

# **GAK** *Gummi* *FASERN* **Kunststoffe**

Fachmagazin für die Polymerindustrie

wdk-Branchenbericht  
Chancen für bessere Mischprozesse  
Vulkanisationsmittel  
Aktive Elastomerbauteile  
Optimierung des Weiterreißverhaltens

SCHON GEFUNDEN, WAS SIE SUCHEN?  
NEIN?



DANN SIND SIE BEI UNS RICHTIG!

[www.kraiburg-rubber-compounds.com](http://www.kraiburg-rubber-compounds.com)

Besuchen Sie uns auf der DKT in Nürnberg  
29.06.–02.07.2015 Halle 12, Stand 201

**Ideas and solutions in rubber compounding**



SigmaSoft Virtual Molding spart Kosten bei der Elastomerverarbeitung

# Brasilianischer Werkzeugbauer Aspem steigert Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von Bauteilen

*Ein reales Fallbeispiel demonstriert, wie die über SigmaSoft verfügbare Virtual Molding-Technologie eingesetzt werden kann, um die Werkzeugentwicklung beim Elastomerspritzgießen zu optimieren. Das ganze Projekt, von der thermischen Werkzeughanalyse über die Auswahl der Kavitätenanzahl bis hin zur Verkleinerung des Angussvolumens, wurde innerhalb von vier Tagen durchgeführt und das Werkzeug konnte erfolgreich beim ersten Versuch Bauteile produzieren. Dabei konnte außerdem die Zykluszeit verkürzt werden.*

Bei der Werkzeugauslegung ist immer das Ziel, das optimale Verhältnis zwischen Produktivität und Bauteilqualität zu finden: höchste Anzahl an Kavitäten, reduziertes Angussvolumen, verkürzte Zykluszeit und beste Bauteilqualität. In der Elastomerindustrie ist die Auslegung von Werkzeugen bis heute mit aufwändigen Versuchen verbunden und basiert auf den Erfahrungen von Ingenieuren und Handwerkern. Selbst während der Preiskalkulationsphase wird die Kavitätenanzahl nach ungenauen Abschätzungen über Kavitätenverteilung und Vulkanisationszeiten festgelegt. Erst zu Beginn der Maschinenversuche werden Variablen wie die Zykluszeit und andere Prozessparameter definiert, und oft muss das Werkzeug nachbearbeitet werden, bis fehlerfreie Bauteile hergestellt werden können. Häufig ist der Prozess noch weit vom Optimum entfernt und verschwendet Energie und Material.

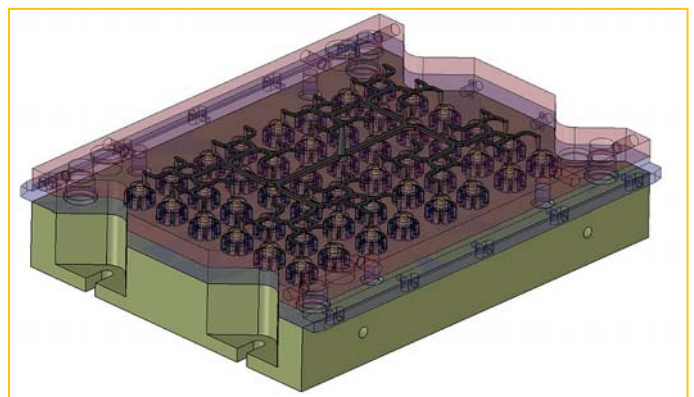
Die Simulationslösung SigmaSoft von Sigma Engineering, Aachen, ändert dies grundsätzlich mit ihrer Virtual Molding-Techno-

logie, da diese das gesamte Werkzeug über mehreren Zykluszeiten genau abbildet, inklusive aller Informationen über Material und Werkzeugkomponenten. Das System hilft dabei viel Aufwand und Zeit bei der Entwicklung von Elastomerwerkzeugen zu sparen und Kosten zu reduzieren. Virtual Molding wurde zur Unterstützung der Bauteil- und Werkzeugauslegung sowie der Prozessent-

wicklung entwickelt, so dass alle Iterationen am Rechner stattfinden, ohne Rohstoff-, Maschinen- oder Personalaufwand. Die Ursache für Produktionsprobleme wird transparent, das Verbesserungspotenzial klar.

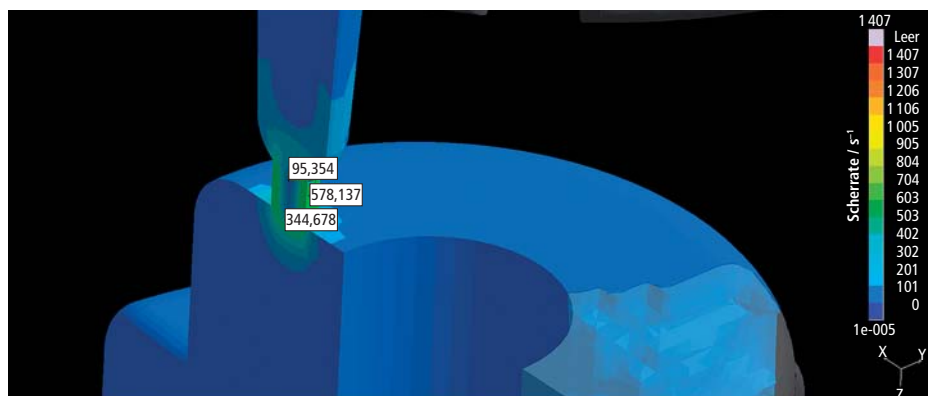
Die im Jahr 2000 gegründete Fa. Aspem Ferramentaria in Nova Vinhedo, São Paulo, gehört heute zu den wichtigsten Lieferanten von Elastomerwerkzeugen und Kaltkanaltechnologie in Brasilien. Mit hunderten gebauten und ausgelieferten Werkzeugen bietet Aspem Lösungen für die Automobil-, Medizin-, Elektrotechnik- und Lebensmittelindustrie. Mit dem Ziel, die Wirtschaftlichkeit ihrer Werkzeuge zu steigern, investierte Aspem im Jahr 2012 in die Simulationslösung SigmaSoft Virtual Molding. Heute nutzt Aspem die Software bei 90 % ihrer Projektentwicklungen.

Der Einsatz von SigmaSoft Virtual Molding wird im Folgenden anhand eines konkreten Fallbeispiels demonstriert. Aspem konnte mit Hilfe des Virtual Molding ein 48-Kavitäten-Werkzeug mit 700 mm x 550 mm Verarbeitungsfläche optimieren. Ziel war es das Temperaturkonzept zu analysieren und Mög-



**Abb. 1:** 48-Kavitäten-Werkzeug mit den Abmessungen 700 mm x 550 mm

**Abb. 2:** Scherraten nach 15 s in der Füllphase. Die Scherrate sollte sich unter 3000/s befinden, um Materialzerstörungen zu vermeiden.



Luciana Stuewe  
 magma@magmasoft.com.br  
 Engineering  
 Magma Engenharia do Brasil

Dr. Laura Flórez  
 press@sigmasoft.de  
 Marketing  
 Sigma Engineering GmbH

lichkeiten zur Materialeinsparung aufzudecken. Das optimierte Elastomerwerkzeug ist in **Abbildung 1** dargestellt.

## Analyse der Füllphase

Selbst die erfahrensten Werkzeugentwickler haben Probleme, wenn sie mit folgenden Fragen konfrontiert werden:

- Was ist die maximale Kavitätenanzahl für ein Werkzeug?
- Wird die Schließkraft der Maschine für den Druckverlust aller Kavitäten in der Einspritzphase ausreichen?
- Werden alle Kavitäten eine homogene Temperaturverteilung aufweisen oder werden die Kavitäten am Werkzeugende längere Zykluszeiten brauchen?
- Welche Kanalgeometrie und -konfiguration ist am besten geeignet, um unterschiedliche Kavitäten anzuspitzen?
- Was ist das minimale Angussvolumen für eine Verteilerkonfiguration?
- Wie viele Anspritzpunkte werden benötigt?
- Was ist die optimale Einspritzzeit?

Sigmasoft Virtual Molding hilft bei der Beantwortung dieser Fragen, bevor das Werkzeug gebaut wird, und vermeidet so Werkzeugiterationen.

## Optimierung der Anbindung

Als erstes stellte sich die Frage der besten Anbindung. Ein oder zwei Anspritzpunkte? Basierend auf vorherigen Erfahrungen wurden zunächst zwei Anspritzpunkte vorgeschlagen, um erhöhte Scherraten und damit Materialzerstörungen zu vermeiden. Zur Optimierung der Kanäle und einfacheren Entformung wurde jedoch zunächst eine Variante mit nur einem Anspritzpunkt pro Kavität simuliert. Diese Simulation ergab, dass selbst mit nur einem Anspritzpunkt pro Kavität beim Einspritzen niedrige Scherraten vorlagen (**Abb. 2**).

Die nächste Überlegung war, ob mit einem einzigen Anspritzpunkt pro Kavität Probleme durch zu frühes Anvernetzen des Materials auftreten könnten. Diese Frage kann anhand des Scorch-Index-Ergebnisses in Sigmasoft

Virtual Molding beantwortet werden. **Abbildung 3** zeigt den Scorch-Index am Ende der Füllphase. Die Werte liegen noch deutlich unter 1 – die Vernetzungsreaktion befindet sich also bei diesen Prozessbedingungen noch in einer sehr frühen Phase. Dies bedeutet gleichzeitig, dass das Füllen problemlos stattfinden kann.

Zur Auswahl einer geeigneten Maschine wurde schließlich geprüft, welche Schließkraft aus dieser Angusskonfiguration resultiert. **Abbildung 4** zeigt die Druckverteilung am Ende der Einspritzphase. Der Druck pro Kavität liegt zu diesem Zeitpunkt bei 300 bar. Für jede Kavität wird eine Schließkraft von 8 t gebraucht, also 384 t für alle Kavitäten. Zusätzlich sind 90 t für den Anguss nötig und es ergibt sich eine Gesamtschließkraft von 474 t. Damit ist eine 500 t Maschine eine geeignete Wahl.

## Analyse des Vulkanisationsverhaltens

Die Kavitäten sollten im Werkzeug so positioniert werden, dass alle über dasselbe thermische Profil verfügen. Erst dann ist gewährleistet, dass alle Bauteile im Werkzeug die gleichen Eigenschaften und die gleiche Qualität aufweisen. Dies gelingt nur bei einer homogenen Temperaturverteilung im Werkzeug. **Abbildung 5** zeigt die Temperaturverteilung in der festen Hälfte nach 340 s, am Ende der Vulkanisationsphase. Es wird deutlich, dass die vier Kavitäten in den Werkzeugecken eine niedrigere Temperatur haben und damit längere Vernetzungszeiten benötigen als die übrigen Kavitäten.

Eine genaue Bestimmung der thermischen Randbedingungen ermöglicht eine zuverlässige Vorhersage des Vernetzungsverhaltens an allen Kavitäten über die Zykluszeit. Der Vernetzungsgrad für die Bauteile nach 310 s ist in **Abbildung 6** dargestellt. Abgesehen von den Bauteilen in den Ecken wird innerhalb von 310 s ein Vernetzungsgrad von 90 % (T90) erreicht. Für diese vier Bauteile sind 340 s nötig um T90 zu erreichen. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung, die Kavitäten am Rand zu eliminieren. So ist die Zykluszeit so kurz wie möglich. Alternativ können auch die Positionierung der Kavität-

Abb. 3: Scorch-Index nach 30 s, am Ende der Füllphase

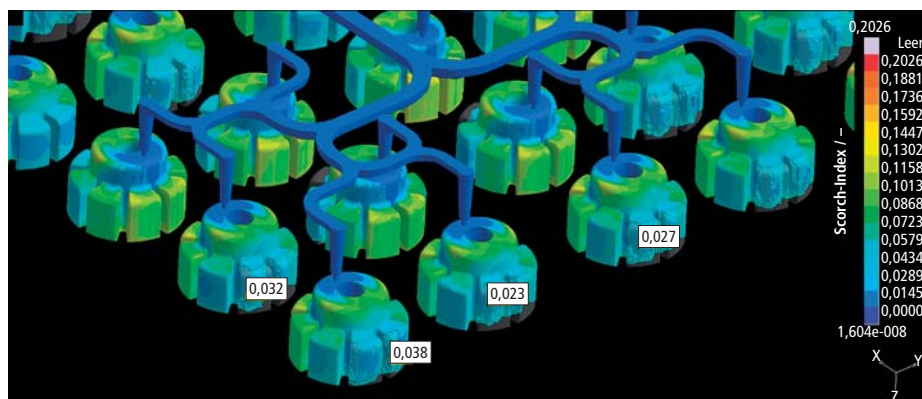
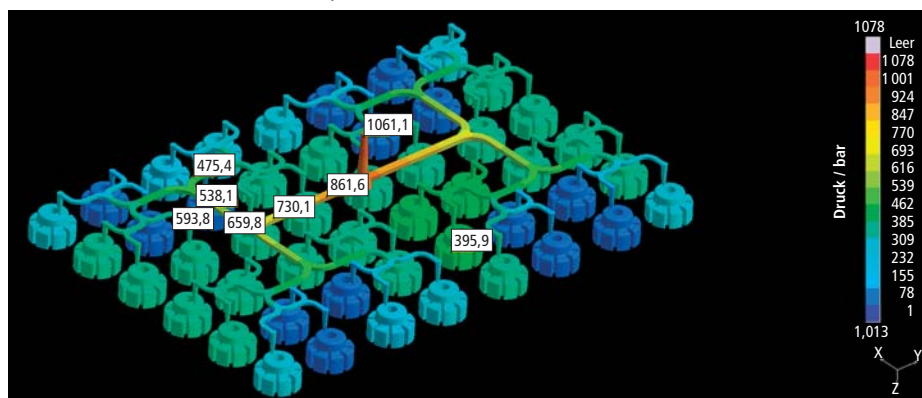


Abb. 4: Druckbedarf am Ende der Füllphase (nach 30 s)



ten oder die Werkzeugtemperierung so modifiziert werden, dass die Temperaturverteilung auch in diesen Bereichen homogenisiert wird.

### Optimierung des Angussvolumens

Im nächsten Schritt sollte eine Optimierung der Angussgeometrie vorgenommen werden. Als Ausgangspunkt wurde das Werkzeug basierend auf vorherigen Erfahrungen zunächst mit einem Angussvolumen von 159 cm<sup>3</sup> konzipiert (Abb. 7). Ziel war es, dieses Konzept zu prüfen und zu optimieren und so Materialverschwendung zu vermeiden.

Nach einem iterativen Prozess in Sigmasoft Virtual Molding konnte das Angussvolumen um 75 cm<sup>3</sup> reduziert werden. Dies bedeutete eine Materialeinsparung von 53 %. Bei den Iterationen wurden folgende Faktoren betrachtet: die Scherraten im Kanal, mögliches Anvernetzen (Scorch-Index) am Ende der Füllphase und der maximale Druckbedarf.

Abbildung 8 zeigt diese Ergebnisse für das Angussvolumen von 75 cm<sup>3</sup>: die Scherraten und der Scorch-Index sind immer noch niedrig, und der maximale Druckbedarf liegt bei 1 064 bar. Die verfügbare Maschine konnte zwar 1 800 bar leisten, da jedoch mit zunehmendem Verschleiß der Druckbedarf steigt, war eine weitere Reduzierung des Angussvolumens unratsam.

Der verkleinerte Angusskanal brachte eine Materialersparnis von 89 g pro Zyklus. Mit einer Zykluszeit von 360 s und drei Arbeitsschichten am Tag sowie Materialkosten von 4,58 EUR pro kg, konnten pro Monat Ersparnisse von 1 974 EUR erzielt werden. Im Jahr wurden allein für dieses Produkt 23 688 EUR eingespart.

Das geplante Werkzeug produzierte von Beginn an Gutteile, so dass weder Iterationen noch die erheblichen Kosten von Nacharbeiten anfielen. Die gesamte Auslegung des Werkzeugs, bestehend aus Füll- und thermischer Analyse, Optimierung der Anzahl der Kavitäten und des Anguss wurde in vier Tagen erledigt. Die Dauer vom Entwicklungs-

beginn bis zum Bau des Werkzeugs und dem Produktionsstart verkürzte sich deutlich.

### Vorteile von Virtual Molding aus Sicht der Verarbeiter

Laut Sandro Junior Paulino, Technischer Direktor bei Aspem, konnte die Firma dank Sigmasoft Virtual Molding die Geschwindigkeit für die Durchführung von Projekten steigern. „Die Zeit, die wir zuvor für Meetings und

Diskussionen über Werkzeuglayout, Verteilung der Kavitäten oder Dimensionierung des Anguss gebraucht haben, wurde verringert“.

„Simulation ist nicht auf die Füllanalyse der Kavität begrenzt“, so Paulino. „Es ist möglich, den gesamten Prozess im Voraus zu analysieren, vom Aufheizen des Werkzeugs bis hin zur Vulkanisation der Bauteile. Damit erhalten das Entwicklungsteam und die Verarbeiter mehr Informationen über den gesamten Prozess“.

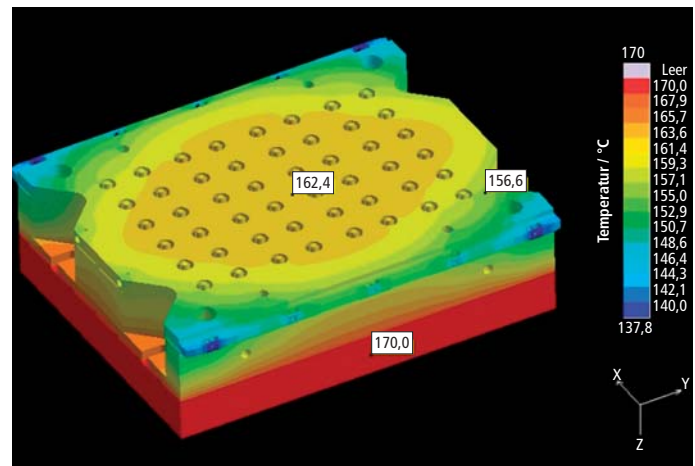


Abb. 5: Temperaturverteilung im Werkzeug nach 340 s in der Vulkanisationsphase.

Abb. 6: Vulkanisationsgrad nach 310 s in der Bauteilmittte

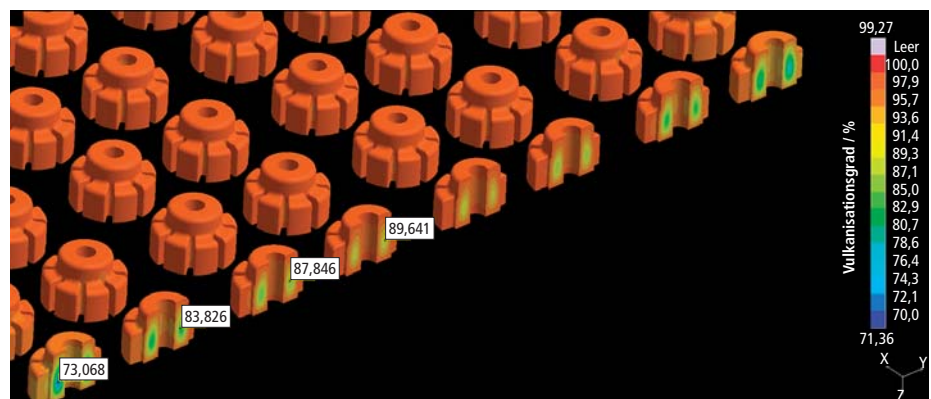
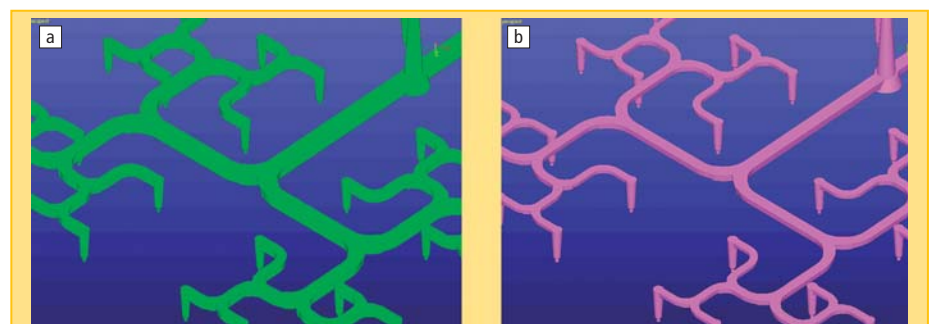


Abb. 7: Nach einer iterativen Softwareanalyse konnte das Angussvolumen um 53 % reduziert werden. a) ursprüngliches Konzept mit Angussvolumen von 159 cm<sup>3</sup>, b) optimiertes Konzept mit Angussvolumen von 75 cm<sup>3</sup>.



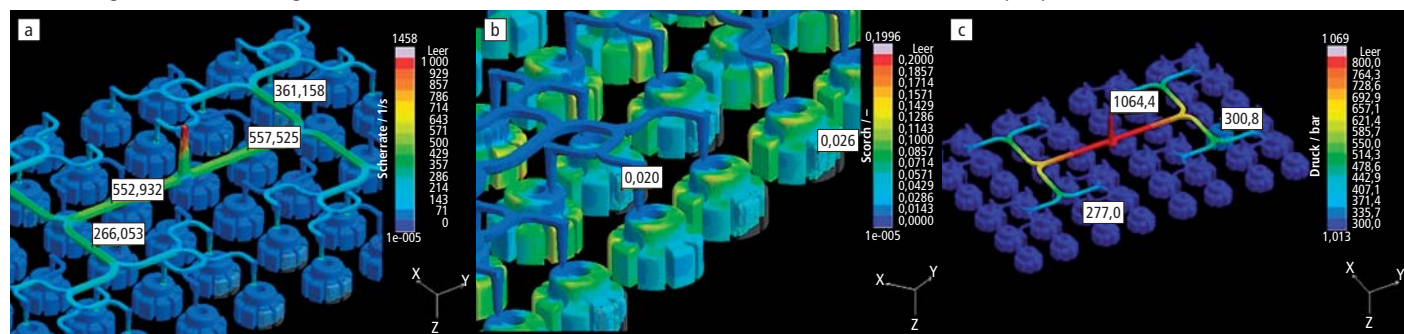
Paulino bestätigt außerdem, dass mit Sigmasoft Virtual Molding heutzutage das Know-how im Unternehmen vergrößert wird. „Wir führen für zukünftige Anwendungen mehrere Experimente mit Sigmasoft Virtual Molding durch. Wir gewinnen mehr Glaubwürdigkeit bei unseren Kunden, da un-

sere Argumente nicht nur auf unserer Erfahrung basieren, sondern auch durch die Ergebnisse der Software unterstützt werden.“

„Mit der Software sagen wir die Füllung der Kavitäten zuverlässig vorher, damit minimieren wir den Druckverlust und erhöhen

die Anzahl von Kavitäten im Werkzeug, ohne die Schließenschaften negativ zu beeinträchtigen. Außerdem steigern wir die thermische Effizienz unserer Werkzeuge, so dass die Vulkanisation gleichmäßig in allen Kavitäten in verkürzten Zykluszeiten stattfindet“, so Paulino.

Abb. 8: Ergebnisse mit einem Angussvolumen von 75 cm<sup>3</sup>. a) Scherrate, b) Scorch-Index, c) Druckbedarf am Ende der Einspritzphase.



## Impressum

**Herausgeber**  
Dr. Heinz B. P. Gupta

**Anschrift**  
Dr. Gupta Verlag  
Am Stadion 3b,  
40878 Ratingen  
Ust. Nr. DE 157894980

**Postanschrift**  
Postfach 10 13 30,  
40833 Ratingen

**Tel.** +49 2102 9345-0  
**Fax** +49 2102 9345-20

**E-Mail** info@gupta-verlag.de

**Internet** www.gak.de

**Redaktion**  
Dr. Ernst Debie (Chefredakteur, v.i.S.d.P.)  
Dr. Stephanie Waschbüsch  
(Stellvertretende Chefredakteurin)  
Dr. Heinz B. P. Gupta  
Dr. Isabella Kappner  
Dipl.-Biol. Markus Linden  
*in memoriam Dipl.-Chem. Frank A. Gupta †*

**Freie Mitarbeiter**  
Dr. Stefan Albus (ALS)  
Jiri G. Drobny (JD)  
Dr. Hermann Fries (HF)  
Prof. Dr. Dr. Günter Grundke (GG)  
Gert F. Hartmann (GFH)  
Siegfried Heimlich (SH)

Dr. Franz Otto (FO)  
David Shaw (DS)  
Dr. Horst-E. Toussaint (HET)  
David Vink (DV)

**Redaktionsassistentz**  
Patrizia Schmidt  
Tel. +49 2102 9345-12

**Abonnements**  
Noemi Jäger  
Tel. +49 2102 9345-18

**Anzeigen**  
Indira Gupta, Julian Bäumer  
Tel. +49 2102 9345-15

**Layout**  
Ulrich Gewehr, Max Godenrath  
Tel. +49 2102 9345-18

**Erscheinungsweise:**  
12 Ausgaben 2015  
Postvertriebsnummer 4637  
ISSN 0176-1625

**Bankverbindungen**  
Deutsche Postbank AG  
IBAN DE95 3004 0000 0858 7982 00  
BIC COBADEFFXXX

Commerzbank Düsseldorf  
IBAN DE43 3007 0024 0470 7170 00  
BIC DEUTDE33XXX

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht ausdrücklich als solche gekennzeichnet sind.

**Abonnement-, Bezugs- und Lieferbedingungen:**

Jahresabonnementpreis 280,- EUR (zzgl. Versandkosten). Einzelheft 25,- EUR (Inlandspreise verstehen sich inkl. der jeweils gültigen Mehrwertsteuer). Bestellungen nehmen der Verlag und alle Buchhandlungen im In- und Ausland entgegen. Eine neue Abonnementbestellung gilt zunächst nur für das laufende Kalenderjahr. Das Abonnement verlängert sich automatisch, wenn nicht sechs Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres schriftlich gekündigt wird. Die Abonnementgelder werden jährlich im Voraus in Rechnung gestellt und bei Teilnahme am Lastschriftverfahren automatisch abgebucht. Sollte die Fachzeitschrift aus Gründen, die nicht vom Verlag zu vertreten sind, nicht geliefert werden können, besteht kein Anspruch auf Nachlieferung oder Erstattung vorausbezahlter Bezugsgelder. Gerichtsstand für Vollkaufleute ist Ratingen, für alle Übrigen gilt dieser Gerichtsstand, sofern Ansprüche im Wege des Mahnverfahrens geltend gemacht werden.

**Urheber- und Verlagsrecht:**

Mit Namen oder Signum des Verfassers gekennzeichnete Artikel sind nicht unbedingt die Meinung der Redaktion. Unverlangte Manuskripte werden nur zurückgesandt, wenn Rückporto beigefügt ist. Der Verlag setzt voraus, dass der Autor Inhaber der Urheber- und Verwertungsrechte hinsichtlich sämtlicher Bestandteile der Einsendung ist, also auch bezüglich miteingesandter Abbildungen, Tabellen usw. Mit Annahme des Manuskripts gehen das Recht der Veröffentlichung sowie die Rechte zur Übersetzung, zur Vergabe von Nachdruckrechten, zur elektronischen Speicherung in Datenbanken, zur Herstellung von Sonderdrucken, Fotokopien und Mikrokopien an den Verlag über. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der durch das Urheberrechtsgesetz festgelegten Grenzen ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.