

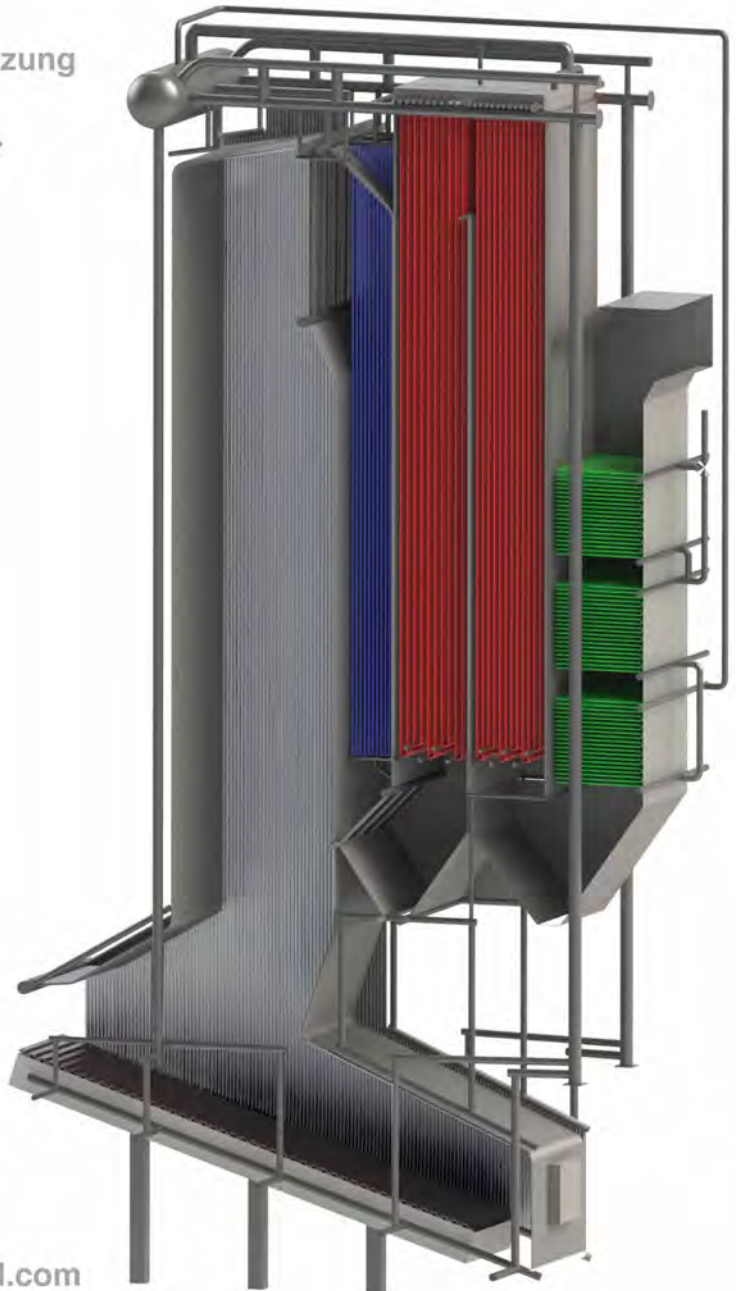
EckRohrKessel



zukunftsweisender Kesseltyp für die thermische Abfallverwertung

geringe Verschmutzung
geringe Korrosion
lange Lebensdauer

www.eckrohrkessel.com



Tel.: 030 8977460
Fax: 030 89774646
erk@eckrohrkessel.com

Methode zur Verringerung der Verschmutzungsneigung von Konvektionsheizflächen

Udo Hellwig

Wärmeübertragungsflächen gehören zu den anfälligsten Elementen einer Anlage zur Abfallverwertung. Nach der Art der Wärmeübertragung wird zwischen Strahlungs- und Konvektionsheizflächen unterschieden. Strahlungsheizflächen liegen unmittelbar hinter der Feuerung und umhüllen den heißen Abgaskörper. Die Wärmeübertragung erfolgt fast ausschließlich durch Strahlung. Strahlungsheizflächen werden bei modernen Anlagen als Verdampfer konzipiert, wobei Strahlungsüberhitzer bei Abfallverbrennungsanlagen eher nicht mehr verwendet werden, da der wesentliche Vorteil von Strahlungsüberhitzern, nämlich die der Teillastfähigkeit, kaum noch eine Rolle spielt. Strahlungsheizflächen neigen zwar stark dazu Anbackungen aufzunehmen, sie sind aber leicht zugänglich und daher im Vergleich zu Konvektionsheizflächen leicht zu reinigen. Strahlungsüberhitzer werden daher nachfolgend nicht weiter betrachtet.

Auf Konvektionsheizflächen wird die Wärme durch fühlbare bzw. messbare Geschwindigkeit des Abgases übertragen, wobei das Ausmaß der Wärmeübertragung mit zunehmender Geschwindigkeit des Abgases steigt. Bei ausgeprägter Turbulenz des Abgases besteht ein nahezu linearer Zusammenhang zwischen dem Wärmeübergangskoeffizienten und der konvektiven Geschwindigkeit. Im Gegensatz zu Strahlungs- sind Konvektionsheizflächen schwer zugänglich. Reinigungsmaßnahmen sind in der Regel sowohl investiv als auch operativ wirtschaftlich aufwändig. Die Konstrukteure sind daher bemüht durch die Auswahl geeigneter Feuerungen und die Gestaltung von Feuer- und Strahlungsräumen möglichst geringe Staubfrachten bei zugleich im Einzelnen festgelegter maximaler Abgastemperaturen und Geschwindigkeiten den operativen Reinigungsaufwand zu minimieren und zugleich eine preiswerte Konstruktion zu erzeugen. Schatz hat entsprechende Gestaltungsempfehlungen für Dampferzeuger zur thermischen Abfallverwertung zusammenfassend dargelegt [1].

Nachstehend sind die Ursachen für Heizflächenverschmutzungen vor allem im Konvektionsbereich (Tabelle 1) aufgelistet und mit Abhilfeempfehlungen (Tabelle 2) verknüpft. In Tabelle 1 ist weiterhin die Lage von besonders gefährdeten Bereichen angegeben. Das schließt allerdings nicht aus, dass es auch in anderen Bereichen zu unerwünschten Verschmutzungseffekten kommen kann.

Tabelle 1: Ursachen für die Verschmutzung von Heizflächen

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Ort im Kessel
1	zu hohe Rauchgasgeschwindigkeit	Strahlungsraum und alle Konvektionsheizflächen
2	zu hohe Temperatur	vor Überhitzer
3	hohe Staubkonzentration	vor allem im Bereich der Konvektionsheizflächen
4	niedrige Ascheerweichungstemperatur, Bildung eutektischer Gemische	Im Überhitzer
5	Strömungsablösungen	Vor und hinter Rohren zur Wärmeübertragung, im Bereich von Umlenkungen
6	Umlenkungen in Heizflächen bei versetzter Rohranordnung	Konvektionsheizflächen
7	quer angeströmte Rohrtafeln und Bündel	Konvektionsheizflächen
8	hydraulisch glatte Oberflächen	Konvektionsheizflächen
9	Querrippen auf Rohren	Economiser (bei Kesseln im Abfallbereich werden Verdampfer und Überhitzer eher nicht mit Rippen ausgeführt)
10	Hohe Rohrwandtemperaturen, Folge Hochtemperaturkorrosion	Überhitzer
11	Niedrige Rohrwandtemperaturen, Folge Kondensat- und Sublimatbildung	Economiser, Luftvorwärmer
12	Staub ist zu feinkörnig (auch infolge von Sublimation und Kondensation)	Alle Konvektionsheizflächen (vor allem im Luftvorwärmer und Economiserbereich)
13	Kurzschlussströmung	Alle Konvektionsheizflächen
14	Ungeeignete Kesseltypen	Reinigungsmethoden eingeschränkt
15	Ungeeignete Feuerung	Staubentwicklung

Eine Reihe von Maßnahmen zur Verschmutzungsvermeidung im Konvektionsbereich kann durch Rohre mit Nebenformen herbeigeführt werden. Auf Bild 1 sind derartige Rohre mit der Markenbezeichnung ip tube dargestellt.

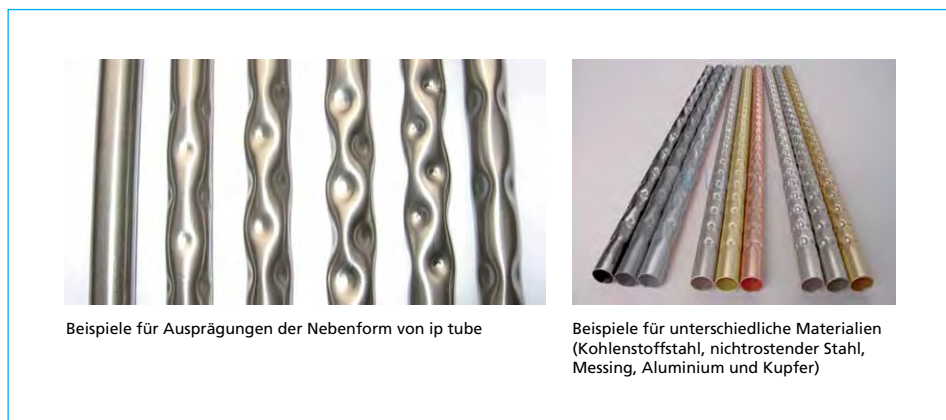


Bild 1: Rohre mit Nebenformen mit der Handelsbezeichnung ip tube, Hersteller La Mont GmbH, Wildau/Brandenburg

Verringerung der Verschmutzung von Konvektionsheizflächen

Tabelle 2: Wesentliche Abhilfemaßnahmen. Die lfd. Nummern sind Tab. 1 zugeordnet

Lfd. Nr.	Maßnahme	Bemerkung
1	Vergrößerung von Strömungsquerschnitten (konstruktiv), Reduktion der Feuerleistung (operativ)	
2	Verlagerung von Heizflächen (z.B. Schutzverdampfer vor Überhitzer), Vergrößerung des Feuerraumes, Hinzufügung von Gasstrahlungsräumen Reduktion der Feuerleistung	konstruktive Maßnahmen operative Maßnahme
3	Reduktion der Abgasgeschwindigkeit	konstruktive Maßnahme
4	Absenkung von Temperatur und Geschwindigkeit Reinigungseinrichtung anpassen geeigneten Kesseltyp auswählen Absenkung der Feuerleistung Erhöhung der Reinigungsintervalle Reinigungseinrichtungen nachrüsten Kesselmodifikation durch <ul style="list-style-type: none"> • größere Rohrteilungen • Strömungsschikanen • Veränderung von Heizflächenfunktionen • Heizflächen vergrößern 	konstruktiv operativ und Nachrüstung
5	Strömungsschikanen an Umlenkungen Strömungsschikanen in Gassen zwischen Rohrbündeln und Rohrwand	konstruktiv Nachrüstung
6	Vermeidung von Abgasbeschleunigung infolge versetzter Rohranordnung Austausch von Querstromrohrbündeln gegen solche mit fluchtender Anordnung	konstruktiv Nachrüstung
7/8	Makroskopische Aufrauung der Rohroberfläche durch Schikanen vorzugsweise durch Rohre mit Nebenformen (Handelsname ip tube)(Bild 5). Querstromsituation: Vergrößerung des Staubereiches vor dem Rohr, Folge Verringerung der Aufprallenergie Längsstromsituation: Verringerung der Wandschubspannung durch Formtäler, Folge Erhöhung der wandnahen Geschwindigkeit und damit <i>Wegblasen</i> des Staubes	konstruktiv und Nachrüstung konstruktiv und Nachrüstung
9	Querrippen vermeiden, es sei denn die Staubkonzentration ist gering, oder Vergrößerung von Rippenteilungen und Rippendicke, Folge leichtere Reinigung und niedrige Oberflächentemperaturen	Nachrüstung
10	Temperatur der Kühlmedien verringern, Reinigungsintervalle erhöhen, energiereichere Reinigungstechnik, Folge geringere Temperaturen in den Schmutzschichten und geringere Schichtdicken	konstruktiv und operativ
11	Erhöhung der Temperaturen der Kühlmedien, Rohre mit Nebenformen einsetzen	konstruktiv und Nachrüstung
12	Zumischung von groben Partikeln in das Rauchgas, Rohre mit Nebenformen einsetzen	operativ konstruktiv und Nachrüstung
13	Strömungsschikanen in Gassen zwischen Rohrbündeln und Rohrwand	Nachrüstung
14	Geeigneten Kesseltypen auswählen (horizontale statt vertikaler Ausführung, Heizflächen müssen möglichst mechanisch durch Klopfen zu reinigen sein) Weitgehende Anpassung eines bestehenden Kesseltyps	konstruktiv Nachrüstung
15	Geeignete Feuerung auswählen (kühlbare Rostbeläge, geringe Luftvolumenströme, zweistufige Verbrennung e.a.) Weitgehende Anpassung eines bestehenden Feuerungstyps	konstruktiv Nachrüstung

Erläuterungen:

Konstruktiv bedeutet, dass die Maßnahmen schon in der Konstruktionsphase umgesetzt werden

Operativ bedeutet, dass die Maßnahmen durch die Veränderung des Betriebes eingeleitet werden

Nachrüstung bedeutet, dass der Kessel bzw. die Feuerung nach der eigentlichen Inbetriebnahme eingeleitet werden.

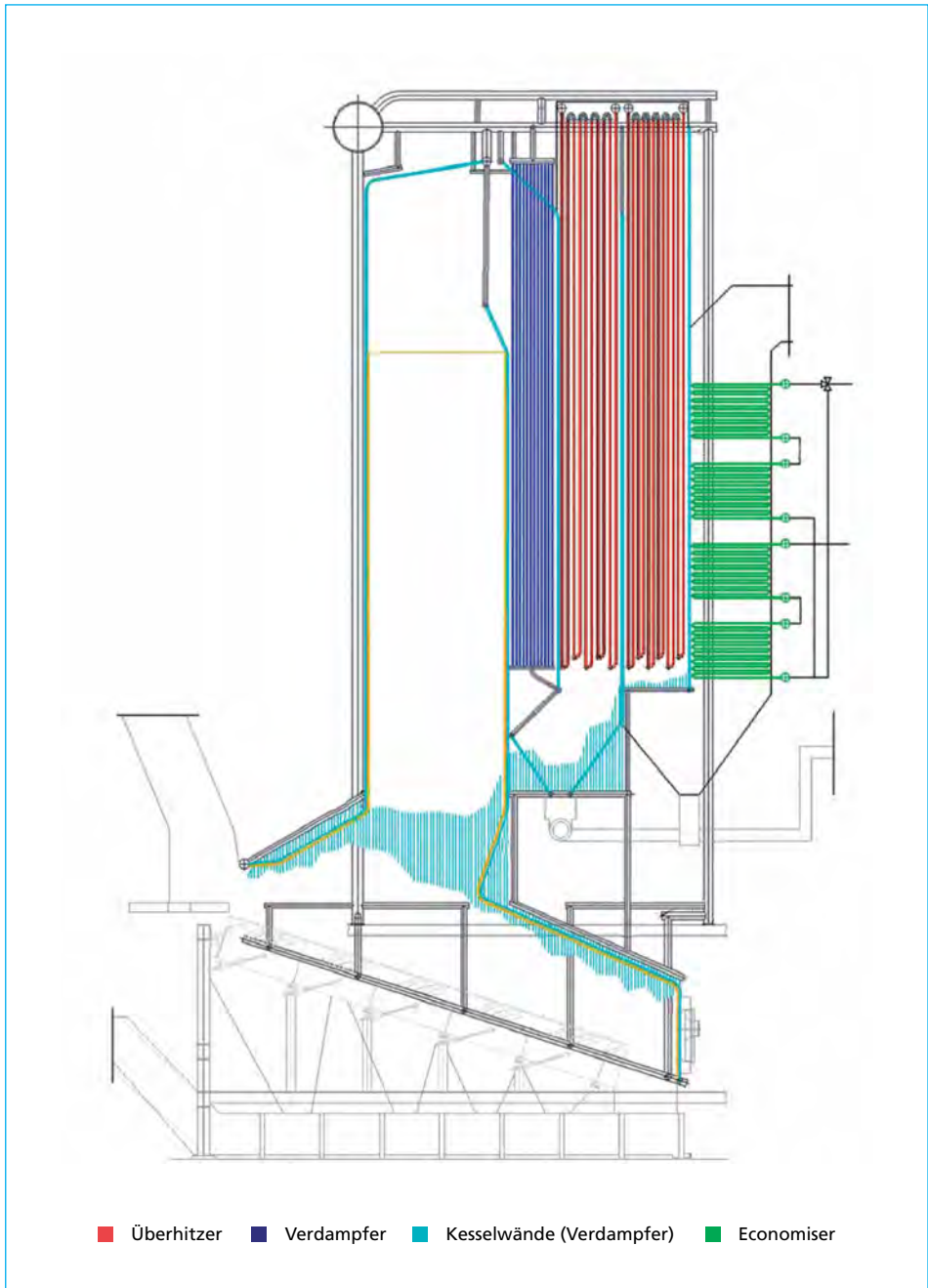


Bild 2: Dampferzeuger zur thermischen Abfallverwertung mit längs angeströmten Überhitzerrohren

Quelle: Externbrink, A.; Endrullat, K.; Hellwig, U.: VGB PowerTech 4 I, 2013, S. 77

Operative Ergebnisse

Aktuelle Erfahrungen mit Dampferzeugern hinter luftgekühlten Rosten in der Abfallverbrennungsanlage Bamberg, wie das von Externbrink e.a. mitgeteilt wurde [2], haben gezeigt, dass in Richtung der Rohrachsen strömende Abgase nicht in der Lage sind, quantitativ Staub auf Überhitzer- und Verdampferheizflächen abzulagern. Die Verunreinigungen wachsen entsprechend langsam auf und sie lassen sich durch Klopferwerke leicht reinigen. Der Klopfimpuls wird in die unten liegenden Verteiler der Rohrgruppen eingeleitet. Bild 2 zeigt eine geschnittene Seitenansicht der Entwurfszeichnung des o.g. Dampferzeugertyps, wie dieser ähnlich in Bamberg zur Anwendung kam.

Aus Erfahrungen, die an Rohrbündelwärmeübertragern und Rauchrohrdampferzeugern mit Rohren mit Nebenformen vom Typ ip tube gemacht wurden, ist bekannt, dass die Anlagerungsneigung von Flugstaub stark abgeschwächt ist. Bei Wärmeübertragern zur thermischen Nachverbrennung, die seit mehreren Jahren in Betrieb sind, waren bisher keine Reinigungsmaßnahmen der Heizflächen erforderlich. Entsprechende Erfahrungen gibt es mit Luftvorwärmern in Anlagen zur thermischen Verwertung von Landschaftspflegematerial und Braunkohlenstaub sowie Rekuperatoren von industrieller Abhitze unterschiedlicher Herkunft[3].

Ein mehrmonatiger Test in der Abfallverwertungsanlage Rosenheim an quer angeströmten Rohren mit Nebenformen des Typs ip tube hat ergeben, dass die ip tube signifikant geringere Staubbeläge hatten als die benachbarten Glattrohre. Die Staubkonzentrationen des Abgases betragen bis zu 10g/m^3 [4]. Auf Bild 3 ist die Reinigungswirkung am Beispiel einer Überhitzerheizfläche dargestellt. Das Proberohr hat vor der Reinigung vergleichbar dünne Beläge. Nach der Reinigung tritt bei dem Proberohr die Oberfläche hervor, wohingegen die Glattrohre einen nur schwaches Reinigungsergebnis zeigen.



Bild 3: Reinigungseffekt an einem Proberohr mit Nebenform im Überhitzerbereich der MVA Rosenheim

Ein ähnlicher Test wurde durch das Zentrum für angewandte Energieforschung (ZAE) in München/Garching hinter metallurgischen Schmelzen durchgeführt [5]. Die Staubkonzentration lag im Bereich von 100g/m^3 , war also um etwa den Faktor 10 höher als im Fall der o.g. Abfallverwertungsanlage.

Im Vergleich zu Glattrohren mit gleichem Durchmesser ließen sich die Rohre mit Nebenformen (ip tube) mit wesentlich geringerem Aufwand reinigen. Lediglich Rohrbündel mit dem halben Rohrdurchmesser bei gleicher Heizfläche ließen sich vergleichsweise gleich günstig reinigen. Bild 4 zeigt das eingesetzte Rohr, die Staubanlagerung durch den Betrieb und die Reinigungswirkung durch Klopfimpulse auf das Rohr.



Bild 4: Staubanlagerung bei einem Rohr mit Nebenform nach Erprobung hinter einem metallurgischen Prozess und Reinigungswirkung durch Klopfen

Fazit

Mittels Rohren mit Nebenformen vom Typ ip tube ist es möglich, vorbeugend Staabanlagerungen auf den Rohroberflächen zu vermeiden oder stark einzuschränken.

Bei Anlagen zur thermischen Abfallverwertung ist es günstiger die Rohre aufgrund der hohen Staubkonzentration axial zu umströmen. Dasselbe gilt im Grunde auch für Anlagen zur Verwertung von gefährlichen Abfällen und für Abhitze hinter metallurgischen Prozessen, da hier die Staubkonzentrationen in der Regel noch höher sind. Wenn die Rohre Nebenformen der dargestellten Art haben, kann der passive Reinigungseffekt noch verstärkt werden. Zumindest ist dies aufgrund vergleichbarer Erfahrung mit Abgasen aus anderen Prozessen zu erwarten.

Quellen

- [1] Schatz, U.: BWK Band. 38, Nr. 3, März 1986
- [2] Externbrink, A.; Endrullat, K.; Hellwig, U.: VGB PowerTech 4 I, 2013, S. 77
- [3] Privatmitteilung: La Mont GmbH, Wildau, 2013
- [4] Privatmitteilung: städtischer Betrieb MVA Rosenheim, 2012
- [5] Privatmitteilung: Zentrum für angewandte Energieforschung (ZAE). München/Garching: 2012

Unser Service für die Energie von morgen



Hitachi Power Europe Service GmbH

Als international führender Anbieter von Serviceleistungen rund um Energie- und Kraftwerksanlagen bündeln wir die Serviceaktivitäten der Hitachi Power Europe GmbH. Unser Schwerpunkt liegt auf dem Erhalt und der ständigen Optimierung von bestehenden Anlagen und deren Komponenten – einschließlich der Lieferung sämtlicher Ersatzteile.

www.hitachi-power-service.com

HITACHI
Inspire the Next

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 11

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014

ISBN 978-3-944310-06-0

ISBN 978-3-944310-06-0 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 2014

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, Fabian Thiel, Cordula Müller, Ina Böhme,
Janin Burbott

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.