



REDcert

Systemgrundsätze für die
THG-Berechnung

nach den Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnungen
(BioSt-NachV und Biokraft-NachV)

Version 04

Inhaltsverzeichnis

1	Definitionen.....	4
1.1	Treibhausgas-Minderungspotenzial	4
1.2	Standardwerte	4
1.3	Teilstandardwerte.....	4
1.4	NUTS2-Werte	5
1.5	Schätzwerte	5
2	Treibhausgas-Minderungspotential	5
2.1	Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotentials	5
2.2	Mindestanforderungen an das Treibhausgas-Minderungspotenzial	6
3	Treibhausgas-Emissionen	6
3.1	Berechnung der Treibhausgas-Emissionen	6
3.2	Berechnung der kumulierten Treibhausgasemission.....	7
3.2.1	Bedeutung der Variablen	7
3.2.2	Daten zur Berechnung der THG-Emissionen	8
3.2.3	Berechnung der Treibhausgas-Emissionen bei der Rohstoffgewinnung (e_{ec}).....	9
3.2.4	Berechnung der Treibhausgas-Emissionen infolge von Landnutzungs-änderung (e_l).....	11
3.2.5	Berechnung der Treibhausgas-Emissionen bei der Einbeziehung des Transports (e_{td}).....	14
3.2.6	Berechnung der Treibhausgas-Emissionen bei der Einbeziehung der Verarbeitung (e_p)	15
3.2.7	Treibhausgas-Minderung durch überschüssigen Strom	16
3.2.8	Allokation und Berechnung des Allokationsfaktors.....	17
3.2.9	Berechnung des Treibhausgasminderungspotenzials durch die letzte Schnittstelle	19
3.2.10	Saldierung der Treibhausgas-Emissionen.....	20
3.3	Umrechnung zwischen e' und e	20
Anlage 1: Umrechnungsfaktoren und beispielhafte Hintergrunddaten.....		22
Anlage 2: Beispielrechnung		26
	Emissionen aus der Landwirtschaft (e'_{ec} und e'_l).....	26
	Emissionen aus Transporten	27

Emissionen aus der Biokraftstoffherstellung e'_p	28
Gesamtemissionen (vor Allokation)	30
Gesamtemissionen des Biokraftstoffs nach Allokation.....	30
Treibhausgas-Minderung	32

1 Definitionen

1.1 Treibhausgas-Minderungspotenzial

Das Treibhausgas-Minderungspotenzial beziffert die prozentuale Einsparung von Treibhausgas-Emissionen bei der Verwendung von flüssiger Biomasse im Vergleich zu fossilen Brenn- oder Treibstoffen.

1.2 Standardwerte

Der Standardwert ist ein Wert, der unter den in der BioSt-NachV festgelegten Bedingungen anstelle eines tatsächlich berechneten Werts verwendet werden kann. Somit kann die Berechnung des THG-Minderungspotenzials anhand von in Anlage 2 der Biokraft-NachV oder BioSt-NachV aufgeführten Standardwerten erfolgen.

Die dort genannten Standardwerte für reines Palmöl sowie für reines Sojaöl, welche als Biokraftstoffe in Verkehr gebracht werden bzw. für die Stromerzeugung eingesetzt werden, können ab dem 01. Januar 2011 nicht mehr für die Berechnung des THG-Minderungspotenzials herangezogen werden.

1.3 Teilstandardwerte

Der Teilstandardwert ist ein in Anlage 2 der Biokraft-NachV oder BioSt-NachV festgelegter Wert, der sich auf einen Teil der Herstellung bezieht.

Werden Teilstandardwerte verwendet, können die Teilstandardwerte für den Anbau e_{ec} aus Anlage 2 Nummer 1 Buchstabe a) und die Standardwerte aus Anlage 2 Nummer 1 Buchstabe e) der Biokraft-NachV oder BioSt-NachV nur herangezogen werden, wenn:

- die Biomasse in Drittstaaten oder in einer Region der Europäischen Union, die in einer Liste nach Art. 19 Abs. 2 der Richtlinie 2009/28/EG (Liste der NUTS2-Gebiete) aufgeführt sind, hergestellt wurde oder
- die flüssige Biomasse aus Abfall oder Reststoffen hergestellt worden ist und die Reststoffe nicht aus der Land-, Forst- und Fischwirtschaft oder aus Aquakulturen stammen.

Bei allen Werten die fehlen bzw. nicht den Vorgaben der nach der Richtlinie 2009/28/EG geforderten Liste entsprechen, muss von den Schnittstellen jeweils die individuelle Treibhausgasemission berechnet werden.

1.4 NUTS2-Werte

Alternativ zu den Teilstandardwerten für den Anbau gem. 1.3 können für Biomassearten aus EU-Mitgliedstaaten die NUTS2-Werte für diejenigen Biomassearten verwendet werden, die in den Berichten der Mitgliedstaaten (soweit vorliegend) gemäß Artikel 19 Abs. 2 der Richtlinie 2009/28/EG vom 23. April 2009 angegeben wurden. Für in Deutschland angebaute Biomasse kann das von REDcert entwickelte „NUTS-Tool“ verwendet werden, um in Abhängigkeit von Anbauregion und Biomasseart die zutreffenden NUTS2-Werte zu ermitteln. Das Tool ist auf der REDcert Internetseite <http://www.redcert.de> unter Dokumente/NUTS-Tool aufrufbar.

1.5 Schätzwerte

Die THG-Emissionen beim Anbau können ggf. auch unter Verwendung von regionalen Schätzwerten des Anbaus berechnet werden, sofern solche Werte veröffentlicht sind. Schätzwerte können dann zur Anwendung kommen, wenn diese auf einer Methodik basieren, nach der auch die NUTS2-Werte berechnet wurden und die von der Kommission anerkannt ist so z. B. die Schätzwerte der deutschen NUTS2-Gebiete für Gerste, Roggen und Triticale. Schätzwerte, für die diese Vorgaben nicht erfüllt sind, werden nicht anerkannt. Die deutschen Schätzwerte für Gerste, Roggen und Triticale sind auf der REDcert Internetseite <http://www.redcert.de> unter Dokumente/Material zu finden.

2 Treibhausgas-Minderungspotential

2.1 Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotentials

Die Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials erfolgt durch die letzte Schnittstelle nach folgender Formel:

$$\text{Treibhausgas – Minderungspotenzial(\%)} = \frac{E_F - E_B}{E_F} * 100$$

Dabei sind:

E_B = Gesamtemissionen bei der Verwendung der flüssigen Biomasse,

E_F = Gesamtemissionen des Vergleichswerts für Fossilbrennstoffe.

Bei der Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der flüssigen Biomasse, werden als Vergleichswert für Fossilbrennstoffe folgende Werte angesetzt:

- 91 g CO₂eq/MJ bei der Verwendung zur Stromerzeugung,

- 85 g CO₂eq/MJ bei der Verwendung in KWK-Anlagen,
- 83,8 g CO₂eq/MJ bei der Verwendung als Kraftstoff,
- 77 g CO₂eq/MJ bei der Verwendung zur Wärmeerzeugung.

2.2 Mindestanforderungen an das Treibhausgas-Minderungspotenzial

Nach § 8 der Bionachhaltigkeitsverordnungen muss die eingesetzte flüssige Biomasse / der eingesetzte Biokraftstoff ein Treibhausgas-Minderungspotenzial von **mindestens 35 %** aufweisen.

Dieser Wert erhöht sich

- am 1. Januar 2017 auf **mindestens 50%** und
- am 1. Januar 2018 auf **mindestens 60%**, sofern die Schnittstelle nach dem 31. Dezember 2016 in Betrieb genommen worden ist.

3 Treibhausgas-Emissionen

3.1 Berechnung der Treibhausgas-Emissionen

Grundsätzlich berechnet jeder Beteiligte der Herstellungs- und Lieferkette die bei ihm anfallenden THG-Emissionen. Die Berechnung der bei der Gewinnung der Rohstoffe, d.h. insbesondere bei Anbau und Ernte der Biomasse anfallenden THG-Emissionen kann unter Anwendung der in der Anlage 2 der Biokraft-NachV aufgelisteten Standardwerte durch den Ersterfasser erfolgen. In diesem Fall muss der Anbaubetrieb dem Ersterfasser vor/ mit der Anlieferung der Biomasse schriftlich bestätigen, dass für die Berechnung der anfallenden THG-Emissionen den Standardwert verwendet werden soll.

Jede Schnittstelle, jeder Betrieb und jede Betriebsstätte berechnet die im eigenen Bereich entstandenen THG-Emissionen. Zu diesem Wert addiert sie die bei den vorgelagerten Schnittstellen, Betrieben und Betriebsstätten angefallenen THG-Emissionen, alloziert diesen Wert und gibt das Ergebnis an die nachgelagerte Schnittstelle, den nachgelagerten Betrieb oder die nachgelagerte Betriebsstätte weiter.

Die Gesamtemissionen berechnen sich anhand einer im Folgenden dargestellten allgemein verbindlichen Formel. Diese setzt sich zusammen aus Emissionen und Emissions-einsparungen.

Die einzelnen Komponenten der Formel können berechnet werden:

- unter Verwendung genau gemessener Daten,
- unter Verwendung von Teilstandardwerten für die Emissionen, die in der Verordnung vorgegeben sind oder
- im Falle der letzten Schnittstelle/letzter verarbeitender Betrieb unter Verwendung von Gesamtstandardwerten für die Emissionen, die in der Verordnung vorgegeben sind.

Hierbei ist zu beachten, dass es keine Emissions-Standardwerte für die Komponente Landnutzungsänderungen (e_l) gibt. Werden Standardwerte oder Teilstandardwerte für den Anbau verwendet, sind auf Landnutzungsänderungen zurückzuführende Werte stets hinzu zu addieren.

Als Hilfsmittel zur Berechnung der THG-Emissionen können auch das von der EU-Kommission anerkannte Berechnungstool BioGrace oder das von der BLE anerkannte Berechnungstool ENZO2 verwendet werden. Beide Berechnungshilfen erlauben die Berechnung der THG-Emissionen über die gesamte Herstellungs- und Lieferkette, wobei das ENZO2-Tool auf die deutschen Produktionsbedingungen angepasst wurde, während das BioGrace-Tool mehr Flexibilität in Hinsicht auf Eingabewerte und Berechnungsformeln zulässt.

3.2 Berechnung der kumulierten Treibhausgasemission

Jede Schnittstelle, jeder Betrieb und jede Betriebsstätte berechnet die bis zu seinem Betrieb kumulierte Treibhausgasemission [in kg CO₂ /Tonne] der Herstellung und Lieferung der Biomasse, bevor diese an nachgelagerte Schnittstellen, Betriebe und Betriebsstätten weitergegeben wird, nach folgender Formel:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee}$$

3.2.1 Bedeutung der Variablen

- E** = Gesamtemissionen bei der Verwendung des flüssigen Brennstoffs,
- e_{ec}** = Emissionen bei der Gewinnung der Rohstoffe, insbesondere bei Anbau und Ernte der Biomasse, aus der die flüssige Biomasse hergestellt wird,
- e_l** = auf das Jahr umgerechnete Emissionen aufgrund von Kohlenstoffbestandsänderungen infolge von Landnutzungsänderungen,

- e_p = Emissionen bei der Verarbeitung,
- e_{td} = Emissionen bei der Lieferung,
- e_u = Emissionen bei der Nutzung des flüssigen Brennstoffs,
- e_{sca} = Emissionseinsparungen durch Anreicherung von Kohlenstoff im Boden infolge besserer landwirtschaftlicher Bewirtschaftungspraktiken,
- e_{ccs} = Emissionseinsparungen durch Abscheidung und geologische Speicherung von Kohlendioxid,
- e_{ccr} = Emissionseinsparungen durch Abscheidung und Ersetzung von Kohlendioxid
- e_{ee} = Emissionseinsparungen durch überschüssigen Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung. Die mit der Herstellung von Anlagen und Ausrüstungen verbundenen THG-Emissionen werden nicht berücksichtigt.

Die Einheit der o.g. Variablen e ist [g CO₂/MJ Endprodukt]

Bei Berechnung der Werte für die Zwischenschritte empfiehlt es sich allerdings aufgrund der Allokation (Berücksichtigung von Nebenprodukten) in späteren Prozessstufen die THG Emissionen (e') bezogen auf das Zwischenprodukt der jeweiligen Prozessstufe zu berechnen.

e' : Treibhausgas-Emissionen pro Masse des Zwischenerzeugnis. Dieser Wert ist noch nicht bis zu dem jeweiligen Produktionsschritt alloziert.

$$\left[\frac{g \text{ CO}_2}{kg \text{ Vorprodukt}} \right]$$

3.2.2 Daten zur Berechnung der THG-Emissionen

Daten, die für die Berechnung der THG-Emissionen benötigt werden, können in zwei Kategorien unterteilt werden:

- **ergebnisbestimmende Daten**, die auf jeden Fall erhoben werden müssen (z.B. Menge an Stickstoff-Dünger) und
- **andere Daten**, die zwar zur Berechnung notwendig sind, aber deren genaue Bestimmung unverhältnismäßig aufwändig ist (z.B. Emissionsfaktor von N-

Dünger, d.h. die Menge an CO₂, die bei der Herstellung des Düngers freigesetzt wurde), oder die kaum Einfluss auf das Gesamtergebnis haben (z.B. Menge an Pestiziden).

Folgende Daten gelten nur dann als genau gemessen, wenn sie vor Ort erhoben wurden:

- Menge an Haupt- und Nebenerzeugnissen,
- Menge an Chemikalien (z. B. Pestizide, Methanol, NaOH, HCl, Hexane, Zitronensäure, Fuller's Earth, Alkali),
- Menge an P₂O₅-, K₂O-, CaO- und N-Dünger,
- Dieselverbrauch, Stromverbrauch,
- Verbrauch an thermischer Energie und
- Prozessenergiequelle

Folgende Daten gelten schon als genau gemessen, wenn sie aus einer wissenschaftlich anerkannten Literaturquelle übernommen wurden:

- Heizwerte der Haupt- und Nebenerzeugnisse,
- Emissionsfaktoren von z. B. Dünger, Diesel in landwirtschaftlichen Maschinen, Chemikalien, Strom, Palm Oil Mill Effluent (POME), thermische Energie und
- Emissionsfaktor von Lachgas (N₂O).

Genau gemessene Daten müssen dokumentiert werden, um die Berechnung der THG-Emissionen nachvollziehen zu können. Bei aus Literaturquellen oder Datenbanken entnommenen Werten ist die entsprechende Quelle zu zitieren (insbesondere Autoren, Titel, Zeitschrift, Band, Jahr).

Bei genau gemessenen Daten muss die Methode transparent gemacht werden, um die Berechnungen nachvollziehen zu können.

3.2.3 Berechnung der Treibhausgas-Emissionen bei der Rohstoffgewinnung (e_{ec})

Der Ersterfasser berechnet die THG-Emissionen bei der Rohstoffgewinnung e_{ec} unter Einbeziehung der THG-Emissionen bei Anbau und Ernte der Rohstoffe sowie der THG-Emissionen bei der Herstellung der zur Gewinnung oder zum Anbau verwendeten Inputs anhand genau gemessener Daten unter Verwendung folgender Formel:

$$e_{ec} \left[\frac{kgCO_2}{kgErnteertrag} \right] = \frac{Em_{Dünger} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right] + Em_{Diesel} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right] + Em_{Strom} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right] + Em_{Input} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right]}{Ertrag_{Haupterzeugnis} \left[\frac{kgErnteertrag}{ha * yr} \right]}$$

Haupterzeugnis ist das Zwischenerzeugnis aus einer Stufe der Herstellungskette, aus dem in anschließenden Stufen der Herstellungskette die flüssige Biomasse hergestellt wird, die zur Stromgewinnung oder als Biokraftstoff eingesetzt wird.

Input ist Stoff oder Energie, die einem Prozess zugeführt wird. Formelkomponenten im Detail:

$$Em_{Dünger} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right] = Dünger \left[\frac{kg}{ha * yr} \right] * \left(Ef_{Herstellung} \left[\frac{kgCO_2}{kgDünger} \right] + Ef_{Feld} \left[\frac{kgCO_2}{kgDünger} \right] \right)$$

$$Em_{Diesel} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right] = Diesel \left[\frac{l}{ha * yr} \right] * Ef_{Diesel} \left[\frac{kgCO_2}{l} \right]$$

$$Em_{Strom} \left[\frac{kgCO_2}{ha * yr} \right] = Strom \left[\frac{kWh}{ha * yr} \right] * Ef_{NationaleStrommix} \left[\frac{kgCO_2}{kWh} \right]$$

Es müssen die THG-Emissionen, die bei den folgenden Schritten entstehen, berücksichtigt werden:

- Gewinnungs- und Anbauprozess,
- Sammeln der Rohstoffe und
- verwendete Chemikalien und andere Produkte (z. B. Diesel)

Zur Berechnung von e_{ec} müssen mindestens folgende Daten vor Ort erhoben werden, das heißt, die entsprechenden Mengenangaben werden z. B. aus betrieblichen Dokumenten entnommen:

- Dünger [kg/(ha*yr)] - Gesamtmenge des jährlich eingesetzten N, P₂O₅, K₂O, CaO-Düngers pro Hektar im Anbaujahr
- Diesel [l/(ha*yr)] - Gesamtmenge des jährlich eingesetzten Diesels für z. B. Traktoren und Wasserpumpen pro Hektar im Anbaujahr
- Stromverbrauch–Gesamtstromverbrauch - z. B. für Trocknung und Wasserpumpen pro Hektar im Anbaujahr

- Ernteertrag - Haupt- / Nebenerzeugnis [kg Ernteertrag/(ha*yr)] - Jahresernte des Haupt- / Nebenerzeugnisses in kg pro Hektar im Anbaujahr. Falls eine Trocknung stattfand, ist die Masse des getrockneten Produktes anzugeben.

Sofern weitere Emissionen anfallen, sind auch diese zu erheben und in die Berechnung einzubeziehen. Die Daten müssen in die entsprechenden Stellen der Formel gesetzt werden.

Zur Berechnung von e_{ec} können folgende Emissionsfaktoren aus einer Literaturquelle oder Datenbank entnommen werden (z. B. GEMIS, GREET), (s. auch Anlage 1, Tab. 2):

- $E_{f_{\text{Diesel}}}$ – Emissionsfaktor Diesel [kg CO₂/l Diesel]
- $E_{f_{\text{Herstellung}}}$ – Emissionsfaktor Düngemittelherstellung [kg CO₂/kg N-Dünger]
- $E_{f_{\text{Feld}}}$ – Emissionsfaktor Düngemittelfeldemission [kg CO₂/kg N-Dünger]
- $E_{f_{\text{NationalerStrommix}}}$ – Emissionsfaktor nationaler Strommix [kg CO₂/kWh]

Diese Daten müssen in die entsprechenden Stellen der Formel gesetzt werden.

Alle Angaben zu Treibhausgas-Emissionen werden in Masse-Einheiten bezogen auf das Haupterzeugnis gemacht (z. B. Diesel [kg]/ Rapssaat [kg]).

3.2.4 Berechnung der Treibhausgas-Emissionen infolge von Landnutzungsänderung (e_l)

E_i sind die auf das Jahr umgerechneten Emissionen auf Grund von Kohlenstoffbestandsänderungen infolge von Landnutzungsänderungen.

Eine bei der Berechnung der THG-Emissionen zu berücksichtigende Landnutzungsänderung liegt vor, wenn sich der Kohlenstoffbestand der Anbaufläche seit dem Referenzzeitpunkt verändert hat.

Dies ist insbesondere der Fall, wenn nach dem Referenzzeitpunkt:

- Grünlandflächen, die nicht Grünland mit großer biologischer Vielfalt sind, in Flächen mit einjährigen Kulturen oder Dauerkulturen umgewandelt werden.
- Kontinuierlich bewaldete Flächen mit einem Überschirmungsgrad von 10 bis 30% in Flächen mit einjährigen Kulturen oder Dauerkulturen umgewandelt werden.
- Flächen mit Dauerkulturen in Flächen mit einjährige Kulturen umgewandelt werden.
- Kontinuierlich bewaldete Flächen, die durch die forstliche Bewirtschaftungsform langfristig einen hohen Überschirmungsgrad aufweisen (z.B. >80%), durch eine Änderung der Bewirtschaftung in Flächen umgewandelt werden, die langfristig

einen signifikant niedrigeren Überschirmungsgrad (z.B. 40%) aufweisen (Landnutzungsänderung innerhalb der Flächenkategorie kontinuierlich bewaldeter Gebiete mit mehr als 30% Überschirmung). Als eine signifikante Änderung ist eine Abnahme der Überschirmung um mehr als 20% zu sehen.

- Dauerhaft durchtränkte Feuchtgebiete für den Anbau der Biomasse derart entwässert werden, dass sie nur noch einen beträchtlichen Teil des Jahres mit Wasser durchtränkt sind.

Die Schnittstelle, der Betrieb oder die Betriebsstätte bestimmt die auf Jahresbasis umgerechneten THG-Emissionen infolge von Landnutzungsänderungen (e_i) durch gleichmäßige Verteilung der dadurch entstandenen Treibhausgas-Emissionen über 20 Jahre unter Verwendung der vom Anbaubetrieb übermittelten Daten anhand folgender Formel:

$$e_{ec} \left[\frac{kgCO_2}{kgErnteertrag} \right] = \frac{CS_R \left[\frac{kgC}{ha} \right] - CS_A \left[\frac{kgC}{ha} \right]}{Ernteertrag_{Hauptprodukt} \left[\frac{kg}{ha * yr} \right] \cdot 20[yr]} \cdot 3,664 - \frac{e_B}{AF * KF}$$

AF, KF = Warenspezifische Umrechnungsfaktoren zur Berechnung des massebezogenen Wertes der Treibhausgas-Emissionen (AF = Allokationsfaktor; KF = Konversionsfaktor)

e_B = Bonus von 29 g CO_2eq/MJ flüssiger Biomasse bei Anbau auf wiederhergestellten degradierten Flächen

e_B - Um Anspruch auf den Bonus e_B für den Anbau auf wiederhergestellten degradierten Flächen zu erhalten, dokumentiert der Betrieb, dass die betreffende Fläche

- zum Referenzzeitpunkt nicht landwirtschaftlich oder zu einem anderen Zweck genutzt wurde und
- eine stark degradierte Fläche ist oder
- eine stark verschmutzte Fläche ist.

Der Bonus e_B gilt für einen Zeitraum von bis zu 10 Jahren ab dem Zeitpunkt der Umwandlung der Fläche in eine landwirtschaftliche Nutzfläche, wenn

- ein kontinuierlicher Anstieg des Kohlenstoffbestandes und ein nennenswerter Rückgang der Erosion auf stark degradierten Flächen vorliegt und
- die Bodenverschmutzung auf stark verschmutzten Flächen gesenkt wird.

Stark verschmutzte Flächen sind Flächen, die aufgrund von Bodenverschmutzung ungeeignet für den Anbau von Lebens- und Futtermitteln sind.

Kohlenstoffbestand der Fläche ist die Masse an Kohlenstoff in Boden und Vegetation je Flächeneinheit.

CS_R ist der mit der Bezugsfläche verbundene Kohlenstoffbestand je Flächeneinheit (gemessen als Masse an Kohlenstoff je Flächeneinheit in Boden und Vegetation) zum Referenzzeitpunkt oder 20 Jahre vor der Gewinnung des Rohstoffes, je nachdem, welcher Zeitpunkt der spätere ist.

CS_A ist der mit der tatsächlichen Landnutzung verbundene Kohlenstoffbestand je Flächeneinheit (gemessen als Masse an Kohlenstoff je Flächeneinheit in Boden und Vegetation). Wenn sich der Kohlenstoffbestand über mehr als ein Jahr anreichert, gilt als CS_A-Wert der geschätzte Kohlenstoffbestand nach 20 Jahren oder zum Zeitpunkt der Reife der Pflanzen, je nachdem, welcher Zeitpunkt der frühere ist.

Flächen, auf denen der Anbau nach den §§ 4 bis 7 der Nachhaltigkeitsverordnungen zulässig ist, können umgewandelt werden unter der Maßgabe, dass die dabei anfallenden THG-Emissionen der Landnutzungsänderungen berechnet und zu den übrigen Emissionswerten hinzuaddiert werden. Es ist zu ermitteln, welcher Landnutzungskategorie die Anbaufläche zum Referenzzeitpunkt angehörte (Beispielhafte Hintergrunddaten s. Anlage 1 Tab. 3).

Wenn nachgewiesen ist, dass keine Landnutzungsänderung seit dem Referenzzeitpunkt stattgefunden hat, das heißt wenn die Anbaufläche zum Referenzzeitpunkt der Landnutzungskategorie „Ackerland“ angehörte, ist $e_i = \text{Null}$.

Stark degradierte Flächen

Stark degradierte Flächen sind Flächen, die während eines längeren Zeitraums versalzt wurden, die stofflich stark belastet sind, denen sehr wenige organische Substanzen zugeführt wurden sowie Flächen, die stark erodiert sind. Zu stark degradierten Flächen gehören auch frühere landwirtschaftliche Flächen.

Versalzte Böden im Sinne der BioSt-NachV umfassen Versalzung und Sodifizierung (Natriumanreicherung) und liegen vor, wenn

- Bodenhorizonte, die an oder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche liegen und sekundäre Anreicherungen von Salzen enthalten, die stärker löslich sind als Gips und eine elektrische Leitfähigkeit in einem Boden-Sättigungsextrakt $>4 \text{ dS m}^{-1}$ verursachen und
- die versalzten Horizonte in der Summe eine Mindestmächtigkeit von 15 cm aufweisen oder wenn
- Bodenhorizonte, die an oder innerhalb von 100 cm unter der Bodenoberfläche liegen und eine Sättigung an austauschbarem Natrium (ESP) von mindestens 15 % besitzen und

- die sodifizierten Horizonte in der Summe eine Mindestmächtigkeit von 15 cm aufweisen.

Wenn nach einer Entscheidung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften aufgrund des Artikels 18 Abs. 4 Unterabsatz 4 der EU Richtlinie 2009/28/EG Flächen als stark geschädigte oder stark verschmutzte Flächen anerkannt worden sind, so kann auch für diese Flächen der Bonus in Anspruch genommen werden.

3.2.5 Berechnung der Treibhausgas-Emissionen bei der Einbeziehung des Transports (e_{td})

Der Betrieb oder die Betriebsstätte berechnet die THG-Emissionen für den Transport e_{td} von Biomasse unter Einbeziehung aller Transportschritte anhand folgender Formel:

$$e_{td} \left[\frac{kg CO_2}{kg} \right] = \frac{\left(d_{beladen} [km] * K_{beladen} \left[\frac{l}{km} \right] + d_{leer} [km] * K_{leer} \left[\frac{l}{km} \right] \right) * Ef_{Kraftstoff} \left[\frac{kg CO_2}{l} \right]}{m_{Zwischenprodukt} [kg]}$$

Die bereits bei der Rohstoffgewinnung und dem Anbau berücksichtigten THG-Emissionen werden nicht mit berechnet.

Zur Berechnung von e_{td} werden

- d [km] – Transportdistanz, über welche die Biomasse transportiert wurde (z. B. Distanz zwischen Anbaubetrieb und Ölmühle), und
- m [kg] – Masse der transportierten Biomasse (z. B. 40 t) gemessen, und
- das verwendete Transportmittel (z. B. Diesel LKW 40 t) dokumentiert.

Zur Berechnung von e_{td} werden

- Emissionsfaktor Kraftstoff [kgCO₂/l],
- $K_{beladen}$ [l/km] – Kraftstoffverbrauch des verwendeten Transportmittels je km im beladenen Zustand, und
- K_{leer} [l/km] – Kraftstoffverbrauch des verwendeten Transportmittels je km bei einer Leerfahrt (Rückfahrt)

gemessen oder aus einer wissenschaftlichen Literaturquelle übernommen.

Für Emissionsfaktoren dienen wissenschaftliche Veröffentlichungen als Quellen (Beispielhafte Hintergrunddaten s. Anlage 1 Tab. 2).

Bezugseinheit beim Transport von Zwischenerzeugnissen ist kg des Zwischenerzeugnisses.

3.2.6 Berechnung der Treibhausgas-Emissionen bei der Einbeziehung der Verarbeitung (e_p)

Jeder verarbeitende Betrieb stellt sicher, dass alle THG-Emissionen der Verarbeitung- dies beinhaltet Treibhausgas-Emissionen aus Abfällen (Abwässer) und THG-Emissionen aus der Herstellung aller Inputs - in die Berechnung der THG-Emissionen einbezogen werden. Dabei wird folgende Formel verwendet:

$$e_p \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kgErtrag}} \right] = \frac{Em_{\text{Strom}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] + Em_{\text{Wärme}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] + Em_{\text{Betriebsmittel}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] + Em_{\text{Abwasser}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right]}{\text{Ertrag}_{\text{Haupterzeugnis}} \left[\frac{\text{kgErtrag}}{\text{yr}} \right]}$$

Bedeutung der Variablen:

$$Em_{\text{Strom}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] = \text{Stromverbrauch} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right] * Ef_{\text{Strom}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \right]$$

$$Em_{\text{Wärme}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] = \text{Brennstoffverbrauch} \left[\frac{\text{kg}}{\text{yr}} \right] * Ef_{\text{Brennstoff}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kg}} \right]$$

$$Em_{\text{Abwasser}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] = \text{Abwasser} \left[\frac{\text{l}}{\text{yr}} \right] * Ef_{\text{Abwasser}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{l}} \right]$$

$$Em_{\text{Betriebsmittel}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{yr}} \right] = \text{Betriebsmittelverbrauch} \left[\frac{\text{kg}}{\text{a}} \right] * Ef_{\text{Betriebsmittel}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kg}} \right]$$

Zur Berechnung der Emissionen bei der Verarbeitung (e_p) werden mindestens folgende Daten vor Ort erhoben, das heißt die entsprechenden Mengen werden z. B. aus betrieblichen Dokumenten entnommen. Alternative Bezugsgrößen (Monat, kg des Haupterzeugnisses, etc.) sind möglich.

- Stromverbrauch [kWh/yr] – Jährlich extern zugekaufter Gesamtstromverbrauch (das heißt nicht in eigener KWK-Anlage hergestellt),

- Wärmeerzeugung – Art des Kraftstoffs / Brennstoffs, der zur Dampferzeugung eingesetzt wird z. B. Heizöl, Gas, Ernterückstände,
- Brennstoffverbrauch [kg/yr] – Jährlicher Gesamtverbrauch an Kraftstoff zur Wärmeerzeugung, z. B. Heizöl [kg], Gas [kg], Bagasse [kg],
- Ertrag_Haupt-/Nebenerzeugnis [kg /yr] – Ertrag des Haupt/Nebenproduktes pro Jahr, z. B. Rapsöl, und
- Abwassermenge [l/yr] – Menge an Abwasser (z. B. POME) pro Jahr. Siehe hierzu auch den Abschnitt über die Methanbindung an der Ölmühle.

Die THG-Emissionen, die durch Abfälle entstehen, werden bei der Berechnung von e_p einbezogen.

Zur Berechnung von e_p können folgende Emissionsfaktoren aus einer wissenschaftlich anerkannten Literaturquelle entnommen werden:

- $Ef_{\text{Brennstoff}}$ – Emissionsfaktor Brennstoff [kg CO₂/kg],
- Ef_{Abwasser} – Emissionsfaktor Abwasser [kg CO₂/l],
- Ef_{Strom} – Emissionsfaktor nationaler Strommix [kg CO₂/kWh], und
- $Ef_{\text{Betriebsmittel}}$ – Emissionsfaktor Betriebsmittel [kg CO₂/kg].

Als Quellen für Emissionsfaktoren dienen wissenschaftliche Veröffentlichungen (Beispielhafte Hintergrunddaten s. Anlage 1, Tab. 2).

3.2.7 Treibhausgas-Minderung durch überschüssigen Strom

Die Treibhausgas-Minderung durch überschüssigen Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (e_{ee}) wird anhand folgender Formel berechnet:

$$e_{ee} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kgHaupterzeugnis}} \right] = \frac{\text{Stromüberschuss} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{yr}} \right] * Ef_{\text{Brennstoff}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \right]}{\text{Ertrag}_{\text{Haupterzeugnis}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{yr}} \right]}$$

Es wird bei der Berechnung davon ausgegangen, dass die Größe der KWK-Anlage der Mindestgröße entspricht, die erforderlich ist, um die für die Herstellung des flüssigen Brennstoffes benötigte Wärme zu liefern.

Die Minderung THG-Emissionen, die aus dem Stromüberschuss entsteht, ist die Menge THG-Emissionen, die bei der Erzeugung einer entsprechenden Strommenge in einem

Kraftwerk emittiert würde, das den gleichen fossilen Brennstoff einsetzt wie die KWK-Anlage.

Zur Berechnung von e_{ee} werden folgende Daten vor Ort gemessen:

- Stromüberschuss [kWh/yr] – Jährlich in ein externes Netz eingespeister Strom, der in der eigenen KWK-Anlage hergestellt wurde,
- Art des Brennstoffs, der in der KWK-Anlage eingesetzt wird (z. B. Heizöl, Gas, Kohle),
- Ertrag des Haupterzeugnis pro Jahr, z. B. Rapsöl [kg/yr], und
- Typ der KWK-Anlage (z. B. Motor-Blockheizkraftwerk (BHKW), Dampf-Heizkraftwerk (DHKW), Gas und Turbinen-Anlage (GuD/Kombikraftwerke)).

Zur Berechnung von e_{ee} können folgende Daten aus einer wissenschaftlich anerkannten Literaturquelle entnommen werden (s. auch Anlage 1, Tab. 2):

- $E_{f_{\text{Brennstoff}}}$ –Emissionsfaktor des Brennstoffs [kgCO₂/kWh] entsprechend für den jeweiligen Typ der KWK-Anlage

Eventuelle Treibhausgas-Minderung durch Abscheidung und geologische Speicherung oder Ersetzung von Kohlendioxid werden entsprechend Anlage 1 Nr. 14 und 15 der Nachhaltigkeitsverordnungen (Biokraft-NachV/BioSt-NachV) berücksichtigt.

3.2.8 Allokation und Berechnung des Allokationsfaktors

Die bis zu dem jeweiligen Produktionsschritt anfallenden THG-Emissionen bei der Herstellung des flüssigen Brennstoffs werden zwischen dem flüssigen Brennstoff bzw. dessen Zwischenerzeugnissen und den Nebenerzeugnissen aufgeteilt.

Ein Nebenerzeugnis ist eines von mehreren Erzeugnissen, die aus dem gleichen Produktionsprozess hervorgehen und für das eine Allokation erfolgt. Im Fall von Abfällen erfolgt keine Allokation.

Die Aufteilung erfolgt nach dem Energiegehalt. Hierbei wird folgende Formel verwendet:

$$e'_{\text{alloziert}} = \text{SummeTHG} * \text{Allokationsfaktor}$$

SummeTHG wird gebildet aus allen bis zu dem jeweiligen Produktionsschritt angefallenen Treibhausgas-Emissionen, das heißt die über alle vorgelagerten Betriebe kumulierten Treibhausgas-Emissionen (z. B. $e'_1 + e'_{ec}$). Falls in einem früheren Verfahrensschritt bereits Treibhausgas-Emissionen Nebenerzeugnissen zugewiesen wurden, wird bei der

Aufsummierung (*SummeTHG*) der Bruchteil dieser Treibhausgas-Emissionen verwendet, der im letzten Verfahrensschritt dem jeweiligen Zwischenerzeugnis zugeordnet wurde.

Die Formel zur Berechnung des Allokationsfaktors lautet:

$$\text{Allokationsfaktor} = \frac{\text{Energiegehalt}_{\text{Haupterzeugnis}}[\text{MJ}]}{\text{Energiegehalt}_{\text{Haupterzeugnis}}[\text{MJ}] + \text{Energiegehalt}_{\text{Nebenerzeugnis}}[\text{MJ}]}$$

dabei sind

$$\text{Energiegehalt}_{\text{Haupterzeugnis}}[\text{MJ}] = m_{\text{Haupterzeugnis}}[\text{kg}] * H_{u,\text{Haupterzeugnis}} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]$$

$$\text{Energiegehalt}_{\text{Nebenerzeugnis}}[\text{MJ}] = m_{\text{Nebenerzeugnis}}[\text{kg}] * H_{u,\text{Nebenerzeugnis}} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]$$

Der Energiegehalt wird bei anderen Nebenerzeugnissen als Strom durch den unteren Heizwert H_u und der Masse m bestimmt. Als Unterer Heizwert wird die bei einer Verbrennung maximal nutzbare Wärmemenge, bei der es nicht zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt, bezogen auf die Menge des eingesetzten Brennstoffs bezeichnet (Beispielhafte Hintergrunddaten s. Anlage 1 Tab. 4).

Es werden alle Nebenerzeugnisse in der Berechnung berücksichtigt.

Ernterückstände, die Stroh, Bagasse, Hülsen, Maiskolben und Nussschalen sind, werden in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Der Energiegehalt von Nebenerzeugnissen mit negativem Energiegehalt wird mit null angesetzt.

Bei der Berechnung des Allokationsfaktors werden die unteren Heizwerte, die sich auf die Trockenmasse beziehen, mit dem Ertrag an Trockenmasse multipliziert.

Bei der Berechnung des Allokationsfaktors werden die unteren Heizwerte, die sich auf die Originalsubstanz beziehen, mit dem Ertrag an Originalsubstanz multipliziert.

Zur Berechnung des Allokationsfaktors wurden mindestens folgende Daten vor Ort gemessen:

- Masse von Haupt- und Nebenerzeugnissen [kg]

3.2.9 Berechnung des Treibhausgasminderungspotenzials durch die letzte Schnittstelle

Die letzte Schnittstelle berechnet die Summe der THG-Emissionen in g CO₂eq/MJ und errechnet das THG-Minderungspotenzial in % gegenüber dem jeweiligen Fossilbrennstoff.

Wenn in der Berechnung der THG-Emissionen der vorgelagerten Betriebe nicht bereits der Teilstandardwert für den Transport (e_{td}) verwendet wurde, berechnet die letzte Schnittstelle, in welche Regionen die flüssige Biomasse transportiert werden kann, ohne das entsprechende THG-Minderungspotenzial zu unterschreiten.

Die letzte Schnittstelle berechnet das Treibhausgasminderungspotenzial nach folgender Formel:

$$\text{Treibhausgas – Minderungspotenzial(\%)} = \frac{E_F - E_B}{E_F} * 100$$

Dabei sind:

E_B = Gesamtemissionen bei der Verwendung der flüssigen Biomasse,

E_F = Gesamtemissionen des Vergleichswerts für Fossilbrennstoffe.

Bei der Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der flüssigen Biomasse, die zur Stromerzeugung zum Einsatz kommt, werden als Vergleichswert für Fossilbrennstoffe $E_F = 91$ g CO₂eq/MJ angesetzt.

Bei der Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der flüssigen Biomasse, die zur Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung zum Einsatz kommt, werden als Vergleichswert für Fossilbrennstoffe $E_F = 85$ g CO₂eq/MJ angesetzt.

Bei der Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der flüssigen Biomasse, die bei der Wärmeerzeugung zum Einsatz kommt, werden als Vergleichswert für Fossilbrennstoffe auf $E_F = 77$ g CO₂eq/MJ angesetzt.

Bei der Berechnung des Treibhausgas-Minderungspotenzials der flüssigen Biomasse, die als Kraftstoff zum Einsatz kommt, werden als Vergleichswert für Fossilbrennstoffe $E_F = 83,8$ g CO₂eq/MJ angesetzt.

3.2.10 Saldierung der Treibhausgas-Emissionen

Saldierung der Treibhausgas-Emissionen vor der letzten Schnittstelle

Betriebe und Betriebsstätten vor der letzten Schnittstelle, die Mengen gleichartiger nachhaltiger Biomasse mit verschiedenen THG-Emissionen vermischen, dürfen nach § 16 Abs. 2 Satz 2 Buchstabe b Biokraft-NachV / BioSt-NachV nur dann eine Saldierung vornehmen, wenn jede einzelne Menge Biomasse, die dem Gemisch beigefügt wurde, bereits vor der Vermischung die Anforderungen der Biokraft-NachV / BioSt-NachV erfüllt hat und den für den jeweiligen Arbeitsschritt der Herstellung festgelegten Wert aufgewiesen hat. Diese Werte werden von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften oder vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit festgelegt. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlicht diese Werte im Amtsblatt der Europäischen Union, das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gibt die entsprechenden Werte im elektronischen Bundesanzeiger bekannt.

Im Fall der Verwendung von NUTS2-Werten (siehe 1.4) oder Schätzwerten (siehe 1.5) ist beim Vermischen von gleichartiger Biomasse eine Saldierung zulässig. Bei der Berechnung der durchschnittlichen Treibhausgasemissionen einer Mischung gleichartiger Biomasse muss die Berechnung unter Berücksichtigung der in dieser Menge enthaltenen Mengenanteile der Mischungsbestandteile erfolgen (gewichteter Durchschnittswert). Die in die Mischung eingegangenen Bestandteile sind hinsichtlich ihrer Menge, Herkunft (NUTS2-Gebiet) und des je Bestandteil verwendeten NUTS2- bzw. Schätzwertes zu dokumentieren und nachzuweisen.

Saldierung der Treibhausgas-Emissionen nach der letzten Schnittstelle

Gemäß § 16 Abs. 2 Satz 2 Buchstabe a BioSt-NachV dürfen Betriebe und Betriebsstätten nach der letzten Schnittstelle, die einzelne Mengen flüssiger Biomasse vermischen für die ein Nachhaltigkeitsnachweis bereits ausgestellt wurde, nur dann eine Saldierung der THG-Emissionen vornehmen, wenn alle Komponenten der Mischung das von der Biokraft-NachV / BioSt-NachV geforderte THG-Minderungspotenzial aufweisen. Aus diesem Grund dürfen die Betriebe und Betriebsstätten nach der letzten Schnittstelle zurzeit nur Biomasse mit einem THG-Minderungspotenzial von mindestens 35 % saldieren. Die Saldierung wird als gewichteter Mittelwert des Treibhausgas-Minderungspotenzials durchgeführt. Biomasse, die diese Anforderung nicht erfüllt, dürfen bei der Saldierung nicht berücksichtigt werden.

3.3 Umrechnung zwischen e' und e

Für die Umrechnung der Teilstandardwerte bezogen auf den Energiegehalt (e) in e' (Teilstandardwerte bezogen auf die Masse Zwischenprodukt) werden vom Betrieb die dem jeweiligen Zwischenerzeugnis entsprechenden Umrechnungsfaktoren (UF) verwendet.

Beispielhafte Umrechnungsfaktoren für Rapssaat und Rapsöl sind in Anlage 1 Tabelle 1 aufgeführt. Die Umrechnung erfolgt nach folgender Formel:

Mit Hilfe des **Allokationsfaktors** AF werden Emissionen anteilig dem Haupt- und Nebenprodukt zugeordnet. Da die ausgewiesenen Teilstandardwerte bereits die Allokation berücksichtigen, muss der Allokationsfaktor bei der Umrechnung bezogen auf das Zwischenprodukt wiederum einbezogen werden.

$$e' \left[\frac{kgCO_2}{kgZwischenprodukt} \right] = \frac{e \left[\frac{kgCO_2}{MJ} \right]}{AF \left[\frac{MJ}{MJ} \right] * KF \left[\frac{kgZwischenprodukt}{MJ} \right]}$$

Um die Umrechnung von der Bezugsgröße MJ auf die Bezugsgröße kg zu vollziehen, wird weiterhin der Konversionsfaktor KF benötigt. Beispielhaft für die Produktion von reinem Rapsöl bedeutet dies, dass der Konversionsfaktor für e_{ec} die Menge an Rapssaat (in kg) angibt, die für 1 MJ reines Rapsöl benötigt wird. Entsprechend gibt der Konversionsfaktor für e_p die Menge an Rohrapsöl an, die für 1 MJ reines Rapsöl benötigt wird.

Anlage 1: Umrechnungsfaktoren und beispielhafte Hintergrunddaten

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren von Standardwerten (bezogen auf MJ Endprodukt) auf massenbezogene Werte für Zwischenprodukte

Biomasse	Teilstandardwert BioSt-NachV [g CO ₂ -Äq./MJ]	Allokations- faktor AF [MJ/MJ]	Konversionsfaktor KF [kg Zw.prod./ MJ Endprodukt]	Teilstandardwert e_{ec}' e_p' angepasst auf [g CO ₂ -Äq./ kg Zw.produkt]
Anbau e_{ec}				
Rapssaat	30	0,61	0,0714	688
Verarbeitung e_p				
Rapsöl	5	0,61	0,0289	283

Quelle für AF und KF: " JRC (2008) Update on Data on pathways for RED Directive.XLS "

Tabelle 2: Beispielhafte Hintergrunddaten für die Ermittlung von e_{ec} , e_p , e_{td} und e_{ee}

	Wert	Einheit	Quelle:
Anbau e_{ec}			
E-Faktor Diesel (Herstellung u. Einsatz)	2,1	kg CO ₂ -Äq./l Diesel	TREMOD
E-Faktor N-Dünger(Herstellung)	6,41	kg CO ₂ -Äq./kg N-Dünger	IFEU
E-Faktor P ₂ O ₅ Dünger (Herstellung)	1,18	kg CO ₂ -Äq./kg P ₂ O ₅ -Dünger	IFEU
E-Faktor K ₂ O-Dünger (Herstellung)	0,663	kg CO ₂ -Äq./kg K ₂ O-Dünger	IFEU
E-Faktor CaO-Dünger (Herstellung)	0,297	kg CO ₂ -Äq./kg CaO-Dünger	IFEU
E-Faktor Feldemission N-Dünger	4,87	kg CO ₂ -Äq./kg N-Dünger	IPCC
nationaler Strommix (D)	0,633	kg CO ₂ -Äq./kWh Strom	IFEU/GEMIS

Verarbeitung e_p			
E-Faktor: Erdgas (Herstellung u. Einsatz)	0,0722	kg CO ₂ -Äq./MJ	IFEU
E-Faktor: Heizöl EL (Herstellung u. Einsatz)	0,1072	kg CO ₂ -Äq./MJ	IFEU
E-Faktor: Braunkohle (Herstellung u. Einsatz)	0,1452	kg CO ₂ -Äq./MJ	IFEU
E-Faktor: Biomasse (Einsatz)	0,0028	kg CO ₂ -Äq./MJ	IFEU
E-Faktor: Methanol (Herstellung)	1,25	kg CO ₂ -Äq./kg Methanol	IFEU
E-Faktor: Iso-Buten (Herstellung)	1,27	kg CO ₂ -Äq./kg Iso-Buten	IFEU
E-Faktor: NaOH (Herstellung)	1,12	kg CO ₂ -Äq./kg NaOH	IFEU
E-Faktor: HCl (Herstellung)	0,35	kg CO ₂ -Äq./kg HCl	IFEU
E-Faktor: Zitronensäure (Herstellung)	0,43	kg CO ₂ -Äq./kg Zitronensäure	IFEU
E-Faktor: Bleicherde (Herstellung)	0,24	kg CO ₂ -Äq./kg Bleicherde	ECOINVENT
E-Faktor Abwasser (aus Palmölmühle POME)	0,511	kg CO ₂ -Äq./kg Palmöl	IFEU
nationaler Strommix (D)	0,599	kg CO ₂ -Äq./kWh Strom	IFEU

Transport e_{td}			
E-Faktor Diesel (Herstellung u. Einsatz)	2,1	kg CO ₂ -Äq./l Diesel	TREMOD
Kraftstoffverbrauch (beladen)	0,49	Liter / km	TREMOD (Lastzug mit max. 24 t Zuladung)
Kraftstoffverbrauch (leer)	0,25	Liter / km	

	Wert	Einheit	Quelle:
Stromüberschuss e_{ee}			
Gaskraftwerk (Kessel)	0,5	kg CO ₂ -Äq./ kWh Strom	DEHSt/GEMIS/IFEU
Gaskraftwerk (GuD)	0,41	kg CO ₂ -Äq./ kWh Strom	DEHSt/GEMIS/IFEU
Heizölkraftwerk	0,71	kg CO ₂ -Äq./ kWh Strom	DEHSt/GEMIS/IFEU
Steinkohlekraftwerk	0,87	kg CO ₂ -Äq./ kWh Strom	DEHSt/GEMIS/IFEU
Braunkohlekraftwerk	0,88	kg CO ₂ -Äq./ kWh Strom	DEHSt/GEMIS/IFEU

Tabelle 3: Beispielhafte Hintergrunddaten für die Ermittlung von e_i (Quelle IPCC)

Flächentyp	Klimazone	Kohlenstoffbestand (ober-/unterirdische Biomasse + BodenC) [t C/ha]	
Kohlenstoffbestände verschiedener in Frage kommender Referenzflächen CS_R			
Buschland	tropisch Afrika	94	
	Nord/Südamerika	99	
	Asien (kontin.)	87	
	Asien (insular)	110	
Grünland	tropisch Tropisch, trocken	39	
	Tropisch, feucht	55	
	Tropisch, nass	68	
	gemäßigt	kalt trocken	36
		kalt nass	92
		warm trocken	27
		warm nass	70
	Wald (beinhaltet auch Flächen mit Überschirmungsgrad 10-30%)	tropisch	265
Kohlenstoffbestände verschiedener in Frage kommender Anbauflächen CS_A			
Ackerland einjährig	tropisch	trocken	35
		feucht	46
		nass	57
	gemäßigt	kalt trocken	34
		kalt nass	79
		warm trocken	26
		warm nass	60

Ackerland ausdauernd	tropisch	trocken	33
		feucht	48
		nass	72
	gemäßigt	-	

Tabelle 4: Beispielhafte Heizwerte für Haupt-, Zwischen- und Nebenerzeugnisse

Material	Unterer Heizwert (MJ/kg)	Quelle
Rapsöl, Sojaöl, Palmöl (roh, raff.)	37	Anhang III Erneuerbare Energie RL
Rapsextraktionsschrot	15,0	JRC
Sojaextraktionsschrot	15,0	JRC
Presskuchen Palmfrüchte	14,0	IFEU
Palmkerne	28,0	IFEU
Presskuchen Palmkerne	17,0	JRC

Anlage 2: Beispielrechnung

Nachfolgend wird beispielhaft die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen mit genau gemessenen Daten in einer Bioethanolanlage aufgezeigt. Es handelt sich um eine Bioethanolanlage auf Weizenbasis, die als Nebenprodukt DDGS herstellt. Prozessenergie ist Erdgas.

Emissionen aus der Landwirtschaft (e'_{ec} und e'_i)

Anlieferung von 2.800 t Weizen. Der Lieferant (Ersterfasser) hat die beim Anbau entstandenen THG-Emissionen errechnet:

a) Dünger

	Vor Ort gemessen [kg/ha/a]	Literaturwert [kg CO _{2eq} /kg Dünger]	Summe Em _{Dünger} [kg CO _{2eq} /ha/a]
N-Dünger	148	Herstellung: 6,41 Feld: 4,87	(148*6,41)+(148*4,87) 1.669
P-Dünger	48	Herstellung: 1,18	57
K-Dünger	40	Herstellung: 0,663	27
Kalkdünger	575	Herstellung: 0,297	171

Die Summe aller Dünger-Emissionen Em_{Dünger} ergibt einen Wert von 1.923 kg CO_{2eq}/ha/a.

b) Diesel

	Vor Ort gemessen [l/ha/a]	Literaturwert [kg CO _{2eq} /l]	Summe Em _{Diesel} [kg CO _{2eq} /ha/a]
Diesel	70	2,1	148

c) Strom

	Vor Ort gemessen [kWh Strom/ha/a]	Literaturwert Ef_{regionaler Strommix} [kg CO₂eq/kWh]	Summe Em_{Strom} [kg CO₂eq/ha/a]
Strom	9	0,633	6

d) Ertrag

Es wurden 7.620 kg Weizen/ha/a geerntet.

e) Gesamtemission aus der Landwirtschaft e'_{ec} und e'_i

Die Summe aller Emissionen (Em_{Dünger} + Em_{Diesel} + Em_{Strom}) ergibt 2.077 kg CO₂eq/ha/a. Diese wird mit dem Ertrag in Bezug gesetzt:

$$\frac{2077 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}}{7620 \text{ kg Weizen}} = 0,273 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Weizen}}$$

Folglich gibt der Ersterfasser einen Wert von 0,273 kg CO₂eq/kg Weizen an die Bioethanolanlage weiter.

Da die verwendeten Ackerflächen schon vor dem 1.1.2008 landwirtschaftlich genutzt wurden ist der Wert für e'_i = 0.

Emissionen aus Transporten

Weitere Emissionen sind beim Transport der Biomasse entstanden. Diese sind nach der Formel:

$$e_{\text{id}}' = \frac{\left(\text{Distanz}[\text{km}] \times \text{KV}_{\text{beladen}} \left[\frac{1}{\text{km}} \right] + \text{Distanz}_{\text{leer}}[\text{km}] \times \text{KV}_{\text{leer}} \left[\frac{1}{\text{km}} \right] \right) \times \text{Emissionsfaktor}_{\text{Kraftstoff}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{1} \right]}{\text{transportierte Biomasse}[\text{kg}]}$$

zu berechnen.

Auch die in diese Formel einzusetzenden Daten sind teilweise genau gemessen oder gewogen, andere stammen aus Literaturquellen.

Genau gemessene Daten:

- Transportierte Menge: 2.800 t
- Fahrstrecke beladen 35 km
- Leerfahrt 35 km
- Dieserverbrauch beladen 0,49 l/km
- Dieserverbrauch leer 0,25 l/km

Aus Literaturquellen entnommene Daten:

Emissionsfaktor_{Diesel}: 2,1 kg CO_{2eq}/l

Durch Einsetzen der vorliegenden Daten in die Formel ergeben sich THG-Emissionen für den Transport in vernachlässigbarer Größe:

$$e_{td}' = \frac{35\text{km} \times 0,49 \frac{\text{l}}{\text{km}} + 35\text{km} \times 0,25 \frac{\text{l}}{\text{km}} \times 2,1 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{l}}}{2.800.000 \text{ kg}} = 0,000019 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Weizen}}$$

Emissionen aus der Biokraftstoffherstellung e'_p

Die Bioethanolanlage ermittelt die eigenen Daten eines bestimmten Abrechnungszeitraums (z.B. 1 Jahr) aus betrieblichen Unterlagen

- Input Weizen (Verarbeitungsmenge)
- Ertrag Bioethanol (Ausbeute in o.g. Zeitraum)
- Ertrag DDGS (Anfall getrocknetes Nebenerzeugnis aus Schlempe in o.g. Zeitraum)
- Stromverbrauch der Mühle und Destille
- Brennstoffverbrauch zur Prozesswärmeerzeugung (Art und Menge)

Genau gemessene Daten:

	Menge	Maßeinheit	Kommentar
Input Weizen	2.800	t	
Ertrag Bioethanol	790	t	
Ertrag DDGS	950	t	
Stromverbrauch	0	kWh	kein Netz-Strombezug, da eigene KWK-anlage mit Überschußstrom
Wärmeverbrauch	12.000 GJ (=3333,33 MWh)	GJ	$\frac{12 \text{ GJ/m}^3 \text{ EtOH} * 790 \text{ t EtOH}}{0,79 \text{ t/m}^3}$
Abwasser	3.000 m ³	m ³	$\frac{3 \text{ m}^3 \text{ Abwasser /m}^3 \text{ EtOH} * 790}{0,79 \text{ t/m}^3}$
Überschuss-Strom	500 MWh	MWh	$\frac{0,5 \text{ MWh/m}^3 \text{ EtOH} * 790}{0,79 \text{ t/m}^3}$

Aus Literatur entnommene Daten:

Emissionsfaktoren für

- Strom: 0,599 kg CO₂-eq/kWh Strom
- Wärme: 0,0722 kg CO₂-eq/MJ Erdgas
- Abwasser²: 0 kg CO₂-eq/l Abwasser

Die THG-Emissionen der Bioethanolanlage pro kg Bioethanol werden nach folgender Formel berechnet:

$$e_p = \frac{\text{Emission}_{\text{Strom}} [\text{kg CO}_{2\text{eq}}] + \text{Emission}_{\text{Wärme}} [\text{kg CO}_{2\text{eq}}] + \text{Emission}_{\text{Abwasser}} [\text{kg CO}_{2\text{eq}}]}{\text{Ertrag}_{\text{Bioethanol}} [\text{kg}]}$$

Die Emissionen für den Energieverbrauch sind nach folgenden Formeln zu ermitteln:

$$\text{Emission}_{\text{Strom}} = \text{Stromverbrauch} [\text{kWh}] \times \text{Emissionsfaktor}_{\text{regionalesStrommix}} \left[\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kWh}} \right]$$

$$\text{Emission}_{\text{Wärme}} = \text{Brennstoffverbrauch} [\text{MJ}] \times \text{Emissionsfaktor}_{\text{Heizöl}} \left[\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{MJ}} \right]$$

$$\text{Emission}_{\text{Abwasser}} = \text{Abwasseranfall} [\text{l}] \times \text{Emissionsfaktor}_{\text{Abwasser}} \left[\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{1} \right]$$

² Erklärung für kombinierte anaerobe und aerobe Behandlung: Anaerobie ist technisch dicht, d.h. keine Methanverluste. Das Biogas wird in der KWK-Anlage genutzt.

Durch Einsetzen der erhobenen und aus Literaturquellen entnommenen Daten ergibt sich:

$$e_p' = \frac{0 \text{ kWh} \times 0,599 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kWh}} + 12.000.000 \text{ MJ} \times 0,0722 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{MJ}} + 3.000.000 \text{ l} \times 0 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{l}}}{790.000 \text{ kg Bioethanol}} = 1,097 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}}$$

Produktion von überschüssigem elektrischem Strom e'_{ee}

$$e_{ee}' \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kgHaupterzeugnis}} \right] = \frac{\text{Stromüberschuss} [\text{kWh}] \times \text{Ef}_{\text{Brennstoff}} \left[\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \right]}{\text{Ertrag}_{\text{Haupterzeugnis}} [\text{kg}]}$$

Durch Einsetzen der individuellen Werte ergibt sich

$$= \frac{500.000 \text{ kWh Stromüberschuss} \times 0,5 \text{ kg CO}_{2\text{eq}}/\text{kWh Strom}}{790.000 \text{ kg Bioethanol}} = 0,316 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}}$$

Gesamtemissionen (vor Allokation)

Die Zusammenfassung der einzelnen Emissionen erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{Gesamtsumme} = \frac{\left(e_{ec}' \left[\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Vorprodukt}} \right] + e'_{td} \left[\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Vorprodukt}} \right] \right) \times \text{Input}_{\text{Vorprodukt}} [\text{kg}]}{\text{Bioethanol} [\text{kg}]} + e_p' - e_{ee}'$$

Durch Einsetzen der bisher errechneten Einzelwerte ergeben sich THG-Emissionen von:

$$\text{Gesamtemission} = \frac{(0,273 + 0,000019) \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Weizen}} \times 2.800.000 \text{ kg Weizen}}{790.000 \text{ kg Bioethanol}} + 1,097 - 0,316 = 1,749 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}}$$

Gesamtemissionen des Biokraftstoffs nach Allokation

Vor Weitergabe dieses Wertes muss noch alloziert werden, da bei der Produktion des Bioethanols auch das Nebenprodukt DDGS angefallen ist. Die bisher angefallenen Emissionen werden entsprechend der Energiegehalte der Massenströme aufgeteilt.

Dies geschieht nach der Formel:

$$\text{Emission}_{\text{alloziert}} \left[\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}} \right] = \frac{\text{Gesamtemission} \left[\frac{\text{gCO}_{2\text{eq}}}{\text{kgBioethanol}} \right] \times \text{Bioethanol} [\text{kg}] \times H_{\text{uBioethanol}} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]}{\text{Bioethanol}[\text{kg}] \times H_{\text{uBioethanol}} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] + \text{DDGS}[\text{kg}] \times H_{\text{uDDGS}} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right]}$$

Genau gemessene betriebliche Daten sind:

- Ertrag Bioethanol 790 t
- Ertrag DDGS 950 t
- Gesamtemission (s.o.) 1,749 $\frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}}$

Aus Literaturquelle werden übernommen:

- Unterer Heizwert (HU) für Bioethanol 26,6 GJ/t
- Unterer Heizwert (HU) für DDGS 17 GJ/t

Durch Einsetzen der Werte ergibt die Allokation

$$\text{Emission}_{\text{alloziert}} = \frac{1,749 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}} \times 790 \text{ t Bioethanol} \times 26,6 \frac{\text{GJ}}{\text{t}}}{790 \text{ t Bioethanol} \times 26,6 \frac{\text{GJ}}{\text{t}} + 950 \text{ t DDGS} \times 17 \frac{\text{GJ}}{\text{t}}} = 0,989 \frac{\text{kgCO}_{2\text{eq}}}{\text{kg Bioethanol}}$$

Der allozierte Wert in Höhe von 0,989 kg CO_{2eq} je kg Bioethanol wird von der Bioethanolanlage benötigt, da sie als letzte Schnittstelle die THG-Minderung angeben muss.

Er wird wie folgt in MJ Bioethanol umgerechnet:

$$\frac{989 \frac{\text{gCO}_{2\text{eq}}}{\text{kgBioethanol}}}{26,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} = 37,2 \frac{\text{gCO}_{2\text{eq}}}{\text{MJBioethanol}}$$

Treibhausgas-Minderung

Der Wert EB von 37,2 g CO_{2eq} /MJ Bioethanol führt zu einer THG-Minderung gemäß der Formel

$$\text{Treibhausgas – Minderung} = \frac{E_F - E_B}{E_F} \times 100 [\%]$$

wie folgt:

$$\frac{83,8 \frac{\text{gCO}_{2eq}}{\text{MJ Benzin}} - 37,2 \frac{\text{gCO}_{2eq}}{\text{MJ Bioethanol}}}{83,8 \frac{\text{gCO}_{2eq}}{\text{MJ Benzin}}} \times 100 = 56 \%$$

Somit führt Bioethanol auf Weizenbasis mit Prozessenergie Erdgas in einer KWK-Anlage und dem Nebenprodukt DDGS zu einer THG-Einsparung von 56% gegenüber fossilem Benzin.