Abfallwirtschaft und Energie

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Peter Quicker, Alexander Gosten, Ella Stengler



TK Verlag

Stephanie Thiel
Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Peter Quicker
Alexander Gosten
Ella Stengler

Abfallwirtschaft und Energie

Band 1

TK Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, Peter Quicker,
Alexander Gosten, Ella Stengler (Hrsg.):

Abfallwirtschaft und Energie, Band 1

ISBN 978-3-944310-91-6 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag:	Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2024
Redaktion:	Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout:	Martin Graß, Carolin Pawel, Claudia Naumann-Deppe, Cordula Müller, Julia Joschko, Roland Richter, Janin Burbott-Seidel, Lena Stucke

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetze

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

das Cover dieses Buchs signalisiert zwei Neuerungen:

Zum einen: In diesem Jahr beginnen wir die neue Buchreihe *Abfallwirtschaft und Energie,* nachdem die Reihe *Energie aus Abfall* im vergangenen Jahr mit dem Jubiläumsband 20 zum Abschluss gekommen ist.

Und das Zweite: Wir freuen uns sehr, dass Frau Dr. Ella Stengler nunmehr unseren Kreis der Herausgeber erweitert und bereichert, nachdem wir schon auf der BKAWE´23 ankündigen durften, dass sie zukünftig gemeinsam mit Professor Peter Quicker und Dr. Alexander Gosten als Dritte im Bunde die wissenschaftliche Leitung der Konferenz verantwortet.

Bei der Konferenz und damit auch beim begleitenden Buch wechselt von Jahr zu Jahr das an den Anfang gestellte Fokusthema: diesmal ist es der nationale und Europäische Emissionshandel im Kontext der Abfallverbrennung. Weitere aktuelle Themen sind CO_2-Abscheidung und Sektorkopplung, Konsequenzen der IED-Novellierung für Anlagenbetreiber, Kosten zur Umsetzung der BVT-Schlussfolgerungen *Abfallverbrennung* in nationales Recht wie auch die strategische Weiterentwicklung von Anlagenstandorten sowie die Unternehmens- und Personalentwicklung. So fügen sich neue *Puzzleteile* an unsere klassischen Themen – wie Korrosion und Werkstoffe, Abgasreinigung sowie inzwischen auch Digitalisierung –, die seit Jahren gesetzt und nach wie vor für die Praxis hoch relevant sind. Hinzu kommt dieses Jahr zum Abschluss der Konferenz und des Buchs ein Blick in die Zukunft des Recyclings in der Kreislaufwirtschaft, wobei auch das Problem der Kreislaufführung gefährlicher Stoffe *(Risk Cycle)* thematisiert wird.

Das *Puzzle* unseres Kompendiums über Abfallwirtschaft und Energie wächst so von Jahr zu Jahr – im Bücherregal wie auch im digitalen Archiv. Die Online-Wissensplattform allein zu dieser Konferenzreihe umfasst bereits über neunhundert Fachbeiträge.

Möge das vorliegende Buch, ob gedruckte Ausgabe oder E-Book, für Sie relevante Informationen und gute Anregungen liefern und damit von praktischem Nutzen für Ihre Arbeit sein. Wir wünschen Ihnen in diesem Sinne viel Gewinn beim Lesen.

Januar 2024

Professor Dr.-Ing. Peter Quicker *Dr.-Ing. Alexander Gosten* *Dr. Ella Stengler*

Dr.-Ing. Stephanie Thiel *Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.*

Inhaltsverzeichnis

BEHG und Europäischer Emissionshandel

Nationaler Emissionshandel für die Abfallverbrennung
Lisa Feikus, Isabel Kaphahn und Peter Quicker 2

Nationaler und Europäischer Emissionszertifikatehandel aus Betreibersicht
Joachim Manns 28

Immissionsschutz

Was kommt nach der Novellierung der Industrie-Emissionsrichtlinie auf die Anlagenbetreiber zu?
Steffen Wehrens 42

Ermittlung der Erfüllungskosten zur Umsetzung der BVT-Schlussfolgerungen Abfallverbrennung in nationales Recht unter Berücksichtigung von zwei Emissions-Szenarien
Rudi Karpf 54

Optimized Flue Gas Cleaning and Heat Recovery with Latest Experience
Lari-Matti Kuvaja 73

CO2-Abscheidung und Sektorkopplung

Stand der CO2-Abscheidung bei Waste-to-Energy in Österreich
Stefan Rusch-Fazekas 86

Status of CO2 Capture and Sector Coupling for Waste to Energy in Poland
Jakub Bator, Paulina Kęcka and Radosław Jędrusiak 103

Kostengünstige CO2-Abscheidung durch Verbrennung von Sekundärbrennstoffen aus Abfällen mit Chemical Looping Combustion
Sebastian Schmitt 112

CO2-Einsatz in der thermischen Abfallverwertung
Heiko Anger, Ralf Koralewska, Max Schönsteiner, Frank Spöhrer, Rainer Prade, Stefan Ropers und Lennart Heinrich 128

Finanzierung und Genehmigung

EU-Taxonomie und Kreislaufwirtschaft – neue Entwicklungen?
Julia Vogel 146

Neue Beschleunigungsinstrumente für immissionsschutzrechtliche Genehmigungsverfahren
Andrea Versteyl 160

Strategische Standortweiterentwicklung

Die Wärmewende: Megachance für Abfallheizkraftwerke
Thomas König 175

Waste-to-Energy-Anlagen als Säule der kommunalen Wärmeplanung – rechtliche Umsetzung und Chancen
Inès Stefen 186

Partizipative Zukunftsplanung Limmattaler Energiezentrum Limeco: Ein Beispiel für Anlagenersatz unter Betrieb
Christoph Rothenhöfer 200

Neubau MHKW Rothensee – Kombination einer MVA und KVA
Stefan DeYoung, Johannes Koster, Max Schönsteiner, Ralf Decker, Ralf Borghardt, Jens Esslinger, Axel Hanenkamp und Ulrich Martin 218

Neubauprojekte bei Abfallverbrennungsanlagen und EBS-Kraftwerken – Wie verteilen sich zukünftig die Kapazitäten in Deutschland?
Dirk Briese und Maximilian Brending 232

Mitverbrennung von Abfällen mit geringem Schadstoffpotential in der Zementindustrie
Karl E. Lorber, Renato Sarc, Roland Pomberger 246

Unternehmens- und Personalentwicklung

Zukunftsfähige Unternehmenskultur – wie bekommen und erhalten wir junge Talente?
Michaela Schröder 262

Lean Leadership und Personalentwicklung im dynamischen Umfeld der Abfallwirtschaft
Frank Schumacher, Gabriela Todorova und Ellen Treder 276

Personalentwicklung – Personalgewinnung im schwierigen Umfeld
Karsten Brand 292

Digitalisierung und Simulation

Künstliche Intelligenz und Digitalisierung – Chancen und Herausforderungen für den Anlagenbau und Betreiber bei der Implementierung
Thomas Blau 304

Digitale Zwillinge in Betrieb: pragmatisch, praktisch, gut
Martin Horeni und Michael Wechner 318

Digitalisierung des Freigabe-Managements mit Hilfe eines Informationszwillings – Sicheres Arbeiten nach dem Generationenwechsel
Hans Karl Preuß 332

Korrosion und Werkstoffe

Salzschmelzenangriff auf Kesselwerkstoffe – realitätsnahe Diagnose im Korrosionsversuchsstand
Gabriele Magel, Marie Kaiser und Werner Schmidl 356

Hochtemperaturkorrosion und wenig Einbauraum – die Herausforderungen bei der On-Load Reinigung von Abfallverbrennungs- und Industriekesselanlagen
Jan-Eric Bauer 372

Modernes Projektmanagement im globalen Waste-to-Energy Segment – Erfahrungen im Feuerfestbereich
Sascha Koch 382

Aschen und Schlacken

Einstufung von Aschen und Schlacken aus der Abfallverbrennung im Hinblick auf die weitere Verwertung
Franz-Georg Simon, Philipp Scholz und Markus Gleis 402

Gefährliche Abfälle

Sonderabfallbehandlung in der Drehrohrfeuerung: Neustart einer Technologie nach 30 Jahren
Jens Sohnemann 418

Auswirkungen des Brennstoffemissionshandels auf die Sonderabfallverbrennung
Benjamin Wiechmann 432

Recycling der Zukunft

Wie sieht das Recycling der Zukunft aus?
Thomas Probst und Birgit Guschall-Jaik 442

Kunststoffrecycling und gefährliche Stoffe – Risk Cycle
Uwe Lahl, Dirk Lechtenberg und Barbara Zeschmar-Lahl 458

Dank 483

Autorenverzeichnis 488

Inserentenverzeichnis 492

Schlagwortverzeichnis 502

BEHG und Europäischer Emissionshandel

National Emission Trading for Waste Incineration

Lisa Feikus, Isabel Kaphahn and Peter Quicker

Starting 01.01.2024, waste incineration will be included in the German National Emission Trading System. Plant operators will be obligated to monitor and report their carbon dioxide emissions by using a mathematical approach or a continuous carbon dioxide measurement. The mathematical approach includes measuring the amount of waste incinerated and determining the emission factors by either standard values or an individual measuring method confirmed by the German Emission Trading Authority (DEHSt). Emissions from biomass and emissions already considered in EU-ETS are subtracted from the total CO_2 emissions resulting in the required number of CO_2-emission certificates. [1, 7, 13]

Different standardized methods to determine the biogenic carbon-content of waste exist. The ^{14}C-method (radiocarbon-method) determines the ^{14}C content, which is characteristic for biogenic material and not present in fossil carbon carriers [3, 4, 5, 6]. The balance method is based on the different and characteristic elemental compositions of bio-genic or fossil materials , in particular the H/O-ratio [10, 14, 25, 30, 34, 36]. One of the advantages both methods share: they are output-based, i.e. sampling is carried out in the exhaust gas stream [29]. Two other standardized methods, the selective dissolution method (SDM) and the method of manual sorting are input-based and can only be used to determine specific emission factors of different types of waste and not to determine the biogenic carbon content emitted by the waste incineration plant [DIN EN ISO 21644]. For SDM, a representative sample is treated with sulfuric acid and hydrogen peroxide [30]. The separation of biogenic and fossil material is to be achieved by selective dissolution and oxidation of biomass in the sample [30]. In manual sorting a representative sample is manually sorted into fractions that are assigned to the categories biomass, non-biomass and inert material [4].

The purchase of CO_2-certificates and the effort involved in determining and reporting result in additional costs for the plant operators [7]. Those costs will be passed on and lead to increased waste disposal fees [23]. A steering effect with regard to consumer behavior is not to be expected, due to the low cost saving potential and missing links between personal waste generation and waste disposal fees in most households. Including waste incineration only into the national emission trading system creates the risk of carbon leakage, which could be prevented by including waste incineration and also other disposal routes into EU-ETS [6].

Nationaler Emissionshandel für die Abfallverbrennung

Lisa Feikus, Isabel Kaphahn und Peter Quicker

1. Thematische Einführung ... 3
1.1. Vorgehensweise zum Erwerb von Emissionszertifikaten ... 4
1.1.1. Erstellung des Überwachungsplans ... 6
1.1.1.1. Rechnerische Ermittlung nach § 5 Absatz 2 EBeV 2030 ... 6
1.1.1.2. Kontinuierliche Emissionsmessung nach § 5 Absatz 3 EBeV 2030 ... 8
1.1.2. Erstellung des Emissionsberichts ... 9
1.2. Standardwerte ... 10
2. Methoden zur Bestimmung des fossilen/biogenen Anteils ... 10
2.1. Manuelle Sortierung ... 11
2.2. Selektive Auflösung ... 13
2.3. ^{14}C-Verfahren ... 14
2.3.1. Physikalische Grundlage ... 14
2.3.2. Praktische Umsetzung ... 17
2.4. Bilanzenmethode ... 18
2.5. Vergleich der Methoden ... 20
3. Auswirkungen – Diskussion der Lenkungswirkung ... 22
4. Quellen ... 23

1. Thematische Einführung

Seit dem 01.01.2021 gilt das nationale Emissionshandelssystem (nEHS) für die Sektoren Wärme und Verkehr unter Berücksichtigung der Brennstoffe Heizöl, Erdgas, Benzin, Flüssiggas und Diesel auf Basis des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG). Die *Inverkehrbringer* dieser Kraftstoffe müssen Emissionszertifikate erwerben, deren Kosten an die Endverbraucher weitergegeben werden. Die Brennstoffe Abfall und Kohle wurden im Rahmen des zweiten Gesetzes zur Änderung des BEHG ab dem 01.01.2023 in das nEHS aufgenommen. Die Miteinbeziehung des Abfalls wurde aufgrund der hohen Energiekosten infolge des Ukraine-Kriegs auf den 01.01.2024 verschoben. Die Umsetzung des BEHG ist in der im Dezember 2022 novellierten Emissionsberichterstattungsverordnung 2030 (EBeV 2030) festgelegt. [6, 7, 13, 17]

Für den Brennstoff Abfall wurde der Begriff des *Inverkehrbringens* und des *Verantwortlichen* nach § 2 Absatz 2a BEHG spezifisch definiert. Demnach gelten Abfälle durch die Beseitigung oder Verwertung in einer Anlage, die nach Nr. 8.1.1 und 8.1.2 (mit dem Hauptbrennstoff Altöl) des Anhangs 1 der 4. BImSchV einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedürfen, als in Verkehr gebracht, sofern die Anlage nicht dem EU-Emissionshandel (EU-EHS) unterliegt. Letzteres ist bei Kraft- oder Zementwerken der Fall, die Abfälle mitverbrennen. [13, 23]

Die Reform des EU-EHS im Rahmen der im Mai 2023 in Kraft getretenen Richtlinie (EU) 2023/959 umfasst den Plan, die Abfallverbrennung ab 2028 mit in das EU-EHS einzubeziehen. Bis zum 31.07.2026 soll die EU-Kommission die Durchführbarkeit prüfen, dabei sollen auch weitere Auswirkungen, wie die *potenzielle Verlagerung* von Abfällen auf Deponien in der Union und Abfallausfuhren in *Drittländer* berücksichtigt werden. Im Rahmen der Prüfung sollen CO_2-Emissionen von MVA mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW, in denen Siedlungsabfälle verbrannt werden, ab dem 01.01.2024 überwacht werden. [6, 27]

1.1. Vorgehensweise zum Erwerb von Emissionszertifikaten

Die Betreiber von Anlagen zur Verbrennung von Abfällen, die nach § 2 Absatz 2a BEHG in Verkehr gebracht wurden, müssen erstmals CO_2-Emissionszertifikate für die im Jahr 2024 emittierten CO_2-Emissionen erwerben, wenn davon auszugehen ist, dass im betrachteten Kalenderjahr mindestens eine Tonne CO_2 emittiert wird (§ 14 EBeV 2030) [13, 17].

Die Vorgehensweise zum Erwerb von CO_2-Emissionszertifikaten und zur Berichtspflicht ist in Bild 1 dargestellt. Nach der erstmaligen Konto-Eröffnung und Authentifizierung im nEHS-Register musste bis zum 31.10.2023 erstmalig ein Überwachungsplan mit den in EBeV 2030 Anlage 1 Teil 1 aufgelisteten Angaben eingereicht werden. Aus dem Überwachungsplan geht hervor, welche Methoden in der jeweiligen Anlage genutzt werden, um die CO_2-Emissionen zu ermitteln. In dem Jahr, auf das sich die Emissionsberichtserstattung bezieht, müssen Emissionszertifikate erworben werden, im Folgejahr können noch weitere 10 % der bisher erworbenen Emissionszertifikate zum Preis des Vorjahres gekauft werden. Wenn der Kauf weiterer Emissionszertifikate im Folgejahr notwendig ist, um die berichteten Emissionen decken zu können, können Emissionszertifikate bei Dritten oder zum höheren Preis des Folgejahres erworben werden. Die Anzahl benötigter Emissionszertifikate entspricht der Höhe der Emissionen des Jahres, auf das sich der Emissionsbericht bezieht. Dieser berichtet die Ergebnisse der im Überwachungsplan festgelegten Methoden zur Feststellung der eingesetzten Brennstoffmenge, Menge der CO_2-Emissionen und des abzugsfähigen Anteils und muss bis zum 31.07. des Folgejahres eingereicht werden. Demnach muss durch Betreiber von Müllverbrennungsanlagen erstmals ein Emissionsbericht zum 31.07.2025 für die im Jahr 2024 entstandenen CO_2-Emissionen eingereicht werden. Vor der Einreichung des Emissionsberichts müssen der Emissionsbericht und Nachhaltigkeitsnachweise zur Treibhausgasminderung (THG-Minderung) für die biogenen Anteile von einer externen Prüfstelle geprüft werden. Berechtigte Prüfstellen sind nach § 15 BEHG entweder für

die Tätigkeitsgruppe und für den Bereich des BEHG akkreditierte Prüfstellen oder Umweltgutachter mit Zulassung für Berichte der betrachteten Brennstoffemissionen. Bis zum 30.09. des Folgejahres (folglich erstmals zum 30.09.2025) müssen die Emissionszertifikate in Höhe der Emissionen des Vorjahres im nEHS-Register abgegeben werden. [7, 17]

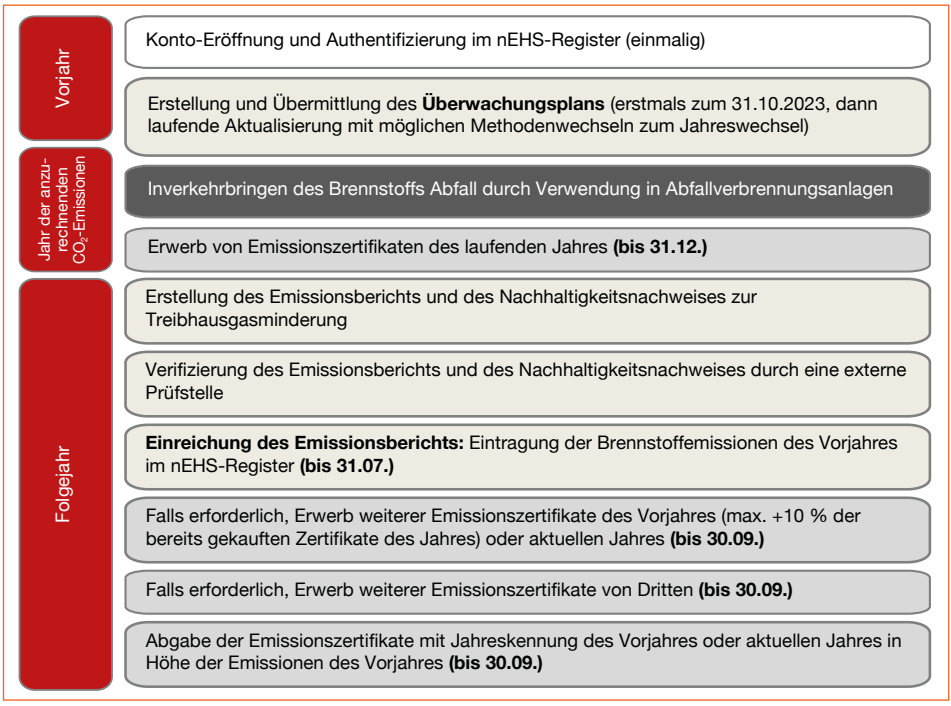


Bild 1: Vorgehensweise zum Erwerb von Emissionszertifikaten

Quellen: Bekanntmachung nach § 3 Absatz 2 Satz 2 der Emissionsberichterstattungsverordnung 2030. BAnz AT 31.07.2023 B8, 19.06.2023

DIN EN ISO13833. Anmeldung: Juli 2013. DIN EN ISO 13833 Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung des Verhältnisses von Kohlendioxid aus Biomasse (biogen) und aus fossilen Quellen – Probenahme und Bestimmung des radioaktiven Kohlenstoffs

Der Preis für ein Emissionszertifikat, welches der Emission einer Tonne CO_2 entspricht, beträgt im Jahr 2024 35 EUR und im Jahr 2025 45 EUR, danach endet die Festpreisphase. Im Jahr 2026 sollen die Emissionszertifikate zunächst in einem Preiskorridor von 55 bis 65 EUR gehandelt werden. Die Emissionszertifikate können über die Verkaufsplattform der European Energy Exchange AG oder über Dritte bzw. Intermediäre gekauft werden. [13, 17]

Wenn die Berichts- und Abgabepflichten durch den BEHG-Verantwortlichen nicht erfüllt werden, verhängt die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) unterschiedliche Sanktionen. Falls bis zum 31.07. kein Emissionsbericht für das vorherige Jahr eingereicht wurde, wird das Konto im nEHS-Register gesperrt. Bei nicht ausreichendem Kauf von Emissionszertifikaten bis zum 30.09. werden Zahlungspflichten in Höhe des

Doppelten des jeweiligen Festpreises für die fehlenden Emissionszertifikate festgesetzt. Weitere Ordnungswidrigkeiten, die mit Bußgeldern belegt werden, sind beispielsweise die nicht fristgerechte Einreichung des Überwachungsplans oder fehlerhafte Angaben in Überwachungsplan oder Emissionsbericht. [17]

1.1.1. Erstellung des Überwachungsplans

Als Grundlage für den Emissionsbericht muss ein Überwachungsplan erstellt werden. Nach der Bekanntmachung im Bundesanzeiger musste dieser bis zum 31.10.2023 für die Kalenderjahre 2024 bis 2030 eingereicht werden. Der Überwachungsplan dient zur Dokumentation der Überwachungsmethoden und wird auf Basis von elektronischen Vorlagen der Deutschen Emissionshandelsstelle erstellt und elektronisch eingereicht. Falls sich Änderungen bspw. in der eingesetzten Art der Brennstoffe ergeben, muss der Überwachungsplan unverzüglich geändert und zur Genehmigung eingereicht werden. Wechsel zwischen ausgewählten Methoden sind nur zum Jahreswechsel möglich. Die Möglichkeit zur Einreichung eines vereinfachten Überwachungsplans besteht für den Brennstoff Abfall nicht. [1, 7, 17]

Die *„berichts- und abgabepflichtigen Brennstoffemissionen [werden] aus der Differenz zwischen den Emissionen der in Verkehr gebrachten Brennstoffe und den abzugsfähigen Brennstoffemissionen“* [19] berechnet. Die abzugsfähigen Brennstoffemissionen nach § 16 und § 17 EBeV 2030 umfassen Emissionen, die sonst einer Doppelbelastung bzw. Doppelerfassung unterliegen würden. Die Berücksichtigung der aus dem Biomasseanteil des Brennstoffs entstandenen CO_2-Emissionen erfolgt bei der Ermittlung der berichts- und abgabepflichtigen Brennstoffemissionen durch die Verwendung eines Emissionsfaktors von Null, was einen Nachweis der Treibhausgasminderung nach § 9 EBeV 2030 bedingt. [7, 17]

Zur Bestimmung der in Verkehr gebrachten Brennstoffe und Ermittlung der zu berichtenden Emissionen in Abfallverbrennungsanlagen nach § 2 Absatz 2a BEHG kann entweder ein rechnerisches Verfahren oder eine kontinuierliche Emissionsmessung gewählt werden (Bild 2). [7, 17]

1.1.1.1. Rechnerische Ermittlung nach § 5 Absatz 2 EBeV 2030

Zur rechnerischen Ermittlung der Emissionen der in Verkehr gebrachten Brennstoffe $E_{BrennstoffinVerkehr}$ wird Gleichung 1 verwendet, dabei bezeichnet H_i den Heizwert und EF den Emissionsfaktor. Der nach §§ 8 und 9 EBeV 2030 abzugsfähige Anteil entspricht dem abzugsfähigen Biomasseanteil. Die Faktoren Umrechnungsfaktor, Heizwert, Emissionsfaktor und abzugsfähiger Biomasseanteil werden als Berechnungsfaktoren zusammengefasst. [7, 17]

$$E_{BrennstoffinVerkehr} = \text{Menge} \bullet \text{Umrechnungsfaktor} \bullet H_i \bullet EF \bullet (1 - \text{nach §§ 8, 9, 10 oder 11 EBeV 2030 abzugsfähiger Anteil}) \quad (1)$$

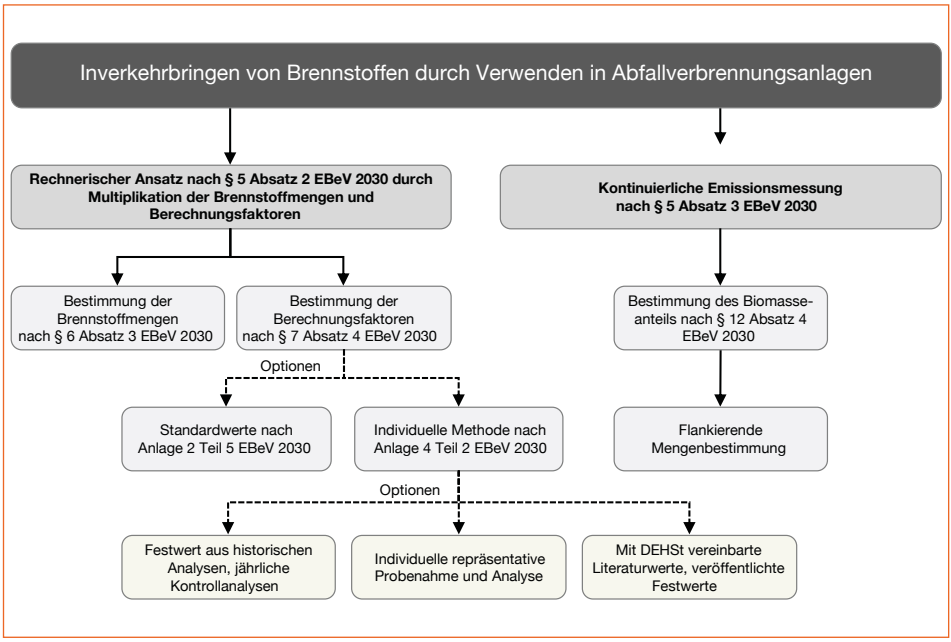


Bild 2: Bestimmung der zu berichtenden Emissionen der in Verkehr gebrachten Brennstoffe in Abfallverbrennungsanlagen

angelehnt an: Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbund: Leitfaden zum Anwendungsbereich sowie zur Überwachung und Berichterstattung von CO_2-Emissionen. Nationales Emissionshandelssystem 2023 bis 2030, August 2023

Im Überwachungsplan muss die Methodik zur Bestimmung der Menge des eingesetzten Abfalls nach Abfallsorten aufgeschlüsselt angegeben werden. Nach Anlage 2 Teil 5 EBeV 2030 werden acht Brennstoffsorten unterschieden, denen Abfälle anhand ihrer Abfallschlüsselnummern gemäß Abfallverzeichnisverordnung zugeordnet werden. Die Menge des eingesetzten Brennstoffs muss mit geeichten oder konformitätsbewerteten Messgeräten durchgeführt werden. Falls diese nicht verfügbar sind, können nach Nachweis der Eignung gegenüber der zuständigen Behörde andere Messgeräte verwendet werden. Zudem müssen Lagerbestandsänderungen, auf Basis von Schätzmethoden berechnet werden. [7, 17]

Zur Ermittlung der Berechnungsfaktoren kann nach § 7 Absatz 4 zwischen der Verwendung von Standardwerten (Kapitel 1.2.) und einer individuellen Methode gewählt werden. Für jede der acht Brennstoffsorten kann die Methode frei gewählt werden. Darüber hinaus kann der Analgenbetreiber für Abfälle der gleichen Brennstoffsorte, die von unterschiedlichen Entsorgungsunternehmen stammen, unterschiedliche Bestimmungsmethoden wählen. Die individuellen Methoden umfassen drei Optionen. Es besteht die Möglichkeit, Festwerte aus Mittelwerten historischer Analysen des Heizwerts, Emissionsfaktors und des Biomasseanteils festzulegen. Dabei sind Anforderungen an die maximal zulässige Standardunsicherheit des Mittelwerts,

Repräsentativität der Werte im Hinblick auf weitere Chargen des Abfalls und an die Durchführung und Ergebnisse jährlicher Kontrollanalysen zu beachten. Die zweite Möglichkeit besteht in der Bestimmung der Berechnungsfaktoren auf Basis individueller Probenahme und Analyse auf Grundlage geeigneter ISO-, EN- oder DIN-Normen. Sofern es keine Norm für den Anwendungsbereich gibt, kann eine alternative, wissenschaftlich erprobte Methode angewendet werden. Die zur Verfügung stehenden Methoden werden in Kapitel 2. beschrieben. Die dritte Möglichkeit ist die Festlegung von Berechnungsfaktoren auf Basis von Literaturwerten, die mit der Behörde abgestimmt werden müssen. [7, 17]

Der Überwachungsplan muss bei Wahl der rechnerischen Ermittlung nach § 5 Absatz 2 EBeV 2030 zudem eine Beschreibung der Methode zur Ermittlung der Treibhausgaseinsparungen umfassen, welche entscheidend für die Abzugsfähigkeit der Emissionen des biogenen Anteils sind. In Kapitel 1.1.2. wird genauer auf die Ermittlung der Treibhausgaseinsparungen eingegangen. [7]

1.1.1.2. Kontinuierliche Emissionsmessung nach § 5 Absatz 3 EBeV 2030

Die gesamten Brennstoffemissionen der MVA können nach § 5 Absatz 3 EBeV 2030 durch eine kontinuierliche Emissionsmessung bestimmt werden, indem die CO_2-Konzentration und der Volumenstrom des Abgases kontinuierlich gemessen werden. Nach § 12 EBeV bestehen Anforderungen zur Qualitätssicherung an die Messeinrichtungen, deren Eignung im Überwachungsplan nachgewiesen werden muss und an die Vorgehensweise zur Berechnung der Jahresfracht. Der überwachungspflichtige Betrieb der MVA umfasst den gesamten Status *Anlage in Betrieb*, inklusive des Anfahrbetriebs und der Stabilisierungsphase. Die Datenerfassungs- und Auswerteeinrichtungen dürfen automatisiert und an bestehende immissionsschutzrechtliche Überwachungssysteme angebunden werden. [7, 13]

In einem zweiten Schritt werden die abzugsfähigen Emissionen ermittelt. Dazu zählen die Emissionen aus Biomasse sowie fossile Emissionen aus Zünd- und Stützfeuerung und aus der Rauchgasreinigung. Die Methode zur Bestimmung der CO_2-Emissionen aus dem biogenen Anteil des Abfalls muss im Überwachungsplan beschrieben werden. Nach § 12 Absatz 4 kann die ^{14}C-Methode nach EN ISO 13833 (Kapitel 2.3.) oder eine alternative genormte Methode, wie die Bilanzenmethode nach ISO 18466 (Kapitel 2.4.) angewendet werden. Alternativ kann der Biomasseanteil für einzelnen Abfallgruppen auf Grundlage der in Anlage 2 Teil 5 (Kapitel 1.2.) festgelegten Standardwerte bestimmt und summiert werden. [7, 13]

Flankierend zur Emissionsmessung muss analog zur Vorgehensweise bei der rechnerischen Ermittlung der Emissionen die Methodik zur Bestimmung der Brennstoffmenge aufgeschlüsselt nach Brennstoffsorten im Überwachungsplan angeben werden, sowie eine (oder mehrere) nach § 7 Absatz 4 gewählte Methode(n) zur Bestimmung der Berechnungsfaktoren, um die abzugsfähigen Emissionen zu ermitteln. [7, 13]

1.1.2. Erstellung des Emissionsberichts

Der Emissionsbericht umfasst die Ergebnisse der im Überwachungsplan festgelegten Methoden zur Bestimmung der Brennstoffmengen und -emissionen. Vor der Einreichung des Emissionsberichts bis zum 30.09. des Folgejahres muss dieser von einer unabhängigen Prüfstelle verifiziert werden. Die im jährlichen Emissionsbericht erforderlichen Angaben sind in Anlage 3 EBeV 2030 aufgelistet. [7, 17]

Zur Verifizierung des Emissionsberichts müssen der unabhängigen Prüfstelle der aktuelle Überwachungsplan, die bei Genehmigung des Überwachungsplans festgelegten Verfahrensanweisungen und Dokumentationen, die Emissionsberichte der Vorjahre, Steueranmeldungen und Steuerbescheide nach dem Energiesteuergesetz und die erforderlichen Nachweise zur Berücksichtigung des Biomasseanteils als abzugsfähiger Anteil an den in Verkehr gebrachten Emissionen bereitgestellt werden. Der Prüfbericht wird als Bestandteil des Emissionsberichts bei der DEHSt eingereicht. [7, 17]

Nach § 9 EBeV 2030 muss ein Nachweis zur THG-Minderung des biogenen Anteils des eingesetzten Abfalls erfolgen, um diesen mit dem Emissionsfaktor Null belegen zu dürfen. Für die eingesetzten Abfallbrennstoffe muss dazu ein Betriebs-Einsatztagebuch geführt werden. Wenn nachgewiesen wird, dass die MVA vor dem 01.01.2021 in Betrieb genommen wurde und Abfallbrennstoffe mit Biomasseanteil eingesetzt hat, muss keine Berechnung der THG-Minderung durchgeführt werden. Bei MVA, die nach dem 01.01.2021 in Betrieb genommen wurden, muss für die Abfallbrennstoffe, deren biogener Anteil mit dem Emissionsfaktor Null belegt werden soll, eine Berechnung der THG-Minderung durchgeführt werden. Eine Ausnahme stellt der Einsatz von Siedlungsabfall mit Abfallschlüsselnummer 20-X dar, für den keine THG-Minderung berechnet werden muss. Bei Verbrennung von Klärschlamm besteht die Ausnahme, dass die Berechnung der THG-Minderung nicht notwendig ist, wenn die durch Verbrennung erzeugte Wärme ausschließlich für Trocknung genutzt wird. In Bild 3 ist die Vorgehensweise dargestellt. [7, 17]

Die Berechnung der THG-Minderung durch den biogenen Anteil wird nach § 6 Absatz 2 der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) durchgeführt, dabei sind *„mindestens die Treibhausgase aus der Aufbereitung und dem Transport des Abfalls zum Verbrennungsort zu berücksichtigen, nicht jedoch die Emissionen des Produktionsprozesses, in dem der Abfall entsteht“* [17]. Basierend auf der Bestimmung der Treibhausgasemissionen, bezogen auf die erzeugte Strom- und Wärmemenge und auf einen Vergleichswert eines fossilen Brennstoffes nach Anhang V Teil C Nummer 19 oder Anhang VI Teil B Nummer 19 der Richtlinie (EU) 2018/2001, wird die THG-Minderung des biogenen Anteils des jeweiligen Abfallbrennstoffs in Prozent berechnet. Die berechnete THG-Minderung muss die Vorgaben in § 6 Absatz 2 der BioSt-NachV erfüllen, um den Emissionsfaktor Null für den biogenen Anteil anwenden zu dürfen: Die THG-Minderung muss mindestens 70 % betragen, wenn die Anlage

zwischen dem 01.01.2021 und dem 31.12.2025 in Betrieb genommen wurde, bzw. 80 %, wenn die Anlage nach dem 01.01.2026 in Betrieb genommen wurde. Falls die Vorgaben des § 6 Absatz 2 BioSt-NachV nicht erfüllt werden, müssen die CO_2-Emissionen des biogenen Anteils des betrachteten Abfallbrennstoffs als fossil eingestuft werden. [13, 17, 22, 35]

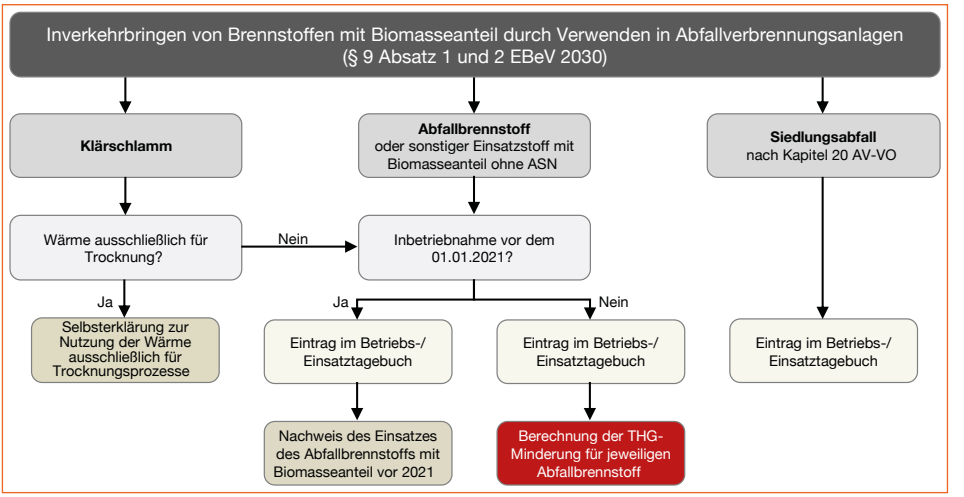


Bild 3: Nachweis zur Anerkennung der Emissionen durch den biogenen Anteil im Abfall

angelehnt an: DEHst: Leitfaden zum Anwendungsbereich sowie zur Überwachung und Berichterstattung von CO_2-Emissionen. Nationales Emissionshandelssystem 2023 bis 2030, August 2023

1.2. Standardwerte

Die Standardwerte für die Berechnungsfaktoren zur rechnerischen Bestimmung der Brennstoffemissionen sind in Anlage 2 Teil 5 EBeV 2030 aufgelistet. Die eingesetzten Abfälle werden anhand ihrer Abfallschlüsselnummer einer der acht Brennstoffsorten zugeordnet, vergleiche Tabelle 1. [7]

2. Methoden zur Bestimmung des fossilen/biogenen Anteils

Für die Betreiber von Müllverbrennungsanlagen ist die rechnerische Ermittlung der CO_2-Emissionen auf Grundlage der behandelten Abfallmengen unter Nutzung der Standardemissionsfaktoren mit dem geringsten Aufwand verbunden. Dieses Vorgehen kann für Abfallfraktionen, deren tatsächlicher biogener Anteil größer ist, als dies durch den Standardemissionsfaktor berücksichtigt wird, zur Folge haben, dass mehr CO_2-Zertifikate erworben werden als eigentlich erforderlich wäre. Im EBeV 2030 ist daher die Möglichkeit vorgesehen, die fossilen CO_2-Emissionen mittels kontinuierlicher Emissionsmessung (am Kamin) für die Gesamtanlage individuell zu bestimmen. In der Gesetzgebung wird dazu auf unterschiedliche Verfahren verwiesen. Einige Methoden zur Bestimmung biogener CO_2-Anteile von Abfallbrennstoffen sind normativ festgehalten. Die DIN EN ISO 21644:2021 beschreibt die Methoden Selektive Auflösung, Manuelle Sortierung und ^{14}C-Methode. Die ^{14}C-Methode ist außerdem in der DIN EN ISO 13833

Tabelle 1: Standardwerte zur Berechnung von Brennstoffemissionen in den Fällen des §2 Absatz 2a BEHG – aus Anlage 2 Teil 5 EBeV 2030

Nummer	Brennstoff	Abfallschlüssel gemäß Abfall-verzeichnis-Verordnung	Bio-masse-anteil	Umrech-nungs-faktor	Heizwert der Original-substanz	heizwert-bezogener Emissionsfaktor
			%	t/t	GJ/t	t CO_2/GJ
1	Leichtverpackungen-Sortierreste	15 01 05	32,0	1	18,1	0,0839
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	1	13,3	0,0888
3	Sortierreste aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung	19 12 10 19 12 12	50	1	10,0	0,0949
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	1	8,8	0,0982
5	Sperrmüll	20 03 07	60,3	1	16,0	0,0857
6	**Altholz**					
6a	Altholz AI und AII	03 01 05 17 02 01	95,0	1	15	0,0867
6b	Altholz AIII, AIV, PCB	15 01 03 19 12 07 20 01 38	90,0	1	15	0,0867
7	**Klärschlamm**					
7a	kommunaler Klärschlamm	19 08 05	100,0	1	***	***
7b	industrieller Klärschlamm	19 08 11 19 08 12 19 08 13 19 08 14	30,0	1	***	***
8	alle übrigen Abfälle	alle übrigen Abfallschlüssel	0,0	1	10,0	0,0949

*** Die Berechnung des Heizwertes und des heizwertbezogenen Emissionsfaktors von Klärschlamm für alle Entwässerungs- und Trocknungszustände erfolgt nach dem in Anlage 2 Teil 5 EBeV 2030 dargelegten Algorithmus

Quelle: Emissionsberichterstattungsverordnung 2030. EBeV 2030, 21.12.2022

explizit für die Bestimmung des biogenen Anteils von CO_2 im Abgas stationärer Quellen beschrieben. Eine weitere Norm gibt es für die Bilanzenmethode (ISO 18466). Falls für den konkreten Anwendungsfall keine genormte Methode vorliegt, besteht die Möglichkeit andere wissenschaftlich erprobte Methoden anzuwenden. Eine weitere Alternative ist die Verwendung von Literaturwerten in Absprache mit der Behörde. Um einordnen zu können, welche Methoden für welchen Zweck geeignet sind und wo ihre Grenzen liegen, ist ein kurzer Überblick hilfreich. [3, 4, 14, 17]

2.1. Manuelle Sortierung

Das Verfahren der manuellen Sortierung zur Bestimmung des Gehalts an Biomasse in festen Sekundärbrennstoffen nach DIN EN ISO 21644:2021 kann, bei rechnerischer Bestimmung der Brennstoffemissionen gemäß § 5 Absatz 2 EBeV 2030, zur Ermittlung der Berechnungsfaktoren nach § 7 Absatz 4 EBeV 2030 verwendet werden. [7]

Bei Anwendung der manuellen Sortierung wird die Probe einer Abfallfraktion händisch in Teilfraktionen sortiert, die überwiegend aus Biomasse oder Nicht-Biomasse bestehen. Für die Durchführung der Sortierung muss zunächst eine Probe mit dem geforderten Mindest-Umfang entsprechend ISO 21645 genommen und nach ISO 21646 vorbereitet werden. Partikel mit einer Korngröße ‹ 10 mm werden abgesiebt und als Feingut klassifiziert. Die restliche Probe wird in 13 weitere Fraktionen (vgl. Tabelle C.1 der Norm) sortiert, dazu gehören beispielsweise biologische Abfälle, Papier/Pappe, Glas, Kunststoff. Die Fraktionen sind jeweils klassifiziert als Biomasse, Nicht-Biomasse, Inertstoff oder Mischfraktion, deren Biomasse-Gehalt mittels einer anderen in der Norm beschriebenen Methode bestimmt werden muss. Letzteres gilt für Textilien, Naturkautschuk, und Kunststoff. Nach der manuellen Zuteilung aller Partikel der Probe in die vorgegebenen Fraktionen, werden diese bei 105 °C bis zur Massekonstanz getrocknet. Danach werden die Fraktionen, sofern möglich im Exsikkator abgekühlt und gewogen. Zuletzt wird die Masse aller Fraktionen innerhalb der Kategorien Biomasse-, Nicht-Biomasse und Inertstoffe aufsummiert und der Massenanteil der jeweiligen Kategorie in der gesamten Probe berechnet. Als Ergebnis liefert die Methode also den biogenen Massenanteil, bezogen auf die Gesamtmasse der Probe, nicht den biogenen Kohlenstoffgehalt der Probe. [4, 5, 12]

Bei der Anwendung dieses Verfahrens ergeben sich unterschiedliche Fehlerquellen. Insbesondere bei Verpackungsabfällen oder auch Textilien liegen häufig Verbunde oder Mischfraktionen vor, die nicht eindeutig einer der beiden Fraktionen (Biomasse/Nicht-Biomasse) zugeordnet werden können (Beispiele: Getränkekartons, beschichtete Verpackungen, Gummi, Textilien mit Kunstfasern) [12, 33]. Außerdem können in der Probe Materialien enthalten sein, die äußerlich als Nicht-Biomasse identifiziert werden, obwohl es sich tatsächlich um Material biogenen Ursprungs handelt, beispielsweise biobasierte Kunststoffe [12]. In der Norm wird die Problematik, dass sehr kleine Partikel nicht mit verhältnismäßigem Aufwand manuell sortiert werden können, bereits durch die Absiebung und Bestimmung des biogenen Anteils der Feinfraktion mit anderen Methoden adressiert. Auch für die Bestimmung des spezifischen Biomassegehalts

der Fraktionen Textilien, Naturkautschuk und Kunststoff muss ein anderes Verfahren eingesetzt werden. Dies ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden und bedeutet, dass die manuelle Sortierung nicht als eigenständiges Verfahren angewendet werden kann, da sie nur in Kombination mit anderen Methoden zu einem vollständigen Ergebnis führt. In der Norm wird empfohlen vorrangig andere Methoden einzusetzen. [4]

2.2. Selektive Auflösung

Das Verfahren der selektiven Auflösung (englisch: Selective Dissolution Method, SDM) zur Bestimmung des Gehalts an Biomasse in festen Sekundärbrennstoffen nach DIN EN ISO 21644:2021 kann bei rechnerischer Bestimmung der Brennstoffemissionen gemäß § 5 Absatz 2 EBeV 2030 zur Ermittlung der Berechnungsfaktoren nach § 7 Absatz 4 EBeV 2030 verwendet werden. [7]

Es handelt sich um eine laboranalytische Methode zur Unterscheidung der Biomassematerialien von nicht biogenen Materialien aufgrund des Lösungsverhaltens in Säure. Die Probe wird mit konzentrierter Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid behandelt, welches zur Oxidation und selektiven Auflösung der Biomasse führt, die fossilen Materialien verbleiben im festen Rückstand. [4]

Grundsätzlich kann die Methode für Biomasseanteile zwischen 10 % und 90 % angewendet werden. Der biogene Anteil kann auf die Masse, den Energiegehalt oder den Kohlenstoffgehalt bezogen bestimmt werden. Ein Nachteil der Methode besteht in der Annahme, dass Biomasse vollständig und fossile Materialien gar nicht aufgelöst werden. Davon abweichende Eigenschaften einiger Materialien wie beispielsweise Polyamid und Polyurethan, welche sich im Medium auflösen oder Lignin, welches sich nicht auflöst, beeinträchtigen die Genauigkeit der Ergebnisse. Die Repräsentativität ist zudem durch die geringe Masse der Analysenprobe, die aus einer heterogenen Abfallzusammensetzung gewonnen werden muss, nur unzureichend sichergestellt. [4, 25]

2.3. ^{14}C-Verfahren

Das ^{14}C-Verfahren zur Bestimmung des Gehalts an Biomasse in festen Sekundärbrennstoffen nach DIN EN ISO 21644:2021 bzw. ISO 13833 kann bei rechnerischer Bestimmung der Brennstoffemissionen gemäß § 5 Absatz 2 EBeV 2030 zur Ermittlung der Berechnungsfaktoren nach § 7 Absatz 4 EBeV 2030 verwendet werden und bei Bestimmung der Brennstoffemissionen durch kontinuierliche Emissionsmessung gemäß § 5 Absatz 3 EBeV 2030 zur Ermittlung des Biomasseanteils nach § 12 Absatz 4 Satz 1. [7]

Die Methode macht sich die Technik der ^{14}C-Datierung zu Nutze, die durch die Altersbestimmung in der Archäologie bekannt ist. Sie wurde durch das *Institut für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik* an der Montanuniversität Leoben an die Anforderungen zur Bestimmung des biogenen Anteils in Abfällen adaptiert. Als Grundlage diente ein Patent von Kneissl [15, 16].

Für die Ermittlung des biogenen Kohlenstoffanteils einer Probe oder des durch eine Anlage über einen definierten Zeitraum emittierten CO_2 mittels ^{14}C-Analyse findet als erster Schritt die Verbrennung des Materials statt. So wird der feste Kohlenstoff als CO_2 in die

Gasphase gebracht. Mittels verhältnisgleicher Absaugung eines Teilvolumenstroms des Abgases und Absorption des enthaltenen CO_2 wird eine CO_2-Probe mit einem biogenen Kohlenstoffgehalt erzeugt, der repräsentativ für das verbrannte Material ist. Der Gehalt von ^{14}C in der Probe kann in spezialisierten Labors bestimmt werden. Abschließend kann anhand des ^{14}C-Gehalts und des Gesamtkohlenstoffgehalts der Probe der biogene Kohlenstoffgehalt in der Probe bzw. im Ausgangsmaterial berechnet werden. [3, 4]

2.3.1. Physikalische Grundlage

Das Grundprinzip der ^{14}C-Analytik bzw. Radiokarbonmethode basiert auf dem Vorhandensein des radioaktiven Kohlenstoffisotops ^{14}C als $^{14}CO_2$ in der Erdatmosphäre. In der Atmosphäre hat sich eine Gleichgewichtskonzentration des $^{14}CO_2$ eingestellt, die sich mit 13,56 ^{14}C-Atom-Zerfällen pro Minute bezogen auf 1 g Kohlenstoff bestimmen lässt [20]. Durch Photosynthese wird ^{14}C in Pflanzen eingelagert. Grundsätzlich entspricht der ^{14}C-Anteil in Biomasse der ^{14}C-Konzentration in der Atmosphäre zu Lebzeiten der Pflanze/des Organismus. Das radioaktive Isotop zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5.730 Jahren [16]. In totem Material mit einem Alter von mehr als 100.000 Jahren ist kein ^{14}C mehr nachweisbar. Fossile Energie- bzw. Kohlenstoffträger wie Erdöl, Erdgas oder Kohle sind deutlich älter und haben daher einen ^{14}C-Gehalt von Null. Durch die Bestimmung des ^{14}C-Anteils im CO_2 des Verbrennungsabgases einer MVA bzw. einer Probe kann auf den Anteil biogenen Kohlenstoffs im verbrannten Material zurückgerechnet werden. Durch anthropogene Aktivitäten, wie insbesondere Atombombentests, hat sich der ^{14}C-Gehalt der Atmosphäre in den 1950er und 1960er Jahren deutlich erhöht und ist seitdem wieder zurückgegangen [26]. Diese Beeinflussung des natürlichen Wertes bedingt eine gewisse Ungenauigkeit der Methode, wenn Stoffe untersucht werden, die nach dieser Zeit entstanden sind. Durch die Wahl des Referenzwerts ($F^{14}C$) kann diese jedoch teilweise verringert werden [29]. Im Vergleich mit anderen anwendbaren Methoden zur Bestimmung des biogenen Kohlenstoffanteils hat die ^{14}C-Methode eine geringe analytische Unsicherheit und gilt als vergleichsweise zuverlässig [9, 26, 29].

2.3.2. Praktische Umsetzung

In der Verordnung über die Emissionsberichterstattung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (EBeV 2030) ist festgelegt, dass die ^{14}C-Methode sowohl für die Bestimmung des biogenen CO_2-Anteils einer Abfallverbrennungsanlage mit kontinuierlicher Emissionsmessung als auch für die Ermittlung individueller Emissionsfaktoren einzelner Abfallfraktionen eingesetzt werden kann. In der Verordnung wird als Grundlage für die Ermittlung des biogenen Kohlenstoffanteils auf die Norm DIN EN ISO 13833 verwiesen. [7]

Die Norm führt zunächst unterschiedliche Methoden zur repräsentativen Probenahme des CO_2 auf, die nach einschlägigen Richtlinien durchzuführen sind. Vorab ist insbesondere die Homogenität des Abgases zu prüfen. Das CO_2 kann in alkalischen Flüssig- oder Feststoffabsorbern gebunden oder in Gasbeutel oder Druckgasflaschen überführt werden. Sofern das CO_2 absorptiv gebunden wird, muss auf eine ausreichende Absorptionskapazität des Mediums über die gesamte Probenahmedauer

Abfallverbrennungsanlagen
– Deutschland –



2014 | 2015
ISBN: 978-3-944310-26-8
Hardcover: 581 Seiten, mit farbigen Abbildungen
Preis: **45,00 EUR**

2016 | 2017
ISBN: 978-3-944310-38-1
Hardcover: 407 Seiten, mit farbigen Abbildungen
Preis: **55,00 EUR**

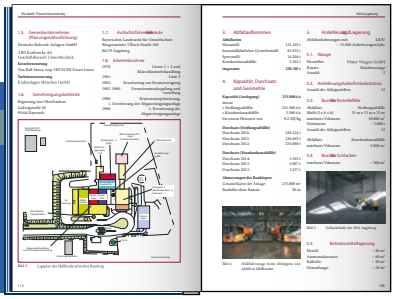
Herausgeber: Elisabeth Thomé-Kozmiensky

In der aktuellen Ausgabe 2016 | 2017 wird die Dokumentation deutscher Abfallverbrennungsanlagen fortgeschrieben.
Zusammen mit dem ersten Band liegen uns nun zwei Werke vor, die sich gut ergänzen. Für den Leser ergibt sich bei Durchsicht der Bücher ein guter Überblick über den aktuellen deutschen Anlagenpark mit umfassenden Angaben zu Technik und Umweltauswirkungen der thermischen Behandlungsanlagen.
Neue Anlagen sind hinzugekommen – insbesondere sind nun auch Ersatzbrennstoffkraftwerke dokumentiert – die übrigen Anlagendaten sind aktualisiert worden. Alle publizierten Informationen wurden von den Betreibern geprüft und freigegeben.
Im aktuellen Buch werden insgesamt 41 Anlagen dargestellt, davon:
- 33 Siedlungsabfallverbrennungsanlagen
- 7 Ersatzbrennstoffkraftwerke
- 1 Sonderabfallverbrennungsanlage.

Die Veröffentlichungen sind als Zwischenbericht zu verstehen, die Arbeiten werden weitergeführt.

Paketpreis 80,00 EUR statt 100,00 EUR

Bestellen Sie direkt beim TK Verlag oder unter books.vivis.de



Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Dorfstraße 51
16816 Nietwerder-Neuruppin
Tel. +49 3391-45 45-0
E-Mail: order@vivis.de

TK Verlag

Vivis-Events



Seit 50 Jahren begleiten wir die Kreislaufwirtschaftsbranche und bieten den verschiedenen Akteuren ein Forum des Wissens- und Erfahrungsaustauschs.

Wir bieten aktuell vier Konferenzen im Jahr an, die sich jeweils einem bestimmten Themenbereich der Abfallwirtschaft widmen – Recycling und Sekundärrohstoffe, Mineralische Nebenprodukte und Abfälle (einschl. Deponien), Klärschlamm und Thermische Verfahren. Die Veranstaltungsreihen finden in einem einjährigen Rhythmus statt und stellen die aktuellen politischen, wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Entwicklungen vor.

Wir bieten eine Plattform, auf der sich die verschiedenen Akteure und Sektoren miteinander austauschen und vernetzen können. Unser persönliches Ziel ist, mit unseren Konferenzen zum Nachdenken anzuregen, Projekten Anschub zu geben und positive Entwicklungen in der Kreislaufwirtschaft voranzutreiben.

Das umfassende Wissen der Vortragenden wird in Fachbeiträgen ausführlich dokumentiert und im Anschluss an die Konferenzen in qualitativ anspruchsvollen Büchern und E-Books präsentiert.

Unsere aktuellen Konferenzen im Überblick:

Berliner Konferenz Abfallwirtschaft und Energie
Berliner Konferenz - Metallkreisläufe
Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle
Berliner Klärschlammkonferenz

Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

VIVIS.de

Dorfstraße 51
16816 Nietwerder-Neuruppin
Tel. +49 3391-45 45-0
E-Mail: registration@vivis.de

Dank

Die Herausgeber dieses ersten Bandes der neuen Buchreihe *Abfallwirtschaft und Energie* danken den an diesem Buch beteiligten Personen und Unternehmen für ihr Engagement.

Den Autorinnen und Autoren, die mit ihren Fachbeiträgen den Rohstoff für dieses Buch geliefert haben, danken wir an erster Stelle. Für sie war die Erstellung der Manuskripte zusätzliche Arbeit und Belastung. Herausgeber und Verlag danken ihnen allen mit dem angemessenen Umgang mit ihren Beiträgen und mit der Qualität der Präsentation.

Die Qualität des Buchs ist auch dem Engagement der Unternehmen zu verdanken, die mit ihren Inseraten eine weitere Voraussetzung für die Qualität der Redaktion, des Satzes und des Drucks sowie der buchbinderischen Verarbeitung geschaffen haben. Dank des Niveaus der Beiträge erreicht die werbende Wirtschaft ein interessantes Fachpublikum.

Die Mitarbeiter des Verlags waren besonders gefordert, wenn Manuskripte hohe Anforderungen an die Bearbeitung stellten.

Das Verlags-Team



Martin Graß hat sowohl die Buchplanung als auch die Zusammenarbeit mit den Autoren und der Druckerei geleitet. Er hat gemeinsam mit Carolin Pawel, Claudia Naumann-Deppe, Cordula Müller, Julia Joschko und Roland Richter zahlreiche Zeichnungen und Tabellen angefertigt und die Druckvorlage gesetzt. Janin Burbott-Seidel hat gemeinsam mit dem Team des Zeichenbüros die Verbindung zur werbenden Wirtschaft gepflegt. Das Buchcover hat Lena Stucke gestaltet– ebenso wie auch die Cover der Folgebände dieser neuen Buchreihe.

Großen Dank schulden Herausgeber und Verlag der Druckerei Beltz Grafische Betriebe für die sorgfältige Verarbeitung unserer Vorlagen zu einem ansehnlichen Buch hoher Qualität.

Das Zusammenwirken von Autoren, werbender Wirtschaft, Redaktion, Druckvorstufe und Druckerei kommt dieser Publikation zugute. Das Ergebnis dieser Arbeit wird von den Lesern geschätzt, weil die Bücher über lange Zeit als wichtige Informationsquelle betrachtet werden und die tägliche Arbeit unterstützen.

Daher wird auch dieses Buch, sowohl in der Print-Version als auch im zeitgleich erschienenen E-Book Format, die verdiente Verbreitung und Würdigung finden.

Es ist uns ein Bedürfnis, den an diesem Buch Beteiligten im Namen aller Herausgeber voller Bewunderung für ihre hervorragenden Leistungen zu danken.

Januar 2024

Dr.-Ing. Stephanie Thiel *Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.*

Autorenverzeichnis

Anger, Heiko 128
Bator, Jakub 103
Bauer, Jan-Eric 372
Blau, Thomas 304
Borghardt, Ralf 218
Brand, Karsten 292
Brending, Maximilian 232
Briese, Dirk 232
Decker, Ralf 218
DeYoung, Stefan 218
Esslinger, Jens 218
Feikus, Lisa 2
Gleis, Markus 402
Guschall-Jaik, Birgit 442
Hanenkamp, Axel 218
Heinrich, Lennart 128
Horeni, Martin 318
Jędrusiak, Radosław 103
Kaiser, Marie 356
Kaphahn, Isabel 2
Karpf, Rudi 54
Kęcka, Paulina 103
Koch, Sascha 382
König, Thomas 175
Koralewska, Ralf 128
Koster, Johannes 218
Kuvaja, Lari-Matti 73
Lahl, Uwe 458
Lechtenberg, Dirk 458
Lorber, Karl E. 246

Magel, Gabriele 356
Manns, Joachim 28
Martin, Ulrich 218
Pomberger, Roland 246
Prade, Rainer 128
Preuß, Hans Karl 332
Probst, Thomas 442
Quicker, Peter 2
Ropers, Stefan 128
Rothenhöfer, Christoph 200
Rusch-Fazekas, Stefan 86
Sarc, Renato 246
Schmidl, Werner 356
Schmitt, Sebastian 112
Scholz, Philipp 402
Schönsteiner, Max 218
Schröder, Michaela 262
Schumacher, Frank 276
Simon, Franz-Georg 402
Sohnemann, Jens 418
Spöhrer, Frank 128
Stefen, Inès 186
Todorova, Gabriela 276
Treder, Ellen 276
Versteyl, Andrea 160
Vogel, Julia 146
Wechner, Michael 318
Wehrens, Steffen 42
Wiechmann, Benjamin 432
Zeschmar-Lahl, Barbara 458

Inserentenverzeichnis

Förderer

BSR

DOOSAN Lentjes

EnergieLink
PLANT ENGINEERING & SOLUTIONS

Hitachi Zosen INOVA

MARTIN

MITSUBISHI POWER

JFE Engineering Group
Standardkessel Baumgarte
JFE

tbfpartner

UHLIG
WEL-COR | Boiler Solutions

Wir danken den Inserenten





























































Berliner Stadtreinigungsbetriebe AöR S. 172

Ringbahnstraße 96
12103 Berlin, Deutschland
+49-30-7592-4900
service@bsr.de
www.bsr.de



CheMin GmbH S. 354

Am Mittleren Moos 46 a
86167 Augsburg, Deutschland
+49-821-74839-30
chemin@chemin.de
www.chemin.de



Doosan Lentjes GmbH S. 120, 236

Daniel-Goldbach-Straße 19
40880 Ratingen, Deutschland
+49-2102-166-0
dl.info@doosan.com
www.doosanlentjes.com



EnergieLink GmbH S. 241, 400

Riedstrasse 6
8953 Dietikon, Schweiz
+41-56-51103-33
info@energielink.ch
www.energielink.ch



Envi Con Engineering GmbH S. 133

Rathenauplatz 2
90489 Nürnberg, Deutschland
+49-911-48089-0
info@envi-con.de
www.envi-con.de



Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG S. 448

Genthiner Straße 30 G
10785 Berlin, Deutschland
+49-30-250085-0
ESV@ESVmedien.de
www.muellundabfall.de



GABO IDM mbH S. 344

Am Weichselgarten 9
91058 Erlangen, Deutschland
+49-9131-873-50
vertrieb@gabo-idm.de
www.gabo-idm.de



Hitachi Zosen Inova AG S. 61, 421

Hardturmstrasse 127
8005 Zürich, Schweiz
+41-44-27711-11
info@hz-inova.com
www.hz-inova.com



Hoffmeier Industrieanlagen GmbH + Co. KG S. 178

Kranstraße 45
59071 Hamm-Uentrop, Deutschland
+49-800-2388-33-0
info@hoffmeier.de
www.hoffmeier.de



intelligentplant Engineering GmbH S. 177

Am Römerbrunnen 1
82229 Seefeld, Deutschland
+49-8152-39588-90
info@intelligentplant.de
intelligentplant.de



Iqony GmbH S. 102

Rüttenscheider Straße 1 – 3
45128 Essen, Deutschland
+49-201-801-01
info@iqony.energy
www.iqony.de



Jünger+Gräter GmbH S. 367

Robert-Bosch-Straße 1
68723 Schwetzingen, Deutschland
+49-6202-944-0
info@jg-refractories.com
www.jg-refractories.com



MARTIN GmbH S. 134, 222
für Umwelt- und Energietechnik

Leopoldstraße 246
80807 München, Deutschland
+49-89-35617-0
mail@martingmbh.de
www.martingmbh.de



Meeraner Dampfkesselbau GmbH S. 166

Zwickauer Straße 94 – 98
08393 Meerane, Deutschland
+49-3764-53-0
info@mdkb.de
www.mdkb.de



Menk-Schmehmann GmbH & Co. KG S. 214

Fritz-von-Opel-Straße 20
56470 Bad Marienberg, Deutschland
+49-2661-621-0
info@menk-schmehmann.de
www.menk-schmehmann.de



Mitsubishi Power Europe GmbH S. 84, 165

Schifferstraße 80
47059 Duisburg, Deutschland
+49-203-8038-0
infobox@eumhi.com
https://emea.power.mhi.com



Mokesa AG S. 368

Freulerstrasse 10
4127 Birsfelden, Schweiz
+41-61 31999-70
info@mokesa.ch
www.mokesa.ch



MVV Umwelt GmbH S. 16

Luisenring 49
68169 Mannheim, Deutschland
+49-621-290-4601
info-umwelt@mvv.de
www.mvv.de



MSV Mediaservice & Verlag GmbH S. 447

Gottlieb-Haug-Straße 2
89143 Blaubeuren, Deutschland
+49-7344-9280-320
info@msvgmbh.eu
www.eu-recycling.com



Rheinbraun Brennstoff GmbH S. 79

Ludwigstraße
50226 Frechen, Deutschland
+49-2234-109-25020
www.hok.de

RHI MAGNESITA GmbH S. 393

Kranichberggasse 6
1120 Wien, Österreich
+43-502-13-0
headquarters@rhimagnesita.com
www.rhimagnesita.com

RHOMBOS-VERLAG Bernhard Reiser S. 242

Postfach 670217
10207 Berlin, Deutschland
+49-30-2619461
verlag@rhombos.de
www.rhombos.de

Rosink-Werkstätten GmbH S. 207

Otto-Hahn-Straße 23
48529 Nordhorn, Deutschland
+49-5921-8820-0
info@rosink-werkstaetten.de
www.rosink-werkstaetten.de

Standardkessel Baumgarte Holding GmbH S. 62, 310

Wissollstraße 19
45478 Mülheim an der Ruhr, Deutschland
+49-208-20768-0
info@sb-group.com
www.sb-group.com

TBF + Partner AG S. 213, 260

Alsterarkaden 9
20354 Hamburg, Deutschland
+49-40-696324330
tbfhh@tbf.ch
www.tbf.ch

Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Dorfstraße 51
16816 Nietwerder, Deutschland
+49-3391-4545-0
tkverlag@vivis.de
https://vivis.de

Uhlig Wel-Cor GmbH

S. 235, 361

Innerstetal 16
38685 Langelsheim, Deutschland
+49-5326-5010-1
info@uhlig.eu
www.uhlig.eu

Valmet GesmbH

S. 72

Lassallestrasse 7a
Unit 4/4. OG/Top 5
1020 Wien, Österreich
+43-179-552
www.valmet.com

VENTURO Ingenieurgesellschaft mbH

S. 326

Curtiusstraße 15
12205 Berlin, Deutschland
+49-30-797818-28
kontakt@venturo.de
www.venturo.de

Verlag 320°

S. 440

Viktualienmarkt 8
80331 München, Deutschland
+49-89-41325709
info@320grad.de
www.320grad.de

Schlagwortverzeichnis

A

Abfallaufkommen 237
Abfälle
  biogene 450
  gefährliche 419
  mineralische 454
Abfallhierarchie 404
Abfallverbrennungsanlagen
  siehe MVA
Abgasreinigung 73, 429
Abgaskondensation 73
Abgaszusammensetzung 321
Abwärme
  unvermeidbare 196
Abzehrrate 369
Additive
  in Kunststoffen 461
  zur Abscheidung saurer Schadgase 59
Aktivkohlen
  höherwertige 58
Alkalichloride 376
Altfahrzeuge 453
Aminwäsche 94
Anlagenbau
  künstliche Intelligenz und Digitalisierung 306
  Neuerungen 445
Anlagenbetrieb
  künstliche Intelligenz 306
  ohne Beaufsichtigung 311
Anlagendokumentation 324
Anlagenersatz
  unter Betrieb 201
API-Schnittstellen 327
AS-BUILT-Zeichnungen 321
Auslaugverfahren 403

B

Babyboomer 264
Batteriezellen 47
BECCS 89
BEHG
  siehe Brennstoffemissionshandelsgesetz
Berührungsheizflächen 366
Beschleunigungsinstrumente
  im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren 161
Bestandsanalyse
  nach § 15 WPG 191
beste verfügbare Techniken (BVT) 44, 55
Bilanzenmethode
  zur Bestimmung des biogenen Anteils an CO_2 in Abgasen 18
Biomassen 450
Brennkammer 428
Brennstoffemissionshandel
  Abfallverbrennung 3, 29
  Sonderabfallverbrennung 433
Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) 3, 29, 234, 435
  EU-ETS im Vergleich 30
  Lenkungswirkung 32
Brownfield 239
Bundes-Klimaschutzgesetz 189
BVT 44
BVT-Schlussfolgerungen
  Erfüllungskosten zur Umsetzung 55

C

Calzinatorfeuerung 252
Carbon Capture (CC) 88, 95
Carbon Capture and Storage (CCS) 88, 129
  Speicherstätten 95
Carbon Capture and Utilization (CCU) 89, 129
Carbon Dioxide Removal (CDR) 89
Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) 89
Change-Management-Prozess 265
Chemical Looping Combustion 113
Chlor
  Einfluss auf die Korrosion von Überhitzerrohrmaterialien 378
Chlorgehalt
  des Brennstoffs 377
Chlorsalze 363
Chromchlorid 363
CLC-Reaktor 114
CO_2-Abscheidung 113, 130
  Stand in Österreich 87
CO_2-Anteile von Abfallbrennstoffen
  fossile/biogene 10
CO_2-Bepreisung 435
  bei Abfall sinnvoll? 433
CO_2-Emissionen
  Mess- und Berechnungsverfahren 34
  kontinuierliche Messung 8
CO_2-Transportmöglichkeiten 98
CO_2-Verdichtung 138
CO_2-Zertifikate 234

Community-Building 202
Co-Processing 249
^{14}C-Verfahren 14
Cyber Security System 311

D

Datenerfassung 327
Dekarbonisierung 129
Deponieverordnung 403
Design for Recycling 471
Digitaler Zwilling 320, 335
Digitalisierung 305
  des Freigabe-Managements 333
Direct Air Capture and CCS (DACCS) 89
Direktreduktionsanlagen 452
Dokumenten-Management-Systeme (DMS) 314
Drehrohrbläser 375
  wassergekühlter 379
Drehrohrfeuerung 419

E

Elektro- und Elektronikschrott 453
Emissionsbandbreiten (BAT-AEL) 48
Emissionsbericht 9
Emissionsgrenzwerte 48
Emissionshandel
  europäischer (siehe auch EU-ETS) 29, 436
  nationaler 3, 29
Emissionshandelssystem 436
Emissionszertifikate
  Vorgehensweise zum Erwerb 4
Energierückgewinnung
  Sonderabfallbehandlung 428
Energieversorgungsunternehmen 190
Entschlackersystem 426
Ersatzbaustoffverordnung 404
Ersatzbrennstoffkraftwerke
  Neubauprojekte 233
EU AI Act 315
EU-ETS
  Lenkungswirkung 33
  sinnvolle Integration der Abfallentsorgung 35
EU-ETS I 436
EU-ETS II 436
EU-Maschinenrichtlinie 315
EU-Taxonomie 147, 195

F

Fach-, Führungs- und Unternehmerkompetenz 270
Fachkräftemangel 311
Falschlufteintrag 135
Feuerfestbau 386
  Projektmanagement 390
Feuerfestmaterial
Trocknung nach der Installation 396
Finanzinverstoren 197
Flue Gas Cleaning 73
Flue Gas Condensation 73
Fuel Switch 238
Führungskräfteprofil 268
Führungskultur 263
Führungsstil 269

G

Genehmigungsverfahren
  immissionsschutzrechtliche 161
Generationenwechsel
  digitales Freigabemanagement 335
Generationen Y und Z 265
Generation X 264
Geothermie 179
Glas 450
Global Remote Center 311
Green Deal
  Europäischer 44
Greenfield 239
Gummi 455

H

Heat Pump 75
Heat Recovery 73
Hochtemperaturkorrosion 373
Hochtemperaturverbrennung 423
HotDisk 252

I

Image 271
Industrieemissionsrichtlinie (IED) 43
  Novellierung 44
Informationszwilling
  digitaler 333

Innovationsförderung 49
Instandhaltung
zustandsorientierte 306

K

Kaliumcarbonat-Verfahren
heißes (HPC) 95
Kesselwirkungsgrad 328
Klärschlammverbrennung
Wirbelschicht 224
Klimawandelanpassung 153
Kohlekraftwerke
Mitverbrennung 238
Kooperationen
interkommunale 197
Korrosion 377
Korrosionsversuchsstand 370
KPI-basiertes Monitoring 319
Künstliche Intelligenz 305, 315
Kunststoffadditive 463
Kunststoffrecycling 449, 459
Kunststoffverpackungen
mit Lebensmittel in Kontakt 467

L

Laborstand 370
Lanzenschraubbläser 374
Leitstand
zentraler 311
Leittechnik
Simulatoren 313
Lifecycle Management 306
Limmattaler Energiezentrum 201
Luftschadstoffe 43

M

Marktprognose 243
Marktzustände und -entwicklungen 240
Metallschrotte 452
Mischsalze 362
Mitverbrennung
in der Zementindustrie 247
in Kohlekraftwerken 238
Mulden (Salzschmelzenkorrosion) 359
MVA
Kombination mit KVA 219
Neubauprojekte 233
Umbau und Anbau 240
Bern Forsthaus 325
Magdeburg-Rothensee 219

N

Nachbrennkammer 423
Nachrüstbedarf 64
Nachrüstmaßnahmen 59
Nachverbrennungszone 428
Nachwuchsförderungsprogramm 273
Neubauprojekte
MVAs und EBS-Kraftwerke 233
Nickelbasislegierungen 363

O

ökotoxisch 404
OpenPi 327
Oxyfuel-Verfahren 130

P

Pakt für Planungs-, Genehmigungs- und Umsetzungsbeschleunigung 169
Partizipation 206
Persistenz von schädlichen Additiven
beim Recycling 464
Personalberater 299
Personalrat 289
Phosphor-Produktion
globale 224
Phosphorrückgewinnung 224
Post-Combustion-Verfahren 130
Potenzialanalyse
nach § 16 WPG 193
PPK 451
Private Public Partnerships 197
Projektcontrolling 385
Projektmanagement 383
Projektmanager 162
Prozessdaten-Plattform 327
Prozessleitsysteme
KI-Implementierung 312

R

Radialverdichter 138
Rauchgas
siehe Abgas
Recycling
chemisches 445
Zukunft 443
Recyclingquoten 470
Referenzwerte
ökotoxikologische 406
Refuse Derived Fuels (RDF) 248
Reifen 455
Reststoffentsorgungspreis 60
Risikomanagement 385
Risk Cycle 459
Rostfeuerung 223
Rußbläser 374
Auswahl nach Rauchgastemperatur 375
R&I-Schemata 320

S

Salzschmelzen 363
Salzschmelzenkorrosion 357
Schraubbläser 374
Schwermetallchloride 363
Shock Pulse Generatoren 327
Simulatoren
für Schulungen und Prozessoptimierungen 313
Solid Recovered Fuels (SRF) 248
Solid-Solid-Reaktionen 360
Sonderabfallverbrennung 419
Abgasbehandlung 429
Auswirkung des Brennstoffemissionshandels 438
Sozial- und Selbstkompetenz 270
Stähle
hochlegierte 363
Stoffe
gefährliche 459
Strahlungszüge 363
Substanzen
bedenkliche 463
Substitutionsraten
in der Zementindustrie 248
thermische 248
Sustainable Finance-Taxonomie 147
Syncom 130
Szenario-Analyse 243

T

Talent Management 295
Tandem-Führung 283
Taxonomie 147
Textilien 454
Transformationsplan 49
Treibhausgasemissionen 189
Turn-Key-Konzept 387

U

Umweltmanagementsystem 48
Unternehmenskultur 263
Unternehmensleitbild 267

V

Veränderungsprozesse 279
Verschmutzung 374
Vollständigkeitserklärung 167

W

Wärmeplanung
kommunale 187
Wärmeplanungsgesetz 190
Wärmepumpe 75
Wärmerückgewinnung 73
Wärmeversorgung 187
Wärmewende 175, 187
Wärmewendestrategie 195
Wartung
präventive 311
Wassergefährdung 406
Wasserstoffelektrolyse 47
Wirbelschichtverbrennung 224

X

XANES-Spektroskopie 409

Z

Zementwerke 238
Abfallbrennstoffe 247
Zielszenario
nach § 17 WPG 193
Zyklonvorwärmer 252