




Der CO₂-Schattenpreis in der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Baden-Württemberg

 Arbeitshilfe zur Berücksichtigung eines CO₂-Schattenpreises bei
der Planung wasserbaulicher Anlagen



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

IMPRESSUM

Herausgeber

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg,
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart, Telefon: +49 711 126-0

Redaktion und Bearbeitung

Projektbegleitende Arbeitsgruppe
„Berücksichtigung eines CO₂-Schattenpreises bei der Planung wasserbaulicher Anlagen“

- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Niklas Ganz, Barbara Grüter
- Regierungspräsidium Karlsruhe
Jens Teege, Jan-Christoph Walter
- Regierungspräsidium Freiburg
Jasmin Wernet
- ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
Christian Dierks, Florian Knappe, Corvin Veith
- WALD + CORBE Consulting GmbH
Rick Crocoll, Christian Stieler

Bildnachweise

Bildnachweise sind an den Bildern angegeben. Für Bilder ohne Quellenangabe ist seitens der Rechteinhaberin oder des Rechteinhabers keine Nennung der Quelle gewünscht oder die Urheberrechte sind zeitlich abgelaufen. Titelbild: © Viktor – stock.adobe.com

Gestaltung

ID-Kommunikation, Rainweg 65, 69118 Heidelberg
Michael Kleinböhl

Veröffentlichung

Oktober 2023, geringfügig überarbeitet im Januar 2026

I. Hintergrund	4
II. Wie und wann der Schattenpreis zu berücksichtigen ist	5
III. Welche wasserbaulichen Anlagen werden durch die Arbeitshilfe abgedeckt?	6
IV. Wie sind die Kennzahlen anzuwenden?	7
1. Dämme	8
2. Umgehungsgerinne	9
3. Erdbau am Gewässer	10
4. Uferwände	11
5. Hochwasserschutzmauern	12
6. Brücken und Durchlässe ¹ (auch Düker)	13
7. Stauanlagen I: Ein- und Auslassbauwerke	14
7. Stauanlagen II: Dammscharten, überströmbare Dammschnitte	15
8. Wehre	16
9. Pump- und Schöpfwerke	17
10. Brunnen / Brunnengalerien I: Einzelbrunnen oder Brunnen-Reihe	18
10. Brunnen / Brunnengalerien II: Sickergalerie	19
V. Modulare Kennzahlen	20
VI. Kennzahlen für frühe Planungsstadien	23
VII. Verfahrensablauf gemäß Arbeitshilfe	24
VIII. Hintergrundinformationen zur Kennzahlenermittlung	28

I. HINTERGRUND

Das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 7. Februar 2023 zielt darauf ab (§ 1), im Rahmen der internationalen, europäischen und nationalen Klimaschutzziele durch Reduzierung der Treibhausgasemissionen hin zur Netto-Treibhausgasneutralität einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Der öffentlichen Hand kommt beim Klimaschutz und der Klimawandelanpassung in ihrem Organisationsbereich eine allgemeine Vorbildfunktion zu (§ 5), was auch die Planung von Baumaßnahmen des Landes beinhaltet. Insbesondere beim Neubau und der Sanierung von Bauwerken im Eigentum des Landes ist nach § 8 im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen ein rechnerischer Preis entsprechend des vom Umweltbundesamt wissenschaftlich ermittelten und empfohlenen Wertes für jede über den Lebenszyklus der Maßnahme entstehende Tonne Kohlenstoffdioxid zu veranschlagen (CO₂-Schattenpreis). Dies gilt auch für Baumaßnahmen der Wasserwirtschaftsverwaltung Baden-Württemberg.

Hierfür ist die Verordnung zur Umsetzung des CO₂-Schattenpreises (CO₂-Schattenpreis-Verordnung – CO₂-SP-VO) zu beachten. Der CO₂-Schattenpreis muss danach für die Wasserwirtschaftsverwaltung bei der Planung von wasserbaulichen Anlagen ab 01.01.2024 zur Anwendung kommen, wenn im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung fachlich gleichwertige Varianten vorliegen (siehe § 7 CO₂-SP-VO). Aktuell sind 201 € für jede über den Lebenszyklus einer Maßnahme entstehende Tonne Kohlenstoffdioxid-Äquivalent (CO₂e)¹ zu veranschlagen. Die Höhe des Schattenpreises kann bei Bedarf vom Verordnungsgeber angepasst werden und bedarf einer entsprechenden Änderung der CO₂-SP-VO.

Mit der Monetarisierung von Umwelt- bzw. Klimafolgen sollen sich zukünftig klimafreundliche Alternativen in der Variantenbetrachtung leichter durchsetzen können, auch wenn diese bei rein betriebswirtschaftlicher Betrachtungsweise ggf. etwas kostenintensiver sind. Die Berücksichtigung von Umweltbelangen (Klimaeffekte) erfolgt dabei wie die ökonomische Bewertung in Euro.

Die Arbeitshilfe stellt dar, wie ein CO₂-Schattenpreis bei der Planung wasserbaulicher Anlagen zu berücksichtigen ist. Für typische Baumaßnahmen im Wasserbau bzw. für die entsprechenden wasserbaulichen Anlagen werden spezifische CO₂e-Lasten benannt. Dies erfolgt über Kennzahlen, die eine Skalierung und Anpassung an die jeweilige konkrete Aufgabenstellung vor Ort bzw. Planungen erlauben. Es werden CO₂e-Kenngrößen für die unterschiedlichsten Bauwerke über die gesamte Nutzungszeit ausgewiesen. Dabei wird nach einzelnen Bauweisen und typischen Ausstattungen unterschieden.

¹ CO₂-Äquivalente (CO₂e) sind eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase wie Methan, Lachgas oder eben auch Kohlenstoffdioxid

II. WIE UND WANN DER SCHATTENPREIS ZU BERÜCKSICHTIGEN IST

Der CO₂-Schattenpreis findet gemäß § 7 CO₂-SP-VO nur bei den Baumaßnahmen der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Baden-Württemberg Anwendung. D. h. bei kommunalen wasserwirtschaftlichen Maßnahmen, die ggf. vom Land über die Förderrichtlinien Wasserwirtschaft bezuschusst werden, hat er derzeit keine Relevanz.

Der Schattenpreis ist gemäß § 7 Abs. 1 CO₂-SP-VO zwingend dann zu berücksichtigen, wenn bei der Planung wasserbaulicher Anlagen fachlich gleichwertige Varianten vorliegen, die im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung gegeneinander abgewogen werden. Fachlich gleichwertig bedeutet, dass die Anforderung und Funktion, die Betriebssicherheit sowie die Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit in nahezu gleichem Maße gegeben sind. Sofern also nur eine Vorzugsvariante vorliegt und gerade keine fachlich gleichwertigen Alternativvarianten, findet der CO₂-Schattenpreis keine Anwendung. Die Klimafolgen der jeweiligen Baumaßnahmen werden durch den Schattenpreis in € ausgedrückt und finden somit Einzug in die Entscheidungsfindung.

Der Schattenpreis ist gemäß § 2 Abs. 2 CO₂-SP-VO dann zu ermitteln, wenn die voraussichtlichen Gesamtkosten der Baumaßnahme ohne Umsatzsteuer den Betrag von 150.000 € übersteigen.

Die Arbeitshilfe und die damit verbundene Berücksichtigung des CO₂-Schattenpreises stellt dabei auf die Leistungsphase der Vorplanung (Leistungsphase 2 nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure - HOAI) ab. Hierzu sind wie auf Seite 7 beschrieben die Ausarbeitungen und CO₂-Kennwerte zu den einzelnen wasserbaulichen Anlagen zu verwenden (S. 6 ff).

Ergänzender Hinweis:

Grundsätzlich ist es sinnvoll und wichtig, so früh wie möglich die Auswirkungen einer Baumaßnahme abzuschätzen und mit Alternativen zu vergleichen und schon im Rahmen von Machbarkeitsstudien mögliche Klimafolgen der Handlungsalternativen zu berücksichtigen.

Soll der CO₂-Schattenpreis bereits zu einem frühen Planungszeitpunkt (bspw. Machbarkeitsstudien) ermittelt werden, ist die dazu notwendige Informationstiefe einer Vorplanung nicht vorhanden. Die Ermittlung des CO₂-Schattenpreises muss dann anhand überschlägiger Durchschnittskennzahlen erfolgen (siehe S. 23 (Kap. VI.)). Damit sind erste richtungsweisende Aussagen möglich.

Gerade im Rahmen von Machbarkeitsstudien und damit zu Beginn eines Planungsprozesses werden grundsätzliche Handlungsalternativen gegeneinander abgewogen und überschlägig auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit bewertet. Damit ist grundsätzlich die Möglichkeit eröffnet, in die Abwägung über den CO₂-Schattenpreis auch mögliche Klimafolgen einzubeziehen.

III. WELCHE WASSERBAULICHEN ANLAGEN WERDEN DURCH DIE ARBEITSHILFE ABGEDECKT?

Folgende Wasserbauliche Anlagen werden in dieser Arbeitshilfe in ihren dargestellten Variationen betrachtet:

1	Dämme	→	Hochwasserschutzdämme
2	Umgehungsgerinne	→	a. Naturnahe Sohlengleite b. Technischer Fischpass „vertical slot“
3	Erdbau am Gewässer	→	Aufweitung am Gewässer für Hochwasserschutz (HW-Schutz) und Renaturierung
4	Uferwände	→	a. Natursteinwände b. Stahlbetonwände c. Spundwände
5	Hochwasserschutzmauern	→	a. Stahlbetonmauern b. Natursteinmauern c. Spundwände
6	Brücken und Durchlässe (auch Düker)	→	a. Straßenbrücke b. Aluminium Rad- bzw. Fußgängersteg c. Straßendurchlass (näherungsweise auch für Düker anwendbar)
7	Stauanlagen I: Ein- und Auslassbauwerke	→	a. 1-zügig und ungesteuert b. 2-zügig und gesteuert
	Stauanlagen II: Dammscharten, überströmbare Dammabschnitte		a. Wasserbausteine b. Steine verklammert c. Mastix-Schotter
8	Wehre	→	Regulierwehre mit beweglichen Verschlüssen
9	Pump- und Schöpfwerke	→	zur Binnenentwässerung und Vorflutsicherung
10	Brunnen / Brunnengalerien	→	a. Einzelbrunnen oder Brunnen-Reihe b. Sickergalerie

IV. WIE SIND DIE KENNZAHLEN ANZUWENDEN?

Die Arbeitshilfe ermöglicht eine Berechnung der CO₂e-Lasten, die mit dem Bau der entsprechenden Maßnahme einhergehen. Die Einheit des Ergebnisses sind *kg* CO₂e. Zur Ermittlung des Schattenpreises, der pro *Tonne* CO₂e angegeben ist, wird somit zunächst eine Division um den Faktor 1.000 erforderlich. Da sich der Preis für jede Tonne CO₂e zukünftig ändern kann, erfolgt keine Darstellung in €.

Die Kennzahlen sind pro Jahr ausgewiesen. Zur Ermittlung der voraussichtlichen Lasten über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes hinweg sind die gesamten ermittelten jährlichen Lasten mit der gesamten Lebensdauer des Bauwerkes zu multiplizieren. Die Lebensdauern der Bauwerke sind jeweils zu Beginn des entsprechenden Steckbriefes mit angegeben. Eine Ausweisung der Lasten pro Jahr dient der leichteren Integration in eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, bedeutet aber nicht, dass die tatsächlichen CO₂-Lasten jährlich auftreten. Der Großteil der CO₂-Lasten fällt zum Zeitpunkt der Errichtung oder sogar bereits bei der Produktion der Baustoffe an.

Für jedes Bauwerk bzw. Maßnahme wurde ein Grundwert ausgewiesen, von dem ausgegangen wird, dass die darin enthaltenen Bautätigkeiten obligatorisch sind. Die Steckbriefe zu den wasserbaulichen Anlagen in Kap. IV.1 bis IV.10 führen aus, welche Bautätigkeiten in den Grundwerten enthalten sind. Die Annahmen wurden hierbei aus umfangreichen Erfahrungswerten der Praxis abgeleitet. Neben dem Grundwert wurden außerdem optionale Kennzahlen ausgewiesen, die je nach Situation und Gegebenheit auftreten oder erforderlich werden und somit wahlweise hinzugefügt werden können. Diese befinden sich in den Tabellen unterhalb des Grundwertes.

Aufgrund der Individualität der lokalen Gegebenheiten können für identische Maßnahmen, z.B. große Zuwegungen oder Kabeltrassen, signifikant unterschiedliche Größenordnungen erforderlich werden. Diesen örtlich unterschiedlichen Gegebenheiten kann mit den sog. modularen Kennzahlen Rechnung getragen werden (S. 20 ff.; Kapitel V). So enthalten diese beispielsweise eine Kennzahl pro laufenden Meter (lfm) Straße oder Kabelleerrohr, Kabel und Stück Kabelzugschacht. Je nach Situation lassen sich diese Variablen in der Berechnung berücksichtigen.

Für jedes der o.g. Bauwerke wurden Annahmen hinsichtlich ihrer Dimensionierung aber auch der Materialauswahl getroffen. Die Dimensionierung kann oberhalb des Grundwertes abgelesen werden. Die Skalierung auf eine konkrete wasserbauliche Anlage wird in den Anwendungsbeispielen unter Kap. VII. dargestellt. Unterhalb des Grundwertes erfolgt eine Auflistung über die enthaltenen Materialien bzw. Tätigkeiten. Umgekehrt erfolgt am Seitenende jedes Steckbriefes eine Aufzählung der nicht enthaltenen Positionen, die über die modularen Kennzahlen individuell berechnet werden können. Bei sämtlichen genannten Kennzahlen ist zwingend auf die unterschiedlichen Referenzgrößen zu achten, da verschiedene Referenzgrößen zur Anwendung kommen. Bei Anlagen wie z. B. Dämmen, wurde die Kennzahl lfm gewählt, bei Einzelbauwerken wie z. B. einem Pumpwerk Stück (Stk.). Bei den modularen Kennzahlen (S. 20 ff.; Kapitel V.) werden außerdem Werte pro m³, pro Tonne, pro m², pro Liter Diesel oder pro kWh ausgewiesen.

1. DÄMME

Hochwasserschutzdämme

Lebensdauer: 90 Jahre



Maßnahme

Damm-Neubau Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
2 m hoch 16 m breit	4 m hoch 28 m breit	6 m hoch 40 m breit
15	31	57

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material und sonstige Baustellenarbeiten, Entsorgung Bestandsboden, Baumaterial, Baustraßen inkl. Geotextil, Dammschüttmaterial, Schotterwege, Dammkronen- und Dammverteidigungswege, Oberbodenarbeiten

Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Erdbau für Abrundungen oder Abflachungen (Wegüberfahrten), Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung

Mögliche zusätzliche Maßnahmen

Untergrundverbesserung auf 25 % der Aufstandsflächen (Kalken) in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
1,8	2,7	3,7
Rodungsarbeiten in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
0,02	0,03	0,04
Dammdichtung (Wasserseitiger Dichtungskörper) ¹ in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
0	0	0
Spundwände – Dammdichtung, Suberosionsdichtung, Statisches Ersatzsystem		
Die modularen Kennzahlen der Spundwände sind der Tabelle Seite 22 zu entnehmen		
Wühltierschutz Draht/mineralisch in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
0,32/0,34	0,65/0,67	0,97/1,01
Drainagekörper in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
0	1,8	2,5

¹ Dammdichtung als wasserseitiger Dichtungskörper mit feinkörnigem Bodenmaterial ersetzt Dammschüttmaterial mit vergleichbaren Umweltwirkungen, deshalb 0 kg CO₂e / (lfm*a).

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Rückbau; Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen; neue Wege mit Asphaltdecke oder Pflasterflächen; Anlagen wie Böschungstreppen, Schranken etc.; Kabel, Leerrohre

2. UMGEHUNGSGERINNE

Naturnahe Sohlengleite

Lebensdauer: 50 Jahre

Technischer Fischpass „vertical slot“

Lebensdauer: 80 Jahre



Maßnahme

Naturnahe Sohlengleite Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)		Technischer Fischpass „vertical slot“ Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)			
2 m mittlere Tiefe 3 m Sohlbreite	2 m mittlere Tiefe 8 m Sohlbreite	gestreckte Linienführung ohne Wendung; 2 m mittl. Tiefe	gestreckte Linienführung ohne Wendung; 5 m mittl. Tiefe	Linienfüh- rung mit 180° Wendungen; 2 m mittl. Tiefe	Linienfüh- rung mit 180° Wendungen; 5 m mittl. Tiefe
37	53	40	80	28	56

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau, Aushub neues Gerinne auf ebenem Wiesengelände	
Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: zus. Erdbau für Ausrundungen oder Abflachungen (Wegüberfahrten, Furt), Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung	
Sohl- und Böschungssicherung inkl. mineralischem Unterbau und Geotextil	Sohlbelegung mit kleinen Wasserbausteinen, Seitenwände als Spundwände inkl. Stahlbetonkopfbalken, Gesamtlänge = 1/3 oben, 2/3 Einbindung, Profilstärke 150 kg/m ² , dafür keine Verankerung und Gurtungen angesetzt, Stahlbetonbodenplatte und -trennwände zw. den Becken

Mögliche zusätzliche Maßnahmen

Baufeld frei machen & Rodungsarbeiten in kg CO ₂ e / (lfm*a)					
0,17	0,2	0,11	0,13	0,07	0,09
Wegebau über Baustraßen hinaus (Schotter) inkl. Geotextil in kg CO ₂ e / (lfm*a)					
2,3	2,3	2,1	2,1	1,5	1,5
Begleitendes Geländer in kg CO ₂ e / (lfm*a)					
7	7	6	9	4	7

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Ein- und Auslaufbauwerk; Unterhaltungswege; Rückbau und Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen; neue Wege mit Asphaltdecke oder Pflasterflächen; Anlagen wie Böschungstreppen, Schranken etc.; Kabel; Leerrohre; für naturnahe Sohlengleite außerdem: Stahlbetonarbeiten, Seitenwände als Spundwände oder Seitenwände als Stahlbeton

3. ERDBAU AM GEWÄSSER

Aufweitungen am Gewässer für Hochwasserschutz und Renaturierungen

Lebensdauer: 50 Jahre



Maßnahme

Aufweitungen am Gewässer für Hochwasserschutz sowie Renaturierungen		
Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
3 m mittlere Breite der Aufweitung; 1,7 m mittlere Tiefe	6 m mittlere Breite der Aufweitung; 1,7 m mittlere Tiefe	12 m mittlere Breite der Aufweitung; 1,7 m mittlere Tiefe
8	14	26

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau, Abtrag auf ebenem Wiesengelände, Sohl- und Böschungssicherung inkl. mineralischem Unterbau und Geotextil, Einbau von natürlichen Strukturelementen (Wurzelstöcke, Ing.-Bio)

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: zus. Erdbau für Ausrundungen oder Abflachungen (Wegüberfahrten, Furt), Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung

Mögliche zusätzliche Maßnahmen

Baufeld freimachen & Rodungsarbeiten in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
0,21	0,25	0,3
Wegebau über Baustraßen hinaus (Schotter) inkl. Geotextil in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
2,3	2,3	2,3

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Ein- und Auslaufbauwerk, Unterhaltungsweg; Rückbau und Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen; neue Wege mit Asphaltdecke oder Pflasterflächen; Anlagen wie Böschungstreppen, Schranken etc.

4. UFERWÄNDE

Natursteinwände

Lebensdauer: 50 Jahre

Stahlbetonwände

Lebensdauer: 80 Jahre

Spundwände

Lebensdauer: 70 Jahre



© Wald + Corbe

Maßnahme

Natursteinwände		Stahlbetonwände		Spundwände
Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)		Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)		Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)
2 m Höhe	4 m Höhe	2 m Höhe	4 m Höhe	3 m Höhe
16	23	23	42	32

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau und Gewässeraufweitung um 2 m, Abtrag auf ebenem Wiesengelände, Sohl- und Böschungssicherung inkl. mineralischem Unterbau und Geotextil, Geländer

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: zus. Erdbau für Ausrundungen oder Abflachungen (Wegüberfahrten, Furt), Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung

Blocksatz, in Beton versetzt, aus quadrigen Natursteinen

Stahlbetonarbeiten sichtbare Uferwand
Stahlbeton Fundament / Einbindung in den Untergrund = Faktor 1,85 vom sichtbaren Wandteil

Spundwand, inkl. Stahlbetonkopfbalken, Gesamtlänge = 1/3 oben, 2/3 Einbindung | Profilstärke 150 kg/m², dafür keine Verankerung und Gurtungen angesetzt

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Baufeld frei machen und Rodungsarbeiten; begleitendes Geländer; Straßenbau; Geokunststoff als Drainage; Anpassung Versorgungsleitungen und Infrastruktur; Entsorgung ungeeignetes Erdmaterial; Unterhaltungsweg; Rückbau und Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen; neue Wege mit Asphaltdecke oder Pflasterflächen; Anlagen wie Böschungstreppen, Schranken etc.

5. HOCHWASSER-SCHUTZMAUERN

Stahlbetonmauern

Lebensdauer: 80 Jahre

Natursteinmauern

Lebensdauer: 50 Jahre

Spundwände

Lebensdauer: 70 Jahre



Maßnahme

Stahlbetonmauern			Natursteinmauern			Spundwände		
Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)			Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)			Referenzgröße: 1 lfm in kg CO ₂ e / (lfm*a)		
0,5 m Höhe	1 m Höhe	1,5 m Höhe	0,5 m Höhe	1 m Höhe	1,5 m Höhe	0,5 m Höhe	1 m Höhe	1,5 m Höhe
5,2	7,9	10,2	7	8,3	9,7	6,2	8,6	11

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau Baugrube		
Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, sonstige Kleinarbeiten		
Stahlbetonarbeiten, inkl. horizontalem Wandfuß	Blocksatz, in Beton versetzt, aus quadrigen Natursteinen	Spundwand, inkl. Stahlbetonkopfbalken, Gesamtlänge = 1/3 oben, 2/3 Einbindung, Profilstärke 100 kg/ m ²

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Durchgänge mit Dammbalken oder Stahltüren/-schutztoren, Geländer; Geokunststoff als Drainage; Anpassung Versorgungsleitungen und Infrastruktur; Unterhaltungsweg; Rückbau und Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen; neue Wege mit Asphaltdecke oder Pflasterflächen; Sohl- und Böschungssicherung; Anlagen wie Böschungstreppen, Schranken etc.

6. BRÜCKEN UND DURCHLÄSSE¹ (AUCH DÜKER)

Straßenbrücke

Lebensdauer: 80 Jahre

Aluminium Rad- bzw. Fußgängersteg

Lebensdauer: 80 Jahre

Straßendurchlass

(näherungsweise auch für Düker anwendbar)

Lebensdauer: 80 Jahre



Maßnahme

Straßenbrücke		Aluminium Rad- bzw. Fußgängersteg		Straßendurchlass (rechteckig geschlossen)	
Referenzgröße: 1 Stk. in kg CO ₂ e / (Stk.*a)		Referenzgröße: 1 Stk. in kg CO ₂ e / (Stk.*a)		Referenzgröße: 1 Stk. in kg CO ₂ e / (Stk.*a)	
3 m lichte Höhe	3 m lichte Höhe	3 m lichte Höhe	3 m lichte Höhe	6,5 m Fahrbahn	6,5 m Fahrbahn
6,5 m Fahrbahn	6,5 m Fahrbahn	2,5 m Fahrbahn	2,5 m Fahrbahn	2 m ² Abfluss- querschnitt	4 m ² Abfluss- querschnitt
6 m Spannweite	10 m Spannweite	6 m Spannweite	10 m Spannweite		
1.350	1.550	520	650	433	546

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau Baugrube, Kabelleerrohre. Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Böschungstreppen, Pflasterflächen, Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, sonstige Kleinarbeiten					
Brücke im Zuge einer bestehenden Straße, Stahlbetonarbeiten, inkl. Widerlager (Flachgründung), Geländer, Straßenober- und Unterbau auf der Brücke und im Baugrubenbereich		Gesamter Überbau inkl. Geländern, Fahrbelag, Widerlagern (Flachgründung)		Bodenplatte, Wände, Deckenplatte, Straßenober- und Unterbau auf dem Durchlass und im Baugrubenbereich	

Mögliche zusätzliche Maßnahmen

Sohl- und Böschungssicherung in kg CO ₂ e / (Stk.*a)					
154	257	58	96	-	-
Straßenbau in kg CO ₂ e / (Stk.*a)					
-	-	58	58	-	-
Zusätzlicher laufender Meter Durchlass (oder Düker) über 6,5 m Straßenquerung hinaus in kg CO ₂ e / (lfm*a)					
				14	19

¹ Bei Brücken und Durchlässen ist stets die Abgrenzung zur Straßenbauverwaltung zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung der Anlagen wird nur dann relevant, wenn die Anlagen vom Vorhabenträger der wasserbaulichen Maßnahme im Rahmen einer wasserbaulichen Maßnahme umzusetzen sind.

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Abbrucharbeiten; Rückbau; Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen; Baugrubenverbau; Tiefgründung; Energieaufwand Wasserhaltung; Anlagen wie Böschungstreppen, Schranken etc; beim Straßendurchlass außerdem nicht enthalten: Verschlussorgane (Schütze) und die zugehörige Mess-Steuer-Regeltechnik mit Schaltschrank, Verkabelung etc.

7. STAUANLAGEN I: EIN- UND AUSLASSBAUWERKE

1-zügig und ungesteuert (keine Stauanlage)

Lebensdauer: 90 Jahre

2-zügig und gesteuert (in Stauanlage)

Lebensdauer: 90 Jahre



Maßnahme

Ein- und Auslassbauwerke

Trogförmiger offener Stahlbetondurchlass, Bodenplatte, Seitenwände, Stauwand, Brückenplatte, Mittelpfeiler, ein- und auslaufseitige Flügelwände, bewegliche Verschlüsse: Schütze, Klappen zur Abflusssteuerung und Hochwasserentlastung (HWEA = Hochwasserentlastungsanlage; S = Schütz; K = Klappe)

Referenzgröße: 1 Stk.

in kg CO₂e / (Stk.*a)

1-zügig ungesteuert 1 m Öffnungshöhe 2 m lichte Weite 2 m hoher Damm	1-zügig ungesteuert 1 m Öffnungshöhe 2 m lichte Weite 4 m hoher Damm	2-zügig + HWEA 6 m lichte Weite S = 2 x 2,5 m x 1,5 m K = 2 x 2,5 m x 1 m 3 m hoher Damm	2-zügig + HWEA 6 m lichte Weite S = 2 x 2,5 m x 1,5 m K = 2 x 2,5 m x 1 m 5 m hoher Damm	2-zügig + HWEA 8 m lichte Weite S = 2 x 2,5 m x 1,5 m K = 2 x 2,5 m x 1 m 3 m hoher Damm	2-zügig + HWEA 8 m lichte Weite S = 2 x 2,5 m x 1,5 m K = 2 x 2,5 m x 1 m 5 m hoher Damm
1.960	2.810	3.120	4.790	4.180	5.880

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau Baugrube, Kabelleerrohre, Stahlbetonarbeiten, Stahl und Edelstahl für bewegliche Verschlüsse, Antriebe, Schleifbleche etc. Sohl- und Böschungssicherung

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Böschungstreppen, Pflasterflächen, Kabelschächte aus Stahlbeton, Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, sonstige Kleinarbeiten

Mögliche zusätzliche Maßnahmen

Grobrechen/Treibholzfang aus Stahlpfählen in kg CO₂e / (Stk.*a)

32	75	123
----	----	-----

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Dammbau neben Bauwerk, Abbrucharbeiten, Rückbau, Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen, Baugrubenverbau, Tiefgründung, Energieaufwand Wasserhaltung, Kabel, Kabelschächte, Kabelleerrohre für Außenanbindung (Strom- Telekomanbindung)

Bei gesteuerten HRB: Betriebsgebäude inkl. Schaltschrank, Computer, Verkabelung, und Batterie für USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)

Wenn HW-Entlastung nicht mit Klappen ins Bauwerk integriert: HW-Entlastung über Dammscharte (siehe nächste Seite)

7. STAUANLAGEN II: DAMM-SCHARTEN, ÜBERSTRÖMBARE DAMMABSCHNITTE

Wasserbausteine

Lebensdauer: 90 Jahre

Steine verklammert

Lebensdauer: 90 Jahre

Mastix-Schotter

Lebensdauer: 90 Jahre



© Wald + Corbe

Maßnahme

Wasserbausteine Referenzgröße: 1 m ² in kg CO ₂ e / (m ² *a)	Steine verklammert Referenzgröße: 1 m ² in kg CO ₂ e / (m ² *a)	Mastix-Schotter Referenzgröße: 1 m ² in kg CO ₂ e / (m ² *a)
$q < 0,5 \text{ m}^3/\text{s/m}$ Neigung < 1:6	$q > 0,5 \text{ m}^3/\text{s/m}$ Neigung > 1:6	$q < 0,5 \text{ m}^3/\text{s/m}$ Neigung < 1:6
1	1,7	0,8

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material und sonstige Baustellenarbeiten, Deckwerk / Böschungssicherung als Wasserbausteine, Steine verklammert oder Mastix-Schotter

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt

8. WEHRE

Regulierwehre mit beweglichen Verschlüssen

Lebensdauer: 80 Jahre



Maßnahme

Regulierwehre mit beweglichen Verschlüssen

Trogförmiger offener Stahlbetondurchlass, Bodenplatte, 4 seitliche Flügelwände, Mittelpfeiler, bewegliche Verschlüsse (Schütze oder Klappen) zur Abflusssteuerung

Referenzgröße: 1 Stk.
in kg CO₂e / (Stk.*a)

4 m lichte Weite 1-feldrig 1 Schütz 4,0 x 2,0 m	10 m lichte Weite 2-feldrig 2 Schütze 4,5 x 2,0 m
2.080	2.900

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustreßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau offene Baugrube, Kabelleerrohre, Stahlbetonarbeiten, Stahl und Edelstahl für bewegliche Verschlüsse, Antriebe, Schleifbleche etc., Sohl- und Böschungssicherung

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Böschungstreppen, Pflasterflächen sonstige Kleinarbeiten, Kabelschächte aus Stahlbeton, Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, sonstige Kleinarbeiten

Mögliche zusätzliche Maßnahmen

Grobrechen/Treibholzfang aus Stahlpfählen in kg CO ₂ e / (Stk.*a)	
45	120

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Abbrucharbeiten, Rückbau, Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen, Baugrubenverbau, Tiefgründung, Energieaufwand Wasserhaltung, Kabel, Kabelschächte, Kabelleerrohre für Außenanbindung (Strom-Telekomanbindung), Betriebsgebäude mit Schaltschrank, Computer, Verkabelung und Batterie für USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)

9. PUMP- UND SCHÖPFWERKE

Pump- und Schöpfwerke zur Binnenentwässerung und Vorflutsicherung

Lebensdauer: 50 Jahre



Maßnahme

Pump- und Schöpfwerke zur Binnenentwässerung und Vorflutsicherung

Pumpwerk im Rheinvorland, mit max. Förderleistung 3 m³/s, Grundfläche ca. 1600 m², 4 Pumpenkammern / 4 Pumpen, 3-zügiges Bauwerk, 4. Zug als durchgängiger Durchlass zw. OW und UW für außerbetriebl. Zustände, Stahlbetonkonstruktion in Spundwandkasten (verbleibende Spundwand mit UW-Bodenplatte als Baugrubenverbau und verlorene Schalung)

Referenzgröße: 1 Stk.
in kg CO₂e / (Stk.*a)

Pumpwerk

27.300

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Entsorgung Bestandsboden, Oberbodenarbeiten, Erdbau offene Baugrube, Kabelleerrohre, Stahlbetonarbeiten, Stahl und Edelstahl für bewegliche Verschlüsse, Antriebe, Schleifbleche etc. Sohl- und Böschungssicherung

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Böschungstreppen, Pflasterflächen sonstige Kleinarbeiten, Kabelschächte aus Stahlbeton, Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, sonstige Kleinarbeiten

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus modularen Kennzahlen hinzuzufügen:

Abbrucharbeiten, Rückbau, Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen, Baugrubenverbau, Tiefgründung, Energieaufwand Wasserhaltung, Kabel, Kabelschächte, Kabelleerrohre für Außenanbindung (Strom-Telekomanbindung), Betriebsgebäude mit Schaltschrank, Computer, Verkabelung und Batterie für USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)

10. BRUNNEN / BRUNNEN- GALERIEN I: EINZELBRUNNEN ODER BRUNNEN-REIHE

Einzelbrunnen oder Brunnen-Reihe

Lebensdauer: 50 Jahre



Maßnahme

Einzelbrunnen oder Brunnen-Reihe

Ein Tiefbrunnen, Außendurchmesser 2 m, Förderleistung 50 l / s

Referenzgröße: 1 Stk.
in kg CO₂e / (Stk.*a)

8 m Tiefe

16 m Tiefe

1.040

1.170

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Oberbodenarbeiten, Erdbau (Aushub und mineralische Filter), Entsorgung Bestandsboden, Metall-/ Kunststofffilter und -rohre, Steigleitung, Brunnenkopf, Pumpe einschl. aller Armaturen, Kabelschächte aus Stahlbeton, Kabelleerrohre (PE)

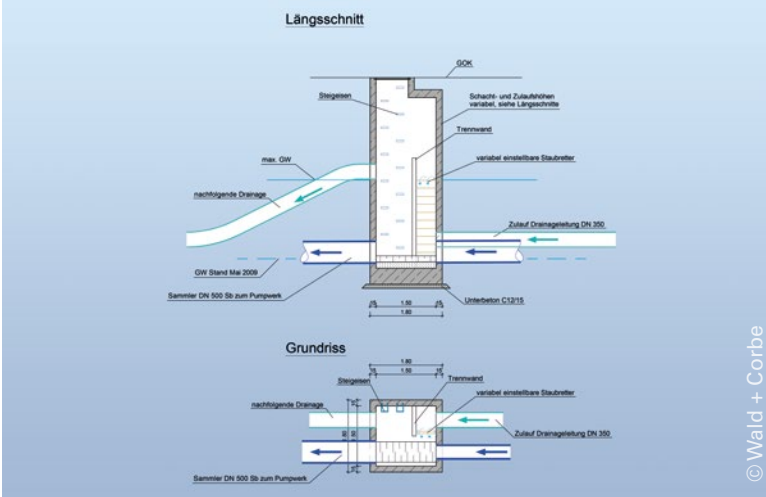
Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, sonstige Kleinarbeiten

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus manuellen Kennzahlen hinzuzufügen:

Abbrucharbeiten, Rückbau, Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen, Rodung, Kabel, Kabelschächte, Kabelleerrohre für Außenanbindung (Strom-Telekomanbindung), Betriebsgebäude mit Schaltschrank, Computer, Verkabelung und Batterie für USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)

10. BRUNNEN / BRUNNEN- GALERIEN II: SICKERGALERIE

Sickergalerie
Lebensdauer: 50 Jahre



Maßnahme

<div>Sickergalerie</div> <div>Strang aus Drainagerohren und Sammlern, mit Kontroll- und Übergabeschächten, mit Erdbau (Aushub und mineralische Filter), mit zentralem Pumpenschacht / Pumpe</div> <div>Referenzgröße: 1 Stk. in kg CO₂e / (Stk.*a)</div>			
200 m Sickerleitung, 2 m Grabentiefe	200 m Sickerleitung, 3 m Grabentiefe	500 m Sickerleitung, 2 m Grabentiefe	500 m Sickerleitung, 3 m Grabentiefe
2.700	3.900	6.200	9.100

Grundwert enthält

Einbau und Ausbau von Material, Baustraßen inkl. Geotextil, Oberbodenarbeiten, Erdbau (offene Baugrube), Entsorgung Bestandsboden, Rohrleitungen, Drainageleitungen, Kontroll- und Übergabeschächte aus Stahlbeton, Kabelleerrohre (PE)

Enthaltene Kleinarbeiten mit 15 % zus. Massen berücksichtigt: Befestigung der Flächen für die Baustelleneinrichtung, Böschungstreppen, Pflasterflächen sonstige Kleinarbeiten, Kabelschächte aus Stahlbeton, sonstige Kleinarbeiten

Nicht in Grundwert enthalten und bei Bedarf aus manuellen Kennzahlen hinzuzufügen:
Rückbau, Anpassung evtl. bestehender Wege und Anlagen, Rodung, Kabel, Kabelschächte, Kabelleerrohre für Außenanbindung (Strom-Telekomanbindung), Betriebsgebäude mit Schaltschrank, Computer, Verkabelung und Batterie für USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)

V. MODULARE KENNZAHLEN

Die in folgender Tabelle ausgewiesenen modularen Kennzahlen dienen der CO₂e-Ermittlung von Vorgängen/Prozessen oder Produkten, die für jede Baumaßnahme sehr individuell ausfallen können. Bei der Verwendung der Kennzahlen ist unbedingt auf die Einheit zu achten. Des Weiteren liegen die modularen Kennzahlen nicht als Jahreswerte vor, wie es bei den anlagenspezifischen Werten der Fall ist. Bei der Verwendung der Kennzahlen sind zwei Szenarien zu unterscheiden:

1. Es handelt sich bei der modularen Kennzahl um einen Vorgang wie z. B. das Bewegen von Erdmassen. In diesem Fall ist das Ergebnis dieser Berechnungen durch die Lebensdauer des Bauwerkes zu teilen. Danach kann es mit dem Grundwert des Bauwerks verrechnet werden.
2. Es handelt sich um einen eingesetzten Baustoff oder ein Bauteil wie z. B. der Laptop des Schaltschranks (siehe Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Schaltschrank, Laptop). In diesem Fall ist zu berücksichtigen, wie viele Laptops im Laufe der gesamten Bauwerkslebensdauer benötigt werden. Die Summe der sich daraus ergebenden CO₂-Lasten sind anschließend durch die gesamte Lebensdauer zu teilen, wodurch ein jahresbezogener Kennwert entsteht, der mit dem Grundwert verrechnet werden kann.

Vorgang / Material	CO ₂ e	Einheit
Aluminiumbauteil	8.596	kg CO ₂ e/t
Beton C 20/25	160	kg CO ₂ e/m ³
Beton C 30/37	197	kg CO ₂ e/m ³
Beton - Unterwasserbeton	359	kg CO ₂ e/m ³
Betriebsgebäude	200	kg CO ₂ e/m ²
Bodenmaterial	14	kg CO ₂ e/t
Diesel inkl. Vorkette und Verbrennung	3,5	kg CO ₂ e/l Diesel
Entsorgung Bestandsboden	9,7	kg CO ₂ e/t
Geländer - Füllstabgeländer, h 1,0 m, Stahl	146	kg CO ₂ e/m
Geländer - Holmgeländer, h 1,0 m, Stahl	102	kg CO ₂ e/m
Geräteinsatz Erdstoffe und Wasserbausteine, kleinräumige naturnahe Sohlgestaltung	71	kg CO ₂ e/m ³
Geräteinsatz Erdstoffe und Wasserbausteine - kleine Baugruben, Leitungsgräben	7,1	kg CO ₂ e/m ³
Geräteinsatz Erdstoffe und Wasserbausteine - Dammbau, große Baugruben	2,3	kg CO ₂ e/m ³
Geräteinsatz Erdstoffe und Wasserbausteine - HWS-Wände	14	kg CO ₂ e/m ³
Geokunststoff - PP	2.262	kg CO ₂ e/t
Geokunststoff - PP (Vlies, GRK 3, Trennstoff, Unterbau Wege etc.)	0,5	kg CO ₂ e/m ²
Geokunststoff - PP (Vlies, GRK 5, Trennstoff, Unterbau Wege etc.)	1,8	kg CO ₂ e/m ²
Geokunststoff - PP (schweres Geogewebe, Unterbau Wege etc.)	3,4	kg CO ₂ e/m ²
Geokunststoff - PP (Geogitter, Bodenstabilisierung, Erosionsschutz)	1,1	kg CO ₂ e/m ²

V. MODULARE KENNZAHLEN

Vorgang / Material	CO ₂ e	Einheit
Geokunststoff - PP (Drainagematten)	0,5	kg CO ₂ e/m ²
Geokunststoff - PP (Dichtungsbahn)	11	kg CO ₂ e/m ²
Geotextil - Jutegewebe (Erosionsschutz)	0,6	kg CO ₂ e/m ²
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kabelschacht	106	kg CO ₂ e/Stck
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kabelleerrohre, PE, DN 110	149	kg CO ₂ e/m
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kabel - Aluminium, Stromkabel, Alu	20	kg CO ₂ e/m
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kabel - Aluminium, Stromkabel, Alu	32	kg CO ₂ e/m
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kabel, Kupfer, 3-adrig	0,6	kg CO ₂ e/m
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kabel, Kupfer, 5-adrig	0,8	kg CO ₂ e/m
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Schaltschrank	146	kg CO ₂ e/Stück
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Schaltschrank Kabel	714	kg CO ₂ e/Stück
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Schaltschrank USV - Batterie	414	kg CO ₂ e/kWh
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Schaltschrank, Laptop	171	kg CO ₂ e/Stück
Rohre - Stahlbeton, DN 300 (Form K-GM)	20	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahlbeton, DN 500 (Form K-GM)	30	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahlbeton, DN 800 (Form K-GM)	64	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahlbeton, DN 1000 (Form K-GM)	95	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahlbeton, DN 1200 (Form K-GM)	137	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahlbeton, DN 1400 (Form K-FM)	194	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahlbeton, DN 2000 (Form K-FM)	359	kg CO ₂ e/m
Rohre - Kunststoff, PE dA 50	2,8	kg CO ₂ e/m
Rohre - Kunststoff, PE dA 63	3,9	kg CO ₂ e/m
Rohre - Kunststoff, PE dA 110	12	kg CO ₂ e/m
Rohre - Kunststoff, PE dA 200	39	kg CO ₂ e/m
Rohre - Kunststoff, PE dA 250	61	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahl, dA 273, WS 5-11 mm	128	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahl, dA 508, WS 8-16 mm	396	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahl, dA 711, WS 8-16 mm	537	kg CO ₂ e/m
Rohre - Stahl, dA 1016, WS 8-16 mm	767	kg CO ₂ e/m
Rückbau Straße	7,6	kg CO ₂ e/m ²
Sand	16,8	kg CO ₂ e/t
Schotter	22	kg CO ₂ e/t
Schotter-Mastix	26	kg CO ₂ e/m ²
Stahl, Stahlwasserbau - Edelstahl	3.639	kg CO ₂ e/t
Stahl, Stahlwasserbau - Baustahl	971	kg CO ₂ e/t
Stahl, Stahlbetonarbeiten - Bewehrungsstahl	643	kg CO ₂ e/t

V. MODULARE KENNZAHLEN

Vorgang / Material	CO ₂ e	Einheit
Stahl, Spundwand, 0,1 t/m ² (Dammdichtung, Suberosionsdichtung, Statisches Ersatzsystem)	97	kg CO ₂ e/m ²
Stahl, Spundwand, 0,15 t/m ² (Dammdichtung, Suberosionsdichtung, Statisches Ersatzsystem)	146	kg CO ₂ e/m ²
Stahl, Spundwand, 0,25 t/m ² (Dammdichtung, Suberosionsdichtung, Statisches Ersatzsystem)	243	kg CO ₂ e/m ²
Stahlbeton C 20/25	238	kg CO ₂ e/m ³
Stahlbeton C 30/37	275	kg CO ₂ e/m ³
Stahlbeton - Unterwasserbeton	434	kg CO ₂ e/m ³
Steinblöcke, quadrig	43	kg CO ₂ e/t
Steinplatten	398	kg CO ₂ e/m ³
Straße mit 16cm Asphalttrag- und deckschicht, exkl. Pflaster, Borde, Rinnen	80	kg CO ₂ e/m ²
Straße mit 20cm Asphalttrag- und deckschicht, exkl. Pflaster, Borde, Rinnen	91	kg CO ₂ e/m ²
Straßenbau - Pflaster, Borde, Rinnen (Beton)	292	kg CO ₂ e/m ³
Strom	0,4	kg CO ₂ e/kWh
Transport (Straße)	0,1	kg CO ₂ e/tkm
Wasserbausteine	22	kg CO ₂ e/t

VI. KENNZAHLEN FÜR FRÜHE PLANUNGSSTADIEN

In nachfolgender Tabelle sind für eine erste grobe Analyse und überschlägige Berechnungen Kennzahlen für die unterschiedlichen baulichen Anlagen abgeleitet. Es handelt sich um Mittelwerte, die aus den Grundwerten zu den oben ausführlich beschriebenen unterschiedlichen wasserbaulichen Anlagen abgeleitet wurden. Sie enthalten somit ausschließlich die obligatorischen Baumaßnahmen und eingesetzten Materialmengen. Erforderliche Infrastrukturmaßnahmen wie Kabeltrassen sind nicht enthalten und sind auch hier ggf. durch die modularen Kennzahlen (S. 20 ff., Kap. V.) zu ergänzen.

		Wert	Einheit	Bei einer Lebensdauer von
Dämme	4 m hoch, 28 m breit	34	kg CO ₂ e / (lfm*a)	90 a
	4 m hoch, 28 m breit (Spundwand Kerndichtung)	40	kg CO ₂ e / (lfm*a)	90 a
Umgehungsgerinne	Naturnahe Sohlengleite	45	kg CO ₂ e / (lfm*a)	50 a
	Technischer Fischpass „vertical slot“	58	kg CO ₂ e / (lfm*a)	80 a
Erdbau am Gewässer	Aufweitungen am Gewässer	16	kg CO ₂ e / (lfm*a)	50 a
Uferwände	Natursteinwände (3 m hoch)	19	kg CO ₂ e / (lfm*a)	50 a
	Stahlbetonwände (3 m hoch)	33	kg CO ₂ e / (lfm*a)	80 a
	Spundwände (3 m hoch)	32	kg CO ₂ e / (lfm*a)	70 a
Hochwasser-schutzmauern	Stahlbetonmauern (1 m hoch)	7,9	kg CO ₂ e / (lfm*a)	80 a
	Natursteinmauern (1 m hoch)	8,3	kg CO ₂ e / (lfm*a)	50 a
	Spundwände (1 m hoch)	8,6	kg CO ₂ e / (lfm*a)	70 a
Brücken und Durchlässe (auch Düker)	Straßenbrücke	1.450	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	80 a
	Aluminium Rad- / Fußgängerweg	580	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	80 a
	Straßendurchlass (näherungsweise auch für Düker anwendbar)	490	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	80 a
Auslassbauwerke Stauanlagen (ohne Dammbauwerk)	1-zügig und ungesteuert	2.400	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	90 a
	2-zügig und gesteuert	4.500	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	90 a
	Dammscharte aus Wasserbausteinen	1	kg CO ₂ e / (m ² *a)	90 a
Wehre	Regulierwehre mit beweglichen Verschlüssen	2.500	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	80 a
Pump- und Schöpfwerke	3 m ³ /s Förderleistung	27.300	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	50 a
Brunnen /-galerien	Einzelbrunnen 80 l/s Förderleistung	1.100	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	50 a
	Sickergalerie 200 m Sickerleitung	3.300	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	50 a
	Sickergalerie 500 m Sickerleitung	7.700	kg CO ₂ e / (Stk.*a)	50 a

VII. VERFAHRENSABLAUF GEMÄSS ARBEITSHILFE

Die Arbeitshilfe wird im Folgenden anhand zweier bereits umgesetzter Praxisbeispiele exemplarisch angewendet. Dabei wird das schrittweise Vorgehen zur Ermittlung der finalen Kenngröße dargestellt. Hierbei wird auf die Leistungsphase der Vorplanung (HOAI Leistungsphase 2) abgestellt. Zudem müssen fachlich gleichwertige Varianten vorliegen, die gegeneinander abgewogen werden.

Zur Ermittlung des Schattenpreises empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

1. Auswahl des geeigneten Bauwerkstyps (ggf. mehrere)
2. Auswahl der naheliegendsten Variante des Bauwerkstyps anhand der naheliegendsten Geometrie bzw. anderer Spezifika; wenn keine Variante genau passt, Auswahl mehrerer Varianten zur Inter- oder Extrapolation
3. Ggf. Auswahl zusätzlicher, nicht im Grundwert enthaltener Maßnahmen
 - a. aus dem jeweiligen Steckbrief
 - b. aus der Liste modularer Positionen (z.B. Strommenge für den Betrieb)Falls diese Positionen mehrfach im Lebensweg des Bauwerks benötigt werden, müssen die Mengen entsprechend multipliziert werden. Die Werte aus der Liste modularer Kennzahlen müssen durch die Lebensdauer des Bauwerks geteilt werden. Die Werte aus den Steckbriefen sind bereits auf die Lebensdauer des betreffenden Bauwerks bezogen.
4. Addition der CO₂e-Werte aus Steckbrief und Liste modularer Positionen zum Grundwert
5. Ggf. Inter- bzw. Extrapolation der berechneten Werte und Skalierung auf geplante Bauwerkslänge bzw. -anzahl
6. Ggf. Addition der berechneten CO₂e-Werte mehrerer Bauwerkstypen, die im Rahmen einer Baumaßnahme anfallen
7. Berechnung des CO₂-Schattenpreises durch Multiplikation der CO₂e-Werte mit dem Schattenpreis von aktuell 201 € / t CO₂e (Achtung: Umrechnung von kg CO₂e in t CO₂e notwendig)
8. Addition des CO₂-Schattenpreises zu den Kosten des Bauwerks bzw. der Maßnahme. Die in die Kostenbilanzierung einzubeziehenden Kosten sind die Herstellungskosten (inkl. Mehrwertsteuer sowie pauschal die Baunebenkosten), die Reinvestitionskosten (siehe unterschiedliche Nutzungsdauern der einzelnen Bauteile) sowie die Unterhaltungskosten. Diese Kosten sind mit dem CO₂-Schattenpreis zu Gesamtkosten zu verknüpfen, die in die Kostenbewertung im Variantenvergleich einfließen.
9. Gegenüberstellung der Gesamtkosten (Kosten des Bauwerks bzw. der Maßnahme plus CO₂-Schattenpreis) der fachlich gleichwertigen Varianten.

VII. VERFAHRENSABLAUF GEMÄSS ARBEITSHILFE

ANWENDUNGSBEISPIEL DAMMBAU

Dem Beispiel liegen für die Variante Erdbau reale Planungsdaten (Büro Wald +Corbe) der Maßnahme Damm M3, Ubstadt-Weiher zugrunde. Die Variante Stahlbetonwand wurde aus diesen Daten abgeleitet, um im letzten Schritt ein Beispiel für einen Variantenvergleich aufzeigen zu können.

Für den Damm M3, Ubstadt-Weiher gelten folgende Randbedingungen:

- Mittlere Dammhöhe: 2,3 m
- Dammlänge: 300 m
- Kosten: 9.700 € / a

Vorgehen:

1. Das geeignete Bauwerk ist Bauwerk Nr. 1 „Dämme“.
2. Der Steckbrief enthält keine Variante mit 2,3 m Dammhöhe, weshalb die Varianten mit 2 m bzw. 4 m Dammhöhe zur Interpolation gewählt werden.
3. Es sind keine zusätzlichen Maßnahmen bekannt.
4. Die CO₂e-Werte für die beiden gewählten Dammvarianten sind:
 - a. 15 kg CO₂e / (lfm*a) bei 2 m Dammhöhe
 - b. 31 kg CO₂e / (lfm*a) bei 4 m DammhöheOhne zusätzliche Maßnahmen ist keine Addition weiterer Werte erforderlich.
5. Lineare Interpolation ergibt: 17,4 kg CO₂e / (lfm*a) bei 2,3 m Dammhöhe.
Bei 300 m Damm ergibt dies 5.220 kg CO₂e bzw. 5,22 t CO₂e / a. Bei 90 a Nutzungsdauer werden insgesamt 469,8 t CO₂e verursacht. Um eine Vergleichbarkeit verschiedener Alternativen mit unterschiedlichen Nutzungsdauern zu gewährleisten, wird in den folgenden Punkten weiter mit Bezug auf ein Jahr gerechnet.
6. Keine Addition erforderlich, da nur ein Bauwerkstyp (Damm) gebaut wird.
7. Multiplikation mit 201 € / t CO₂e ergibt 1.049,22 € / a.
8. Die Gesamtkosten des Damms inkl. Schattenpreis betragen 10.749,22 € / a.

Als fiktive Alternative wird eine Hochwasserschutzmauer als Stahlbetonmauer mit den gleichen Abmessungen (2,3 m Höhe, 300 m Länge) gewählt. Die Kosten der Stahlbetonmauer betragen 23.000 € / a.

VII. VERFAHRENSABLAUF GEMÄSS ARBEITSHILFE

Vorgehen:

1. Das geeignete Bauwerk ist Nr. 5 „Hochwasserschutzmauern“ in der Ausführung als Stahlbetonmauer.
2. Der Steckbrief enthält keine Variante mit 2,3 m Höhe, weshalb die Varianten mit 1 m bzw. 1,5 m Höhe zur Extrapolation gewählt werden.
3. Es sind keine zusätzlichen Maßnahmen bekannt.
4. Die CO₂e-Werte für die beiden gewählten Stahlbetonmauern sind:
 - a. 7,9 kg CO₂e / (lfm*a) bei 1 m Höhe
 - b. 10,2 kg CO₂e / (lfm*a) bei 1,5 m HöheOhne zusätzliche Maßnahmen ist keine Addition weiterer Werte erforderlich.
5. Lineare Extrapolation ergibt: 13,88 kg CO₂e / (lfm*a) bei 2,3 m Höhe.
Bei 300 m Mauer ergibt dies 4.164 kg CO₂e / a bzw. 4,164 t CO₂e / a. Bei 80 a Nutzungsdauer werden insgesamt 333,12 t CO₂e verursacht. Um eine Vergleichbarkeit verschiedener Alternativen mit unterschiedlichen Nutzungsdauern zu gewährleisten, wird in den folgenden Punkten weiter mit Bezug auf ein Jahr gerechnet.
6. Keine Addition erforderlich, da nur ein Bauwerkstyp (Hochwasserschutzmauer) gebaut wird.
7. Multiplikation mit 201 € / t CO₂e ergibt 836,96 € / a.
8. Die Gesamtkosten der Stahlbetonmauer inkl. Schattenpreis betragen 23.836,96 € / a.
9. Der Schattenpreis des Damms (1.049,22 €) liegt in diesem Anwendungsbeispiel über dem der Stahlbetonmauer (836,96 €). Aufgrund der hohen Kosten in der Herstellung der Stahlbetonmauer ist der Damm in Bezug auf die Gesamtkosten inkl. Schattenpreis (10.749,22 €) dennoch die wirtschaftlichere Alternative im Vergleich zur Stahlbetonmauer (23.836,96 €).

VII. VERFAHRENSABLAUF GEMÄSS ARBEITSHILFE

ANWENDUNGSBEISPIEL HOCHWASSERRÜCKHALTEBECKEN

Dem Beispiel liegen reale Planungsdaten (Büro Wald + Corbe) für das Hochwasserrückhaltebecken der Gemeinde Reichenbach an der Fils¹ zugrunde, das aus einer zweizügigen Hochwasserentlastungsanlage (HWEA) und einem Damm mit den folgenden Spezifikationen besteht:

- Mittlere Dammhöhe: 6 m
- Dammlänge: 100 m
- Lichte Weite der HWEA: 8,5 m
- Dammhöhe an der HWEA: 10 m

Hier soll exemplarisch der Schattenpreis pro Jahr ausgewiesen werden. Eine Addition zu den Kosten der Maßnahme sowie ein Variantenvergleich finden nicht statt. Ein Vergleich mit einer oder mehreren fachlich gleichwertigen Variante(n) würde anhand der Punkte 8. und 9. analog zum Anwendungsbeispiel Dammbau erfolgen.

Vorgehen:

1. Die geeigneten Bauwerke sind Nr. 1 „Dämme“ und Nr. 7 I „Einlauf- und Auslassbauwerke mit beweglichen Verschlüssen“.
2. Die Dammvariante mit 6 m Dammhöhe wird ausgewählt. Der Steckbrief enthält keine zweizügige HWEA-Variante mit 8,5 m lichter Weite und 10 m Dammhöhe an der HWEA, weshalb aus vier Varianten extrapoliert wird.
3. Es sind keine zusätzlichen Maßnahmen bekannt.
4. Der CO₂e-Wert für die gewählte Dammvariante ist 57 kg CO₂e / (lfm*a).
Die CO₂e-Werte für die zu extrapolierenden HWEA-Varianten sind:
 - a. 3.120 kg CO₂e / a bei 6 m lichter Weite und 3 m Dammhöhe
 - b. 4.790 kg CO₂e / a bei 6 m lichter Weite und 5 m Dammhöhe
 - c. 4.180 kg CO₂e / a bei 8 m lichter Weite und 3 m Dammhöhe
 - d. 5.880 kg CO₂e / a bei 8 m lichter Weite und 5 m DammhöheOhne zusätzliche Maßnahmen ist keine Addition weiterer Werte erforderlich.
5. Lineare Extrapolation auf 10 m Dammhöhe an der HWEA ergibt ca. 9.000 kg CO₂e / a (6 m lichte Weite) bzw. 10.100 kg CO₂e / a (8 m lichte Weite).
Ein weiterer Extrapolationsschritt ergibt 10.400 kg CO₂e / a bei 8,5 m lichter Weite und 10 m Dammhöhe an der HWEA. 100 m Damm ergeben 5.700 kg CO₂e / a.
6. Addition ergibt: 16.100 kg CO₂e / a bzw. 16,1 t CO₂e / a für die HWEA und 100 m Damm.
Bei 90 a Nutzungsdauer werden insgesamt ca. 1.450 t CO₂e verursacht.
7. Multiplikation mit 201 € / t CO₂e ergibt ca. 3.200 € / a.

Der Schattenpreis für diese Maßnahme beträgt ca. 3.200 € / a.

¹ Es handelt sich hierbei um ein kommunales Hochwasserrückhaltebecken, welches zur Veranschaulichung der CO₂-Schattenpreisberechnung beispielhaft gewählt wurde. Der CO₂-Schattenpreis findet aber gemäß CO₂-SP-VO lediglich bei Maßnahmen des Landes Anwendung, nicht bei kommunalen Maßnahmen.

VIII. HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZUR KENNZAHLENERMITTLUNG

Die Ermittlung der Kennzahlen erfolgte in Anlehnung an die Methode der Ökobilanzierung, orientiert an der DIN EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Diese Norm orientiert sich wiederum an den internationalen überschlägigen Ökobilanznormen DIN EN ISO 14040/44, die die Grundsätze und Anforderung zur Erstellung einer Ökobilanz festlegen. Da im Rahmen der Schattenpreisberechnung ausschließlich der Wirkungsindikator CO₂e berücksichtigt wird, kann nicht von einer Ökobilanzierung gemäß der o.g. Normen gesprochen werden, da im Rahmen einer Ökobilanzierung noch weitere Wirkungsindikatoren zu berücksichtigen wären.

LEBENSZYKLUSPHASEN:

Der Lebensweg eines Bauwerks wird nach DIN EN 15804 in die Module A-D unterteilt. Diese sind die Herstellung der Materialien und die Errichtung des Bauwerks (A1-A5), die Nutzungsphase bezogen auf die Bausubstanz (B1-B5) und auf den Betrieb des Bauwerks (B6-B7), die Entsorgungsphase (C1-C4) und Gutschriften für Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und/oder Recyclingpotenziale (D).

Die zur Berechnung der CO₂-Kennzahlen dieser Arbeitshilfe berücksichtigten Module nach DIN EN 15804 sind die folgenden:

- A1. Rohstoffgewinnung und -verarbeitung
- A2. Transport zum Hersteller
- A3. Herstellung
- A4. Transport zur Baustelle
- A5. Einbau der Materialien in das Bauwerk

- B1. Nutzung oder Anwendung des eingebauten Produkts bzw. Materials (i.d.R. fallen für Baumaterial, z.B. Schotter oder Dammschüttmaterial, während der Nutzung des Damms keine Emissionen an; nur der verbaute Beton nimmt über die Nutzungsdauer eine geringe Menge CO₂ auf)
- B4. Austausch, Ersatz bestimmter Bauteile (nicht alle Bauteile erreichen die gleiche Nutzungsdauer wie das Gesamtbauwerk, weshalb z.B. der mehrfache Austausch von Pumpen während der Nutzungsdauer eines Pumpwerks berücksichtigt ist; siehe auch nächster Abschnitt: "Berücksichtigung der Lebensdauern")

- C1. Rückbau, Abriss
- C2. Transport zur Abfallbehandlung
- C3. Abfallbehandlung zur Wiederverwendung, Rückgewinnung und/oder zum Recycling
- C4. Beseitigung (alternativ zu C3 oder jeweils teilweise berücksichtigt)

VIII. HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZUR KENNZAHLENERMITTLUNG

Nicht berücksichtigt sind die folgenden Lebensphasen:

- B2: Inspektion, Wartung, Reinigung (z.B. die Wartung von Pumpen während der Nutzungsdauer eines Pumpwerks oder das Mähen des Damms)
- B3: Reparatur (z.B. die Reparatur von Pumpen während der Nutzungsdauer eines Pumpwerks)
- B5: Verbesserung, Modernisierung (z.B. der Ersatz von Pumpen während der Nutzungsdauer eines Pumpwerks durch moderne Pumpen mit dem Ziel der Effizienzerhöhung)
- B6: Energieeinsatz für das Betreiben des Bauwerks (z.B. der Energieeinsatz zum Betreiben von Pumpen und gesteuerten Wehren)
- B7: Wassereinsatz für das Betreiben des Bauwerks (der Wassereinsatz ist in Bezug auf CO₂-Emissionen vernachlässigbar)
- D1: Gutschriften für Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und/oder Recyclingpotenziale

Diese sind zu variabel und/oder zu unsicher, um in die Berechnung des Schattenpreises mit einzugehen. Diese Module - z.B. die Lasten durch den Betrieb der Bauwerke mittels Strom oder Diesel (B6) - können bei konkreten Bauvorhaben modular hinzugerechnet werden.

BERÜCKSICHTIGUNG DER LEBENSDAUERN

Die Lebensdauern der Bauwerke sind von hoher Bedeutung, um bei der Berechnung der CO₂e-Werte eine Vergleichbarkeit zu schaffen. Da die Bauwerke unterschiedliche Lebensdauern haben, stellen sie ihre Leistung unterschiedlich lange zur Verfügung. Die Werte sind daher normiert auf ein Jahr angegeben. Hierdurch verringern sich relativ die CO₂e-Werte von Bauwerken, die länger halten. Andererseits ist über das Modul B4 (Austausch und Ersatz von Bauteilen und Material) auch eingerechnet, wenn bestimmte Bauteile im Verlauf der Lebensdauer (ggf. mehrfach) ausgewechselt werden müssen. Hierfür wurde gerundet. Wenn ein Pumpwerk 50 Jahre lang genutzt wird, die Nutzungsdauer einer Pumpe aber nur 15 Jahre beträgt, wird letztere im Verlauf der Nutzungsdauer des Pumpwerks ($50/15 = 3,33$, gerundet auf 3) dreimal benötigt. Die Daten beschreiben aktuelle Prozesse. Da keine belastbaren Daten für CO₂e-Emissionen zukünftiger Prozesse vorliegen, wurden auch für die Module B4 sowie C1-C4 auf Daten zur Gegenwart zurückgegriffen. Dies stellt mit hoher Sicherheit eine Überschätzung der CO₂e-Emissionen dar, was bei der Anwendung dieser Arbeitshilfe zu beachten ist.

VERWENDETE DATENBANKEN

Als Datengrundlage für die Berechnungen wurden überwiegend Daten aus der ÖKOBAUDAT verwendet. Diese stellt die Datensätze gem. der EN 15804+A2 zur Verfügung und wird vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen betreut. Wenn die Datensätze aus der ÖKOBAUDAT für die erforderlichen Berechnungen nicht ausreichten, wurde auf Datensätze der Datenbank Ecoinvent zur Berechnung zurückgegriffen, was für < 5 % der berechneten Faktoren der Fall war.

VIII. HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZUR KENNZAHLENERMITTLUNG

FESTLEGUNG DER BAUWERKSPARAMETER

Bei der Auswahl der Dimensionen der jeweiligen Bauwerke hinsichtlich ihrer Geometrien sowie der Auslegung eventueller installierter Maschinenleistungen wurde auf die gängigsten Dimensionen aus der Praxis zurückgegriffen.

Für die meisten Materialien und Bauteile wurde mit 50 km Transportdistanz zu und von der Bau-
maßnahme gerechnet. Dabei handelt es sich um eine Vereinfachung, da Transportdistanzen regional stark variieren können. Diese Unsicherheit ist bei der Anwendung dieser Arbeitshilfe zu berücksichtigen.