Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV) Ersatzneubau Institut für Prävention und Arbeitsmedizin (IPA)

Fachbericht Energie & CO2 Bilanzierung

Verfasser

Drees & Sommer
Derendorfer Allee 6
40476 Düsseldorf

Joshua Marvin Wickenhäuser
Tel: +49 221 13050-52851
joshua-marvin.wickenhaeuser@dreso.com

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangsituation 4

2 Vorlaufende Variantenbetrachtung und Entscheidung Energiekonzeption .. 4

3 Erläuterung des Energiekonzeptes als Anlage zur FLB 7

4 Grundlagen der Energiebedarfsermittlung 8

5 Energiebedarfe des Plangebiets als Grundlade der CO_2eq-Bilanzierung 8

6 Bilanzierung der CO_2eq-Emissionen 10

7 Fazit 12

Anlagen

- **Anlage 1: Erläuterung der Berechnungsgrundlagen**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Potentialanalyse Fernwärme 5
Abbildung 2 Potentialanalyse Abwärmenutzung/Spitzenlastdeckung 5
Abbildung 3 Geologischer Dienst NRW, Geothermie bis 100 m 5
Abbildung 4 Energetische Potentiale am Standort – Ersteinschätzung 6
Abbildung 5 Schema des Energiekonzeptes 7
Abbildung 6 Energiebedarfe der Nutzungszonen 9
Abbildung 7 resultierender elektrischer Gesamtstrombedarf 9
Abbildung 8 Energiebedinge Emissionen des Gebäudes 10
Abbildung 9 Prognostizierte Emissionen des Plangebiets gemäß Klimaschutzgesetz ... 11

1 Ausgangsituation

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) plant den Ersatzneubau des Instituts für Prävention und Arbeitsmedizin (IPA) in Bochum. Aufgabe der DGUV des IPA ist es, Berufskrankheiten, arbeitsbedingte Erkrankungen und deren Ursachen zu erforschen sowie die Entwicklung von Verfahren zu deren Prävention und zur Diagnose auf Basis medizinischer Wissenschaft voranzutreiben. Unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit soll das neue Gebäude eine Energieeffizienz nach Effizienzhaus (EH) 40 mit Erneuerbaren Energien Bonus (EE-Bonus) erreichen und mit dem Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB-Gold-Zertifikat ausgezeichnet werden. Die AG legt zudem Wert auf nachhaltige Konzepte und Techniken sowohl beim Bau als auch beim Betrieb.

Das EH 40 beschreibt ein Gebäudestandard in Deutschland, der bedeutet, dass das Gebäude nur 40 % der Primärenergie eines Referenzgebäudes nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) benötigt. Der EE-Bonus ist eine zusätzliche Förderung oder Verbesserung der Einstufung eines Effizienzhauses, wenn ein erheblicher Anteil des Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt wird.

Die Auftraggeberin befindet sich derzeit in einem ÖPP-Verfahren (Öffentlich-Private Partnerschaft) für die Planung, Errichtung und den Betrieb des Gebäudes gem. dem Raumprogramm und der Funktionalen Leistungsbeschreibung (FLB). Somit gibt es zum jetzigen Zeitpunkt noch keine konkrete Planung, sondern eine funktionale Baubeschreibung für die Planung, Errichtung und den Betrieb des Gebäudes. In Vorbereitung auf das Verfahren wurde ein Raum- und Funktionsprogramm entwickelt, aus dem eine Volumenstudie abgeleitet wurde. Die im Raumprogramm definierten Nutzflächen teilen sich zu etwa einem Drittel auf Büros, Labore sowie sonstige Flächen auf.

Auf dieser Grundlage wurde ein Energiekonzept als Kalkulationsgrundlage für den Bieter erstellt, das unter Berücksichtigung der nachstehenden Festlegungen und Randparameter anhand relevanter Kennwerte sowie der geltenden bau- und klimaschutzrechtlichen Vorschriften, wie beispielsweise dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) und den anerkannten technischen Regelwerken, ausgearbeitet wurde und den Wunsch der Bauherrin abbildet.

2 Vorlaufende Variantenbetrachtung und Entscheidung Energiekonzeption

Im Zuge der Evaluation von Versorgungsquellen am Standort wurde eine Variantenbetrachtung durchgeführt. Auf Grundlage der am Standort nicht verfügbaren Fernwärme (einem System zur zentralen Wärmeversorgung, bei dem thermische Energie in Form von heißem Wasser oder Dampf über ein Rohrleitungsnetz von einem Heizkraftwerk oder einer anderen zentralen Wärmequelle zu den Endverbrauchern transportiert wird) (siehe Abbildung 1) bzw. weiterer Nahwärmenetze, z.B. aus Abwärmenutzung Industrie/Supermärkte (siehe Abbildung 2), verblieb allein die Konzeptionierung mittels lokaler Wärmepumpentechnik.

FERNWÄRME

Stadtwerke Bochum

- Ganzjährige Verfügbar
- Primärenergiefaktor nach GEG für das vorhandene Netz 0,49
- Direkt am Grundstück aktuell keine Fernwärme anliegend
- Frei Fernwärmekapazitäten beim Versorger abfragen

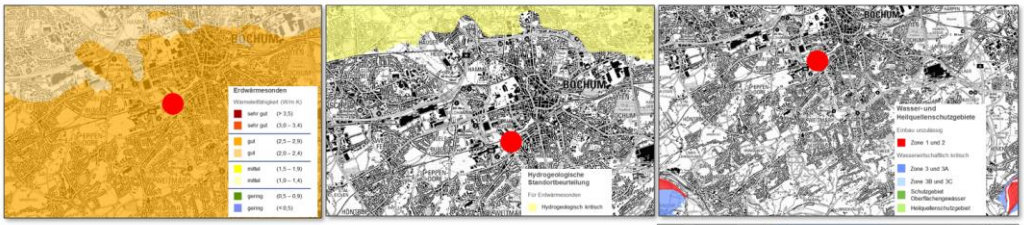
Abbildung 1 Potentialanalyse Fernwärme

ABWÄRME/SPITZENLASTDECKUNG

Abbildung 2 Potentialanalyse Abwärmenutzung/Spitzenlastdeckung

OBERFLÄCHEN NAHE GEOTHERMIE

Erdsonden bis 100m



- Ganzjährige verfügbare Wärmequelle
- Gute Eignung auf Gelände (2,5-2,9 W/m·K)
- Weitestgehend außerhalb kritischer und oder schützenswerter Zonen
- Geologische Voruntersuchungen/Probebohrung erforderlich

Abbildung 3 Geologischer Dienst NRW, Geothermie bis 100 m

Quelle	Potential
Fernwärme	🟡
Erdsonden	🟢
Tiefengeothermie	🟡
Erdkollektoren	🟡
Grundwasser	🟡
Abwärmenutzung aus Abwasser	🟡
Luftwärmepumpe (Wärme/Kälte)	🟢
Abwärmenutzung aus Prozess/Umfeld	🟡
Biomasse	🔴
Wasserstoff	🔴
Solarthermie / PVT	🟡
Photovoltaik – Dachflächen/Fassaden	🟢
Windkraft	🟡

🟢 Potential wahrscheinlich 🟡 Potential möglich 🔴 Potential unwahrscheinlich

Abbildung 4 Energetische Potentiale am Standort – Ersteinschätzung

Abbildung 4 gibt einen Überblick über die möglichen Energiequellen auf und in unmittelbarer Umgebung des Grundstückes. Dabei wurden Erdsonden, Luftwärmepumpen sowie Photovoltaik als Energiequellen mit positivem Potenzial bewertet, während anderen Möglichkeiten lediglich ein „mögliches“ oder „unwahrscheinliches“ Potenzial zugewiesen wurden. Die genaue Größe des Erdwärmesondenfeldes sowie die erforderliche Tiefe der Bohrungen sind anhand der Ergebnisse eines Thermal-Response-Tests zu bestimmen. Abbildung 3 zeigt jedoch das am Standort mit 2,5-2,9 W/m*K gute potentiale für die Nutzung geothermischer Anlagen vorliegen.

Erdsonden sind vertikal in den Boden eingebrachte Rohrsysteme, die in Kombination mit einer Erdwärmepumpe zur Nutzung der geothermischen Energie eingesetzt werden. Sie entziehen dem Erdreich über eine Wärmeträgerflüssigkeit (Sole) Wärme und übertragen diese an eine Wärmepumpe (Geothermie-Wärmepumpe)

Luftwärmepumpen sind Wärmeerzeugungssysteme, die der Umgebungsluft Wärme entziehen und diese für die Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung nutzbar machen.

Photovoltaik bezeichnet die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie mithilfe von Solarzellen.

3 Erläuterung des Energiekonzeptes als Anlage zur FLB

Das in Vorbereitung auf das Vergabeverfahren verabschiedete Konzept setzt auf erneuerbare Energiequellen, nachhaltige Gebäudetechnik und eine effiziente Wärme- und Kälteversorgung, um den Energieverbrauch sowie die CO_2-Emissionen zu minimieren.

1. Dachbegrünung liefert einen Beitrag zur Biodiversität, verbessert das Mikroklima durch Verdunstungseffekte, reduziert die Aufheizung und unterstützt die Kühlung.
2. Photovoltaik (PV) auf Dachflächen ermöglicht die Nutzung erneuerbarer Energie zur Eigenstromversorgung, idealerweise in Kombination mit der Dachbegrünung zur Optimierung der Flächennutzung und Nutzung von Synergieeffekten.
3. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung minimiert Wärmeverluste und erhöht die Energieeffizienz der Raumlüftung.
4. Erdsonden als Umweltwärmequelle dienen zur nachhaltigen Wärme- und Kälteversorgung, indem sie thermische Energie aus dem Untergrund nutzen oder in diesen einleiten.
5. Wärmepumpe in der Energiezentrale (EZ), die mit Netzstrom und lokalem PV-Strom betrieben wird, wandelt Umweltenergie in Heiz- oder Kühlenergie um. Aufgrund Fehlender Detailplanung und Auslegung, kann eine spezifische Fläche für die Energiezentrale noch nicht berücksichtigt werden. Die Technik kann jedoch entsprechend ihrer Funktion entweder auf den Dachflächen oder innerhalb des Gebäudes untergebracht werden.
6. Flächenheizungen ermöglichen eine effiziente Beheizung und Kühlung durch niedrige Vorlauftemperaturen, was den Energiebedarf reduziert.
7. Rückkühlwerk gleicht bei Bedarf die Wärmebilanz der Erdsonden aus, um eine langfristig stabile Nutzung des Untergrunds als Wärmequelle/ -senke zu gewährleisten.

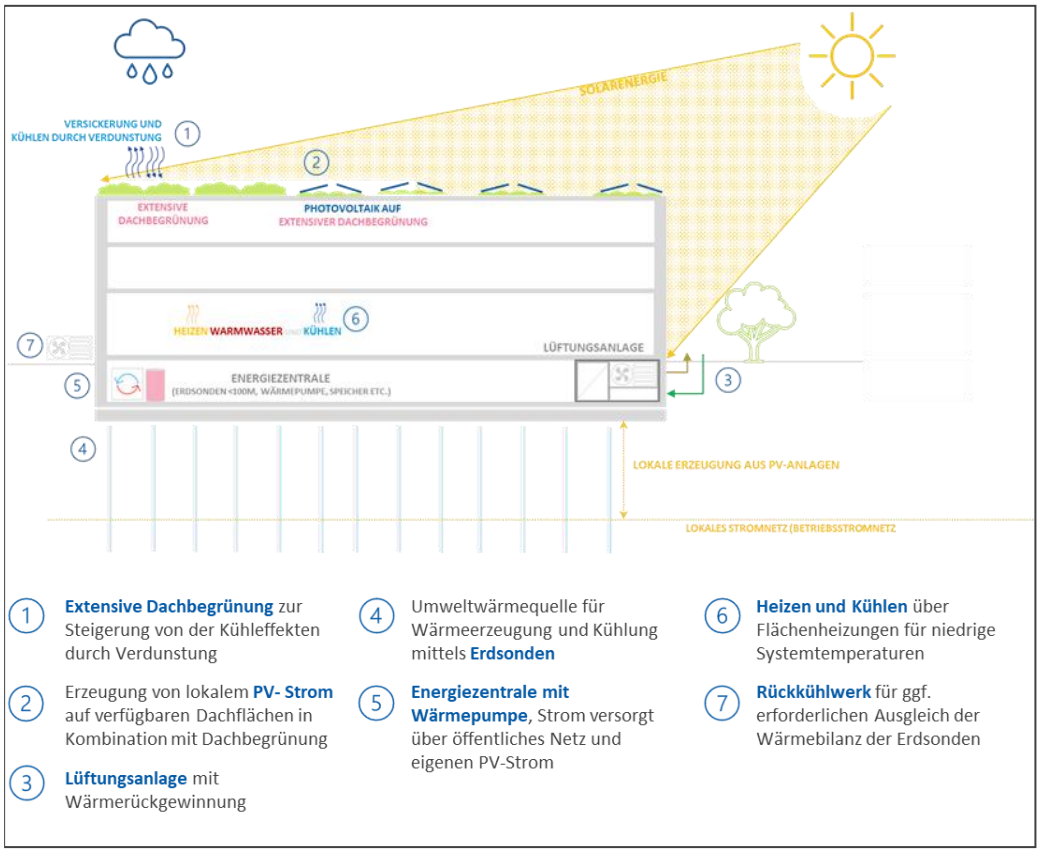


Abbildung 5 Schema des Energiekonzeptes

4 Grundlagen der Energiebedarfsermittlung

Der ermittelte Energiebedarf ergibt sich aus den zum Zeitpunkt der Erstellung verfügbaren und als gültig betrachteten Flächenangaben des Raum- und Funktionsprogramms sowie aus einer groben Abschätzung nutzungsspezifischer Leistungs- und Verbrauchskennwerte. Diese Werte wurden, wie im Energiekonzept beschrieben, in einen sich aus der verwendeten Technik ergebenden Stromverbrauch überführt. Die Wärme- und Kältebereitstellung erfolgt hierbei über Wärmepumpen, wobei die potenzielle Stromerzeugung durch die vorgesehene Gründach-Photovoltaikanlage (Kombination aus begrünten Dachflächen mit Photovoltaikanlagen) berücksichtigt wurde. Der Strombedarf für die Elektromobilität wurde auf Basis der bereitgestellten Ladeleistung sowie anhand von Erfahrungswerten zu den Vollbenutzungsstunden abgeschätzt.

Hinweis: *Diese vorläufige Energiebedarfsprognose dient als Orientierungshilfe und ersetzt keine detaillierte Energiebedarfsplanung nach anerkannten Planungsstandards. Anpassungen aufgrund künftiger Änderungen oder neuer Erkenntnisse bleiben vorbehalten.*

5 Energiebedarfe des Plangebiets als Grundlade der CO_2eq-Bilanzierung

Die Energiebedarfe resultieren aus den Bedarfen für Wärme, Kälte, Nutzer- & Ladestrom der einzelnen Nutzungszonen Büro-, Labor- und Hochgaragennutzung sowie der Elektromobilität.

Die in diesem Bericht aufgeführten Energiebedarfskennwerte (siehe Anlage 1) dienen ausschließlich zur orientierenden Abschätzung der Emissionen des betrachteten Gebäudes. Sie basieren auf unternehmenseigenen Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten und beinhalten die Bedarfe für Wärme, Kälte, Lüftung und Nutzerstrom.

Da die tatsächlichen Verbräuche stark von der spezifischen Nutzung, den Betriebszeiten sowie weiteren variablen Einflussfaktoren abhängen, sind die angegebenen Werte mit einem großen Spielraum zu bewerten und stellen keine verbindlichen Berechnungsgrundlagen dar. Diese Werte sind nicht als allgemeingültige Referenzwerte zu verstehen, sondern dienen ausschließlich zur grob überschlägigen Einordnung im Kontext der Emissionsbilanzierung. Eine detaillierte projekt- und nutzungsspezifische Analyse wäre erforderlich, um genauere Aussagen treffen zu können.

Abbildung 6 zeigt die Energiebedarfe dieser Nutzungen, wobei der durch PV-Anlagen erzeugte Strom als negativer Verbrauch dargestellt wird. Das Potenzial der PV-Anlage ergibt sich aus dem Anteil der aktuell vorgesehenen extensiv begrünten Dachfläche, die für eine Doppelnutzung mit Photovoltaik vorgesehen ist und sich auf ca. 2.300 m² beläuft. Unter Berücksichtigung der erforderlichen Belegungsdichte für eine solche Doppelnutzung ergibt sich aus Erfahrungswerten eine voraussichtliche installierbare Leistung von etwa 300 kWp bei einer Ost-West-Ausrichtung. Bei einem angenommenen spezifischen Ertrag von 1.000 kWh/kWp pro Jahr ergibt sich daraus ein theoretischer Jahresertrag von ca. 300 MWh. Die tatsächliche Leistung und der Ertrag können in Abhängigkeit von standortspezifischen Bedingungen, technischen Gegebenheiten sowie behördlichen Vorgaben variieren.

Da die Hochgarage aufgrund ihrer offenen Bauweise lediglich Strom für Beleuchtung, Sensorik und Schrankenanlagen benötigt, weist sie keinen Bedarf an Wärme und Kälte auf.

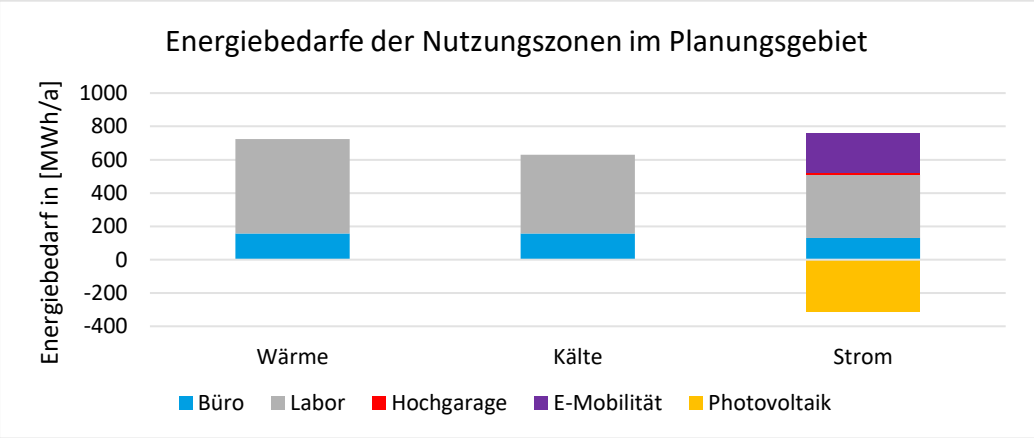


Abbildung 6 Energiebedarfe der Nutzungszonen

Die Wärme- und Kälteversorgung erfolgt über Wärmepumpen. Die entsprechenden Bedarfe können anhand von Effizienzfaktoren (siehe Anlage 1) in elektrische Verbräuche umgerechnet werden. Diese Werte sind jedoch als ungefähre Richtwerte zu verstehen, da eine detaillierte Auslegung und Simulation zum aktuellen Zeitpunkt nicht vorliegen. Diese elektrischen Bedarfe sind Abbildung 7 zu entnehmen. Auch hier wird die in Abbildung 6 dargestellte PV-Erzeugung berücksichtigt. Es wird angenommen, dass etwa 30 % der erzeugten PV-Energie direkt vor Ort zur Reduzierung des Netzbezugs genutzt werden können. Diese Annahme basiert auf Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten ähnlicher Größe. Eine genauere Bestimmung des Eigenverbrauchsanteils erfordert jedoch eine standort- und nutzerspezifische Lastgangsimulation. Der verbleibende Überschuss wird ins Netz eingespeist und wirkt sich lediglich bilanziell auf den Gesamtenergieverbrauch des Plangebiets aus und wird in Abschnitt 6 in der Berechnung der Emissionen berücksichtigt. Demnach zeigt der rechte Balken (dunkelblau) den resultierenden Netzbezug des Gebäudes inklusive Verrechnung des direkt verbrauchten PV-Stroms.

$$Netzbezug = Gesamtstrombedarf_{Wärme,Kälte,Strom} - Erzeugung_{PV} * 30\ \%$$

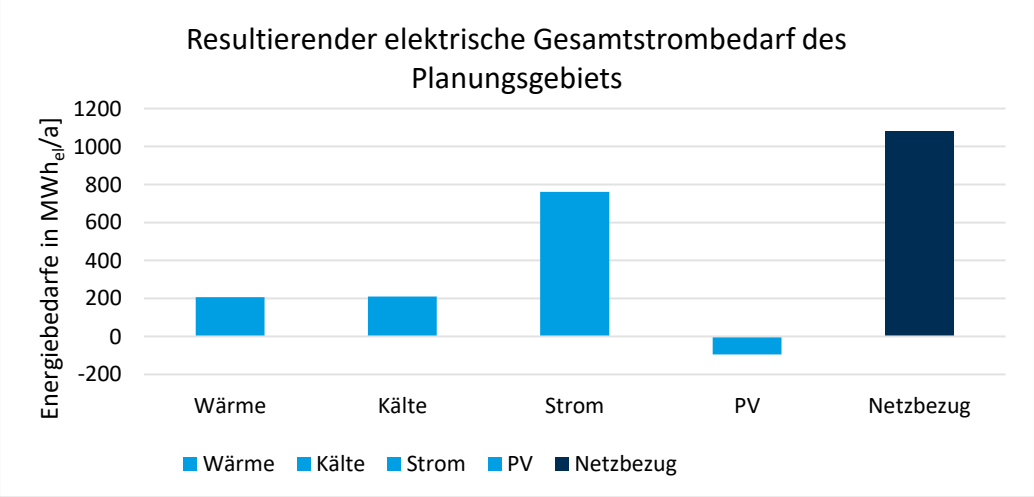


Abbildung 7 resultierender elektrischer Gesamtstrombedarf

6 Bilanzierung der CO_2eq-Emissionen

Abbildung 8 zeigt die unterschiedlichen Emissionswerte der sich aus Abbildung 7 ergebenden Energiebedarfe für jeweils 3 Szenarien in tCO_{2eq} pro Jahr. Die Szenarien sind:

- **GEG-Standard (560 g CO_2eq/kWh):** Hier wird der allgemeine Strommix nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) mit einem Emissionsfaktor von 560 g CO_2/kWh verwendet.
- **Lokaler Strommix der Stadtwerke Bochum 2024 (310 g CO_2eq/kWh):** In diesem Szenario wird der Netzstrom mit dem Emissionsfaktor der Stadtwerke Bochum (310 g CO_2/kWh) bilanziert. Dies entspricht dem regionalen Strommix mit einem höheren Anteil erneuerbarer Energien als im GEG-Standard.
- **Ökostrombezug (0 g CO_2eq/kWh):** Hier wird angenommen, dass der Netzstrom voll-ständig aus zertifiziertem Ökostrom bezogen wird, wodurch die CO_2-Emissionen des Stromverbrauchs entfallen.

Unabhängig vom Szenario bleibt der Verdrängungsstrommix bei 860 g CO_2eq/kWh (vgl. Anlage 9, GEG), da auch der Strommix der Stadtwerke Bochum noch Kohleverstromung enthält. Daraus folgt, dass der eingespeiste PV-Strom weiterhin fossilen Strom mit 860 g CO_2eq/kWh verdrängt, was sich als negative Emission auswirkt.

Dargestellt werden:

- **„Verbrauch“ -** Erstberechnung ohne PV-Nutzung für jede der drei Stromquellen (höchsten Emissionen).
- **„Netzbezug“ -** Reduzierter Verbrauch nach Berücksichtigung des Eigenverbrauchs von PV-Strom gemäß Abbildung 7 (reduzierte Emissionen).
- **„Einspeisung“ -** Emissionsgutschrift durch Überschusseinspeisung der PV-Anlage (negative Emissionen)
- **„Netto Emissionen“** Endbilanz nach Anrechnung des eingespeisten PV-Stroms, wodurch sich die Netto-Emissionen weiter reduzieren.

Die Netto-CO_2-Emissionen ergeben sich somit aus:

$$CO_2eq\ Emissionen\ des\ Netzbezugs\ nach\ \ PV\ Eigenverbrauch - CO_2eq\ Minderung\ durch\ Einspeisung\ (Verdrängungsmix)$$

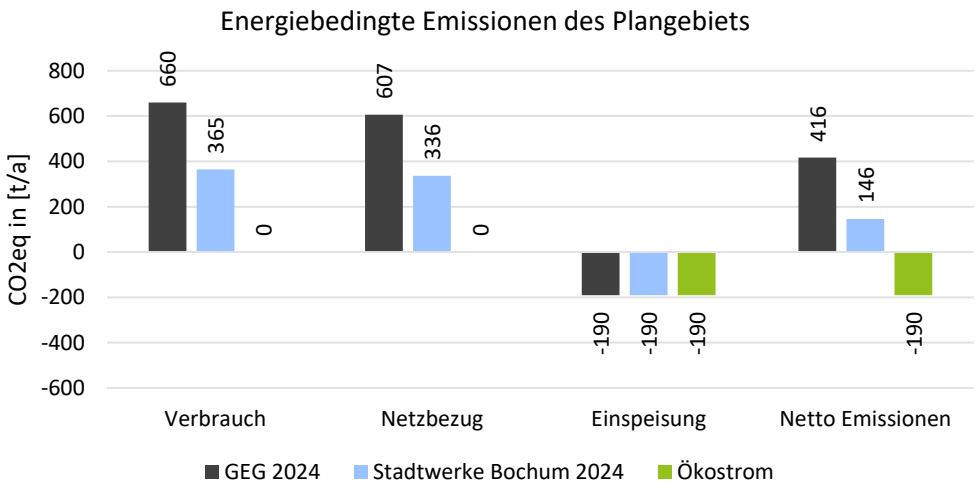


Abbildung 8 Energiebedinge Emissionen des Gebäudes

Die Berücksichtigung der Emissionswerte des regionalen Versorgers führt zu einer deutlichen Reduktion der bilanzierten Emissionen. Die strombedingten Emissionen verringern sich dabei proportional zur Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien im deutschen Strommix beziehungsweise auf regionaler Ebene im Strommix der Stadtwerke Bochum. Es ist zu beachten, dass bei Wegfall der Kohleverstromung auch die anrechenbaren Emissionen der Stromeinspeisung durch den Verdrängungsstrommix sinken. Dies bedeutet, dass der klimatische Vorteil der PV-Stromeinspeisung ebenfalls im Zeitverlauf abnimmt, da der insgesamt verdrängte Strommix zunehmend von erneuerbaren Energien geprägt ist und somit geringere spezifische Emissionen aufweist.

Im Fall des Ökostrombezugs kann das Gebäude eine sofortige negative Netto-CO_{2eq} Bilanz erreichen, da die durch Einspeisung des Photovoltaikstroms eingesparten Emissionen größer sind als die des verbleibenden eigenen Stromverbrauchs.

Für die Berechnung können ebenfalls die CO_2-Emissionen des bundesweiten deutschen Strommix als Grundlage herangezogen werden. Unter Berücksichtigung der von der Bundesregierung angestrebten Reduktionsziele ergibt sich dann eine schrittweise Verringerung der Emissionen des Plangebietes bis zum Jahr 2045 auf null. Die nachfolgende Abbildung 9 veranschaulicht diesen Reduktionspfad im Zeitraum von 2025 bis 2045 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 als blaue Kurve. Zusätzlich werden die CO_2-Emissionen des Plangebietes in Intervallen von fünf Jahren dargestellt (grüne Balken). Basierend auf dieser Annahme sinken die Emissionen des Plangebietes sukzessive, sodass bis 2045 eine vollständige CO_2-Neutralität erreicht wird.

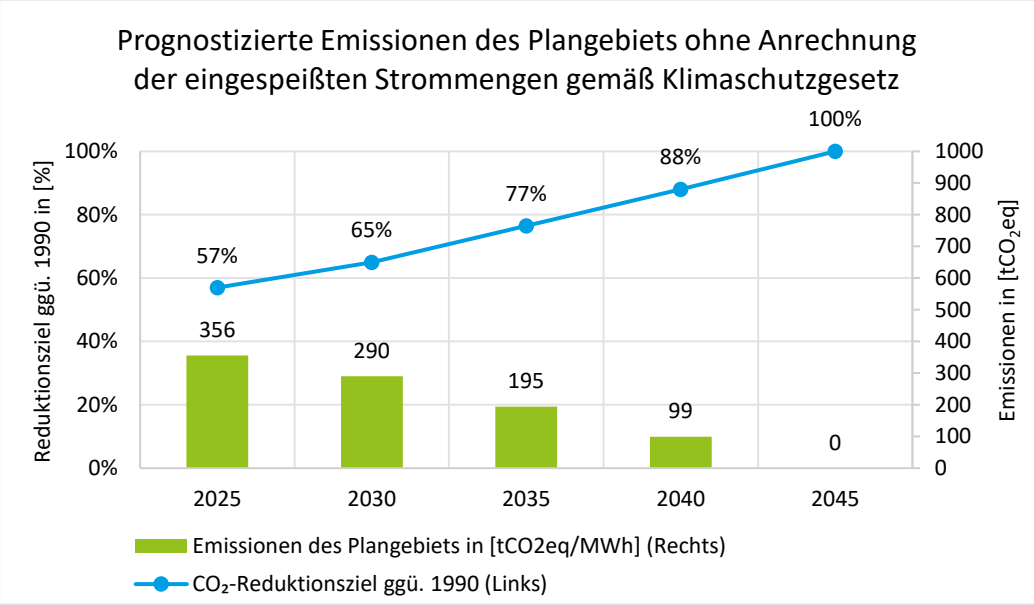


Abbildung 9 Prognostizierte Emissionen des Plangebiets gemäß Klimaschutzgesetz

Die aktuelle Reduktionsstrategie der Bundesregierung basiert auf dem Klimaschutzgesetz (KSG) und den damit verbundenen nationalen Klimazielen. Das Ziel ist eine schrittweise Reduktion der Treibhausgasemissionen, um bis spätestens 2045 Klimaneutralität zu erreichen. Das deutsche Klimaschutzgesetz legt sektorale Reduktionsziele für verschiedene Wirtschaftsbereiche fest, darunter Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr und Gebäude. Diese Ziele orientieren sich an der Verpflichtung zur Treibhausgasneutralität gemäß dem Pariser Klimaabkommen.

Der Reduktionspfad basiert auf einer schrittweisen Senkung der Emissionen, wobei der Anteil erneuerbarer Energien im Strommix kontinuierlich ausgebaut wird. Parallel dazu werden fossile Energieträger wie Kohle und Gas sukzessive durch klimafreundliche Alternativen ersetzt. Da der deutsche Strommix einen erheblichen Einfluss auf die Emissionsbilanz hat, spielt er eine zentrale Rolle bei der Berechnung der CO_2-Emissionen. Die Annahme, dass sich der bundesweite Strommix durch den Ausbau erneuerbarer Energien dekarbonisiert, führt dazu, dass auch die CO_2-Bilanz von Gebieten, die diesen Mix nutzen, entsprechend sinkt.

Durch den beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien, Effizienzsteigerungen und sektorübergreifende Dekarbonisierungsmaßnahmen soll Deutschland bis spätestens 2045 netto-null Emissionen erreichen. Damit wird auch das Plangebiet, dessen Berechnung bei dieser Betrachtung auf dem bundesweiten Strommix beruht, schrittweise klimaneutral.

Da die Umsetzung dieser Ziele jedoch maßgeblich von politischen Entscheidungen und regulatorischen Maßnahmen abhängt, können sich Veränderungen in den politischen Rahmenbedingungen direkt auf die tatsächliche Entwicklung der Emissionen auswirken. Verzögerungen im Ausbau erneuerbarer Energien, Änderungen in der Förderpolitik oder ein veränderter Energiemix könnten dazu führen, dass die realen Emissionen von dem angestrebten Zielpfad abweichen.

7 Fazit

Durch die effiziente Wärmepumpentechnik, den Eigenverbrauchsanteil des PV-Stroms sowie die Verdrängung emissionsintensiver Stromerzeugung durch Einspeisung reduziert sich der CO_2eq-Fußabdruck des Plangebietes, was zu einer klimafreundlichen und nachhaltigen Betriebsweise unmittelbar nach Betriebsbeginn führt.

Gemäß Klimaschutzfahrplan der Bundesregierung soll bundesweit bis 2045 die Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden. Grundlage der Emissionsreduzierung ist die Emissionsbilanz von 1990, die bereits 2025 bei rund 57 % liegt. Im Jahr 2035 erhöht sich diese Emissionsreduzierung auf rund 77 %. Demzufolge reduziert sich der CO_2eq-Fußabdruck des Plangebietes analog und erreicht dann spätestens im Jahr 2045 die 100 % Emissionsreduktion und damit Treibhausgasneutralität.

Die Berücksichtigung der Emissionswerte des regionalen Versorgers führt darüber hinaus bereits zum Zeitpunkt der Betriebsaufnahme zu einer Reduktion der bilanzierten Emissionen gegenüber dem bundesweiten Strommix. Herauszuheben ist, dass im Fall des Ökostrombezugs das Plangebiet unmittelbar nach Nutzungsaufnahme demnach auch schon weit vor 2045 eine negative Netto-CO_2eq-Bilanz erreichen kann.

Dieser Bericht umfasst 19 Seiten (inklusive Deckblatt und Anlagen).

Düsseldorf, 25.03.2025

Anlage 1: Erläuterung der Berechnungsgrundlagen

Diese Anlage erläutert die Grundlage der DGUV IPA CO_2-Bilanzierung. Wie im Bericht bereits erwähnt, handelt es sich bei den folgenden Kennwerten um Annahmen, die auf den zum Zeitpunkt der Berichtserstellung verfügbaren Daten sowie Erfahrungswerten aus vergleichbaren Referenzprojekten basieren. Diese Werte sind als Richtwerte zu verstehen und stellen keine abschließende Planung dar. Eine belastbare, detailgenaue Grundlage kann erst in einem späteren Projektstand entwickelt werden.

1. Energiebedarfsberechnungen und zu Grunde gelegten Annahmen

Die Flächenermittlungen basieren auf dem Raum- und Funktionsprogramm (RuF), dass für das konkrete Bauvorhaben Anwendung findet. Die realen Flächen in der späteren Abwicklung können davon abweichen.

Für die Abschätzung der Energiebedarfe wurden flächenspezifische Kennwerte herangezogen, die einen typischen Erfahrungswerte zu dem Jahresverbrauch pro Quadratmeter Bruttogrundfläche (BGF) für die nachfolgend benannten Nutzungen widerspiegeln. Diese Werte basieren auf durchschnittlichen Verbräuchen, die im Zusammenhang mit der jeweiligen Technik, Bauphysik und Nutzungsintensität variieren können und hier als Annahme zu verstehen sind.

- **Flächen gem. RuF**
  - Büro: 5.246 m² BGF
  - Labor: 9.442 m² BGF
  - Hochgarage: 1.950 m² BGF

- **Wärmebedarf (Annahme)**
  - Büro: 30 kWh/(m²·a)
  - Labor: 60 kWh/(m²·a)
  - Hochgarage: 0 kWh/(m²·a) (offenes, unbeheiztes Konzept)

- **Kältebedarf (Annahme)**
  - Büro: 30 kWh/(m²·a)
  - Labor: 50 kWh/(m²·a)
  - Hochgarage: 0 kWh/(m²·a)

- **Nutzerstrom (Annahme)**
  - Büro: 25 kWh/(m²·a)
  - Labor: 40 kWh/(m²·a)
  - Hochgarage: 7,5 kWh/(m²·a) (v. a. durch Beleuchtung, Schrankenanlagen, Ticketautomaten, Aufzug und Sicherheitstechnik)

2. Elektromobilität

Zusätzlich zum Nutzerstrom wurden für den geplanten Bedarf des avisierten Projektes Ladeleistungen für die im Plangebiet vorgesehenen Elektrotankstellen berücksichtigt (4 × 11 kW + 1 × 300 kW). Die Vollbenutzungsstunden (VBH) wurden auf Basis von Erfahrungswerten festgelegt:

- **11 kW-Ladesäulen:** 2.000 VBH (Annahme), da sie aufgrund ihrer geringeren Ladeleistung durchschnittlich länger belegt sind
- **Schnellladestation (300 kW):** 500 VBH (Annahme)

3. Umsetzung mittels Wärmepumpen

Da die Wärme- und Kälteversorgung mittels elektrisch betriebener Wärmepumpen erfolgt, wurden die oben auf Basis von Annahmen ermittelten Wärme- und Kältebedarfe mit entsprechenden Leistungszahlen in Stromverbräuche umgerechnet. Die tatsächlichen Effizienzfaktoren (SCOP/SEER) hängen maßgeblich von der benötigten Temperaturspreizung sowie der gewählten Anlagentechnik ab. Diese wird im Zuge der Projektabwicklung projektspezifisch ermittelt. Die hier gewählten Werte beziehen sich auf die Mindestanforderungen nach Ökodesign-Richtlinie EU (ErP 2018):

- **Kältemaschinen (SEER)**: konservativ im Mittel 3
- **Wärmepumpe (SCOP)**: konservativ im Mittel 3,5

Als Wärmequelle und -senke sind Sonden der oberflächennahen Geothermie (Bohrungen max. 100 m tief) vorgesehen. Diese decken die Last der vorgenannten Bedarfe gem. Datenbasis geologischer Dienst mit einer Entzugsleistung von rund 2,7 W/m*K im Mittel. Im Zuge der Projektabwicklung ist ein Thermal Response Test durchzuführen, um die tatsächliche Wärmeentzugsleistung festzustellen.

So fern als Ergebnis des Thermal Response Tests die Entzugsleistung aus den Geothermiesonden allein nicht ausreichen, kann die Wärmebereitung in Spitzenzeiten durch zusätzliche Luftwärmepumpen mit ähnlichen Effizienzfaktoren, wie oben angegeben, bzw. in Ausnahmefällen auch über Heizstäbe mit Effizienzfaktor von 1 unterstützt werden, was die Gesamtsystemeffizienz jedoch voraussichtlich vermindert. Auf diesen Fall wird in der weiteren Betrachtung nicht weiter eingegangen.

4. Potenziale durch Photovoltaik

Für die mögliche Photovoltaikanlage wurde auf Basis einer möglichen Gebäudekubatur eine Dachfläche als Annahme ermittelt, deren Belegung unter Berücksichtigung einer extensiven Begrünung und einer Ost-West-Ausrichtung mit etwa 65 % Dichte angenommen wurde. Daraus resultiert eine PV-Anlagengröße von ca. 300–320 kWp.

- **Potenziell verfügbare Dachfläche:** 3.201 m²
- **Davon potenziell mit PV belegt:** 2.285m²
- **Potenzielle erwartete Stromerzeugung**: Bei 1.000 kWh/kWp ergibt sich ein überschlägiger Ertrag von rund 300–320 MWh pro Jahr.

5. Eigenverbrauch und Netzbezug Strom

Da die Photovoltaik-Stromerzeugung generell nicht synchron zum Verbrauch erfolgt und tages- sowie jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, kann nur ein Teil der erzeugten Energie direkt vor Ort genutzt werden. Dieser Anteil wird als Eigenverbrauchsquote (EVQ) bezeichnet. Der überschüssige Strom wird ins öffentliche Netz eingespeist. Die Höhe der EVQ hängt maßgeblich von der Dimensionierung der PV-Anlage sowie vom individuellen Lastprofil ab, welche je nach Anwendung stark variieren können.

- **Typische EVQ ohne Speicher**: ca. 20–40 % → Ansatz für Analyse 30 %

Die Eigenverbrauchsquote kann je nach Verhältnis zwischen Verbrauch des Gebäudes und Erzeugungsleistung des PV-Systems und deren zeitlicher Verschiebung jedoch auch eine noch größere Spanne einnehmen. Pauschale Aussagen sind hier unter Vorbehalt zu betrachten. Eine exakte Bestimmung der EVQ erfordert eine Lastgangsimulation (z. B. stündlich oder viertelstündlich), welche die Erzeugungs- und Verbrauchsprofile miteinander abgleicht.

6. Tabellen und Abbildungen

Die nachstehenden Berechnungsergebnisse und Diagrammdarstellungen basieren auf den oben genannten Annahmen, die im Zuge der Projektabwicklung und der daraus resultierenden konkreten Planungen angepasst werden. Eine Abweichung ist zu erwarten, jedoch wird davon ausgegangen, dass bei der Umsetzung eines strombasierten Energiedesigns im Gebäude die untenstehenden CO_2-Werte erreicht werden.

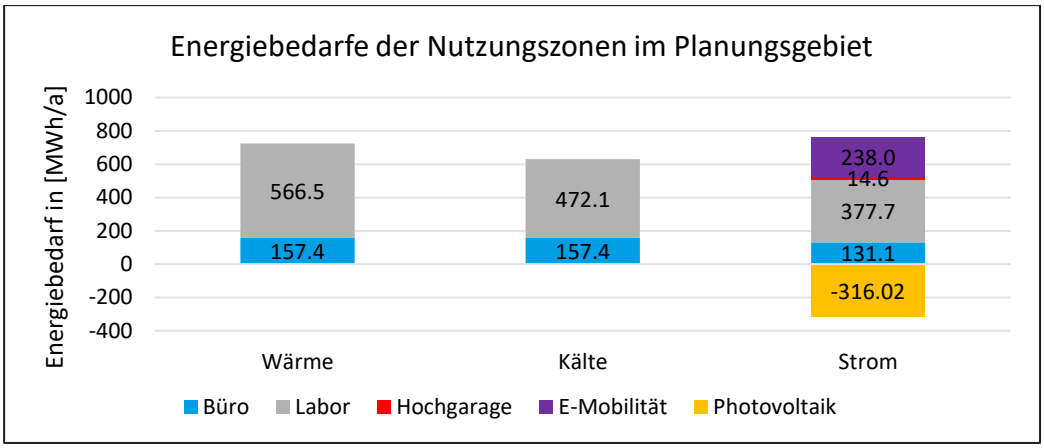


Abbildung 1 Energiebedarfe der Nutzungszonen im Plangebiet

Abbildung 1 visualisiert in kumulierter Form die Energiebedarfe der einzelnen Nutzungen in MWh/a, wobei der potenzielle PV-Ertrag als negativer Wert dargestellt ist.

Tabelle 1 Energiebedarfsermittlung der Zonen

Absolut	**Wärme**		**Kälte**		**Strom**	
Büro	157.4 MWh/a	314.7 kW	157.4 MWh/a	524.6 kW	131.1 MWh/a	157.4 kW
Labor	566.5 MWh/a	566.5 kW	472.1 MWh/a	0.0 kW	377.7 MWh/a	141.6 kW
Hochgarage					14.6 MWh/a	9.8 kW
E-Mobilität*					238.0 MWh/a	344.0 kW
Photovoltaik**					-316.0 MWh/a	-316.02 kWp
Spezifisch						
Büro	30 kWh/m²	60 W/m²	30 kWh/m²	100 W/m²	25 kWh/m²	30 W/m²
Labor	60 kWh/m²	60 W/m²	50 kWh/m²	0 W/m²	40 kWh/m²	15 W/m²
Hochgarage	0 kWh/m²	0 W/m²	0 kWh/m²	0 W/m²	7.5 kWh/m²	5 W/m²

Tabelle 1 liefert die entsprechende Grundlage für die in Abbildung 1 dargestellten Energiebedarfe als absolute und flächenspezifische Bedarfswerte.

Tabelle 2 Energiebedarfsermittlung der Ladepunkte

***Elektromobilität**			
E-Ladesäulen	Anzahl Ladepunkte	Vollbenutzungsstunden	Bedarf
11 kW	4	2000 VBH	88 MWh/a
300 kW	1	500 VBH	150 MWh/a
344 kW	**5**		**238 MWh/a**

Ergänzend dazu liefert Tabelle 2 die Werte für die Nutzung „Elektromobilität“ mit einer Aufschlüsselung der Ladeleistung, der Anzahl der Ladepunkte und der geschätzten Vollbenutzungsstunden.

Tabelle 3 Ertragsermittlung der Photovoltaikanlage

**Photovoltaik	
Belegungsfaktor bei Ost/West	65 %
Modulfläche	1,484.93 m²
Anlagenleistung	316.02 kWp
Spez. Ertrag	1,000 kWh/kWp
PV-Eigenverbrauchquote	30 %
Ertrag	316.0 MWh/a
Eigenverbrauch	94.8 MWh/a

Tabelle 3 beschreibt die zugrunde liegenden Annahmen hinsichtlich der Photovoltaikanlage. Diese Werte beruhen wiederum auf den für Photovoltaik zur Verfügung stehenden Flächen (siehe Punkt 4 „Potenziale durch Photovoltaik“).

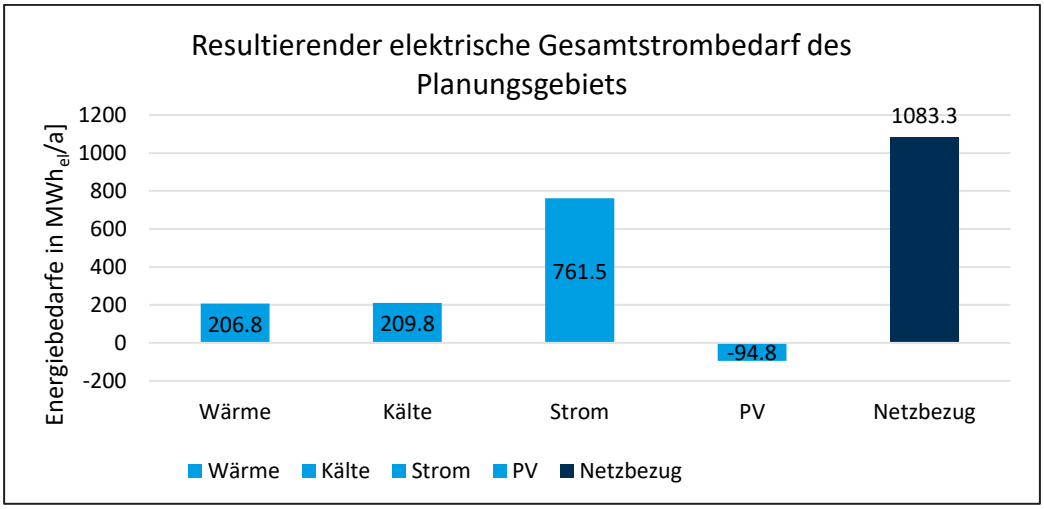


Abbildung 2 Resultierender elektrische Gesamtstrombedarf des Plangebiets

Abbildung 2 zeigt die resultierenden elektrischen Gesamtstrombedarfe unter der Annahme, dass die Energiebedarfe für Wärme und Kälte, über die in Tabelle 4 dargestellten Leistungsfaktoren in elektrische Bedarfe umgerechnet werden. Der Netzbezug beschreibt folglich die benötigte Strommenge in MWhel/a für Wärme, Kälte und Nutzerstrom, abzüglich des am Standort selbstverbrauchten PV-Anteils von 30 %.

Tabelle 4 Ermittlung der aus dem Energiebedarf resultierender Strombedarf

	Wärme in (MWh)	Kälte in (MWh)	Strom in (MWh)	PV in (MWh)	Netzbezug in (MWh)
Energie	723.9	629.5	761.5	-316.0	
Faktor	SCOP 3.5	SEER 3.0		30 %	
Strom	206.8	209.8	761.5	-94.8	1083.3

Der SCOP und der SEER aus Tabelle 4 beschreiben demnach die Effizienzfaktoren der Wärmepumpe bzw. der Kältemaschine.

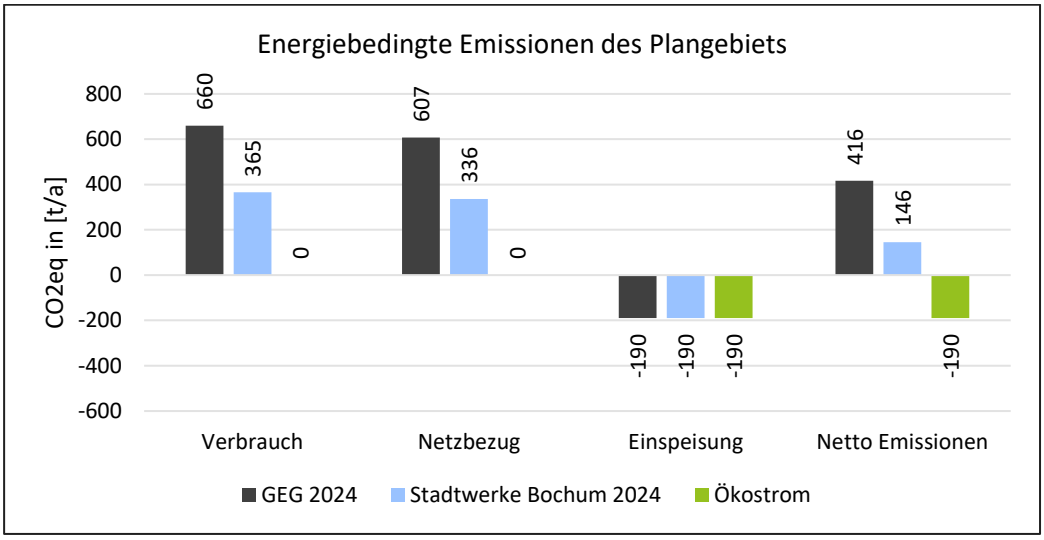


Abbildung 3 Energiebedingte Emissionen des Plangebietes

Abbildung 3 visualisiert die CO_2eq-Emissionen des Plangebietes nach unterschiedlichen Bilanzierungsvarianten. Bilanziert werden die Emissionen basierend auf den Werten des GEG, des lokalen Stromversorgers sowie bei der Nutzung eines Ökostromanbieters. Die Emissionen dieser Varianten unterscheiden sich in den Bereichen „Verbrauch“, „Netzbezug“, „Einspeisung“ und „Netto-Emissionen“ insofern, als der am Standort potenziell produzierte PV-Strom in diesen Kategorien unterschiedliche Mengen an CO_2eq verdrängt und somit die Emissionen reduziert.

Tabelle 5 Energiebedingte Emissionen des Plangebiets

	Verbrauch CO2eq in [t/a]	Netzbezug CO2eq in [t/a]	Einspeisung CO2eq in [t/a]	Netto-Emissionen CO2eq in [t/a]
GEG 2024 *	660	607	-190	416
SW Bochum 2024 **	365	336	-190	146
Ökostrom ***	0	0	-190	-190

Verdrängungsstrom -860 gCO_2eq/kWh
* GEG 560 gCO_2eq/kWh
** SW Bochum 310 gCO_2eq/kWh
*** Ökostrom 0 gCO_2eq/kWh

Die Quelle dieser Emissionen sind die unterschiedlichen Versorgungsprodukte mit variierenden Emissionsfaktoren ingCO_2eq/kWh, die in Tabelle 5 dargestellt sind.

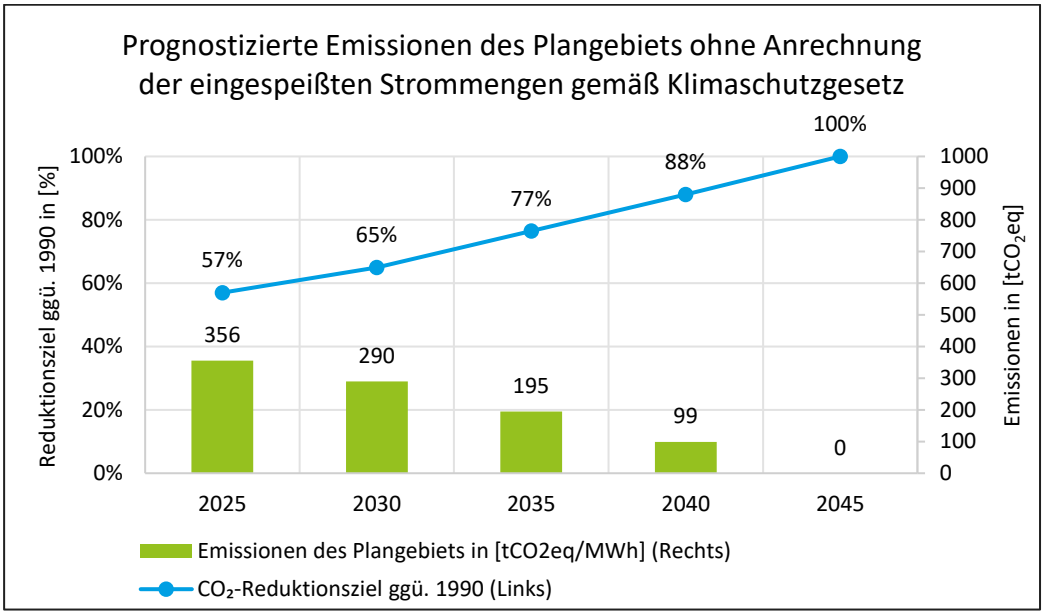


Abbildung 4 Prognostizierte Entwicklungen der Emissionen des Plangebiets nach Klimaschutzgesetz

Abbildung 4 zeigt den von der Bundesregierung durch das Klimaschutzgesetz angestrebten Reduktionspfad des öffentlichen Stromnetzes von 2025 bis 2045 und die dadurch simultan sinkenden Emissionen des Plangebietes in tCO_2eq.

Tabelle 6 Prognostizierte Entwicklungen der Emissionen des Plangebiets nach Klimaschutzgesetz

Jahr	CO_2-Reduktionsziel ggü. 1990 (Links)	Resultierende CO_2eq-Intensität (g/kWh)	Emissionen des Plangebiets in [tCO2eq] (Rechts)
1990	0.0%	764	828
2022	49.6%	385	417
2023	50.3%	380	412
2024	55.0%	344	373
2025	57.0%	328.52	356
2030	65.0%	267.4	290
2035	76.5%	179.54	195
2040	88.0%	91.68	99
2045	100.0%	0	0

Dieser Reduktionspfad, die daraus resultierende CO_2eq-Intensität sowie die Entwicklung der Emissionen des Plangebietes werden nochmals detailliert in Tabelle 6 dargestellt.

Hinweis:
Alle genannten Werte sind grobe Richtgrößen und spiegeln den Erkenntnisstand zum Zeitpunkt der Berichtserstellung wider. Eine weitergehende Projektplanung und Simulation ist notwendig, um verbindliche Aussagen über die tatsächlichen Energieverbräuche, Erzeugungspotenziale und Effizienzen zu treffen.