



# Handreichung 2

**Auswerteverfahren von Analysendaten  
zur CO<sub>2</sub>-Emissionsberichterstattung  
und statistische Bewertung der Repräsentativität  
der Probenahme von Sekundärbrennstoffen**

## Impressum

### Herausgeber

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)  
im Umweltbundesamt  
Bismarckplatz 1  
14193 Berlin  
Telefon: +49 (0) 30 89 03-50 50  
Telefax: +49 (0) 30 89 03-50 10  
[emissionshandel@dehst.de](mailto:emissionshandel@dehst.de)  
Internet: [www.dehst.de](http://www.dehst.de)

Stand: Oktober 2018

Redaktion: Franz Puder, Doris Schubert

### Autor

Dr. rer. nat. Hansjörg Diller  
MVW Lechtenberg Projektentwicklungs- und Beteiligungsgesellschaft mbH  
Dammstr. 11a  
47119 Duisburg

Projektnummer [80699]

Bildnachweis Titelbild: Tkemot/Shutterstock.com

Dieses PDF ist nicht barrierefrei. Sollten Sie ein barrierefreies PDF benötigen, kontaktieren Sie uns bitte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1	Anforderungen an die jährliche CO <sub>2</sub> -Emissionsberichterstattung	6
1.2	Zweckbestimmung	6
<b>2</b>	<b>Auswertung der Analysendaten und Bestimmung der Berechnungsfaktoren</b>	<b>7</b>
2.1	Berechnungsgrundlage	7
2.1.1	Brennstoffmengen	7
2.1.2	Analysenwerte der Laborproben	7
2.2	Mathematisches Verfahren zur Bestimmung der Berechnungsfaktoren	9
2.3	Grundsätze bei der Wichtung von Analysenwerten	10
2.4	Masse- bzw. energiebezogener Emissionsfaktor	10
2.5	Vorlagen zur Berechnung von CO <sub>2</sub> -Emissionen sowie BMA und EF für das FMS	11
2.5.1	Vorlage „Massebezogener EF“	11
2.5.2	Vorlage „Energiebezogener EF“	15
2.5.3	Hinweis zur Anwendung der beiden Vorlagen	19
<b>3</b>	<b>Repräsentativität der Probenahmen</b>	<b>20</b>
3.1	Repräsentativität von Probenahmen bei abfallstämmigen Brennstoffen	20
3.2	Forderung der MVO	20
3.3	Allgemeines zur Varianzanalyse nach DIN 19698-2	20
3.4	Vorlage zur Bewertung der Repräsentativität der Probenahme	21
<b>4</b>	<b>Anlagen</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>25</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Analysenwerte eines Sekundärbrennstoffgemisches. ....9

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Untersuchungsumfang an Laborproben im Labor. ....	7
Tabelle 2:	Vorlage zur Berechnung der CO <sub>2</sub> -Mengen sowie BMA und massebezogenem EF für das FMS mit gewichteten Analysendaten. ....	12
Tabelle 3:	Vorlage zur Berechnung der CO <sub>2</sub> -Mengen sowie BMA und energiebezogenem EF für das FMS mit gewichteten Analysendaten. ....	16
Tabelle 4:	Vorlage zur Berechnung der Repräsentativität der Probenahme nach DIN 19698-2 .....	22

## Abkürzungsverzeichnis

BMA	Biomasseanteil: Anteil biogener Kohlenstoff am gesamten Kohlenstoff
$C_{\text{biogen}}$	Anteil des biogenen Kohlenstoffs
$d_j^2$	Differenz zum Quadrat der Messwerte einer Doppelbestimmung
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
EBS	Ersatzbrennstoff
EF	Emissionsfaktor
FMS	Formular-Management-System der Deutschen Emissionshandelsstelle
gew.	Gewichteter Wert
$H_u$	Unterer Heizwert
Kap.	Kapitel
m	Anzahl der Misch-(Labor-)Proben
MVO	Verordnung (EU) Nr. 601/2012 der Kommission vom 21. Juni 2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und Rates.
$n_a$	Anzahl der Bestimmungen eines Parameters
OS	Bezugszustand von Analysenwerten: Analysenwerte beziehen sich auf den Originalzustand (die Originalsubstanz) der Probe, also inklusive der Feuchte
$s_a$	Standardabweichung der Analyse inklusive Probenaufbereitung (Analysenstreuung). Das ist die laborinterne Wiederholpräzision des jeweiligen Analyseverfahrens.
$s_{\text{gesamt}}$	Standardabweichung der Analysenwerte einer Probenserie, Gesamtstreuung von Probenahme und Analytik
$s_p$	Standardabweichung der Probenahme (Probenahmestreuung)
$s_{\bar{X}_j}^2$	Gesamte Varianz des Mittelwertes aller „m“ Misch-(Labor-) Proben
TC	Gesamter Kohlenstoff (total carbon)
TR	Trockenrückstand, Trockengehalt
TS	Bezugszustand von Analysenwerten: Analysenwerte beziehen sich auf die Trockensubstanz der Probe.
$U_{\text{tol}}$	Maximale tolerierbare Unsicherheit

# 1 Einleitung

## 1.1 Anforderungen an die jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionsberichterstattung

Betreiber von emissionshandelspflichtigen Anlagen sind verpflichtet, für ihre Anlagen einen jährlichen Emissionsbericht gemäß §5 Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) zu erstellen. Die Monitoring-Verordnung (Verordnung 601/2012/EU; MVO) enthält Vorschriften für die Überwachung von und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen und Tätigkeitsdaten gemäß der Richtlinie 2003/87/EG.

Für die Berechnung der jährlichen Kohlendioxidemission einer Anlage nach der Standardmethodik (Artikel 24 MVO) werden sowohl die eingesetzten Brennstoffmengen als auch durch Analysen ermittelte Parameter benötigt, um die Berechnungsfaktoren Emissionsfaktor, unterer Heizwert und Biomasseanteil zu bestimmen.

Die Mindesthäufigkeiten der durchzuführenden Analysen ergibt sich aus Artikel 35 MVO in Verbindung mit Anhang VII, Zeile 7 und 8 (geändert durch Verordnung (EU) Nr. 743/2014):

- ▶ Unbehandelte feste Abfälle (rein fossil oder gemischt Biomassefossil): alle 5.000 Tonnen und mindestens viermal jährlich;
- ▶ Vorbehandelte Abfälle: alle 10.000 t und mindestens viermal jährlich.

Wenn die Berechnungsfaktoren<sup>1</sup> mittels Analyse bestimmt werden, ist vom Anlagenbetreiber ein Probenahmeplan zu erstellen. Darin sind das Verfahren der Probenahme, insbesondere die Probenahmestellen, die Häufigkeiten, die Mengen sowie Lagerung und Transport der Proben präzise zu beschreiben. Die Berechnungsfaktoren Emissionsfaktor und unterer Heizwert sind für den Zustand des Brennstoffes zu bestimmen, wie er auch bei der Mengenermittlung vorliegt (Artikel 30, Abs. 2, MVO).

## 1.2 Zweckbestimmung

Mit der vorliegenden „Handreichung 2“ wird ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, mit dem die Berechnungen der für das FMS notwendigen Eingabedaten zur CO<sub>2</sub>-Berichterstattung mathematisch korrekt und im Sinne der MVO durchgeführt werden können (siehe Kapitel 2). Die Rechenvorlage „Auswerteverfahren“ in Form einer Excel-Datei unterstützt dabei, dass

- ▶ die ermittelten Berechnungsfaktoren Emissionsfaktor und unterer Heizwert den Trockengehalt des Brennstoffes berücksichtigen, wie er auch für die entsprechenden Tätigkeitsdaten vorliegt und
- ▶ die Wichtung der Daten so vorgenommen wird, dass die Analysenergebnisse nur für die Lieferperiode oder Charge verwendet werden, für die die Proben entnommen wurden. Dabei wird die Besonderheit bei der Wichtung von Verhältniszahlen wie den Biomasseanteil und den Emissionsfaktor berücksichtigt.

Außerdem wird dem Anwender auf der Grundlage der DIN 19698-2 eine Rechenvorlage in Form einer Excel-Datei zur Verfügung gestellt, das eine Überprüfung der Repräsentativität der Probenahme von aus einer Quelle stammenden Sekundärbrennstoffen ermöglicht (siehe Kapitel 3).

In der separat veröffentlichten „[Handreichung 1](#)“ geht es um praxisbezogene Hinweise zur korrekten Durchführung der Probenahme.

<sup>1</sup> Berechnungsfaktoren sind gemäß Artikel 3 der MVO: Unterer Heizwert, Emissionsfaktor, vorläufiger Emissionsfaktor, Oxidationsfaktor, Umsetzungsfaktor, Kohlenstoffgehalt und Biomasseanteil.

## 2 Auswertung der Analysendaten und Bestimmung der Berechnungsfaktoren

### 2.1 Berechnungsgrundlage

Die folgenden Werte werden zur Eingabe in die Rechenvorlage (Kap. 2.5) benötigt.

#### 2.1.1 Brennstoffmengen

Die Brennstoffmengen in Tonnen, die zu jeder Analyse gehören (d.h. die Brennstoffmenge, aus der die entsprechenden Proben gezogen wurden und für die diese Analyse charakteristisch ist).

#### 2.1.2 Analysenwerte der Laborproben

Der Anlagenbetreiber beauftragt ein zugelassenes Labor (vgl. Artikel 34, MVO) zur Durchführung der Analysen. Zur Bestimmung der gewünschten Analysenparameter sind mehrere Normen anwendbar. Die Analysenwerte sind auf die Laborprobe im Originalzustand bzw. auf die getrocknete Probe zu beziehen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Untersuchungsumfang für die Bestimmung der Berechnungsfaktoren für die Berichterstattung.

Tabelle 1: Untersuchungsumfang an Laborproben im Labor.

Parameter und Einheit	Bezug bei Proben im Originalzustand	Bezug bei vorgetrockneten Proben	Normen und Erläuterungen
Gesamtkohlenstoffgehalt TC [%]	TS	TS	DIN EN 15407 oder DIN 51732
Biomasseanteil BMA [%]	–	–	DIN EN 15440. Der BMA wird nur in % angegeben, ohne Bezugszustand, da sich dieser bei der Berechnung herauskürzt.
Trockengehalt TR [%]	OS	<i>Trockengehalt von vorgetrockneten Proben ist nicht relevant</i>	Auf der Grundlage der Feuchtebestimmung gemäß DIN EN 15414-3, DIN EN 51718 bzw. DIN EN 12880. Trockengehalt und Wassergehalt ergänzen sich zu 100 %. Somit ist der Trockengehalt auch ohne Angabe „OS“ immer auf die Originalsubstanz bezogen.
Unterer Heizwert $H_u$ [kJ/kg]	OS	TS	Gemäß DIN EN 15400, DIN 51900 bzw. RAL GZ 724 der Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz.

Die Untersuchungen der Laborproben werden in der Regel im Originalzustand des Probematerials durchgeführt, also in dem Zustand, in dem die Probe entnommen wurde. Es ist sicher zu stellen, dass sich der Zustand der Proben bei der Lagerung und beim Transport nicht verändert. Die in der Tabelle entsprechend dargestellten Bezugszustände sind auf die Darstellung der Analysenwerte im Laborbericht anzuwenden.

Wenn Laborproben im werkseigenen Labor getrocknet werden – um z. B. zeitnah Informationen zum Trockengehalt des Brennstoffs zu erhalten, oder um biologische Reaktionen für die Lagerdauer der Laborprobe bis zum Versand an das akkreditierte Labor zu vermindern – dann muss die Trocknung z. B. nach DIN EN 15414-3 bis zur Gewichtskonstanz durchgeführt werden. Anschließend muss die vollständig getrocknete Laborprobe so verpackt werden, dass eine Aufnahme von Luftfeuchtigkeit ausgeschlossen ist.

Eine bei der nachfolgenden Untersuchung im akkreditierten Labor eventuell festgestellte geringe Feuchte kann durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit beim Materialhandling herrühren. Diese Restfeuchte gehört nicht zur Feuchte der Laborprobe im Originalzustand, bevor sie im werkseigenen Labor getrocknet wurde.

Wenn getrocknete Laborproben im akkreditierten Labor untersucht werden, sind die Analysenwerte im Laborbericht mit den in der Tabelle dargestellten Bezugszuständen „Bezug bei vorgetrockneten Proben“ anzugeben. Das akkreditierte Labor sollte also die Ergebnisse für TC und Hu nur auf die Trockensubstanz (TS) beziehen.

Um Verwechslungen bzw. Fehlermöglichkeiten auszuschließen, sollten auf OS bezogene Werte (z. B. TR, TC, Hu) im Analysenbericht möglichst entfallen, da sich diese nicht auf die Laborprobe im Originalzustand beziehen, sondern auf die getrocknete Laborprobe, die etwas Feuchte aufgenommen hat. Daher zeigt die Tabelle 1 in der Spalte „Bezug bei vorgetrockneten Proben“ den Eintrag „Trockengehalt von vorgetrockneten Proben ist nicht relevant“.

Der Trockengehalt TR ([%], bezogen auf OS) ist dem Ergebnis des werkseigenen Labors zu entnehmen, das den TR an dieser Laborprobe ermittelt hat (z. B. nach DIN EN 15414-3). Dieses Ergebnis ist für die nachfolgenden Berechnungen (Kap. 2.5 und Umrechnung des Hu) zu verwenden.

Der Anwender muss den auf TS bezogenen Heizwert aus dem Analysenbericht des externen Labors auf den Originalzustand umrechnen, und zwar mit dem Trockengehalt TR des werkseigenen Labors in Anlehnung an DIN EN 15400:

$$H_u (OS) \frac{kJ}{kg} = H_u (TS) \frac{kJ}{kg} * \frac{100 - (100 - \%Trockengehalt)}{100} - 24,43 * (100 - \%Trockengehalt)$$

wobei 24,43 = spezifische Verdampfungswärme von Wasser unter konstantem Druck bei 25 °C in [kJ/kg pro % Wassergehalt].

Andere Bezugszustände, die in Analysenberichten vereinzelt auch zu finden sind, wie z. B. „lufttrocken“ (lutro), „wasser- und aschefrei“ (waf), „wasser- und mineralstofffrei“ (wmf) sind für den vorliegenden Anwendungsbereich nicht von Bedeutung. Sie sollten nicht im Analysenbericht verwendet werden, um Verwechslungen und Verwirrungen vorzubeugen.

Der Anwender sollte das Labor beauftragen, einen Berechnungsparameter, vorzugsweise den Parameter TC, als Doppelbestimmung durchzuführen und beide Messergebnisse im Analysenprotokoll auszuweisen<sup>2</sup>. Die Einzelergebnisse der Doppelbestimmung werden später zum Nachweis der Repräsentativität (Kap. 3) benötigt.

Anmerkung: Doppelbestimmung bedeutet nicht, dass doppelt so viele Proben zu analysieren sind. Vielmehr ist es so, dass das externe Labor von einer Laborprobe zwei Teilproben entnimmt, diese einwiegt und die Analyse des Untersuchungsparameters durchführt. Aus den beiden Einzelergebnissen wird dann ein Mittelwert gebildet und im üblichen Analysenbericht dargestellt. Doppel- bzw. Mehrfachbestimmungen sind für bestimmte Parameter in Normen gefordert, wie z. B. der Heizwert nach DIN EN 15400 oder DIN 51900, oder der TC nach DIN EN 15407. Der Feuchtegehalt bzw. Trockengehalt wird häufig nur als Einfachbestimmung durchgeführt, da die gesamte Probe getrocknet wird.

Zur Ermittlung der Berechnungsfaktoren, die zur Eingabe in das FMS benötigt werden, sind die Werte für TR, TC, BMA und  $H_u$  aus den üblichen Analysenberichten des Labors zu verwenden. Dies sind die Mittelwerte aus Doppelbestimmungen der einzelnen Analysenparameter bzw. die Ergebnisse einer Einfachbestimmung.

### 2.1.2.1 Plausibilitätsprüfung der Analysenwerte

Es kann vorkommen, dass die Analysenwerte eines Brennstoffs starke Abweichungen zu den üblichen Werten zeigen, die das Labor bisher ermittelt hat. Unplausible bzw. unrealistische Werte können bei der üblichen Auflistung in Tabellenform leichter übersehen werden, als wenn man die Werte zusätzlich in Form von Diagrammen darstellt.

Das folgende Diagramm zeigt beispielhaft Analysenwerte verschiedener Parameter eines Sekundärbrennstoffgemisches aus Altholz, Spuckstoffen und Faserreststoffen.

<sup>2</sup> Gemäß Norm wird der Anteil TC als Mehrfachbestimmung ermittelt und als Ergebnis als Mittelwert aus den Ergebnissen der Mehrfachbestimmung angegeben.



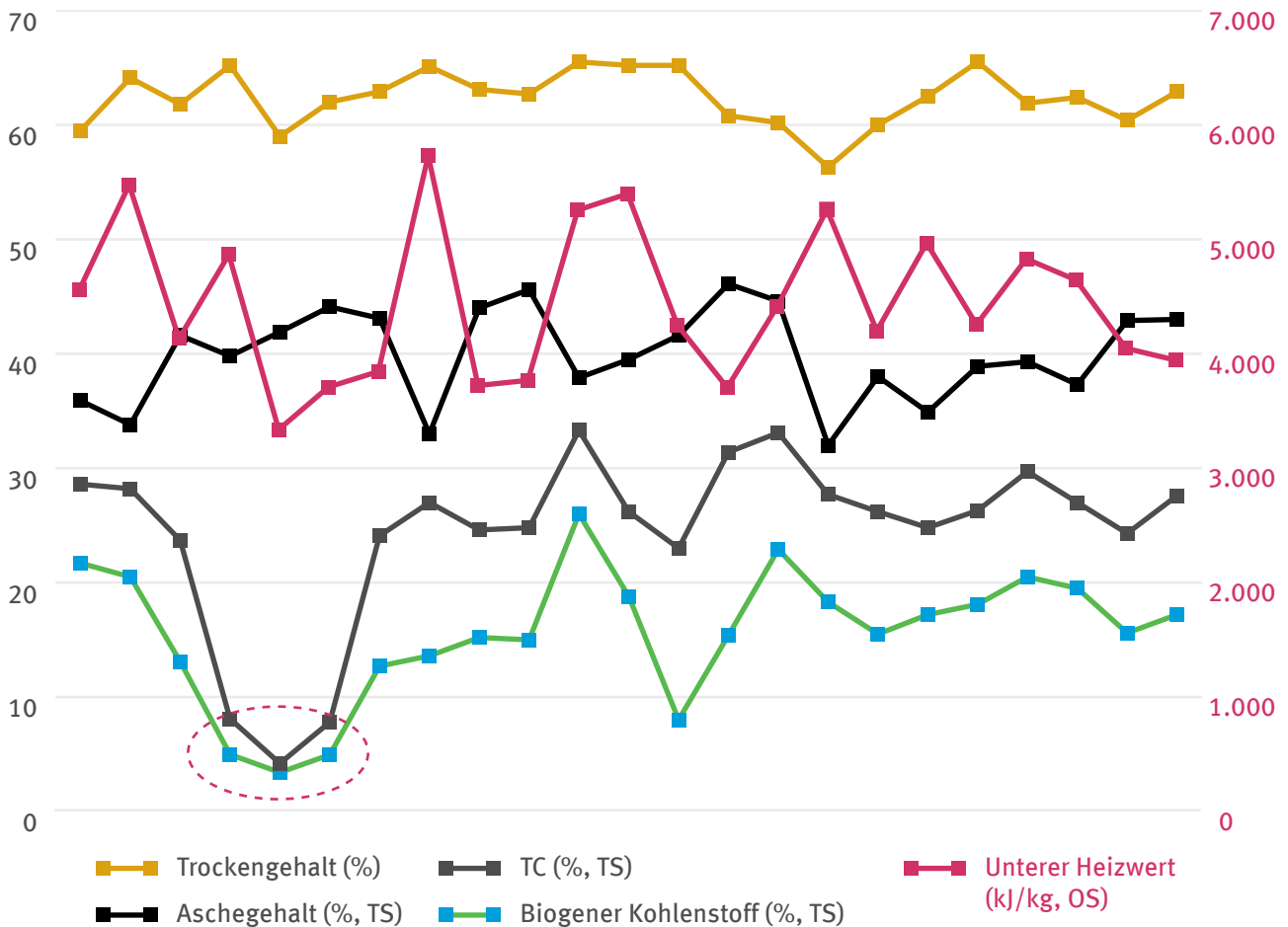


Abbildung 1: Analysenwerte eines Sekundärbrennstoffgemisches

Hier ist insbesondere der eingekreiste Bereich interessant, der Werte von TC und  $C_{\text{biogen}}$  mit ca. 4-7 % bezogen auf TS zeigt. Rechnet man auf OS um, so sind das nur noch ca. 2,5-4,5 % TC bzw.  $C_{\text{biogen}}$ . Die zugehörigen Heizwerte sind zwar niedrig, jedoch würde man bei derartig niedrigen Kohlenstoffgehalten sehr viel geringere Heizwerte als rund 3.500 kJ/kg (OS) erwarten. Zudem müsste bei so niedrigen Kohlenstoffgehalten eigentlich der Anteil an unbrennbaren Bestandteilen, wie Asche, sehr viel höher sein als hier angegeben ist. Es ist somit davon auszugehen, dass bei der Analyse von TC bzw.  $C_{\text{biogen}}$  ein Fehler aufgetreten ist.

Mit Hilfe von Diagrammen, die in üblichen Tabellenkalkulationsprogrammen integriert sind, hat der Anwender eine Kontrollmöglichkeit, unrealistische Werte zuverlässiger zu entdecken, um dann gemeinsam mit dem externen Labor gezielte Maßnahmen zur Fehlersuche einzuleiten. Gegebenenfalls muss eine neue Analyse aus der Rückstellprobe (vgl. die Empfehlungen aus „Handreichung 1“) angefertigt werden. Fehlt die Möglichkeit zur Nachanalyse, so ist ein Ersatzwert gemäß Kap. 19.4 des Leitfadens der DEHSt anzugeben.

## 2.2 Mathematisches Verfahren zur Bestimmung der Berechnungsfaktoren

Nachfolgend wird das mathematische Verfahren zur Bestimmung der Berechnungsfaktoren beschrieben.

- Zunächst berechnet man zu jeder Analyse mit der zugehörigen Brennstoffmenge die Mengen an  $\text{CO}_2$ :
  - Mit dem Trockengehalt wird jeweils die trockene Brennstoffmenge berechnet.
  - Aus dem Biomasseanteil BMA multipliziert mit dem Gesamtkohlenstoff TC [%] (TS) erhält man den biogenen Kohlenstoff  $C_{\text{biogen}}$  [%] (TS) und daraus die entsprechenden  $\text{CO}_2$ -Mengen.
- Am Ende eines Berichtsjahres wichtet man alle Analysendaten des TC [%] (TS) und des  $C_{\text{biogen}}$  [%] (TS) mit der trockenen Brennstoffmenge.
- Der Heizwert [kJ/kg], OS, wird mit der feuchten Brennstoffmenge gewichtet.
- Es gelten die folgenden Grundsätze:

- ▶ Analysendaten, die auf Originalsubstanz bezogen sind, sind nur mit feuchten Brennstoffmengen zu wichten;
  - ▶ Analysendaten, die auf Trockensubstanz bezogen sind, sind nur mit trockenen Brennstoffmengen zu wichten.
5. Aus den gewichteten Werten für TC und  $C_{\text{biogen}}$  wird ein gewichteter BMA berechnet.
  6. Bei Verwendung eines massebezogenen Emissionsfaktors: Der gewichtete massebezogene Emissionsfaktor berechnet sich aus der Summe der gesamten  $\text{CO}_2$ -Menge dividiert durch die feuchte Brennstoffmenge eines Berichtsjahres.
  7. Bei Verwendung eines energiebezogenen Emissionsfaktors:
    - ▶ Zu jeder Analyse mit der zugehörigen Brennstoffmenge wird der Energiegehalt in [kJ] berechnet.
    - ▶ Der gewichtete energiebezogene Emissionsfaktor berechnet sich aus der Summe der gesamten  $\text{CO}_2$ -Menge dividiert durch die Energiemenge eines Berichtsjahres.
  8. Die fossile  $\text{CO}_2$ -Menge am Ende des Berichtsjahres wird errechnet mittels massebezogenem Emissionsfaktor EF zu
 
$$\text{CO}_2 [t] = \text{Brennstoffmenge [t]} * \text{EF [t CO}_2 / \text{t]} * (1 - \text{BMA})$$
 oder mittels energiebezogenem Emissionsfaktor EF zu
 
$$\text{CO}_2 [t] = \text{Brennstoffmenge [t]} * H_u [\text{GJ/t}] * \text{EF [t CO}_2 / \text{GJ]} * (1 - \text{BMA})$$
  9. Es wird jeweils ein Oxidationsfaktor von 1 unterstellt, also die vollständige Verbrennung.

## 2.3 Grundsätze bei der Wichtung von Analysenwerten

Die im Analysenbericht ausgewiesenen Werte für TC oder  $C_{\text{biogen}}$  werden mit den jeweils zugehörigen Brennstoffmengen gewichtet. Am Ende des Berichtsjahres erhält man dann die gewichteten Werte für TC und  $C_{\text{biogen}}$  für die weiteren Berechnungen.

Verhältniszahlen, die aus verschiedenen Analysenparametern gebildet werden, wie z. B. der BMA (Quotient aus  $C_{\text{biogen}}$  und TC), dürfen nicht in analoger Weise gewichtet werden, da dann falsche Ergebnisse resultieren.

Der gewichtete BMA muss aus dem jeweils einzeln gewichteten Zähler ( $C_{\text{biogen}}$ ) und Nenner (TC) errechnet werden. Gleiches gilt für den gewichteten energiebezogenen Emissionsfaktor, der eine Verhältniszahl aus  $\text{CO}_2$  (aus dem TC berechnet) und  $H_u$  darstellt.

Anmerkung: Der Trockengehalt muss nicht gewichtet werden; er ist sozusagen in der Wichtung des Gesamtkohlenstoffs TC und biogenen Kohlenstoffs  $C_{\text{biogen}}$ , jeweils auf den trockenen Brennstoff bezogen, schon enthalten.

In den in Kap. 2.5 ff. dargestellten Rechenvorlagen sind diese grundlegenden Regeln berücksichtigt.

## 2.4 Masse- bzw. energiebezogener Emissionsfaktor

Die wissenschaftliche Grundlage zur Berechnung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen ist die folgende, grundlegende Reaktionsgleichung:



Mittels Atom- und Molekülmassen der Edukte errechnet sich die Menge des Produktes  $\text{CO}_2$ . Es kommt also nur auf die Menge des vorhandenen Kohlenstoffes an, wie viel  $\text{CO}_2$  entsteht. Die freigesetzte Energie trägt nicht zu einer Veränderung an entstehender  $\text{CO}_2$ -Masse bei. Das bedeutet, dass sich ein Emissionsfaktor nach

$$\text{Menge CO}_2 / \text{t Brennstoff} = \text{Anteil Kohlenstoff} * 3,664$$

berechnen lässt.

Gemäß Artikel 36 Absatz 2 der MVO kann der masse- oder volumenbezogene Emissionsfaktor verwendet werden, wenn damit zumindest eine gleich hohe Genauigkeit bei den berechneten Emissionen im Vergleich zum energiebezogenen Emissionsfaktor erreicht werden kann.

Gemäß IPCC-GL, 2006 wird die berechnete CO<sub>2</sub>-Emission dann als genauer eingeschätzt, wenn der untere Heizwert und der Gesamtkohlenstoffgehalt korrelieren und mehr Werte für den unteren Heizwert als für den Gesamtkohlenstoffgehalt in die Auswertung einbezogen werden.

Für Sekundärbrennstoffe liegt diese Korrelation z. B. aufgrund der unterschiedlichen anorganischen Kohlenstoffgehalte der einzelnen Chargen nicht vor (vgl. auch Abbildung 1). Für die Ableitung der Berechnungsfaktoren sind hierfür immer nur zusammengehörige Analysenwerte zu berücksichtigen. Die berechnete Emission mit einem masse- oder volumenbezogenen Emissionsfaktor ist damit gleich genau wie die mit einem energiebezogenen Emissionsfaktor.

Der Nachweis der gleich hohen Genauigkeit der berechneten Emissionen ist trivial, da beide Rechenwege (mittels energiebezogenem Emissionsfaktor und mittels massebezogenem Emissionsfaktor) den selben Zahlenwert als Endergebnis für die CO<sub>2</sub>-Emissionen liefern:

$$\text{Massebezogener EF:} \quad \text{Menge CO}_2 = \text{Brennstoffmenge} * \text{Anteil C} * 3,664$$

$$\text{Energiebezogener EF:} \quad \text{Menge CO}_2 = \text{Brennstoffmenge} * H_u * \frac{\text{Anteil C} * 3,664}{H_u}$$

Der Heizwert kürzt sich in der unteren Gleichung heraus, da er im Zähler und im Nenner immer den gleichen Wert haben muss. Damit ist die untere Gleichung mit der oberen Gleichung identisch. Daraus ist leicht zu erkennen, dass der Heizwert zur Berechnung des Emissionsfaktors nicht erforderlich ist.

Der energiebezogene Emissionsfaktor basiert im Grunde genommen auf dem massebezogenen Emissionsfaktor, wie die beiden Gleichungen zeigen. Zudem muss der Betreiber gemäß Artikel 26, Abs. 5 der MVO auch bei Verwendung eines massebezogenen Emissionsfaktors EF einen Heizwert in das FMS eintragen. Gemäß Anforderungen von Artikel 26, Abs. 5 der MVO werden in den nachfolgend beschriebenen Vorlagen beide Emissionsfaktoren berücksichtigt.

## 2.5 Vorlagen zur Berechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie BMA und EF für das FMS

Die nachfolgend vorgestellten Vorlagen basieren auf einem einheitlichen Kalkulationsmodell. Sie wurden in Form zweier Excel-Tabellen entwickelt:

- ▶ mit massebezogenem Emissionsfaktor EF;
- ▶ mit energiebezogenem Emissionsfaktor EF.

Die Kalkulationsmodelle basieren auf Analysenwerten, wie sie in Kap. 2.1 vorgestellt wurden:

- ▶ Trockengehalt TR [%], bezogen auf Originalsubstanz OS;
- ▶ Gesamtkohlenstoffgehalt TC [%], bezogen auf Trockensubstanz TS;
- ▶ Biomasseanteil BMA [%];
- ▶ Unterer Heizwert H<sub>u</sub> [kJ/kg], bezogen auf Originalsubstanz OS.

Die Vorlagen liegen dieser Handreichung als Anhang 1 bei (vgl. Kap. 4). In der Excel-Datei sind die Hinweise zur Bedienung zu beachten.

Die nachfolgend vorgestellten Berechnungen sind wahlweise auch auf der Grundlage von Analysenwerten, die sich ausschließlich auf den Originalzustand (OS) beziehen, möglich, z. B. bei Werten des Parameters Gesamtkohlenstoff TC. Weiterhin kann die biogene CO<sub>2</sub>-Menge auch mittels Analysenwerten von C<sub>biogen</sub> in % (auf TS oder auf OS bezogen) errechnet werden, anstatt dafür den BMA zu verwenden. Somit wäre grundsätzlich eine Vielzahl von Varianten an Rechenmodellen denkbar. Das vorliegende Kalkulationsmodell basiert auf den oben in der Auflistung angegebenen Werten, die üblicherweise in den Analysenberichten enthalten sind.

### 2.5.1 Vorlage „Massebezogener EF“

Am Beispiel der Tabelle 2 wird ausführlich die zugrundeliegende Arithmetik in den Vorlagen erläutert, um dem Anwender das größtmögliche Verständnis für diesen äußerst wichtigen und sensiblen Schritt in der CO<sub>2</sub>-Berichterstattung mitzugeben. Nachstehend ist die Vorlage für massebezogenem Emissionsfaktor mit beispielhaften Werten zum leichteren Nachvollziehen der unten beschriebenen Formeln abgebildet:

Tabelle 2: Vorlage zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Mengen sowie BMA und massebezogenem EF für das FMS mit gewichteten Analysendaten.

Vorlage zur Berechnung von CO <sub>2</sub> -Emissionen sowie BMA und EF für das FMS (Massebezogener EF)													
Brennstoff:		Test-Brennstoff											
Zeitraum	Brennstoffmenge		Analysendaten						CO <sub>2</sub>				
	Menge M	Menge M trocken	Datum Analyse	Gesamt C (TC)	BMA (C <sub>biogen</sub> / TC)	C <sub>biogen</sub>	Trockengehalt TR	H <sub>u</sub>	CO <sub>2</sub> gesamt	CO <sub>2</sub> biogen	CO <sub>2</sub> fossil	CO <sub>2</sub> gesamt - CO <sub>2</sub> biogen	
[t] feucht	[t] TS		Datum oder „Ersatzwert“	[%] TS	[%]	[%] TS	[%]	[kJ/kg] OS	[t CO <sub>2</sub> ]	[t CO <sub>2</sub> ]	[t CO <sub>2</sub> ]	[t CO <sub>2</sub> ]	
1	4.856,0	2.889,3	20.01.17	14,30	76,0	10,87	59,5	4.020	1.514	1.151	363		
2	4.713,0	3.021,0	10.03.17	15,90	72,6	11,54	64,1	4.010	1.760	1.278	482		
3	4.890,0	3.022,0	31.03.17	14,20	55,2	7,84	61,8	4.122	1.572	868	704		
4	3.900,0	2.542,8	10.04.17	14,90	61,4	9,15	65,2	4.856	1.388	852	536		
5	4.258,0	2.512,2	28.04.17	13,90	75,3	10,47	59,0	3.327	1.279	963	316		
6	4.897,0	3.036,1	22.05.17	15,00	63,2	9,48	62,0	3.699	1.669	1.055	614		
7	4.872,0	3.064,5	06.06.17	17,50	52,6	9,21	62,9	3.834	1.965	1.034	931		
8	4.923,0	3.204,9	30.06.17	14,30	50,4	7,21	65,1	4.100	1.679	846	833		
9	4.910,0	3.098,2	25.07.17	19,87	61,8	12,28	63,1	3.712	2.256	1.394	862		
10	4.723,0	2.961,3	02.08.17	18,70	60,4	11,29	62,7	3.757	2.029	1.226	803		
11	4.689,0	3.071,3	31.08.17	18,90	78,1	14,76	65,5	4.200	2.127	1.661	466		
12	4.539,0	2.959,4	12.10.17	18,00	71,7	12,91	65,2	3.900	1.952	1.399	552		
13	4.710,0	3.070,9	30.10.17	17,20	34,9	6,00	65,2	4.239	1.935	675	1.260		
14	4.700,0	2.857,6	15.11.17	19,80	49,1	9,72	60,8	3.694	2.073	1.018	1.055		
15	4.875,68	2.935,2	10.12.17	14,00	69,1	9,67	60,2	4.401	1.506	1.040	465		
16	3.987,58	2.245,0	10.01.18	15,00	66,0	9,90	56,3	3.200	1.234	814	420		
<b>Summe</b>	<b>74.443,26</b>	<b>46.491,83</b>							<b>27.938</b>	<b>17.275</b>	<b>10.663</b>		

Gewichtete Daten	TC <sub>gew.</sub>	BMA <sub>gew.</sub>	C <sub>biogen gew.</sub>	H <sub>u gew.</sub>	EF <sub>gesamt gew. feucht</sub>
	(%, TS)	(%)	(%, TS)	(kJ/kg, OS)	(t CO <sub>2</sub> / t Brennstoff)
<b>Gewichtet auf Menge trocken</b>	<b>16,401</b>	<b>61,83205</b>	<b>10,141</b>	<b>3.943,55</b>	<b>0,3752902</b>
<b>Gewichtet auf Menge feucht</b>					

CO<sub>2</sub> fossil mit gewichteten Werten gerechnet (zur Kontrolle):

<b>t CO<sub>2</sub> fossil = EF<sub>gesamt gewichtet feucht</sub> * Menge * (1 – BMA)</b>	<b>0,375290</b>	<b>74.443,26</b>	<b>0,618320</b>
			<b>10.663 t</b>

Daten zur Eingabe ins FMS

Menge <sub>feucht</sub> [t]	EF <sub>gesamt gew. feucht</sub> [t CO <sub>2</sub> /t]	Heizwert H <sub>u</sub> (nur informativ) [GJ/t, OS]
<b>74.443,3</b>	<b>0,375290</b>	<b>3,943552</b>
	<b>61,83 %</b>	<b>10.664 t</b>

Zur Information für den Anwender: Resultierendes fossiles CO<sub>2</sub> mit gerundeten Werten berechnet:

Die Vorlage bietet Platz für 70 Analysen und zugehörige Brennstoffmengen. Hier sind lediglich 16 Zeiträume angezeigt.

Die einzelnen Schritte der Rechenmodelle werden nachfolgend zusammenfassend erläutert.

Hinweis: Die im Text dargestellten Zahlen sind aus der Tabelle 2 entnommen. Sie sind teilweise ohne oder mit wenigen Nachkommastellen dargestellt. Jedoch rechnet das Modell intern ohne Beschränkungen der Nachkommastellen, außer beim Block „Daten zur Eingabe ins FMS“. Die im Text dargestellten Ergebnisse der Berechnungen sind dem Rechenmodell entnommen. Es können Abweichungen auftreten, wenn der Anwender die nachfolgenden Berechnungen mit den verkürzt dargestellten Zahlen nachrechnet.

1. Der Anwender trägt die folgenden Daten für das Berichtsjahr ausschließlich in die blauen Zellen der Tabellenblätter ein:

- ▶ „Brennstoff“: Bezeichnung des Brennstoffs;
- ▶ „Menge M“: Brennstoffmengen [t], die jeder Analyse zugeordnet sind;
- ▶ „Gesamt C“: Gesamtkohlenstoffgehalt TC [%], bezogen auf TS;
- ▶ BMA [%];
- ▶ Trockengehalt TR [%], OS;
- ▶ Unterer Heizwert  $H_u$  [kJ/kg], bezogen auf OS;
- ▶ „Zeitraum“: Der Zeitraum, der zu der Brennstoffmenge und zu der Probe bzw. Analyse gehört;
- ▶ „Datum Analyse“: Datum der Analyse oder eine andere Kennzeichnung, die einen eindeutigen Bezug zum Analysenprotokoll des akkreditierten Labors zeigt. Ist zu einer bestimmten Brennstoffmenge keine Analyse vorhanden, werden Ersatzwerte gemäß Kap. 19.4 ff. des Leitfadens der DEHSt eingetragen und in der Spalte „Datum Analyse“ mit „Ersatzwert“ gekennzeichnet;
- ▶ Die letzte Brennstoffmenge im Dezember wird wie die anderen Brennstoffchargen beprobt und analysiert. Das Ergebnis der Analyse wird zwar dann erst im Januar des Folgejahres ermittelt. Trotzdem gehört diese Analyse zur letzten Brennstoffmenge im Dezember, und das Analysendatum oder eine andere, eindeutige Kennzeichnung ist hierzu einzutragen.

2. Es ist darauf zu achten, dass jede Analyse vollständig ist und dass zu jeder Analyse auch eine Menge eingetragen ist. Nur dann können die Analysenwerte richtig gewichtet werden. Andernfalls zeigt die Vorlage keine gewichteten Werte und somit keine Emissionsfaktoren und gewichteten BMA an. Entsprechende Warnmeldungen werden angezeigt. Eine vollständige Analyse umfasst bei dieser Vorlage zumindest Trockengehalt TR, Gesamtkohlenstoffgehalt TC, Biomassegehalt BMA.

3. Der  $H_u$  wird für die Berechnungen nicht benötigt. Jedoch ist die Eingabe von  $H_u$  zu empfehlen. Gemäß Art. 26, Abs. 5 der MVO kann der Heizwert unter Anwendung von niedrigeren Ebenen überwacht werden.

4. Berechnung der Menge M (trocken) für jede Brennstoffcharge. Beispiel Zeitraum 1:

$$\text{Brennstoffmenge } M_{\text{trocken}} : 4.856 \text{ t} * 59,5 \% / 100 = 2.889,3 \text{ t}$$

Diese Umrechnung wird für die spätere Wichtung benötigt.

5. Berechnung  $C_{\text{biogen}}$  (% TS) für jede Brennstoffcharge aus den eingegebenen Werten für BMA und TC (also  $\% C_{\text{biogen}} \text{ (TS)} = \% \text{ TC (TS)} * \text{BMA} (\%) / 100$ ). Beispiel Zeitraum 1:

$$C_{\text{biogen}} (\%), \text{ TS: } 10,87 \% = 14,30 \% * 76,0 \% / 100$$

6. Berechnung der  $\text{CO}_2$ -Mengen für jede Brennstoffcharge. Beispiel Zeitraum 1:

$$\begin{aligned} \text{CO}_{2 \text{ gesamt}} &: 4.856 \text{ t} * 59,5 \% / 100 * 14,30 \% / 100 * 3,664 &= & 1.514 \text{ t} \\ \text{CO}_{2 \text{ biogen}} &: 4.856 \text{ t} * 59,5 \% / 100 * 10,87 \% / 100 &= & 1.151 \text{ t} \\ \text{CO}_{2 \text{ fossil}} &: 1.514 \text{ t} - 1.151 \text{ t} &= & 363 \text{ t} \end{aligned}$$

7. Die Summen am Ende des Jahres werden über alle Zeiträume gebildet für

$$M_{\text{trocken}}, M_{\text{feucht}}, \text{CO}_{2 \text{ gesamt}}, \text{CO}_{2 \text{ biogen}}, \text{CO}_{2 \text{ fossil}} \text{ Hier ist } \text{CO}_{2 \text{ fossil}} = 10.663 \text{ t (vgl. Punkt 11).}$$

8. Wichtung am Ende des Jahres: Auf die Trockensubstanz (TS) bezogene Analysenwerte sind mit trockenen Mengen zu wichten. Auf die Originalsubstanz (OS) bezogene Analysenwerte sind mit feuchten Mengen zu wichten.

$$\%C_{\text{biogen, gewichtet}} (\text{TS}) = \frac{\sum (\%C_{\text{biogen}} (\text{TS}) * \text{Menge}_{\text{trocken}} [\text{t}])}{\sum \text{Menge}_{\text{trocken}} [\text{t}]}$$

$$10,141 \% = \{(10,87 \% * 2.889,3 \text{ t}) + (11,54 \% * 3.021,0 \text{ t}) + (7,84 \% * 3.022,0 \text{ t}) + \dots + (9,90 \% * 2.245,0 \text{ t})\} / 46.491,83 \text{ t}$$

$$\%TC_{\text{gewichtet}} (\text{TS}) = \frac{\sum (\%TC (\text{TS}) * \text{Menge}_{\text{trocken}} [\text{t}])}{\sum \text{Menge}_{\text{trocken}} [\text{t}]}$$

$$16,401 \% = \{(14,30 \% * 2.889,3 \text{ t}) + (15,90 \% * 3.021,0 \text{ t}) + (14,20 \% * 3.022,0 \text{ t}) + \dots + (15,0 \% * 2.245,0 \text{ t})\} / 46.491,83 \text{ t}$$

$$H_{\text{u, gewichtet}} [\text{kJ/kg}], \text{ OS} = \frac{\sum (\text{Menge}_{\text{feucht}} [\text{t}] * H_{\text{u}} [\text{kJ/kg}], \text{ OS})}{\sum \text{Menge}_{\text{feucht}} [\text{t}]}$$

$$3.943,55 \text{ kJ/kg} = \{(4.020 \text{ kJ/kg} * 4.856,0 \text{ t}) + (4.010 \text{ kJ/kg} * 4.713,0 \text{ t}) + \dots + (3.200 \text{ kJ/kg} * 3.987,58 \text{ t})\} / 74.443,26 \text{ t}$$

Da in dieser Vorlage der massebezogene Emissionsfaktor errechnet wird, haben die Heizwerte keine Auswirkungen auf die Berechnungen von EF. Eingetragene Heizwerte werden jedoch mit den zugehörigen Brennstoffmengen gewichtet.

9. Berechnung des BMA gewichtet aus den gewichteten TC und  $C_{\text{biogen}}$ :

$$\text{BMA}_{\text{gewichtet}} = \%C_{\text{biogen, gewichtet}} (\text{TS}) / \%TC_{\text{gewichtet}} (\text{TS})$$

$$61,83205 \% = 10,141 \% / 16,401 \% * 100$$

10. Berechnung des massebezogenen EF aus der Jahresmenge  $\text{CO}_2_{\text{gesamt}}$  geteilt durch die Jahresmenge des feuchten Brennstoffs:

$$EF = 0,375902 \text{ t CO}_2 / \text{t} = 27.938 \text{ t CO}_2 / 74.443,26 \text{ t}$$

11. Im Block „ $\text{CO}_2_{\text{fossil}}$  mit gewichteten Werten gerechnet (zur Kontrolle)“ wird die Menge  $\text{CO}_2_{\text{fossil}}$  nach folgender Formel errechnet:

$$\text{CO}_2_{\text{fossil}} = \text{EF}_{\text{gesamt gewichtet feucht}} * \text{Menge} * (1 - \text{BMA})$$

$$10.663 \text{ t} = 0,3752902 \text{ t CO}_2 / \text{t} * 74.443,26 \text{ t} * (1 - 0,618320)$$

Das ist die gleiche Menge an  $\text{CO}_2_{\text{fossil}}$ , die nach Punkt 7 über die Summe aller Zeiträume ermittelt wurde. Die Zahlen sind im Modell ohne Nachkommastellen dargestellt.

12. Im Block „Daten zur Eingabe ins FMS“ werden die Zahlen zur Eingabe in das Formular-Management-System (FMS) der DEHSt angezeigt, und zwar als gerundete Werte:

- ▶ Emissionsfaktor massebezogen [t  $\text{CO}_2$ /t]: 6 Nachkommastellen
- ▶ BMA [%]: 2 Nachkommastellen
- ▶ Brennstoffmenge [t]: eine Nachkommastelle
- ▶ Heizwert [GJ/t]: 6 Nachkommastellen (in das FMS wird  $H_{\text{u}}$  in GJ/t eingetragen, die **Analysenwerte in Punkt 1** werden in kJ/kg eingetragen)

Der Heizwert wurde aus dem gewichteten Heizwert in kJ/kg (Punkt 8) nach GJ/t umgerechnet:

$$3.943,55 \text{ kJ/kg} / 1000 = 3,943552 \text{ GJ/t}$$

13. In der letzten Zeile „Zur Information für den Anwender: Resultierendes fossiles  $\text{CO}_2$  mit gerundeten Werten berechnet.“ wird die fossile  $\text{CO}_2$ -Menge angezeigt, die aus den gerundeten Werten aus Punkt 12 resultiert. Sie kann durch die Rundung von den Werten aus Punkt 7 und 11 abweichen.

## 2.5.2 Vorlage „Energiebezogener EF“

Die Vorlage zur Ermittlung der Berechnungsfaktoren mit energiebezogenem Emissionsfaktor ist genauso aufgebaut wie das vorherige Modell. Nachstehend ist die Vorlage mit beispielhaften Werten zum leichteren Nachvollziehen der unten beschriebenen Formeln abgebildet:

**Tabelle 3:** Vorlage zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Mengen sowie BMA und energiebezogenem EF für das FMS mit gewichteten Analysendaten.

Vorlage zur Berechnung von CO <sub>2</sub> -Emissionen sowie BMA und EF für das FMS (Energiebezogener EF)															
Brennstoff:		Test-Brennstoff													
		Brennstoffmenge				Analysendaten				Energie				CO <sub>2</sub>	
Zeitraum	Menge M	Menge M	Menge M	Datum Analyse	Gesamt C (TC)	BMA	C <sub>biogen</sub>	Trocken-gehalt TR	H <sub>u</sub>	Menge Energie	CO <sub>2</sub> gesamt	CO <sub>2</sub> biogen	CO <sub>2</sub> fossil		
	feucht	trocken		Datum oder „Ersatzwert“	TS	(C <sub>biogen</sub> / TC)		[%]	nur informativ	[GJ]	Menge C <sub>gesamt</sub> * 3,664	Menge C <sub>biogen</sub> * 3,664	CO <sub>2</sub> gesamt - CO <sub>2</sub> biogen		
	[t] feucht	[t] TS	[%]		[%]	[%]	[%]	[%]	[kJ / kg] OS	[GJ] feucht	[t CO <sub>2</sub> ]	[t CO <sub>2</sub> ]	[t CO <sub>2</sub> ]		
1	4.856,0	2.889,3	14,30	20.01.17	14,30	76,0	10,87	59,5	4.020	19.521,1	1.514	1.151	363		
2	4.713,0	3.021,0	15,90	10.03.17	15,90	72,6	11,54	64,1	4.010	18.899,1	1.760	1.278	482		
3	4.890,0	3.022,0	14,20	31.03.17	14,20	55,2	7,84	61,8	4.122	20.156,6	1.572	868	704		
4	3.900,0	2.542,8	14,90	10.04.17	14,90	61,4	9,15	65,2	4.856	18.938,4	1.388	852	536		
5	4.258,0	2.512,2	13,90	28.04.17	13,90	75,3	10,47	59,0	3.327	14.166,4	1.279	963	316		
6	4.897,0	3.036,1	15,00	22.05.17	15,00	63,2	9,48	62,0	3.699	18.114,0	1.669	1.055	614		
7	4.872,0	3.064,5	17,50	06.06.17	17,50	52,6	9,21	62,9	3.834	18.679,2	1.965	1.034	931		
8	4.923,0	3.204,9	14,30	30.06.17	14,30	50,4	7,21	65,1	4.100	20.184,3	1.679	846	833		
9	4.910,0	3.098,2	19,87	25.07.17	19,87	61,8	12,28	63,1	3.712	18.225,9	2.256	1.394	862		
10	4.723,0	2.961,3	18,70	02.08.17	18,70	60,4	11,29	62,7	3.757	17.744,3	2.029	1.226	803		
11	4.689,0	3.071,3	18,90	31.08.17	18,90	78,1	14,76	65,5	4.200	19.693,8	2.127	1.661	466		
12	4.539,0	2.959,4	18,00	12.10.17	18,00	71,7	12,91	65,2	3.900	17.702,1	1.952	1.399	552		
13	4.710,0	3.070,9	17,20	30.10.17	17,20	34,9	6,00	65,2	4.239	19.965,7	1.935	675	1.260		
14	4.700,0	2.857,6	19,80	15.11.17	19,80	49,1	9,72	60,8	3.694	17.361,8	2.073	1.018	1.055		
15	4.875,68	2.935,2	14,00	10.12.17	14,00	69,1	9,67	60,2	4.401	21.457,9	1.506	1.040	465		
16	3.987,58	2.245,0	15,00	10.01.18	15,00	66,0	9,90	56,3	3.200	12.760,3	1.234	814	420		
<b>Summe</b>	<b>74.443,26</b>	<b>46.491,83</b>								<b>293.570,9</b>	<b>27.938</b>	<b>17.275</b>	<b>10.663</b>		



Gewichtete Daten	TC <sub>gew.</sub>	BMA <sub>gew.</sub>	C <sub>biogen gew.</sub>	H <sub>u.gew.</sub>	H <sub>u.gew.</sub>	H <sub>u.gew.</sub>	EF <sub>gesamt gew. feucht</sub>
	(%, TS)	(%)	(%, TS)	(kJ/kg, OS)	(GJ/t, OS)	(GJ/t, OS)	(t CO <sub>2</sub> /t Brennstoff)
<b>Gewichtet auf Menge trocken</b>	<b>16,4006</b>	<b>61,8320</b>	<b>10,1408</b>				
<b>Gewichtet auf Menge feucht</b>				<b>3,943,55</b>	<b>3,9435523</b>		<b>0,0951655</b>

CO<sub>2</sub> fossil mit gewichteten Werten gerechnet (zur Kontrolle):

Menge <sub>feucht</sub>	H <sub>u.gew.</sub>	EF <sub>gesamt gew. feucht</sub>	BMA
	[GJ/t] OS	[t CO <sub>2</sub> /t]	
74.443,26	3,943552	0,095166	0,618320
			<b>10.663 t</b>

t CO<sub>2</sub> fossil = EF<sub>gesamt gewichtet feucht</sub> \* Heizwert \* Menge \* (1 - BMA)

Daten zur Eingabe ins FMS

Menge <sub>feucht</sub>	EF <sub>gesamt gew. feucht</sub>	H <sub>u.gew.</sub>	BMA [%]
	[t CO <sub>2</sub> /GJ]	[GJ/t] OS	
74.443,3	0,0951660	3,943552	61,83 %
			<b>10.664 t</b>

Zur Information für den Anwender: Resultierendes fossiles CO<sub>2</sub> mit gerundeten Werten berechnet:

Die Vorlage bietet Platz für 70 Analysen und zugehörige Brennstoffmengen. Hier sind lediglich 16 Zeiträume angezeigt.

Zum Nachvollziehen der nachfolgend dargestellten Berechnungen gilt der Hinweis zu den Nachkommastellen aus dem vorherigen Kapitel.

Die einzelnen Schritte der Rechenmodelle sind nachfolgend zusammenfassend erläutert:

- Der Anwender trägt die folgenden Daten aus dem betreffenden Berichtsjahr ausschließlich in die blauen Zellen der Tabellenblätter ein:
  - „*Brennstoff*“: Bezeichnung des Brennstoffs;
  - „*Menge M*“: Brennstoffmengen [t], die zu jeder Analyse zugeordnet sind;
  - „*Gesamt C*“: Gesamtkohlenstoffgehalt TC [%], bezogen auf TS;
  - BMA [%];
  - Trockengehalt TR [%], OS;
  - Unterer Heizwert  $H_u$  [kJ/kg], bezogen auf OS;
  - „*Zeitraum*“: Der Zeitraum, der zu der Brennstoffmenge und zu der Probe bzw. Analyse gehört;
  - „*Datum Analyse*“: Datum der Analyse oder eine andere Kennzeichnung, die einen eindeutigen Bezug zum Analysenprotokoll des akkreditierten Labors zeigt. Ist zu einer bestimmten Brennstoffmenge keine Analyse vorhanden, werden Ersatzwerte gemäß Kap. 19.4 ff. des Leitfadens der DEHSt eingetragen und in der Spalte „*Datum Analyse*“ mit „Ersatzwert“ gekennzeichnet;
  - Die letzte Brennstoffmenge im Dezember wird wie die anderen Brennstoffchargen beprobt und analysiert. Das Ergebnis der Analyse wird zwar dann erst im Januar des Folgejahres ermittelt. Trotzdem gehört diese Analyse zur letzten Brennstoffmenge im Dezember, und das Analysendatum ist hierzu einzutragen.
- Es ist darauf zu achten, dass jede Analyse vollständig ist und dass zu jeder Analyse auch eine Menge eingetragen ist. Nur dann können die Analysenwerte richtig gewichtet werden. Andernfalls zeigt die Vorlage keine gewichteten Werte und keine Emissionsfaktoren und gewichteten BMA an. Entsprechende Warnmeldungen werden angezeigt. Eine vollständige Analyse umfasst in dieser Vorlage: Trockengehalt TR, Gesamtkohlenstoffgehalt TC, Biomassegehalt BMA, unterer Heizwert  $H_u$ .

- Berechnung der Menge  $M$  (trocken) für jede Brennstoffcharge. Beispiel Zeitraum 1:

$$\text{Brennstoffmenge } M_{\text{trocken}} : 4.856 \text{ t} * 59,5 \% / 100 = 2.889,3 \text{ t}$$

Diese Umrechnung wird für die spätere Wichtung benötigt.

- Berechnung  $C_{\text{biogen}}$  (% TS) für jede Brennstoffcharge aus den eingegebenen Werten für BMA und TC (also  $\% C_{\text{biogen}} (\text{TS}) = \% \text{TC} (\text{TS}) * \text{BMA} (\%) / 100$ ). Beispiel Zeitraum 1:

$$C_{\text{biogen}} (\%), \text{ TS}: 10,87 \% = 14,30 \% / 76,0 \% * 100$$

- Berechnung der  $\text{CO}_2$ -Mengen für jede Brennstoffcharge. Beispiel Zeitraum 1:

$$CO_{2 \text{ gesamt}} : 4.856 \text{ t} * 59,5 \% / 100 * 14,30 \% / 100 * 3,664 = 1.514 \text{ t}$$

$$CO_{2 \text{ biogen}} : 4.856 \text{ t} * 59,5 \% / 100 * 10,87 \% / 100 = 1.151 \text{ t}$$

$$CO_{2 \text{ fossil}} : 1.514 \text{ t} - 1.151 \text{ t} = 363 \text{ t}$$

- Berechnung der „*Menge Energie*“, Beispiel Zeitraum 1:

$$19.521,1 \text{ GJ} = 4.856,0 \text{ t} * 4.020 \text{ kJ/kg} / 1000$$

- Die Summen am Ende des Jahres werden über alle Zeiträume gebildet für

$M_{\text{trocken}}$ ,  $M_{\text{feucht}}$ , Menge Energie,  $\text{CO}_{2 \text{ gesamt}}$ ,  $\text{CO}_{2 \text{ biogen}}$ ,  $\text{CO}_{2 \text{ fossil}}$ . Hier ist  $\text{CO}_{2 \text{ fossil}} = 10.663 \text{ t}$  (siehe Punkt 11).

8. Wichtung am Ende des Jahres: Auf die Trockensubstanz (TS) bezogene Analysenwerte sind mit trockenen Mengen zu wichten. Auf die Originalsubstanz (OS) bezogene Analysenwerte sind mit feuchten Mengen zu wichten.

$$\%C_{\text{biogen, gewichtet}}(\text{TS}) = \sum (\%C_{\text{biogen}}(\text{TS}) * \text{Menge}_{\text{trocken}}[\text{t}]) / \sum \text{Menge}_{\text{trocken}}[\text{t}]$$

$$10,141\% = \{(10,87\% * 2.889,3 \text{ t}) + (11,54\% * 3.021,0 \text{ t}) + (7,84\% * 3.022,0 \text{ t}) + \dots + (9,90\% * 2.245,0 \text{ t})\} / 46.491,83 \text{ t}$$

$$\%TC_{\text{gewichtet}}(\text{TS}) = \sum (\%TC(\text{TS}) * \text{Menge}_{\text{trocken}}[\text{t}]) / \sum \text{Menge}_{\text{trocken}}[\text{t}]$$

$$16,401\% = \{(14,30\% * 2.889,3 \text{ t}) + (15,90\% * 3.021,0 \text{ t}) + (14,20\% * 3.022,0 \text{ t}) + \dots + (15,0\% * 2.245,0 \text{ t})\} / 46.491,83 \text{ t}$$

$$H_{\text{u gewichtet}}[\text{kJ/kg}], \text{ OS} = \sum (\text{Menge}_{\text{feucht}}[\text{t}] * H_{\text{u}}[\text{kJ/kg}], \text{ OS}) / \sum \text{Menge}_{\text{feucht}}[\text{t}]$$

$$3.943,55 \text{ kJ/kg} = \{(4.020 \text{ kJ/kg} * 4.856,0 \text{ t}) + (4.010 \text{ kJ/kg} * 4.713,0 \text{ t}) + \dots + (3.200 \text{ kJ/kg} * 3.987,58 \text{ t})\} / 74.443,26 \text{ t}$$

$$H_{\text{u gewichtet}}[\text{GJ/t}] = 3,94355 [\text{GJ/t}] = 3.943,55 \text{ kJ/kg} / 1000$$

9. Berechnung des  $BMA_{\text{gewichtet}}$  aus den gewichteten TC und  $C_{\text{biogen}}$ :

$$BMA_{\text{gewichtet}} \% C_{\text{biogen, gewichtet}}(\text{TS}) / \% TC_{\text{gewichtet}}(\text{TS})$$

$$61,8320\% = 10,1408\% * 16,4006\% / 100$$

10. Berechnung des energiebezogenen EF aus der Jahresmenge  $CO_{2, \text{gesamt}}$  geteilt durch die Jahresmenge Energie:

$$EF = 0,0951660 \text{ t } CO_2 / \text{GJ} = 27.938 \text{ t } CO_2 / 293.570,9 \text{ GJ}$$

11. Im Block „ $CO_{2, \text{fossil}}$  mit gewichteten Werten gerechnet (zur Kontrolle)“ wird die Menge  $CO_{2, \text{fossil}}$  nach folgender Formel berechnet:

$$CO_{2, \text{fossil}} = EF_{\text{gesamt gewichtet feucht}} * \text{Heizwert} * \text{Menge} * (1 - BMA)$$

$$10.663 \text{ t} = 0,095166 \text{ t } CO_2 / \text{GJ} * 3,943552 \text{ GJ/t} * 74.443,26 \text{ t} * (1 - 0,618320)$$

Das ist die gleiche Menge an  $CO_{2, \text{fossil}}$ , die nach Punkt 7 über die Summe aller Zeiträume ermittelt wurde. Die Zahlen sind im Modell ohne Nachkommastellen dargestellt.

12. Im Block „Daten zur Eingabe ins FMS“ werden die Zahlen zur Eingabe in das Formular-Management-System (FMS) der DEHSt angezeigt, und zwar als gerundete Werte:

- ▶ Emissionsfaktor energiebezogen [t  $CO_2$ /t]: 6 Nachkommastellen
- ▶ BMA [%]: 2 Nachkommastellen
- ▶ Brennstoffmenge [t]: eine Nachkommastelle
- ▶ Heizwert [GJ/t]: 6 Nachkommastellen (in das FMS wird  $H_{\text{u}}$  in GJ/t eingetragen, die **Analysenwerte** in **Punkt 1** werden in kJ/kg eingetragen)

13. In der letzten Zeile „Zur Information für den Anwender: Resultierendes fossiles  $CO_2$  mit gerundeten Werten berechnet.“ wird die fossile  $CO_2$ -Menge angezeigt, die aus den gerundeten Werten aus Punkt 12 resultiert. Sie kann durch die Rundung von den Werten aus Punkt 7 und 11 abweichen.

### 2.5.3 Hinweis zur Anwendung der beiden Vorlagen

Die Berechnung der maßgeblichen  $CO_2$ -Emissionen pro Jahr erfolgt für den Emissionsbericht mit Hilfe des vom Anlagenbetreiber ausgefüllten elektronischen Formularsystems (FMS). Dort werden die Tätigkeitsdaten und Berechnungsfaktoren mit einer definierten Anzahl an Nachkommastellen eingegeben. Da die Rechenvorlage die  $CO_2$ -Mengen pro Jahr aus den Werten ohne Beschränkung auf eine definierte Anzahl an Nachkommastellen berechnet, können diese von den mit FMS berechneten  $CO_2$ -Mengen geringfügig abweichen.

## 3 Repräsentativität der Probenahmen

### 3.1 Repräsentativität von Probenahmen bei abfallstämmigen Brennstoffen

Das Ziel jeder Probenahme ist die Gewinnung von Teilmengen, die zur Ermittlung der gewünschten Merkmale, d.h. Analysenparameter, geeignet sind, und die die Eigenschaften der zugrundeliegenden Gesamtmenge repräsentieren. Jedes Teilchen aus einer Gesamtmenge sollte die gleiche Wahrscheinlichkeit haben, sich in den Proben wiederzufinden (DIN EN 15442, S. 12). Das ist bei Flüssigkeiten in der Regel der Fall. Jedoch bei Feststoffen und insbesondere bei Abfällen ist diese einfache Forderung sehr viel schwieriger zu erfüllen. Die Probenahme muss daher sehr sorgfältig geplant und ausgeführt werden.

### 3.2 Forderung der MVO

Wenn ein Anlagenbetreiber die Berechnungsfaktoren durch Analysen gemäß Artikel 32 der MVO bestimmt, so muss er nach Artikel 33 der MVO sicherstellen, „dass die gezogenen Proben für die betreffende Charge oder Lieferperiode repräsentativ und frei von systematischen Fehlern sind.“

Wie schon in der „Handreichung 1“ erläutert, gehören zur repräsentativen Probenahme:

- ▶ Definition der Probenahmestrategie;
- ▶ Probenahmeplan mit Angaben zur Probenahmestelle, Anzahl von Einzel- und Mischproben, Probenmengen;
- ▶ Prüfplan mit Angaben zu den Untersuchungsparametern (dieser kann in den Probenahmeplan integriert werden);
- ▶ Entnahme einer Vielzahl von über den Brennstoffstrom verteilten Einzelproben, die dann zu einer Misch- bzw. Laborprobe für die anschließende Analyse vereinigt werden.

Die ersten drei Punkte können durch Sichtung der entsprechenden Unterlagen leicht überprüft werden. Der letzte Schritt, also die tatsächliche Durchführung der Probenahme, ist der kritischste in der Nachweiskette für die Repräsentativität. Hier bestehen große Variationsmöglichkeiten, die das Ergebnis der Analyse beeinflussen. Nachfolgend wird ein Verfahren aufgezeigt, mit dem der Anwender anhand der Analysendaten für den jeweiligen abfallstämmigen Brennstoff abschätzen kann, ob die Probenahme in dem betrachteten Zeitraum hinsichtlich Punkt 4 repräsentativ war.

### 3.3 Allgemeines zur Varianzanalyse nach DIN 19698-2

Die Beurteilung der Repräsentativität der Probenahme erfolgt nach dem Verfahren der Varianzanalyse, die im Anhang D – „Praktischer Nachweis der repräsentativen Probenahme“ der DIN 19698-2, S. 28-31, beschrieben ist.

Die Werte der Analysen, die von den Brennstoffproben ermittelt wurden, enthalten alle Unsicherheiten, angefangen von der Probenahme bis hin zur Durchführung der Analyse im Labor. Die Unsicherheiten werden auch Streuungen genannt.

Gemäß DIN 19698-2 gilt eine Probenahme als repräsentativ, solange der Wert der Probenahmestreuung keinen signifikanten Einfluss auf den Wert der Gesamtstreuung besitzt. Eine ausreichende Repräsentativität der Probenahme ist gegeben, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Probenahmestreuung kleiner ist als das Dreifache der Analysenstreuung oder wenn die mittlere Unsicherheit kleiner gleich der maximalen tolerierbaren Unsicherheit  $U_{tol}$  ist.

Mathematisch wird die erste Forderung wie folgt formuliert:

$$s_p \leq 3 * s_a$$

mit  $s_p$  = Probenahmestreuung bzw. deren Standardabweichung

$s_a$  = Analysenstreuung (inklusive der Probenvorbereitungsstreuung) bzw. deren Standardabweichung

Alternativ kann die folgende Beziehung angewandt werden:

$$\frac{2 * s_{\text{gesamt}}}{\sqrt{m}} \leq U_{\text{tol.}}$$

mit  $s_{\text{gesamt}}$  = Standardabweichung der Analysenwerte einer Probenreihe; in dieser Gesamtstreuung sind die Streuungsanteile von Probenahme und Analytik enthalten;

$m$  = Anzahl der Misch-(Labor-)Proben;

$2 * s_{\text{gesamt}}$  = Erweiterte Unsicherheit.

Die erweiterte Unsicherheit bezieht sich auf eine statistische Sicherheit von 95 %, wobei der zugehörige Faktor auf 2 aufgerundet wurde.

Da bei Sekundärbrennstoffen die Einhaltung von Art. 35 (2) MVO ( $U_{\text{tol}} \leq 0,5 \%$ ) unrealistisch ist, ist die erste Methode zur Bewertung, nämlich das Kriterium  $s_p \leq 3 * s_a$ , für die Beurteilung der Repräsentativität der Probenahmen anzuwenden.

Die DIN 19689-2 führt auf den Seiten 28 und 29 aus: „Die für den Nachweis der repräsentativen Probenahme benötigten statistischen Größen werden aus Messungen an mehreren Mischproben/Laborproben ermittelt. Auch wenn die in der Statistik bevorzugte große Anzahl von Messungen (ca. 30) meistens nicht erreicht wird, stellt dieses Vorgehen als Näherung ein sehr praktikables Verfahren dar. Die Analysenstreuung erhält man aus den Doppeluntersuchungen von Laborproben. Die Streuung zwischen den Mittelwerten der Laborproben lassen Aussagen über die Probenahmestreuung zu. Aus dem Verhältnis von Probenahmestreuung und Analysenstreuung kann“, entsprechend der Formel  $s_p \leq 3 * s_a$ , „die Aussage abgeleitet werden, ob die Probenahme repräsentativ war oder nicht“. „Es werden unabhängige Laborproben jeweils doppelt ( $n_a = 2$ ) untersucht und anschließend die verschiedenen Streuungsanteile berechnet.“

Analysenresultate aus Einzelmessungen können nicht auf die Signifikanz von Unterschieden getestet werden. Es müssen hierfür immer Ergebnisse aus Doppelbestimmungen verwendet werden (vgl. Kap. 2.1.2).

Die Varianz  $s_a^2$  **innerhalb der Laborproben** „m“, das heißt das Quadrat der Analysenstreuung aus den einzelnen Doppelbestimmungen „j“, wird nach der folgenden Formel berechnet:

$$s_a^2 = \frac{1}{2 * m} \sum_j d_j^2$$

wobei  $d_j^2$  = Differenz der Messwerte einer Doppelbestimmung zum Quadrat und  $m$  = Anzahl der Bestimmungen.

Die Probenahmevarianz  $s_p^2$  nach Hartung (1981), also die Streuung zwischen den Laborproben, ist dann:

$$s_p^2 = \frac{n_a^2}{n_a^2 + 1} * s_{\overline{xy}}^2$$

mit  $n_a^2$  = Quadrat der Bestimmungen; bei Doppelbestimmung ist das 4;

$s_{\overline{xy}}^2$  = Gesamte Varianz aller Mischproben.

Abschließend erfolgt der Vergleich der Standardabweichungen der Probenahme  $s_p$  mit der Standardabweichung der Analysendurchführung  $s_a$  mit dem Kriterium  $s_p \leq 3 * s_a$ .

### 3.4 Vorlage zur Bewertung der Repräsentativität der Probenahme

Das folgende Rechenschema wurde gemäß Anhang D der DIN 19698-2 zur Auswertung der Analysendaten des Gesamtkohlenstoffs von festen Sekundärbrennstoffen entwickelt. Die darin enthaltenen Zahlen zeigen beispielhaft eine Auswertung der Analysendaten eines festen Sekundärbrennstoffs mit dem Parameter TC (in %, bezogen auf TS), so dass die oben dargestellten Formeln für den Anwender besser nachzuvollziehen sind.

Dieses Rechenschema ist in Form einer Excel-Datei ausgeführt, die diesem Bericht als Anhang 2 (vgl. Kap. 4) beigelegt ist. Die darin enthaltenen Hinweise zur Bedienung sind zu beachten.

Der Parameter Gesamtkohlenstoff TC in %, bezogen auf Trockensubstanz TS, wird hier als Leitparameter zur Auswertung auf Repräsentativität der Probenahme gewählt, da dieser entscheidend ist für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Mengen (vgl. Kap. 2.4).

Tabelle 4: Vorlage zur Berechnung der Repräsentativität der Probenahme nach DIN 19698-2.

Berechnung Repräsentativität der Probenahme (DIN 19698-2, Anhang D)									
Auswertebereich		Bereich Dateneingabe							
1. Laborproben, Analysen		A. Brennstoff:		Test-Brennstoff					
Anzahl Bestimmungen pro Probe n <sub>a</sub>	2	B. Parameter:		Gesamtkohlenstoff TC (% , bezogen auf TS)					
Anzahl Laborproben m	15	C. Analysendaten							
Mittelwert alle Proben	26,51 %	Proben-Nr./ Analysen- datum	1. Messung	2. Messung	Mittelwert MW	d <sub>i</sub>	d <sub>i</sub> <sup>2</sup>	Rel. Abw. Messwert vom MW	
Standardabweichung Mittelwert	2,86 %		[%], TS	[%], TS					
<b>2. Analysenvarianz/Varianz innerhalb der Proben</b>		LP1	25,3	24,7	25,00	0,6	0,36	1,20 %	
$\sum d_i^2$	58,20	LP2	28,3	28,1	28,20	0,2	0,04	0,35 %	
$s_a^2 = 1 / (2 * m) * \sum d_i^2$	1,94	LP3	28,5	25,2	26,85	3,3	10,89	6,15 %	
<b>Analysenstreuung s<sub>a</sub></b>	<b>1,39</b>	LP4	24,7	23,9	24,30	0,8	0,64	1,65 %	
		LP5	28,3	25,8	27,05	2,5	6,25	4,62 %	
<b>3. Probenahmevarianz errechnet sich nach Hartung:</b>		LP6	32,8	28,8	30,80	4	16	6,49 %	
S <sub>xj</sub>	2,98	LP7	23,3	23,4	23,35	- 0,1	0,01	0,21 %	
S <sup>2</sup> <sub>xj</sub>	8,88	LP8	31,5	30,4	30,95	1,1	1,21	1,78 %	
$n_a^2 / (n_a^2 + 1)$	0,80	LP9	21,5	21,1	21,30	0,4	0,16	0,94 %	
$s_p^2 = (n_a^2 / (n_a^2 + 1)) * \sum S_{xj}^2$	7,10	LP10	28,9	31,6	30,25	- 2,7	7,29	4,46 %	
<b>Probenahmestreuung s<sub>p</sub></b>	<b>2,67</b>	LP11	22,7	24,4	23,55	- 1,7	2,89	3,61 %	
<b>4. Ist das Kriterium s<sub>p</sub> ≤ 3 * s<sub>a</sub> erfüllt?</b>		LP12	27,3	27	27,15	0,3	0,09	0,55 %	
s <sub>p</sub>	3 * s <sub>a</sub>	LP13	25,7	25,5	25,60	0,2	0,04	0,39 %	
2,67	<	4,18	LP14	26,4	29,9	28,15	- 3,5	12,25	6,22 %
<b>Probenahme war repräsentativ</b>		LP15	25,01	25,3	25,16	- 0,29	0,084	0,58 %	

Die Vorlage zeigt beispielhafte Analysenwerte aus Doppelbestimmungen des TC eines Sekundärbrennstoffes. Das aus der Varianzanalyse resultierende Ergebnis wird unter Punkt „4. Ist das Kriterium s<sub>p</sub> ≤ 3 \* s<sub>a</sub> erfüllt?“ angezeigt.

Zur Anwendung der Rechenvorlage (Kap. 4) ist Folgendes zu beachten:

1. **„Bereich Dateneingabe“:** Daten sind nur in die blau markierten Felder einzutragen:
  - a. „A. Brennstoff“: Eintragen der Brennstoffbezeichnung zur Kennzeichnung.
  - b. „C. Analysendaten“: Eintragen aller Analysenwerte des Brennstoffs aus den Doppelbestimmungen von Gesamtkohlenstoff TC in Spalte „1. Messung“ und „2. Messung“ (vgl. Kap. 2.1.2), dargestellt als %, bezogen auf die Trockensubstanz TS.
  - c. Der Analysenparameter TC ist unter „B. Parameter“ zur Kennzeichnung bereits eingetragen. Die Einheiten der Analysenergebnisse in %, bezogen auf Trockensubstanz [%], TS, sind unterhalb der Felder „1. Messung“, „2. Messung“ bereits voreingestellt.
  - d. Gemäß MVO Artikel 32, Abs. 3, letzter Satz, müssen alle vorliegenden Analysenwerte herangezogen werden. Für die Bewertung sind also alle Analysenwerte eines Berichtsjahres einzugeben. Entsprechend der Vorgabe zur Mindestanzahl an Analysen für feste unbehandelte oder vorbehandelte Abfälle (Anhang VII der MVO) sind hier mindestens 4 Doppelbestimmungen einzutragen.
  - e. Es ist darauf zu achten, dass nur Werte aus Doppelbestimmungen eingetragen werden. Wird nur ein Wert pro Zeile eingetragen, erscheint ein entsprechender Warnhinweis, ebenso bei der Eingabe nicht plausibler Werte.
  - f. Zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit sind die vorgegebenen Laborprobennummern „LP1“ ... „LP30“ zu ersetzen durch eindeutige Proben- und Analysenbezeichnungen.
2. „Auswertebereich“: Die resultierenden Werte aus der Varianzanalyse werden hier angezeigt wie zum Beispiel Anzahl der Laborproben, Mittelwert sowie die verschiedenen Streuungsanteile. Schließlich wird angezeigt, ob das Kriterium  $s_p \leq 3 * s_a$  zur Repräsentativität der Probenahme erfüllt ist oder nicht.
3. Die Durchführung des Tests auf Repräsentativität der Probenahme erfolgt für jeden Brennstoff separat.

Dieses Verfahren dient ausschließlich dazu nachzuprüfen, ob die Probenahme repräsentativ für den jeweiligen Brennstoffstrom im jeweiligen Berichtsjahr war.

Mit dem Rechenmodell wird **nicht** betrachtet, ob a) auch die Anzahl der genommenen Einzelproben für eine Laborprobe ausreichend ist, um den Stoffstrom im Berichtsjahr als repräsentativ beprobt einzustufen, und b) ob die Proben- oder Analysenhäufigkeit herabgesetzt werden kann. Zur Reduzierung der Analysenhäufigkeit gelten die Bestimmungen des Artikels 35, Abs. 2 der MVO.

## 4 Anlagen

Die folgenden Vorlagen in Form von Excel-Dateien gehören zu dieser Handreichung:

- ▶ [Anhang1\\_Handreichung2\\_Berechnung\\_CO<sub>2</sub>\\_FMS-Daten\\_Version\\_23\\_Juli\\_2018.xlsx](#)
- ▶ [Anhang2\\_Handreichung2\\_Repräsentativität\\_Probenahme\\_DIN\\_19698-2\\_Version\\_23\\_Juli\\_2018.xlsx](#)



## 5 Quellenverzeichnis

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) (Dezember 2017): Leitfaden zur Erstellung von Überwachungsplänen und Emissionsberichten für stationäre Anlagen in der 3. Handelsperiode (2013-2020).

Diller, Hansjörg, Dr. (2018): Gutachten zur repräsentativen Probenahme und Auswertung der Analysendaten beim Einsatz von Sekundärbrennstoffen in der Papierindustrie: Handreichung 1 – Probenahme von festen Sekundärbrennstoffen. Dessau, Umweltbundesamt.

DIN EN 12880: 2001: Charakterisierung von Schlämmen – Bestimmung des Trockenrückstandes und des Wassergehalts.

DIN EN 15400: 2011: Feste Sekundärbrennstoffe – Bestimmung des Brennwertes.

DIN EN 15407: 2011: Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Gehaltes an Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Stickstoff (N).

DIN EN 15414-3: 2011: Feste Sekundärbrennstoffe – Bestimmung des Wassergehaltes unter Verwendung des Verfahrens der Ofentrocknung – Teil 3: Wassergehalt in gewöhnlichen Analysenproben.

DIN EN 15440: 2011: Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Gehaltes an Biomasse.

DIN EN 15442: 2011: Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Probenahme.

DIN 19698-2: 2016: Untersuchung von Feststoffen – Probenahme von festen und stichfesten Materialien – Teil 2: Anleitung für die Entnahme von Proben zur integralen Charakterisierung von Haufwerken.

DIN 51718: 2002: Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Wassergehaltes und der Analysenfeuchtigkeit.

DIN 51732: 2014: Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Gesamtgehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff – Instrumentelle Methoden.

DIN 51900: 2000: Prüfung fester und flüssiger Brennstoffe – Bestimmung des Brennwertes mit dem Bomben-Kalorimeter und Berechnung des Heizwertes.

Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e. V. (BGS) (31. März 2008): Probenahme-, Probenaufbereitungs- und Analysenvorschriften für Sekundärbrennstoffe im Rahmen des RAL-Gütezeichens 724 „Sekundärbrennstoffe“ und RAL- Gütezeichens 727 „Bestimmung des biogenen Anteils in Sekundärbrennstoffen gemäß RAL-GZ 724 und anderen festen Ersatzbrennstoffen“.

Hartung, Joachim (1981): Nonnegative Minimum Biased Invariant Estimation in Variance Component Models. *The Annals of Statistics*. Vol. 9, No. 2, pages 278-292. Zitiert in: DIN 19698-2: 2016: Untersuchung von Feststoffen – Probenahme von festen und stichfesten Materialien – Teil 2: Anleitung für die Entnahme von Proben zur integralen Charakterisierung von Haufwerken.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, Vol. 2, Kapitel 1.4.2.1

Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Dezember 2001): LAGA PN 98 – Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen.

Verordnung (EU) Nr. 601/2012 der Kommission vom 21. Juni 2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und Rates. (Monitoring-Verordnung, MVO).

Verordnung (EU) Nr. 743/2014 der Kommission vom 9. Juli 2014 zur Ersetzung des Anhangs VII der Verordnung (EU) Nr. 601/2012 hinsichtlich der Mindesthäufigkeit der Analysen.

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt  
Bismarckplatz 1  
14193 Berlin

[www.dehst.de](http://www.dehst.de) | [emissionshandel@dehst.de](mailto:emissionshandel@dehst.de)