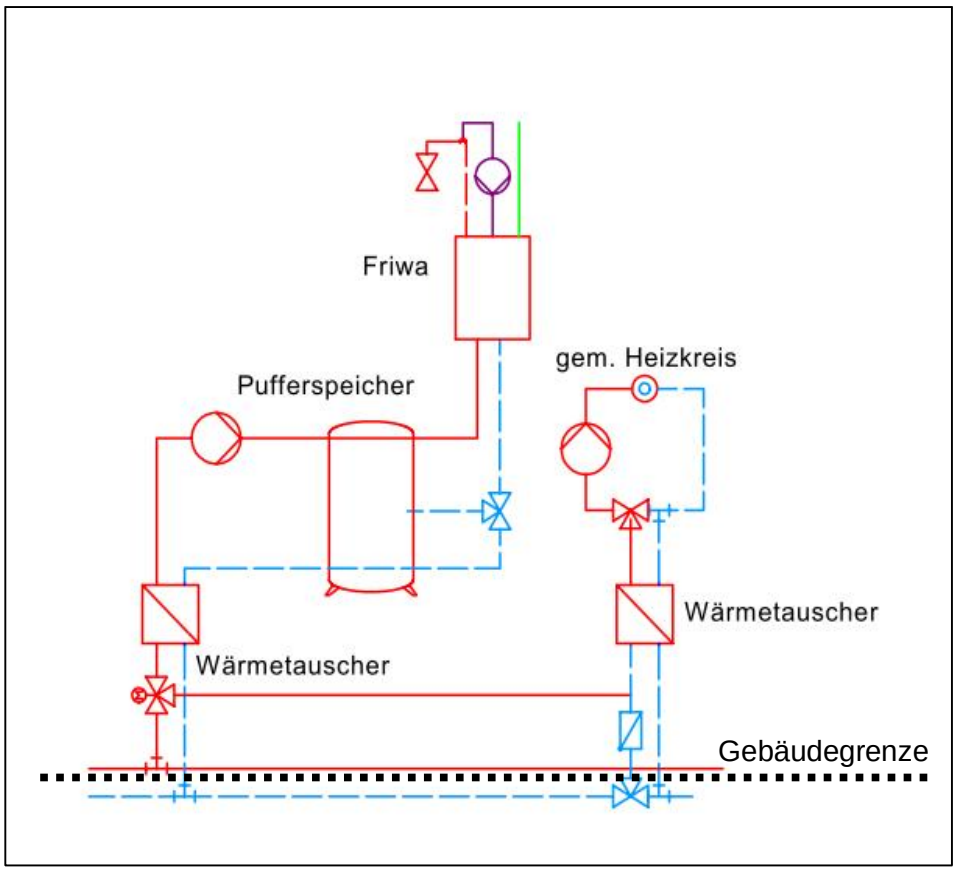


Abb. 56 Prinzip Skizze Rücklaufnutzung durch Vorlauf-Beimischung. FriWa – Frischwasserstation. gem. Heizkreis – Symbol für alle Heizkreise. Rot-Vorlauf, Blau Rücklauf

Eine weitere Möglichkeit, die Rücklauftemperaturen zu senken, ist die sogenannte Vierleiter-Schaltung, bei der die Temperaturniveaus von Vor- und Rücklauf der Fernwärme genutzt werden. Die niedrigere Temperatur für Heizung wird dem Rücklauf, das höhere für WW-Bereitung dem Vorlauf entnommen. Eine Beimischung sorgt im Bedarfsfall für das notwendige Heizungs-Temperaturniveau. Die Schaltung ist verhältnismäßig einfach, bedingt jedoch eine mehrfache Anbindung an die Fernwärmetrasse (d.h. dass die Trasse einmal mit Vorlauf und dreimal mit Rücklauf angebunden wird (Abb. 56).

Zur Senkung der Rücklauftemperaturen haben die SWM eigene Schaltungen entwickelt, die auf Kaskadenschaltung von Wärmetauschern beruhen [SWM Anlagen].

Vorteile

- Senkung Rücklauftemperaturen

Nachteile

- Vierleiter-Technik ist aufwändig

- Verpflichtung der Bauherren

8.4.4 Fernwärme-Übergabestation mit WW-Blase

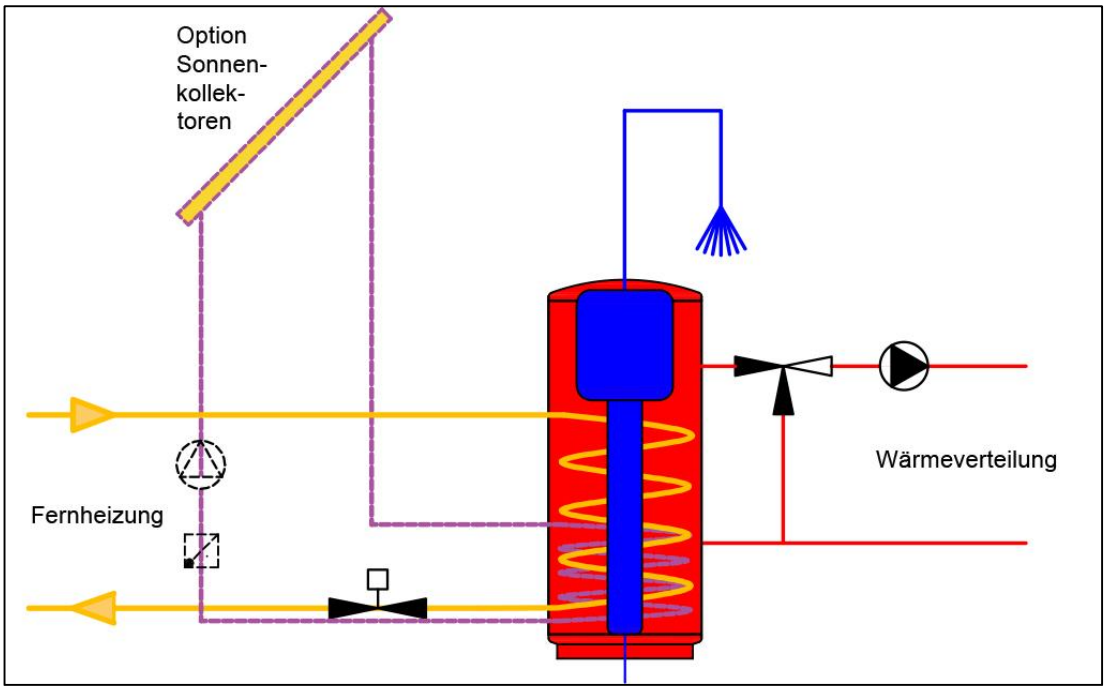


Abb. 57 Fernwärmeübergabestation mit integrierter WW-Blase (System Jenni). Quelle Jenni Energietechnik AG.

Eine weitere Möglichkeit der Senkung der Rücklauftemperaturen besteht mit dem System Jenni (Abb. 57). Dabei wird das Trink-Warmwasser in einer gesonderten Blase im Warmwasserspeicher gehalten. Aufgrund der Temperaturschichtung im Speicher kann Trinkwarmwasser auf der hygienisch notwendigen Temperatur entnommen und der Rücklauf der Zirkulation eingekoppelt werden, ohne die zulässige Rücklauftemperatur der Fernwärme zu überschreiten.

8.4.5 Fazit Verbesserung der Fernwärme

Es ist möglich, die Fernwärmeversorgung der Stadtwerke München hinsichtlich der CO_2-Emissionen lokal im Bereich der Bayernkaserne zu verbessern. Die Auswirkung auf die gesamte Fernwärmeversorgung Münchens ist jedoch marginal.

Apparativ sollten alle Anstrengungen unternommen werden, möglichst geringe (oder angepasste) Vor- und Rücklauftemperaturen im Fernwärmenetz zu erreichen.

Der Ausbau der erneuerbar erzeugten Fernwärme München ist eine Aufgabe der gesamtstädtischen Betrachtung. Hierzu gehört auch eine mögliche Kompensation des Wärmebedarfs der Bayernkaserne („grüne“ Fernwärme).

8.5 Kombinations-Variante

In dieser Variante sollen die günstigsten möglichen Lösungen für die Nutzung regenerativer Energien nochmals zusammengefasst werden.

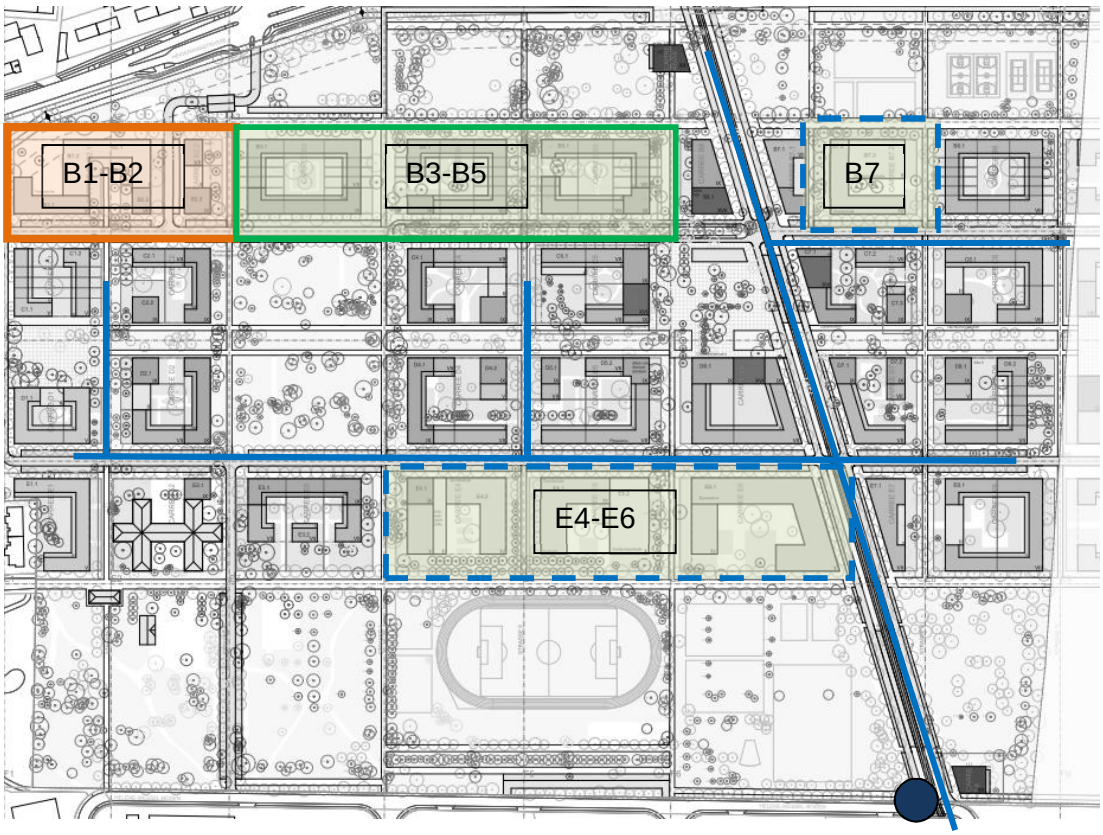


Abb. 58 Gemische Variante Versorgung (siehe Text). Die nicht markierten Gebäude werden im Basis-Standard (MüSt) mit Fernwärme SWM angenommen. Die durch die nicht angeschlossenen Gebäude leicht reduzierte Trasse Fernwärme ist blau eingezeichnet. Eine Mischerstation FW sollte am südlichen Eingang zur Bayernkaserne gebaut werden.

Unter Berücksichtigung der Nutzwertanalyse könnte eine kombinierte Variante zur Nutzung lokaler regenerativer Energien und Fernwärme zur Wärmeversorgung etwa wie in Abb. 58 aussehen. Für die regenerativ versorgten Gebäude ist ein Hocheffizienzstandard sinnvoll und wird daher vorausgesetzt. Die in der Abbildung nicht markierten Baublöcke werden im Basis-Standard (Münchener Standard) ausgeführt und mit SWM-Fernwärme versorgt.

- B1-B2. Ausführung als Passivhaus. Versorgung mit Abwasserwärme (oranges Feld)
- B3-B5. Ausführung als Passivhaus. Versorgung mit Grundwasserwärmepumpe (grünes Feld)
- B7 und E4-E6. Ausführung als Passivhaus. Anschluss an Fernwärme (grünes Feld blau gestrichelt umrahmt)

Die Länge der Fernwärmeleitung in dieser Variante (Abb. 58) beträgt ca. 1.822 m und ist daher um ca. 387 m kürzer als die Trasse für flächige Versorgung (Kap. 8.3.8). Die gezeigte Fernwärmetrasse orientiert sich an der minimalen Erschließung mit Fernwärme. Die Erschließung mit Wasser, Abwasser, Strom und Medien wurde nicht berücksichtigt. Damit kann abweichend von Abb. 58 die Fernwärmetrasse, auch wenn nicht alle Gebäude angeschlossen sind, entlang der Trasse in Abb. 52 verlaufen. In diesem Fall ergibt sich keine Reduktion der Trassenlänge.

Bewertung

Durch die gemischte Variante lässt sich möglicherweise die Trassenlänge für Fernwärmeleitungen reduzieren. Da die Fernwärmetrassen jedoch mit der allgemeinen Erschließung verlegt werden, ist eine tatsächliche Verringerung des Aufwands fraglich. Der wesentliche Effekt der Energieeinsparung und damit auch der Einsparung von CO_2 ist in der Etablierung des Passivhausstandards begründet.

8.6 Bewertung der verschiedenen Versorgungsvarianten

Tab. 32 Übersicht Ergebnisse und Bewertung der untersuchten Systeme (s.a. Kap. 8.3).

	In der Fläche verfügbar	Invest ist ...	Wärmegestehungs-kosten sind...	EnEV ist ... erfüllbar	Auswirkung aufgrund CO_2 Ausstoß ist ...	Raumbedarf im Gebäude / im Gelände ist	Hemmnisse für den Betreiber
FW SWM	ja	niedrig	mittel	sehr gut	ungünstig	niedrig/ niedrig	niedrig
Biogas-BHKW	ja auch Teilfäche	hoch	hoch/ sehr hoch*)	sehr gut	günstig/ sehr günstig*)	niedrig/ mittel	hoch
Abwasser Wärme	nein	hoch	hoch	gut	mittel	niedrig/ mittel	hoch
Grund-wasser	nein	hoch	hoch	gut	mittel	mittel/ mittel	mittel
Geothermie	nein, ein-geschränkt für Teilfläche	hoch	hoch	gut	mittel	mittel/ hoch	mittel/ hoch
Eisspeicher	nein	hoch	hoch	gut	mittel	hoch/ hoch	hoch

*) in Abhängigkeit des Biogas-Anteils 30% / 100%

Für das Neubaugebiet der Bayernkaserne steht Fernwärme der Stadtwerke München zur Wärmeversorgung mit ausreichend Leistung und ausreichend hohen Temperaturen zur Verfügung. Die Stadtwerke München SWM sind zur Versorgung bereit; es besteht ein entsprechender Stadtratsbeschluss.

Der Nutzwert der Fernwärmeversorgung ist sehr hoch. Die Hemmnisse, insbesondere bei der Umsetzung durch Investoren, werden als gering erwartet. Insbesondere sind der geringe Raumbedarf bei der geforderten verdichteten Bauweise sowie die gute Umsetzbarkeit auch des „Münchner Standards“ (EnEV Nachweis) hervorzuheben. Lokal (am Standort) ist die Fernwärme SWM emissionsfrei.

Der CO_2-Ausstoß der Fernwärme SWM ist jedoch verbesserungswürdig.

Als Alternativen zur Fernwärmeversorgung kommen folgende Möglichkeiten in Frage:

- Die Wärmeversorgung aus einer dem Gebiet zugeordneten BHKW-Zentrale, die mit Biogas betrieben wird, ist für das Gesamtgebiet oder für ein Teilgebiet möglich. Hierdurch kann insbesondere mit hohem Biogasanteil eine sehr gute Umweltwirkung erreicht werden. Die Lösung ist jedoch teuer. Darüber hinaus besteht keine Notwendigkeit diese Lösung als eigenständige Versorgung im Gebiet anzubieten. Diese Lösung würde nur Sinn machen, wenn der Betreiber unabhängig von den Stadtwerken München agieren soll. Wäre der Betreiber die SWM, so wäre es im Prinzip möglich, überall im Netzgebiet der SWM ein solches BHKW zu betreiben.
- Rechnerisch ist es möglich, mit einem Feld von geothermischen Flächenkollektoren die Baufelder A (aus dem nördlichen Grüngürtel) und E (aus dem südlichen Grüngürtel) zu versorgen. Hierfür würden entweder eine oder mehrere zentrale Wärmepumpen oder dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden zum Einsatz kommen. Derzeit ist noch nicht geklärt, ob die Flächen unter Berücksichtigung der Freiflächengestaltung und-nutzung zur Verfügung stehen. GGf. sollte geprüft werden, ob Flächenkollektoren ganz oder teilweise unter den Gebäuden angebracht werden könnten.
- Die Versorgung aus Abwasserwärme kommt an einigen Einsatzorten in Frage. Die nord-westlichen Gebäude könnten z.B. eine Anbindung an Abwasserwärme mit Tauscher in der Heidemannstaße erhalten, eine weitere Nutzung von Abwasserwärme wäre aus den Abwässern der Bayernkaserne möglich. In diesem Fall ist es möglich und sinnvoll, die Anbindung des Wärmetauschers auf kaltem Niveau mit Wärmepumpe im Gebäude durchzuführen. Da nur einige wenige Gebäude versorgt werden können, sind genauere weitere Untersuchungen notwendig.
- Viele Gebäude können je einzeln aus Geothermie mit dezentraler Wärmepumpe versorgt werden; die hierfür notwendigen Bohrungen wären hierzu auf den Grundstücken unterzubringen.

- Einzelne Gebäude könnten durch einen Eisspeicher als Wärmequelle versorgt werden. Vorteil ist, dass im Sommer Kälte zur Verfügung steht. Ebenso können einzelne Gebäude Grundwasserbrunnen erhalten. Zu beachten sind in jedem Falle aber die wechselseitigen Auswirkungen der oberflächennahen geothermischen Nutzung in der unmittelbaren Umgebung. Alle betrachteten Lösungen bedingen erhebliche Investitionskosten für die Erschließung der Wärmequellen. Hinzu kommen noch die Kosten für die Wärmepumpen und ggf. für Kollektoren zur Regeneration des Speichers.
- Aus Umweltsicht ist es sinnvoll, die Wärmepumpen mit eigenem PV Strom (wenigstens teilweise) zu betreiben. Die Lösung ist jedoch sehr teuer.

Allen alternativen Versorgungsmöglichkeiten ist gemein, dass der Nutzwert und/oder die Wirtschaftlichkeit eingeschränkt sind. Hier bestehen teilweise hohe Hemmnisse durch zu tätigende Investitionen. Allen teil- oder dezentralen Wärmeversorgungsarten ist gemein, dass sie z.T. erheblich mehr Raum im oder um das Gebäude sowie im Quartier benötigen. Ausgenommen die Lösung mit Biogas-BHKW sind die zur Verfügung stehenden Quellstärken eingeschränkt. Alle Varianten, die lokal Energieträger verbrennen (auch Biogas), verursachen im Quartier Emissionen.

Die Verbesserung der Fernwärme im Hinblick auf Ausnutzung und verbesserte Umweltwirkung ist möglich. Eine ausschließliche Nutzung des Fernwärme-Rücklaufs bedeutet jedoch einen deutlich höheren apparativen Aufwand und bringt keine Vorteile in der Effizienz der zentralen Kraftwerke; nur die Leistungsverluste werden reduziert. Sie kann daher nicht empfohlen werden.
Ebenso ist der Aufbau eines Low-EX-Netzes mit deutlich in der Temperatur reduzierter Fernwärme nicht sinnvoll (s. Kap. 8.4.1).

Es sollten jedoch alle Maßnahmen ergriffen werden, die Fernwärme (lokal) zu verbessern, insbesondere die, die zu niedrigen Rücklauftemperaturen führen - auch wenn diese Maßnahmen kaum Auswirkungen auf das Gesamtnetz haben:

- Absenkung der Vorlauftemperaturen auf das notwendige Mindestmaß (direkte Nutzung) mittels Mischer an einer Fernübergabestation zum Baugebiet.
- Absenkung der Rücklauftemperaturen durch Vierleiter-Schaltung (Vorschlag ebök), oder Kaskadenschaltung (Vorschlag SWM), s. Kap. 8.4.3.

9 Primärenergie- und CO_2-Bilanz; Umweltwirkung der Szenarien

S.a. Kap. 4.6

Die Untersuchung wird anhand von Mustergebäuden durchgeführt. Aussagen über das Gesamtgebiet resultieren aus Gesamtbilanzen basierend auf den durchgeführten Musterberechnungen.

Basis des Vergleichs ist der Bedarf an Primärenergie, dadurch lassen sich unterschiedliche Energieträger vergleichen. Die Umweltwirkung wiederum wird anhand des CO_2-Ausstoßes (CO_2-Äquivalents) verglichen.

9.1 Primärenergiebilanz Wärmeversorgung

9.1.1 Varianten mit homogener Wärmeversorgung im Gesamtgebiet

Der Aufwand an Primärenergie für Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung wurde für verschiedene Energiestandards in Kombination mit verschiedenen (hypothetischen) Versorgungsmöglichkeiten untersucht.

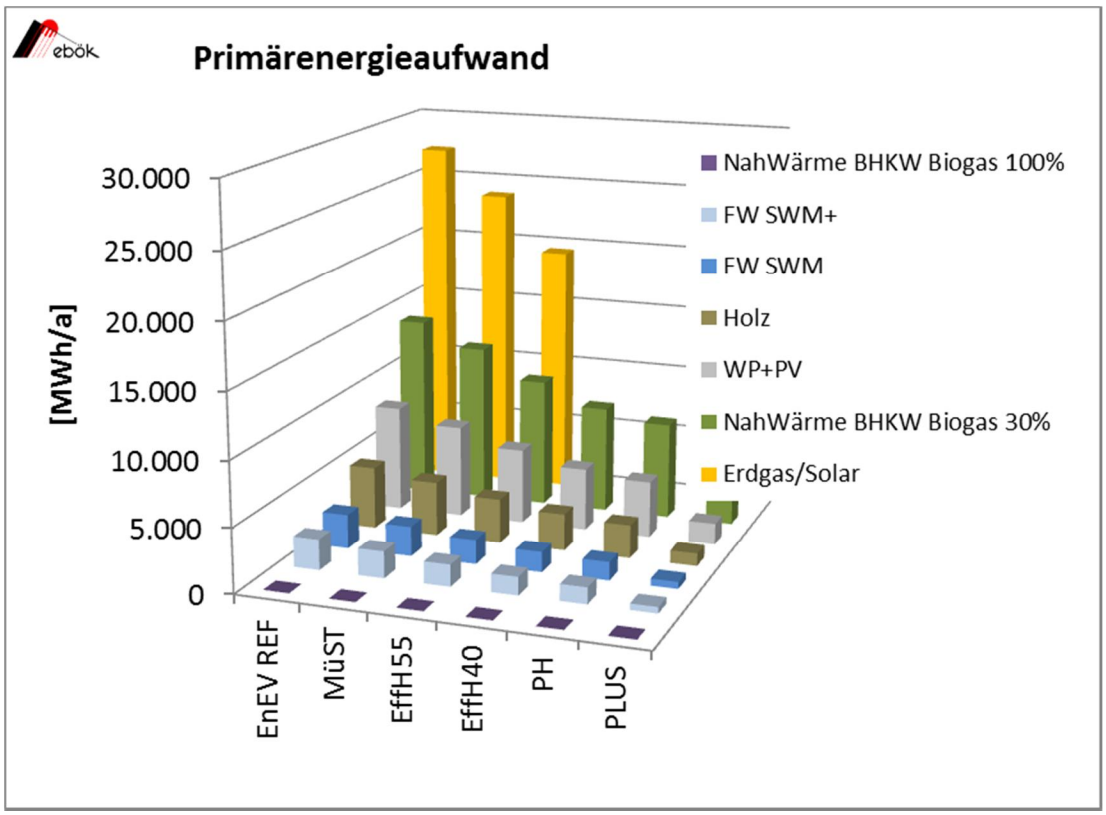


Abb. 59 Primärenergieaufwand möglicher Energieträger / Versorgungsarten.

Ergebnisse

Gegenüber dem gesetzlichem Standard EnEV/Gasbrennwert Solar weisen alle untersuchten Varianten einen sehr geringen Primärenergieaufwand auf (Abb. 59).

Eine mögliche lokale Nahwärme aus BHKW mit 30% Biogas schneidet primärenergetisch weniger günstiger als die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen in Kombination mit PV ab. Beide Varianten sind primärenergetisch ungünstiger als Fernwärme SWM.

Der Primärenergieaufwand der Fernwärmeversorgung SWM ist sogar günstiger als bei der Bilanz mit Holz – sofern der Primärenergiefaktor Holz nach 4701-10 [DIN V 4701-10:2003] berücksichtigt wird. Erst mit Berücksichtigung des neueren Faktors „kumulierter Energieaufwand“ (KEV) wird Holz günstiger als Fernwärme (ohne Darstellung). Aufgrund der Stromsubstitution kann der Primärenergiefaktor bei zu 100 % mit Biogas betriebenem BHKW zu Null angenommen werden. Der Primärenergieaufwand der so versorgten Varianten ist ebenfalls Null – unabhängig vom Energiestandard.

Bewertung

Der Nachweise nach EnEV ist auf Basis des Primärenergiebedarfs zu führen. Daher sind Energieversorgungsarten mit niedrigem Primärenergieaufwand zur Einhaltung des Nachweis günstig.

Hochwertige Energiestandards können somit mit den jeweiligen Mindeststandards der Gebäudehülle realisiert werden, was den wirtschaftlichen Aufwand für die Erstellung der Gebäudehülle minimiert.

Umweltseitig ist ein niedriger (nichtregenerativer) Primärenergieaufwand wünschenswert. Er ist ein Indikator für den Aufwand an (fossilen) Ressourcen. Bei der Bewertung der Umweltwirkung darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass auch regenerative Energien Aufwand (in der Erzeugung) bedeuten, der zu Umweltbelastungen führt. Bei sehr kleinem Primärenergiefaktor der Versorgung (oder Null wie bei Biogas-BHKW 100 %) verliert der Primärenergieaufwand seine Steuerungsfunktion, da sich die Energiestandards nicht mehr unterscheiden. Es darf hierbei nicht außer Acht gelassen werden, dass der Endenergiebedarf sehr wohl vom Energiestandard abhängig ist und somit kosten- und umweltseitig relevant ist.

In Bezug auf die Bewertung der Klimarelevanz ist der Ausstoß an Klimagasen (in CO_2-Äquivalenten, s.u.) maßgeblich.

Der relativ ungünstige Primärenergiefaktor der Standardversorgung Gasbrennwert/Solar führt zu Umsetzungshindernissen für ambitionierte Standards. Es kann daher nicht empfohlen werden. Alle weiteren Varianten sind aus primärenergetischer Sicht empfehlenswert. Am günstigsten schneidet bezüglich des Primärenergieaufwands die Fernwärmeversorgung der SWM sowie das zu 100 % mit Biogas betriebene BHKW ab. Der Grund für das gute Abschneiden der Fernwärme wurde ausführlich diskutiert.

9.1.2 Kombinationsvariante

Zusätzlich zu den Wirkungen der homogen, d.h. durch ein System versorgten Varianten im Wärmeschutz wurde die Variante „Kombination“ (Kap. 8.5) in ihrer Primärenergiebilanz untersucht. Der angenommene Primärenergiefaktor der teilregenerativ versorgten Baublöcke entspricht einer Wärmepumpenlösung, welche durch Photovoltaik unterstützt wird (Kap. 4.7.3).

Zum Vergleich wurden in Abb. 60 folgende Varianten aufgeführt:

- alle Gebäude im Münchner Standard / Effizienzhaus 70, versorgt mit Fernwärme der Stadtwerke München,
- alle Gebäude im Passivhausstandard, versorgt mit Fernwärme der Stadtwerke München,
- Kombinationsvariante mit FW: Die eigenen Gebäude der Stadt München (E4-E6) sowie die Gebäude in Zeile B wie in Kap. Kombinations-Variante beschrieben (S. Abb. 58 S. 138) im Passivhausstandard, versorgt mit Fernwärme der Stadtwerke München. Alle übrigen Gebäude im „Münchner Standard“ versorgt mit Fernwärme.
- „Münchner Standard“ mit Versorgung aus Kombinationsvariante: Alle Gebäude im „Münchner Standard“, aber versorgt wie in der Kombinationsvariante beschrieben.
- Kombinationsvariante: Energiestandard und Versorgung wie in Kombinationsvariante beschrieben.

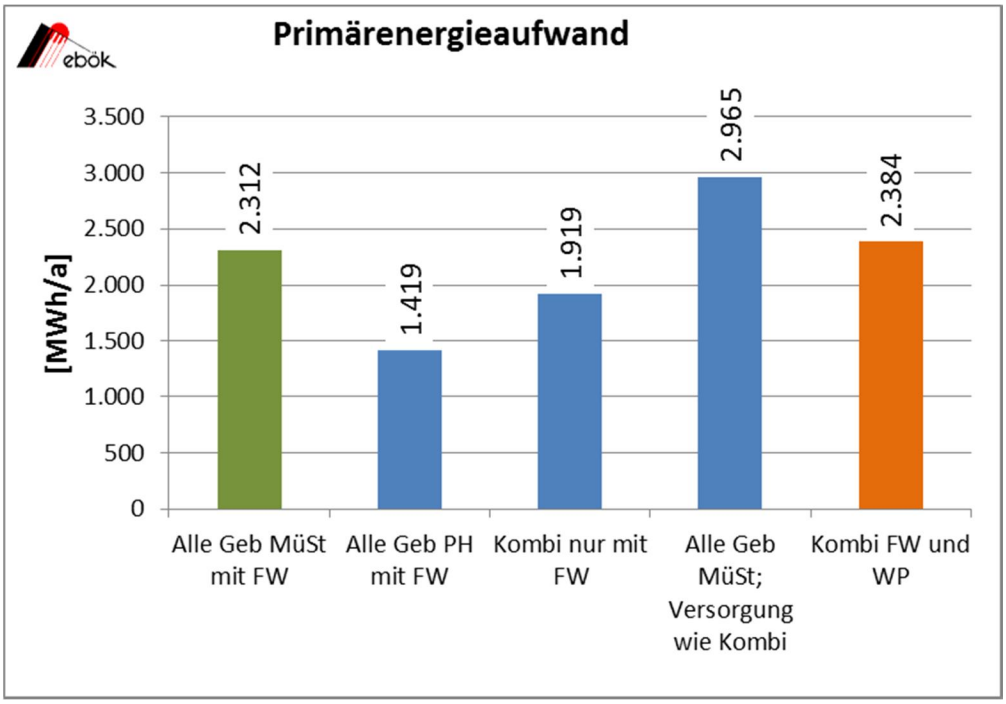


Abb. 60 Primärenergieaufwand der Kombinationsvariante in Relation zu Referenzen.

Ergebnisse

Aufgrund des sehr niedrigen Primärenergieaufwands der Fernwärme steigt der Gesamt-Primärenergieaufwand an, wenn Teilbereiche mit Wärmepumpe versorgt werden. Dem kann durch einen hohen Wärmeschutz der Gebäudehülle begegnet werden. Beim Primärenergieaufwand ist die Kombinationsvariante mit Wärmepumpe (orange) gleichauf mit der Referenzvariante (grün) in Abb. 60.

Bewertung

Eine Primärenergieeinsparung kann durch die großflächige Umsetzung von Hocheffizienzstandards erreicht werden. Ein Wechsel der Versorgungsart von Fernwärme z.B. zu Wärmepumpen bringt keine Primärenergie-Vorteile. Wie bereits im vorigen Abschnitt dargelegt, ist die Primärenergiebilanz relevant für den Nachweis. Wesentliche Aussagen zur Klimaverträglichkeit lassen sich daraus nicht gewinnen.

9.2 CO2-Bilanz der Wärmeversorgung

9.2.1 Varianten mit homogener Versorgung des Gesamtgebiets

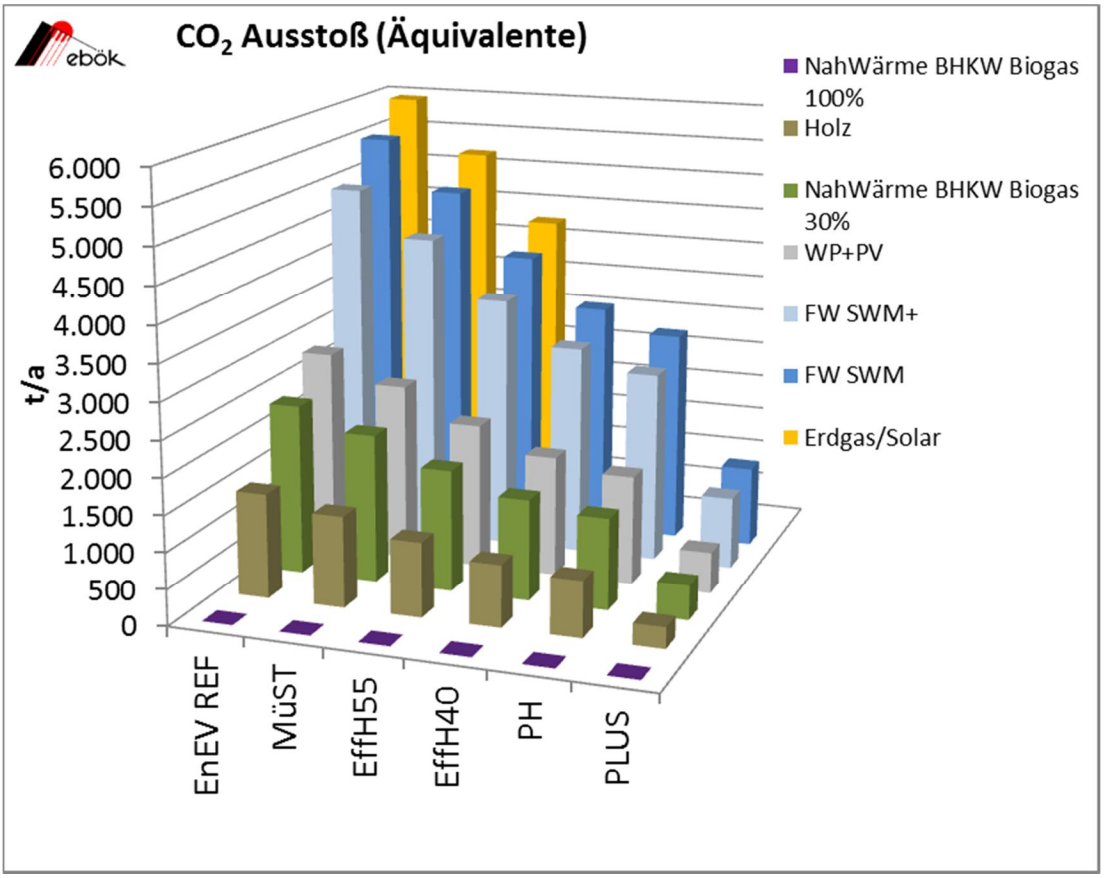


Abb. 61 CO_2 Ausstoß (CO_2 Äquivalente) möglicher Energieträger / Versorgungsarten.

Tab. 33 Wertetabelle zu Abb. 61

CO_2-Äquiv. [t/a]	**EnEV REF**	**MüST/ EffH70**	**EffH55**	**EffH40**	**PH**	**PLUS**
Erdgas/Solar	5.931	5.170	4.225			
Nahwärme BHKW Biogas 30%	2.363	2.060	1.683	1.396	1.265	477
Nahwärme BHKW Biogas 100%	0	0	0	0	0	0
Wärmepumpe & Photovoltaik	2.821	2.459	2.009	1.667	1.510	569
FW SWM	5.497	4.792	3.915	3.248	2.942	1.110
FW SWM+	4.947	4.313	3.524	2.923	2.648	999
Holz	1.447	1.261	1.030	855	774	292

Bezogen auf das Gesamtgebiet Bayernkaserne ergeben sich die in Abb. 61 und Tab. 33 gezeigten CO_2 Äquivalente für Gebäudeheizung, Warmwasserbereitung.

Ergebnisse

Aufgrund der Substitution von Netzstrom durch den erzeugten Strom bei niedrigem CO_2 Faktor des Brennstoffs kann die Versorgung durch ein mit 100 % Biogas betriebenen BHKW als emissionsfrei angenommen werden.

Die teilregenerativ versorgten Varianten Nahwärme-Biogas-BHKW 30% und Wärmepumpe mit Photovoltaik führen zu geringen Emissionen an Treibhausgasen. Nur die Versorgung mit dem voll regenerativen Brennstoff Holz ist noch günstiger.

Gegenüber der gesetzlichen Referenz EnEV 2014 mit Gasbrennwert/Solar lassen sich mit dem Münchner Standard und Fernwärme ca. 1.139 t/a CO_2 einsparen, ein Gutteil der Einsparung ist jedoch dem verbesserten Standard zuzuschreiben. Bei gleichem (Münchner) Standard ist durch die Fernwärmeversorgung lediglich eine Einsparung von 378 t/a zu verzeichnen. Die Variante Passivhaus führt auch mit Fernwärme zu einer Halbierung der CO_2 Emissionen.

Das vergleichsweise ungünstige Abschneiden der FW SWM kann durch die Annahme einer Verbesserung der Münchner Fernwärme zwar verbessert werden, die Situation ändert sich dadurch aber nicht grundlegend (angenommenen Werte zu FW SWM+).

Bewertung

Durch den Einsatz von Fernwärme der SWM kann unter den derzeit gültigen Randbedingungen keine nennenswerte Einsparung an Klimagasen (CO_2-Äquivalent gegenüber dem Referenzstandard Gasbrennwert/Solar) erreicht werden.

Optimale Einsparungen an CO_2 lassen sich nur durch regenerative Versorgungssysteme, wie die untersuchten Nahwärmeversorgungen mit Biogas-BHKW oder mit Wärmepumpe in Kombination mit PV erreichen. Der Anteil an Biogas als Brennstoff ist auch bei den Treibhausgasen entscheidend. Bei 100 % Biogas-BHKW ist die Gutschrift aus der Substitution von Netzstrom größer als der nichtregenerative Anteil im Biogas. Dadurch wird eine (rechnerische) Emissionsfreiheit erreicht. Langfristig ist diese Betrachtungsweise jedoch nicht gesichert, da zu erwarten ist, dass sich zukünftig von Null verschiedene Emissionsfaktoren ergeben. Dies wäre der Fall, wenn der substituierte Strom stärker regenerativ erzeugt wird, und die Gutschrift dadurch geringer wird.

Der Betrieb mit 100 % Biogas ist jedoch aus Kostengründen derzeit wenig wahrscheinlich. Darüber hinaus gilt auch für die rechnerische Nullemission (wie bei Primärenergie s. Kap. 9.1.1) der Verlust der Größe als Steuerungswerkzeug. Auch hier gilt, dass regenerative Energien knappe Ressourcen sind, die sparsam verwendet werden sollten.

Aus Sicht des Klimaschutzes wäre auch eine Holzhackschnitzel- oder Holzpelletversorgung günstiger. Diese ist jedoch lokal nicht emissionsfrei; vor allem sind Emissionen an Staub sowie Gerüche zu erwarten. Eine holzgestützte Wärmeversorgung vor Ort ist daher aus Gründer der Luftreinhaltung nicht erwünscht.

Hohe Einsparungen an CO_2 können aber auch durch die Anwendung von Hocheffizienzstandards verwirklicht werden. Kap. 6.7 zeigt die gute Möglichkeit zur wirtschaftlichen Umsetzung. Daher ist es sehr naheliegend, aus Klimaschutzgründen als erstes den Weg zur Energieeffizienz der Gebäudehülle zu beschreiten. Wird der verbleibende geringe Energiebedarf von Passivhäusern mit Fernwärme gedeckt, so kann eine ähnlich gute Klimawirksamkeit wie mit „Münchner Standard“ und teilregenerativer Versorgung (z.B. Wärmepumpe+PV) erreicht werden (es werden nur 483 t/a bzw. 20 % mehr emittiert).

9.2.2 Szenarien und Aufteilung B1 / B2

Die mögliche räumliche Aufteilung in die Teilgebiete B1 und B2 wurde in Kap. 6.6 diskutiert. Der Endenergiebedarf findet sich in Kap. 7.1

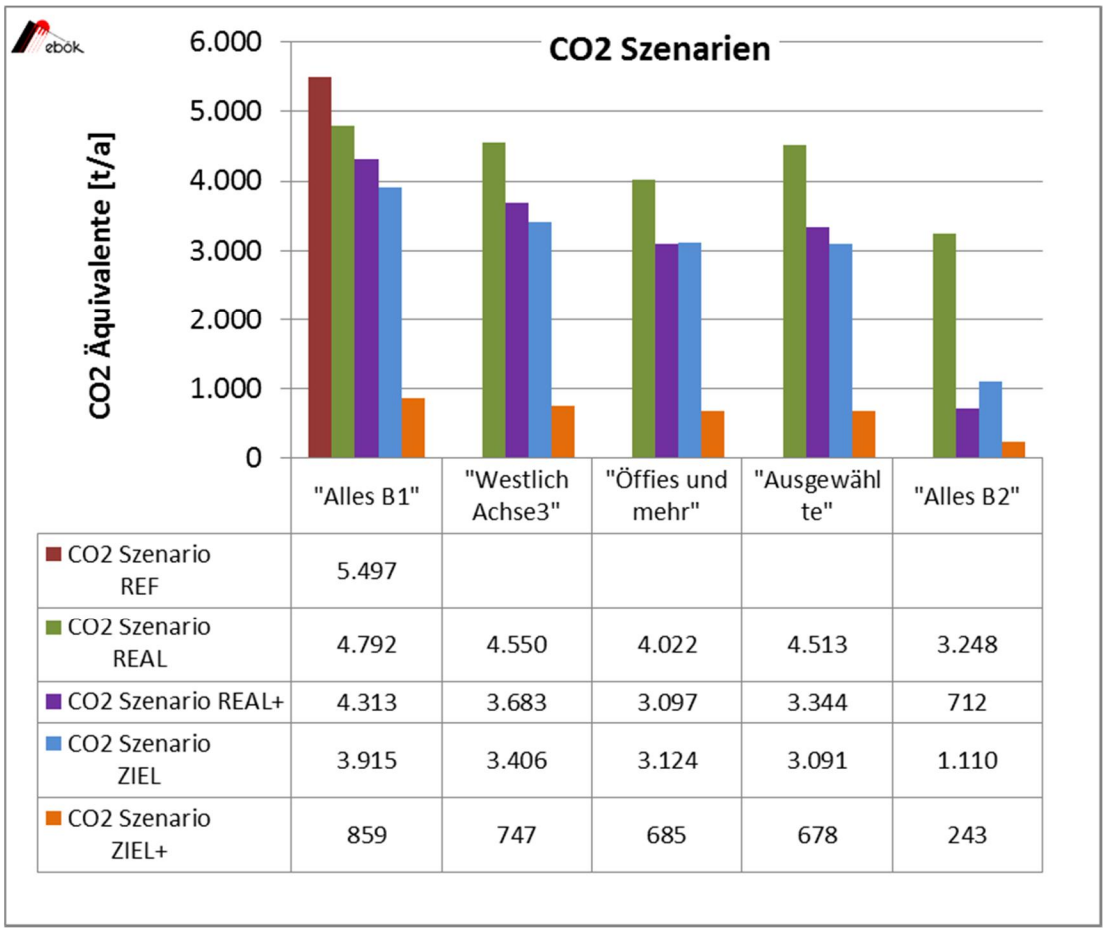


Abb. 62 CO_2-Szenarien

Bewertung

Auch aus Sicht des Klimaschutzes lässt sich eine räumliche Abgrenzung der Teilgebiete nicht begründen.

Eine hohe Einsparung von CO_2 lässt sich entweder durch eine (aus Preisgründen wenig wahrscheinliche) voll regenerative Versorgung („Ziel +“) oder durch einen flächendeckenden Hocheffizienzstandard plus Fernwärme („Ziel“/„Alles B2“) erreichen. Gegenüber dem Referenz-Szenario „Münchner Standard“ mit FW („REAL“/“Alles B1“) könnten so bis zu 77 % CO_2 äq. eingespart werden.

Es wird daher vorgeschlagen, die Aufteilung in die Teilgebiete fallen zu lassen. Stattdessen sollte der Schwerpunkt auf eine Verbesserung der CO_2-Bilanz des Neubaugebiets insgesamt durch einen möglichst flächendeckenden Hocheffizienzstandard gelegt werden (s.a. Kap. 9.1).

9.2.3 Kombinationsvariante

Zusätzlich zu den Wirkungen der homogen, d.h. durch ein System versorgten Varianten wurde die Variante „Kombination“ (Kap. 8.5) in ihrer Umweltwirkung bzw. CO_2-Minderung untersucht. Die angenommene CO_2-Minderung der teilregenerativ versorgten Baublöcke entspricht einer Wärmepumpenlösung, die durch Photovoltaik unterstützt wird (Kap. 4.7.3).

Zum Vergleich wurden in Abb. 63 folgende Varianten aufgeführt:

(1) alle Gebäude im „Münchner Standard“, versorgt mit Fernwärme der Stadtwerke München,

(2) alle Gebäude im Passivhausstandard, versorgt mit Fernwärme der Stadtwerke München,

(3) Kombinationsvariante mit FW: Die eigenen Gebäude der Stadt München (E4-E6) sowie die Gebäude in Zeile B wie in Kap. Kombinations-Variante beschrieben (S. Abb. 58 S. 138) im Passivhausstandard, versorgt mit Fernwärme der Stadtwerke München. Alle übrigen Gebäude im „Münchner Standard“ versorgt mit Fernwärme.

(4) „Münchner Standard“ mit Versorgung aus Kombinationsvariante: Alle Gebäude im „Münchner Standard“, aber versorgt wie in der Kombinationsvariante beschrieben.

(5) Kombinationsvariante: Energiestandard und Versorgung wie in Kombinationsvariante beschrieben.

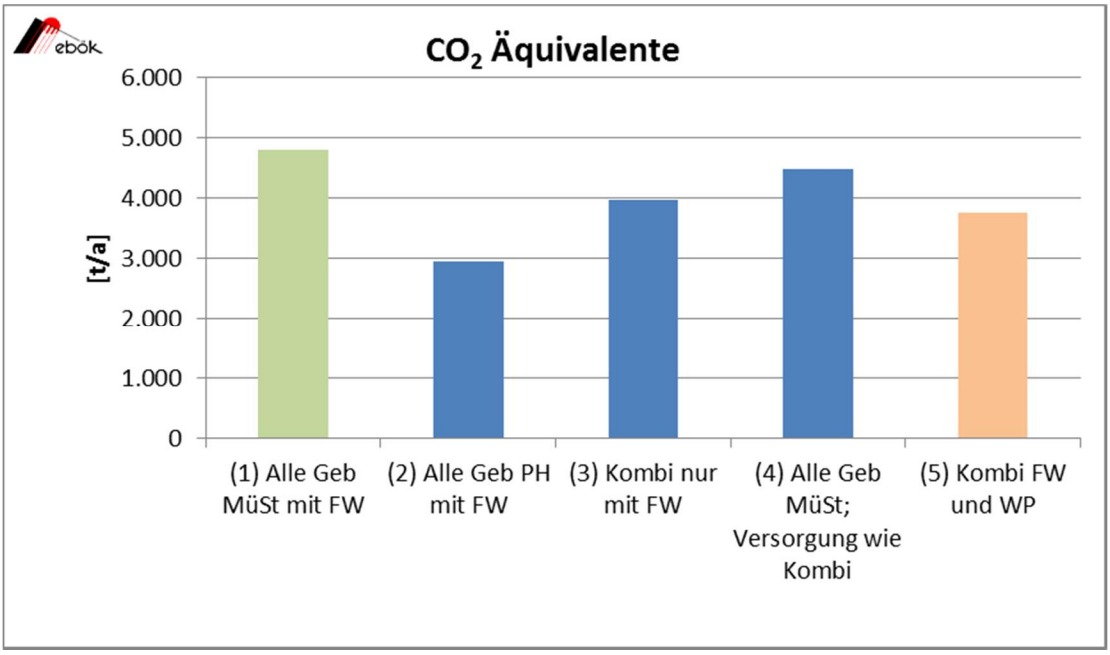


Abb. 63 CO_2 Äquivalent-Emissionen der Kombinationsvariante in Relation zu Referenzen.

Tab. 34 Wertetabelle zu Abb. 63.

		(1) Alle Geb MüSt mit FW	(2) Alle Geb PH mit FW	(3) Kombi nur mit FW	(4) Alle Geb MüSt mit Versorgung wie Kombi	(5) Kombi FW und WP
CO_2 Äquivalent	[t/a]	4792	2942	3978	4477	3754
Einsparung ggn. Ref	[t/a]		1850	814	315	1038
			39%	17%	7%	22%

Ergebnisse

Gegenüber der Ausgangsvariante (1) lassen sich durch die Kombination von Wärmeschutz und regenerativer Versorgung lassen sich rd. 22% der CO_2-Äquivalente einsparen (Tab. 34). Eine Einsparung von 39% ist durch den verbesserten Wärmeschutz (Passivhaus) gemäß Variante (2) möglich.

Bewertung

Der überwiegende Teil der CO_2-Einsparungen in der Kombinationsvariante ist durch den verbesserten Wärmeschutz der betreffenden Gebäude begründet. Nur rd. 7% der Einsparung (entsprechend 315 t/a) lassen sich auf den Wechsel des Versorgungssystems zurückführen.

9.3 Umweltbilanz Strom

Basis der Bilanz ist die Erhebung der Strombedarfs für Haushalte, GHD, Nicht-Wohngebäude sowie für Kühlung. Der Hilfsstrom für Anlagentechnik[36] wird nicht getrennt bilanziert. Umweltseitig ist er in den Bilanzen der Anlagentechnik enthalten ([DIN V 18599 1-10], [DIN V 4701-10:2003]). Im Rahmen des städtebaulichen Konzepts ist er in Bedeutung stark untergeordnet.

Die Umweltwirkung des verbrauchten Stroms hängt von der Menge, aber auch von der Stromproduktion ab. In der Bundesrepublik wird Strom zunehmend regenerativ produziert, was sich mindernd in den PE- und CO_2-Faktoren der letzten Jahre niederschlägt.

[36] Unter Hilfsstrom wird Pumpenstrom, Strom für Regelungen und den Betrieb der Anlagen, Kessel usw. subsummiert. Der Antriebsstrom für Wärmepumpen ist jedoch Endenergie für Heizung/Warmwasser.

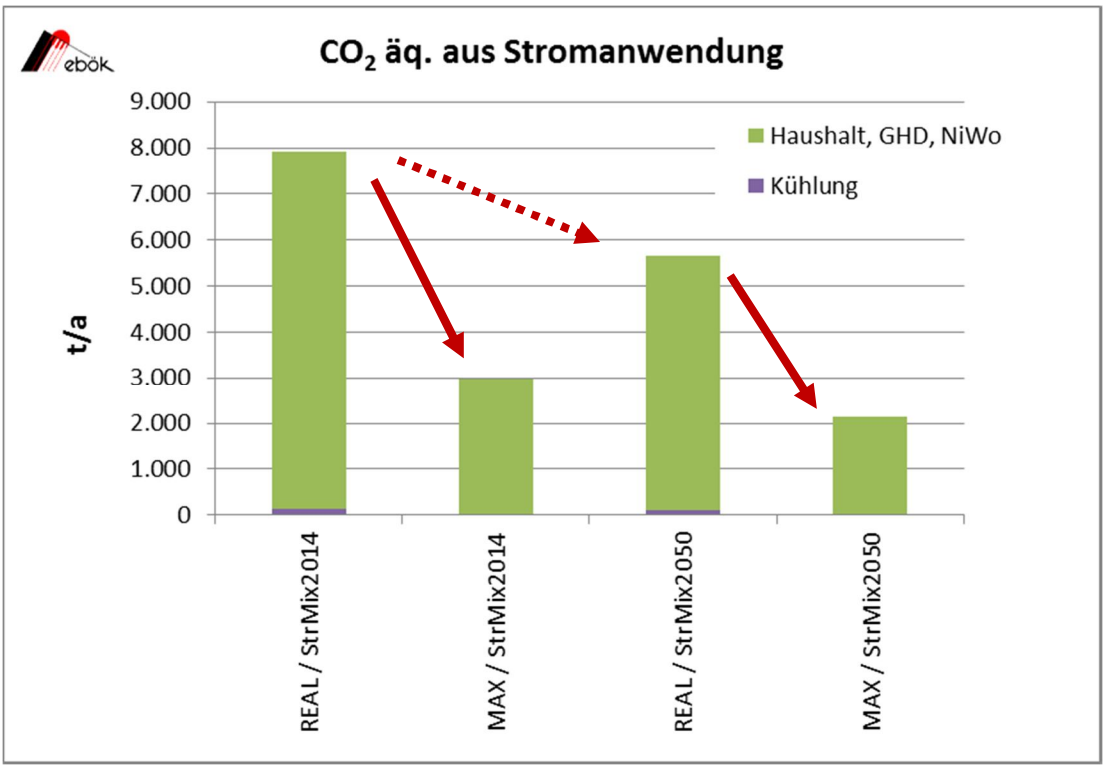


Abb. 64 CO_2 Bilanz der Stromanwendungen in Haushalt, Gewerbe-Handel-Dienstleistung sowie Raum-Kühlung. Szenarien REAL ohne besondere Maßnahmen, MAX mit Sparmaßnahmen. Desgleichen unter Annahme eines Emissionsfaktors für den Strommix wie er 2050 erwartet werden könnte.

Ergebnisse

Ohne besondere Konzepte ist derzeit mit Treibhausgas-Emissionen (in CO_2-Äquivalenten) von rd. 7.800 t/a zu rechnen. Der CO_2-Ausstoß kann im Fall maximaler Sparmaßnahmen um rd. 4.800 t/a reduziert werden. Der äußere Einfluss durch „sowieso“ verbesserten Strom-Mix ist demgegenüber eher gering.

9.4 Gesamtbilanz – Klimaneutraler Stadtteil

Nachfolgend wird untersucht, ob ein klimaneutraler Stadtteil Bayernkaserne rechnerisch möglich wäre. Die Gesamtbilanz wird für die Sektoren Wohnen und Nutzen (Gebäudebeheizung, Warmwasserbereitung für alle Gebäude) sowie für Haushalts- und Nutzungsstrom (Gewerbe, Nicht-Wohngebäude) gezogen. Der Sektor Verkehr geht nicht in die Bilanz ein.

Betrachtet werden verschiedene Maßnahmen der Effizienz in Gebäudehülle, Strombedarf und Versorgung im Vergleich zur Erzeugung von Strom durch Photovoltaik auf den verfügbaren Dachflächen des Quartiers. Für Fernwärme, Strom usw. wird die Bilanz nach dem Territorialprinzip gezogen. Die Systemgrenze ist das Untersuchungsgebiet Bayernkaserne.

Da für Beheizung, Stromverbrauch etc. CO_2 emittiert wird, lässt sich Klimaneutralität nur durch Kompensation erreichen. Nennenswerte Beiträge zum Ausgleich kann die Stromproduktion aus Photovoltaik bringen. In Kap. 7.5.2 wurde der Gesamtertrag berechnet.

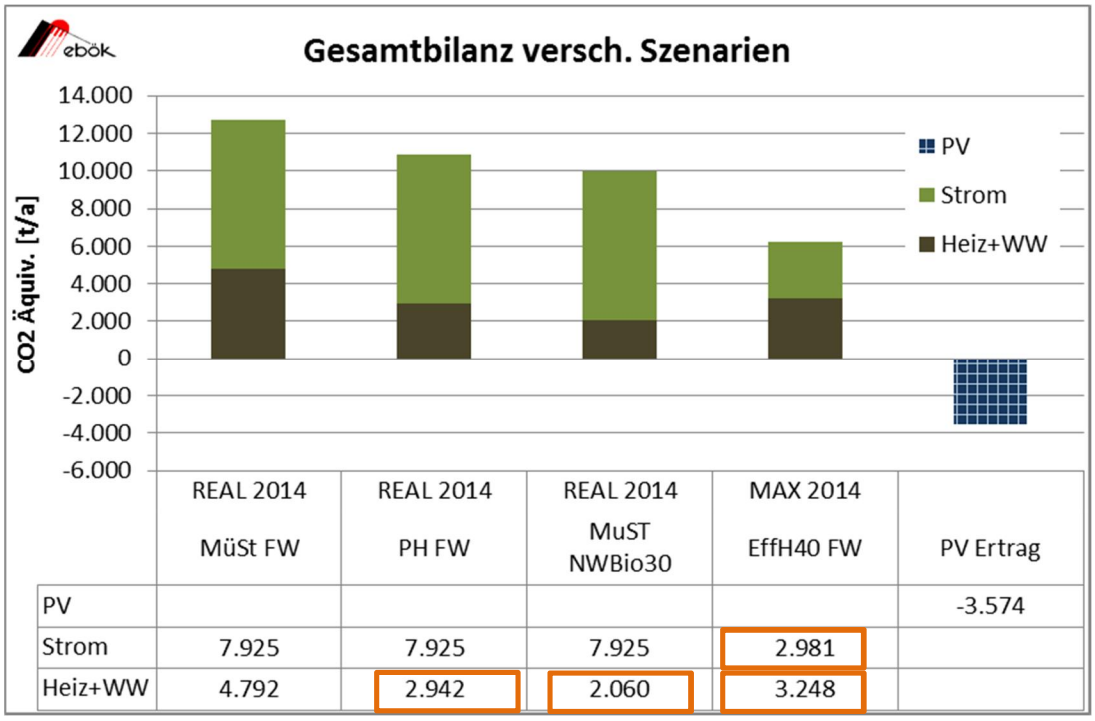
Folgende Annahmen und Szenarien-Kombinationen wurden untersucht:

Stromszenarien:

REAL2014	Gebäudestandard REAL (s. Tab. 4) mit Strommix 2014
MAX2014	Gebäudestandard MAX (s. Tab. 4) mit Strommix 2014

Gebäude & Versorgungsszenarien

MüSt FW	Münchner Standard und Fernwärme SWM
PH FW	Passivhaus und Fernwärme SWM
MüSt NWBio30	Münchner Standard und Biogas BHKW 30% Biogas
EffH40 FW	KfW Effizienzhaus 40 und Fernwärme



	REAL 2014 MüSt FW	REAL 2014 PH FW	REAL 2014 MuST NWBio30	MAX 2014 EffH40 FW	PV Ertrag
PV					-3.574
Strom	7.925	7.925	7.925	2.981	
Heiz+WW	4.792	2.942	2.060	3.248	

Abb. 65 Gesamtbilanz der Gebäudestandards, „Münchner Standard“, Passivhaus etc. (incl. Beheizung und Warmwasserbereitung) in Kombination mit verschiedenen Wärmeversorgungsarten; Strom für Haushalte und Gewerbe-Nutzung. Vergleich mit PV Ertrag: bei den umrandenten Fällen ist CO_2-Kompensation möglich.

Ergebnisse

Die Gesamtbilanz (Abb. 65) zeigt, dass der Stromverbrauch einen sehr wesentlichen Anteil an der Gesamtbilanz hat.

Der CO_2-Ausstoß aus der Nutzung der Gebäude (Heizung, Warmwasser) lässt sich durch den Ertrag aus PV kompensieren, wenn entweder hocheffiziente Gebäudestandards realisiert und/oder hoch regenerativ betriebene Versorgungstechniken eingesetzt werden. Im Strombereich müssen Stromspartechniken flächendeckend

angewandt werden. Eine vollständige Kompensation und damit CO_2-Neutralität ist mit den untersuchten Varianten nicht möglich.

Bewertung

Durch die dichte städtebauliche Situation mit überwiegend 5 - 6 geschossigen Gebäuden stehen in Relation zu den Wohn- und Nutzflächen wenig Dachflächen zur Verfügung. Daher ist es nicht möglich, die CO_2-Emissionen durch Stromerzeugung aus Photovoltaik im Gebiet auszugleichen; In der günstigsten Variante MAX 2014 können 57 % der Äquivalentemissionen ausgeglichen werden.

Einen wertvollen Schritt auf dem Weg zur Klimaneutralität stellt die Stromerzeugung jedoch trotzdem dar. Immerhin lassen sich die Emissionen, verursacht durch Gebäudebeheizung und WW-Bereitung im Fall von Hocheffizienzgebäuden (Passivhaus, KfW Effizienzhaus 40), auch dann ausgleichen, wenn Fernwärme SWM der Versorgung dient.

Der Strombereich birgt große Einsparpotentiale, im Emissionsbereich ist ein teilweiser Ausgleich möglich, wenn das Sparniveau MAX erreicht werden kann. Um die tatsächlichen Stromverbrauchsdaten des Zielszenarios MAX zu erreichen, sind jedoch konsequente Maßnahmen notwendig – bei gleichzeitiger eher geringer Durchgriffsmöglichkeit der Stadtplanung (s. Kap. 10.1).

9.5 Bewertung Umweltwirkung

Bezüglich der Umweltwirkung ergibt sich ein stark konträres Bild:

Der **Primärenergiebedarf** aller untersuchten Varianten ist gegenüber der Referenz EnEV/Gasbrennwert-Solar, insbesondere auch in der Variante mit SWM-Fernwärme, sehr niedrig. Auch voll regenerative Versorgungen (Pellets, Hackschnitzel) schneiden gut ab. Als Folge daraus lässt sich der Nachweis nach EnEV auch sehr leicht führen.

Ganz anders fällt die Bewertung aus, wenn die CO_2-**Äquivalente** als Führungsgröße für die Klimaschädlichkeit herangezogen werden. Unter den angenommenen Parametern ist die Fernwärme ungünstig. Lokal und zeitnah lässt sich die Fernwärme der SWM jedoch nur wenig verbessern. Für das Gesamtnetz zeigt der Ausbauplan für Tiefengeothermie der SWM gute Ansätze, um in den kommenden Jahrzehnten bis 2040 die Fernwärme komplett mit erneuerbaren Energieträgern zu produzieren.

Eine weitere Verbesserung des CO_2-Faktors der Fernwärme könnte (auch kurzfristig) durch die Einkopplung von KWK mit regenerativen Energien (z.B. aus Holzfeuerung) ins Fernwärmenetz der SWM erfolgen. Eine Standortbindung an das Neubaugebiet Bayernkaserne ist nicht notwendig. Der Vorteil einer hoch regenerativ erzeugten Wärme könnte trotzdem in der Bayernkaserne wirken, indem – wie im

Ökostrombereich – eine Verrechnung erfolgt. Eine gezielte Vermarktung „grüner Fernwärme“ könnte hierzu einen Investitionsvorschub leisten.

Die lokale Nutzung von regenerativen Energien im Untersuchungsgebiet der Bayernkaserne – vor allem oberflächennaher Geothermie – oder eine Nahwärmeversorgung durch ein mit Biogas betriebenes Blockheizkraftwerk (Biogas-BHKW) führen zu einer nennenswerten Verringerung des CO_2-Ausstoßes. Die Verbrennung von Holz im Plangebiet der Bayernkasernes scheidet jedoch vor allem aus Gründen der lokalen Emission aus. Alle betrachteten Lösungen mit erneuerbaren Energien erfordern hohe Investitionen und sind auch daher im Nutzwert eingeschränkt. Zudem sind nur wenige Ansätze flächendeckend verfügbar.

Einzellösungen für bestimmte Gebäude sollten im weiteren Planungsprozess genauer untersucht werden. Hierfür sind die Planungsvoraussetzungen, z.B. geothermische Untersuchungen, zu schaffen.

Die CO_2-Emissionen, verursacht durch den Gebäude-Energiebedarf (Beheizung, Warmwasserbereitung, Strom), können durch die untersuchten Maßnahmen (einschließlich Stromgewinnung durch Photovoltaik) nicht vollständig kompensiert werden.

Ausgenommen wäre hier die (nicht sehr realistische) Wärmeversorgung mit Biogas-BHKW mit 100 % Biogasanteil. Diese ist per se rechnerisch emissionsfrei.

10 Umsetzungsstrategien

10.1 Einflussmöglichkeit der Stadtplanung

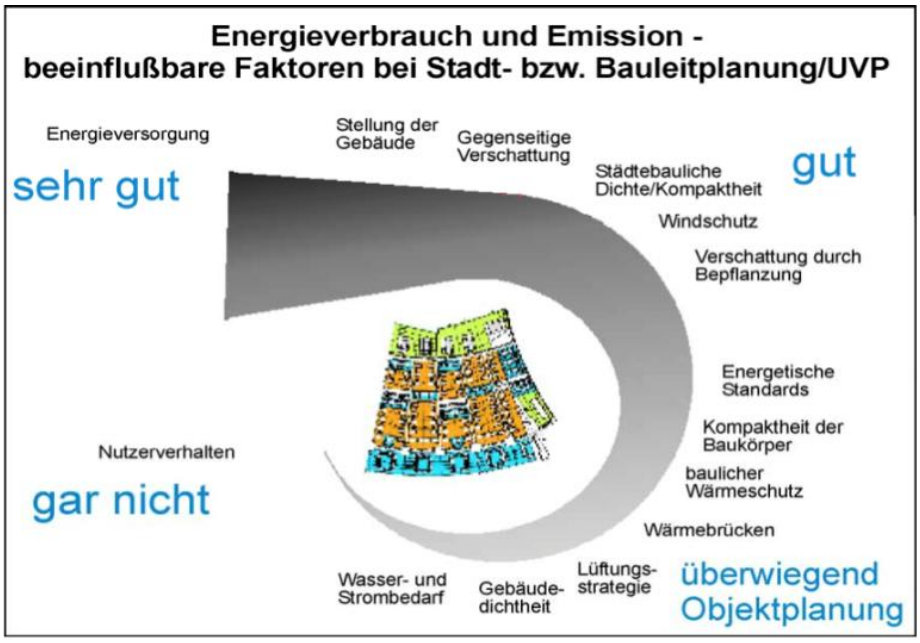


Abb. 66 Einflussmöglichkeiten der Stadtplanung auf Energieverbrauch und Emission (ebök).

Im Rahmen des stadtplanerischen Prozesses ist der Einfluss, aber auch die Durchgriffsmöglichkeit durch vertragliche Festlegung begrenzt (Abb. 66). Guten Einfluss kann auf die „klassischen“ städtebaulichen Parameter wie Gebäudestellung, Verschattung und dergleichen genommen werden, wobei klar ist, dass im städtebaulichen Kontext immer von einer gegenseitigen Verschattung ausgegangen werden muss. Eine Optimierung kann und soll nicht allein auf Basis von maximierten solaren Gewinnen erfolgen, sondern muss städtebauliche Kernpunkte wie Hof- und Platzbildung, Achsen und Kanten, Erschließung und vieles mehr berücksichtigen. Dieser Sachverhalt wurde im Workshop Kap. 5.3 ausführlich diskutiert. Das Mittel zur Umsetzung ist der städtebauliche Entwurf, welcher durch Satzungsbeschluss im Rahmen der Bauleitplanung festgeschrieben wird.

Auch durch städtebauliche Verträge können grundsätzlich Belange des Klimaschutzes wie Energiestandards oder Einsatz erneuerbarer Energien zusätzlich und vertiefend vereinbart und festgelegt werden.

Gute Einflussmöglichkeit besteht auch, wenn eine zentrale (oder teilzentrale) Wärmeversorgung etabliert werden soll. Ein Anschluss- und Benutzungszwang lässt sich ebenfalls durch Satzungsbeschluss oder in den Kaufverträgen festschreiben.

Auch durch Regelung per städtebaulichem Vertrag bestehen bei allen Belangen des Klimaschutzes wie Festsetzung von Energiestandards oder Einsatz erneuerbarer Energien gute Umsetzungsmöglichkeiten.

Auf städtischem Grund ist die Festlegung von Energiestandards ebenfalls gut über privatrechtliche Verträge zu erreichen. Weniger gute Möglichkeiten bestehen bei

Themen der Objektplanung wie z.B. Wärmebrücken. Hier ist vor allem darauf zu achten, dass der städtebauliche Entwurf keine oder wenige Fallstricke (z.B. bei Höhenentwicklungen, in manchen Tiefgaragensituationen) enthält.

Sehr geringe direkte Einflussmöglichkeiten bestehen, wenn Nutzerverhalten betroffen ist. So lässt sich z.B. der Strombedarf nur in sehr begrenztem Umfang steuern. Die anwendbaren Maßnahmen liegen im Bereich der Beratung und der Motivation.

Bewertung

Aus den Einflussmöglichkeiten leitet sich die hier empfohlene Strategie für die Bayernkaserne ab:

Da sämtliche Grundstücke im Eigentum der Stadt sind, sollten bei einem Verkauf an private Bauträger entsprechende Auflagen im Kaufvertrag verankert werden.

In den weiteren Planungsschritten und nachfolgenden Verträgen sollten hohe bauliche Anforderungen an die Gebäudehülle gestellt werden. Die Versorgungsstrategie sollte weiter konkretisiert und dann per Satzungsbeschluss bzw. in Verträgen festgelegt werden.

Wichtiger Baustein für die Umsetzung eines guten städtebaulichen Entwurfs ist der städtebauliche Workshop „Energie“ mit Stadtplanern und Fachleuten aus den Bereichen Bauphysik und Energieversorgung.

10.2 Organisation blockzentraler Versorgung

Eine Besonderheit besteht bei blockzentralen Versorgungen. Die Wärmeversorgung wird hier nicht von einem öffentlichen Versorger, z.B. den Stadtwerken, organisiert. Vielmehr müssen die betroffenen Investoren (Bauträger) des Baublocks zunächst selbst aktiv werden. Die Kooperation der Bauträger ist hierfür erforderlich[37].

Öffentliche Flächen sind nicht betroffen, wenn die gesamte Anlage sowie die Wärmeverteilung auf privatem Grund organisiert werden. Ausnahmen hiervon, z.B. für die Nutzung von Erdwärme auf öffentlichem Grund, ziehen weitreichende vertragliche Konsequenzen nach sich, die im Rahmen der Untersuchung nicht besprochen werden können. Hierzu muss ein Rechtssachkundiger hinzugezogen werden.

Folgende Möglichkeiten bieten sich an:

1. Die Wärmeversorgung wird durch einen Dienstleister (Contractor) erstellt und betrieben. Die notwendigen Flächen (im Baublock) werden angemietet, die Anlagen verbleiben im Besitz des Contractors. Die Wärmeverteilung

[37] Das Problem tritt analog bei der Erstellung einer gemeinsamen Tiefgarage, die aus Gründen der Wirtschaftlichkeit über eine gemeinsame Zufahrt je Baublock verfügt und (teilweise) unter den einzelnen Gebäuden erstellt wird, auf.

erfolgt in der Tiefgarage oder durch kurze Verbindungsleitungen zwischen den Gebäuden. Schnittstelle zu den Gebäudenutzern ist die Wärmeübergabe im Gebäude. Die Abrechnung erfolgt anhand der Wärmelieferung.

2. Die Wärmeversorgung wird durch eine Baugemeinschaft der betroffenen Investoren übernommen. Das Eigentum wird nach Wohnungseigentumsgesetz, der Betrieb in Eigenregie durchgeführt. Für die gemeinsame Investition in Anlagen und Heizzentrale muss ein Verteilschlüssel gefunden werden.

3. Die Stadtwerke München treten als Versorger auf, der lokal eine Heizzentrale (Blockzentale) betreibt. Dieses Modell wurde im Ackermannbogen gewählt. Als Redundanz und Spitzenlastdeckung könnte hierbei die FW München eingesetzt werden.

Hinweis: Die Landeshauptstadt München kann aktiv den Weg der blockzentralen Versorgung durch entsprechende Festsetzungen (B-Plan, Kaufverträge) und – wenn notwendig – durch Moderation des Abstimmungsprozesses zwischen den Bauträgern unterstützen.

10.3 Übertragbarkeit des Vorgehens

Mit dem Ziel der CO_2-Minderung und der Optimierung der Energieeffizienz wird für künftige Neubaugebiete und Sanierungsgebiete empfohlen, nach folgendem Leitfaden (Stichworte) vorzugehen:

Maß-nahme	**siehe Kap.**	**Beschreibung**
Architektur und Stadtplanung		
P.1	6.1, 6.7 u.a.	Prüfung und Optimierung des Städtebaulichen Entwurf hinsichtlich - Kompaktheit - passive solar Nutzung, Ausrichtung d. Gebäude, Verschattung der Gebäude - Umsetzbarkeit energetischer Gebäudestandard
P.2	5.3	Workshop Stadtplanung, Grünplanung, Energiegutachter als Regelablauf
P.3	6.3	Reduzierung von Kühllasten und Kühlbedarf durch baulichen Wärmeschutz: - Welche bauliche Maßnahmen (Lochfassaden, Dachüberstände, Balkone etc.) sind machbar?
P.4	6.3	Beachtung des sommerlichen Wärmeschutzes: - Lassen sich alle Ost-, West-, Südfassaden mit beweglichem, außenliegenden Sonnenschutz versehen? - Ist das Vandalismusthema in Schulen gelöst oder lösbar?
P.5		Stadtklima: - Sind ausreichend verschattete Bereiche vorhanden - Sind Grünbereiche konsequent ausgebaut?

Maß-nahme	siehe Kap.	Beschreibung
Energie- und Wärmeversorgung		
V.1		Prüfung, ob Fernwärmeanschluss generell möglich ist und Prüfung der Nachfragedichte
V.2		Prüfung Potential Fernwärme: kann ausreichend Leistung zur Verfügung gestellt werden?
V.3		Prüfung Verbesserung Fernwärme: - Rücklauftemperaturabsenkung , - Vorlauftemperatur anpassen - Einkopplung regenerativer Energien - Low-EX-Netz - etc.
V.4	8.3	Lokal verfügbare Wärmequellen identifizieren und Potentiale heben: - Abwasserwärme - Solarthermie - Geothermie (oberflächennah) - Prozess-Abwärme (Industrie, Gewerbe) - etc.
V.5	8.1	Diskussionen über dezentrale, blockzentrale, zentrale Versorgung
V.6	8.3	Nutzwertanalyse der Versorgungsarten
V.7	8.3	Prüfung Kühlbedarf in Abhängigkeit der Nutzung (s.a. Maßnahme P.3). Prüfung Potential d. Kühlung aus regenerativen Quellen; freie Nachkühlung
V.8	7.5	Deckung des Strombedarfs mit erneuerbaren Energien (PV, BHKW etc.): - Potenzial ermitteln und heben
Umsetzung		
U.1	10	Beachtung von Hemmnissen bei der Umsetzung bzgl. - politischer Vorgaben - (schlechter) Erfahrungen - der Höhe von Investitionen - (notwendigen) Anlagenbetreibern - etc.…
U.2		Erarbeitung notweniger und möglicher Vorgaben für Satzungen und städtebauliche und für privatrechtliche Verträge

11 Literatur

11.1 Allgemeine Literatur

[AGFW FW309-1 2014] Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme -. AGFW- Arbeitsblatt FW 309 Teil 1. Hrsg.: AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Frankfurt/M Mai 2014

[AGFW FW309-6 2014] Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen CO_2 Emissionsfaktoren -. AGFW-Arbeitsblatt FW 309 Teil 6. Hrsg.: AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Frankfurt/M Dez 2014..

[ARGE BM 2009] Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden -Vergleichswerte für Energieausweise. Hrsg. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Berlin Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). Bearbeitung ARGE Benchmark. BBSR-Online-Publikation, Nr. 09/2009. Bonn 2009.

[BHKW-Plan] BHKW-Plan. Auslegung und Wirtschaftlichkeitsberechnung von Blockheizkraftwerken. Version 1.14.004 Handbuch. Hrsg.: Dipl.-Ing. (FH) Friedhelm Steinborn, April 2011

[Brunner 2008] Brunner, Conrad U., J. Nipkow, U. Steinemann. Elektrischer Energiebedarf für Raumkühlung Massnahmen zur Verminderung des zusätzlichen Energiebedarfs bei wärmerem Klima. *In* Bulletin SEV/AES 7/2008.

[BY Büro EffPlan] Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden. Planungsleitfaden. Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Augsburg 2008.

[DIN 1946-6 2009] Raumlufttechnik. Teil 6: Lüftung von Wohnungen. Hrsg. Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2009-5.

[DIN 277-1:2016] Grundflächen und Rauminhalte von Hochbauten. Teil 1-Hochbau. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, 2016-1.

[DIN EN 13779] Lüftung von Nicht-Wohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth, Sep. 2007

[DIN V 18599 1-10] Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Teil 1 bis 10. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth, 2007-2.

[DIN V 4108-6:2003] Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V..
Berlin: Beuth, Juni 2003.

[DIN V 4701-10:2003] Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. Hrsg. Normenausschuss Bauwesen im Deutschen Institut für Normung e.V..
Berlin: Beuth, 2003-08

[DVGW551] Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitunsanlagen. Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen. DVGW Arbeitsbatt W 551, Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. , Bonn 2004.

[EEG2004] Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich (Erneuerbare Energien Gesetz vom 21. Juli 2004). Bundesgesetzblatt 2004 Teil1 Nr. 40.

[EEWärmeG-2015] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärmeG). Änderung 20.Okt 2015

[EnEV 2009] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung, Neufassung vom 29. April 2009). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil 1 Nr. 23, Bonn 30.April 2009.

[EnEV 2014] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung, Neufassung vom 1.Mai

2014). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2013 Teil 1 Nr. 67, Bonn 21.November 2013.

[EnEV RegelnNiWo15] Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchs-kennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohn-gebäudebestand. Vom 7. April 2015. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

[EPass HWW 2005] Loga T., U. Imkeller-Benjes. Energie-Pass Heizung / Warmwasser, Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem. Altualisierung in EnEV-XL (Rechenblatt) Version 2.2. Mai 2005

[EPBD 2010] EU Gebäuderichtlinie 2012 für energieeffiziente Gebäude. Stand: 19. Mai 2010. Amtsblatt der Europäischen Union (L 152/113) vom 18.06.2010,
in Kraft getreten am 08.07.2010.

[EWärmeG-BW2007] Gesetz zur Nutzung erneuerbarerWärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG). Gesetzesbeschluss des Landtags von Baden-Württemberg vom 7. Nov. 2007. Drucksache 14 / 1969.

[FGK 22 Schulen] FGK Status-Report 22. Lüftung von Schulen. Fachverband Gebäude-Klima e.V., Bietigheim-Bissingen 2004-11

[Frische Luft 2008] Frische Luft für frisches Denken, Neue Unterrichtsqualität in unseren Klassenräumen, Hrsg.: Unfallkasse Hessen, Frankfurt, November 2008.

[GEG RefE 2017] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden. Referentenentwurf des BM für Wirtschaft und Energie und des BM für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. 23.Jan 2017.

[Gemis 4.93] Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.93. Institut für angewandte Ökologie e.V., Darmstadt. www.gemis.de. Stand Juli 2014

[ifeu Biogas2008] Regine Vogt. Basisdaten zu THG-Bilanzen für Biogas-Prozessketten und Erstellung neuer THG-Bilanzen. Kurzdokumentation im Aufgrag der E.ON Ruhrgas AG, Altenessen. Ifeu, Heidelberg 2008-4.

[IWU KEV] Großkloß, Marc. Kumulierter Energieaufwand und CO2-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und –versorgungen. Institut Wohnen und Umwelt 12-2014

[IWU Zukunft] Großklos, Marc, Milena Frank. Monatlicher Verlauf des kumulierten Energieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen im deutschen Strommix.Zukunftsfragen *In* Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 63. Jg. (2013) Heft 9

[LEE 2000] Elektrische Energie im Hochbau: Leitfaden Elektrische Energie. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten; 2. überarbeitete Fassung. Wiesbaden: 2000.

[LEG 95] Heizenergie im Hochbau: Leitfaden für energiebewusste Gebäudeplanung. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; 5. überarbeitete Auflage. Wiesbaden: 1995.

[LF KomKlimaschutz] Difu - Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hrsg.) Praxisleitfaden Klimaschutz in Kommunen. Berlin, 2011.

[LF-Hygiene-Schule] Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden Hrsg.:Umweltbundesamt; Innenraumluft-Hygiene-Kommission des Umweltbundesamtes; Berlin August 2008.

[MEG] Methodik zur Erfassung, Beurteilung und Optimierung des Elektrizitätsbedarfs von Gebäuden“ (MEG). IWU/DS-Plan 2005

[ÖGUT 2011] Kennzahlen zum Energieverbrauch in Dienstleistungs-gebäuden. Bericht über Kennzahlen zum Energie-verbrauch in den Bereichen „Lebensmitteleinzelhandel“, „Nichtlebensmitteleinzelhandel“, „Beherbergung“, „Gastronomie“, „Bürogebäude“ und „Krankenhäuser“. Östereichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Wien, März 2011.

[PHPP2004] Feist, Wolfgang; E. Baffia, J. Schnieders, R. Pfluger. Fachinformation PHI-2004/1. Passivhaus Projektierungs Paket 2004. Anforderung an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt 2004. Dokumentation und Excel-Arbeitsmappe.

[PHPP2015] Feist, Wolfgang; et.Al. Passivhaus Projektierungs Paket – Das Energiebilanzierungs- und Planungstool für effiziente Gebäude und Modernisierungen. Version 9. Darmstadt April 2015. Dokumentation und Excel-Arbeitsmappe.

[PHVP] Passivhaus Vorprojektierung. Vereinfachte Berechnung der Passivhaus-Projektierung. Darmstadt 2002. www.passiv.de

[Solarfibel BaWü] Solarfibel. Städtebauliche Maßnahmen, Energetische Wirkungszusammenhänge und Anforderungen. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Nov. 2007

[UBA Heizung2011] Umweltwirkung von Heizungssystemen in Deutschland. Hrsg. Umweltbundesamt Dessau. Februar 2011.

[Vallentin 2011] Vallentin, Dr. Rainer, Energieeffizienter Städtebau mit Passivhäusern (Dissertation). Cuvillier Verlag, Göttingen 2011.

[VDI 2067-1] Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Grundlagen und Kostenberechnung. Hrsg. VDI. Blatt 1. Düsseldorf: Sept. 2000.

[VDI 4640-1] Thermische Nutzung des Untergrundes, Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2000-12.

[VDI 4640-2] Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2001-09.

[VDI 4640-3] Thermische Nutzung des Untergrundes. Unterirdische Thermische Energiespeicher. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth,.2001-06

[VDI 4640-4] Thermische Nutzung des Untergrundes. Direkte Nutzung. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2004-09.

[VDI 6032] Hygiene in Trinkwasser-Installationen Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung. VDI/DVGW Richtlinien. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth,.2013-04.

[Voss 2013] Voss, C.: Null- und Plusenergiegebäude: Methodische Einordnung, Projekte, Planungswerkzeugt. Vortrag bei der 49. Tagung Arbeitskreis Energieberatung 7.3.2013 in Darmstadt (Institut Wohnen und Umwelt).

[WoFlV] Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche, über die Aufstellung von Betriebskosten und zur Änderung anderer Verordnungen (Wohnflächenverordung). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen. 25. Nov. 2005

11.2 Literatur München

[CO2 Monitoring] CO_2 Monitoring 1990-2012. Sitzungsvorlage Nor. 14-20/V00369. Bekanntgabe in der Sitzung de Umweltausschusses vom 3.6.2014. Referat für Gesundheit und Umwelt München 2014.

[DVGW551] Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitunsanlagen. Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen. DVGW Arbeitsbatt W 551, Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. , Bonn 2004.

[Eicker 2011] Eicker, U., H. Huppenberger, D. Kurth. Energiegerechte Stadtentwicklung in München. Bestand und Neubau gemeinsam voranbringen *in* stadt:pilot spezial, Hrsg: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung BMVBS, Berlin Okt 2011.

[EnergieStadtMünchen] Energiegerechte Stadtentwicklung in München. Chancen für den Bestand durch energetisch innovative Neubaugebiete in Freiham und Neuaubing. Hrsg: Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung in Kooperation mit Hochschule für Technik Stuttgart, Stadtwerke München. Januar 2013

[FES2013] Münchner Förderprogramm Energieeinsparung. Richtlinienheft gültig ab 1.5.2013 auf Basis des Stadtratsbeschlusses vom 19.3.2013. Hrsg. Landeshauptstadt München Referat für Gesundheit umd Umwelt.

[IHKM] Integriertes Handlungsprogramm Klimaschutz in München. Klimaschutzprogramm 2015 Maßnahmenkatalog. Refereat für Gesundheit und Umwelt. 6. Okt. 2014.

[LL Ökologie] Leitlinie Ökologie: Teil Klimawandel und Klimaschutz. Hrsg. Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung, Referat für Gesundheit und Umwelt.

[Ökokriterien] Landeshauptstadt München Referat für Stadtplanung und Bauordnung. Ökologischer Kriterienkatalog - Stand März 2012.

[PÖYRY2009] Pöyry Energy GmbH. Stadtwerke München, Eignung des Fernwärmenetzes zur Versorgung gemäß EEWärmeG. 11.02.2009

[Prinz-Eugen] Wohnen im Prinz-Eugen-Park. Gestaltungsleitfaden zur Konverstion des ehemaligen Kasernengeländes. Landeshauptstadt München Referat für Stadtplanung und Bauordnung. L. Baurer, B. Kögler.

[RGU 12384] Beschlussvorlage Nr. 08-14 / V 12384. Die Zukunft des Münchner Wärmemarktes. Landeshauptstadt München, Referats für Gesundheit und Umwelt und Referat für Arbeit und Wirtschaft. Beschluss in der Vollversammlung des Stadtrats vom 23.10.2013

[RGU 13147] Sitzungsvorlagen Nr. 08-14/V 13147. Energiekonzepte für neue Baugebiete. Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung. Beschuss vom 04.12.2013.

[RSB 02353] Sitzungsvorlagen Nr. 14 – 20 / V 02353. Ökologische Mustersiedlung in der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne. Landeshauptstadt München Referat für Stadtplanung und Bauordnung.

[RSB 08187] Wohnungspolitisches Handlungsprogramm „Wohnen in München V“ Wohnungsbauoffensive 2012 – 2016. Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauordnung. Beschluss in der Vollversammlung des Stadtrats vom 01.02.2012

[SEW Zert Effizienz] Eignung des Fernwärmenetzes zur Versorgung gemäß EEWärmeG. PÖYRY Energy GmbH 11.2.2009.

[SPD 02353] SPD Stadtratsfraktion. Änderungsantrag Ökologische Mustersiedlung in der ehemaligen Prinz-Eugen-Kaserne. Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 02353. Ausschuss für Stadtplanung und Bauordnung am 14.10.2015.

[Statistik München 2014] Statistik kommunal 2014. Kreisfreie Stadt München 09162. Eine Auswahl wichtiger statischer Daten. Bayrisches Landesamt für Statistik.

[SWE Zert fp] Bescheinigung über die energetische Bewertung der Fernwärme nach FW 309-1. PÖYRY Energy GmbH 26.4.2012.

[SWM Anlagen] SWM Erzeugungsanlagen.Starke Eigenerzeugung für die sichere Versorgung Münchens und seiner Region. Broschüre, Hrsg. Stadtwerke München ,August 2015

[SWM Ausbau EE] SWM Ausbauinitative Erneuerbare Energien. Broschüre, Hrsg. Stadtwerke München, April 2015.

[SWM Ausbau FW] SWM Ausbauinitiative Münchner Fernwärme. Broschüre, Hrsg. Stadtwerke München, Now. 2012.

[SWM Umwelt2014] Aktualisierte Umwelterklärung 2014 des Unternehmensbereichs Versorgung und Technik der Stadtwerke München. Berichtsjahr 2013.

[Wohnen iM V] Wohnen in München V. Wohnungsbauoffensive 2012-2016. Hrsg. Landeshauptstadt München. Referatat für Stadtplanung und Bauordnung. Stand Feb. 2012. 2. Auflage Nov. 2013.

12 Anhang I (Ergänzungen)

12.1 Änderung der Rahmenbedingungen während der Bearbeitungszeit

Während der Bearbeitungszeit des Endberichts ergaben sich aufgrund der derzeit herrschenden Dynamik in der Gesetzgebung (EnEV 2016, Gebäudeenergiegesetz) bereits einige Änderungen in den Rahmenbedingungen, die an dieser Stelle als Ergänzungen und Ausblick behandelt werden. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden Bericht und Grundlagen konsistent behandelt. In den betreffenden Kapiteln wurde Bezug auf die Ergänzung genommen.

12.1.1 Das Wohnungspolitische Handlungsprogramm „Wohnen in München VI“

Hinweis: Zum Stand der Ausarbeitung lag das wohnungspolitische Handlungsprogramm „Wohnen in München“ V vor [RSB 08187].

Mit dem wohnungspolitischen Handlungsprogramm „Wohnen in München VI“ werden mit Beschluss vom 15. Nov. 2017 die Zielvorgaben der Münchner Wohnungspolitik für die Jahre 2017 – 2021 fortgeschrieben und weiterentwickelt[38]. Für die Ausschreibung und Vergabe städtischer Grundstücke und für den geförderten Wohnungsbau wird darin ein energetischer Standard für Neubauvorhaben vorgegeben, mit dem die Anforderungen der aktuellen EnEV 2016 an den Primärenergieverbrauch um 30% unterschritten werden.

Gemäß WiM VI gilt ein einheitlicher energetischer Standard für den Neubau der städtischen Gesellschaften, im geförderten Wohnungsbau und auf städtischen Flächen gelten die Anforderungen des „Ökologischen Kriterienkataloges 2016“. Die Anforderungen an die Gebäudehülle sind 15 % höher als die gesetzlichen Anforderungen.

Das neue wohnungspolitische Handlungsprogramm „Wohnen in München VI“ (2017-2021) zielt auf folgende Schwerpunkte:

- Erhöhung der Einkommensgrenzen im München Modell, damit weiterhin 50 bis 60 Prozent der Münchner Haushalte förderfähig bleiben.
- Gezielte Förderung zielgruppenspezifischer Wohnprojekte für den Erhalt der Münchner Mischung.
- Erhöhung der Zielzahl für die Baurechtschaffung auf 4.500 Wohneinheiten pro Jahr. Zusammen mit der Bautätigkeit in Bestandsgebieten nach § 34

[38] Siehe https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Stadtplanung-und-Bauordnung/Stadtentwicklung/Grundlagen/Wohnungspolitik.html

BauGB sollen so mittelfristig insgesamt 8.500 Wohnungen pro Jahr fertiggestellt werden.

- Kontinuierliche Umsetzung der Strategien zur Langfristigen Siedlungsentwicklung (LaSie): Bis 2030 sollen möglichst viele Flächen für den Wohnungsbau mit den Instrumenten Nachverdichtung, Umstrukturierung und Neuentwicklung aktiviert werden.
- Der Konzeptionelle Mietwohnungsbau (KMB) wird dauerhaft eingeführt und soll eine noch stärkere Zielgruppenorientierung aufweisen.
- Konzeptausschreibungen bei der Vergabe städtischer Grundstücke sollen weiterentwickelt werden. Die Vergabe von KMB-Flächen erfolgt im Erbbaurecht und dient damit der langfristigen Sicherung städtischer Flächen.
- Erhöhung der Zielzahl im geförderten und preisgedämpften (KMB) Wohnungsbau von vormals 1.800 Wohneinheiten („Wohnen in München V“) auf nun 2.000 Wohneinheiten pro Jahr. Der Fokus der kommunalen Förderung liegt ausschließlich auf dem Mietwohnungsbau für die unteren und mittleren Einkommensgruppen.
- Die städtischen Programme im geförderten Wohnungsbau werden vereinfacht: Zukünftig gibt es nur noch den Münchner Wohnungsbau und das München Modell.
- Neue Förderbausteine im geförderten Wohnungsbau sollen mehr Kostentransparenz schaffen: Ist die Wirtschaftlichkeit von Projekten im geförderten Wohnungsbau zum Beispiel für Lärmschutzmaßnahmen oder Dachgärten gefährdet, können hierfür gesonderte Förderungen aktiviert werden.
- Energetische Standards der Stadt im Neubau werden beibehalten. Diese liegen oberhalb der gesetzlichen Standards.
- Ausbau der energetischen Bestandssanierung. Für den Erhalt bezahlbaren Wohnraums (inklusive bezahlbarer Heizkosten) und die Erreichung der Münchner Klimaschutzziele kommt der Sanierung des Wohnungsbestands eine entscheidende Rolle zu.
- Volle Ausschöpfung aller rechtlichen Möglichkeiten zur Bestandssicherung. Dazu gehören der Erlass von Erhaltungssatzungen, die Umsetzung und Kontrolle der Zweckentfremdungssatzung und der Mietspiegel.

Geltungsbereich: Das Programm gilt:

- bei allen Wohnungsbauprojekten der städtischen Wohnungsbaugesellschaften,
- zukünftig in allen Programmen des geförderten Wohnungsbaus generell.

12.1.2 Novelle der EnEV 2017-2020 und Zusammenfassung mit EEWärmeG im neuen Gebäudeenergiegesetz

Hinweis: Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung lag der Referentenentwurf zum GEG noch nicht vor.

Die anstehende Novellierung der Energiesparverordnung EnEV zum 1.1.2017 setzt die Zieldefinition der Europäischen Gebäuderichtlinie [EPBD 2010] in nationales Recht um:

- Alle neu errichteten öffentlichen Gebäude müssen ab dem 1.1.2019 „Niedrigstenergiegebäude“ sein.
- Ab 1.1.2021 gilt der Standard „Niedrigstenergiegebäude“ für alle neu zu errichtenden Gebäude.

Mit dem Referentenentwurf vom 23.1.2017 werden sowohl die Neufassung der EnEV wie auch die Zusammenfassung von EnEV und EEWärmeG in geltendes Recht angegangen. Das so genannte Gebäudeenergiegesetz (GEG) soll noch in dieser Legislaturperiode verabschiedet und zum 1.1.2018 in Kraft treten.

Demnach gilt *für die Errichtung neuer Gebäude künftig ein einheitliches Anforderungssystem, in dem Energieeffizienz und Erneuerbare Energien integriert sind. Die ordnungsrechtlichen Vorgaben folgen weiterhin dem Ansatz, den Primärenergiebedarf von Gebäuden gering zu halten, dazu den Energiebedarf eines Gebäudes von vorneherein durch einen energetisch hochwertigen baulichen Wärmeschutz (insbesondere durch gute Dämmung, gute Fenster und Vermeidung von Wärmebrückenverlusten) zu begrenzen und den verbleibenden Energiebedarf zunehmend durch erneuerbare Energien zu decken. Durch einen hochwertigen baulichen Wärmeschutz wird sichergestellt, dass auch Erneuerbare Energien so effizient wie möglich genutzt werden* [GEG RefE 2017].

Mit dem Entwurf wird das Anforderungsniveau „Niedrigstenergiegebäude“ für die Errichtung von Nicht-Wohngebäuden der öffentlichen Hand, welches ab 2019 einzuhalten ist, festgelegt: Dieser Standard soll auf dem Niveau eines KfW-Effizienzhaus 55 liegen. Die Definition für Neubauten privater Wohn- und Nicht-Wohngebäude soll später („rechtzeitig vor 2021“) erfolgen.

Im Hinblick auf den Nachweis wird das Verfahren auf die Neufassung der DIN V 18599 vom Okt. 2016 angepasst. Das Bewertungsverfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 entfällt. Beim Referenzgebäude ergeben sich durch Anpassung der Referenz-Heiztechnik (Gas-Brennwertkessel statt Ölkessel) leichte Verschärfungen.

Ein bekanntes Problem beim Nachweis nach Primärenergie ist bei zunehmend geringeren Primärenergiefaktoren der Energieträger, z.B. bei Fernwärme aus Kraft-Wärmekopplung und/oder voll regenerativer Energie (wozu auch Siedlungsabfall zählt), zu suchen. Wenn PE-Faktoren[39] praktisch oder perspektivisch gegen Null

[39] Gemeint ist der nichtregenerative Anteil

laufen, so verliert die Primärenergie als Steuerungsgröße hin zu energieeffizienten Gebäuden ihre Wirkung.

Dieses Problem greift auch die neue GEG auf: Die zu verwendenden Primärenergiefaktoren werden in einer noch zu erlassenden Verordnung neu justiert, wodurch künftig die Klimawirkung einzelner Energieträger stärker berücksichtigt werden sollen. Mit einer weiteren Verordnung sollen zudem Regelungen zur Berechnung der CO_2-Emissionen festgelegt werden, die zukünftig in den Energieausweisen anzugeben sind.

12.2 Bewertung von Umweltwirkung für Stromerzeugungsanlagen

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme führt zu dem Bewertungs-Problem, wie der Brennstoffeinsatz (Ausgangsprodukt) den Endprodukten Strom und Wärme zugeordnet werden kann. Grundsätzlich erfordert die Produktion von Strom einen Mehraufwand an Brennstoff, was dem Energieerhaltungssatz (in umgekehrter Weise) entspricht. Als Kraft-Wärme-Maschine unterliegt das BHKW zudem im Grenzprozess dem Carnot-Prozess, welcher besagt, dass nur ein von den Temperaturniveaus abhängiger Teil der Wärmemenge in mechanische Energie überführt werden kann (die reale Kraft-Wärme-Maschine ist aufgrund von Reibung, Wärmeverluste etc. ungünstiger als der Carnot-Prozess).

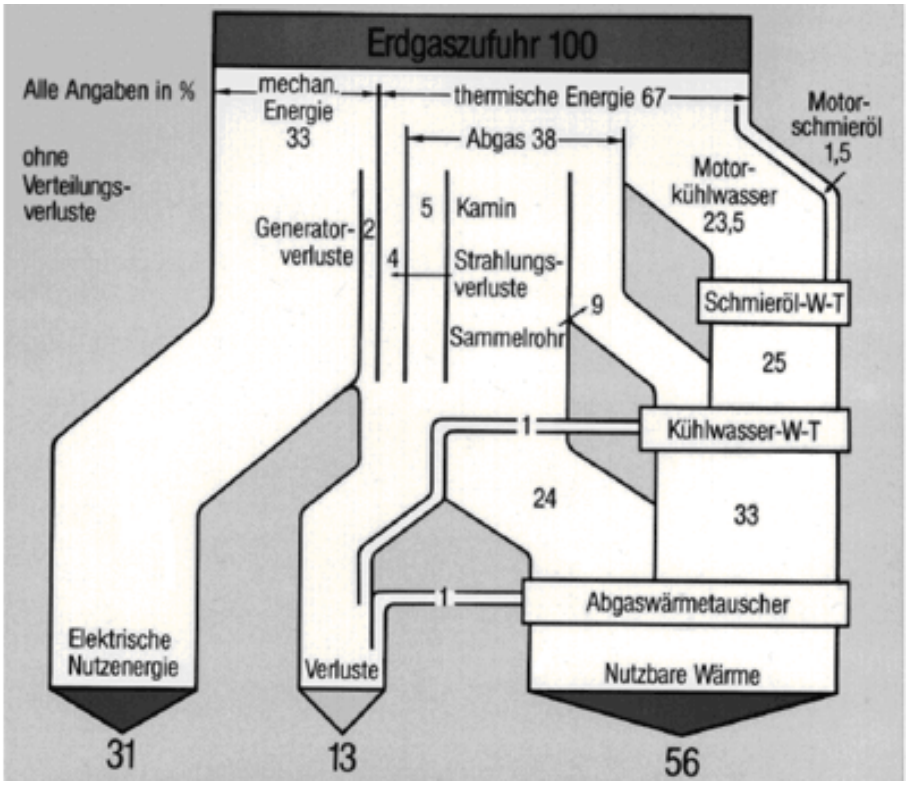


Abb. 67 Energiebilanz gekoppelte Strom- und Wärmerzeugung.

Die Umweltwirkung wird in der Regel anhand vom Primärenergieeinsatz (genauer dem nicht-regenerativen Anteil des Primärenergieeinsatzes) sowie der Klimawirkung ausgedrückt in CO_2-Äquivalenten bilanziert.

Grundsätzlich bestehen zwei verschiedene Möglichkeiten, die Stromproduktion zu bilanzieren: a) Substitutionsmethoden b) Allokationsmethoden.

Bei der Methode der Substitution wird davon ausgegangen, dass die Stromproduktion i.d.R. die „normale“ Stromproduktion ersetzt. Folglich kann die produzierte Strommenge multipliziert mit den spezifischen Werten vom Gesamt-Input abgezogen werden und repräsentiert nur die Mengen, die für Wärme aufgewendet werden. Die Substitution kann insbesondere dann sinnvoll angewandt werden, wenn von einer tatsächlichen Verdrängung – also zusätzlicher Stromproduktion – ausgegangen werden kann und sich der Strommix durch den Einzelversorger nicht ändert. Das ist in der Regel im privaten Bereich der Fall. Stromversorger hingegen tragen in direkter Weise und nennenswert zum Strompool bei. Hier kann nicht mehr ohne weiteres von einer Substitution ausgegangen werden.

Bei den Allokationsmethoden wird der Brennstoffeinsatz in Abhängigkeit von den angewandten Kriterien auf die Endprodukte verteilt. Am einfachsten wäre die Verteilung nach produzierter Kilowattstunde, was jedoch die „Wertigkeit“ des Endproduktes nicht würdigt. Häufig werden daher folgende Methoden verwendet:

- Brennstoffmehraufwand: Angerechnet wird das „Mehr“ gegenüber z.B. einem Gasbrennwertkessel
- Exergiemethode: Brennstoffaufwand wird anhand des Exergieanteils[40] der Endprodukte (Wärme, Strom) verteilt

Allokation sollte vor allem dann angewandt werden, wenn es sich um Versorger in der Basisversorgung handelt. Hier kann nicht von einer Substitution des Strom-Pools ausgegangen werden.

Die Primärenergie-Bewertung nach AGFW Fernwärme Arbeitsblatt 309 Teil 1 [AGFW FW309-1 2014] stellt eine Substitutions-Methode, die Bewertung von CO_2 nach AGFW Fernwärme Arbeitsblatt 309 Teil 6 [AGFW FW309-6 2014] eine Allokationsmethode dar.

Bewertung und Methodenauswahl

Bewertungen für Gebäude und Anlagen werden nach EnEV auf Basis von Primärenergie vorgenommen. Für die Nachweise mit Fernwärme ist die Verwendung vorgegebener Standardwerte oder eines Zertifikats nach Arbeitsblatt 309 Teil 1 verpflichtend. Da die Bewertung auf Basis eines Substitutionsverfahrens vorgenommen wird, entspricht die Bewertung jedoch nicht dem der Wärmeproduktion zugeordneten nicht-regenerativen Primärenergieeinsatz.

[40] Exergie bezeichnet den Anteil der (inneren) Energie, der in der Lage ist, Arbeit zu leisten.

Für die Bilanzierung von CO_2-Werten bestehen keine verpflichtenden Einschränkungen. Es ist daher möglich und sinnvoll, eine Verteilung des Brennstoffeinsatzes auf die Endprodukte vorzunehmen.

12.3 Tatsächliche Verschärfung der EnEV 2016

Die Nomenklatur EnEV 2016 bezieht sich auf die zum 1.1.2016 in Kraft getretene Änderung der EnEV 2014 [EnEV 2014].

Verschärfung der Primärenergieanforderungen

Mit Einführung der EnEV 2016 verschärft sich die Primärenergieanforderung auf 75% des Referenzgebäudes. Gleichzeit ändert sich der anzusetzende Primärenergiefaktor für Strom (als Energieträger für Wärmepumpen) auf 1,8. Damit erhöhen sich faktisch die Anforderungen an teilregenerativ versorgte Gebäude, wobei die Wärmepumpenlösungen wiederum begünstigt werden. Für voll regenerativ versorgte Gebäude ist die Verschärfung faktisch nicht relevant. Mit niedrigem Anteil regenerativer Energien versorgte Gebäude (z.B. Gasbrennwertheizung, solar unterstützt) wird das Einhalten der EnEV jedoch erfahrungsgemäß deutlich schwerer.

Verschärfung der Hüllanforderungen

Mit 1. Jan 2016 ändern sich die Anforderungen an den mittleren Durchgangskoeffizient der Gebäudehülle H'T bei Wohngebäuden systematisch. Bislang mussten die tabellieren Werte nach EnEV Tabelle 2 eingehalten werden, nun gilt, dass der Durchgangswert der Gebäudehülle mindestens dem des Referenzgebäudes entsprechen muss; Tabelle 2 bleibt jedoch in Kraft.

Damit folgt die Nachweissystematik für EnEV Bauten der der KfW Effizienzhäuser.

Eigene Untersuchungen an den Beispielgebäuden der Düsseldorfer Gebäudetypologie haben gezeigt, dass die von der EnEV erwartete Verschärfung von 20% nicht in allen Fällen erreicht wird, in eigenen Fällen ist jedoch überhaupt keine Verschärfung erkennbar. Eine deutliche Verschärfung ist für im A/V ungünstige Gebäude über 350 m² Nutzfläche zu verzeichnen (Abb. 68).

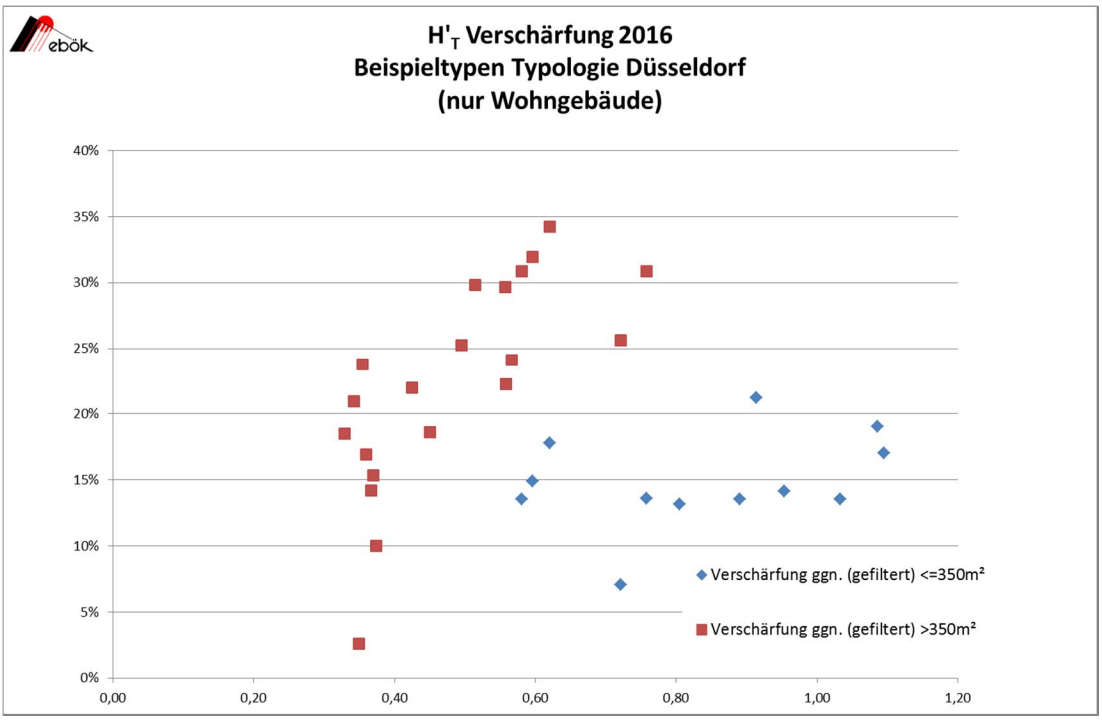


Abb. 68 Verschärfung der Anforderungen an H'$_T$ durch Änderung der Nachweissystematik mit in Kraft treten der EnEV 2016 anhand der Beispielgebäude der Typologie Düsseldorf.

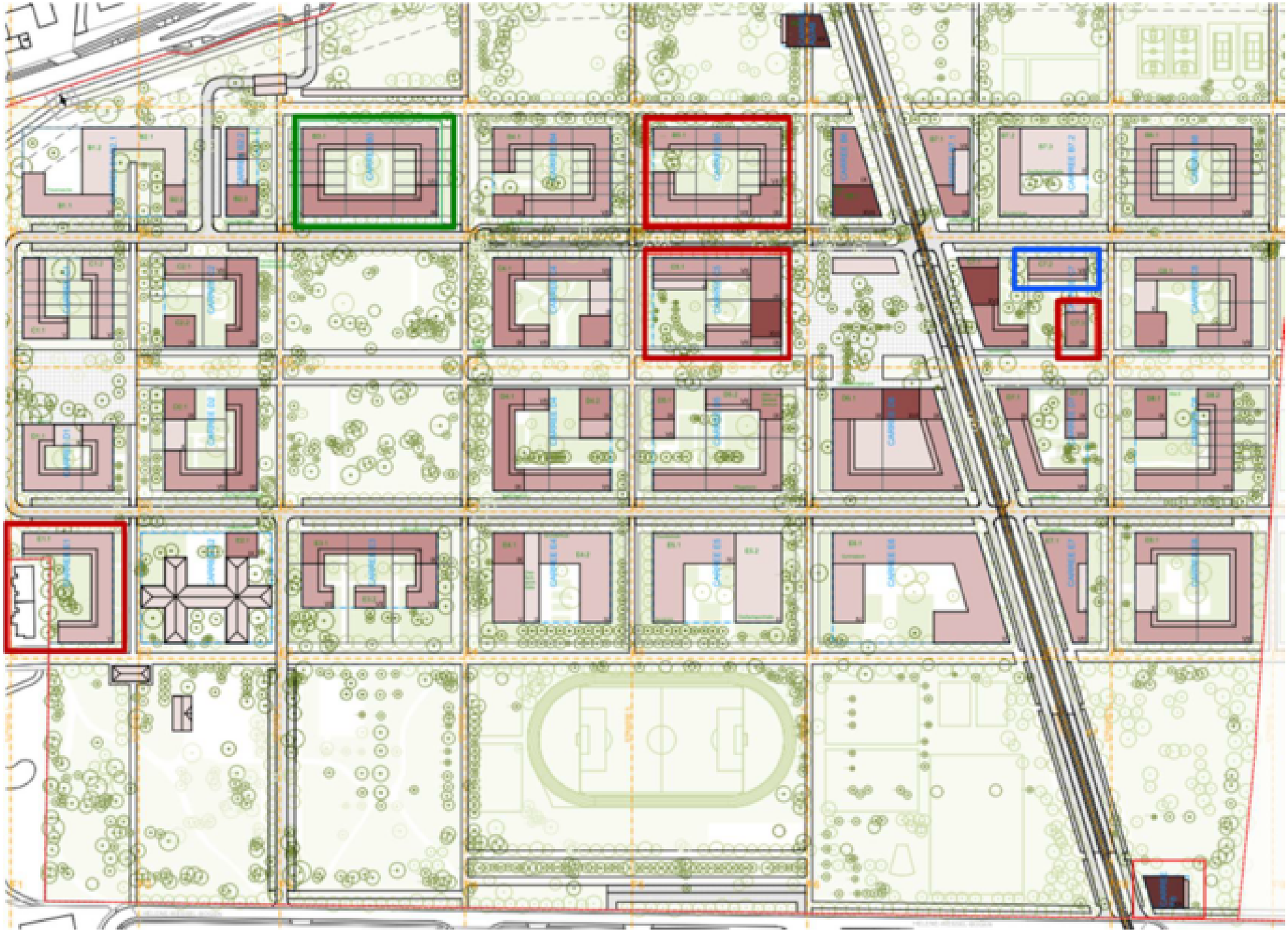
Faktisch stellt sich die Änderung der Anforderungen jedoch nur in wenigen Fällen als relevant dar. In der Praxis wird lediglich der Spielraum in der Ausführung der Gebäudehülle für hoch regenerativ versorgte Gebäude (in der Regel mit Holzheizung) begrenzt. Die Hauptanforderung der EnEV ist die Einhaltung des Primärenergiegrenzwerts, die Einhaltung der Hüllanforderung ist lediglich die Nebenbedingung; von einer allgemeinen Verschärfung kann daher nicht die Rede sein.

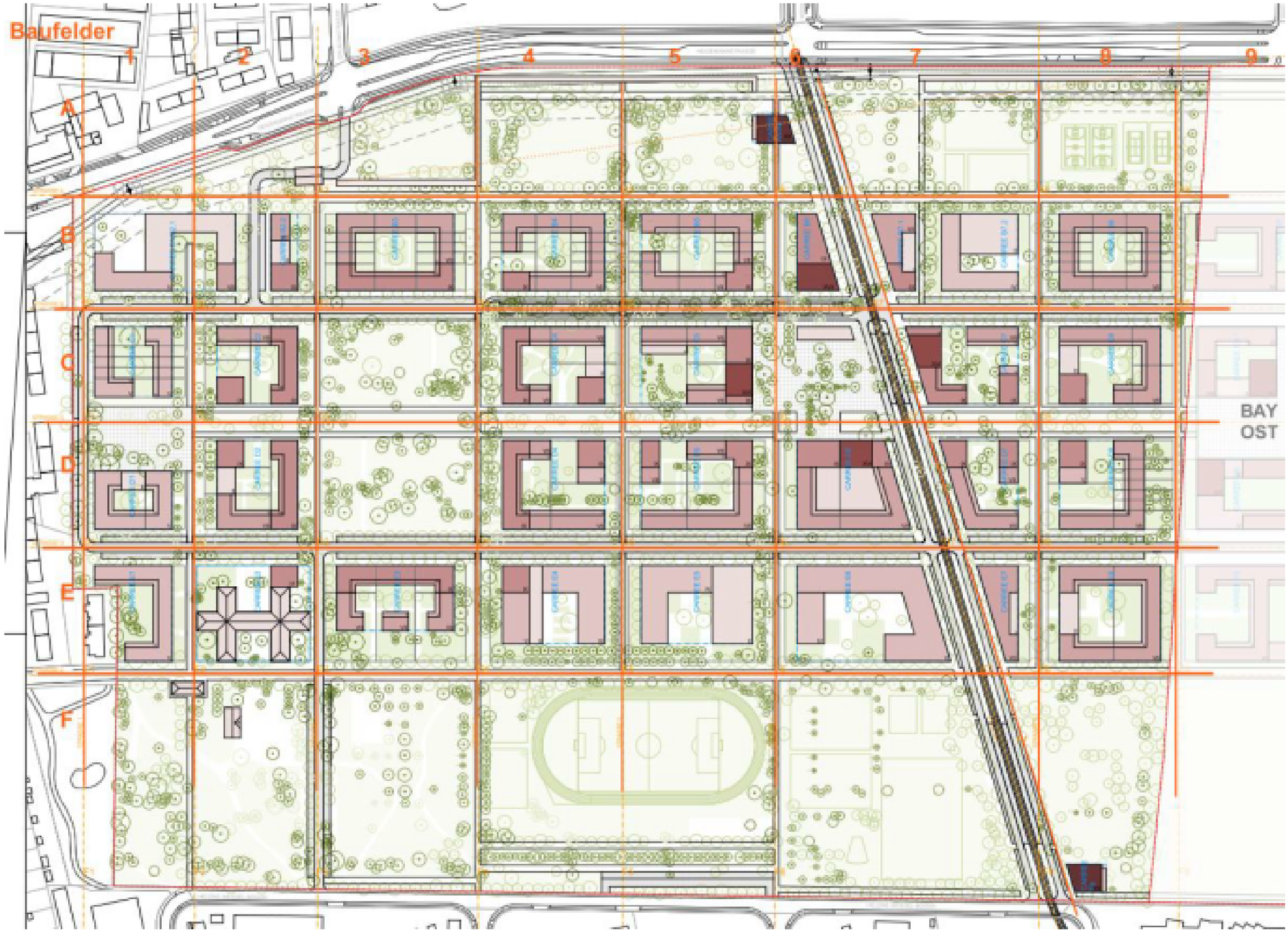
In Bezug auf die Anforderungen der KfW an KfW-Effizienzgebäude hat sich mit Einführung der EnEV2016 weder bei den Anforderungen an den Primärenergiekennwert noch an die Hüllanforderungen etwas geändert, da die Anforderungen der KfW sich schon immer auf die Unterschreitung der Primärenergie- und Hüllenparameter des zugeordneten Referenzgebäudes beziehen.

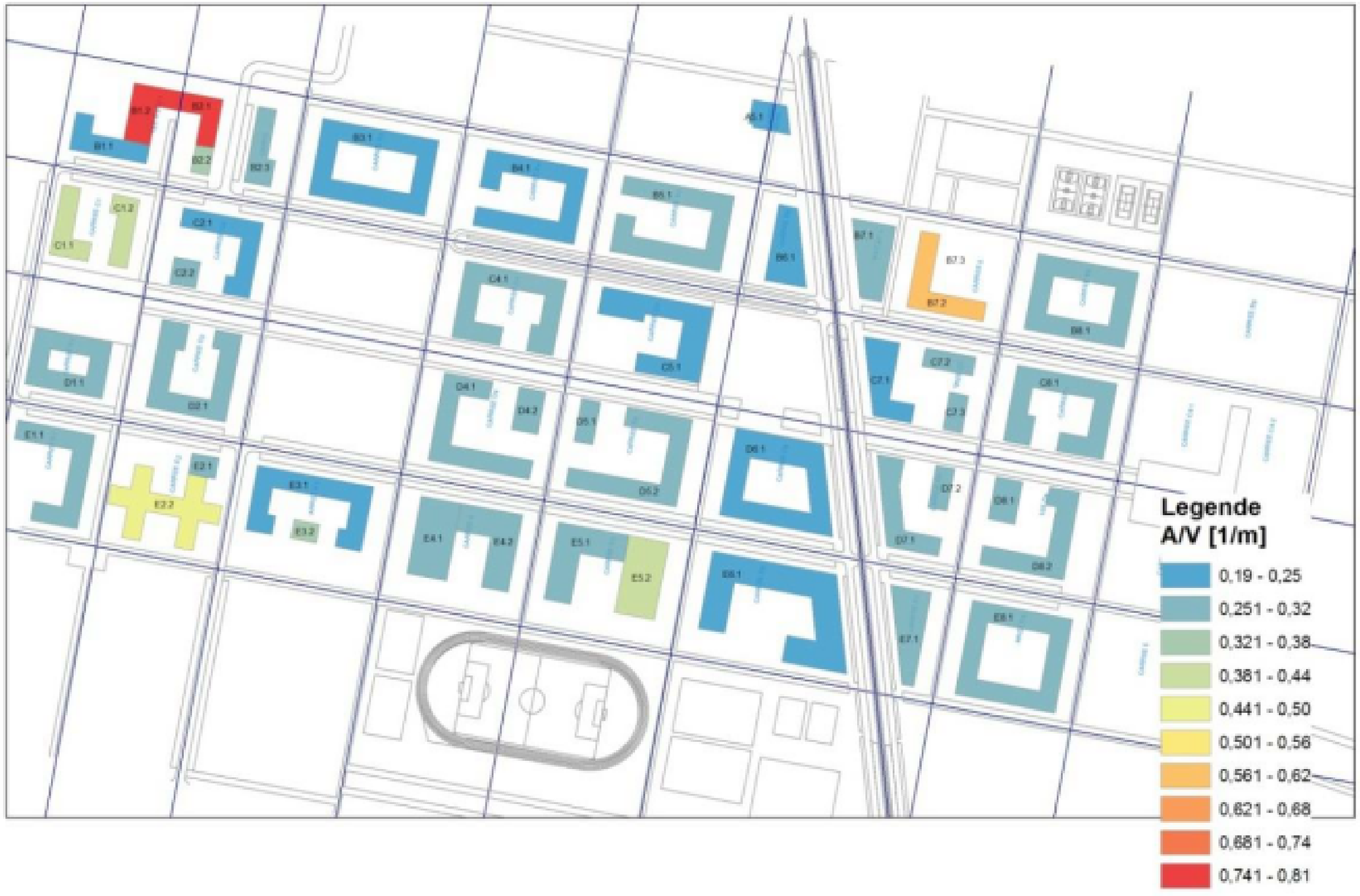
13 Anhang II (Pläne)

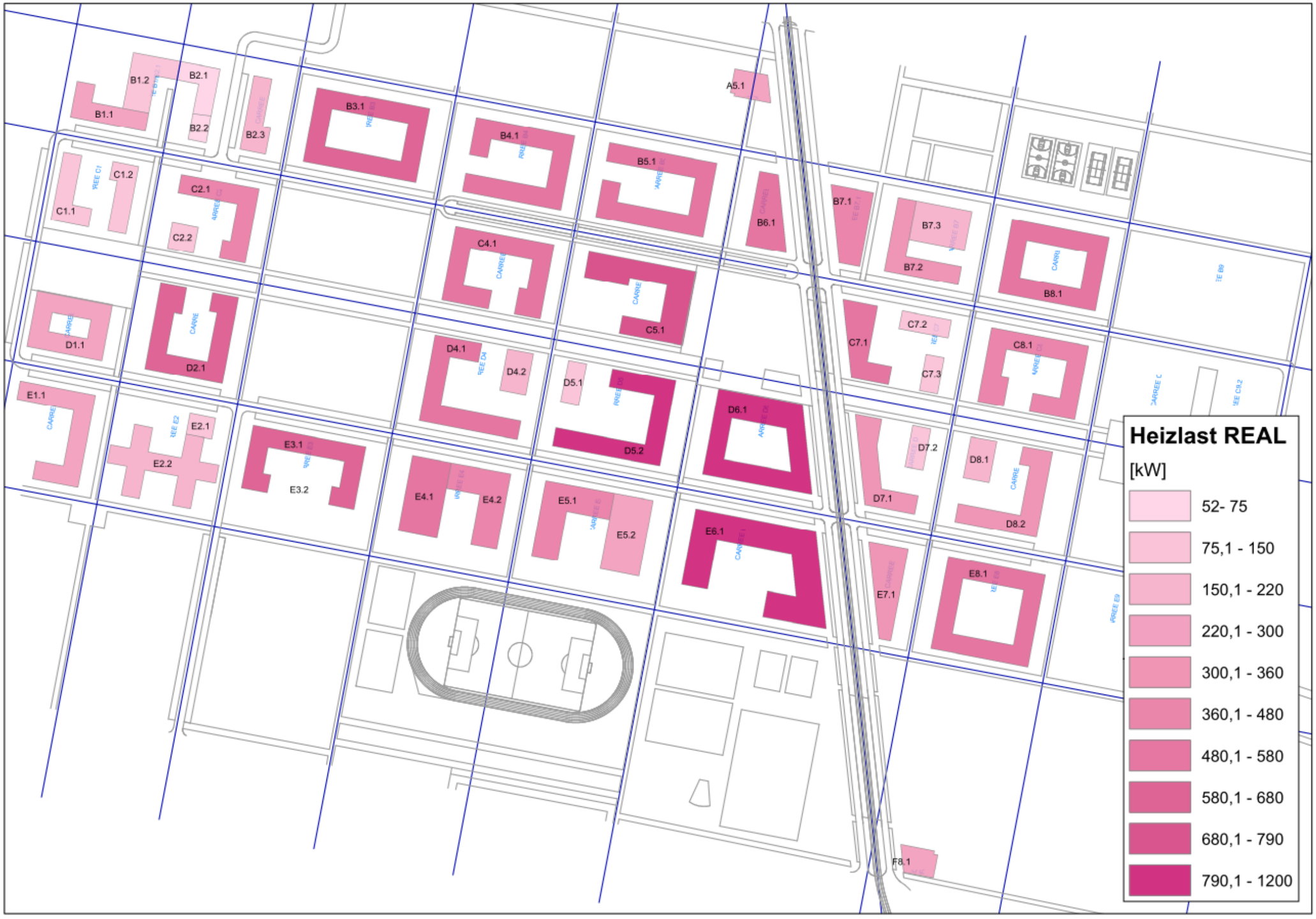
(ausgeblendet)

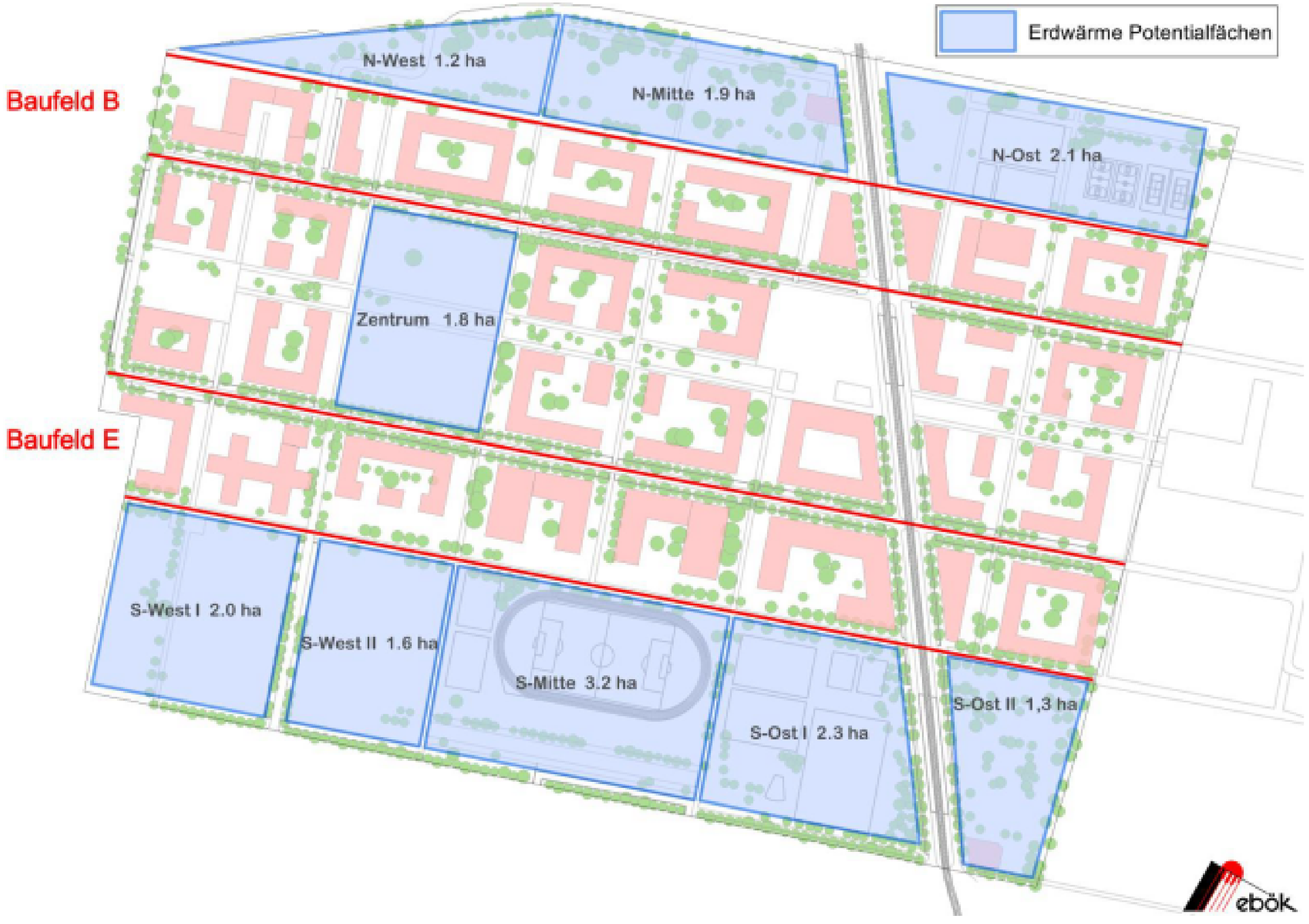
Bilder © 2016 Google,Kartendaten © 2016 GeoBasis-DE/BKG (©2009),Google

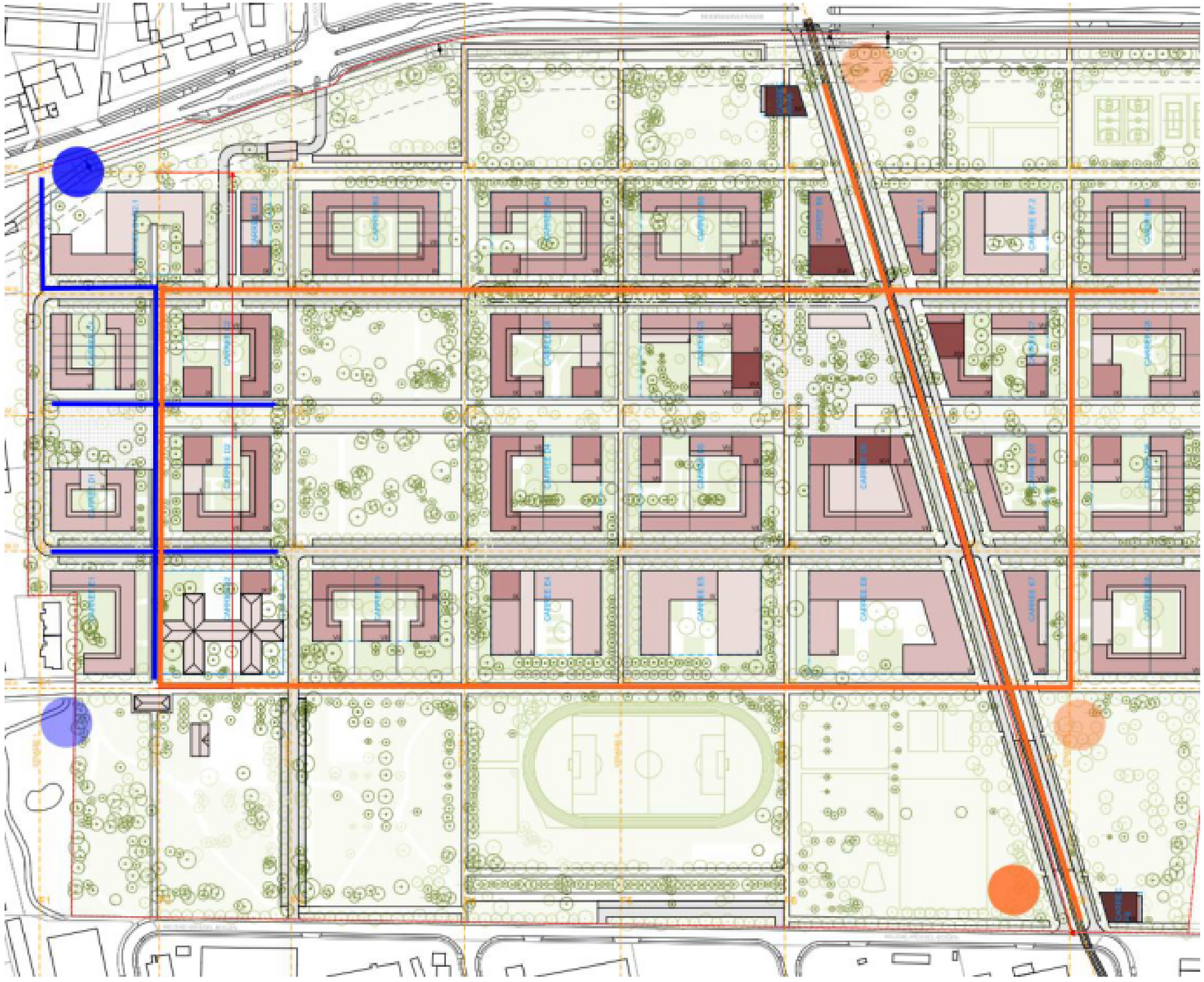


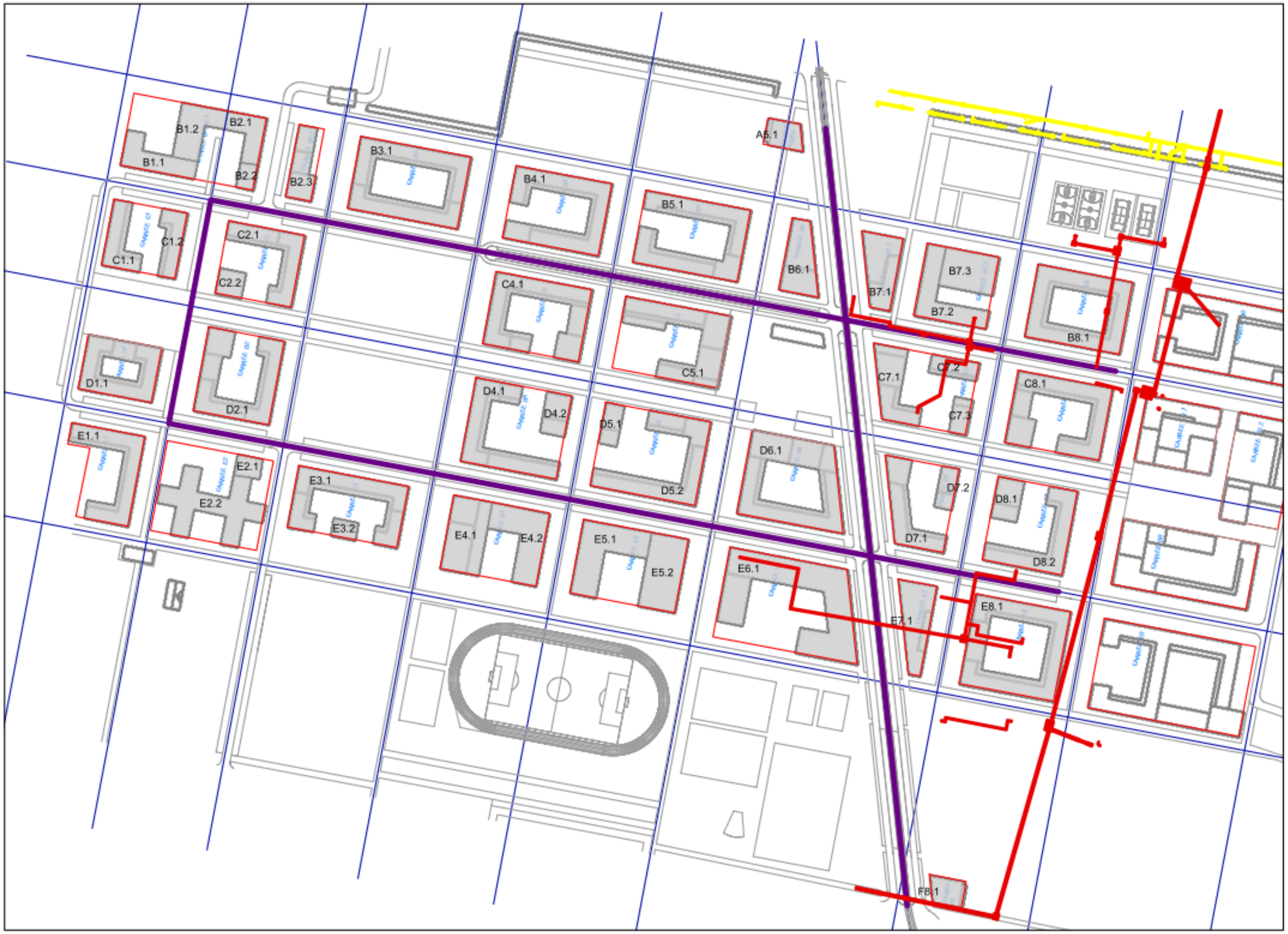

Baufelder
1
2
3
4
5
6
7
8
9
A
B
C
D
E
F
BAY
OST

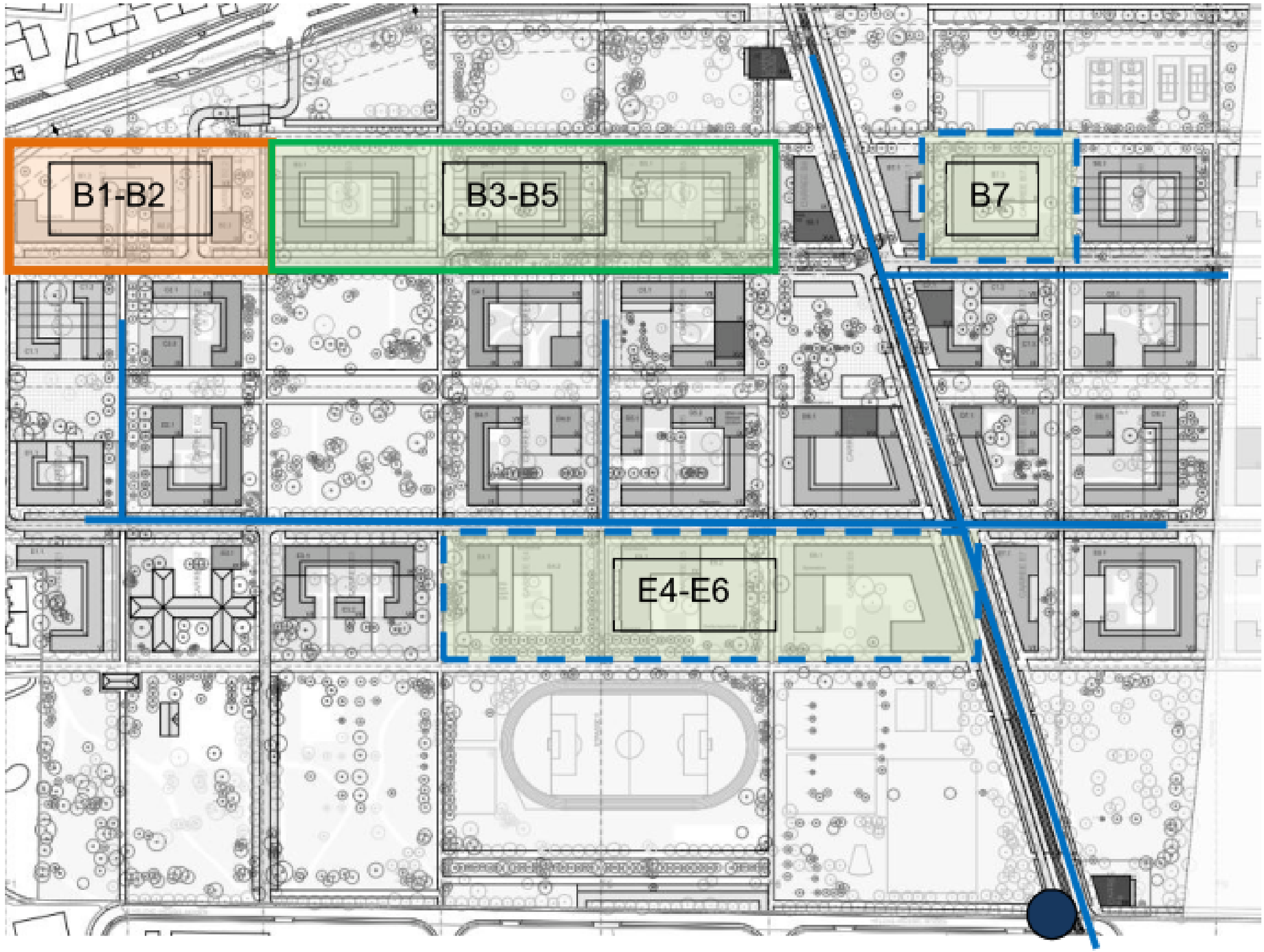

Legende
A/V [1/m]
0,19 - 0,25
0,251 - 0,32
0,321 - 0,38
0,381 - 0,44
0,441 - 0,50
0,501 - 0,56
0,561 - 0,62
0,621 - 0,68
0,681 - 0,74
0,741 - 0,81


B1.1
B1.2
B2.1
B2.2
B2.3
B3.1
B4.1
B5.1
A5.1
B6.1
B7.1
B7.2
B7.3
B8.1
C1.1
C1.2
C2.1
C2.2
C4.1
C5.1
C7.1
C7.2
C7.3
C8.1
D1.1
D2.1
D4.1
D4.2
D5.1
D5.2
D6.1
D7.1
D7.2
D8.1
D8.2
E1.1
E2.1
E2.2
E3.1
E3.2
E4.1
E4.2
E5.1
E5.2
E6.1
E7.1
E8.1
F8.1
Heizlast REAL
[kW]
52- 75
75,1 - 150
150,1 - 220
220,1 - 300
300,1 - 360
360,1 - 480
480,1 - 580
580,1 - 680
680,1 - 790
790,1 - 1200


Erdwärme Potentialfächen
Baufeld B
N-West 1.2 ha
N-Mitte 1.9 ha
N-Ost 2.1 ha
Zentrum 1.8 ha
Baufeld E
S-West I 2.0 ha
S-West II 1.6 ha
S-Mitte 3.2 ha
S-Ost I 2.3 ha
S-Ost II 1,3 ha
ebök




B1.1
B1.2
B2.1
B2.2
B2.3
B3.1
B4.1
B5.1
A5.1
B6.1
B7.1
B7.2
B7.3
B8.1
C1.1
C1.2
C2.1
C2.2
C4.1
C5.1
C7.1
C7.2
C7.3
C8.1
D1.1
D2.1
D4.1
D4.2
D5.1
D5.2
D6.1
D7.1
D7.2
D8.1
D8.2
E1.1
E2.1
E2.2
E3.1
E3.2
E4.1
E4.2
E5.1
E5.2
E6.1
E7.1
E8.1
F8.1


B1-B2
B3-B5
B7
E4-E6