

DIN EN 17800



ICS 77.140.75; 91.140.60

Einsprüche bis 2022-01-26

Entwurf**Lebenszykluskosten (LCC) und Lebenszyklusanalyse (LCA) für
Rohrsysteme aus duktilem Eisen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17800:2021**

Life cycle cost (LCC) and Life cycle assessment (LCA) for ductile iron pipe systems;
German and English version prEN 17800:2021

Coût du cycle de vie (CCV) et analyse du cycle de vie (ACV) pour les systèmes de canalisations
en fonte ductile;
Version allemande et anglaise prEN 17800:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-11-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 62 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17800:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 203 „Gußeiserne Rohre, Formstücke und ihre Verbindungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-07-17 AA „Rohre und Rohrverbindungen aus Metall für Rohrleitungssysteme außerhalb von Gebäuden“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 24516-1 siehe DIN ISO 24516-1

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 24516-1, *Leitlinien für das Anlagenmanagement von Wasserversorgungs- und Abwassersystemen — Teil 1: Trinkwasserrohrnetze*

Titel de: Lebenszykluskosten (LCC) und Lebenszyklusanalyse (LCA) für
Rohrsysteme aus duktilem Eisen

Titel en: Life cycle cost (LCC) and Life cycle assessment (LCA) for ductile iron pipe
systems

Titel fr: Coût du cycle de vie (CCV) et analyse du cycle de vie (ACV) pour les
systèmes de canalisations en fonte ductile

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Grundkonzept der Lebenszykluskosten (LCC) von Rohrsystemen aus duktilem Gusseisen	7
4.1 Definition der Lebenszykluskosten.....	7
4.2 Berechnungsverfahren.....	8
5 Aufschlüsselung der Lebenszykluskosten	10
5.1 Anschaffungskosten	10
5.2 Betriebskosten.....	10
5.3 Wartungskosten	10
5.4 Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer	11
6 Grundkonzept der Ökobilanz (ÖB) von Rohrsystemen aus duktilem Gusseisen	11
6.1 Definition der Umwelt-Ökobilanz.....	11
6.2 Verfahren zur Berechnung der CO ₂ -Emissionen.....	12
6.3 Sonstige Auswirkungen.....	13
7 Aufschlüsselung der CO ₂ -Emissionen	13
7.1 CO ₂ -Emissionen in der Anschaffungsphase	13
7.2 CO ₂ -Emissionen in der Betriebsphase	14
7.3 CO ₂ -Emissionen in der Wartungsphase	14
7.4 CO ₂ -Emissionen in der Entsorgungsphase	15
8 Schlüsselfaktoren für die Evaluierung von LCC und ÖB	15
8.1 Referenz-Nutzungsdauer (RSL)	15
8.1.1 Allgemeines.....	15
8.1.2 RSL von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen.....	15
8.1.3 Nutzungsbedingungen.....	15
8.2 Funktionale Einheit (FU)	16
8.2.1 Allgemeines.....	16
8.2.2 FU von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen.....	16
8.2.3 Betriebssicherheitsbedingungen.....	16
8.3 Leckagestörung.....	17
9 Senkung von Lebenszykluskosten und Verbesserung der Ökobilanz in der Kreislaufwirtschaft.....	17
9.1 Allgemeines.....	17
9.2 Beständigkeit mechanischer Eigenschaften über die Zeit.....	18
9.3 Recyclingfähigkeit.....	18
9.4 Transportkapazität	18
9.5 Schutz von Böden	18
9.6 Sammeln von Anbohrarmaturen und Wiederverwendungsquote	18
9.7 Optimale Rohrwanddicke.....	19

10	Datenqualität.....	19
Anhang A (informativ) Kosten des Pumpenbetriebs und CO ₂ -Emissionen bei Pumpenbetrieb		20
A.1	Kosten des Pumpenbetriebs.....	20
A.2	Tägliche Pumparbeit.....	20
A.3	Energiehöhe (H).....	21
A.4	CO ₂ -Emissionen bei Pumpenbetrieb	22
Anhang B (informativ) LCC- und ÖB-Szenarien mit verschiedenen Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen		23
B.1	LCC-Szenario mit verschiedenen Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen	23
B.2	ÖB-Szenario mit verschiedenen Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen.....	24
Anhang C (informativ) Leckagestörungsrate von Rohren aus duktilem Gusseisen		26
C.1	Evaluierung von Wasserleckagen	26
C.2	Beispiel für die Leckagestörungsrate eines Rohrleitungsnetzes aus duktilem Gusseisen	27
C.2.1	Allgemeines.....	27
C.2.2	Beispiel aus Frankreich.....	27
C.2.3	Beispiel aus Deutschland	27
C.2.4	Beispiel aus Spanien.....	28
Literaturhinweise		29

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17800:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 203 „Gußeiserne Rohre, Formstücke und ihre Verbindungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Untersuchungen zu wirtschaftlichen Effekten und Umweltauswirkungen sind für Entscheidungsträger in Versorgungsunternehmen von Bedeutung, da sie Budgetfragen hinsichtlich akuter sowie langfristiger Bedürfnisse über die Anschaffungs-, Betriebs- und Wartungsphase sowie das geplante Ende der Lebensdauer hinweg gegeneinander abwägen. Für behördliche Stellen und Ingenieure, die Rohrleitungssysteme entwickeln, dienen die Lebenszykluskosten (LCC) und die Ökobilanz (ÖB) zum einen als Werkzeug bei der Untersuchung verschiedenartiger Szenarien zur Ermittlung einer für standortspezifische Bedingungen und gemeinschaftliche Werte geeigneten Lösung, zum anderen der Bereitstellung der für eine Unterstützung dieser Entscheidungen erforderlichen Daten. Auswirkungen auf die Kreislaufwirtschaft sollten ebenfalls betrachtet werden.

Der Zweck dieses Dokuments zu Rohrsystemen aus duktilem Gusseisen ist es, die Begriffe Lebenszykluskosten (LCC), Ökobilanz (ÖB), Referenz-Nutzungsdauer (RSL) und funktionale Einheit (FU) festzulegen und für LCC und ÖB jeweils objektive Methoden zu definieren, um Kunden und Anwender mit umfassender Kostenevaluierung, mit Sicherheitsanforderungen und Umweltkriterien bei der Optimierung von Rohrlösungen aus duktilem Gusseisen zu unterstützen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt das Evaluierungsverfahren für die Lebenszykluskosten (LCC) und die Ökobilanz (ÖB) von Rohren und Formstücken aus duktilem Gusseisen für die Wassernutzung fest.

Dieses Dokument enthält informative Anhänge mit einer Zusammenstellung von Referenzangaben, Konsensfaktoren und Szenarien mit verschiedenen Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Lebenszykluskosten

LCC, en: life cycle cost

Kosten einer Anlage im Verlauf ihres Lebenszyklus, während die Leistungsanforderungen erfüllt werden

3.2

Anschaffungskosten

alle Kosten, die beim Erwerb einer Anlage durch Kauf/Miete/Pacht oder bei der Beschaffung im Bauwesen entstehen; ausgenommen Kosten, die während der Nutzungs- oder Entsorgungsphase des Lebenszyklus der errichteten Anlage anfallen

3.3

Betriebskosten

gesamte laufende Kosten des Wassertransports, einschließlich der Kosten des Pumpenbetriebs

Anmerkung 1 zum Begriff: Betriebskosten könnten den Mietpreis/Pachtzins, Steuerabgaben, Versicherungsbeiträge, Energiekosten und sonstige Kosten für Umwelt-/behördliche Prüfungen umfassen.

3.4

Wartungskosten

Gesamtheit der Arbeits-, Material- und sonstigen zugehörigen Kosten, die bei der Wartung von Rohrleitungen entstehen

3.5

Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer

Gesamtheit der Kosten oder Gebühren für die Entsorgung einer Anlage am Ende ihrer *Nutzungsdauer* (3.8) oder der Zinsperiode, einschließlich der Kosten der Rohrleitungsdemontage und Abfallbeseitigung, und der Erträge aus der stofflichen Verwertung

3.6

Analysezeitraum

Zeitspanne, über die *Lebenszykluskosten* (3.1) oder Gesamtnutzungskosten analysiert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Analysezeitraum wird vom Kunden festgelegt.

3.7

funktionale Einheit

FU, en: functional unit

Art und Weise, wie die identifizierten Funktionen oder Qualitätscharakteristika des Produkts quantifiziert werden

[QUELLE: EN 15804]

3.8

Referenz-Nutzungsdauer

RSL, en: reference service life

Nutzungsdauer, die unter der Annahme von bestimmten Nutzungsbedingungen, z. B. Standardnutzungsbedingungen, für ein Bauprodukt zu erwarten ist, und die die Grundlage für die Abschätzung der Nutzungsdauer unter anderen Nutzungsbedingungen bilden kann

[QUELLE: EN 15804]

3.9

Restwert

Wert, der einer Anlage am Ende des *Analysezeitraums* (3.6) zugeschrieben wird

3.10

Abzinsungssatz

Faktor oder Satz zur Ermittlung des Zeitwerts des Geldes, der verwendet wird, um den Wert von Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgen, auf einen gemeinsamen Zeitpunkt umzurechnen

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies kann verwendet werden, um zukünftige Wertgrößen in Gegenwartswerte umzurechnen und umgekehrt.

3.11

Leckagestörungsrate

Anzahl der Schäden am Rohrkörper oder der Wasserleckagen je Längeneinheit Rohrleitung

3.12

Nennweite

DN

alphanumerische Bezeichnung der Größe für Bauteile in einem Rohrleitungssystem, zur Verwendung für Referenzzwecke, die die Buchstaben DN umfasst, gefolgt von einer dimensionslosen ganzen Zahl, die indirekt mit der physikalischen Größe der Bohrung oder dem Außendurchmesser der Anschlüsse, ausgedrückt in Millimetern, in Beziehung steht

[QUELLE: EN 545]

4 Grundkonzept der Lebenszykluskosten (LCC) von Rohrsystemen aus duktilem Gusseisen

4.1 Definition der Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten werden nach Gleichung (1) als Summe aus den Anschaffungskosten, den Betriebskosten (z. B. Stromkosten für den Pumpenbetrieb), den Wartungskosten (z. B. Leckagekosten) sowie den Kosten oder Erträgen am Ende der Lebensdauer berechnet. In B.1 sind LCC-Szenarien mit zwei verschiedenen Rohrleitungen dargestellt.

$$C_L = C_A + C_O + C_M + C_E \quad (1)$$

- C_L die Lebenszykluskosten;
- C_A die Anschaffungskosten; umfasst die Kosten für das Material der Rohre und Formstücke, Baukosten und Planungs-/Untersuchungskosten;
- C_O die Betriebskosten; umfasst die Kosten des Pumpenbetriebs;
- C_M die Wartungskosten; umfasst die Leckagekosten, Reparaturkosten usw.;
- C_E die Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer; umfasst die Kosten der Abfallbeseitigung und den Ertrag aus dem Recycling.

4.2 Berechnungsverfahren

Die Lebenszykluskosten werden nach Gleichung (2) bis Gleichung (4) durch Aufsummieren aller Kosten eines Analysezeitraums berechnet. Zukünftige Kosten werden mittels eines Abzinsungssatzes in ihren Gegenwartswert umgerechnet. In Fällen, in denen der Evaluierungszeitraum nicht genau einem Vielfachen der Nutzungsdauer entspricht, wird der Restwert von den Lebenszykluskosten abgezogen.

Fall 1 $t_n < t_m$

$$C_L = C_A + \sum_{t=1}^{t_n} \left(\frac{C_{O,t} + C_{M,t}}{(1+r)^t} \right) - \frac{C_A \times (t_m - t_n)/t_m}{(1+r)^{t_n}} \quad (2)$$

Fall 2 $t_n = t_m$

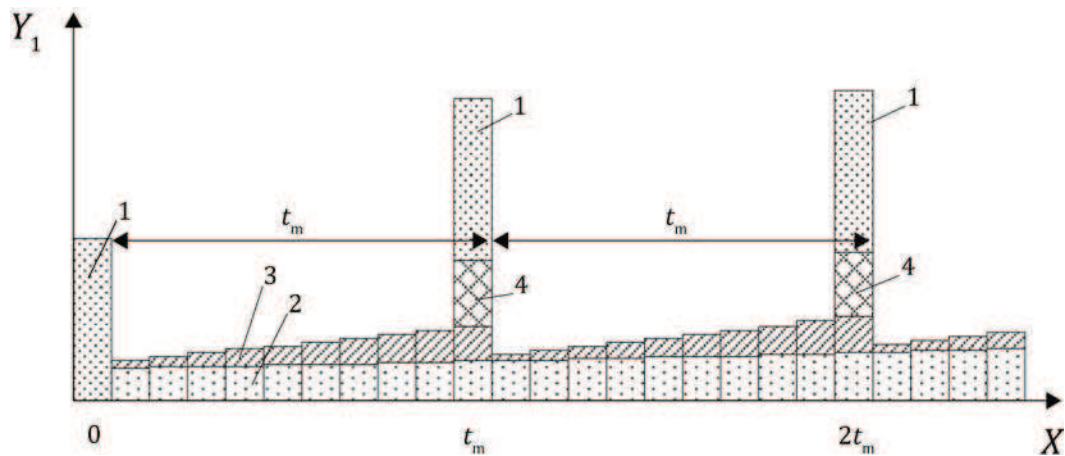
$$C_L = C_A + \sum_{t=1}^{t_m} \left(\frac{C_{O,t} + C_{M,t}}{(1+r)^t} \right) + \frac{C_E}{(1+r)^{t_m}} \quad (3)$$

Fall 3 $t_m < t_n < 2 \times t_m$

$$C_L = C_A + \frac{C_A}{(1+r)^{t_m}} + \sum_{t=1}^{t_n} \left(\frac{C_{O,t} + C_{M,t}}{(1+r)^t} \right) + \frac{C_E}{(1+r)^{t_m}} - \frac{C_A \times (2 \times t_m - t_n)/t_m}{(1+r)^{t_n}} \quad (4)$$

Dabei ist

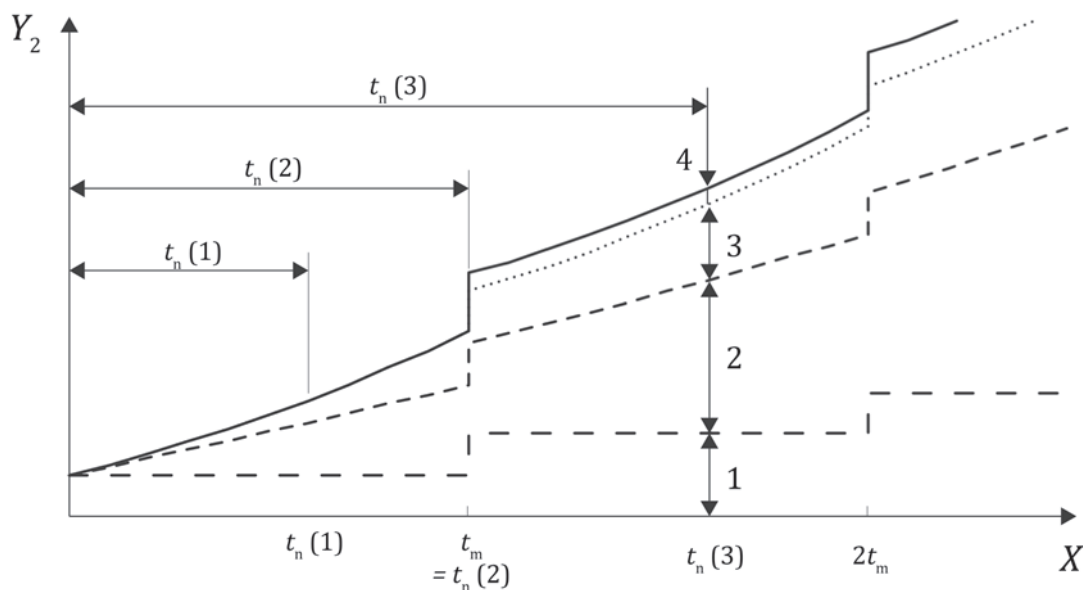
- C_L die Lebenszykluskosten;
- t die Zeit, in Jahren;
- t_n der Analysezeitraum;
- t_m die Nutzungsdauer;
- C_A die Anschaffungskosten;
- $C_{O,t}$ die Betriebskosten im t -ten Jahr;
- $C_{M,t}$ die Wartungskosten im t -ten Jahr;
- C_E die Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer;
- r der Abzinsungssatz.



Legende

- 1 Anschaffungskosten
- 2 Betriebskosten
- 3 Wartungskosten
- 4 Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer
- X Zeit, in Jahren
- Y_1 Kosten
- Y_2 LCC

Bild 1 — Kosten je Jahr



Legende

- 1 Anschaffungskosten
- 2 Betriebskosten
- 3 Wartungskosten
- 4 Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer
- X Zeit, in Jahren
- Y_1 Kosten
- Y_2 LCC

Bild 2 — Über die Nutzungsdauer kumulierte Kosten

5 Aufschlüsselung der Lebenszykluskosten

5.1 Anschaffungskosten

Die Anschaffungskosten werden nach Gleichung (5) als Summe aus den Kosten für das Material der Rohre, den Baukosten und den Planungs-/Untersuchungskosten berechnet.

$$C_A = A_P + A_C + A_D \quad (5)$$

Dabei ist

C_A die Anschaffungskosten;

A_P die Kosten für das Material der Rohre und Formstücke;

A_C die Baukosten (Kosten der Rohrverlegung, Kosten für Grabenaushub und -verfüllung usw.);

A_D die Planungs- und Untersuchungskosten (alle dem Projekt dienlichen Untersuchungen).

5.2 Betriebskosten

Die jährlichen Betriebskosten werden nach Gleichung (6) als Kosten des Pumpenbetriebs (z. B. Stromkosten für den Pumpenbetrieb) berechnet. Einzelheiten der Berechnung der Kosten des Pumpenbetriebs sind in Anhang A dargestellt.

$$C_{O,t} = O_{P,t} \quad (6)$$

Dabei ist

$C_{O,t}$ die Betriebskosten im t -ten Jahr;

$O_{P,t}$ die Kosten des Pumpenbetriebs im t -ten Jahr.

5.3 Wartungskosten

Die jährlichen Wartungskosten werden nach Gleichung (7) als Summe aus den Leckagekosten, Kosten der Leckortung, Reparaturkosten und sonstigen Wartungskosten berechnet.

$$C_{M,t} = M_{L,t} + M_{D,t} + M_{R,t} + M_{O,t} \quad (7)$$

Dabei ist

$C_{M,t}$ die Wartungskosten im t -ten Jahr;

$M_{L,t}$ die Leckagekosten (Kosten durch Wasserverluste) im t -ten Jahr;

$M_{D,t}$ die Kosten der Leckortung im t -ten Jahr;

$M_{R,t}$ die Reparaturkosten im t -ten Jahr;

$M_{O,t}$ die sonstigen Wartungskosten im t -ten Jahr.

Die jährlichen Leckagekosten werden nach Gleichung (8) als Summe der Kosten durch den Wasserverlust berechnet, der aufgrund von Leckagen und durch die Rohrleitungsreinigung bei Schadensereignissen auftritt.

$$M_{L,t} = D_R \times P_L \times (L_V + V_C) \times U_P \quad (8)$$

Dabei ist

D_R die Schadensrate, in Anzahl der Störungen je Kilometer je Jahr;

P_L die Gesamtlänge der Rohrleitung, in km;

L_V das Volumen der Wasserleckage, in Kubikmetern je Störung;

V_C das für die Reinigung erforderliche Wasservolumen, in Kubikmetern je Störung;

U_P der Einheitspreis der Wasserversorgung, in Währungseinheiten je Kubikmeter.

5.4 Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer

Die Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer werden nach Gleichung (9) als Summe aus den Kosten der Rohrleitungsdemontage und den Kosten der Abfallbeseitigung abzüglich der Erträge aus der stofflichen Verwertung berechnet.

$$C_E = E_P + E_W - E_R \quad (9)$$

Dabei ist

C_E die Kosten oder Erträge am Ende der Lebensdauer;

E_P die Kosten der Rohrleitungsdemontage;

E_W die Abfallbeseitigungskosten;

E_R die Erträge aus der stofflichen Verwertung.

Es wird davon ausgegangen, dass eine stoffliche Verwertung nur bei Rohren aus duktilem Gusseisen anwendbar ist.

6 Grundkonzept der Ökobilanz (ÖB) von Rohrsystemen aus duktilem Gusseisen

6.1 Definition der Umwelt-Ökobilanz

Die Umwelt-Ökobilanzierung ist eine Methode zur Bewertung von Umweltauswirkungen über alle Phasen des Produktlebenszyklus und der Nutzungsdauer. Die mit dem Verbrauch von Naturgütern oder Energie und mit der Abfallbeseitigung zusammenhängende Umweltauswirkung kann quantitativ als Menge der CO₂-Emissionen geschätzt werden.

Die gesamten CO₂-Emissionen werden nach Gleichung (10) als Gesamtmenge der CO₂-Emissionen über alle Lebenszyklusphasen, wie Anschaffungs-, Betriebs-, Wartungs- und Entsorgungsphase, berechnet.

$$E_T = E_A + E_O + E_M + E_E \quad (10)$$

Dabei ist

E_T die gesamten CO₂-Emissionen über alle Lebenszyklusphasen;

E_A die CO₂-Emissionen in der Anschaffungsphase;

E_O die CO₂-Emissionen in der Betriebsphase;

E_M die CO₂-Emissionen in der Wartungsphase;

E_E die CO₂-Emissionen in der Entsorgungsphase.

6.2 Verfahren zur Berechnung der CO₂-Emissionen

Die Gesamtmenge der CO₂-Emissionen wird nach Gleichung (11) bis Gleichung (13) durch Aufsummieren aller CO₂-Emissionen in einem Analysezeitraum berechnet.

Fall 1 $t_n < t_m$

$$E_T = E_A + \sum_{t=1}^{t_n} (E_{O,t} + E_{M,t}) \quad (11)$$

Fall 2 $t_n = t_m$

$$E_T = E_A + \sum_{t=1}^{t_n} (E_{O,t} + E_{M,t}) + E_E \quad (12)$$

Fall 3 $t_m < t_n < 2 \times t_m$

$$E_T = 2 \times E_A + \sum_{t=1}^{t_n} (E_{O,t} + E_{M,t}) + E_E \quad (13)$$

Dabei ist

E_T die gesamten CO₂-Emissionen;

t die Zeit, in Jahren;

t_n der Analysezeitraum;

t_m die Nutzungsdauer;

E_A die CO₂-Emissionen in der Anschaffungsphase;

$E_{O,t}$ die CO₂-Emissionen in der Betriebsphase im t-ten Jahr;

$E_{M,t}$ die CO₂-Emissionen in der Wartungsphase im t-ten Jahr;

E_E die CO₂-Emissionen in der Entsorgungsphase.

6.3 Sonstige Auswirkungen

Die Umweltauswirkung kann auch nach anderen Kategorien evaluiert werden, die nachstehend aufgeführt sind. Diese Kategorien fallen nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm.

Auswirkung auf die Umwelt:

- Klimawandel;
- Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzung;
- Ozonabbau;
- Eutrophierung;
- Versauerung;
- Verringerung der biologischen Diversität.

Auswirkung auf die menschliche Gesundheit:

- Freisetzung gefährlicher Stoffe;
- Smogbildung.

Auswirkung auf den Verbrauch von Naturgütern:

- Erschöpfung von Naturgütern.

7 Aufschlüsselung der CO₂-Emissionen

7.1 CO₂-Emissionen in der Anschaffungsphase

Die CO₂-Emissionen in der Anschaffungsphase werden nach Gleichung (14) als Summe der bei der Rohrherstellung und der Herstellung des Baumaterials, durch den Betrieb von Baumaschinen, den Transport und die Regenerationsbehandlung von Bodenaushub erzeugten CO₂-Emissionen berechnet.

$$E_A = E_{AP} + E_{AC} + E_{AO} + E_{AT} + E_{AR} \quad (14)$$

Dabei ist

- E_A die CO₂-Emissionen in der Anschaffungsphase;
- E_{AP} die CO₂-Emissionen bei der Rohrherstellung (Rohstoffbeschaffung, Transport zum Werk, Fertigung usw.). Die Berechnungsmethodik für CO₂-Emissionen muss das Altmetallrecycling als Teil der Herstellung von Rohren aus duktilem Gusseisen berücksichtigen. Daten dazu sind von den Herstellern oder aus anerkannten öffentlichen oder privaten Datenbanken erhältlich;
- E_{AC} die CO₂-Emissionen bei der Herstellung des Baumaterials (Asphaltbeläge, Straßenbettung, Sand usw.);

E_{AO} die CO₂-Emissionen beim Betrieb von Baumaschinen zur Rohrverlegung (Verlegung von Rohren und Absperrarmaturen mittels Kran, Zerkleinern und Verladen von vorhandenen Straßenbelägen mittels Bagger, Ausheben und Verladen von Bodenmaterial mittels Bagger, Verfüllen mittels Bagger, Verdichtung mittels Stampfer, Straßenbettung mittels Stampfer oder Vibrationswalze, Asphaltarbeiten mittels Vibrationswalze oder Rüttelstampfer usw.);

E_{AT} die CO₂-Emissionen bei dem Transport von Baumaterial, Bodenaushub, Material zur Bodenverbesserung und Bauabfällen;

E_{AR} die CO₂-Emissionen bei der Regenerationsbehandlung von Bodenaushub.

7.2 CO₂-Emissionen in der Betriebsphase

Die jährlichen CO₂-Emissionen in der Betriebsphase werden nach Gleichung (15) als Summe der CO₂-Emissionen aus dem Pumpenbetrieb berechnet.

$$E_{O,t} = E_{OP,t} \quad (15)$$

Dabei ist

$E_{O,t}$ die CO₂-Emissionen in der Betriebsphase im t-ten Jahr;

$E_{OP,t}$ die CO₂-Emissionen bei Pumpenbetrieb im t-ten Jahr.

In Anhang B (informativ) wird der generell relativ hohe Anteil der CO₂-Emissionen in der Betriebsphase dargestellt.

7.3 CO₂-Emissionen in der Wartungsphase

Die jährlichen CO₂-Emissionen in der Wartungsphase werden nach Gleichung (16) als Summe der aufgrund von Leckagen, während des Betriebs von Maschinen zur Wartung, durch die Herstellung von Rekultivierungsmaterial und während des Betriebs von Maschinen zur Rekultivierung erzeugten CO₂-Emissionen berechnet.

$$E_{M,t} = E_{ML,t} + E_{MM,t} + E_{MP,t} + E_{MR,t} \quad (16)$$

Dabei ist

$E_{M,t}$ die CO₂-Emissionen in der Wartungsphase im t-ten Jahr;

$E_{ML,t}$ die CO₂-Emissionen bei Leckagen im t-ten Jahr;

$E_{MM,t}$ die CO₂-Emissionen bei Betrieb von Maschinen zur Wartung (Inspektion, Entwässerung, Waschen usw.) im t-ten Jahr;

$E_{MP,t}$ die CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Rekultivierungsmaterial im t-ten Jahr;

$E_{MR,t}$ die CO₂-Emissionen bei Betrieb von Maschinen für Rekultivierungsarbeiten im t-ten Jahr.

7.4 CO₂-Emissionen in der Entsorgungsphase

Die CO₂-Emissionen in der Entsorgungsphase werden nach Gleichung (17) als Summe der CO₂-Emissionen bei Betrieb von Maschinen zur Demontage vorhandener Rohrleitungen, zur Beseitigung von Bauabfällen, zum Transport von Baumaterial und anderem Material abzüglich eines Minderungseffekts bei einem Recycling berechnet.

$$E_E = E_{EM} + E_{EC} + E_{ET} - E_{ER} \quad (17)$$

Dabei ist

- E_E die CO₂-Emissionen in der Entsorgungsphase;
- E_{EM} die CO₂-Emissionen bei Betrieb von Maschinen zur Demontage vorhandener Rohrleitungen;
- E_{EC} die CO₂-Emissionen bei Beseitigung von Bauabfällen;
- E_{ET} die CO₂-Emissionen bei Transport von Baumaterial, Baumaschinen, Bodenaushub und Bauabfällen;
- E_{ER} der Effekt der Minderung der CO₂-Emissionen bei Wiederverwendung ausgegrabener Rohre als Rohstoffe.

Es wird davon ausgegangen, dass eine stoffliche Verwertung nur bei Rohren aus duktilem Gusseisen anwendbar ist.

8 Schlüsselfaktoren für die Evaluierung von LCC und ÖB

8.1 Referenz-Nutzungsdauer (RSL)

8.1.1 Allgemeines

Die Referenz-Nutzungsdauer (RSL) eines Bauprodukts ist die Nutzungsdauer, die unter der Annahme von bestimmten Nutzungsbedingungen zu erwarten ist und die die Grundlage für die Abschätzung der Nutzungsdauer unter anderen Nutzungsbedingungen bilden darf.

8.1.2 RSL von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen

Die RSL einer Rohrleitung aus duktilem Gusseisen ist von den Eigenschaften der Rohre aus duktilem Gusseisen und von den Referenz-Nutzungsbedingungen abhängig. Dabei werden die Bestandteile einer Rohrleitung aus duktilem Gusseisen, d. h. das Material der Rohre und Formstücke, Auskleidungen und Beschichtungen sowie Installationszubehör (Gummidichtungen, Schrauben usw.) berücksichtigt.

Bei Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen wird üblicherweise eine RSL von 100 Jahren akzeptiert. Eine solche RSL ist auf die deklarierten, in 8.1.3 angegebenen Nutzungsbedingungen bezogen.

Die erwartete Nutzungsdauer kann unter Einbezug der örtlichen Umweltgegebenheiten (Hydrogeologie, Betriebsart usw.) sowie der Art der Rohrbeschichtung und -auskleidung durch Verkürzen oder Verlängern der RSL vorhergesagt werden (siehe [10], [8], [17]).

8.1.3 Nutzungsbedingungen

Die RSL von Rohren aus duktilem Gusseisen gilt unter den folgenden Nutzungsbedingungen einschließlich quantitativer und qualitativer Daten, wie in EN 15804 empfohlen.

Tabelle 1 — Technische Daten des Rohres

technische Daten des Rohres	nach EN 545
geeignete Auslegungsvorschriften	nach EN 805 und Empfehlungen des Herstellers
Einbaubedingungen	nach EN 545, Anhang F und Empfehlungen des Herstellers
Einbauumgebung; Korrosivität des Bodens, bei geeigneten äußeren Beschichtungen	nach EN 545, Anhang D
durchgeleitete Flüssigkeit: Aggressivität des Wassers bei geeigneten Innenauskleidungen	nach EN 545, Anhang E
typische Nutzungsbedingungen	Einhaltung des Versorgungsdrucks
Wartungsbedingungen	gelegentlich

8.2 Funktionale Einheit (FU)

8.2.1 Allgemeines

Die funktionale Einheit eines Bauprodukts ist definiert als die Art und Weise, wie die identifizierten Funktionen oder Qualitätscharakteristika des Produkts quantifiziert werden.

8.2.2 FU von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen

Bei der Verwendung von Rohren, um Wasser zu leiten, wird die funktionale Einheit von Rohrleitungen aus duktilem Gusseisen wie folgt definiert: „Transport von Wasser in 1 m der Rohrleitung aus duktilem Gusseisen bei einem gegebenen Durchmesser* und einer Fließgeschwindigkeit von 1 m/s sowie einem Versorgungsdruck P_s während einer Dauer von 100 Jahren (RSL) unter den angegebenen Betriebssicherheitsbedingungen.

* Wenn möglich, sollte der hydraulische (funktionale) Durchmesser unter Berücksichtigung aller Aspekte verwendet werden, die den Wasserdurchfluss durch die gesamte Rohrleitung beeinflussen können.

8.2.3 Betriebssicherheitsbedingungen

Die folgenden Betriebssicherheitsbedingungen können vom Anwender einer Rohrleitung aus duktilem Gusseisen üblicherweise als während der Referenz-Nutzungsdauer im Betrieb erwartete Leistung (qualitativ und quantitativ) angesehen werden:

- Beständigkeit gegen Druckstoß (EN 545, Anhang A);
- Beständigkeit gegen Unterdruck (Rohrsteifigkeit und Dichtheit der Rohrverbindungen);
- Beständigkeit gegen Bodenbewegung (Beweglichkeit der Rohrverbindungen, Längsbiegung des Rohres usw.);
- Beständigkeit gegen Belastungen von außen (Oberflächen-, Verkehrslasten usw.);
- Beständigkeit gegen Schläge oder Stöße während des Transports und des Einbaus (duktiler Gusseisenmaterial, Beschichtungen);

- Beständigkeit gegen Wurzeldurchdringung;
- Aufrechterhaltung der Wasserbeschaffenheit;
- Diffusionsdichtheit (bei kontaminiertem Boden).

Je nach den örtlichen Gegebenheiten können sonstige Betriebsbedingungen ebenfalls als elementar angesehen werden (Risiko für Anschläge, Vandalismus, Beschädigung durch Tiere, Frostbeständigkeit, Feuerbeständigkeit usw.).

8.3 Leckagestörung

Rohre aus Gusseisen fanden bereits in der Vergangenheit breite Anwendung in Europa und in Industrieländern. Der Übergang von Grauguss zu duktilem Gusseisen begann 1950 und war 1970 vollzogen. Zudem begannen China und Indien in den 1990er Jahren damit, Rohre aus duktilem Gusseisen bei der Errichtung ihrer umfangreichen wasserwirtschaftlichen Infrastruktur zu verwenden. Parallel dazu wurden bei Muffenrohren aus duktilem Gusseisen die Elastomerdichtung für die Aufschiebemuffe (anstelle der Bleidichtung), die Zementmörtel-Auskleidung gegen aggressives Wasser sowie die zinkbasierte Außenbeschichtung gegen korrosive Böden eingeführt, was heute den Grundtyp nach EN 545 darstellt.

In den letzten Jahren gab es weltweit sehr deutliche Entwicklungen bei Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Rohrleitungsnetzen und zur Dauerhaftigkeit von Rohrwerkstoffen mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit von Wasserleitungsinfrastrukturen zu verbessern sowie Umweltauswirkung, Effizienz und Kosten in einem beherrschbaren Rahmen zu halten.

Zur Information von Anwendern wurden einige Beispiele in der Literatur veröffentlicht, und in Anhang C (informativ) ist die tatsächliche Leistung von Rohrleitungsnetzen aus duktilem Gusseisen aufgezeigt. Die ausgewählten Beispiele beziehen sich auf Länder, in denen ähnliche Produkttypen auf der Grundlage von ISO- und EN-Normen (die ähnlich sind) zum Einsatz kommen. Es wurde lediglich das Kriterium der Anzahl der Störungen je Jahr und Kilometer beibehalten.

ANMERKUNG Bei der Beschäftigung mit diesen Untersuchungen sollte besonderes Augenmerk auf ihren jeweiligen Kontext gelegt werden: Unterscheidung zwischen Grauguss und duktilem Gusseisen sowie Berücksichtigung von Schutzbeschichtungen, Betriebsart der Wasserversorgungsnetze und Erneuerungsstrategie.

9 Senkung von Lebenszykluskosten und Verbesserung der Ökobilanz in der Kreislaufwirtschaft

9.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beruht auf den Inhalten von BS 8001:2017 „Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations — Guide“. [11]

„Das Konzept einer Kreislaufwirtschaft setzt sich in der Wirtschaft mehr und mehr durch, da viele Organisationen erkennen, dass das traditionelle, lineare Wirtschaftsmodell im Sinne von „Entnehmen, Produzieren, Nutzen und Entsorgen“ (ressourcenverbrauchendes Prinzip „cradle to grave“) möglicherweise an seine Grenzen gelangt und die Verfügbarkeit kostengünstiger, leicht erschließbarer Rohstoffe und Energie nicht länger als selbstverständlich vorausgesetzt werden kann... Ressourceneffizienz ist ein weit gefasster Sammelbegriff zur Beschreibung von Bemühungen zur Verringerung der gesamten Umweltauswirkungen des Verbrauchs und der Herstellung von Produkten bzw. der Erbringung von Dienstleistungen, von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Verwendung und Entsorgung. Im Zusammenhang mit Werkstoffen geht es um die effiziente Nutzung von Materialien, die Abfallvermeidung und -verringerung sowie die Begrenzung von Umweltschäden und der Verknappung von Naturgütern...