

CO₂-Fußabdruck als Indikator für wirtschaftliches und nachhaltiges Bauen mit Beton

Autor: Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schemionek

Bundesfachverband Betonkanalsysteme e.V. - FBS

Das Pariser Klimaabkommen 2015 und die daraus abgeleitete Europäische und Deutsche Gesetzgebung legen den Pfad zur CO₂-Neutralität im Jahre 2050 (2045) fest. Der öffentlichen Hand kommt mit einem Auftragsvolumen von jährlich 123 Mrd. € (2023) eine Schlüsselrolle bei der Transformation zu einer klimaverträglichen Auftragsvergabe zu. Wie diese Transformation gelingen kann und welche Schritte bereits heute möglich sind, wird an dem Beispiel von Betonkanalsystemen gezeigt.

Vom „Pariser Klimaabkommen“ zum „Klimaschutzplan 2050“

Das Pariser Klimaabkommen von 2015 legt eine Obergrenze der globalen Erwärmung von maximal 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau fest. Aus den entsprechenden CO₂- Zielen entstand für den europäischen Bereich der sogenannte „European Green Deal“, der konkrete Vorgaben zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes für die Jahre 2030 bzw. 2050 macht. Die Erreichung dieser Vorgaben soll durch ein breit gefächertes Spektrum an Maßnahmen sichergestellt werden. Zu nennen sind hier beispielsweise die Bepreisung fossiler Energieträger, ein Aktionsplan für Kreislaufwirtschaft oder die EU-Taxonomie im Bereich von CO₂. Die Vorgaben und Maßnahmen wurden durch die Bundesregierung für Deutschland übernommen und auf die nationalen Gegebenheiten angepasst. Der sogenannte „Klimaschutzplan 2050“ überträgt die europäischen Ziele, Vorgaben und Maßnahmen in nationale Programme, mit dem Ziel Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 bzw. 2045 zu erreichen.

CO₂ als Grundlage

Den Vorgaben liegt zu Grunde, dass die Nutzung fossiler Ausgangsstoffe und Energieträger drastisch reduziert und der Ausstoß klimarelevanter Treibhausgase auf „Null“ zurückgefahren wird. Als klimarelevante Treibhausgase werden Spurengase bezeichnet, die zum Treibhaus- effekt der Erde beitragen. Dazu gehören beispielsweise Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), fluorierte Treibhausgase (F-Gase) oder Distickstoffoxid (N₂O). In der allgemeinen Kommunikation werden diese Gase unter dem Begriff „CO₂“ oder genauer „CO₂-eq“ für „CO₂- Äquivalent“ zusammengefasst, da CO₂ unter den genannten Spurengasen den mit Abstand mengenmäßig größten Einfluss auf den Klimawandel hat. Die klimaschädliche Wirkung der anderen Spurengase wird mit Hilfe eines Faktors auf die Wirkung des Referenzgases CO₂ umgerechnet, so dass der sogenannte CO₂-Fußabdruck eines Produkts oder eines Prozesses angegeben werden kann. Hat beispielsweise ein Gas das Treibhauspotential 10 (CO₂ hat das Treibhauspotential 1) so hat 1 g dieses Gases den CO₂-Fußabdruck von 10 g – es ist also 10- mal so klimaschädlich wie CO₂.

Umwelt-Produktdeklaration (EPD / Environmental Product Declaration)

Mit Kenntnis der Klimaschädlichkeit der einzelnen Spurengase können die Umweltauswirkungen von Produkten bzw. Prozessen bestimmt werden, indem ermittelt wird, welche Menge des jeweiligen Spurengases ausgestoßen wird. Dazu wird eine sogenannte Lebenszyklusanalyse erstellt, die die Klimaauswirkungen der einzelnen Produktions-/Prozessphasen bestimmt. Betrachtet wird dabei der gesamte Lebenszyklus von der Herstellung bis zum Rückbau/Recycling („Cradle to Grave“). Es werden 5 Hauptphasen unterschieden, die jeweils in Einzelphasen unterteilt werden. Eine Übersicht liefert Tabelle 1.

Herstellungsphase			Bau-phase		Nutzungsphase							Entsorgungsphase				Systemgrenzen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X

Tabelle 1: Lebenszyklusphasen und notwendige Angaben laut DIN EN 15804+2

Sind die Umweltauswirkungen für die Einzelphasen der Lebenszyklusanalyse bekannt, kann ein Dokument erstellt werden, in dem die umweltrelevanten Eigenschaften eines bestimmten Produkts in Form von neutralen und objektiven Daten angegeben werden. Dieses Dokument wird „Umweltproduktdeklaration“ oder „EPD“ (engl. Environmental Product Declaration) genannt. Die EPD gibt für ein spezifisches Produkt an, wie dessen Umweltwirkungen konkret sind. Dabei ist allerdings zu beachten, dass laut DIN EN 15804+2 („Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklärationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“) nur die Phasen A1 bis A3, C1 bis C4 und D angegeben werden müssen (siehe Tabelle 1). Die Phasen A4, A5 sowie B1 bis B7 sind nicht nur produkt- sondern auch projektspezifisch und können daher nur nach Kenntnis der projektspezifischen Parameter wie Einbauverfahren, Transportentfernung, Einsatzbereich, ... zuverlässig und belastbar ermittelt werden. Der „CO₂-Fußabdruck“ der Produkte oder Prozesse wird innerhalb der EPD als „Global Warming Potential (GWP)“ angegeben.

Nachhaltigkeit in der öffentlichen Ausschreibung

Bisher werden bei öffentlichen Ausschreibungen nahezu ausschließlich wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt. Soll die Transformation hin zur Klimaneutralität gelingen, hat die öffentliche Hand als größter Auftraggeber Deutschlands die Aufgabe, Nachhaltigkeitsaspekte als weiteres Zuschlagskriterium zu etablieren. Die Bundesregierung hat in diesem Sinne einen Entwurf zur Beschleunigung der öffentlichen Vergabe vorgestellt, der in den kommenden Wochen

als Gesetz verabschiedet werden soll. In diesem Entwurf wird neben einer Vereinfachung der Vergabe auch die Möglichkeit geschaffen, klimarelevante Vorgaben zu etablieren. Darüber hinaus sehen einige Landesklimagesetze (z.B. aus dem Saarland und Mecklenburg-Vorpommern) die Einführung von Klimakriterien in Ausschreibungen vor. Die Gesetzgebung wird also in diesem Punkt in naher Zukunft immer mehr Vorgaben machen.

Erste Ansätze zur Verwendung von Nachhaltigkeitskriterien in Ausschreibungen werden im Folgenden vorgestellt.

„Grüne Leitmärkte“

Das Umweltbundesamt hat gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz das Konzept der „Grünen Leitmärkte für klimafreundliche Grundstoffe“ entwickelt. Dieses Konzept soll die Nachfrage nach umweltfreundlichen Rohstoffen ankurbeln, indem diese bevorzugt ausgeschrieben werden. Für die Ausgangsstoffe „Stahl“, „Zement“, „Ethylen“ und „Ammoniak“ werden Schwellenwerte oder „Klimaklassen“ definiert („Net Zero“, „A“ bis „D“/„E“; ähnlich dem Energielabel für Elektroprodukte), die in Ausschreibungen gefordert werden können. Durch Vorgabe einer „Mindestklasse“ haben die ausschreibenden Stellen die Möglichkeit, klimaschädlichere Ausgangsstoffe auszuschließen. Auf diese Weise soll der Wettbewerb innerhalb der jeweiligen Branche in Bezug auf die Erreichung von Klimazielen gefördert werden. Das Konzept der „Grünen Leitmärkte“ lässt aber außer Acht, dass fertige Produkte aus mehreren Grundstoffen bestehen (Betonrohre z.B. bestehen nur zu 12-13 % aus Zement) und eine Aussage zu einem Ausgangsstoff keine Schlussfolgerung in Bezug auf das Endprodukt zulässt. Die Verwendung der „Klimaklassen“ in Ausschreibungen von fertigen Produkten kann demnach zu einer „fehlerhaften“ Bewertung führen, insbesondere wenn Produkte mit unterschiedlichen Ausgangsstoffen ausgeschrieben werden.

„Klima-Rechner“ der RPTU Kaiserslautern-Landau

Die RPTU Kaiserslautern-Landau hat einen „Klima-Rechner“ entwickelt (www.klimarechner.de), mit dessen Hilfe der CO₂-Fußabdruck verschiedener Rohrwerkstoffe schnell und übersichtlich verglichen werden kann.

Auf Basis von zertifizierten EPD-Daten aus der Datenbank ÖKOBAUDAT des Bundesministerrums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (www.oekobaudat.de) wird der CO₂-Fußabdruck der Rohrwerkstoffe für unterschiedliche Rohrdurchmesser dargestellt und miteinander verglichen. Die Werte sind dabei auf eine einheitliche Basis von 1 m Rohr umgerechnet worden.

Dabei ist festzustellen, dass Rohre aus Beton und Stahlbeton über alle Nennweiten hinweg mit den günstigsten CO₂-Fußabdruck besitzen (siehe Beispielrechnung unten).

Der „Klima-Rechner“ bietet die Möglichkeit, die Umweltauswirkungen unterschiedlicher Werkstoffe im Bereich der Kanalisation zu vergleichen und eine Aussage über den CO₂-Ausstoss einer Baumaßnahme zu treffen. Verschiedene Kommunen setzen den „Klima-Rechner“ daher heute schon für ihre Zwecke ein.

CO₂-Schattenpreis von HDB/KPMG Law

Verschiedene (europäische) Länder verwenden in ihren Ausschreibungen CO₂-Kennwerte. Für Deutschland haben der Hauptverband der Deutschen Bauindustrie (HDB) und KPMG Law dazu im Jahr 2023 ein Impulspapier veröffentlicht. Vorgeschlagen wird in diesem Impulspapier ein sogenannter „CO₂-Schattenpreis“, der die (fiktiven) Kosten zur Vermeidung/Beseitigung

von Umweltfolgen innerhalb der Ausschreibung auf Basis vorliegender Produkt-EPDs mitberücksichtigt. Wie dies funktioniert, zeigt folgendes Beispiel.

Beispielrechnung CO₂-Schattenpreis

Ausgangssituation

Für die Durchführung einer Baumaßnahme liegen die Angebote von 2 Bietern vor. Bieter A bietet die Durchführung zu einem Preis von 1,45 Mio. € an, der CO₂-Fußabdruck der Maßnahme liegt bei 363 t CO₂-eq. Bei Bieter B beläuft sich die Angebotssumme auf 1,375 Mio. €, der CO₂-Fußabdruck der zugehörigen Umsetzung beträgt 813 t CO₂-eq.

Das Umweltbundesamt (UBA) empfiehlt für 2026 einen Ansatz der Umweltfolgekosten pro Tonne CO₂-eq in Höhe von 300 €/t anzusetzen, um hiermit die CO₂-Emissionen zu monetarisieren.

Bisheriger Ansatz

Entsprechend des bisherigen Ansatzes (ausschließlich Berücksichtigung des Preises) erhält Bieter B den Zuschlag, da sein Angebot von 1,375 Mio. € unterhalb des Angebots von Bieter A liegt (1,45 Mio. €).

Neuer nachhaltiger Ansatz

Entsprechend des CO₂-Schattenpreis-Modells werden die Wertungspreis aus der Summe von (tatsächlichen) Baukosten und (fiktiven) Umweltfolgekosten gebildet. Zur Berechnung der Umweltfolgekosten wird der jeweilige CO₂-Fußabdruck in Tonnen CO₂-eq mit dem Preis für Umweltfolgekosten des UBA multipliziert. Das Vorgehen ist im folgenden Schema dargestellt.

$$\text{Wertungspreis} = \text{Angebotspreis} + (\text{CO}_2\text{-Fußabdruck} \times \text{Umweltfolgekosten})$$

Entsprechend der oben genannten Ausgangssituation ergeben sich damit folgende Werte.

Bieter A

Tatsächliche Baukosten:	1.450.000 €
Fiktive Umweltfolgekosten: 313 t CO ₂ x 300 €/t =	108.900 €
Wertungspreis:	1.558.900 €

Bieter B

Tatsächliche Baukosten:	1.375.000 €
Fiktive Umweltfolgekosten: 813 t CO ₂ x 300 €/t =	243.900 €
Wertungspreis:	1.618.900 €

In diesem Fall erhält Bieter A den Zuschlag, da der Wertungspreis seines Angebots mit ca. 1,56 Mio. € deutlich unterhalb des Wertungspreises des Angebots von Bieter B liegen (1,62 Mio. €).

Mit Hilfe des CO₂-Schattenpreis-Modells sollen zukünftigen die Umweltkosten bereits innerhalb des Ausschreibungsverfahrens berücksichtigt werden. Zusätzlich wird ein Anreiz für die

Bieter geschaffen, in umweltfreundliche Technologien zu investieren, die in der Regel zu einem höheren Angebotspreis führen. Durch den CO₂-Schattenpreis wird dieser Nachteil kompensiert.

Als erstes Bundesland hat das Land Baden-Württemberg im Jahr 2024 den CO₂-Schattenpreis für Ausschreibungen des Landes eingeführt.

Grundlagen des CO₂-Schattenpreises im Kanalbau

Bereits heute liegen für zahlreiche Produkte des Kanalbaus zertifizierte EPDs vor. So liefert die Datenbank ÖKOBAUDAT die EPD-Daten für Abwasserrohre aus den folgenden Werkstoffen: PP, PE-HD, PVC, GFK und Beton/Stahlbeton.

Da der Einsatzzweck und die Verwendung der Abwasserrohre aus den genannten Werkstoffen identisch sind, besteht die Möglichkeit, diese Abwasserrohre hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen auf Basis der DIN EN 15804+2 zu vergleichen.

Um den Vergleich auf Basis der EPD-Daten aus der Datenbank ÖKOBAUDAT durchführen zu können, werden diese jeweils auf Rohre mit einer Länge von 1 m in den entsprechenden Nennweiten umgerechnet. Die Tabellen 2 bis 4 zeigen exemplarisch die Ergebnisse des GWP für verschiedene Nennweiten. Die Daten stammen aus dem Klima-Rechner der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau (www.klima-rechner.de) (Abruf der Daten: Januar 2026).

Werkstoff	Gewicht [kg]	GWP [kg CO ₂ -eq/m]
Beton	226	21,59
Stahlbeton	216	30,14
PE-HD (Vollwand)	18	75,12
PP (SN 8, profiliert)	5	20,37
PVC (SN 8)	12	51,87
GFK (SN 10000, PN1)	15	30,59

Tabelle 2: GWP für Nenndurchmesser DN 300, Rohrlänge: 1 m

Werkstoff	Gewicht [kg]	GWP [kg CO ₂ -eq/m]
Beton	544	51,96
Stahlbeton	511	71,29
PE-HD (Vollwand)	79	320,59
PP (SN 8, profiliert)	17	76,94
PVC (SN 8)	45	194,52
GFK (SN 10000, PN1)	53	108,07

Tabelle 3: GWP für Nenndurchmesser DN 600, Rohrlänge: 1 m

Werkstoff	Gewicht [kg]	GWP [kg CO ₂ -eq/m]
Beton	3450	329,54

Stahlbeton	2176	303,53
GFK (SN 10000, PN1)	318	648,42

Tabelle 4: GWP für Nenndurchmesser DN 1500, Rohrlänge: 1 m

Die Angaben für das Global Warming Potential in den Tabellen 2 bis 4 zeigen, dass Rohre aus Beton/Stahlbeton trotz ihres deutlich höheren Gewichts mit den niedrigsten CO₂-Fußabdruck besitzen.

Geringe Umweltfolgekosten bei Kanalsystemen aus Beton/Stahlbeton

Im Vergleich liegt das GWP der Vergleichswerkstoffe in Abhängigkeit der Nennweite teilweise um das 4- bis 5-fache höher als bei Beton/Stahlbeton. In Bezug auf eine Berechnung des CO₂-Schattenpreises im Rahmen einer Ausschreibung bedeutet dies, dass auch die Umweltkosten bei Alternativwerkstoffen um den Faktor 4 bis 5 höher liegen können.

Dies wird bei der exemplarischen Berechnung der Umweltfolgekosten einer Haltung mit einer Länge von 80 m in der Nennweite DN 600 deutlich (Tabelle 5).

Werkstoff	Gewicht [t]	GWP [t CO ₂ -eq/80 m]	Umweltfolgekosten [€]
Beton	43,52	4,16	1.247
Stahlbeton	40,88	5,70	1.711
PE-HD (Vollwand)	6,32	25,65	7.694
PP (SN 8, profiliert)	1,36	6,16	1.847
PVC (SN 8)	3,60	15,56	4.668
GFK (SN 10000, PN1)	4,24	8,65	2.594

Tabelle 5: Umweltfolgekosten für Nenndurchmesser DN 600, Haltungslänge: 80 m, Umweltfolgekosten laut UBA: 300 € /t CO₂-eq

Das Beispiel zeigt, dass das CO₂-Schattenpreis-Modell im Kanalbau zu einer bevorzugten Verwendung von Rohren aus Beton/Stahlbeton führen würde, da sie die niedrigsten Umweltfolgekosten verursachen.

Wichtig ist bei dieser Art der Betrachtung die sorgfältige Prüfung der verwendeten EPD-Daten. Die Werte der verschiedenen Werkstoffe müssen plausibel und miteinander vergleichbar sein, d.h. sie müssen die gleichen Rahmenbedingungen erfüllen. Aktuell argumentieren einige Hersteller damit, dass ihre Produkte am Ende der Lebensdauer im Boden verbleiben und setzen in den Lebenszyklusphasen „C“ und „D“ daher den Wert „0“ ein. Diese Argumentation widerspricht dabei dem Gedanken einer Kreislaufwirtschaft und es obliegt dem Anwender zu entscheiden, ob er dieser Argumentation folgt.

Umweltvorteile beim Einsatz von Beton/Stahlbeton

Neben dem oben genannten niedrigen CO₂-Fußabdruck bietet der Werkstoff Beton/Stahlbeton eine Reihe von weiteren Umweltvorteilen, die nicht oder nur indirekt in den EPDs berücksichtigt werden.

Frei von Mikroplastik

Aufgrund seiner mineralischen Ausgangsstoffe entsteht bei der Verwendung von Beton/Stahlbeton kein Mikroplastikabrieb in der Herstellung, im Betrieb und beim Rückbau/Recycling.

Hohe Recyclingquote

Bereits heute wird Beton/Stahlbeton zu über 90 % recycelt. Bei Alternativwerkstoffen liegt diese Quote deutlich niedriger oder beträgt, im Fall von GFK, 0 %.

Regionalität

Die große Anzahl an Zement- und Betonfertigteilwerken in Deutschland gewährleistet sehr kurze Transportwege für Betonkanalsysteme. Die Ausgangsstoffe werden vor Ort gewonnen und die Herstellung und der Einbau erfolgen in der Regel ebenfalls im direkten Umfeld der Werke. Demgegenüber stammen die Rohstoffe der Alternativwerkstoffe häufig aus Übersee und auch die Transportentfernung zwischen Werk und Baustelle liegen meist bei mehreren hundert Kilometern.

Lebensdauer

Rohre aus Beton/Stahlbeton sind seit den 1860er Jahren im Einsatz und haben ihre Langlebigkeit in dieser Zeit in der Praxis unter Beweis gestellt.

Bei einer angenommenen Lebensdauer von 70-80 Jahren, stammt der Großteil der aktuell ausgetauschten Rohre aus der Zeit direkt nach dem Zweiten Weltkrieg und wurde daher unter sehr einfachen Produktionsbedingungen hergestellt. Wie in anderen Industriebereichen auch, hat sich die Produktqualität seit dieser Zeit auch bei Betonfertigteilen stetig weiterentwickelt, so dass heute von einer viel höheren Lebensdauer von Rohren aus Beton/Stahlbeton ausgegangen werden kann.

Fazit

Aufgrund der internationalen und nationalen Gesetzgebung werden klimarelevante Kriterien Einzug in den Bereich „Ausschreibung und Vergabe“ halten und ausschreibende Stellen beschäftigen sich schon heute mit dieser Herausforderung.

Der von HDB und KPMG Law vorgeschlagene CO₂-Schattenpreis bietet die Möglichkeit zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten im Rahmen von (öffentlichen) Ausschreibungen. Er stellt eine in anderen Ländern bewährte Methode zur konsequenten Umsetzung der Ziele des European Green Deals dar und kann die Transformation zu einer klimaneutralen Beschaffung schnell und effektiv vorantreiben. Weitere Ansätze wie das Prinzip der „Grünen Leitmärkte“ und der „Klima-Rechner“ bieten zusätzliche Informationen, die in Ausschreibungen berücksichtigt werden können.

Auf Basis der für den Kanalbau verfügbaren Daten zeigt sich, dass Kanalsysteme aus Beton/Stahlbeton trotz ihres hohen Gewichts in Bezug auf das Global Warming Potential und damit der Umweltfolgen eine führende Rolle einnehmen. Sie verfügen über nahezu alle Nennweiten hinweg über den niedrigsten CO₂-Fußabdruck und bieten darüber hinaus zahlreiche weitere Umweltvorteile.

Ausschreibende Stellen, die heute schon auf den Werkstoff Beton/Stahlbeton setzen, haben damit die Gewissheit, dass sie schon jetzt auf die Herausforderungen der Zukunft vorbereitet sind.