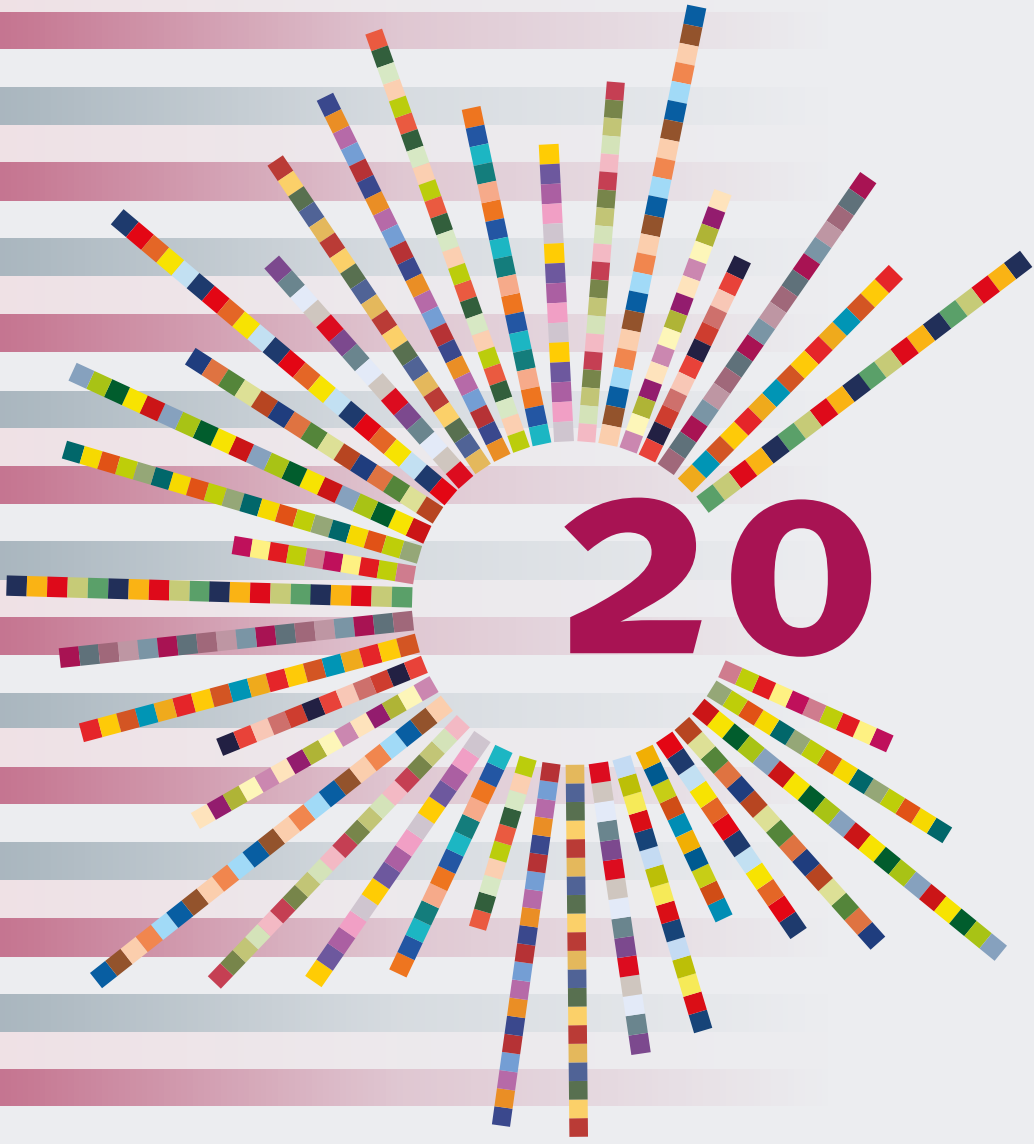
Energie aus Abfall



Stephanie Thiel

Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Peter Quicker

Alexander Gosten

TK Verlag

Stephanie Thiel
Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Peter Quicker
Alexander Gosten

Energie aus Abfall

Band 20

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 (Hrsg.):

Energie aus Abfall, Band 20

ISBN 978-3-944310-69-5 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

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

Verlag:	Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2023
Redaktion:	Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.
Erfassung und Layout:	Claudia Naumann-Deppe, Martin Graß, Carolin Pawel, Cordula Müller, Roland Richter, Janin Burbott-Seidel, Lena Stucke
Druck:	Beltz Grafische Betriebe, Bad Langensalza

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,

schon das Buchcover strahlt es aus: Dies ist eine Jubiläumsausgabe – hiermit wird der 20. Band der Buchreihe *Energie aus Abfall* veröffentlicht, sowohl als Printausgabe als auch im E-Book-Format.

Diesmal steht das Kohlenstoff-Management in der Abfallwirtschaft der Zukunft als aktuelles Thema am Anfang. Dieses umfasst Stoffströme wie Altholz, Ernterückstände, Gülle, Bioabfall, Restabfall und andere, aber auch das chemische Recycling von Kunststoffen bis hin zur CO_2-Abscheidung, -Nutzung oder -Speicherung.

Ein zweiter Schwerpunkt, der in Zukunft mit einem jährlichen Update fortgeschrieben werden soll, ist der Stand der thermischen Abfallbehandlung im deutschsprachigen Raum und angrenzenden Ländern. Darin wird länderspezifisch der Status quo hinsichtlich Gesetzgebung, Abfallmengen und Anlagenpark zusammengefasst. Projekte und Planungen werden vorgestellt und ein Ausblick, einschließlich der aktuellen politischen Diskussion in diesem Kontext, wird gegeben.

Nachdem in den zurückliegenden Jahren Prognoseinstitute, Ingenieurbüros und dann Anlagenbauer über zukunftsbezogene Fragestellungen referiert hatten, haben wir diesmal Betreiber gebeten, ihre Konzepte zu integrierten Verwertungsanlagen – MVA der Zukunft – für die Zeit nach 2030 darzustellen. Es ist eine Gelegenheit, sich inspirieren zu lassen und mit den Anlagenbetreibern ihre Perspektiven der technischen Entwicklungen zu diskutieren.

Das Kapitel Transformation und Standortentwicklung knüpft hier inhaltlich an und schließt dabei auch kommunikative Aspekte wie Imagemarketing und Stakeholdermanagement ein.

Zudem werden in diesem Band auch wieder Digitalisierung und Künstliche Intelligenz adressiert und Optimierungspotentiale in den Bereichen Kessel, Korrosion und Werkstoffe sowie Abgasbehandlung aufgezeigt. Als Sonderthema werden Sicherheitsmaßnahmen gegen Brand und Explosion vorgestellt.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre mit guten Anregungen, neuen Erkenntnissen und konkretem Gewinn für Ihre Arbeit.

April 2023

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

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

Inhaltsverzeichnis

Kohlenstoff-Management und CO_2-Abscheidung

Kohlenstoff-Management in der Abfallwirtschaft der Zukunft
Peter Quicker.... 2

Aktuelle Entwicklungen im Klimaschutzrecht – insbesondere BEHG und TEHG – und seine Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft
Markus Ehrmann 16

Mehr CO_2 – wie die Weichen für CO_2-Abscheidung in diesem Jahrzehnt gestellt werden müssen
Aleksandra Würfel 30

Möglichkeiten und Hürden der Integration von Carbon Capture an einer thermischen Abfallbehandlungsanlage
Daniel Heinrich und Max Schönsteiner 42

CO_2-Abscheidung bei der AVG Köln real betrachtet
Matthias Müller und Sophie Kreuz 58

Stand der thermischen Abfallbehandlung

Altholz-Biomassekraftwerke – Markt und Herausforderungen
Simon Obert und Sebastian Bartels 74

Stand der thermischen Abfallbehandlung in Luxemburg
Patrick Christophory 88

Die thermische Abfallbehandlung in der Schweiz
Robin Quartier 98

Stand der thermischen Abfallbehandlung in Österreich
Stefan Rusch-Fazekas und Teresa Schubert 114

Municipal Waste Incinerator Market in Poland
Jakub Bator and Radoslaw Jędrusiak 130

Transformation und Standortentwicklung

Transformation von einem linearen zu einem kreislaufbasierten Geschäftsmodell
Gernot Pehnelt und Heinz-Georg Baum 142

Kreisläufe schließen – Das Zentrum für Ressourcen und Energie Hamburg
Fabian Schott, Sören Ehlers und Rüdiger Siechau 158

Standortentwicklung bonNova – der Weg in die Abfallverwertung der Zukunft – Projekterfolg durch innovatives Stakeholdermanagement –
Saskia Kutsche und Manfred Becker 180

Modernes Imagemarketing für ein Müllheizkraftwerk mitten in der Stadt
Thomas Grommes 190

Die integrierte Verwertungsanlage nach 2030 aus Betreibersicht

Konzepte zur integrierten Verwertungsanlage der Zukunft – Perspektiven für die Zeit nach 2030 aus Betreibersicht
Markus Witt 208

Konzepte zur integrierten Verwertungsanlage der Zukunft – Perspektiven für die Zeit nach 2030 aus Betreibersicht
Joachim Manns 216

Konzepte zur integrierten Verwertungsanlage der Zukunft – Perspektiven für die Zeit nach 2030 aus Betreibersicht
Uwe Zickert 228

Konzepte zur integrierten Verwertungsanlage der Zukunft – Perspektiven für die Zeit nach 2030 aus Betreibersicht
Fabian Schott, Patrick Kalicinski, Dirk Seger, Matthias Seiffert, Steffen Wendland, Hartwig Söth und Rüdiger Siechau 240

Chemisches Recycling – Kunststoffe

Arcus Process Demonstration Unit – Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage für das chemische Recycling von Mischkunststoffabfällen
Marco Tomasi Morgano, Markus Klatte und Daniel Odenthal 260

Quantafuel – Pyrolyse
Christian Lach und Terje Ulla Eiken 272

Digitalisierung und Künstliche Intelligenz

Anwendung von Künstlich Neuronalen Netzen zur Prognose von Prozesszuständen bei thermischen Verwertungsanlagen
Elena Pabst, Sebastian Georg, Jan Nowara und Christian Gierend 282

Energiebedarfs-Prognosen: ingenieurmäßig oder mit künstlicher Intelligenz? – Beispiel Fernwärme –
Martin Horeni und Toni Wietlisbach 300

Betriebsoptimierung Dampferzeugerteil

Newhurst (UK) – mit progressiven Dampfparametern zum besten Stromwirkungsgrad
Matthias Baur 324

Innovative und wartungsarme Technologie der automatisierten Kesselreinigung – Referenzanlagen Energie Zentrale Bern Forsthaus und Dottikon ES –
Reto Steiner und Marc Keusch 342

Korrosion und Werkstoffe

Werkstofferprobung und -entwicklung für Abfallverbrennungsanlagen
Michael Spiegel und Patrik Schraven 366

Erfahrungen mit Schweißplattierungen im konvektiven Teil von Abfallverbrennungsanlagen
Werner Schmidl, Susanne Klotz, Dominik Molitor, Markus Müller und Dominik Schneider 380

Moskau versus Zwentendorf – Cladding damals und heute bei der EVN
Thomas Pickut 390

Maßnahmen zur Erreichung einer geringeren Korrosionsrate und langen Reisezeit bei der AVA Augsburg
Gerald Guggenberger und Hans Fleischmann 400

Plattensystem für hochbelastete Zonen
Andreas Hofstetter, Tobby Brümmer, Thomas Schacht und Thomas Herzog 422

Abgasbehandlung

Demographischer Wandel im Immissionsschutz – Bedeutung und Lösungsansätze
Rudi Karpf 436

Projekt Chalampé im Spannungsfeld von BREF und deutsch-französischen Emissionsvorgaben
Siegfried Scholz 450

LOTOx-Verfahren zur Sicherstellung zukünftiger BREF-Anforderungen hinter Trockensorptionsverfahren mit SNCR-Technologie
Ralf Koralewska, Sebastian Jell, Max Schönsteiner, Heinz-Dieter Obermeyer und Rainer Prade 470

15 Jahre Betriebserfahrung mit Circoclean Abgasreinigungen in Abfallverbrennungsanlagen
Daniel Borke 490

Sicherheitsmaßnahmen gegen Brand und Explosion

Sicherheitstechnische Aspekte bei der Anwendung von kohlenstoffhaltigen Sorbentien zur Flugstromadsorption
Jürgen Wirling und Felix Ringenberg 510

Ursache und Beherrschung von Selbstentzündung und Explosion – Bekannte Phänomene mit neuen Materialien und Materialmischungen
Michael Hohenberger und Harald Raupenstrauch 528

Dank 543

Autorenverzeichnis 547

Inserentenverzeichnis 553

Schlagwortverzeichnis 565

Kohlenstoff-Management und CO_2-Abscheidung

Carbon Management in the Waste Sector of the Future

Peter Quicker

The relevance of carbon exceeds a fuel function by far. Carbon is indispensable for many technical processes, especially in the primary industry. This will still be the case after the introduction of a hydrogen economy.

For the realization of a climate-neutral future, there are only two paths that must be followed in parallel:

- Biogenic carbon (= biomass carbonisates, biochar),
- Carbon cycling.

However, suitable waste fractions for conversion to biochar or hydrocarbons are limited and must therefore be reserved for appropriate purposes: A planned carbon economy is needed.

Kohlenstoff-Management in der Abfallwirtschaft der Zukunft

Peter Quicker

1. Thematische Einführung 4

2. Kohlenstoffbedarfe 7

2.1. Stahl und Eisen 7

2.2. Nichteisenmetallurgie 7

2.3. Chemie und Petrochemie 8

2.4. Methan 8

3. Kohlenstoff in abfallwirtschaftlichen Stoffströmen 8

4. Optionen zur Kohlenstoffnutzung im Kontext der Kreislaufwirtschaft 10

4.1. Biomassekarbonisate 12

4.2. Kohlenwasserstoffe aus der thermochemischen Konversion von Abfällen 12

4.3. Biomethan 13

5. Fazit 13

6. Quellen 13

Die Bedeutung von Kohlenstoff geht weit über eine Brennstofffunktion hinaus. Für viele technische Prozesse, insbesondere in der Grundstoffindustrie, ist Kohlenstoff unverzichtbar. Dies wird auch nach Einführung der Wasserstoffwirtschaft noch der Fall sein.

Für die langfristige Realisierung einer klimaneutralen Zukunft gibt es nur zwei Wege, die parallel beschritten werden müssen:

- Biogene Kohlenstoffträger (= Biomassekarbonisate)
- Kohlenstoff-Kreislaufführung

Geeignete Abfallfraktionen für die Konversion zu Karbonisaten oder Kohlenwasserstoffen sind jedoch begrenzt und müssen daher gezielt für entsprechende Zwecke vorgesehen werden: Eine Kohlenstoff-Planwirtschaft tut Not.

1. Thematische Einführung

Kohlenstoff ist ein essenzielles Element unserer Industriegesellschaft. Seine Bedeutung geht weit über eine Brennstofffunktion hinaus. In vielen technischen Prozessen, insbesondere in der Grundstoffindustrie, ist Kohlenstoff nicht zu ersetzen. Bei der Stahl- und Gusseisenerzeugung, als Grundbaustein der organischen Chemie oder als Adsorptionsmittel für Schadstoffe in Abgasen und Abwässern und für viele andere Anwendungen ist Kohlenstoff unverzichtbar. Daher wird auch die derzeit allen Orts propagierte Wasserstoffwirtschaft nicht die (alleinige) Lösung zur Substitution fossiler Kohlenstofffraktionen sein.

Für die Realisierung einer klimaneutrale Zukunft, mit dem auch künftig noch vorhandenen und in den Zukunftskonzepten der Politik meist ignorierten industriellen Kohlenstoffbedarf, gibt es nur zwei grundsätzliche Wege, die zweifellos parallel beschritten werden müssen, um die gewaltige Aufgabe der Defossilisierung – eine vollständige Dekarbonisierung ist keine Option für eine Industrienation – zu bewältigen:

- Einsatz biogener Kohlenstoffträger (= Biomassekarbonisate),
- Kohlenstoff-Kreislaufführung.

Analog zur etablierten Einstufung von Biomasse als klimaneutralem Kohlenstoffträger bei der rein energetischen Verwertung (vgl. EEG und Biomasseverordnung [1, 2]), kann auch für kohlenstoffverzehrende Industrieprozesse Biomasse zur Erreichung der Klimaneutralität eingesetzt werden. In der Regel findet dabei zumindest eine teilweise stoffliche Nutzung des eingesetzten Kohlenstoffs, beispielsweise als Reduktionsmittel, Aufkohlungsmittel oder Adsorbens statt und (wenn überhaupt) wird lediglich ein Teil dieses Kohlenstoffs als CO_2 emittiert.

Es ist die Herausforderung, Stoffströme in geeigneter Qualität und Menge für die Produktion biogener Karbonisate bereitzustellen. Aus klimabilanzieller Sicht eignen sich insbesondere abfallstämmige Biomassesortimente, die ansonsten energetisch verwertet (oder in vielen Ländern sogar deponiert) würden. Werden diese Fraktionen stattdessen als Karbonisate stofflich in den industriellen Kreislauf zurückgeführt, kann eine tatsächliche Klimaentlastung erreicht werden. Dem entgegen stehen die bekannten verfahrenstechnischen und ökologischen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Konversion und Nutzung von Abfällen. Auch politisch-ideologische Hürden sind in diesem Zusammenhang zu überwinden. Häufig wird die Karbonisierung von Biomasse mit der rein energetischen Nutzung gleichgesetzt und aus diesem Grunde vehement abgelehnt: „Biomasse ist zu schade zum Verbrennen“. Hier ist noch viel Aufklärungsarbeit zu leisten, um die Notwendigkeit und die vielfältigen Vorteile dieses Ansatzes zu vermitteln.

Dort wo die Nutzung biogener Einsatzstoffe zur Realisierung einer klimaneutralen Produktion nicht möglich ist, könnten Konzepte zur Kreislaufführung von Kohlenstoff bzw. Kohlenwasserstoffen Einsatz finden. Aktuell fokussiert die Abfallwirtschaft in Deutschland das chemische Recycling von Kunststoffen und die Abscheidung und

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. Darüber hinaus haben wir auch einen internationalen Kongress zum Thema Waste-to-Energy im Portfolio. 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.

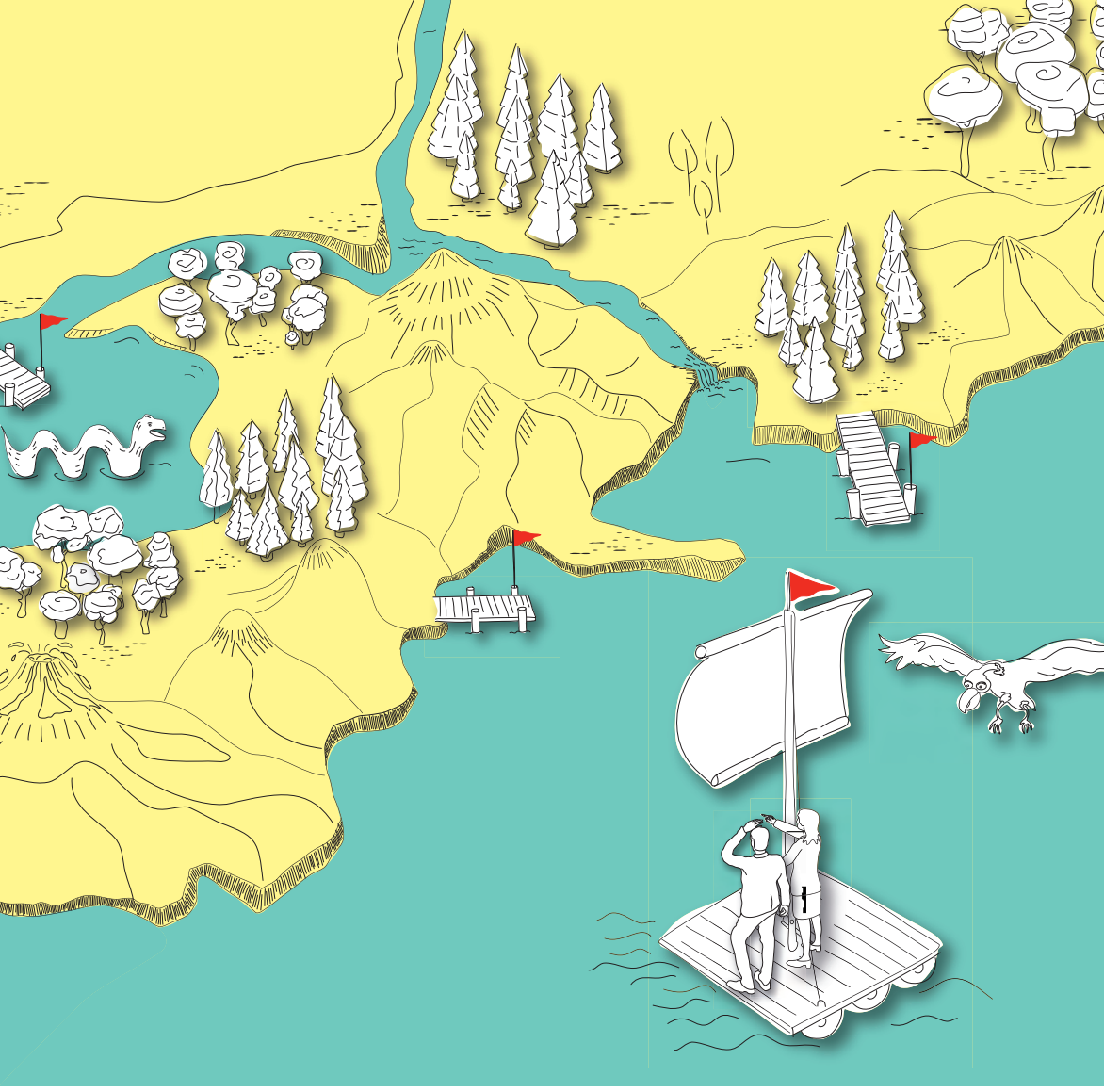
Unsere aktuellen Konferenzen im Überblick:

Berliner Konferenz Abfallwirtschaft und Energie
Berliner Konferenz Mineralische Nebenprodukte und Abfälle
Berliner Klärschlammkonferenz
IRRC – Waste-to-Energy

Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

VIVIS

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



EXPLORING TOGETHER

Wir freuen uns auf kommende Abenteuer – gemeinsam, kollaborativ und kreativ. Mit Unternehmergeist und Offenheit beschreiten wir gemeinsam neue Wege, nutzen Chancen und meistern Gefahren.

tbf.ch

tbfpartner

anschließende Nutzung von Kohlendioxid aus dem Abgas von Müllverbrennungsanlagen. Beide Ansätze ermöglichen die Kreislaufführung von Kohlenstoff und damit die Entlastung des Klimas. Allerdings stecken diese Technologie noch in ihren Anfängen, viele technische Fragen müssen noch gelöst werden.

Bereits heute ist klar, dass geeignete Abfallfraktionen für die Konversion zu Karbonisaten oder Kohlenwasserstoffen begrenzt sind und daher gezielt für entsprechende Zwecke vorgesehen werden müssen. Es wird also notwendig sein, sich künftig von politischer Seite strategisch mit der Allokation von Abfällen auseinanderzusetzen. Es muss ein Plan entstehen, welche kohlenstoffhaltigen Abfallfraktionen sich in welchen Verfahren für welche Einsatzzwecke konfektionieren lassen: eine Kohlenstoff-Planwirtschaft tut Not.

2. Kohlenstoffbedarfe

2.1. Stahl und Eisen

Der Kohlenstoffbedarf für die Eisen- und Stahlerzeugung ist beträchtlich. Beim Sinterprozess werden rund 35 kg Kohlenstoff benötigt, als Reduktionsmittel im Hochofen rund 380 kg pro Tonne Roheisen [3].

Auch bei einer Umstellung der Stahlproduktion auf alternative Reduktionsrouten wird noch Kohlenstoff notwendig sein. So wird die spezifische Kohlenstoffintensität für eine Tonne Primärstahl bei der Erzeugung durch Wasserstoff-Direktreduktion (DRI) oder Elektrolyse auf rund 52 kg an festem Kohlenstoff beziffert [3]. Und selbst die Sekundärstahlerzeugung aus Eisenschrotten im Lichtbogenofen (LBO) erfordert etwa 10 bis 15 kg Kohlenstoff für die Elektroden und zur Erzeugung von Schaumschlacke [3, 11], die eine isolierende und stabilisierende Funktion im LBO ausübt.

Bei der jährlichen deutschen Stahlproduktion von rund 40 Mio. t [10] und der Zugrundelegung von lediglich 50 kg Kohlenstoffbedarf pro Mg Stahl ergibt sich ein Bedarf an Karbonisaten von 2 Mio. t/a.

Neben der Stahlerzeugung benötigt auch die Herstellung von Gusseisen Kohlenstoff in Form von Koks als Aufkohlungsmittel. Gusseisen enthält mindestens 2 % an Kohlenstoff. Der Koksbedarf der deutschen Gießereiindustrie beträgt rund 500.000 t/a.

2.2. Nichteisenmetallurgie

Auch bei der Erzeugung von Nichteisenmetallen werden Kohlenstoffträger zur Reduktion der Erze eingesetzt. Zur pyrometallurgischen Kupfererzeugung werden Kohlenstoffmengen zwischen 50 und 150 kg pro t Reinkupfer benötigt. Bei der Produktion von Primäraluminium wird Kohlenstoff für die Herstellung der Elektroden verwendet, bei der Zink- und Bleiherstellung unter anderem zur Reduktion.

Dank

Die Herausgeber dieser Jubiläumsausgabe – des 20. Bands der Buchreihe Energie aus Abfall – danken den an diesem Buch beteiligten Personen und Unternehmen für ihr Engagement.

An erster Stelle danken wir den Autorinnen und Autoren, die mit ihren Manuskripten den Rohstoff für dieses Buch geliefert haben. Für sie war es zusätzliche Arbeit und Belastung. Herausgeber und Verlag danken ihnen allen mit dem angemessenen Umgang mit ihren Manuskripten und mit der Qualität der Präsentation.

Die Qualität des Buchs ist auch dem Engagement der Unternehmen zu verdanken, die mit den Inseraten eine weitere Voraussetzung für die Qualität der Redaktion, des Satzes und des Drucks sowie der buchbinderischen Verarbeitung geschaffen haben. Dank der Qualität 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



Claudia Naumann-Deppe und Martin Graß haben die Buchplanung sowie die Zusammenarbeit mit den Autoren und der Druckerei geleitet. Sie haben gemeinsam mit Carolin Pawel, Cordula Müller und Roland Richter zahlreiche Zeichnungen und Tabellen angefertigt und die Druckvorlage gesetzt. Janin Burbott-Seidel hat gemeinsam mit Roland Richter und Martin Graß die Verbindung zur werbenden Wirtschaft gepflegt. Lena Stucke hat das Jubiläums-Buchcover gestaltet.

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 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.

April 2023

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

Autorenverzeichnis

Bartels, Sebastian ..... S. 74
Bator, Jakub ..... S. 130
Baum, Heinz-Georg ..... S. 142
Baur, Matthias ..... S. 324
Becker, Manfred ..... S. 180
Borke, Daniel ..... S. 490
Brümmer, Tobby ..... S. 422
Christophory, Patrick ..... S. 88
Ehlers, Sören ..... S. 158
Ehrmann, Markus ..... S. 16
Eiken,Terje Ulla ..... S. 272
Fleischmann, Hans ..... S. 400
Georg, Sebastian ..... S. 282
Gierend, Christian ..... S. 282
Grommes, Thomas ..... S. 191
Guggenberger, Gerald ..... S. 400
Heinrich, Daniel ..... S. 42
Herzog, Thomas ..... S. 422
Hofstetter, Andreas ..... S. 422
Hohenberger, Michael ..... S. 528
Horeni, Martin ..... S. 300
Jędrusiak, Radoslaw ..... S. 130
Jell, Sebastian ..... S. 470
Kalicinski, Patrick ..... S. 240
Karpf, Rudi ..... S. 436
Keusch, Marc ..... S. 342
Klatte, Markus ..... S. 260
Klotz, Susanne ..... S. 380
Koralewska, Ralf ..... S. 470
Kreuz, Sophie ..... S. 58
Kutsche , Saskia ..... S. 180

Lach, Christian ..... S. 272
Manns, Joachim ..... S. 216
Molitor, Dominik ..... S. 380
Müller, Markus ..... S. 380
Müller, Matthias ..... S. 58
Nowara, Jan ..... S. 282
Obermeyer, Heinz-Dieter ..... S. 470
Obert, Simon ..... S. 74
Odenthal, Daniel ..... S. 260
Pabst, Elena ..... S. 282
Pehnelt, Gernot ..... S. 142
Pickut, Thomas ..... S. 390
Prade, Rainer ..... S. 470
Quartier, Robin ..... S. 98
Quicker, Peter ..... S. 2
Raupenstrauch, Harald ..... S. 528
Ringenberg, Felix ..... S. 510
Rusch-Fazekas, Stefan ..... S. 114
Schacht, Thomas ..... S. 422
Schmidl, Werner ..... S. 380
Schneider, Dominik ..... S. 380
Scholz, Siegfried ..... S. 450
Schönsteiner, Max ..... S. 42, 470
Schott, Fabian ..... S. 158, 240
Schraven, Patrik ..... S. 366
Schubert, Teresa ..... S. 114
Seger, Dirk ..... S. 240
Seiffert, Matthias ..... S. 240
Siechau, Rüdiger ..... S. 158, 240
Söth, Hartwig ..... S. 240
Spiegel, Michael ..... S. 366

Steiner, Reto ..... S. 342
Tomasi Morgano, Marco ..... S. 260
Wendland, Steffen ..... S. 240
Wietlisbach, Toni ..... S. 300
Wirling, Jürgen ..... S. 510
Witt, Markus ..... S. 208
Würfel, Aleksandra ..... S. 30
Zickert, Uwe ..... S. 228

Inserentenverzeichnis

Förderer

AFRY ÅF PÖYRY

BSR

DOOSAN Lentjes

eew Energy from Waste

EnergieLink PLANT ENGINEERING & SOLUTIONS

Hitachi Zosen INOVA

MARTIN

MITSUBISHI POWER

JFE Engineering Group Standardkessel Baumgarte JFE

HOK ACTIVATED LIGNITE

tbfpartner

Wir danken den Inserenten































































AFRY Deutschland GmbH S. 20, 246

Borsteler Chaussee 51
22453 Hamburg, Deutschland
info.de@afry.com
www.afry.de



Bang&Clean Technologies AG S. 94, 357

Bünzweg 15
5504 Othmarsingen, Schweiz
+41-564 64 64-10
info@bang-clean.ch
www.bang-clean.ch



Berliner Stadtreinigungsbetriebe AöR S. 150, 211

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



BORSIG Service GmbH S. 136, 417

Egellsstraße 21
13507 Berlin, Deutschland
+49-30-4301-01
info@bs.borsig.de
www.borsig.de/bs

CheMin GmbH S. 364, 383

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



Deutscher Fachverlag GmbH S. 149

Mainzer Landstraße 251
60326 Frankfurt/Main, Deutschland
+49-69-7595-01
info@dfv.de
www.dfv.de



Doosan Lentjes GmbH S. 120, 497

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



Dornier Power and Heat GmbH S. 418

Charlottenstraße 18
10117 Berlin, Deutschland
+49 35433-752216
contact.dph@dornier-group.com
www.dornier-group.com



EnergieLink GmbH S. 109, 315

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



Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG S. 215

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

Explosion Power GmbH S. 292, 372

Niederlenzer Kirchweg 4
5600 Lenzburg, Schweiz
+41-62-88650-80
info@explosionpower.ch
www.explosionpower.ch

Hitachi Zosen Inova AG S. 110, 333

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

Hoffmeier Industrieanlagen GmbH + Co. KG S. 93, 444

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

InfraTec GmbH S. 77, 508

Infrarotsensorik und Messtechnik
Gostritzer Straße 61 – 63
01217 Dresden, Deutschland
+49-351-82876 0
web@infratec.de
www.infratec.de

Iqony GmbH S. 19, 174

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



LAB GmbH S. 49, 484

Bludenzer Straße 6
70469 Stuttgart, Deutschland
+49-711-222 49 35-0
lab@lab.fr
www.lab.fr



MARTIN GmbH
für Umwelt- und Energietechnik S. 50, 483

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



Meeraner Dampfkesselbau GmbH S. 78, 363

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



Mitsubishi Power Europe GmbH S. 64, 316

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



Mokesa AG S. 135, 409

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

MVV Umwelt GmbH S. 38, 233

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

MSV Mediaservice & Verlag GmbH S. 271

Münchner Straße 48
82239 Alling/Biburg, Deutschland
+49-8141-5300-20
info@msvgmbh.eu
www.eu-recycling.com

PTL Mercury Solutions GmbH S. 443

Katharinenstraße 9
10711 Berlin, Deutschland
+49-30 915 67 531
info@ptl-mercurysolutions.com
https://ptl-mercurysolutions.com

RHOMBOS-VERLAG Bernhard Reiser S. 527

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

Rheinbraun Brennstoff GmbH S.434, 515

Stüttgenweg 2
50935 Köln, Deutschland
+49-221-480-25020
www.hok.de



Standardkessel Baumgarte Holding GmbH S. 119, 457

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



TBF + Partner AG S. 6, 212

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
www.vivis.de



Valmet GesmbH S. 245

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



VENTURO Ingenieurgesellschaft mbH S. 173, 280

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



Verlag 320° S. 179

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

Schlagwortverzeichnis

A

Abfallbunkermanagement 404
Abfallverbrennungsrückstände 134
Abfallverbrennungsverordnung 118
Abfallwende 181
Abgaskondensation 247
Abgasreinigung 441, 461, 471, 491
siehe auch Rauchgas
Absorption von CO2 46
Abwärme 137
Abwasseremissionsverordnung
Verbrennungsgas 122
Abzehrrate 376
Abzehrungsminderung 382
Advanced Staged Combustion 472
Aktivkohlen
Brenn- und Explosionsverhalten 518
Sicherheitsaspekte 514
Sicherheitskonzept 521
Aktivkohletechnik 511
Akzeptanz 182
Alloy 625 394
Altholz 75
-branche 84
-kraftwerke 76
-markt 76
-preis 76
-vermarktung 82
-verordnung 79
Aminwäsche 47, 61
energetisch optimierte 66
Kosten 69
Anlagenbetrieb
gleichmäßiger 223
Arcus-Verfahren 263
Ascheaustrag 361
Automatisierung 231

B

BAT associated emission levels
(BAT-AELs) 121
Bau- und Abbruchbereich 80
Best available techniques (BAT) 118
Betreiber
Herausforderungen 213
Konzepte zu integrierten Verwertungsanlagen
nach 2030 208, 216, 228, 240
Betriebsfenster 275
Biomasse 84
Biomassekarbonisate 3, 12
Biomassekraftwerke 75
Biomassestrategie
nationale 85
Biomethan 13
Brandrisikoanalyse 536
Brennstoffemissionshandelsgesetz
(BEHG) 18, 85
Brennwertnutzung 247
Bundes-Abfallwirtschaftsplan (Österreich) 116
Bundes-Immissionsschutzgesetz 80, 438
Bundes-Immissionsschutzverordnungen 80
BVT-Schlussfolgerungen 471

C

Carbon Border Adjustment Mechanism
(CBAM) 22, 27
Carbon Capture (CC) 31, 43, 59, 232
Carbon Capture and Storage
(CCS) 31, 44, 68, 108, 253
Carbon Capture and Utilisation
(CCU) 31 44, 68, 253
Carbon Capture Infrastruktur
Aufbau in der Schweiz 108
Carbon-Offset-Markt 40
Chlorierung 377
Circoclean Abgasreinigung 491
Cladding 391, 397, 407
CMT Schweißtechnik 394, 397
CO2
chemische Absorption 46
Technologien zur Abscheidung
und Nachbehandlung 45
CO2-Abscheidung 31, 59, 232
enzymbasierte 47
siehe auch Carbon Capture
CO2-Emissionshandel
Einbeziehung der Abfallverbrennung 60
CO2-Entsorgung 68
siehe auch Carbon Capture and Storage
CO2-Grenzausgleichssystems (CBAM) 21, 27
CO2-Nachbehandlung 48
CO2-Speicherung 232
siehe auch Carbon Capture and Storage
CO2-Verwertung 68
siehe auch Carbon Capture and Utilisation
Corporate Identity 195
Corporate Responsibility 437
Creating-Customer-Journeys 346

D

Dampfparameter
progressive 335
Dampfrußbläser 349
Dampf- und Luftrußbläser 344
Data Preprocessing 304
Deep Cleaning Effect 353
Deep Learning 288
Deflagration 345, 361
demographischer Wandel 437
Deponiegebühren
in Großbritannien 328
Deponieraum
in der Schweiz 107
Detonation 344
digitale Zwillinge 231, 283
Digitalisierung 224, 231
Digital Twin 231
Drehrohrofen 348
Druckwelle 344
Druckwellengeneratoren 344

E

Emissionsanforderungen 454
Emissionshandelssystem
nationales (nEHS) 18
Europäisches (EU-EHS) 21, 137
für Straßenverkehr und Gebäude (EHS2) 26
Energiemarkt 84
Energiewende 76
Erneuerbare-Energien-Gesetz 75
EU ETS 21, 137
Europäisches Klimagesetz 85
Explosion 529
Explosions
-generatoren 344
-schutz 518
-verhalten 520

F

Fachkräftemangel 225
Fernwärme
-bedarf 310
-netz 302
-speicher 302
Feuerfest 406
Plattensystem 423
Feuerleistungsregelung 405
Filteraschen
Metallrückgewinnung 102
Fit-for-55-Paket 22, 85
Fließbeton 424
Flugstromadsorption 511
Führungskräfte 448

G

Gebrauchtholz 79
Generalunternehmerprojekte 337
Generation 441
Generationenmanagement 448
Generationenwechsel 437, 448
Geschäftsmodelle
kreislaufbasierte 146
lineare 144
Globalstrahlung 317

H

Hausmüllsortierung 167
Herdofenkoks 513
Brenn- und Explosionsverhalten 519
Hochtemperaturchlorkorrosion 381
Hochtemperaturkorrosion 367
Holzheizkessel 302
Holzwerkstoffe 80
Holzwerkstoffindustrie 81
Human-Rendite 255

I

Imagemarketing
für ein Müllheizkraftwerk 191
Immissionsschutz 437
Industrierestholz 79
Instandhaltung
vorausschauende 419

K

Kessel-Reinigungssystem
festinstalliertes 346
mobiles 346
Klärschlamm 221
Phosphorrecycling 121

Klimapositivitätsbeitrag
der thermischen Abfallbehandlung 34
Klimaschutz 182
aktiver Beitrag von MVA 220
Klimaschutzgesetz (Österreich) 122
Klimaschutzgesetz (Deutschland) 85
Klimaschutzgesetz (EU) 85
Klimaschutzrecht
Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft 17
Klopfwerke 344
Kohlenstoff
Bedarfe 7
Kreislaufführung 3
Management 3
Rückgewinnung
aus Abfallfraktionen 10
-träger
biogene 3
Kommunikation 181
Konversion von Abfällen
thermochemische 12
Korrosions
-angriff 373
-belastung
Überwachung 419
-mechanismen 377
-rate
Verringerung 401
-schichten 374
-schutz 381, 394
-sonde 375
-versuche 373
Kreislaufwirtschaftsgesetz 79
Kreislaufwirtschaftsstrategie
österreichische 117
Künstliche Neuronale Netze 283
Künstliche Intelligenz 231
Kunststoffabfälle
gemischte 261
Kunststoffe
carbon- und glasfaserverstärkte 127

L

Lernrate 317
Lithium-Ionen Batterien 529
LOTOX 471
Luftverschmutzung 438
Luxemburg 89

M

Metallrückgewinnung
aus Filteraschen 102
Meteo-Daten 303
Mindestzündenergie 521
Mischkunststoffabfälle 261
Modernisierungsprojekt IGNIS 192
MVA
Allington (GB) 499
Antwerpen (BE) 496
Augsburg (D) 401
Bitterfeld (D) 426
Bruck an der Mur (A) 122
Cantabria (ES) 496
Chalampé (F) 451
Frankfurt (D) 496, 503
Hamburg Borsigstraße (D) 244
Hamburg Rugenberger Damm (D) 244
Hamburg ZRE (D) 159
Köln (D) 59
Leudelange (LU) 92
Ludwigshafen (D) 191
Moskau (RU) 391
Newhurst (UK) 327
Zwentendorf (A) 391
in Polen 131

N

neuronale Netze 313
Nickel-Metallhydrid-Batterien 535
Niedertemperatur-Oxidation 473

O

Öffentlichkeitsarbeit 192
Online-Kesselreinigung 413
Österreich 115
Oxyfuel-Verfahren 45
Ozon 473

P

PCDD/PCDF 128
Personalbedarf 236
Personalgewinnung 237
Personalqualifizierung 236
Phosphorrecycling
aus Klärschlämmen 121, 126
Plattensystem
hintergossenes 424
Polen 131
POP-Abfälle 128
Post-Combustion 45

Power Purchase Agreements 82
Predictive Maintenance 231
Prognosemodell 311
Push-Ansatz 147
Pyrolyse 11, 261
Pyrolyseanlage
  Skive (DK) 274
Pyrolysegase 263, 274
Pyrolysekoks 261
Pyrolyseöl 261, 274

R

Rauchgaskondensation 247
Rauchgaskonditionierung
  durch Wassereindüsung 494
  mithilfe der $CaCl_2$ Hygroskopie 495
Rauchgasreingungsrückstände 96, 222
  Recycling 222
Rauchgasreinigung
  konditioniert trockene 479
  nasse 476
  siehe auch Abgas
Recycling
  chemisches 261, 275
Recycling-Offensive 164
Regelungen
  modellbasierte 283
Reisezeit
  Verlängerung 224, 401
Ressourcenschutz 221
Reststoffaufbereitung und -nutzung 235
Retrofit 405
Rost
  Fertigungstoleranzen 404
  Verschleiß 404
Rostasche 96
  Recycling 223

S

Salz-Asche-Belag 382
Salzschmelzenkorrosion 377
Schallhörner 344
Schlacken 223
Schlackendeponie 107
Schweißplattierungen 381
Schweißtechnik CMT 394, 397
Schweiz 99
SCR 473
Selbstentzündung 517, 529
Selbstentzündungstemperatur 519
Shock Wave 344
Shower-Cleaning 344
SiC-Massen 429
SNCR 473
Sorbentien
  kohlenstoffhaltige 511
Sperrmüll 80
Spitzenlastkessel 302
Sprengreinigung 346
Stakeholdermanagement 181
Standortentwicklung 181, 193
Stickoxid 471
Strom
  durchschnittliche Spotmarktpreise 82
Strommarkt 84
Strommix 84
Stromwende 84
SwissZinc 102
Synthesegas 10

T

TA-Luft 438
Technologieentwicklung 231
Transformationsprozess 225
Transformation vom linearen zum
  kreislaufbasierten Geschäftsmodell 143
Treibhausgasemissionen 85
Treibhausgasneutralität 85

U

Übererlösabschöpfung 76
Überhitzer
  Abreinigung 411
  Einspritzparameter 411
Umweltaktionsprogramms der EU 85
Unternehmensimage 193

V

Veränderungsmanagement 447
Verantwortung
  gesellschaftliche 201
Verbrennungsrückstände
  Entsorgung in Österreich 128

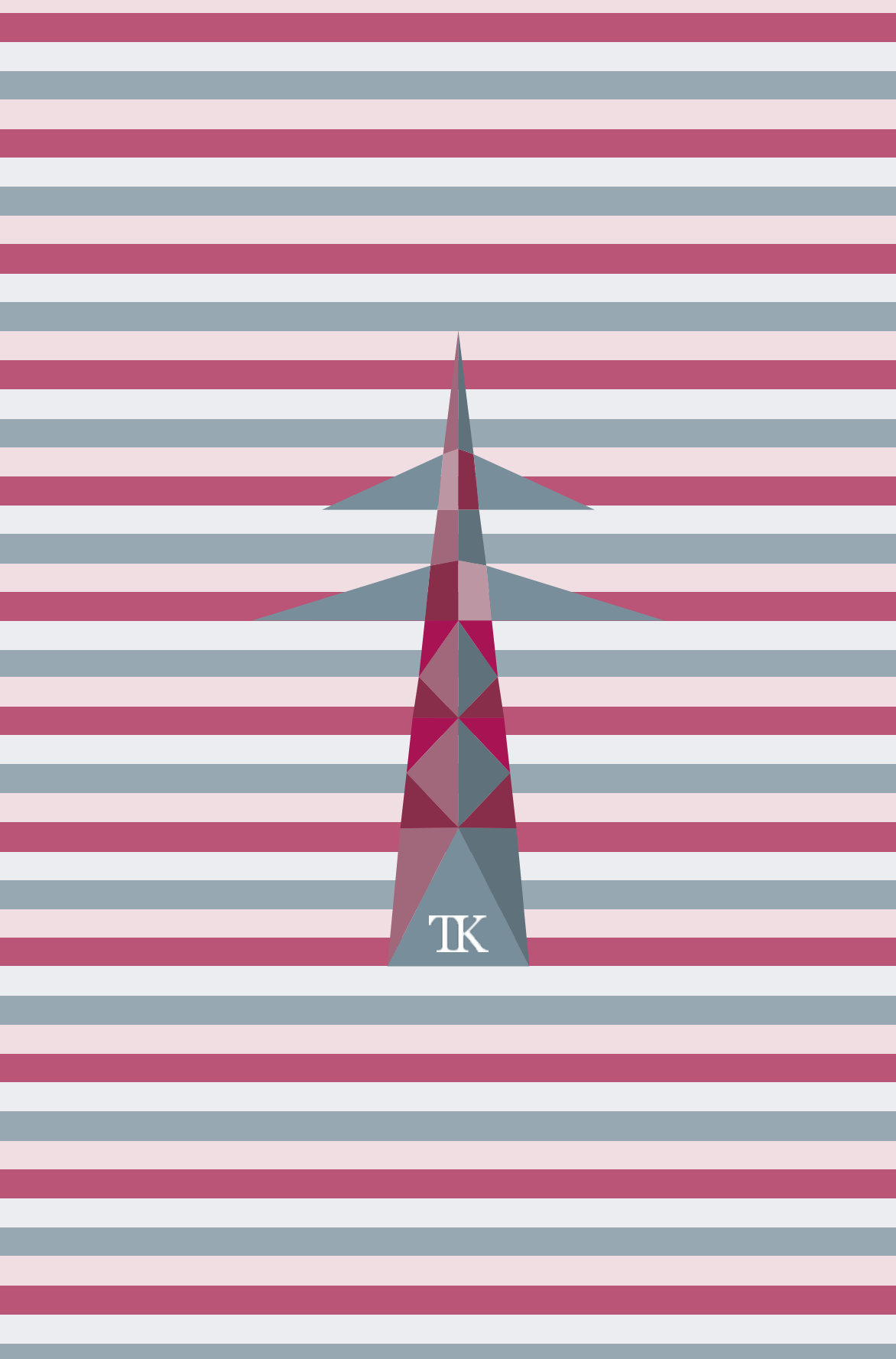
Vergasung 123
Versorgungssicherheit 84
Verwertungsanlage der Zukunft
integrierte 208, 216, 228, 240

W

Wandel
demographischer 437
Wärmenutzung
erweiterte 241
Wärmetauscherflächen 343
Wärmewende 84
Wäscher
nachgeschalteter 481
Wassereindüsung 411
Waste2Value 123
Wegwerfgesellschaft 144
Werkstofferprobung und -entwicklung 367
Werkstoffkonzepte 367
Wertstoffrückgewinnung 250
Wirbelschichtfeuerung 361
Wissenstransfers 448
Wolkengenerator 345
Work-Life Balance 437

Z

Zentrum für Ressourcen und Energie
Hamburg 159
Zero Waste-Gesellschaft 35
Zielkonflikte 182
Zündquellen 517
Zweibettwirbelschicht-Gaserzeugung 124
Zwillinge
digitale 231, 283


TK