



GREENGINEERS
ENGINEERING & CONSULTING

Greengineers GmbH

Leonrodstraße 68
80636 München

Rechnungsadresse:
Lochhausenerstraße 207
81249 München

Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg, Berlin

Berlin Hafenplatz

Prüfbericht zur ökologischen Bewertung des Projektes

Auftraggeber*in

studio adhoc GmbH
i.A. Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg
Eichenstraße 4
12435 Berlin

Projektstandort

Hafenplatz
10963 Berlin

Projektleiter*in

Georg Baumgartner

Geprüfte Unterlage(n)

230228_LCA-Nachhaltigkeitskonzept Berlin Hafenplatz

Anlage(n) zum Prüfbericht

231004_LCA-Nachhaltigkeitskonzept Berlin Hafenplatz_kommentiert_2. Update

Ort, Datum

München, den 4. Oktober 2023

1. Zielvorgabe und Prüfraahmen

Ziel dieses Prüfberichtes ist es, den extern bereits erarbeiteten Sachbericht für die ökologischen und energetischen Belange inhaltlich und neutral zu beurteilen. Anhand dieses Prüfberichtes kann das Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg eine ganzheitliche Stellungnahme zu Bauanträgen und Bauvoranfragen abgeben.

Die umwelttechnische Beurteilung, erfolgte durch das Büro Life Cycle Engineering Experts GmbH (LCEE) in Form eines Nachhaltigkeitskonzeptes. Dieses Konzept wurde am 27.02.2023 fertiggestellt und dem Bauherrn, der Entwicklungsgesellschaft Quartier am Hafenplatz mbH, übergeben. Das Nachhaltigkeitskonzept bildet den Prüfraahmen für den Prüfbericht zur ökologischen Bewertung des Projektes. Aktuell liegt kein Gesetz zur verpflichtenden Abrissgenehmigung oder eine Verwaltungsrichtlinie vor, welche die Inhalte für eine Klima- und Umweltbilanz vorgibt, weshalb ausschließlich die Neutralität die Sinnhaftigkeit, die Vollständigkeit sowie die Richtigkeit der umwelttechnischen Beurteilung untersucht wird.

Die umwelttechnische Beurteilung durch LCEE bezieht sich auf den Bauvorbescheid aus dem Jahre 2020 sowie auf nicht näher beschriebene Fachgutachten zum aktuellen Bauzustand der betrachteten Gebäude.

2. Inhaltliche Prüfung

Hinweis: Der folgende Prüfbericht enthält Querverweise auf die Unterlage „230228_LCA-Nachhaltigkeitskonzept Berlin Hafenplatz_kommentiert“ in der Anlage. Damit kann auf bildliche Auszüge verzichtet werden. Die Querverweise sind wie folgt aufgebaut: Kapitelnummer und Nummer des Kommentars, zum Beispiel: 1.3 (1) (Erläuterung: Kapitel 1.3 und erster Kommentar).

Neue Erkenntnisse, die sich aus nachgereichten Unterlagen ergeben haben, werden im Text kursiv als „Anm. vom TT.MM.JJJJ“ dargestellt.

Die zukünftige Entwicklung des Hafenplatzes in Berlin wurde unter dem Gesichtspunkt der Ökologie untersucht. Konkret ist in dem vorliegenden Bericht, für drei Entwicklungsszenarien, der Indikator „Treibhauspotenzial (GWP)“ ermittelt und verglichen worden. Bei den betrachteten Szenarien handelte es sich um:

- Szenario 1: Bestandserhalt im Ist-Zustand ohne Sanierung
- Szenario 2: Teilsanierung und Teilabriss mit Ersatzneubau (gem. Bauvorbescheid 2020)
- Szenario 3: Komplettabriss mit Ersatzneubau

Für den Bestandserhalt wurde auf Fachgutachten hingewiesen, die einen akuten Handlungsbedarf zur Sanierung bei gleichzeitig geringer Sanierungsfähigkeit der Bestandsgebäude attestieren. Diese Aussage kann nicht überprüft werden, da die entsprechenden Fachgutachten nicht vorliegen (vgl. 1.2 (1)). Auch der Bauvorhabenbescheid, auf den

sich in Szenario 2 bezogen wird, liegt nicht vor (vgl. 1.2 (2)). *Anm. vom 07.08.23: die notwendigen Unterlagen wurden nachgereicht und können in der Prüfung berücksichtigt werden.*

Die **Ökobilanz der Planungsvarianten** folgt der Methodik der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB). Es handelt sich hierbei um ein anerkanntes Verfahren, welches sich zur Ermittlung des GWP eignet. Die Systemgrenzen und das Berechnungsverfahren nach DGNB wurden im vorliegenden Bericht überwiegend korrekt dargestellt. Es wurde darauf verwiesen, dass das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DGNB angewendet wird. Dabei wurden die lt. DGNB zu berücksichtigenden Bauteile aufgezählt. Hier fehlt die Berücksichtigung von technischen Großgeräten wie Wärme- und Kälteerzeugern, RLT-Anlagen, PV-Anlagen, etc. (vgl. 1.3 (2)). *Anm. vom 10.04.23: TGA-Geräte waren zum Zeitpunkt der Ökobilanzierung noch nicht bekannt.* Bei den verwendeten Datensätzen wurde auf die Datenbank „Ökobaodat“ verwiesen. Hier sollte zusätzlich erwähnt werden, auf welche Version der Ökobaodat zurückgegriffen wurde (A1 oder A2) und, ob nur generische oder auch herstellerspezifische Datensätze in der Bilanzierung verwendet wurden (vgl. 1.3 (3)). *Anm. vom 10.04.23: Aus den nachgereichten Berechnungsgrundlagen geht hervor, dass es sich um A1-Datensätze handelt.* Zudem sind die Angaben zu den bilanzierten Lebenszyklusphasen teilweise widersprüchlich (vgl. 1.3 (1)).

In der **Beschreibung von Szenario 1 (Bestandserhalt)** wurde auf mehrere externe Fachgutachten verwiesen, die den Bestand hinsichtlich der Statik (vorhandene Lastreserven), der Sanierungsfähigkeit und vorhandener Schad- und Problemstoffe negativ bewerten. Um die Aussagen nachvollziehen zu können, fehlen die entsprechenden Fachgutachten. Die verantwortlichen Büros für diese Gutachten wurden namentlich nicht genannt (vgl. 1.4 (1) bis 1.4 (3)). *Anm. vom 07.08.23: die notwendigen Gutachten wurden nachgereicht. Die Aussagen zum Bestand lassen sich mit den Ergebnissen aus den Gutachten bestätigen.*

Die **Beschreibung von Szenario 3 (Komplettabriss mit Ersatzneubau)** bezieht sich auf eine Modellstudie für den geplanten Neubau. Auch hier fehlt, wie bei den Fachgutachten, der Zugang zu dieser Modellstudie bzw. nähere Information (vgl. 1.4 (4)). *Anm. vom 10.04.23: Die Modellstudie wurde nachgereicht.* Des Weiteren wurden in Szenario 3 weitere Nachhaltigkeitsparameter beschrieben, die im Zuge des Neubaus umgesetzt werden sollen (vgl. 1.4 (5)). In Szenario 1 und 2 wurden keinerlei Nachhaltigkeitsfaktoren beschrieben, obwohl auch in diesen Szenarien eine Umsetzung bestimmter Aspekte möglich wäre (z. Bsp. Mobilitäts-Sharing-Konzept, Beton- und Materialrecycling, Energiekonzept, etc.).

Die **Berechnung der Ökobilanzen** erfolgte mit der Software EnerCalc. Laut Hersteller der Software ist diese allerdings für kommerzielle Zwecke nicht zugelassen (vgl. 1.5 (1) und [Institut für Gebäude-Energieforschung Dr. Markus Lichtmeß \(ingefo.de\)](http://www.ingefo.de)). *Anm. vom 10.04.23: EnerCalc wurde nur für die Berechnung der Energiebedarfe verwendet, die Ökobilanzierung wurde mit einem internen Tool berechnet.*

In **Szenario 1** (Bestandserhaltung) wurde lediglich die Nutzungsphase bilanziert, da hier keine Herstellungsphase anfällt. Das Ergebnis kann als realistisch eingestuft werden, allerdings fehlen sämtliche Unterlagen/Hintergrundinformationen, um die Bilanzierung nachvollziehen zu können (vgl. 1.5 (2) bis 1.5 (4)). Es wurde lediglich auf das Bilanzierungsprogramm und den angenommenen Wärmeerzeuger (Berliner Fernwärme) verwiesen. *Anm. vom 10.04.23: Die Berechnungsgrundlagen wurden nachgereicht und werden als valide eingestuft.*

In **Szenario 2** werden die beiden Neubauten sowie die Bestandssanierung vollständig bilanziert. Bei der Auflistung der berücksichtigten Bestandteile fehlen die Phasen A1-A3 für die neu eingebrachten Materialien in den zu sanierenden Gebäuden (vgl. 1.5 (5)). *Anm. vom 10.04.23: Wurden in den zu Grunde liegenden Berechnungen berücksichtigt.* Zur Bestimmung der Massen wurde eine Sachbilanz angefertigt, für die es im vorgelegten Konzept jedoch keinerlei Hintergrunddaten oder Details gibt. Auch die Wirkungsabschätzung, welche auf der Sachbilanz aufbaut, wurde nicht detailliert dargestellt. Es wurden lediglich die Endergebnisse schriftlich und grafisch dargestellt (vgl. 1.5 (6) bis 1.5 (8)). Eine Überprüfung von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung ist daher nicht möglich. Diese fehlende Detailtiefe bzw. Datengrundlage zieht sich durch die weitere Bilanzierung durch. Es wurden keine Bauteile bzw. Materialien, Datensätze, etc. angegeben, die in die Berechnung eingeflossen sind (vgl. 1.5 (9) bis 1.5 (13) und 1.5 (15)). *Anm. vom 10.04.23: Alle notwendigen Unterlagen wurden nachgereicht. Die Berechnungen lassen sich nachvollziehen und können als valide eingestuft werden.* Die Ergebnisse wurden in Relation mit von der DGNB veröffentlichten Benchmarks gesetzt. Diese Benchmarks wurden in einer Studie erarbeitet, deren Stichprobe nicht repräsentativ ist und von der DGNB selbst dahingehend kritisiert wird (vgl. 1.5 (14)). Die Endergebnisse wurden mit einem Flächenbezug ($\text{kg CO}_2\text{-Äq./m}^2\text{*a}$) dargestellt. Hier fehlt die Angabe, auf welche Fläche die Werte bezogen wurden (vgl. 1.5 (16)). Üblich ist der Bezug auf die Netto-Raumfläche (NRF). *Anm. vom 10.04.23: Aus den nachgereichten Unterlagen geht hervor, dass die NGF zu Grunde liegt.* Abschließend fand eine Gewichtung der ermittelten Werte für die beiden Neubauten und die Sanierung statt. Diese Gewichtung (tabellarisch dargestellt) ist auf den ersten Blick nicht gut nachzuvollziehen. Hier wäre es logischer, jeweils für alle drei Gebäude (die beiden Neubauten und die Bestandssanierung) den absoluten Wert des ermittelten GWP zu berechnen und anschließend das GWP pro Flächeneinheit zu ermitteln. Hinzu kommt, dass die Werte in der letzten Spalte („CO₂-Äquivalent gewichtet“) von Tabelle 1 nicht korrekt sind (vgl. 1.5 (17)).

In **Szenario 3** (Komplettabriss mit Ersatzneubau) wurden der Neubau des Wohngebäudedetails in Holz-Hybrid-Bauweise, der Neubau des Nichtwohngebäudedetails in Stahlbeton und die Phase B6 jeweils einzeln bilanziert. Für die Bilanzierung der Holz-Hybrid-Bauweise wurde auf einen Benchmark aus einer DGNB-Veröffentlichung zurückgegriffen. Dieser wurde mit $2,7 \text{ kg CO}_2\text{-Äq./m}^2\text{*a}$ angegeben. Der Wert basiert auf lediglich drei untersuchten Gebäuden, wovon eines nicht in Holz-Hybrid-Bauweise, sondern in Holzmassivbauweise umgesetzt wurde. Dieses Gebäude verzerrt, mit einem GWP von $-4,0$

kg CO₂-Äq./m²*a, den Mittelwert von 2,7 kg CO₂-Äq./m²*a. Demnach ist dieser Wert keineswegs repräsentativ für Holz-Hybrid-Bauweisen, was die DGNB in ihrer Veröffentlichung selbst anmerkt (vgl. 1.5 (18)). Die Bilanzierung des Holz-Hybrid-Gebäudes wird deshalb nicht als realistisch eingestuft. *Anm. vom 10.04.23: Die Greengineers GmbH schlägt vor, den Holz-Hybrid-Bau mit einem pauschalen Wert von 6,05 kg CO₂-Äq./m²*a zu berechnen.* Für die ökobilanzielle Berechnung des Nichtwohngebäudeteils in Stahlbeton und der Lebenszyklusphase B6 fehlen, wie bei den anderen Szenarien bereits angemerkt, die entsprechenden Hintergrunddaten/Details, um die Berechnung nachvollziehen zu können (vgl. 1.5 (19) bis 1.5 (22)). *Anm. vom 10.04.23: Anhand der nachgereichten Unterlagen können die Berechnung nachvollzogen und als valide eingestuft werden.* Auch in Szenario 3 fand die gleiche abschließende Gewichtung der einzelnen Bilanzierungen, mit den bereits beschriebenen Defiziten, wie in Szenario 2, statt (vgl. 1.5 (23)). Auch hier wurden fehlerhafte Werte (in der Spalte „%-Gewichtung“) eingetragen.

Abschließend erfolgte ein **Vergleich der Ökobilanzierungen aller Szenarien**. In dem Vergleich wurde das Szenario 3 (Komplettabriss mit Ersatzneubau) als beste Variante herausgestellt. Aufgrund der fehlenden Nachvollziehbarkeit der Bilanzierung und weiteren Defiziten wie der unrealistischen Annahme für das GWP der Holz-Hybrid-Bauweise muss dieses Ergebnis zum Prüfzeitpunkt als nicht valide eingestuft werden (vgl. 1.5 (24)). *Anm. vom 10.04.23: Unter Berücksichtigung des von der Greeneers GmbH vorgeschlagenen pauschalen GWP von 6,05 kg CO₂-Äq./m²*a für die Holzhybridbauweise verändert sich das Gesamt-GWP von Szenario 3 auf 18,4 kg CO₂-Äq./m²*a. Im Vergleich zu den anderen Szenarien schneidet Szenario 3 aus ökobilanzieller Sicht mit diesem Wert nach wie vor am besten ab.*

In Kapitel **1.6** wurden die vorangegangenen Ergebnisse erläutert. Hier wurde v. a. auf die positiven ökobilanziellen Eigenschaften von Holz eingegangen, wobei die Erläuterung sich hier teilweise widerspricht (vgl. 1.6 (1)). In der weiteren Ausführung wurde jedoch nur auf die Phasen A1-A3 eingegangen, in denen Holz eine sehr positive Bilanz hinsichtlich GWP aufweist. Andere Lebenszyklusphasen wurden hier nicht erwähnt. Insbesondere die Phase C3 muss bei nachwachsenden Rohstoffen mit betrachtet werden. Die Darstellung, dass die Gesamtbilanz von Brettsper Holz negativ ist, kann durchaus nachgewiesen werden, jedoch nur, wenn von einer thermischen und nicht von einer stofflichen Verwertung ausgegangen wird (vgl. 1.6 (2)). Neben Holz wurde auf Stahlbeton als Werkstoff eingegangen und die negative Ökobilanz dieses Materials aufgezeigt. Möglichkeiten wie mit Beton CO₂-reduziert gebaut werden kann, wurden hier nicht erwähnt (CO₂-reduzierter Beton, materialreduzierte Bauweisen, Gradientenbeton, etc.). Aufgrund der vorgesehenen Holz-Hybrid-Bauweise in Szenario 3 wurde diese durch den Vergleich der Materialien Holz und Stahlbeton in ein positives Licht gerückt. Hier stellt sich aber die grundsätzliche Frage, ob die beiden Neubauten in Szenario 2 nicht auch in Holz-Hybrid-Bauweise ausgeführt werden und dementsprechend gleichermaßen von den ökobilanziellen Vorteilen von Holz profitieren könnten. Bei der Erläuterung der Nutzungsphase wurde darauf verwiesen, dass in Szenario 2 in den Bestandsgebäuden nur die Mindestanforderungen des GEG ausgeschöpft werden können. Das sollte aber nicht für die Neubauten gelten. Hier könnte der gleiche energetische Standard wie in Szenario 3 angesetzt werden, was in der Bilanzierung allerdings nicht passiert (vgl. 1.6 (4)). Die abschließende Grafik zeigt lediglich die Werte mit Flächenbezug, jedoch keine absoluten Werte, welche in eine ganzheitliche Beurteilung der Szenarien mit einfließen sollten (vgl. 1.6 (5)).

3. Syntax und Logik

Das vorliegende Konzept folgt einer nachvollziehbaren Gliederung. Die verwendeten Quellen sind jeweils in der Fußzeile und im Literaturverzeichnis angegeben. Teilweise widersprechen sich Aussagen im Text, was die Nachvollziehbarkeit mitunter erschwert. Nicht alle Tabellen und Abbildung sind selbsterklärend, was ebenfalls zu einer erschweren Nachvollziehbarkeit beiträgt. Aufgrund komplett fehlender Hintergrunddaten ist eine Nachvollziehbarkeit der Bilanzierungen nicht möglich. Weder im Text noch im Anhang finden sich entsprechende Auszüge aus der Berechnungs-Software oder anderen zur Bilanzierung herangezogenen Unterlagen.

4. Ausblick

Wie in Kapitel 1 aufgezeigt, gibt es aktuell kein Gesetz zur verpflichtenden Abrissgenehmigung oder eine Verwaltungsrichtlinie, welche die Inhalte für eine Klima- und Umweltbilanz vorgibt, jedoch wurde von dem Deutschen Umwelthilfe e. V. gefordert, dass die Prüfung der „Sanierungsfähigkeit einer Immobilie mithilfe einer Ökobilanz erfolgen soll. Darin sind die Emissionen und der Energieaufwand für die Sanierung, bei Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes, einzubeziehen und einem Abriss und Neubau gegenüberzustellen“¹. Die Durchführung einer Ökobilanz folgt gewissen Regeln und Empfehlungen, allerdings gibt es auch hier kein einheitliches Verfahren. Ökobilanzielle Vergleichsrechnungen, die als Entscheidungsgrundlage für oder gegen einen Abriss dienen, sollten deshalb eingehend geprüft werden. Eine derartige Prüfung erfolgte mit diesem Prüfbericht für das Nachhaltigkeitskonzept der Life Cycle Engineering Experts GmbH zum Bauvorhaben Berlin Hafenplatz. Die folgende Tabelle soll eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse des Prüfberichts geben und aufzeigen, welche weiteren Schritte notwendig sind.

¹ Vgl. Kurzgutachten zur Verfassungsmäßigkeit der Einführung einer verpflichtenden Abrissgenehmigung in den Bauordnungen der Länder, 6. Dezember 2022, Abrufbar unter: https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Energieeffizienz/Gebaeude/Geb%C3%A4udeabriss/Remo_Klinger_Kurgutachten_Abrissgenehmigung_2022.pdf, Abgerufen am: 21.07.2023



Thema	Anmerkung aus Prüfbericht	Weiteres Vorgehen
Externe Gutachten	<p>Es wird auf externe Gutachten verwiesen, die zur Nachvollziehbarkeit notwendig sind</p> <p><i>Update vom 04.10.2023: Alle relevanten Gutachten wurden nachgereicht. Die im Bericht getroffenen Aussagen lassen sich damit nachvollziehen und bestätigen.</i></p>	<p>Externe Gutachten müssen den Greengineers zur Verfügung gestellt werden</p>
Fehlende Hintergrundinformationen	<p>Die Bilanzierungen können nicht nachvollzogen und auf Plausibilität geprüft werden, da keinerlei Hintergrundinformationen oder Berechnungsunterlagen zur Verfügung stehen</p> <p><i>Update vom 04.10.2023: Alle Berechnungsgrundlagen wurden nachgereicht. Die Bilanzierung lässt sich anhand der Unterlagen nachvollziehen und kann insgesamt als valide eingestuft werden.</i></p>	<p>Bilanzierung offenlegen (Sachbilanz und Wirkungsabschätzung) Baupläne o. ä., Bauvorhabenbescheid, Liste der verwendeten Materialien und Ökobaudat-Datensätze anhängen</p>
GWP Holz-Hybrid-Bau	<p>Unrealistische Annahme des GWP für Holz-Hybrid-Bauweise in Szenario 3</p> <p><i>Update vom 04.10.2023: Die Greengineers GmbH schlägt für die Holz-Hybrid-Bauweise ein GWP von 6,05 kg CO₂-Äq./m²*a vor. Das Gesamtergebnis für Szenario 3 ändert sich damit von 16,4 auf 18,4 kg CO₂-Äq./m²*a.</i></p>	<p>Neue Bilanzierung mit realistischem Wert</p>
Neubau Szenario 2	<p>Für Szenario 2 werden die Neubauten in einer Stahlbeton-Massivbauweise bilanziert. Es stellt sich die Frage, wieso hier nicht auch, wie in Szenario 3, eine Holz-Hybrid-Bauweise betrachtet werden kann</p>	<p>Alternative Variante für Szenario 2 rechnen, in der Potenziale zur Reduktion des GWP-Wertes berücksichtigt werden</p>
Keine absoluten Werte	<p>Das GWP wird ausschließlich mit Flächenbezug dargestellt. Für eine abschließende Beurteilung sollten auch die absoluten Werte der verschiedenen Szenarien dargestellt und interpretiert werden</p>	<p>Bilanzierung um absolute Werte ergänzen und diese im Konzept ausweisen</p>

	<i>Update vom 04.10.2023: Folgenden absoluten Werte ergeben sich unter Verwendung der BGF: Szenario 1: 68.709 t CO₂-Äq. Szenario 2: 54.096 t CO₂-Äq. Szenario 3: 92.000 t CO₂-Äq.</i>	
LCA-Software	Die verwendete Software zur Berechnung der Ökobilanz ist lt. Homepage des Herstellers nicht für kommerzielle Zwecke zugelassen <i>Update vom 04.10.2023: Die angegebene Software wurde lediglich zur Kalkulation der Energiebedarfe verwendet. Für die LCA wurde ein internes Excel-Tool der LCEE GmbH verwendet.</i>	Prüfen, ob die Verwendung der Software im vorliegenden Fall gestattet ist und ggf. auf eine andere Software zurückgreifen

5. Abschließende Beurteilung

Der Bericht der LCEE GmbH zum ökobilanziellen Variantenvergleich für den Hafenplatz in Berlin weist einige formelle und inhaltliche Defizite auf, die im vorliegenden Prüfbericht erläutert wurden. Mit Hilfe von nachgereichten Unterlagen konnten die Ökobilanz-Ergebnissen nachvollzogen und damit als valide eingestuft werden. Lediglich der pauschale GWP-Wert, der für die Holz-Hybrid-Bauweise in Szenario 3 angesetzt wurde, wird als unrealistisch eingeschätzt. Der verwendete Mittelwert von 2,7 kg CO₂-Äq./m²*a aus einer Veröffentlichung des DGNB setzt sich aus drei Gebäuden (davon zwei in Holz-Hybrid und eines in Holzmassivbau) zusammen. Werden nur die beiden Holz-Hybrid-Gebäude berücksichtigt ergibt sich ein Mittelwert von 6,05 kg CO₂-Äq./m²*a. Die Greengineers GmbH schlägt deshalb vor, diesen Wert für die Berechnung der Holz-Hybrid-Gebäudeteile in Szenario 3 zu verwenden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass es sich um einen groben Schätzwert aus einer nicht repräsentativen Stichprobe handelt.

Im Bericht der LCEE GmbH werden lediglich die relativen Werte des GWP bezogen auf m² NGF und Jahr ausgegeben. Im Vergleich der relativen Werte schneidet Szenario 3 besser ab als Szenario 1 und 2. Es sollte allerdings auch ein Vergleich der absoluten Werte erfolgen. Mit Flächenbezug zeigt sich, dass über den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre) betrachtet, am meisten CO₂-Äq. durch Szenario 3 ausgestoßen wird. Der geringste Ausstoß wird in Szenario 2 verzeichnet. Das hängt damit zusammen, dass durch die Neubebauung in Szenario 3 deutlich mehr Fläche geschaffen wird, als in Szenario 1 und 2 vorhanden ist, demnach aber auch die Gesamtemissionen steigen. Weiterhin sollte in der Entscheidung für ein Szenario auch berücksichtigt werden, ob in den Szenarien 1 und 2 bereits alle Aspekte zur Reduzierung der CO₂-Emissionen berücksichtigt wurden. So könnte z. Bsp. auch in Szenario 2 der Neubau in einer emissionsärmeren Holz-Hybrid-

Bauweise umgesetzt werden. Daneben können im Zuge einer Sanierung auch weitere emissionsarme Materialien verwendet werden, um die Ökobilanz eines Gebäudes zu verbessern. Zusätzlich sollte in allen Szenarien berücksichtigt werden, dass sich durch die fortschreitende Dekarbonisierung der Versorgungsnetze eine zunehmende Verringerung der Emissionen aus der Nutzungsphase zeigen wird. Da in Szenario 1 keine konstruktiven Maßnahmen umgesetzt werden und nur die Nutzungsphase für die Bilanzierung von Relevanz ist, kann die Dekarbonisierung der Versorgungsnetze hier einen deutlich höheren Einfluss haben als in Szenario 2 und 3. Für eine ganzheitlich, ökobilanzielle Bewertung der Planungsszenarien sollten diese Aspekte berücksichtigt werden.