

Bilanzierung des ökologischen Fußabdruckes (Carbon Footprint) von wasserwirtschaftlichen Anlagen und Prozessen

Quelle: haveeseen – Fotolia.com

Mit einem einheitlichen Bilanzierungsansatz kann der Carbon Footprint für alle wasserwirtschaftlichen Prozesse (Abwasser, Trinkwasser, Gewässer, Talsperren) ermittelt werden. Die Analyse zeigt:
Die Reduzierung des Carbon Footprint ist mehr als Energiesparen.

Der ökologische Fußabdruck – auch Carbon Footprint (CF) genannt – bezeichnet die Bilanz der Treibhausgasemissionen (THG) entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produktes, einer Dienstleistung, eines Prozesses, eines Unternehmens oder eines Landes. Er wird während einer festgelegten Zeitspanne ermittelt und auf eine definierte Nutzeinheit bezogen. Auch der Wasser- und Abwassersektor muss sich, wie weltweit alle Produzenten und Konsumenten, der Aufgabe stellen, einen Beitrag zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen zu leisten und seine CO₂-Bilanz möglichst auszugleichen. Die Unternehmen stehen somit vor der Herausforderung, neue emissionsärmere Anlagen, Prozesse und Betriebsweisen zu suchen sowie Möglichkeiten der Energieeinsparung, -rückgewinnung und -erzeugung zu iden-

tifizieren, um ihren Carbon Footprint zu reduzieren. Weiterhin ist auch die Frage interessant, in welcher Größenordnung sich der Carbon Footprint der Wasserwirtschaft überhaupt bewegt, welche Unterschiede es gibt und worin diese begründet sind. Eine Voraussetzung dafür ist, dass der jeweilige Carbon Footprint bekannt ist. In Deutschland wurden bereits vereinzelt Ansätze zur CF-Bilanzierung von wasserwirtschaftlichen Anlagen publiziert, zum Beispiel für Kläranlagen vom Ruhrverband [1] und vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin [2] sowie für Wasseraufbereitungsanlagen von Krüger WABAG [3]. Da es jedoch bisher noch keine allgemein gültige Methodik zur Bilanzierung des Carbon Footprint für alle Aufgabenfelder der deutschen Wasserwirtschaft gibt, haben die linksrheinischen sondergesetzlichen Wasserverbände das For-

schungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FIW) e. V. und das IWW Zentrum Wasser in Mülheim an der Ruhr damit beauftragt, eine entsprechende einheitliche Bilanzierungssystematik zu entwickeln. In einer zweiten Projektphase, der sich fast alle Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft der Wasserwirtschaftsverbände NRW (agw) sowie einige Wasserversorger angeschlossen haben, werden zurzeit ausgewählte Pilotanlagen bilanziert und die entwickelte Bilanzierungssystematik in der Praxis angewandt sowie verifiziert. Die Detailuntersuchungen der wasserwirtschaftlichen Prozesse zur Ermittlung von spezifischen Carbon Footprints sollen als Grundlage für die Erstellung eines Maßnahmenkataloges zur nachhaltigen Reduzierung der THG-Emissionen in der Wasserwirtschaft dienen.

Bilanzierungssystematik

Bisherige Analysen zur quantitativen Bestimmung von THG-Emissionen stützen sich überwiegend auf das „Green House Gas Protocol“ – ein weltweit anerkanntes Instrument zur Quantifizierung und zum Management von Treibhausgasemissionen – sowie auf die teilweise darauf aufbauenden ISO-Normen der 14.000er Familie zum Umweltmanagement. So wurde beispielsweise von UK WIR (UK Water Industry Research) ein Workbook [4] zur Unterstützung von Treibhausgasbilanzen für britische Unternehmen der Wasser- und Abwasserwirtschaft entwickelt. Auch in den Niederlanden erfolgte bereits eine Analyse der THG-Emissionen des nationalen Wassersektors [5]. In den entsprechenden Publikationen wird deutlich, dass die bisherigen allgemein gültigen Standards zwar eine gute Basis für die Entwicklung einer Bilanzierungssystematik bilden, die Ausgestaltung in den unterschiedlichen Wirtschaftsbranchen jedoch offen bleibt und teilweise auch länderspezifisch variiert. Viele Details müssen von den Branchenkennern abgestimmt und festgelegt werden.

Für folgende Aufgabengebiete der deutschen Wasserwirtschaft wurden deshalb in Zusammenarbeit mit den vier linksrheinischen Wasserverbänden Bilanzierungsmodelle entwickelt, d. h. Systemgrenzen festgelegt und zu berücksichtigende Teilprozesse identifiziert, welche THG-Emissionen verursachen können:

- Kläranlagen
- Wasserversorgung (Gewinnung, Aufbereitung, Verteilung)
- Gewässerbewirtschaftung
- Talsperren
- Pumpwerke
- Sonderbauwerke (Sammler, Niederschlagswasserbehandlungsanlagen usw.)

Die wesentlichsten THG, die bei der Ausführung wasserwirtschaftlicher Aufgaben emittieren, sind CO₂, Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (Lachgas, N₂O). Entsprechend ihrem THG-Potenzial werden alle Gase auf das Referenzgas CO₂ normiert und die Emissionen in CO₂-Äquivalente (CO₂e) umgerechnet. Grundlage für die Ermittlung aller direkten und indirekten Emissionen ist, sämtliche Materialien, Aktivitäten und Teilprozesse zu erfassen, die für die Erzeugung des Endproduktes bzw. für die Durchführung des Hauptprozesses notwendig sind. Dazu zählen u. a. auch Verwaltungs- und Betriebsgebäude sowie die Abfallentsorgung.

Direkte Emissionen entstehen in den Prozessen selbst, hauptsächlich bei der Aufbe- ▶

SIPOS
AKTORIK

WIR STELLEN AUS:
IFAT, HALLE A4,
STAND NR. 326

SANFT ANLAUFEN...



...KRÄFTIG ANZIEHEN.

SIPOS 5 FLASH — DER INTELLIGENTE STELLANTRIEB

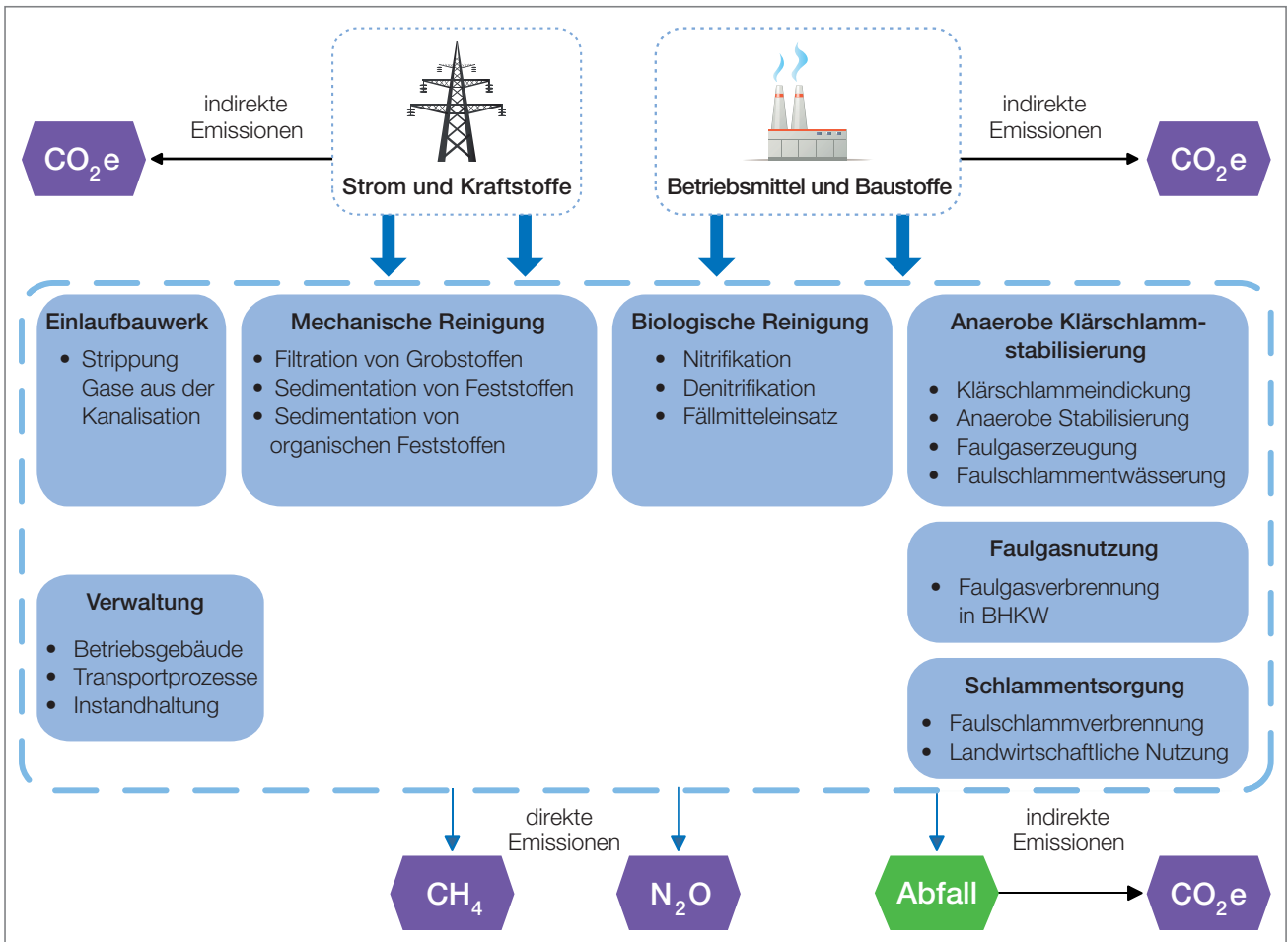
Sanft, beherrscht und dennoch mit voller Kraft verfährt der SIPOS 5 Flash Ihre Armatur hinein in die Endlage und genauso wieder heraus. So wird Ihre Armatur geschont und deren Lebensdauer verlängert. Ihr Nutzen: geringer Wartungsaufwand und reduzierte Lebenszykluskosten. SIPOS 5 Flash – für dauerhafte Lösungen ohne Kompromisse.

Spitzenwerte in allen Disziplinen

- Abschaltung in der Endlage ohne Momentenüberhöhung
- Überwachung der Armatur durch Erfassung des erforderlichen Drehmoments
- Vermeidung von Druckschlägen / Kavitation
- Präzise und wiederholgenaue Regelung



SIPOS Aktorik GmbH · Im Eret 2 · 90518 Altdorf · Germany · www.sipos.de
Tel.: +49 9187 9227-0 · Fax: +49 9187 9227-5111 · info@sipos.de



Quelle: FWV, IWW

Abb. 1: Prozessmodell für eine Kläranlage

reinigung von Abwasser und Trinkwasser. Indirekte Emissionen resultieren zum einen aus dem Energiebezug (Strom, Wärme) sowie dem Verbrauch fossiler Treibstoffe und zum anderen aus dem Bezug zugekaufter Güter und Dienstleistungen. Die Emissionen werden für jeden Teilprozess innerhalb der betrachteten Systeme ermittelt, um die Analyse transparenter und eine Identifizierung von Minderungspotenzialen leichter zu machen.

Die Umrechnung von Energie- und Materialmengen in CO_2 -Äquivalente erfolgt mit Hilfe von Emissionsfaktoren, welche teilweise öffentlich zugänglichen Datenbanken, teilweise wissenschaftlichen Publikationen entnommen werden. Zu nennende Quellen sind beispielsweise die vom Öko-Institut entwickelte GEMIS-Datenbank (Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme) [6], die Datenbank zum UK WIR Workbook [4] und die vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung entwickelte Datenbank zur Umweltwirkung von Baumaterialien/Bau- und Transportprozesse (ökobau.dat) [7]. Eventuelle Unsicherheiten werden dokumentiert, um Ergebnisse richtig interpretieren zu können und eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Kläranlagen

In der Abwasserreinigung entstehen teilweise nicht unerhebliche direkte Methan- und Lachgasemissionen, bedingt durch biogene Abbauprozesse in den verschiedenen Kläranlagenprozessstufen, aber auch bei der thermischen Verwertung von Klärgas und Faulschlamm. In **Abbildung 1** wurde das Prozessmodell für Kläranlagen mit der Systemgrenze und den zu berücksichtigenden Teilprozessen sowie den zu ermittelnden direkten und indirekten Emissionen dargestellt.

Eine erste Abschätzung erfolgte anhand einer Modellrechnung nach den Bemessungsgrundlagen des DWA-Arbeitsblattes A-131. Hierbei wurden für zwei Modell-Kläranlagen folgende THG-Emissionen pro Jahr ermittelt:

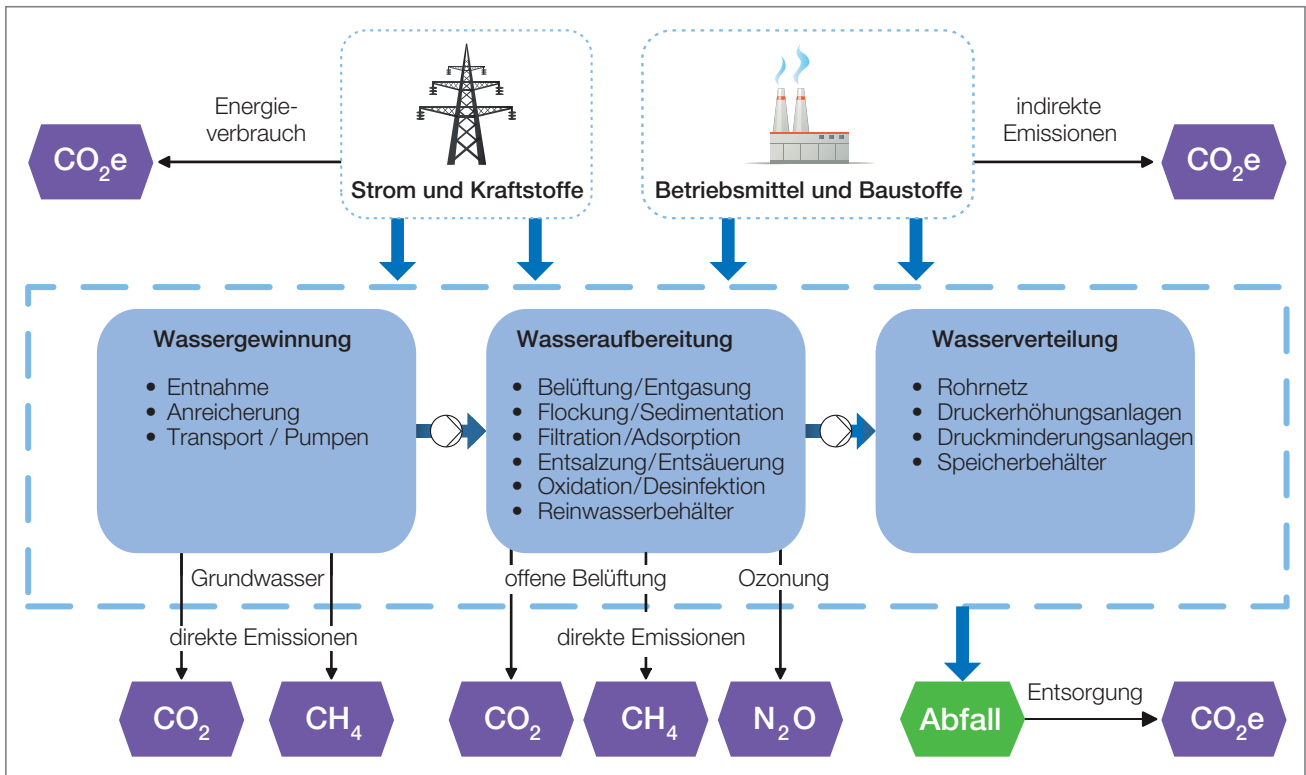
- Kläranlage für 100.000 Einwohner: ca. 6.128 t CO_2e
- Kläranlage für 10.000 Einwohner: ca. 787 t CO_2e

In dem zugrunde liegenden Emissionsmodell resultieren mehr als 50 Prozent der Emissionen aus der direkten CH_4 - und N_2O -Freisetzung. Diese Emissionen sind jedoch stets

von den lokalen Betriebsbedingungen abhängig und lassen sich somit kaum über pauschale Emissionsfaktoren bestimmen. Bei Messungen an Kläranlagen in den Niederlanden wurden z. B. direkte Emissionen von 285 t $\text{CO}_2\text{e/a}$ (40.000 EW) bzw. 379 t $\text{CO}_2\text{e/a}$ (100.000 EW) ermittelt. Außerdem führten zwei zeitlich unterschiedliche Messungen an der Kläranlage Kralingseveer (360.000 EW) zu abweichenden Ergebnissen (3.836 t $\text{CO}_2\text{e/a}$ und 24.030 t $\text{CO}_2\text{e/a}$). Dies zeigt, dass die Hochrechnung von Einzelmessungen auf Jahresemissionswerte problematisch ist und weitere Untersuchungen zum Einfluss der Betriebsbedingungen auf die Emissionsfaktoren notwendig sind.

Wasserwerke und Verteilungsnetz

Das System Wasserwerk besteht aus den Anlagen zur Gewinnung, Aufbereitung, Förderung und Speicherung von Wasser. Das Prozessmodell mit allen Emissionsquellen ist in **Abbildung 2** dargestellt. Direkte THG-Emissionen können bei der Gewinnung und Belüftung methanhaltiger Grundwässer entstehen, wobei die Mengen den Rohwasserkonzentrationen entsprechen. Gehört zur Wasseraufbereitung eine Ozonung, bei der die Ozonerzeugung auf der Basis von Luft



Quelle: FfW, WWV

Abb. 2: Prozessmodell für die Wasserversorgung (Wasserwerke einschließlich Verteilung)

erfolgt, kann diese eine Quelle für direkte N_2O -Emissionen darstellen. In den meisten Wasserversorgungen kann man davon ausgehen, dass der größte Anteil der THG-Emissionen indirekt durch den Energieverbrauch, insbesondere für die Pumpen in Gewinnung, Aufbereitung und im Verteilungsnetz, verursacht wird.

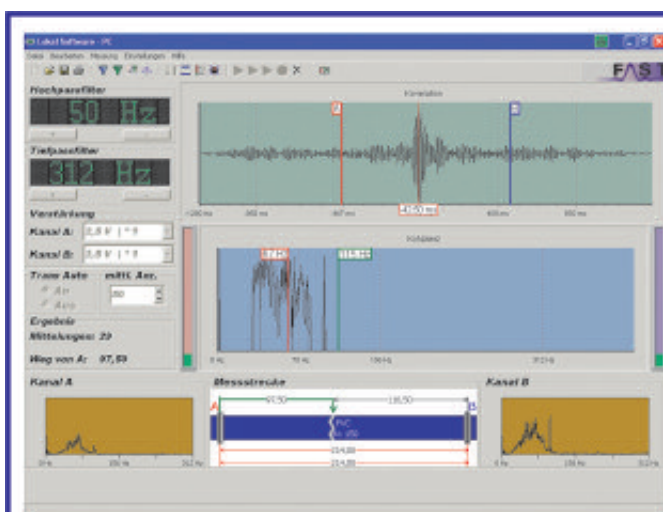
Eine Abschätzung für eine Modell-Wasserversorgung (Trinkwasserabgabe ca. 5.300.000 m^3/a), die Eisen- und Mangan-

haltiges Uferfiltrat fördert, welches aus einem mikrobiologisch und organisch belasteten Oberflächengewässer gespeist wird, ergab THG-Emissionen von ca. 1.700 t CO_2e pro Jahr bzw. ca. 300 g $\text{CO}_2\text{e}/\text{m}^3$. In Abbildung 3 ist die Verteilung der Emissionen bezogen auf die einzelnen Quellen dargestellt und zeigt, dass bei dieser speziellen Wasserversorgung die Emissionen durch den Energieverbrauch in der Wasseraufbereitung und in der Wasserverteilung fast gleich groß sind. Ursache hierfür ist die notwendige umfang-

reiche Aufbereitung, bestehend aus einer zweistufigen Enteisenung/Entmanganung mit nachfolgender Ozonung und Aktivkohlefiltration. Besonders die Ozonung ist ein energieintensives Verfahren.

Gewässer und Talsperren

Die Bewirtschaftung von Gewässern und Talsperren unterscheidet sich aufgrund der starken Abhängigkeit von naturräumlichen Gegebenheiten und den Nutzungsarten maßgeblich von anderen wasserwirt- ▶



Leakmaster- System 01

mit neuen Innovationen in die Zukunft



IFAT

Halle A5 Stand 602

FAST

F.A.S.T.GmbH Bössingerstr.35 74243 Langenbrettach Tel.: 07946/921000 FAX: 07946/7153 Email: Info@fastgmbh.de Internet: www.fastgmbh.de

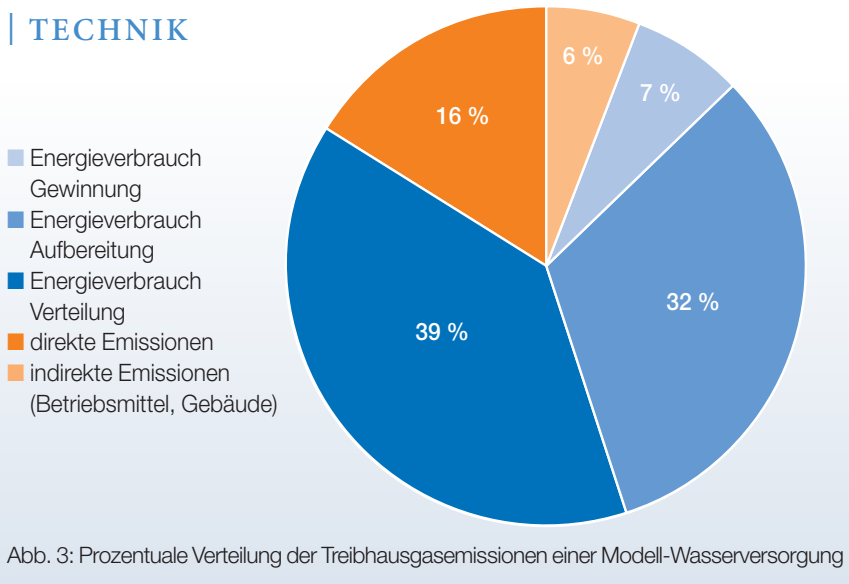


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Treibhausgasemissionen einer Modell-Wasserversorgung

Quelle: IWW

schaftlichen Prozessen. Methodische Ansätze zur CF-Bilanzierung sind für diese beiden Systeme bisher kaum bekannt. Wie in den Bilanzräumen der Kläranlage und der Wasserversorgung mussten die Systeme Gewässer und Talsperren anhand der wasserwirtschaftlichen Kernfunktionen zunächst definiert und Prozesse zugeordnet werden. Dieser Arbeitsschritt stellte sich aufgrund der besonderen Abhängigkeit von den naturräumlichen Gegebenheiten schwierig dar, weil möglichst Prozesse festzulegen sind, die für alle Betreiber zutreffen. Er ist aber unerlässlich für einen aussagekräftigen Carbon Footprint, der mit zukünftigen Wer-

ten sowie mit anderen Anlagen verglichen werden kann. Eine Vergleichbarkeit ist nur unter homogenen Randbedingungen oder bei Betrachtung von Einzelprozessen gewährleistet.

Es ist zu erwarten, dass der größte Anteil des Carbon Footprint der Gewässer- und Talsperrenbewirtschaftung durch den Treibstoffverbrauch infolge von Transportprozessen (z. B. Abtransport von Pflanzenresten) und den Energieverbrauch (z. B. Pumpwerke, Betriebsgebäude) verursacht wird. Aber auch die Bauphase von Talsperren ist aufgrund der enormen Größe dieser Bauwerke

bei der CF-Bilanzierung nicht zu vernachlässigen, auch wenn die Minderungspotenziale vorrangig bei den betrieblichen Prozessen zu sehen sind.

Zu berücksichtigen sind auch die Emissionen aus Gewässern und Talsperren, die allerdings von vielen, sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren abhängig sind (u. a. Nährstoffgehalt, Sauerstoffgehalt, Temperatur, Gewässertiefe, Turbulenzen). CO_2 -, Methan- und N_2O -Emissionen entstehen durch biochemische Prozesse in den Gewässern zum einen in anaeroben Bereichen bei der Zersetzung von Pflanzen (Methanbildung), zum anderen an der Wasseroberfläche durch die Verrottung von Pflanzen (CO_2) und beim Abbau von Nitrateinträgen (N_2O). Umfangreichere Messungen dazu wurden bisher u. a. in Brasilien, Kanada und Finnland durchgeführt. In Deutschland gibt es noch keine wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Emissionen aus Gewässern und Talsperren, sodass zunächst umfangreiche Messprogramme notwendig wären, um diese bilanzieren zu können. Sie werden deshalb bei der CF-Bilanzierung der Gewässer- und Talsperrenbewirtschaftung zunächst nicht berücksichtigt. Das vollständige Prozessmodell für Gewässer ist in **Abbildung 4** dargestellt.

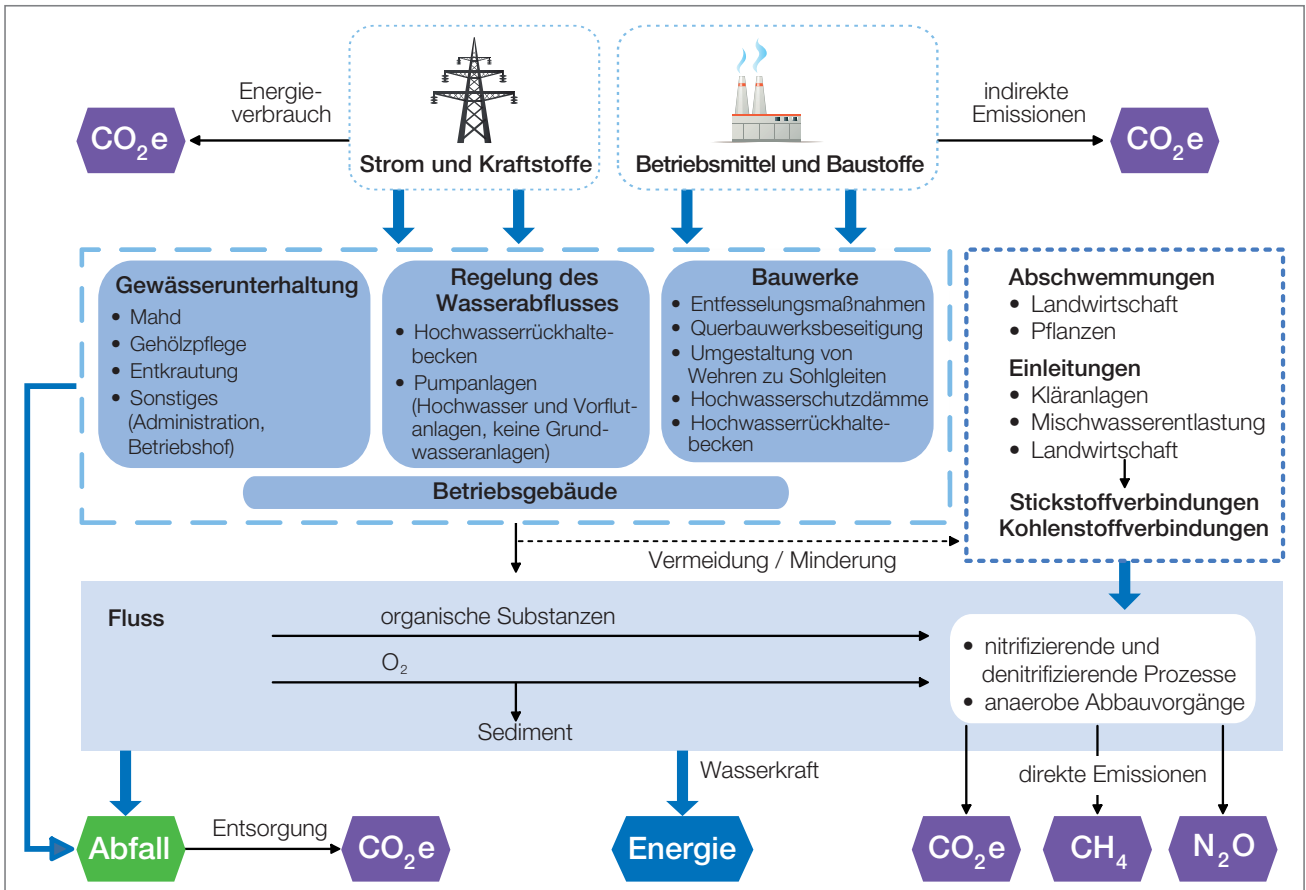


Abb. 4: Prozessschema für die Gewässerbewirtschaftung

Quelle: IWW

Nach ersten Schätzungen im Rahmen einer Grobbilanzierung mehrerer Anlagen liegen die jährlichen THG-Emissionen bei der Talsperrenbewirtschaftung in der Größenordnung 130 bis 210 t CO₂e. Noch nicht enthalten sind hierbei der Bau der Talsperren und Fremdleistungen. Die Emissionen teilen sich im Wesentlichen auf Energie-, Treibstoff- und Heizöl/-gas-Verbrauch auf, wobei die Anteile an den Talsperren unterschiedlich groß sind. THG-Emissionen, die der Flussgebietsbewirtschaftung zuzuteilen sind, bewegen sich in sehr unterschiedlichen Größenordnungen und liegen nach einer ersten Abschätzung für zwei Gebiete bei 440 und 6.000 t CO₂e pro Jahr, insbesondere davon abhängig, ob es sich um Gewässer mit weitgehend natürlichem Verlauf handelt oder ob viele Pumpenanlagen zur Gewässerunterhaltung erforderlich sind.

Pumpwerke und Sonderbauwerke

Zu den wasserwirtschaftlichen Aufgaben gehört auch der Betrieb von Pumpwerken und Sonderbauwerken, wie Sammler, Regenüberlaufbecken, Regenklärbecken, Retentionsbodenfilter, Stauraumkanäle usw. Der Bilanzraum für die CF-Bilanzierung dieser Anlagen beinhaltet die Teilprozesse Betrieb und Instandhaltung, auch für periphere Anlagenteile, wie z. B. Rechen, Sandfang oder Heizungsanlagen. Neben dem Energieverbrauch für den Betrieb dieser Anlagen entstehen THG-Emissionen infolge der Anfahrten des Betriebspersonals (Treibstoffe), durch den Einsatz benötigter Materialien und bei der Entsorgung angefallener Abfallstoffe, wie z. B. Rechengut.

Für ein fiktives Modellabwasserpumpwerk, welches das Abwasser einer Kommune mit 25.000 Einwohnern bei einer Förderhöhe von 12 m zur Kläranlage fördert, wurde eine Bilanzierung der THG-Emissionen durchgeführt. Erwartungsgemäß entfällt der größte Anteil auf den Energieverbrauch (ca. 90 Prozent). Der CF liegt in einer Größenordnung von jährlich 35 t/CO₂e. Eine erste grobe Abschätzung des Carbon Footprint für ein fiktives Regenklärbecken im Dauerstau ergab ca. 14 kg CO₂e/m³-Behandlungsvolumen (2,8 t/Jahr), wobei dieser weitestgehend durch die Emissionen während der Bauphase verursacht wird.

Fazit

Die entwickelte prozessorientierte Bilanzierungsmethodik zur Ermittlung von THG-Emissionen bildet die Grundlage für eine einheitliche Vorgehensweise in den verschiedenen Aufgabenfeldern der Wasserwirtschaft und für die Darstellung eines Gesamtbildes. Die unterschiedlichen Beiträge zum

Gesamt-Carbon-Footprint sollen herausgearbeitet und prioritäre Handlungsfelder in Bezug auf Minderungspotenziale aufgedeckt werden. Neben den indirekten energiebedingten Emissionen können sich insbesondere die in Kläranlagen biogen gebildeten Gase N₂O und CH₄ aufgrund ihres hohen Treibhausgaspotenzials stark auf den Carbon Footprint auswirken.

Um möglichst die gesamte Spannweite des Carbon Footprint der betrachteten Systeme zu ermitteln, werden zurzeit ausgewählte Pilotanlagen mit unterschiedlichen Randbedingungen bilanziert. Anhand der Ergebnisse, die voraussichtlich Mitte 2012 vorliegen werden, wird der Beitrag der Wasserwirtschaft zu den Minderungszielen messbar und transparent. Gleichzeitig können Aktivitäten zum Klimaschutz gut dargestellt und in der Öffentlichkeit kommuniziert werden.

Quellen:

- [1] Thöle D. et al.: Energie- und CO₂-Bilanz eines Wasserverbands. KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall. 6/2011 (58).
- [2] Remy C. et al.: Die Methodik der Ökobilanz zur ganzheitlichen Erfassung des Energieverbrauchs in der Abwasserreinigung. KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall. 6/2011 (58).
- [3] Sauer U.: Reduzierung der CO₂-Emissionen in der Wasseraufbereitung - verschiedene Verfahren im Vergleich. wlb - Umwelttechnik für Industrie und Kommune. 4/2011.
- [4] UK Water Industry Research (UK WIR): Workbook for estimation operational GHG emissions. London, 2010.
- [5] Frijns J., Mulder M.: Benchmarking sustainability of the water sector: carbon footprint assessment. Amsterdam IWA conference, 13 March 2009.
- [6] <http://www.oeko.de/service/gemis>
- [7] <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html>

Autoren:

Dipl.-Ing. Anja Rohn
 Dr.-Ing. Wolf Merkel
 IWW Rheinisch-Westfälisches Institut
 für Wasserforschung gGmbH
 Moritzstr. 26
 45476 Mülheim an der Ruhr
 Tel.: 0208 40303-384
 Fax: 0208 40303-80
 E-Mail: a.rohn@iww-online.de
 Internet: www.iww-online.de

Dipl.-Ing. Kristoffer Genzowsky
 Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bolle
 Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (fiw) e.V.
 Kackerstr. 15-17
 52056 Aachen
 Tel.: 0241 8026822
 Fax: 0241 8022825
 E-Mail: genzowsky@fiw.rwth-aachen.de
 Internet: www.fiw.rwth-aachen.de

sebaKMT

Sebalog N-3

Netzwerkfähiger Geräuschpegellogger zur akustischen Zonenüberwachung.

- ▶ Kein zeitaufwändiges Patrouillieren mehr
- ▶ Fernkonfiguration bequem über GSM-Box
- ▶ Eine GSM-Box managed bis zu 50 Logger
- ▶ Audiodatenspeicherung direkt im Logger
- ▶ Ausfallsichere Datenübertragung nonstop



vCam

Modulares Kanal-TV Inspektionssystem

- ▶ Einfachste Bedienung dank intuitiver Steuerung
- ▶ 3 integrierte Ortungsfrequenzen
- ▶ Integrierter Meterzähler
- ▶ Aufnahme per Knopfdruck auf eingebaute Festplatte
- ▶ Selbstnivellierender Kamerakopf



Vier Plug-in-fähige Farb-CCD-Kameras

Besuchen Sie uns auf der IFAT ENTSORGA

07. bis 11. Mai in München
 Halle B5 / Stand Nr. 235

