Herbert Pfeifer, Bernard Nacke,
Franz Beneke (Hrsg.)

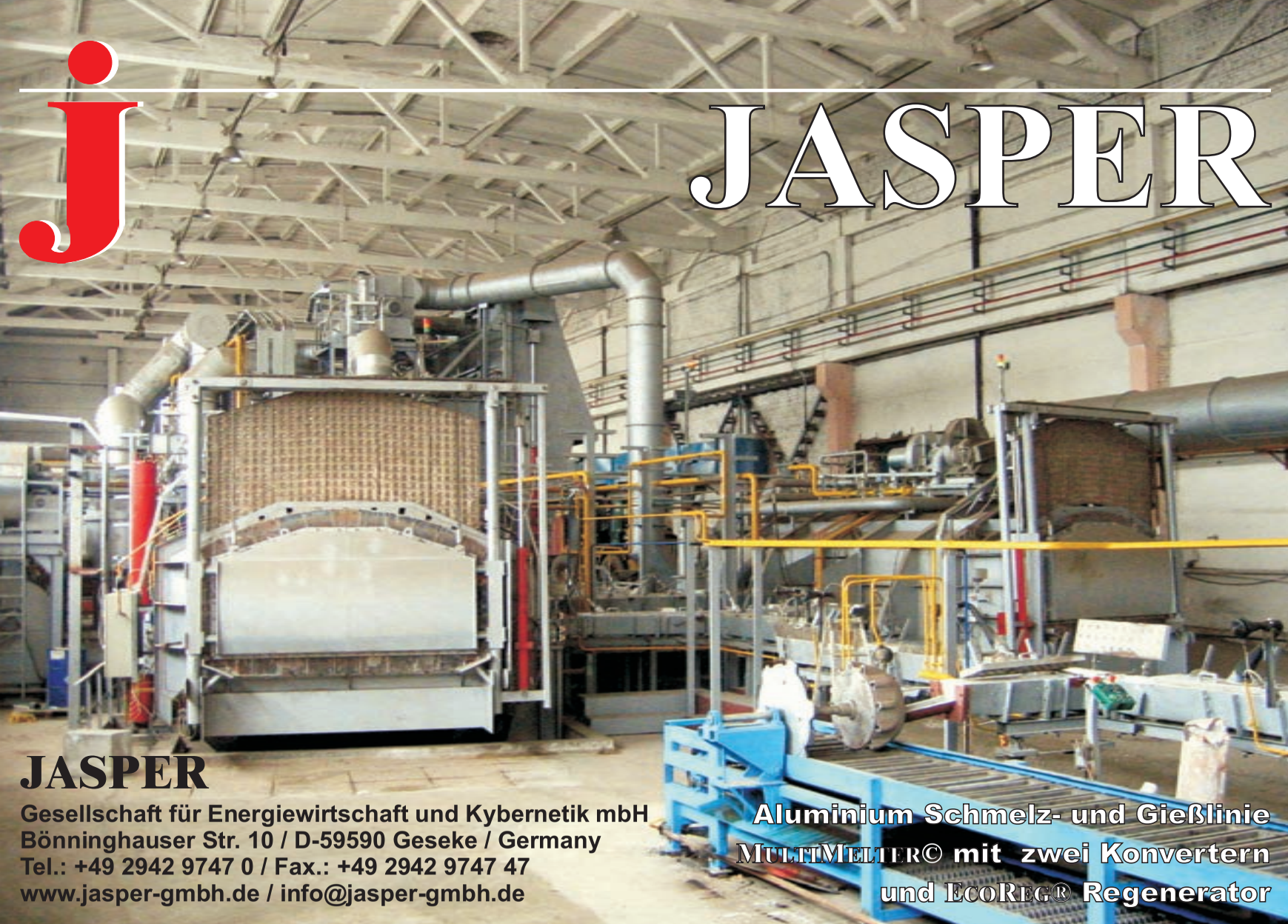
# Praxishandbuch Thermoprozess-technik

**Band II:**
**Anlagen**
**Komponenten**
**Sicherheit**

**2. Auflage**

VULKAN

+ Datenträger



# JASPER

## JASPER

Gesellschaft für Energiewirtschaft und Kybernetik mbH
Bönninghauser Str. 10 / D-59590 Geseke / Germany
Tel.: +49 2942 9747 0 / Fax.: +49 2942 9747 47
www.jasper-gmbh.de / info@jasper-gmbh.de

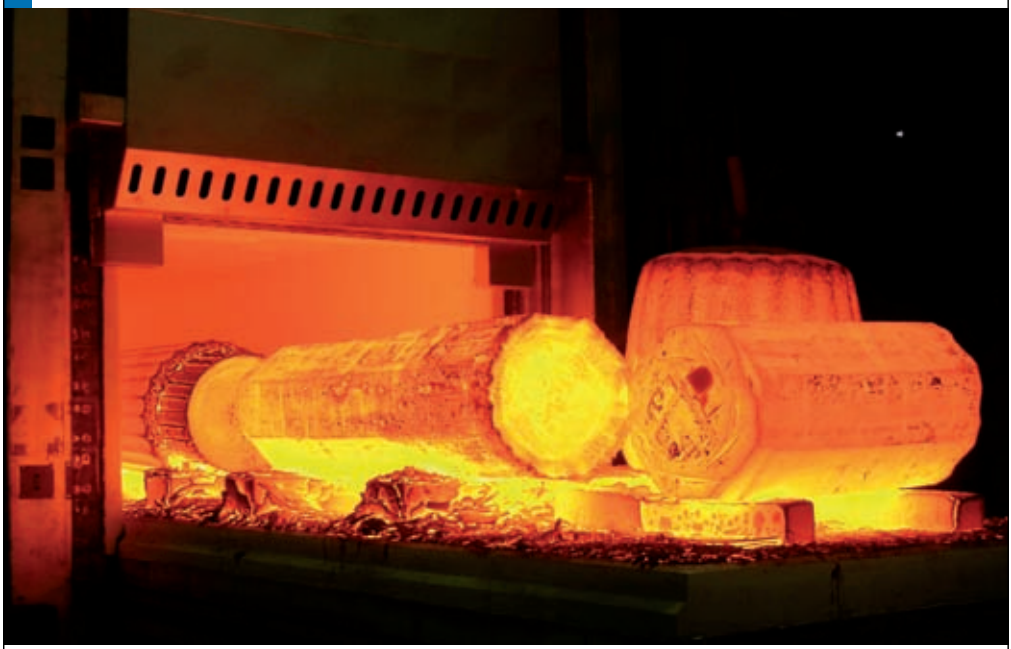
Aluminium Schmelz- und Gießlinie
MULTIMELTER© mit zwei Konvertern
und ECOREG® Regenerator

ANDRITZ Metals

Maerz

# Metals Experience.

## Ofenanlagen für die Stahl- und Kupfer-Industrie.



**Der Ofenspezialist ANDRITZ Maerz ist einer der führenden Lieferanten von Engineering, Know-how und Prozess-Technologie für die Stahl- und Kupfer-Industrie auf dem Schmelz- und Wärmebehandlungssektor.**

Die Aktivitäten von ANDRITZ Maerz umfassen Projektierung, Konstruktion, Lieferung, Montage und Inbetriebnahme von Thermoprozessanlagen und Nebeneinrichtungen. Alle Prozesse kommen aus einer Hand – vom Engineering bis zur Inbetriebnahme.

**ANDRITZ Maerz GmbH**
Corneliusstr. 36, 40215 Düsseldorf, Deutschland
Telefon: +49 (211) 38425-0
welcome-maerz@andritz.com

**www.andritz.com**

# *WISSEN für die ZUKUNFT*

*OLDENBOURG INDUSTRIEVERLAG GMBH*
*VULKAN-VERLAG GMBH*
*www.oldenbourg-industrieverlag.de • www.vulkan-verlag.de*

# Praxishandbuch Thermoprozesstechnik

## Band II

# *WISSEN für die ZUKUNFT*

**Optional inkl. DVD mit komplettem eBook**

## Praxishandbuch Thermoprozesstechnik

Band I: Grundlagen · Prozesse · Verfahren

**Dieses Praxishandbuch ist das Standardwerk für die Wärmebehandlungsbranche und somit Pflichtlektüre für jeden Ingenieur, Techniker und Planer, der sich mit dem Entwurf, der Projektierung oder mit dem Betrieb von Thermoprozessanlagen beschäftigt.**

Dieser erste Band gibt einen unter Praxisgesichtspunkten zusammengefassten, detaillierten Einblick in die gesamten Grundlagen, Prozesse und Verfahren in der Thermoprozesstechnik, der für Studierende in den einschlägigen Fachrichtungen ebenso hilfreich ist, wie für Ingenieure in der Praxis. Das Buch ist leserfreundlich aufgebaut und farbige Abbildungen visualisieren die thematischen Zusammenhänge.

Hrsg. H. Pfeifer / B. Nacke / F. Beneke
2. Auflage 2009, 592 Seiten inkl. Datenträger, Hardcover
Mit CD: ISBN: 978-3-8027-2947-8, Preis: € 130,-
Mit DVD: ISBN: 978-3-8027-2949-2, Preis: € 180,-

**Buch + CD-ROM** mit Zusatzinhalten
**Buch + DVD** mit Zusatzinhalten und vollständigem eBook

**Informationen zu diesem Titel und weiteren Fachbuchangeboten finden Sie im Buchshop unter www.vulkan-verlag.de**

Vulkan-Verlag
www.vulkan-verlag.de

Herbert Pfeifer, Bernard Nacke, Franz Beneke
(Hrsg.)

# Praxishandbuch Thermoprozesstechnik

## Band II: Anlagen – Komponenten – Sicherheit

**2. Auflage**

VULKAN VERLAG

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

**http://dnb.d-nb.de**

abrufbar.

**ISBN 978-3-8027-2948-5 (+ CD)**
**ISBN 978-3-8027-2955-3 (+ DVD)**

© 2011 Vulkan-Verlag GmbH
Huyssenallee 52-56, D-45128 Essen
Telefon: (02 01) 8 20 02-0, Internet: http://www.vulkan-verlag.de

Titelbild: (Quelle): ABP Induction 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.

Projektmanagement: Stephan Schalm
E-Mail: s.schalm@vulkan-verlag.de
Lektorat: Annamaria Frömgen, Silvija Subasic

AICHELIN
Group

# Zuverlässigkeit und Kompetenz in der Wärmebehandlung

## Wir stehen für...

- **zuverlässige** Technik für unsere Kunden
- **zuverlässige** Planung und Abwicklung
- **zuverlässige** Ansprechpartner
- **zuverlässige** Betreuung
  über den Lebenszyklus der Anlagen:
  vom Erstkontakt bis zum After Sales Service

„Wir leben Zuverlässigkeit"
RELIABILITY AT WORK

**Aichelin Ges.m.b.H.**
**Aichelin Service GmbH**
AICHELIN
Heat Treatment Systems
www.aichelin.com

**EMA Indutec GmbH**
EMA
Induction Technology
www.ema-indutec.com

**NOXMAT GmbH**
NOXMAT
Combustion Technology
www.noxmat.com

**SAFED Suisse SA**
SAFED
Heat Treatment Solutions
www.safed.ch

# OTTO JUNKER

# We understand Metals

## Anlagenbau und Edelstahlgießerei

**Innovation, Prozesskompetenz und Kundenfreundlichkeit sind kennzeichnend für das 1924 gegründete, weltweit agierende Unternehmen.**

**Gießereianlagen:** Schmelz-, Gieß- und Warmhalteöfen für alle Einsatzgebiete
**Wärmebehandlungsanlagen:** Anlagensysteme zum Erwärmen, Wärme- und Oberflächenbehandeln für die NE-Industrie
**Edelstahlgießerei:** Hochwertige einbaufertige Stahlgussteile für anspruchsvolle Anwendungen

OTTO JUNKER GmbH
Postfach 11 80
D–52147 Simmerath
Fon: +49 2473 601-0
Fax: +49 2473 601-600
info@otto-junker.de

www.otto-junker.de

# Vorwort

Nach dem Erscheinen des überarbeiteten Bandes I erscheint nun ebenfalls das Praxishandbuch Thermoprozesstechnik Band II in einer 2., vollständig überarbeiteten Auflage.

Im vorliegenden Band steht die Beschreibung von Anlagen und Komponenten im Mittelpunkt, die für die unterschiedlichen Bearbeitungsprozesse von Materialien, wie das Schmelzen, Erwärmen und Wärmebehandeln sowie für die Oberflächentechnik und das Fügen und Trennen, Anwendung finden. Besonderes Augenmerk wird hierbei auch auf die Energieeffizienz und die Sicherheit der Anlagen gerichtet. Damit stellt der Band II die praktische Umsetzung der in Band I dargestellten grundlegenden Prozesse und Verfahren der Thermoprozesstechnik vor. Gegenüber der 1. Auflage ist die Anwendungsvielfalt im vorliegenden Band noch umfassender dargestellt und insbesondere werden auch neue Entwicklungen aufgezeigt.

Um diese Anwendungs- und Anlagenvielfalt darstellen zu können, war wiederum eine große Anzahl von Autoren notwendig, die ihre fachspezifischen Beiträge zur Verfügung gestellt haben. Trotz der klar gegliederten Struktur dieses Buches mag es daher an der einen oder anderen Stelle zu thematischen Überschneidungen bzw. auch zu Wiederholungen kommen, wenn für unterschiedliche Materialien oder Bearbeitungsprozesse ähnliche Anlagenausführungen verwendet werden. Dank der Vielzahl der Autoren, der dargestellten Anwendungsbreite und der Ausführlichkeit der Anlagenbeschreibungen ist es mit diesem Band gelungen, einen umfassenden Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand von Anlagen und Komponenten der Thermoprozesstechnik zu geben in Ergänzung zu den Grundlagen im Band I.

Unser Dank gilt daher in ganz besonderem Maße den zahlreichen Autoren und den sie beschäftigenden Unternehmen für ihre sehr engagierte und fachkundige Mitarbeit. Dieser Dank gilt auch den Mitarbeitern des Vulkan-Verlags, hier sei stellvertretend für alle Herr Dipl.-Ing. Stephan Schalm genannt, die durch ihren Einsatz ebenfalls zum Gelingen dieses Buches maßgeblich beigetragen haben.

Prof. Dr.-Ing.
**Herbert Pfeifer**

Prof. Dr.-Ing.
**Bernard Nacke**

Dr.-Ing.
**Franz Beneke**

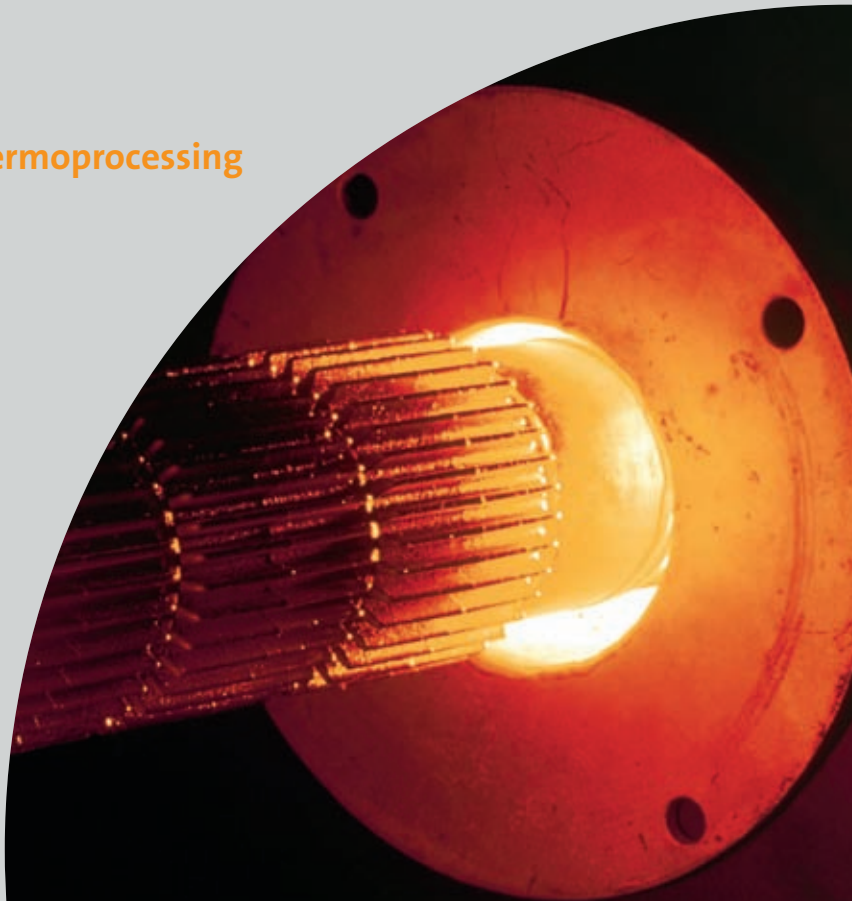
Thermoprozesstechnik

# Kompetenznetzwerk Thermoprozesstechnik

**Rohstoffe umwandeln. Werkstoffe veredeln. Ressourcen schonen. Moderne Herstellungsverfahren beruhen auf innovativen thermischen Prozessen.**

**Erfahrungen austauschen. Impulse geben. Märkte erschließen. Anlagen- und Komponentenhersteller der thermischen Verfahrenstechnik in Deutschland nutzen das Kompetenznetzwerk des VDMA.**

**www.vdma.org\thermoprocessing**



VDMA, DesignStudio

# Geleitwort

Thermoprozesstechnische Verfahren sind unverzichtbar bei der Produktion von Halbzeugen und Komponenten aus verschiedenen Materialien. Neben dem reinen Schmelzen oder dem Erwärmen für Umformprozesse können die Eigenschaften von Produkten aus Metallen aber auch anderen Werkstoffen durch geeignet gewählte Temperaturverläufe und häufig durch weitere Parameter wie Umgebungsatmosphäre, Beschichtungen oder auch Abkühlmedien entscheidend beeinflusst werden.

Für das enorm breite Anwendungsspektrum steht eine große Zahl verschiedener thermoprozesstechnischer Produktionsanlagen – auch einfach Industrieofenanlagen genannt – zur Verfügung, die jeweils für das einzelne Produkt optimiert sind. Das Wissen über die konkreten Ausführungen dieser Anlagen ist über Experten in einer Vielzahl von spezialisierten Unternehmen verteilt. Viele der auf diesem Gebiet weltweit führenden Unternehmen sind in den Kernländern Europas angesiedelt, auch wenn in den letzten Jahren ein wesentlicher Teil der neuen Anlagen in den Entwicklungsländern Asiens installiert wurde. Das Wissen über die Prozesstechnologie von Gesamtanlagen, über spezielle thermoprozesstechnische Einzelkomponenten wie Beheizungssysteme und Mess-Systeme sowie auch über Labor- und Pilotsysteme stellt die Basis für die Leistungsfähigkeit dieser Industrie dar.

In dem vorliegenden Handbuch wird von einem breiten Kreis von spezialisierten Autoren ein umfassender Überblick über den modernsten Stand der Technik der wesentlichen thermoprozesstechnischen Anlagen gegeben. Für die in der Branche aktiven Ingenieure sowie für Studierende und Nachwuchskräfte stellt es ein unersetzbares Hilfsmittel dar. Für den Anwender in der Produktion bietet es eine entscheidende Unterstützung bei der Auswahl der geeigneten Anlage.

Der Fachverband „Thermoprozesstechnik“ im Verband des Deutschen Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA) und das Comité Européen des Constructeurs de Fours (CECOF) bieten eine Plattform für die Kommunikation innerhalb dieser Industrie aber auch für weitergehende Aktivitäten im Bereich der Forschungskoordination und Themen wie Normung.

Wir begrüßen und unterstützen die Anstrengungen des Vulkan-Verlags, der Herausgeber sowie aller Autoren in hohem Maße und wünschen dem Leser einen möglichst großen Nutzen bei der Arbeit mit diesem Handbuch.

**Dr. Hermann Stumpp**
Vorstandsvorsitzender des Fachverbands TPT im VDMA,
Vorsitzender der Geschäftsführung LOI Thermprocess GmbH, Essen

# Autorenverzeichnis

**Dr.-Ing. Herwig Altena**
Aichelin Holding GmbH
Fabriksgasse 3
A-2340 Mödling (Österreich)
herwig.altena@aichelin.com

**Dipl.-Ing. Friedherz H. Becker**
Elsterweg 6
90530 Wendelstein
friedherz.becker@t-online.de

**Dr.-Ing. Franz Beneke**
Fachverband Thermoprozesstechnik im VDMA
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
franz.beneke@vdma.org

**Hans Billhofer**
Linn High Therm GmbH
Heinrich-Hertz-Platz 1
92275 Eschenfelden
billhofer@linn.de

**Dipl.-Ing. Christoph Bischoff**
Dipl.-Ing. Helmut Peiler Montanwärme GmbH
Heinrich-Malina-Straße 95
47809 Krefeld
bischoff@peiler-montanwaerme.de

**Dr.-Ing. Nils Bodendiek**
E.ON Ruhrgas AG
Brüsseler Platz 1
45131 Essen
nils.bodendiek@eon-ruhrgas.com

**Dr.-Ing. Ralf Bölling**
RWTH Aachen
Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik
Kopernikusstraße 10
52074 Aachen
boelling@iob.rwth-aachen.de

**Dr.-Ing. Thomas auf dem Brinke**
Sulzer Metaplas GmbH
Am Böttcherberg 30-38
51427 Bergisch Gladbach
thomas.aufdembrinke@sulzer.com

**Dr. Carsten Bührer**
Zenergy Power GmbH
Heisenbergstraße 16
53359 Rheinbach
carsten.buehrer@zenergypower.com

**Dipl.-Ing. Bachir Chalh-Andreas**
Clyde Bergemann Brinkmann GmbH
Emmelsumer Str. 219
46485 Wesel
bachir.chalh-andreas@clydebergemann.de

**Dr.-Ing. Jürgen Crummenauer**
Sulzer Metaplas GmbH
Am Böttcherberg 30-38
51427 Bergisch Gladbach
juergen.crummenauer@sulzer.com

**Dipl.-Ing. Luigi Dallo**
Schmetz GmbH
Holzener Str. 39
58708 Menden
luigi.dallo@schmetz.de

**Dr.-Ing. Wolfram Diemar**
LOI Thermprocess GmbH
Am Lichtbogen 29
45141 Essen
wolfram.diemar@loi.de

**Dr.-Ing. Erwin Dötsch**
ABP Induction Systems GmbH
Kanalstraße 25
44147 Dortmund
erwin.doetsch@abpinduction.com

**Dipl.-Ing. Jörg tom Felde**
promeos GmbH
Am Weichselgarten 21
91058 Erlangen
tomfelde@promeos.com

**Dipl.-Ing. Josef Hammer**
Gebrüder Hammer GmbH
Kurt-Schumacher-Ring 33
63303 Dreieich
josef.hammer@hammer-gmbh.de

**Dipl.-Ing. Thomas Hauptmann**
Linn High Therm GmbH
Heinrich-Hertz-Platz 1
92275 Eschenfelden
hauptmann@linn.de

**Dipl.-Wirt.-Ing. Christian Hautkappe**
LOI Thermprocess GmbH
Am Lichtbogen 29
45141 Essen
christian.hautkappe@loi-italiampianti.de

**Dr.-Ing. Helmut Hegeler**
Nikolaus Sorg GmbH & Co. KG
Stoltestraße 23
97816 Lohr am Main
hegeler@sorg.de

**Dipl.-Ing. Thomas Heitmann**
LOI Thermprocess GmbH
Am Lichtbogen 29
45141 Essen
thomas.heitmann@loi-italimpianti.de

**Dipl.-Ing. Rudolf Hillen**
StrikoWestofen GmbH
Fritz-Kotz-Straße 2-4
51674 Wiehl-Bomig
rhl@strikowestofen.com

**Dipl.-Ing. Hans-Dieter Jasper**
Jasper GmbH
Bönninghauser Str. 10
59590 Geseke
hd.jasper@jasper-gmbh.de

**Dipl.-Ing. Robert Jasper**
Jasper GmbH
Bönninghauser Str. 10
59590 Geseke
r.jasper@jasper-gmbh.de

**Dr.-Ing. Ralf Jennes**
Aichelin Ges.m.b.H.
Fabriksgasse 3
A-2340 Mödling (Österreich)
ralf.jennes@aichelin.com

**Dirk Joritz**
Ipsen International GmbH
Flutstraße 78
47533 Kleve
dirk.joritz@ipsen.de

**Dipl.-Ing. Robert Jürgens**
SMS Elotherm GmbH
In der Fleute 2
42897 Remscheid
r.juergens@sms-elotherm.de

**Dipl.-Ing. Holger Kehler**
LOI Thermprocess GmbH
Am Lichtbogen 29
45141 Essen
holger.kehler@loi-italimpianti.de

**Dr. Jürgen Kellers**
Zenergy Power GmbH
Heisenbergstraße 16
53359 Rheinbach
juergen.kellers@zenergypower.com

**Dipl.-Ing. Jürgen Klix**
Sachverständiger
Gernsbacher Straße 14
76571 Gaggenau
juergen-klix@t-online.de

**Dipl.-Ing. Jörg Köhlhofer**
Andritz Maerz GmbH
Corneliusstraße 36
40215 Düsseldorf
joerg.koehlhofer@andritz.com