

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 230-2

**Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung – Teil 2: Motivation
und Vorgehen zur Erstellung von CO₂e-Bilanzen**

Oktober 2022

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 230-2

Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung – Teil 2: Motivation
und Vorgehen zur Erstellung von CO₂e-Bilanzen

Oktober 2022

Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2022

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-96862-520-1 (Print)

978-3-96862-521-8 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Merkblatts darf vorbehaltlich der gesetzlich erlaubten Nutzungen ohne schriftliche Genehmigung der Herausgeberin in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Merkblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

Vorwort

Der Klimawandel wird mittlerweile als das dringendste, ja sogar als ein existenzielles Umweltproblem wahrgenommen. Auf wissenschaftlicher Ebene liegen eine Vielzahl von Veröffentlichungen mit Fakten und Empfehlungen vor. Handlungsbedarf besteht – zumindest erkennt dies eine Mehrheit der Fachleute an – aber für die betriebliche Praxis in der Siedlungswasserwirtschaft liegen kaum Handreichungen und Hinweise über die Relevanz der abwasserbürtigen klimarelevanten Emissionsquellen und ihre Beeinflussbarkeit vor.

Wir, die Mitglieder der DWA-Arbeitsgruppe KA-6.7 „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung“, wollen diese Lücke zwischen Erkenntnis über den Handlungsbedarf und bisher nur zaghafter Aktion schließen, indem wir

- die Grundlagen des Themenfeldes in übersichtlicher Form darstellen,
- zeigen, wo im System der Abwasserentsorgung relevante Quellen von Treibhausgasen existieren, und
- die Methoden der Bilanzierung in einer handhabbaren Weise aufzeigen.

In ihrem **Arbeitsbericht „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserreinigung“** (DWA 2017) hat die 2014 neu gegründete Arbeitsgruppe DWA-AG KA-6.7 einen ersten Überblick über verschiedene relevante Aspekte von Treibhausgas-Emissionen in der Abwasserwirtschaft gegeben. In dem vorliegenden **Merkblatt** werden zur Unterstützung in der praktischen Umsetzung nun zwei Teilbereiche konkretisiert:

- **Teil 1 „Direkte Treibhausgas-Emissionen – Messen und Bewerten“:** Mit THG-Emissionen wird die Gesamtheit des Ausstoßes solcher Gase bezeichnet, die in der Atmosphäre zum Treibhauseffekt beitragen. Die unter dem Kyoto-Protokoll 1997 und in der Ergänzung reglementierten Treibhausgase sind: Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas/Distickstoffmonoxid (N_2O), Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid (SF_6) und später ergänzt Stickstofftrifluorid (NF_3). Aufgrund der Komplexität der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren und Prozesse bei Entstehung und Emission klimaschädlicher Gase bei der Abwasserableitung und -behandlung bestehen erhebliche Unsicherheiten bei der Emissionsabschätzung. Ziel des Teils 1 ist es daher, die Betreiber abwassertechnischer Anlagen in die Lage zu versetzen, für die in der Wasserwirtschaft relevanten Klimagase Methan und Lachgas Emissionsdaten für spezifische Anlagen (oder Anlagenbereiche) zu erheben, ihre Relevanz einzuschätzen und gegebenenfalls Maßnahmen zur Reduzierung zu veranlassen. Daneben unterstützt das Merkblatt das Verständnis für die Sensitivitäten verschiedener Einflussfaktoren auf die Treibhausgasbildung und -emission und damit die Bewertung von Verfahrensvarianten bei Planung und Betrieb.
- **Teil 2 „Motivation und Vorgehen zur Erstellung von CO_2e -Bilanzen“:** Zur Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Verminderung von THG-Emissionen aus anthropogenen Quellen ist die Erstellung von Bilanzen erforderlich. Für die Bewertung von Verfahren und betrieblichen Maßnahmen haben sich in den letzten Jahren Methoden durchgesetzt, die die Summe der CO_2 -Äquivalente (CO_2e) als Kennwert für die THG-Emissionen berücksichtigen (LCA, CO_2e -Footprint, THG-Potenzial etc.). Grundlage der Bilanzierung bildet hierbei zum einen die Bewertung der unterschiedlichen Gase in Bezug auf ihre Klimaschädlichkeit, die mittels übergeordnet festgelegter gasspezifischer Gewichtungsfaktoren („*Global Warming Potential*“, GWP) in CO_2 -Äquivalenten (CO_2e) angegeben wird. Zum anderen muss die Massenermittlung der emittierten Gase im Betrachtungsraum prozess- und fragestellungsspezifisch erfolgen, sodass der Druck zur Bereitstellung von belastbaren Kennzahlen zur Einordnung der CO_2e -Emissionen gesamter Betriebsbereiche als Eingangsgröße zum Beispiel für übergeordnete Planungen (Stichwort klimaneutrale Stadt, Klimaziele Deutschland etc.) zunimmt. Der zweite Teil des Merkblatts fokussiert daher neben einer Klärung der verwendeten Begrifflichkeiten und gesetzlich/normativen Vorgaben auf der Beschreibung des Vorgehens zur Aufstellung von CO_2e -Bilanzen. Hierzu gehört ein Überblick über relevante Eingangsparameter und Datenbanken ebenso wie Hinweise zur Wahl des Bilanzraums und Berechnung verfahrensspezifischer CO_2e -Footprints (Methodik und Sensitivitäten).

Die Abwasserwirtschaft stellt, gemessen an Wirtschaftskraft, Energieverbrauch oder Beschäftigtenzahl, zwar „nur“ zwischen 0,5 % bis 1 % der gesamten deutschen Wirtschaft dar. In der gleichen Größe emittiert sie aber auch direkte Treibhausgase. Somit ist sie, bzw. sind die dort beschäftigten Fachleute, ebenso verantwortlich für den Erfolg der CO₂-Emissionsminderung wie jeder andere Wirtschaftsbereich und wie jeder Einwohner auch.

Wir hoffen, mit den im vorliegenden Merkblatt zusammengetragenen Informationen einen kleinen Beitrag geliefert zu haben, Sie in ihren Bemühungen hierbei zu unterstützen.

In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich, wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Kein Vorgängerdokument

DWA-Klimakennung

Im Rahmen der DWA-Klimastrategie werden Arbeits- und Merkblätter mit einer Klimakennung ausgezeichnet. Über diese Klimakennung können Anwendende des DWA-Regelwerks schnell und einfach erkennen, in welcher Intensität sich eine technische Regel mit dem Thema Klimaanpassung und Klimaschutz auseinandersetzt. Kosten- und Umweltaspekte werden im vorliegenden Merkblatt nicht im Detail behandelt. Es werden nur Methoden zur Erhebung der direkten THG-Emission und CO₂e-Bilanzierung beschrieben. Damit hat das Merkblatt eine hohe Relevanz zum Klimaschutz und wird im Zuge der Klimakennung des DWA-Regelwerks als sehr relevant für den Klimaschutz KS2 eingestuft. Die Bilanzierung der THG hat keine Schnittstelle zur Klimaanpassung und wird daher als nicht relevant eingestuft (KA0). Das vorliegende Merkblatt wurde wie folgt eingestuft:

KA0 = Das Merkblatt hat keinen Bezug zur Klimaanpassung

KS2 = Das Merkblatt hat direkten Bezug zu Klimaschutzparametern

Einzelheiten zur Ableitung der Bewertungskriterien sind im „Leitfaden zur Einführung der Klimakennung im DWA-Regelwerk“ erläutert, der online unter www.dwa.de/klimakennung verfügbar ist.

Verfasserinnen und Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe KA-6.7 „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Kommunale Abwasserbehandlung“ im DWA-Fachausschuss KA-6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe KA-6.7 „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung“ gehören folgende Mitglieder an:

BEIER, Maike	Dr.-Ing., Hannover (Sprecherin)
KLEIMANN, Jörn	Dipl.-Ing., Köln (stellv. Sprecher)
MAUER, Christian	Dr.-Ing., Essen
PFEIFFER, Ekkehard	Dipl.-Ing., Dipl.-Wirt. Ing., Essen
SCHMUCK, Sebastian	Dr.-Ing., Essen
SCHNEIDER, Yvonne	Dr.-Ing., Essen
UHLENHUT, Frank	Priv.-Doz. Dr. rer. nat. habil., Emden
WEILBEER, Julia	Dr.-Ing., Hettingen
WICHT, Hartmut	Dr.-Ing., Rossdorf

Als Gast hat mitgewirkt:

FREYSCHMIDT, Arne	M.Sc. Hannover
-------------------	----------------

Dem DWA-Fachausschuss KA-6 „Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren“ gehören folgende Mitglieder an:

TEICHGRÄBER, Burkhard	Prof. Dr.-Ing., Essen (Obmann)
BEIER, Maike	Dr.-Ing., Hannover (stellv. Obfrau)
ALEX, Jens	Dr.-Ing., Magdeburg
ALT, Klaus-Stephan	Dipl.-Ing., Düsseldorf
ETTL, Marina	Dr. rer. nat., Dülmen
JARDIN, Norbert	Prof. Dr.-Ing., Essen
KELLER, Steffen	Dipl.-Ing., Berlin
KOLISCH, Gerd	Dr.-Ing., Wuppertal
KÜHN, Volker	Dr.-Ing., Dresden
MEDA, Alessandro	Dr.-Ing., Leonberg
MORCK, Tobias	Prof. Dr.-Ing., Kassel
MORGENROTH, Eberhard	Prof. Dr.-Ing., Zürich (Schweiz)
PINNEKAMP, Johannes	Univ.-Prof. Dr.-Ing., Aachen
SCHREFF, Dieter	Dr.-Ing., Miesbach
SVARDAL, Karl	Ass.-Prof. Dr. techn., Wien (Österreich)
WAGNER, Martin	Prof. Dr.-Ing. habil., Darmstadt
WICHERN, Marc	Prof. Dr.-Ing. habil., Bochum

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

WILHELM, Christian	Dr.-Ing., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
--------------------	--

Inhalt

Vorwort	3
Verfasserinnen und Verfasser	5
Bilderverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	7
Hinweis für die Benutzung	8
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Verweisungen	9
3 Abkürzungen	10
4 Gesetzliche und normative Vorgaben	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Gesetzliche Grundlagen für eine Berichtspflicht	11
4.3 Gesetzliche Grundlagen für den Handel mit Emissionen bzw. Emissionszertifikaten	14
4.4 Normative Grundlagen für die Erstellung von Bilanzen	14
5 Vorstellung möglicher Methoden der Bilanzierung	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Anwendung des „Global Warming Potential“ in der Bilanzierung	17
5.3 Anforderung an die Methode der CO ₂ e-Bilanzierung	18
5.4 CO ₂ e-Bilanz auf den normativen Vorgaben der vollständigen Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040	20
5.5 CO ₂ e-Bilanz auf Organisationsebene nach DIN EN ISO 14064	22
5.6 „Carbon Footprint“ von Produkten nach DIN EN ISO 14067	22
6 Spezifische CO₂e-Bilanzierung in der Siedlungswasserwirtschaft	24
6.1 Motivation der CO ₂ e-Bilanzierung in der Abwasserbehandlung	24
6.2 Vorgehen in der Siedlungswasserwirtschaft	25
6.3 Bilanzrahmen	26
6.4 Bezugsgrößen (Funktionelle Einheit)	28
6.5 Lebenszyklusphasen	29
7 Berechnungsgrundlagen der Emissionsermittlung	30
7.1 Eingangswerte der Anlagenbereiche	30
7.1.1 Kanalnetz	30
7.1.2 Abwasserreinigung	30
7.1.3 Schlammbehandlung	31
7.1.4 Schlammentsorgung	32
7.2 Direkte Emissionen	33
7.3 Faktoren der indirekten Emissionen	34
Quellen und Literaturhinweise	36

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Scopes nach dem GHG Protocol (in Anlehnung an WWF & CDP 2014)	19
Bild 2:	Rahmen einer Ökobilanz in Anlehnung an DIN EN ISO 14040 (2020)	20
Bild 3:	Übersicht über die Anforderungen gemäß DIN EN ISO 14064 ff.	23
Bild 4:	Faktoren und ihre Ermittlung bei der Erstellung von CO ₂ e-Emissionen aus Kläranlagen.....	26
Bild 5:	Systemgrenzen zur Ermittlung des „Carbon Footprints“ einer kommunalen Kläranlage.....	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abkürzungen.....	10
Tabelle 2:	Übersicht der zu berücksichtigenden Emissionsquellen in der PAS 2050 nach STICHNOTE (2009)	15
Tabelle 3:	GWP-Werte und mittlere Verweilzeit der für den Bereich der Abwasserbehandlung relevanten Gase.....	18
Tabelle 4:	Beispielhafte Verteilung der THG-Emissionen von Kläranlagen auf die verschiedenen Lebenszyklusabschnitte Bau-Betrieb-Rückbau.....	29
Tabelle 5:	Direkte THG-Emissionen bei der Abwasserreinigung nach Verfahrensstufen	33
Tabelle 6:	CO ₂ -Äquivalente für ausgesuchte Energieträger, Betriebsmittel und Abfälle	35

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

Jeder Person steht die Anwendung des Merkblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Merkblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

Einleitung

In Anbetracht der fortschreitenden globalen Erwärmung und der in allen Bereichen notwendigen Anstrengungen zur Erreichung der Klimaziele ergibt sich zunehmend die Anforderung an die Abwasserwirtschaft, neben dem Schutz der (lokalen) Gewässer auch medienübergreifende ökologische Auswirkungen bei der Planung und dem Betrieb von Anlagen zu berücksichtigen. Die gängige Bewertungsgröße für Klimarelevanz sind hierbei die freigesetzten CO₂-Äquivalente (CO₂e). In der Abwasserwirtschaft lag der Fokus zunächst (sicherlich auch aus ökonomischen Gründen) auf der Verringerung der CO₂e-Emissionen, die sich aus dem Energieverbrauch ergeben. Um dem Auftrag der Daseinsvorsorge gerecht zu werden, greift diese Fokussierung auf Energie allerdings zu kurz. Für das Klima von Bedeutung sind auch andere Quellen der Abwasserentsorgung wie zum Beispiel die direkten Treibhausgasemissionen oder die CO₂e-Emissionen durch Herstellung von Bauteilen oder Verbrauchsmaterialien.

Bei Planung und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen ist die Bewertung der Klimarelevanz von Maßnahmen daher auf diese auszuweiten. Dadurch können Zielkonflikte entstehen wie zum Beispiel Energieeinsparung durch Reduzierung der Belüftung versus gegebenenfalls erhöhte N₂O-Bildung durch zu niedrige O₂-Konzentrationen während der Nitrifikation. Planende und Betreiber sind hier herausgefordert, ein Gesamtoptimum im Sinne der „Besten verfügbaren Technik“ (BVT) zu finden (Pareto-Optimum), wie es in anderen Branchen schon üblich ist.

Zugegebenermaßen sind die Wirkzusammenhänge komplex. Dieses Merkblatt versucht daher, den in der Praxis tätigen Fachleuten bei der Aufstellung einer CO₂e-Bilanz zu unterstützen, die die Grundlage für Entscheidungen zu Minderungsmaßnahmen werden sollte.

1 Anwendungsbereich

Der zweite Teil der Merkblattreihe DWA-M 230 erläutert zunächst gesetzliche und weitere normative Vorgaben und Regelungen zur Notwendigkeit und Aufstellung von CO₂e-Bilanzen. Dabei ist zu beachten, dass die Begriffe der CO₂-Bilanz und des Carbon-Footprints national und international lange Zeit nicht einheitlich definiert waren. Je nach Anwendungsfall und zu bilanzierender Branche wurden beispielsweise nur CO₂-Emissionen oder aber die gesamten Treibhausgas-Emissionen berücksichtigt. In Deutschland definiert inzwischen das „Memorandum Product Carbon Footprint“, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, dem Umweltbundesamt und dem Öko-Institut e. V. herausgegeben wurde, den „Carbon-Footprint“ (GRIEBHAMMER & HOCHFELD 2009).

Im Gegensatz zum „Carbon-Footprint“ ist der Begriff der CO₂e-Bilanz ebenso wie die zugehörigen methodischen Ansätze jedoch nach wie vor nicht einheitlich geregelt. Der Bilanzraum sowie der Betrachtungszeitraum sind somit je nach Anwendungsfall selbst zu definieren. So ist es bei Variantenvergleichen zum Beispiel nicht zwingend erforderlich, alle Lebenszyklusphasen zu berücksichtigen, sofern aus Vergleichsstudien bekannt ist, dass diese Phasen im Vergleich zum eigentlichen Prozess einen nur unwesentlichen Beitrag zur Gesamtbilanz liefern. Entsprechend ist es ein weiteres Ziel des vorliegenden zweiten Teils, eine an die Bedürfnisse der Siedlungswasserwirtschaft angepasste planmäßige Vorgehensweise zur Erstellung einer CO₂e-Bilanz für verschiedene Anwendungsfälle zu definieren, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Dabei sind verschiedene Anwendungsziele der Bilanzierung zu berücksichtigen (Berichtspflichten, Verfahrensbewertung, Variantenvergleich etc.). Die planmäßige Vorgehensweise wird im Merkblatt ausführlich erläutert. Es werden wesentliche Eingangsdaten und Parameter beschrieben.

Hinweise zur Umsetzung und Anwendung der weitergehenden LCA („Life Cycle Assessment“) können zum Beispiel dem „Best Practice Guide“ der „IWA Task Group on LCA“ entnommen werden (COROMINAS et al. 2020).

2 Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Merkblatt teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Merkblatts erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN ISO 14040, *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen*

DIN EN ISO 14044, *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen*

DIN EN ISO 14064-1, *Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene*

DIN EN ISO 14064-2, *Treibhausgase – Teil 2: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung, Überwachung und Berichterstattung von Reduktionen der Treibhausgasemissionen oder Steigerungen des Entzugs von Treibhausgasen auf Projektebene*

DIN EN ISO 14064-3, *Treibhausgase – Teil 3: Spezifikation mit Anleitung zur Validierung und Verifizierung von Erklärungen über Treibhausgase*

DIN EN ISO 14067, *Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung*

DWA-A 216, *Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen. Arbeitsblatt*

PAS 2050, *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*

3 Abkürzungen

Tabelle 1: Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BISKO	Bilanzierungs-Systematik Kommunal
BNB	Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen
BVT	Beste verfügbare Technik
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	CO ₂ -Äquivalente
CSR	engl. <i>Corporate Social Responsibility</i> ; gesellschaftliche Unternehmensverantwortung
CSRD	engl. <i>Corporate Sustainability Reporting Directive</i>
EGW	Einwohnergleichwert in Einwohner (E)
EMAS	engl. <i>Eco-Management and Audit Scheme</i>
EPD	engl. <i>Environmental Product Declaration</i> ; Umwelt-Produktdeklaration
EW	Einwohnerwert in Einwohner (E)
FKW	engl. <i>HydroFluoroCarbons</i> ; Fluorkohlenwasserstoffe (FKW)
GEMIS	Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme
GHG	engl. <i>Greenhouse Gas Protocol</i> ; Treibhausgasprotokoll
GWP	engl. <i>Global Warming Potential</i> (auch: <i>Greenhouse Warming Potential</i>); Treibhauspotenzial
H-FKW	Halogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
IPCC	engl. <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> ; Weltklimarat
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LCA	engl. <i>Life Cycle Assessment</i> ; Lebenszyklusanalyse
N ₂ O	Distickstoffmonoxid, Lachgas
NF ₃	Stickstofftrifluorid
PFC	engl. <i>PerFluoroCarbons</i> ; Perfluorkohlenwasserstoffe
ProBas	Prozessorientierte Basisdaten (für Umweltmanagement-Instrumente)

Tabelle 1 (Ende)

Abkürzung	Erläuterung
PRTR	engl. <i>Pollutant Release and Transfer Register</i> ; Schadstofffreisetzungs- und Verbringungsregister
SF ₆	Schwefelhexafluorid
TEHG	Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz
THG	Treibhausgase
WBCSD	engl. <i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WRI	engl. <i>World Resources Institute</i>

4 Gesetzliche und normative Vorgaben

4.1 Allgemeines

Die Treibhausgasproblematik ist keiner Fachgesetzgebung unterworfen, sondern ein Querschnittsthema, das viele Rechtsbereiche berührt. Auch Umweltschutzmaßnahmen bedingen in der Regel einen Aufwand an Ressourcen und Energie, also auch Treibhausgas-Emissionen. Somit kann es naturgemäß keine generelle Vorschrift zur Begrenzung von Treibhausgasen geben, es handelt sich immer um eine Abwägung zur Findung eines Optimums: Fortschrittliche Abwasserbehandlung bei minimalem Treibhausgasausstoß. Derzeit gibt es kein zentrales Gesetz, in dem Pflichten von Anlagenbetreibern identifiziert werden können. Es finden sich nur eine Reihe von Vorschriften und Obliegenheiten, welche aber nur in geringem Maße mit normativer Bindungswirkung verbunden sind. Der Betreiber steht bei all seinen Entscheidungen zu Bau oder Betrieb von Abwasseranlagen vor einer Abwägung und einer Identifizierung des Optimums für die zur Rede stehende Periode. Das ist in der Regel die Nutzungsdauer der Anlage. Das verbleibende Zeitfenster zur Minderung der Treibhausgase ist für Deutschland gesetzlich festgelegt und inzwischen kürzer als der übliche Nutzungszeitraum. Daher muss sich auch ohne branchenspezifische Gesetze jeder Betreiber von Abwasseranlagen über bestehende Regelungen informieren und für seinen Verantwortungsbereich Lösungen finden, die das Thema Treibhausgase angemessen berücksichtigen. Nachfolgend werden einige relevante Richtlinien, Gesetze und Vorgaben benannt und kurz erläutert.

4.2 Gesetzliche Grundlagen für eine Berichtspflicht

Im Folgenden werden die gesetzlichen Grundlagen auf europäischer, nationaler, bundeslandspezifischer oder kommunaler Ebene kurz umrissen, aus denen Betreiber von Abwasseranlagen berichtspflichtig in Bezug auf klimarelevante Emissionen werden können.

Pollutant Release and Transfer Register (PRTR)

Das internationale Übereinkommen über das PRTR ist in Deutschland mit dem „Gesetz zu dem Protokoll vom 21. Mai 2003 über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister vom 13. April 2007“ (SchadRegProtAG) umgesetzt worden. Kläranlagen über 100.000 Einwohnerequivalente (EGW) melden ihre Emissionen von CO₂, N₂O und Methan, wenn die zugehörigen Schwellenwerte überschritten werden. Da zum einen die Schwellenwerte sehr hoch sind (CO₂ 100.000 t/a), zum anderen bei der Ermittlung große Handlungsfreiheit gelassen wird (Messung, Schätzung, Berechnung aus Literaturwerten), ist diese Datensammlung zur Abschätzung der Relevanz nicht belastbar.

CSR-Richtlinie 2014/95/EU

(Richtlinie 2014/95/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 zur Änderung der Richtlinie 2013/34/EU, *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD))

Diese Richtlinie ist auf europäischer Ebene im Hinblick auf die Angabe nicht finanzieller und die Diversität betreffende Informationen durch bestimmte große Unternehmen und Gruppen relevant. Hierunter fallen die Umweltbeeinflussung aus dem unternehmerischen Handeln und insbesondere auch die klimarelevanten Emissionen.

Mit dem Umsetzungsgesetz vom 11.04.2017 (BGBl. I Nr. 20 vom 18.04.2017) übernahm Deutschland die Richtlinie 2014/95/EU in deutsches Recht:

CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz

(Gesetz vom 11. April 2017 zur Stärkung der nichtfinanziellen Berichterstattung der Unternehmen in ihren Lage- und Konzernlageberichten)

Sie verpflichtet große Unternehmen (Kapitalgesellschaften und kapitalmarktorientierte Kapitalgesellschaften sowie Banken und Versicherungen mit mehr als 500 Mitarbeitern bzw. einer Bilanzsumme > 20 Mio. € bzw. Umsatzerlösen > 40 Mio. €/a) zur Berichterstattung über nicht finanzielle Belange, wie der Umwelt. Somit sind die meisten Abwasserunternehmen in Deutschland aufgrund ihrer kommunalen kleinteiligen Organisationsform in der Regel noch nicht berichtspflichtig. Aufgrund der Umweltrelevanz der Abwasserwirtschaft ist eine Befassung mit dem Thema und Implementierung in Unternehmensstrategie und Berichtswesen zu empfehlen.

Novellierung der CSRD

Am 21. April 2021 hat die Europäische Kommission ihren Vorschlag zur Novellierung der CSR-Richtlinie vorgelegt (Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinien 2013/34/EU, 2004/109/EG und 2006/43/EG und der Verordnung (EU) Nr. 537/2014. Der Rat der Europäischen Union veröffentlichte am 18. Februar 2022 einen Änderungsentwurf zu dem Vorschlag der Novellierung der CSR-Richtlinie.

Mit der Novellierung wird eine Ausweitung der zur Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichteten Unternehmen angestrebt. Nach dem Änderungsvorschlag sollen zukünftig große Unternehmen (mind. 2 der 3 folgenden Größenmerkmale müssen erfüllt sein: A) Bilanzsumme > 20. Mio. €, B) Nettoumsatzerlöse > 40. Mio. €; C) durchschnittliche Anzahl der Beschäftigten > 250), sowie kapitalmarktorientierte kleine und mittlere Unternehmen (mind. 2 der 3 folgenden Größenmerkmale müssen erfüllt sein: A) Bilanzsumme > 0,35 Mio. €; B) Nettoumsatzerlöse > 0,7 Mio. €; C) durchschnittliche Anzahl der Beschäftigten > 10) zur Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichtet werden. Die Nachhaltigkeitsberichterstattung soll zukünftig anhand einheitlicher Standards (für KMU in Umfang und Komplexität angepasster Standard) erfolgen. Die Berichterstattung zu den Nachhaltigkeitsaspekten soll zukünftig in einem eigenen Abschnitt des Lageberichts enthalten sein. So sind künftig Pläne des Unternehmens zu berichten, die sicherstellen, dass das Geschäftsmodell mit dem 1,5 °C-Ziel vereinbar ist.

Wasserrecht

Die für die Wasserwirtschaft zentralen Vorschriften Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Abwasserverordnung (AbwV) geben keine harten Standards vor. In die jeweils jüngsten Novellen sind allerdings Belange des Klimaschutzes eingeflossen

- WHG § 6 Abs. 1 Satz 2 „[...] dabei sind mögliche Verlagerungen nachteiliger Auswirkungen von einem Schutzgut auf ein anderes sowie die Erfordernisse des Klimaschutzes zu berücksichtigen“,
- AbwV § 3 Abs. 2 keine Verlagerung von Belastungen in andere Umweltmedien wie Luft,
- AbwV § 3 Abs. 2a Forderung nach Energieeffizienz.

In den Landeswassergesetzen der Bundesländer finden sich zum Teil Hinweise und Regelungen zum Klimaschutz. Seit 2016 können in NRW auch aus Mitteln der Abwasserabgabe im Rahmen des Förderprogramms „Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung in NRW“ Maßnahmen zur Energieminimierung von Abwasseranlagen gefördert werden. Im Rahmen der Aufstellung von Abwasserbeseitigungskonzepten können Klimaschutzmaßnahmen und Klimaanpassungsmaßnahmen gebührenrechtlich umlagefähig sein. Dies ermöglicht eine bessere Einbeziehung insbesondere auch kleinerer kommunaler Abwasserentsorger in die Minderung von klimarelevanten Emissionen im Abwassersektor.

Klimaschutzgesetze des Bundes und der Länder

Deutscher Bundestag und Bundesrat haben im Dezember 2019 das Bundes-Klimaschutzgesetz verabschiedet. Es trat zum 1. Januar 2020 in Kraft und legt das Ziel der Emissionsminderung bis 2030 um 55 Prozent gesetzlich fest.

Hierin werden für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Land- und Forstwirtschaft sowie Abfallwirtschaft jährlich sinkende Jahresemissionsgrenzen festgelegt. Erfüllt ein Sektor seine gesetzlich vorgesehenen Ziele nicht, muss das zuständige Ministerium innerhalb von drei Monaten ein Sofortprogramm vorlegen.

Vor einem Beschluss der Bundesregierung über Maßnahmen zur Nachsteuerung prüft ein Expertenrat die zugrundeliegenden Annahmen. Auf dieser Grundlage entscheidet die Bundesregierung, welche Maßnahmen sie ergreifen wird, um die Emissionsminderung in den Sektoren und damit das Klimaziel weiterhin zu erreichen.

Das am 23. Januar 2013 verabschiedete Klimaschutzgesetz NRW war das erste Gesetz zum Schutz des Klimas in Deutschland. Es sieht vor, die Gesamtsumme der Treibhausgas-Emissionen in NRW – gemessen am Niveau von 1990 – bis 2020 um mindestens 25 % zu reduzieren, bis 2050 um mindestens 80 %. Die anderen Bundesländer haben sukzessive auch Klimaschutzgesetze oder ähnliche normative Festlegungen in den Folgejahren eingeführt. Die jeweiligen Regelungen weichen voneinander ab, so dass hier die Rahmenbedingungen in NRW beschrieben werden.

NRW war damit das erste deutsche Bundesland, das sich konkrete Ziele für die Reduktion von Treibhausgasen setzt. Bundesweit nimmt es damit eine Vorreiterrolle im Klimaschutz ein. Gleichzeitig ist die Anpassung an die Folgen des Klimawandels als „Klimaschutzziel“ im Gesetz verankert. Der Klimaschutzplan ist die „Road Map“ für die Ausgestaltung des Klimaschutzgesetzes in NRW und das zentrale Instrument, um die NRW-Klimaschutzziele zu erreichen. Im Klimaschutzplan werden dazu konkrete Strategien und Einzelmaßnahmen festgelegt.

Bilanzierungs-Systematik Kommunal (BISK0)

Viele Kommunen in Deutschland und weltweit haben sich zu Einsparzielen im THG-Ausstoß verpflichtet. Der Nachweis einer erfolgreichen Einsparung erfordert eine THG-Berichterstattung und -bilanzierung. Aufgrund der Vielfalt der möglichen Bilanzierungsmethoden ist ein Standard wünschenswert. Daher hat das Bundesumweltministerium eine Systematik entwickeln lassen, die 2016 veröffentlicht wurde (HERTLE et al. 2019). Es besteht keine gesetzliche Pflicht zur Anwendung dieser Systematik. Die Bundesregierung macht seine Anwendung allerdings mittlerweile zur Auflage bei der Vergabe von Fördermitteln. Für Abwasserbetriebe besteht in der Regel eine Mitwirkungspflicht, da die meisten Kommunen selbst Kläranlagen betreiben oder Mitglied in einem Abwasserverband sind, der die Kläranlage betreibt. Betrachtet werden Emissionen aus der Energieerzeugung und -verwendung, deren Daten meist gut verfügbar sind. Zu den Emissionen vor- und nachgelagerter Aktivitäten erfolgen nur qualitative Abfragen zur Unternehmenspolitik.

4.3 Gesetzliche Grundlagen für den Handel mit Emissionen bzw. Emissionszertifikaten

Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG)

Das TEHG setzt die Vorgaben des europäischen Emissionshandels in deutsches Recht um. Das Gesetz ist die Grundlage für die Einführung eines Handels mit in der Endstufe kostenpflichtigen Berechtigungen zur Freisetzung von Treibhausgasen für bestimmte Tätigkeiten. Als betroffene Tätigkeiten werden große Verbrennungsanlagen (Kraftwerke) und bestimmte industrielle Herstellungsprozesse mit großer THG-Wirkung genannt. Für die Abwasserwirtschaft fallen erdgas- oder heizölbetriebene Motoren oder Kessel nicht darunter, solange sie die Schwelle von 20 MW Feuerungswärmeleistung nicht erreichen. Anlagen, die Faulgas verbrennen sind grundsätzlich ausgenommen, auch Zünd- oder Stützfeuerung mit fossilen Brennstoffen sind hier unschädlich. Der Ausstoß von Methan oder Lachgas im Rahmen der Abwasserreinigung unterliegt nicht dem Gesetz. Somit ist das TEHG in der Regel für Kläranlagen nicht einschlägig.

Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)

Das BEHG vom 20.12.2019, geändert am 03.11.2020, erweitert im Rahmen des nationalen Emissionshandels die Anwendung einer CO₂-Bepreisung deutlich über das TEHG hinaus. Die Berechtigungen zum Ausstoß von CO₂ heißen hier Zertifikate. Das Gesetz findet nicht auf Tätigkeiten, sondern auf in Verkehr gebrachte Brennstoffe Anwendung. Damit sind auch kleine Verbraucher von Brennstoffen betroffen; die Zertifikate handeln muss jedoch der Inverkehrbringer. Faulgas wird als Brennstoff im Sinne des BEHG angesehen. Somit unterliegt das Inverkehrbringen von Faulgas (soweit es der Energiesteuer unterliegt) dem Gesetz und entsprechende Meldungen sind zu machen. Da für Faulgas der Emissionsfaktor 0 angenommen wird, müssen keine Zertifikate erworben werden. In der Einführungsphase 2021 bis 2022 sind nur fossile Brennstoffe wie Benzin, Diesel, Erdgas u. Ä. erfasst, ab 2023 auch nicht fossile Brennstoffe. Der hierdurch „neue“ CO₂-Preis wird den Verbrauch von fossilen Heiz- und Kraftstoffen teurer machen. Der CO₂-Preis für die oben genannten Faktoren ist seit Januar 2021 auf zunächst 25 Euro pro Tonne festgelegt. Danach steigt der Preis schrittweise auf bis zu 55 Euro pro Tonne im Jahr 2025 an. Für das Jahr 2026 soll ein Preiskorridor von mindestens 55 Euro pro Tonne und höchstens 65 Euro pro Tonne gelten.

4.4 Normative Grundlagen für die Erstellung von Bilanzen

Auf Grundlage der

- *Greenhouse Gas Protocols* (GHG-protocol),
- PAS 2050,
- DIN EN ISO 14040:2021 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“,
- DIN EN ISO 14044:2021 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen“,
- DIN EN ISO 14064-1:2019 „Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene“,
- DIN EN ISO 14064-2:2020 „Treibhausgase – Teil 2: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung, Überwachung und Berichterstattung von Reduktionen der Treibhausgasemissionen oder Steigerungen des Entzugs von Treibhausgasen auf Projektebene“,
- DIN EN ISO 14064-3:2020 „Treibhausgase – Teil 3: Spezifikation mit Anleitung zur Validierung und Verifizierung von Erklärungen über Treibhausgase“,
- DIN EN ISO 14067:2019 „Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung“,
- EMAS („*Eco-Management and Audit Scheme*“)

werden die Möglichkeiten zur ganzheitlichen Bilanzierung der Klimagasemissionen von Produkten und Dienstleistungen in der Siedlungswasserwirtschaft vorgestellt. Ziel ist es, einen schnellen Überblick zu den relevanten Normen zu geben. Die genauen Anforderungen sind den entsprechenden Normen projektspezifisch zu entnehmen.

GHG-Protocol

Das GHG Protocol („*Greenhouse Gas Protocol*“, Treibhausgasprotokoll) ist eine private transnationale Standardreihe zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen („*Carbon Accounting*“) und zum dazugehörigen Berichtswesen für Unternehmen und zunehmend für den öffentlichen Bereich. Die Entwicklung des GHG Protocol wird vom „*World Resources Institute*“ (WRI) und dem „*World Business Council for Sustainable Development*“ (WBCSD) koordiniert. Dieser Standard wurde 1998 vom WBCSD und dem WRI zur Standardisierung des sogenannten „*Carbon Accounting*“ herausgegeben. Die Arbeiten und Standards stehen unter der Webseite <https://ghgprotocol.org/> zur Verfügung.

Die Standards des GHG Protocol knüpfen meist an solche des internationalen Klimapolitik-Regimes an und schließen Regelungslücken, die von staatlicher Seite noch nicht ausgefüllt wurden (STICHNOTE 2009). Das GHG Protocol gilt als der verbreitetste Standard zur Erstellung von Treibhausgasbilanzen. Zahlreiche weitere Standards bauen auf ihm auf.

PAS 2050

Die PAS 2050 des British Standards basiert in wesentlichen Teilen auf den Normen zur Ökobilanz, mit der Beschränkung auf die Wirkungskategorie der klimarelevanten Gase. Eine weitere wichtige Unterscheidung gilt bei den Zuordnungsregeln, welche Emissionen in eine Bilanzierung nach PAS 2050 zu inkludieren sind. Die zu bilanzierenden klimarelevanten Gase sind analog den „IPCC-Guidelines“ von 2007 ausgewählt worden. Diese werden, wie durch STICHNOTE (2009) ausgeführt, zusammenfassend in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht der zu berücksichtigenden Emissionsquellen in der PAS 2050 nach STICHNOTE (2009)

Berücksichtigung	Keine Berücksichtigung
Nicht-CO ₂ -Emissionen aus der Tierhaltung und Umwandlungsprozesse in Böden	Einbindung von Kohlenstoff im Boden
Biogene reine CO ₂ -Emissionen werden zu 0 gesetzt	
Elektrizität	Effekte der indirekten Landnutzungsänderung
Transport	Sog. Off-Setting durch Clean Development Mechanism-Maßnahmen oder Joint Implementation-Maßnahmen
Kraft-Wärme-Kopplung	Investitionsgüter
Landnutzungsänderung	Infrastruktur
Gehalt Recyclingmaterialien	Transporte von Arbeitern und Konsumenten
Einbindung biogenen Kohlenstoffs in langlebigen Produkten	Emissionen von arbeitenden Tieren und Menschen

DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044

DIN EN ISO 14040:2021 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“ und DIN EN ISO 14044:2021 „Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen“ bilden die Grundlage der Bewertung von Systemen mittels einer Ökobilanz.

Unter einer Ökobilanz in Sinne der Normung ist eine Betrachtung aller Umweltaspekte und potenziellen Umweltwirkungen des gesamten Lebenswegs eines Produkts, von der Rohstoffgewinnung und -erzeugung über die Energieerzeugung und Materialherstellung bis zur Anwendung, Abfallbehandlung und endgültigen Beseitigung zu verstehen.

Die Ökobilanz gliedert sich in vier Phasen:

- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens,
- Sachbilanz bei gleichzeitiger Zuordnung von Emissions- und Energiebeiträgen zu der eigentlichen Quelle (Allokation),
- Wirkungsabschätzung,
- Auswertung.

Normenreihe DIN EN ISO 14064 zum Themenbereich „Berichterstattung von Treibhausgasemissionen“

Die Normenreihe DIN EN ISO 14064 besteht aus drei Normen:

- **DIN EN ISO 14064-1** „Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene“ bildet die Grundlage zur Bilanzierung der unternehmensspezifischen Treibhausgasemissionen und ist für die Erstellung des sogenannten „*Corporate Carbon Footprint*“ geeignet. Der Standard bietet Informationen zu den Grundsätzen und Anforderungen für die Planung, Entwicklung und Berichterstattung von klimarelevanten Emissionen im Unternehmen. Inhaltlich angelehnt ist DIN EN ISO 14064-1 an das „Greenhouse Gas“-Protokoll („GHG Protocol“).
- **Die DIN EN ISO 14064-2** „Treibhausgase – Teil 2: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung, Überwachung und Berichterstattung von Reduktionen der Treibhausgasemissionen oder Steigerungen des Entzugs von Treibhausgasen auf Projektebene“ stellt eine Anleitung dar, mit der auf Projektebene Treibhausgase bilanziert, verglichen oder die Reduzierung erfasst werden kann.
- **Die DIN EN ISO 14064-3** „Treibhausgase – Teil 3: Spezifikation mit Anleitung zur Validierung und Verifizierung von Erklärungen über Treibhausgase“ bildet die Grundlage für die Verifizierung von CO₂e-Bilanzen.

Unternehmen und Organisationen können mit der Anwendung aller drei Spezifikationen Emissionen erfassen.

DIN EN ISO 14067

DIN EN ISO 14067 „Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung“ wird in Zukunft eine mögliche Grundlage für die Berechnung des CO₂e-Fußabdrucks und für die Kommunikation über die Auswertung der gewonnenen Ergebnisse bilden. Ein Ziel ist es, den CO₂e-Fußabdruck von Produkten und Verpackungen aus der Summe von Emissionen zu ermitteln, die auf ihrem gesamten Lebensweg auftreten. Ebenfalls werden alle aus der Atmosphäre entfernten Treibhausgase abgezogen. Grundlage der Betrachtungen sind die jeweiligen Prozess- und Produktionssysteme. Die Ergebnisse sind in äquivalenten Einheiten von Kohlenstoffdioxid auszuweisen. Für die Siedlungswasserwirtschaft ist es wichtig, dass selbst komplexe Systeme wie Kläranlagen auf eine Produktdefinition heruntergebrochen werden können (siehe SCHMUCK 2014).

Managementsysteme EMAS, DIN EN ISO 14001 und DIN EN ISO 50001

Managementsysteme beschreiben Regeln der Unternehmensführung, die sich ein Unternehmen freiwillig auferlegt, um die Qualität und Leistung in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess zu steigern. Stand der Technik ist heute, auch THG-relevante Daten zu erheben und die Unternehmenstätigkeit daran zu bewerten, auch wenn die Managementsysteme für Umwelt DIN EN ISO 14001 und Energie DIN EN ISO 50001 eine Berichterstattung über THG nicht explizit fordern. Letzteres beinhaltet allein die Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 „Eco-Management and Audit Scheme“ (EMAS) mit ihrem Anhang IV „Umweltberichterstattung“ für die Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O, Hydrofluorkarbonat, Perfluorkarbonat und SF₆. Die jährlichen Emissionen in Tonnen sind in die Berichterstattung aufzunehmen.

Arbeitsblatt DWA-A 216 „Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen“

Das Arbeitsblatt hat die Identifizierung und Realisierung von Energieeinsparpotenzialen und somit von indirekten THG zum Ziel (Die ursprüngliche Veranlassung, Verknappung von Primärenergie, ist der Minderung von THG-relevanter Emission gewichen). THG-Emissionen werden nicht betrachtet. Auf den Zusammenhang von direkten Emissionen aus den Belebungsbecken in Abhängigkeit zur Prozessführung wird bereits hingewiesen.

5 Vorstellung möglicher Methoden der Bilanzierung

5.1 Allgemeines

Alle Normungsbestrebungen führen nicht zu einem verbindlichen und einheitlichen Vorgehen für die Bilanzierung der klimarelevanten Gase. Für die Bilanzierung in der Siedlungswasserwirtschaft ist die Nutzung projektbezogener Methoden notwendig, welche sich in Untersuchungstiefe, Abgrenzungen sowie dem Detaillierungsgrad erheblich unterscheiden und hierdurch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Die Definitionen und Erläuterungen der verwandten Methode und Datenquellen sind elementar für die Überprüfung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Nachfolgend sind für die Bilanzierung der Treibhausgase vorhandene Vorgaben und Normen sowie deren Rahmenbedingungen beschrieben.

5.2 Anwendung des „Global Warming Potential“ in der Bilanzierung

Zur Berechnung der Gesamtemission eines Systems/Verfahrens werden die Emissionen der verschiedenen Treibhausgase mit ihrem jeweiligen „Global Warming Potential“ (GWP, auch „Greenhouse Warming Potential“ oder Treibhauspotenzial) gewichtet und anschließend kumuliert, um so die Gesamtemission in CO₂-Äquivalenten zu erhalten. Beim GWP handelt es sich um eine Wirkungskennzahl (ohne Einheit) zur Einordnung und Bewertung der Relevanz der verschiedenen Gase, welche mithilfe geeigneter Parameter den direkten Einfluss der Gase auf den Treibhauseffekt im Vergleich zum CO₂ zusammenfasst. Wesentliche Einflussfaktoren sind hierbei Absorptionsstärke, Wellenbereich der Absorption und die Verweilzeit des Gases in der Atmosphäre. Dabei erfolgt auch eine Normierung des GWP aufgrund der unterschiedlichen Verweilzeiten der Gase in der Atmosphäre, wobei der betrachtete Zeithorizont mit einbezogen wird (berechnet als kg CO₂e/kg Gas).

Die Berechnungen des IPCC beziehen sich dabei auf den Zeithorizont von 100 Jahren und werden in unregelmäßigen Abständen auf Basis neuerer Erkenntnisse aktualisiert (zurzeit liegen Werte aus vier Berichten vor: 1996, 2001, 2007 und 2013). Die GWP-Werte sowie die mittleren Verweilzeiten sind für relevante Gase aus dem Bereich der Abwasserbehandlung in Tabelle 3 zusammengefasst, die Unsicherheit wird von der IPCC mit ±35 % angegeben (in Abhängigkeit des betrachteten Gases).

Tabelle 3: GWP-Werte und mittlere Verweilzeit der für den Bereich der Abwasserbehandlung relevanten Gase

Gas	Verweilzeit (Jahre)	GWP-Wert (Betrachtungszeitraum)			Quelle
		20 Jahre	100 Jahre	500 Jahre	
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	variabel (komplex)	1	1	k. A.	IPCC 2013 – AR5
		1	1	1	IPCC 2007 – AR4
		1	1	1	IPCC 2001 – TAR
		1	1	1	IPCC 1996 – SAR
Methan (CH ₄)	12,4	84	28	k. A.	IPCC 2013 – AR5
	12	72	25	7,6	IPCC 2007 – AR4
	12	62	23	7	IPCC 2001 – TAR
	12	56	21	6,5	IPCC 1996 – SAR
Distickstoffmonoxid (N ₂ O)	121	264	265	k. A.	IPCC 2013 – AR5
	114	289	298	153	IPCC 2007 – AR4
	114	275	296	156	IPCC 2001 – TAR
	120	280	310	170	IPCC 1996 – SAR

Möchte man Einsparungen auf historische Klimaschutzziele (bspw. Kyoto-Protokoll) beziehen, sind die GWP den dem Schutzziel zugrundeliegenden GWP-Wert anzupassen, der seinerzeit bei der Festlegung der Ziele verwendet wurde. Sofern der jeweilige Anwendungszweck der Bilanzierung kein abweichendes Vorgehen erforderlich macht, sollte auch bei der Bilanzierung siedlungswasserwirtschaftlicher Anlagen und Prozesse analog zu den Berechnungen des IPCC mit den GWP-Werten für einen 100-jährigen Bewertungszeitraum gerechnet werden.

5.3 Anforderung an die Methode der CO₂e-Bilanzierung

Ein allgemein akzeptierter Ansatz für eine umfassende Bilanzierung von klimarelevanten Emissionen in der Wasserwirtschaft liegt bisher nicht vor. Hinzu kommt, dass es sich bei CO₂e-Bilanzen im Umweltsektor entweder um vorläufige Hochrechnungen oder um Angaben handelt, die kaum mit anderen Anlagen vergleichbar sind. Ursachen dafür sind unterschiedliche Herkunft und Qualität der verwendeten Daten(-basen), uneinheitliche Definition bestimmter Annahmen (Lebensdauer, Vernachlässigbarkeit von bestimmten Teilprozessen usw.) und unterschiedliche Systemgrenzen.

Eine CO₂e-Bilanzierung muss sich an den Kriterien einer Ökobilanz orientieren. Für Ökobilanzen gibt es DIN EN ISO 14040. Hierin werden alle relevanten Input- und Outputströme eines Produkts im Verlauf seines Lebenswegs (Lebenszyklus) zusammengestellt und möglichst vollständig quantifiziert. Dieser Teilschritt wird als Sachbilanz bezeichnet.

In der darauffolgenden Wirkungsbilanz werden alle umweltrelevanten Auswirkungen der Prozesse aus der Sachbilanz bestimmt. Direkte Emissionen aus der Sachbilanz werden direkt in der Wirkungsbilanz übernommen. Die anderen klimarelevanten Emissionen werden über die Emissionsfaktoren bestimmt. Der Unterschied zur klassischen Ökobilanz ist die Begrenzung der Wirkungskategorie auf den Bereich der klimarelevanten Emissionen. Es ist aber möglich, die Sachbilanz auch für eine vollständige Ökobilanz zu nutzen.

Bei der Erfassung und Bilanzierung von THG-Emissionen wird zwischen direkten und indirekten THG-Emissionen unterschieden. Bei den direkten Emissionen handelt es sich um die aus dem jeweiligen Verfahren selbst emittierten CO₂-Äquivalente, während die indirekten Emissionen die in vor- und

nachgelagerten Prozessen emittierte CO₂-Äquivalente (z. B. bei der Herstellung von Betriebsmitteln) berücksichtigen.

Das international anerkannte „GHG Protocol“ zur Erfassung von THG-Emissionen unterteilt die Emissionen in drei sogenannte „Scopes“ (Geltungsbereiche). Diese werden in Bild 1 veranschaulicht und nachfolgend erläutert.

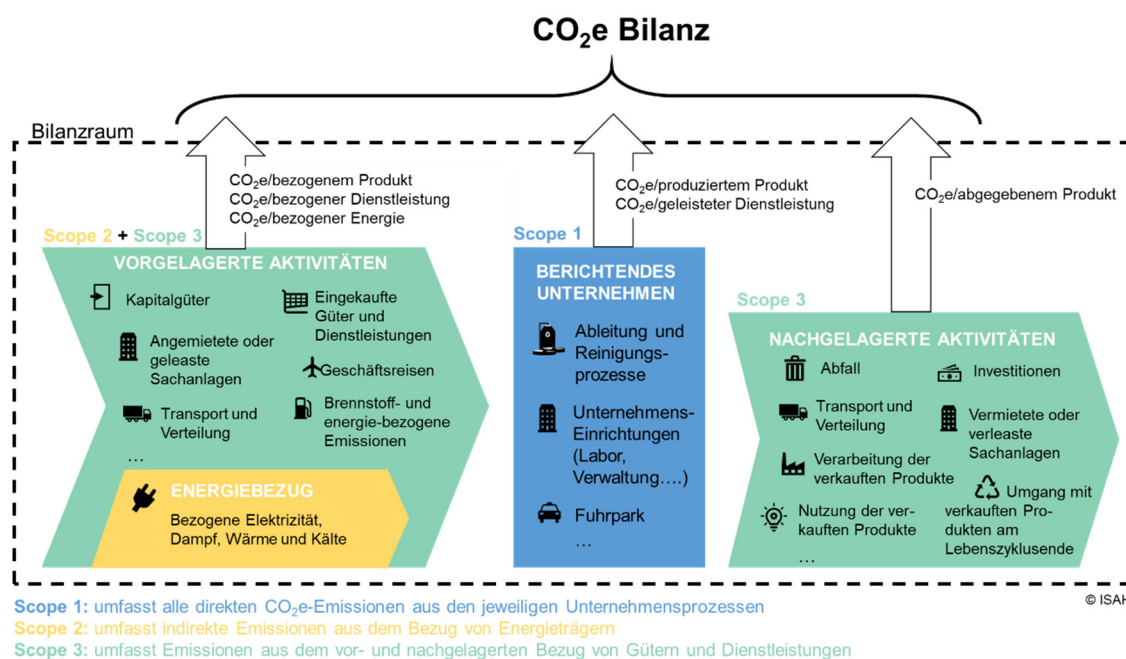


Bild 1: Scopes nach dem GHG Protocol (in Anlehnung an WWF & CDP 2014)

Der in Bild 1 dargestellte **Scope 1** umfasst die direkten Emissionen aus den Unternehmensprozessen inklusive Fuhrpark. Für Abwasseranlagen sind dies typischerweise:

- Direkte CO₂-, N₂O-, CH₄-Emissionen im Rahmen unbeabsichtigter Freisetzung (bspw. CH₄-Schlupf im BHKW-Betrieb, Ausgasung aus der Schlammbehandlung, Emissionen aus dem Klärprozess und aus der Abwasserableitung).
- THG-Emissionen aus verbrauchten Primärenergieträgern (bspw. Erdgas oder Heizöl im Rahmen gezielter Freisetzung (BHKW-Betrieb, Fahrzeugbetrieb etc.)) werden dem Scope 1 zugerechnet. Die reinen CO₂e-Emissionen aus der energetischen Nutzung von Faulgas werden aufgrund des natürlichen Ursprungs nicht berücksichtigt.

Scope 2 sind Emissionen aus bezogener Energie (z. B. Strom, Dampf, Wärme und Kälte). Aus Sicht des bilanzierten Abwasserunternehmens sind sie indirekte Emissionen. Sie werden als CO₂-Äquivalente berücksichtigt.

- Der Strombezug kann über Emissionsfaktoren (Angabe des lokalen Versorgers oder auf Basis des deutschen oder regionalen Strommix) bewertet werden.

Scope 3 enthält die Emissionen aus vorgelagertem und nachgelagertem Bezug von Gütern und Dienstleistungen. Relevant sind regelmäßig:

- Bautätigkeit,
- Betriebsmitteleinsatz (Fällmittel, Flockungsmittel, Schmierstoffe etc.),
- Reststoffentsorgung (Schlamm, Rechengut, Sand etc.),
- Mobilität der Mitarbeiter (Fahrt zum Arbeitsplatz).

Im Anwendungsbereich dieses Merkblatts sind üblicherweise Scope 1 bis 3 ganzheitlich zu betrachten.

Um von dem CO₂e-Wert (Kennwert) auf den „Carbon Footprint“ (Kennzahl) umzurechnen, ist eine Normierung auf eine funktionelle Einheit (Produkt, kg o. Ä.) erforderlich.

5.4 CO₂e-Bilanz auf den normativen Vorgaben der vollständigen Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040

Eine CO₂e-Bilanz kann in Anlehnung an das Vorgehen einer Ökobilanz aufgestellt werden, die sich auf die Wirkungskategorie der klimarelevanten Emissionen beschränkt. Die DIN EN ISO 14040 bildet die Grundlage der Bewertung von Systemen durch das Werkzeug der Ökobilanz.

Die Ökobilanz gliedert sich in vier Phasen:

1. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz bei gleichzeitiger Zuteilung von Emissions- und Energiebeiträgen zu der eigentlichen Quelle (Allokation)
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

Die Ökobilanz im Sinne der Norm ist in Bild 2 dargestellt und versteht sich als iterativer Prozess, so können sich die einzelnen Phasen gegenseitig beeinflussen.

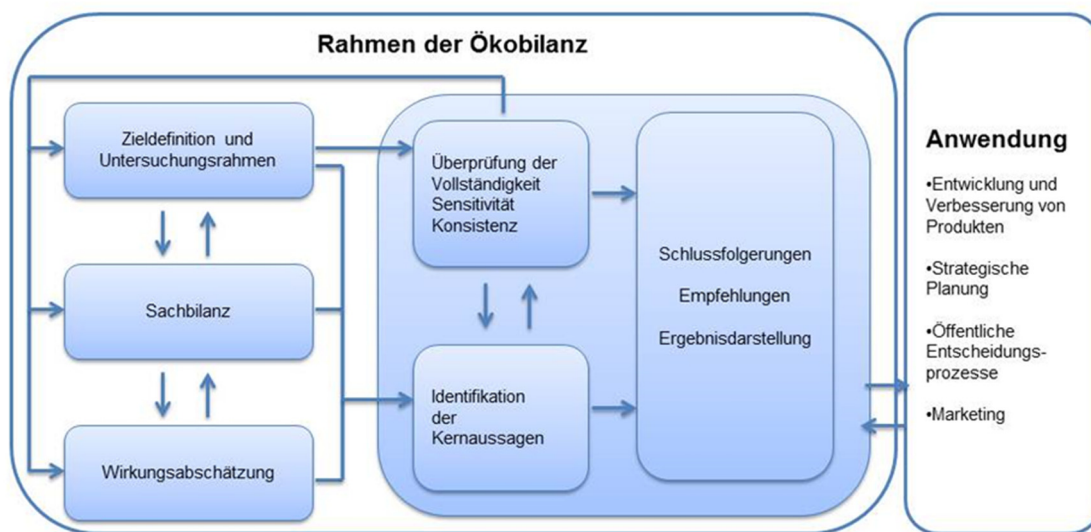


Bild 2: Rahmen einer Ökobilanz in Anlehnung an DIN EN ISO 14040 (2020)

Durch diese iterative Untersuchung wird sichergestellt, dass eine umfassende Darstellung aller umweltrelevanten Aspekte erfolgt und diese bestmöglich erfasst und weitergehend erläutert werden.

Besonderen Stellenwert in der Ökobilanz nimmt die Zuteilung von Emissions- und Energiebeiträgen zu der eigentlichen Quelle ein, die sogenannte Allokation. Durch die unterschiedliche Art der Zuteilung können die Ergebnisse stark variieren.

Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen

Zu Beginn jeder Ökobilanz werden das Ziel und der Untersuchungsrahmen eindeutig festgelegt. Gleichzeitig werden der Empfängerkreis, die beabsichtigte Anwendung der Ökobilanz und die zu beantwortenden Fragestellungen definiert.

Durch die Festlegung des Untersuchungsrahmens ist eine eindeutige Systembeschreibung möglich. Um die Erfassung aller relevanten In- und Outputströme des Systems zu gewährleisten, müssen die Systemgrenzen (z. B. Anlagenteile einer Kläranlage) bestimmt werden. Innerhalb der Systemgrenzen wiederum werden alle relevanten Daten erfasst und dargestellt. Die Umrechnung der unterschiedlichen In- und Outputströme erfolgt auf Basis einer funktionellen Einheit. Als funktionelle Einheit kann beispielsweise m^3 gereinigtes Abwasser festgelegt werden. Die Berechnung erfolgt dann immer in $\text{kg CO}_2\text{e}$ pro funktionelle Einheit, in diesem Beispiel dann in $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{m}^3$.

Es werden auch hier weiter drei Bereiche (Scopes) unterschieden, denen Emissionen zugeordnet werden können:

- **Scope 1:** alle direkten, d. h. aus Quellen innerhalb der Grenzen stammenden, Emissionen (Vorgaben zur Messung in Merkblatt DWA-M 230-1),
- **Scope 2:** die indirekten Emissionen aus außerhalb der Grenzen erzeugtem und eingekauftem Strom, Dampf, Wärme und Kälte,
- **Scope 3:** alle sonstigen indirekten Emissionen, darunter die aus der Herstellung und dem Transport von eingekauften Gütern oder der Verteilung und Nutzung von Produkten oder der Entsorgung von Abfällen sowie Emissionen aus Geschäftsreisen.

Während das „GHG Protocol“ seine Anwender zur Erfassung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen verpflichtet, ist Unternehmen und Kommunen die Erfassung der Scope-3-Emissionen freigestellt. Im Rahmen der Ökobilanz sollten diese Bereiche jedoch konsequent mitbilanziert werden.

Ferner werden Anforderungen an die Datenkategorien, die Datenqualität und Kriterien für die Erfassung festgelegt. Um konsistente und transparente Ergebnisse zu ermöglichen, schreibt die DIN EN ISO 14040 eine kritische Prüfung der Ergebnisse vor, gegebenenfalls können Messungen oder Überprüfungen von Messergebnissen sinnvoll sein, deren Art und Umfang festzulegen sind.

Sachbilanz

Die Sachbilanz ist sowohl eine Stufe der CO_2e -Bilanz als auch einer vollständigen Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040. Auf der Basis des festgelegten Untersuchungsrahmens werden für die Sachbilanz alle Input- und Outputströme innerhalb der definierten Systemgrenze erfasst. Dabei werden für die verwendeten Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie für Rohstoffgewinnung und Herstellungs-, Verarbeitungs- und Transportprozesse vollständige Masse- und Energiebilanzen erstellt.

Weitergehend wird für die Datengrundlage eine Verwendung von mindestens 10 % an Primärdaten (an der Anlage ermittelte Werte) vorausgesetzt. Bei der Ökobilanz ist die Qualität der Daten von elementarer Bedeutung, um dem Ziel umfassender Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Berechnungen gerecht werden zu können.

Wirkungsabschätzung

Gemäß DIN EN ISO 14040 werden in Wirkungskategorien Stoffe und Parameter zusammengefasst, welche anthropogen verursacht sind und schädliche Effekte auf die Umwelt haben. Diese werden in der Wirkungsabschätzung weitergehend untersucht. Die CO_2e -Bilanz beschränkt sich dabei auf die Wirkungskategorie der klimarelevanten THG-Emissionen.

Bei der vollständigen Ökobilanz untersuchen verschiedene Institutionen und Organisationen hingegen unterschiedliche weitergehende Wirkungskategorien wie Arbeitsschutz oder Geruchsbelästigung. In allen Fällen werden der Rohstoffverbrauch, der Energieverbrauch, der Treibhauseffekt, Ozonabbau,

die Photooxidantienbildung, die Versauerung, die Eutrophierung, die Humantoxizität und die Ökotoxizität in den Bilanzrahmen mit einbezogen.

Auswertung

In der Auswertungsphase einer CO₂e-Bilanz werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung unter Berücksichtigung von Sensitivitätsanalysen entsprechend dem Ziel des Untersuchungsrahmens zusammenfassend dargestellt. Diese Ergebnisse bilden die Grundlage für weitergehende Schlussfolgerungen und Empfehlungen, welche in einem abschließenden Bericht zu erläutern sind. Hierin sind ebenfalls Angaben zur Datenqualität und zu getroffenen Annahmen von Faktoren sowie deren Verifizierung und Validierung aufzuführen.

5.5 CO₂e-Bilanz auf Organisationsebene nach DIN EN ISO 14064

Der erste Teil von DIN EN ISO 14064 beschreibt die Grundlagen und Anforderungen an die quantitative Bestimmung und Berichterstellung von Treibhausgasen mit dem Fokus der Organisationsebene. Hierzu zählen die Anforderungen an Planung, Erstellung, Management, Berichterstattung und Verifizierung der Treibhausgasbilanz einer Organisation (DIN EN ISO 14064-1).

Die weiteren Teile von DIN EN ISO 14064 dienen der Planung und Implementierung von Treibhausgasprojekten in Organisationen (DIN EN ISO 14064-2). Der Verifizierungs- und Validierungsprozess ist im dritten Teil der Norm geregelt (DIN EN ISO 14064-3). Die Verifizierung erfolgt durch einen unabhängigen Dritten, zugelassen gemäß DIN EN ISO 14065, um den Anforderungen an Validität, Plausibilität und Transparenz gerecht werden zu können.

Die Anforderungen an die Qualität und den Umfang der Daten in der Bilanzierung entsprechen weitestgehend den Vorgaben nach DIN EN ISO 14040 bzw. DIN EN ISO 14044, wobei für die Organisationen eine Einteilung analog den Scope-Kriterien des „GHG Protocol“ und der PAS 2050 erfolgt. Die Scope-1-Betrachtung ermöglicht es Unternehmen, die nicht auf die Vorlieferketten bzw. Vorproduzenten eingehen wollen oder können, eine CO₂e-Bilanz für die Prozesse innerhalb des Unternehmens und der Produktion zu erstellen. Die Methode zur Erstellung einer vollständigen Bilanz für Unternehmen ist in Bild 3 zusammenfassend dargestellt.

5.6 „Carbon Footprint“ von Produkten nach DIN EN ISO 14067

Zur Berücksichtigung von Produkten (Betriebsmitteln), die auf der Kläranlage eingesetzt werden, ist ebenfalls eine Ökobilanz über den Lebensweg einzuführen (Herstellung, Anwendung, Entsorgung). Die Emissionen bei der Anwendung werden bei der Feststellung der direkten Emissionen auf der (Klär-)anlage abgebildet. Die Emissionen bei der Herstellung sollte der Hersteller liefern können. Für die Entsorgung können zwar theoretisch Überlegungen für einzelne Produkte zum Verbleib oder eine Freisetzung der klimarelevanten Gase angestellt werden. Praktisch erfolgt für viele Betriebsmittel, die dem Abwasser zugesetzt werden (wie bspw. Fäll- oder Flockungsmittel, Kohlenstoffquelle etc.) aber eine Erfassung im Entsorgungspfad über summierte Emissionen der entsorgten Stoffströme. Bei Kläranlagen wird der Klärschlamm als Stoffgemisch bilanziert, ebenso die Abfallarten Rechengut, Sand und weiterer Betriebsabfall.

Der Hersteller muss DIN EN ISO 14067 zur Ermittlung des „Carbon Footprint“ seines Produkts beachten. „Carbon Footprints“ für marktübliche Produkte als Eingangsgröße bei der Aufstellung von eigenen CO₂e-Bilanzen werden in Datenbanken zur Verfügung gestellt, siehe dazu 7.3.

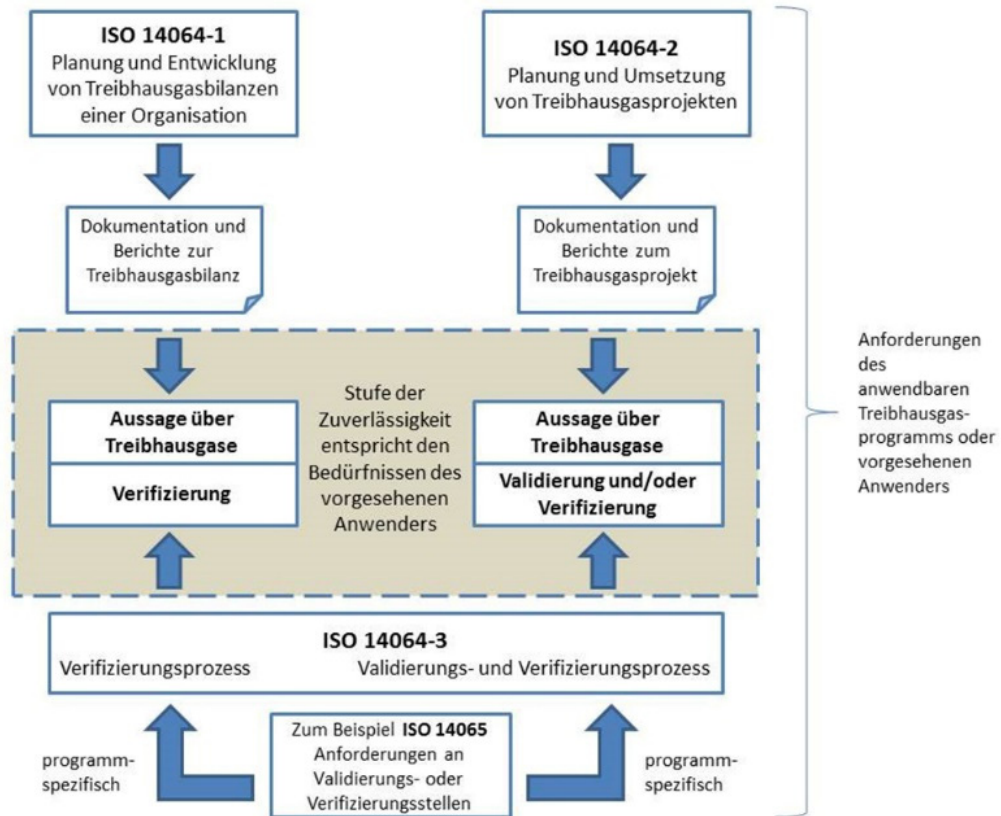


Bild 3: Übersicht über die Anforderungen gemäß DIN EN ISO 14064 ff.

6 Spezifische CO₂e-Bilanzierung in der Siedlungswasserwirtschaft

6.1 Motivation der CO₂e-Bilanzierung in der Abwasserbehandlung

Der Anlagenbetreiber kann eine CO₂-Bilanz für unterschiedliche Zwecke aufstellen. Zum einen sind formale Anforderungen aus konkreten Systemen zu erfüllen (CSR-Richtlinie, Managementsysteme, kommunale Bilanz nach BSKO). Zum anderen können Bilanzen für aktuelle Projekte oder für Teilbereiche von Anlagen oder Unternehmensprozessen dazu dienen, bestimmte Zielgruppen mit Informationen zu versorgen oder für das Thema zu sensibilisieren (Bürger, Kunden, Personal allgemein, Personal an Schlüsselarbeitsplätzen). Eine Anlagenoptimierung findet zukünftig idealerweise nicht nur nach Kosten und Ablaufwerten statt, sondern auch unter Berücksichtigung von CO₂e-Emissionen. Hierfür ist eine Beschränkung auf Teilbilanzen möglich. Demnach gibt es unterschiedliche Erhebungstiefen je nach Motivation der Erhebung von CO₂e-Bilanzen:

- Berichterstattung/Bürgerinformation,
- Entscheidung über Baumaßnahmen, Auswahl von Varianten,
- Betriebsoptimierung.

Auch der Wasser- und Abwassersektor steht vor den Herausforderungen des Klimawandels und der Aufgabe, neue emissionsärmere Anlagen, Prozesse und Betriebsweisen zu entwickeln. Eine Analyse und Bewertung der Treibhausgasemissionen bei der Aufgabenerfüllung der Wasserwirtschaft kann hierbei eine Hilfestellung sein.

Berichterstattung

Für die Berichterstattung ist eine globale Einstufung der Unternehmensemissionen (oder von einzelnen Anlagen) vorzunehmen. In der Regel verwendet man eine Top-down-Analyse auf der Basis kumulierter Stoffströme und Aktivitäten.

Baumaßnahmen und Variantenvergleiche

Für eine nachhaltige Bewertung von Baumaßnahmen oder konkreten Vergleichen zur Festlegung von Prozessvarianten etc. ist eine am Lebenszyklus orientierte anlagen- und aggregatscharfe CO₂e-Emissionserhebung notwendig. Die Emissionen aus vorgelagerten Wertschöpfungsketten für eingesetzte Baumaterialien oder Betriebsmittel sind ebenfalls zu berücksichtigen. Diese können im Vorfeld nur durch verifizierte Literaturangaben oder aus Datenbanken angenommen werden.

Betriebsoptimierung

Die Betrachtung ist immer anlagen- bzw. aggregatscharf. Eine für die Betriebsoptimierung abgesicherte Vorgehensweise erfordert in der Regel Messungen, da die Kläranlagen und die Abwasserströme ebenso wie die resultierenden Treibhausgasemissionen sehr individuell sind und eine große Schwankungsbreite aufweisen (siehe Merkblatt DWA-M 230-1:2022).

Für jede der vorgenannten Motivationen gilt:

Die Ergebnisse der CO₂e-Bilanzierung unterschiedlicher Betreiber sollten weitgehend vergleichbar sein und können folgenden Nutzen für die Unternehmenssteuerung, Unternehmenskommunikation und Prozessoptimierung bringen:

- interne Steuerung sowie interne und externe Kommunikation einer klimaschonenden Unternehmensentwicklung;
- Darstellung der Klimaschutz-Minderungsbeiträge eines einzelnen Entsorgers, bis hin zu einer Gesamtdarstellung der Wasserwirtschaft in einem Bundesland oder bundesweit;
- Vergleich mit anderen Betreibern (nur bei einheitlicher Bilanzierungsmethodik).

Die Ergebnisse der CO₂e-Bilanzierung verschiedener Bauverfahren oder Prozessvarianten können dann als ein Wertungskriterium in Nutzwertanalysen einfließen.

Wirtschaftliche Wertung

Eine ökonomische Bewertung der Emissionen ist über die bestehenden Preise für die Tonne CO₂e möglich. In Deutschland wird der Preis nach TEHG (siehe auch 4.3) über den Zertifikathandel am Markt bestimmt und sein Niveau über eine Verknappung der Zertifikate stimuliert. Der Handelspreis hat mittlerweile (Stand 30.03.2022: 78 €/t) eine Höhe erreicht, die für die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen relevant ist. Damit hat der Marktpreis die starre Stufensteigerung des BEHG deutlich übertroffen. Beide Mechanismen sind noch deutlich von den Umweltschadenskosten entfernt, die das Umweltbundesamt ermittelt. In der Methodenkonvention 3.0 weist das Umweltbundesamt (BÜNGER & MATHEY 2018) aus, dass die Emission einer Tonne CO₂ einen Umweltschaden von 199 € bis 684 € für 2022 verursacht. Hier wiegt der niedrige Wert Schäden heute höher als künftige Schäden, während der höhere Wert heutige und künftige Schäden gleich bewertet. Die Wahl eines Preises ist damit zurzeit eher von politischen Überlegungen geprägt, auch wenn wissenschaftsbasierte Vorschläge verfügbar sind. Für auf umfassende Nachhaltigkeit angelegte Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist eine Sensitivitätsanalyse mit Marktpreisen und Umweltschadenskosten zu empfehlen.

6.2 Vorgehen in der Siedlungswasserwirtschaft

Im Rahmen der CO₂e-Bilanzierung in der Siedlungswasserwirtschaft ist zunächst zu beachten, dass die CO₂-Menge, die bei der Veratmung der organischen Kohlenstoffverbindungen entsteht und emittiert wird, nicht in die CO₂e-Bilanzierung aufgenommen wird, da sie als „natürlich verursacht“ eingeordnet wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der mit dem Abwasser transportierte organische Kohlenstoff, der im Zuge der Abwasserreinigung oxidiert wird, in der Regel natürlichen Ursprungs (Nahrung) ist und somit auch ohne menschlichen Eingriff zu CO₂ umgesetzt werden würde (kleiner Kohlenstoffkreislauf). Die tatsächlich ebenfalls im Abwasser vorhandenen Kohlenstoffverbindungen synthetischen oder fossilen Ursprungs werden dabei vernachlässigt. Eine genauere Unterscheidung und daraus folgend explizite Berücksichtigung kann bei speziellen Rahmenbedingungen sinnvoll sein, insbesondere gilt dies

- im Falle von signifikanten Einleitungen von Industrie und Gewerbe, zum Beispiel Grubenwassereinleitungen, die abweichend von der o.g. allgemeinen Annahme zu Eintrag von fossilem Kohlenstoff (großer Kreislauf) in das Abwasser führen.
- im Falle von Verfahren insbesondere der Klärschlammmentsorgung, die bei nachgewiesener Kohlenstofffixierung eine Senke von biogenem Kohlenstoff und damit einem Entzug von auf biologischem Wege gebundenem Kohlenstoff aus der Atmosphäre bedeuten.

Dabei sind bei der Bestimmung der klimarelevanten Emissionen eines Verfahrens neben den direkten Emissionen (Scope 1), die durch die biologischen Umsetzungsprozesse entstehen, auch die indirekten Emissionen aus den der Abwassereinigung vor- oder nachgelagerten Prozessen zu berücksichtigen. Diese können beispielsweise die Erzeugung der benötigten elektrischen und thermischen Energie für den Betrieb (Scope 2), die Herstellung der benötigten Betriebsmittel (Fällmittel, Schmierstoffe etc.) oder die Entsorgung von Reststoffen (Schlamm-, Rechengut- und Sandentsorgung) umfassen (Scope 3). Maßgebende zu berücksichtigende Faktoren für die Nutzungsphase einer Anlage ohne die Berücksichtigung von Herstellung und Rückbau sind in Bild 4 dargestellt. Im Bild 4 werden die Scope-1-Emissionen nach „GHG Protocol“ als direkte Emissionen und die Scope-2- und Scope-3-Emissionen zu indirekten Emissionen vereinfacht.

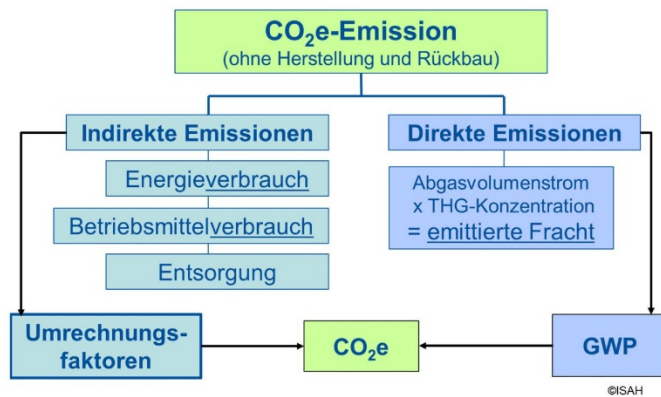


Bild 4: Faktoren und ihre Ermittlung bei der Erstellung von CO₂e-Emissionen aus Kläranlagen

Indirekte Emissionen aus der Nutzungsphase werden über Emissionskoeffizienten umgerechnet und unter Scope 2 und Scope 3 erfasst.

Über die indirekten Treibhausgasemissionen der Nutzungsphase hinaus sind auch diejenigen aus der Bau- und Rückbauphase zu berücksichtigen („Cradle to grave“-Prinzip). In speziellen Anwendungsfällen kann es sinnvoll sein, den Flächenverbrauch, bei Grünflächen, und die daraus resultierenden Emissionen zu bilanzieren. Während des Betriebs der Anlagen zählen die Energiebereitstellung, die Betriebsmittelherstellung (im Wesentlichen Chemikalien) sowie die Entsorgung von Reststoffen (auch und im Wesentlichen die Schlamm Entsorgung) zu den wichtigen indirekten Emissionsquellen. SCHMUCK (2014) kommt zu dem Ergebnis, dass die direkten und indirekten Emissionen während der Nutzungsphase mit einem Anteil von ca. 82 % dominieren. Weiterhin sind die indirekten Emissionen aus der Bauphase mit ca. 18 % zu berücksichtigen, während der Anteil der Emissionen aus dem Rückbau mit ca. 0,1 % vernachlässigbar ist (siehe 6.5).

Bei jeglicher Bilanzierung sind im Vorhinein Überlegungen anzustellen, welche Stoff- und Prozessströme bzw. Nutzungsphasen zu berücksichtigen sind. Solche, die nur einen untergeordneten Beitrag zu den Gesamtemissionen liefern oder sich beim Vergleich von Varianten nicht wesentlich unterscheiden, können bei der Bilanzierung vernachlässigt werden. Dies kann sich jedoch bei einem Vergleich von Bauwerken mit kurzer Nutzungsdauer, bei denen gegebenenfalls eine mögliche Nachnutzung einen wesentlichen Unterschied der Varianten ausmacht, komplett anders darstellen.

6.3 Bilanzrahmen

Die Festlegung des Bilanzrahmens kann sich auf ein Bauwerk, eine Anlage oder ein Unternehmen beziehen und erfolgt auf Basis der Erfordernisse des jeweiligen Anwendungsfalls.

Der im folgenden Bilanzbeispiel gewählte Betrachtungsraum ergibt sich aus den Adressaten des Merkblatts (Stadtentwässerungen und Planende für Abwasserbehandlungsanlagen) und hat keinen empfehlenden Charakter. Im Gegenteil: Es wird ausdrücklich an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass der Bilanzrahmen vom Bearbeitenden in Abhängigkeit der Fragestellung selbst gewählt und gegebenenfalls kleiner (z. B. Vergleich einzelner Bauteilgruppen) oder aber auch größer (z. B. bei der Bewertung von verschiedenen Sanitärsystemen oder der Betrachtung eines Gewässereinzugsgebiets) festgesetzt werden muss. Herauszustellen ist in diesem Zusammenhang auch die Wichtigkeit einer guten Dokumentation der gewählten Grenzen bzw. des Bilanzrahmens für eine spätere Beurteilung und Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Berechnungen.

Nachfolgend wird die Festlegung des Bilanzrahmens am Beispiel der Erstellung eines „Carbon Footprints“ für eine Kläranlage näher erläutert.

Die Systemgrenzen zur Bilanzierung einer kommunalen Kläranlage werden in dem vorliegenden Beispiel auf die Prozesse der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung festgelegt. In Bild 5 sind die

Systemgrenzen schematisch dargestellt. Eingangspunkt des Bilanzraums ist die Übernahme des Wassers einschließlich aller enthaltenen Frachten am Einlaufbauwerk. Grenze des Bilanzraums bezüglich des Wasserpfads ist die Übergabe des gereinigten Wassers im Ablauf an den Vorfluter. Direkte Emissionen außerhalb dieser Übergabepunkte (Kanalisation, Gewässer) werden für den Bilanzraum Kläranlage nicht berücksichtigt, da zum einen der Fokus auf der Abwasserreinigung liegt und die Prozesse im vorgelagerten Kanalnetz eine davon getrennte Betrachtung erforderlich machen und zum anderen mit Blick auf nachgelagerte Prozesse von einer hinsichtlich weiterer CO₂e-Emissionen vergleichbaren Qualität der Ablaufwerte ausgegangen wird. Die direkten Emissionen aller Prozesse innerhalb des Bilanzraums werden in der CO₂e-Bilanz berücksichtigt (Scope 1). Hierzu zählen alle direkten Emissionen aus den Reinigungsstufen und der Schlammbehandlung sowie der Faulgasnutzung (siehe 7.2).

Zudem werden die indirekten Emissionen der Scopes 2 und 3 berücksichtigt. Die Prozesse zur Entsorgung des Klärschlammes wie Transport, Klärschlammverbrennung oder bodenbezogene Verwertung werden wie auch die anfallenden Abfallfraktionen (Rechengut, Sandfanggut usw.) als Outputströme bilanziert und hinsichtlich der indirekten Emissionen berücksichtigt, aber nicht im Betrachtungsrahmen weiter aufgeschlüsselt. Genauso verfährt man auch mit den Input-Strömen in den Bilanzraum. Hierzu zählen zur Ermittlung der indirekten Emissionen der Verbrauch an fossilen Energieträgern zur Erzeugung von Energie sowie Verbrauchsmengen an Betriebsmitteln wie Fäll- und Flockungsmittel oder weitere Verbrauchsmaterialien. Diese werden als Inputströme mit eigenständigen CO₂e-Emissionen bilanziert. Gleiches gilt für die direkten Emissionen aus vorangegangenen oder nachgelagerten Prozessen.

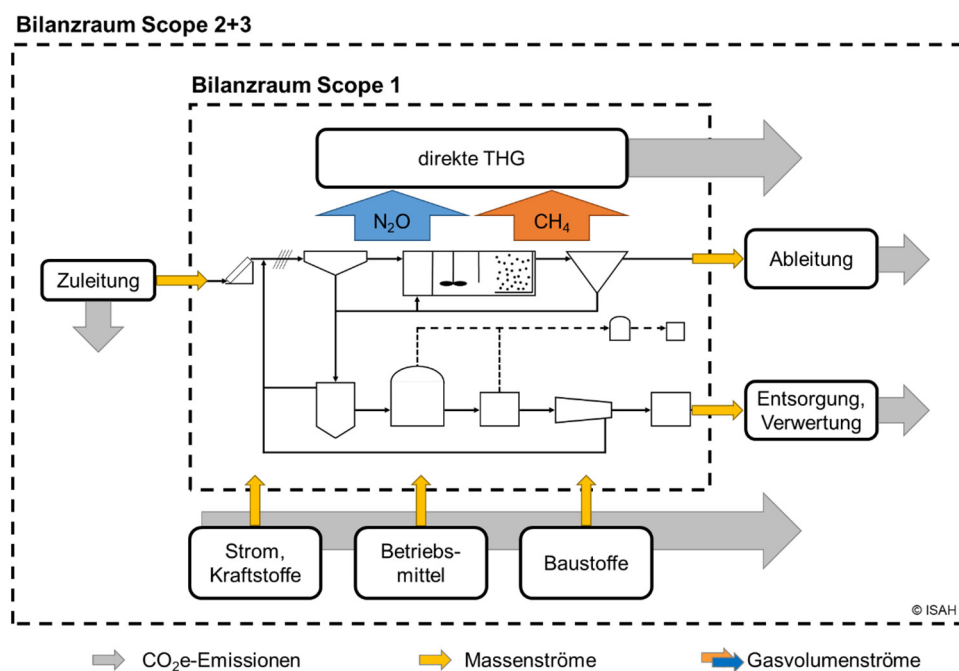


Bild 5: Systemgrenzen zur Ermittlung des „Carbon Footprints“ einer kommunalen Kläranlage

Die indirekten Emissionen werden abhängig vom Energie- bzw. Stoffeinsatz über die jeweiligen Emissionsfaktoren berechnet. Aus vor- und nachgelagerten Prozessen sollten dabei die größten Positionen ermittelt werden. Dies ist im vorgelagerten Bereich insbesondere der Energiebedarf (elektrische Energie, fossile Brennstoffe etc.) (Scope 2). Für Betriebsstoffe sind dies in Kläranlagen in der Regel die Betriebsmittel Fällmittel, Flockungsmittel, Schmierstoffe sowie externe C-Quellen, Oxidationsmittel und Kalk sowie Aktivkohle und Sauerstoff (Ozon) im Bereich der Spurenstoffelimination (sofern vorhanden) (Scope 3). Im nachgelagerten Bereich sind die indirekten Emissionen aus der Schlamm-entsorgung inklusive möglicher Schlammzusatzstoffe, fossiler Brennstoffe für die Stützfeuerung der Verbrennung sowie eventuell erforderlicher Transporte zu berücksichtigen (Im Regelfall Scope 3). In diesem Ansatz des Bilanzrahmens für den CO₂e-Footprint werden die indirekten Emissionen aus der Errichtung und dem Rückbau der Anlagen nicht berücksichtigt, da diese nur sehr aufwendig ermittelt

werden können und dazu nur in untergeordnetem Maß zu den Gesamtemissionen beitragen (siehe auch Tabelle 4).

Die direkten Emissionen können qualitativ über die Gase N_2O und CH_4 abgeschätzt werden. Hinweise hierzu sind im Merkblatt DWA-M 230-1:2022 zu finden, ebenso wie Hinweise zur Durchführung spezieller Messkampagnen, da aufgrund des sehr spezifischen Bildungs- und Emissionspotenzials zurzeit für beide relevanten THG nur Kennzahlen mit großer Bandbreite vorliegen, die zu großen Verzerrungen der CO_2e -Bilanz führen können. Reine CO_2 -Emissionen aus biologischen Prozessen oder biogenen Ursprungs werden in der Bilanz in der Regel nicht berücksichtigt. Das bei der Abwasserentsorgung freigesetzte CO_2 stammt überwiegend nicht aus fossilen Bindungen und gilt daher als CO_2 -neutral (siehe hierzu Abschnitt 4 im Merkblatt DWA-M 230-1:2022).

Grundsätzlich sollten für die Erstellung eines vergleichbaren CO_2e -Footprints vergleichbare Bilanzgrenzen gezogen werden. Für eine Kläranlage können beispielsweise die hier genannten Bilanzgrenzen verwendet und die hier bzw. in den folgenden Abschnitten genannten direkten und indirekten Emissionen so detailliert und umfassend wie möglich erhoben werden. Ein abweichender Bilanzrahmen führt auch bei ansonsten unveränderten Eingangsdaten zu anderen Ergebnissen und einer mangelnden Vergleichbarkeit. Bei der Aufstellung von CO_2e -Bilanzen für andere Zwecke können jedoch je nach Ziel und Zweck der Bilanzierung andere Bilanzgrenzen gewählt oder einzelne Emissionspfade vernachlässigt werden.

Im Rahmen der Bilanzierung sollte auf die Berücksichtigung von CO_2e -Gutschriften verzichtet werden. Sofern im Rahmen von Vergleichsrechnungen bei eng gesetzten Systemgrenzen Gutschriften Anwendung finden, ist darauf zu achten, dass in aggregierten Bilanzen keine Doppelbewertung vorgenommen wird (z. B. Gutschrift für Faulgasproduktion und gleichzeitig bilanzielle Berücksichtigung der Eigenstromerzeugung aus Faulgasnutzung).

6.4 Bezugsgrößen (Funktionelle Einheit)

Zum Vergleich bzw. zur Bewertung verschiedener Prozesse und Anlagen ist es erforderlich, eine spezifische Größe zu definieren, auf welche die THG-Emissionen bezogen werden. Diese wird als funktionelle Einheit bezeichnet. Je nach Bilanzrahmen und Prozess kommen in der Abwasserbeseitigung verschiedene Parameter als funktionelle Einheit in Frage, die üblicherweise auch zu Vergleichszwecken (Benchmarking) genutzt werden. Die gebräuchlichsten können der nachfolgenden Auflistung entnommen werden:

- $1 m^3$ behandeltes Abwasser oder behandeltes Schlammvolumen (bspw. $g CO_2e/m^3$) bspw. zur Bewertung von Kläranlagen oder einzelnen Verfahrensstufen;
- $1 m^3$ verbrauchtes Frischwasser im Einzugsgebiet zur Bewertung von Fremdwassereinflüssen;
- 1 t (organische) Trockenmasse bei der Bewertung von Anlagen zur Schlammbehandlung und -entsorgung;
- $1 m^3$ behandeltes Abwasser und 1 m Förderhöhe (bspw. $g CO_2e/(m^3 \cdot m)$) zur Bewertung von Pumpwerken;
- 1 Einwohnerwert (EW) mit zusätzlichem zeitlichem Bezug (bspw. $g CO_2e/(EW \cdot a)$); für die Berichterstattung und eine übergreifende Anlagenbewertung;
- 1 kg Zulaufschmutz oder abgebaute Fracht der Standardabwasserparameter (bspw. $g CO_2e/kg N_{eliminiert}$) bspw. zur Bewertung direkter Emissionen oder einzelner Prozessstufen;
- 1 m Leitungslänge bei Kanalnetzen oder $1 m^2$ Behandlungsfläche bei Regenwasserbehandlungsanlagen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt im Regelfall scharf nach Jahren getrennt. Bei Berechnungen von Emissionen aus der Bauphase von Anlagen sollte von den aktuellen Emissionsfaktoren ausgegangen werden und auf die Erneuerungszyklen innerhalb des Betrachtungszeitraums von 100 Jahren

hochgerechnet werden – analog der Festlegung des Betrachtungszeitraums im IPCC-Bericht. So werden Emissionen, die beim Bau einer Regenwasserbehandlungsanlage mit einer Nutzungsdauer von 50 Jahren entstehen, im Betrachtungszeitraum zweimal eingerechnet. Bei Teilerneuerungen geschieht dies anteilig. Die Gesamtemissionen werden gleichmäßig auf 100 Jahre verteilt.

6.5 Lebenszyklusphasen

Bei der Bestimmung von THG-Emissionen von Anlagen, Produkten usw. der Siedlungswasserwirtschaft ist eine Einteilung in die unterschiedlichen Lebenszyklusphasen sinnvoll und ermöglicht sowohl einen Vergleich als auch eine Abgrenzung der durchgeführten Betrachtung zu anderen Anlagen. Die Phasen lassen sich in Bauphase, Nutzungsphase und Rückbau gliedern.

In Tabelle 4 wurde der prozentuale Einfluss für die Bauphase, die Nutzungsphase und den Rückbau aus verschiedenen Publikationen zusammengestellt. Alle Untersuchungen haben gemein, dass der wesentliche Anteil der Gesamtemissionen auf der Betriebsphase liegt und Bau und Rückbau einen deutlich geringeren Anteil einnehmen.

Die Bauphase von Anlagen zur Abwasserbehandlung umfasst alle wesentlichen Baustoffe, deren Transport sowie Verarbeitung. Ebenfalls sind Emissionen bedingt durch den Einsatz von Arbeitern und Baugeräten, sowie die anteiligen Emissionen aus dem Bau, Betrieb und der Entsorgung der Baugeräte, Hilfsmaterialien und Kleingeräte, mit in die Bilanz aufzunehmen. Innerhalb der Bauphase dominieren die indirekten Emissionen aus den Rohbaugewerken (insbesondere Beton- und Erdarbeiten), aus maschinen- und elektrotechnischen Installationen und dem Straßenbau (SCHMUCK 2014).

In der Nutzungsphase dominieren meist die indirekten Emissionen aus dem Energiebezug. Bei SCHMUCK (2014) dominieren jedoch die direkten CO₂-Äquivalente aus Lachgas- und Methanemissionen deutlich vor den indirekten Emissionen aus dem externen Strombezug, dem Erdgasbezug und der Entsorgung von Reststoffen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die direkten Emissionen nicht gemessen, sondern über Emissionsfaktoren ermittelt wurden.

Die Emissionen aus dem Bereich des Rückbaus sind sehr gering.

Tabelle 4: Beispielhafte Verteilung der THG-Emissionen von Kläranlagen auf die verschiedenen Lebenszyklusabschnitte Bau-Betrieb-Rückbau

Publikation	Größe	Bau	Nutzung	Rückbau	Nutzungsdauer
	Tsd. EW	%	%	%	Jahre
EMMERSON et al. (1995)	1	40	60	0	15
DIXON et al. (2003)	0,2	19	81	0	10
VLASOPOULOS et al. (2006)	10	1	99	0	15
MACHADO et al. (2007)	0,5	20	80	0	20
RENOU et al. (2008)	140	10	90	0	20
SCHMUCK (2014)	70	17,7	81,2	0,1	nach Anlagen- gruppen

Für Baumaßnahmen empfiehlt sich eine projektbezogene Wertung zumindest für häufig wiederkehrende Baumaßnahmen oder große Investitionsentscheidungen. Hier können fallweise die größten Aufwandspositionen (Beton, Bewehrungsstahl, Maschinenstahl, Erdbewegungen, Verbau, Wasserhaltung, Abfallentsorgung) ermittelt werden. Für einzelne Baustoffe haben die Hersteller „*Environmental*

Product Declarations“ (EPD) veröffentlicht, denen der CO₂e-Fußabdruck entnommen werden kann. Da für einzelne Baumaßnahmen heute mit vertretbarem Aufwand jedoch keine detaillierten Scope-3-Analysen möglich sind, können die indirekten Emissionen aus der Bauphase abgeschätzt werden. Dabei können entweder prozentuale Anteile zum Tragen kommen (10 % bis 20 % der Gesamtemissionen) oder Betrachtungen für andere Kläranlagen übertragen werden. Anhaltspunkte inklusive einer gewerkespezifischen Aufteilung der CO₂e-Emissionen aus der Bauphase liefert SCHMUCK (2014).

7 Berechnungsgrundlagen der Emissionsermittlung

7.1 Eingangswerte der Anlagenbereiche

7.1.1 Kanalnetz

Im Bereich der in Deutschland üblichen Freispiegelkanalisation resultieren aus dem Betrieb des Kanalnetzes nur wenige Emissionen. Hinsichtlich der Messung bzw. Bewertung der direkten Emissionen beispielsweise durch Ausgasung aus der Kanalisation wird auf den ersten Teil dieses Merkblatts verwiesen. Maßgebende indirekte Emissionen entstehen insbesondere während der Bauphase. Diese umfassen alle wesentlichen, eingesetzten Baustoffe, deren Transport und Verarbeitung. Ebenfalls sind durch den Einsatz von Arbeitern und Baugeräten bedingte, sowie die anteiligen Emissionen aus dem Bau, Betrieb und der Entsorgung der Baugeräte, Hilfsmaterialien und Kleingeräte mit in die Bilanz aufzunehmen. Die tatsächlich erforderlichen Daten für diese Bilanzierung sind bei teils schon vor über 100 Jahren errichteten Kanalisationssystemen nur schwer bis unmöglich zu beschaffen. Insofern müssen diese Daten über die Bestandsdaten des Kanalnetzes abgeschätzt werden. Dafür kann auf die üblicherweise in einer Kanalnetzdatenbank vorgehaltenen Bestandsdaten zurückgegriffen werden:

- Haltungslängen und -tiefen,
- Schachttanzahl,
- Rohrleitungs- und Schachtmaterialien,
- Einbauverfahren.

Indirekte Emissionen während des Betriebs eines Kanalnetzes resultieren aus der laufenden Wartung und Instandhaltung (bspw. Transportwege für Personal und Betriebsmittel). Diese sind aber bilanziell schwierig einzelnen Haltungen zuzuordnen, da häufig verschiedene Wartungs- und Inspektionsarbeiten an unterschiedlichen Abwasseranlagen durchgeführt werden. Insofern ist hier eine Betrachtung auf Verbands- oder Einzugsgebietsebene erforderlich (SCHMUCK 2014). Gegebenenfalls müssen auch Betriebsmittel wie beispielsweise Chemikalien zur Geruchsbekämpfung berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind die indirekten Emissionen aus Sonderbauwerken, wie beispielsweise Pumpwerken, Regenüberlauf- und Rückhaltebecken und Bodenfiltern, in die Bilanz einzubeziehen. Die hierfür zu erhebenden Daten sind mit denen für die Abwasserreinigung auf der Kläranlage vergleichbar und werden prinzipiell im folgenden Unterabschnitt erläutert.

7.1.2 Abwasserreinigung

Zur Aufstellung einer CO₂e-Bilanz für die Abwasserreinigung einer Kläranlage bzw. einzelner Verfahrensstufen sind zunächst die Betriebsdaten für einen vorab ausgewählten Betrachtungszeitraum auszuwerten, die auch für eine Energieanalyse gemäß Arbeitsblatt DWA-A 216 erforderlich sind. Dies ermöglicht, einen Bezug auf die funktionelle Einheit herzustellen:

- behandelte Abwassermenge:
 - Zu- oder Ablaufmenge,

■ Frachten der Standardparameter CSB, N und P:

- Zulauf Kläranlage,
- Zulauf biologische Stufe,
- Ablauf (zur Bewertung der eliminierten Fracht).

Darüber hinaus sind zur Bewertung der indirekten Emissionen die Energie- und Betriebsmittelverbräuche für den Betrachtungszeitraum zu erfassen. Beispiele für häufig erforderliche Daten zeigt die folgende Auflistung. Diese erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist den tatsächlich eingesetzten Verbrauchsmitteln auf der Kläranlage und dem angestrebten Detaillierungsgrad anzupassen:

■ Externer Energiebezug:

- Strom,
- Heizöl,
- Erd- bzw. Stadtgas,
- Fernwärme;

■ Betriebsmittelverbräuche:

- Fällmittel,
- Flockungsmittel,
- Externe Kohlenstoffquellen (Methanol, Essigsäure etc.),
- Schmiermittel,
- ggf. Reinsauerstoff,
- ggf. Aktivkohle;

■ Reststoffanfall und -entsorgung (Rechengut, Sand und Schlamm):

- Mengen und Frachten für die jeweiligen Entsorgungswege (Schnittstelle zur Schlammbehandlung).

Je nach gewähltem Bilanzrahmen und Detaillierungsgrad kann es weiterhin erforderlich sein, die während der Errichtung der Anlage eingesetzten Baustoffe zu erheben bzw. auch Transportwege für Personal und Betriebsmittel zu berücksichtigen. Indirekte Emissionen für den Rückbau können üblicherweise vernachlässigt werden.

Zur Ermittlung bzw. Abschätzung der direkten Emissionen aus der Abwasserreinigung wird auf Abschnitt 4 im Merkblatt DWA-M 230-1:2022 verwiesen. Die direkten Emissionen sollten jedoch bei der Aufstellung einer CO₂e-Bilanz auf keinen Fall vernachlässigt werden (siehe 7.2).

7.1.3 Schlammbehandlung

Auch für die Schlammbehandlung sind die relevanten Betriebsdaten für eine Bilanzierung und Bewertung zu erheben. Dies sind im Wesentlichen:

■ Schlamm-mengen bzw. -frachten im Zulauf zu den einzelnen Verfahrensstufen

Zur Bewertung der indirekten Emissionen sind die Energie- und Betriebsmittelverbräuche für den Betrachtungszeitraum zu erfassen. Beispiele für häufig erforderliche Daten zeigt die folgende Auflistung. Diese erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist den tatsächlich eingesetzten Verbrauchsmitteln auf der Kläranlage und dem angestrebten Detaillierungsgrad anzupassen:

■ Externer Energiebezug:

- Strom,
- Heizöl,
- Erd- bzw. Stadtgas,
- Fernwärme;

■ Betriebsmittelverbräuche:

- Fäll- und Flockungsmittel,
- Schmiermittel;

■ Reststoffanfall und -entsorgung:

- Schlammengen bzw. Trockenmassen für die jeweiligen Entsorgungswege (Schnittstelle zur Schlamm Entsorgung).

Auch im Bereich der Schlammbehandlung kann es je nach gewähltem Bilanzrahmen und Detaillierungsgrad weiterhin erforderlich sein, die während der Errichtung der Anlage eingesetzten Baustoffe zu erheben bzw. auch Transportwege für Personal und Betriebsmittel zu berücksichtigen. Indirekte Emissionen für den Rückbau können üblicherweise vernachlässigt werden.

Zur Ermittlung bzw. Abschätzung der direkten Emissionen aus der Schlammbehandlung wird auf Abschnitt 4 im Merkblatt DWA-M 230-1:2022 verwiesen. Die direkten Emissionen sollten jedoch bei der Aufstellung einer CO₂e-Bilanz auf keinen Fall vernachlässigt werden.

7.1.4 Schlamm Entsorgung

In jedem Fall ist die Entsorgung der anfallenden Reststoffe und insbesondere des zu entsorgenden Klärschlammes in die Bilanzierung der Kläranlage einzubeziehen. So führt beispielsweise der Verzicht auf eine weitgehende Entwässerung des Klärschlammes zunächst zu einer Verringerung der indirekten Treibhausgasemissionen auf der Kläranlage. In der Folge kommt es jedoch zu höheren Emissionen bei der Entsorgung bzw. Verwertung des Schlammes. Insofern sind die bereits oben genannten Schlammengen und Trockenmassen sowie Angaben zu den jeweiligen Entsorgungswegen dringend benötigte Angaben zur Aufstellung einer in sich schlüssigen Gesamtbilanz. Neben dem gewählten Entsorgungsverfahren sind dabei auch die indirekten Emissionen aus Transportwegen zu berücksichtigen. Für die Bewertung einzelner technischer Anlagen zur Schlamm Entsorgung ist analog zum vorangegangenen Unterabschnitt vorzugehen. Auch beim Klärschlamm werden üblicherweise die CO₂-Emissionen biogenen Ursprungs auch in der Verbrennung nicht berücksichtigt. Allerdings sind die Emissionen aus der Verbrennung von Zusatzstoffen zur Verbesserung der Entwässerbarkeit oder Anhebung des unteren Heizwerts in der Bilanz zu berücksichtigen. Die Emissionsfaktoren der einzelnen Prozessstufen der Schlamm Entsorgung unterliegen großen Schwankungen und befinden sich zurzeit noch in der wissenschaftlichen Diskussion. Nach den Berechnungsvorgaben des IPCC beziffert SCHUBERT (2006) die Emissionen der Verbrennung von entwässertem kohlekonditioniertem Klärschlamm auf durchschnittlich 260 kg CO₂e/t TS, ohne im Detail beispielsweise auf die Verbrennungsart oder die unterschiedlichen Trocknungsverfahren einzugehen. Ohne Berücksichtigung von Zugaben zur Verbesserung der Entwässerbarkeit des Klärschlammes beträgt der Wert für getrockneten Schlamm laut SCHMUCK (2014) 24 kg CO₂e/t Trockenmasse und ist im Wesentlichen auf die indirekten Emissionen aus dem Bau der Anlagen und der Mitverbrennung von Kalk, Polymeren sowie sonstigen Zusatzstoffen zurückzuführen.

Während bei der Verbrennung die indirekten Emissionen durch den Energiebedarf dominieren, sind bei der bodenbezogenen Verwertung die direkten THG-Emissionen maßgebend. Bei der Abschätzung der Emissionsfaktoren sind die Ausführungen des DWA-M 230-1 (Abschnitt 4.3) heranzuziehen.

7.2 Direkte Emissionen

Zur Bewertung der direkten Emissionen wird auf Abschnitt 4 des Merkblatts DWA-M 230-1:2022 verwiesen. Dort werden auch die maßgebenden Prozesse, die zu einer Bildung und Emission von Treibhausgasen während der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung führen, beschrieben.

Zur Bewertung und Optimierung von Prozessen in der Abwasser- und Schlammbehandlung werden dabei Messungen vor Ort empfohlen. Im Falle der Bilanzerstellung für andere Anwendungsfälle wie beispielsweise die Berichterstattung oder eine Bilanzierung auf Unternehmensebene können die direkten Emissionen auch aus den in Teil 1 gegebenen Richtwerten überschlägig berechnet werden.

Im Zuge einer vollständigen CO₂e-Bilanz einer Kläranlage sollten folgende direkte Emissionen verschiedener Verfahrensstufen berücksichtigt werden (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5: Direkte THG-Emissionen bei der Abwasserreinigung nach Verfahrensstufen

Verfahrensstufe	Emissionen	Ursache	Bezugsgröße
Abwasserreinigung	N ₂ O	Stickstoffelimination	$\Sigma N_{\text{ges, eliminiert}}$ in der Abwasserreinigung
	CH ₄	Unerwünschte anaerobe Bedingungen Ausgasung von bereits im Kanal gebildetem CH ₄ Verschleppung durch Filtratrückführung	Keine Bezugsgröße auf Stoffumsatz sondern absolute Zahl im Verhältnis auf Betriebssystem/-größe o. Ä. (Einzugsgebiet, Kanalometer etc.)
Eindicker und Stapelbehälter	N ₂ O	Verschleppung aus der biologischen Stufe	$\Sigma N_{\text{ges, eliminiert}}$ in der Abwasserreinigung
	CH ₄	Anaerober Abbau	$\Sigma \text{CH}_4\text{-gebildet}$ im Bilanzraum oder EW_{CSB}
Faulbehälter	CH ₄	Offene Überfälle im Schlammabzug, Gasverluste	$\Sigma \text{CH}_4\text{-gebildet}$ im Bilanzraum oder EW_{CSB}
Schlamm entwässerung	CH ₄	Ausgasung	$\Sigma \text{CH}_4\text{-gebildet}$ im Bilanzraum oder EW_{CSB}
Faulgasnutzung / BHKW	NO _x	Stickoxidbildung	Als CO ₂ e pro kWh
	CH ₄	Methanschlupf	$\Sigma \text{CH}_4\text{-gebildet}$ im Bilanzraum oder EW_{CSB}

Da die Emissionen nicht immer direkt im Entstehungsprozess erfolgen und es zu Verschleppungen in andere Prozessstufen kommen kann, können beim Verzicht auf Messungen lediglich Gesamtwerte für die N₂O- und CH₄-Emissionen abgeschätzt werden (siehe Abschnitt 4 im Merkblatt DWA-M 230-1:2022). Emissionskennzahlen von verschiedenen Kläranlagen und Messverfahren sind den Beispielen im Merkblatt DWA-M 230-1:2022 zu entnehmen.

Neben den direkten Emissionen auf der Kläranlage sind je nach Bilanzrahmen auch die direkten Emissionen der Klärschlammverwertung zu erfassen. Da die Klärschlammverwertung (bspw. in Form einer Verbrennung) nur in seltenen Fällen auf der Kläranlage selbst erfolgt, werden die entsprechenden

Emissionen bei den meisten Kläranlagen als indirekte Emissionen für eine externe Schlammmentsorgung ausgewiesen (Richtwerte siehe 7.3).

Klärschlammverbrennung:

- N₂O-Emissionen aus der Stickoxidbildung; Bezugsgröße: Klärschlammmenge.

Landwirtschaft:

- N₂O-Emissionen aus der Stickstoffoxidation sowie CH₄-Emissionen; Bezugsgröße: Klärschlammmenge.

Auch im Kanalnetz kann es zu Methanausstrippungen kommen. Für diese liegen aber keine Richt- oder Anhaltswerte vor, sodass für eine Bilanzierung in jedem Fall eine Messkampagne erforderlich wird.

7.3 Faktoren der indirekten Emissionen

Grundlage für die Berechnung der indirekten Emissionen sind die gemäß Abschnitt 7.1 erhobenen Betriebs- und Verbrauchsdaten. Auf dieser Basis empfiehlt es sich, für eine möglichst realistische Ermittlung der indirekten Emissionen aus den Sekundärprozessen insbesondere für die maßgebenden Emissionsquellen (Strom, Heizöl, Erdgas, Fäll- und Flockungsmittel, Schmiermittel, externe Kohlenstoffquellen, Kalk, Schlammmentsorgung), konkrete spezifische Werte für die indirekten Emissionen beim jeweiligen Ver- bzw. Entsorger oder Lieferanten abzufragen. Dabei sind die spezifischen Randbedingungen der jeweiligen Anlage in jedem Fall zu beachten. So sind beispielsweise bei der Abschätzung der indirekten Emissionen aus dem Bezug von elektrischer Energie, abhängig vom abgenommenen Spannungsniveau, auch Transformationsverluste zu berücksichtigen.

Darüber hinaus kann auf verschiedene Datenbanken zurückgegriffen werden, die auch zur ökobilanziellen Bewertung von Abwasseranlagen bzw. Bauprozessen genutzt werden. Die am häufigsten verwandten sind:

- „ecoinvent Datenbank“ (kostenpflichtig),
- „ProBas Datenbank“ – GEMIS (Software),
- Informationsportal „Nachhaltiges Bauen“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und nukleare Sicherheit,
- ÖKOBAUDAT,
- Umwelt-Produktdeklarationen (EPD) der Hersteller und Fachvereinigungen,
- Ökobilanzen und Produktökobilanzen.

Die beiden wichtigsten Datenbanken der ökobilanziellen Bewertung von Prozessen, Produkten und Systemen sind die „ecoinvent Datenbank“ des Swiss Centre for Life Cycle Inventories und die prozessorientierten Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas-Datenbank) des Umweltbundesamtes. Der ecoinvent-Datenbestand wird von mehr als 1.200 Mitgliedern in über 40 Ländern genutzt. Er beinhaltet internationale, industriebasierte Sachbilanzdaten zu rund 4.000 Prozessen, Produkten und Dienstleistungen, welche in einem mehrstufigen Verfahren auf Konsistenz überprüft werden. Das Webportal ProBas stellt eine Bibliothek für Lebenszyklusdaten dar. Zahlreiche öffentlich verfügbare Datenquellen sind in der ProBas-Datenbank integriert, um ein möglichst breites Spektrum an Lebenszyklusdaten zur Verfügung zu stellen. Über umfangreiche Such- und Filterfunktionen können die über 16.000 Datensätze durchsucht werden (PROBAS 2019).

Die Software GEMIS bildet den Einstieg, um einfache Systeme eines Produkts differenziert darstellen zu können. GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) ist eine Datenbank mit Bilanzierungs- und Analysemöglichkeiten von Energie-, Stoff- und Transportprozessen sowie ihrer beliebigen Kombination. GEMIS berechnet dabei für alle Prozesse und Szenarien sogenannte Lebenszyklen, d. h.

es berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle wesentlichen Schritte und bezieht auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen mit ein (GEMIS 2019). GEMIS umfasst die Grunddaten zur Bereitstellung von Primärenergieträgern. Hierbei werden Prozessketten und Basisdatenwerte miteinander verknüpft, um so direkt die Emissionen eines bestimmten Energieträgers quantifizieren zu können. Die Datenbank umfasst im Bereich der Energieträger bzw. Energieerzeugung die fossilen Energieträger, die regenerativen Energieträger, Uran, Hausmüll und Wasserstoff. In der Datenbank sind auch Prozesse zur Erzeugung von Produkten festgehalten und nach klimarelevanten Gesichtspunkten bewertet worden.

Alle wesentlichen Daten zu Bauprozessen, im Wesentlichen Hochbau, sind in der Datenbank ÖKOBAUDAT hinterlegt, welche im Rahmen des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) als verbindliche Datenbasis adressiert wird. Alle 1.200 ÖKOBAUDAT-Datensätze sind konform zur DIN EN 15804 und auf Basis von Ecoinvent-Hintergrunddaten berechnet. Zusätzlich sind sogenannte Umwelt-Produktdeklarationen (EPD), für alle wesentlichen Baustoffe mit in diese Datenbank eingebunden. Die EPD-Datensätze erfüllen die Anforderungen an die „Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzdaten in die Online-Datenbank ÖKOBAUDAT“ BBSR (2020). Weitere EPDs finden sich beispielsweise unter: <https://ibu-epd.com/>.

Über die genannten Datenbanken und das frei zugängliche Tool GEMIS hinaus, gibt es weitere kommerzielle Softwarelösungen, die die Ermittlung der indirekten Emissionen unterstützen. Zu nennen sind hier insbesondere Umberto (www.ifu.com), Thinkstep zur ganzheitlichen Bilanzierung (<http://www.thinkstep.com>) und openLCA (www.openlca.org).

Um eine Erstbilanzierung von kommunalen Kläranlagen zu ermöglichen, sind in der nachfolgenden Tabelle 6 die spezifischen indirekten Emissionen häufig verwendeter Energieträger, Betriebsmittel und Entsorgungsarten zusammengefasst. Diese Angaben sollten jedoch nur herangezogen werden, sofern von den lokalen Ver- bzw. Entsorgern bzw. Lieferanten keine konkreten Daten bezogen werden können und sind vor Anwendung in den benannten Datenbanken auf Aktualität zu prüfen:

Tabelle 6: CO₂-Äquivalente für ausgesuchte Energieträger, Betriebsmittel und Abfälle

Nr.	CO ₂ e-Emittent	Angabe	Einheit
1	Strom (Deutscher Strommix) ⁶⁾	0,38	kg CO ₂ e/kWh
2	Heizöl ³⁾ (extra leichtflüssig, für kleine Heizanlagen)	3,04	kg CO ₂ e/l Öl
3	Fällmittel, Eisenchlorid ⁷⁾	1,15	kg CO ₂ e/kg FeCl ₃
4	Fällmittel, Eisensulfat ²⁾	1,298	kg CO ₂ e/kg FeSO ₄
5	Flockungsmittel, Kalkmilch „Chem-AnorgSoda-DE-2020“ ¹⁾	1,13	kg CO ₂ e/kg Soda
6	Kalk (gelöscht) ⁸⁾	0,573	kg CO ₂ e/kg Kalk
7	Essigsäure (techn., 70 %) ⁸⁾	1,07	kg CO ₂ e/kg Säure
8	Entsorgung Rechengut (⁴⁾ Tab. 2.2.24)	0,161	kg CO ₂ e/kg Gut
9	Entsorgung Sand ²⁾	0,00962	kg CO ₂ e/kg Sand
10	Klärschlamm, Verbrennung ²⁾	0,024	kg CO ₂ e/kg TS
11	Klärschlamm, ungefäult (⁴⁾ Tab. 2.2.12)	0,512	kg CO ₂ e/kg TS
12	Aktivkohle (Herstellung) ⁹⁾	8,6	kg CO ₂ e/kg Aktivkohle
13	Aktivkohle (Regenerierung) ⁹⁾	3,9	kg CO ₂ e/kg Aktivkohle

Tabelle 6 (Ende)

Nr.	CO ₂ e-Emittent	Angabe	Einheit
14	Flüssigsauerstoff ⁸⁾	0,37	kg CO ₂ e/kg O ₂
15	Schmierstoffe auf Propylenbasis ¹⁾	1,93	kg CO ₂ e/kg
16	Logistik: Lkw ⁵⁾	0,0672	kg CO ₂ e/(t·km)
17	Motorisierter Individualverkehr ⁷⁾	0,142	kg CO ₂ e/(Personen·km)
18	Trinkwasser: „Xtra-TrinkwasserDE-2000“ ¹⁾	0,000402	kg CO ₂ e/kg Wasser
ANMERKUNGEN 1) Quelle: http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php (2019). 2) Quelle: SCHMUCK (2014). 3) Quelle: UBA (2016). 4) Quelle: IFEU (2014). 5) Quelle: KRANKE et al. (2011). 6) Quelle: UBA (2021). 7) Quelle: STOWA (2010). 8) Quelle: GEMIS (2019). 9) Quelle: PINNEKAMP et al. (2011).			

Quellen und Literaturhinweise

Recht

Europäisches Recht

Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG. ABL. L 342 vom 22.12.2009, S. 1–45 (Eco-Management and Audit Scheme (EMAS))

Richtlinie 2014/95/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 zur Änderung der Richtlinie 2013/34/EU im Hinblick auf die Angabe nichtfinanzieller und die Diversität betreffender Informationen durch bestimmte große Unternehmen und Gruppen Text von Bedeutung für den EWR. ABL. L 330 vom 15.11.2014, S. 1–9 (CSR-Richtlinie)

Bundes- und Landesrecht

BEHG – Brennstoffemissionshandelsgesetz: Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen vom 12. Dezember 2019, BGBl. I S. 2728. Stand: geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. November 2020, BGBl. I S. 2291

CSR-Richtlinie-Umsetzungsgesetz: Gesetz zur Stärkung der nichtfinanziellen Berichterstattung der Unternehmen in ihren Lage- und Konzernlageberichten vom 11. April 2017. BGBl. I S. 802

KSG – Bundes-Klimaschutzgesetz: Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019, BGBl. I S. 2513. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021, BGBl. I S. 3905

SchadRegProtAG – Gesetz zur Ausführung des Protokolls über Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister vom 21. Mai 2003 sowie zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 166/2006 vom 6. Juni 2007, BGBl. I S. 1002. Stand: geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020, BGBl. I S. 2873

TEHG – Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz: Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen vom 21. Juli 2011, BGBl. I S. 1475. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 18 des Gesetzes vom 10. August 2021, BGBl. I S. 3436

WHG – Wasserhaushaltsgesetz: Gesetz zur Ordnung des vom 31. Juli 2009, BGBl. I S. 2585. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021, BGBl. I S. 3901

AbwV – Abwasserverordnung: Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004, BGBl. I S. 1108, 2625. Stand: zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Januar 2022, BGBl. I S. 87

KSG-NRW: Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen: Gesetz zur Neufassung des Klimaschutzgesetzes Nordrhein-Westfalen vom 8. Juli 2021. Gesetz- und Verordnungsblatt (GV. NRW), Ausgabe 2021, Nr. 53 vom 15.7.2021, S. 893–914

Technische Regeln

DIN EN 15804 (März 2022): Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Deutsche Fassung EN 15804:2012+A2:2019

DIN EN ISO 14040 (Februar 2021): Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006 + Amd 1:2020). Deutsche Fassung EN ISO 14040:2006 + A1:2020

DIN EN ISO 14044 (Februar 2021): Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 + Amd 2:2020). Deutsche Fassung EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020

DIN EN ISO 14064-1 (Juni 2019): Treibhausgase – Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene (ISO 14064-1:2018). Deutsche und englische Fassung EN ISO 14064-1:2018

DIN EN ISO 14064-2 (Mai 2020): Treibhausgase – Teil 2: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung, Überwachung und Berichterstattung von Reduktionen der Treibhausgasemissionen oder Steigerungen des Entzugs von Treibhausgasen auf Projektebene (ISO 14064-2:2019). Deutsche und englische Fassung EN ISO 14064-2:2019

DIN EN ISO 14064-3 (Mai 2020): Treibhausgase – Teil 3: Spezifikation mit Anleitung zur Validierung und Verifizierung von Erklärungen über Treibhausgase (ISO 14064-3:2019). Deutsche und englische Fassung EN ISO 14064-3:2019

DIN EN ISO 14065 (Februar 2022): Allgemeine Grundsätze und Anforderungen an Validierungs- und Verifizierungsstellen von Umweltinformationen (ISO 14065:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14065:2021

DIN EN ISO 14065 (Norm-Entwurf Februar 2020): Treibhausgase – Anforderungen an Validierungs- und Verifizierungsstellen für Treibhausgase zur Anwendung bei der Akkreditierung oder anderen Formen der Anerkennung (ISO/DIS 14065:2020). Deutsche und englische Fassung prEN ISO 14065:2020

DIN EN ISO 14067 (Februar 2019): Treibhausgase – Carbon Footprint von Produkten – Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018). Deutsche und englische Fassung EN ISO 14067:2018

DIN EN ISO 14001 (November 2015): Umweltmanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2015). Deutsche und englische Fassung EN ISO 14001:2015

DIN EN ISO 50001 (Dezember 2018): Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 50001:2018). Deutsche Fassung EN ISO 50001:2018

DWA-A 216 (Dezember 2015): Energiecheck und Energieanalyse – Instrumente zur Energieoptimierung von Abwasseranlagen. Arbeitsblatt

DWA-A 400 (Mai 2018): Grundsätze für die Erarbeitung des DWA-Regelwerks. Arbeitsblatt

PAS 2050 (2011): Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution (BSI). Frankfurt am Main

WRI; WBCSD: Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). World Resources Institute (WRI), Washington, DC, USA; World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (eds.), Genf, Suisse

Literatur

- BBSR (2020): Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzen in die Online-Datenbank ÖKOBAUDAT; Stand: April 2020. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Bonn. Online unter (zuletzt aufgerufen am 23.06.2022): <https://www.oekobaudat.de/fileadmin/downloads/Einreichung/2020-04-07_Grundsaeetze_pub.pdf>
- BECKER, A.; GÄRTNER, A.; HIRSCHBERGER, R. (2012): Emissionen klimarelevanter Gase aus Kläranlagen. In: Immissionschutz: Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung, 4/2012, S. 182–188
- BÜNGER, B.; MATTHEY, A. (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Methodische Grundlagen, Umweltbundesamt, November 2018
- COROMINAS, L.; BYRNE, D. M.; GUEST, J. S.; HOSPIDO, A.; ROUX, P.; SHAW, A.; SHORT, M. D. (2020): The application of life cycle assessment (LCA) to wastewater treatment: A best practice guide and critical review. In: Water Research, Volume 184. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116058
- DIXON, A.; SIMON, M.; BURKITT, T. (2003): Assessing the environmental impact of two options for small-scale wastewater treatment: comparing a reedbed and an aerated biological filter using a life cycle approach. In: Ecological Engineering (2003), pp. 297–308. Online unter (zuletzt aufgerufen am 23.06.2022): <[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(03\)00007-7](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(03)00007-7)>
- DREIFKE-PIEPER, A. (WWF); KOPP, M. (WWF); SIMPSON, P. (CDP) (2014): Vom Emissionsbericht zur Klimastrategie - Grundlagen für ein einheitliches Emissions- und Klimastrategieberichtswesen. Online unter (zuletzt aufgerufen am 05.09.2022): <https://klimateporting.de/wp-content/uploads/2014/02/Klimateporting_Vom_Emissionsbericht_zur_Klimastrategie_2014_02_20.pdf>
- DWA (2017): Treibhausgasemissionen bei der Abwasserreinigung. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe KA-6.7 „Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung“. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 9/2017, S. 779 ff.
- EMMERSON, R.H.C.; MORSE, G.K.; LESTER, J.N. (1995): The Life-Cycle Analysis of Small-Scale Sewage-Treatment Processes. In: Water and Environment Journal, June 1995. Online unter (zuletzt aufgerufen am 23.06.2022): <<https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1995.tb00945.x>>
- GEMIS (2019): Softwaretool „Globales Emissions-Modell integrierter Systeme“ Version 5.0. Online unter (zuletzt aufgerufen am 05.09.2022): <<https://iinas.org/arbeit/gemis/>>
- GRIEBHAMMER, R.; HOCHFELD, C. (2009): Memorandum – Product Carbon Footprint Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung, Berlin (2009). Online unter (zuletzt aufgerufen am 23.06.2022): <www.oeko.de>
- HERTLE, H.; DÜNNEBEIL, F.; GUGEL, B.; RECHSTEINER, E.; REINHARD, C. (November 2019): BSKO Bilanzierungs-Systematik Kommunal. Heidelberg
- IFEU (2014): Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2014 für das Land Berlin – SKU-Bilanz für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Referat Kreislaufwirtschaft, 10179 Berlin. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Bearbeitung: Regine Vogt, Joachim Reinhardt. Online unter (zuletzt aufgerufen am 23.06.2022): <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Abschlussbericht-SKU-2014_28-01-16_bf.pdf>
- IPCC (1996): Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, doi:10.1017/CBO9781107415324
- KRANKE, A.; SCHMIED, M.; SCHÖN, A. D. (2011): CO₂-Berechnung in der Logistik. Datenquellen, Formeln, Standards. Verlag Heinrich Vogel, München

- MACHADO, A.P.; URBANO, L.; BRITO, A.G.; JANKNECHT, P.; SALAS, J.J.; NOGUEIRA, R. (2007): Life cycle assessment of wastewater treatment options for small and decentralized communities. In: Water Sci Technol 1, August 2007, 56 (3): 15–22. Online unter [zuletzt aufgerufen am 23.06.2022]: <<https://doi.org/10.2166/wst.2007.497>>
- MATHEY, A.; BÜNGER, B. (2018): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze. Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.), Dessau-Roßlau. 48 S. Online unter [zuletzt aufgerufen am 23.06.2022]: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf>
- PINNEKAMP, J.; BOLLE, F.-W.; GÖTZ, K.; GENZOWSKY, K. (2011): Klimawandel und Energie auf Abwasseranlagen in DWA Energietage Biogas, 14. November – 16. November 2011, Kassel, S. 1-15
- PROBAS (2019): Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme des Umweltbundesamtes. Online unter [zuletzt aufgerufen am 23.06.2022]: <www.probas.de>
- RENOU, S.; THOMAS, J.S.; Aoustin, E.; PONS, M.N. (2008): Influence of impact assessment methods in wastewater treatment LCA. In: Journal of Cleaner Production, 2008, pp. 1098-1105. Online unter [zuletzt aufgerufen am 23.06.2022]: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.06.003>>
- SCHMUCK, S. (2014): Entwicklung einer Methodologie zur Quantifizierung der klimarelevanten Emissionen von Abwasseranlagen in Deutschland. Dissertation. Förderverein der Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft an der Universität Essen (Hrsg.). Forum Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft Universität Duisburg-Essen, Band 42, 210 S. ISBN: 978-3-8440-2603-0
- SCHUBERT, J. (2006): Aussagefähigkeiten von Ökobilanzen - Sensitivitätsanalyse der Wirkungsabschätzung im Rahmen der ökologischen Bewertung an Beispielen der Klärschlamm Entsorgung in Nordrhein-Westfalen, Forum Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Universität Duisburg-Essen, Heft 27, Shaker Verlag, Aachen, ISBN-13: 978-3-8322-5617-3
- STICHNOTE, H. (2009): In: FEIFEL, S.; WALK, W.; WURSTHORN, S.; SCHEBEK, L. (Hrsg.): Ökobilanzierung 2009: Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit
- STOWA (2010): EMISSIES VAN BROEIKASGASSEN VAN RWZI'S. STOWA, Rapport 8/2010. Amersfoort, The Netherlands. Online unter [zuletzt aufgerufen am 23.06.2022]: <<https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202010/STOWA%202010-08.pdf>>
- UBA (2016): CO₂-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe. Climate Change 27/2016, Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 48 S. ISSN 1862-4359
- UBA (2020): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2019. Bearbeitung: Petra Icha, Gunter Kuhs. Climate Change, 13/2020, 20 S.
- UBA (2021): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2019 und erste Schätzungen 2020 im Vergleich zu den CO₂-Emissionen der Stromerzeugung; Quelle: Umweltbundesamt / eigene Berechnungen Mai 2021
- VLASOPOULOS, N.; MEMON, F.; BUTLER, D.; MURPHY, R.J. (2006): Life Cycle Assessment of Wastewater Treatment Technologies Treating Petroleum Process Waters. In: The Science of the total environment, 367, pp. 58-70. Online unter [zuletzt aufgerufen am 23.06.2022]: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.03.007>>

Bezugsquellen

DWA-Publikationen:
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V., Hennef
<www.dwa.de>

DIN-Normen:
Beuth Verlag GmbH, Berlin
<www.beuth.de>

Neugierig auf den größten Fachverband der Wasserwirtschaft in Deutschland?

netzwerken | weiterbilden | informieren | sich engagieren



© Aleks, Adobe Stock

Ein Jahr kostenlose Schnuppermitgliedschaft für Auszubildende und Studierende

Der Klimawandel wird mittlerweile als das dringendste, ja sogar als ein existenzielles Umweltproblem wahrgenommen. Für die betriebliche Praxis in der Siedlungswasserwirtschaft liegen aber bisher kaum Handreichungen und Hinweise zur Relevanz der abwasserbürtigen klimarelevanten Emissionsquellen und ihre Beeinflussbarkeit vor. Mit den ersten beiden Teilen der Merkblattreihe DWA-M 230 werden Betreiber und Planende unterstützt, die Treibhausgasemissionen bei der Abwasserbehandlung zu erfassen und zu bewerten:

- Teil 1: Direkte Treibhausgasemissionen – Messen und Bewerten,
- Teil 2: Motivation und Vorgehen zur Erstellung von CO₂e-Bilanzen.

Der vorliegende Teil 2 fokussiert auf die Anwendung der CO₂e-Bilanzierung als Methodik zur Systembeurteilung in der Abwasserwirtschaft. Als Einstieg werden zu Beginn zunächst gesetzliche und weitere normative Vorgaben und Regelungen zur Notwendigkeit und Aufstellung von CO₂e-Bilanzen erläutert. Dabei ist zu beachten, dass die Begriffe der CO₂e-Bilanz und des Carbon-Footprints national und international lange Zeit nicht einheitlich definiert waren. Je nach Anwendungsfall und zu bilanzierender Branche wurden beispielsweise nur indirekte CO₂e-Emissionen oder ausschließlich die direkten Treibhausgasemissionen berücksichtigt. In Deutschland definiert inzwischen das „Memorandum Product Carbon Footprint“, das vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, dem Umweltbundesamt und dem Öko-Institut e. V. herausgegeben wurde, den Carbon-Footprint. Das Merkblatt DWA-M 230-2 fokussiert daher neben einer Klärung der verwendeten Begrifflichkeiten und gesetzlich/normativen Vorgaben auf der Beschreibung des Vorgehens zur Aufstellung von CO₂e-Bilanzen für die Abwasserwirtschaft. Zur Unterstützung der Anwendung enthält dieser Merkblattteil einen Überblick über relevante Eingangsparameter und Datenbanken mit spezifischen Umrechnungsfaktoren ebenso wie Hinweise zur Wahl des Bilanzraums und Berechnung verfahrensspezifischer CO₂e-Footprints (Methodik und Sensitivitäten).

Das Merkblatt DWA-M 230-2 richtet sich an Betreiber kommunaler Kläranlagen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Ingenieurbüros und Fachbehörden.

ISBN: 978-3-96862-520-1 (Print)
978-3-96862-521-8 (E-Book)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef
Telefon: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-100
info@dwa.de · www.dwa.de