

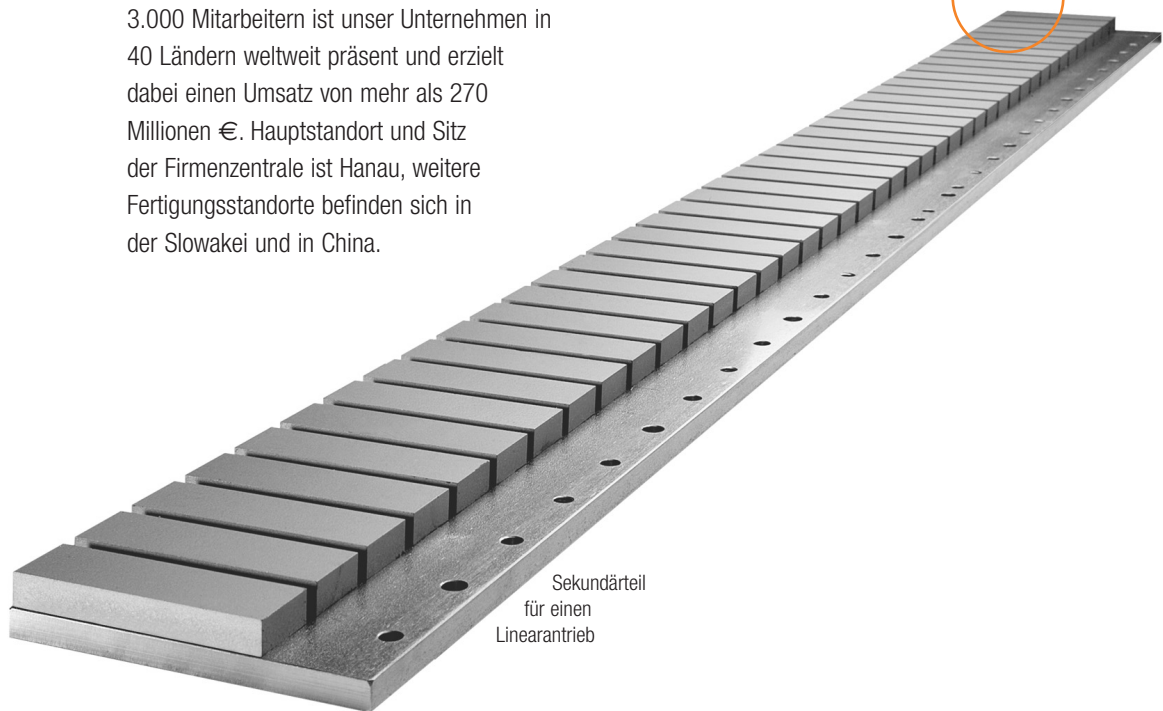
# MAGNETSYSTEME

DER FORTSCHRITT BEGINNT BEIM WERKSTOFF

**VAC**  
VACUUMSCHMELZE

# MAGNETSYSTEME

Die VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG (VAC) ist weltweit einer der führenden Hersteller metallischer Spezialwerkstoffe mit besonderen physikalischen Eigenschaften und daraus weiter veredelten Produkten. Mit mehr als 3.000 Mitarbeitern ist unser Unternehmen in 40 Ländern weltweit präsent und erzielt dabei einen Umsatz von mehr als 270 Millionen €. Hauptstandort und Sitz der Firmenzentrale ist Hanau, weitere Fertigungsstandorte befinden sich in der Slowakei und in China.



Sekundärteil  
für einen  
Linearantrieb

## LIEFERPROGRAMM

Unser Gesamt-Lieferspektrum umfasst neben den in dieser Broschüre beschriebenen Magnetsystemen und den dazu benötigten Dauermagneten noch weichmagnetische Halbzeuge und Teile, Ringbandkerne, induktive Bauelemente, magnetische Abschirmungen sowie weitere Werkstoffe mit speziellen physikalischen Eigenschaften. Neben den in unserer Firmenschrift PD-002 ausführlich beschriebenen Selten-Erd-Dauermagneten stellen wir auch verformbare Dauermagnete und magnetisch halbharte Werkstoffe her, die in unserer Firmenschrift PD-003 beschrieben werden.

Mit magnetischen Eigenschaften metallischer Spezialwerkstoffe und ihren Anwendungen beschäftigen wir uns bereits seit über 80 Jahren.

Im Jahre 1973 wurde die Fertigung der Werkstoffgruppe VACOMAX<sup>®</sup>, das sind pulvermetallurgisch hergestellte Dauermagnete auf Basis von Seltenen Erden und Kobalt, aufgenommen.

VACODYM<sup>®</sup>-Magnete produzieren wir seit 1986 im industriellen Maßstab. Sie werden auf Basis von Neodym-Eisen-Bor-Legierungen hergestellt und besitzen die höchsten heute zur Verfügung stehenden Energiedichten. Vom Erschmelzen der Legierung im Vakuum bis zum Beschichten der fertig bearbeiteten Teile können wir alle Schritte im eigenen Hause durchführen und so optimale Werkstoffeigenschaften über den gesamten Fertigungsablauf sicherstellen. Als Marktführer in Europa zählen wir heute weltweit zu den führenden Herstellern von Selten-Erd-Dauermagneten.

Neben einzelnen Magneten liefern wir zunehmend komplette Magnetsysteme nach Kundenspezifikation. Durch den Einsatz von weichmagnetischen Werkstoffen als Systemkomponenten, wie z.B. VACOFLEX<sup>®</sup> und VACOFER<sup>®</sup>, können kundenspezifische Funktionsanforderungen in besonderem Maße erfüllt werden. Die sachgerechte Montage und die Magnetisierung ist in vielen Fällen zudem nur möglich, wenn die Magnete und andere Systembauteile direkt beim Magnethersteller zusammengebaut werden.



© = Eingetragenes Warenzeichen der VACUUMSCHMELZE

## HERSTELLUNG VON MAGNETSYSTEMEN

Die überwiegende Anzahl an Magnetsystemen, die wir herstellen, wird mit Hilfe der Klebtechnik aufgebaut. Hierbei stellt die Auswahl des optimalen Klebstoffes einen Schlüsselschritt dar. Als Randbedingungen sind die Montagetechnik, die Anforderungen aus der Anwendung heraus sowie die Werkstoffeigenschaften der einzelnen Klebpartner zu berücksichtigen.

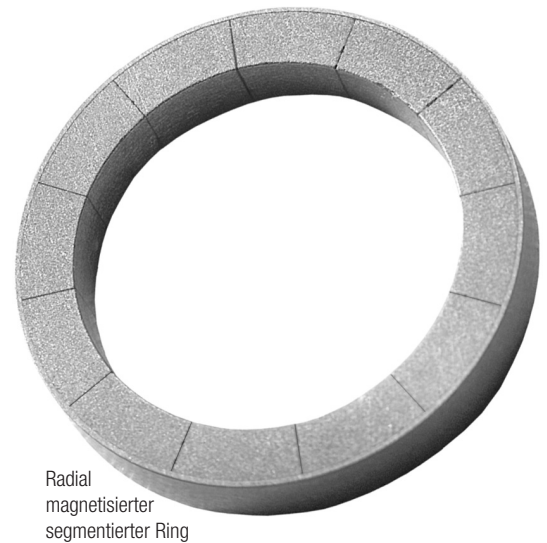
Neben dem Kleben ist die Montage der zweite wichtige Fertigungsprozess bei Magnetsystemen. Auch hierbei ist darauf zu achten, dass der Werkstoff keinen Umwelteinflüssen ausgesetzt wird, die zu einer Schädigung des Materials führen. Neben der rein mechanischen Schädigung ist hierbei speziell die Kontamination mit aggressiven Medien zu nennen.

Daher ist der Korrosionsschutz ein weiterer Schwerpunkt bei der Herstellung von Magnetsystemen. Da überwiegend Werkstoffe eingesetzt werden, die eine hohe Korrosionsneigung aufweisen, wie VACODYM-Magnete oder Rückschlusssteile aus Eisen oder Eisenlegierungen, sind in vielen Anwendungsfällen spezielle Beschichtungen notwendig, um die sichere Funktion der Systeme über den Zeitraum ihres Einsatzes zu gewährleisten.

## MONTAGETECHNIK

Der Aufbau von Magnetsystemen in der Musterfertigung oder in Kleinserien erfolgt in der Regel durch manuelle Klebmontage. Hierfür steht bei VAC erfahrene und bestens qualifiziertes Personal zur Verfügung. Jeder einzelne Prozessschritt ist erprobt, in Arbeitsanweisungen genauestens beschrieben und wird regelmäßig geschult.

Während bei kleinen Magnetsystemen meist die genaue Positionierung des nicht magnetisierten Magneten im Vordergrund steht, sind bei großvolumigen Systemen meist magnetisierte Teile mit entsprechend großen Kräften zu bearbeiten. Im letzteren Fall treten schnell Kräfte im Tonnenbereich auf, als Anhaltspunkt dafür kann die mittlere Anziehungskraft zweier Magnete in der Größenordnung von ca.  $0,1 \text{ N/mm}^2$  bei direktem Kontakt dienen. Besonders tückisch sind hier die mit steigendem Abstand rasch abneh-



menden magnetischen Anziehungskräfte, die ohne Kenntnis der Kräfte zum leichtfertigen Hantieren mit großen Magneten verleiten.

Vor dem oben genannten Hintergrund ist zu verstehen, dass die Konstruktion, der Bau und die Bedienung von Montagehilfen und -werkzeugen für magnetische Systeme am besten auf der Grundlage von Erfahrungswerten durchgeführt werden. Daneben können verschiedene Berechnungshilfen zur Auslegung der Werkzeuge verwendet werden.

Zur kostengünstigen Montage von Großserien ist es notwendig, die Klebprozesse zu automatisieren. Eine Automatisierung ist auch im Hinblick auf höhere Prozessfähigkeit und Fertigungssicherheit als vorteilhaft anzusehen. Zum Aufbau automatischer Klebmontagesysteme ist spezielles fertigungstechnisches Know-how in unserem Hause vorhanden. Unsere Engineering-Gruppe plant und erarbeitet solche Fertigungseinrichtungen stets in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden. Angepasste und erprobte Klebstoffe, die eine schnelle Fixierung der einzelnen Klebpartner erlauben, stehen zur Verarbeitung in diesen Montagelinien bereit.

Bei speziellen Klebverfahren werden erhöhte Anforderungen an die Umgebungsbedingungen gestellt. Bei manchen Anwendungen ist beispielsweise möglichst auf Staubfreiheit der Umgebung während der Montage und Verpackung der Systeme zu achten, um spätere Probleme im Feldeinsatz zu vermeiden.

## AUSFÜHRUNG DER VERKLEBUNG

Der Prozessschritt Kleben startet mit der Vorbereitung der zu verbindenden Oberflächen. Diese müssen frei von Verunreinigungen sein. Die Feinreinigung der zu verklebenden Oberflächen erfolgt daher in der Regel unmittelbar vor der Verarbeitung. Zur Vorbehandlung der Oberflächen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die je nach Werkstoffoberfläche Anwendung finden.

Im Anschluss an die Vorbehandlung findet die Verklebung statt. Bei der Auswahl eines geeigneten Klebstoffes sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

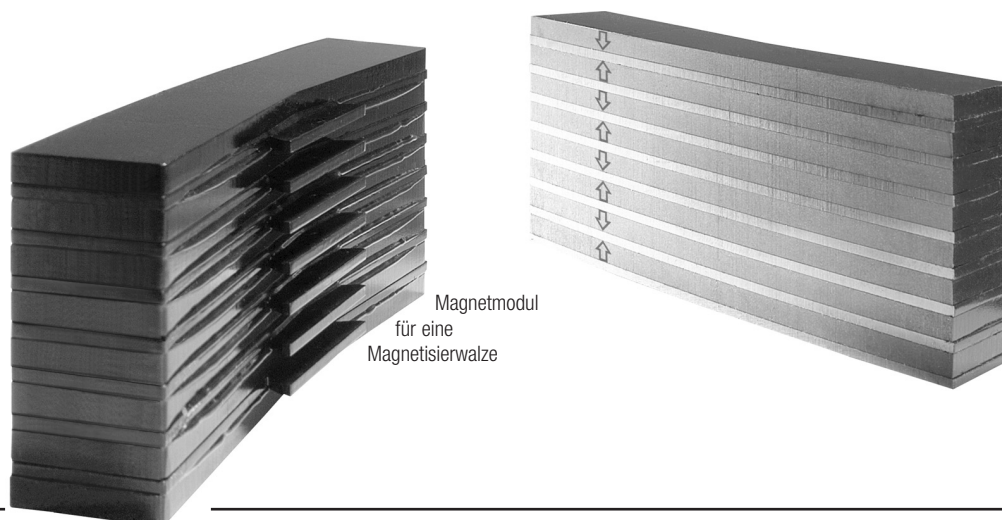
- statische und dynamische Beanspruchung der Klebung (Festigkeitsanforderungen)
- thermische Belastung (Dauer/Kurzzeit/Temperaturwechsel) der Klebung
- Eigenschaften der Klebpartner
- korrosive Beanspruchung der Klebung (Klima- und Chemikalienbeständigkeit des Klebstoffes)
- Beschaffenheit der Oberflächen (Beschichtung, Rauigkeit etc.)
- Dicke des Klebespaltes

Weiterhin halten wir uns beim Verkleben von SE-Dauermagneten an folgende wichtige Grundregeln:

Säurehaltige Klebstoffe dürfen in Verbindung mit SE-Dauermagneten, insbesondere VACODYM, nicht eingesetzt werden. Diese Produkte führen, unterstützt durch Feuchtigkeit, zu einer raschen Zersetzungsreaktion des Magnetwerkstoffes an der Grenzfläche zwischen Klebstoff und Magnet und können damit ein Versagen der Klebung auslösen.

Unserer Dauermagnete werden nach der Endreinigung passiviert. Die dabei entstehende Oberflächenschicht ist ein idealer Haftgrund für viele Klebstoffe.

Die Auswahl eines Klebstoffes für eine unbeschichtete Magnet- oder Trägerteiloberfläche ist nicht zwangsläufig auf Beschichtungen anwendbar. Wir können bei der Klebstoffauswahl auf eine Vielzahl von bei uns qualifizierten Klebstoffen für unterschiedlichste Oberflächen in Verbindung mit wichtigen Anwendungsanforderungen (Temperaturbeständigkeit, Chemikalienbeständigkeit, Festigkeit, Flexibilität, Aushärteverhalten etc.) zurückgreifen. Damit sind wir in der Lage, für nahezu jede Kombination von Oberfläche und Anwendung einen geeigneten Klebstoff einzusetzen.

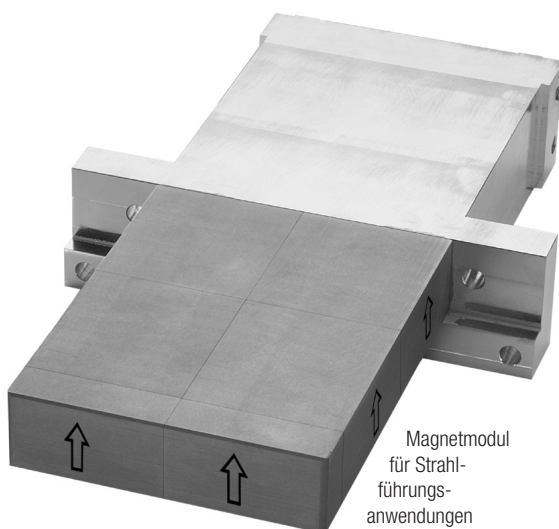


## KORROSIONSSCHUTZ BEI MAGNETSYSTEMEN

Unsere SE-Dauermagnete werden in Verbindung mit verschiedenen Standardbeschichtungen angeboten. Die Auswahl einer geeigneten Beschichtung richtet sich nach der Korrosionsbeanspruchung im jeweiligen Anwendungsfall. Zur Auswahl stehen eine Reihe metallischer und organischer Beschichtungen sowie Schichtkombinationen. Weitere Beschreibungen und Erläuterungen hierzu finden Sie in unserer Firmenschrift PD-002 „Selten-Erd-Dauermagnete VACODYM – VACOMAX“. Für Träger Teile (meist aus Eisen oder Eisenlegierungen bestehend) stehen viele technisch erprobte Oberflächenschutzschichten zur Verfügung\*).

Daneben bieten wir auch die Komplettbeschichtungen von Magnetsystemen an. Unsere bewährten Lackierverfahren sichern die Einhaltung höchster Anforderungen an Korrosionsschutz und Chemikalienbeständigkeit in Verbindung mit ausgezeichneter Temperaturstabilität. Zur Verfügung stehen verschiedene hochwertige Einbrennlacke sowie lufttrocknende Lacke für aufmagnetisierte Systeme. Die von uns angebotenen Lackierungen zeichnen sich durch hervorragende Haftung sowohl auf den Metallsubstraten als auch auf den meisten Klebstoffen aus und bieten so einen optimalen Langzeitschutz für viele Anwendungen.

\*) „Praktische Oberflächentechnik“ von K.-P. Müller, Vieweg Verlag, Braunschweig / Wiesbaden 1995.



## MAGNETISIERTECHNIK

Der Magnetisiervorgang selbst erfolgt für Selten-Erd-Dauermagnete oder -Magnetsysteme in der Regel durch die Impulsentladung einer Kondensatorbatterie auf eine Magnetisierspule.

Hierbei ist darauf zu achten, dass an jedem Ort im Inneren des Dauermagneten ein hinreichend hohes magnetisierendes Feld erreicht wird, um den Magnetisierungszustand auch stabil gegen später auftretende Gegenfeldbelastungen einzuprägen. Hierzu sind in den Vorrichtungen in der Regel Induktionen von mehr als drei Tesla für VACODYM- und mehr als sieben Tesla für VACOMAX-Magnete erforderlich. Erst nach dem Aufmagnetisieren entwickeln die Dauermagnete bzw. die Magnetsysteme ihre magnetische Kraftwirkung. Diese Kraftwirkung ist auch bei der Handhabung von Dauermagneten und Magnetsystemen unbedingt zu berücksichtigen!

Für den Aufbau vieler Magnetsysteme ist es günstig, den Aufmagnetisierungszustand erst zu einem möglichst späten Zeitpunkt einzuprägen. Da vor dem Aufmagnetisieren noch keine magnetischen Kräfte auftreten, erleichtert dies sowohl die Montage der Teilkomponenten als auch die Handhabung und Lagerung der Systeme. Umgekehrt sind allerdings zum Erreichen einer vollständigen Magnetisierung in einem solchen Fall besondere Anstrengungen erforderlich, sei es durch die zum Teil abschirmende Wirkung der beteiligten weichmagnetischen Komponenten, durch die räumliche Anordnung der Magnetpole oder durch die beim Magnetisiervorgang auftretenden Wirbelströme mit ebenfalls abschirmender Wirkung.

Für all diese Fälle halten wir Lösungen parat, die den Magnetisiervorgang zu dem für das jeweilige System optimalen Zeitpunkt stattfinden lassen.

Uns stehen angepasste Energieeinheiten für kleine, mittlere und große Teile zur Verfügung. Für Spezialzwecke, z.B. radiale Vorzugsrichtung, stehen auch angepasste Vorrichtungen zur Verfügung bzw. können solche entwickelt werden.

## MESSMÖGLICHKEITEN, MESSMITTEL

Dauermagnete und Dauermagnetsysteme lassen sich neben den mechanischen Abmessungen auch durch magnetische Kenngrößen sowie – speziell bei Magnetsystemen – durch funktionale Kenngrößen beschreiben.

Für die mechanische Charakterisierung von Dauermagnetsystemen verfügen wir über mechanische Präzisionsmessmittel in sowohl klassischer Ausführung (magnetisierbar, nur im unmagnetischen Zustand des Systems eingesetzt) als auch bei Bedarf in unmagnetischer Ausführung (für präzise Messungen an aufmagnetisierten Systemen). Für komplexe mechanische Messungen stehen neben eindimensionalen Höhenmessgeräten auch Koordinatenmessmaschinen zur Verfügung.

Für die magnetische Charakterisierung setzen wir die üblichen Messverfahren ein:

- Fluxmeter mit Helmholtz-Spule zur Charakterisierung des magnetischen Momentes
- Gaussmeter mit Hallsonden zur Charakterisierung des Magnetfeldes im Luftspalt bzw. Außenraum von Magnetsystemen an definierten Orten
- Flussspulen an Fluxmetern zur integralen Charakterisierung des magnetischen Flusses (z.B. in Ringspaltsystemen)
- 4-D-Scan-Einrichtungen (Verfahrwege linear und rotatorisch)

Zusätzlich können wir im Bedarfsfall produktabhängige Funktionsgrößen charakterisieren wie:

- Rastmomente von Motoren auf einem speziellen Rastmomentmessplatz
- Haftkraftprüfungen
- Scherfestigkeitsprüfungen von Klebeverbindungen

## BERATUNG / DIMENSIONIERUNG

Bei der Auslegung von Dauermagnetapplikationen verwendet man üblicherweise die Beschreibung in Form von „Magnetkreisen“, d.h. einer Kombination aus Dauermagnetwerkstoffen mit weichmagnetischen und anderen Funktionswerkstoffen.

Die Auswahl der optimalen Werkstoffklasse sowohl in Hinsicht auf Material, Form als auch Größe kann eine sehr

anspruchsvolle Aufgabe darstellen, insbesondere, wenn nicht auf einfache Funktionszusammenhänge zurückgegriffen werden kann oder auch Einflüsse wie die „magnetische Sättigung“ der Rückschlussmaterialien zu nichtlinearen Effekten führen.

Die VAC als Hersteller sowohl weich- als auch dauermagnetischer Materialien verfügt über Kenntnisse sowohl der magnetischen Eigenschaften als auch der Verarbeitungsmöglichkeiten dieser Werkstoffe und nutzt diese in der Applikationsentwicklung zu einer optimierten Beratung bei der Auslegung von Funktionsgrößen der Dauermagnetsysteme.

Unsere Dimensionierungsmöglichkeiten beinhalten:

- analytische Methoden zur Beschreibung der Magnetkreise
- vereinfachte Berechnungsverfahren zur Dimensionierung reiner Dauermagnetkreise
- numerische Näherungsverfahren für komplexere Simulationen
- Finite-Element-Verfahren in zwei und drei Raumdimensionen auf aktuellen DV-Plattformen inklusive der Berücksichtigung von zeitabhängigen Vorgängen und Vorgängen mit Bewegung.

Für die Nutzung dieses Beratungsangebotes benötigen wir ein Anforderungsprofil mit Beschreibung der gewünschten Funktion des Magnetsystems, den erlaubten Abmessungen, thermischen und Klima-Randbedingungen sowie elektrischen Randbedingungen.

Aus diesen Angaben erstellen wir ein Rahmenkonzept mit Richtpreisangaben für die Kosten der Dimensionierung.

In Zusammenarbeit mit Ihnen wird ein Fein-Pflichtenheft erstellt, welches Basis für ein detailliertes Angebot bildet.

Wirtschaftliche Produktionsanlagen, moderne Prüftechniken und ein nach ISO/TS 16949:2002 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem sind für uns ebenso selbstverständlich wie aktiver Umweltschutz (zertifiziert nach DIN EN ISO 14001) und die permanente Weiterbildung unserer Mitarbeiter. Mit diesen bewährten Grundsätzen unserer Geschäftspolitik sind wir auch weiterhin Ihr zuverlässiger und kompetenter Partner.



**VACUUMSCHMELZE GMBH & CO. KG**

P.O. BOX 2253  
GRÜNER WEG 37  
D 63412 HANAU / GERMANY  
TELEFON +49 6181 38 0  
FAX +49 6181 38 2645  
INFO@VACUUMSCHMELZE.COM  
WWW.VACUUMSCHMELZE.COM

**VAC MAGNETICS**

2935 DOLPHIN DRIVE  
SUITE 102  
42701 ELIZABETHTOWN KY / USA  
PHONE +1270 769-1333  
FACSIMILE +1270 765 3118  
INFO-USA@VACUUMSCHMELZE.COM

**VACUUMSCHMELZE SINGAPORE**

PTD LTD  
300 BEACH ROAD  
#31-03 THE CONCOURSE  
SINGAPORE 199555  
PHONE +65 6391 2600  
FACSIMILE +65 6391 2601  
VAC.SIN@VACUUMSCHMELZE.COM  
WWW.VACUUMSCHMELZE.COM

**PD-004 AUSGABE 2004**

Herausgegeben von der VACUUMSCHMELZE GMBH & Co. KG, Hanau  
© VACUUMSCHMELZE 2004. Alle Rechte vorbehalten.

Gewähr für die Freiheit von Rechten Dritter leisten wir nur für die  
Produkte selbst, nicht für Anwendungen, Verfahren und für die mit  
den Erzeugnissen realisierten Schaltungen. Mit den Angaben werden  
die Produkte spezifiziert, nicht Eigenschaften zugesichert.  
Liefermöglichkeiten und technische Änderungen vorbehalten.