

Bericht Ressourcenimplikationen | März 2023

Sanierung vs. Abriss & Neubau: Ressourcenimplikationen für ein Fallbeispiel im Vergleich

Fallbeispiel:

Bestand der GAG Immobilien AG an der
Waldecker Straße / Bunsenstraße in Köln

*AP 1.6 „Ermittlung der Einsparpotenziale“
Forschungsvorhaben „OptiWohn: Flächen-
nutzung optimieren, Neubaudruck min-
dern“*

Dieser Bericht ist ein Ergebnis des Forschungsprojekts „OptiWohn: Flächennutzung optimieren, Neubaudruck mindern“.

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

Steger, Sören und Laura Bergs. (2022). Sanierung vs. Abriss und Neubau: Ressourcenimplikationen für ein Fallbeispiel im Vergleich. Bericht im Rahmen des Forschungsprojekts „OptiWohn: Flächennutzung optimieren, Neubaudruck mindern“. Wuppertal.

Projektlaufzeit: April 2019 – Juni 2022

Projektkoordination:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal

Projektpartner*innen:

Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Ammerländer Heerstr. 114-118, 26129 Oldenburg

werk.um Architekten
Rheinstraße 99.4, 64295 Darmstadt

Praxispartner*innen:

Stadt Göttingen, Wohnraumagentur
Hiroshimaplatz 1-4, 37083 Göttingen

Stadt Köln, Koordinationsstelle Klimaschutz
Willy-Brandt-Platz 2, 50679 Köln

Universitätsstadt Tübingen
Brunnenstraße 3, 72074 Tübingen

Herausgeberin:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Ansprechperson:

Anja Bierwirth
Leiterin Forschungsbereich Stadtwandel
Abteilung Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik
E-Mail: anja.bierwirth@wupperinst.org
Tel. +49 202 2492 164

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	4	
Abbildungsverzeichnis	4	
1	Hinführung	5
2	Zielsetzung und Vorstellung der untersuchten Umbauszenarien	6
3	Methodik	8
3.1	Massenmodell der Szenarien	10
3.2	Modellierung der Umweltwirkungen	14
4	Ergebnisse	17
5	Diskussion	21
6	Fazit	23
7	Literaturverzeichnis	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Ausgewählte Verwertungswege der verschiedenen Materialkategorien -----	16
-----------	--	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Materialzusammensetzung Bestandsgebäude, Eigene Darstellung-----	11
Abbildung 2	Materialbedarf im Szenario energetische Sanierung und Modernisierung-----	12
Abbildung 3	Materialzusammensetzung des Neubaus mit Tiefgarage -----	13
Abbildung 4	Materialzusammensetzung des Neubaus ohne Tiefgarage -----	14
Abbildung 5	Carbon Footprint der Szenarien im Vergleich -----	17
Abbildung 6	KEA der Szenarien im Vergleich-----	18
Abbildung 7	RMI der Szenarien im Vergleich -----	18
Abbildung 8	Beispielhafte Kontributionsanalyse des Carbon Footprint nach Materialien im Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus unter Berücksichtigung des Neubaus der Tiefgarage -----	19
Abbildung 9	Beispielhafte Analyse des Carbon Footprint im Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus unter Berücksichtigung des Neubaus der Tiefgarage nach den Umbauphasen des Abrisses und Neubaus -----	20

1 Hinführung

Klimaneutralität bis 2045 – dieses sektorübergreifende Ziel der deutschen Bundesregierung bedeutet, dass gegenüber dem Referenzjahr 1990 keinerlei Erhöhung der Treibhausgasemissionen pro Jahr erfolgen darf. Einer der Sektoren, die zum Erreichen dieses Ziels grundlegend umgebaut werden müssen, ist der Gebäudesektor. Dieser war im Jahr 2021 für 16 % der deutschen CO₂-Emissionen verantwortlich. Besonders der Wohngebäudebestand steht dabei im Fokus der Überlegungen, wie eine Transformation hin zur Klimaneutralität gelingen kann. Grund hierfür ist die oftmals mangelnde energetische Effizienz der Bestandsgebäude. Dabei stehen sich grundsätzlich die Umbauszenarien des Abrisses und Ersatzneubaus sowie der energetischen Sanierung mit einem grundsätzlichen Bestandserhalt gegenüber. Im Vorfeld eines weitreichenden Umbaus sollten diese Szenarien hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit auf ökologische, soziale sowie ökonomische Gesichtspunkte hin verglichen werden. In einem Abwägungsprozess kann anschließend eine Entscheidung getroffen werden, ob die energetische Sanierung und Modernisierung des Bestandes oder der Ersatzneubau mit vorherigem Abriss zu präferieren ist.

Sozial können Faktoren wie Wohnqualität (Vorhandensein von Balkonen, Lichtverhältnisse im Innenbereich, zeit- und bedarfsgerechte Wohnungszuschnitte), Barrierefreiheit und Parkmöglichkeiten in einem solchen Abwägungsprozess berücksichtigt werden. Ökonomische Faktoren, die in den Entscheidungsprozess einfließen können, sind beispielsweise höhere Kosten für Abriss- und Neubaumaßnahmen gegenüber Sanierungsmaßnahmen bei gleichzeitig potenziell sinkende Energiekosten während der Nutzungsphase durch eine höhere energetische Effizienz des Neubaus. Gleichzeitig können grundlegende Baumängel oder Schadstoffbelastungen eine energetische Sanierung und Modernisierung ökonomisch uninteressant machen. Auch die Einhaltung von baurechtlichen Bestimmungen wie Schall- oder Brandschutz können einen Umbau des Bestandes erschweren und die Wahl auf das Szenario des Abrisses und Neubaus lenken.

Ökologisch stehen sich zwei zentrale Einflussfaktoren gegenüber: einerseits der rohstoffliche sowie energetische Aufwand, der innerhalb der Umbaumaßnahme selbst aufgebracht werden muss, und der meist vor allem energetische Aufwand, der zum Betrieb der Immobilien während ihrer Nutzungsphase zur Verfügung gestellt werden muss.

In der vorliegenden Arbeit wird vor allem die ökologische Ebene der Nachhaltigkeitsbewertung betrachtet. Dies geschieht anhand eines tatsächlichen Abriss- und Neubauprozesses des Projektpartners GAG Köln im Projekt OptiWohn, das mit einer potenziellen Sanierung verglichen werden soll. Dabei wird allein die Umbauphase und die damit verbundenen Umweltwirkungen quantitativ berechnet, die Nutzungsphase und deren Auswirkungen auf das Ergebnis werden anschließend qualitativ diskutiert.

2 Zielsetzung und Vorstellung der untersuchten Umbauszenarien

Ziel dieser Arbeit ist es, eine ökologische Gegenüberstellung der energetischen Sanierung und Modernisierung mit dem Abriss und Ersatzneubau eines spezifischen Gebäudekomplexes durchzuführen. Dabei wurde in Zusammenarbeit mit der GAG Köln von einem tatsächlichen Bauvorhaben Waldecker Straße/Bunsenstraße in Köln ausgegangen. Die Bestandsgebäude wurden dabei wie folgt charakterisiert: Die Gebäude befinden sich auf einem 3.851 m² großen Grundstück, von dem 1.835 m² bebaut sind. Insgesamt befinden sich hier im Bestand 60 Wohneinheiten mit einer Gesamtwohnfläche von 4.121 m². Es handelt sich um acht Gebäude mit je einem Treppenhaus. Sieben der Gebäude wurden als Zeilenbebauung in gleicher Bauweise hergestellt, hier handelt es sich um vierstöckige Gebäude mit Satteldach. Ein weiteres Gebäude ist angeschlossen an die Zeilenbebauung, unterscheidet sich jedoch dahingehend, dass es sich dabei um ein fünfstöckiges Gebäude mit Flachdach handelt. Die Gebäude wurden ursprünglich 1927 erbaut, im Jahr 1959 jedoch grundlegend saniert. Im Bestand sind keine, bzw. kleine Balkone bis zu einer Größe von 4 m² vorhanden, Aufzüge fehlen gänzlich. 60% der sanitären Anlagen sind über 25 Jahre alt und sanierungsbedürftig, als Heizung kommen überwiegend Gas-Etagenheizungen zum Einsatz. Die Fassade, Keller und Dach sind ungedämmt und teilweise in schlechtem Zustand. Außerdem besteht keine Verpflichtung Anwohnerparkplätze zur Verfügung zu stellen. Die GAG Köln hat sich aufgrund der energetisch geringen Effizienz der Gebäude sowie sozialen und ökonomischen Aspekten dazu entschieden, den bestehenden Gebäudekomplex abzureißen und durch einen Neubau zu ersetzen. Dieser zeichnet sich nach Angaben der GAG Köln durch folgende Maßgaben aus: Es werden 86 Wohneinheiten geschaffen, die eine Wohnfläche von 5.903 m² zur Verfügung stellen. Dies ist möglich durch eine höhere Bautiefe als bei den abgerissenen Bestandsgebäuden, der Charakter der Zeilenbebauung bleibt jedoch erhalten. Als Dachform wird eine durchgängige Satteldachform gebaut, es werden 67 Balkone mit einer Gesamtfläche von 532 m² geschaffen, sowie weitere 190 m² in Form von Terrassen. Beheizt werden die Gebäude durch ein Blockheizkraftwerk bzw. durch Luft-Wasser-Wärmepumpen, verteilt wird diese Wärme durch Fußbodenheizung. Für die Belüftung wird außerdem eine Lüftungsanlage miteingebaut. Über alle Gebäude verteilt werden insgesamt sieben Aufzüge eingebaut, es wird außerdem auf zeitgemäßen internen Schallschutz sowie Schutz gegen Außenlärm geachtet. Die Fassade ist durch ein Wärmedämmverbundsystem aus Mineralwolle und Kratzputz gedämmt, die Fenster sind aus Kunststoff gefertigt, die Türen aus Aluminium. Weiterhin soll im Neubau möglichst auf den Einsatz von Beton verzichtet werden, stattdessen kommen eine Leichtziegelbauweise zum Einsatz. Zusätzlich werden Parkmöglichkeiten in Form einer Tiefgarage mit 23 Stellplätzen geschaffen.

In dieser Arbeit wird untersucht, welche ökologischen Auswirkungen dieser Abriss und Ersatzneubau anhand ausgewählter Indikatoren hat. Als Vergleich wird außerdem eine energetische Sanierung und Modernisierung der Sanitäreinrichtungen modelliert. Dabei wird von der Durchführung folgender Maßnahmen ausgegangen: alle Außenwände werden gedämmt, genauso wie die Kellerdecke und das Dach. Hierfür wird, wo vorhanden, der Putz abgetragen, Mineralwolle als Dämmstoff eingebaut und danach wieder verputzt. Außerdem werden die bestehenden Kunststofffenster

gegen neue ausgetauscht. Zudem wird davon ausgegangen, dass die bestehende Sanitärkeramik ausgetauscht wird. Zuletzt wurde in der Modellierung davon ausgegangen, dass die bestehenden Gas-Brennwertkessel durch Luft-Wasser-Wärmepumpen ersetzt werden. Hier wurde unterstellt, dass pro Gebäude eine Wärmepumpe nachgerüstet wird. Die Umsetzung der energetischen Sanierung zielt dabei auf das Erreichen eines Energieeffizienzstandards ab, der KfW 85 entspricht, im Neubau wird von einem KfW 40 Energiestandard ausgegangen. Modelliert werden in beiden Szenarien allein die Massen, die durch die Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen neu in das System einfließen bzw. als Abfälle aus dem System fließen. Eine energetische Betrachtung der Nutzungsphase ist nicht Teil des Untersuchungsrahmens, mögliche Auswirkungen werden jedoch diskutiert.

3 Methodik

Zum Vergleich der beschriebenen Szenarien hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen kommen verschiedene Methodiken und Modelle zum Einsatz.

In einem ersten Schritt werden die Gebäude und die darin verbauten Baumaterialien mitsamt ihren Massen ermittelt. Für Bestandsgebäude besteht jedoch die Schwierigkeit, dass oft Informationen zur Konstruktionsweise und Materialzusammensetzung der Gebäude fehlen. Daher wird bei der Modellierung von Bestandsgebäuden häufig auf typische Bauweisen und Materialien von Beispielgebäuden der jeweiligen Baualtersklasse zurückgegriffen. So kommt in der vorliegenden Arbeit ein Wohngebäudebestandsmodell auf Datengrundlage der Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) nach Loga et al. (2015) zum Einsatz. Die Gebäudetypologie des IWU enthält typische Gebäude für unterschiedliche Altersklassen, die sich durch unterschiedliche Bauweisen, Wandstärken u.v.m. auszeichnen. Aus dieser Gebäudetypologie wird zuerst das Bestandsgebäude modelliert, das als typisches Mehrfamiliengebäude der Baujahre zwischen 1948 und 1959 angenommen wird. Die bestehenden Materialzusammensetzungen des IWU werden dabei durch Anpassung der Wohnfläche, Dachfläche, Geschosshöhe und -höhe sowie der Grundfläche auf den tatsächlichen Bestand im Objekt Waldecker Straße/Bunsenstraße angepasst. Bei dem modellierten Gebäudekomplex wird davon ausgegangen, dass die Gebäudehülle aus Kalksandstein gemauert ist und für tragende Teile wie Fundament/Bodenplatte und Keller Beton genutzt wurde. Außerdem wurden die Materialmengen, die aus Haustechnik und durch Treppen(-häuser) entstehen modelliert. Dies geschah außerhalb des eigentlichen Wohngebäudemodells anhand von Daten aus dem Projekt DemRess II. Für die Haustechnik wurde davon ausgegangen, dass mehrheitlich Gas-Etagenheizungen verbaut sind, wobei jeder Wohneinheit ein eigener Gasbrennwertkessel zugeschrieben wurde. Nicht beachtet werden konnten kleinteiligere Angaben wie zu vorhandenen, kleinen Balkonen. Das modellierte Bestandsgebäude ist daher eher als generisches Gebäudemodell zu verstehen und erhebt nicht den Anspruch einer genauen Abbildung der tatsächlichen Bestandsgebäude im Bauprojekt Waldecker Straße/Bunsenstraße.

Für die Modellierung des Neubaus wurde gänzlich auf Daten zurückgegriffen, die innerhalb der Arbeiten am Projekt DemRess II durch das Wuppertal Institut erarbeitet wurden. Es wurde ein Gebäude in monolithischer Bauweise modelliert, dessen Materialzusammensetzung sich in der Detailtiefe von der des Bestandsgebäudes unterscheidet. Im Neubau konnte dabei eine deutlich detailliertere Materialzusammensetzung modelliert werden, da aktuelle Veröffentlichungen zu konkret umgesetzten Bauvorhaben vorlagen.¹ In diesen Veröffentlichungen wurden die Materialangaben meist mit konkreten Gebäudegrößen, Anzahl Geschossen und Bauformen verknüpft und nach Bauteilen wie Decken- oder Wandelementen unterteilt angegeben. Diese Angaben wurden in einem ersten Schritt umgerechnet auf Angaben pro m² und anschließend an die vorliegenden Größenangaben angepasst. Ebenso wie im

¹ Entsprechend ist schon von der unterschiedlichen Datenqualität für Bestandsmodellierung und Neubaumodellierung zu erwarten, dass Unterschiede hinsichtlich der Materialmenge entstehen, die in Bestandsgebäuden und Neubauten verbaut sind.

Bestandsmodell wird die Haustechnik separat modelliert. Hier werden für alle sieben Gebäudeeingänge jeweils eine Wärmepumpe als alleinige Energiequelle angenommen. Außerdem fließen im Neubau Materialmengen für Balkone und Terrassen mit ein, genauso wie für die vorgesehene Tiefgarage. Neben der monolithisch realisierten Gebäudehülle werden tragende Elemente, ebenso wie die Tiefgarage aus (Stahl-)Beton gefertigt. Auch bei der Modellierung des Neubaus besteht nicht der Anspruch einer genauen Abbildung der Realität im geplanten Bauprojekt Waldecker Straße/Bunzenstraße im Modell, sondern der einer Näherung anhand von Materialzusammensetzung eines typischen Neubaus in Leichtbauweise.

Zur Modellierung der energetischen Sanierung wurde von der typischen Energieeffizienz von Bestandsgebäude aus dieser Baualtersklasse ausgegangen, die anfallenden Abfallmassen sowie die neu benötigten Baumaterialien wie Dämmstoffe zum Erreichen des KfW 85 Energiestandards wurden anhand früherer Berechnungen abgeschätzt.

Die ermittelten Massen der Szenarien wurden anschließend normiert auf die je Szenario zur Verfügung gestellte Wohnfläche. Diese Normierung erscheint besonders dahingehend sinnvoll, als dass das Sanierungsszenario eine deutlich kleinere Wohnfläche zur Verfügung stellt als das Neubauszenario. Durch eine Normierung werden die Szenarien und deren Umweltwirkungen dennoch vergleichbar. Anschließend werden diesen normierten Massen mithilfe der ecoinvent-Datenbank 3.7 spezifische Umweltwirkungen zugeordnet. Hier werden drei Indikatoren genauer betrachtet, die im Folgenden beschrieben werden.

Durch die Ermittlung der vorgestellten Umweltindikatoren für beide Umbauszenarien – die Sanierung sowie den Abriss und Ersatzneubau – werden diese hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen vergleichbar.

Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Der kumulierte Energieaufwand (KEA) ist die Gesamtheit der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergieinputs, die zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung benötigt werden (Günther, 2018). In einer umfassenden Betrachtung schließt er auch die Nutzung des Produktes mit ein. Im Gegensatz zur reinen Betrachtung der Grauen Energie, die konzeptionell nur die in die Materialien eingeflossenen Materialmengen erfasst. Im Rahmen der Systemgrenzen in diesem Projekt ist der KEA und die Graue Energie aber identisch. Die Nutzungsphase der Gebäude wird separat analysiert.

Primärrohstoffaufwand (RMI: Raw Material Input) oder Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)

Unter dem Primärrohstoffaufwand (RMI) versteht man die Menge an Primärrohstoffen, die für die Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen benötigt werden. Zum einen wird die Materialmenge des Produktes und das Material, das zur Produktion erforderlich ist, zum RMI gezählt. Zum anderen wird auch das genutzte Material dazu gezählt, das zur Bereitstellung aus der Umwelt gefördert wird, wie zum Beispiel die Gangart, die schlecht wirtschaftlich verwendbaren Gesteine und Mineralien, bei der Erzförderung. Mithilfe des RMIs können die Emissionen und Abfälle auf der ganzen Wertschöpfungskette berechnet werden. In ecoinvent wird mit Hilfe eines Bewertungsmoduls des Wuppertal Institutes der RMI errechnet. Dieser ist für den in dieser Studie relevanten abiotischen Teil identisch mit der Berechnung der Kumulierten Materialaufwandes (KRA). Der Unterschied zwischen RMI und KRA besteht in unterschiedlichen Berechnungsmethoden des biotischen Anteils (Bringezu et al. 2019). Dieser ist im KRA tendenziell niedriger als beim RMI. Allerdings spielt der biotische Anteil für die Mehrzahl der hier verwendeten Materialien eine sehr untergeordnete Rolle. Daher ist es vertretbar, für die Fragestellung dieser Studie den KRA als synonym zum Indikator RMI zu interpretieren.

Carbon Footprint

Der Carbon Footprint ist die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen, die direkt und indirekt von einer Person, einem Unternehmen oder einem Produkt verursacht werden. Er wird berechnet, indem die Emissionen aus allen Phasen des Lebenszyklus eines Produkts oder einer Dienstleistung addiert werden. Während des Lebenszyklus eines Produkts können verschiedene Treibhausgase wie Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Di-Stickstoffoxid (N₂O) emittiert werden, die jeweils unterschiedliche hohe Fähigkeit haben, Wärme in der Atmosphäre zu speichern. Diese Unterschiede werden durch das Erderwärmungspotenzial (GWP) der einzelnen Gase ausgedrückt, was zu einem Kohlenstoff-Fußabdruck in Masseneinheiten von Kohlendioxid-Äquivalenten (CO₂-Äq.) führt.

3.1 Massenmodell der Szenarien

In einem ersten Schritt wurden die Massen der Gebäude und deren Veränderung innerhalb der Umbauszenarien modelliert. Diese Materialzusammensetzungen und -mengen werden im Folgenden dargestellt.

Der bestehende Gebäudekomplex hat Baumaterial mit einem Gesamtgewicht von 12,67 Megatonnen (Mt) verbaut. Den größten Anteil daran macht der verbaute Beton mit einer Gesamtmasse von 7,93 Mt aus, gefolgt von Kalksandstein mit 2,70 Mt und Leichtziegel/Bimsbeton mit 1,08 Mt. Eine Aufschlüsselung der verbauten Gesamtmasse in ihre Materialgruppen findet sich in Abbildung 1.

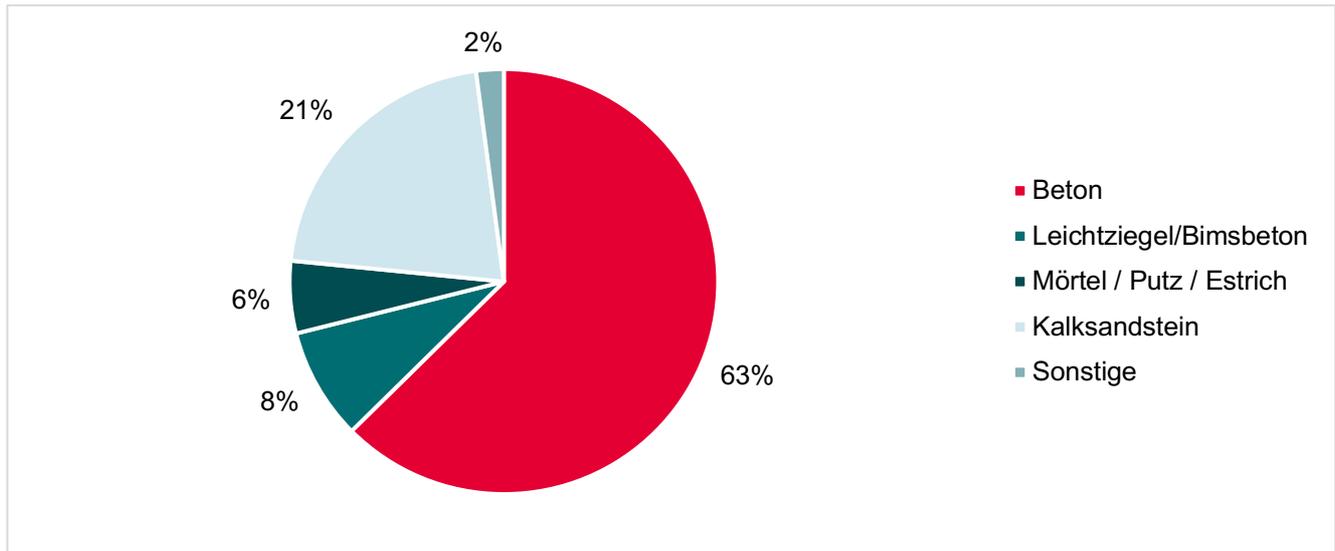


Abbildung 1 Materialzusammensetzung Bestandsgebäude, Eigene Darstellung

Innerhalb des Szenarios der energetischen Sanierung und Modernisierung ändert sich die beschriebene Materialzusammensetzung und -menge leicht. So fallen einerseits insgesamt 242 t Abfall an, vor allem bestehend aus den Materialgruppen Mörtel/Putz/Estrich, sowie Kunststoff. Andererseits werden neue Materialien mit einer Gesamtmasse von 320 t eingebaut. Auch hier bildet die Materialgruppe Mörtel/Putz/Estrich den größten Anteil, gefolgt von Dämmmaterial und Kunststoffen. In Abbildung 2 sind diese Materialien mit den jeweiligen Mengen nochmals graphisch zur besseren Übersicht dargestellt. Insgesamt wären im sanierten Gebäudekomplex nach der energetischen Sanierung und Modernisierung Baumaterialien mit einer Gesamtmasse von 8,01 Mt verbaut.² Die Zusammensetzung würde sich gegenüber dem Bestand zu unwesentlich verändern.

² Allerdings ist die hier zugrunde gelegte energetischen Sanierung eine Basissanierung, bei der keine weiteren, zusätzlichen Modernisierungen wie z.B. der Anbau von Aufzügen oder Veränderungen der Wohnungszuschnitte und Maßnahmen zur Verbesserung der Barrierefreiheit umgesetzt werden. Auch die Beseitigung von anderen Bauschäden wie z.B. Schornsteinsanierung sind hier nicht berücksichtigt.



Abbildung 2 Materialbedarf im Szenario energetische Sanierung und Modernisierung

Das Umbauszenario des Abrisses und Neubaus geht im ersten Schritt mit dem vollkommenen Rückbau des bestehenden Gebäudekomplexes einher, die Materialien aus dem Bestand fallen demnach vollständig als Abfälle an. Für die Materialzusammensetzung des neu errichteten Gebäudekomplexes wird hier unterschieden in die Mitbetrachtung der neu errichteten Tiefgarage (kurz: TG) im ersten Bauabschnitt und deren Vernachlässigung. Bezieht man sie mit in die Analyse ein, so ergibt sich eine Gesamtmasse an verbauten Baumaterialien von 10,87 Mt, wobei Beton mit 6,72 Mt den höchsten Anteil stellt, gefolgt von der Materialgruppe des Mörtels/Putz'/Estrichs (1,68 Mt) und Holz (0,71 Mt). Eine vollständige Aufschlüsselung der Gesamtmasse nach Materialien ist in Abbildung 3 dargestellt.

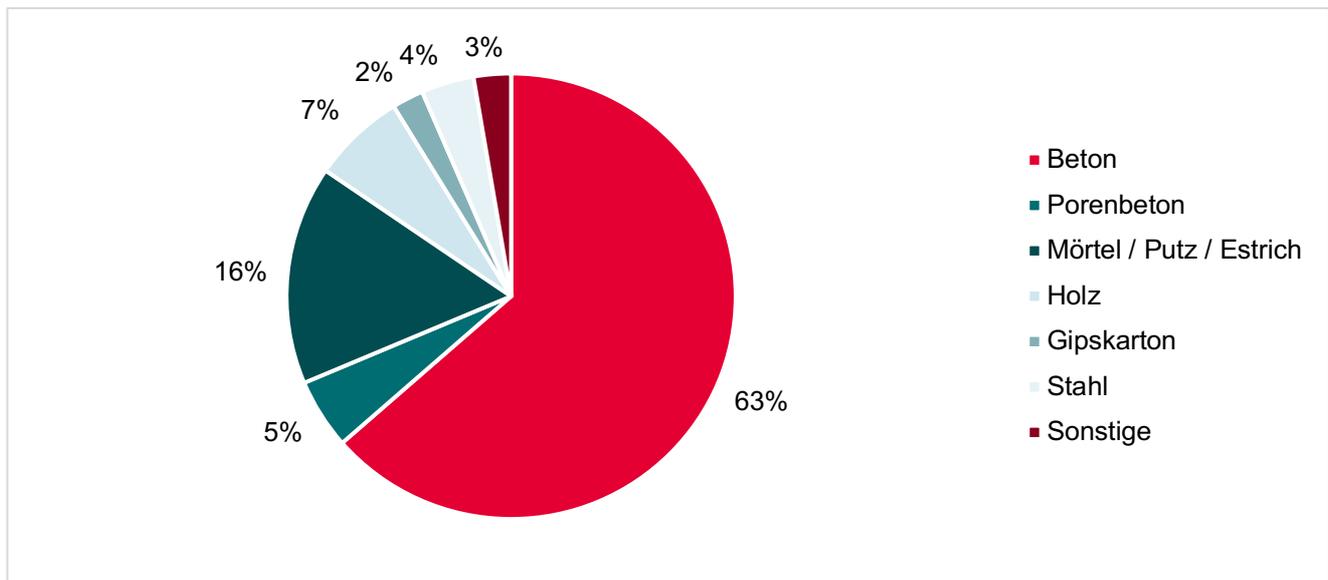


Abbildung 3 Materialzusammensetzung des Neubaus mit Tiefgarage

Lässt man dagegen die Tiefgarage aus der Materialbetrachtung raus, beträgt die Gesamtmasse der für den Neubau verwendeten Baumaterialien lediglich 8,27 Mt, wobei Beton mit 4,22 Mt weiterhin den größten Anteil stellt, gefolgt von Mörtel/Putz'/Estrich (1,68 Mt) und Holz (0,71 Mt). Eine vollständige Aufschlüsselung der Gesamtmasse nach Materialien findet sich in Abbildung 4.

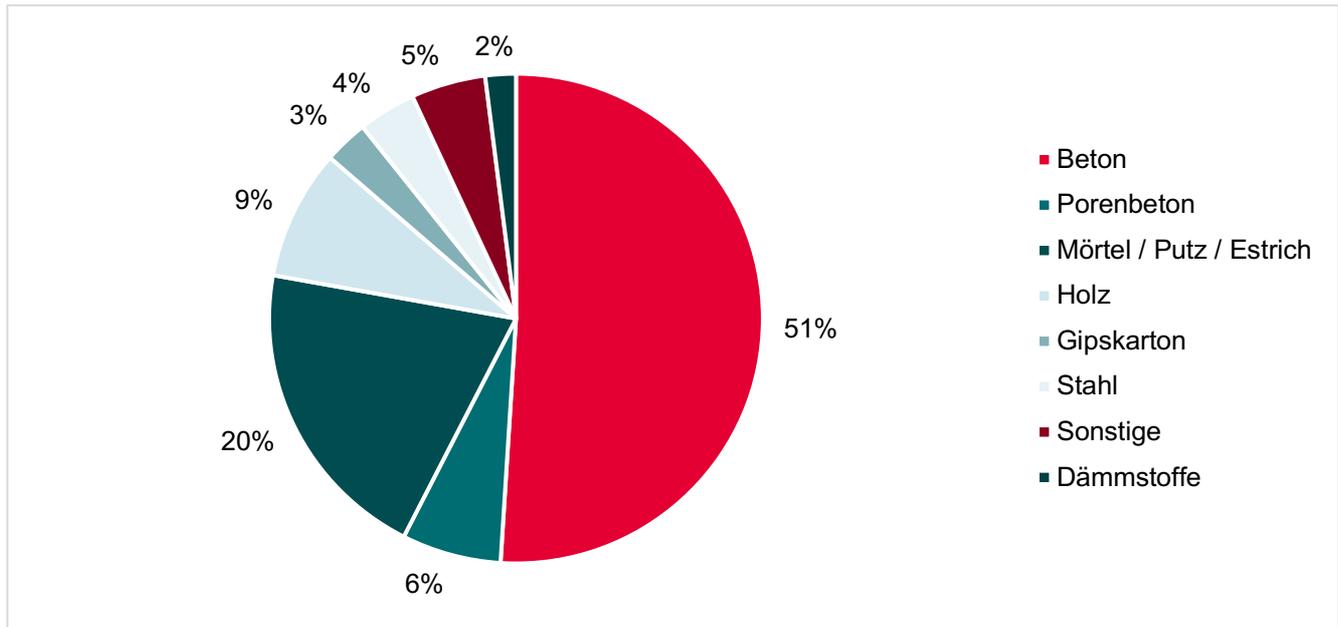


Abbildung 4 Materialzusammensetzung des Neubaus ohne Tiefgarage

3.2 Modellierung der Umweltwirkungen

Anhand der vorgestellten Massen wurden in einem zweiten Schritt die entsprechenden Umweltwirkungen ermittelt. Dabei wurde unterschieden in Massen, die als Input in das System fließen und solche, die während der Umbaumaßnahmen als Abfall anfallen. Für die Bereitstellung der neu benötigten Baumaterialien werden in ecoinvent entsprechende Datensätze zur Verfügung gestellt. Unterschiede gibt es dabei lediglich im regionalen Bezug der Daten, wobei sich bei der Auswahl auf Durchschnittswerte Europas, und wo diese nicht verfügbar waren, der Welt entschieden wurde. Bei der Auswahl der Datensätze für Materialien, die als Abfall anfallen, stehen jedoch grundsätzlich unterschiedliche Daten zur Verfügung. Unterschieden wird hier nicht nur nach regionalem Bezug, sondern vor allem auch nach Verwertungswegen. Meist stehen dabei drei Varianten zur Auswahl, deren Unterschiede im Folgenden erläutert werden sollen.

Variante 1 umfasst Materialien, die noch an der Abbruchstelle vorsortiert und direkt dem Recycling zugeführt werden. Beispielhafte Materialien dieser Variante sind Fenster und Türen, aber auch Elemente der Haustechnik. Es wird unterstellt, dass diese Bauteile selektiv abgebaut werden, keine Aufwendungen für den Transport³ zur Verwertungsstelle anfallen, und diese direkt einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können.

Variante 2 beinhaltet Materialien, die nach dem Abbruch in eine Aufbereitungs- bzw. Sortieranlage transportiert werden. Alle weiteren Prozesse der wiedergewonnenen

³ Auch beim selektiven Rückbau fallen Transportaufwendungen an. Allerdings sind diese in den Prozessen der Variante 1 der nachgelagerten Recyclingstufe zugeordnet und nicht Teil des Systems der Prozessdaten der Abfallaufbereitung

Abfallfraktion liegen jedoch außerhalb der Systemgrenzen und werden nicht beachtet. Die übrige Fraktion wird thermisch verwertet oder deponiert. Diese Verbrennung bzw. Deponierung ist weiterhin Teil der Umweltbewertung und wird bei der Bilanzierung anteilig mitberechnet. Eine Materialgruppe, die für diese Variante beispielhaft zu nennen ist, ist Beton. Dieser wird nach dem Abbruch in Sortieranlagen zerkleinert, wobei nach Gesteinskörnungen und Bindemitteln sortiert werden kann. Diese aussortierte Fraktion dient dann als Substitutionsmaterial von Kies und Sand im Straßenbau, die übrigen Betonabfälle werden deponiert oder verfüllt.

Variante 3 umfasst Materialien, für die eine stoffliche Verwertung insgesamt oder von Teilmengen keine Option darstellt. Dabei handelt es sich beispielsweise um Holzabfälle, die mit Pilzschutzmitteln behandelt wurden oder Farbanstriche aufweisen, weshalb sie ausschließlich für eine thermische Verwertung in Frage kommen.

Durch Literaturrecherche sowie Erfahrungswerte, wurden für die anfallenden Materialkategorien die in Tabelle 1 dargestellten Verwertungswege ausgewählt:

Tabelle 1 Ausgewählte Verwertungswege der verschiedenen Materialkategorien

Materialkategorien	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Anmerkung
Beton		X		Die Gesteinskörnung wird wiederverwertet, der Rest deponiert
Leichtziegel/Bimsbeton		X		Alternativ wird der concrete gravel-Prozess verwendet
Mörtel/Putz		X	X	50% des Mörtels/Putz wird erst in der Sortieranlage vom Beton etc getrennt und nur geringe Mengen stehen einer Verwertung zur Verfügung
Kalksandstein		X		Alternativ wird der concrete gravel-Prozess verwendet
Vollziegel		X	X	Ziegel können zum Teil im Straßen- und Wegebau verwendet werden, Annahmen: 50/50 zw. Variante 2 und 3
Holz			X	Verbrennung
Mineralwolle			X	Deponierung
Glas	X			Keine Umweltbelastung durch Abbruch
Stahl		X		Der Unterschied der Koeffizienten für Variante 1 und Variante 2 ist gering, Stahlanteil in Türen und Fenstern ohne Umweltbelastung
Aluminium	X			Kein direkter Prozess vorhanden, Annahme: wird direkt einem Recycling zugeführt, keine Umweltbelastung durch Abbruch
Kunststoffe	X			Keine Umweltbelastung durch Abbruch
Türen und Fenster	X			Keine Umweltbelastung durch Abbruch
Haustechnik	X			Keine Umweltbelastung durch Abbruch, Annahme: Haustechnik wird entweder noch vor Abriss händisch ausgebaut oder kann einem Recycling zugeführt werden bzw. sind in ihren Mengen für die Umweltbewertung unkritisch

4 Ergebnisse

Anhand der ermittelten Massen an Baumaterial und der beschriebenen Indikatoren lassen sich die Umweltwirkungen der beiden Umbauszenarien ermitteln. Auf diese wird im Folgenden genauer eingegangen. Dabei werden je angewendetem Indikator die Szenarien des Abrisses und Ersatzneubaus, der energetischen Sanierung sowie des Abrisses und Ersatzneubaus unter Vernachlässigung der Umweltwirkungen, die durch den Bau der Tiefgarage entstehen, unterschieden. Die Angaben sind dabei normiert auf den m^2 bereitgestellter Wohnfläche.

Wie in Abbildung 5 zu sehen, geht das Umbauszenario des Abrisses und Ersatzneubaus mit $0,78 \text{ kg CO}_2\text{-Äq./m}^2$ bereitgestellter Wohnfläche mit dem höchsten Carbon Footprint einher, der durch die Vernachlässigung der Tiefgarage jedoch auf $0,69 \text{ kg CO}_2\text{-Äq./m}^2$ bereitgestellter Wohnfläche gesenkt werden kann. Die energetische Sanierung geht jedoch lediglich mit einem Carbon Footprint von $0,05 \text{ kg CO}_2\text{-Äq./m}^2$ bereitgestellter Wohnfläche einher.

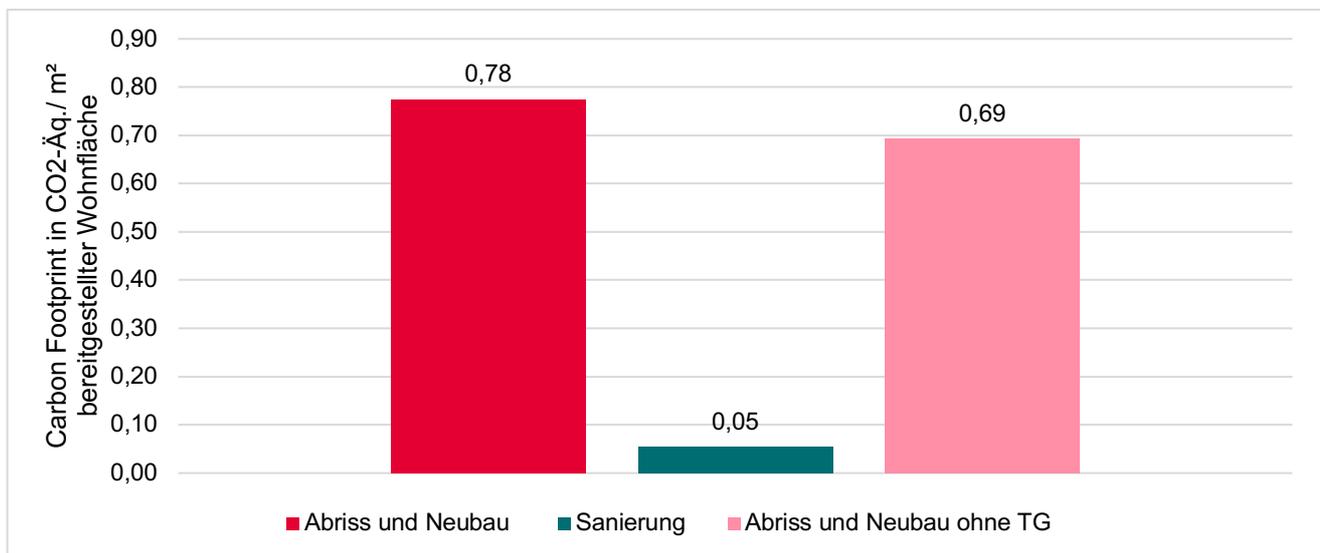


Abbildung 5 Carbon Footprint der Szenarien im Vergleich

Die Betrachtung der Ergebnisse der Indikatorauswertung des KEA in Abbildung 6 ergibt ein ähnliches Bild. Auch hier geht der Abriss und Ersatzneubau mit $16,86 \text{ MJ-Äq./m}^2$ bereitgestellter Wohnfläche mit dem höchsten Wert einher, gefolgt von der Variante, in der der Bau der Tiefgarage vernachlässigt wird. Dieser geht jedoch immer noch mit $16,42 \text{ MJ-Äq./m}^2$ bereitgestellter Wohnfläche einher. Die energetische Sanierung verursacht lediglich einen KEA von $0,85 \text{ MJ-Äq./m}^2$ bereitgestellter Wohnfläche.

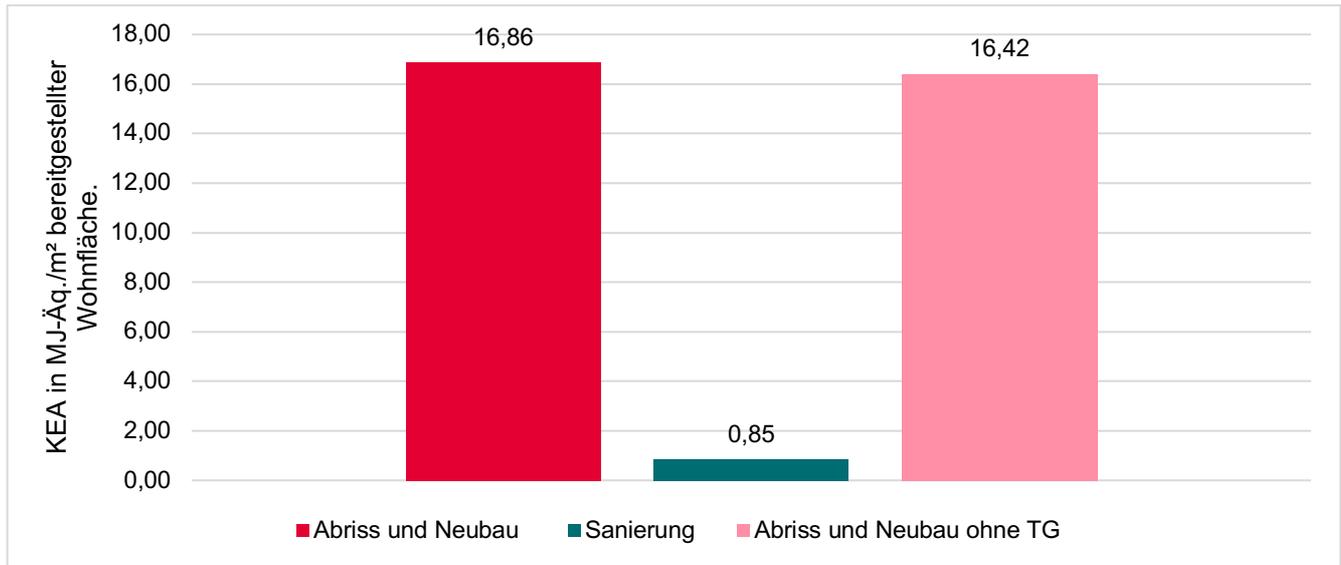


Abbildung 6 KEA der Szenarien im Vergleich

Ein ähnliches Bild wie in den vorausgegangenen Indikatoren zeichnet sich bei den Ergebnissen des RMI ab. Aus Abbildung 7 wird klar, dass auch hier das Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus mit den höchsten Umweltwirkungen, nämlich 2,80 kg/m² bereitgestellter Wohnfläche verbunden ist. Durch die Vernachlässigung der Materialien der Tiefgarage reduziert sich dieser Wert auf 2,46 kg/m² bereitgestellter Wohnfläche. Die energetische Sanierung geht lediglich mit einem RMI von 0,13 kg/m² bereitgestellter Wohnfläche einher.

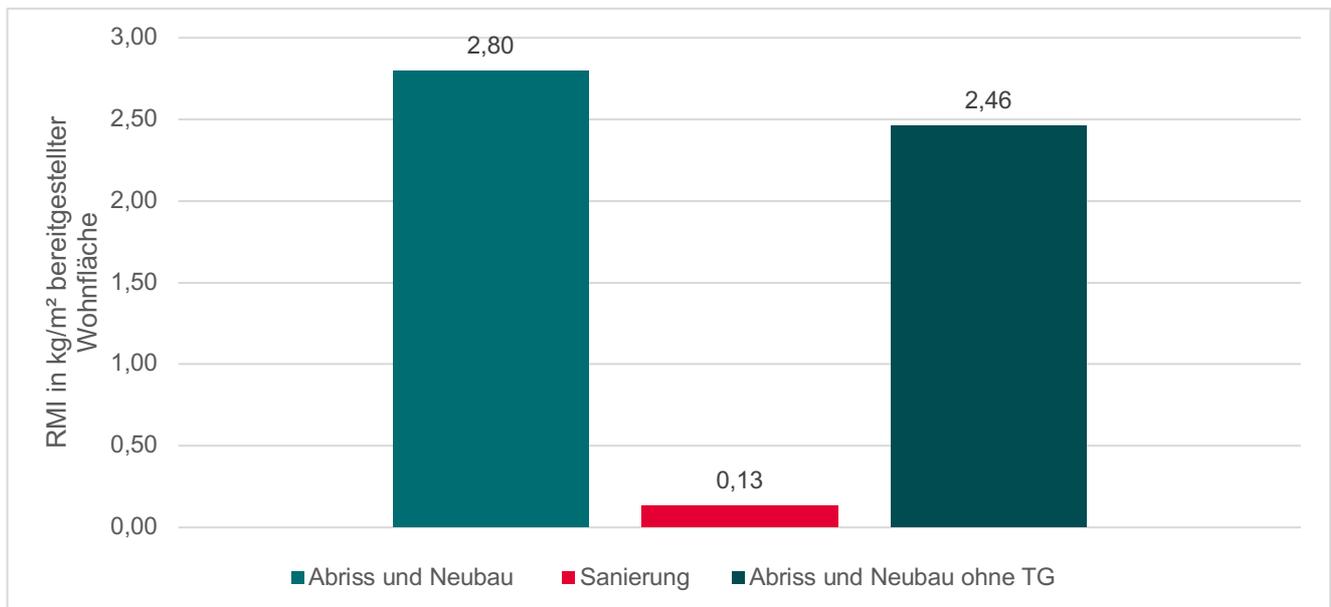


Abbildung 7 RMI der Szenarien im Vergleich

Interessant für die Analyse der Ergebnisse ist außerdem, welchen Einfluss die Materialien jeweils auf die Gesamtergebnisse der Szenarien haben. Hierfür folgt in

Abbildung 8 eine beispielhafte Kontributionsanalyse des Carbon Footprint im Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus mit Beachtung der Tiefgarage. Daraus ist ersichtlich, dass die Materialgruppen Beton und Stahl nicht nur in der Massenanalyse eine entscheidende Rolle spielen, sondern auch in den Umweltwirkungen große Beiträge zu dem Gesamtergebnis leisten. So trägt der Einbau von Stahl 30% zu den entstehenden Umweltwirkungen bei, der Verbaut von Beton immerhin 24%. Außerdem relevante Materialgruppen für das Gesamtergebnis des Carbon Footprint in diesem Szenario sind Dämmstoffe mit insgesamt 16%, Mörtel/Putz/Estrich (8%) sowie Kunststoffe und Holz mit jeweils 5%. Die Beiträge zu den jeweiligen Umweltwirkungen in den Indikatoren KEA und RMI unterscheiden sich zwar in ihren absoluten Zahlen von dem des Carbon Footprint, die prozentuale Verteilung zwischen den verschiedenen Materialgruppen variiert jedoch nur unwesentlich.

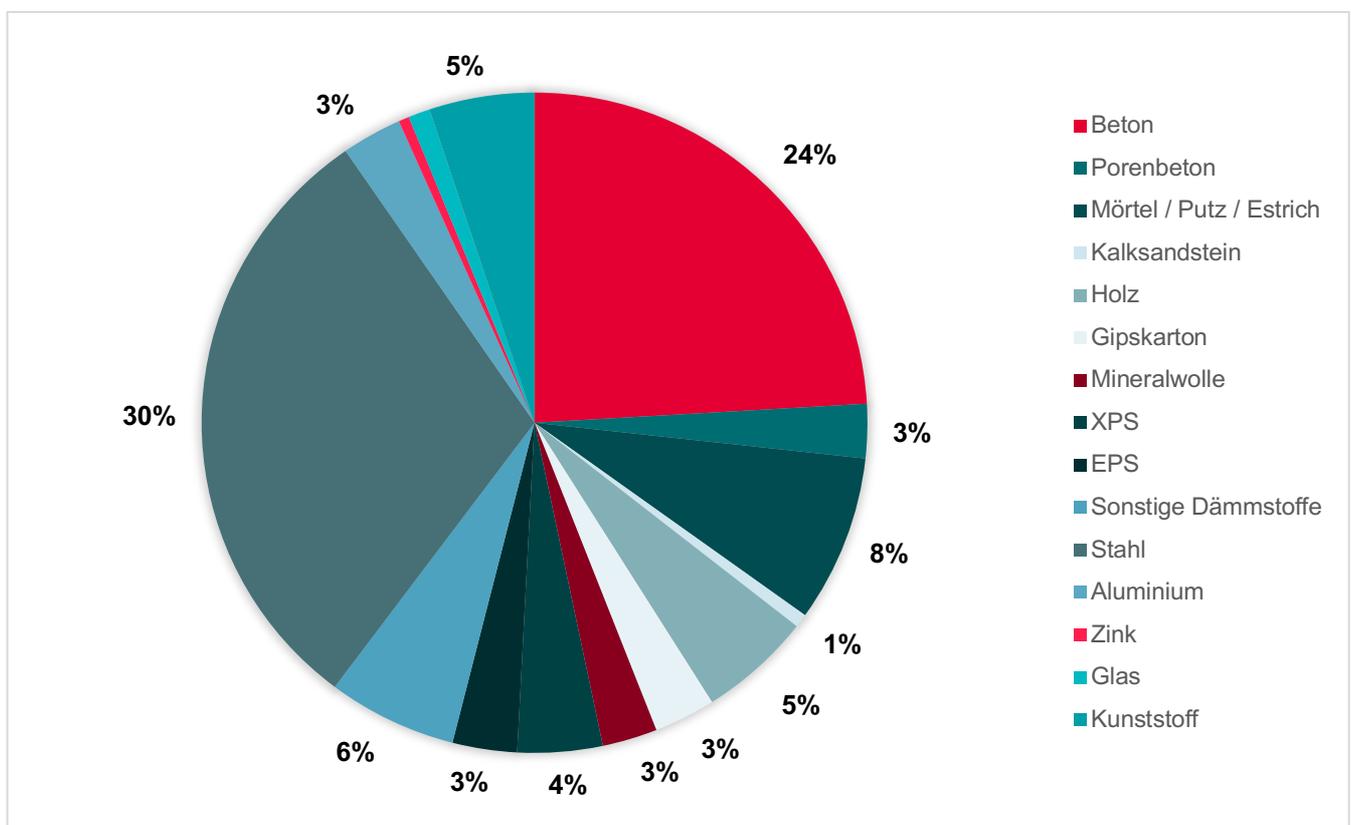


Abbildung 8 Beispielhafte Kontributionsanalyse des Carbon Footprint nach Materialien im Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus unter Berücksichtigung des Neubaus der Tiefgarage

Innerhalb des Neubauszenarios stellt sich außerdem die Frage, welcher Anteil der Umweltwirkungen dem Abriss des Bestandsgebäudes zugeschrieben werden kann und welcher der dem Neubau. Auch hierfür wurde exemplarisch am Indikator des Carbon Footprint im Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus unter Berücksichtigung des Neubaus der Tiefgarage eine Kontributionsanalyse in die verschiedenen Umbauphasen durchgeführt. Diese ist in Abbildung 9 dargestellt. Ersichtlich wird hier, dass die Neubauphase mit 0,76 CO₂-Äq./m² bereitgestellter Wohnfläche für 97% der Umweltwirkungen dieses Szenarios verantwortlich ist. Dies zeigt, dass die Aufwendungen, die mit dem Abriss des Bestandsgebäudes und der Handhabung der

entstehenden Abfälle einhergehen, die der Bereitstellung neuer Baumaterialien im Neubau um ein Vielfaches untertrifft.

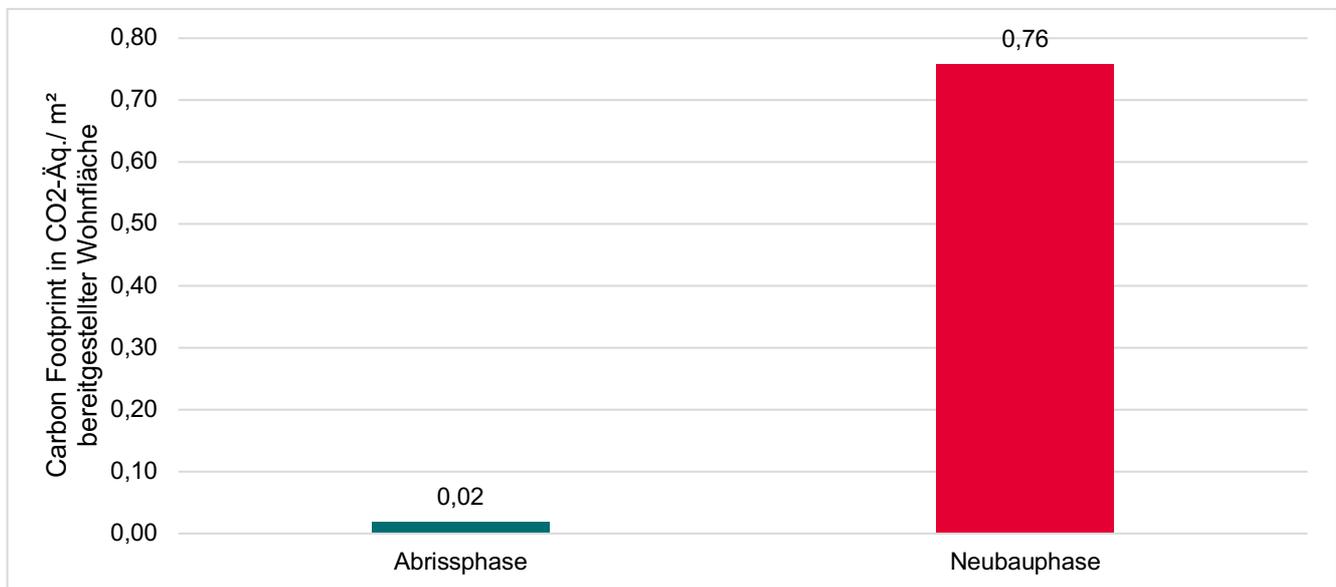


Abbildung 9 Beispielhafte Analyse des Carbon Footprint im Szenario des Abrisses und Ersatzneubaus unter Berücksichtigung des Neubaus der Tiefgarage nach den Umbauphasen des Abrisses und Neubaus

5 Diskussion

Die im vorigen Abschnitt dargestellten Ergebnisse werden im Folgenden zur besseren Einordnung diskutiert. Einzugehen ist dabei auf die Punkte der Datenunsicherheit, die Rolle der nicht modellierten Nutzungsphase in den Betrachtungen, sowie die Vernachlässigung weiterer Nachhaltigkeitsaspekte neben dem der ökologischen.

Zuerst soll auf die Datenunsicherheit des Gebäudemodells eingegangen werden. Die modellierten Massen sind lediglich als Abbildung eines typischen Gebäudekomplexes mit jeweiligem Baujahr zu verstehen, es handelt sich dabei nicht um eine realitätsgerechte Abbildung. Beispielsweise wurde im Modell davon ausgegangen, dass die Treppenhauswände sowie ein Teil der Innenwände aus Stahlbeton bestehen. Diese Annahme wurde hinsichtlich Brand- sowie Schallschutz aus bisherigen Projekten übernommen, es ist jedoch auch denkbar diese Bauteile als monolithische Bauweise zu realisieren, was den Beton- und Stahlanteil des Neubaus verringern würde, was sich wiederum positiv auf die Umweltwirkungen auswirken würde. Auch Bauschäden wie Schimmelbefall oder mögliche Altlasten konnten nicht in die Modellierung mit einbezogen werden.

Ein weiterer zentraler Aspekt, der in der Diskussion aufgegriffen werden muss, ist der gänzliche Verzicht auf die Modellierung der Nutzungsphase der Gebäudekomplexe. Hier ist zu beachten, dass das sanierte Bestandsgebäude lediglich einen Energieeffizienzstandard von KfW 85 erreichen wird, während der Neubau mit einem deutlich höheren Standard von KfW 40 einhergeht. Diese höhere Energieeffizienz wird sich in der Nutzungsphase dahingehend auswirken, als dass der Neubau einen deutlich geringeren Endenergiebedarf haben wird als das sanierte Gebäude. Dies wiederum würde grundsätzlich dazu führen, dass bei einer Mitbetrachtung der Nutzungsphase in der Modellierung die Gesamtsumme der Umweltwirkungen des Neubauszenarios weniger stark steigen als im Sanierungsszenario. Gleichzeitig ist jedoch, wie in den Ergebnissen gezeigt, die Differenz der Umweltwirkungen der Umbauphase zwischen den beiden Szenarien so groß, dass sich die Frage stellt, ob die höhere Energieeffizienz des Neubaus innerhalb der Nutzungszeit überhaupt dazu führen kann, dass dieser mit geringeren Umweltwirkungen einhergeht als die Sanierung. In bereits durchgeführten Berechnungen im Rahmen des Projekts SanRess und in Hochrechnungen für den Hintergrundbericht des Baukulturbericht 2022/2023 "Neue Umbaukultur" konnte gezeigt werden, dass dies in der Regel nicht der Fall ist. Dass also der Mehraufwand, der durch die verbauten Materialien innerhalb der Umbauphase im Neubau entsteht, nicht durch die höhere Energieeffizienz kompensiert werden kann. Grund dafür sind vor allem die sinkenden Emissionsfaktoren der Energieträger. So kann davon ausgegangen werden, dass die Bereitstellung von Wärme und Warmwasser auch in Bestandsgebäuden in wenigen Jahren mit einer Wärmepumpe⁴ erfolgen wird und die dafür benötigte Energie ab dem Jahr 2045 vollständig aus erneuerbaren Energien gewonnen wird und damit nicht mit nennenswerten Emissionen einhergehen, die sich in der Ökobilanz widerspiegeln würden. Da

⁴ Oder andere Technologien wie Fern- und Nahwärmeanschluss, Pelletheizungen oder BHKW für Quartiere. Die derzeit häufig eingesetzten Gasetagenheizungen werden jedoch in Zukunft auch in Bestandssystemen verstärkt ausgetauscht werden.

dies gleichsam für das Sanierungs- sowie das Neubauschenario gilt, müsste sich der Mehraufwand der Umbauphase somit bis 2045 kompensieren, was nicht realistisch ist.

Als letzten Punkt der Diskussion soll außerdem noch aufgegriffen werden, dass innerhalb der hier durchgeführten Betrachtung lediglich die ökologischen Faktoren der Entscheidungsfindung beleuchtet wurden. So präferieren die ökologischen Bewertungen eindeutig, dass eine Sanierung des Bestandes einem Abriss und Neubaues vorzuziehen ist, Aspekte wie fehlende Barrierefreiheit, mangelnde Wohnqualität durch nicht mehr zeitgemäße Grundrisse und fehlende Balkone sowie Schadstoffvorkommen wie Schimmelbefall müssen jedoch in eine nachhaltige Entscheidungsfindung genauso einfließen. Diese Aspekte wurden in der vorliegenden Studie nicht beachtet, weshalb die Ergebnisse nicht zur alleinigen Entschlussfassung über das durchzuführende Umbauszenario herangezogen werden sollten.

6 Fazit

Trotz der in der Diskussion angebrachten Aspekte der Datenunsicherheit ist davon auszugehen, dass das Neubauszenario das der energetischen Sanierung in seinen Umweltwirkungen bei Weitem übersteigt. Anlass zu dieser Annahme gibt die Kontributionsanalyse, die zeigt, dass Stahlbeton zwar einen großen Teil der Umweltwirkungen verursacht, jedoch auch bei einem gänzlichen Wegfall dieser Materialien der Neubau immer noch mit höheren Umweltwirkungen einhergeht als die Sanierung. Auch der Diskussionspunkt der vernachlässigten Nutzungsphase in der Modellierung wird die erzielten Ergebnisse nicht grundlegend verändern, wenn von stetig sinkenden Emissionsfaktoren bis 2045 ausgegangen wird.

Aus einem ökologischen Gesichtspunkt heraus kommt die vorliegende Studie demnach zu dem Ergebnis, dass anhand der modellierten, für die Zeit typischen Gebäude eine energetische Sanierung dem Abriss und Ersatzneubau vorzuziehen ist. Grund dafür ist der hohe Aufwand an Materialien, der bei der Realisierung eines Neubaus besteht, während im Sanierungsfall die bereits bestehende Bausubstanz zu großen Teilen weiter genutzt werden kann.

Diese Erkenntnisse können innerhalb eines Abwägungsprozesses dafür genutzt werden, die ökologischen Aspekte der Entscheidung zwischen den beiden Szenarien zu beleuchten, sollten jedoch ergänzt werden durch ökonomische und soziale Aspekte.

7 Literaturverzeichnis

- Bierwirth, A., Wilts, H. (in Veröffentlichung): DemRess II. Demografische Entwicklung in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten.
- Bundesstiftung Baukultur (Hg.) (2022): Baukulturbericht. Neue Umbaukultur 2022/23. Berlin.
- Loga, T., Stein, B., Diefenbach, N., Born, R. (2015): Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Zweite erweiterte Auflage. Institut Wohnen und Umwelt. Darmstadt.
- Steger, S., Wilts, H., Bergs, L., Bergmann, L. (2022). Energetische Sanierung von Bestandsgebäuden oder Neubau – Ökologische Bewertung hinsichtlich Materialbedarf, Primärenergieverbrauch und damit verbundenen Treibhausgas-Emissionen. Wuppertal Institut.