

BURO HAPPOLD

Stadionneubau Oldenburg

Beratung für einen nachhaltigen und
klimaneutralen Stadionneubau

05.03.2024

COPYRIGHT © 1976-2024 BURO HAPPOLD. ALL RIGHTS RESERVED



© AS+P Albert Speer + Partner GmbH

Agenda

1. Hintergrund und Zielstellung
2. Grundlagen und Eingangsparameter der Bilanzierung
3. Szenarien für einen klimaneutralen Stadionneubau
4. CO₂ Bilanzierung der Szenarien - Ergebnisse und Auswertung



Hintergrund und Zielstellung

Ziele zu Nachhaltigkeit & Klimaschutz

Global – Internationale Rahmenwerke



© FIFA



© UNFCCC

National – Anforderungen in Deutschland



© BPA



NACHHALTIGKEIT BEIM DFB: UNSERE STRATEGIE

© DFB

**DFB Klimaneutral
bis 2045**

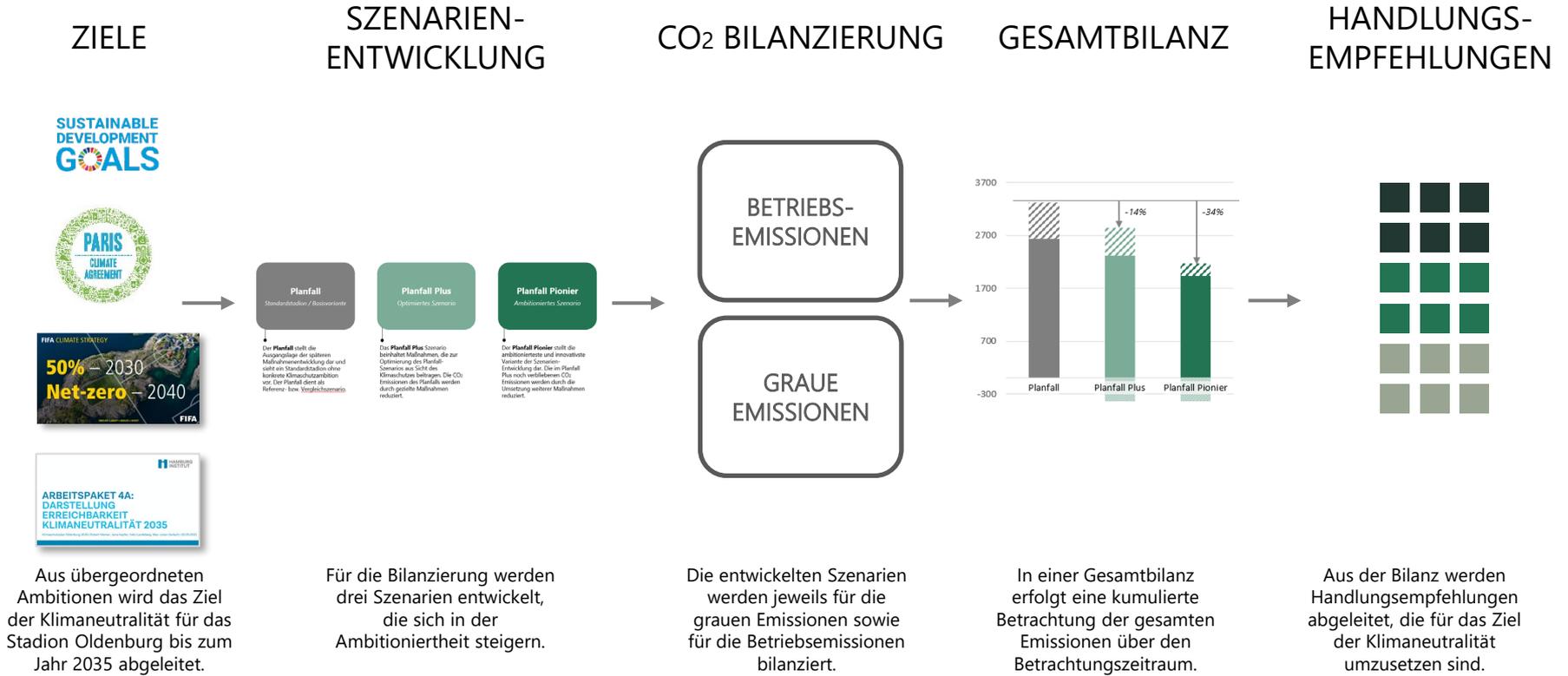


Lokal – Anforderungen Oldenburg

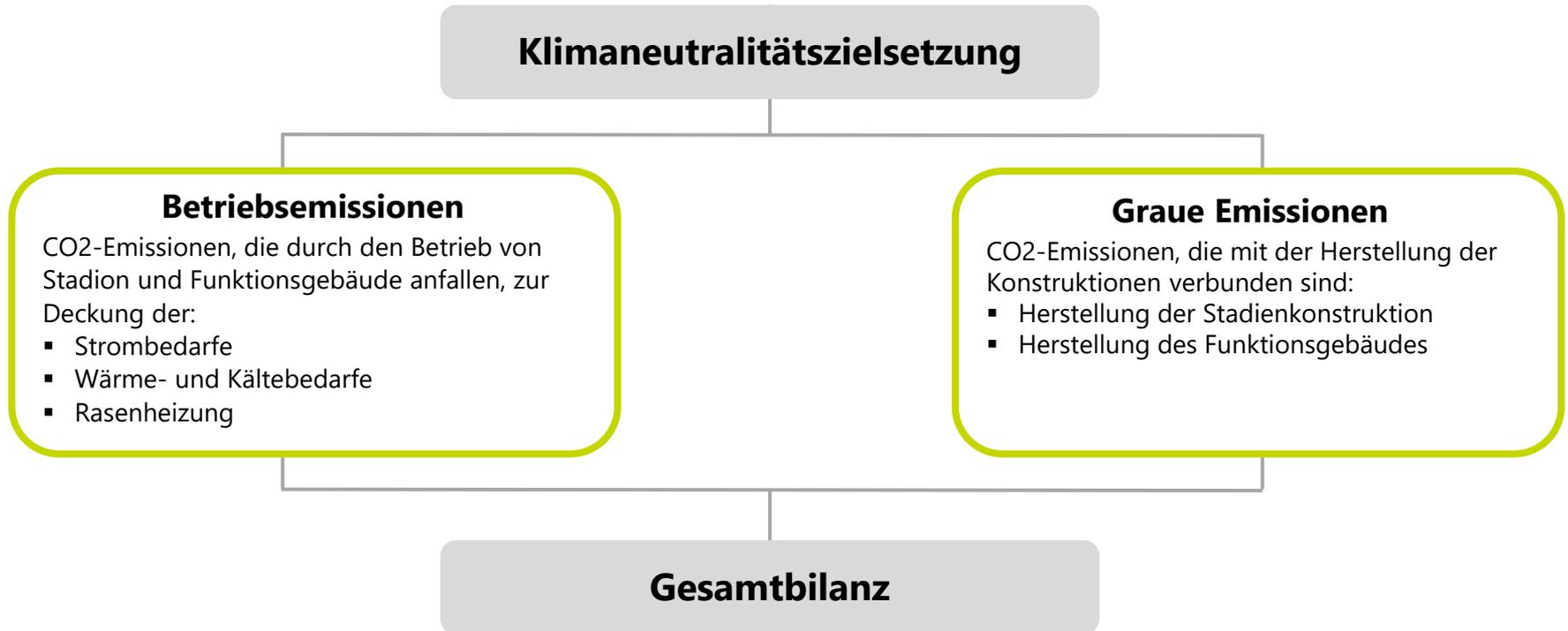
Stadion & Verein



Herangehensweise



Bilanzierungsmethodik



Definition von Klimaneutralität in Oldenburg

Die Summe der jährlichen Treibhausgasemissionen aus Energiebedarf und generierter Überschussenergie soll Null betragen. Dabei sollen keine externen Kompensationsmaßnahmen (CO₂-Zertifikate) berücksichtigt werden.

Auszug Szenarienentwicklung städtische Liegenschaften der Stadt Oldenburg, Fraunhofer Institut für Bauphysik, 2021

D.h. angestrebtes Ziel für den Stadionneubau in erster Linie bilanzielle Klimaneutralität im Stadionbetrieb (Strom, Wärme, Kälte) bis spätestens zum Jahr 2035.

Graue Emissionen (Herstellung und Konstruktion) werden im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls betrachtet und bilanziert.



Grundlagen

Eingangsparameter der Bilanzierung



Energieversorgung und -bedarfe

*Grundlagen zur Berechnung der
CO₂-Emissionen im Betrieb*

Energiebedarfsermittlung - Eingangsparameter

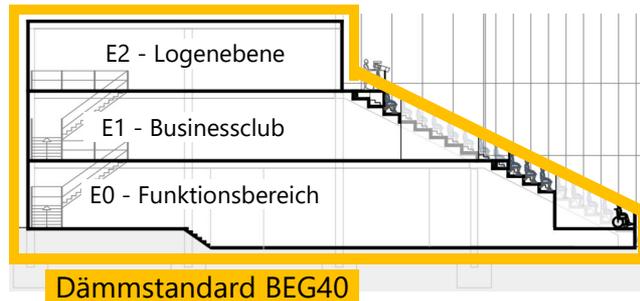
Grundlast (Funktionsgebäude) + Spitzenlast (Stadion)

Typologien der Grundlasten (Funktionsgebäude):

- E0 - Funktionsbereich → Retail
- E1 - Businessclub → Konferenzraum/MICE
- E2 – Logenebene → Büro/Praxis

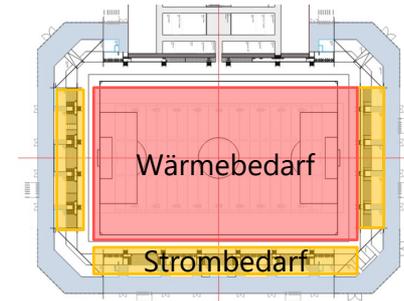
Betriebstage (Tage/Jahr):

- E0 & E2: 245
- E1: 126



Spitzenlasten (Stadion):

- Rasenheizung (Wärme)
- Flutlicht & Anzeigetafel (Strom)
- Kiosk, Lager, Sanitär, Erste Hilfe (Strom)
- 27 Spieltage (inkl. Veranstaltungen) pro Jahr*
- 19 Heimspiele, 1 Jugendländerspiel, 2 sonst. Fußballspiele
- 1 Footballspiel, 2 Konzerte/Events, 2 Großevents



*Gem. Nutzungs- & Betriebskonzept DreSo / C|SIGHT, 2023

Lokale Energiequellen

Bestehende Infrastruktur

Potentiale	Technische Voraussetzung	Umsetzbarkeit am Standort	PRO Klimaschutz	CONTRA Klimaschutz	Investitions- / Betriebskosten
Fernwärme	Anschluss an Fernwärmenetz	Keine Daten zu Fernwärmeleitung (Quelle: Infrest)	zukünftige Dekarbonisierung gem. Wärmeplanungsgesetz	Berechnungsmethodik umstritten, Dekarbonisierung abh. vom Versorger	€ / €€
Fernkälte	Anschluss an Fernkältenetz	Keine Daten zu Fernkälteleitung (Quelle: Infrest)	Niedrige THG-Emissionen möglich durch Integration der Umweltenergie	Berechnungsmethodik umstritten, Dekarbonisierung abhängig vom Versorger	€ / €€
Gasnetz	Anschluss an Gasnetz	Gasnetz vorhanden (Quelle: EWE Netz)	zukünftige Modernisierung des Gasnetzes zum Wasserstoffnetz	Dekarbonisierung hängt von Transformationsplan ab	€ / €€
Stromnetz	Anschluss an Stromnetz	Ausreichende Anschlussleistung (bis mind. 1MW) (Quelle: EWE Netz)	CO₂-Kompensation durch Einspeisung ins Netz	Anteil Strom aus erneuerbaren Energien nicht zu 100% erreicht	€ / €€
Abwasser	Nutzung der Wärme aus Abwasserleitungen	Ein paar Abwasserleitungen wurden in der unmittelbaren Nähe identifiziert, Potenzial jedoch zu klein (Tockenwetterabfluss < 15l/s)	In Kombination mit Wärmepumpe hohe Effizienz und geringe THG-Emissionen	-	€€ / €
Biogas	Anschluss an Biogas-Netz	Biogas-Infrastruktur nicht vorhanden, kein Angebot für den Biogas-Tarif (Quelle: EWE Netz)	Geringe THG-Emissionen	Örtliche Feinstaubbelastung	-

Lokale Energiequellen

Potenziale erneuerbarer Energien

Potentiale	Technische Voraussetzung	Umsetzbarkeit am Standort	PRO Klimaschutz	CONTRA Klimaschutz	Investitions- / Betriebskosten
Solarenergie	Nutzung der solaren Einstrahlung zur Warmwasser-/Stromproduktion	Große Flächenverfügbarkeit, keine Verschattung durch umliegende Bebauung	CO₂-Kompensation durch Einspeisung ins Netz	Recycling, Batteriespeicher	€€ / €
Oberflächen-gewässer	Nutzen der thermischen Kapazität des Oberflächengewässers für Heizen / Kühlen	Kein großer Fluss oder See in der unmittelbaren Nähe	In Kombination mit WP hohe Effizienz und geringe THG-Emissionen	Auswirkung auf Ökosystem im Fluss durch Temperaturabsenkung/-anhebung möglich	€€ / €
Wasserkraft	Fließgewässer mit Wehr, mit einer Fallhöhe von ca. 1 m ist vorhanden	Kein Fließgewässer in der unmittelbaren Nähe	Eigenstromerzeugung am Standort ohne THG-Emissionen	-	€€€/€
Umweltwärme Luft	Nutzung der Umgebungsluft mithilfe einer Luft-Wasser-Wärmepumpe	Anforderung an Lärm- und Schallschutz, ansonsten uneingeschränkt umsetzbar	In Kombination mit Wärmepumpe hohe Effizienz und geringe THG-Emissionen	Abwärme- / Immissionsbelastung der Außenluft	€ / €€
Geothermie / Grundwasser	Kein Grundwasserschutzgebiet. Geeigneter Untergrundaufbau, gute Wasserqualität für Brunnenanlage	Gemäß der Beurteilung von Wasser- und Bodenschutzbehörden erscheint das Erdwärmesondensystem als sinnvollste Variante	In Kombination mit Wärmepumpe hohe Effizienz und geringe THG-Emissionen	Wasserschutz, hydrogeologische Risiken durch Bohrarbeiten	€€ / €
Wasserstoff	Infrastruktur in Form eines Gasnetzes bzw. dezentraler Verbraucher zur Bereitstellung des „grünen Wasserstoffs“, zusätzlich Brennstoffzelle	Integration von Brennstoffzelle möglich, Infrastruktur jedoch derzeit nicht gegeben	Sektorkopplung	Aufbau der fehlenden Infrastruktur	€€€/€€
Biomasse	Nutzung von Biomasse in Form von Biogas oder fester Biomasse in BHKW / Kessel	Hoher Platzbedarf für Transport und Lagerung	Geringe THG-Emissionen	Örtliche Feinstaubbelastung	€€/€



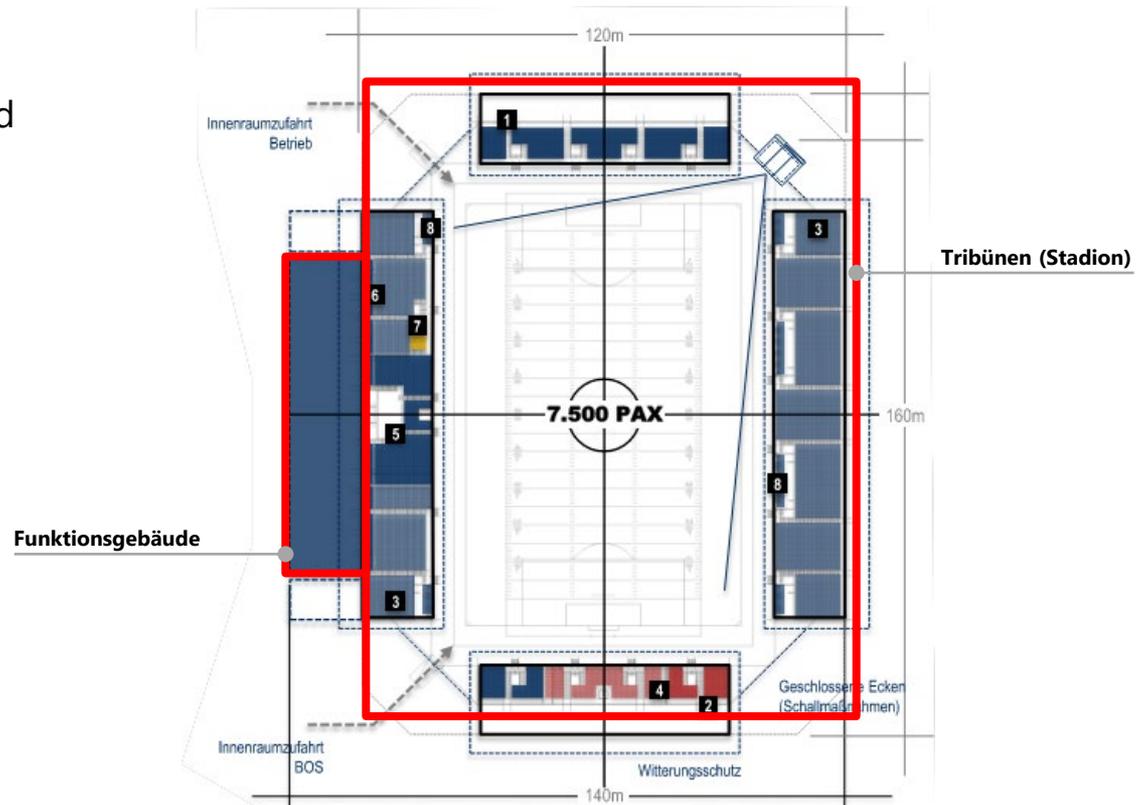
Stadionkonstruktion

*Grundlagen zur Berechnung der
grauen CO₂-Emissionen*

Stadionkonstruktion - Eingangsparameter

Grundlagen zur Berechnung der grauen Emissionen

- Kapazität 7.500 Pax
- 4 Tribünen mit 1 Haupttribüne und 4.650 m² Funktionsgebäude
- 5.300 m² Stadionsdach
- Kein Untergeschoss
- Schwerpunkt auf KG300 (Bauwerk und Baukonstruktion)



Stellschrauben zur Reduktion der grauen Emissionen

- Reduktion des **Materialverbrauchs** durch **effizientes Tragwerk**:
 - Achsabstände
 - Geometrie
 - Querschnittsoptimierungen
 - Dachtragwerk
- Einsatz von **CO₂-armen Materialien**:
 - Recycling oder klimaschonende Betone
 - Maximale, Sinnvolle Verwendung von Holz
 - Hybridkonstruktionen





Szenarien für einen klimaneutralen Stadionneubau

Vorgehensweise in der Szenarienentwicklung

Auf Grundlage der vorliegenden Funktionalplanung und der gesichteten Grundlagen wurden die folgenden **drei Szenarien für den Stadionneubau in Oldenburg** entwickelt:

Planfall

Standardstadion / Basisvariante

Der **Planfall** stellt die Ausgangslage der späteren Maßnahmenentwicklung dar und sieht ein Standardstadion ohne konkrete Klimaschutzambition vor. Der Planfall dient als Referenz- bzw. Vergleichszenario.

Planfall Plus

Optimiertes Szenario

Das **Planfall Plus** Szenario beinhaltet Maßnahmen, die zur Optimierung des Planfall-Szenarios aus Sicht des Klimaschutzes beitragen. Die CO₂ Emissionen des Planfalls werden durch gezielte Maßnahmen reduziert.

Planfall Pionier

Ambitioniertes Szenario

Der **Planfall Pionier** stellt die ambitionierteste und innovativste Variante der Szenarien-Entwicklung dar. Die im Planfall Plus noch verbliebenen CO₂ Emissionen werden durch die Umsetzung weiterer Maßnahmen reduziert.

Ausgangsszenario Planfall

Das Ausgangsszenario der Bilanzierung bildet der sogenannte Planfall. Dieser setzt sich aus den folgenden anlagentechnischen und konstruktiven Charakteristika zusammen:

Planfall

Standardstadion / Basisvariante



Energieversorgung und Anlagentechnik:

- Stromversorgung über Photovoltaik auf Dachflächen (auf 50% der Stadionsdachfläche) sowie Netzstrom (Ökostrom als Vergleichsfall)
- Bereitstellung von Wärme und Kälte durch reversible Luft-Wärmepumpe
- Betrieb der Rasenheizung über Elektroheizung
- Trinkwarmwasserversorgung durch strombetriebenen Elektrokessel

Konstruktion des Stadions und Funktionsgebäudes:

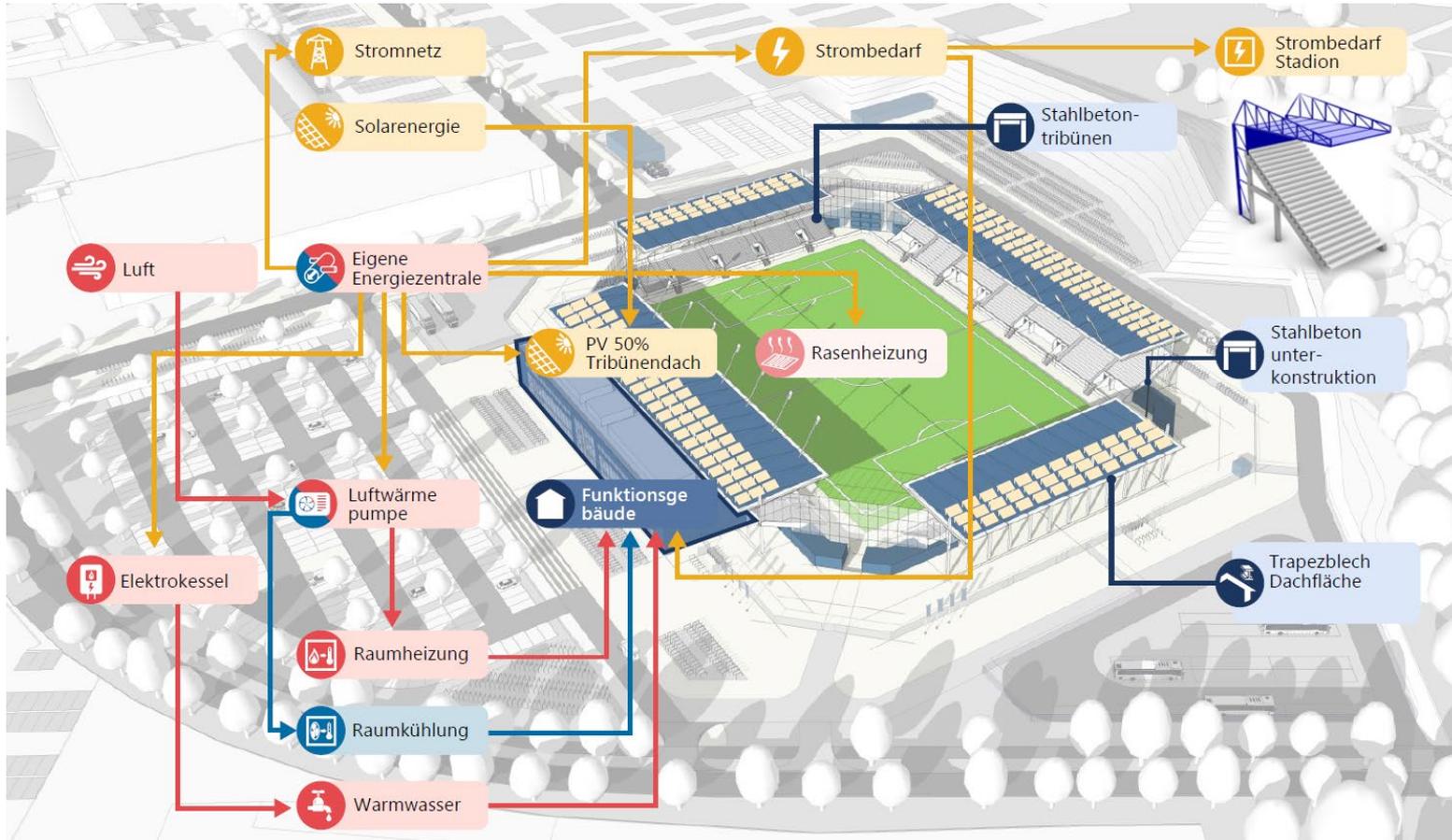
- Fertigteiltribülenelemente: Standardbeton
- Tribünenunterkonstruktion: Standardbeton
- Dachfachwerkträger: Stahl
- Dachfläche: Stahltrapezblech auf Stahlpfetten
- Funktionsgebäude aus Stahlbeton

Ausgangsszenario Planfall

Planfall

Planfall Plus

Planfall Pionier



Maßnahmenpaket Planfall Plus

Als optimiertes Szenario wurde der Planfall Plus entwickelt, der folgende Maßnahmen zur Reduktion der Betriebsemissionen und der Grauen Emissionen vorsieht:

Planfall Plus

Optimiertes Szenario



Maßnahmen zur **Reduktion der Betriebsemissionen**

- Verwendung einer reversiblen Luft-Wärmepumpe zur Deckung der Kühllast, Heizlast der Raumheizung und Grundlast der Rasenheizung
- Verwendung des Elektrokessels zur Deckung der Spitzenlast der Rasenheizung, des Warmwasserbedarfs und als Back-up System

Maßnahmen zur **Reduktion der Grauen Emissionen**

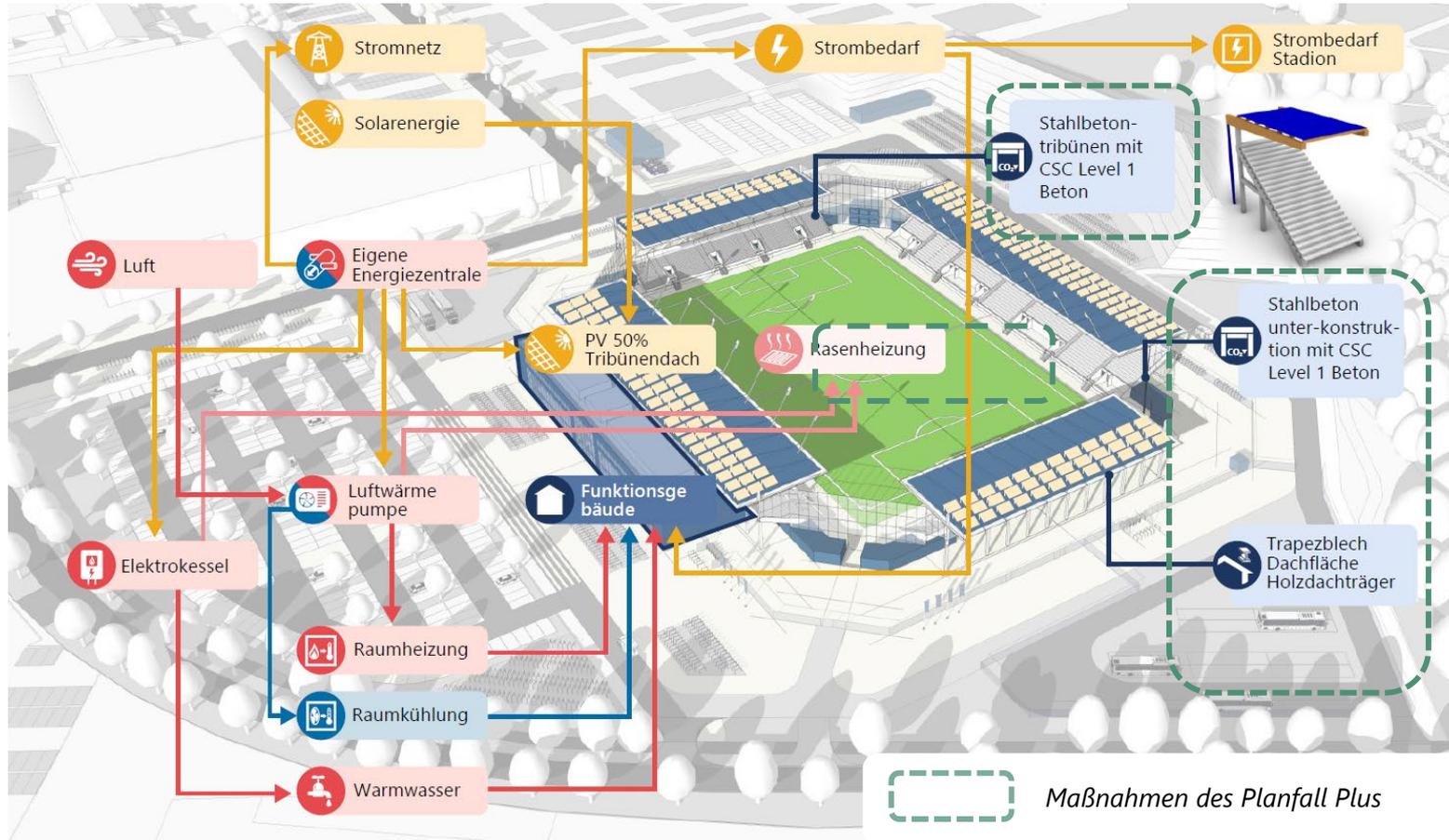
- Verwendung von CO₂ reduziertem Beton (CSC-Level 1 Beton, entspricht -20% CO₂ Emissionen) in den Fertigteiltribünenelemente und den Tribünenunterkonstruktionen
- Dachhauptträger aus Brettschichtholz

Maßnahmenverortung des Planfall Plus

Planfall

Planfall Plus

Planfall Pionier



Maßnahmenpaket des Planfall Pionier

Nachfolgend werden die bilanzierten Einzelmaßnahmen des Szenarios Planfall Pionier in Maßnahmenpaketen der Betriebsemissionen und der Grauen Emissionen aufgeführt:

Planfall Pionier

Ambitioniertes Szenario



Maßnahmen zur Reduktion der **Betriebsemissionen**

- Einsatz einer reversiblen Sole/Wasser-Wärmepumpe (Versorgung durch Geothermiesonden) zur Deckung der Kühllast, der Raumheizung und Grundlast der Rasenheizung
- Warmwasserspeicher als Unterstützung der Wärmepumpe
- Einsatz eines Elektrokessels zur Deckung der Spitzenlast der Rasenheizung und als Back-up System
- Decken des Warmwasserbedarfs durch eine Hochtemperatur-Wasser-Wärmepumpe

Maßnahmen zur Reduktion der **Grauen Emissionen**

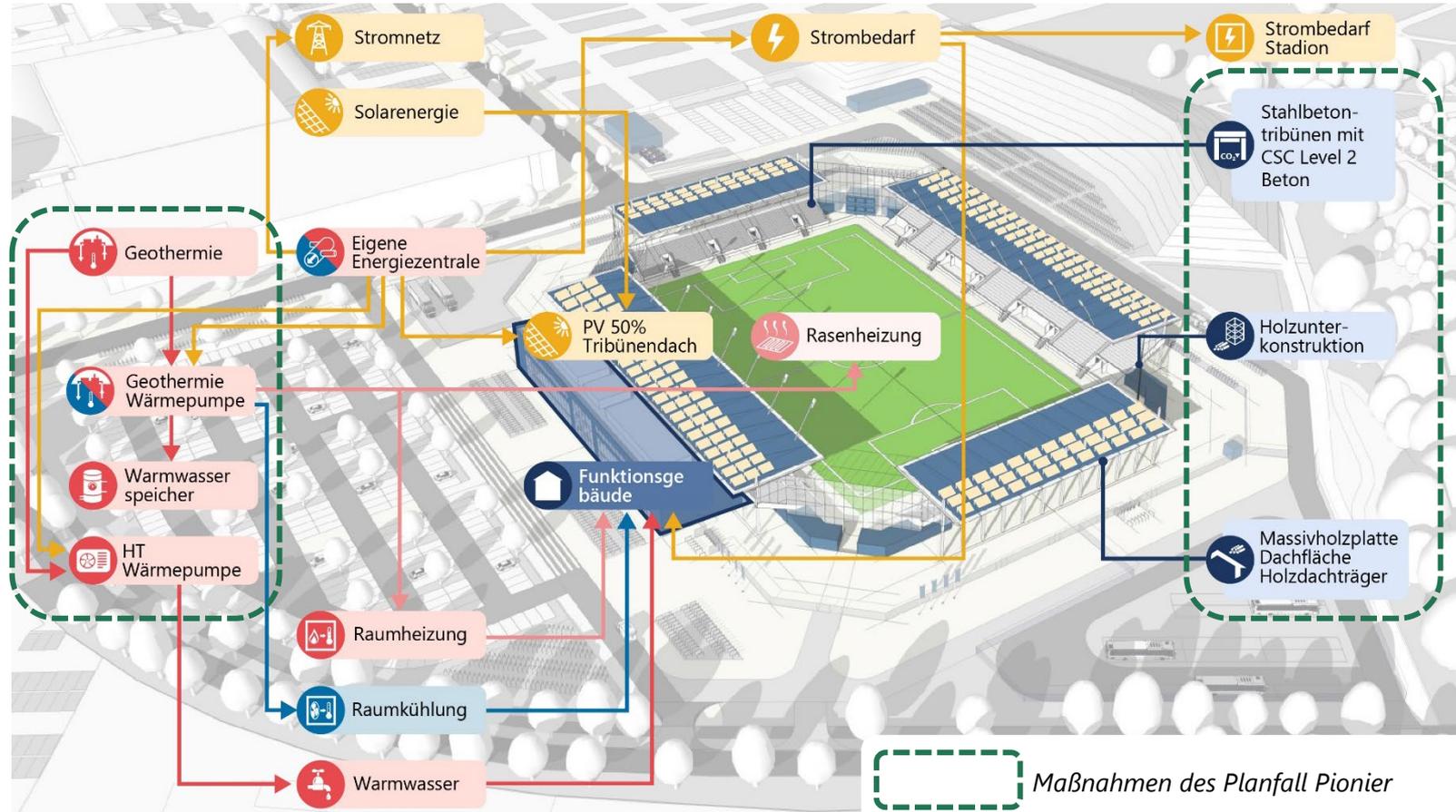
- Verwendung von CSC-Level 2 Beton (30% CO₂ Reduktion) in den Fertigteiltribünenelementen
- Tribünenunterkonstruktion aus Brettschichtholz
- Dachhauptträger aus Brettschichtholz
- Verwendung einer Massivholzplatte auf Holzpfetten im Dachbereich

Maßnahmenverortung des Planfall Pionier

Planfall

Planfall Plus

Planfall Pionier





CO₂-Bilanzierung der Szenarien

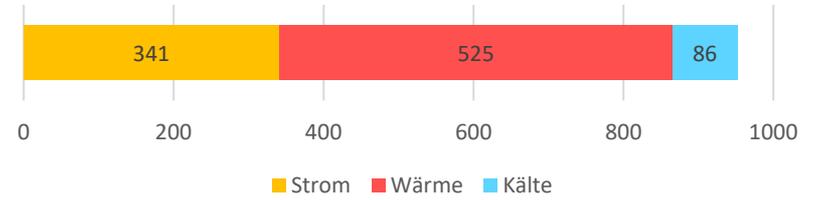
Ergebnisse und Auswertung

Betriebsemissionen

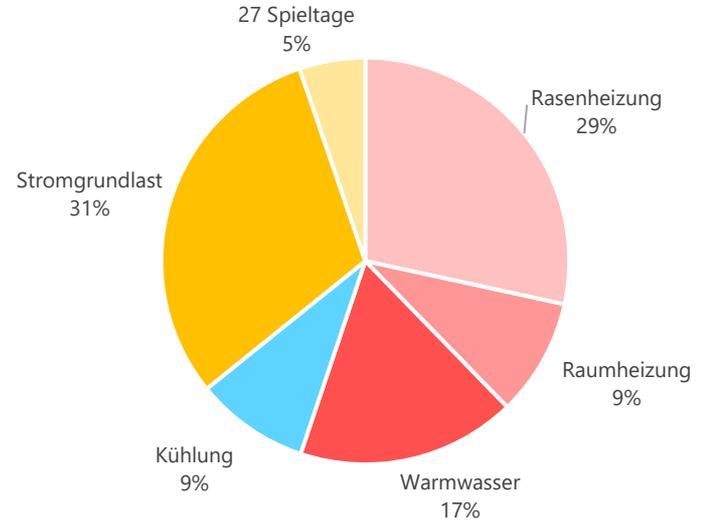
Nutzenergiebedarf

- Der **Jahres-Nutzenergiebedarf** entspricht ca. **950 MWh/a**
- Der größte Anteil am Nutzenergiebedarf ist der **Wärmebedarf** von 525 MWh/a, davon entfallen ca. 52% auf die Rasenheizung
- Der **Strombedarf** beträgt 341 MWh/a, das entspricht ca. 35% des gesamten Nutzenergiebedarfs, davon entfallen 85% auf die Grundlast und 15% auf die Spitzenlasten an den Spieltagen
- Der **Kältebedarf** beträgt 86 MWh/a und entspricht ca. 9% am Nutzenergiebedarf

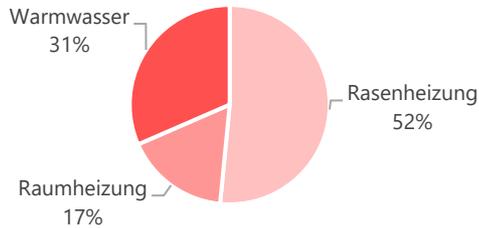
Nutzenergiebedarf in [MWh/a]



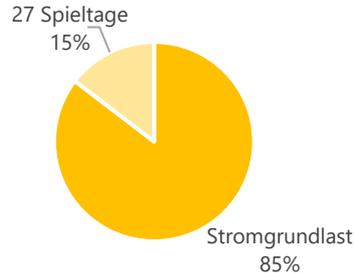
Zusammensetzung des Nutzenergiebedarfs



Wärmebedarf



Strombedarf



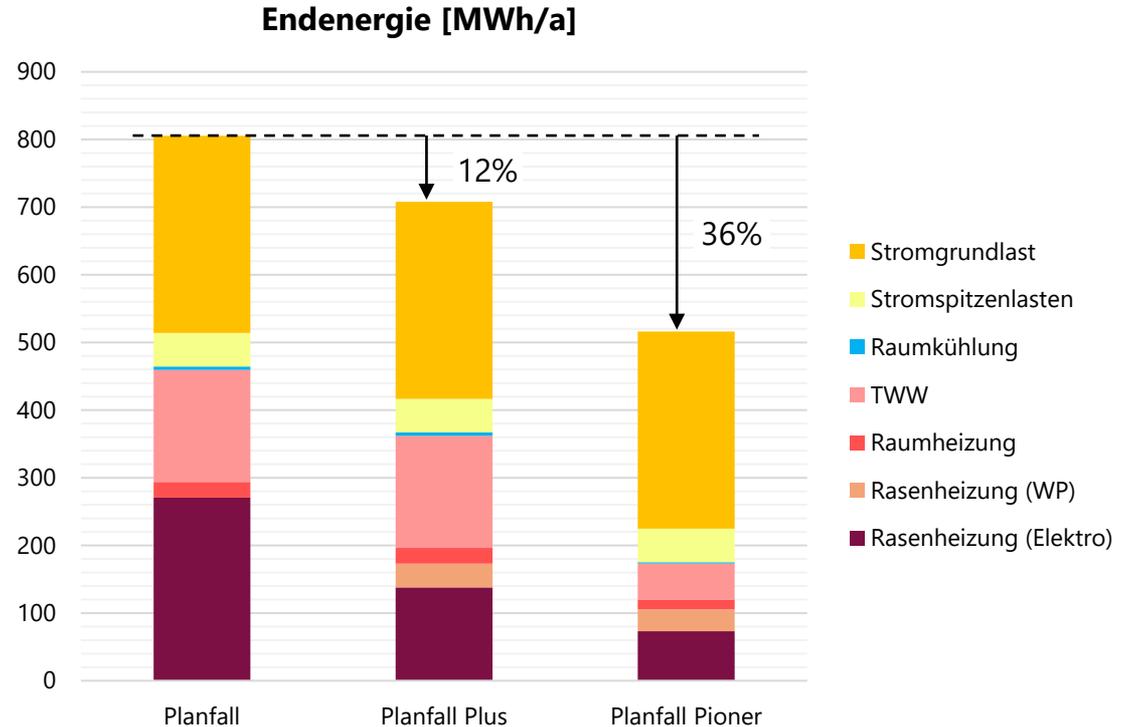
Betriebsemissionen

Endenergiebedarf

Die Endenergie errechnet sich aus dem Quotienten von Nutzenergie und dem Wirkungsgrad der technischen Anlagen. Er bildet die Bezugsgröße für die CO₂- und Kostenbilanz.

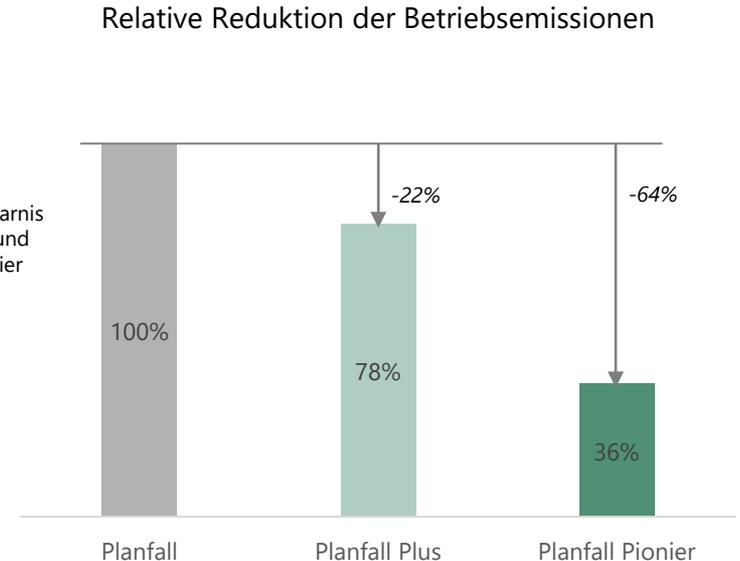
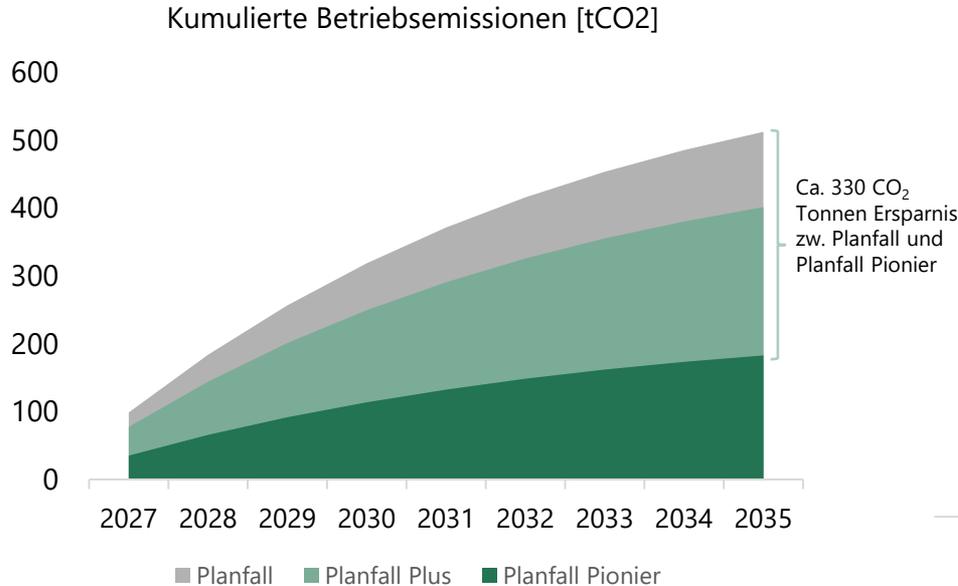
Durch die Steigerung der Effizienz der Energiesysteme sinkt die Endenergie im **Planfall Plus um 12%** und im **Planfall Pionier um 36%**.

Der größte Treiber ist der Einsatz von **Wärmepumpen** sowohl für die Rasenheizung als auch für die Warmwasserbereitung (TWW) und die **Nutzung der Geothermie**, die die Effizienz der Wärmepumpe erhöhen kann.



Betriebsemissionen

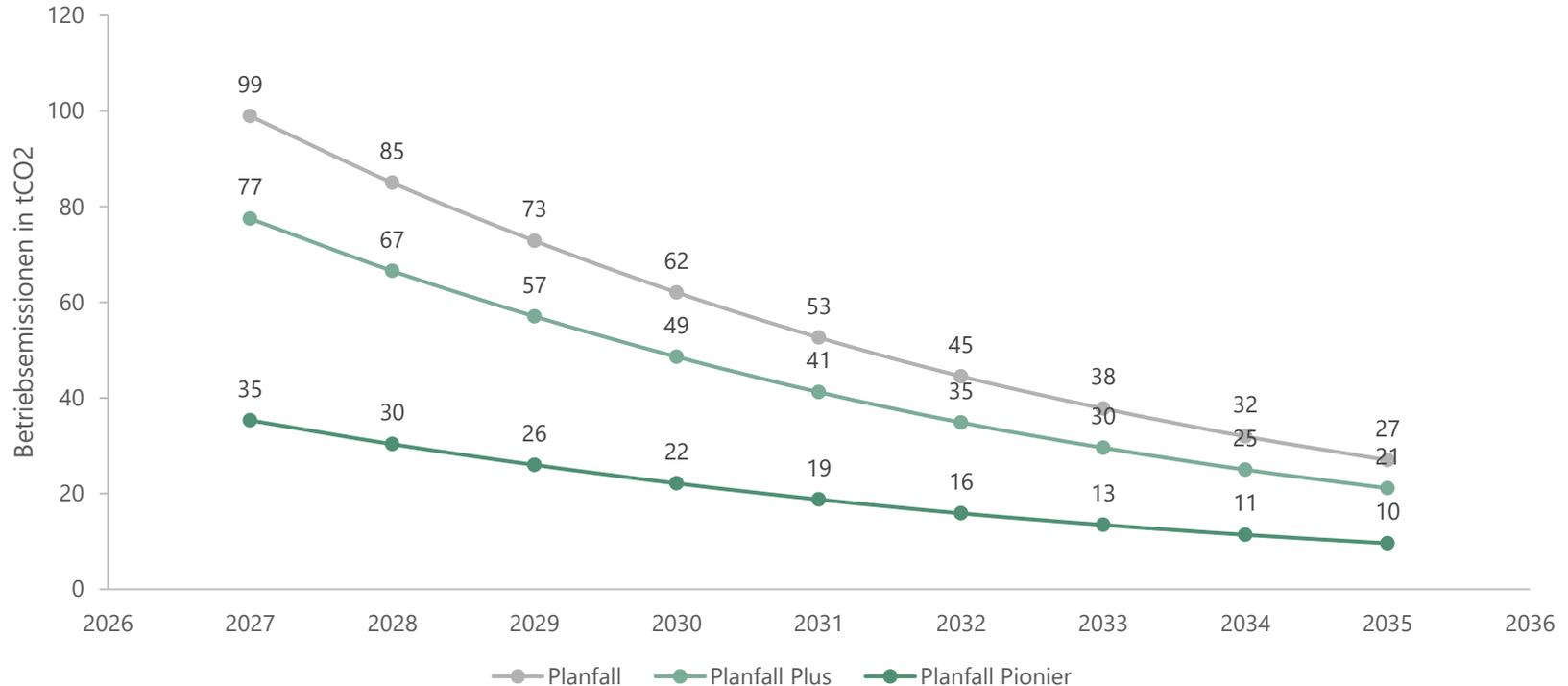
Kumulierte Bilanzierung im Zeitraum bis 2035



Der Einsatz einer effizienteren Anlagentechnik sowie der Energieversorgung mit erneuerbaren Energien führt zu einer Reduktion der Betriebsemissionen. Die Gegenüberstellung der Bilanzen zeigt, dass die Umsetzung der **Planfall Pionier** Variante im Vergleich zur Planfall **64 % der gesamten betrieblichen Emissionen** einspart. Die betriebliche Klimaneutralität wird jedoch voraussichtlich nicht bis 2035 erreicht werden. Maßnahmen, die dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen sind die **Ausweitung der PV-Flächen** oder das kurzfristige **Abschließen eines Ökostromvertrags**.

Betriebsemissionen

Jährliche Bilanzierung im Zeitraum bis 2035

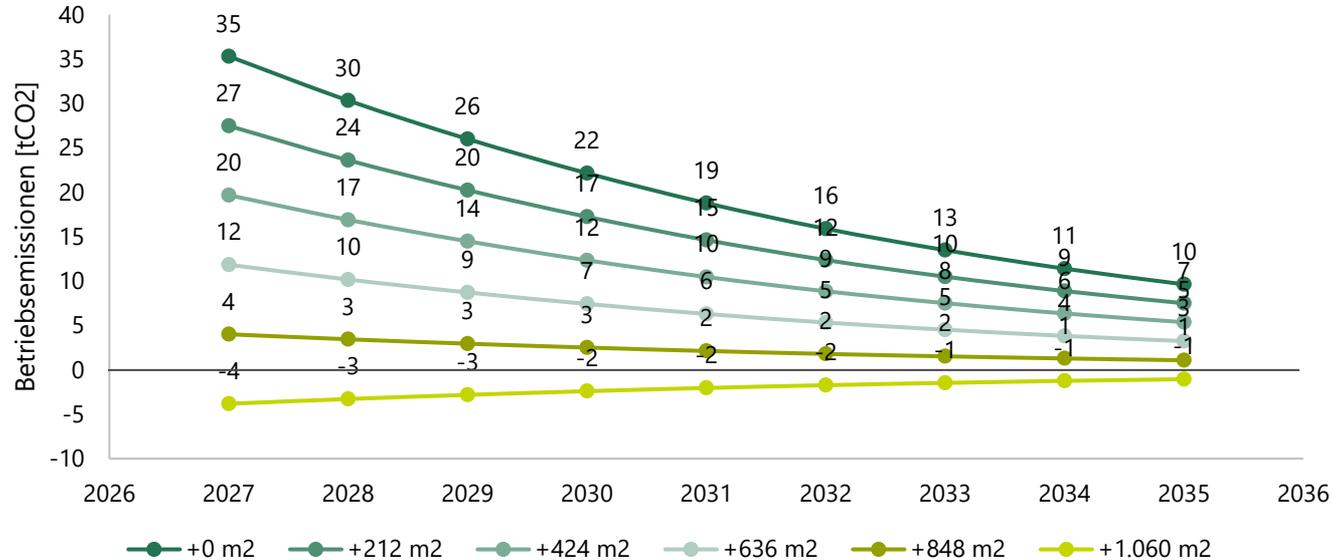


Für die Bilanzierung der betrieblichen Emissionen wurden dynamische CO₂-Faktoren des deutschen Strommixes verwendet.

Quelle: Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommixes im Jahr 2021 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050, Okt. 2022 IINAS

Betriebsemissionen

Auswirkung des PV-Flächenanteils (ausgehend vom Planfall Pionier)



Das Diagramm zeigt die Auswirkung einer Erweiterung der PV-Modulfläche (Zuwachs zw. 10%-50% der aktuell angesetzten Fläche) auf die Betriebsemissionen. **840-1060 m² zusätzliche PV-Modulfläche ermöglicht die bilanzielle Klimaneutralität des Stadionsbetriebs für den Planfall Pionier bis 2035.**

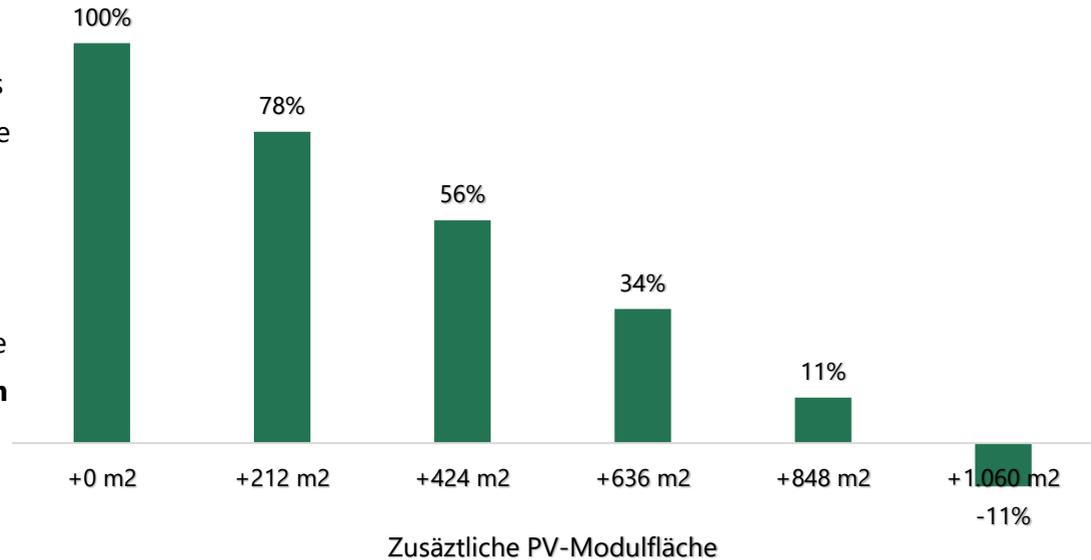
Betriebsemissionen

Auswirkung des PV-Flächenanteils

In Bilanzierung wurden 50% des Tribünendaches mit einer PV-Anlage belegt, was zu einer Netto-PV-Modulfläche von etwa 2.120 m² führt. Unter diesem Szenario wird die angestrebte Klimaneutralität der Variante **Planfall Pionier** bis 2035 noch nicht erreicht. Als möglichen Hebel zur weiteren Reduktion wurde eine Vergrößerung der Netto PV-Fläche untersucht.

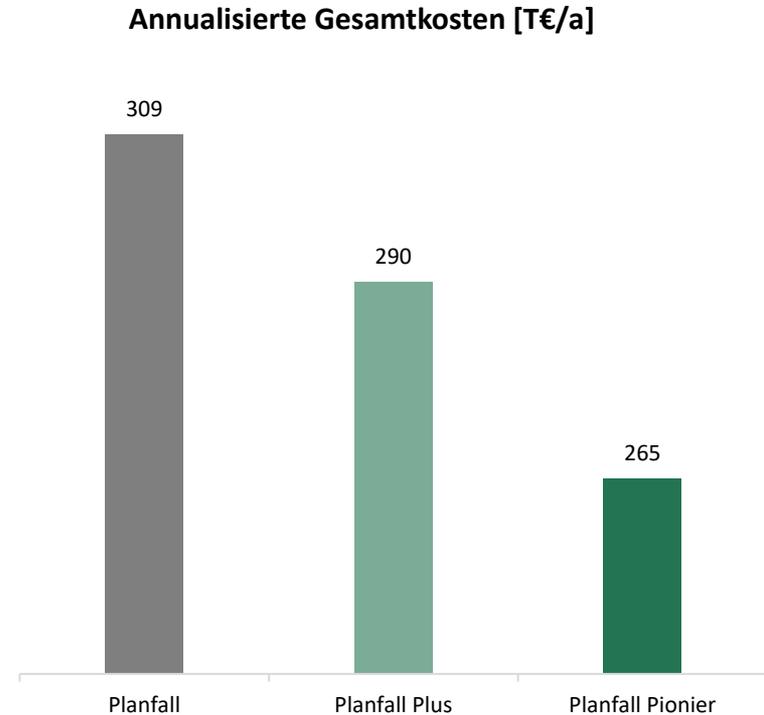
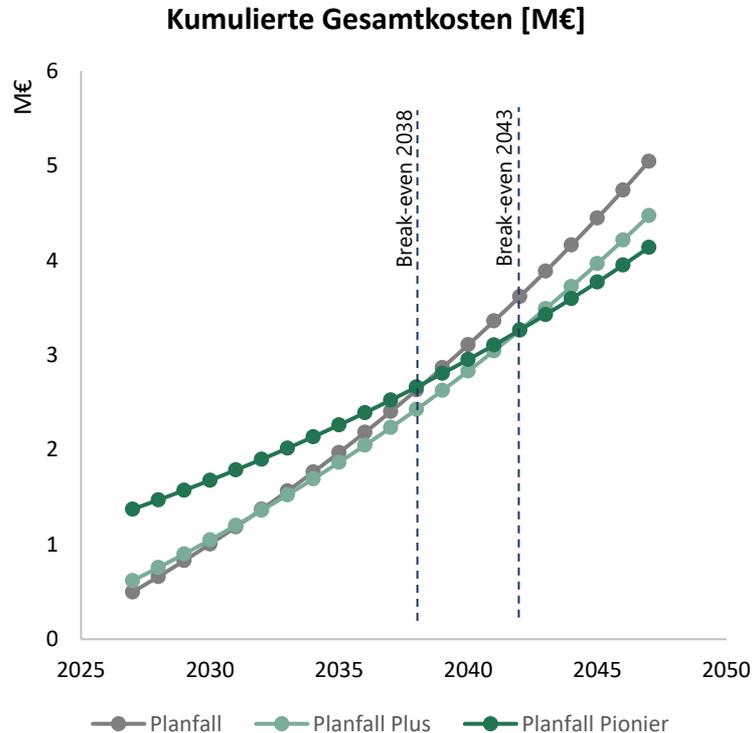
Eine **zusätzliche Erhöhung der PV-Modulfläche um 50 %** (ca. 1060 m²) würde die jährlichen Betriebsemissionen bilanziell **ab dem Jahr 2035** ausgleichen.

Auswirkung PV-Modulfläche auf die Betriebsemissionen
(relativ zum Planfall Pionier)



Annualisierte Gesamtkosten des Betriebs (bis 2047)

Referenzfall Netzstrom



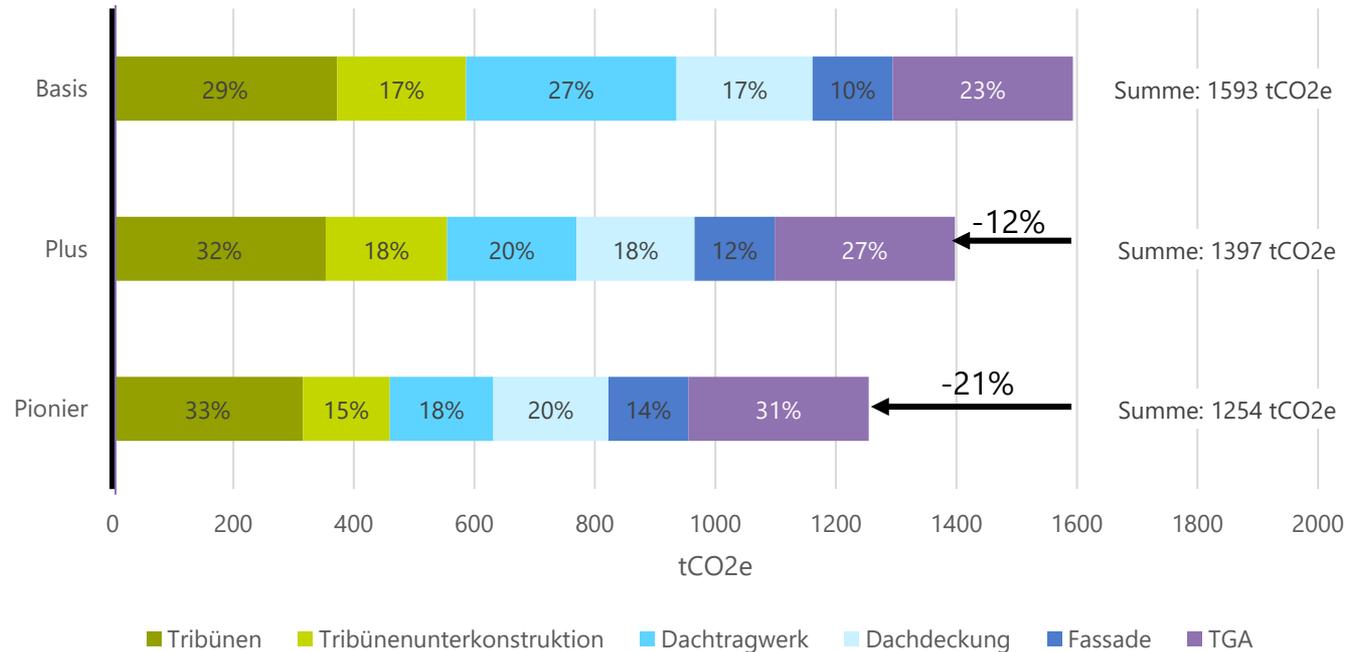
Über 20 Jahre hinweg erweist sich der **Planfall Pionier** bei einer Annahme eines Energiepreisanstiegs von 3 % pro Jahr und der direkten Einspeisung von PV-Strom in das Netz (Volleinspeisung) in allen Fällen als die wirtschaftlichste. Auch wenn das Szenario die höchsten Investitionskosten hat, erzielt es eine Gesamteinsparung von ca. 0,7 Mio. € über den Betrachtungszeitraum.

Graue Emissionen

Bilanzierung des Stadions - Ergebnisvergleich



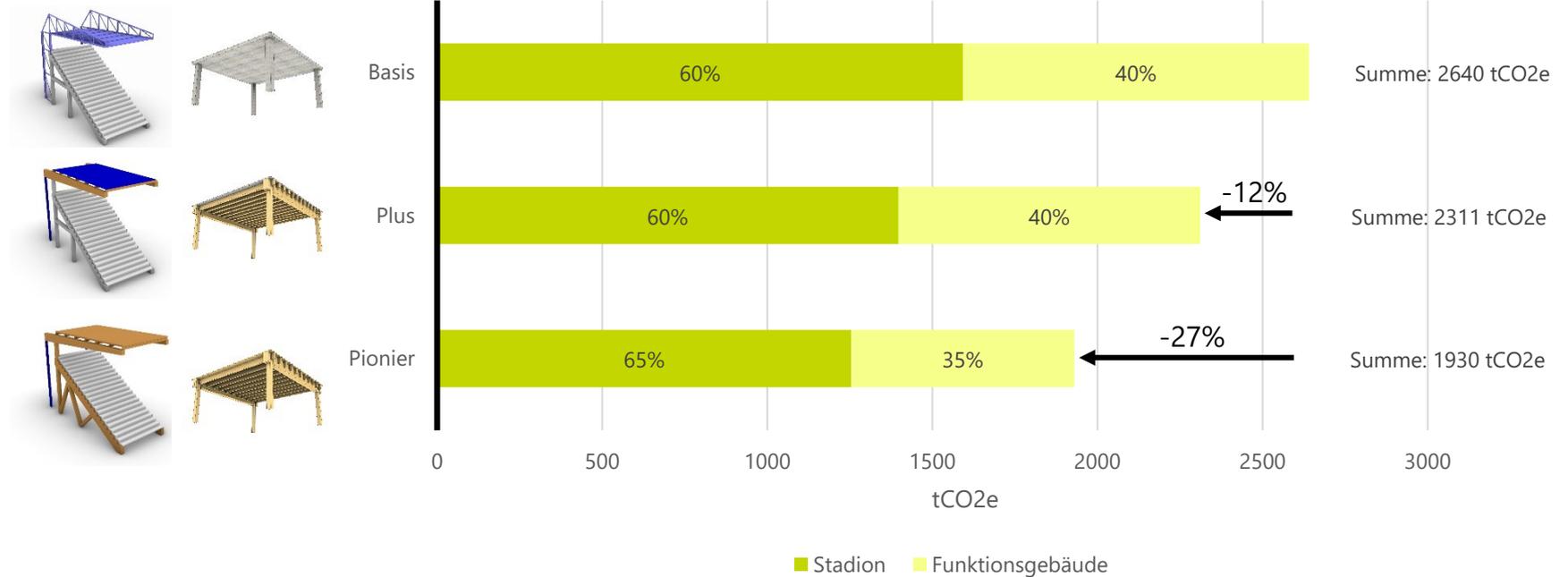
Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)



Graue Emissionen

Gesamtbilanz Stadion und Funktionsgebäude

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)

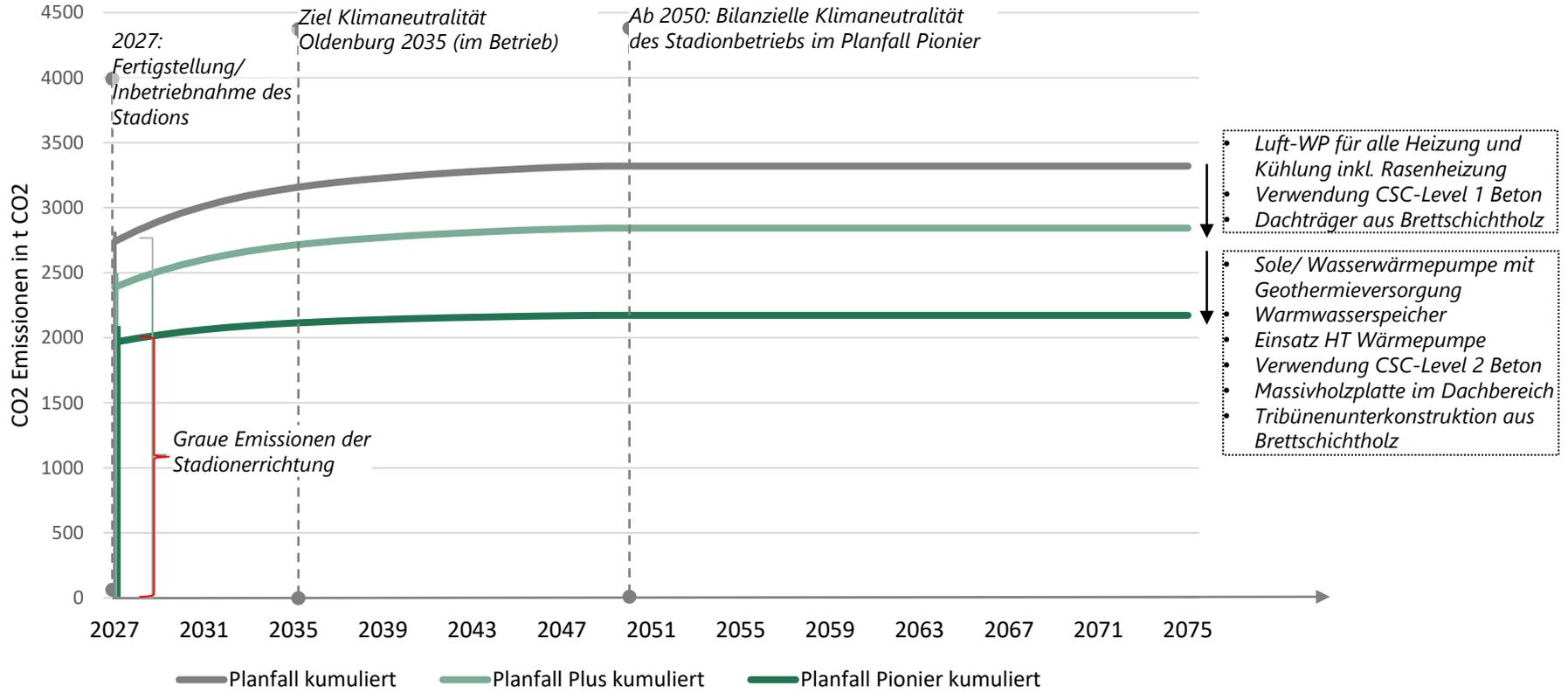




Gesamtbilanz und zentrale Schlussfolgerungen

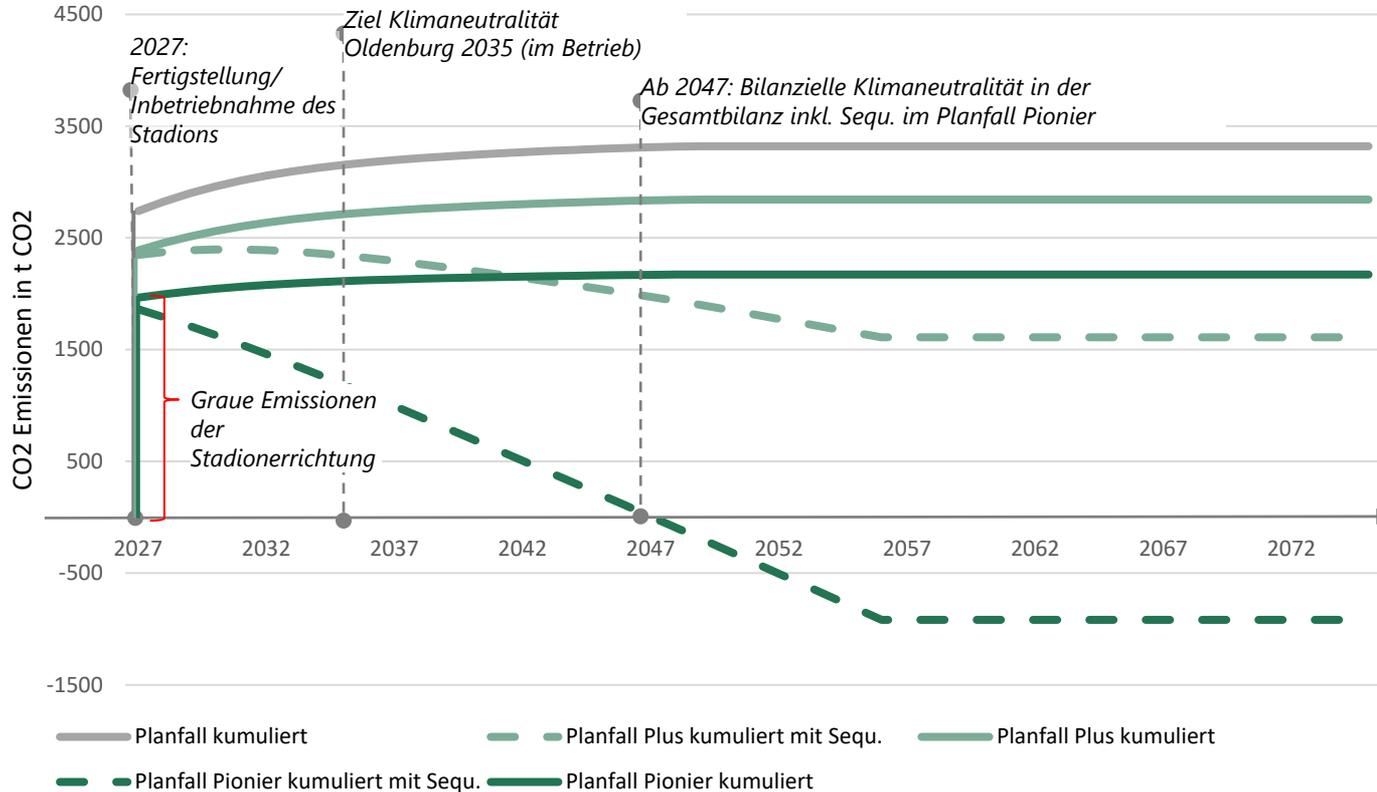
Kumulierte Gesamtemissionen über 50 Jahre

Betriebs- und graue Emissionen



Kumulierte Gesamtemissionen über 50 Jahre

Betriebs- und graue Emissionen mit Kohlenstoffspeicherung



Unter Berücksichtigung des **gespeicherten Kohlenstoffs** im verbauten Holz wird Klimaneutralität in der Gesamtbilanz über den Betrachtungszeitraum erreicht.

Dieser sequestrierte Kohlenstoff wird in der CO₂ Bilanz als die Speicherung von Kohlenstoff in einem nachgepflanzten Baum über den Zeitraum von 30 Jahren kontinuierlich angerechnet.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass dieser Kohlenstoff bilanziell am Lebensende wieder freigesetzt wird.

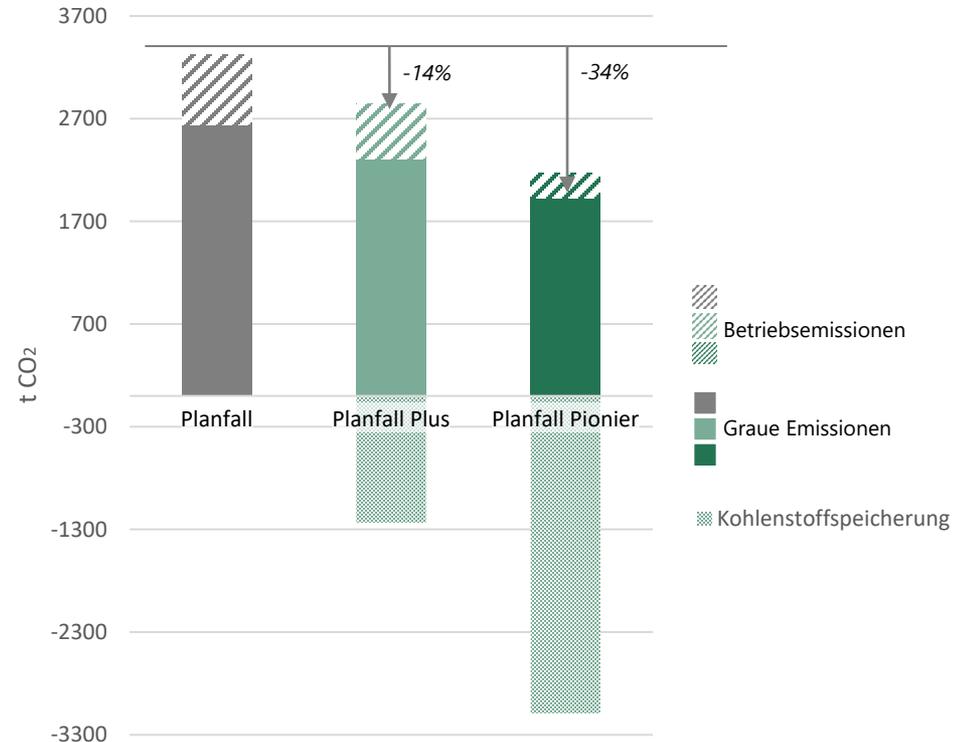
Kumulierte Gesamtemissionen über 50 Jahre

Betriebs- und graue Emissionen

Erkenntnisse und Schlussfolgerungen

- Reduktion der kumulierten Gesamtemissionen über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren um **14% im Planfall Plus** und um **34% im Planfall Pionier**
- Im Planfall Pionier setzt sich diese aus einer Reduktion der Betriebsemissionen um 64% und einer Reduktion der grauen Emissionen um 27% zusammen
- Angestrebte **Klimaneutralität** im Betrieb mit Netzstrom (deutscher Strommix) bilanziell ab dem **Jahr 2050** möglich
- Für Klimaneutralität im Betrieb ab **2035** ist eine **Steigerung der PV-Flächen um 50%** notwendig (Betrieb mit deutschen Strommix)
- **Unter Berücksichtigung der Verwendung von Ökostrom ab Inbetriebnahme des Projektes erreicht das Projekt bilanziell ab Inbetriebnahme Klimaneutralität im Betrieb.** Dies ist auf den CO₂ Emissionsfaktor von Ökostrom zurückzuführen (0 kgCO₂e/kWh)

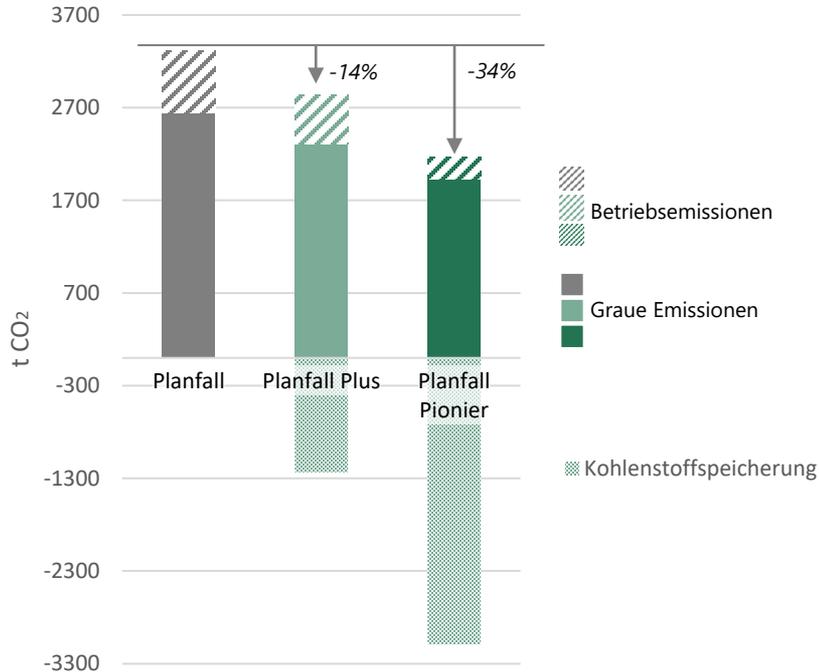
Kumulierte Emissionen über den Betrachtungszeitraum



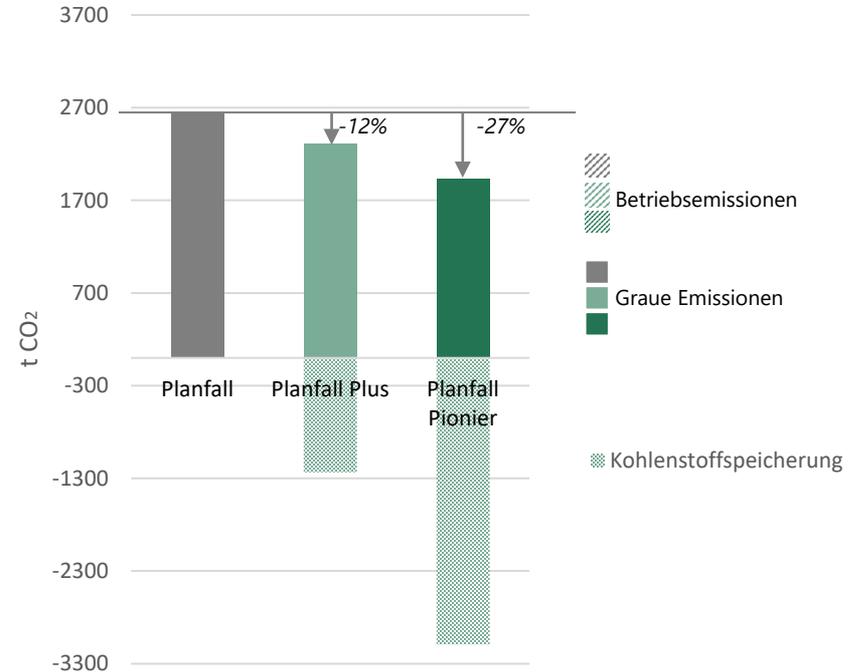
Kumulierte Gesamtemissionen

Vergleich Netzstrom/ Ökostrom

Kumulierte Emissionen bei Verwendung Netzstrom



Kumulierte Emissionen bei Verwendung Ökostrom



Unter Berücksichtigung der Verwendung von Ökostrom ab Inbetriebnahme des Projektes erreicht das Projekt bilanziell ab Inbetriebnahme **Klimaneutralität im Betrieb**. Dies ist auf den CO₂ Emissionsfaktor von Ökostrom zurückzuführen, der 0 beträgt.

Handlungsbedarfe für Klimaneutralität des Stadionneubaus in Oldenburg

Klimaneutralität im Betrieb gemäß der Zielstellung Oldenburg 2035 wird erzielt, wenn:

- **Die erneuerbaren Energieversorgung des Stadions maximiert wird:**
 - Umsetzung von Photovoltaik auf einer maximalen Tribürendachfläche
 - Einsatz von Geothermie (Versorgung der Grundlast Rasenheizung sowie Heiz- und Kühllast)
- **Eine maximale Effizienzsteigerung in der Anlagentechnik erfolgt:**
 - Integration eines Warmwasserspeichers
 - Einsatz effizienter Wasser-Wärmepumpen für die Warmwasserversorgung

Klimaneutralität in der Konstruktion/graue Emissionen bis 2035 wird erzielt, wenn:

- **Ein optimierter Materialeinsatz bereits frühzeitig in der Planung berücksichtigt wird:**
 - Maximierung des Einsatzes von Brettschichtholz in witterungsgeschützten Bauteilen (Tribünenunterkonstruktion, Dachhauptträger, Massivholzplatte)
 - CO₂ reduzierter Beton (CSC Level 2) in witterungsausgesetzten Bauteilen (Tribünen)
- **Der im Holz gespeicherte Kohlenstoff in der Bilanzierung berücksichtigt wird.**

BURO HAPPOLD

Vielen Dank!

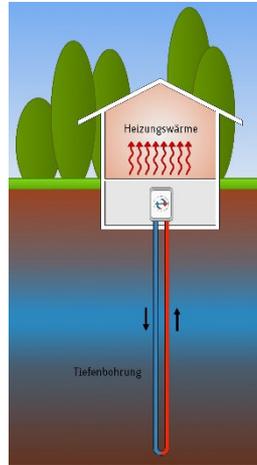
www.burohappold.com



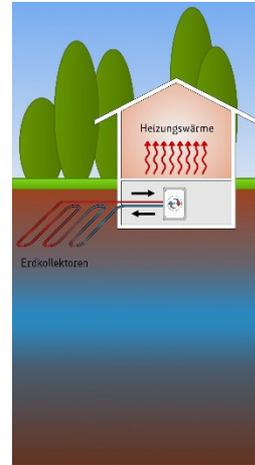
Anhang

Geothermie Wärmeübertrager

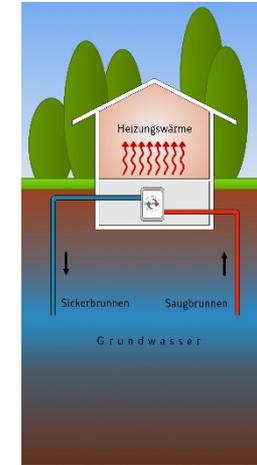
	Erdwärmesonden	Erdwärmekollektor	Brunnensystem	Energiepfähle (thermische Bauteilaktivierung)
Platzbedarf	gering	hoch	gering	keiner
Verlegetiefe (ab Geländeoberkante)	50-300m	ca. 1,5m	5-20m	5-20m
Genehmigung	zwingend erforderlich	i.d.R. ist eine Anzeige ausreichend	zwingend erforderlich	erforderlich
Verlegekosten	hoch	niedrig	hoch	sehr niedrig



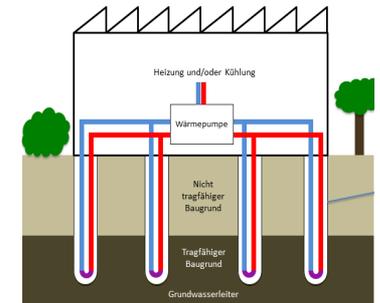
Parkplatz / Vorplatz /
Grünfläche



Parkplatz



Parkplatz / Vorplatz /
Grünfläche



Quelle: Energiepfad
https://www.energiepfad.ch/wiki/energiepfae_hle/#

Gründungspfähle des Stadions

Mögliche
Anwendung:

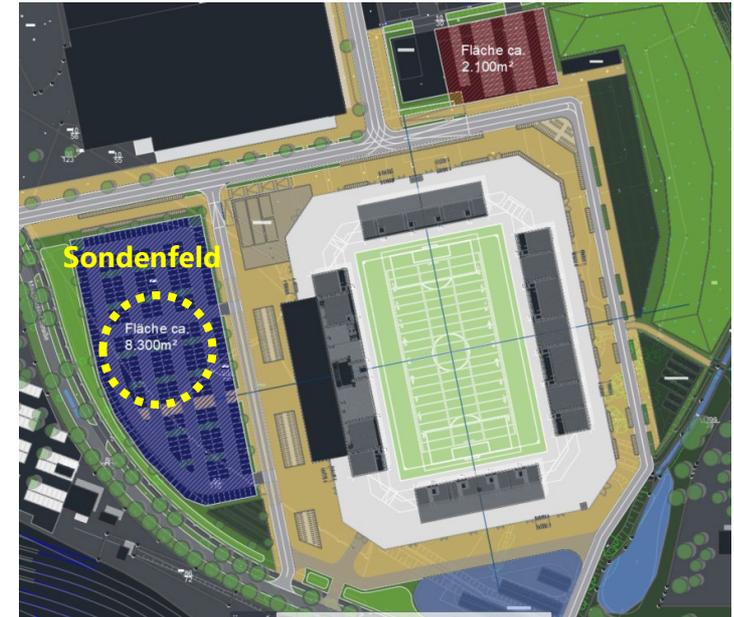
Geothermie Erdwärmesonden

Abschätzung für Kostenberechnung

Abschätzung Anzahl und Flächenbedarf der Erdwärmesonden

Input			
Wärmeleitfähigkeit (WLF)	2,2	W/mK	Mittlere WLF der Nachbarschaft gem. NIBIS Kartenserver
Entzugsleistung	33	W/m	VDI 4640 Blatt 2, Tabelle B6
Bohrungstiefe	200	m	Annahme
Abstand Erdwärmesonde (EWS)	10	m	Erfahrungswert
Jahresvolllaststunden	1500	h/a	VDI 4640 Blatt 2, Tabelle B6
benötigte Wärmekapazität Q	500	kW	Energiekonzept Planfall Pionier
COP	5,4		Wirkungsgrad der Wärmepumpe bei 10/40°C Eintritt-/Austritttemperatur
Output			
Entzugsleistung pro EWS	6,6	kW/Bohrung	Entzugsleistung * Bohrungstiefe
Entzugsleistung Q_geo	407	kW	$Q_{geo} = Q * (COP-1) / COP$
Anzahl EWS	62	Bohrungen	
Flächen pro EWS	100	m ² /EWS	
Flächenbedarf Sondenfeld	6.200	m ²	Mindestflächenbedarf ohne Betrachtung der Umweltauflagen in der Bauausführung

Verortung Sondenfeld unter dem Parkplatz

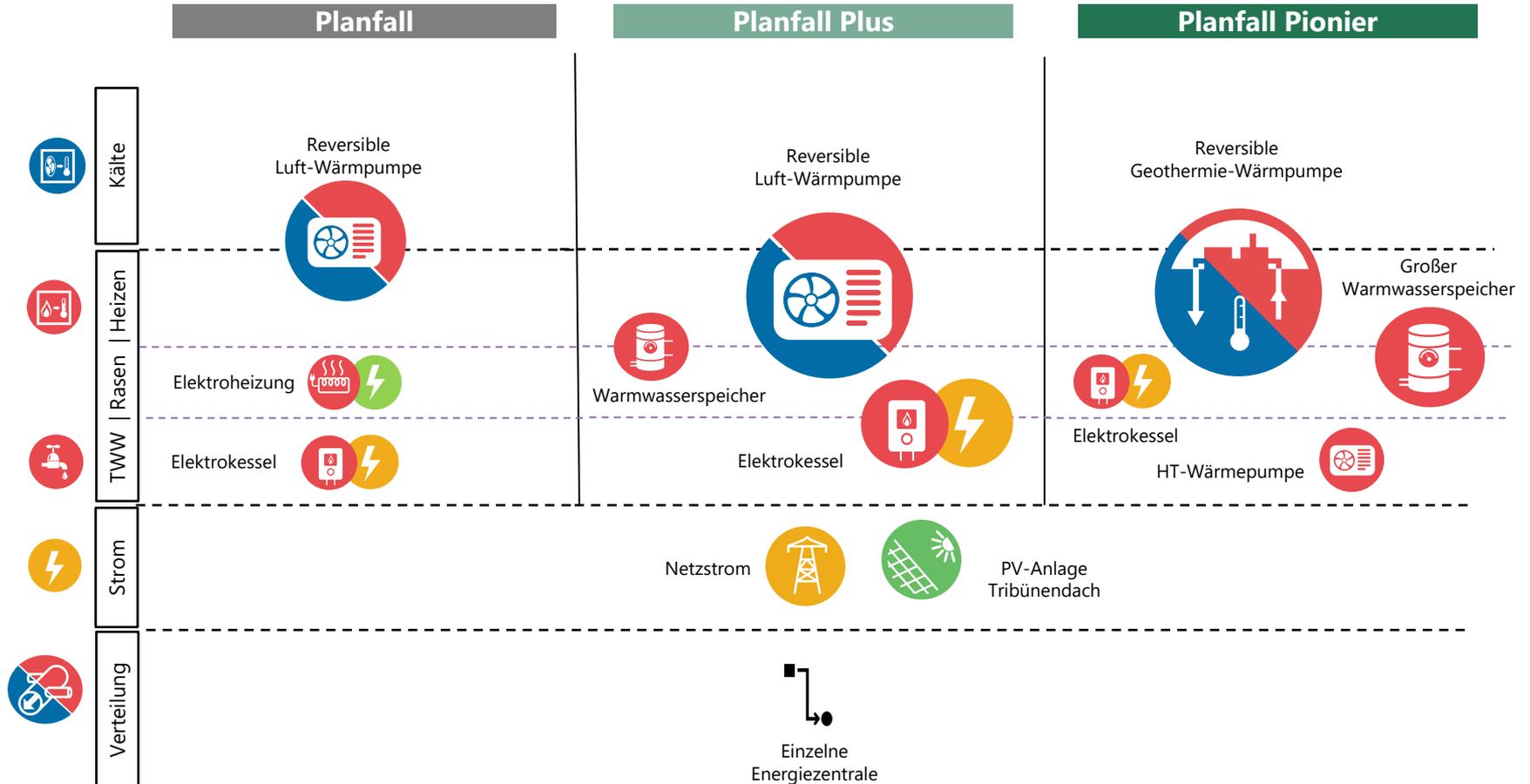


Planfall Pionier: Energieversorgung

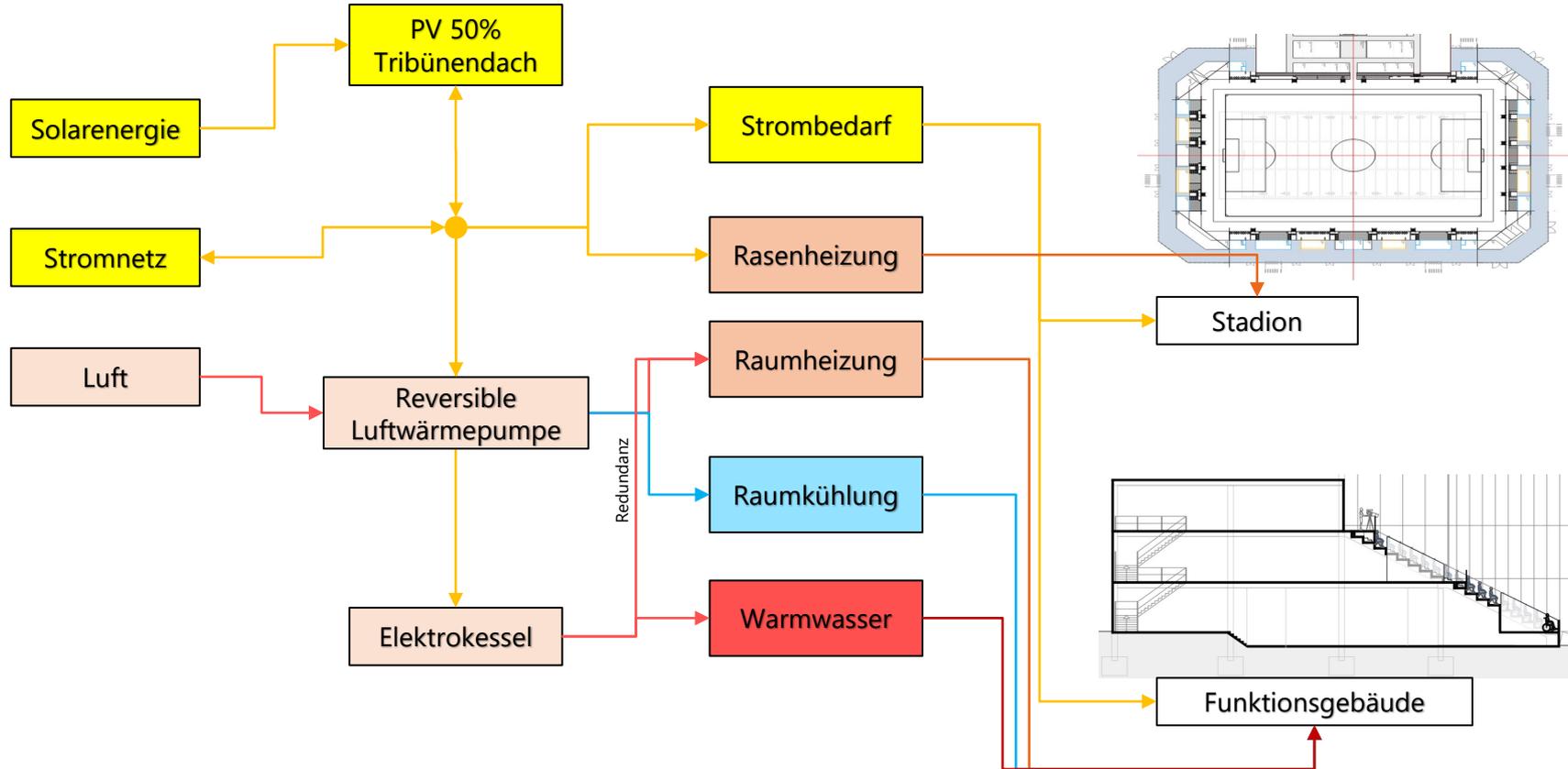
Planfall

Planfall Plus

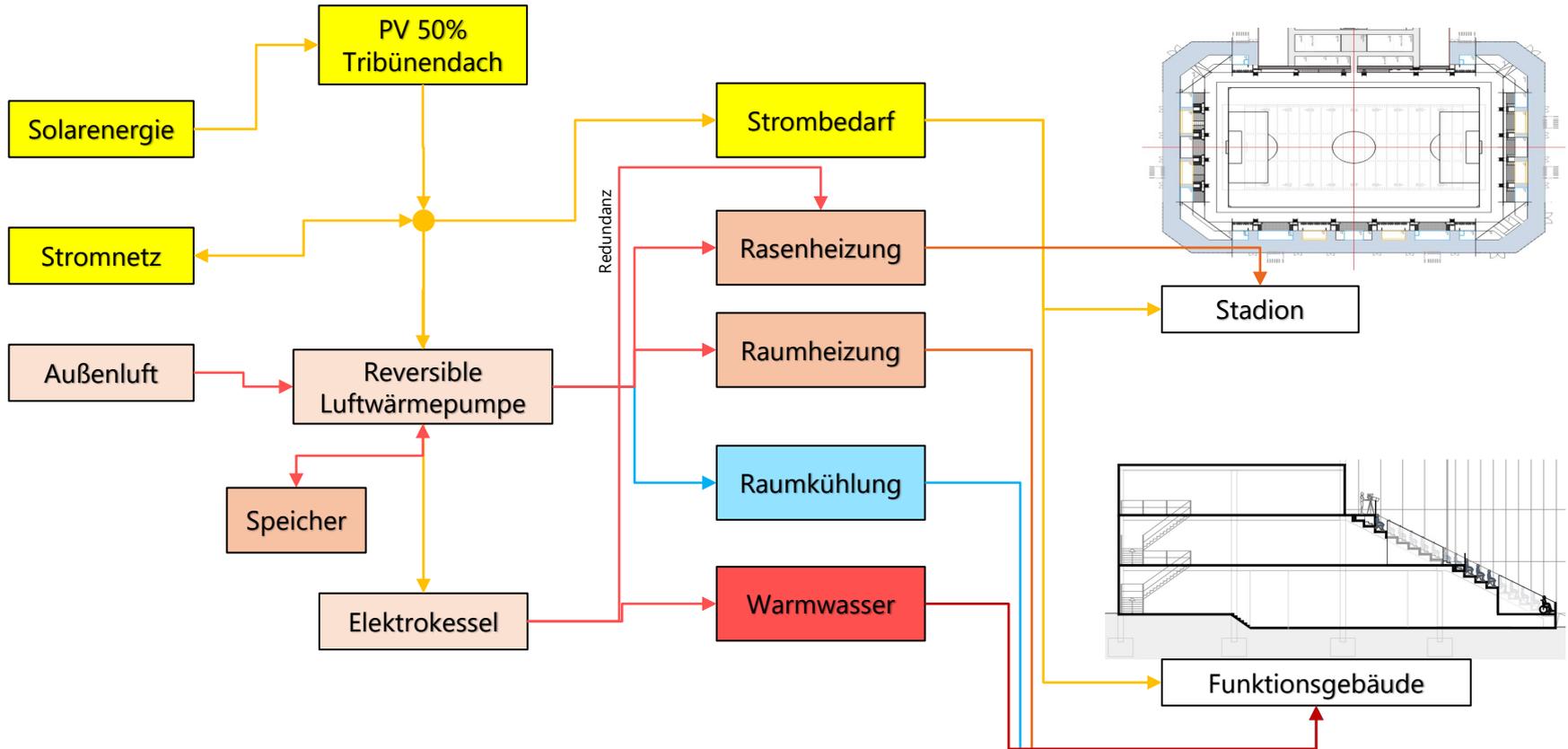
Planfall Pionier



Planfall: Energiekonzeption



Planfall Plus: Energiekonzeption

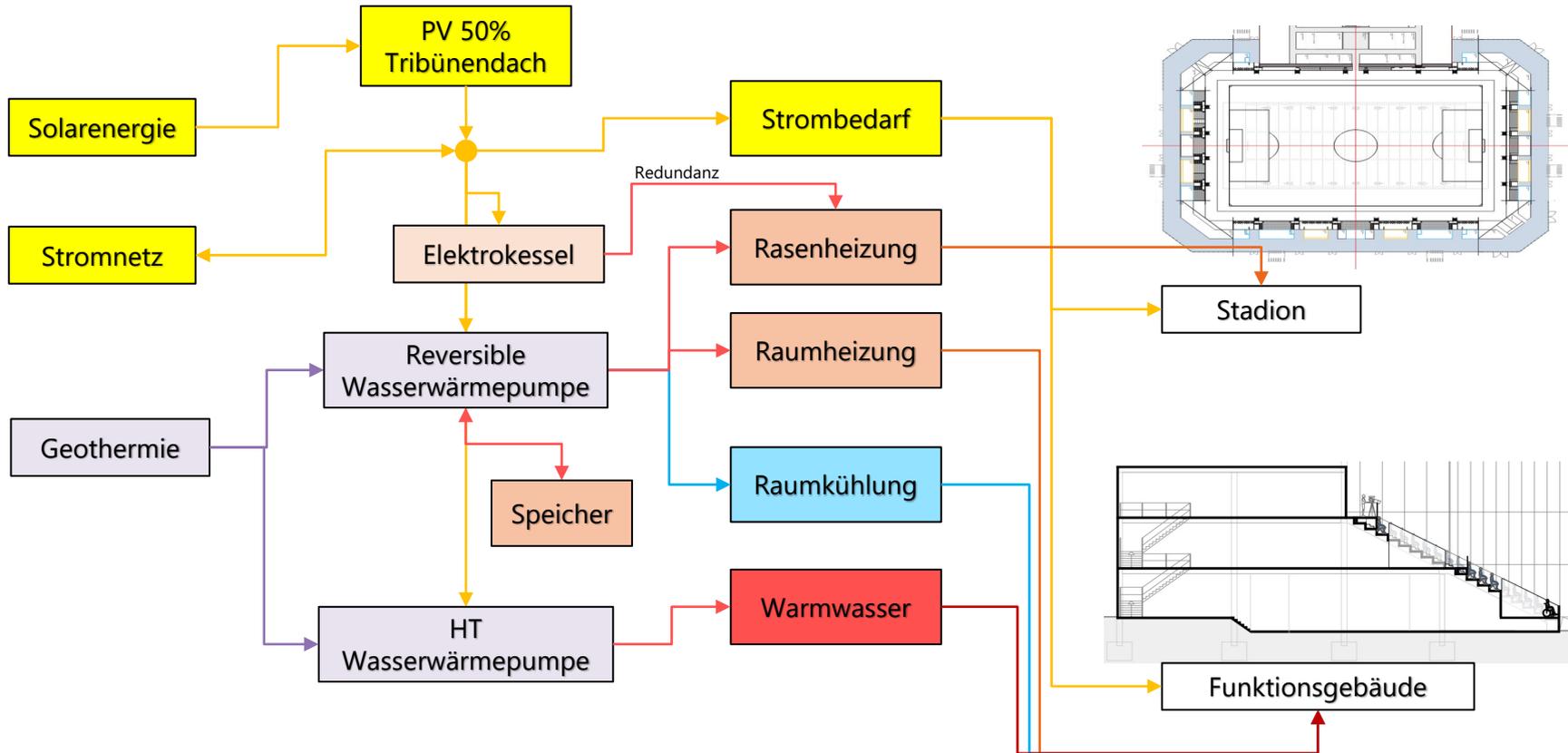


Szenarien Energiekonzeption

Planfall

Planfall Plus

Planfall Pionier



CO₂ armer Beton gem. Concrete Sustainability Council (CSC)

Als CO₂ reduzierende Maßnahme wird die Verwendung von CO₂ armen Beton durch die Verwendung von Zementersatzstoffen vorgeschlagen. CO₂ armer Beton kann wie folgt nach der CSC-Zertifizierung klassifiziert werden:

- Level 1 - 30% (19% DE)
- Level 2 - 40% (31% DE)
- Level 3 - 50% (42% DE)
- Level 4 - 60% (54% DE)

Der Branchenreferenzwert basiert auf internationalen (europäischen) Werten. Die Reduktion in Bezug zu deutschen Referenzwerten ist in Klammern angegeben.

Nach Rücksprache mit Betonherstellern lässt sich schlussfolgern, dass in Deutschland **CSC Level 2 Beton** erhältlich ist und als Einsparungsoption für die vorliegende Studie des Stadionneubaus verwendet werden kann.



Deutschland						
CO2-Klassen	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C45/55	C50/60
Maximal zulässige Treibhausgasemissionen [netto kg CO ₂ -Äq. / m ³]*						
Branchenreferenzwert	213	237	261	286	312	325
Level 1 (↓ ≥ 30%)	149	166	183	200	218	228
Level 2 (↓ ≥ 40%)	128	142	157	172	187	195
Level 3 (↓ ≥ 50%)	107	119	131	143	156	163
Level 4 (↓ ≥ 60%)	85	95	104	114	125	130

Holz als Baumaterial

- Holz ist als natürlicher **Kohlenstoffspeicher** ein großer Hebel zur CO₂-Reduktion in einem Neubau.
- Die Anforderungen an Holzbauteile (Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Brandschutz) sind die gleichen, wie für Bauteile anderer Materialien. Die Erfüllung der Anforderungen im Holzbau ist in der Planung zu berücksichtigen.
- **Brandschutz im Holzbau:**
 - Im Brandfall bildet sich eine Verkohlungsschicht, die das Holz vor unkontrolliertem Versagen schützt. Diese Schicht kann sicher abgebrannt werden und ist dimensionier- und berechenbar.
 - Ein ausreichender Feuerwiderstand der Bauteile wird durch einen größeren Querschnitt gewährleistet.
- **Dauerhaftigkeit von Holzkonstruktionen:**
 - Schutz vor Feuchte wird durch Abdichtungen und baulichen Feuchteschutz hergestellt.
 - Der Einsatz von Holz erfolgt ausschließlich in nicht direkt berechneten Bauteilen.

Kompletholzstadion

- Ein wesentlicher Grund, warum von einem reinen Holzstadion abgeraten wird, ist die von der Nutzung abhängige Dauerhaftigkeit, insbesondere der Witterung ausgesetzte Holzbauteile.
- Die empfindlichsten Bauteile sind die Tribünenstufen, da sie entweder durch direkte Beregnung oder durch Feuchteintrag der Zuschauer mit Feuchtigkeit belastet werden.
 - Obwohl eine Abdichtung vorgesehen werden kann, wird diese oft durch Durchdringungen aus den Sitzplatzbefestigungen geschwächt und es kann nicht mehr gewährleistet werden, dass keine Feuchtigkeit in das Holz eindringt. Dies kann zu einem häufigeren Austausch der Tribünenstufen führen.
- Ein weiteres Thema im Zusammenhang mit Holzstadion ist das Schwingungsverhalten der Tribünen. Durch das geringe Eigengewicht des Holzes ist die Tribüne deutlich empfindlicher gegenüber Schwingungseinwirkungen angeregt durch Zuschauer. Dies hat zur Folge, dass größere Bauteilquerschnitte oder Schwingungsdämpfer erforderlich sind.
- Daher werden im Szenario „Planfall Pionier“ teilweise Betonteile ergänzend zur Holzkonstruktion eingesetzt.

Stadion – Planfall Basis

Graue Emissionen

Planfall

Planfall
Plus

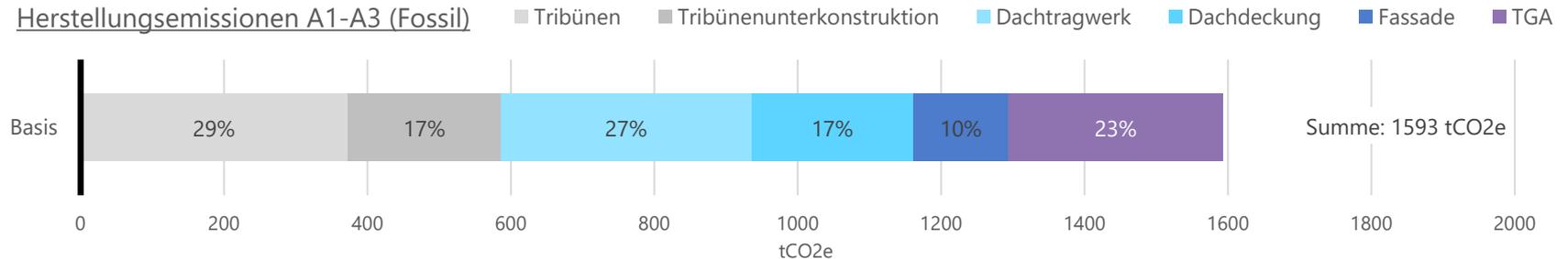
Planfall
Pionier



Materialwahl:

- Tribülenelemente: Standardbeton
- Tribünenunterkonstruktion: Standardbeton
- Dachfachwerkträger: Stahl
- Dachfläche: Stahltrapezblech auf Stahlpfetten

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)



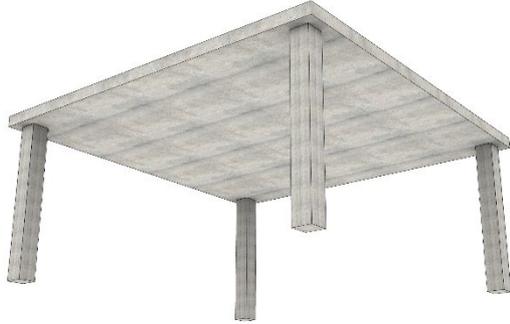
Funktionsgebäude – Planfall Basis

Graue Emissionen

Planfall

Planfall
Plus

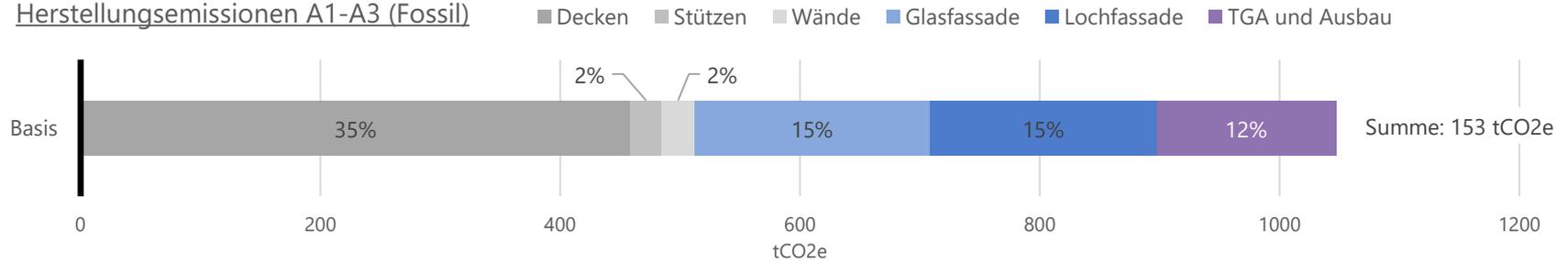
Planfall
Pionier



Materialwahl:

- Decken: Standardbeton
- Stützen: Standardbeton
- Wände: Standardbeton

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)



Stadion - Planfall Plus

Graue Emissionen

Planfall

Planfall Plus

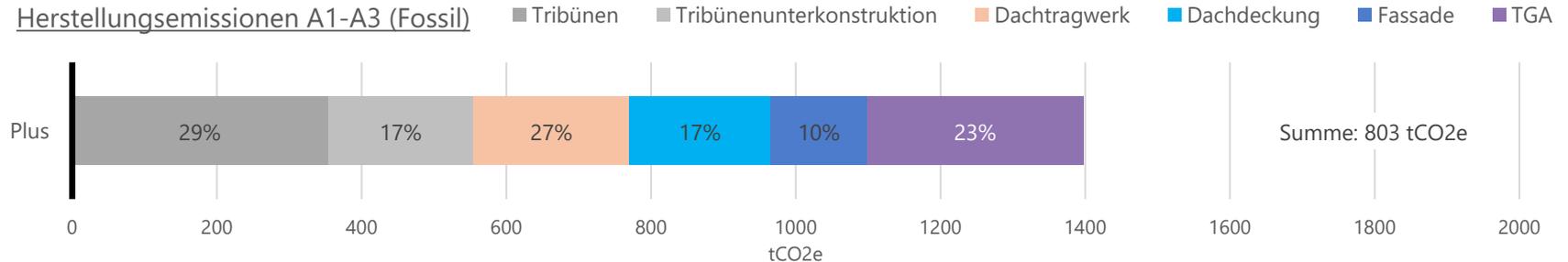
Planfall Pionier



Materialwahl:

- Tribülenelemente: CSC-Level 1 Beton (-20%)
- Tribünenunterkonstruktion: CSC-Level 1 Beton (-20%)
- Dachhauptträger: Brettschichtholz
- Hintere Dachstütze: Stahl
- Dachfläche: Stahltrapezblech auf Holzpfetten

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)



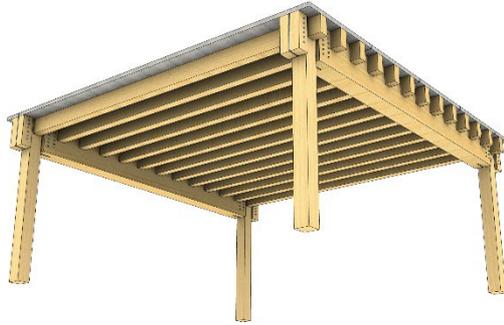
Funktionsgebäude – Planfall Plus

Graue Emissionen

Planfall

Planfall
Plus

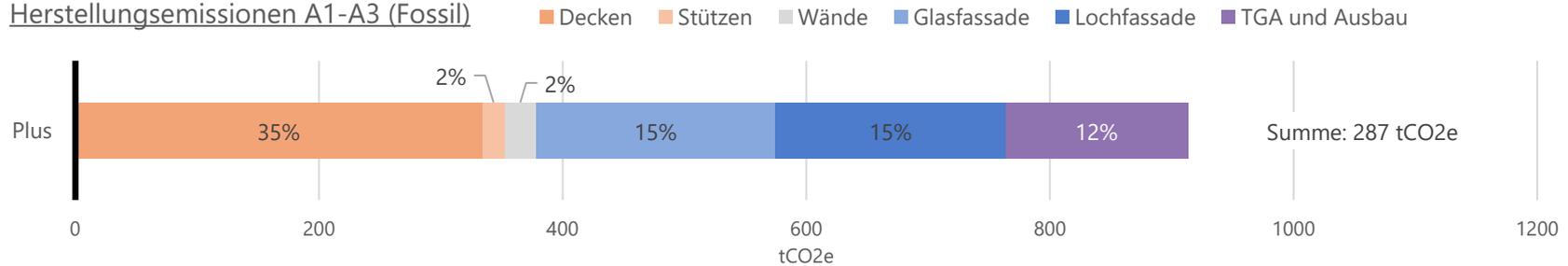
Planfall
Pionier



Materialwahl:

- Decken: CSC-Level Beton mit Brettschichtholzträger
- Stützen: Brettschichtholz
- Wände: CSC-Level 1 Beton

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)



Stadion – Planfall Pionier

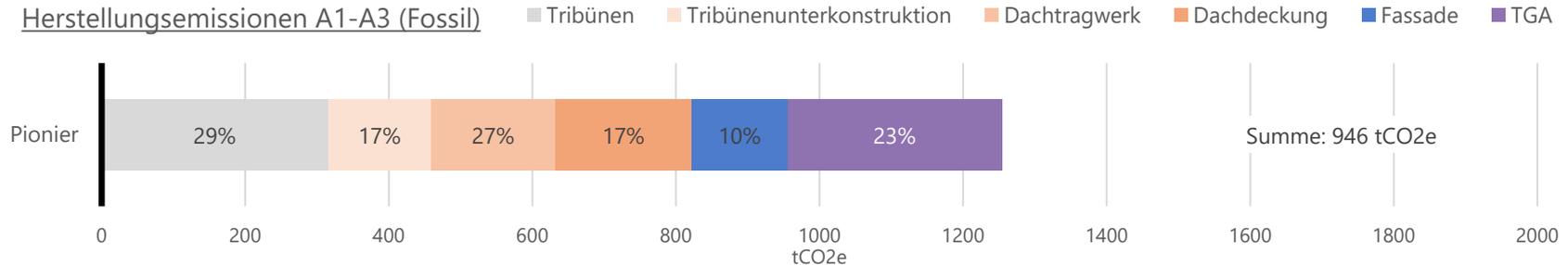
Graue Emissionen



Materialwahl:

- Tribülenelemente: CSC-Level 2 Beton (-30%)
- Tribünenunterkonstruktion: Brettschichtholz
- Dachhauptträger: Brettschichtholz
- Hintere Dachstütze: Stahl
- Dachfläche: Massivholzplatte

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)



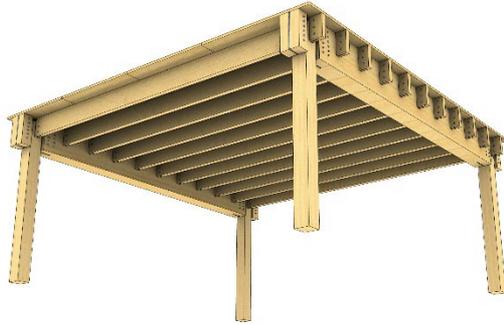
Funktionsgebäude – Planfall Pionier

Graue Emissionen

Planfall

Planfall Plus

Planfall Pionier



Materialwahl:

- Decken: Massivholzplatten auf Brettschichtholzrippen
- Stützen: Brettschichtholz
- Wände: CSC-Level 2 Beton

Herstellungsemissionen A1-A3 (Fossil)

