

TREIBHAUSGASBILANZ

INHALTSVERZEICHNIS

QUELLENVERZEICHNIS	2
1. Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz)	3
2. Betrachtungszeitraum	3
3. Umweltindikator: Globales Erwärmungspotential	4
4. Untersuchungsrahmen	4
5. Sachbilanz	6
6. Wirkungsabschätzung	8
7. Auswertung	9
Anhang: Berechnungstabellen für die Brückenentwässerung und den Retentionsbodenfilter Zusammenstellungen der Bilanzergebnisse	

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Untersuchungsrahmen der Studie	5
Tabelle 2: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse	10
Tabelle 3: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Materialien	10
Tabelle 4: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Maßnahmen	10

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Betrachtete Lebenszyklusphasen im Rahmen der Bilanz [3]	4
Abbildung 2: Zusammensetzung des Gesamttreibhauspotentials	4
Abbildung 3: Volumenaufteilung der Baumaßnahme	7
Abbildung 4: Massenaufteilung der Baumaßnahme	7
Abbildung 5: Gesamttreibhauspotential der Baumaßnahme in der Herstellung (A) und Entsorgung (C)	9
Abbildung 6: Recyclingpotential (D) der verbauten Materialien	9

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] DIN EN ISO 14040:2006 + A1:2020 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. Ausgabe Februar 2021.
- [2] DIN EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen. Ausgabe Februar 2021.
- [3] DIN EN 15643:2021-12 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken. Ausgabe Dezember 2021.
- [4] DIN EN 15804:2022-03 – Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Ausgabe März 2022
- [5] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen: ÖKOBAUDAT – Informationsportal Nachhaltiges Bauen. <https://www.oekobaudat.de/>.
- [6] Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). Basisversion GEMIS 5.1.
<https://www.umweltbundesamt.at/angebot/leistungen/angebot-cfp/gemis>.
- [7] Umwelt Bundesamt; Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (Pro-Bas). Umwelt Bundesamt; Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, <https://www.probas.umweltbundesamt.de>.
- [8] Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB), ecobau, Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren: Ökobilanzdaten im Baubereich.
<https://www.ecobau.ch/de/instrumente/oekobilanzen>.

1. Treibhausgasbilanz (THG-Bilanz)

Im Rahmen einer Treibhausgasbilanzbilanz werden Möglichkeiten gefunden, Umwelteigenschaften von Produkten über ihren gesamten Lebensweg zu bestimmen und zu verbessern. Eine solche Bilanzierung kann als Hilfestellung beispielsweise in der strategischen Planung, Prioritätensetzung, Produkt- oder Prozessentwicklung oder Neuentwicklung dienen. Außerdem können relevante Indikatoren der Umwelteigenschaften, sowie deren Messverfahren bestimmt werden. Unter anderem sind somit neben Umweltaussagen auch Implementierungen von Umweltkennzeichnungen und Umweltdeklarationen von Produkten erstellbar.

Im Rahmen einer Bilanzierung werden die wichtigsten Umweltaspekte und möglichen Umweltauswirkungen eines Produktes über den gesamten Lebenszyklus von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Beseitigung betrachtet. In dieser Berechnung wird ein Produkt über seinen gesamten Lebensweg betrachtet. Das beinhaltet die Rohstoffgewinnung und -erzeugung über die Energieerzeugung und Materialherstellung bis zur Anwendung, Abfallbehandlung und endgültigen Beseitigung. Dadurch können die größten Umweltbelastungen in bestimmten Abschnitten im Lebenszyklus eines Produktes identifiziert und eventuell vermindert werden.

2. Betrachtungszeitraum

Abbildung 1 zeigt sämtliche Lebenszyklusphasen eines Bauwerks, die in rot markierten Phasen wurden in der erstellten Bilanzierung berücksichtigt. Betrachtet wurden somit die Herstellungsphase (Modul A1-3), die Errichtungsphase (Modul A4-5), die Entsorgungsphase (Modul C1-4) sowie das Recyclingpotential (Modul D). Die Wahl der bilanzierten Module hängt zum einen mit der vorhandenen Datengrundlage in den Datenbanken zusammen und zum anderen mit dem gewählten Betrachtungszeitraum von rund 50 Jahren, in dem voraussichtlich nahezu keine Austausch- oder Modernisierungsmaßnahmen zu erwarten sind. Schließlich kann mit den markierten Lebenszyklusphasen der Großteil der anfallenden Emissionen an Spurengasen abgebildet werden.

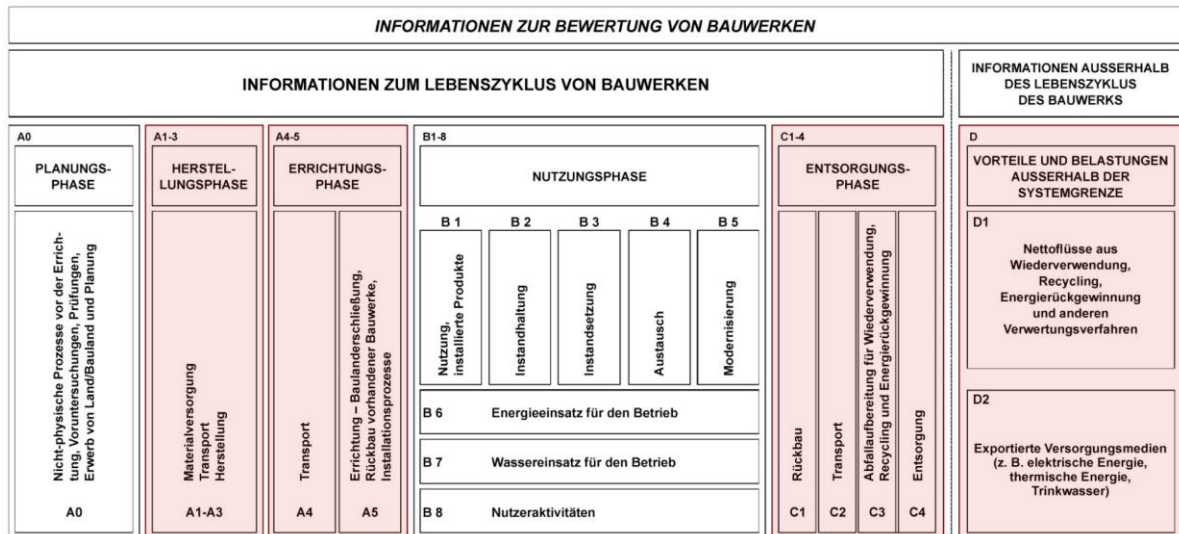


Abbildung 1: Betrachtete Lebenszyklusphasen im Rahmen der Bilanz [3]

3. Umweltindikator: Globales Erwärmungspotential

Das Globale Erwärmungspotential (GWP, eng.: Global Warming Potential) ist ein Faktor, der die Wirkung der verstärkten Strahlung einer massebezogenen Einheit eines bestimmten Treibhausgases in Bezug auf eine äquivalente Einheit von Kohlenstoffdioxid über einen bestimmten Zeitraum beschreibt. Es werden also sämtliche freigesetzte Treibhausgase zusammengefasst abgebildet. Das GWP lässt sich in das fossile und das biogene Treibhauspotential sowie das Treibhauspotential aus Landnutzung und deren Veränderung aufteilen. (Abbildung 2)

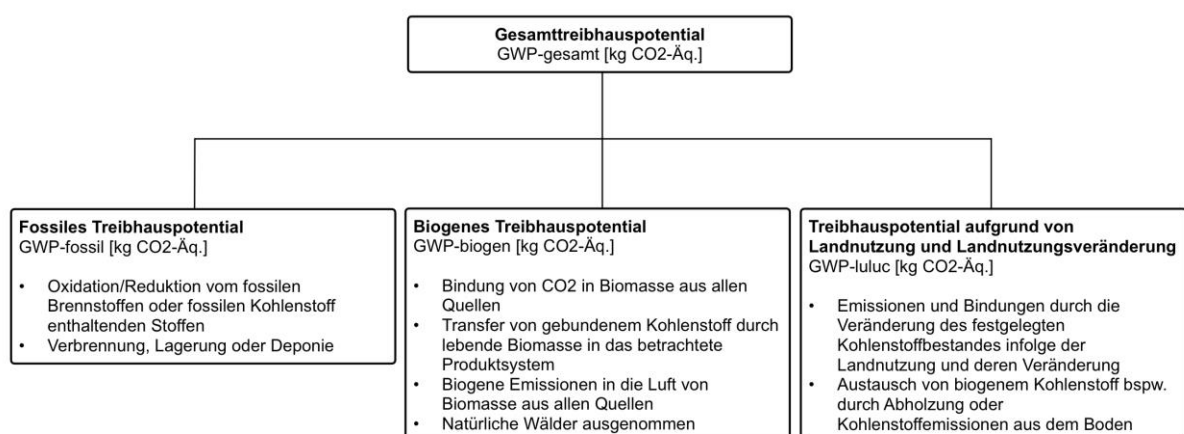


Abbildung 2: Zusammensetzung des Gesamt-treibhauspotentials

4. Untersuchungsrahmen

Tabelle 1 listet sämtliche relevante Informationen zum Untersuchungsrahmen der Bilanzierung auf.

Tabelle 1: Untersuchungsrahmen der Studie

Systemgrenzen	<p>Geographischer Bezug (Datenbanken)</p> <p>Deutschsprachiger Raum, vor allem Deutschland</p> <p>Zeitlicher Bezug</p> <p>cradle to grave mit Optionen (Module A, C & D)</p> <p>Betrachtungszeitraum: 50 Jahre</p> <p>Die Ökobilanzierung umfasst sämtliche Lebenszyklen von der Herstellung inklusive Vorketten (Gewinnung, Aufbereitung, Transport) über den Transport zur Baustelle, Einbau bis hin zum Rückbau beziehungsweise Abbruch der Infrastruktur.</p>
Gewählte Wirkungskategorie	<p>Umweltauswirkung</p> <p>Globales Erwärmungspotential - GWP, kg CO₂-Äq.</p>
Datengrundlage zum Bauvorhaben	<p>Planunterlagen aus der Bauentwurfsphase</p> <p>Massenermittlungen als Grundlage für die Kostenberechnung</p> <p>Informationen der zuständigen Planer</p>
Funktionale Einheit	<p>Eine Funktionale Einheit bietet eine eindeutige Zuordenbarkeit der Bilanzergebnisse und sorgt für Vergleichbarkeit zwischen Baumaßnahmen.</p> <p>Die Funktion des Produktsystems ist die Entwässerung der Verkehrsfläche. Somit ergibt sich die funktionale Einheit zu m² Verkehrsfläche (kg CO₂-Äq. / m² Verkehrsfläche).</p>
Datengrundlage zur Bilanzierung	<p>Datenbanken aus dem deutschsprachigen Raum:</p> <p>ÖKOBAUDAT, GEMIS und KBOB-Liste</p>
Auswertung	<p>Betrachtung der einzelnen Maßnahmen</p> <p>Getrennte Betrachtung der Lebenszyklusphasen (A1-A3, A4-A5, C, D)</p> <p>Vergleich der Baumaterialien</p>
Annahmen	<p>Einige Transportwege von Baustoffen können nicht exakt angegeben werden. Hier wurden sinnvolle Annahmen getroffen, sofern keine Informationen vorhanden waren, oder nicht schon Annah-</p>

	<p>men in den Datensätzen vorhanden waren.</p> <p>Für die Transportwege von Aushubmaterial wurden 25 km angenommen. Für diesen Wert wurden die drei nächstgelegenen Kieslieferanten ermittelt.</p> <p>Verfüllungen und sonstige ungebundene Baustoffgemische bleiben nach dem Betrachtungszeitraum zum Großteil im Boden und werden nicht vollständig entsorgt. Die Umweltwirkungen in den Modulen C und D wurden deshalb mit 5 % angenommen.</p> <p>Für den verwendeten Naturstein wurde der entsprechende Datensatz aus dem GEMIS entnommen. Hier wird nur die Herstellung (Phasen A1 bis A3) angegeben. Die restlichen Lebenszyklusphasen werden mit dem Datensatz für Granitsteinplatten aus der ÖKOBAUDAT ergänzt.</p> <p>Die verbauten Rohrleitungen wurden mit einem Formstückzuschlag versehen. Die Werte kommen durch eine überschlägige Berechnung von Rohrlängen und Anzahl an Formteilen zustande.</p> <p>Für den verwendeten Stahlbeton wird ein Bewehrungsanteil von 170 kg / m³ angenommen. Beim Geschiebeschacht wurde aufgrund des verbauten Profilbetons ein Bewehrungsanteil für das gesamte Bauwerk von 160 kg / m³ angesetzt.</p>
--	--

5. Sachbilanz

In der THG-Bilanz wird die erneuerte Verkehrsfläche mit dem Asphaltaufbau und den darunter liegenden Schichten betrachtet. Außerdem werden sämtliche Produkte für die Entwässerungseinrichtungen, wie Schachtbauwerke, Rohrleitungen und den zugehörigen Materialien im Rohrgraben, Natursteinen, Filterschichten und Dichtungsbahnen berücksichtigt. Ebenfalls einberechnet wird der Abbruch bestehender Infrastruktur. Schließlich wird der sonstige Erdbau gesondert betrachtet.

Insgesamt werden beim Bau der Entwässerungsanlagen über 5.820 m³ (Abbildung 3) oder 10.190 t (Abbildung 4) an Material bewegt beziehungsweise verbaut. Mit jeweils rund 65 %

nimmt der Erdbau dabei den Großteil des Volumens und der Masse ein. Die ungebundenen Baustoffgemische nehmen volumen- und massentechnisch etwa 26 % ein. Dazu gehören die Filter-, Frostschutz oder Ausgleichsschichten. Der Asphaltaufbau nimmt etwa 3 % des Volumens und der Masse ein.

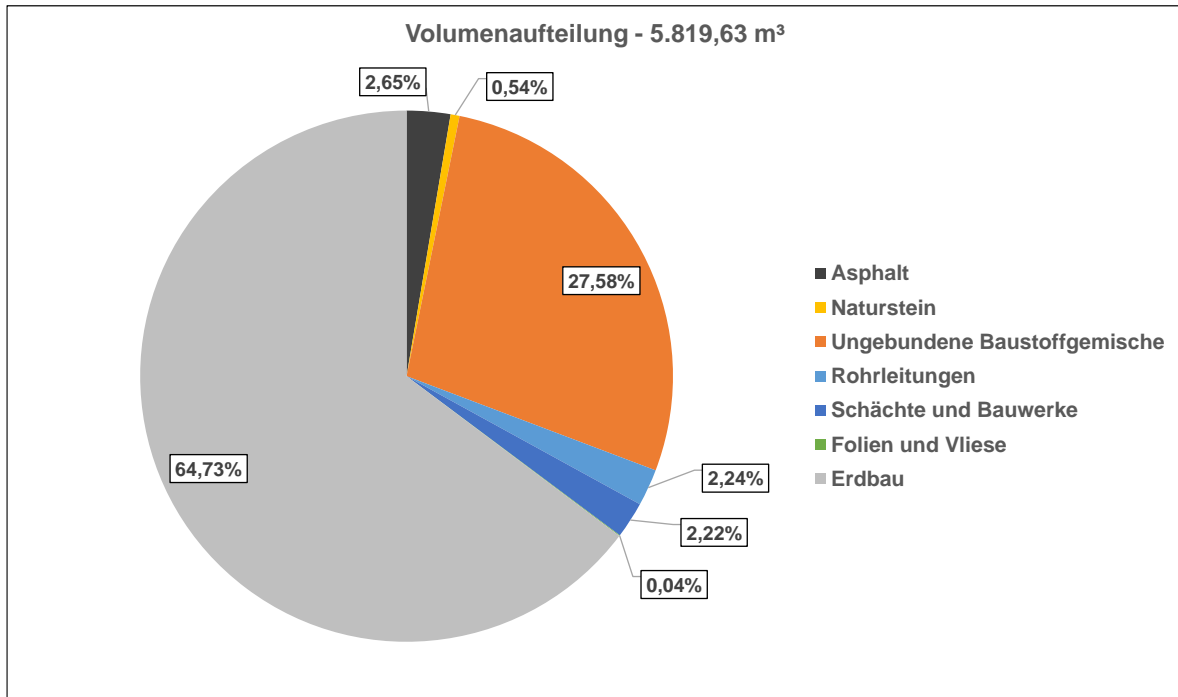


Abbildung 3: Volumenaufteilung der Baumaßnahme

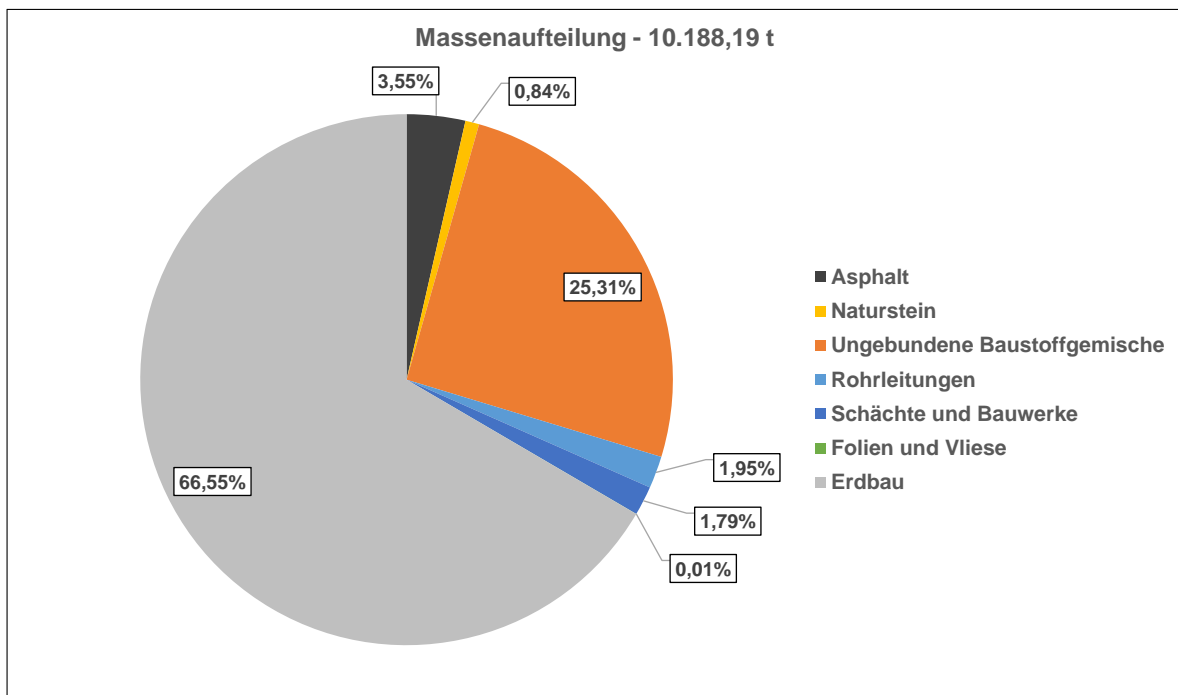


Abbildung 4: Massenaufteilung der Baumaßnahme

6. Wirkungsabschätzung

Das in Abbildung 5 dargestellte Diagramm zeigt die zu erwartenden Treibhausgasemissionen der Entwässerungsmaßnahmen an der Kindinger Hangbrücke in der Herstellung (Phase A) und Entsorgung (Phase C) der verwendeten Materialien. Insgesamt fallen im Verlauf des Betrachtungszeitraums über 203 t CO₂-Äquivalente an. Fast 77 % dieser Emissionen hängen mit der Herstellung der Materialien und der Errichtung der Maßnahmen zusammen. Nahezu 40 % der zu erwartenden THG-Emissionen entstehen bei der Produktion und Entsorgung der Rohrleitungen (81 t CO₂-Äq.). Darauf folgen der Erdbau mit einem Anteil von fast 20 % sowie die Schächte und Bauwerke mit 16,6 % der Emissionen. Ein Großteil der THG-Belastung im Erdbau entsteht durch die Entsorgung beziehungsweise Verwertung des Aushubes. Die Entsorgung bestehender Infrastruktur wird grundsätzlich den Phasen A4 und A5 zugeordnet.

Von den 47,5 t CO₂-Äq., welche in der Entsorgung (Modul C) anfallen, sind über 69 % der Emissionen auf die Entsorgung der Rohrleitungen zurückzuführen. Nur die Beseitigung der geplanten Polypropylen-Rohren (320 m) ist verbunden mit dem Ausstoß von etwa 30,6 t CO₂-Äq.

Das Recyclingpotential (Modul D) der Baustoffe ist in einem gesondertem Kreisdiagramm dargestellt (Abbildung 6**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das größte Einsparpotential ist bei den Rohrleitungen zu erkennen. Zum einen kann der Beton aus den geplanten Betonrohren der Substitution von natürlichem Kies als Verfüllmaterial im Straßen- oder Deponiebau dienen. Zum anderen kann jedoch durch das Recycling der Kunststoffrohre ein Einsparpotential von 15,7 t CO₂-Äq. erzielt werden. Beim Asphalt sowie den Schächten und Bauwerken besteht jeweils ein Recyclingpotential von rund 6,2 t CO₂-Äq.

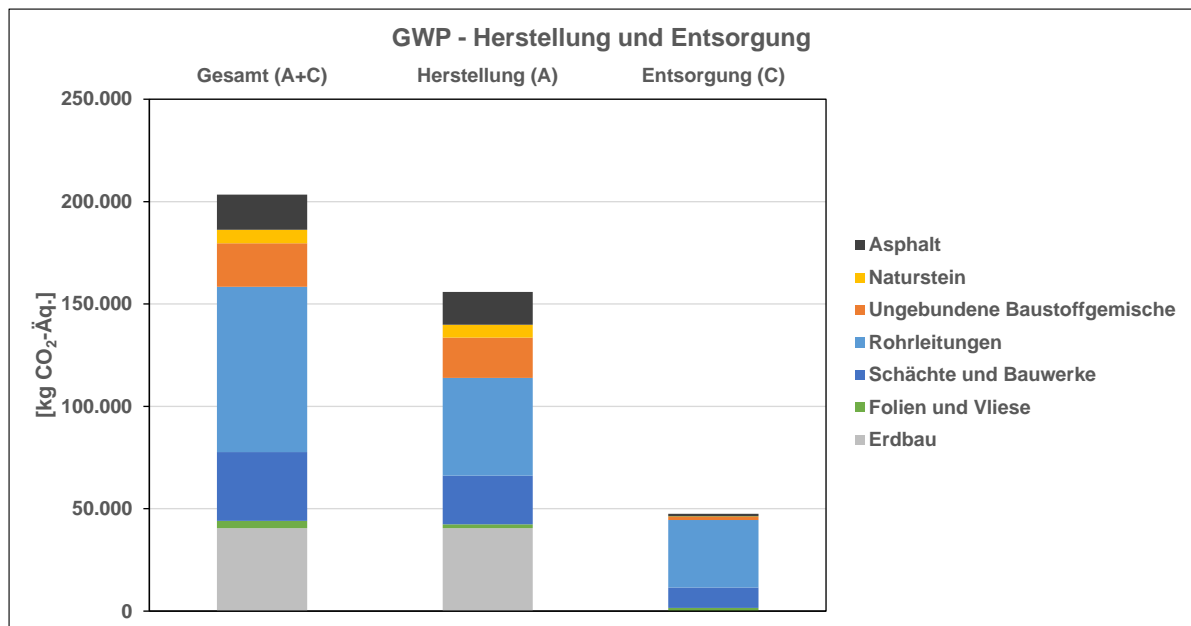


Abbildung 5: Gesamttreibhauspotential der Baumaßnahme in der Herstellung (A) und Entsorgung (C)

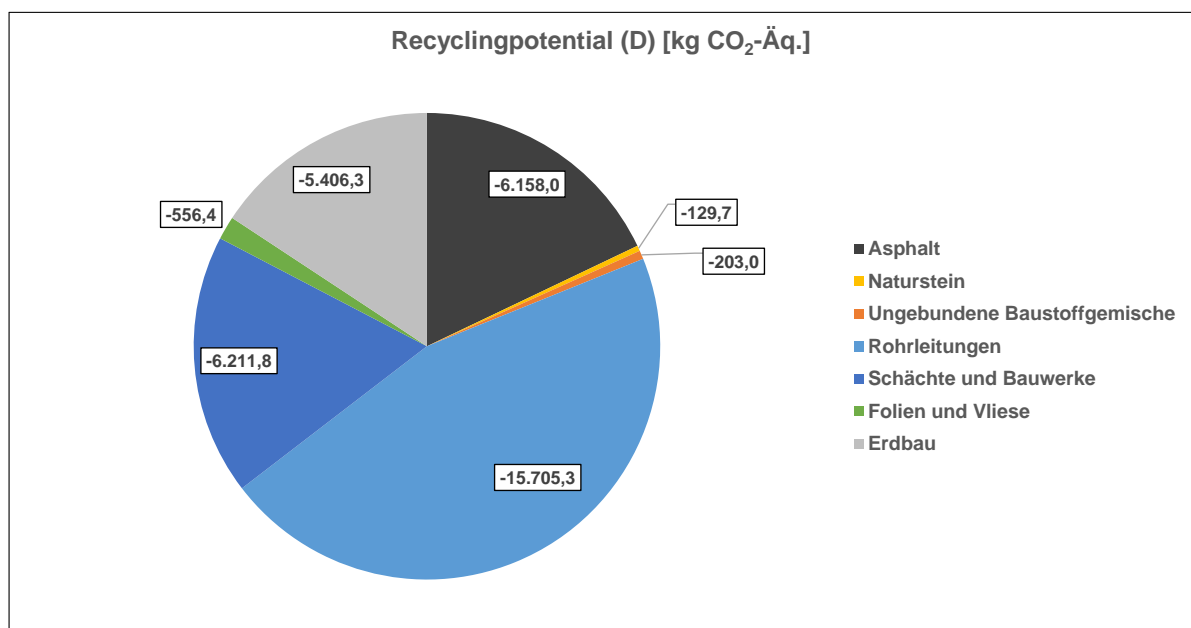


Abbildung 6: Recyclingpotential (D) der verbauten Materialien

7. Auswertung

Die nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 stellen die Ergebnisse der Berechnungen aus der Sachbilanz zusammen. Sämtliche Eingaben und Zwischenergebnisse sind den Berechnungstabellen zu den jeweiligen Maßnahmen im Anhang zu entnehmen. Der Gesamtausstoß von 203,4 t CO₂-Äq. entspricht den Emissionen eines durchschnittlichen deutschen PKWs mit etwa 1.031.000 km Laufleistung.

Ein Großteil der Gesamtemissionen ist auf die Produktionsphase (Phasen A1-A3) der Baumaßnahme zurückzuführen (102,6 t CO₂-Äq.). Vor allem die Herstellung der Kunststoffrohre trägt zum hohen Treibhauspotential der Rohrleitungen bei, hier fallen fast 47 t CO₂-Äq. an.

Über 53 t CO₂-Äq. entstehen bei der Errichtungsphase (Module A4-A5). 72 % dieser Emissionen hängen mit dem Erdbau zusammen, vor allem mit der Entsorgung des anfallenden Materials.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse

Volumen [m³]	Masse [t]	Lebenszyklusphase [kg CO ₂ -Äq.]				GWP (A1-C4) [kg CO ₂ -Äq.]	GWP [kg CO ₂ -Äq.] pro m² Verkehrsfläche
		A1-A3	A4-A5	C	D		
5.819,63	10.188,19	102.640,10	53.278,02	47.531,54	-34.370,55	203.449,66	15,41

Tabelle 3: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Materialien

Material	Volumen [m³]	Masse [t]	Lebenszyklusphase [kg CO ₂ -Äq.]				GWP (A1-C4) [kg CO ₂ -Äq.]	GWP-Anteil gesamt	GWP [kg CO ₂ -Äq.] pro m² Verkehrsfläche (gesamt)
			A1-A3	A4-A5	C	D			
Asphalt	154,11	362,08	13.820,38	2.195,58	1.213,30	-6.158,05	17.229,26	8,47%	1,31
Naturstein	31,67	85,52	5.358,13	929,86	313,02	-129,67	6.601,01	3,24%	0,50
Ungebundene Baustoffgemische	1.604,98	2.578,19	9.593,33	10.153,83	1.489,74	-203,03	21.236,91	10,44%	1,61
Rohrleitungen	130,24	199,05	46.960,03	718,25	33.008,24	-15.705,28	80.686,51	39,66%	6,11
Schächte und Bauwerke	129,08	181,92	22.858,96	899,16	9.905,11	-6.211,81	33.663,23	16,55%	2,55
Folien und Vliese	2,55	0,83	1.970,93	0,99	1.602,13	-556,36	3.574,06	1,76%	0,27
Erdbau	3.767,00	6.780,60	2.078,34	38.380,34	0,00	-5.406,35	40.458,68	19,89%	3,07

Tabelle 4: Zusammenstellung der Bilanzergebnisse nach Maßnahmen

Maßnahme	Volumen [m³]	Masse [t]	Lebenszyklusphase [kg CO ₂ -Äq.]				GWP (A1-C4) [kg CO ₂ -Äq.]	GWP-Anteil gesamt	GWP [kg CO ₂ -Äq.] pro m² Verkehrsfläche (Maßnahme)
			A1-A3	A4-A5	C	D			
Entwässerung Brücke	3.350,00	5.917,43	72.871,92	42.519,43	43.554,48	-33.658,42	158.945,83	78,13%	12,04
Retentionsbodenfilter	2.469,63	4.270,76	29.768,18	10.758,59	3.977,06	-712,12	44.503,83	21,87%	3,37

Der Bilanzersteller.
Planegg, den 13.12.2023

WipflerPLAN•Köpf Planungsgesellschaft mbH
M.Sc. Regina Hausner
M.Sc. Josef Goldbrunner