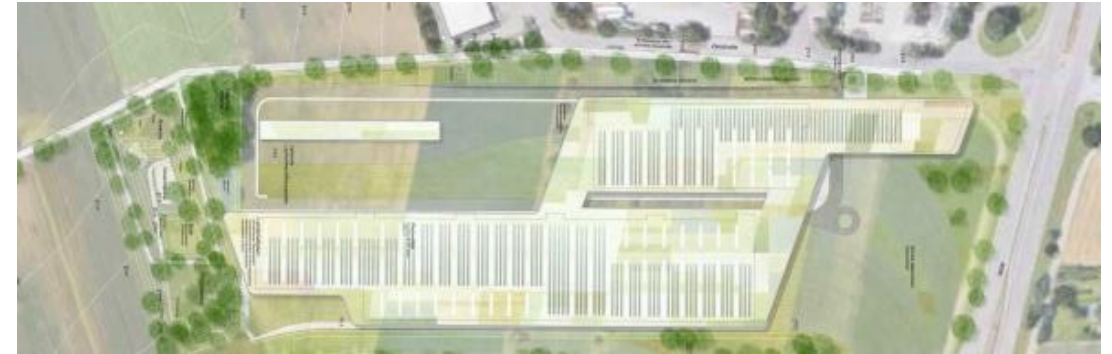


SSB B4 Betriebshof Weilimdorf

DGNB & Klimaneutralitätsbetrachtung

Carolin Homm, M.Sc.
Johanna Heer, M.Eng.

30.11.2023



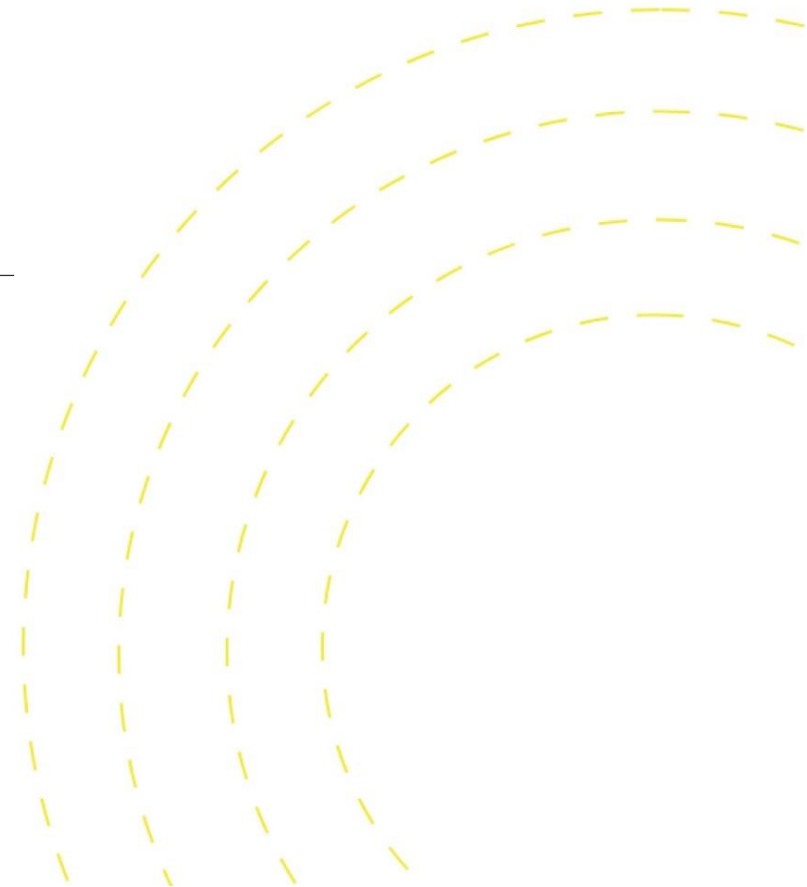
Quelle: Auer Weber

DGNB Zertifizierung

- DGNB System
- Projektstatus

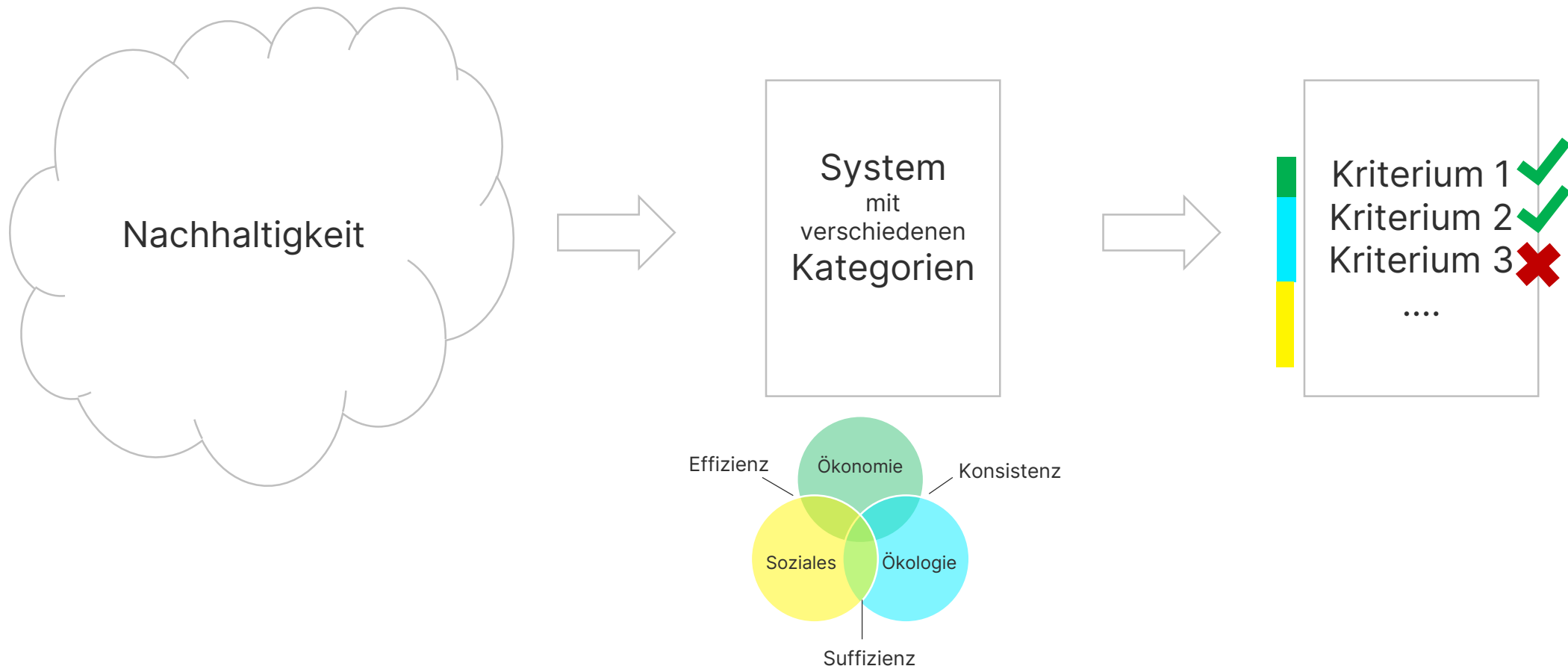
CO₂-Neutralität

- Bilanzierungsrahmen/-grenze
- Berechnungsgrundlage
- Auswertung
- Ökobilanzierung

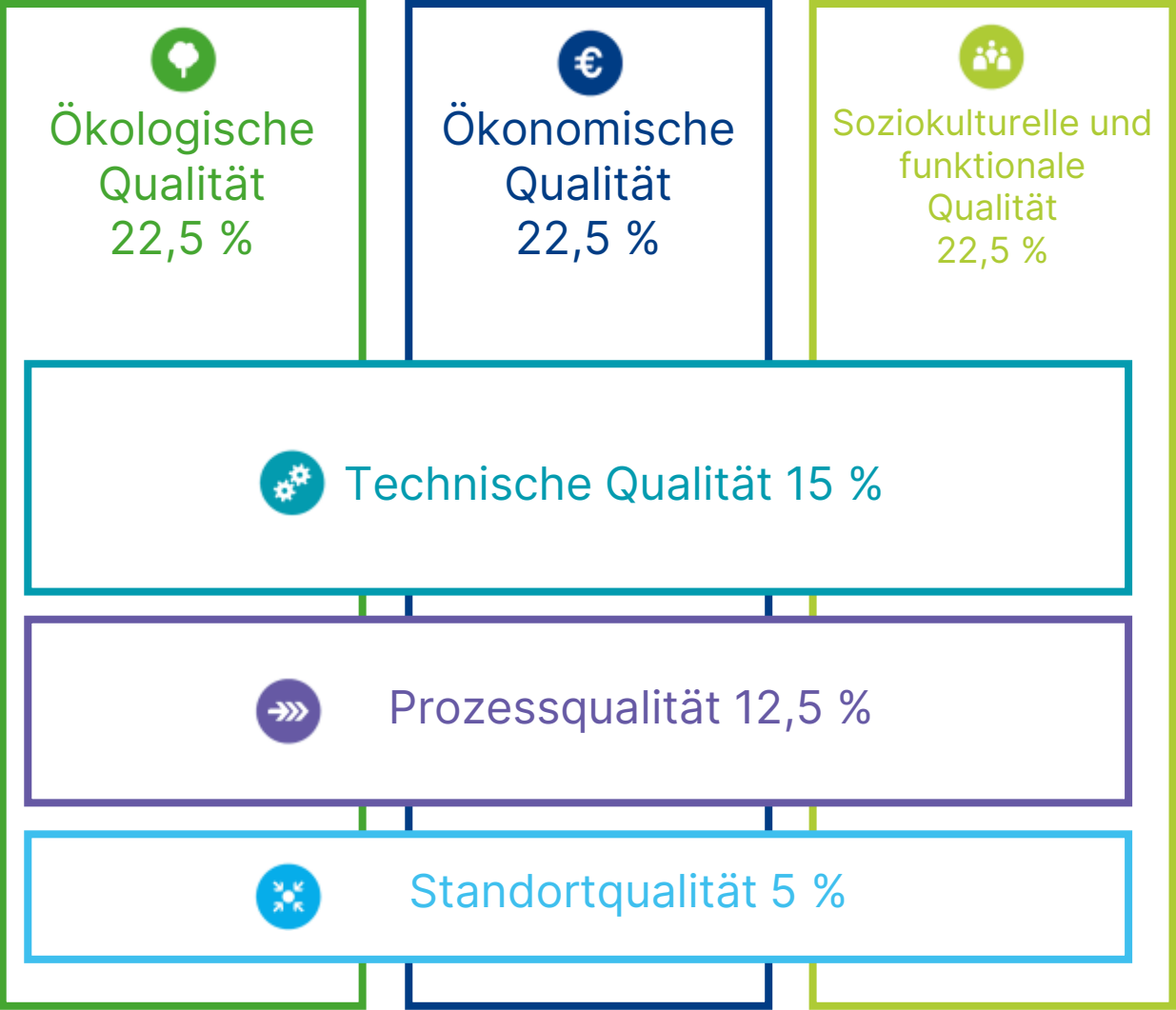





Nachhaltigkeit im Bausektor

Zertifizierungssysteme sind ein Versuch, das **komplexe Thema** der Nachhaltigkeit innerhalb des Bausektors in **prüfbare Kriterien** runterzubrechen und damit bewertbar und **vergleichbar** zu machen!



Grundstruktur DGNB System



| |  PLATIN |  GOLD |  SILBER |
|-----------------------|---|---|---|
| Gesamterfüllungsgrad | Ab 80% | Ab 65% | ab 50% |
| Mindesterfüllungsgrad | 65 % | 50% | 35% |

Ökologische Qualität

- ENV1.1 Ökobilanz des Gebäudes
- ENV1.2 Risiken für die lokale Umwelt
- ENV1.3 Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung
- ENV2.2 Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen
- ENV2.3 Flächeninanspruchnahme
- ENV2.4 Biodiversität am Standort

Ökonomische Qualität

- ECO1.1 Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus
- ECO2.1 Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit
- ~~ECO2.2 Marktfähigkeit~~

Soziokulturelle und funktionale Qualität

- SOC1.1 Thermischer Komfort
- SOC1.2 Innenraumluftqualität**
- ~~SOC1.3 Akustischer Komfort~~
- SOC1.4 Visueller Komfort
- ~~SOC1.5 Einflussnahme des Nutzers~~
- SOC1.6 Aufenthaltsqualitäten innen und außen
- SOC1.7 Sicherheit
- ~~**SOC2.1 Barrierefreiheit***~~

Technische Qualität

- ~~TEC1.2 Schallschutz~~
- TEC1.3 Qualität der Gebäudehülle
- TEC1.4 Einsatz und Integration von Gebäudetechnik
- TEC1.5 Reinigungsfreundlichkeit des Baukörpers
- TEC1.6 Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit
- TEC1.7 Immissionsschutz
- TEC3.1 Mobilitätsinfrastruktur

Prozessqualität

- PRO1.1 Qualität der Projektvorbereitung
- PRO1.4 Sicherung der Nachhaltigkeit in Ausschreibung & Vergabe
- PRO1.5 Dokumentation für eine nachhaltige Bewirtschaftung
- PRO1.6 Verfahren zur städtebaulichen & gestalterischen Konzeption
- PRO2.1 Baustelle / Bauprozess
- PRO2.2 Qualität der Bauausführung
- PRO2.3 Geordnete Inbetriebnahme
- PRO2.4 Nutzerkommunikation
- PRO2.5 FM-gerechte Planung

Standortqualität

- SITE1.1 Mikrostandort
- SITE1.2 Ausstrahlung und Einfluss auf das Quartier
- SITE1.3 Verkehrsanbindung
- SITE1.4 Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen

* Für die untergeordnete Nutzung der Büroräume ist es notwendig das Kriterium nachzuweisen

Die SSB strebt eine DGNB-Zertifizierung nach dem Nutzungsprofil **Neubau Produktionsstätten**, Version 2018 (**NPS18**) mit dem Zertifizierungsziel **Gold** an.

Ab einem Erfüllungsgrad von 65% wird die Gold-Plakette erreicht.

Aktueller Erfüllungsstand der SSB – 67,4%:



| Hauptkriteriengruppen | Anteil an Gesamt-erfüllungsgrad | Erfüllungsgrad |
|--|---------------------------------------|----------------|
| Ökologische Qualität | 22,5% | 80,0% |
| Ökonomische Qualität | 22,5% | 52,7% |
| Soziokulturelle und Funktionale Qualität | 22,5% | 77,8% |
| Technische Qualität | 15,0% | 52,8% |
| Prozessqualität | 12,5% | 73,9% |
| Standortqualität | 5,0% | 56,8% |
| Gesamt-Erfüllungsgrad | 67,4% | |
| Nebenanforderung (ohne Standortqualität) | Nebenanforderung für Gold ist erfüllt | |
| Plakette | GOLD | |

Die beiden höchst gewichteten Kriterien der Zertifizierung stellen

ENV1.1 Ökobilanz des Gebäudes und

ECO 1.1 Lebenszykluskosten des Gebäudes

dar.

Bei ENV1.1 geht es um die CO₂-Emissionen des Gebäudes.

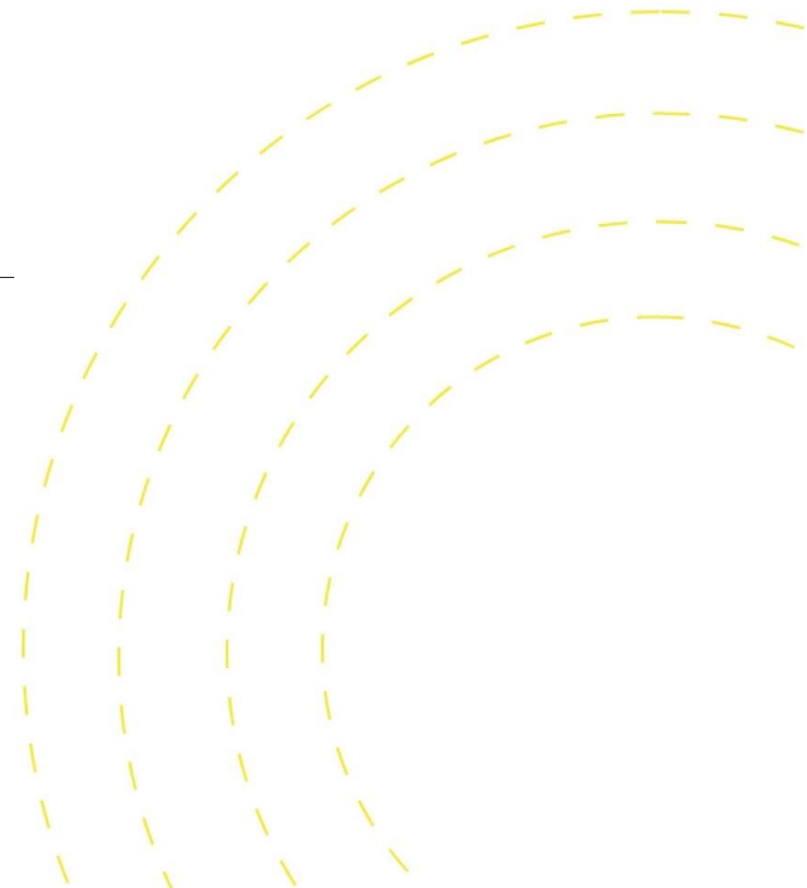
Die Grauen Emissionen (Emissionen der Konstruktion) werden im Rahmen einer Ökobilanz ermittelt. Auch der klimaneutrale Gebäudebetrieb wird in einem der Indikatoren bewertet.

Bei ECO 1.1 geht es um die anfallenden Kosten der Herstellung und des Gebäudebetriebs.

Hier können leider nur wenige Punkte erzielt werden, da die Kosten verglichen mit den Nutzungsspezifischen Benchmarks des Nutzungsprofils Produktionshalle recht hoch sind.

CO₂-Neutralität

Bilanzierungsrahmen/-grenze



Ziel: Die SSB will „**Klimaneutralität**“ erreichen.

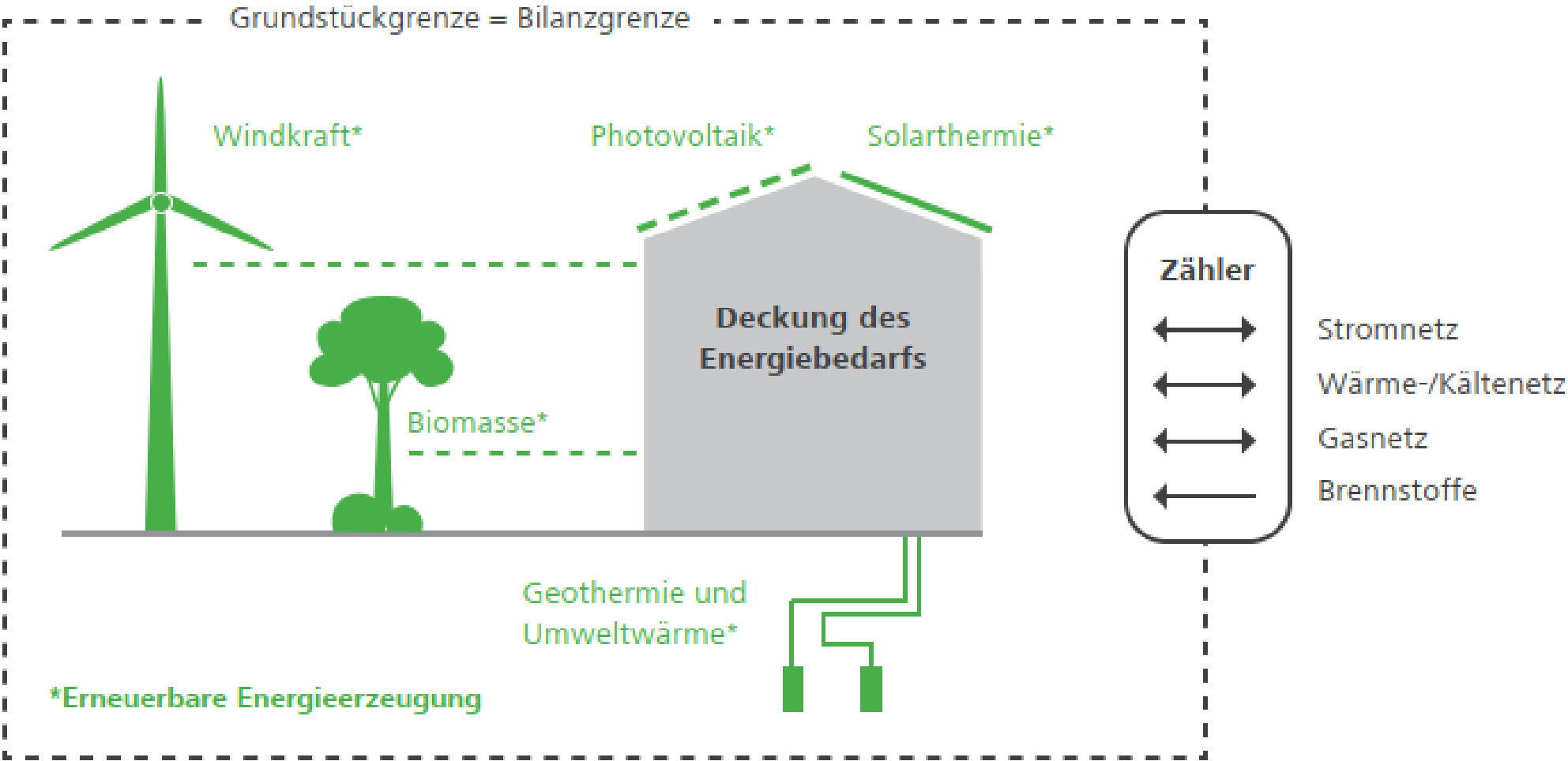
Da der Begriff Klimaneutralität nicht eindeutig definiert ist, ist eine projektspezifische Definition notwendig.

Maßgeblich ist der gewählte *Bilanzrahmen*, *Bilanzzeitraum* und *CO₂-Grenzwert*.

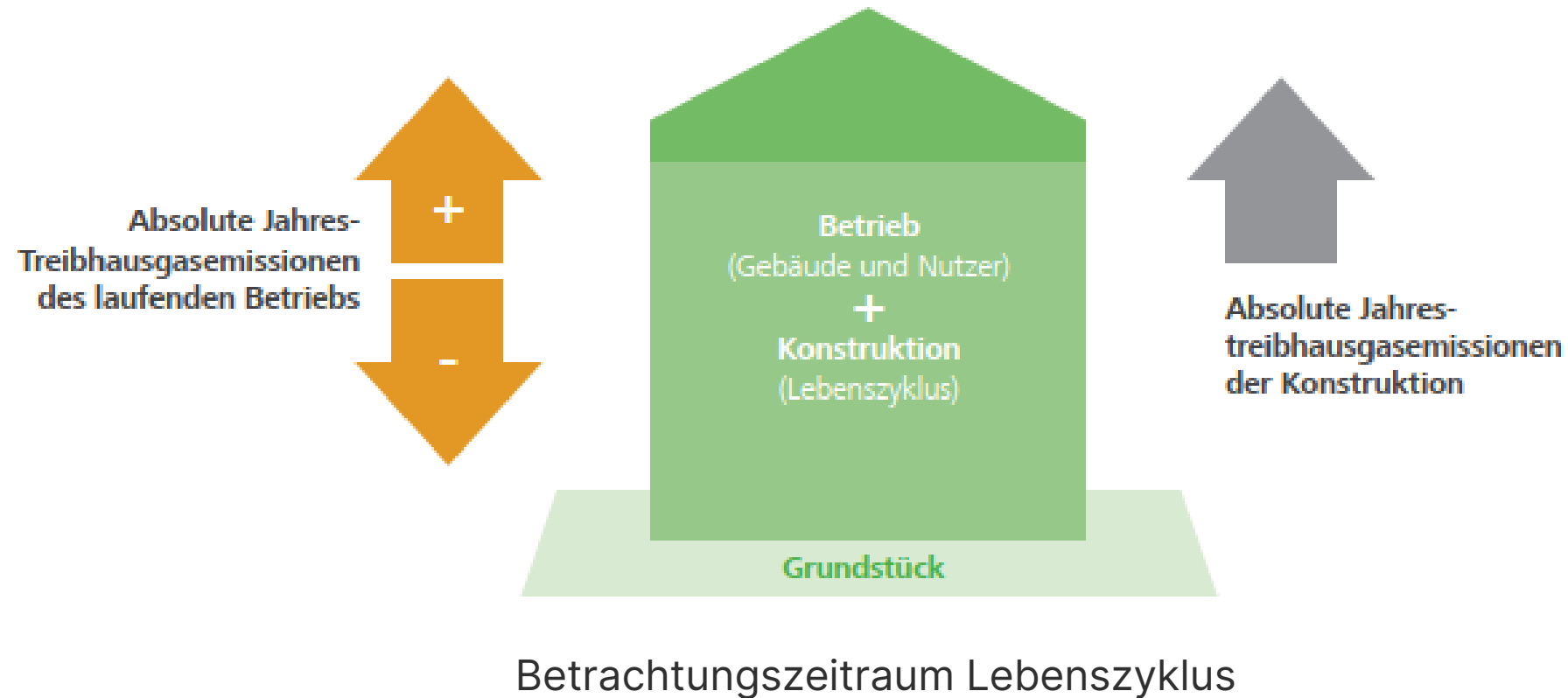
Die SSB möchte sowohl den Bilanzrahmen „**Betrieb**“ als auch den Bilanzrahmen „**Betrieb und Konstruktion**“ betrachten.

Die Berechnungsgrundlagen sind auf den nachfolgenden Seiten in Anlehnung an das „**DGNB-Rahmenwerk für klimaneutrale Gebäude und Standorte**“ definiert.

Bilanzrahmen Betrieb



Bilanzrahmen „Betrieb und Konstruktion“



Quelle: DGNB Rahmenwerk

Bilanzgrenze für Klimaneutralität im Lebenszyklus DGNB Rahmenwerk



Bilanzraum

Betrieb

Gebäudeenergiebedarf :

Raumwärme, Warmwasser, Hilfsenergie,
Lüftung, Kälte und Beleuchtung

+ Nutzer-, Prozessstrombedarf

**- Lokal erzeugte erneuerbare
Energie (PV + Solarthermie)**

+ graue Emissionen Konstruktion

Bilanzzeitraum

50 Jahre

Anforderung

Klimaneutral:

Treibhausgaspotenzial

< 0 kg CO₂ Äqu.

Klimaneutralitätsbetrachtung im Projektverlauf

Die Klimaneutralität ist seit Planungsbeginn ein Kernthema des Projektes BF4.

Es wurden zahlreiche Energieversorgungsvarianten, die im Laufe der Planungsphasen diskutiert wurden, hinsichtlich der Erreichung der Klimaneutralitätsziele bewertet.

U.a. wurden die nachfolgend gelisteten Varianten betrachtet:

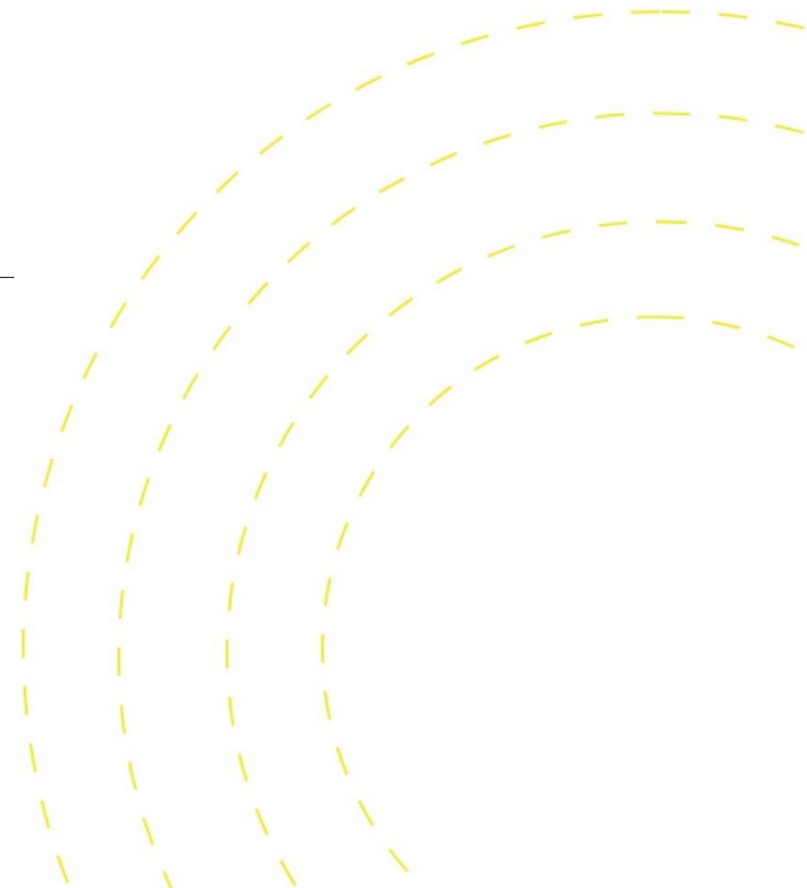
- Oberflächennahe Geothermie
- Pelletkessel
- Abwasser-Wärmepumpe

Die aktuell geplante Versorgungsvariante ist nachfolgend beschrieben und abgebildet.

Im Rahmen aller betrachteten Versorgungsvarianten ermöglicht die aktuelle Variante die die größten klimapositiven Wirkungen und den schnellsten Ausgleich der durch den Bau entstandenen THG-Emissionen.

CO₂-Neutralität

Berechnungsgrundlagen



1. Konstruktion

- Bauteilaufbauten
(Auer Weber, Bauphysik)
- Flächen / Massen der Bauteile
(Pläne Auer Weber)

2. Betrieb

- Endenergiebedarf aus GEG Berechnung
(EGS-plan)
- Nutzerstrom
(Ermittlung über Benchmarks EGS-plan)
- PV – Stromproduktion
(Ermittlung über Stadtwerke Stuttgart, 230830_E_1_PV-Planung BF4 SSB Weilimdorf V3.pdf)

3. Bilanzierung Umweltwirkung

- Berechnung der CO₂-Äquivalente mit DGNB geeignetem Bilanzierungstool (Generis) – Ökobilanz Gebäudekonstruktion

Projektübersicht



Berechnung PV Ertrag

BF4 SSB Weilimdorf V3

Stadtwerke Stuttgart GmbH

Projektübersicht




Abbildung: ÜbersichtsBild, 3D-Planung

PV-Anlage

3D, Netzegekoppelte PV-Anlage

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| Klimadaten | Stuttgart, DEU (1995 - 2012) |
| Quelle der Werte | DWD TMY3 (Valentin Software) |
| PV-Generatorleistung | 1033,72 kWp |
| PV-Generatorfläche | 4.803,5 m ² |
| Anzahl PV-Module | 2404 |
| Anzahl Wechselrichter | 8 |

 Erstellt mit PV*SOL premium 2023 (R7)
Valentin Software GmbH

Seite 2 von 8

BF4 SSB Weilimdorf V3

Stadtwerke Stuttgart GmbH

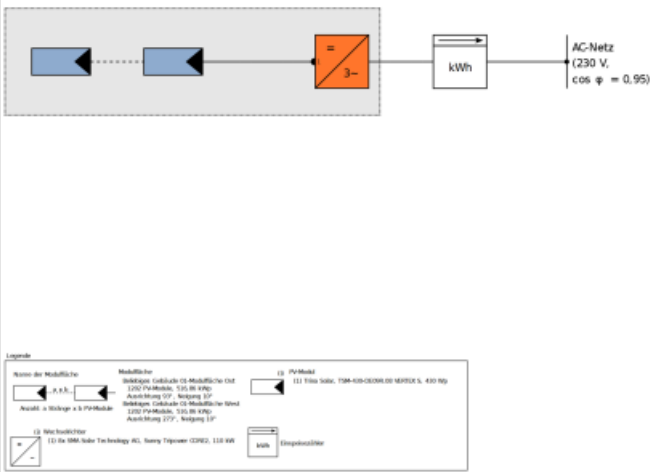



Abbildung: Schaltschema

Ertragsprognose

Ertragsprognose

| | |
|---|--------------------|
| PV-Generatorleistung | 1.033,72 kWp |
| Spez. Jahresertrag | 990,41 kWh/kWp |
| Anlagennutzungsgrad (PR) | 93,08 % |
| Ertragsminderung durch Abschattung | 0,6 % |
| Netzeinspeisung | 1.023.983 kWh/Jahr |
| Netzeinspeisung im ersten Jahr (inkl. Moduldegradation) | 1.020.644 kWh/Jahr |
| Standby-Verbrauch (Wechselrichter) | 174 kWh/Jahr |
| Vermiedene CO ₂ -Emissionen | 481.190 kg/Jahr |

 Erstellt mit PV*SOL premium 2023 (R7)
Valentin Software GmbH

Seite 3 von 8

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung der Firma Valentin Software GmbH (PV*SOL Algorithmen) ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Solarstromanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichtern sowie anderer Faktoren abweichen.

Quelle: Stadtwerke Stuttgart

Festlegungen zur Anlagentechnik

| | |
|--|--|
| Konstruktion KG 400 | |
| Wärmeerzeugung | Erdkollektorfläche, 3 x Wärmepumpen |
| Speicher | 2x NT Pufferspeicher, 1 x HT Pufferspeicher |
| Betrieb | |
| Endenergie nach GEG | 159.651 kWh/a |
| Nutzerstrombedarf <small>Nach Benchmarks EGS: Büro 29,6 kWh/(m²a), Werkstätten 10,9 kWh/(m²a)</small> | 114.447 kWh/a |
| PV Ertrag | 1.023.983 kWh/a* |

*Der gesamte Ertrag kommt bilanziell dem BF4 zugute, auch wenn nicht der gesamte Ertrag für das Gebäude verwendet wird. Es ist darauf zu achten, dass der Ertrag nur in einer Bilanz berücksichtigt wird.

Die Klimaneutralitätsberechnungen erfolgen in Anlehnung an das DGNB Rahmenwerk für klimaneutrale Gebäude und Standorte. Die anzuwendenden Bilanzrahmen – und grenzen sind in den vorangegangenen Folien dargestellt. Weitere Informationen zum Rahmenwerk gibt es [hier](#).

Entsprechend Rahmenwerk wird ausgehend von den grauen Emissionen aus der Konstruktion eine jährliche Bilanz der importierten und exportierten Energiemengen gebildet. Diese jährliche Bilanz wird über die Zeit kumuliert.

Da die Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpe realisiert ist, ist **Strom** der einzig relevante Energieträger im Projekt SSB BF4.

Im Rahmen der Berechnungen sind für den Strommix D die nachfolgenden GWPs angesetzt:

- gem. DGNB-Zertifizierung ENV1.1 **gleichbleibend: 0,53 tCO₂äq/MWh**
- gem. DGNB-Rahmenwerk wird eine **Dekarbonisierung** des Stromnetzes angenommen. Der GWP reduziert sich von **0,53 tCO₂äq/MWh** im Jahr 2027 auf **0,35 tCO₂äq/MWh** im Jahr 2050.

Auf Grund der sich unterscheidenden CO₂-Äquivalente unterscheidet sich auch das berechnete Ergebnis zum Erreichungsjahr der Klimaneutralität.

GWP_{Energieträger} [tCO₂Äq/MWh]

| gem. DGNB Rahmenwerk | | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 |
|----------------------|---------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Bezug | [tCO ₂ Äq/MWh] | 0,52878 | 0,52012 | 0,51146 | 0,5028 | 0,49388 | 0,485254 | 0,4768926 | 0,46876934 | 0,46086041 | 0,45314437 | 0,44560193 | 0,43821574 | 0,43097016 |

| | | Energiebedarf | Tonnen CO2-Äqu. | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Jährlicher Bedarf angeben | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | MWh/a | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 |
| Graue-Emissionen | absolut: t CO2-Äqu./a | | 6601,060146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,99053105 | 0 | 0 |
| Emissionen-Strom & Wärme | Strommix | 221 | 116,62 | 114,71 | 112,80 | 110,89 | 108,93 | 107,02 | 105,18 | 103,39 | 101,64 | 99,94 | 98,28 | 96,65 | 95,05 |
| Gutschriften | Strommix | 1023 | 558,66 | 549,80 | 540,94 | 532,08 | 523,22 | 514,36 | 505,24 | 496,41 | 487,86 | 479,55 | 471,46 | 463,57 | 455,85 |
| Summe Betrieb | | | -442,0373422 | -435,0881339 | -428,1389255 | -421,1897172 | -414,2978521 | -407,341145 | -400,0601002 | -393,0273 | -386,21791 | -379,60959 | -373,18224 | -366,91777 | -360,79987 |
| Gebäudebilanz | | | 6.601,06 | 6.159,02 | 5.723,93 | 5.295,80 | 4.874,61 | 4.460,31 | 4.052,97 | 3652,90693 | 3259,87963 | 2873,66173 | 2495,04267 | 2121,86042 | 1754,94266 |

Jährliche Gebäudebilanz: Gebäudebilanz Vorjahr [tCO₂Äq/MWh] + Summe Betrieb [tCO₂Äq/MWh]

Summe Betrieb =

Energieverbrauch [MWh/a] * GWP_{Energieträger} [tCO₂Äq/MWh]

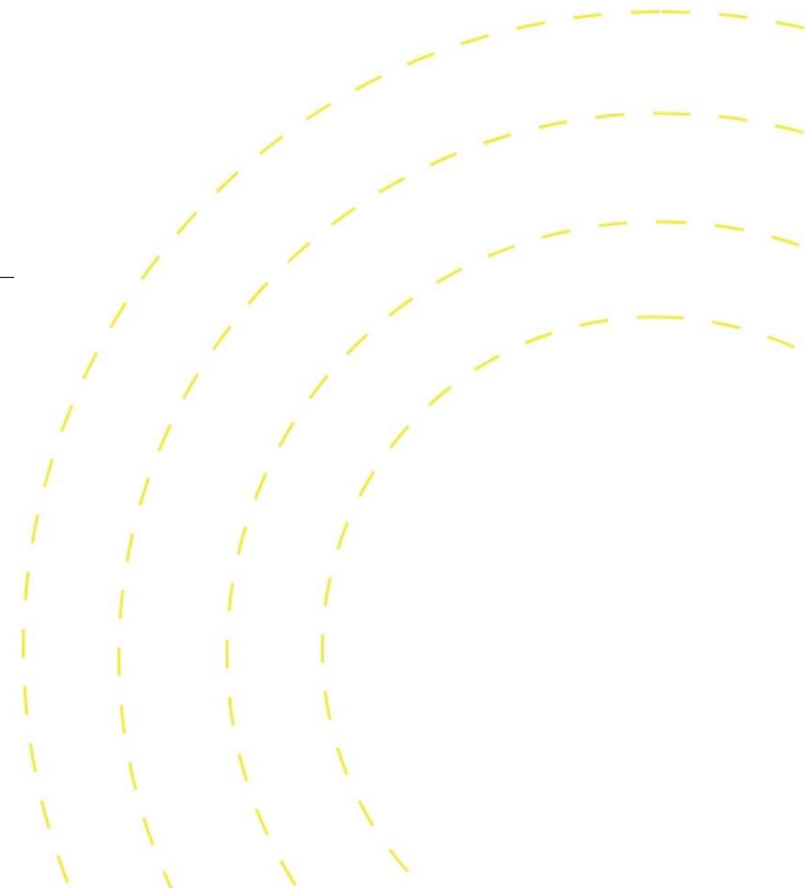
–

Energieexport [MWh/a] * GWP_{Energieträger} [tCO₂Äq/MWh]

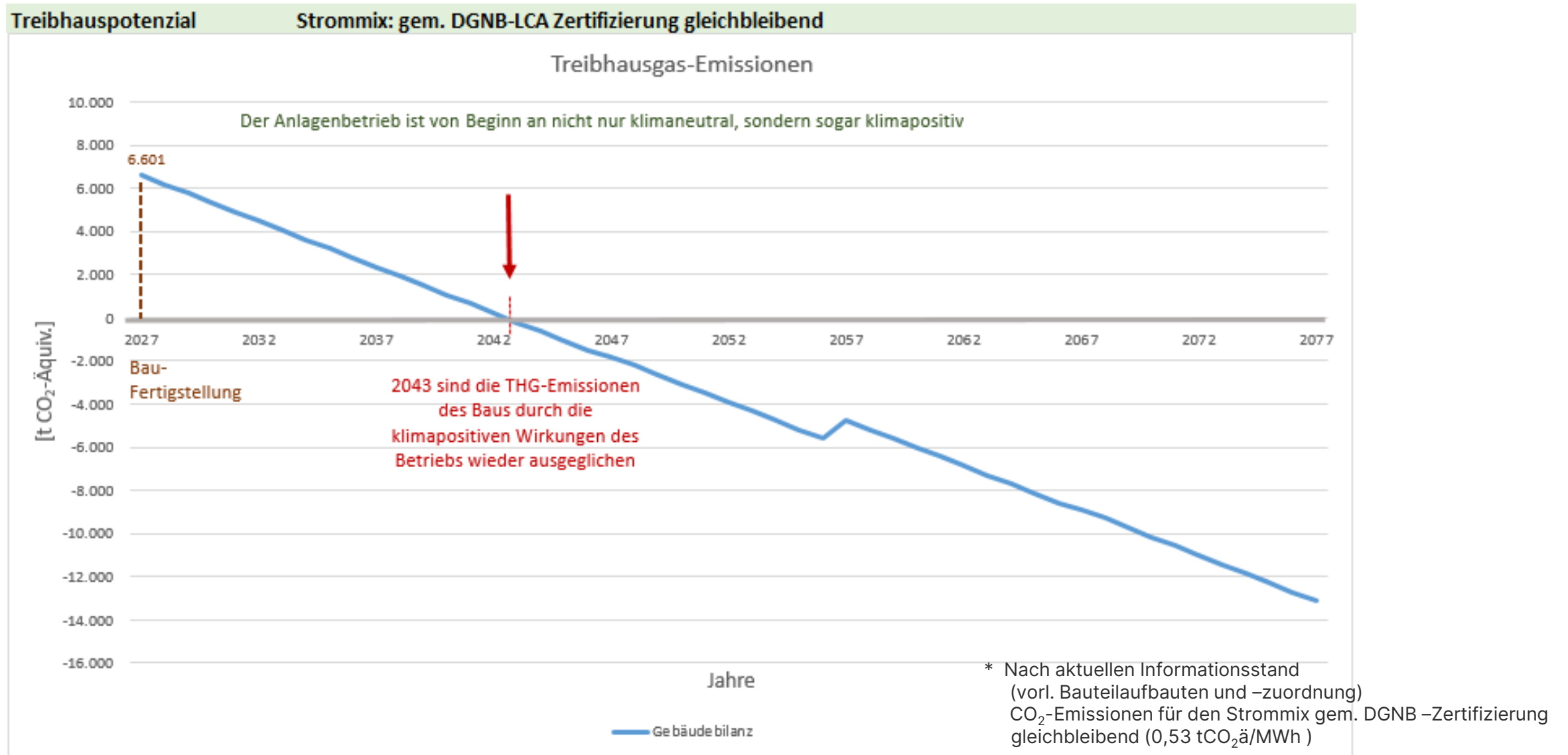
Emissionen *Gutschriften*

CO₂-Neutralität

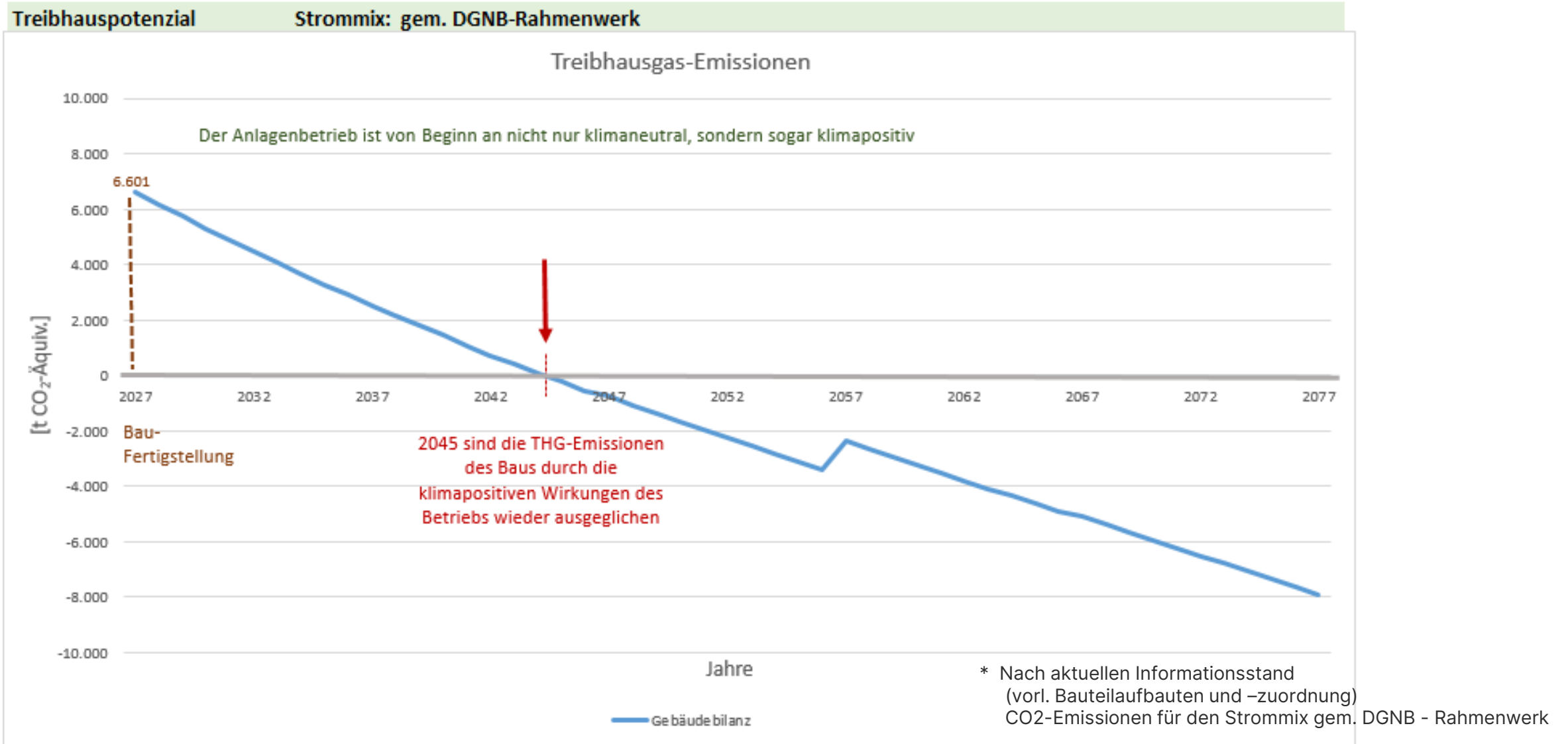
Auswertung



Auswertung kumuliert* V3 Erdkollektoren



Auswertung kumuliert* V3 Erdkollektoren



Der Gebäudebetrieb ist von Beginn an nicht nur klimaneutral, sondern sogar klimapositiv.

Auf Basis eines **statischen Stromnetzes** können die THG-Emissionen des Baus im Jahre **2043** ausgeglichen werden.

Setzt man den **Dekarbonisierungsansatz des Stromnetzes** aus dem DGNB-Rahmenwerk an, ergibt sich ein Ausgleich der THG-Emissionen des Baus im Jahre **2045**.

Je mehr sich das Stromnetz dekarbonisiert, desto geringer fällt die Gutschrift aus, die man durch den Export des PV-Stroms erhält. Daher verschiebt sich die Erreichung des Ausgleichs nach hinten.

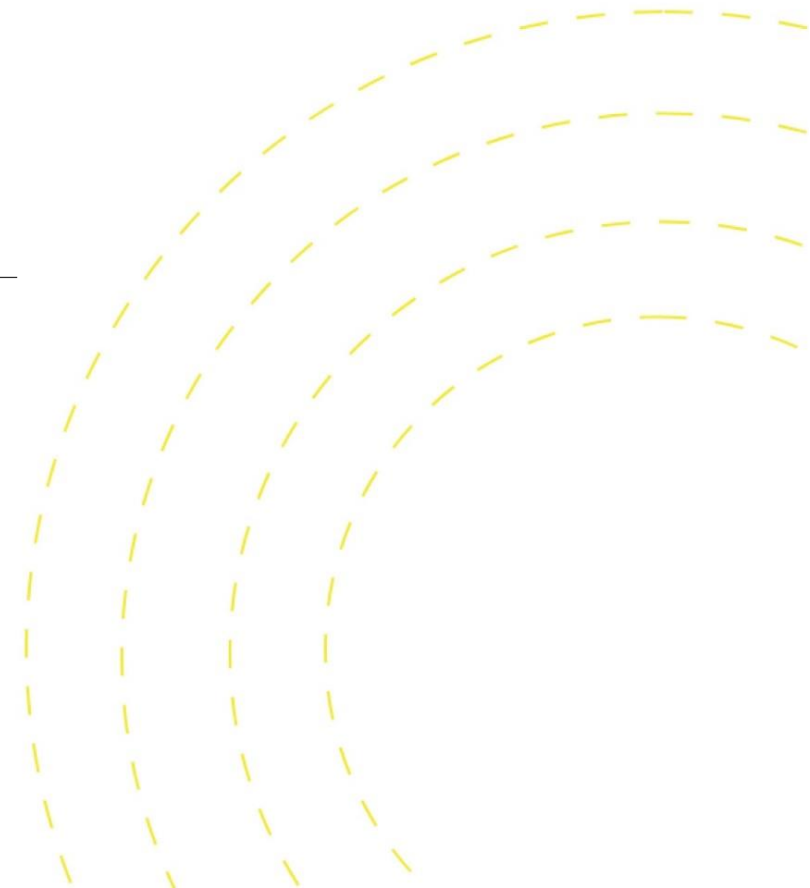
BEARBEITUNGSHINWEISE:

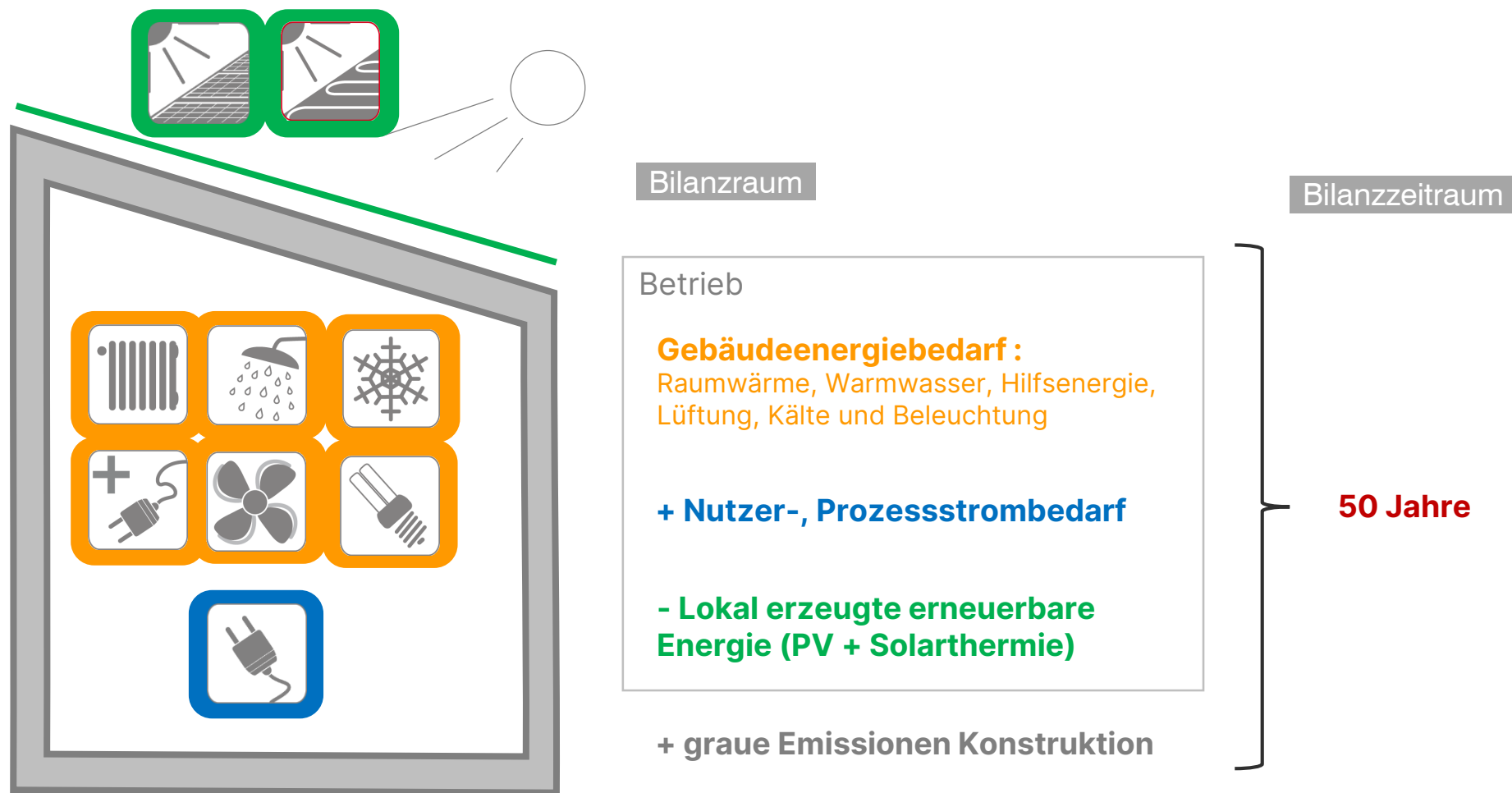
Die Betrachtung basiert auf der Entwurfsplanung, es ist keine fertige Ausführungsplanung vorhanden. Nicht vorhandene Daten wurden durch sinnvolle Annahmen ergänzt.

Die Nutzungsdauer der technischen Anlagen ist abhängig von der tatsächlichen Produktauswahl und kann von der Norm-Nutzungsdauer abweichen.

Ökobilanz Gebäudekonstruktion

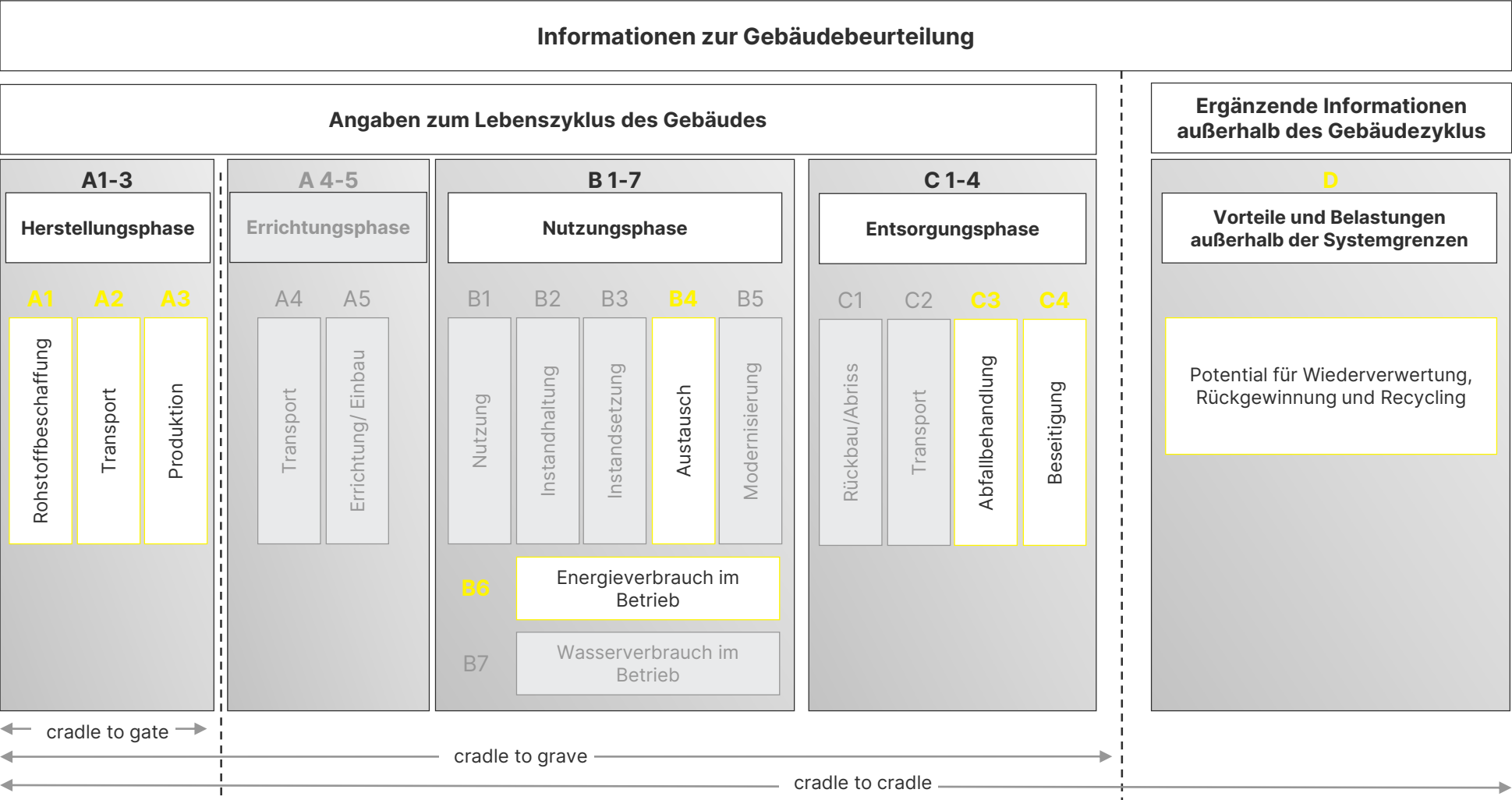
- Bilanzierungsrahmen/-grenze
- Vorgehensweise
- Auswertung



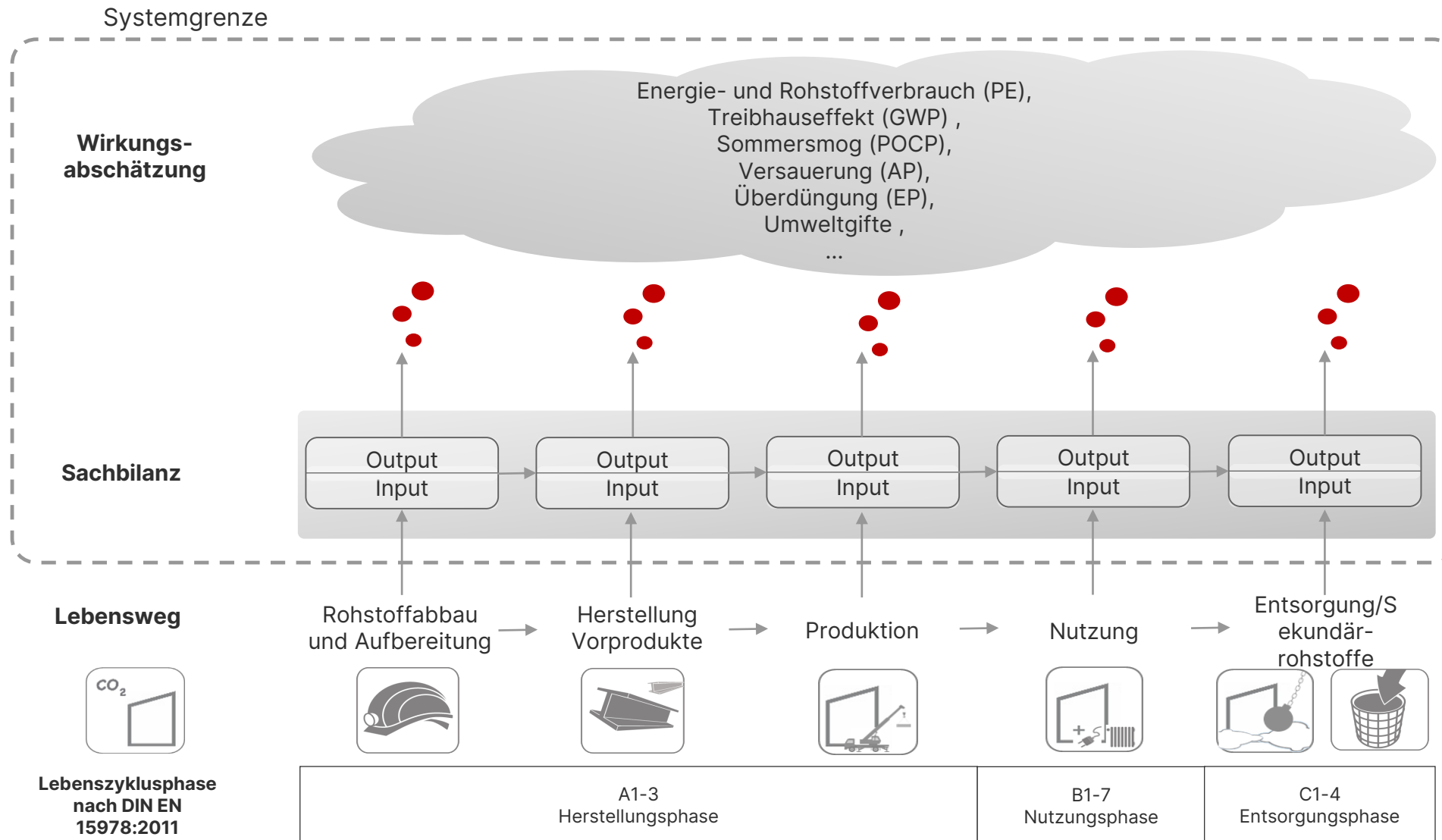


Bilanzrahmen Konstruktion gem. DGNB

Berechnungsmethodik DIN EN 15978



Ökobilanzierung im Gebäudesektor: Prinzip Umweltwirkungen über den Lebenszyklus

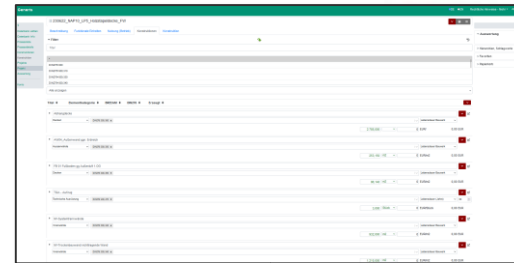


Ökobilanzierung im Gebäudesektor – Umsetzung

Export der relevanten Bauteillisten aus dem BIM Modell als Grundlage für die Eingabe in Generis

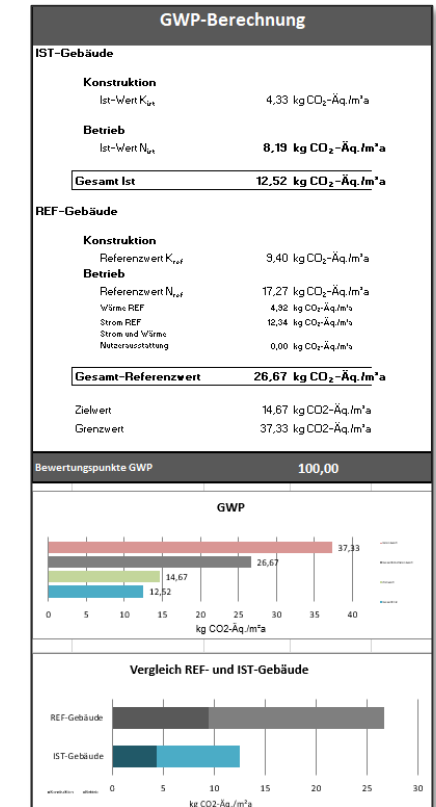
- Raumliste für DGNB
- Wandliste für DGNB
- Fensterliste für DGNB
- Deckenliste für DGNB
- Türliste für DGNB

Abstimmung zu den **Bauteilaufbauten** mit der BPY und den ART



Verbrauchswerte der **GEG-Berechnung**

Auswertung nach DGNB



Ökobilanzierung im Gebäudesektor - Umsetzung

Festlegung Ziel und Untersuchungsrahmen nach DGNB

Funktionelle Einheit

$\text{NGF}_{\text{DIN 277}}$ [pro $\text{m}^2 \cdot \text{a}$]

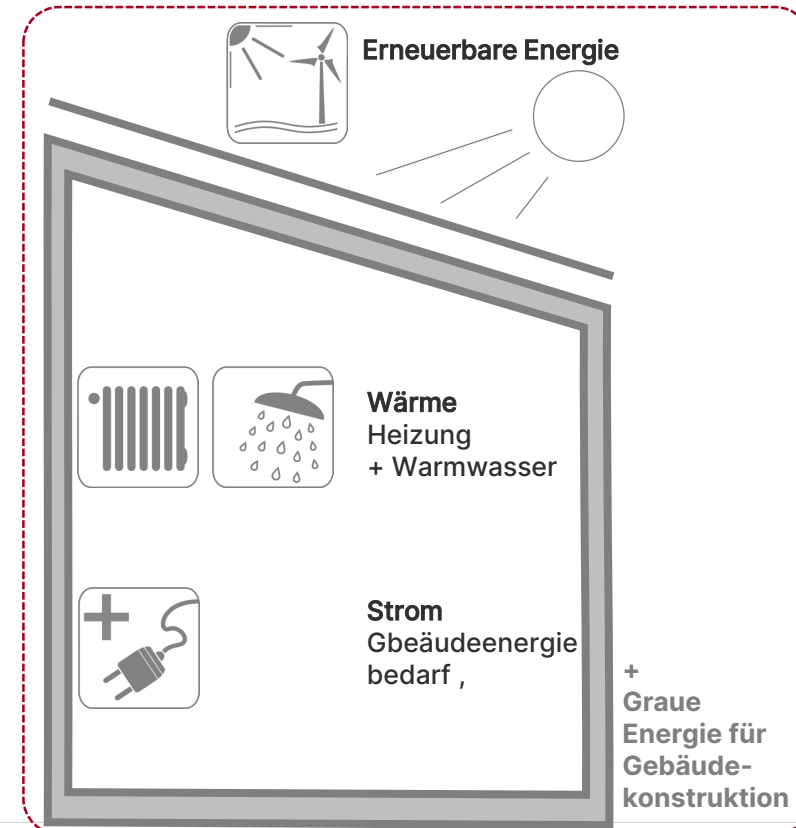
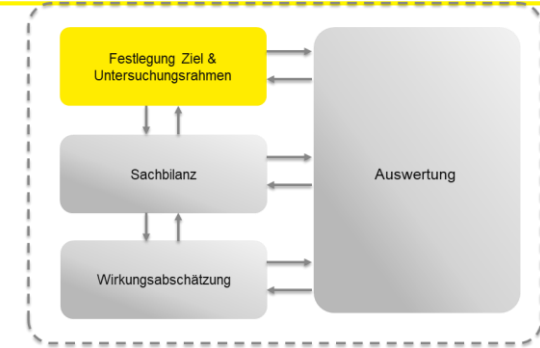
Untersuchungsrahmen

Gebäude ohne Außenanlagen (KG 300 +400)

Identifikation kritischer Elemente

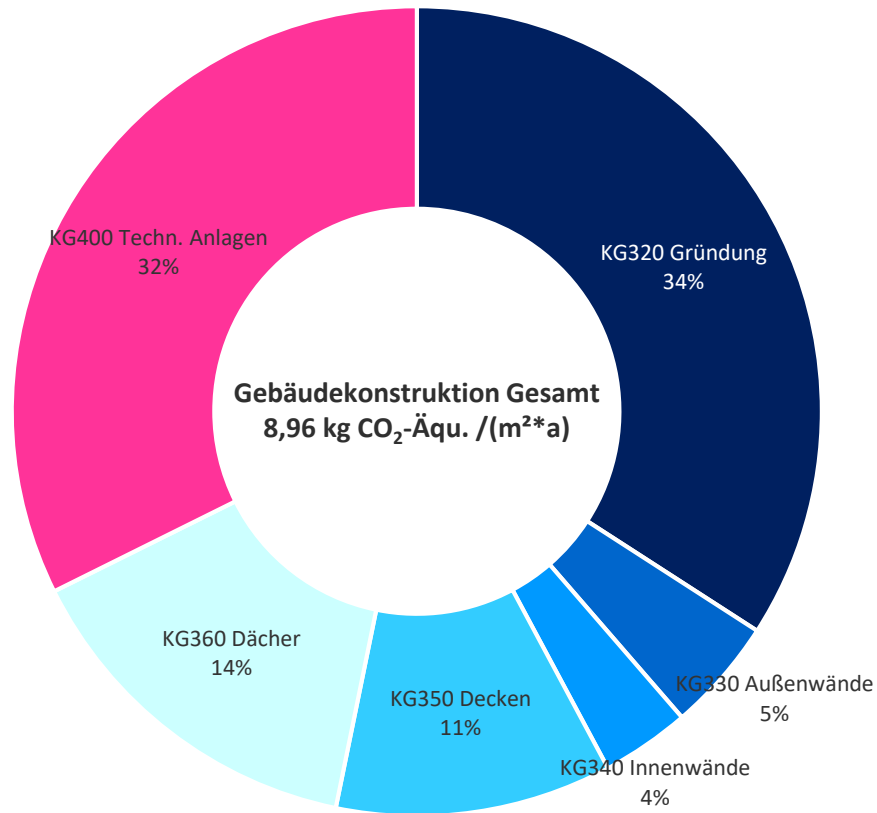
Szenario Lebensdauer: 20 Jahre

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Herstellung | Materialien (Konstruktion + TGA) |
| 2. Nutzung Gebäude | Energie + Instandhaltung |
| 3. End-of-Life | Szenarien (Prognose aus heutiger Sicht) |

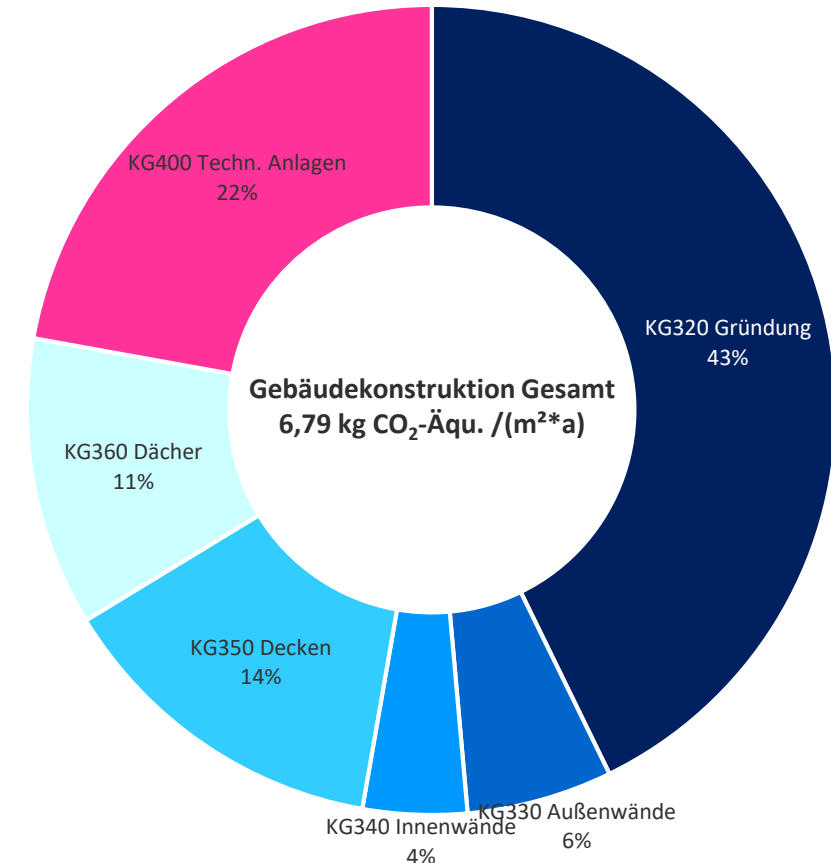


Aufteilung des Treibhausgasemissionen für die Gebäudekonstruktion (GWP_K) nach Kostengruppe

Treibhausgaspotential Gebäudekonstruktion
im **Lebenszyklus (A1-A3, B4, C3-C4+D)**

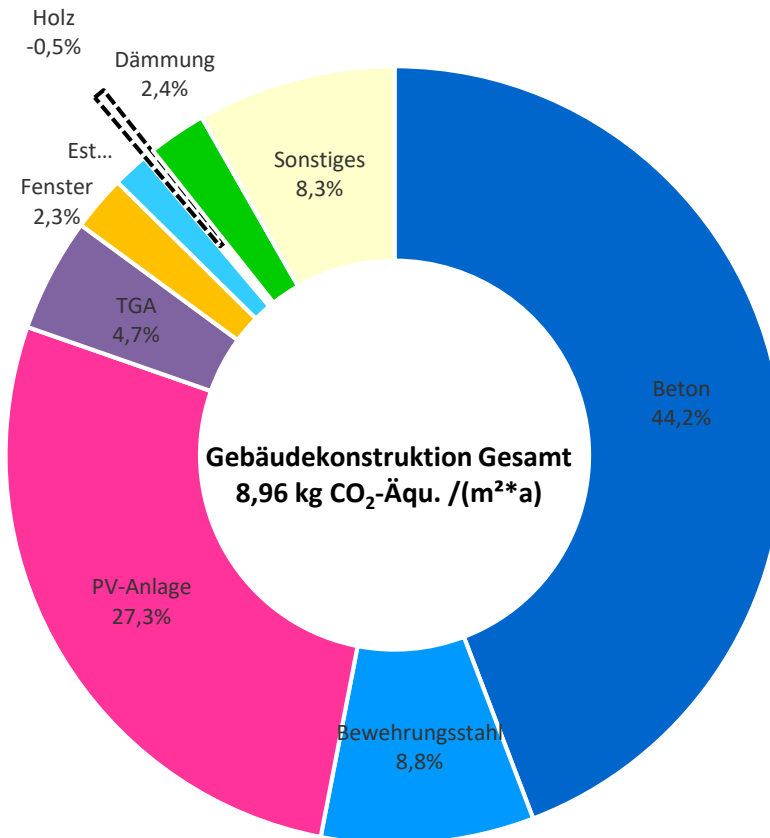


Treibhausgaspotential Gebäudekonstruktion
in der **Herstellung (A1-A3)**

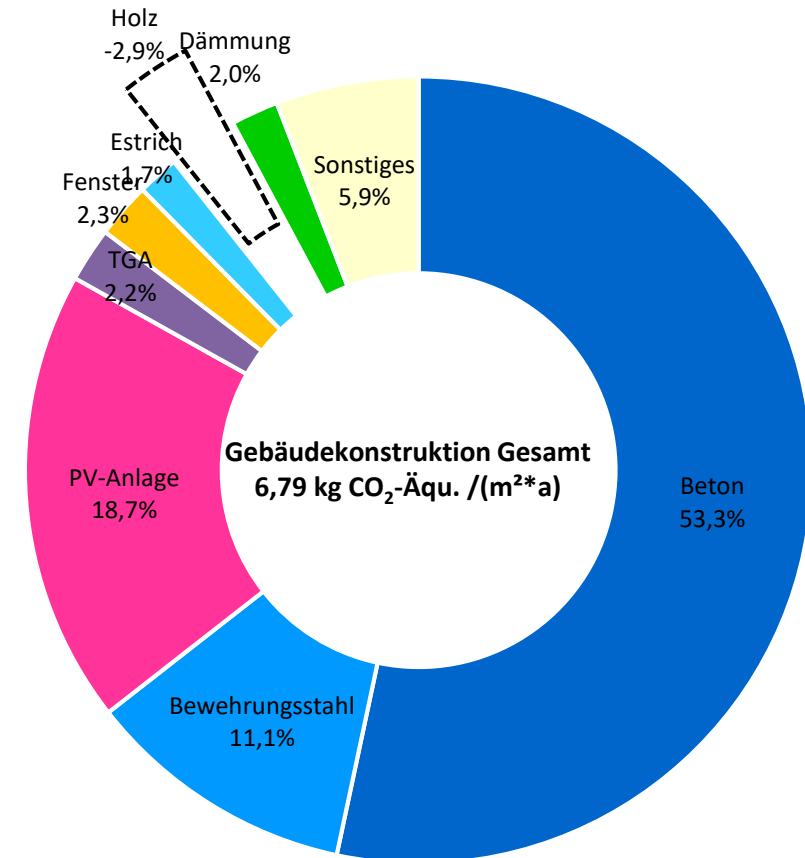


Aufteilung des Treibhausgasemissionen für die Gebäudekonstruktion (GWP_K) nach Materialgruppe

Treibhausgaspotential Gebäudekonstruktion
im **Lebenszyklus (A1-A3, B4, C3-C4+D)**



Treibhausgaspotential Gebäudekonstruktion
in der **Herstellung (A1-A3)**



- Großteil der Emissionen resultieren aus KG320 Gründung + KG400 technischen Anlagen

Gründe dafür

- Große Mengen/ Massen aus Stahlbeton
- Große PV-Anlage; aber gleichzeitig für CO₂-Gutschriften im Betrieb verantwortlich!

BEARBEITUNGSHINWEISE:

*Die Betrachtung basiert auf der Entwurfsplanung, es ist keine fertige Ausführungsplanung vorhanden.
Nicht vorhandene Daten wurden durch sinnvolle Annahmen ergänzt.*



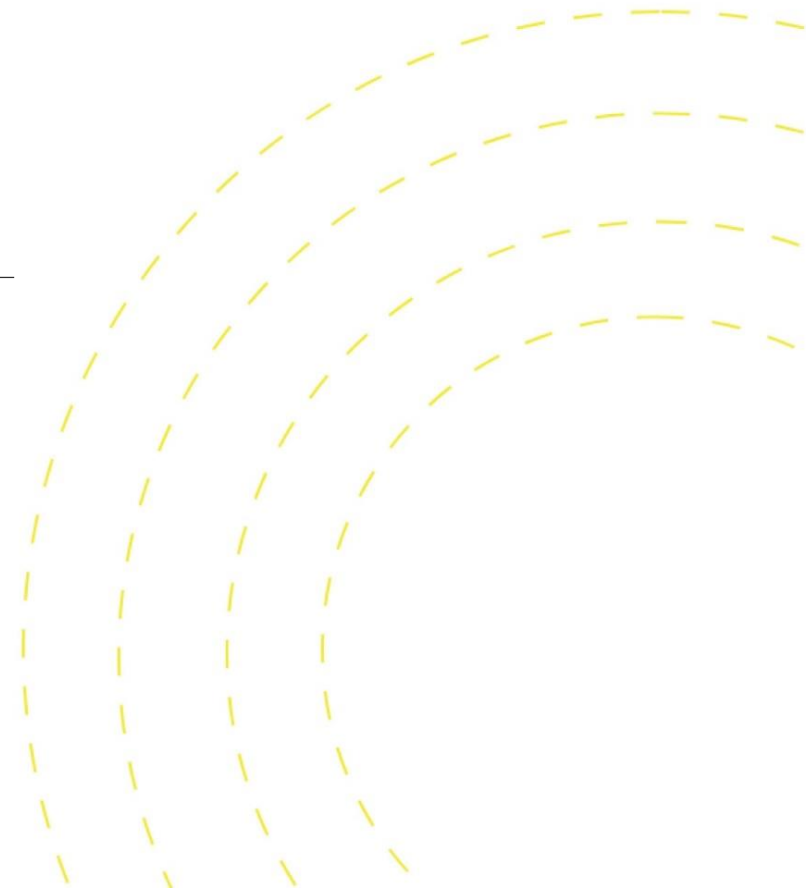
Ingenieure aus Leidenschaft



Gropiusplatz 10
70563 Stuttgart

+49 711 99 007-5
info@egs-plan.de
www.egs-plan.de

Anhang - Berechnungsgrundlagen



Grundlagen Konstruktion KG 300 (1/3)

Fundament

| Gebäude | Art des Fundaments | Breite m | Fläche m ² |
|------------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|
| Sozial- und Dienstgebäude | Streifenfundament | 0,3 | 30,00 |
| Werkstattgebäude | Streifenfundament | 0,3 | 60,00 |
| Werkstatthalle | Punktfundament | 0,3 | 2,16 |
| Abstellhalle | Punktfundament | 0,3 | 7,11 |
| Summe | | | 105,27 |

Grundlagen Konstruktion KG 300 (2/3)

Stützen

| Gebäude | Anzahl | Länge m | Breite m | Höhe m | Volumen m ³ |
|----------------|--------|------------|-------------|-----------|---------------------------|
| Werkstatthalle | 36 | 0,6 | 0,6 | 10,4 | 134,78 |
| Abstellhalle | 76 | 0,6 | 1,2 | 7,3 | 399,46 |
| Summe | | | | | 534,24 |

Grundlagen Konstruktion KG 300 (3/3)

Bauteile

| Bauteil nach DIN 276 | Bauteilname | Fläche m² |
|-------------------------|---|--------------|
| AW | AW VHF Stb Abstellhalle | 348,1 |
| AW | AW gg Erd Stb, 300 mm Stahlbeton , 160 mm XPS | 1.497,5 |
| AW | AW Stb Verkleidung Abstellhalle Anbau, | 884,6 |
| AW | AW- transluzent - Profilglas doppelschalig mit VHF Profilglas einschalig - bisher ohne Dämmung! | 230,6 |
| AW | AW- transluzent - Profilglas doppelschalig - WerkstattHALLE - bisher ohne Dämmung! | 555,0 |
| AW | AW VHF Holz, 240 mm, Profilglas | 340,9 |
| AW | AW_VHF_Stb300_MiWo 200 | 866,7 |
| AW | Falttore Teckentrupp, 24,75 m² (4,5*5,5) | 474,5 |
| AW | FE PFR Alu 3-fach Verglasung Dienst+Werkstattgebäude NOCH ÄNDERN IN HOLZ/ALU | 317,4 |
| AW | FE PFR Alu 3-fach Verglasung mit VHF Dienst-+Werkstattgebäude_NOCH ÄNDERN IN HOLZ/ALU | 140,5 |
| AW | FE PFR Stahl 3-fach Verglasung WerkstattHALLE | 261,4 |
| AW | FE PFR Stahl 2-fach Verglasung Abstellhalle | 149,2 |
| AW | FE Profilglas einschalig Abstellhalle | 2.694,8 |
| DA | DA - Dachbelag, Dachbegrünung intensiv/extensiv 23 cm | 9.077,0 |
| DA | DA Dienstgebäude Holz - Balken 20/36 e=600 | 625,3 |
| DA | DA Abstellhalle - Stb EPS 40mm - PI 600/500 | 7.508,1 |
| DA | DA Werkstatthalle - Stb EPS - PI-Platte 600/400 | 2.276,8 |
| DA | DA_Werkstattgebäude_Stb_EPS | 875,0 |
| DA | Oberlicht, je 1,0 m² | 650,4 |
| Bodenplatte | Bodenplatte gegen Erdreich (EG/UG) | 12.569,0 |
| DE | DE_Dienstgeb_Holz_Geschossdecke, 130 mm Brettstapel mit Schüttung | 513,0 |
| DE | DE_Dienstgeb_Stb_über_unb._Geschossdecke, 220 mm Stahlbeton, 40 mm Dämmung, 65 mm Estrich | 4.135,0 |
| DE | DE_Werkstattgeb_Stb_Hohlboden | 414,0 |