

Anlagentechnik zur thermischen Verwertung von Abfällen

– Einflussgrößen für die optimale Auslegung und den bedarfsgerechten Anlagenbetrieb –

Jörg Eckardt

1.	Abfall, Energieträger der Zukunft.....	237
2.	Einleitung.....	238
3.	Einflussgrößen für die Auslegung.....	239
4.	Optimale Dampferzeugerbauform für den optimalen Anlagenbetrieb	240
5.	Rostfeuerung, modularer Aufbau mit hoher Flexibilität.....	242
6.	Zusammenfassung	244
7.	Literaturverzeichnis	245

1. Abfall, Energieträger der Zukunft

Abfälle sind ein bedeutender Energieträger der Neuzeit. Ihr energetisches Potential dient der Strom- und Wärmeerzeugung und ersetzt Primärbrennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas.

Durch die thermische Verwertung der Abfälle wird die Entstehung von Treibhausgasen verringert und vermieden. Verringert, weil die bei der Deponierung der Abfälle entstehenden zusätzlichen Emissionen verhindert werden, und vermieden, weil durch die Substitution weniger fossile Brennstoffe verbrannt werden.

Nahezu die Hälfte der deutschen Stromerzeugung basiert auf Stein- und Braunkohle. Der Heizwert deutscher Rohbraunkohlen liegt zwischen 6,5 und 10 MJ/kg und entspricht somit dem des Hausmülls.

Aufbereitete Abfälle haben mit Heizwerten von 11 bis 18 MJ/kg sogar ein noch größeres energetisches Potential.

Im Jahr 2005/2006 betrug die aus deutschen Abfallverbrennungsanlagen bereitgestellten Energiemengen etwa 6 Terawattstunden (TWh) Strom und 17 TWh Wärme. So wurden etwa 9,75 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen vermieden. Das Umweltbundesamt hat ermittelt, dass hierdurch eine CO₂-Entlastung von fast 4 Millionen Tonnen erreicht wurde [1].

Jährlich fallen in Europa 1,8 Milliarden Tonnen Abfall an. Das Pro-Kopfaufkommen differiert innerhalb Europas zwischen 250 und etwa 600 kg/Jahr und Einwohner. Die fortschreitende industrielle Entwicklung lässt weiter steigende Mengen erwarten. Bei einer energetischen Verwertung von nur 50 % dieser heute in Europa anfallenden Abfallmengen könnten 500 TWh Strom erzeugt und so 100 Kohlekraftwerksblöcke von je 600 MW elektrischer Leistung ersetzt werden.

Die elektrische Energie aus diesen Anlagen unterliegt keinen jahreszeitlichen Schwankungen und ist nicht von Sonne oder Wind abhängig. Zudem kann Hausmüll aufgrund des hohen biogenen Anteiles zum Teil als CO₂-neutral eingestuft werden.

Die Kernkraftwerke der E.ON in Deutschland, also die Grundlastboliden der deutschen Energieversorgung, erreichen eine durchschnittliche Verfügbarkeit von 92,8 % [2]. Die im Schnitt 18 Jahre alten Abfallverbrennungsanlagen von Wheelabrator in den USA erreichen mit 92-93 % den gleichen Wert [3]. An der Grundlastfähigkeit und Verlässlichkeit dieser Technologie dürfte demnach kein Zweifel bestehen.

2. Einleitung

Den neuen Entwicklungen im Entsorgungsmarkt folgend haben sich die kommunalen und privaten Entsorger zum Energiedienstleister gewandelt. Industriekunden, insbesondere energieintensive Industrien, entdecken europaweit Abfälle als Energiequelle und als wirtschaftliche Alternative zu den fossilen Brennstoffen. Ersatzbrennstoffe, aufbereitete Reststoffe aus Industrie- und Haushaltsabfällen, bergen energetisches Potential, das heute als Grundlastbrennstoff ein vollwertiger Ersatz für Kohle, Öl und Gas sein kann. Die Verdrängung fossiler Brennstoffe und deren negative Effekte auf das Weltklima sowie die Reduzierung des schädlichen Treibhausgases Methan (CH₄) durch die Vermeidung der Abfalldeponierung sind dabei willkommene Nebenwirkungen.

Für die Herstellung ihrer Produkte benötigen die Industriekunden Energie in Form von Strom und/oder Dampf. Die Anlage in Stavenhagen [1] versorgt einen Lebensmittelhersteller seit Anfang 2007 zuverlässig mit Dampf und Strom, hergestellt aus Ersatzbrennstoffen. Im Chemiepark Bitterfeld liefert eine EBS-Anlage Strom und Dampf für dort ansässige Industrieunternehmen [2] und am Standort Bernburg [3] sichern 3 Linien mit je 70 MW thermischer Verbrennungsleistung die Energieversorgung für ein Chemieunternehmen. Die Dampfzentrale Weener [4] versorgt eine Papierfabrik mit Prozessdampf erzeugt aus kommunalen und industriellen Abfällen.

Den Energieabnehmern ist die sichere Versorgung Ihrer Prozesse wichtig, so dass eine ausgereifte und verlässliche Technik zum Einsatz kommen muss.

Als traditioneller Kesselbauer verbindet Baumgarte seine Erfahrungen aus mehr als 100 errichteten Abfallkesseln zu einem technologischen Gesamtkonzept für die Hauptkomponenten der Verbrennungsanlagen. Der Verbrennungsrost wird hierbei ebenso integriert wie die Abgasreinigungsanlage. Das Konzept basiert auf einem Vorschub-Rost und vorzugsweise einem als Horizontalzug ausgeführten Dampferzeuger.

Die Rostverbrennung hat über Jahrzehnte den Nachweis erbracht, dass sie den Anforderungen der Abfallverbrennung gerecht wird. Der Vorschubrost kann als luft- oder wassergekühlte Ausführung den jeweiligen Brennstoffanforderungen angepasst werden.

3. Einflussgrößen für die Auslegung

Der spätere Verwendungszweck der Anlage, also der Bedarf des Kunden, ist der grundlegende Entscheidungsfaktor, und an diesem orientieren sich alle weiteren Parameter. Hat in früheren Jahren lediglich die zu entsorgende Abfallmenge die Anlagengröße bestimmt, definieren heute auch der Strom- und Wärmebedarf das Anlagenkonzept für thermische Verwertungsanlagen. Für die klassischen Kraftwerke war dies schon immer der Fall.

Was hat sich geändert? Nachfolgend eine kurze Übersicht über die Veränderungen und neuen Sichtweisen von *Früher* und *Heute* im Vergleich (Tabelle 1).

Tabelle 1: Überblick über die geänderten Betrachtungsweisen von Abfällen

	Früher → Abfall	Heute → EBS
Was tun mit dem Abfall?	<i>nur weg damit</i> Entsorgungssicherheit Strom – und Wärmenutzung sind zweitrangig	Verwertung, Ressourcennutzung, Energieversorgung für Industrie/ Kommunen in Grundlast, Substitution von Primärbrennstoffen
Umwelt/Klima	niedrige Emissionen, hoher technologischer Aufwand	niedrige Emissionen Vermeidung der Deponierung
Effizienz	niedrig, großer Abfalldurchsatz	hoch, hohe Energiegewinnung
Kosten	Wirtschaftlichkeit ist kein Kriterium, Abfallgebühren werden an Kosten angepasst	Investition wird über Anlagenerlös refinanziert, Wirtschaftlichkeit ist entscheidend
Kunde	Kommunen	Privatwirtschaft

Bei den Untersuchungen für das Projekt Oostende [5], das als reine Stromerzeugungsanlage konzipiert ist, konnte der Einfluss der Anlagengröße auf die Wirtschaftlichkeit direkt belegt werden. In der Ausschreibung war eine Anlage mit 35 MW thermischer Leistung angefragt. Es zeigte sich jedoch, dass unter den vom Anlagenbetreiber Electrawinds S.A. vorgegebenen wirtschaftlichen Rahmendaten eine 70 MW_{th} Anlage wirtschaftlicher war. Eine noch größere Anlage wäre noch attraktiver gewesen. Allerdings begrenzte die verfügbare Brennstoffmenge weitere Optimierungen. Nicht von ungefähr wurden in den letzten Jahren immer größere Projekte initiiert, wie zum Beispiel die Anlage MKK Bremen [6] für die swb mit 110 MW thermischer Leistung, oder mehrere 70 MW_{th} Anlagen die in den zurückliegenden Jahren realisiert wurden.

Trotz des hohen Anteiles des Stromerlöses (etwa 50 %) am Gesamterlös wurden im Projekt Ostende die konservativen Dampfparameter 40 bar und 402 °C gewählt. Mit Blick auf das Korrosionspotential, das aus dem Brennstoff EBS zu erwarten ist, war diese Entscheidung richtig. Optimiert wurde der Wasserdampfkreislauf und hier insbesondere die Kondensat- und Speiswasservorwärmung durch intelligente Nutzung der Wärme aus der Rostkühlung. Das Hauptaugenmerk lag und liegt jedoch auf der Anlagenverfügbarkeit.

Die Betriebskosten haben, neben den Erlösen (im Wesentlichen aus den Brennstoffeinnahmen), den größten Einfluss auf den wirtschaftlichen Anlagenbetrieb. Die Auswahl der Komponenten mit Blick auf die spätere Betriebsführung, die Verbrauchswerte, den Wartungsaufwand und die daraus resultierenden Betriebskosten führt zum optimierten Anlagenbetrieb. Eine höhere Anfangsinvestition kann hinsichtlich der Lebensdauer der Anlage eine gute Investition sein.

Die zu entsorgenden Stoffströme müssen ermittelt und bei der Festlegung des Anlagenkonzeptes länderspezifisch unterschiedlich berücksichtigt werden. So lohnt sich die Investition in eine separate Lagerung der Kesselasche und der Filterstäube, wenn diese zu unterschiedlichen Preisen entsorgt werden können. Eine Abgasreinigung mit Quench kann vorteilhaft gegenüber anderen Verfahren sein, wenn am Standort mit hohen Abwassergebühren zu rechnen ist und ansonsten Gleichwertigkeit vorliegt. Beispiele dieser Art gibt es viele. Deshalb ist eine ganzheitliche Systembetrachtung und die Beachtung betriebswirtschaftlicher Kriterien unabdingbar.

Das Anlagenkonzept wird maßgeblich durch die Anforderungen an die Verfügbarkeit der Strom- und Dampflieferung beeinflusst. So werden am Standort Bernburg drei Verbrennungslinien installiert, um damit die Dampflieferung an den Verbraucher hinreichend zuverlässig zu gewährleisten.

Die Verfügbarkeit (4) ist der Schlüssel zum wirtschaftlichen Betrieb und somit zum Projekterfolg. In Anlagen mit hohen Dampfparametern wird oft der Vorteil des besseren Wirkungsgrades mit höheren Ausfallraten wegen Korrosionsschäden kompensiert. Schon bei einer um etwa 3 Tage verminderten jährlichen Betriebszeit ist der Vorteil einer um 1 % höheren elektrischen Leistung ausgeglichen.

Für eine beispielhafte Anlage, deren Erlöse zu 85 % aus der Abfallannahme und zu 15 % aus der Energieabgabe bestehen, würde eine Maßnahme, die die Verfügbarkeit um 1 % steigert, den gleichen Ergebniseffekt haben wie eine Steigerung der Energieeffizienz um 5,7 %. (5) Diese Feststellung zeigt deutlich die wirtschaftlichen Wirkmechanismen.

Die Betrachtung muss auch hier über den gesamten Zeitraum der Anlagenlebensdauer gemacht werden. Das erste Betriebsjahr mit einer Verfügbarkeitszusage des Herstellers ist nicht unbedingt repräsentativ für das, was nach 3, 5 oder 10 Jahren an realer Verfügbarkeit zu erwarten ist. Die Wahl der Dampfparameter und die Kesselbauweise sind hierfür von wesentlicher Bedeutung.

4. Optimale Dampferzeugerbauform für den optimalen Anlagenbetrieb

Der Einfluss der Dampfparameter auf das Korrosionsverhalten ist hinlänglich bekannt. Bei vielen Projekten wurden deshalb moderate Dampftemperaturen und Drücke gewählt (siehe Tabelle 2: Liste der technischen Daten).

Die folgenden Vorzüge der als Tailend-Kessel bekannten Bauform, also die Kombination aus vertikalen Strahlungszügen und horizontal angeordnetem Abgaszug mit den dort eingebauten Konvektionsheizflächen sind hervorzuheben.

Diese Bauform bietet den Vorteil, dass zur Abreinigung der Konvektionsheizflächen nicht zwingend Dampf erforderlich ist. Der Dampf kann vollständig dem Kundenprozess zur Verfügung gestellt werden und verbessert so den Erlös. Abrasionserscheinungen, wie sie z.B. das Rußblasen verursacht, müssen bei den Wartungsplänen- und kosten nicht einkalkuliert werden. Einschränkungen in der Verfügbarkeit wegen abgezehrter Rohre durch Rußblasen oder abgefallene Schutzschalen treten bei dieser Bauform nicht auf. Auch im Hinblick auf die Durchführung der Wartung und Instandhaltung erweist sich diese Art der Heizflächenkonstruktion als ökonomisch. Die Harfen sind einzeln aufgehängt und leicht zugänglich. In manchen Fällen ist sogar der Austausch kompletter Bündel über die Tailend-Decke möglich.

Diese Bauform wirkt vorteilhaft auf die Reisezeit, so dass die Wirtschaftlichkeit des Anlagenbetriebes durch geringere An- und Abfahrkosten/-zeiten und dem dadurch erzielbaren größeren Brennstoffdurchsatz positiv beeinflusst wird. Die Vertikalzüge sollten weitestgehend frei von Einbauten (Schotten) sein. Diese Leerzüge können dann einfach durch Wassersprüheinrichtungen abgereinigt werden.

Dies hat zwei wichtige Vorteile. Da die Abgastemperatur über die Reisezeit nicht so stark ansteigt, bleibt der Kesselwirkungsgrad entsprechend dem Anfangsniveau hoch. Noch wesentlicher erscheint der positive Einfluss auf das Korrosionsverhalten, das erfahrungsgemäß bei niedrigeren Abgastemperaturen weniger intensiv auftritt.

Aus unserer Sicht gibt es nur ein Kriterium, das den Kunden von der Wahl dieser Bauform abhalten sollte. Das sind Platzverhältnisse, die die Errichtung einer Anlage mit größerem Grundflächenbedarf, wie sie ein Dampferzeuger in Tailend- Bauform benötigt, nicht ermöglichen. Andere Standortfaktoren, wie die Einhaltung besonderer Schallgrenzwerte oder die Bodenbeschaffenheit beeinflussen zwar das Aufstellungskonzept aber nicht die Dampferzeugerbauform.

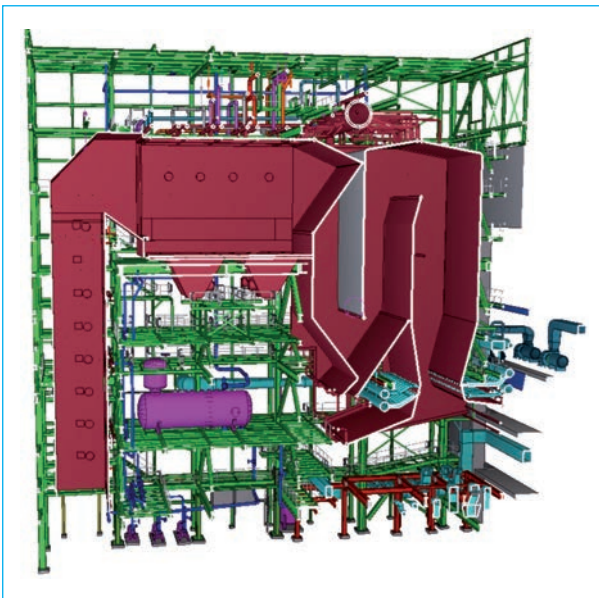


Bild 1:

Dampferzeuger in Tailend-
Bauart

Dampferzeuger sollen möglichst nach folgenden Richtwerten und Vorgaben ausgelegt werden:

- Abgastemperatur vor dem Endüberhitzer am Ende der Reiszeit < 650 °C,
- Heißdampftemperatur am Überhitzeraustritt 400 – 420 °C,
- Heißdampfdruck 40 – 65 MPa,
- Einsatz von Kühlfällen (Verdampferheizflächen) vor den einzelnen Überhitzern,
- Einbau mehrerer Einspritzstellen im Überhitzer zur Temperaturregelung, um das Temperaturniveau insgesamt niedrig zu halten,
- Einbau effektiver Heizflächenreinigungseinrichtungen (Klopfanlage),
- Große Quer- und Längsteilungen für die Konvektivheizflächen,
- Servicefreundliche Gestaltung = Horizontalzugkessel.

Die wesentlichen Anforderungen an den Dampferzeuger sind hierbei:

- hohe Verfügbarkeit,
- hohe Energieeffizienz,
- kostenoptimiert,
- niedrige Emissionen,
- Grundlastfähigkeit,
- hoher Ascheabscheidegrad,
- hohe Laständerungsgeschwindigkeit,
- geringer Eigenbedarf/Druckverlust.

5. Rostfeuerung, modularer Aufbau mit hoher Flexibilität

Feuerung und Dampferzeuger sind als Gesamtsystem zu betrachten. Alle Komponenten, vom Verbrennungsrost über die Verbrennungsluftversorgung bis hin zum Feuerraumdesign sind aufeinander abgestimmt. Nur so kann eine Feuerungsanlage den vielfältigen Anforderungen gerecht werden, die der Brennstoff Abfall mit seiner heterogenen Zusammensetzung stellt.

Das Rostsystem basiert auf dem seit den siebziger Jahren als K+K-Rost im Markt bekannten Konzept. Es wurde 1996 um die Wasserkühlung ergänzt.

Erst mit der Entwicklung des wassergekühlten Rostbelages sind Rostfeuerungsanlagen zur Verbrennung von mittel- und hochkalorischen Reststoffen geeignet. Damit muss die Primärluftversorgung nicht mehr gleichzeitig Kühlmedium des Rostes zu sein. Denn mit der Erweiterung der Brennstoffbandbreite stieg auch die thermische Belastung des Rostsystemes. Die gezielte Wasserkühlung vermindert Materialspannungen und ermöglicht so einen verschleißarmen Betrieb. Ein höherer Kühlsystemdruck und ein höheres Temperaturniveau ermöglicht eine effiziente Rostwärmenutzung z.B. als Kondensatvorwärmung.

Ursprünglich entwickelt für Abfallverbrennungsanlagen erweist sich die Rostkonstruktion in schwerer Maschinenbauausführung als bestens geeignet für die vielfältigen Einsatzfälle in der Entsorgungs- und Energiewirtschaft. Belastbarkeit und Langlebigkeit der Bauteile sind wesentliche Merkmale dieser Konstruktion.

Es handelt sich hierbei um einen modular aufgebauten Vorschubrost der wahlweise mit einem luft- und / oder wassergekühlten Rostbelag ausgeführt werden kann.

Eine Rostbahn besteht aus drei Rostmodulen. Jedes Rostmodul hat zwei Luftzonen die individuell geregelt werden können. Bei einem dreibahnigen Rost, so wie er z.B. für die Stadtwerke Bremen in deren MKK Projekt [6] eingebaut wurde, ergeben sich so 18 einzeln regelbare Luftzonen.

Die Art der Rostbelagskühlung ist frei wählbar. Je nach Heizwert des Brenngutes ist eine komplette Luftkühlung oder Wasserkühlung oder eine Kombination aus beidem möglich. Als Werkstoff wird ein Chrom-Nickelstahlguss verwendet.

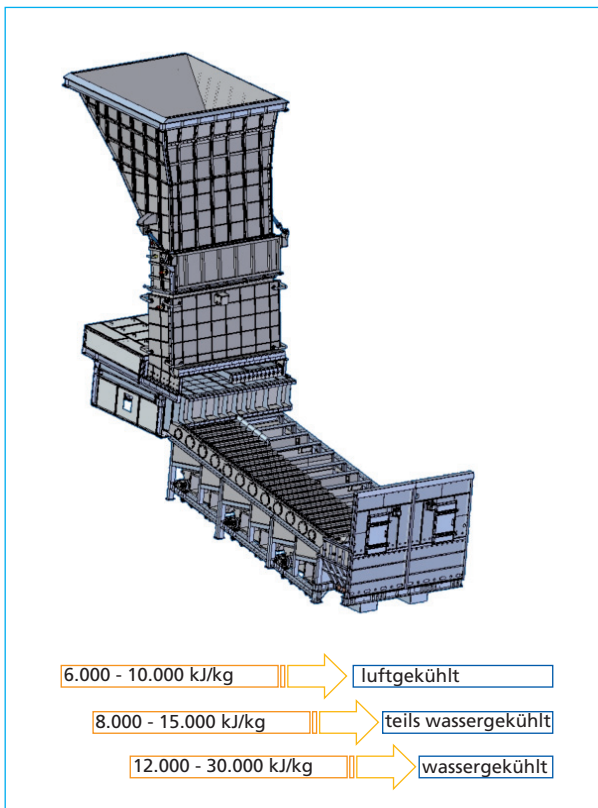


Bild 2:

Verbrennungsrost und Aufgabesystem

Die wesentlichen Anforderungen an den Verbrennungsrost sind hierbei:

- hohe Verfügbarkeit,
- hohe Energieeffizienz,
- kostenoptimiert,

- niedrige Emissionen,
- Grundlastfähigkeit,
- guter Ausbrand,
- flexibles Brennstoffband.

Insbesondere dem letzten Punkt, der Flexibilität bei sich verändernden Brennstoffen, kommt heute große Bedeutung zu. Mit den schwankenden Rohstoffpreisen für Altmetall, Plastik usw. verändert sich die Aufbereitungstiefe der Ersatz- und Sekundärbrennstoffe. Mal ist es wirtschaftlich die PET-Flaschen auszusortieren und manchmal nicht. Die Betreiber der Aufbereitungsanlagen reagieren sehr schnell auf sich verändernde Preissituationen und damit schwankt die Zusammensetzung der Ersatz- und Sekundärbrennstoffe im großen Maße. Die Anlagentechnik und hier insbesondere die Verbrennungsanlage muß darauf reagieren können oder mit wenig Aufwand angepasst werden. Das von uns gewählte Rostsystem gewährt hohe Flexibilität zB. durch die gezielte Luftstufung, die Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit für jedes einzelne Modul und nicht zuletzt durch die Möglichkeit, ohne aufwendige Veränderungen an der Konstruktion entweder einen luftgekühlten Roststab oder einen wassergekühlten Roststab einzusetzen. Hierdurch hat der Kunde/Betreiber die Gewähr, seine Anlage über Jahre mit den unterschiedlichen am Markt verfügbaren Brennstoffen wirtschaftlich betreiben zu können.

6. Zusammenfassung

Die optimale Auslegung einer Anlage zur Energieversorgung auf Basis von Abfällen und Reststoffen orientiert sich an betriebswirtschaftlichen Kenngrößen, also den Invest- und Betriebskosten, den Wartungskosten und dem Kapitaldienst. Eine Ausrichtung an nur einem Kriterium, z.B. möglichst niedrigen Investitionskosten, ist zwangsläufig zum Scheitern verurteilt. Die optimale Auslegung beginnt mit der Wahl des Anlagenkonzeptes, das den wirtschaftlichen Erfolg unter Beachtung aller Kennzahlen beeinflusst. Hierbei ist die Anlagenverfügbarkeit von entscheidender Bedeutung. Die Dampferzeugerbauform und die Dampfparameter haben auf die Verfügbarkeit wesentlichen Einfluss. Hohe Flexibilität bei den einsetzbaren Brennstoffen ermöglicht das Reagieren auf sich verändernde Marktbedingungen. Die richtige Auswahl der zum Einsatz kommenden Komponenten stellt frühzeitig die Weichen.

Tabelle 2: Technische Daten ausgewählter Referenzanlagen

Standort	thermische Leistung	Dampfdruck	Dampf Temperatur
Stavenhagen	1 x 47,5 MWth	43 bar	400 °C
Bitterfeld	1 x 56 MWth	43 bar	400 °C
Bernburg	3 x 70 MWth	42 bar	410 °C
Weener	1 x 70 MWth	27 bar	320 °C
Oostende	1 x 70 MWth	42 bar	402 °C
MKK Bremen	1 x 110 MWth	40 bar	400 °C

7. Literaturverzeichnis

- [1] UFOPLAN- Projekt, FKZ 205 33 314, Abfallverbrennung ist kein Gegner der Abfallvermeidung, UBA, Juli 2008
- [2] Güldner, Dr. Ralf, (2010), Finnish – German Energy Day , Helsinki, 23.11.2010, Vortrag,
- [3] Aguinaga, Gary (2009), Energie aus Abfall, Band 6, Neuruppin, TK Verlag
- [4] Günther, Dr. Johannes (2008), Energie aus Abfall, Band 4, Neuruppin, TK Verlag
- [5] Bette, Matthias, (2008), Übersicht von Maßnahmen zur Verbesserung der Verfügbarkeit und Reisezeit, Energie aus Abfall, Band 4, Neuruppin, TK Verlag

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 8

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-60-3

ISBN 978-3-935317-60-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dipl.-Ing. Ernst Thomé, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

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 Urheberrechtsgesetzes.

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.