

Anpassung von Bestands-SNCR an die neuen BREF-Standards

Bernd von der Heide

1.	Zukünftige Grenzwerte für NO _x -Emissionen aus Verbrennungsanlagen	613
2.	Nachrüstung bzw. Erneuerung bestehender SNCR-Anlagen	619
3.	SNCR-Anwendung für mit Kohle gefeuerte Kessel.....	620
4.	Neueste Entwicklungen und Erfolge in der praktischen Anwendung von SNCR-Technologien	621
5.	Alternativen zur Ertüchtigung der bestehenden SNCR-Anlage.....	624
6.	Ertüchtigung der SNCR-Anlage für zukünftige NO _x -Grenzwerte.....	626
7.	Zusammenfassung und Ausblick.....	628
8.	Quellen	629

Die in der EU gültigen Emissionsgrenzwerte, z.B. NO_x aus Verbrennungsanlagen für Kohle, Abfallstoffe usw. müssen regelmäßig den fortschreitenden technischen Entwicklungen, dem sogenannten Stand der Technik angepasst werden.

Die besten verfügbaren Techniken sind diejenigen, die zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt am besten geeignet sind. Gleichzeitig sollen sie unter Berücksichtigung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses mit technisch angemessenem Aufwand realisierbar sein.

Der Beitrag zeigt, wie die Abgasentstickung mittels der Selektiven Nichtkatalytischen Verfahren (SNCR) weiterentwickelt wurde und sowohl in neuen, aber auch in Bestandsanlagen erfolgreich eingesetzt werden kann.

1. Zukünftige Grenzwerte für NO_x-Emissionen aus Verbrennungsanlagen

BREF ist die englische Abkürzung für Best Available Technique REference Document, kurz BAT Reference Document. Im Deutschen wird der Begriff BREF für ein BVT-Merkblatt verwendet, in dem die Beste Verfügbare Technik (BVT) definiert ist.

Die Anforderungen für NO_x aus dem *Final Draft* des BVT-Merkblattes für Abfallverbrennungsanlagen sind wie folgt festgelegt:

Für mit Kohle gefeuerte Kessel haben die EU-Mitgliedsstaaten neue NO_x -Grenzwerte von 175 mg/Nm^3 für Braunkohle und 150 mg/Nm^3 für Steinkohle festgelegt. Die Werte gelten ab dem Jahr 2000.

Tabelle 1: Final Draft des BVT-Merkblattes für Abfallverbrennungsanlagen

Parameter	Neuanlagen	BAL-AEL Bestandsanlagen	Bezugszeitraum
	mg/Nm ³		
NO_x	50 – 120 ¹	50 – 150 ^{1,2}	Tagesmittel
CO	10 – 50 ¹	10 – 50 ^{1,3}	
NH_3	2 – 10 ¹	2 – 10 ^{1,3}	

1 Die niedrigen Werte des BAT-AEL-Bereichs können mit SCR erreicht werden. Diese Werte sind evtl. nicht erreichbar, wenn Abfallstoffe mit hohem Stickstoffgehalt verbrannt werden (z. B. Reststoffe aus der Produktion von organischen Stickstoffkomponenten).

2 Der höhere Grenzwert des BAT-AEL-Bereichs ist 180 mg/Nm^3 , wenn SCR nicht einsetzbar ist.

3 Für Bestandsanlagen, die mit SNCR ohne nasse Abgasreinigungsanlagen ausgerüstet sind, ist der höhere Grenzwert des BAT-AEL-Bereichs 15 mg/Nm^3

Mit den ersten SNCR-Anlagen, die in den 80er und 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts in Betrieb genommen wurden, konnten trotz relativ einfacher technischer Ausstattung die NO_x -Grenzwerte gemäß der 17. BImSchV von $< 200 \text{ mg/Nm}^3$ zuverlässig eingehalten werden, da die Verbrennungsanlagen zumeist bei Volllast betrieben wurden. Dadurch hielten sich die Schwankungen der Abgastemperaturen im ersten Kesselzug in akzeptablen Grenzen. Dem Ammoniakslupf wurde damals noch keine besondere Bedeutung beigemessen. Es galt der Grenzwert von $< 30 \text{ mg/Nm}^3$ gemäß der TA Luft, sodass eine SNCR-Anlage mit nur einer Eindüsebene für die Einhaltung der damaligen Grenzwerte ausreichend bemessen war.

Bild 1 zeigt das Konzept und die Funktion einer typischen SNCR-Anlage der ersten Generation für Harnstofflösung als Reduktionsmittel wie sie für Verbrennungsanlagen

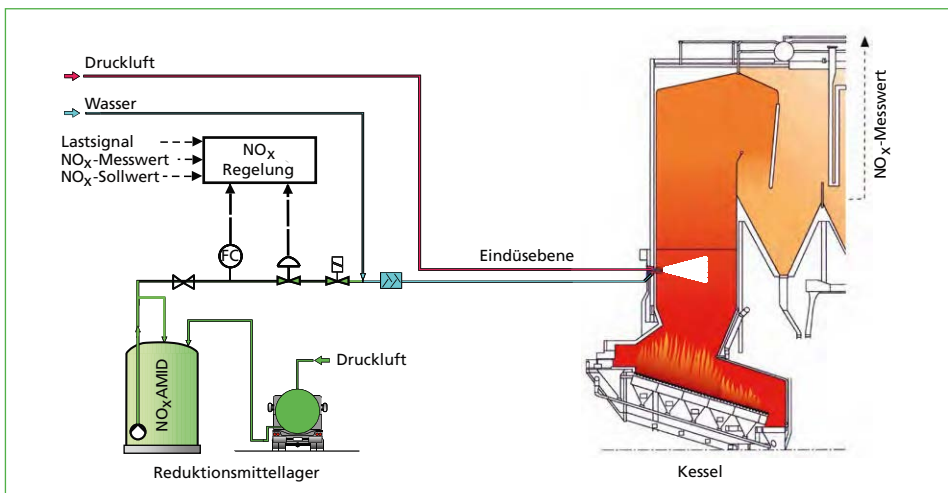


Bild 1: Verfahrensfließbild einer einfachen SNCR-Anlage

gemäß der 17. BImSchV mit NO_x -Abscheidegraden bis zu 60 % betrieben wurden. Die Anlagen sind je nach Anforderungen mit ein oder zwei Eindüseebenen ausgerüstet, die gegebenenfalls abhängig von der Last- und/oder der Abgastemperatur umgeschaltet werden.

Um größeren Temperaturschwankungen und -schieflagen, die sich während des Betriebes ergeben, entgegenzuwirken und um den NH_3 -Schlupf zu senken, haben sich für Abfallverbrennungsanlagen zwei Eindüseebenen bewährt (Bild 2), die zumeist in den 90er Jahren mit SNCR-Anlagen gemäß der 17. BImSchV ausgerüstet wurden. Diese zwei Ebenen werden abhängig von der gemittelten Kesseldeckentemperatur umgeschaltet.

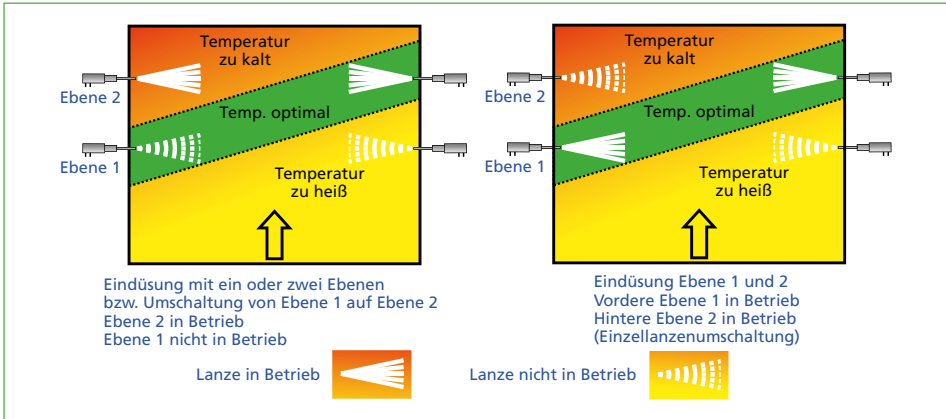


Bild 2: Temperaturverteilung im Kessel

Unter günstigen Betriebsbedingungen, wie sie bei der Verbrennung homogener Brennstoffe und konstanter Kesselast vorzufinden sind, sind mit diesem Konzept auch NO_x -Reingaswerte $< 150 \text{ mg/Nm}^3$ möglich, wobei abhängig von Schieflagen der Abgastemperaturen und -strömungen hinsichtlich des NH_3 -Schlupfes und des Reduktionsmittelverbrauchs mit Einschränkungen zu rechnen ist. Bei großen Temperaturschieflagen zwischen der Front- und Rückseite der Feuerung hat sich in dieser Zeit die separate Umschaltung von halben Eindüseebenen – vorne oder hinten – bewährt.



Bild 3: Einzellanzenumschaltung mit und ohne Selektive Abgaskühlung vs. Standard-SNCR

Die o.g. Konzepte sind für moderne Anlagen, die gemäß den neuen BREF-Standards betrieben werden, nicht mehr ausreichend.

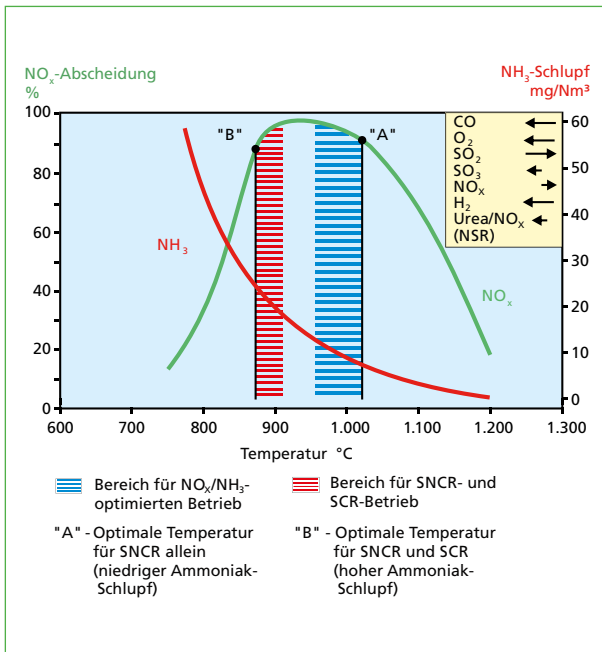


Bild 4:

Einfluss der Abgasbestandteile auf das Temperaturfenster

Damit in allen möglichen Betriebsfällen das Reduktionsmittel immer in den optimalen Bereich des Temperaturfensters eingedüst wird, der hinsichtlich der NO_x-Abscheidung, des NH₃-Schlupfes und des Reduktionsmittelverbrauchs am wirksamsten ist, werden in modernen Anlagen abhängig von den Abgastemperaturen Gruppen oder einzelne Eindüslanzen, geschaltet (Bild 3). [2]

Für die Prozessregelung der SNCR-Verfahren sind die Abgastemperaturen sowie die Abgaszusammensetzung von maßgeblicher Bedeutung (Bild 4). Welches von den folgenden Temperaturmessverfahren von Fall zu Fall angewendet wird, liegt im Wesentlichen an den spezifischen Anforderungen und der Genauigkeit und Verlässlichkeit der gemessenen Werte.

- Thermoelemente sind wegen der großen Empfindlichkeit gegen heiße Strahlungseinflüsse von der Feuerung und gegen kalte von den Kesselwänden und Wärmetauschern nur mit Einschränkungen geeignet und wurden in der Vergangenheit für SNCR-Anlagen eingesetzt, die gemäß der 17. BImSchV betrieben wurden. Für zukünftige Anlagen mit niedrigen NO_x-Grenzwerten ist diese Methode nicht mehr ausreichend,
- mit Absaugpyrometern kann man zwar relativ genaue Werte messen, aber wegen der aufwendigen Handhabung sind sie nicht für kontinuierliche Messungen einsetzbar,

- mit der akustischen Temperaturmessung liegen zurzeit die meisten Erfahrungen für höchste Ansprüche vor. Diese Art der Messung empfiehlt sich daher für Anlagen, in denen NO_x -Grenzwerte $< 100 \text{ mg/Nm}^3$ und ein NH_3 -Schlupf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ eingehalten werden müssen,
- seit einigen Jahren werden zunehmend optische Spektralpyrometer eingesetzt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass mit geringerem Kostenaufwand ähnliche Abscheidegrade wie mit der Akustik möglich sind. Für NO_x -Grenzwerte $< 150 \text{ mg/Nm}^3$ und NH_3 -Schlupf $< 15 \text{ mg/Nm}^3$ ist dieses Verfahren gut geeignet,

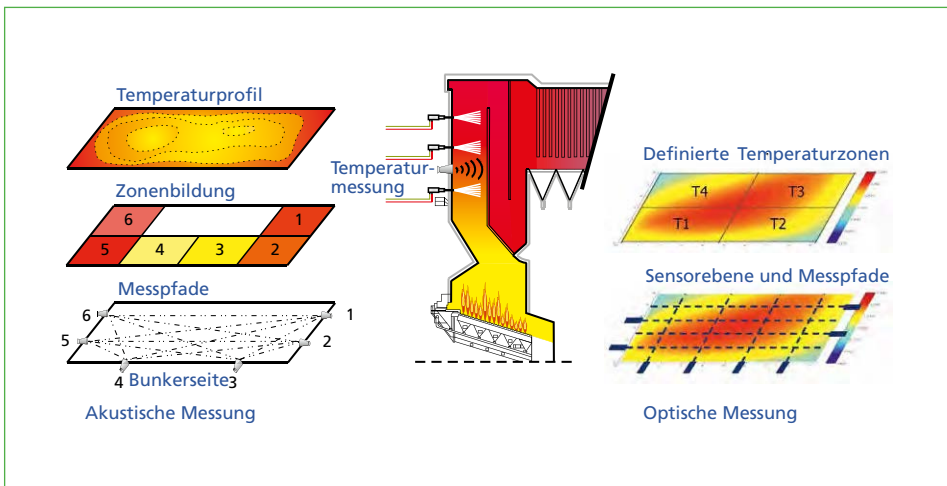


Bild 5: Berührungsfreie Temperaturmessverfahren

- beide Systeme, optisch und akustisch, haben ihre Vor- und Nachteile (Bild 5 und 6): Bei der akustischen Messung kommuniziert jede der an den Kesselwänden angeordneten Sende- und Empfangereinheiten abwechselnd mit den anderen Geräten. Hierdurch wird eine Vielzahl von Temperaturpfaden gebildet, die eine höhere Auflösung ermöglichen.

Mit Spektralthermometern wird dagegen von einem Gerät jeweils nur ein Pfad gemessen, wodurch die Auflösung niedriger ist. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass auch an schwer zugänglichen Stellen – z.B. zwischen den Wärmetauschern und einzelnen Eindüslanzen – hinreichend genaue Temperaturen gemessen werden können,

Bei der akustischen Temperaturmessung werden einzelnen Lanzen oder Lanzengruppen den in Zonen unterteilten Temperaturprofilen zugeordnet. Die Lanzen können dann abhängig von der gemessenen Abgastemperatur umgeschaltet werden. So wird sichergestellt, dass das Reduktionsmittel auch bei schnell wechselnden Abgastemperaturen an die für die Reaktion wirkungsvollsten Stellen gelangt und die SNCR-Anlage bezüglich NO_x -Abscheidegrad, NH_3 -Schlupf und Reduktionsmittelverbrauch immer im optimalen Bereich fährt.



Bild 6: Berührungsfreie Temperaturmessverfahren – akustisch (links), optisch (rechts)

Die im Dauerbetrieb erzielten Messergebnisse in mehreren Verbrennungsanlagen belegen, dass NO_x -Reingaswerte $< 100 \text{ mg/Nm}^3$ bei einem NH_3 -Schlupf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ dauerhaft einzuhalten sind und sogar Werte, die deutlich darunter liegen, erreicht werden.

In den Niederlanden z.B. wurden in der Abfallverbrennungsanlage Wijster die drei Reaktoren der SCR-Anlage außer Betrieb genommen und durch SNCR-Anlagen ersetzt [1]. Wegen der hohen Anforderungen – NO_x -Abscheidung von etwa 330 bis 350 mg/Nm^3 auf $< 60 \text{ mg/Nm}^3$ und NH_3 -Schlupf $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ – sind drei Eindüseebenen mit jeweils sechs Lanzen installiert worden (Bild 7). Hierbei wird jede einzelne Lanze abhängig von der jeweiligen Zonentemperatur so angesteuert, dass das Ammoniakwasser immer in den optimalen Temperaturbereich in der Feuerung eingedüst werden kann.

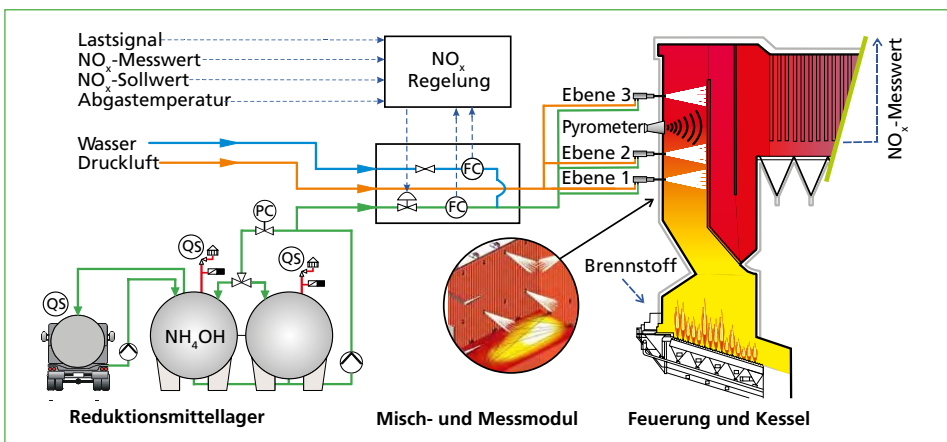


Bild 7: SNCR mit Einzellanzenumschaltung in drei Ebenen in einer Abfallverbrennungsanlage

2. Nachrüstung bzw. Erneuerung bestehender SNCR-Anlagen

Mit älteren SNCR-Anlagen, die häufig schon mehr als 20 Jahre erfolgreich im Betrieb sind, können die zukünftigen Anforderungen nicht oder nur mit Einschränkungen erfüllt werden. Im Hinblick auf zukünftige NO_x -Grenzwerte $< 100 \text{ mg/Nm}^3$, NH_3 -Schlupf $< 5 \text{ mg/Nm}^3$ und minimalen Reduktionsmittelverbrauch ist eine Nachrüstung notwendig.

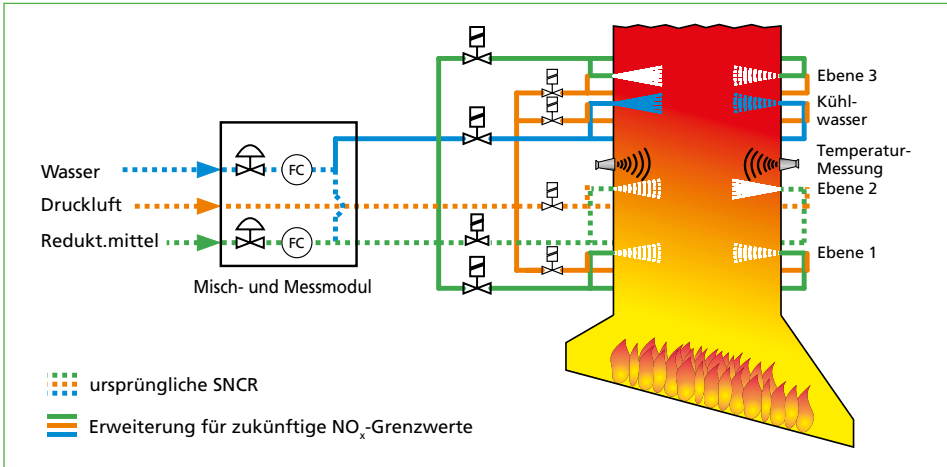


Bild 8: Verfahrensfließbild der SNCR vor und nach Umrüstung

Maßnahmen zur Ertüchtigung erfordern beispielsweise Ausrüstungen wie drei Einzeldüseebenen, Einzellanzenumschaltung und akustische oder optische Pyrometer zur kontinuierlichen Messung der Abgastemperaturen. (Bild 8).



Bild 9: Misch- und Messmodule im ursprünglichen Zustand (links) und nach Umrüstung (rechts)

Je nach Alter und Zustand der vorhandenen SNCR-Anlagen ist es unter Umständen möglich, die zusätzlich benötigten Armaturen in die Misch- und Messmodule einzubauen. Dies ist in den meisten Fällen jedoch nicht zu empfehlen oder auch nicht mög-

lich, da zusätzliche Bauteile Platz benötigen, der in den einfachen Anlagen der ersten Generation in den Misch- und Messmodule nicht vorhanden ist. Darüber hinaus ist zu beachten, dass zu beengte Platzverhältnisse die Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten erheblich erschweren können.

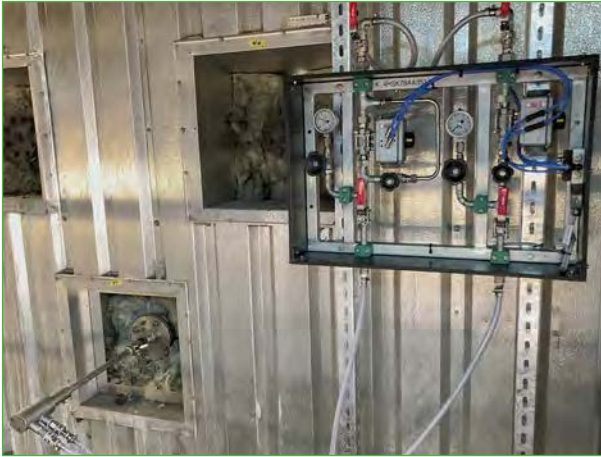


Bild 10:

Installation zusätzlicher Armaturen an der Kesselwand

Manchmal lassen die Platzverhältnisse im Kesselhaus die Aufstellung eines größeren Misch- und Messmoduls nicht zu. In solchen Fällen ist es denkbar, die zusätzlichen Armaturen direkt in die Rohrleitungen zwischen Modul und Eindüslanzen einzubauen.

Auch wenn die vorhandenen Komponenten wie Regelventile, Druckhalteventile, Kugelhähne usw. weiter verwendet werden sollen, ist es oft sinnvoller, neue und größere Schränke zu verwenden und mit neuen Armaturen zu ergänzen. Es ist fast immer einfacher und damit kostengünstiger, die Misch- und Messmodule in neuen, größeren Schränken in der Werkstatt neu aufzubauen, als die alten, kleineren Schränke für den Einbau der zusätzlichen Teile vor Ort weiter zu verwenden. (Bild 9 und 10)

3. SNCR-Anwendung für mit Kohle gefeuerte Kessel

Für kleinere Feuerungsanlagen wie Rostfeuerungen für Siedlungsabfälle bestimmt das SNCR-Verfahren schon seit vielen Jahren den Stand der Technik.

So weit ist die Entwicklung bei mit Kohle gefeuerten Kraftwerkskesseln noch nicht. Im Kraftwerksbereich sind die Probleme, die von den Anbietern von SNCR-Anlagen gelöst werden müssen, schon allein wegen der Größe und der unterschiedlichen Feuerungs- und Kesselkonzepte deutlich komplexer als es z.B. bei Rostfeuerungen der Fall ist. In den meisten Fällen sind die Temperaturen in den von Einbauten freien Bereichen, insbesondere bei Vollast, zu heiß, sodass die Reduktionsmittel zu NO_x verbrennen. Die für die Reaktion günstigen Temperaturen liegen abhängig von der Kesselbauweise und der Konzeption der Feuerung häufig in Bereichen der Wärmetauscher, die für die Eindüsung der Reduktionsmittel gar nicht oder nur schwer zugänglich sind. Zusätzlich erschweren Temperaturschiefen, die aufgrund der unterschiedlichen

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 16

ISBN 978-3-944310-45-9 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

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

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2019

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.,
Dr.-Ing. Olaf Holm

Erfassung und Layout: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Ginette Teske, Sarah Pietsch,
Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel, Roland Richter,
Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien 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 Funk-sendung, 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.