

Bericht

über die

Literaturrecherche zu biogenen Anteilen und Heizwerten in Altholz und Klärschlamm

im Auftrag der

ITAD Interessengemeinschaft der
Thermischen Abfallbehandlungsan-
lagen Deutschland e. V.

FH Münster
Arbeitsgruppe Ressourcen
Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme



IWARU
Institut für Wasser ·
Ressourcen · Umwelt

Dezember 2016

1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Das Umweltbundesamt erlässt auf Grundlage der Durchführungsverordnung über Herkunftsnachweise für Strom aus erneuerbaren Energien (Herkunftsnachweis-Durchführungsverordnung - HkNDV) Bedingungen für die Nutzung des Herkunftsnachweisregisters (Bekanntmachung BAnz AT 01.07.2013 B10). Betreiber von thermischen Abfallbehandlungsanlagen (Müllverbrennungsanlagen (MVA) und Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-KW)), die den Herkunftsnachweis erbringen möchten, haben demnach u. a. ein Abfallregister zur Nachweisführung vorzulegen (siehe Kap. 9.2 der Nutzungsbedingungen für die Nutzung des Herkunftsnachweisregisters). Darüber hinaus ist der in den eingesetzten Abfallschlüsseln enthaltene biogene Anteil zu ermitteln (siehe Kap. 9.4). Dieses erfolgt unter Zuhilfenahme der in nachfolgender Tabelle den Abfallschlüsseln zugeordneten energiebezogenen biogenen Anteilen und unteren Heizwerten:

Tabelle 1: Charakterisierung verschiedener Abfallgruppen nach HkNDV

Nummer der Gruppe der Abfallbezeichnung	Abfallbezeichnung	Abfallschlüssel gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV)	Energiebezogener biogener Anteil in %	Unterer Heizwert der Originalsubstanz in [MJ/kg OS]
1	LVP ¹ -Sortierreste	15 01 05	32	18,1
2	Gewerbeabfall	15 01 06, 15 02 02, 17 09 03, 17 09 04, 18 01 04, 19 12 08, 20 01 32	48,9	13,3
3	MBA ² -Sortierreste	19 12 10, 19 12 12	50	10,0
4	Restabfall	02 02 03, 02 03 04, 15 01 01, 19 05 99, 19 08 01, 20 01 08, 20 02 01, 20 02 03, 20 03 01, 20 03 02, 20 03 03, 20 03 06, 20 03 99	53,5	8,8
5	Sperrmüll	20 03 07	60,3	16,0
6	alle übrigen Abfallarten	alle übrigen Abfallschlüssel	0	10,0

¹ Leichtverpackungen

² Mechanisch-biologische Abfallbehandlung

Für Altholz und Klärschlamm, die ebenfalls einen biogenen Anteil aufweisen (bisher in Gruppe 6 der o. g. Tabelle eingeordnet, bedeutet ohne Einzelanalyse sind diese Abfälle mit 0 % biogenem Anteil zu berücksichtigen), soll der aktuelle Kenntnisstand zu energiebezogenen biogenen Anteilen und Heizwerten in diesen Abfallgruppen ermittelt werden.

Das IWARU hat hierzu nachfolgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Literaturrecherche zu biogenen Anteilen sowie unteren Heizwerten in Altholz und Klärschlamm.
- Prüfung der beim Auftragnehmer vorliegenden Daten und Erkenntnisse aus F&E-Projekten sowie eigenen Analysen.

- Je nach Datenlage Plausibilitätsprüfung und qualifizierte Ableitung von energiebezogenen biogenen Anteilen in % sowie von unteren Heizwerten.
- Kurzbericht zur Darstellung der Vorgehensweise und der Ergebnisse.

Analysen des biogenen Anteils in Altholz- und Klärschlammproben wurden im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht durchgeführt.

2 Ergebnisse

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden verschiedene Quellen recherchiert und ausgewertet (vgl. Kap. 3). Darüber hinaus wurden beim Auftraggeber vorliegende Informationen in die Bearbeitung einbezogen und Telefonate mit Fachleuten geführt. Insgesamt ist festzuhalten, dass vor allem zu energiebezogenen biogenen Anteilen in Klärschlämmen und Althölzern, eine nur unzureichende Datenlage vorhanden ist¹. Dieses liegt u. E. an den vorhandenen Einstufungen dieser Stoffe im Rahmen der rechtlichen Vorgaben in Bezug auf Erneuerbare Energien und den Emissionshandel. So wurden Klärschlämme und auch Althölzer in früheren Verordnungen als 100 % Biomasse eingestuft. In Vorläuferversionen des Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) und der Biomasseverordnung wurde Altholz z. B. vollständig als Biomasse im Sinne der Regelungen angesehen und dessen Einsatz nach dem EEG gefördert. Mit der Novellierung des EEG im Jahr 2012, nach der die Altholzverwertung nicht mehr gefördert wird, wurde auch die zugehörige Biomasseverordnung dahingehend geändert, dass Klärschlämme im Sinne der Klärschlammverordnung und Altholz nicht mehr als Biomassen im Sinne der Biomasseverordnung angesehen werden² (§ 3 Nr. 4, Nr. 6, BiomasseV, (Bundesregierung, 2014)). Eine Bestimmung der biogenen Anteile im Rahmen des EEG war und ist hier somit rechtlich nicht erforderlich.

Bei der Bilanzierung des Treibhauseffektes im Rahmen des Emissionshandels werden CO₂-Emissionen aus nachwachsenden Rohstoffen nicht angerechnet, so dass für diese auch keine CO₂-Zertifikate benötigt werden. Beispiele für biogene Brennstoffe sind Industrieresthölzer, Altholz, holzartige Abfälle aus der Papierindustrie und auch Klärschlamm. Nach dieser Definition wurden die mittleren Biomassegehalte in diesen alternativen Brennstoffen bis 2012 jeweils zu 100 % angesetzt (Zunzer, Oerter, Kahr, 2012 b).

In der im Jahr 2012 erlassenen Verordnung (EU) Nr. 601/2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen wird unter „Biomasse“

¹ Massenbezogene und kohlenstoffbezogene biogene Anteile in Klärschlamm und Altholz sind aufgrund der Vorgaben des Emissionshandels eher zu finden.

² Von dieser Einschätzung ausgenommen ist lediglich Industrierestholz

unter anderem der biologisch abbaubare Teil von Abfällen aus Industrie und Haushalten verstanden (Artikel 3 Nr. 20). In der Folge sind die hier betrachteten Abfallströme nicht mehr automatisch vollständig als Biomasse anerkannt, so dass die biologisch abbaubaren Teile von Klärschlämmen und Althölzern für den Emissionshandel festzulegen oder regelmäßig nachzuweisen sind.

Die Verfahren zur Bestimmung des Biomasse-Anteils in festen Sekundärbrennstoffen sind in der europäischen Norm DIN EN 15440:2011 festgelegt (DIN, 2011). Hiernach kann der biogene Anteil bezogen auf die Masse, den Energieinhalt (Brennwert oder Heizwert) und den Kohlenstoffgehalt angegeben werden. Insgesamt stehen für die Bestimmung des Gehaltes an Biomasse die nachfolgenden drei Verfahren zur Verfügung:

- 1) Manuelle Sortierung (MS)
- 2) Selektive Auflösung (SDM)
- 3) ¹⁴C-Verfahren.

Nach Anhang E dieser Norm werden u. a. industrielle Holzabfälle, Gebrauchtholz³ sowie Erzeugnisse und Nebenerzeugnisse aus der Holzverarbeitung und auch Klärschlamm zunächst als 100 % Biomasse betrachtet und sind mit einem Emissionsfaktor von 0 t CO₂/TJ oder t oder m³ zu gewichten. Einschränkend wird aber darauf hingewiesen, dass fossile Anteile der aufgeführten Stoffe nicht als Biomasse zu betrachten sind (DIN, 2011).

2.1 Klärschlammeigenschaften

Klärschlamm ist nach § 2 AbfKlärV definiert als der bei der Behandlung von Abwasser in Abwasserbehandlungsanlagen einschließlich zugehöriger Anlagen zur weitergehenden Abwasserreinigung anfallender Schlamm, auch entwässert, getrocknet oder in sonstiger Form behandelt. Kommunale Klärschlämme werden in der Regel gemäß Abfallverzeichnisverordnung (AVV) der Abfallschlüsselnummer 19 08 05 „Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser“ zugeordnet. Klärschlamm ist ein niederkalorischer Brennstoff mit zumeist hohem Wasser- und Mineralikgehalt (DWA, 2012). Neben dem Aschegehalt, der sich auf den massenbezogenen biogenen Anteil auswirkt, können darüber hinaus auch sog. Polymere enthalten sein, die sich auf den biogenen Kohlenstoffgehalt auswirken, da dieses aus Erdöl hergestellte langkettige Verbindungen sind, die i. d. R. zur effizienten maschinellen Entwässerung eingesetzt werden (DWA 2010). Diese Entwässerung der Klärschlämme ist auch für die thermische Verwertung sinnvoll; in Abhängigkeit der Entwässerungsart wird dabei auch die Klärschlammmasse deutlich reduziert.

³ Gebrauchte Erzeugnisse aus Holz, Holzwerkstoffen

Mit einer mechanischen Entwässerung können Trockensubstanzgehalte von bis zu 40 Masse-% erreicht werden. Thermische Trocknungen ermöglichen Trockensubstanzgehalte von ≥ 90 Masse-%. (vgl. Abbildung 1).

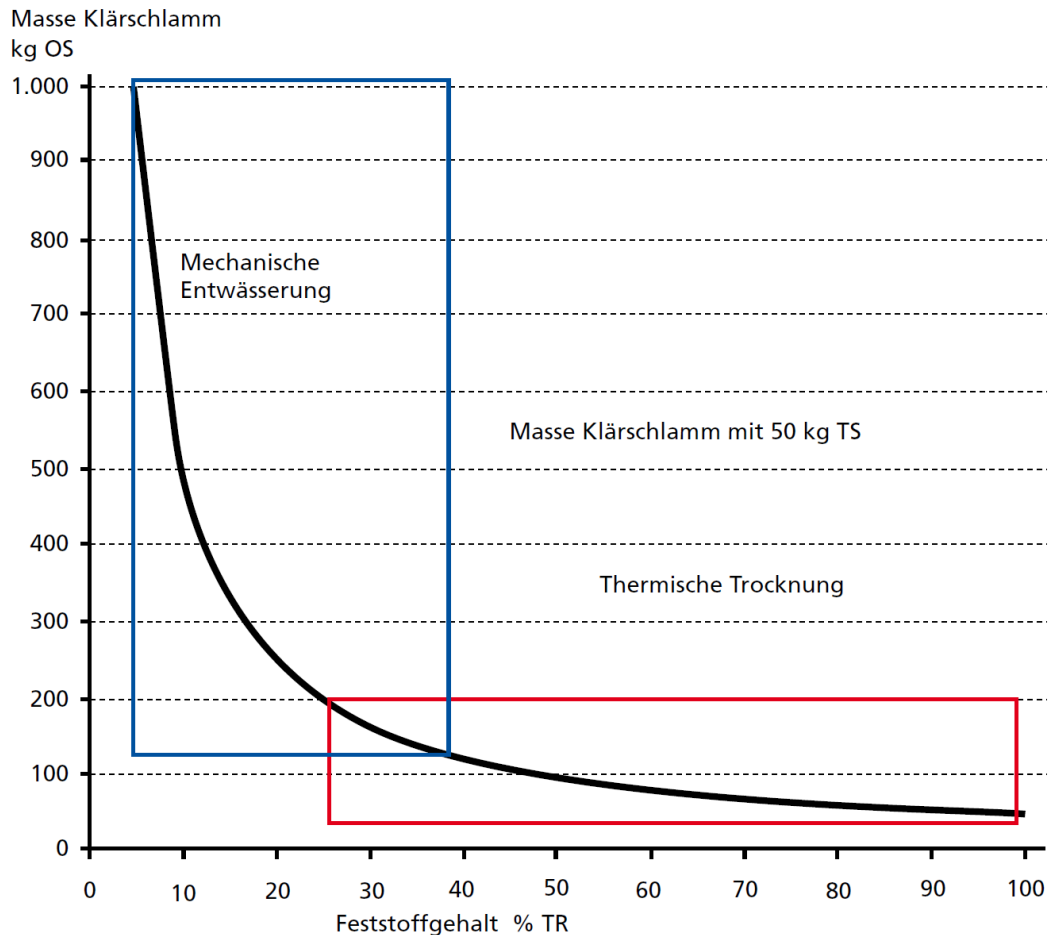


Abbildung 1 Massenreduktion durch unterschiedliche Entwässerungsarten (Lehrmann, 2013)

• Heizwerte und Wassergehalte in Klärschlämmen

Mit Klärschlämmen ist eine selbstgängige Verbrennung ohne Zusatzenergie und ohne Verbrennungsluftvorwärmung ab einem unteren Heizwert von ca. 4,5 MJ/kg möglich, was je nach Schlammqualität einem Trockensubstanzgehalt von ca. 40 – 50 % entspricht (Lehrmann, 2013). In Abhängigkeit des Faulgrades und somit des Anteils organischer Substanz im Klärschlamm werden diese Trockensubstanzgehalte auch von anderen Autoren beschrieben (LANUV 2014). Den Zusammenhang zwischen Wasser-, Aschegehalt und Heizwert verdeutlicht nachfolgende Abbildung 2 beispielhaft.

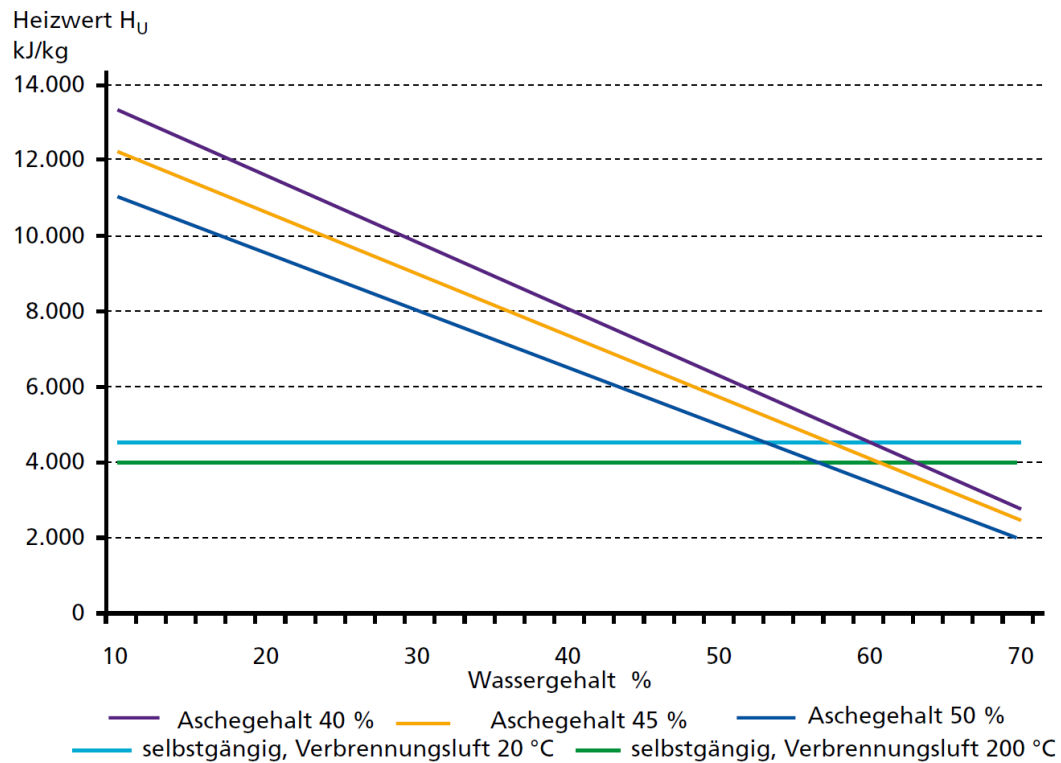


Abbildung 2 Heizwerterhöhung durch Entwässerung und Trocknung (Lehrmann, 2013)

Nachfolgend sind relevante Ergebnisse der Recherche zu Wassergehalten und Heizwerten in Klärschlämmen zusammenfassend dargestellt (vgl. Tabelle 2).

Mechanisch entwässerte Klärschlämme weisen demnach in Abhängigkeit des Wasser- und des Aschegehaltes⁴ Heizwerte von 1 – 3,5 MJ/kg OS auf, wohingegen vollgetrocknete Klärschlämme Heizwerte von 10,0 – 12,0 MJ/kg OS erreichen können (DWA, 2012, Hoffmann et al., 2010). Auch im aktuellen nationalen Inventarbericht für den Emissionshandel werden sehr breite Heizwertspannen von < 1 MJ/kg bis 18 MJ/kg für Klärschlamm angegeben, da diese sowohl im Originalzustand als auch im getrockneten Zustand eingesetzt werden (Umweltbundesamt, 2016).

⁴ Aschegehalte in Klärschlämmen liegen zwischen 35 und 60 % TS (DWA, 2012).

Tabelle 2 Zusammenfassung der recherchierten Wassergehalte und Heizwerte in Klärschlämmen

Entwässerungs- grad	Trocken- rückstand	Wasser- gehalt	Heizwert	Quelle
	[% FS]	[% FS]	[MJ/kg OS]	
entwässert	20 - 35	65 - 80	1,0 – 3,5	DWA, 2012
entwässert	22	78	1,5	Friedrich et al. (2013)
entwässert	20 - 35	65 -80	2,5	Geyer (o. J.)
entwässert	30	70	2,6	Hoffmann, Wünsch et al. (2010)
entwässert, nicht ausgefäult	25	75	1,25	TB Stubenvoll (o. J.)
entwässert	20 – 35	65 – 80	1,0 – 3,5	Spanne
Solare und ther- mische Trock- nung	> 60	< 40	> 6,0	Glatzer, Friedrich (2015)
Kontaktrockner	>48	< 52	> 4,0	Glatzer, Friedrich (2015)
Scheibentrockner	> 40	< 60	>3,0	Glatzer, Friedrich (2015)
getrocknet	70	30	7,9	Friedrich et al. (2013)
getrocknet	35 – 85	15 – 65	3,5 – 7,0	DWA (2012)
getrocknet	40 - 50	50 - 60	4,5	Lehrmann (2013)
getrocknet	35 – 85	15 – 65	3,5 – 7,9	Spanne
vollgetrocknet	> 90	< 10	8,0 – 11,0	Geyer (o. J.)
vollgetrocknet	> 85	< 15	10,0 – 12,0	DWA (2012)
vollgetrocknet	> 85 - > 90	< 10 - < 15	8,0 – 12,0	Spanne

In thermischen Abfallbehandlungsanlagen kann Klärschlamm mit allen in Tabelle 2 dargestellten Entwässerungsgraden zusammen mit Siedlungsabfällen aufgegeben werden (Lehrmann, 2013). Vor diesem Hintergrund ist es sinnvoll, jeweils die genannten Spannen für die Wassergehalte und Heizwerte für den Herkunftsnachweis für Strom aus erneuerbaren Energien zu nutzen (vgl. Kapitel 3).

• Biogene Anteile in Klärschlämmen

Wie bereits dargestellt, ist die Datenlage zu biogenen Anteilen in Klärschlämmen insgesamt sehr dünn (vgl. Kap. 2). **Energiebezogene biogene Anteile** konnten nicht recherchiert werden. Wenn biogene Anteile bestimmt werden, dann werden sie i. d. R. massen- oder kohlenstoffbezogen ausgewiesen.

Laut UBA (2004, zit. in Hoffmann, Wünsch et al., 2010) werden für den **massenbezogenen biogenen Anteil** in Klärschlamm Schwankungsbreiten zwischen 45 und 95

Masse-% angegeben, wobei der biogene Anteil im kommunalen Klärschlamm ca. 60 Massen-% betragen soll (Faulstich et al., 2008, zit. in Hoffmann, Wunsch et al., 2010).

Biogene Kohlenstoffgehalte in Klärschlämmen wurden in einem Forschungsvorhaben zu den Möglichkeiten und Grenzen einer Biomassebestimmung durch eine Probenahme am Kamin durch die European Cement Research Academy ermittelt. Während einer Versuchskampagne betrug der biogene Kohlenstoffgehalt im Klärschlamm ca. 80 % (Zunzer, Oerter, Kahr, 2012a). Darüber hinaus wurden für das Jahr 2015 biogene Kohlenstoffgehalte in Klärschlämmen zusammengestellt, die eine Spanne von 72 und 99 % ausweisen und die meisten der dargestellten biogenen Kohlenstoffgehalte > 80 % liegen (vgl. Abbildung 3).

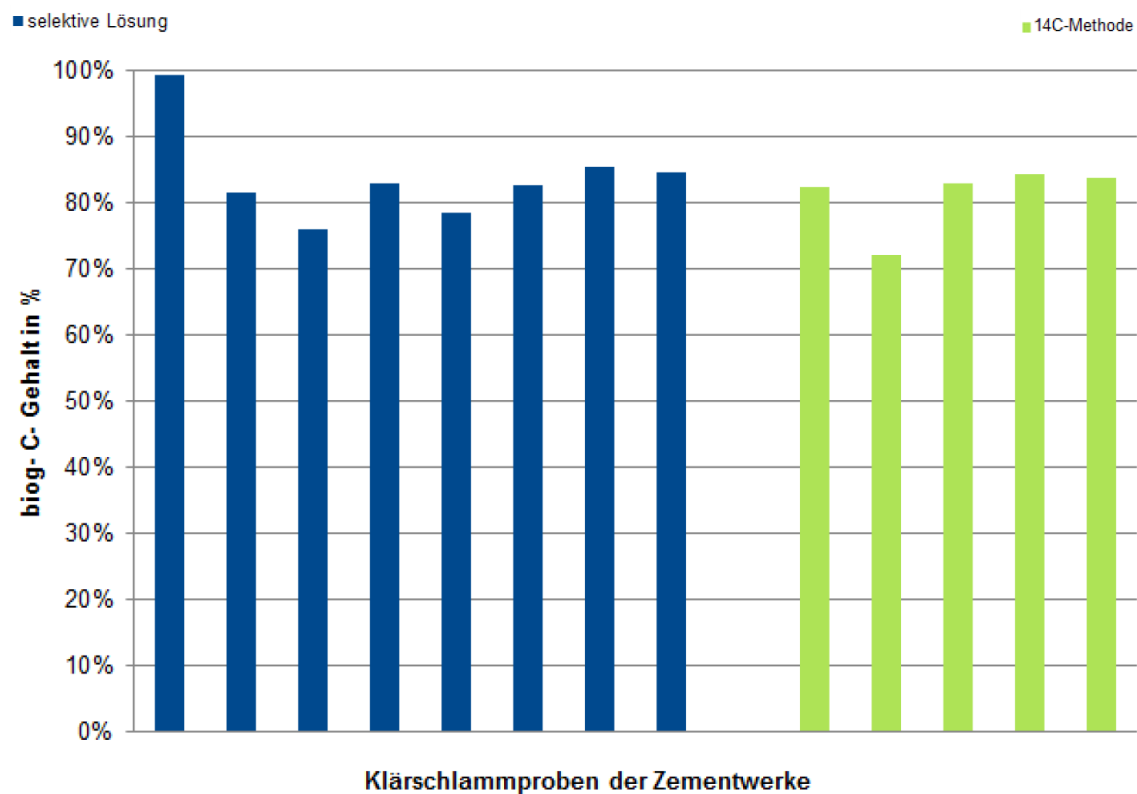


Abbildung 3: Analysenergebnisse für biogene Kohlenstoffgehalte in Klärschlämmen (VDZ, 2016)

Darüber hinaus hat das Umweltbundesamt ein Projekt „Bestimmung der biogenen Kohlenstoffgehalte von Klärschlamm und Faulgas und Untersuchung von Abhängigkeiten zu Kläranlagen-Basisdaten, Abwasserwerten und Klärschlammzusammensetzung“ (Projektnummer 59766) durchführen lassen (Lorenz et al., 2016). Hier wurden für Kläranlagen mit einem gewerblichen Anteil < 45 % ein biogener Kohlenstoffanteil von

ca. 80 % (gewichteter Mittelwert) ermittelt. Steigen die gewerblichen Abwässer in einer Kläranlage auf > 45 %, so sinken i. d. R, die biogenen Kohlenstoffanteile.

2.2 Altholz

Altholz ist nach § 2 Nr. 1 der Altholzverordnung definiert als Industrierestholz⁵ und Gebrauchtholz⁶, soweit diese Abfall im Sinne des § 3 Absatz 1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind. Dabei werden in der Altholzverordnung 4 Altholzkategorien unterschieden:

- Altholzkategorie A I
naturbelassenes oder nur mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde,
- Altholzkategorie A II
verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel
- Altholzkategorie A III
Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel,
- Altholzkategorie A IV
mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz;

Althölzer der Kategorien I und II können einer stofflichen und /oder energetischen Verwertung zugeführt werden. Althölzer der Kategorien III und IV dürfen nach der Altholzverordnung ausschließlich energetisch verwertet werden.

2.2.1 Heizwerte und Wassergehalte in Altholz

Altholz und Holzabfälle weisen in der Regel vergleichsweise geringe Wassergehalte von ca. 5 bis 20 % und eine Heizwertspanne von 11 bis 20 MJ/kg auf (vgl. Abbildung 4).

⁵ Industrierestholz: Betrieben der Holzbe- oder -verarbeitung anfallende Holzreste und Holzwerkstoffreste sowie anfallende Verbundstoffe mit überwiegendem Holzanteil (mehr als 50 Masseprozent) (§ 2 Nr. 2 AltholzV)

⁶ Gebrauchtholz: gebrauchte Erzeugnisse aus Massivholz, Holzwerkstoffen oder aus Verbundstoffen mit überwiegendem Holzanteil (mehr als 50 Masseprozent) (§ 2 Nr. 3 AltholzV)

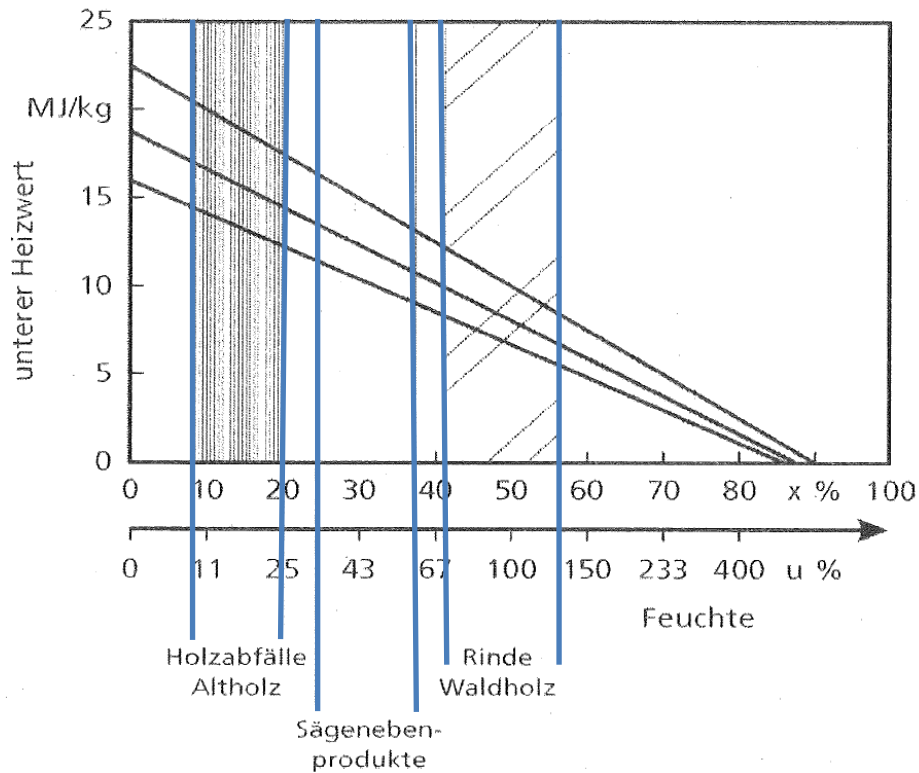


Abbildung 4: Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt u bzw. vom Wassergehalt x (Marutzky, 2004)

Nachfolgend sind relevante Ergebnisse der Recherche zu Wassergehalten und Heizwerten in Altholz zusammenfassend dargestellt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 3 Zusammenfassung der recherchierten Wassergehalte und Heizwerte in Altholz

Altholz	Trockenrückstand	Wassergehalt	Heizwert	Quelle
	[% FS]	[% FS]	[MJ/kg OS]	
Altholz	80 – 90	10 – 20	11 – 20	Marutzky (2004)
Altholz	85	15	16	Hoffmann, Wunsch et al. (2010)
Biomasse- und Altholzheizkraftwerke			11 – 14,4	Simon et al. (2008)
Holz	80	20	14,4	Agrarplus (o. J.)
Holz	k. A.	k. A.	14,6	Netzwerk Energieberater (o. J.)
Spanne	80 – 90	10 – 20	11,0 – 20,0 (15,5)	

Die Verordnung Nr. 601/2012 der Kommission über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen setzt für Holz/Holzabfälle einen unteren Heizwert von 15,6 MJ/kg an (vgl. Anhang VI Verordnung Nr. 601/2012).

Insgesamt wird der Heizwert realer Holzbrennstoffe durch den Gehalt an Wasser und an mineralischen Begleitstoffen vermindert. Letztere führen darüber hinaus zu einem höheren Ascheanfall. Verunreinigte Bauabbruchhölzer weisen z. B. bis ca. 10 % an mineralischen Bestandteilen auf. (Marutzky, 2004). Für die Bestimmung des biogenen Massenanteils sind diese erhöhten Aschegehalte entsprechend zu berücksichtigen; für die biogenen Kohlenstoff- oder Energiegehalte können sie dagegen vernachlässigt werden.

2.2.2 Biogene Anteile in Altholz

Im Rahmen der Entwicklung der Methode zur Bestimmung des biogenen Anteils mittels selektivem Aufschluss wurden bereits Untersuchungen mit verschiedensten Biomassen durchgeführt, um die Unsicherheit der Methode zu ermitteln. Hierbei wurden u. a. die in nachfolgender Tabelle dargestellten holzartigen Materialien untersucht (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Darstellung der Unsicherheiten der selektiven Aufschlussmethode für verschiedene holzartige Materialien (CEN TC 343, 2005)

Material	Biogener Anteil (x_{Biomasse}) nach selektivem Aufschluss [% TR]
Kiefernholz	100
Fichte / Tanne	100
Eiche	100
MDF Reste	99
Altholzpellets	98
Weide	98

Massenbezogene biogene Anteile von naturbelassenen Hölzern (mit Ausnahme von Weide) liegen demnach bei 100 Masse-%. Für MDF-Reste wurde ein biogener Anteil von 99 Masse-% und für Altholzpellets ein biogener Anteil von 98 Masse-% ermittelt. Lechtenböhmer et al. (2006) haben für ihre Herleitung des CO₂-Emissionsfaktors von Holzabfällen biogene C-Gehalte von 100 % angesetzt. Auch andere Autoren setzen für Altholz einen biogenen Anteil von 100 % an (Hoffmann, Wunsch et al., 2010).

In einem Ringversuch während der Methodenentwicklung zur Bestimmung des biogenen Anteils in Ersatzbrennstoffen wurden neben anderen Materialien auch Bau- und

Abbruchholz als Ringversuchsprobe berücksichtigt, in der biogene Anteile von 92,5 bis 94,8 Masse-%, im Mittel 94,2 Masse-%, ermittelt wurde (Flamme, Hams, 2007).

Vogt et al. (2013) nutzen bei ihren Berechnungen für Althölzer dagegen einen fossilen Kohlenstoffanteil von 1 % (d. h. einen **biogenen Kohlenstoffanteil** von 99 %).

Neben mineralischen Verunreinigungen oder Metallen, die für den kohlenstoff- oder energiebezogenen biogenen Anteil nicht relevant sind, können nicht naturbelassene Hölzer und Holzwerkstoffe weitere holzfremde Bestandteile enthalten wie

- Metalle
- Pigmente
- Füllstoffe, Kleber

Da in diesen Stoffen fossiler Kohlenstoff enthalten ist, sind sie für den kohlenstoff- oder energiebezogenen biogenen Anteil zu berücksichtigen.

Nachfolgend wird der biogene Anteil in Altholz beispielhaft abgeschätzt.

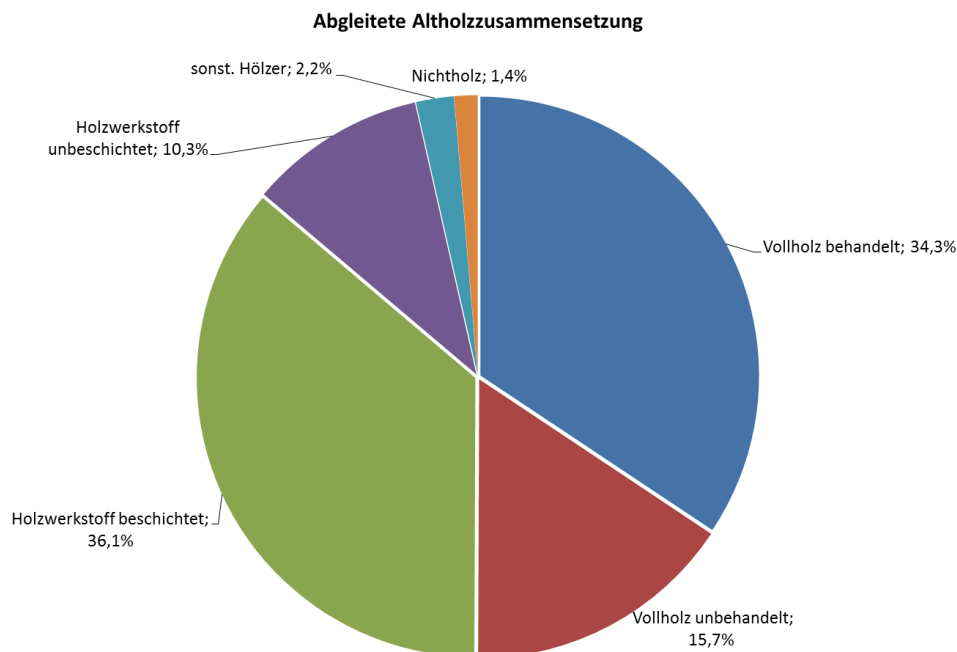


Abbildung 5: abgeleitete Altholzzusammensetzung (ohne Sperrmüll; eigene Auswertung nach Bahadir et al., 2001)

Grundlage hierfür ist eine aus realen Sortieranalysen abgeleitete Zusammensetzung von Altholz (vgl. Abbildung 5). Für die Ableitung des kohlenstoffbezogenen biogenen Anteils sind vor allem die Fraktionen „Vollholz behandelt“ sowie die „Holzwerkstoffe

beschichtet und unbeschichtet“ zu betrachten, da sie fossile Kohlenstoffanteile enthalten. Zur Abschätzung des kohlenstoffbezogenen biogenen Anteils wurden darüber hinaus folgende Annahmen getroffen

- Vollholz⁶ unbehandelt: 100 Massen-% biogener Kohlenstoff,
- Holzwerkstoffe⁷: Beleimungsfaktor 10 Massen-%; Kohlenstoffanteil im aufgebrauchten Leim 20 Massen-%⁸,
- Nichtholz wird mit 0 % angerechnet.

Für die in Abbildung 5 dargestellte Altholzzusammensetzung ergab sich so ein biogener Kohlenstoffanteil von 96 %, der innerhalb der Spanne für Altholz hackschnitzel (ca. 93 – 97 %) liegt⁹.

Energiebezogene biogene Anteile konnten für Althölzer nicht recherchiert werden.

3 Vorschlag für das weitere Vorgehen

Wie bereits erläutert, ist die öffentlich verfügbare Datenlage für biogene Anteile in Klärschlamm und Althölzern insgesamt unzureichend. Energiebezogene biogene Anteile sind im Rahmen der durchgeführten Recherche nicht gefunden worden. Wenn überhaupt, so sind biogene Anteile bezogen auf die Masse oder den Kohlenstoffgehalt veröffentlicht. Wesentliche „Lieferanten“ für nicht-biogenen Kohlenstoff in Holzwerkstoffen sind i. W. Leim und Beschichtungen; bei Klärschlämmen können nicht-biogene Kohlenstoffgehalte z. B. über Polymere für die Entwässerung eingetragen werden.

Auf Grundlage der Rechercheergebnisse werden für die biogenen Anteile zunächst lediglich biogene Kohlenstoffgehalte ausgewiesen (vgl. Tabelle 5). Für Klärschlamm wurden hierbei zunächst zwei Wassergehalte beispielhaft ausgewählt (60 % für mechanisch entwässerten und teilgetrockneten sowie < 15 % für getrockneten Klärschlamm), da dieses u. E. realistische Ansätze für die in thermischen Abfallbehandlungsanlagen eingesetzten Klärschlämme sind. Sollen andere Wassergehalte angesetzt werden, so können die zugehörigen Heizwerte z. B. mit Hilfe von Abbildung 2 abgeschätzt oder durch eine Heizwertbestimmung ermittelt werden. Da der Wassergehalt beim kohlenstoffbezogenen biogenen Anteil nicht relevant ist, haben unterschiedliche Wassergehalte auf diesen Parameter keinen Einfluss.

⁷ Vollholz behandelt und Holzwerkstoffe beschichtet werden im Sinne eines „worst case“ mit denselben Annahmen berücksichtigt

⁸ Leim auf Harnstoffbasis

⁹ Persönliche Mitteilung Altholzverwerter

Tabelle 5: Vorschlag für biogene Anteile und untere Heizwerte

Abfallbezeichnung	Wassergehalt [%]	Kohlenstoffbezogener biogener Anteil [%]	Unterer Heizwert der Originalsubstanz [MJ/kg OS]
Klärschlamm ¹ (kommunal)	60	80 - 85	4,5
	≤ 15	80 - 85	11
Altholz	≤15	90 - 95	15

1: nicht für industrielle Klärschlämme

Dabei entspricht der untere Wert der für Klärschlamm dargestellten Spanne dem Vorschlag, der im Rahmen des UBA-Projektes 59766 für die Charakterisierung von Klärschlämmen entwickelt wurde. Hier wurde für Kläranlagen mit weniger als 45 % gewerblichen Abwässern ein gewichteter Mittelwert von ca. 80 % an biogenem Kohlenstoff vorgeschlagen.

Soll der kohlenstoffbezogene biogene Anteil konservativ festgelegt werden, so könnte jeweils der untere Wert der in Tabelle 5 dargestellten Spanne angesetzt werden, d. h. für Klärschlamm einen biogenen Anteil von 80 % und für Altholz einen biogenen Anteil von 90 %.

Da Kohlenstoff neben Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel den Heizwert eines Materials bestimmt, korrelieren der Heizwert und der Kohlenstoffgehalt eines Materials grundsätzlich miteinander. Somit stehen auch die kohlenstoff- und die heizwertbezogenen biogenen Anteile in einem Verhältnis zueinander. Nachfolgende Abbildung 6 zeigt dieses beispielhaft für den biogenen Anteil in einem Sekundärbrennstoff.

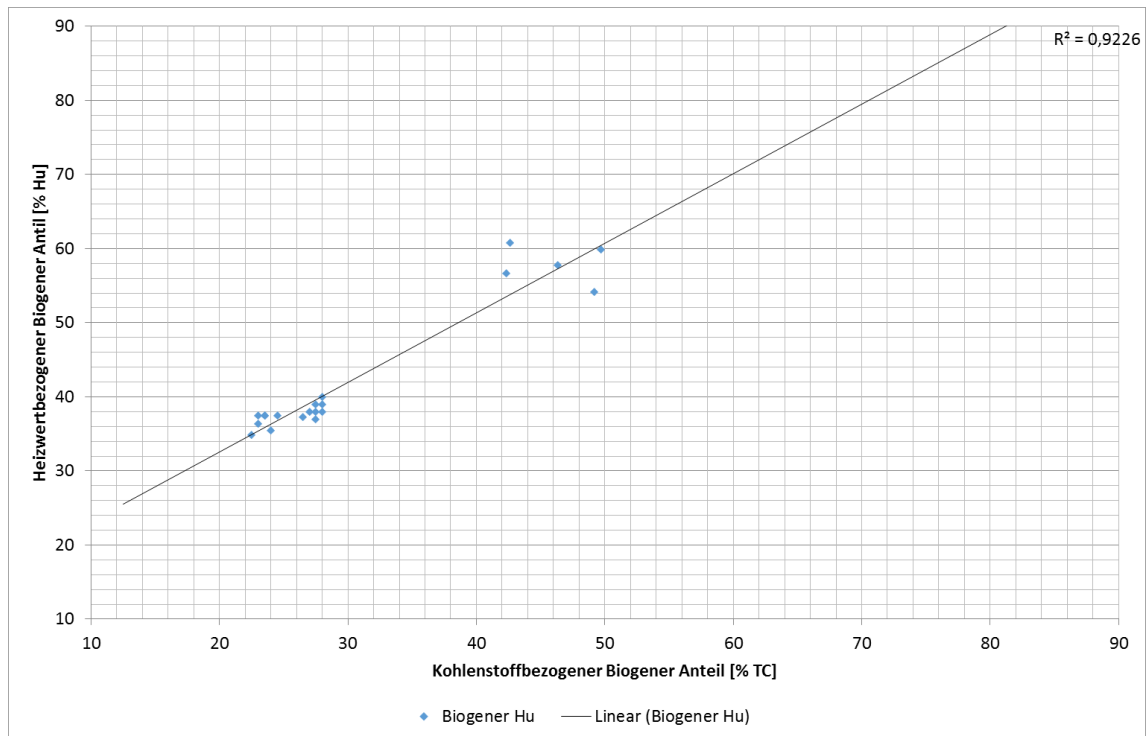


Abbildung 6 Verhältnis zwischen kohlenstoff- und heizwertbezogenem biogenen Anteil in Sekundärbrennstoff (ausgewertet aus Ciceri et al., 2007)

In diesem Fall entspricht ein biogener Kohlenstoffgehalt von ca. 50 % beispielsweise einem heizwertbezogenen biogenen Anteil von ca. 60 %.

In welchem Verhältnis die biogenen Kohlenstoffgehalte in Klärschlamm und Altholz auf einen heizwertbezogenen biogenen Anteil zu übertragen sind, ist u. E. durch entsprechende exemplarische Analysen zu überprüfen. Darüber hinaus wäre es sinnvoll, die über Analysen nachgewiesenen biogenen Anteile in der Folgezeit zentral zu sammeln und die in Tabelle 5 dargestellten Werte bei belastbarer Datenbasis entsprechend anzupassen.

4 Ausgewertete Quellen

Agrarplus (o. J.):

Faustzahlen, Kennzahlen aus dem Bioenergie- und NAWARO-Bereich.
<http://www.agrarplus.at/heizwerte-aequivalente.html>

Bahadir, Müfit; Flamme, Sabine; Hams, Sigrid; Kübler, Jürgen; Löbe, Klaus; Lucht, Hartmut; Morak, Andras; Peylo, André; Schneider, Klaus; Stratesteffen, Thomas; Thurmman, Ulrike; Wagner, Steffen; Weis, Norbert (2001):

Schnellerkennung von Holzschutzmitteln in Altholz. Initiativen zum Umweltschutz 27, Lay, Jan Peter; Stock, Reinhard (Hrsg.). ISBN 3 503 06005 7. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2001

Brandt, Simone (2011):

Nutzung von Klärschlamm als Rohstoffquelle- Aktueller Stand in Deutschland und in der Europäischen Union sowie Perspektiven für die Zukunft. Masterarbeit ZQS Studiengang Umweltschutz, Universität Rostock, 2011

Bundesregierung (2014):

Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung-BiomasseV) vom 21.06.2001; zuletzt geändert durch Art. 12 G v. 21.07.2014 | 1066

Cakir, Ugur (o. J.):

CAKIR – Trocknungsverfahren, Ökologische und Ökonomische Klärschlamm-trocknung nach dem CAKIR-Verfahren. www.klaerwerk.info, Download vom 21.03.2016

CEN/TC 343 (2005):

CEN/TC 343 WI. 7: Solid recovered fuels – Method for the determination of biomass content, Stand 2005-01

Ciceri, Giovanni; Negri, Antonio Nicola (Hrsg.) (2007):

QUOVADIS Quality Management, Organisation, Validation of Standards, Developments and Inquiries for SRF. Project number: EIE 2003 031 – Grant Agreement EIE/031/S07.38597. Publishable result-oriented report. WP 1 – Co-ordination and Management. Deliverable D 1.9, Progressive Number 4, Dezember 2007

DEHSt (Deutsche Emissionshandelsstelle) (2011):

Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes (TEHG) für die Zuteilungsperiode 2013-2020: Hinweise der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt), www.dehst.de, Stand 24.11.2001

Dehoust, Günter; Schüler, Doris; Vogt, Regine; Giegerich, Jürgen (2010):

Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft- Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Förderkennzeichen 3708 31 302 UBA-FB 003147. UBA-Texte 06/2010. Umweltbundesamt (Hrsg.), ISSN 1862-4804 Dessau-Rosslau, 2010

DIN (2011):

DIN EN 15440. Feste Sekundärbrennstoffe – Verfahren zur Bestimmung des Gehaltes an Biomasse; Deutsche Fassung EN 15440:2011, Mai 2011

DWA (2010):

DWA-Positionen zur Klärschlamm Entsorgung: Ressourcen durch Kreislaufführung von Nährstoffen schonen, Landwirtschaftliche Verwertung geeigneter Klärschlämme fortsetzen, Qualitätssicherungssysteme etablieren, Thermische Behandlung als Entsorgungsoption nutzen, Verfahren zur Phosphorrückgewinnung weiter entwickeln, Rechtliche Rahmenbedingungen praxistauglich gestalten, Stand Juni 2010

DWA (2012):

Merkblatt DWA-M 387 Thermische Behandlung von Klärschlämmen – Mitverbrennung in Kraftwerken. DWA-Regelwerk. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.). ISBN: 978-3 942964-29-6, Hennef, 2012

Europäische Union (2007):

Entscheidung der Kommission vom 18. Juli 2007 zur Festlegung von Leitlinien für die Überwachung und Berichterstattung betreffend Treibhausgasemissionen im Sinne der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (Monitoring-Leitlinien). (Bekannt unter Aktenzeichen K(2007) 3416). (2007/589/EG)
Amtsblatt der Europäischen Union L229/1 vom 31.08.2007

Europäische Union (2009):

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 des Rates, Juni 2012

Fehrenbach, Horst; Köppen, Susanne; Markwardt, Stefanie; Vogt, Regine (2016): Aktualisierung der Eingangsdaten und Emissionsbilanzen wesentlicher biogener Energienutzungspfade (BioEm), Projekt-Nr. 28232, UFO-FB 002282, im Auftrag des Umweltbundesamtes (Hrsg.), UBA Texte 9/2016, Dessau-Roßlau, Februar 2016

Flamme, Sabine, Hams, Sigrid (2007):

Final Activity Report INFA GmbH for the QUOVADIS-Project, unveröffentlicht, 2007

Flamme, Sabine; Hams, Sigrid (2008):

Bestimmung des biogenen Anteils in Ersatzbrennstoffen. In Müllhandbuch Kennzahl 1667, MuA Lfg. 5/08, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin, 2008

Friedrich, Michael; Kolisch, Gerd; Osthoff, Th. (2013):

Zukunftsfähige Behandlung und Entsorgung von Klärschlamm in Mecklenburg- Vorpommern. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz MV, Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus MV (Hrsg.), Schwerin, 2013

Friedrich, Hannelore; Schwarz, Björn (2009):

Klärschlamm- ein viel versprechendes Co-Substrat?. Präsentation Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Leipziger Biogas-Fachgespräch, Leipzig, 29.04.2009

GDV (Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft, Hrsg.) (2005):

Einsatz von Ersatzbrennstoffen in kohlebefeuerten Kraftwerken. Merkblatt zur Schadstoffverhütung. Verlag VdS Schadenverhütung GmbH, VdS 3446:2005-08 (01), Köln, 2005

Glatzer, Andreas; Friedrich, Michael (2015):

Klärschlammverbrennung- Monoverbrennung- wirtschaftliche und technische Grenzen. Vortrag im Rahmen des 1. DWA-Netzwerktages Klärschlammnetzwerk Nord-Ost, Berlin-Steglitz, 09.09.2015

Geyer, Jürgen (2013):

Klärschlamm-trocknung in Deutschland- Stand und Perspektiven. In: Thomé-Kozmiensky, Karl; Beckmann, Michael (Hrsg.) Energie aus Abfall, Band 10, VIVIS-Verlag, ISBN: 978-3-935317-92-4, S. 927 ff., 2013

Hoffmann, Gaston; Wünsch, Christoph; Brunn, Lilly, Schnapke, Antje; Schingnitz, Daniel; Günther, Marko; Baumann, Janett; Wagner, Jörg; Bilitewski, Bernd (2010):

Nutzung der Potenziale des biogenen Anteil im Abfall zur Energieerzeugung und Begleitthefte zur Darstellung der Vorgehensweise zur Datenrecherche sowie der umfassenden Rechercheergebnisse. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Förderkennzeichen (UFOPLAN) 3707 33 303, 2010.

LANUV NRW (2014):

Potenzialstudie Erneuerbare Energien in NRW. Teil 3 – Biomasse-Energie. LANUV Fachbericht 40. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, 2014

LANUV NRW (o. J.):

Abfallsteckbrief „Altholz“. Informationsportal zur Abfallbewertung, IPA, www.abfallbewertung.org, Download vom 18.04.2016

LANUV NRW (o. J.):

Abfallsteckbrief „1908 Behandlung von industriellem Abwasser“. Informationsportal zur Abfallbewertung, IPA, www.abfallbewertung.org, Download vom 18.04.2016

Lechtenböhmer, Stefan; Nanning, Sabine; Hillebrand, Bernhard; Buttermann, Hans-Georg (2006):

Einsatz von Sekundärbrennstoffen Forschungsbericht 204 42 203/02 UBA-FB 000893, UBA-Texte 07/06 ISSN: 1862-4804, Im Auftrag des Umweltbundesamt, Dessau, März 2006

Lehrmann, Falko (2013):

Überblick über die thermische Klärschlammbehandlung – Trocknung, Monoverbrennung und Mitverbrennung. In: Thomé-Kozmiensky, Karl; Beckmann, Michael (Hrsg.) Energie aus Abfall, Band 10, VIVIS-Verlag, ISBN: 978-3-935317-92-4, S. 901 ff., 2013

Lohmann, Martin (2009):

Energiebilanz einer Klärschlamm-trocknung. Vortrag im Rahmen der 18. Jahrestagung des FV Biogas e. V., Workshop Nr. 3 Wärmenutzung bei Biogasanlagen, 03.02.2009

Loll, Ulrich (2000):

Konditionierung von Klärschlämmen und anderen biogenen Abfällen zur stofflichen Verwertung bzw. energetischen Nutzung. In: TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 1, 9. Jg., S. 44 ff.; März 2000

Lorenz, G. D.; Voerkelius, S.; Huxol, S. (2016):

Bestimmung der biogenen Kohlenstoffgehalte von Klärschlamm und Faulgas und Untersuchung von Abhängigkeiten zu Kläranlagen-Basisdaten, Abwasserwerten und Klärschlammzusammensetzung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Projektnummer: 59766, Juni 2016

Magdziarz, Aneta; Wilk, Małgorzata (2013):

Thermal characteristics of the combustion process of biomass and sewage sludge. In: J. Therm. Anal. Calorim (2013): 114:519-529. dOI 10.1007/S10973-012-2933-y. Springer Verlag, 2013

Marutzky, Rainer (2004):

Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland. Nutzungssituation – Theoretische und reale Potenziale – Qualitäten - Wettbewerbssituation – Preistendenzen. Überarbeitetes und ergänztes Referat zum Seminar „Energetische Biomasseverwertung – Neue Konzepte für den kommunalen und gewerblichen Bereich“ des VDI-Wissensforums am 29. und 30. Januar 2004 in Salzburg, 2004

Moerschner, Johannes; Hartmann, Stefan; Eltrop, Ludger (2003)

Biogene Reststoffe zur energetischen Nutzung: Mengen, Märkte und energetische Potenziale in Baden-Württemberg. IER- Institut für Energiewirtschaft und rationale Energieumwandlung, Universität Stuttgart, OTTI Biomasse, November 2003

Netzwerk Energieberater (o. J.):

Standard-Werte für Heizwerte. <http://www.netzwerk-energieberater.de/wiki/Heizwert>

PONDUS Verfahrenstechnik GmbH (o. J.):

Diagramme und Tabellen aus dem Bereich der Schlammbehandlung, www.pondus-verfahren.de/tabellen1.html Abruf 15.04.2016

Quicker, Peter; Mocker, Mario; Faulstich, Martin (2005):

Aspekte der gemeinsamen Verwertung von Sekundärbrennstoffen und Biomasse. In: Wiemer, Klaus; Kern, Michael (Hrsg.): **Bio- und Restabfallbehandlung IX** biologisch – mechanisch – thermisch, ISBN 3-928673-45-9, Witzenhausen 2005

Quicker, Peter; Neuerburg, Florian, Peña Chipatecua; Guillermo (2011):

Erzeugung und energetische Verwertung von Biobrennstoffen. www.teer.rwth-aachen.de. Vortrag im Rahmen der 12. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, Februar 2011

Rausen, Thomas; Kern, Michael; Koj, Ulla; Wagner, Jana; Hoffmann, Hubertus; Turk, Tom; Einzmann, Ursula (o.J.):

Biomassepotenzialstudie Hessen- Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen Materialband. Im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV)

Reitberger, Franz (2000):

Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Forschungsergebnisse zu Emissionen und Emissionsminderungsmöglichkeiten. Zusammenfassender Bericht zu 15 Teilprojekten im Auftrag des Bayrischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, LfU Bayrisches Landesamt für Umweltschutz, 2000

Simon, Ralf; Christ, Alexander; Deutsch, Martin; Weiher, Roland (2008):

Untersuchung von Biomasse- und Altholz(heiz)kraftwerken im Leistungsbereich 5 bis 20 MWel zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit. VGB-Nr. 302; Abschlussbericht Phase I. Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen, tsb-energie.de; 2008

TBU Stubenvoll GmbH (o. J.):

Klärschlammverbrennung. Präsentation, www.tbu.at , o. J.

Umweltbundesamt (2016):

Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der vereinten Nationen und dem Kyoto Protokoll 2016. Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2014. EU-Submission 15.01.2016

VDZ (2016):

Auswertungen von biogenen Kohlenstoffgehalten in Klärschlämmen. Bereitgestellt durch VDZ, 2016

Vogt, Regine; Reinhardt, Joachim, Ebert, Knud; Wiegel, Ulrich (2013):

Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz 2012 für die Nutzung von Berliner Abfällen als Ressource. Endbericht für die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Referat Kreislaufwirtschaft, Berlin. Heidelberg, Oktober 2013

WVE GmbH Kaiserslautern (o.J.):

Klärschlamm-trocknung-Reststoffverwertung aus der Abwasserbehandlung Kaiserslautern, http://www.wvekl.de/wve_kl_de/regenerative_energien/schlamm-trocknung_wve.html Download vom 15.04.2016

Werle, Sebastian; Dudziak, Mariusz (2014):

Analysis of Organic and Inorganic Contaminants in Dried Sewage Sludge and By-Products of Dried Sewage Sludge Gasification. In: Energies 2014, 7, ISSN 1996-1073, S. 462ff., 2014

Wiechmann, Benjamin; Dienemann, Claudia; Kabbe, Christian; Brandt, Simone; Vogel, Ines; Roskosch, Andrea (2012):

Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 01.06.2012

Zunzer, Ute; Oerter, Martin, Kahr, Gerhard (2012a):

Messtechniken zur Unterscheidung des biogenen und fossilen CO₂-Anteils. Beitrag zur VDI-Fachtagung „Anlagenbezogenes Monitoring“, Nürtingen, November 2012

Zunzer, Ute; Oerter, Martin; Kahr, Gerhard (2012b):

Messtechniken zur Unterscheidung des biogenen und des fossilen CO₂-Anteils in Abgasen. Forschungsinstitut der Zementindustrie; Gerhard Kahr Monitoring Systems. Vortrag bei der VDI-Fachtagung „Anlagenbezogenes Monitoring“, Nürtingen, November 2012.