

# Die Umwelt profitiert in jedem Fall!

## Trockenausstrag oder Inertisierung

Sie definieren Ihre Prioritäten – wir bauen die Anlagen dafür



Die MARTIN® Trockenentschlackung mit integrierter Windsichtung ist die ideale Basis, wenn eine maximale Rückgewinnung von Metallen und mineralischen Fraktionen das Ziel ist. Durch den trockenen Austrag sind Menge und Qualität der Fe- sowie NE-Metalle deutlich verbessert. Das Rückgewinnungspotenzial erstreckt sich dann bis hin zu den Edel- und Spurenmetallen. Die Abtrennung der Feinfraktion erlaubt ein weitgehend staubfreies Handling der trockenen Schlacke beim Befüllen von Transporteinrichtungen oder dem Beschicken der Aufbereitungsanlage. Dies ist effiziente Ressourcennutzung und echte Kreislaufwirtschaft - die Umsetzung des „Urban Mining“ in der Praxis.

Unsere SYNCOM® / SYNCOM®-Plus Verfahren sind optimal einsetzbar, wenn die auslaugsichere Inertisierung von Verbrennungsschlacken und minimales Reststoffdeponievolumen gewünscht ist. Durch die Sinterqualität der Schlacke und die Möglichkeit, sogar Flugaschen effizient einzubinden, ergibt sich ein umweltgerechtes Baustoff-Produkt, z.B. für den Straßen- und Wegebau.

Beide Verfahren wurden von uns in mehrjährigen Versuchen zur Marktreife entwickelt und sind für unsere Kunden als schlüsselfertige Lösungen verfügbar.



**MARTIN GmbH**  
Für Umwelt- und Energietechnik

seit 1925

*Anlagenbau mit Blick auf die Umwelt*

# Verfahren zur Inertisierung von Aschen/Schlacken aus der Rostfeuerung

Ralf Koralewska

1.	Einleitung.....	423
2.	Sinterungsverhalten von Rostschlacken auf dem Rückschub-Rost.....	425
2.1.	Rostschlacken .....	425
2.2.	Untersuchungen zur Brennbetttemperatur .....	425
3.	Syncom .....	428
4.	Syncom-Plus .....	430
5.	Zusammenfassung und Ausblick.....	434
6.	Literaturverzeichnis.....	435

## 1. Einleitung

Weltweit hat sich die thermische Abfallbehandlung mit rostfeuerungs-basierten Systemen als die bevorzugte Lösung zur nachhaltigen Behandlung von Abfällen durchgesetzt. Ein wesentliches Kriterium für die Nachhaltigkeit ist neben der Mineralisierung der Abfälle, der Emissionsminderung und einer effizienten Energiegewinnung die Verwertbarkeit der entstehenden Rückstände. Dabei ist vor allem die Rostschlacke von großem Interesse, da sie die größte Rückstandsfraktion des Verbrennungsprozesses darstellt, aber im Vergleich zu den anderen Rückständen, wie Flugaschen oder Reaktionsprodukten aus der Abgasreinigung, eine geringere Schadstoffbelastung sowie einen hohen Anteil an rückgewinnbaren Wertstoffen (Fe-, NE-Metalle) aufweist.

In Abhängigkeit von der Technologie der Abfallverbrennungsanlage (Feuerung, Rostschlackeaustrag) und den damit verbundenen Anlagenkosten (Invest-/Betriebskosten) sowie der aktuellen Marktsituation für Wertstoffe und den gesetzlichen Rahmenbedingungen ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für die Handhabung der Rostschlacken.

Die konventionelle Nassentschlackung mit oder ohne anschließende FE- und NE-Metallabtrennung und Deponierung der mineralischen Fraktion bzw. deren Verwertung im Straßen- und Wegebau stellt die klassische Vorgehensweise dar. Im Rahmen der aktuellen Ressourceneffizienzanforderungen ist die Trockenentschlackung mit erweiterten Metall- und Wertstoffabtrennungsoptionen, insbesondere der Rückgewinnung hochwertiger, sortenreiner Metallfraktionen, ein signifikanter Optimierungsschritt. Eine weitere Möglichkeit stellt die Inertisierung der Rostschlacken dar, bei der der Ausbrand sowie der Auslaugwiderstand bei Elutionstests wesentliche Kriterien sind. Dies wird durch das von der Martin GmbH entwickelte Syncom- sowie Syncom-Plus-Verfahren erreicht, so dass die gesinterte Rostschlacke sicher deponiert bzw. im Straßen- und Wegebau verwertet werden kann.

In Japan sollte die Inertisierung der Rostschlacken durch der Entschlackung nachgeschaltete Schmelzverfahren zur Erzeugung einer Glasmatrix erfüllt werden (Bild 1). Seit dem Jahr 2000 wurden dazu die Entschlacker in fast allen japanischen Abfallverbrennungsanlagen trocken betrieben und ein Schmelzaggregat nachgeschaltet.

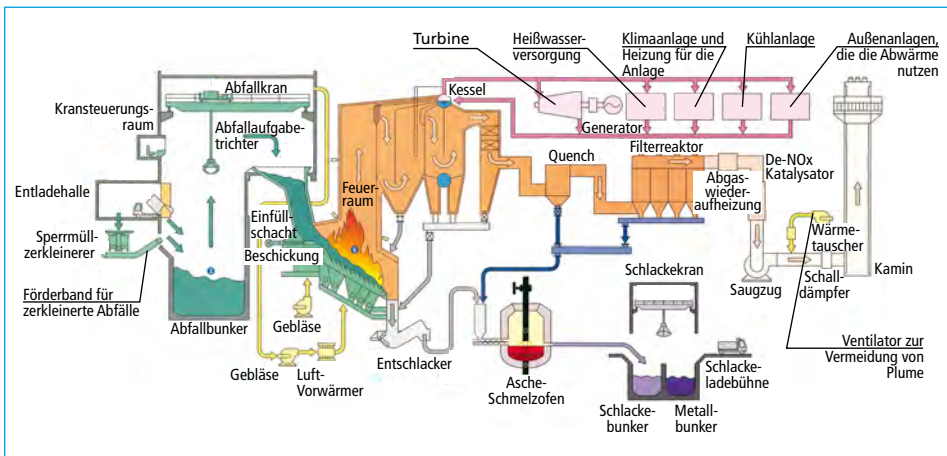


Bild 1: Abfallverbrennungsanlage Iwaki (Japan)

Diese Verglasungstechniken erfordern jedoch einen sehr hohen Aufwand an Energie und Kosten. Es wird annähernd die gesamte bei der thermischen Abfallbehandlung aus dem Müll gewonnene Energie benötigt. Aus Sicht der Energieeffizienz ist dieser, einer Rostfeuerung nachgeschaltete Prozess, nicht akzeptabel.

In modernen Rostfeuerungsanlagen mit Rückschub-Rost werden die beiden Kriterien Ausbrand und Eluatqualität durch hohe Brennbetttemperaturen bei ausreichender Verweilzeit, effektiver Durchmischung des Brennbettes und ausreichender Luft- bzw. Sauerstoffzuführung sichergestellt. Die Verbesserung der Schlackequalität muss darauf abzielen, die enthaltenen Schadstoffe besser einzubinden und/oder die Bestandteile abzutrennen, die die Verwertung beeinträchtigen.

## 2. Sinterungsverhalten von Rostschlacken auf dem Rückschub-Rost

### 2.1. Rostschlacken

Rostschlacken stellen ein heterogenes Stoffgemisch dar, das entscheidend vom Input, der Abfallzusammensetzung, bestimmt wird. In Abfallverbrennungsanlagen entstehen pro Tonne verbranntem Abfall etwa 200 – 250 kg Rostschlacke. Sie enthält Schlackeanteile (gesintert, geschmolzen), unvollständig verbrannte Stoffe (< 1 Gew.-%), Metalle (Eisen, Nichteisen) in verschiedenster Form sowie die Materialien wie Glas, Keramik und Steine, die nicht an den thermischen Prozessen beteiligt sind. Die Schmelzprodukte silikatischer Zusammensetzung treten als bis zu zentimetergrosse, unregelmäßig geformte Brocken auf. Das Stoffgemisch Rostschlacke besteht zu etwa 85 Gew.-% aus teilweise oder vollständig verglasten Partikeln und Partikelaggregaten, die auf Schmelz- und Sinterungsprozesse im Brennbett der Feuerungsanlagen zurückzuführen sind. Die heiße Schlacke aus der Feuerung wird in der Regel im Wasserbad eines Nassentschlackers abgekühlt und dabei gleichzeitig von leichtlöslichen Salzen entfrachtet.

Die Qualität der Rostschlacken wird anhand des Gesamtgehalts organischen Kohlenstoffs (TOC) und einer Reihe organischer Verbindungen im Feststoff sowie anhand organischer und anorganischer Eluat-Parameter beurteilt. Voraussetzung für einen geringen Gehalt organischer Stoffe im Feststoff und für ein geringes Auslaugpotenzial organischer Schadstoffe im Elutionstest ist ein möglichst vollständiger Ausbrand der organischen Abfallinhaltsstoffe. Ein geringes Auslaugpotenzial anorganischer Stoffe (Schwermetalle/Anionen) im Elutionstest wird durch einen hohen Anteil versinterter Partikel erreicht, da Schwermetalle in die beim Sintervorgang entstehende Glasphase und in die Kristallstruktur beim Abkühlen der Schmelze neu gebildeter Minerale (sog. Speicherminerale, v.a. Spinelle und Silikate wie Pyroxen) stabil eingebaut werden können. Ein weiteres Qualitätsmerkmal von Rostschlacken ist die Verteilung von Schadstoffen auf mobile und immobile Phasen. Mobile, d.h. leicht eluierbare Phasen sind insbesondere Salze, immobile, d.h. schwer eluierbare Phasen sind v.a. Glasphasen, Silikate und Oxide. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Funktion von im Verbrennungsprozess neu gebildeten Mineralen, wie Spinellen und Pyroxen, als Schwermetallsenke [7].

Rostschlacken können als Baumaterial, z.B. im Straßen- und Deponiebau, oder im bergbaulichen Versatz verwertet werden. Dennoch wird ein erheblicher Anteil auf Deponien abgelagert, da bestimmte Qualitätskriterien nicht sicher eingehalten werden können.

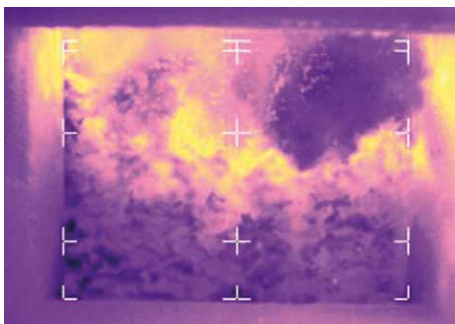
### 2.2. Untersuchungen zur Brennbetttemperatur

Im Rahmen von Untersuchungen an Rostfeuerungsanlagen unterschiedlicher Betriebsweise konnte festgestellt werden, dass eine erhöhte Brennbetttemperatur den organischen Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) und Glühverlust der Rostschlacke

reduziert, sowie die Eluierbarkeit der Schwermetalle und Anionen herabsetzt [1, 2, 3, 5]. Das verbesserte Auslaugverhalten der Rostschlacken ist auf verstärkte Schmelz- und Sinterungsvorgänge im Brennbett bei erhöhter Temperatur zurückzuführen, wodurch der Feinkornanteil der Schlacke, der leichter eluierbare Schadstoffgehalte aufweist, in die Schmelzzonen der größeren Partikel eingebunden wird. Die Schlackequalität ist somit direkt mit dem Anteil glasiger Phasen und mit dem Sintergrad verknüpft [6] und hängt von der Temperaturverteilung und der Durchmischung des Abfalls bzw. der Schlacke im Brennbett auf dem Rost ab.

Ziel eines Forschungsvorhabens [5] war es, die Temperaturen des Brennbetts auf dem Rückschub-Rost sowohl an der Brennbettoberfläche, als auch im Inneren des Brennbetts an zwei Abfallverbrennungsanlagen zu bestimmen und deren Einfluss auf die Qualität der Rostschlacke zu untersuchen. Weitergehende Erkenntnisse über die im Brennbett ablaufenden Schmelz- und Sinterungsprozesse wurden durch deren Modellierung [8] und aus dem Vergleich der Modellergebnisse mit der mineralogischen Zusammensetzung der Rostschlacken gewonnen.

Bei den Untersuchungen zur Brennbetttemperatur wurden die in Bild 2 dargestellten Temperaturmessungen eingesetzt.



Infrarot-Kamera



Rohrprobekörper



Einschubthermoelemente



Ball instrument

Bild 2: Messverfahren zur Brennbetttemperaturbestimmung

Die Infrarot-Kamera wurde zur Messung der Brennbettoberflächentemperatur genutzt und erfasst die Rostzonen 1 bis Mitte 4. Über die Strahlungsbilder wird ein zweidimensionales

Temperaturprofil über das Brennbett erstellt. Mittels Einschubthermoelementen, die von unten durch den festen Mittellängsrahmen in das Brennbett eingeschoben werden konnten, wurde die Temperatur innerhalb und oberhalb des Brennbettes an zwei definierten Stellen (Zone 2 und 3) gemessen. Des Weiteren wurde zur kontinuierlichen Temperaturmessung im Brennbett das an der Universität von Sheffield (UK) entwickelte Ball Instrument eingesetzt. Mit Hilfe dieser Messmethode ist es möglich, durch Zugabe zum Abfall in die Schurre den Verlauf der Brennbetttemperatur in Transportrichtung des Abfalls kontinuierlich zu erfassen. Zur Bestimmung der im Brennbett erreichten Mindesttemperaturen wurden Rohrprobekörper (Temperatursonden mit Schmelzmaterialien) genutzt, die ebenfalls über die Schurre dem Abfall zugegeben wurden. Durch die sich an die Entnahme der Probekörper am Schlackeaustrag anschließende optische Untersuchung der Materialveränderung (geschmolzen / nicht geschmolzen) konnte die im Brennbett erreichte Mindesttemperatur für jede einzelne Sonde bestimmt werden.

Die Messungen ergaben, dass hohe Temperaturen von über 1.000 °C, die für Schmelz- und Sinterungsprozesse erforderlich sind, nur unmittelbar an der Brennbettoberfläche zu finden sind. Die Durchschnittstemperaturen bei halber Brennbethöhe lagen sowohl in Zone 2, als auch in Zone 3 teilweise deutlich unter 100 °C. Die Brennbetttemperatur wird in diesen Bereichen im Wesentlichen von der Temperatur der über den Rost zugeführten Primärluft bedingt (80 °C). Aus dieser Tatsache kann gefolgert werden, dass die Durchmischung des Abfalls bzw. der Schlacke auf dem Rost die den Sintergrad der Rostschlacken maßgeblich beeinflussende Größe ist. Nur so kann sichergestellt werden, dass ein möglichst großer Anteil der Rostschlacke in die oberflächennahen heißen Bereiche des Brennbetts gelangt. Somit können die IR-Kamera-Messungen der Brennbettoberflächentemperatur zur Steuerung der Schlackequalität herangezogen werden [5].

Gemäß der Auswertung der IR-Kamera-Daten konnte in der Syncom-Anlage (Kapitel 3) trotz des geringeren Heizwertes (Hu: 10 MJ/kg) durch den Einsatz O<sub>2</sub>-angereicherter Primärluft über ausgedehnte Bereiche des Brennbettes ein vergleichbar hohes Temperaturniveau wie in einer konventionellen Feuerung (Hu: 13 MJ/kg) erreicht werden. Die Auswertung der Rohrprobekörper ergab zudem eine deutlich höhere mittlere Temperatur im Brennbett [5].

Das Schmelzverhalten der Rostschlacken kann nicht eindeutig einem bestimmten Element zugeordnet werden. Die thermochemischen Berechnungen ergaben, dass ein Anschmelzen der Rostschlacken meist um 700 °C - 800 °C beginnt. Ein höherer Schmelzanteil von etwa einem Viertel bis einem Drittel ist jedoch erst ab Temperaturen von 900 °C - 1.000 °C erreicht. Die modellierten Schmelzkurven weisen alle denselben Kurvenverlauf auf, der für Rostschlacken als typisch betrachtet werden kann (Bild 3). Hinsichtlich des modellierten Schmelzverhaltens konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Schlacken aus einem Anlagenbetrieb mit und ohne Rückführung festgestellt werden [4, 5]. Bezeichnend ist, dass durch die Anreicherung der Primärluft mit Sauerstoff (Syncom-Verfahren) und den daraus resultierenden Brennbetttemperaturen bereits ein signifikant höherer Anteil an Schmelzphase vorliegt.

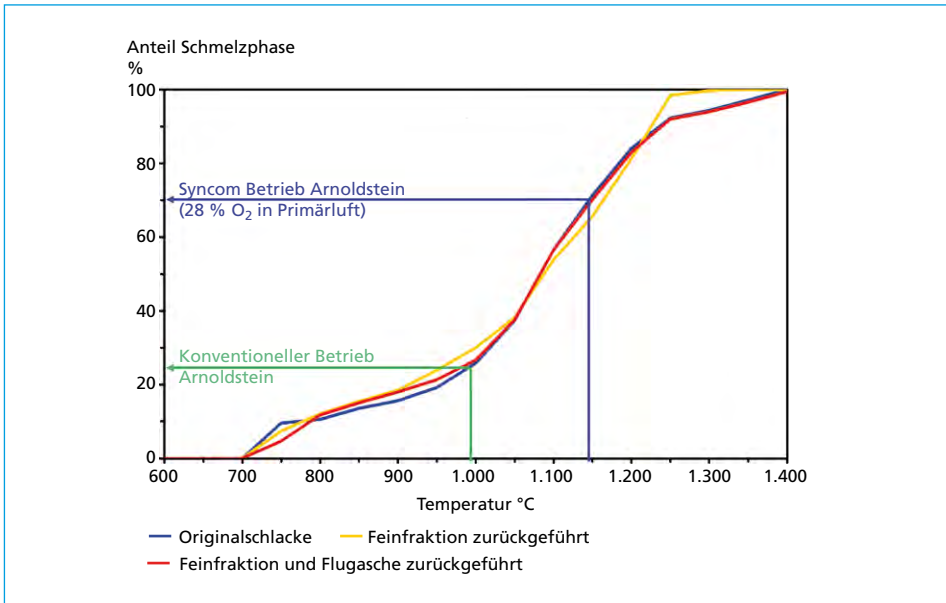


Bild 3: Sinterungs-/Schmelzverhalten von Rostschlacken (Modellierung)

Quellen:

Spuller, R.; Poehlmann, E.: Brennbetttemperatur und Schlackequalität in Feuerungsanlagen für Abfälle. Abschlussbericht des Projekts EU7 im Auftrag des Bay. Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Schwabach 2004

Bale, C. W.; Chartrand, P.; Degterov, S. A.; Ben Mahfoud, R.; Melançon, J.; Pelton, A. D.; Eriksson, G.; Hack, K.; Petersen, S.: FactSage Thermochemical Software and Databases. In: Calphad, 2002, Vol. 26, No. 2, pp. 189-228. Elsevier Science Ltd.

### 3. Syncom

Die Diskussion um die Schadstoffminimierung an Abfallverbrennungsanlagen weltweit führte zu zahlreichen technologischen Weiterentwicklungen mit den Schwerpunkten Abgasreinigung und Rückstandsbehandlung. Vor allem der mit dem Abfall eingebrachte Dioxininput von etwa  $50 \mu\text{g TEQ/t}$  sollte sicher zerstört werden. Somit waren die Reduzierung der Emissionsfrachten und die Verbesserung der Rostschlackequalität, zusammen mit der Reduzierung des Gesamtdioxinoutputs  $< 5 \mu\text{g TEQ/t}$  Abfall, treibende Kraft bei der Entwicklung dieses Verfahrens. Es sollte ein wirtschaftliches und flexibles Verfahren entwickelt werden, bei dem z.B. keine energieintensive Schmelze nachgeschaltet werden muss.

Das Verfahren basiert auf folgenden in Bild 4 dargestellten Komponenten:

- Rostfeuerung mit dem Martin Rückschub-Rost
- Feuerungsregelung mit IR-Thermographie
- Sekundärluftsystem mit 4 Düsenreihen (4-row-stitching)
- Abgaszirkulation
- Sauerstoffanreicherung der Primärluft

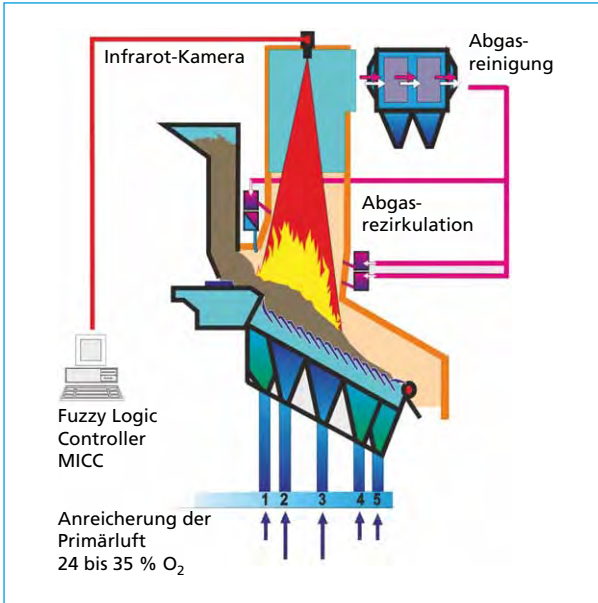


Bild 4:

Syncom-Verfahren

Das Verfahren ermöglicht durch die Sauerstoffanreicherung der Primärluft eine Betriebsweise mit erhöhter Brennbetttemperatur in der Hauptbrennzone (Bild 5). Dies bewirkt eine verstärkte Sinterung der Rostschlacke. Außerdem werden durch die Sauerstoffanreicherung in Kombination mit einer Abgasrezirkulation die Abgasmengen um 35 % gegenüber einer konventionellen Abfallverbrennung verringert.

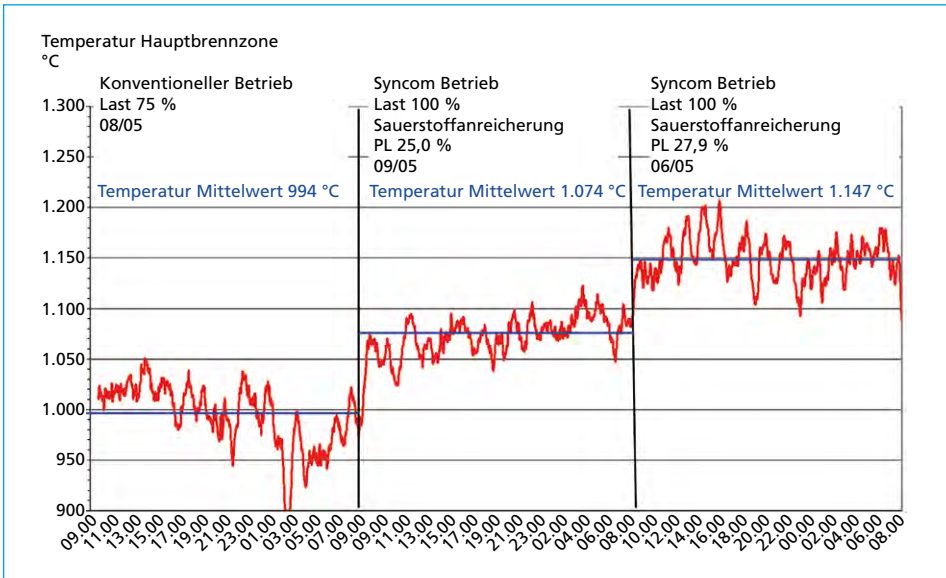


Bild 5: Brennbettoberflächentemperaturen Hauptbrennzone (IR-Kamera TBA Arnoldstein (Österreich))



Das Gesamtverfahren mit allen Komponenten wurde an den Anlagen MHKW Coburg (Deutschland), Oita (Japan) und Osaka (Japan) als großtechnische Demonstrationsanlage realisiert. Die Thermische Behandlungsanlage der Kärntner Restmüllverwertungs GmbH in Arnoldstein (Österreich) wurde dann im Jahre 2004 als Neuanlage umgesetzt (Bild 6) und wird erfolgreich mit dem Verfahren betrieben.

Eine weitere großtechnische Umsetzung des Verfahrens erfolgte in Sendai (Japan) mit 3 Linien (je 2 Bahnen).

Bereits bei den Demonstrationsanlagen sowie der großtechnischen Umsetzung zeigten sich folgende wesentliche Merkmale in Bezug auf die Rückstände:

- Verringerung der Flugaschemengen
- Versinterung der Rostschlacke
- Verringerung des Anteils der Rostschlackefraktion
- Guter Ausbrand der Rostschlacke
- Hoher Auslaugwiderstand bei Elutionstests der Rostschlacke

Außerdem konnte eine Immobilisierung der Schwermetalle Blei und Zink in der Feinfraktion festgestellt werden, da die Eluatwerte bei diesen Elementen deutlich erniedrigt sind. Die Schwermetalle Cadmium, Nickel und Chrom liegen in allen Eluaten der Grob- und Feinfraktionen unterhalb von 0,002 mg/l.

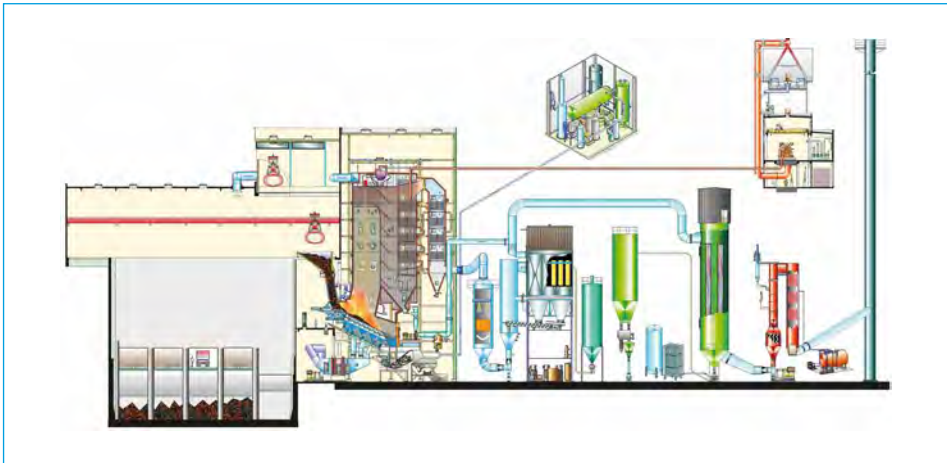


Bild 6: TBA Arnoldstein (Österreich)

## 4. Syncom-Plus

Durch die erhöhten Brennbetttemperaturen erfolgt beim Syncom-Verfahren eine verbesserte Sinterung der Rostschlacke bereits in der Primärverbrennung. Trotz der damit signifikant verbesserten Qualität gegenüber konventionellen Rostschlacken werden nicht alle Parameter für einen Inertstoff sicher erfüllt. In der TBA Arnoldstein (Österreich) bestand die Möglichkeit die weiteren Komponenten für Syncom-Plus

zu integrieren und im Dauerbetrieb zu untersuchen. Mit dem erzeugten Granulat sollte eine signifikante Verbesserung der Rostschlackenqualität für eine möglichst vollständige Verwertung erreicht werden.

Bei dem Syncom-Plus-Verfahren wird dem Syncom-Verfahren eine nassmechanische Aufbereitung zur Erzeugung eines Granulats nachgeschaltet und der Feinanteil sowie der abgetrennte Schlamm zur weitergehenden Versinterung und Zerstörung von Organika der Feuerung erneut zugegeben (Bild 7).

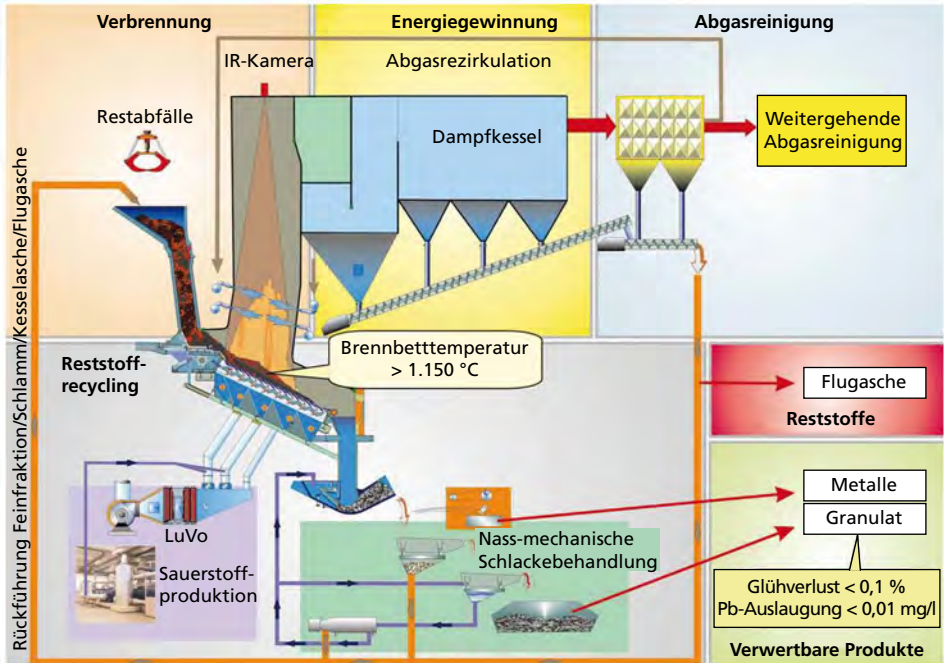


Bild 7: Syncom-Plus-Verfahren

Mit einer großtechnischen Pilotanlage (Bild 8) zur kontinuierlichen nassmechanischen Aufbereitung und Wäsche der Rostschlacke wurden die Untersuchungen zum Verfahren an der TBA Arnoldstein (Österreich) erfolgreich abgeschlossen.



Bild 8:

Pilotanlage Syncom-Plus

Dabei wurde der feucht anfallende Rostschlackestrom (3 t/h, Korngröße max. 100 mm) kontinuierlich zunächst in einer Siebmaschine zur Abtrennung der Feinfraktion < 5 mm trocken gesiebt. Im gleichen Aggregat erfolgte danach die Wäsche sowie die nasse Siebung, um ein Granulat > 2 mm zu erhalten. Da die Waschflüssigkeit im Kreislauf geführt wurde, um die Zugabe von Frischwasser zu minimieren, mussten die darin enthaltenen Partikel < 2 mm vollständig als Schlamm abgetrennt werden.

Dazu wurde eine Decanterzentrifuge eingesetzt. Die abgetrennten Stoffströme Feinfraktion und Schlamm wurden zur weitergehenden Behandlung der Feuerung mit dem Abfall erneut zugegeben (Bild 9).

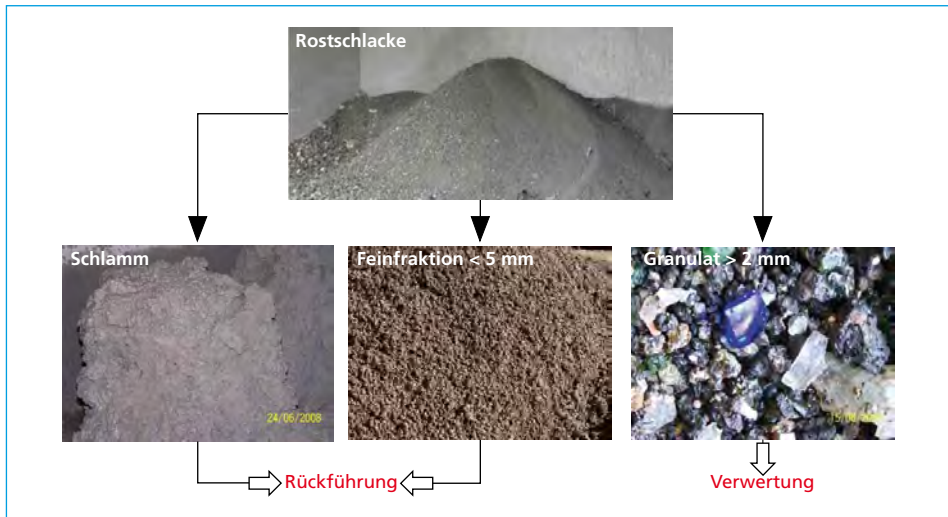


Bild 9: Stoffströme Syncom-Plus

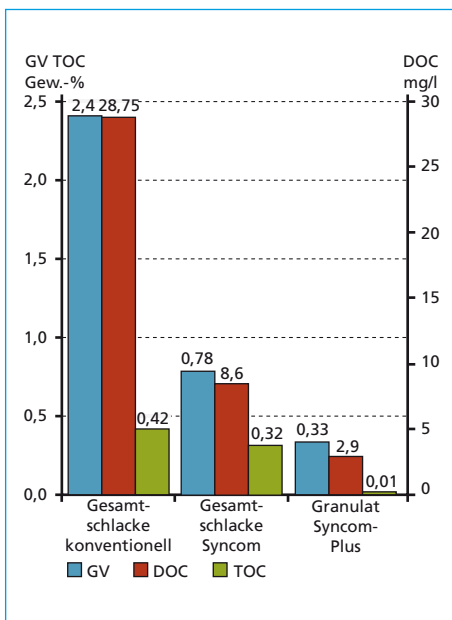
Bei einer durchschnittlichen Brennбетtemperatur zwischen 1.050 °C – 1.250 °C herrschten ausreichend hohe Temperaturen, um Schlackeschmelz- und Sinterungsprozesse zu ermöglichen. Die Siebung und Wäsche in der Siebmaschine konnte kontinuierlich ohne Probleme durchgeführt werden. Die Verschmutzung war nicht erheblich und es waren keine Schäden festzustellen. In der Decanterzentrifuge kam es nur zu geringen Feststoffablagerungen, die zu keinen technischen Problemen führten. Es wurde eine Trockensubstanz des Schlammes von 75 Gew.-% bei einem Abscheidegrad von 96 % erreicht.

Für die Versuchskampagnen erfolgte die Rückführung der Feinfraktion und des Schlammes in den Müllbunker mit Dumpfern. Die Menge an Feinfraktion und Schlamm betrug etwa 20 Gew.-% der gesiebten Rostschlacke und konnte problemlos in die Feuerung zurückgeführt werden. Die Kesselasche wurde aus einem geschlossenen Behälter mit Hilfe des Gabelstaplers abgekippt. Es war keine Staubentwicklung festzustellen. Im Vergleich mit der verbrannten Abfallmenge entsprach die rückgeführte Materialmenge einem Anteil von maximal 6,75 %. Die Rückführung der Waschflüssigkeit in den Waschprozess sowie als Senke für gelöste Salze in den Nassentschlacker bzw. als Eindüsenwasser in den Feuerraum erfolgte ohne Probleme.

Im Rahmen eines fortführenden Forschungsvorhabens [4] wurde die großtechnische Erprobung des Verfahrens, das eine definierte Rückführung von Fraktionen vorsieht, detailliert untersucht und die bereits vorliegenden Ergebnisse zur Brennbetttemperatur bestätigt. Im Rückführungsbetrieb ergaben sich geringere Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Aufgabezonen (links, Mitte und rechts) gegenüber dem konventionellen Betrieb. Generell war eine Vergleichmäßigung der Temperaturverteilung sowohl an der Brennbettoberfläche, als auch im Brennbettinneren festzustellen.

Nach dem Austrag aus dem Nassentschlacker bestanden die Rostschlacken zum überwiegenden Teil aus Material mit Korngrößen < 32 mm. Dabei war kein signifikanter Unterschied zwischen der Probenahme ohne Rückführung und der Probenahme während der Rückführung zu erkennen. Die Anteile an Unverbranntem (in der Regel nicht nachweisbar) und NE-Metallen waren durchgehend sehr gering. Zusammenfassend lässt sich anhand der Ergebnisse der Grobcharakterisierung der Rostschlackeproben feststellen, dass ein Einfluss der Rückführung von Kesselasche und Schlackefeinfraktion nicht zu erkennen war.

Das abgesiebte Granulat > 2 mm war von Feinanteilen entfrachtet und zeigte optisch eine optimale Qualität (Bild 9). Die Feststoffgehalte des Granulats lagen bei den meisten Parametern deutlich unterhalb der Werte der Rostschlacke. Die Nassmechanische Aufbereitung mit der Wäsche und der Abtrennung der Feinfraktion und des Schlammes führte zu einer Entfrachtung auch im Feststoff. Die Feinfraktion enthielt einen hohen Anteil an Chlor und Schwefel. Außerdem waren deren Feststoffgehalte im Bereich der Werte für die Rostschlacke und trugen somit erheblich zu deren Analysewerten bei.



In Bild 10 sind die Organikgehalte (Glühverlust GV, TOC, DOC) der Gesamtschlacke im konventionellen und Syncom-Betrieb sowie des Granulats vergleichend dargestellt. Es zeigte sich, dass bereits das Syncom-Verfahren im Vergleich zum konventionellen Betrieb zu einer signifikanten Verbesserung führt. Durch Syncom-Plus werden die Werte für das Granulat nochmals erheblich gesenkt.

Das Granulat ist als Baustoff ohne Einschränkungen einsetzbar. Durch die Nasssiebung und Wäsche werden die Feinanteile < 2 mm abgetrennt, was im Baustoffbereich durch Zugabe von Natursanden ausgeglichen werden kann.

Zur Überprüfung ob die Rückführung von Feinfraktion, Schlamm und Kesselasche zu einer Erhöhung des Feinkornanteils führte,

Bild 10: Organikgehalte im Feststoff/Eluat

wurden die Korngrößenverteilungen der Rostschlacken mit und ohne Rückführung miteinander verglichen. Es zeigte sich ab der Korngröße 2 mm eine Zunahme des Anteils von maximal 5 %. Somit war keine erhebliche Veränderung der Korngrößenverteilung festzustellen.

Mit dem gesinterten Granulat wird eine signifikante Verbesserung der Rostschlackenqualität für eine möglichst vollständige Verwertung erreicht.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Martin GmbH hat das Syncom-Verfahren entwickelt, bei dem die Primärluft mit Sauerstoff angereichert wird, so dass höhere Temperaturen im Brennbett vorliegen und die Rostschlacke stärker versintert wird. Um die Qualität der Rostschlacken weiter zu verbessern, wird beim Syncom-Plus-Verfahren eine nassmechanische Aufbereitung zur Erzeugung eines inerten Granulats nachgeschaltet und der Feinanteil sowie der abgetrennte Schlamm zur weitergehenden Versinterung und Zerstörung von Organika der Feuerung erneut zugegeben. Mit einer großtechnischen Pilotanlage zur kontinuierlichen nassmechanischen Aufbereitung und Wäsche der Rostschlacke wurden alle Untersuchungen erfolgreich abgeschlossen. Mit dem erzeugten Granulat wird eine signifikante Verbesserung der Rostschlackenqualität für eine möglichst vollständige Verwertung des mineralischen Anteils erreicht.

Das Syncom-Plus Verfahren erfüllt alle Anforderungen eines optimierten und abwasserfreien kommerziellen Rückstandsbehandlungsprozesses zur Rückgewinnung industrieller Produkte, ohne die bekannte Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit von Rostfeuerungsanlagen einzuschränken, und hat die Marktreife erreicht.

Letztendlich kann sich jedoch der Anlagenbetreiber für eine der folgenden Möglichkeiten entscheiden:

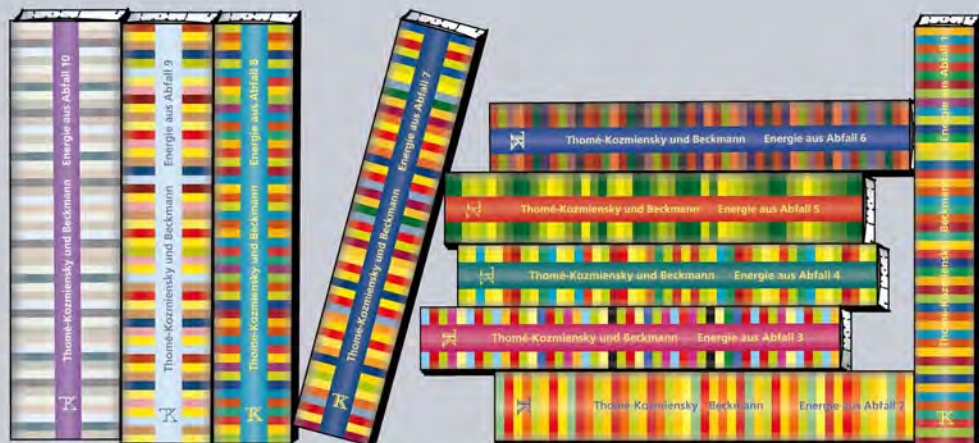
- Die konventionelle Nassentschlackung mit oder ohne anschließende FE- und NE-Metallabtrennung und Deponierung der mineralischen Fraktion bzw. deren Verwertung im Straßen- und Wegebau, wenn die Investitionskosten für den Anlagenbau im Vordergrund stehen.
- Die Inertisierung der Rostschlacken mit dem Syncom- sowie Syncom-Plus-Verfahren, so dass die gesinterte Rostschlacke problemlos deponiert bzw. im Straßen- und Wegebau verwertet werden kann, wenn eine maximale Auslaugsicherheit der verbleibenden Rückstände bei der Verwertung oder Ablagerung entscheidend ist.
- Die Trockenentschlackung mit erweiterten Metall- und Wertstoffabtrennungsoptionen, insbesondere der Rückgewinnung hochwertiger, sortenreiner Metallfraktionen, wenn ein möglichst weitreichendes Recycling der Rückstände angestrebt wird.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Knorr, W. et al.: Rückstände aus der Müllverbrennung, Chancen für eine stoffliche Verwertung von Aschen und Schlacken. Initiativen zu Umweltschutz Band 13, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1999
- [2] Gohlke, O.; Busch, M.; Horn, J.; Martin, J.: Nachhaltige Abfallbehandlung mit dem Syncom PLUS-Verfahren. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Optimierungspotential der Abfallverbrennung. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2003, S. 211-223
- [3] Busch, M.; Rapp, F.: Verbesserung des Verbrennungs-, Ausbrands- und Emissionsverhaltens einer Abfallverbrennungsanlage mittels Primäroptimierung der Feuerung. BMFT-Forschungsbericht, 1995
- [4] Bimüller, A.; Hopf, N.; Heuss-Aßbichler, S.; Nordsieck, H: Beeinflussung schlackerelevanter Betriebsparameter durch Rückführung von Aschefraktionen. Abschlussbericht des Projekts EU34 im Auftrag des Bay. Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Schwabach 2006
- [5] Spuller, R.; Poehlmann, E.: Brennbetttemperatur und Schlackequalität in Feuerungsanlagen für Abfälle. Abschlussbericht des Projekts EU7 im Auftrag des Bay. Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Schwabach 2004
- [6] Spiegel, W.; Huber, A.: Chemische und mineralogische Informationen als Bewertungsmaßstab für die Qualität von Schlacken aus der thermischen Abfallverwertung. Technisch-wissenschaftliche Berichte *Feuerungen*. VGB-TW 210. ISSN-Nr.: 0937-0188, 1996
- [7] Jovanovic, I.: Langzeitverhalten von Schmelzgranulat aus dem Siemens Schwel-Brenn-Verfahren in aquatischen Systemen. Forschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftliche Berichte FZKA 6007, Karlsruhe 1997
- [8] Bale, C. W.; Chartrand, P.; Degterov, S. A.; Ben Mahfoud, R.; Melançon, J.; Pelton, A. D.; Eriksson, G.; Hack, K.; Petersen, S.: FactSage Thermochemical Software and Databases. In: Calphad, 2002, Vol. 26, No. 2, pp. 189-228. Elsevier Science Ltd.

MARTIN®, MARTIN-RÜCKSCHUB®-Rost und SYNCOM® sind eingetragene Warenzeichen der MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik.

# Energie aus Abfall



Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky und Michael Beckmann • Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

## Energie aus Abfall, Band 1

ISBN: 978-3-935317-24-5  
Erscheinung: 2006  
Gebundene Ausgabe: 594 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 2

ISBN: 978-3-935317-26-9  
Erscheinung: 2007  
Gebundene Ausgabe: 713 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 3

ISBN: 978-3-935317-30-6  
Erscheinung: 2007  
Gebundene Ausgabe: 613 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 4

ISBN: 978-3-935317-32-0  
Erscheinung: 2008  
Gebundene Ausgabe: 649 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 5

ISBN: 978-3-935317-34-4  
Erscheinung: 2008  
Gebundene Ausgabe: 821 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 6

ISBN: 978-3-935317-39-9  
Erscheinung: 2009  
Gebundene Ausgabe: 846 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 7

ISBN: 978-3-935317-46-7  
Erscheinung: 2010  
Gebundene Ausgabe: 765 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 8

ISBN: 978-3-935317-60-3  
Erscheinung: 2011  
Gebundene Ausgabe: 806 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

## Energie aus Abfall, Band 9

ISBN: 978-3-935317-78-8  
Erscheinung: 2012  
Gebundene Ausgabe: 809 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

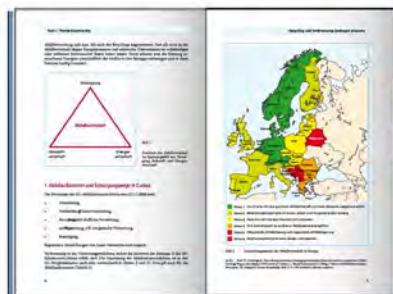
## Energie aus Abfall, Band 10

ISBN: 978-3-935317-92-4  
Erscheinung: 2013  
Gebundene Ausgabe: 1096 Seiten mit farbigen Abbildungen  
Preis: 50,00 EUR

**270,00 EUR**  
statt 500,00 EUR

**Paketpreis**

Energie aus Abfall, Band 1 bis 10



Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
oder

Dorfstraße 51  
D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Aschen • Schlacken • Stäube**

**– aus Abfallverbrennung und Metallurgie –**

Karl J. Thomé-Kozmiensky.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013

ISBN 978-3-935317-99-3

ISBN 978-3-935317-99-3 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 2013

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,  
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Ginette Teske, Ina Böhme, Petra Dittmann, Cordula Müller,  
Fabian Thiel, Martin Schubert

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Foto auf dem Buchdeckel: Dipl.-Ing. Daniel Böni, KEZO Kehrrechtverwertung Zürcher  
Oberland

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.