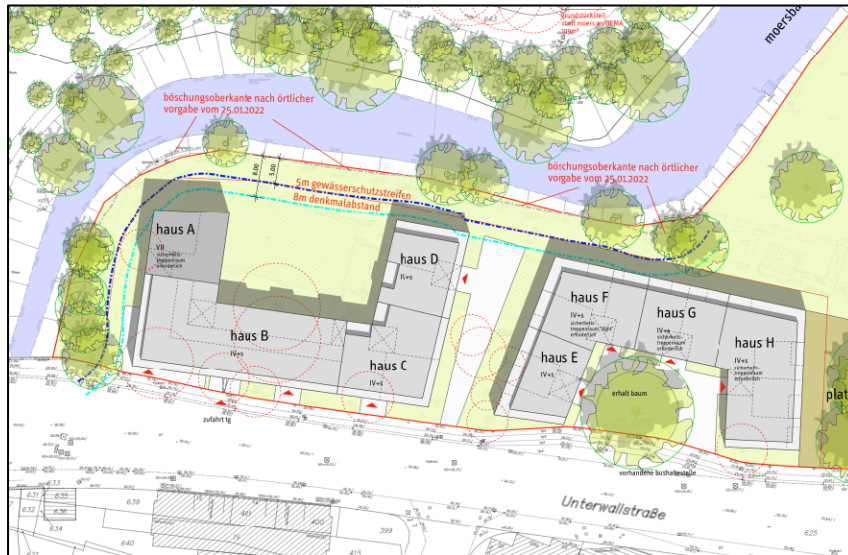


Vorabzug Gutachten zur energieeffizienten Energieversorgung



Quartier	Neubauvorhaben Bebauungsplan 220 Unterwallstraße 47441 Moers
Auftraggeber	b57 GmbH & Co KG c/o BEMA Invest GmbH Breite Straße 31 40213 Düsseldorf
Consultant-Team	Dipl. Ing. Martin Schindler Dipl. Ing. Andreas Gries EE ENERGY ENGINEERS GmbH TÜV Nord Group Munscheidstraße 14 45886 Gelsenkirchen

Inhalt

1	Zusammenfassung und Empfehlung.....	3
2	Grundlagen (Hintergrund und Aufgabenstellung).....	3
3	Vorgehensweise.....	4
3.1.	Rahmenbedingungen.....	4
3.2.	Methodik.....	5
4	Energieeffiziente Energieversorgung.....	5
4.1.	Energiebedarf.....	5
4.1.1.	Wärmebedarf Heizung.....	6
4.1.2.	Wärmebedarf Trinkwarmwasser.....	7
4.2.	Optimierung des Energiebedarfs.....	7
4.3.	Energieversorgung.....	8
4.3.1.	Fernwärmeversorgung.....	8
4.3.2.	Wärmepumpe.....	9
4.3.3.	Weitere Versorgungsmöglichkeiten.....	10
4.3.4.	Einbindung von PV-Anlagen in das Energiekonzept.....	10
4.4.	Bewertung der Varianten.....	12
5	Weitere Aspekte.....	15
5.1.	Energetische Optimierung des städtebaulichen Konzeptes.....	15
5.1.1.	Verschattungssimulation.....	15
5.1.2.	Aktive Nutzung Solarenergie.....	16
5.1.3.	Passive Nutzung Solarenergie.....	16
5.1.4.	Bewertung und Optimierung.....	18
5.2.	Städtebauliche Kompaktheit.....	19
5.3.	Hinweise zu einer klimawirksamen Bepflanzung.....	20
6	Empfehlungen für eine energieeffiziente und klimaschonende Energieversorgung.....	20
7	Ergänzende Hinweise.....	21
8	Anhang.....	22
8.1.	Abbildungsverzeichnis.....	22
8.2.	Tabellenverzeichnis (Matrix).....	22

1 Zusammenfassung und Empfehlung

Die EE Energy Engineers GmbH hat anhand der bis zum 23.05.2022 vorliegenden Planungsunterlagen zum städtebaulichen Entwurf den Energiebedarf der Gebäude für Heizung, Warmwasser und die elektrische Hilfsenergie zur Bereitstellung des Wärmebedarfs ermittelt. Dafür wurde von einer Referenzvariante entsprechend GEG ausgegangen. Es wurden zusätzlich Gebäudestandards nach den bis Januar 2022 förderfähigen Standards KfW Effizienzhaus 55 und KfW Effizienzhaus 40 untersucht.

Es wurden verschiedene Energieversorgungsmöglichkeiten unter Einbindung Erneuerbarer Energien betrachtet. Die priorisierte Fernwärmeversorgung wurde in Verbindung mit unterschiedlichen Gebäudedämmstandards und mit dem Einsatz von Photovoltaikanlagen vertiefend untersucht und berechnet. Der Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen wurden ermittelt. Die Berechnungen wurden mithilfe der Simulationssoftware Velasolaris POLYSUN® durchgeführt.

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen die Fernwärmelösung als effizienteste und klimaschonendste Versorgungsvariante. Es wird daher empfohlen, das Neubaugebiet an das Fernwärmenetz der Fernwärme Niederrhein anzuschließen. Diese wird durch die geplante Inbetriebnahme des „Dinslakener Holz-Energiezentrums (DHE)“ mit einem CO₂-Ausstoß von unter 50 g/kWh fast klimaneutral sein. Zur weiteren Reduktion der CO₂-Emissionen sollten die Möglichkeiten zur Installation von Photovoltaikanlagen weitestgehend genutzt werden. Um den Anschluss an die Fernwärme zu realisieren, ist ein rechtzeitiger Ausbau des Fernwärmenetzes erforderlich. Falls dies nicht gelingen sollte, könnte auch über eine temporäre Lösung mit mobilen Heizzentralen nachgedacht werden.

2 Grundlagen (Hintergrund und Aufgabenstellung)

Die b 57 GmbH Co. KG plant im Bereich des noch nicht rechtskräftigen Bebauungsplans 220 in Moers den Neubau von sieben Mehrfamilienhäusern mit insgesamt ca. 86 WE sowie einem Gebäude mit Gewerbeeinheit. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Gutachtens behält sich der Investor noch vor, für ein Gebäude eine gemischte Nutzung vorzusehen. Im Rahmen des Bauleitplanverfahrens fordert die Stadt Moers vom Investor ein Gutachten zur energieeffizienten und ressourcenschonenden Energieversorgung der neuen Gebäude.

Die Planungen sollen einen möglichst klimaneutralen Betrieb der Neubauten, ein energieeffizientes Versorgungssystem des Gebietes und eine überwiegende Deckung des Bedarfs über regenerative Energien vorsehen. Dabei ist prioritär die Nutzung vorhandener Fernwärmenetze zu betrachten. Die städtebauliche Konzeption soll hinsichtlich der Nutzungsmöglichkeiten aktiver und passiver Solarenergienutzung bewertet werden. Darüber hinaus ist eine klimawirksame Bepflanzung zu berücksichtigen.

Die EE Energy Engineers GmbH wurde von der b 57 GmbH Co. KG mit der Erstellung dieses Gutachtens beauftragt. Es besteht von Seiten des Auftraggebers und des Auftragnehmers der Anspruch, ein zukunftsfähiges Energiekonzept zu entwickeln, das unter Berücksichtigung der Reduzierung des Energiebedarfs, der Optimierung der Energieversorgung und des Einsatzes

erneuerbarer Energien zu möglichst dauerhaft niedrigen Energiekosten und hoher Betriebs- und Planungssicherheit führt.

3 Vorgehensweise

3.1. Rahmenbedingungen

Für die Erstellung des vorliegenden Energiekonzeptes konnten die die wesentlichen Rahmenbedingungen ausreichend abgesteckt werden. Folgende Dokument liegen vor und wurden bei der Erstellung des Gutachtens berücksichtigt:

- Informationen aus der Angebotsanfrage zur Erstellung eines Gebäudeenergiekonzeptes zum Bebauungsplan 20210_B_Bebauungsplan 220 (Unterwallstraße) durch die ISR Innovative Stadt und Raumplanung GmbH vom 19.07.2021.
- Vorentwurf städtebauliches Konzept Konrad und Wennemar Architekten und Ingenieure vom 23.05.2022.
- Unterlage Städtebauliche Kennwerte Konrad und Wennemar Architekten und Ingenieure vom 09.02.2022.

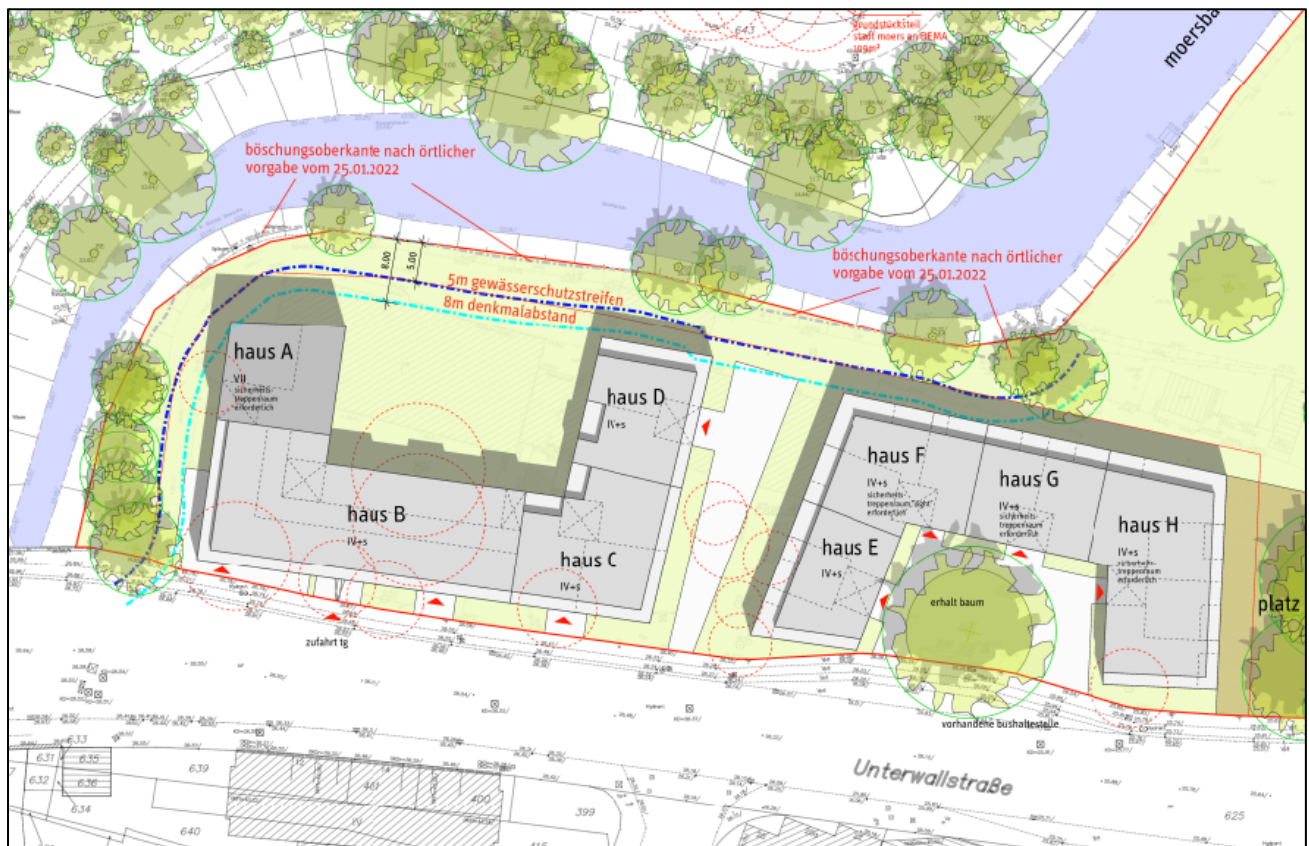


Abbildung 1: Städtebauliches Konzept, Konrath und Wennemar Architekten BP 220

Datenübersicht	WE / GE	Geschosse	BGF (m ²)	A _N (m ²)	Wfl. (m ²) / NF Gewerbe (m ²), A _N /1,2
Haus A Süd	14 / 0	VII	1.351	1.232	1.027 / 0
Haus B Süd	0 / 1	IV + S	2.983	2.506	0 / 2.088
Haus C - D Süd	23 / 0	IV + S	2.718	2.478	2.065 / 0
Haus E - H Süd	49 / 0	IV + S	5.719	5.185	4.014 / 307
Gesamt Süd	86 / 1	-	12.771	11.401	7.106 / 2.395

Tabelle 1: Gebäude Städtebauliches Konzept BP 220

3.2. Methodik

Anhand der angegebenen Gebäudegrößen und Nutzungstypologien sowie den einschlägigen Vorgaben im Gebäudeenergiegesetz (GEG in der Fassung vom 1. November 2021) wurde der Primärenergiebedarf für jeweils hinsichtlich Kubatur und Größe gleiche Referenzgebäude ermittelt. Anhand dessen wurde der maximal zulässige Referenzprimärenergiebedarf beziffert.

Im nächsten Schritt wurden für die Gebäude folgende Energieversorgungsvarianten simuliert:

- Nutzung Fernwärmeversorgung über den Anbieter „Fernwärme Niederrhein“.
- Einsatz einer Luft-Wasser-Wärmepumpe.
- Einsatz von Lüftungsanlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung.
- Einsatz von PV-Anlagen entsprechend den Vorgaben im GEG.

Alle Simulationen wurden mit der Simulationssoftware Velasolaris POLYSUN[®] durchgeführt.

4 Energieeffiziente Energieversorgung

Um ein Konzept für eine energieeffiziente und klimaschonende Energieversorgung erstellen zu können, müssen zunächst die Referenzenergiebedarfe ermittelt werden. Ziel ist es dann, über eine rechnerische Simulation geeignete Optimierungsmöglichkeiten zu erarbeiten, die eine möglichst effiziente und klimaschonende Deckung dieser Energiebedarfe sicherzustellen.

4.1. Energiebedarf

Die Energiebedarfe für Wohngebäude lassen sich primär in den Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung sowie den Strombedarf für die Anlagentechnik (z.B. Pumpen Heizung und Warmwasser, Lüftungstechnik) unterteilen. Der Allgemeinstrom- (Aufzug, Beleuchtung) sowie der Haushaltsstrombedarf der Wohneinheiten werden in der Regel nicht berücksichtigt, da diese nicht der Gebäudekonditionierung an sich zuzuordnen sind. Gleiches gilt für den durch Ladeinfrastrukturen zur Elektromobilität entstehenden Strombedarf sowie im Nichtwohngebäudebereich für Einheiten mit Büronutzung, wobei einschränkend der Trinkwarmwasserbedarf in der Regel als dezentral und vernachlässigbar eingeschätzt werden kann. Der Strombedarf für Beleuchtung wird in Nichtwohngebäuden hingegen nach den anerkannten Regeln der energetischen Gesamtbilanzierung berücksichtigt. Er spielt jedoch in der reinen Wärmebedarfsbetrachtung eine untergeordnete Rolle.

4.1.1. Wärmebedarf Heizung

Der Wärmebedarf für die Raumheizung wird einerseits von der Größe und der Kubatur des Gebäudes, andererseits von folgenden Einflussfaktoren maßgeblich mitbestimmt:

- Dämmstandard der Systemgrenzen Gebäudehülle.
- Größe und Ausrichtung von nicht opaken Bauteilen wie Fensterflächen sowie passive Solarenergienutzung.
- Luftdichtheit der Gebäudehülle.
- Anlagentechnik zur Heizwärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe.
- Anlagentechnik zur kontrollierten Wohnraumbelüftung.
- Wärmerückgewinnung.

Die durch diese Faktoren bedingten Energieverluste bestimmen den Heizwärmebedarf sowie hieraus abgeleitet den Endenergie- sowie Primärenergiebedarf zur Bereitstellung.

Einen nur schwer kalkulierbaren zusätzlichen Faktor stellen grundsätzlich die individuellen Nutzungsrandbedingungen dar (z.B. Rauminnentemperaturen, Lüftungsverhalten), die durch individuelles Verhalten der Bewohnenden bzw. Nutzenden der gewerblich genutzten Gebäude den Wärmeenergieverbrauch zusätzlich beeinflussen.

Um eine konzeptionelle Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, wurden im vorliegenden Konzept standardisierte Randbedingungen nach GEG angenommen.

Folgende Heizwärmebedarfe Q_H wurden im Rahmen der Simulation für die einzelnen Referenzgebäude ermittelt:

Haus	Q_H kWh/a	Q_H kWh/m ² a
Haus A Süd	103.000	83,6
Haus B Süd	214.000	85,4
Haus C-D Süd	194.000	78,6
Haus E-H Süd	429.000	82,7
Gesamt Süd Summe / Durchschnitt	940.000	82,6

Tabelle 2: Heizwärmebedarfe Referenzgebäude BP 220

Der spezifische Heizwärmebedarf liegt für die im Rahmen des B-Plans 220 geplanten Gebäude bei 82,6 kWh/m²a (Bezug energetische Nutzfläche A_N) sofern ausschließlich die Mindestanforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle auf Basis von getroffenen Annahmen erfüllt werden.

4.1.2. Wärmebedarf Trinkwarmwasser

Der Nutzwärmebedarf zur Trinkwarmwassererzeugung wird nach GEG für Wohngebäude mit 12,5 kWh/m²a angenommen. Hinzugerechnet werden die Energieverluste, die im Zusammenhang mit der Wärmeerzeugung, -speicherung und -verteilung entstehen.

Besonders die dauerhafte Umwälzung und Zirkulation von Trinkwarmwasser im Sinne eines erhöhten Zapfkomforts sowie zur Sicherstellung von Hygienestandards verursacht zusätzliche Verluste. Das tatsächliche Nutzungsverhalten hat speziell in diesem Verbrauchersegment einen entscheidenden Einfluss auf den tatsächlichen Energieverbrauch Wärme und Hilfsstrom.

Folgende Trinkwarmwasserwärmebedarfe Q_{TW} wurden im Rahmen der Simulation für die einzelnen Referenzgebäude ermittelt:

Haus	Q_{TW} kWh/a inkl. Verluste	Q_{TW} kWh/m ² a inkl. Verluste
Haus A Süd	15.419	12,5
Haus B Süd	vernachlässigbar	vernachlässigbar
Haus C-D Süd	29.167	11,8
Haus E-H Süd	43.327	8,4
Gesamt Süd Summe / Durchschnitt	87.913	10,9

Tabelle 3: Wärmebedarfe Trinkwarmwassererzeugung Referenzgebäude BP 220

Der spezifische Trinkwarmwasserwärmebedarf inkl. Verluste liegt für die im Rahmen des B-Plans 220 geplanten Gebäude sowie den getroffenen Annahmen bei 10,9 kWh/m²a inklusive Verluste (Bezug energetische Nutzfläche A_N).

4.2. Optimierung des Energiebedarfs

Der Energiebedarf für die Raumheizung kann durch einen gegenüber dem Referenzgebäude verbesserten Wärmedämmstandard deutlich reduziert werden.

So weist ein Gebäude nach KfW Effizienzhausstandard 55 einen um 30 % geringeren Transmissionswärmeverlust gegenüber dem Referenzgebäude nach GEG auf. Für ein Gebäude nach KfW Effizienzhausstandard 40 ist ein um 55 % reduzierter Transmissionswärmeverlust gegenüber dem Referenzgebäude nach GEG nachzuweisen.

Die Simulationsergebnisse zur Erreichung und Optimierung von Effizienzgebäude-Standards unter Annahme verschiedener Qualitätsstufen bei der Wärmedämmung sowie in Kombination mit verschiedenen Energieversorgungskonzepten und anlagentechnischen Konfigurationen können differenziert unter Kapitel 4.3 eingesehen und interpretiert werden.

Die Gebäudehülle sollte demnach über die Auswahl der Bau- und Dämmstoffe, eine bestmögliche Gebäudeausrichtung zur passiven Nutzung von solarer Einstrahlung, geringstmögliche Wärmebrückeneinflüsse sowie ein optimal ausgelegtes Luftdichtheitskonzept für einen möglichst geringen Energiebedarf ausgelegt werden.

4.3. Energieversorgung

Ziel ist es, die erreichte Energiebedarfsbilanz über eine möglichst effiziente, ressourcen- und klimaschonende Energieversorgung zu decken. Hierfür kommen unterschiedliche Energieträger und Technologien in Frage, die zunächst unter energetischen Aspekten zu bewerten sind. Die Kosten sowohl für die Errichtung der Anlagen als auch für den Betrieb, somit ökonomische Effekte sind weiterhin zu betrachten, jedoch nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

Im Folgenden werden verschiedene Versorgungskonzepte mit unterschiedlichen anlagentechnischen Konfigurationen auf ihre Effizienzeffekte hin untersucht und vergleichend abgebildet.

4.3.1. Fernwärmeversorgung

Sofern eine Fernwärmeversorgung aufgrund eines bereits vorhandenen Netzes mit ausreichender Kapazität angeschlossen werden kann, ist diese vorrangig zu untersuchen, da die vorhandene Infrastruktur mit geringen Investitionen in die Anlagentechnik genutzt werden kann. Diese Variante ist daher in der Regel nicht nur kostengünstig, sondern auch ressourcenschonend einsetzbar.

Das Netz der Fernwärme Niederrhein ist in der Nähe des geplanten Neubaugebietes bereits vorhanden und soll weiter ausgebaut werden, so dass ein Anschluss der Gebäude möglich erscheint. Da die Energieversorgung die Fernwärme aufgrund des großen Anteils der eingesetzten erneuerbaren Energien einen geringen Primärenergiefaktor aufweist und daher eine vergleichsweise klimaschonende Versorgungsvariante darstellt, sollte diese Variante priorisiert werden.

Für das bezüglich einer Anschlusssituation relevante Wärmenetz „Fernwärmeschiene Niederrhein“ der Fernwärmeversorgung Niederrhein GmbH und der Fernwärme Duisburg GmbH können folgende Primärenergiefaktoren ausgewiesen und bescheinigt werden:

Erhebungsmethodik	fp
Primärenergiefaktor fp nach § 22 Absatz 2, GEG 2020 (berechnet nach FW 309-1: 2020	-0,31
Primärenergiefaktor fp nach § 22 Absatz 2, GEG 2020 (nach Kappung und EE-Bonus), nach GEG zu verwenden	0,22

Tabelle 4: Angesetzte Primärenergiefaktoren Fernwärme BP 220

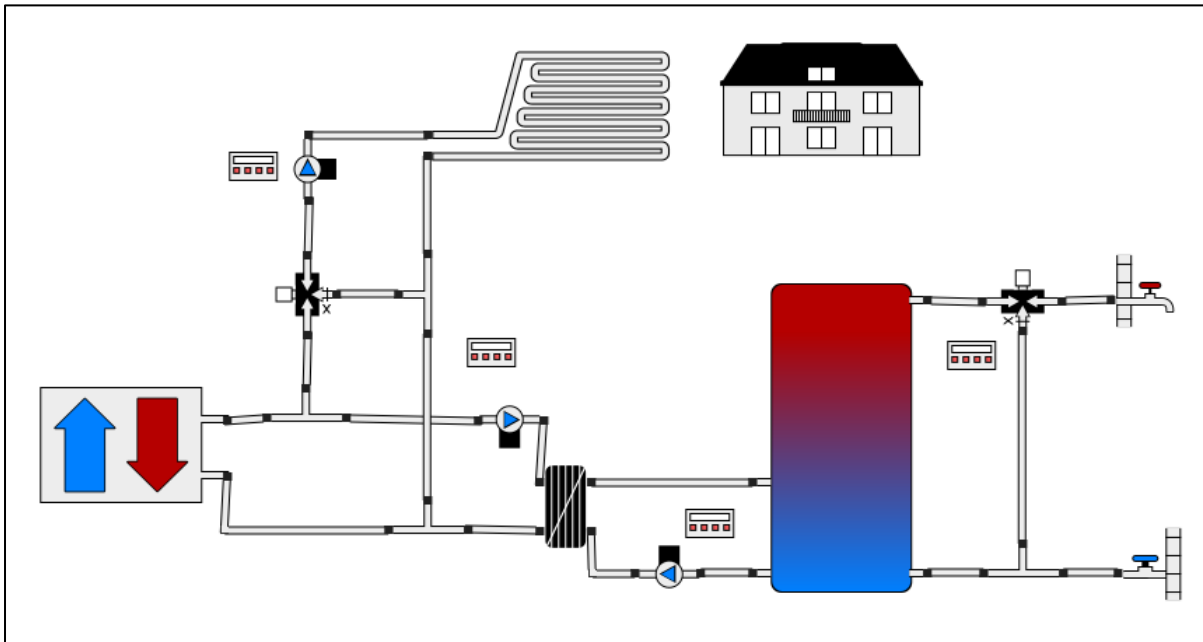


Abbildung 2: Beispiel-Schema Fernwärmeversorgung BP 220

4.3.2. Wärmepumpe

Die Wärmeversorgung über eine Wärmepumpen-Technologie stellt eine interessante und zeitgemäße Möglichkeit dar, da sie unabhängig von fossilen Energieträgern nur über die erneuerbare Energie Umweltwärme und Strom bereitgestellt werden kann. Die CO₂-Emissionen über die Stromspeisung von Wärmepumpen sind hier derzeit noch deutlich höher als zum Beispiel die einer Fernwärmeversorgung. Es kann jedoch eindeutig prognostiziert werden, sie werden jedoch mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Stromnetz zukünftig weiter abnehmen.

Zur Nutzung von Umweltwärme kommen unterschiedliche Quellen in Frage, die wesentlichen Technologien werden im Folgenden beschrieben:

- Wärmequelle Luft: Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe stellt eine einfache und im Vergleich kostengünstige Variante dar, da keine zusätzlichen Investitionen in weitere Infrastruktur wie z. B. Bohrungen erforderlich sind. Zu beachten sind jedoch die durch Schall und Vibrationen der Geräte auftretenden Beeinträchtigungen der Umwelt. Es müssen daher in Frage kommende Aufstellorte für die Wärmepumpen sorgfältig untersucht werden. Ferner weisen Luft-Wasser-Wärmepumpen eine vergleichsweise niedrige Jahresarbeitszahl auf, über die sich im Wesentlichen der Wirkungsgrad definiert. Im Neubaubereich mit entsprechend im Vorfeld geplanten Heizwärmeübergabeflächen gemäß ermitteltem Energiebedarf ist die Technologie jedoch versorgungssicher und hocheffizient einsetzbar. Im Falle einer zentralen Warmwasserversorgung sind je nach Auslegung Kombispeichersysteme mit Puffer- und Bereitschaftsteil (z.B. als Frischwasserspeicher) zu empfehlen. Aus Kosteneffizienzgründen stellt diese Alternative die favorisierte Lösung im Technologiesegment dar.

- Wärmequelle Geothermie: Um Erdwärme zu nutzen müssen Erdsonden installiert werden, für die entsprechende Bohrungen oder Flächenverlegungen erforderlich sind. Diese sind einerseits kostenintensiv und andererseits im Falle von Bohranforderungen genehmigungspflichtig und in diesem Sinne rechtssicher zu realisieren. Gerade im Bereich der alten Festungswälle in Moers sind Bodendenkmäler zu berücksichtigen. Auf eine genauere Untersuchung einer Versorgung mit Geothermie wurde nicht zuletzt aus Gründen des technischen und Investitionsaufwandes verzichtet.
- Wärmequelle Wasser: Auch die Nutzung des Moersbaches als Wärmequelle zum Betrieb einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe unter Berücksichtigung eines Versorgungskonzeptes über kalte Nahwärme wurde nicht näher untersucht, da hier ebenso mit einem unverhältnismäßig hohen Aufwand gerechnet werden müsste. Die Nutzung von Abwärme-Potenzialen zur energetischen Speisung einer Wärmepumpe aus dem am geplanten Bauabschnitt beginnenden Abwasserkanal ist in Ermangelung eines ausreichenden Volumenstroms gleichfalls nicht angezeigt.

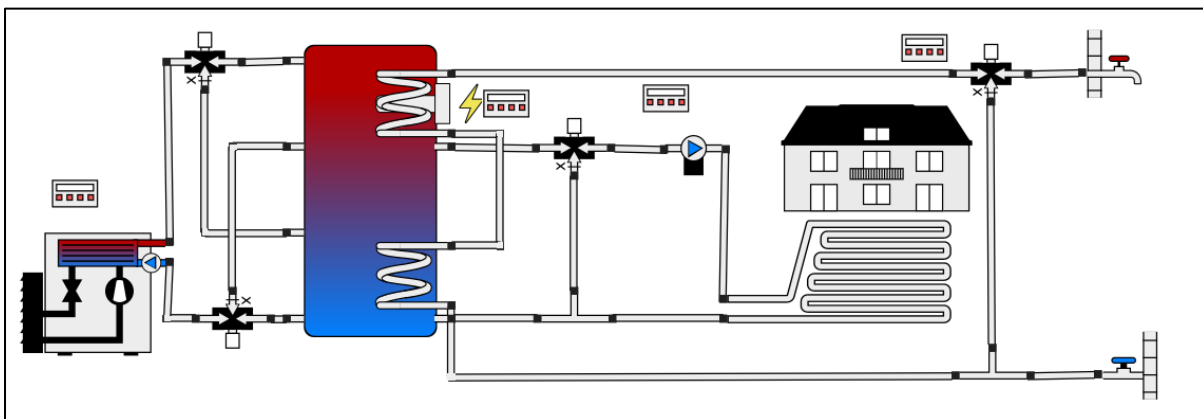


Abbildung 3: Beispiel-Schema Wärmeversorgung Wärmepumpe BP 220

4.3.3. Weitere Versorgungsmöglichkeiten

Als weitere theoretische Option der Wärmeversorgung wäre eine zentrale Versorgung mit einer Holzpellet-Heizung zu nennen. Diese wurde jedoch bereits im Vorfeld ausgeschlossen, da eine potenzielle Infrastruktur zur Anlieferung der Holzpellets sowie der Platzbedarf für die Lagerung der Pellets kritisch gesehen werden.

4.3.4. Einbindung von PV-Anlagen in das Energiekonzept

Die Flachdachflächen der geplanten Gebäude eignen sich gut für eine Installation und den Betrieb einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung. Empfohlen wird grundsätzlich eine aufgeständerte Bauweise mit kristallinen Modulen.

Grundlage einer passenden Dimensionierung und einer auf den Strombedarf sowie das typische Lastgangprofil zugeschnittene Lösung sind die in der Ausführungsplanung festgeschriebenen Dachflächen sowie ggf. Dachaufbauten (sog. „Störfächen“) für Aufzugsschächte, Oberlichter,

Lüftungsaggregate etc.

Der Einsatz eines Stromspeichers zur Erhöhung der Eigenverbrauchsquote und stromseitigen Versorgungs-Autarkie kann erwogen werden, ist jedoch mit einer entsprechenden Zusatzinvestition verbunden, der rein wirtschaftliche Nutzen für den Investor bleibt aufgrund von zukünftigen Entscheidungs- und Nutzungsstrukturen durch Gebäudebetreiber und Bewohnenden nachrangig.

Im Rahmend der durchgeführten Simulation sowie den angestrebten Variantenvergleich wurden für eine typische Verbraucherstruktur für Wohngebäude eine Mindestdimensionierung zur Erfüllung des GEG mit folgenden Eckdaten angesetzt:

Haus	Größe der Anlage in kW _p	Kollektorfläche m ²
Haus A Süd	9,2	65,7
Haus B Süd	18,8	133,6
Haus C-D Süd	18,5	131,5
Haus E-H Süd	38,9	276,5
Gesamt Süd Summe	85,4	607,3

Tabelle 5: Mindestdimensionierung PV-Anlage nach GEG BP 220, Haus A

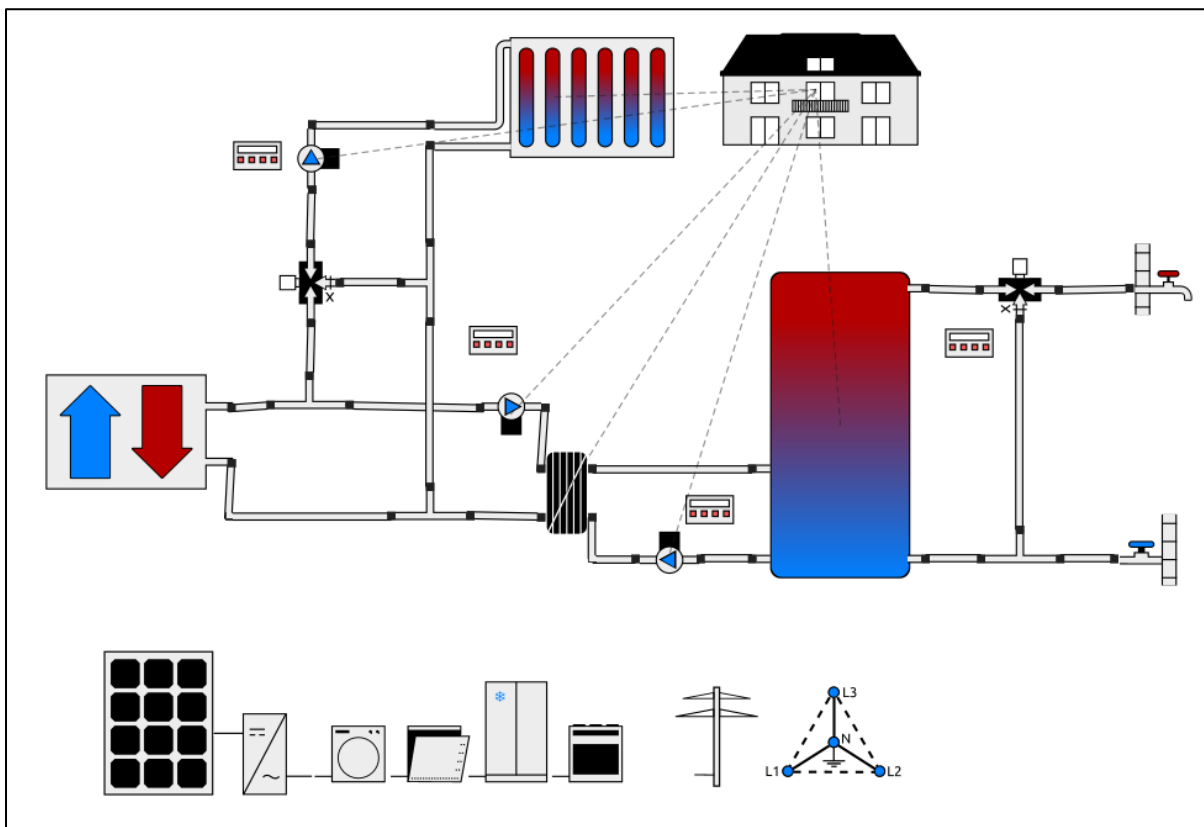


Abbildung 4: Beispiel-Schema Wärmeversorgung Fernwärme, Einbindung PV, BP 220

4.4. Bewertung der Varianten

Die nachfolgende Grafik dokumentiert die Bilanzierungsergebnisse aus der Simulation verschiedener Gebäudehüllenstandards in Kombination mit den Energieversorgungslösungen Fernwärme vs. Luft-Wasser-Wärmepumpe unter weiterer Berücksichtigung des Einsatzes von raumluftechnischen Anlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung. Dargestellt werden die Niveaus für die relevanten Größen

- Spezifischer Primärenergiebedarf Q_p
- Spezifische CO₂ Emissionen

Folgende Primärenergiefaktoren kamen im Rahmen der simulierten Varianten berücksichtigt:

Primärenergiefaktoren	fp
Primärenergiefaktor fp nach § 22 Absatz 2, GEG 2020 (nach Kappung und EE-Bonus), nach GEG zu verwenden	0,22
Primärenergiefaktor Strom-Mix	1,80
Primärenergiebedarf Erdgas (nur Referenzgebäude)	1,10

Tabelle 6: Verwendete Primärenergiefaktoren Simulation Variantenvergleich

Gemäß GEG § 23 Absatz 3 und im Rahmen einer möglichen Förderung über das BEG wurden 150 kWh/kWp bzw. 30 % des ermittelten Strombedarfs für eine potenzielle Selbstnutzung abgezogen.

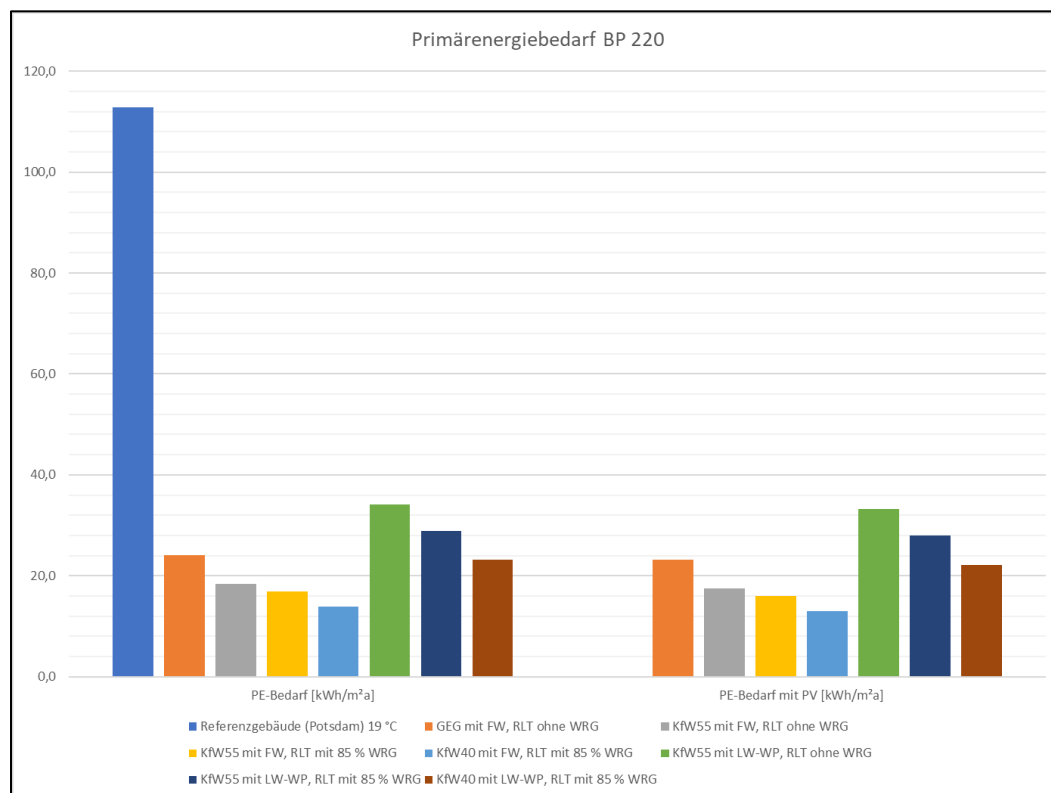


Abbildung 5: Vergleichende Grafik Primärenergiebedarf für unterschiedliche Dämmstandards und Versorgungslösungen

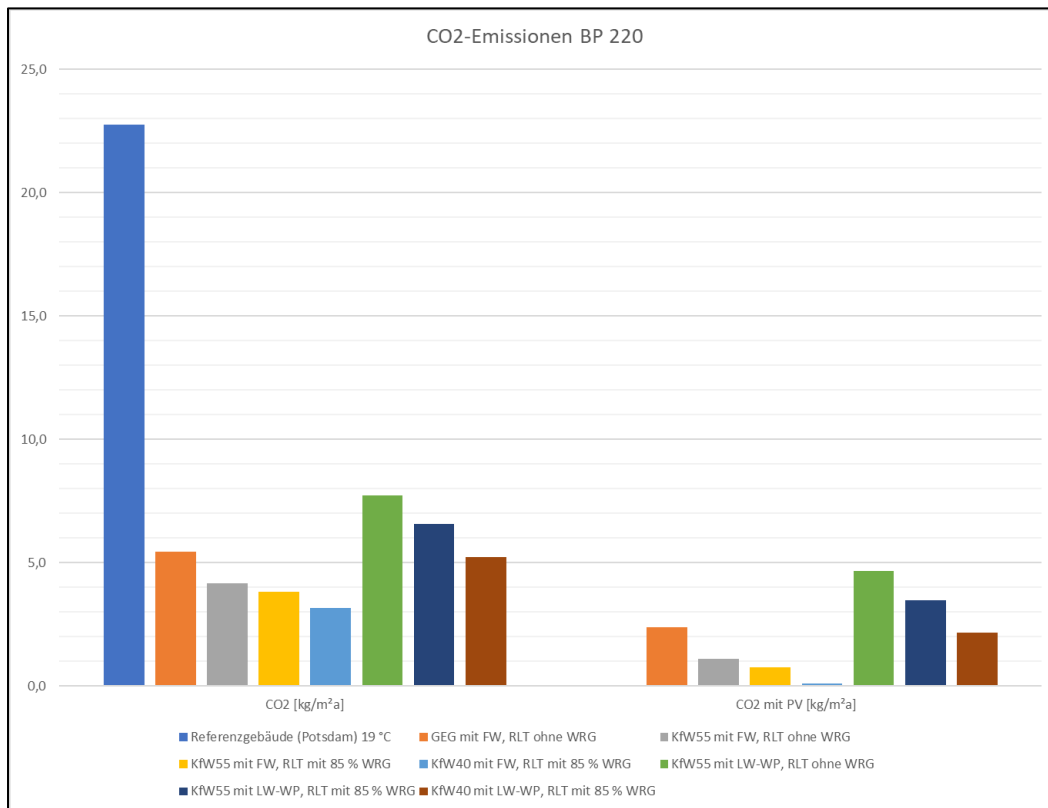


Abbildung 6: Vergleichende Grafik CO2-Emissionen für unterschiedliche Dämmstandards und Versorgungslösungen

Interpretation:

Der in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Grafik für die Gebäudegruppe BP 220 ist zu entnehmen, dass eine Variantenlösung zum Effizienzhausstandard KfW 40 mit entsprechendem Dämmstandard der Gebäudehülle und unter Berücksichtigung des Betriebs einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, gleichzeitig über eine Versorgungslösung Fernwärme den günstigsten Primärenergiebedarf sowie die niedrigsten CO₂ Emissionen induziert. Eine zusätzliche Reduktion kann über den anrechenbaren Stromanteil eines komplementären Betriebs einer PV-Anlage erwirkt werden. Eine Senkung auf ein spezifisches Niveau von 14,0 kWh/m²a (Q_P) bzw. 0,1 kg/m²a (CO₂) ist rechnerisch über die gewählte Simulationsmethodik maximal möglich.

Ein wesentliches Bewertungskriterium für eine konzeptbasierte Investitionsentscheidung ist die Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich der Varianten sind daher auch immer erhöhte Baukosten, jedoch auch erhöhte Fördermittelsätze bei einer Richtungsentscheidung für ein gefördertes Effizienzgebäude gegenüber dem gesetzlichen Standard zu berücksichtigen. Im Hinblick auf einen Fördermitteleinsatz ist an dieser Stelle anzumerken, dass mit Stand vom 21. April 2022 eine Neubauförderung über das BEG ausschließlich für die Effizienzgebäudestufe 40 mit nachgewiesener Nachhaltigkeitsklasse Anträge gestellt werden können. Voraussetzung hierfür ist das sogenannte „Qualitätssiegel nachhaltiges Gebäude QNG“ sowie der obligatorische Zertifizierungsstrang. Die Betrachtung der CO₂-Emissionen zeigt, dass auch die Effizienzhaus 55

Variante in Verbindung mit der Fernwärmeversorgung eine sehr gute Lösung mit sehr geringen CO₂-Emissionen darstellt.

Eine detaillierte Analyse zur vergleichenden Kosten-Nutzen-Bewertung unter Einbezug eines optimalen Fördermitteleinsatzes kann nach erfolgter Ausführungsplanung von Gebäudehülle, Anlagentechnik und Nutzung Erneuerbarer Energien sowie einer diesbezüglichen belastbaren Kostenkalkulation erarbeitet werden.

5 Weitere Aspekte

Im Rahmen der Auftragsstellung soll auf weitere städtebauliche Aspekte im Hinblick auf energetisch optimierte Randbedingungen zur Planung und Ausführung hingewiesen werden.

5.1. Energetische Optimierung des städtebaulichen Konzeptes

5.1.1. Verschattungssimulation

Zur Beurteilung der möglichen passiven und aktiven Nutzung von Solarenergie wurde eine Verschattungssimulation durchgeführt, hierbei wurde das einschlägige Tool „Sketch Up“ zum Einsatz.

Die beigefügte Animation zeigt den Sonnenstands-abhängigen tageszeitlichen Verlauf des Schattenwurfs zum Stichtag 15. Februar um 13.30 Uhr. Aus der Simulation lassen sich grundsätzlich Vorerkenntnisse zu Potenzialen der aktiven und passiven Nutzung von Solarenergie gewinnen. Diese Erkenntnisse können in die Vor- und Ausführungsplanung von Photovoltaik- oder solarthermischen Anlagen sowie die Dimensionierung und Lagebeschreibung von nicht opaken Bauteilen einfließen. Die vorhandenen Bäume wurden in der Simulation nicht berücksichtigt. Es handelt sich um Laubbäume, daher können Verschattungs Auswirkungen aufgrund des Laubabwurfs während der Heizperiode als vernachlässigbar eingestuft werden.

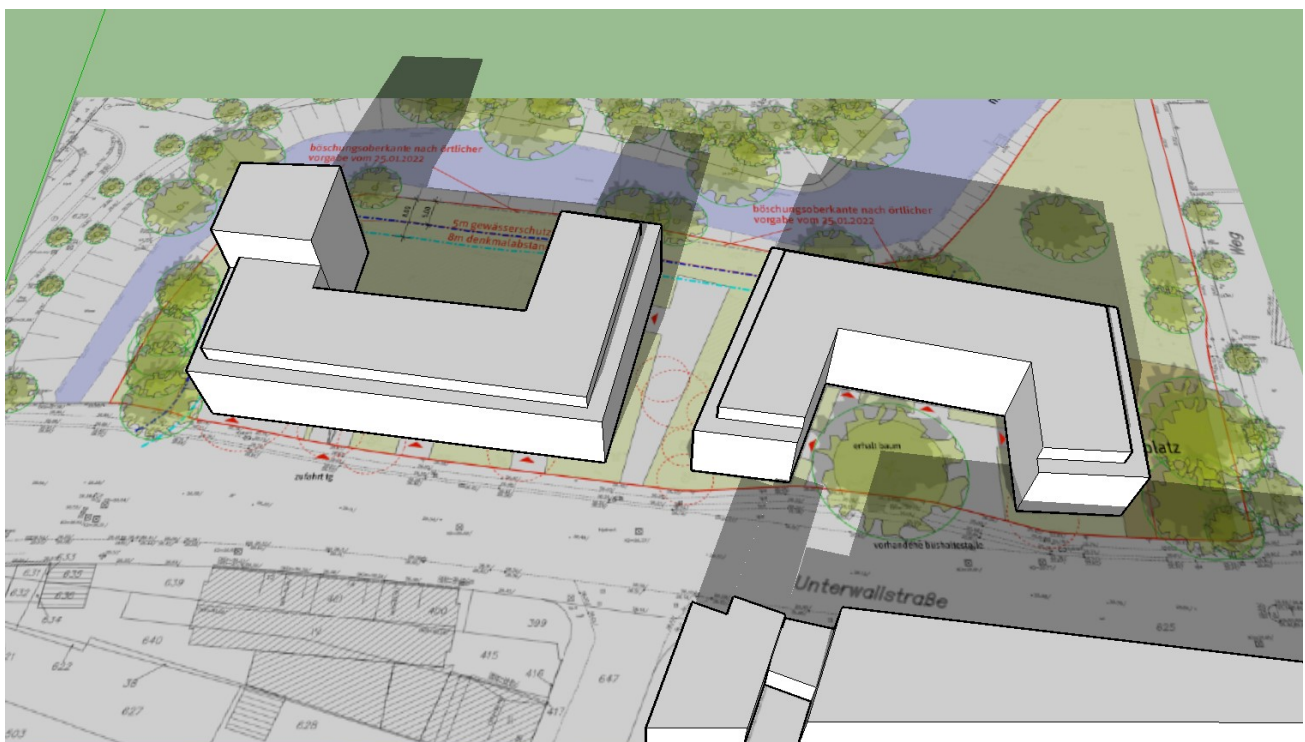


Abbildung 7: Verschattungssimulation BP 220, 15. Februar, 13.30

5.1.2. Aktive Nutzung Solarenergie

Die aktive Nutzung von Solarthermie beschreibt die Gewinnung von Strom oder Wärme mittels einer geeigneten Technologie. Über Solarmodule verschiedener Bauart und Montagemethodik wird mittels der Technologie der Photovoltaik Strom gewonnen, mit Solarkollektoren kann wiederum solare Wärme für die Warmwasserproduktion beziehungsweise Heizungsunterstützung erzeugt werden.

Die vorliegende Gebäudestruktur gemäß aktuellem Bebauungsplan verfügt über ausreichende Dachflächen sowie eine geringe Verschattungsneigung.

Im Rahmen der GEG-Vorgaben zur Mindesterzeugung von erneuerbarem Strom können für die geplanten Einzelgebäude folgende Erträge prognostiziert werden (vergleiche auch Abschnitt 4.3.4.):

Haus	Größe der Anlage in kW _p	Kollektorfläche m ²	Ertrag kWh / a
Haus A Süd	9,2	65,7	9.683
Haus B Süd	18,8	133,6	19.750
Haus C-D Süd	18,5	131,5	19.365
Haus E-H Süd	38,9	276,5	36.815
Gesamt Süd Summe / Durchschnitt	85,4	607,3	85.613

Tabelle 7: Ertragsprognosen PV gemäß Mindestdimensionierung GEG

Die Simulation einer solarthermischen Anlagentechnik wurde aufgrund einer vergleichsweise schlechten Wirtschaftlichkeitsprognose sowie vergleichsweise schlechter Bivalenz-Eignung im Zusammenspiel mit den Versorgungstechnologien Fernwärme und Wärmepumpe nicht durchgeführt.

5.1.3. Passive Nutzung Solarenergie

Die passive Nutzung von Solarenergie beschreibt Energieeinträge im Wesentlichen über die transparenten Bauteile der Gebäudehülle. Ein möglichst hoher Ausnutzungsgrad wird hierbei über die energetische Qualität von Fensterrahmen sowie eine Verglasung mit möglichst niedrigen Gesamtenergiedurchlassgrad (sogenannter und dimensionsloser g-Wert) erreicht.

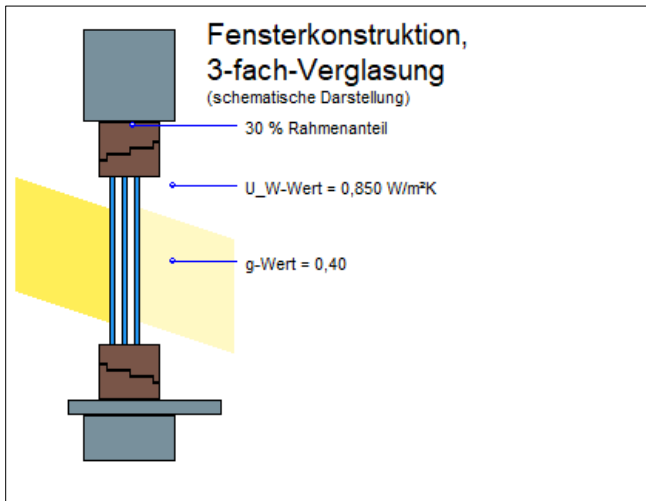


Abbildung 8: Schematische Darstellung Energiedurchlass Fensterbauteil

Dabei hat dieser Parameter einen entscheidenden Einfluss auf die Bewertung des sommerlichen Wärmeschutzes im Sinne einer Reduzierung von Kühllasten und diesbezüglichen Energiebedarfen, damit einhergehend mit einer möglichst hohen Behaglichkeitsqualität.

Im Rahmen dieser Anforderung sollte für die Verglasung ein möglichst geringer g-Wert gewählt werden. Dem entgegen steht jedoch gleichzeitig die Anforderung, Räume und Gebäudezonen mit möglichst geringer künstlicher Beleuchtungsausstattung vorzusehen, um einen hohen Tageslichtanteil zu ermöglichen und die betreffenden Energieaufwendungen so klein wie möglich zu halten. Die offenkundige Kontroverse sollte sorgfältig und vor dem Hintergrund der geplanten Nutzung und Anforderungen planerisch ausgewogen berücksichtigt werden.

U _W -Wert	Gesamtenergiedurchlassgrad g-Wert
≤ 0,95	0,25 – 0,50

Tabelle 8: Empfohlene Wertenniveaus für energetische Eigenschaften Fenster

Gleichzeitig sind die Vorschriften des GEG sowie die betreffenden Normen und anerkannten Regeln der Technik einzuhalten. Um hier das geforderte rechnerische Niveau zu treffen und auch die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz zu erfüllen, kann gerade bei der Einplanung großer Fensterflächen die Anbringung von zusätzlichen Sonnenschutzvorrichtungen erforderlich sein.

Abhängig von der Glasqualität sowie den Transmissions- und Absorptionseigenschaften der Verglasung können bei Fenstern auf dem Stand der Technik g-Werte zwischen 0,25 und 0,5 erreicht werden.

Um Vogelanprall an Gehölz-exponierten Fassaden zu vermeiden, sind gemäß den gesetzlichen und baurechtlichen Vorgaben Fensterverglasungen mit geeigneten optischen Mustern oder Beschichtungen auf der äußeren Ebene der Verglasung einzubauen. Die erforderliche Maßnahme kann zusätzlichen Einfluss auf die passive Nutzung von solaren Energieeinträgen haben. Die

Faktoren Wärmedämmfunktion, Sonnenschutz, und Lichtdurchlässigkeit sind daher planungsseitig bestmöglich miteinander zu verknüpfen.

5.1.4. Bewertung und Optimierung

Aus der Verschattungssimulation sowie der Gebäudepositionierung und -ausrichtung gemäß BP 220 können folgende Ableitungen formuliert werden:

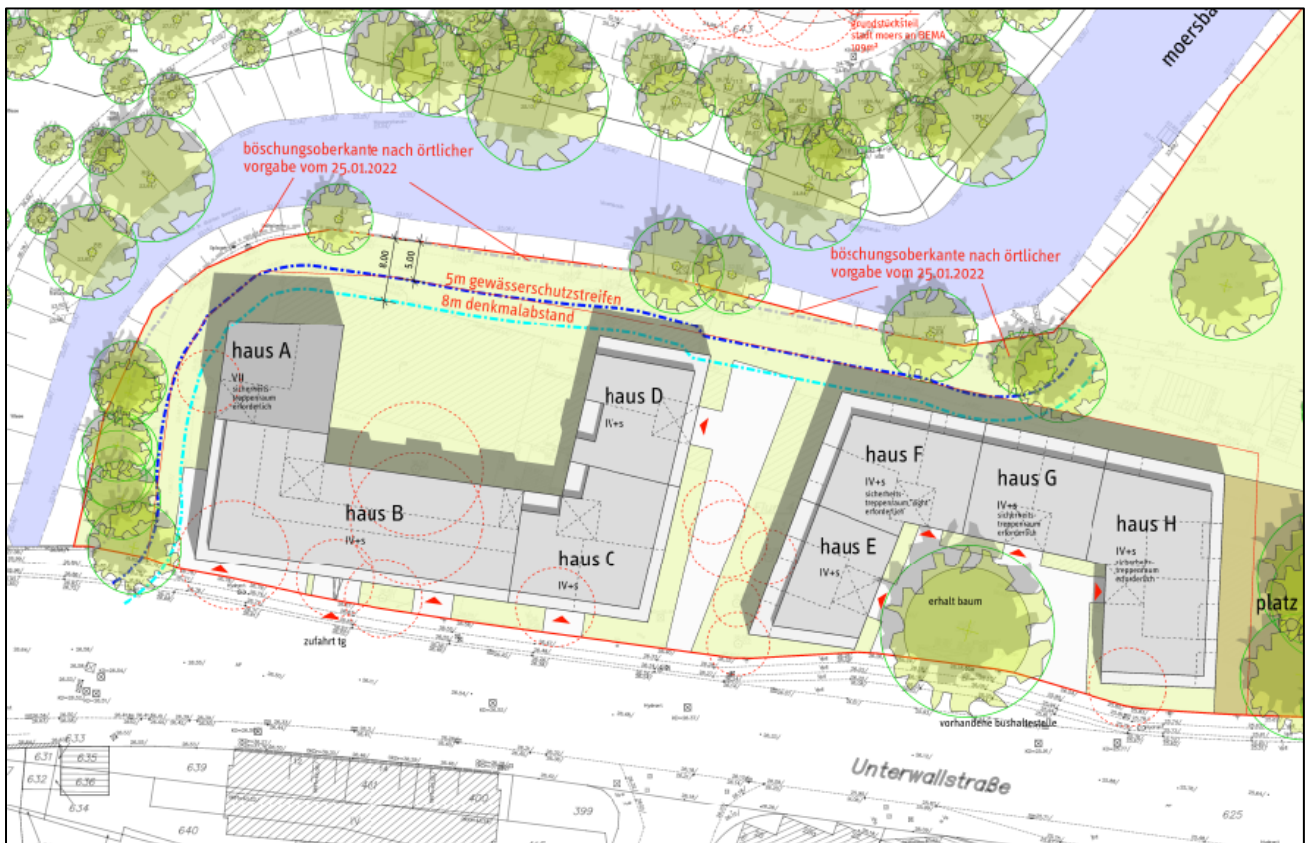


Abbildung 9: Finaler städtebaulicher Entwurf BP 220

Datenübersicht	WE / GE	Geschosse	BGF (m ²)	A _N (m ²)	Wfl. (m ²) / NF Gewerbe (m ²), A _N /1,2
Haus A Süd	14 / 0	VII	1.351	1.232	1.027 / 0
Haus B Süd	0 / 1	IV + S	2.983	2.506	0 / 2.088
Haus C - D Süd	23 / 0	IV + S	2.718	2.467	2.065 / 0
Haus E - H Süd	49 / 0	IV + S	5.719	5.185	4.014 / 307
Gesamt Süd	86 / 1	-	12.771	11.390	7.106 / 2.395

Tabelle 9: Wohneinheiten und Geschosse Gebäude Entwurf BP 220

Aus der Verschattungssimulation sowie der Gebäudepositionierung und -ausrichtung gemäß BP 220 können folgende Ableitungen formuliert werden:

Im Sinne von vergleichsweise geringen und individuellen Beleuchtungsanforderungen im Wohngebäudebereich sollten die nach Süden bzw. Südwesten ausgerichteten Gebäudeflanken mit möglichst großflächigen Verglasungsanteilen mit niedrigem g-Wert versehen werden, um eine

optimale Tageslichtdurchflutung bei gutem Gesamtenergiedurchlass zu gewährleisten. Um ungewollte Kühlungsanforderungen zu dämpfen und Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz zu erfüllen, werden unter Berücksichtigung von auskragenden Bauteilen geplanter Loggien strahlungsabhängig bewegte Verschattungselemente empfohlen. Diese können über eine entsprechende smarte Leittechnik automatisch gesteuert werden.

5.2. Städtebauliche Kompaktheit

Der sogenannte A/V -Wert definiert das Verhältnis von wärmeübertragender Fläche A zu beheiztem Volumen V_e , somit die Kompaktheit eines Baukörpers. Er ist eine wesentliche Einflussgröße im Hinblick auf den Heizwärmebedarf, somit auch auf die Emissionsbilanz. Er spielt jedoch auch im Hinblick auf eine optimierte Raum- und Nutzungsaufteilung bei der Gestaltung der Gebäudegruppierung eine mittragende Rolle.

Im Sinne des GEG in seiner aktuellen Fassung werden die energetischen Anforderungen an Gebäude mittels des sogenannten Referenzgebäudeverfahrens mit normierten Randbedingungen festgelegt. Die aus älteren Verordnungen vor 2009 bekannte singuläre Abhängigkeit der Transmissionswärmeverluste von der Gebäudekompaktheit wird nicht mehr angewendet. Damit wird sichergestellt, dass die Verluste aus der Anlagentechnik sowie Lüftungswärmeverluste in die energetische Bewertung einfließen kann.

Aufgrund des dennoch existenten Zusammenhangs zwischen Transmissionswärmeverlusten und der wärmeübertragenden Gebäudehüllfläche sollte diese im Einklang mit einer optimalen Raumausnutzung möglichst klein gestaltet werden. Als Faustformel kann gelten, dass eine alleinige Verminderung des A/V_e -Wertes um $0,1 \text{ m}^{-1}$ für ein Mehrfamilienhaus ohne optimierende Maßnahmen an der Dämmung eine Verringerung des Heizwärmebedarfs von etwa $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ bewirken kann. (Quelle: „GEG 2020, Leitfaden für Wohngebäude, April 2021“, ITG – Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden, Forschung und Anwendung).

Generell können Gebäude des vorliegenden Typs mit einem A/V -Verhältnis $< 0,5$ im Rahmen als ausreichend kompakt angesehen werden. An dieser Stelle sei auf die beispielhafte Berechnung für das Haus A im BP 221 verwiesen, für das ein A/V -Verhältnis von ca. $0,4$ berechnet werden konnte. Diese Beurteilung kann aufgrund der Ähnlichkeiten in der Kubatur auch auf die Gebäude des BP 221 im Wesentlichen übertragen werden.

5.3. Hinweise zu einer klimawirksamen Bepflanzung

Im Zuge einer klimaschonenden Gesamtauslegung der Bebauungsplanung sollte eine klimawirksame Bepflanzung einbezogen werden. Entsprechende Begrünungssysteme orientieren sich dabei sowohl an optischen Aspekten als auch an der Gebäudeausrichtung sowie am Verschattungsverlauf. Zudem kann mit Hilfe einer klimawirksamen Bepflanzung die Gebäudekühlung über Verschattung und verdunstungsphysikalische Eigenschaften positiv beeinflusst werden.

Die Klimaverträglichkeit und potenzielle Eignung von Pflanzenfeldern sollte speziell im Hinblick auf den Wasserverbrauch sowie die Wuchseigenschaften im Vorfeld eruiert werden.

Die vorhandenen Flachdächer sind für eine Dachbegrünung generell geeignet. Zusatzoptionen für eine Fassadenbegrünung sollten im Rahmen der Ausführungsplanung mit dem Vorhaben für eine Dachbegrünung harmonisiert werden. Im Zuge dessen sollte auch abgestimmt werden, welche Konsequenzen für die Planung der Dämmstoffauswahl abzuleiten sind.

6 Empfehlungen für eine energieeffiziente und klimaschonende Energieversorgung

Wie beschrieben, weisen die Ergebnisse der Berechnungen die Fernwärmelösung als effizienteste und klimaschonendste Versorgungsvariante aus. Es wird daher empfohlen, das Neubaugebiet an das Fernwärmenetz der Fernwärme Niederrhein anzuschließen. Zur weiteren Reduktion der CO₂-Emissionen sollten die Möglichkeiten zur Installation von Photovoltaikanlagen weitestgehend genutzt werden und eine kontrollierte Wohnraumlüftung zum Einsatz kommen. Der Einsatz von Luft-Wasserwärmepumpen zur Wärmeversorgung fällt alternativ im Hinblick auf die primärenergetische Bilanzierung sowie die Emissionsseite ab und sollte nur als Backup-Lösung in Betracht gezogen werden.

Im Sinne einer möglichst energieeffizienten und klimaschonenden Energieversorgung sollten zudem günstige Rahmenbedingungen für einen niedrigen Energiebedarf auf der Wärme- und Stromseite geschaffen werden. Folgende Empfehlungen können hier zusammenfassend ausgesprochen werden:

- Großflächige transparente Bauteile zur ausgiebigen Nutzung von Tageslichteinflüssen und passiver solarer Energie unter Berücksichtigung aller Auflagen des sommerlichen Wärmeschutzes.
- Klimawirksame Bepflanzung von Fassadenbauteilen und Dächern
- Berücksichtigung von nachhaltigen und ökologischen Bau- und Dämmstoffen.

7 Ergänzende Hinweise

Ergänzende Hinweise zum vorliegenden Konzept:

- Der Bericht zum Gutachten wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt.
- Die Berechnungen zur Energieeinsparung beruhen auf Näherungen und Schätzungen, An- und Vorgaben aus anerkannten Regeln der Technik (zum Beispiel DIN Normen, Gebäudeenergiegesetz) sowie ersten rechnerischen Ansätzen über die Simulationssoftware Velasolaris POLYSUN®.
- Jegliche Bau- und Energieträgerkosten sind im aktuellen Planungsstadium nicht seriös zu beziffern. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Einbezug von Kostenschätzungen, Zinsniveaus und Preisentwicklungen wurde daher nicht vorgenommen.

Der vorgelegte Gutachtenbericht ist grundsätzlich produktneutral, es werden keine bestimmten Produkte oder Hersteller empfohlen.

8 Anhang

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Finaler städtebaulicher Entwurf BP 220.....	4
Abbildung 2: Beispiel-Schema Fernwärmeversorgung BP 220.....	9
Abbildung 3: Beispiel-Schema Wärmeversorgung Wärmepumpe BP 220.....	10
Abbildung 4: Beispiel-Schema Wärmeversorgung Fernwärme, Einbindung PV, BP 220.....	11
Abbildung 5: Vergleichende Grafik Primärenergiebedarf für unterschiedliche Dämmstandards und Versorgungslösungen.....	12
Abbildung 6: Vergleichende Grafik CO2-Emissionen für unterschiedliche Dämmstandards und Versorgungslösungen.....	13
Abbildung 7: Verschattungssimulation BP 220, 15. Februar, 13.30	15
Abbildung 8: Schematische Darstellung Energiedurchlass Fensterbauteil.....	17
Abbildung 9: Finaler städtebaulicher Entwurf BP 220.....	18

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gebäude Städtebauliches Konzept BP 220.....	5
Tabelle 2: Heizwärmebedarfe Referenzgebäude BP 220.....	6
Tabelle 3: Wärmebedarfe Trinkwarmwassererzeugung Referenzgebäude BP 220	7
Tabelle 4: Angesetzte Primärenergiefaktoren Fernwärme BP 220.....	8
Tabelle 5: Mindestdimensionierung PV-Anlage nach GEG BP 220, Haus A.....	11
Tabelle 6: Verwendete Primärenergiefaktoren Simulation Variantenvergleich.....	12
Tabelle 7: Ertragsprognosen PV gemäß Mindestdimensionierung GEG.....	16
Tabelle 8: Empfohlene Wertenniveaus für energetische Eigenschaften Fenster.....	17
Tabelle 9: Wohneinheiten und Geschosse Gebäude Entwurf BP 220.....	18