

DIN EN 17983



ICS 13.020.55

Einsprüche bis 2023-07-05

Entwurf**Algen und Algenprodukte – Charakterisierung nachwachsender Algenrohmaterialien für Energie- und Nichtenergieanwendungen; Deutsche und Englische Fassung prEN 17983:2023**

Algae and algae products –
Measurement for renewable algal raw material for energy and non- energy applications;
German and English version prEN 17983:2023

Algues et produits d'algues –
Mesure pour les matières premières algales renouvelables pour les applications
énergétiques et non énergétiques;
Version allemande et anglaise prEN 17983:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-05-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 69 Seiten

DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17983:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 454 „Algen und Algenprodukte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN (Niederlande) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 172-00-16 AA „Algen und Algenprodukte“ im DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS).

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

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

Algen und Algenprodukte – Charakterisierung nachwachsender Algenrohmaterialien für Energie- und Nichtenergieanwendungen

Algae and algae products – Measurement for renewable algal raw material for energy and non- energy applications

Algues et produits d'algues – Mesure pour les matières premières algales renouvelables pour les applications énergétiques et non énergétiques

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Messung bei erneuerbarem Algen-Ausgangsmaterial	11
4.1 Allgemeines	11
4.1.1 Allgemeines	11
4.1.2 Green-Box-Inputs und -Outputs	11
4.1.3 Grenzen der Green-Box	12
4.2 Energiebilanz von Algenanlagen und Algenprodukten für die Ökobilanz und techno-ökonomische Analyse	14
4.2.1 Allgemeines	14
4.2.2 Energieinput und -output	14
4.2.3 Energieinput	14
4.2.4 Energieoutput	15
4.2.5 Vereinfachte Energiebilanz, landgebundene Kultivierung	15
4.2.6 Energiebilanz, Kultivierung in Meer	16
4.3 Massenbilanz der Hauptelemente der Algenbiomasse	17
4.3.1 Gasaustausch	17
4.3.2 Kohlenstoff	17
4.3.3 Stickstoff	21
4.3.4 Phosphor	22
4.3.5 Wasserstoff	23
4.3.6 Sauerstoff	23
4.3.7 Sonstige Nährstoffe und Mikronährstoffe	23
4.3.8 Mineralischer Anteil der Algenbiomasse	24
4.4 Spezifische Parameter von Algen und biobasierten Produkten	24
4.4.1 Algen als Ausgangsmaterial für biogene Brennstoffe	24
4.4.2 Algen als Ausgangsmaterial für nicht der Ernährung dienende, andere Anwendungen als biogene Brennstoffe	25
4.5 Wassermanagement	26
4.5.1 Wasser in geschlossenen Systemen	26
4.5.2 Algenkultivierung im Meer	28
4.6 Luftmanagement	28
4.6.1 Atmosphärisches Gleichgewicht in Photosynthesesystemen	28
4.6.2 Atmosphärisches Gleichgewicht in heterotrophen Systemen	29
Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel für die Messung der Energie- und Hauptelementbilanzen von Algensystemen	30
A.1 Energie	30
A.2 Kohlenstoff	30
A.3 Stickstoff	30
Anhang B (informativ) Überblick über die Kohlenstoff-/CO ₂ -Neutralität	32
Anhang C (informativ) Überblick über die Ökobilanz (LCA)	33
C.1 Allgemeines	33
C.2 Vorhandene Normen zur Ökobilanz	33
C.3 Zusammenhang zwischen diesem Dokument und EN 16760	33
C.4 Anwendungen von Ökobilanzen auf die Produktion von Algenbiomasse	34
Anhang D (informativ) Algen als Ausgangsmaterial für biogene Brennstoffe	35
Literaturhinweise	36

Bilder

Bild 1 — Green-Box für die Messung von erneuerbarem Algen-Ausgangsmaterial	12
Bild 2 — Grenzen der Green-Box bei natürlichen Standorten	12
Bild 3 — Grenzen der Green-Box bei offener landgebundener Kultivierung	13
Bild 4 — Grenzen der Green-Box bei geschlossener Kultivierung	13
Bild 5 — Überblick über den gesamten Energieinput und -output für die landgebundene Kultivierung	14
Bild 6 — Vereinfachte Energiebilanz bei landgebundener Kultivierung	16
Bild 7 — Allgemeine Energiebilanz für die Kultivierung im Meer	16
Bild 8 — Vereinfachte Energiebilanz für die Kultivierung im Meer	17
Bild 9 — Kohlenstoffbilanz in der geschlossenen Kultivierung	17
Bild 10 — Vereinfachte Kohlenstoffbilanz	18
Bild 11 — Vereinfachte Kohlenstoffbilanz von Spirulina	18
Bild 12 — Beispiel für Heterotrophie bei geschlossener Kultivierung	19
Bild 13 — Beispiel für Mixotrophie bei geschlossener Kultivierung	20
Bild 14 — Beispiel für die Kultivierung im offenen Wasser	20
Bild 15 — Vereinfachte Kohlenstoffbilanz bei der Kultivierung in offenem Wasser	21
Bild 16 — Stickstoffbilanz in der geschlossenen Kultivierung	21
Bild 17 — Beispiel für die vereinfachte Stickstoffbilanz bei der Kultivierung in offenem Wasser	22
Bild 18 — Vereinfachte Phosphorbilanz bei der Kultivierung in offenem Wasser	23
Bild 19 — Flussdiagramm für Algen als biobasierte Produkte	25
Bild 20 — Wasserströme in der geschlossenen Kultivierung	26
Bild 21 — Parametern der betreffenden Stellen im Wasser	28

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17983:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 454 „Algen und Algenprodukte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Einleitung

Dieses Dokument wurde von Sachverständigen des CEN/TC 454 „Algen und Algenprodukte“ erarbeitet.

Das Europäische Komitee für Normung (CEN) wurde von der Europäischen Kommission (EK) beauftragt, europäische Normen oder europäische Normungsergebnisse zu erarbeiten, um die Umsetzung von Artikel 3 der Richtlinie 2009/28/EG für Algen und algenbasierte Produkte oder Zwischenprodukte zu unterstützen.

Dieser als Normungsauftrag M/547 vorgelegte Auftrag trägt auch zum Informationsaustausch über „Innovation für nachhaltiges Wachstum: Eine Bioökonomie für Europa“ bei.

Die frühere Arbeitsgruppe 218 „Algen“ des Technischen Lenkungs Ausschusses des CEN wurde 2016 gegründet, um ein Arbeitsprogramm als Teil dieses Normungsauftrags zu erarbeiten. Das Technische Komitee CEN/TC 454 „Algen und Algenprodukte“ wurde gebildet, um das Arbeitsprogramm auszuführen, mit dem eine Normenreihe erarbeitet wird.

Das Interesse an Algen und algenbasierten Produkten oder Zwischenprodukten als wertvolle Quelle u. a. von Kohlenhydraten, Proteinen, Lipiden und verschiedenen Pigmenten hat in Europa deutlich zugenommen. Diese Stoffe eignen sich für ein breites Spektrum an Anwendungen, von Lebensmitteln und Futtermitteln bis hin zu anderen Bereichen wie Textilien, Kosmetika, Biopolymeren, biogenen Brennstoffen und Dünger/Biostimulanzien. Es wurde festgestellt, dass die Normung eine wichtige Rolle bei der Förderung der Nutzung von Algen und Algenprodukten spielt.

Die Arbeit des CEN/TC 454 sollte die Zuverlässigkeit der Lieferkette verbessern und so das Vertrauen der Industrie und der Verbraucher in Algen steigern, zu denen Makroalgen, Mikroalgen, Cyanobakterien, Labyrinthulomyceten (Netzschleimpilze), algenbasierte Produkte oder Zwischenprodukte gehören, und wird die Kommerzialisierung der europäischen Algenindustrie fördern und unterstützen.

Bei industriellen und wissenschaftlichen Untersuchungen treten zahlreiche methodische Unterschiede hinsichtlich der Massen- und Energiebilanzen auf. Dies stellt ein erhebliches Problem dar, da der Vergleich der Ergebnisse häufig schwierig ist.

Das Ziel dieses Dokumentes besteht darin, grundlegende Maße für die Kohlenstoffbilanzierung von Algen festzulegen, um einen wissenschaftlich fundierten Vergleich zwischen Algensystemen und anderen Biomasse-Ausgangsmaterialien zu ermöglichen.

Die Notwendigkeit solcher Maße und einer solchen Methodik steht mit den großen vorhandenen Unterschieden von Algenzuchtstätten und -strategien in Zusammenhang. So gibt es beispielsweise erhebliche Unterschiede bei der Anwendung des „Green-Box-Konzeptes“ auf geschlossene Kultivierungsanlagen und die Algenernte der wilden Aufzucht. Es werden jedoch gemeinsame Ansätze in Bezug auf die Nachhaltigkeit und Ökobilanz (LCA, en: life cycle assessment) benötigt.

Diese Maße können verwendet werden, um vorhandene Normen zur Ökobilanz auf Algensysteme anzuwenden.

Erläuterungen, Erwägungen, Methoden, Vereinfachungen und Optionen für die unterschiedlichen Ökobilanz-Anwendungen fallen nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokumentes. Dieses Dokument darf für Analysen angewendet werden, die nicht den gesamten Lebenszyklus abdecken, wie etwa „von der Wiege bis zum Werkstoff“-Analysen, z. B. für die Zucht von Algenbiomasse oder Ernte der wilden Aufzucht. Die nachgelagerten Prozesse, die im Allgemeinen als „Bioraffinerie“ bezeichnet werden, werden nicht erfasst, da sie als gleichwertig zu der pflanzlichen Biomasse angesehen werden. Ein Überblick von Normen zur Ökobilanz ist in Anhang C angegeben.

Der Zweck dieses Dokumentes besteht darin, spezielle Anforderungen für die Ökobilanz und Anleitungen für die Algenzucht zur Verfügung zu stellen, die auf EN ISO 14040, *Umweltmanagement — Ökobilanz — Grundsätze und Rahmenbedingungen*, EN ISO 14044, *Umweltmanagement — Ökobilanz — Anforderungen und Anleitungen* und EN 16760, *Biobasierte Produkte — Ökobilanzen*, beruhen. All diese Normen sind auf algenbasierte Produkte anwendbar, der Themenbereich, der in diesen Normen jedoch nicht eindeutig festgelegt ist, ist die Bilan-

zierung der Hauptparameter von Algenkultivierungsanlagen. Die mit der Algenkultivierung in Zusammenhang stehenden Nachhaltigkeitsaspekte können entweder mit EN 16751, *Biobasierte Produkte — Nachhaltigkeitskriterien*, bewertet werden, wenn es sich bei dem Ergebnis um ein Produkt handelt, oder mit ISO 13065, wenn es sich bei dem Ergebnis um Energie handelt. Diese beiden Dokumente enthalten einen Rahmen für umweltbezogene, soziale und wirtschaftliche Überlegungen, die zur Erleichterung der Bewertung und Vergleichbarkeit der Biomasse für Produkte bzw. Energie genutzt werden können.

Bei Anwendung der EN 16785-1, *Biobasierte Produkte — Biobasierter Gehalt — Teil 1: Bestimmung des biobasierten Gehalts unter Verwendung der Radiokarbon- und Elementaranalyse*, auf Algen entsteht das Problem des fossilen CO₂ als Ausgangsmaterial für die Photosynthese, weshalb angemessene Anwendungskriterien gegenüber der pflanzlichen Photosynthese erforderlich sind. Eine ähnliche Situation kann bei der Stickstoff- und Phosphorabscheidung im offenen Meer entstehen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Verfahren fest, die zur Messung des Energiegehaltes und Bilanzierung der Hauptbestandteile von kultivierten oder wild aufgezogenen Algen und Algenprodukten, die Biomasse liefern und für erneuerbares Algen-Ausgangsmaterial zur Verwendung als Bioenergie- und biobasierte Produkte vorgesehen sind, anzuwenden sind.

Dieses Dokument gilt nicht für Verfahren der Probenahme, Ernte und Vor-/Nachverarbeitung von Algen und Algenprodukten.

Dieses Dokument gilt nicht für Algen und Algenprodukte, die für die Lebensmittel und Futtermittelindustrie vorgesehen sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

EN 14268, *Bewässerungsverfahren — Zähler für Bewässerungswasser*

EN 17399, *Algen und Algenprodukte — Begriffe*

EN 17480, *Algen und Algenprodukte — Methoden für die Bestimmung der Produktivität von Algenproduktionsstandorten*

EN 17605, *Algen und Algenprodukte — Methoden zur Probeentnahme und Analyse — Probebehandlung*

EN ISO 4064-1, *Wasserzähler zum Messen von kaltem Trinkwasser und heißem Wasser — Teil 1: Metrologische und technische Anforderungen (ISO 4064-1)*

EN ISO 18125, *Biogene Festbrennstoffe — Bestimmung des Heizwertes (ISO 18125)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 17399, EN 17480, EN 17605 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Trocken-Biomasse

Material, das nach der Beseitigung des Wassers unter spezifischen Bedingungen verbleibt

[QUELLE: EN ISO 16559:2022, 3.71 – modifiziert, Bio- zum Begriff hinzugefügt]

3.2

Feuchtegehalt

Trocknungsverlust

Verhältnis zwischen Massenverlust der Algenprobe nach dem Trocknen unter Prüfbedingungen bis zur Massenkonstanz und Ausgangsmasse

3.3

Aschegehalt der Biomasse

Masse des Mikroalgen- und Makroalgenrückstands, der vorliegt, nachdem sich die Probe in einen Muffelofen mit einer Temperatur von $(575 \pm 10)^\circ\text{C}$ befunden hat

3.4

Beleuchtung

Bestrahlung mit Licht, bei dem es sich nicht um Sonnenlicht handelt

3.5

photosynthetische Produktionsfläche

sonnenbeschienene horizontale Fläche der Kultivierungsanlage, in der die Photosynthese durch natürliches Licht in natürlichen Becken, an natürlichen Standorten und in sonnenbeschienenen Becken stattfindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Produktionsfläche von nicht horizontalen Systemen ergibt auf verschiedene Weise interpretierbare Ergebnisse, weshalb bei nicht horizontalen Systemen zur Berechnung der Produktivität die Gleichung für die volumetrische Produktivität angewendet wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bereiche der wilden Aufzucht sind ausgenommen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei Systemen, die mit Beleuchtung (siehe 3.11) arbeiten, wird zur Berechnung der Produktivität die Gleichung für die volumetrische Produktivität angewendet.

3.6

Fläche des Algenzuchtstandortes

Fläche einer einzelnen oder mehrerer Algenkultivierungsanlage(n) oder eines einzelnen oder mehrerer natürlicher Standorte(s) einschließlich jeglicher Hilfsausrüstungen, die für den Betrieb der Einheit und des Versorgungsbereiches benötigt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kultivierungsanlage umfasst Becken, Blasensäulen, Röhren-Photobioreaktoren, „Green-Wall-Panels“ oder jegliche Arten von Vorrichtungen, die zur Algenzucht verwendet werden, alle Ausrüstungsteile, Röhren und Verbindungen, die benötigt werden, damit die spezifische Einheit funktioniert (z. B. die Fläche, die von den Pumpen und dem Umlaufbehälter/Entgaser in einem Röhren-Photobioreaktor belegt wird), sowie den angrenzenden Versorgungsbereich. Wenn der Versorgungsbereich nicht eindeutig festgelegt ist, beträgt er standardmäßig 1 m um die Kultivierungsanlage herum.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Fläche der Kultivierungsanlage umfasst nicht die der Kultivierungsanlage vor- und nachgelagerten Vorrichtungen, z. B. die Behälter für die Wasseraufbereitung und/oder die Ernte.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Festlegung der Fläche an einem Standort mit wilder Aufzucht, an dem Makroalgen in der Natur ohne menschliches Eingreifen mit Ausnahme der Ernte wachsen, ist in Bezug auf die Berechnung der Produktivität irreführend, da viele Faktoren das Wachstum beeinflussen (z. B. Strömungen, Artenmischung, natürliche Regenerationszyklen usw.). Für eine Untersuchung der Produktivität und der Nachhaltigkeit eines aquatischen Ökosystems ist eine Flächenabschätzung möglich, die jedoch über den Anwendungsbereich dieses Dokuments hinausgeht.

3.7

gesamter Kohlenstoff

TC, en: total carbon

Menge an Kohlenstoff in einem Produkt, in Form von organischem, anorganischem und elementarem Kohlenstoff

[QUELLE: EN 16575:2014, 2.17]

3.8

gelöster anorganischer Kohlenstoff

DIC, en: dissolved inorganic carbon

in Wasser gelöster, in anorganischer Form als Carbonate und Bicarbonate vorliegender Kohlenstoff im Gleichgewichtszustand mit gasförmigem gelöstem CO₂

Anmerkung 1 zum Begriff: Gelöste CO₂-Moleküle werden als Co₂aq bezeichnet.

3.9

gelöster organischer Kohlenstoff

DOC, en: dissolved organic carbon

in Wasser gelöster Kohlenstoff, der als organische Moleküle vorliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Glycerin, Essigsäure und Zucker sind Beispiele für DOC-Moleküle.

3.10

Kohlenstoffbilanzierung

Bewertung von kohlenstoffhaltigen Massenströmen, die der Algenkultivierung durch den Input zur Biomasse zugeführt werden, für Nachhaltigkeits- und/oder Gutschriftansprüche

3.11

biobasiertes Produkt

vollständig oder teilweise aus Biomasse abgeleitetes Produkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das biobasierte Produkt wird üblicherweise durch den Gehalt an biobasiertem Kohlenstoff oder den biobasierten Gehalt charakterisiert. Für die Bestimmung und Deklaration des biobasierten Gehalts und des Gehalts an biobasiertem Kohlenstoff siehe die entsprechenden Normen des CEN/TC 411.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Produkt kann ein Zwischenprodukt, Material, Halbzeug oder ein Endprodukt sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: „Biobasiertes Produkt“ bezieht sich oft auf ein Produkt, das teilweise biobasiert ist. In diesen Fällen sollte die Deklaration durch eine quantitative Angabe des biobasierten Gehalts gestützt werden.

[QUELLE: EN 16575:2014, 2.5]

3.12

CO₂-Fußabdruck

CFP, en: carbon footprint

Summe der emittierten THG-Mengen und der entzogenen THG-Mengen in einem Produktsystem, angegeben als CO₂-Äquivalente und beruhend auf einer Ökobilanz unter Nutzung der einzigen Wirkungskategorie Klimawandel

[QUELLE: EN ISO 14067:2018, 3.1.1.1 – modifiziert. Anmerkung 1 zum Begriff und Anmerkung 2 zum Begriff wurden gestrichen]

3.13

Treibhausgas

THG

gasförmiger Bestandteil der Atmosphäre, sowohl natürlichen als auch anthropogenen Ursprungs, der die Strahlung bei spezifischen Wellenlängen innerhalb des Spektrums der infraroten Strahlung, die von der Erdoberfläche, der Atmosphäre und den Wolken abgegeben wird, absorbiert und emittiert

[QUELLE: EN ISO 14067:2018, 3.1.2.1 – modifiziert. Anmerkung 1 zum Begriff und Anmerkung 2 zum Begriff wurden gestrichen]

3.14

Abgas

Gase, die durch Verbrennung eines Brennstoffes entstehen und üblicherweise in die Atmosphäre emittiert werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Abgas aus Verbrennungsprozessen, die anderen Zwecken als der CO₂-Produktion dienen, sind Beispiele für Abgase, z. B. die CO₂-Emissionen von Kraftwerken.

[QUELLE: ISO/TR 27912:2016, 3.31 – modifiziert. Anmerkung 1 zum Begriff hinzugefügt]

3.15

kryogenes CO₂

flüssiges CO₂, das als industrielles Produkt gespeichert und transportiert wird

3.16

biogenes CO₂

Kohlenstoffdioxid, der durch Verbrennung oder Abbau von biogenem Kohlenstoff (biobasierter Kohlenstoff) (3.25) entsteht

3.17

kohlenstoffneutrales CO₂

Kohlenstoffdioxid, das als Neben- oder Abfallprodukt entsteht, nachdem sein CO₂-Fußabdruck für das gesamte System vollständig ausgeglichen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für dieses Kohlenstoffdioxid sind Abgase aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energieerzeugung, Rösten von Carbonaten, Dampfreformierung von Erdgas, sofern der CFP (CO₂-Fußabdruck) dieser Quellen für das Hauptprodukt vollständig erfasst wurde, z. B. elektrische Energie, Calciumoxid, Wasserstoff.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Übersicht über die Kohlenstoff-/CO₂-Neutralität ist in Anhang B enthalten.

3.18

offene landgebundene Kultivierung

Kultivierung durch kontrollierte Aufzucht an Land ohne vollständig kontrollierten Massenstrom, der sich auf alle festen und flüssigen Massenströme bezieht, die in das System eintreten oder es verlassen, ohne einen messbaren Abschnitt zu durchströmen, z. B. in einem nicht ausgekleideten Becken.

3.19

geschlossene Kultivierung

Kultivierung durch kontrollierte Aufzucht mit kontrolliertem Massenstrom

Anmerkung 1 zum Begriff: Der unkontrollierte Massenstrom aus der/in die Atmosphäre ist möglich, z. B. CO₂-Absorption und/oder O₂-Freisetzung und Wasserdampfabgabe.

Anmerkung 2 zum Begriff: Offene Becken ohne Bodenauskleidung, einschließlich natürlicher Becken, werden nicht als geschlossene Kultivierungssysteme angesehen.

3.20

offenes Wasser

aquatische Umgebung, in der Algen Elemente ohne kontrollierten Massenstrom austauschen

3.21

Photosynthesesystem

Algenkultivierung auf der Grundlage der Phototrophie, wie in EN 17399 festgelegt

3.22

mixotrophes System

Algenkultivierung auf der Grundlage der Mixotrophie oder Photoheterotrophie, wie in EN 17399 festgelegt

3.23

heterotrophes System

Algenkultivierung auf der Grundlage der Heterotrophie, wie in EN 17399 festgelegt

3.24

Biomasse

Material biologischen Ursprungs mit Ausnahme von in geologischen Formationen eingebettetem und/oder zu fossilem Material umgeformtem Material

BEISPIEL (Gesamtheit oder Teile von) Pflanzen, Bäume(n), Algen, maritime(n) Organismen, Mikroorganismen, Tiere(n), usw.

[QUELLE: EN 16575:2014]

3.25

biobasierter Kohlenstoff

biogener Kohlenstoff

Kohlenstoff, abgeleitet aus Biomasse

Anmerkung 1 zum Begriff: Biogener Kohlenstoff ist in EN ISO 14067:2018 gleichlautend definiert.

[QUELLE: EN 16575:2014, 2.2 – modifiziert. Anmerkung 1 zum Begriff aktualisiert]

3.26

photosynthetische Umwandlungseffizienz

η

Verhältnis zwischen dem Energiegehalt der Algenbiomasse und dem Energieeinsatz zur phototrophen Algenkultivierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die photosynthetische Effizienz ist der Anteil der Lichtenergie (Photonen), die während der phototrophen Algenkultivierung in chemische Energie der Algen umgewandelt wird. Das Verhältnis zwischen dem Energiegehalt der gezüchteten Algenbiomasse und der für ihre Kultivierung benötigten Energie ist die Effizienz.

4 Messung bei erneuerbarem Algen-Ausgangsmaterial

4.1 Allgemeines

4.1.1 Allgemeines

Die Messung bei erneuerbarem Algen-Ausgangsmaterial kann mithilfe des „Green Box“-Ansatzes [1] erfolgen, siehe Bild 1. Er beschreibt den ökologischen, wirtschaftlichen und CO₂-Fußabdruck durch Quantifizierung der Inputs und Outputs einer Algenzuchtstätte. Diese Input-/Outputmessungen ermöglichen systematisch ökonomische Vorhersagen (mittels techno-ökonomischer Analysen) und Nachhaltigkeitsberechnungen (mittels Ökobilanzen).

4.1.2 Green-Box-Inputs und -Outputs

Zu den Inputs können Kohlenstoff, Wasser, Energie und Nährstoffe zählen, die die Algen brauchen, sowie Landbedarf, Prozess-Verbrauchsgüter und menschliche Ressourcen, die für die Infrastruktur erforderlich sind. Zu den Green-Box-Outputs zählen die unterschiedlichen Klassen von Algenprodukten sowie anfallende industrielle Abfälle einschließlich Gas-, Flüssigkeits- und Feststoffemissionen.

Zusammen ergeben die gemessenen Inputs und Outputs im Allgemeinen den wirtschaftlichen und ökologischen Gesamtfußabdruck jeglicher Arbeitsabläufe in Zusammenhang mit Algen. Die Bestimmung dieses Gesamtfußabdrucks ist bei der technischen und Nachhaltigkeitsüberprüfung einer wachsenden Algenindustrie von grundlegender Bedeutung. Zur Behandlung der Proben von Algen und Algenprodukten siehe EN 17605.

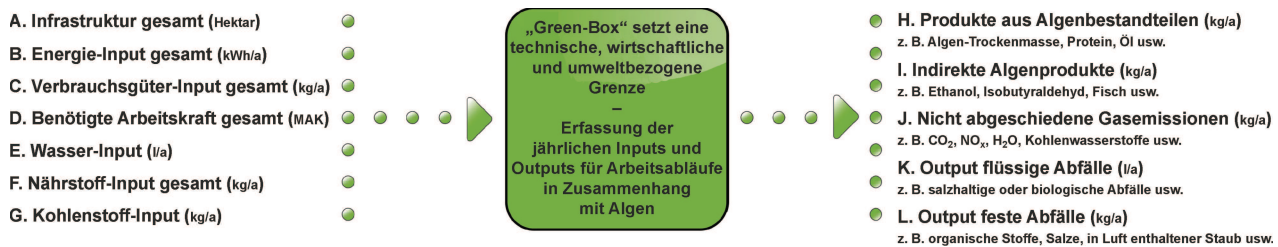


Bild 1 — Green-Box für die Messung von erneuerbarem Algen-Ausgangsmaterial

4.1.3 Grenzen der Green-Box

Die Grenzen der Algenproduktion werden durch den Green-Box-Ansatz gesetzt, der ein Jahr der Produktion oder eine andere relevante Betriebszeit an natürlichen Standorten, in der offenen landgebundenen Kultivierung und geschlossenen Kultivierung berücksichtigt.

Diese Produktionswege müssen gesondert betrachtet werden, da an natürlichen Standorten die Zufuhr von Wasser, Kohlenstoff und Nährstoffen und die Energie-, Gas- und Flüssigkeitsemissionen nicht gemessen werden. In der offenen landgebundenen Kultivierung sind Flüssigkeitsströme in nicht kontrollierten Strömen vorhanden (Leckage aus nicht ausgekleideten Becken, Verteilung in der Landwirtschaft usw.), die nicht gemessen werden können. In der geschlossenen Kultivierung werden alle Massenströme kontrolliert und können bis auf die CO₂- und O₂-Freisetzung/Absorption in die/aus der Atmosphäre gemessen werden. Auf die gleiche Weise kann jeglicher anderer unkontrollierter Gasaustausch (Diffusion) zwischen Algen und Atmosphäre stattfinden, der jedoch nicht berücksichtigt wird (z. B. Ammoniakfreisetzung usw.).

Beispiele für die Prozesse sind in Bild 2, Bild 3 und Bild 4 dargestellt.

In jedem Fall muss die Infrastruktur (z. B. Investitionskosten der Einrichtung und Bauteilwerkstoffe) berücksichtigt werden (siehe EN ISO 14064-1). Die Infrastruktur kann als ihre Amortisationszahlen ausgedrückt werden (z. B. gemessen in Einheiten von €/ (Zeit*kg) und Masse der Bauteilwerkstoffe dividiert durch die Lebensdauer).

Wenn andere Bioprodukte als Outputs oder in Zusammenhang stehende Energieproduktion vorliegen, kann das System unterteilt oder erweitert werden, um die mit den Co-Produkten verbundenen zusätzlichen Einflüsse zu erfassen, oder ein Allokationskonzept sollte in Erwägung gezogen werden (EN ISO 14044). Die Umweltauswirkungen können nach Masse, Energie oder wirtschaftlichem Wert den Produkten zugeordnet werden (Outputs der Green-Box).

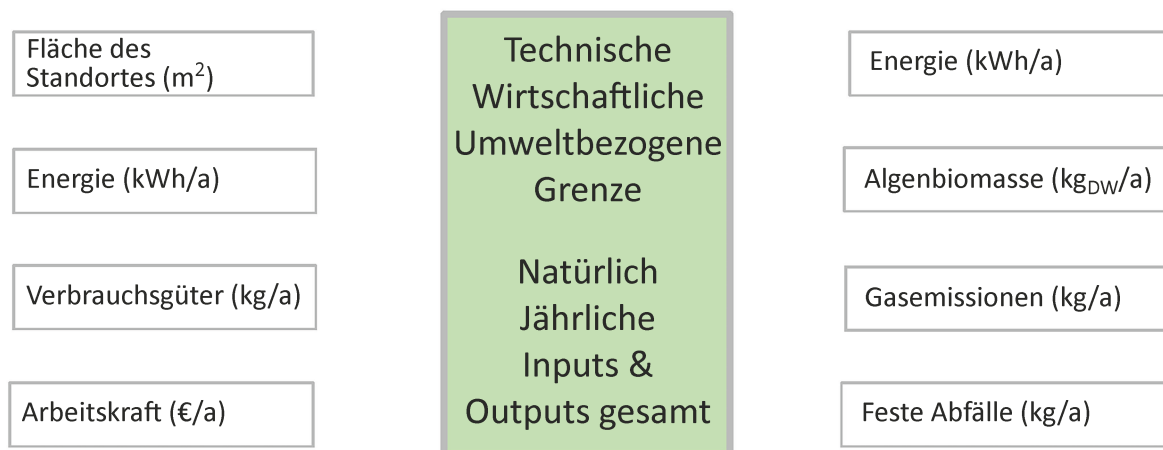


Bild 2 — Grenzen der Green-Box bei natürlichen Standorten

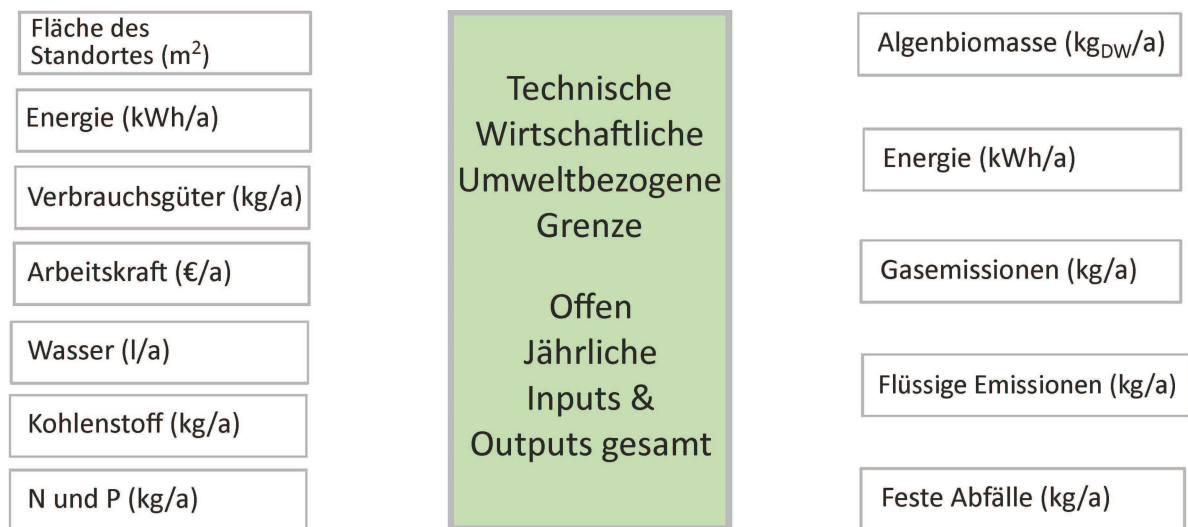


Bild 3 — Grenzen der Green-Box bei offener landgebundener Kultivierung

In der offenen landgebundenen Kultivierung sind Flüssigkeitsströme in nicht kontrollierten Strömen vorhanden (Leckage aus nicht ausgekleideten Becken, Verteilung in der Landwirtschaft usw.), die nicht gemessen werden können.

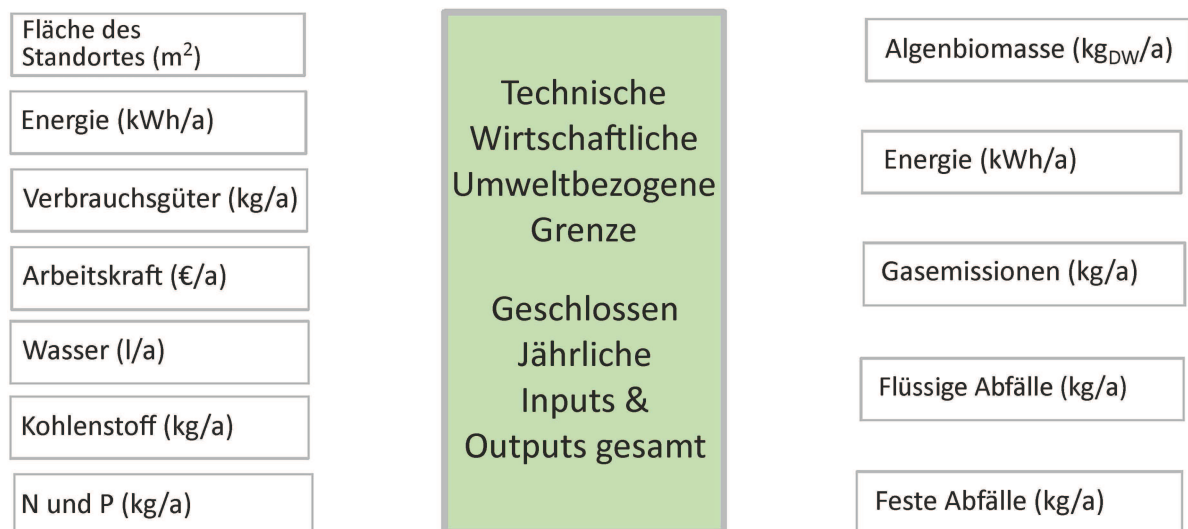


Bild 4 — Grenzen der Green-Box bei geschlossener Kultivierung

In der geschlossenen Kultivierung werden alle Massenströme kontrolliert und können bis auf die CO₂-Absorption/Freisetzung aus der/in die Atmosphäre und die und O₂-Freisetzung/Absorption in die/aus der Atmosphäre gemessen werden. Auf die gleiche Weise kann jeglicher anderer unkontrollierter Gasaustausch (Diffusion) zwischen Algen und Atmosphäre stattfinden, der jedoch nicht berücksichtigt wird, z. B. Ammoniakfreisetzung usw.

4.2 Energiebilanz von Algenanlagen und Algenprodukten für die Ökobilanz und techno-ökonomische Analyse

4.2.1 Allgemeines

Die Energie schließt alle Ströme ein, die in kWh/a (oder kW) messbar sind, sofern vorhanden, wie z. B. den Output einer Vergärungsanlage für Biogas und eines Kraftwerks, die in die Algenanlage integriert sind, oder z. B. den Energiewert (Verbrennungswärme) der Biomasse, und schließt darüber hinaus den gesamten Energieinput ein, der durch die Kultivierung verbraucht wird, und bezieht sich auf die Produktion der funktionalen Einheit (d. h. 1 kg Algen).

4.2.2 Energieinput und -output

Bild 5 enthält einen Überblick über den gesamten Energieinput und -output für die landgebundene Kultivierung, der sowohl für offene als auch geschlossene Systeme zutrifft.

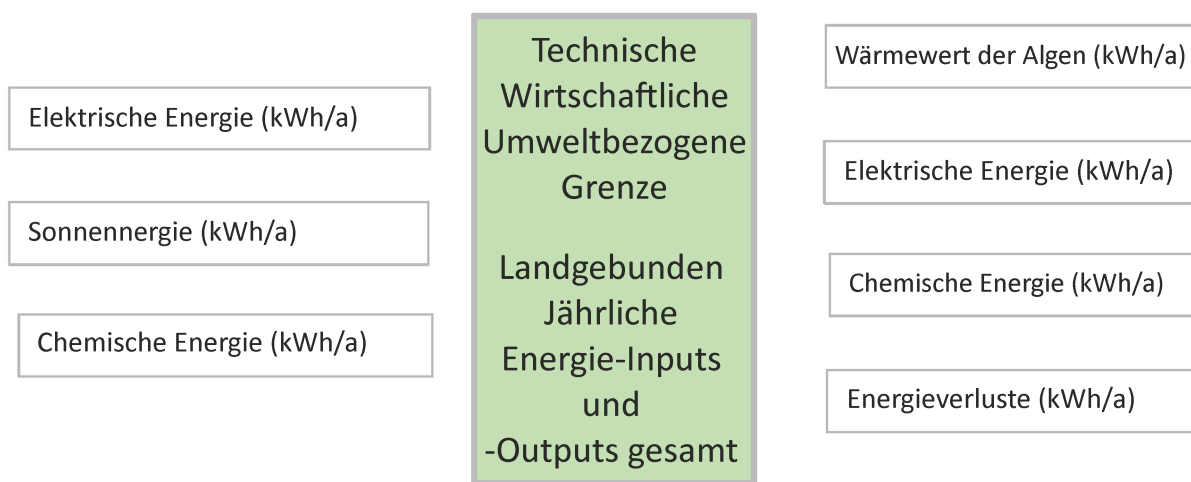


Bild 5 — Überblick über den gesamten Energieinput und -output für die landgebundene Kultivierung

4.2.3 Energieinput

4.2.3.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt werden unter Bezugnahme auf Bild 5 die unterschiedlichen Energieinputs beschrieben, die bei landgebundenen Algen-Kultivierungsanlagen verwendet werden können, mit dem Ziel, relevante Messungen und Anforderungen für die Bewertung jedes Energiestroms und der Gesamtbilanz in der gesamten Green-Box zu bestimmen.

4.2.3.2 Elektrische Energie

Die elektrische Energie ist die Energie, die der Green-Box in Form von elektrischem Strom zugeführt wird. Die Menge dieser Energie wird stets mit einem Messgerät bestimmt und kann von einer externen Quelle (geleitet durch das Netz) oder einer lokalen Quelle bereitgestellt werden. Jegliche elektrische Energie stammt von einer erneuerbaren Quelle (Windturbinen oder Solarpaneele) oder von einer nicht erneuerbaren Quelle (lokale Heizkraftwerke oder externe, mit fossilen Brennstoffen betriebene Kraftwerke). Häufig ist elektrische Energie eine Mischung aus unterschiedlichen Quellen, von der die Erneuerbarkeit jeder einzelnen Quelle bekannt sein muss, um die Ökobilanzberechnungen durchzuführen.

4.2.3.3 Sonnenenergie

Sonnenenergie ist die Energie, die durch Sonnenstrahlung direkt in die Green-Box übergeht. Ein Teil des Photonenstroms wird in Biomasse umgewandelt und ein Teil wird in Wärme umgewandelt. In der Praxis kann die Sonnenenergie nicht direkt gemessen werden. Indirekte Messungen zur Biomasseproduktion (Umwandlungsverhältnis) und der Temperaturanstieg durch Wärmebeteiligung sind Möglichkeiten, die Größenordnung zu bestimmen. Bei der Algenproduktion kann die Sonnenenergie auch ausschließlich als Wärmeenergie durch Kulturerwärmung genutzt werden. Sie kann, abgesehen von der speziellen Anwendung von Solarenergiepaneelen, nicht direkt gemessen werden.

4.2.3.4 Chemische Energie

Die chemische Energie schließt alle Formen von Energieinputs ein, die aus freier Energie von Reaktanten wie organischen Substanzen, die heterotrophen oder mixotrophen Systemen zugeführt werden, und aus verwendeten biogenen Brennstoffen sowie Brennstoffen aus fossilen Quellen stammen. Sie kann anhand von Finanzdokumenten und konventioneller Thermodynamik berechnet werden.

4.2.4 Energieoutput

Der Wärmewert der Algen ist der nach EN ISO 18125 gemessene Heizwert der Trockenmasse. Wenn es sich bei dem Produkt um feuchte oder frische Algen handelt, muss die Menge der Energie, die erforderlich ist, um das Wasser in der Probe unter Referenzbedingungen in den dampfförmigen Zustand zu überführen, von dem Heizwert subtrahiert werden (d. h. die Bilanzierung erfolgt auf der Grundlage des unteren Heizwertes).

Die elektrische Energie ist die in das Netz eingespeiste Energie, die in der Regel verkauft und durch wirtschaftliche Zähler gemessen wird und aus der Verwendung von Algenbiomasse oder Algenprodukten als Quelle für das Stromerzeugungssystem, z. B. Biogasanlage oder Heizkraftwerke, stammt.

Für die Verwendung als biogene Brennstoffe muss die Messung des Heizwertes EN ISO 18125 entsprechend erfolgen.

Energieverluste können durch Energiebilanzierung für die gesamte Green-Box (siehe Bild 5) berechnet werden.

4.2.5 Vereinfachte Energiebilanz, landgebundene Kultivierung

Bei phototrophen landgebundenen Systemen, bei denen neben Sonnenlicht nur Elektrizität und Brennstoffe Energie für den Betrieb des Systems bereitstellen, kann der Wärmewert hilfreiche Informationen zur photosynthetischen Energieumwandlung liefern. Die in der Biomasse gespeicherte Photosynthese-Energie E wird mit Gleichung (1) berechnet:

$$E = m' \times H_{DW} / 3\,600 \quad (1)$$

Dabei ist

E die in der Biomasse gespeicherte Photosynthese-Energie (kWh/a);

m' der Massenstrom der Algen (kg/a);

H_{DW} der Wärmewert der Trockenmasse-Probe (kJ/kg).

Wenn angenommen oder nachgewiesen werden kann, dass die Energieverluste im Output vernachlässigbar sind (10 % oder 5 % des Wärmewertes), ist es möglich, die photosynthetische Umwandlungseffizienz η nach Gleichung (2) zu berechnen:

$$\eta = 100 \times E / (PAR \times A + W + F) \quad (2)$$

Dabei ist

η die photosynthetische Umwandlungseffizienz (%);

PAR der mittlere jährliche photosynthetische aktive Strahlungsanteil des Sonnenlichtes ($kWh/(m^2 \times a)$);

A die photosynthetische Fläche (m^2);

W der elektrische Leistungsaufnahme (kWh/a);

F der Energieinput aus fossilen Quellen.

Bild 6 stellt eine vereinfachte Energiebilanz einer landgebundenen Kultivierung dar.

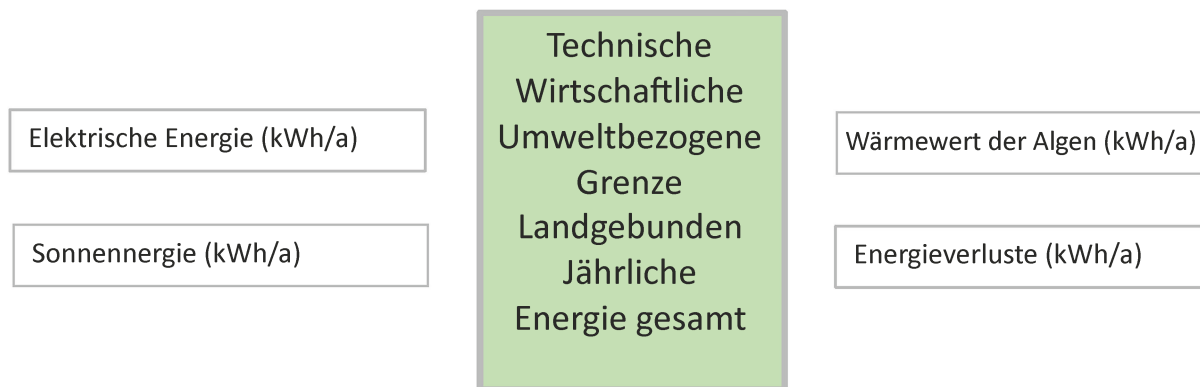


Bild 6 — Vereinfachte Energiebilanz bei landgebundener Kultivierung

4.2.6 Energiebilanz, Kultivierung in Meer

Die allgemeinen und vereinfachten Energiebilanzen für die Algenkultivierung im Meer sind in Bild 7 bzw. Bild 8 angegeben, in denen die elektrische Energie nicht aufgeführt wird und fossile Brennstoffe hauptsächlich mit Fischerbooten in Zusammenhang stehen.

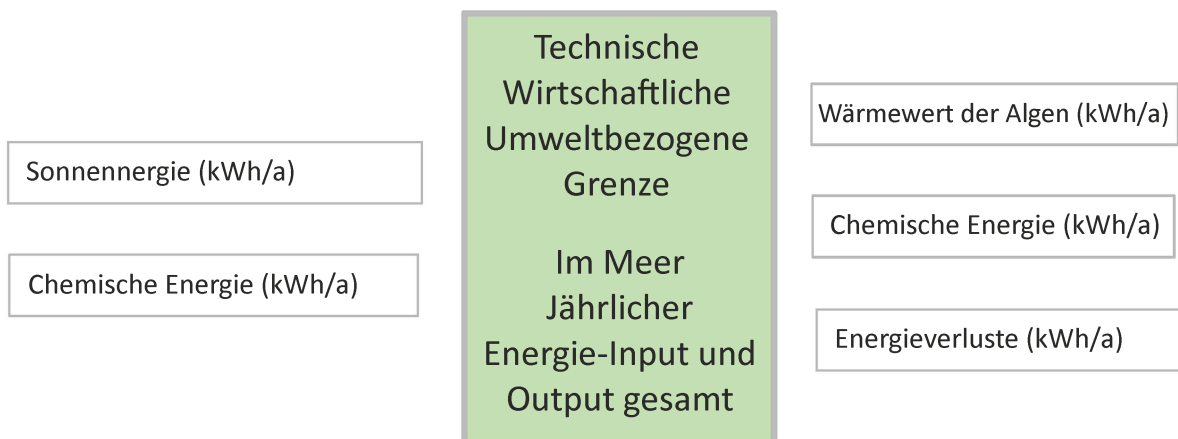


Bild 7 — Allgemeine Energiebilanz für die Kultivierung im Meer

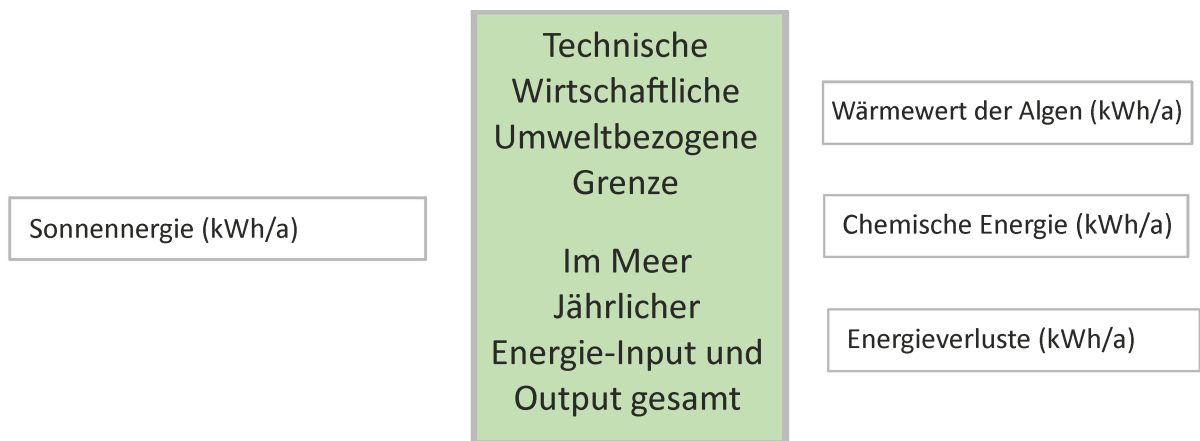


Bild 8 — Vereinfachte Energiebilanz für die Kultivierung im Meer

4.3 Massenbilanz der Hauptelemente der Algenbiomasse

4.3.1 Gasaustausch

Der Gasaustausch schließt den gesamten gasförmigen Stofftransport zwischen Green-Box und Luft ein.

4.3.2 Kohlenstoff

4.3.2.1 Allgemeines

Die allgemeine Kohlenstoffbilanz in der geschlossenen Kultivierung ist in Bild 9 dargestellt.

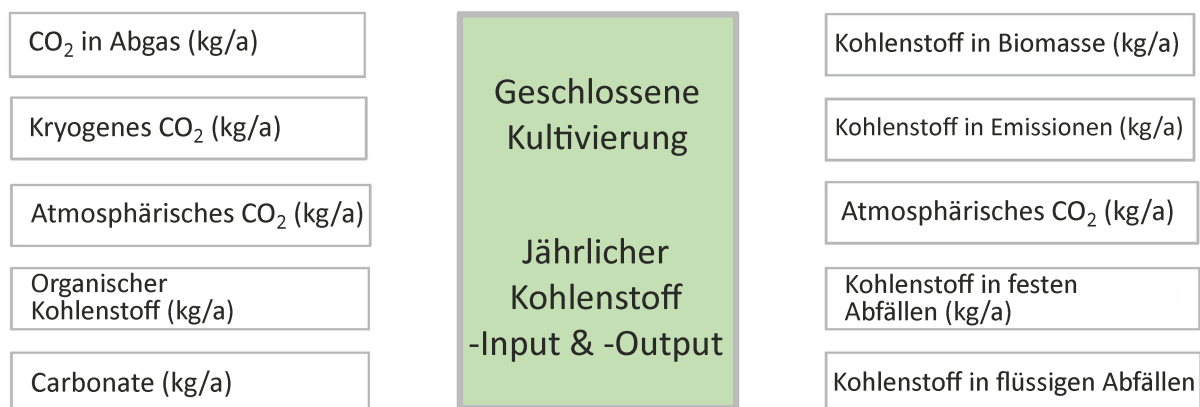


Bild 9 — Kohlenstoffbilanz in der geschlossenen Kultivierung

4.3.2.2 Messungen des Kohlenstoffgehaltes

Kohlenstoff in Biomasse, CDW, kann mit einem CHN-Analysegerät nach EN ISO 16948 gemessen werden. Es muss den gesamten Kohlenstoffgehalt angeben und auf die Trockenmasse bezogen und als Massenanteil in % ausgedrückt werden.

4.3.2.3 Verfahren für die Kohlenstoffbilanzierung

Die Kohlenstoffbilanzierung kann durch dokumentarische Arbeit im Anschluss an das Massenbilanzverfahren (siehe EN 16785-2) durchgeführt werden, sofern alle Input- und Outputdaten verfügbar sind, oder vorzugsweise durch ein experimentelles Verfahren, z. B. durch Messung des Kohlenstoffgehaltes.

Beim überwiegenden Teil der Algenkultivierung, außer bei Spirulina-Becken, sind die Inputs durch Absorption von CO₂ aus der Atmosphäre, Kohlenstoff und Carbonaten vernachlässigbar. Wenn die Menge des Kohlenstoffs in Abfällen und des Kohlenstoffs in Emissionen < 10 % der Gesamtoutputs beträgt, kann die Bilanz vereinfacht werden; die endgültige Bilanz ist in Bild 10 dargestellt.

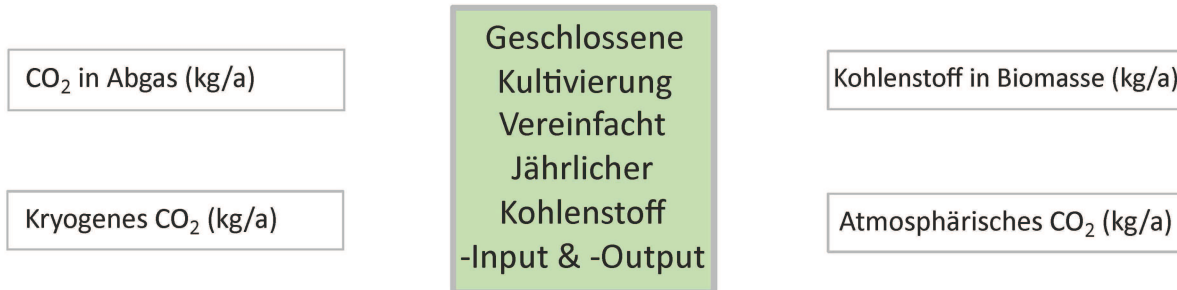


Bild 10 — Vereinfachte Kohlenstoffbilanz

4.3.2.4 CO₂-Abscheidung. Kohlenstoffverwendung und -messung – phototropes System

Die CO₂-Abscheidung ist die Bewertung von kohlenstoffbasierten THG, die der Algenkultivierung durch den Input zur Biomasse zugeführt werden, für Nachhaltigkeits- und/oder Gutschriftansprüche. Für die geschlossene und offene landgebundene Kultivierung wird die vereinfachte Bilanz nach der folgenden Gleichung (3) berechnet:

$$CO_2 = 44/12 \times C_{DW} \times m' \times (CO_{2\ flue} / (CO_{2\ flue} + CO_{2\ cryo})) \quad (3)$$

Dabei ist

CO_2 die CO₂-Abscheidung (kg/a);

m' der Massenstrom der Algen (kg/a);

$CO_{2\ flue}$ und $CO_{2\ cryo}$ jeweils der Massenstrom des CO₂-Inputs zur Kultivierung (kg/a).

Bei der Spirulinakultivierung und der Kultivierung sonstiger Alkaliphile in Becken kann die Absorption aus der Atmosphäre die bedeutsamste oder einzige CO₂-Quelle sein, wenn Carbonate < 10 % des Kohlenstoffs in der Biomasse ausmachen. Eine vereinfachte Kohlenstoffbilanz für die Spirulinakultivierung und ihre Haupt-Inputs und -Outputs sind in Bild 11 dargestellt.

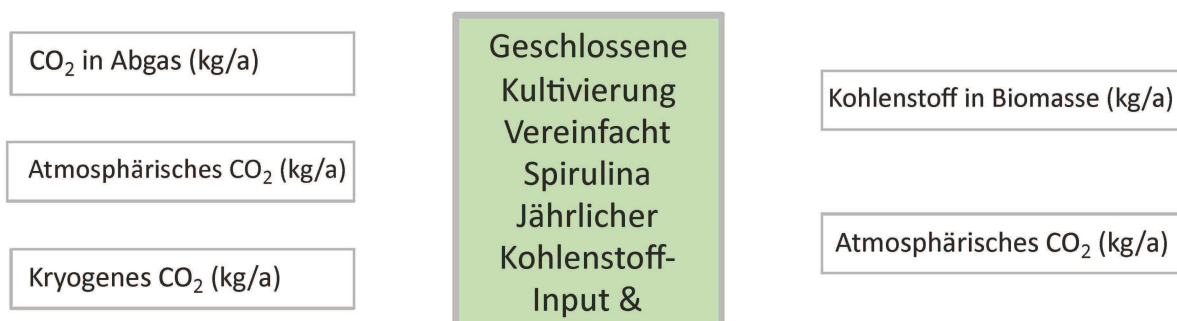


Bild 11 — Vereinfachte Kohlenstoffbilanz von Spirulina

Bei Spirulina und sonstigen Alkaliphilen wird die vereinfachte Bilanz mit Gleichung (4) berechnet:

$$CO_2 = 44/12 \times C_{DW} \times m' \times ((CO_{2\ atm} + CO_{2\ flue}) / (CO_{2\ atm} + CO_{2\ flue} + CO_{2\ cryo})) \quad (4)$$

Dabei ist

CO_{2atm} der Massenstrom des aus der Luft absorbierten CO_2 (kg/a).

Da es nicht möglich ist, CO_{2atm} zu messen, kann die folgende vereinfachte Gleichung (5) angewendet werden, wenn $CO_{2cryo} < 10\% CO_2$:

$$CO_2 = 44/12 \times C_{DW} \times m' \quad (5)$$

Wenn CO_{2cryo} nicht $< 10\%$ beträgt, muss es nach Gleichung (6) subtrahiert werden:

$$CO_2 = 44 / 12 \times C_{DW} \times m' - CO_{2 cryo} \quad (6)$$

4.3.2.5 CO_2 -Abscheidung Kohlenstoffverwendung und -messungen – heterotrophes System

Bei der Heterotrophie erfolgt keine Kohlenstoffabscheidung, jedoch eine Umwandlung von organischem Kohlenstoff von einer Form in eine andere. Heterotrophe Systeme können deshalb keine Gutschrift für die CO_2 -Abscheidung beanspruchen. Die heterotrophe Kultivierung kann sich im weitesten Sinne als nachhaltig erweisen, z. B. im Vergleich mit der Omega-3-Fettsäureproduktion aus der Fischerei; diese Art der Bewertung fällt jedoch nicht in den Anwendungsbereich dieses Dokumentes.

Die Kohlenstoffbilanz bei der geschlossenen Kultivierung (in Bild 9 dargestellt) kann weiter vereinfacht werden, weil in heterotrophen Systemen die einzige Quelle per Definition organischer Kohlenstoff ist, wie in Bild 12 dargestellt.

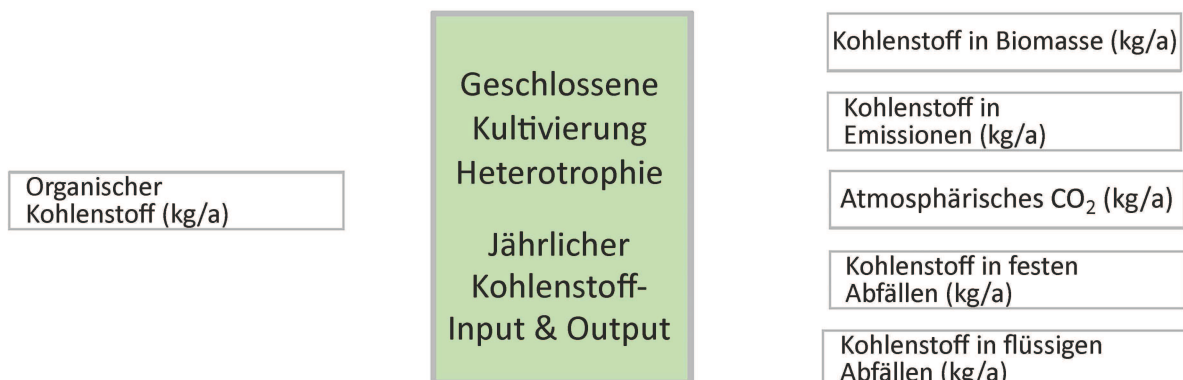


Bild 12 — Beispiel für Heterotrophie bei geschlossener Kultivierung

Wenn sowohl Photosynthese als auch Heterotrophie stattfinden (Mixotrophie), entspricht die Kohlenstoffbilanz der Darstellung in Bild 13.