

---

**Handbuch der  
Brennertechnik für Industrieöfen**

---

Joachim G. Wüning / Ambrogio Milani (Hrsg.)

# Handbuch der Brennertechnik für Industrieöfen

Grundlagen  
Brennertechniken  
Anwendungen

VULKAN  VERLAG

### **Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über

**<http://dnb.ddb.de>**

abrufbar.

**ISBN 978-3-8027-2938-6**

© 2007 Vulkan-Verlag GmbH  
Ein Unternehmen der Oldenbourg-Verlagsgruppe  
Huyssenallee 52-56, D-45128 Essen  
Telefon: (02 01) 8 20 02-0, Internet: <http://www.vulkan-verlag.de>

Lektorat/Projektmanagement: Dipl.-Ing. Stephan Schalm  
E-Mail: [s.schalm@vulkan-verlag.de](mailto:s.schalm@vulkan-verlag.de)

Herstellung: H.-Jürgen Widuckel  
Umschlaggestaltung: goekedesign, Essen  
Coverbild: Elster Kromschöder GmbH

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

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 dürften.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

## Vorwort

Die Anforderungen an die Energieeffizienz sowie die Schadstoffemissionen von Industrieöfen steigen ständig und haben nach den jüngsten Energiepreissteigerungen sowie der Diskussion um die durch CO<sub>2</sub>-Emissionen mitverursachte Klimaveränderung eine hohe Priorität. In vielen Unternehmen, auch in der Stahlindustrie und in Betrieben mit Wärmebehandlung hat die Energieeinsparung einen hohen Stellenwert bekommen. Die Schwerpunkte dieses Buches liegen deshalb klar auf den Gebieten der Energieeffizienz und der Emissionsminderung.



Dieses Buch soll dabei helfen, eine Brücke zwischen Theorie und Praxis zu schlagen und somit gleichzeitig dem engagierten Praktiker, wie auch Personen aus dem Bereich Forschung und Lehre nützlich sein.

Im Handbuch der Brennertechnik für Industrieöfen werden in den ersten Kapiteln die unverzichtbaren theoretischen Grundlagen der Verbrennungslehre, Strömungstechnik und Wärmeübertragung behandelt. Dabei wurden nur diejenigen Aspekte behandelt, die für die Brennertechnik wesentlich sind. In den folgenden Kapiteln werden die Brücken zur Brennertechnik geschlagen und Feuerungskonzepte besprochen, Schadstoffbildung und -minderung diskutiert sowie die Wärmerückgewinnung zur Verbrennungsluftvorwärmung als wichtigste Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz erläutert. Im Kapitel Industriebrenner werden dann anhand von Beispielen die wesentlichen Bauarten von Industriebrennern sowie deren Einbindung in die Ofenanlagenkonzepte vorgestellt. Abschließend folgen Kapitel über Normung und gesetzliche Vorschriften, weiterführende Literatur, relevante Forschungsinstitute sowie ein Anhang mit relevanten Stoffwerten.

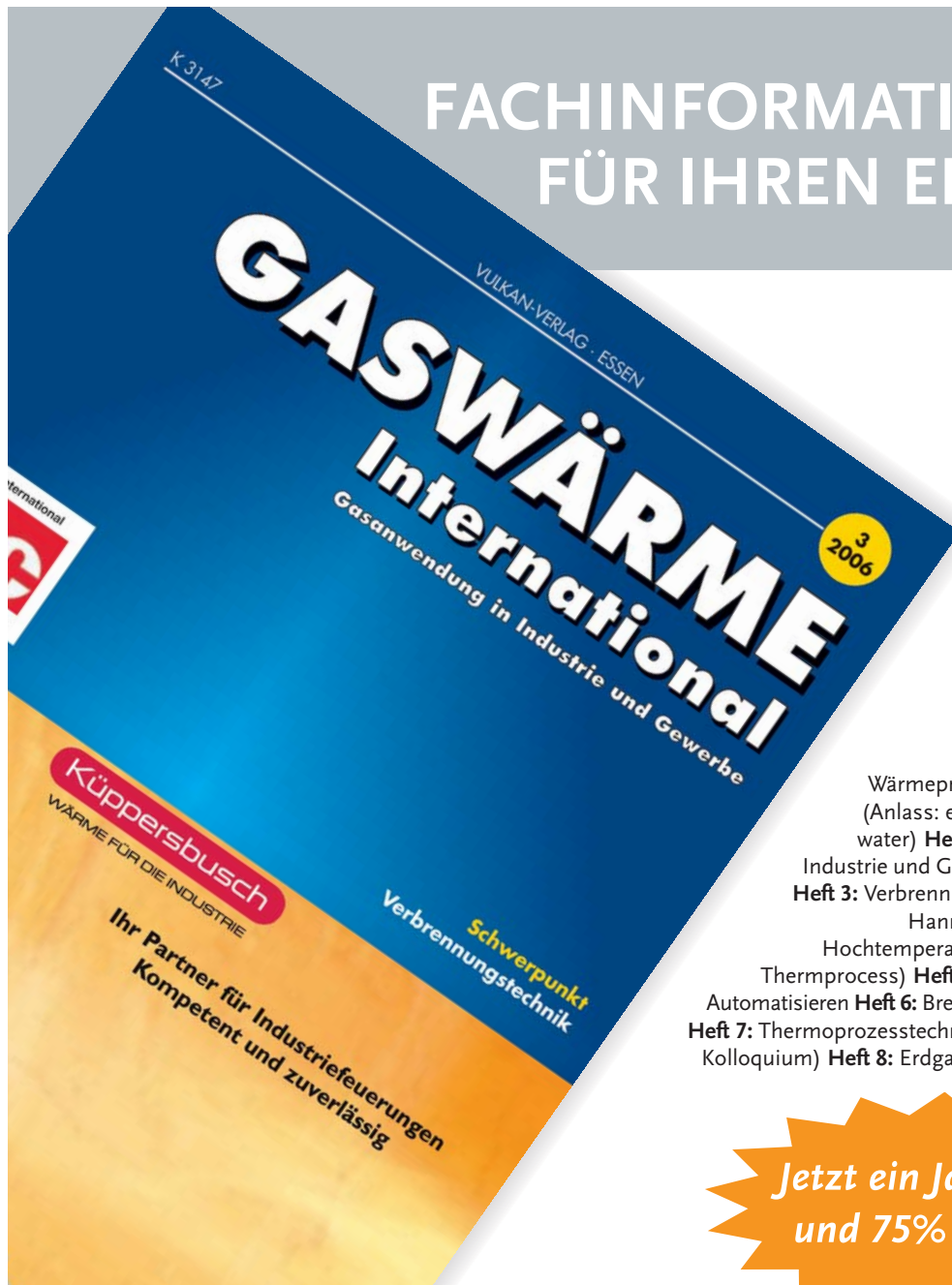
In den kommenden Jahrzehnten werden viele Aufgaben zu lösen sein, um mit knapper werdenden Ressourcen, das hohe Produktionsniveau zu halten. Auch die sinnvolle Forderung nach einer möglichst geringen Umweltbeeinflussung durch industrielle Verbrennungsprozesse wird dabei eine Herausforderung sein. Die Entwicklung im Bereich der Verbrennungstechnik ist zurzeit sehr rasant. Manche der im Buch beschriebenen technischen Lösungen werden bestimmt schon in wenigen Jahren durch Weiterentwicklungen und Innovation ergänzt, die grundlegenden Prinzipien werden aber weiterhin Gültigkeit besitzen. Es ist deshalb unerlässlich, sich ständig über neue Entwicklungen weiterhin zu informieren. Am Schluss des Buches wird aus diesem Grund versucht, Hinweise darauf zu geben, wo weitere Informationen zum Thema zu finden sind.

Mein besonderer Dank gilt meinen beiden Lehrern aus meiner Aachener Studentenzeit. Mit den Beiträgen über die Verbrennungslehre (Prof. G. Woelk) und Wärmeübertragung (Prof. U. Renz) werden die wesentlichen Grundlagen der Verbrennungstechnik fundiert behandelt. Zum Kapitel 8 haben eine Vielzahl von Personen und Firmen mit Beiträgen und Bildmaterial beigetragen. Auch ihnen gebührt mein herzlichster Dank. Auch Dr. Beneke möchte ich dafür danken, dass er das Kapitel 9, Normung, komplett übernommen hat. Dank auch an meinen Mitherausgeber Dr. Milani, der durch seine positive Einstellung und seinen Fleiß immer wieder dafür sorgte, dass die Arbeit an diesem Buch nicht nur Mühe machte, sondern auch eine große Freude war.

Renningen, 2007

Joachim G. Wüning

# FACHINFORMATIONEN FÜR IHREN ERFOLG



## Themen 2007

**Heft 1:** Strom- und Wärmeproduktion mit Erdgas (Anlass: e-world of energy and water) **Heft 2:** Heizsysteme für Industrie und Gewerbe (Anlass: ISH) **Heft 3:** Verbrennungstechnik (Anlass: Hannover Messe) **Heft 4:** Hochtemperaturprozesse (Anlass: Thermprocess) **Heft 5:** Messen, Steuern, Automatisieren **Heft 6:** Brenner und Feuerungen **Heft 7:** Thermoprosesstechnik (Anlass: Härtereikolloquium) **Heft 8:** Erdgas in der industriellen Fertigung

**Jetzt ein Jahr lesen  
und 75% sparen!**

**BESTELLSCHEIN**

FAX +49 (0) 201/82002-34

Ich/Wir bestelle(n) ein Jahresabonnement der Zeitschrift Gaswärme International zu einem um 75% Rabatt reduzierten Preis (statt € 218,00 jetzt nur € 53,50 zzgl. Versandkosten). Nach Ablauf des Jahres geht das Abonnement in ein normalpreisiges Abonnement über. Eine Kündigung ist bis 3 Wochen nach Erscheinen des 8. Heftes möglich. Es erscheinen 8 Hefte pro Jahr.

Die Abonnement-Bestellung kann innerhalb einer Woche beim Vulkan-Verlag GmbH, Huyssenallee 52-56, 45128 Essen, schriftlich widerrufen werden.

Name/Firma: .....

Straße/Postfach: .....

PLZ/Ort: .....

Datum: ..... Unterschrift: .....

[www.gaswaerme-online.de](http://www.gaswaerme-online.de)

VULKAN  VERLAG

---

## Autoren

**Dr. Franz Beneke**

Fachverband Thermoprosesstechnik im VDMA  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main

**Kapitel 9**

**Dipl.-Ing. Jörg tom Felde**

promeos GmbH  
Am Weichselgarten 21  
91058 Erlangen

**Kapitel 8.1.5**

**Dr. Ing. Ambrogio Milani**

Sal inf san Barnaba 10  
16 136 Genova  
Italien

**Kapitel 2, 4**

**Prof. Dr.-Ing. Ulrich Renz**

Meischenfeld 77  
52076 Aachen

**Kapitel 3**

**Prof. Dr.-Ing. Günther Woelk**

Eenbesweg 4  
6291CA Vaals  
Niederlande

**Kapitel 1**

**Dipl.-Ing. Gerrit Wohlschläger**

Elster Kromschröder GmbH  
Strotheweg 1  
49504 Lotte (Büren)

**Kapitel 8.1.1 – 8.1.2**

**Dr.-Ing. Joachim G. Wünnig**

WS Wärmeprosesstechnik GmbH  
Dornierstr. 14  
71272 Renningen

**Kapitel 2, 4, 5, 6, 7, 8**



# „ZWEI“ IN „EINEM“

Messung von  
Sauerstoff (  $O_2$  )

Detektion von  
Unverbranntem (  $CO/H_2$  )

mit einer Zirkondioxid-Messzelle direkt im Abgas

## **Kombi-Sonde KS1-D**

prädestiniert zur Überwachung und Optimierung  
von Heiz-, Industrie- und Prozessfeuerungen

Neugierig? – Beweise anfordern!



LAMTEC Meß- und Regeltechnik  
für Feuerungen GmbH & Co. KG  
Impexstraße 5 · D-69190 Walldorf  
Telefon (+49) (0) 62 27 / 60 52 - 0  
[www.lamtec.de](http://www.lamtec.de)

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	III
<b>Autoren</b> .....	V
<b>1. Verbrennungslehre</b> .....	1
1.1 Stöchiometrie .....	1
1.1.1 Reaktionselemente technischer Brennstoffe .....	1
1.1.2 Charakteristische Größen für die Zusammensetzung von gasförmigen Brennstoffen .....	2
1.1.2.1 Charakteristische Atomsummen bei gasförmigen Brennstoffen .....	2
1.1.3 Verbrennungsrechnung .....	4
1.1.3.1 Berechnung des Luftbedarfs .....	5
1.1.3.2 Berechnung der Abgasmenge und der Abgaszusammensetzung .....	7
1.2 Energieströme im Ofenraum .....	11
1.2.1 Kennzeichnende Ofenflächen .....	11
1.2.2 Charakteristische Leistungen und Wärmeströme .....	11
1.2.3 Energiebilanz .....	14
1.2.4 Wirkungsgrade .....	14
1.2.4.1 Feuerungstechnischer Wirkungsgrad .....	14
1.2.4.2 Ofentechnischer Wirkungsgrad .....	15
1.2.4.3 Wärmetechnischer Wirkungsgrad .....	17
1.2.5 Brennstoffersparnis bei Luftvorwärmung .....	17
<b>2. Strömungstechnik</b> .....	19
2.1 Ideales Gas .....	19
2.2 Kontinuitätsgleichung .....	21
2.3 Bernoullische Gleichung .....	22
2.4 Turbulenter Freistrahel .....	25
2.5 Druckverluste in Rohrleitungen .....	26
<b>3. Wärmeübertragung</b> .....	28
3.1 Mechanismen des Wärmetransports .....	28
3.2 Wärmestrahlung .....	30
3.2.1 Elektromagnetisches Spektrum .....	30
3.2.2 Stefan-Boltzmannsches Gesetz .....	31
3.2.3 Plancksches Verteilungsgesetz .....	32
3.2.4 Reflexion, Absorption, Transmission .....	32

X	Inhalt
3.2.5	Kirchhoffsches Gesetz ..... 33
3.2.6	Richtungsabhängige und diffuse Strahlung ..... 34
3.2.7	Strahlungsaustausch ..... 34
3.2.7.1	Strahlungsdichte ..... 34
3.2.7.2	Strahlungsaustausch zwischen zwei Körpern ..... 35
3.2.8	Gasstrahlung ..... 39
3.3	Wärmeleitung ..... 39
3.3.1	Differentialgleichung des Temperaturfeldes ..... 39
3.3.2	Stationäre, eindimensionale Wärmeleitung ..... 40
3.3.2.1	Ebene Wände mit vorgegebenen Oberflächentemperaturen ..... 40
3.3.2.2	Ebene Wände mit konvektivem Wärmeübergang ..... 41
3.3.3	Instationäre Wärmeleitung ..... 41
3.3.3.1	Körper mit sehr großer Wärmeleitfähigkeit ..... 41
3.4	Konvektion ..... 43
3.4.1	Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zur Darstellung von Wärmeübertragungsgesetzen ..... 44
3.4.2	Längs und quer angeströmter Zylinder ..... 45
<b>4.</b>	<b>Brennertechnik</b> ..... 47
4.1	Verbrennungstechnik ..... 47
4.1.1	Buschfeuer ..... 48
4.1.2	Offenes Rostfeuer ..... 48
4.1.3	Einfacher Ofen ..... 49
4.1.4	Feuerung mit Brennern ..... 49
4.1.5	Entstehung der Flamme ..... 49
4.1.6	Flammengeschwindigkeit ..... 51
4.1.7	Einteilung von Flammen ..... 52
4.2	Klassifizierung von Brennern und Flammen ..... 53
4.2.1	Luftzufuhr ..... 53
4.2.2	Brennstoff/Aggregatzustand ..... 53
4.2.3	Stabilisierungsart ..... 54
4.2.4	Flammefarbe ..... 55
4.2.5	Luft- oder Brennstoffstufung ..... 55
4.2.6	Flammenform ..... 55
4.2.7	Strömungsgeschwindigkeit ..... 56
4.2.8	Direkte und indirekte Beheizung ..... 56
4.2.9	Luftvorwärmung ..... 57
4.2.10	Stoichiometrie ..... 58
4.2.11	Leistungsanpassung ..... 58
4.3	Flammlose Oxidation ..... 58
4.3.1	Prinzip ..... 59

Inhalt	XI
4.3.2 Berechnungen und Versuchsergebnisse .....	63
4.3.3 Feldmessungen .....	64
4.3.4 Anwendungen .....	68
4.3.5 Wesentliche Merkmale .....	69
<b>5. Computersimulation .....</b>	<b>70</b>
5.1 Aufbereiten der Aufgabenstellung .....	70
5.1.1 Berechnungsgitter .....	70
5.1.2 Stationäre oder instationäre Berechnung .....	72
5.1.3 Stoffeigenschaften .....	73
5.1.4 Randbedingungen .....	73
5.1.5 Rechen-Modelle .....	75
5.2 Lösen der Gleichungen .....	77
5.3 Ergebnisdarstellung .....	77
<b>6. Schadstoffminderung .....</b>	<b>79</b>
6.1 NO <sub>x</sub> -Minderung durch Flammenkühlung .....	81
6.2 Magere Vormischverbrennung .....	82
6.3 Flammenstufung .....	83



## Mit Technik am Ball für ein besseres Klima.

Wer die Zukunft gewinnen will, muss mit Energie wirtschaftlich und intelligent umgehen. Wir von E.ON Ruhrgas bringen deshalb eine starke Mannschaft ins Spiel. Mit **Leistung und Engagement** entwickeln unsere Mitarbeiter Ideen und Technik für weniger Energieverbrauch und mehr Umweltverträglichkeit.

[www.eon-ruhrgas.com](http://www.eon-ruhrgas.com)

Olympia Partner Deutschland



**e-on** | Ruhrgas

XII	Inhalt
6.4	Abgasrezirkulation ..... 84
6.5	Sauerstoffverbrennung ..... 84
6.6	Begrenzung der Luftvorwärmung ..... 85
6.7	Brennstoff NO Reduzierung ..... 85
6.8	Abgasentstickung ..... 85
6.9	NO <sub>x</sub> -Maßeinheiten ..... 85
6.10	NO <sub>x</sub> -Messungen ..... 88
<b>7.</b>	<b>Wärmetauscher</b> ..... 89
7.1	Grundbauarten ..... 90
7.2	Kenngrößen ..... 93
7.3	Bestimmung von Wirkungsgraden ..... 96
7.3.1	Bestimmung des Leerwertes ..... 97
7.3.2	Messung der Luftvorwärmtemperatur ..... 100
7.3.3	Messung der Abgastemperatur ..... 101
<b>8.</b>	<b>Industriebrenner</b> ..... 103
8.1	Kaltluftbrenner ..... 103
8.1.1	Vorgemischbrenner ..... 103
8.1.2	Mündungsmischbrenner ..... 103
8.1.3	Gebälsebrenner ..... 109
8.1.4	Oberflächenbrenner ..... 109
8.1.5	Porenbrenner ..... 110
8.1.6	Flachflammenbrenner ..... 111
8.1.7	Schwach- und Sondergasbrenner ..... 111
8.1.8	Mehrstoffbrenner ..... 112
8.1.9	Brenner für sauerstoffangereicherte Luft ..... 115
8.2	Warmluftbrenner ..... 117
8.2.1	Stetig geregelte Warmluftbrenner mit Zentralrekuperator ..... 120
8.2.2	Getaktete Warmluftbrenner mit Zentralrekuperator ..... 122
8.2.3	Warmluftbrenner mit Zentralregenerator ..... 127
8.2.4	Stetig geregelte Warmluftbrenner mit Zonenreku oder Drehbettregenerator ..... 127
8.3	Rekuperatorbrenner ..... 128
8.3.1	Rekuperatorbrenner mit Eduktor ..... 132
8.3.2	Rekuperatorbrenner mit Abgasklappe ..... 135
8.4	Regeneratorbrenner ..... 137
8.4.1	Regenerator-Brenner-Paare ..... 137
8.4.2	Regenerator-Brenner ..... 140
8.5	Strahlheizrohre ..... 142
8.5.1	Strahlrohrbauformen ..... 142

Inhalt	XIII
8.5.2 Wärmerückgewinnung bei Strahlheizrohren .....	146
8.5.3 Temperaturngleichmäßigkeit .....	148
8.5.4 Regelung von Strahlheizrohren .....	150
8.5.5 Strahlrohranordnung und Auslegung .....	151
<b>9. Normen und gesetzliche Vorschriften .....</b>	<b>155</b>
9.1 Einleitung und Grundsätzliches .....	155
9.2 Normungsorganisationen .....	155
9.3 Normen und deren Wirkungsbereich .....	157
9.4 Grundsätzliches zur europäischen Normungsarbeit .....	158
9.4.1 EG-Binnenmarktrichtlinien .....	158
9.4.2 Neue Konzeption (New Approach) .....	158
9.4.3 Zusammenhang zwischen Richtlinie und Normung .....	159
9.4.4 Anwendung europäischer Harmonisierter Normen .....	160
9.5 Die EG-Maschinenrichtlinie (MD) .....	160
9.5.1 Konformitätserklärung .....	161
9.5.2 Herstellererklärung .....	162

– Und was kostet es?

– Kostet?  
Bei einer möglichen Kapazitätssteigerung bis zu 100%!

**Das ECOTHAL® – Brenner System reduziert Ihre Energiekosten mit 35% und dass bei deutlich geringeren NO<sub>x</sub>-Werten im Vergleich zu Wettbewerbsprodukten.**

[Besuchen Sie uns auf der Thermprocess, Stand 5/C36.](#)

Kanthal – a Sandvik brand  
 Kanthal AB, Box 502, 734 27, Hallstahammar, Sweden  
 Phone +46 220 210 00 • [www.kanthal.com](http://www.kanthal.com)

**KANTHAL**

XIV	Inhalt
9.5.3	CE-Kennzeichen ..... 162
9.5.4	Neue Maschinenrichtlinie ab 29.12.2009 ..... 163
9.6	Weitere EG-Richtlinien ..... 165
9.6.1	Druckgeräterichtlinie (PED) ..... 165
9.6.2	Gasgeräterichtlinie (GAD) ..... 165
9.7	Betrieb von Anlagen ..... 166
9.8	Normungsstruktur zur Maschinenrichtlinie ..... 167
9.9	Wichtige Typ-A- und Typ-B-Normen für Industriebrenner ..... 168
9.9.1	Wichtige Typ A-Normen für Thermoprozessanlagen und Industriebrenner ..... 168
9.9.1.1	DIN EN 1050 ..... 168
9.9.1.2	DIN EN 60204-1 ..... 169
9.9.1.3	DIN EN ISO 12100-1 ..... 169
9.9.1.4	DIN EN ISO 12100-2 ..... 170
9.9.2	Wichtige Typ B-Normen für Thermoprozessanlagen und Industriebrenner ..... 170
9.9.2.1	DIN EN ISO 13850 ..... 170
9.9.2.2	DIN EN ISO 13732-1 ..... 170
9.9.2.3	DIN EN 953 ..... 171
9.9.2.4	DIN EN 61496-1 ..... 172
9.10	Wichtige Typ-C-Normen für Industriebrenner ..... 172
9.10.1	DIN EN 746-1 ..... 172
9.10.2	DIN EN 746-2 ..... 173
9.11	Normen für Komponenten von Industriebrennern ..... 174
9.11.1	DIN EN 161 ..... 174
9.11.2	DIN EN 225-1 ..... 175
9.11.3	DIN EN 225-2 ..... 175
9.11.4	DIN EN 230 ..... 175
9.11.5	DIN EN 264 ..... 176
9.11.6	DIN EN 298 ..... 176
9.11.7	DIN EN 1643 ..... 177
9.11.8	DIN EN 1854 ..... 177
9.11.9	DIN EN 12067-1 ..... 177
9.11.10	DIN EN 12067-2 ..... 178
9.12	Normen für Kompaktbrenner ..... 178
9.12.1	DIN EN 267 ..... 179
9.12.2	DIN EN 676 ..... 179
9.13	Normen für Thermoprozessanlagen ..... 179
9.13.1	DIN EN 746-3 ..... 180
9.13.2	DIN EN 746-4 ..... 180
9.13.3	DIN EN 746-5 ..... 181
9.13.4	Entwurf prEN 746-6 ..... 182
9.13.5	Entwurf prEN 746-7 ..... 183
9.13.6	DIN EN 746-8 ..... 184
9.13.7	DIN EN 1547 ..... 185

Inhalt	XV
<hr/>	
9.13.8 DIN EN 1539 .....	186
9.13.9 DIN 24201 .....	187
9.14 Grundsätzliches zum Normenaufbau .....	187
9.14.1 Wie liest man eine Norm? .....	187
9.14.2 Aufbau einer Typ-C-Norm nach der Maschinenrichtlinie .....	188
<b>Anhang</b> .....	191
Wärmetechnische Tabellen .....	191
Wärmetechnische Begriffe .....	206
Weitere Informationen zum Fach .....	209
Gaswärme International - Veröffentlichungen (1998–2006) .....	215
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	225
<b>Inserentenverzeichnis</b> .....	231

**combutec**  
combustion technologies

Combutec GmbH & Co. KG  
Tel.: +49 (0)2336/4705-0  
Fax: +49 (0)2336/4705-11  
Email: info@combutec.de  
www.combutec.de

### Verbrauchs- und Kostensenkung bei Erdgas und Heizöl !

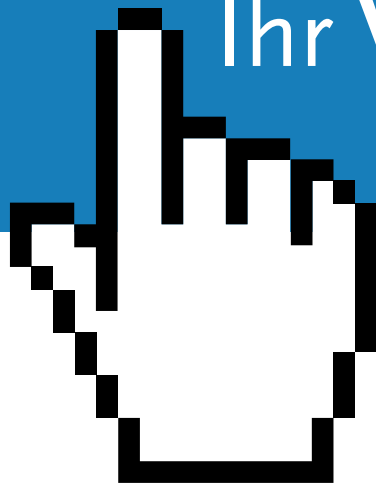
Machen Sie sich unabhängiger mit dem Ausschöpfen Ihrer Möglichkeiten zur Energieeinsparung und Prozessoptimierung zum Beispiel durch

- eine optimierte Abgaswärmerückgewinnung bzw. -verwertung
- eine optimierte Prozessführung
- eine sinnvolle Anlagensanierung
- den Einsatz alternativer bzw. biogener Brennstoffe

Unser Leistungsspektrum:  
Beratung – Planung – Lieferung – Service – Begutachtungen

Industriefeuern –  
Wärmetechnische Apparate

# Ihr Wissensarchiv vom VULKAN VERLAG



- ▶ **Blättern - Lesen - Drucken für Abonnenten**  
pdf-Dateien (Volltextsuche)
- ▶ **Recherchieren für jeden**  
XML-Datenbank aller Zeitschrifteninhalte (Hauptaufsätze) und Buchinhaltsverzeichnisse (ab 2006)
- ▶ **Link zu themenverwandten Büchern**
- ▶ **Mediadaten, Antorenhinweise, + nützliche Informationen rund um die Zeitschrift**

The screenshot shows the website interface for 'GASWÄRME International'. The main content area displays an article titled 'GASWÄRME International Gasanwendung in Industrie und Gewerbe'. Below the title, there is a 'Redaktionelles Konzept' section followed by a detailed description of the journal's content. A table of contents lists eight issues (Hefte) with their respective topics. On the right side, there are advertisements for 'PraxisHandbuch Thermoprozess-Technik' in two volumes.

▶ **Bestellen Sie unter:**

Telefon: +49 (0) 201 82002-14  
 Telefax: +49 (0) 201 82002-34  
 E-mail: s.spies@vulkan-verlag.de  
 Vulkan-Verlag GmbH  
 Postfach 10 39 62  
 D-45039 Essen

▶ **Einzelabo / Mehrplatz-Lizenzen**

Abopreis inkl, Online-Abo 2007	€ 210ff*
2 - 5 Nutzer = 2facher Abopreis	€ 420ff*
6 - 20 Nutzer = 5facher Abopreis	€ 1.050ff*
21 - 50 Nutzer = 8facher Abopreis	€ 1.680ff*
51 - 100 Nutzer = 12facher Abopreis	€ 2.520ff*
101 - 250 Nutzer = 16facher Abopreis	€ 3.360ff*
251 - 500 Nutzer = 20facher Abopreis	€ 4.200ff*

\*zzgl. Versandkosten für die Printausgabe

Campus-Lizenzen auf Anfrage

[www.gaswaerme-online.de](http://www.gaswaerme-online.de)