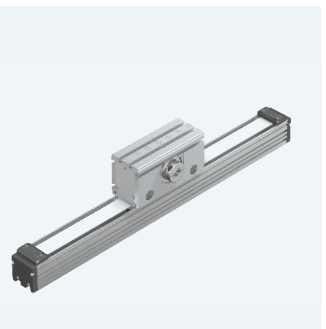
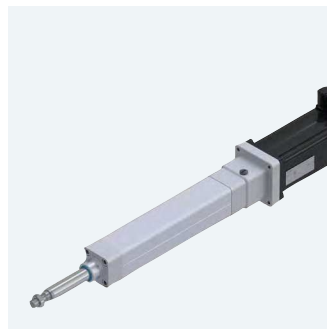
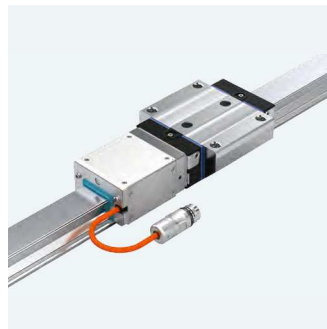


# Lineartechnik von Bosch Rexroth für den Einsatz bei besonderen Umgebungsbedingungen

2017.10



## 2 Einsatz bei besonderen Umgebungsbedingungen

<b>Allgemein</b>	<b>4</b>	Hygienegerechte Konstruktion	25
Normale Einsatzbedingungen	4	Schmierstoffe für den Lebensmittelbereich	26
Verwendete Stoffe	5	Grundlagen	26
Erläuterungen zu den verwendeten Kunststoffen	6	Geeignete Schmierstoffe für Produkte der	
RoHS-Richtlinie	7	Rexroth Lineartechnik	26
REACH-Verordnung	7	Mischbarkeit und Konservierung	26
Explosionsgefährdeter Bereich – ATEX	7	Kunststoffe im Lebensmittelbereich	27
Elektrostatische Entladungen – ESD	8	Sonstige Hinweise	27
Lackbenetzungsstörende Substanzen – LABS	8	Produkte von Bosch Rexroth für den Einsatz in	
		Food & Packaging	28
<b>Temperatur</b>	<b>9</b>	Kugelschienenführung NRFG in	
Grundlagen	9	Produktionsbereichen nach EN 1672-2	28
Temperaturgrenzen	9	Linearmodul MKR-080-FP-2	29
		Elektromechanischer Zylinder EMC-xxx-xx-2	29
<b>Reinraum</b>	<b>10</b>	<b>Vakuum</b>	<b>30</b>
Allgemeines	10	Grundlagen	30
Grundlagen	10	Werkstoffe	30
Normen und Richtlinien	10	Kunststoffe und Schmierstoffe	31
Begriffsdefinitionen	11	Metallwerkstoffe	32
Reinraumklassen	12	Produkte der Lineartechnik im Vakuum	32
Vergleich der einzelnen Regelwerke	13	Konstruktive Maßnahmen	32
Bevorzugte Produktausführung für den Reinraum	13		
Einflüsse auf die Einstufung in Reinraumklassen	14	<b>Trockenraum</b>	<b>33</b>
Bisherige Klassifizierungsergebnisse	15	Grundlagen	33
Profilschienenführungen	15	Produkte der Lineartechnik im Trockenraum	33
Linearsysteme	16		
Sonstige Hinweise	17	<b>Korrosionsgefährdeter Einsatzbereich</b>	<b>34</b>
<b>Lebensmittelbereich</b>	<b>18</b>	Grundlagen	34
Richtlinien und Normen	18	Galvanische Beschichtung	35
Internationale Normen	18	Verwendung von korrosionsbeständigem Stahl	36
Europäische Gemeinschaft –		Schichtsysteme	36
Richtlinien und Normen	18	Produktübersicht	37
Organisationen	19		
Gefahrenanalyse	20	<b>Checkliste Umgebungsbedingungen</b>	<b>38</b>
Definitionen	20		
Spezielle Gefahren	20		
Aufbau des HACCP-Plans	21		
Produktanforderungen für spezielle Bereiche	21		
Produktionsbereiche	22		
Arbeitsbereiche	22		
Reinigung	23		
Materialauswahl	23		
Reiniger	23		

# Allgemein

Rexroth bietet für unterschiedlichste Anwendungsfälle Lineartechnik von den Führungs- bis zu den Antriebselementen. Ein Einsatz von Rexroth-Produkten bei besonderen Umgebungsbedingungen ist dabei prinzipiell möglich, sofern entsprechende Vorgaben beachtet werden. Diese Broschüre vermittelt Fachwissen zur Verwendung von Rexroth-Produkten bei besonderen Umgebungsbedingungen und leistet Hilfestellung bei der Lösung vielfältiger Anwendungsfälle.

Im Zweifelsfall ist eine Kontaktierung von Rexroth sinnvoll. Zu diesem Zweck ist im letzten Kapitel eine Checkliste zu finden, die als Anlage zur Anfrage dienen kann.

## Normale Einsatzbedingungen

Rexroth empfiehlt die Verwendung aller Führungs- und Antriebselemente unter normalen Umgebungsbedingungen. Als normale Einsatzbedingungen ohne Einfluss auf die Lebensdauer und ohne störende Wechselwirkungen können die folgenden angesehen werden.

- ▶ Keine Verschmutzung
- ▶ Keine Kühlschmierstoff-Beaufschlagung
- ▶ Einsatz in trockener Umgebung
- ▶ Kein Einsatz im Trockenraum
- ▶ Einsatz bei Raumtemperatur
- ▶ Kein Einsatz im Reinraum
- ▶ Kein Einsatz im Vakuum
- ▶ Kein Einsatz im Lebensmittelbereich
- ▶ Keine Chemikalien-Beaufschlagung
- ▶ Kein Stromfluss
- ▶ Keine radioaktive Strahlung

Bei abweichenden Umgebungsbedingungen steht Rexroth mit seiner langjährigen Erfahrung beratend zur Verfügung.

## Verwendete Stoffe

Die nachfolgende Tabelle stellt eine Übersicht der verwendeten Stoffe zum jeweiligen Produkt dar. Diese Tabelle beinhaltet lediglich die Hauptkomponenten der Produkte. Die einzelnen Komponenten werden teilweise in verschiedenen Ausführungen verarbeitet, ebenso wird nicht auf Beschichtungen und sonstige Hilfsstoffe (z. B. Klebstoffe, Farbzusätze) eingegangen.

Produkt	Stahl	Aluminium-Knetlegierung	PA66	PBT	POM	TPE	Konservierungsmittel	Dynalub
Kugelgewindtrieb	x		x <sup>1)</sup>	x <sup>2)</sup>	x	x	x	x
Planetengewindtrieb	x					x	x	x
Kugelschienenführung <sup>3)</sup>	x	x <sup>4)</sup>	x		x	x	x	x
Rollenschienenführung	x		x <sup>5)</sup>		x	x	x	x
Kugelbüchsenführung <sup>6)</sup>								
Compact	x				x	x	x	
eLINE	x				x	x	x	x
Super A+B	x		x			x	x	
Standard	x		x <sup>7)</sup>			x	x	
Segment	x		x <sup>8)</sup>				x	
Super H+SH	x				x	x	x	
Radial	x					x	x	
Drehmoment	x		x				x	
Integriertes Messsystem	x	x	x	x	x	x	x	x
Linearsysteme	x	x	x	x	x	x	x	x

- 1) PA66 kommt bei den KGT-Größen 8x2,5Rx1,588, 32x5Lx3,5 und 40x10Lx6 zum Einsatz.
- 2) Derzeit wird PBT bei der Vorsatzschmiereinheit für KGT eingesetzt.
- 3) BSCL mit NBR-Dichtungen.
- 4) Führungswagen der Typen FNS und SNS sind verfügbar mit einem Wagen-Grundkörper aus einer Al-Knetlegierung.
- 5) Bei der Rollenschienenführung Gen. 1 kommt noch PA66 zum Einsatz, bei der RSHP jedoch nicht.
- 6) Bei der Kugelbüchsenführung werden typenabhängig unterschiedliche Kunststoffe eingesetzt.
- 7) PA66 kommt bei der Standard-KB < Ø 12mm zum Einsatz.
- 8) Bei der Segment-Kugelbüchsenführung kommt neben PA66 auch PA11 zum Einsatz.

## Erläuterungen zu den verwendeten Kunststoffen

- ▶ **Polyamide** (Kurzzeichen **PA**) sind thermoplastische Polymere. Chemisch gesehen ist **PA66** (oder auch Nylon) ein Kondensationspolymer aus identischen Einheiten, die über Amide verbunden sind (Polyamid). PA66 war die erste synthetische Faser, die vollständig aus anorganischen Stoffen (Kohlenstoff, Wasser, Luft) hergestellt wurde. PA66 ist stoßbelastbar, schlagzäh, abriebfest und weist eine hohe Wärmeformbeständigkeit auf. Daher ist dieser Kunststoff universell für mechanische Funktionsteile einsetzbar. Bei Segment-Kugelbüchsen kommt außerdem **PA11** zum Einsatz. Im Vergleich zu PA66 ist PA11 weicher, nimmt aber deutlich weniger Wasser auf.
- ▶ **PBT** ist **thermoplastisches Polyester** basierend auf Polybutylenterephthalat. Zu den besonderen Merkmalen von PBT gehören gute mechanische und physikalische Eigenschaften wie Steifigkeit, Zähigkeit, Temperaturbeständigkeit, Reibungs- und Verschleißfestigkeit, hervorragende Oberflächeneigenschaften der Formteile und gute Einfärbbarkeit. Fügeverfahren wie Schweißen, Befestigen und Kleben sind ebenfalls unproblematisch wie das Bedrucken, Lackieren, Heißprägen und Lasermarkieren.
- ▶ **Polyoxymethylen** (Kurzzeichen **POM**, auch Polyacetal oder Polyformaldehyd genannt) ist ein teilkristallines thermoplastisches Polymer. POM wird wegen seiner hohen Steifigkeit, niedrigen Reibwerte und ausgezeichneten Dimensionsstabilität als technischer Kunststoff besonders für Präzisionsteile eingesetzt.
- ▶ **Thermoplastische Elastomere** (lineare Elastomere; Kurzzeichen **TPE**) sind Kunststoffe, die sich bei Raumtemperatur vergleichbar den klassischen Elastomeren verhalten, sich jedoch unter Wärmezufuhr plastisch verformen lassen, und somit ein thermoplastisches Verhalten zeigen.  
Aus der Klasse der thermoplastischen Elastomere werden bei Rexroth häufig TEEE und TPU eingesetzt.  
**TEEE** ist ein **thermoplastisches Elastomer auf Polyesterbasis**. Die internationale Abkürzung stammt vom englischen Begriff „Thermoplastic **E**lastomer **E**ther **E**ster“. TEEE vereint viele der wichtigsten Eigenschaften von hochbeanspruchbaren Elastomeren und flexiblen Kunststoffen: außergewöhnliche Zähigkeit und Biegsamkeit, hohe Kriechfestigkeit, Schlagzähigkeit und Langzeit-Biegefestigkeit, Flexibilität bei niedrigen Temperaturen sowie gute Bewahrung des Eigenschaftsprofils bei erhöhten Einsatz-temperaturen. Zudem ist TEEE beständig gegen eine Vielzahl von Chemikalien, Ölen und Lösungsmitteln.  
**Thermoplastisches Elastomer auf Urethanbasis (TPU)** zeichnet sich durch eine hohe Verschleißfestigkeit, gute Beständigkeit gegen Öle, Fette und Lösungsmittel sowie extreme Witterungsbeständigkeit aus, kombiniert mit einer hohen Elastizität.

## RoHS-Richtlinie

Bosch Rexroth ist mit der Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS) vertraut. Da die Produkte von Bosch Rexroth überwiegend im Maschinen- und Anlagenbau verwendet werden, fallen diese nicht in den Geltungsbereich der EU-Richtlinie 2011/65/EU.

Dennoch können wir bestätigen, dass alle unsere Standard-Katalogteile nach heutigem Kenntnis- und Fertigungsstand der RoHS – Richtlinie entsprechen. Die hierin gelisteten Inhaltsstoffe (Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromierte Biphenyle und polybromierte Diphenylether) werden weder absichtlich zur Produktion verwendet noch den Produkten hinzugefügt, bzw. sie überschreiten die in der Richtlinie genannten Grenzwerte nicht.

Ganz oder teilweise ausgenommen davon sind:

- ▶ Motoren,
- ▶ ZnFe-beschichtete Produkte,
- ▶ ggf. Sonderanfertigungen.

## REACH-Verordnung

Die Bezeichnung REACH leitet sich aus der Abkürzung von Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical ab. Es handelt sich hierbei um die EU-Chemikalienverordnung EUV 1907/2006 welche am 01.06.2007 in Kraft getreten ist. Da es sich um eine EU-Verordnung handelt, besitzt diese gleichermaßen und unmittelbar in allen Mitgliedstaaten Gültigkeit.

Im Hause Bosch Rexroth arbeiten wir mit großer Intensität und in enger Zusammenarbeit mit unseren Lieferanten an der Umsetzung der REACH-Anforderungen. Somit können unsere Kunden sicher sein, dass wir unsere rechtlichen Verpflichtungen erfüllen.

Aufgrund der derzeit vorliegenden Informationen gehen wir davon aus, dass unsere Produkte keine Stoffe der aktuellen Kandidatenliste (Stand 10.07.2017) über 0,1 Massenprozent enthalten. Wir werden unsere Kunden unverzüglich informieren, sobald uns hierzu relevante neue Informationen vorliegen.



## Explosionsgefährdeter Bereich – ATEX

Die Bezeichnung ATEX leitet sich aus der französischen Abkürzung für ATmosphères EXplosibles ab.

Seit 20.04.2016 ist die EU-Richtlinie 2014/34/EU für alle elektrischen und nicht elektrischen Betriebsmittel auf europäischer Ebene bindend. Diese Richtlinie legt die Regeln für das Inverkehrbringen von Produkten fest welche in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden dürfen.

Komponenten bzw. Systeme der Lineartechnik sind seitens der Bosch Rexroth AG nicht für die Anwendung in explosionsgefährdeten Bereichen vorgesehen. Daher fallen diese Produkte nicht in den Anwendungsbereich der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU und es wird keine Konformität mit der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU erklärt.

## Elektrostatische Entladungen – ESD

Die Bezeichnung ESD leitet sich aus der englischen Abkürzung für **E**lectro**S**tatic **D**ischarge ab.

Elektrostatische Entladungen sind durch große Potentialdifferenzen entstehende Spannungsdurchschläge. Diese Entladungen bewirken einen kurzen, hohen elektrischen Strom und können zur Zündung von entzündlichen Stoffen führen. Unter ungünstigen Umständen entstehen Brand- und Explosionsgefährdungen sowie Gefährdungen von Personen durch elektrischen Schlag. Häufig werden elektrischen Komponenten durch solche Entladungen beeinflusst bzw. zerstört.

Die Anforderungen an den ESD-Schutz sind hauptsächlich in den Werksnormen der Elektronikhersteller definiert. Da es sich hierbei, anders als z.B. bei ATEX, nicht um Personensicherheit handelt, gibt es keine gesetzlichen Vorgaben und nur wenige öffentliche Normen.

Die Produkte der Lineartechnik an sich sind unempfindlich gegenüber den Auswirkungen von elektrostatischer Entladungen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass an den Produkten der Lineartechnik elektrische Ladungen entstehen, welche zu elektrostatischen Entladungen führen können.

## Lackbenetzungsstörende Substanzen – LABS

Insbesondere in der Automobilindustrie und speziell in Lackieranlagen sind LABS-freie Bauteile vorgeschrieben. LABS sind Substanzen, die beim Lackieren von Oberflächen Krater, d. h. punktuelle, trichterförmige Vertiefungen in der Lackschicht verursachen.

Im Wesentlichen handelt es sich dabei um:

- ▶ Silikone und Silikonöle,
- ▶ Perfluorierte Kohlenwasserstoffe,
- ▶ Tenside, insbesondere silikonbasierte Tenside bzw. (per)fluorierte Tenside,
- ▶ Fette,
- ▶ Weitere, unpolare, schwer flüchtige organische Verbindungen.

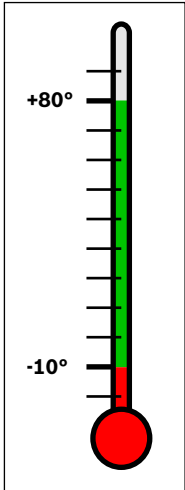
In Komponenten und Systemen der Lineartechnik werden seitens der Bosch Rexroth AG bei der Herstellung von Einzelteilen und Baugruppen weder LABS-haltige Elemente im Werkstoff noch LABS-haltige Betriebsstoffe verwendet.

Da aber Hilfsstoffe wie z. B. Trennmittel für Formwerkzeuge oder auch Farbzusätze silikonhaltig sein können, ist hier keine absolute Silikonfreiheit sichergestellt. Daher ist es nicht möglich, seitens Bosch Rexroth ein komplett silikonfreies Produkt zu garantieren.



# Temperatur

## Grundlagen



Die Hinweise auf die Temperaturgrenzen der Produkte basieren sowohl auf den Grenzen der Einzelteile, insbesondere der Kunststoffbauteile (keine Änderung der physikalisch-chemischen Werkstoff-Eigenschaften) als auch auf Erfahrungen aus der praktischen Anwendung und auf Funktionstests in Labor und Prüffeld.

Bei Anwendungen unter dem Gefrierpunkt ist die Luftfeuchtigkeit (Kondensatbildung) zu beachten. Die Funktion der Produkte bei Eisbildung ist nicht sichergestellt. Eis kann zu erheblichen Funktionsstörungen führen. Stoß- und Schlagbeanspruchung muss zum Schutz der Kunststoffe vermieden werden. Ebenso ist es notwendig, den Schmierstoff sorgfältig festzulegen. Die Ablaufeigenschaften können sich ab -10°C wesentlich verschlechtern.

In nachstehender Tabelle sind die Grenztemperaturen für die Produkte der Lineartechnik von Bosch Rexroth gelistet.

Bei abweichenden Anwendungsbereichen ist die Einsetzbarkeit im Einzelfall zu prüfen.

## Temperaturgrenzen

Produkt	Untere Betriebstemperatur	Obere Betriebstemperatur	Untere Lagertemperatur	Obere Lagertemperatur
<b>Kugelgewindetrieb</b>	-10 °C	+80 °C	-15 °C	+80 °C
<b>Planetengewindetrieb</b>	-10 °C	+60 °C	-15 °C	+80 °C
<b>Kugelschienenführung</b>				
<b>ohne Kugelkette</b>	-10 °C	+80 °C	-15 °C	+80 °C
<b>mit Kugelkette</b>	0 °C	+80 °C	-10 °C	+80 °C
<b>Rollenschienenführung</b>	-10 °C	+80 °C	-15 °C	+80 °C
<b>Kugelbüchsenführung <sup>1)</sup></b>	-10 °C	+80 °C	-15 °C	+80 °C
<b>Integriertes Messsystem</b>	0 °C	+50 °C	-10 °C	+70 °C
<b>Linearsysteme</b>				
<b>Mechanik</b>	-10 °C	+60 °C	-10 °C	+60 °C
<b>mit Rexroth Servomotor <sup>2)</sup></b>	0 °C	+40 °C	0 °C	+40 °C

1) Zulässige Betriebstemperatur der Standard-KB in Ganzstahl-Ausführung ohne Dichtungen: -10 °C bis 200 °C.  
Segment-KB in Niroausführung: obere Betriebstemperatur = obere Lagertemperatur = 65 °C.

2) Ab 40 °C Leistungseinbußen

Als „Lagertemperatur“ wird die Temperatur im Ruhezustand bezeichnet.

Die oberen Temperaturgrenzen resultieren in erster Linie aus den verarbeiteten Kunststoffen und den verwendeten Schmierstoffen. Die Erhaltung der mechanischen Materialkennwerte und die Vermeidung thermisch bedingter Alterung sind Basis dieser Werte. Die unteren Temperaturgrenzen basieren auf der Erhaltung der mechanischen Materialkennwerte und der Funktionsicherheit der Produkte.

# Reinraum

## Allgemeines

Zahlreiche moderne Industriebereiche stellen hohe Anforderungen an ihre Produktionsstätten. Hier wären z. B. die Mikroelektronik, die Feinmechanik, die Lebensmittelindustrie, die Pharmazie oder die Medizintechnik zu nennen.

Dort wird ein hohes Augenmerk auf die Reinheit der Luft, der eingesetzten Betriebsmittel, des Arbeitsplatzes (z. B. Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge), der verwendeten Medien (z. B. Gase, Flüssigkeiten, Chemikalien) sowie der Kleidung dort eingesetzter Personen gelegt. Die Gesamtheit aller aufgeführten Punkte ergibt die Reinheit des Raumes. In sogenannten Reinräumen findet die Produktion statt. Je sauberer die Luft in diesem Raum ist, desto höher wird dieser klassifiziert. Grundlage für diese Einteilung ist die gemessene Partikelanzahl und Partikelgröße in einem definierten Luftvolumen (siehe Kapitel „Reinraumklassen“). Diese Partikel werden durch Personen und Prozesse freigesetzt oder gelangen durch Zuleitungen und Ableitungen raumlufttechnischer Einrichtungen in den Reinraum.

Für Bosch Rexroth ist es von entscheidender Bedeutung, dass unser Produkt im Betrieb nur so viele Partikel freisetzt, wie zulässig sind, damit der Reinraum nicht abqualifiziert werden muss. Um diesbezüglich Erkenntnisse zu erlangen, können unsere Produkte in Reinraumtauglichkeitsuntersuchungen überprüft und anschließend zertifiziert werden (siehe Kapitel „Bisherige Klassifizierungsergebnisse“).

## Grundlagen

In diesem Kapitel werden wichtige grundlegende Informationen aufgeführt, die im Bereich der Reinraumtechnik benötigt werden.

### Normen und Richtlinien

Für die Klassifizierung von Reinräumen sind einige Normen und Richtlinien von Bedeutung, die hier kurz vorgestellt werden. Die Anwendung der einzelnen Schriften auf die Reinraumeinstufung ist im Kapitel „Reinraumklassen“ ersichtlich.

#### **DIN EN ISO 14644-1**

- ▶ Diese Norm beschäftigt sich mit Reinräumen und den zugehörigen Reinraumbereichen. Insgesamt besteht die DIN EN ISO 14644 aus acht Teilen, von denen sich Teil 1 mit der Klassifizierung der Luftreinheit befasst.

#### **US Federal Standard 209E (seit Nov. 2001 zurückgezogen)**

- ▶ Obwohl diese Schrift bereits im November 2001 zurückgezogen wurde, ist sie im Sprachgebrauch zur Definition von Reinraumklassen noch weit verbreitet. Sie behandelt die Reinheitsklassen der Luft in Reinräumen und reinen Bereichen.

#### **Richtlinie VDI 2083 Blatt 1**

- ▶ Die Richtlinie VDI 2083 Blatt 1 befasst sich im Bereich der Reinraumtechnik mit den Partikelreinheitsklassen der Luft.

#### **EU-GMP-Leitfaden**

- ▶ Dieser Leitfaden findet vorwiegend bei der Herstellung von Arzneimitteln und damit in der pharmazeutischen Industrie Anwendung. GMP steht für Good Manufacturing Practices (zu Deutsch: Gute Herstellungspraxis). Der Leitfaden besteht aus mehreren Bänden. Zur Klassifizierung von Reinräumen wird Band 4, der „Leitfaden für die gute Herstellungspraxis“, verwendet.

## **Begriffsdefinitionen**

Nachfolgend einige Definitionen wichtiger Begriffe aus der Reinraumtechnik nach VDI 2083 Blatt 1.

### **Klassifizierung**

- ▶ Einteilung der Partikelreinheit der Luft nach Klassengrenzen. Die Klassengrenze stellt den Höchstwert der zulässigen Partikelkonzentration für eine bestimmte Partikelgröße dar.

### **Partikel**

- ▶ Festes oder flüssiges Teilchen mit definierten physikalischen Grenzen und einer Partikelgröße zwischen 0,1 µm und 5 µm.

### **Partikelgröße**

- ▶ Durchmesser beliebiger Partikel, der durch Bestimmung definierter Referenzpartikel ermittelt wird.

### **Partikelkonzentration**

- ▶ Anzahl der einzelnen Partikel je Volumeneinheit Luft.

### **Reiner Bereich**

- ▶ Bereich innerhalb eines Raums, einer Anlage oder Maschine, dessen Bedingungen wie die eines Reinraums spezifiziert werden und der von einem weiteren Bereich umschlossen werden kann.

### **Reinraum**

- ▶ Raum mit definierter Konzentration luftgetragener Partikel, der so konstruiert und verwendet wird, dass die Anzahl der in den Raum eingeschleppten bzw. im Raum entstehenden und abgelagerten Partikel kleinstmöglich ist und in dem andere reinheitsrelevante Parameter wie Temperatur, Feuchte und Druck nach Bedarf geregelt werden.

## Reinraumklassen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Klassifizierungen von Reinräumen in Abhängigkeit der zur Anwendung kommenden Spezifikationen.

### Nach DIN EN ISO 14644-1:

Ausgewählte Partikelreinheitsklassen der Luft für Reinräume und Reine Bereiche

ISO-Klassifizierungszahl (N)	Höchstwert der Partikelkonzentrationen (Partikel je Kubikmeter Luft) gleich oder größer als die betrachteten Größen, welche nachfolgend abgebildet sind.					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
ISO-Klasse 1	10	-	-	-	-	-
ISO-Klasse 2	100	24	10	-	-	-
ISO-Klasse 3	1.000	237	102	35	-	-
ISO-Klasse 4	10.000	2.370	1.020	352	83	-
ISO-Klasse 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	-
ISO-Klasse 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293
ISO-Klasse 7	-	-	-	352.000	83.200	2.930
ISO-Klasse 8	-	-	-	3.520.000	832.000	29.300
ISO-Klasse 9	-	-	-	35.200.000	8.320.000	293.000

ANMERKUNG: Unsicherheiten bei dem Messvorgang verlangen, dass Konzentrationsdaten aus nicht mehr als drei geltenden Zahlen zur Bestimmung des Klassifizierungsgrads verwendet werden.

Bei dieser Klassifizierung werden die Partikel pro m<sup>3</sup> Luft gemessen.

### Nach US Federal Standard 209E:

- Hierbei werden die Partikel pro cft (Kubikfuß = 28,3 Liter) bestimmt. Eine Übersicht der Klasseneinteilung ist weiter unten ersichtlich.

### EU-GMP-Leitfaden:

Klassifizierung nach EU-GMP-Leitfaden

Partikelreinheitsklassen der Luft	Höchstwert der Partikelkonzentrationen (Partikel gleich oder größer als die betrachteten Partikelgröße je Kubikmeter Luft)			
	Leerlauf (at rest)		Fertigung	
	0,5 µm	5,0 µm	0,5 µm	5,0 µm
<b>A</b>	3.500	1 <sup>a)</sup>	3.500	1 <sup>a)</sup>
<b>B</b>	3.500	1 <sup>a)</sup>	35.000	2.000
<b>C</b>	35.000	2.000	3.500.000	20.000
<b>D</b>	350.000	20.000	nicht festgelegt <sup>b)</sup>	nicht festgelegt <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Die Reinheitsklassifizierung (Raumklasse) der EU-GMP weicht hinsichtlich der Bezugspartikelgröße 5 µm (Klassen A und B, at rest) und des Messvolumens 1 m<sup>3</sup> grundlegend von der Reinheitsklassifizierung nach DIN EN ISO 14644 und VDI 2083 ab. Der Nachweis der EU-GMP-Raumklassen ist daher streng genommen nur für die Klassen C und D unter Heranziehung der Methodik und Statistik dieser beiden Regelwerke durchführbar.

<sup>b)</sup> Die Anforderungen und Grenzwerte für diesen Bereich hängen von der Art der durchgeführten Arbeitsvorgänge ab.

- Bei dieser Klassifizierung werden die Partikel pro m<sup>3</sup> Luft gemessen.

## Vergleich der einzelnen Regelwerke

Nomenklatur			Maximal zulässige Partikelzahl je Kubikmeter gemäß DIN EN ISO 14644-1					
DIN EN ISO 14644-1 <sup>1)</sup>	EU-GMP-Leitfaden <sup>1)</sup>	US Fed. Std. 209E SI <sup>1)</sup>	≥ 0,1 µm	≥ 0,2 µm	≥ 0,3 µm	≥ 0,5 µm	≥ 1,0 µm	≥ 5,0 µm
1			10					
2			100	24	10			
3			1.000	237	102	35		
		<b>M1,5 (1) <sup>2)</sup></b>	1.240	265	106	35		
4			10.000	2.370	1.020	352	83	
		<b>M2,5 (10) <sup>2)</sup></b>	12.400	2.650	1.060	353		
5			100.000	23.700	10.200	3.520	832	
	A / B					3.500		
		<b>M3,5 (100) <sup>2)</sup></b>		26.500	10.600	3.530		
6		<b>M4,5 (1.000) <sup>2)</sup></b>	1.000.000	237.000	102.000	35.200 35.300	8.320	293 247
7						352.000	83.200	2.930
	C					350.000		2.000
		<b>M5,5 (10.000) <sup>2)</sup></b>				353.000		2.470
8						3.520.000	832.000	29.300
	D					3.500.000		20.000
		<b>M6,5 (100.000) <sup>2)</sup></b>				3.530.000		24.700
9						35.200.000	8.320.000	293.000

1) Verschiedene Betriebszustände beachten (abgebildet: Leerlauf).

2) Klasseneinteilung in Kubikfuß.

## Bevorzugte Produktausführung für den Reinraum

Für Reinraumanwendungen sollten bestimmte Produktausführungen bevorzugt verwendet werden. Insbesondere sind die folgenden Punkte für eine verbesserte Reinraumeignung unserer Standardprodukte von Vorteil.

### Korrosionsbeständiger Stahl

- ▶ Er verhindert die Freisetzung von Partikeln, die bei beginnender bzw. im Verlauf von Korrosion entstehen.

### Oberflächenbeschichtungen

- ▶ Wenn kein korrosionsbeständiger Stahl verwendet werden kann, ist eine Oberflächenbeschichtung als Alternative denkbar.

### Schmierstoff

- ▶ Ebenso wie im Standardeinsatz sind für einen Einsatz in Reinräumen geschmierte (vorzugsweise gefettete) Linearführungen zu verwenden. Die Reinraumtauglichkeitsuntersuchungen wurden mit Standardschmierstoffen von Bosch Rexroth durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Kapitel „Bisherige Klassifizierungsergebnisse“ dargestellt. Prinzipiell sind alle Schmierstoffe reinraumtauglich. Auf molekularer und atomarer Ebene findet jedoch immer eine Emission statt, welche ggf. in der Anwendung zu berücksichtigen ist.

## **Einflüsse auf die Einstufung in Reinraumklassen**

Es gibt mehrere Faktoren, die sich bei Produkten der Lineartechnik auf die Reinraumklasseneinstufung auswirken. Besonders zu nennen sind:

### **Verfahrgeschwindigkeit**

- ▶ Je größer die Verfahrgeschwindigkeit ist, desto mehr Partikel werden freigesetzt.

### **Belastung**

- ▶ Die Anzahl der Partikel steigt mit der Belastung, da sich hierdurch die Reibung zwischen den einzelnen Reibpartnern erhöht.

### **Einbaulage**

- ▶ In Reinräumen liegt oft eine laminare Strömung vor. Diese umfließt die einzelnen Komponenten. Je nach individueller Einbaulage kann diese Strömung mehr oder weniger Partikel freisetzen. Am Beispiel einer Bohrung lässt sich dies recht anschaulich verdeutlichen. Wird diese Bohrung seitlich angeströmt, werden die Partikel, welche sich in der Bohrung befinden, weniger stark herausgelöst, als wenn die Strömung direkt auf die Bohrung trifft.

### **Absaugung**

- ▶ Eine Absaugung kann die freigesetzten Partikel idealerweise direkt am Ort der Entstehung aus dem Reinraum entfernen.

## Bisherige Klassifizierungsergebnisse

Die nachfolgende Auflistung zeigt die Ergebnisse der bisher durchgeführten Reinraumtauglichkeitsuntersuchungen. Zertifikate und Prüfbescheinigungen für die aufgelisteten Ergebnisse liegen vor. Bei der Verwendung der Prüfergebnisse ist zu beachten, dass diese Ergebnisse nur für den geprüften Zustand Gültigkeit besitzen. Darüber hinaus wurden alle Untersuchungen bei einer Einschaltdauer von 100% durchgeführt. Geringere Einschaltauern können zu besseren Resultaten führen. Zum Beispiel erfordern andere Einbaulagen oder Verfahrensgeschwindigkeiten für eine exakte Aussage eine erneute Prüfung. Ebenfalls ist das Resultat der Reinraumtauglichkeitsuntersuchung einer Baureihengröße nicht auf die gesamte Baureihe übertragbar.

Bei entsprechender Anforderung kann mit erhöhtem Aufwand und gesondertem Fertigungsablauf erfahrungsgemäß ein um eine Reinraumklasse besseres Ergebnis erzielt werden.

### Profilschienenführungen

Ausführung	Größe	Bemerkung	v [m/s]	Eignung nach	
				DIN EN ISO 14644-1	US Federal Standard 209E <sup>1)</sup>
Mini-KSF	15	gefettet	0,2	Klasse 5	Class 100
			0,4	Klasse 6	Class 1.000
			1,2	Klasse 7	Class 10.000
	12	gefettet	0,2	Klasse 6	Class 1.000
			0,4	Klasse 6	Class 1.000
			1,2	Klasse 6	Class 1.000

1) Norm seit 11/2001 zurückgezogen.

## Linearsysteme

Ausführung	Größe	Bemerkung	v [m/s]	Eignung nach	
				DIN EN ISO 14644-1	US Federal Standard 209E <sup>1)</sup>
PSK	090	mit Blechabdeckung; ohne Antriebselemente	0,1	Klasse 4	Class 10
		mit Blechabdeckung; mit Antriebselementen	0,1	Klasse 5	Class 100
			0,4	Klasse 6	Class 1.000
			1,2	Klasse 8	Class 100.000
CKR	110	mit Antriebselementen; mit Absaugvorrichtung	0,1	Klasse 6	Class 1.000
			0,4	Klasse 7	Class 10.000
			1,2	Klasse 8	Class 100.000
		mit Antriebselementen; ohne Absaugvorrichtung	0,1	Klasse 6	Class 1.000
			0,4	Klasse 6	Class 1.000
			1,2	Klasse 7	Class 10.000
CKK	110	ohne Abdeckband; mit Antriebselementen	0,1	Klasse 7	Class 10.000
			0,4	Klasse 7	Class 10.000
			0,8	Klasse 8	Class 100.000
MKR	080	mit Abdeckband; mit Antriebselementen	0,1	Klasse 4	Class 10
			0,4	Klasse 6	Class 1.000
			1,2	Klasse 7	Class 10.000
		ohne Abdeckband; mit Antriebselementen	0,1	Klasse 3	Class 1
			0,4	Klasse 4	Class 10
			1,2	Klasse 6	Class 1.000
MKK	080	mit Abdeckband; mit Antriebselementen	0,1	Klasse 5	Class 100
			0,4	Klasse 6	Class 1.000
		ohne Abdeckband; mit Antriebselementen	0,1	Klasse 5	Class 100
			0,4	Klasse 7	Class 10.000
		ohne Abdeckband; mit Antriebselementen; mit Absaugvorrichtung	0,1	Klasse 4	Class 10
			0,4	Klasse 5	Class 100

1) Norm seit 11/2001 zurückgezogen.

Weitere Linearsysteme wurden Bosch Rexroth-intern geprüft. Bitte beim Produktbereich Linearsysteme nachfragen.



## Sonstige Hinweise

Bei Reinraumanwendungen sollten die nachfolgend aufgeführten Punkte beachtet werden.

- ▶ Bei Applikationen mit Reinraumanforderungen ist eine pauschale Aussage, ob Produkte von Rexroth eine gewisse Reinraumklasse erreichen, nur sehr schwer zu treffen. Um eine möglichst genaue Abschätzung aufgrund vorhandener Erfahrungswerte machen zu können, sind möglichst viele Informationen notwendig. Dies beinhaltet unter anderem die Verfahrensgeschwindigkeit, vorhandene Belastungen, Einbaulage und Art der Absaugung.
- ▶ Wird eine Zertifizierung inkl. Dokumentation gefordert, sollte unbedingt der Sinn und Zweck hinterfragt werden. Für eine komplette Maschine aufgestellt im Reinraum ist ein Zertifikat über die gesamte Anlage interessant. Das Verhalten einzelner Komponenten ist in der Regel von untergeordneter Bedeutung.
- ▶ Sollten im Fall einer Reinraumanwendung auch Spezifikationen bezüglich Vakuum gefordert sein, ist über das Formulierte hinaus Kapitel „Vakuum“ zu beachten.

# Lebensmittelbereich

## Richtlinien und Normen

Um die strikte Einhaltung der speziellen Vorschriften und Anforderungen im Bereich der Lebensmittelverarbeitung und Verpackung zu gewährleisten und unnötige Gefährdungen auszuschließen, ist es unumgänglich, mit den für diese Branche geltenden Gesetzen vertraut zu sein.

### Internationale Normen



#### ISO 14159

- ▶ Diese Norm regelt die Hygienevorschriften, die bei der Konstruktion von Maschinen zu beachten sind. Sie beschäftigt sich mit mehreren Industriebereichen, darunter auch mit der Lebensmittelverarbeitung. Sie erfüllt die 3-A-Normen und entspricht der Europäischen Norm EN 1672-2.

#### ISO 8086

- ▶ Eine allgemeine Richtlinie zu Inspektionen und Hygienevorschriften in Molkereibetrieben.

### Europäische Gemeinschaft – Richtlinien und Normen



#### Maschinenrichtlinie 2006/42/EU

- ▶ Diese Richtlinie enthält die sicherheitsrelevanten Anforderungen, die bei der Konstruktion von Maschinen zu beachten sind, und behandelt die Bediensicherheit der Maschinen. Sicherheit bedeutet an erster Stelle die Gefahrenvermeidung und erst an zweiter Stelle den Schutz vor Gefahren. Die Maschinenhersteller versehen selbst Ihre Produkte mit dem CE-Zeichen und tragen die volle Verantwortung für die Produktsicherheit. Für den lebensmittelverarbeitenden Bereich gelten darüber hinaus Hygienevorschriften, wie z. B. hinsichtlich der Reinigungsfreundlichkeit und des Einsatzes glatter Flächen.

### Normen für in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzte Maschinen EN 1672-2

- ▶ Nahrungsmittelmaschinen – Sicherheits- und Hygieneanforderungen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Hygieneanforderungen.  
Während sich die Maschinenrichtlinie nur mit der Bediensicherheit befasst, enthält diese Norm Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren für den Bediener (1672-1) und den Konsumenten (1672-2). Die Norm gilt für alle Maschinen, die in der Lebensmittelproduktion eingesetzt werden. Sie behandelt nicht nur die Bandfertigung, sondern auch losweise Verarbeitung, sowohl in offenen als auch in geschlossenen Prozessen.

### Verordnung EUV 852/2004 für Lebensmittelhygiene

- ▶ Diese Vorschriften beinhalten Regeln zur Hygienesicherung in der lebensmittelverarbeitenden Industrie (siehe HACCP).

### Kunststoffverordnung EUV 10/2011

- ▶ Listet auf, welche Kunststoffe in der lebensmittelverarbeitenden Industrie zugelassen sind.

**Verpackungsmaschinensicherheitsnorm EN415**

- ▶ Diese Norm, zum Teil noch in Vorbereitung, soll die Sicherheitsanforderungen bei Entwurf, Konstruktion, Einbau, Inbetriebnahme, Betrieb, Einstellung, Wartung, Außerbetriebnahme und Verschrottung verschiedener Arten von Verpackungsmaschinen und -geräten regeln.

**Weitere Normen und Richtlinien**

- ▶ **DIN 10516:** Diese Norm bietet eine Hilfestellung bei der Auswahl und Durchführung geeigneter Maßnahmen zur Reinigung und Desinfizierung von Anlagen und Geräten, die in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt werden.
- ▶ **ISO 20653:** Normierung der elektrischen Einrichtungen von Straßenfahrzeugen, mit Definitionen des Schutzes vor äußeren Einflüssen bei den einzelnen Schutzarten (IP-Codes).

**Organisationen**

Für weitere Informationen stehen weltweit zahlreiche Organisationen als Ansprechpartner bereit.

**FDA**

- ▶ Die US-amerikanische Gesundheitsbehörde FDA (Food and Drug Administration) hat die Aufgabe, die öffentliche Gesundheit in den Vereinigten Staaten zu fördern und zu schützen, indem sie sicheren und effektiven Produkten zu einem schnellen Zugang zum Markt verhilft und die dauerhafte Sicherheit verwendeter Produkte überwacht. Der „Code of Federal Regulations“, der von der FDA herausgegeben wird, ist ein wichtiges Nachschlagewerk für zugelassene technische Materialien.

**3-A**

- ▶ Der “Sanitary Standards Symbol Administrative Council” (Verwaltungsrat des Symbols für Gesundheits- und Hygienestandards), branchenintern als 3-A bekannt, erlaubt die Benutzung des 3-A-Symbols für Molkerei- und Nahrungsmittelmaschinen und -geräte, die hinsichtlich der Konstruktion und Fertigung den 3-A-Hygienestandards entsprechen. Diese US-amerikanische Organisation verfügt über beträchtliche Erfahrung bei der Aufstellung von freiwilligen Normen für die Nahrungsmittelindustrie, insbesondere im Bereich der Molkereibetriebe.

**EHEDG**

- ▶ Die European Hygienic Engineering & Design Group ist eine unabhängige Gruppe, die an der Aufstellung von wichtigen Testleitlinien und -verfahren zur Gewährleistung der Sicherheit bei der Lebensmittelproduktion arbeitet. Die Gruppe besteht aus Vertretern von Maschinenherstellern und Vertretern der zuständigen Behörden.

## Gefahrenanalyse

Das HACCP-System (Hazard Analysis Critical Control Point System) gilt als effektives und rationales Verfahren zur Gewährleistung der Lebensmittelsicherheit. Gemäß der europäischen Verordnung EUV 852/2004 muss diese Risikoanalyse im Bereich der Lebensmittelproduktion angewandt werden. Hierbei soll jedoch nicht für jedes einzelne Produkt ein spezieller HACCP-Plan aufgestellt werden, vielmehr sind von den betreffenden Herstellern HACCP-Systeme einzurichten, die an die jeweiligen Verarbeitungsbedingungen anzupassen sind.

### Definitionen

#### Control Point (CP)

- ▶ Dieser Begriff bezeichnet jeden Punkt oder jeden Prozess innerhalb eines bestimmten Lebensmittelverarbeitungssystems, an dem keine unannehmbare Gesundheitsgefährdung entstehen kann, wenn er nicht beherrscht wird.

#### Critical Control Point (CCP)

- ▶ Dieser Begriff bezeichnet jeden Punkt oder jeden Prozess innerhalb eines bestimmten Lebensmittelverarbeitungssystems, an dem eine unannehmbare Gesundheitsgefährdung entstehen kann, wenn er nicht beherrscht wird.

### Spezielle Gefahren

Mit HACCP sollen spezielle Gefahren offengelegt werden (biologische, chemische und physikalische).

#### Biologische Gefahren

- ▶ Diese erste von drei Gefahrenklassen umfasst biologische und mikrobiologische Gefahren und kann unterteilt werden in drei weitere Klassen: Bakterien, Viren und Parasiten (Protozoen und Würmer).

#### Chemische Gefahren

- ▶ Chemikalien sind Substanzen, die bei einem chemischen Prozess verwendet werden oder bei einem solchen entstehen. Alle Lebensmittelprodukte bestehen aus Chemikalien, und alle Chemikalien können je nach Dosis giftig sein.

#### Physikalische Gefahren

- ▶ Physikalische Gefahren werden oftmals als externe Substanzen oder Fremdkörper beschrieben. Hierin eingeschlossen sind alle physikalischen Materialien, die nicht natürlich in Lebensmitteln vorkommen und die zu Erkrankungen (einschließlich psychologischer) oder Verletzungen führen können (Corlett, 1991).

## Aufbau des HACCP-Plans

Ein HACCP-Plan könnte beispielsweise aus sieben Teilen bestehen. Andere Varianten sind möglich.

### Gefahrenanalyse

- ▶ Alle möglichen Gefahren erkennen und nach Gefahrenklasse einstufen. Außerdem muss aufgezeigt werden, wie diese Gefahren vermieden werden können.

### Bestimmen des Critical Control Point

- ▶ Für jeden Produktionsprozess sind die "Critical Control Points" (CCPs) zu bestimmen.

### Festlegen von Grenzwerten

- ▶ Für jeden Critical Control Point sind Grenzwerte oder -kriterien festzulegen.

### CCPs beseitigen oder überwachen

- ▶ Die Beseitigung der CCPs ist die beste Lösung. Ist dies nicht möglich, muss ein System zur Überwachung der CCPs eingerichtet werden (z. B. welcher CCP von wem wie oft zu überwachen ist).

### Korrekturmaßnahmen festlegen

- ▶ Für den Fall, dass die Grenzwerte/-kriterien nicht eingehalten werden, müssen Korrekturmaßnahmen bestimmt werden.

### Standardverfahren einrichten

- ▶ Standardverfahren sind zu bestimmen, mit denen gewährleistet ist, dass die festgelegten Prozesse und Maßnahmen eingehalten werden. (Überwachung von CCPs: Grenzwerte festlegen; CCPs beseitigen oder überwachen; Korrekturmaßnahmen festlegen).

### Dokumentation einführen

- ▶ Das HACCP-System muss dokumentiert werden.

## Produktanforderungen für spezielle Bereiche

An die verschiedenen Verarbeitungsbereiche werden unterschiedliche Anforderungen gestellt. Für Komponenten aus der Lineartechnik bedeutet das eine Vielzahl von speziellen Anforderungen, die ein Produkt erfüllen muss.


Die in der Lebensmittelproduktion verwendeten Komponenten müssen zur Vorbeugung von mikrobiologischer Verunreinigung leicht zu pflegen sein. Die Komponenten müssen also einfach zu reinigen und vor Verunreinigung geschützt sein.

In der Regel kommen Komponenten aus der Lineartechnik zwar nicht mit Lebensmitteln in Berührung. Ist dies dennoch der Fall, muss die Oberfläche lebensmittelbeständig sein. Darüber hinaus müssen diese Oberflächen leicht zugänglich sein, um sowohl die Sichtkontrolle als auch die manuelle Reinigung zu ermöglichen.


## Produktionsbereiche

Die Norm EN 1672-2 definiert drei verschiedene Bereiche mit unterschiedlichen Anforderungen an die Auswahl von Komponenten aus der Lineartechnik.


### Lebensmittelbereich

- ▶  Dieser Bereich umfasst alle Flächen, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen oder kommen könnten und bei denen die Gefahr besteht, dass verspritztes Material wieder in den Verarbeitungsprozess gerät. Neben den allgemeinen Anforderungen müssen die verwendeten Materialien korrosionsbeständig und nicht absorbierend sein. Die Bauweise muss eine gründliche und vollständige Reinigung ermöglichen, die Oberfläche muss so beschaffen sein, dass keine Partikel sich in Vertiefungen ablagern können. Gewindebolzen, Schrauben usw. sollten nicht verwendet werden. Die Oberflächen sollten selbstablaufend sein und frei von schwer zugänglichen Vertiefungen und Toträumen. Zur Schmierung sind lebensmittelgeeignete Schmiermittel zu verwenden. Bei Gefahr der Kreuzkontamination gelten diese Anforderungen gleichermaßen für alle anderen Bereiche.

### Spritzbereich

- ▶  Hierzu gehören Oberflächen, die von Lebensmittelspritzern getroffen werden können bzw. an denen Lebensmittel vorbeigeführt werden, diese Materialien aber nicht wieder in den Verarbeitungsprozess gelangen. Die Anforderungen an Materialien und Konstruktion ähneln denen im Nahrungsmittelbereich, sind aber weniger streng. Nicht lebensmittelgeeignete Schmiermittel können eingesetzt werden, sofern dies keinen negativen Einfluss auf das Lebensmittelprodukt hat.


### Nicht-Lebensmittelbereich

- ▶  Alle Bereiche, die weder zum Lebensmittel- noch zum Spritzbereich gehören. Es gelten die allgemeinen Anforderungen. Frei liegende Oberflächen sollten aus korrosionsbeständigen oder korrosionsgeschützten Materialien bestehen. Die Flächen sollten gut zu reinigen und möglichst selbstablaufend sein.


## Arbeitsbereiche

Unabhängig von der Art des Produktionsbereichs sollte man bei der Auswahl von Komponenten und Materialien unterscheiden zwischen Trocken- und Nassbereichen. Diese können wie folgt definiert werden.

### Nassarbeitsbereiche

- ▶  Bereiche, in denen flüssige, feuchte oder klebrige Lebensmittel um Maschinen-teile herumfließen oder in denen nass gereinigt oder desinfiziert wird. Komponenten aus der Lineartechnik müssen entsprechend der bekannten Faktoren Druck und Zeitdauer, unter denen sie diesen Bedingungen ausgesetzt sind, ausgewählt werden.

### Trockenarbeitsbereiche

- ▶  Bereiche, in denen kein Wasser bzw. kein nasses Material in Kontakt mit Maschinenteilen kommen kann und in denen die relative Luftfeuchtigkeit gleich der im normalen Bereich ist (bis 70%).

# Reinigung

Unabhängig von der Frage, ob es sich um Trocken- oder um Nassreinigung handelt, ist die Reinigung eine Grundvoraussetzung für die Hygiene in der Nahrungsmittelindustrie.

## Materialauswahl

Die Materialauswahl für Maschinen und Geräte in der Nahrungsmittel- und Verpackungsindustrie richtet sich auch nach den verwendeten Reinigungsmitteln und Reinigungsmethoden. Anders herum kann durch eine gelungene hygienegerechte Konstruktion die Reinigung in kürzerer Zeit bei niedrigeren Temperaturen und mit weniger aggressiven Reinigern erfolgen, was wiederum Zeit und Kosten einspart.

Bei der Auswahl der richtigen Komponenten für einen bestimmten Einsatzzweck, muss hinsichtlich ihrer Reinigungsbeständigkeit darauf geachtet werden, welche Korrosionsfestigkeit sie besitzen, ob sie hygienisch geeignet sind und ob sie über die entsprechende elektrische Schutzklasse verfügen.

## Reiniger

Die Reinigung von Maschinen und Geräten zur Lebensmittelverarbeitung muss gemäß den Anweisungen der Hersteller erfolgen. Dies gilt auch hinsichtlich der Verwendung des Reinigungsmittels. Es ist von großer Bedeutung, dass Materialien, Reiniger und Reinigungsmethode miteinander verträglich sind.

Die auf der folgenden Seite dargestellten Einstufungen basieren zum einen auf Angaben führender Reinigungsmittellieferanten, zum anderen auf eigener Praxiserfahrung. Die wichtigsten Ausnahmen von den oben getroffenen Aussagen, die sich im Laufe jahrelanger Erfahrung ergeben haben, sind folgende:

Werden POM-Kunststoffe (Polyoxymethylen) nach der Reinigung mit Säure nicht ordnungsgemäß getrocknet, besteht die Gefahr der Formaldehydbildung. Die Eigenschaften der Kunststoffe variieren in der Regel je nach Einzelfall und je nach verwendeter Materialqualität. Die Absorptionsgefahr darf daher nicht außer Acht gelassen werden. Nach unseren eigenen Erfahrungen ist das Verhalten von Kunststoffmaterialien in der Nahrungsmittelindustrie besser als die Tabellen annehmen lassen.

Unlegierter Stahl ist beständig gegenüber alkalischen Reinigungsmitteln. Der Unterschied zwischen rostfreiem Stahl und unlegierten Stählen tritt in stark sauren Umgebungen zu Tage. In Reinigern wird nämlich häufig Phosphorsäure verwendet, und gegenüber dieser Säure sind qualitativ weniger hochwertige Stähle, wie z. B. AISI 420, nur kurzzeitig beständig. Die verwendeten Reinigungsmittel enthalten allerdings für gewöhnlich auch Hemmstoffe zum Schutz des Materials. Eine der größten Gefahren ist die galvanische Korrosion, die eintritt, wenn beispielsweise Edelstahl in nasser Umgebung mit Aluminium in Kontakt kommt. Aluminium ist weder unter stark alkalischen noch unter stark sauren Bedingungen beständig. Seine Beständigkeit kann durch Anodisieren oder Lackieren gesteigert werden. Die dabei erreichte Verbesserung hängt jedoch von der Qualität der Oberflächenbearbeitung ab.

Generell sind Oberflächenbehandlungen nur so lange gut, wie die Beschichtung intakt ist. Bei Beschädigungen können sie hingegen häufig zu verstärkter Korrosion führen.

Korrosionsbeständigkeitsklassen		Hygieneklassen		Schutzklassen	
Klasse	Materialien	Klasse	Konstruktion	Klasse	Schutz vor Berührung, Eindringen von Fremdkörpern und Wasser
<b>1</b>	- säurebeständig, rostfreier Stahl - Kunststoffe, z. B. PVC, Polyethylen, PTFE, Silikonkautschuk	<b>1</b>	Hygienegerechte Konstruktion - glatte Flächen (keine Ritzen oder Poren) - abgerundete Ecken und Kanten - keine Toträume - selbstablaufend	<b>1</b>	Hohe Schutzklasse IP 67 (4). Schutz vor Eindringen von Staub, Wasser und Reinigungsmitteln. Wasser darf nicht eindringen, wenn das Betriebsmittel unter festgelegten Druck- und Zeitbedingungen in Wasser eingetaucht wird.
<b>2</b>	- hartverchromter Stahl - Stähle, wie z. B. AISI 420,430F - vernickelter Stahl und Messing - chemisch vernickeltes und anodisiertes Aluminium - Kunststoffe, wie z. B. Polyamid 6.6, POM, Gummi, PU, Nitrilkautschuk, NBR, Perbunan	<b>2</b>	Saubere Konstruktion - einige Toträume vorhanden - selbstablaufend	<b>2</b>	Mittlere Schutzklasse IP 65 (4). Schutz vor Eindringen von Staub und Strahlwasser. Ein auf das Betriebsmittel von allen Seiten einwirkender Wasserstrahl aus einer Düse darf keine negativen Auswirkungen haben.
<b>3</b>	- verzinkter Stahl - Bronze, Messing, Zink - Kunststoffe wie Polycarbonat - unbehandeltes Aluminium	<b>3</b>	Standardbauweise - keine vollständige Vermeidung von Toträumen - noch befriedigende Reinigungsfreundlichkeit		

1 = hervorragend, 2 = gut, 3 = normal

■ Mögliche Einsatzgebiete für Komponenten aus der Lineartechnik.



## Hygienegerechte Konstruktion

Die folgenden Faktoren sind von entscheidender Bedeutung für die Gewährleistung einer hygienegerechten Konstruktion in Gefahrenbereichen, die durch ein Kontrollsystem, wie z.B. HACCP, definiert wurden.

### Lager

- ▶ Lager sollten, sofern irgend möglich, nicht in den Bereichen montiert sein, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen. Lager in Nahrungsmittelbereichen sind mit Lebensmittelschmiermitteln zu schmieren und so zu montieren, dass sie den freien Fluss von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln nicht behindern.

### Spalten

- ▶ Wirken sich infolge von Oberflächenbeschädigungen (Kratzer, Risse) bei der Reinigung negativ aus. Glattflächige Bauformen entsprechend den betrieblichen und hygienischen Anforderungen sind hier zu bevorzugen.

### Toträume

- ▶ Stellen, an denen sich Produkt/Produktzutaten, Reinigungs-, Desinfektionsmittel oder Verschmutzungen absetzen bzw. bei der Reinigung nur unvollständig entfernt werden können, sind zu vermeiden oder aber mit einer Ablaufmöglichkeit zu versehen und ggf. so zu gestalten, dass sie leicht zu reinigen und zu desinfizieren sind.

### Ablauf

- ▶ Selbstablaufende Konstruktion und Oberflächenbehandlung, bei der an keinen Stellen Flüssigkeiten zurückbleiben können. Falls nicht anders möglich, Gewährleistung einfacher Entfernungsmöglichkeiten von zurückbleibenden Flüssigkeitsmengen.

### Befestigungselemente mit Gewinde

- ▶ Befestigungselemente, wie z. B. Schrauben, Bolzen, Nieten usw. sind hygienisch bedenklich und sollten vermieden werden. Falls unumgänglich, sind sie so zu platzieren, dass sie leicht gereinigt und desinfiziert werden können.

### Innenwinkel und -ecken

- ▶ Zur Gewährleistung höchstmöglicher Durchflussmengen der Reinigungs- und Desinfektionsmittel sowie zu Gefahrenvermeidung müssen Ecken in geeigneten Radien ausgeführt und spitze Winkel vermieden werden.

### Verbindungen

- ▶ Direktes Aneinanderfügen von Metall an Metall ist zu vermeiden; dauerhaft zu verbindende Teile sollten fehlerfrei miteinander verschweißt werden. Demontierbare Verbindungen müssen absolut hygienisch sein.

### Dichtungen

- ▶ Abdichten oder Ausfüllen von Bereichen, an denen unerwünschtes Eindringen oder Austreten von Materialien verhindert werden soll.

# Schmierstoffe für den Lebensmittelbereich

## Grundlagen

Die **NSF (National Sanitation Foundation)** stuft wie vormals die **FDA (Food & Drug Administration)** lebensmittelgerechte Schmierstoffe nach Vorgabe der **USDA (United States Department of Agriculture)** in zwei Kategorien ein:

H1	H2
Zulässig für den gelegentlichen Kontakt mit Lebensmitteln.	Zulässig im Lebensmittelbereich, aber nicht im direkten Kontakt mit Lebensmitteln.

Nach H1 zugelassene Produkte können als Schmierstoff, Trennmittel oder Rostschutzfilm für Geräte und Maschinenteile verwendet werden, wo ein gelegentlicher Kontakt mit Lebensmitteln möglich ist. Es ist höchstens so viel Schmierstoff zu verwenden wie notwendig, um die gewünschte technische Wirkung zu erreichen. Rostschutzfilme müssen rückstandsfrei entfernbar sein.

Produkte mit der Zulassung nach H2 können als Schmierstoff, Trennmittel oder Rostschutzfilm für Geräte und Maschinen dort eingesetzt werden, wo keine Möglichkeit der Berührung mit Lebensmitteln besteht.

In der NSF-Zulassung steht neben der Produktbezeichnung der Kategorie Kode „H1“ oder „H2“ eine NSF Registration No. xxxxxx.

In den noch gültigen FDA-Zulassungen steht nicht „H1“ oder „H2“, sondern die beschreibende Form.

Die Zulassungen behalten so lange ihre Gültigkeit und werden weltweit anerkannt, wie die Produkte die den Zulassungen entsprechen und mit den Bezeichnungen identisch sind.

## Geeignete Schmierstoffe für Produkte der Rexroth Lineartechnik

Bevor die Entscheidung für ein Schmiermittel fällt, wird anhand des HACCP-Systems festgestellt, wie groß das Risiko einer Lebensmittelverschmutzung ist.

Kann ein solches Risiko nicht ausgeschlossen werden, müssen NSF H1-Schmiermittel eingesetzt werden. NSF H1-Schmiermittel gehören zu den Lebensmittelschmiermitteln (Food Grade Lubricants), sind gesetzlich zugelassen und international anerkannt, nicht gesundheitsschädigend sowie geschmacksneutral.

Lebensmittelschmiermittel erfüllen gleichzeitig technische, chemische und mikrobiologische Anforderungen und sind in ihrer Schmierfähigkeit vergleichbar mit normalen Industrieschmiermitteln.

Bei Bosch Rexroth wurden verschiedene Schmierstoffe hinsichtlich ihrer tribologischen Eignung in unseren Produkten und der Verträglichkeit zu den verwendeten Kunststoffteilen (speziell dem Kugelkettenwerkstoff) getestet und als geeignet eingestuft.

Die geprüften Schmiermittel können bei Bosch Rexroth erfragt werden. Bei diesen Schmierstoffen ist gegenüber den Katalogangaben mit einer Halbierung des Nachschmierintervalls zu rechnen.

## Mischbarkeit und Konservierung

H1-Schmierstoffe bzw. -Trennmittel (Konservierungsmittel) haben nur dann die H1-Zulassung, wenn sie im ungemischten Zustand vorliegen (auch in der Schmierstelle). Eine Mischung zweier H1 zugelassener Schmierstoffe hat keine H1-Zulassung.

## Kunststoffe im Lebensmittelbereich

Fast alle der in Rexroth-Produkten verwendeten Kunststoffe haben hinsichtlich der Verwendbarkeit im Lebensmittelbereich **keine Freigabe** nach **BGA, FDA** und **NSF** (Ausnahme siehe „Produkte von Bosch Rexroth für den Einsatz in Food & Packaging“).

## Sonstige Hinweise

- ▶ Rexroth-Produkte sind nicht im direkten Kontakt mit Lebensmitteln einsetzbar.
- ▶ Im „indirekten“ Bereich (d. h. keine Möglichkeit der direkten Berührung mit Lebensmitteln) können Rexroth-Produkte in enger Abstimmung mit dem Kunden eingesetzt werden (siehe auch Kapitel „Produkte von Bosch Rexroth für den Einsatz in Food & Packaging“).
- ▶ Auch Peripherie- und Zukaufteile wie Lager, Getriebe usw. müssen hinsichtlich ihrer Eignung im Lebensmittelbereich (Schmierstoff, Kunststoff-Verträglichkeit) geprüft werden → Abklärung mit Herstellern, Lieferanten.
- ▶ In der Lebensmittelindustrie sind die Produkte oft einem Säureangriff ausgesetzt (Milch, Apfelsaft). Deshalb wird korrosionsbeständiger Stahl verwendet, Beschichtungen genügen i. d. R. nicht. Ebenso ist von Aluminiumwerkstoffen abzusehen.
- ▶ Anlagen werden teilweise mit Hochdruckreinigern und speziellen Reinigungsmitteln gesäubert. Speziell diese Reinigungszusätze können sich stark negativ auf die Kunststoffteile (Angriff, Aufquellen) und den eingesetzten Stahl (Korrosion) auswirken. Die Mehrzahl unserer Produkte ist dafür nicht ausgelegt. Eine Prüfung im Einzelfall ist daher unbedingt erforderlich.
- ▶ Ablagerungen (z. B. auf der Kugelschiene) müssen beobachtet werden. Die Produkte der Lineartechnik müssen also entsprechend geschützt verbaut werden.
- ▶ Es ist immer mit einer kleinen Verunreinigung des Schmiermittels durch Kunststoffabrieb (Dichtungsabrieb) zu rechnen (siehe Bild). Ein Abtropfen bzw. Abschleudern des Schmiermittels kann zur Kontamination von Lebensmitteln bzw. mit Lebensmitteln in direkten Kontakt stehenden Komponenten führen.
- ▶ Abhilfe: Es muss ausgeschlossen sein, dass verunreinigter Schmierstoff durch Abtropfen, Abschleudern oder auf anderem Weg in Lebensmittel bzw. auf mit Lebensmitteln in direkten Kontakt stehenden Komponenten gelangen kann.



Verunreinigung des Schmiermittels durch Kunststoffabrieb auf der Führungsschiene

## Produkte von Bosch Rexroth für den Einsatz in Food & Packaging

Für den Einsatz in der Verpackungsindustrie und in Bereichen der Lebensmittelbranche hat Bosch Rexroth die Kugelschienenführung NRFG, das Linearmodul MKR-080-FP-2 und den Elektromechanischen Zylinder EMC-xxx-xx-2 entwickelt.

### **Kugelschienenführung NRFG in Produktionsbereichen nach EN 1672-2**

Diese Kugelschienenführung besteht ausschließlich aus korrosionsbeständigem Stahl nach DIN EN 10088 und AISI / NSF51 und den Kunststoffen TPE und POM. Die Kunststoffteile sind aus zertifiziertem Material nach der Kunststoffverordnung EUV 10/2011 und FDA21CFR.

#### **Lebensmittelbereich**

- ▶ Der Einsatz von Kugelschienenführungen NRFG ist nicht zulässig, weil:
  - konstruktionsbedingt Spalten und Toträume vorhanden sind,
  - eine vollständige Reinigung der Kugelwagen NRFG nicht möglich ist,
  - die Oberflächen der Kugelschienenführungen NRFG nicht selbstablaufend sind,
  - die Gefahr besteht, dass Lebensmittelspritzer wieder in den Verarbeitungsprozess gelangen.

#### **Spritzbereich**

Der Einsatz von Kugelschienenführungen NRFG ist mit Einschränkungen zulässig, falls:

- die Anschlusskonstruktion eine trennende Schutzeinrichtung oder Abschirmung der Kugelschienenführung NRFG gegen Lebensmittelspritzern besitzt,
- klebrige und säurehaltige Flüssigkeiten nicht an die Kugelschienenführung NRFG gelangen.

#### **Nicht-Lebensmittelbereich**

Der Einsatz von Kugelschienenführungen NRFG ist im Nicht-Lebensmittelbereich zulässig, wenn:

- die Bereiche weder zum Lebensmittel- noch zum Spritzbereich gehören,
- die allgemeinen Anforderungen gültig sind,
- frei liegende Oberflächen aus korrosionsbeständigen Werkstoffen bestehen,
- die Flächen gut zu reinigen und möglichst selbstablaufend sind.

Unabhängig von der Art des Produktionsbereichs sollte man bei der Auswahl von Kugelschienenführungen NRFG unterscheiden zwischen Nassarbeits- und Trockenarbeitsbereichen.

#### **Nassarbeitsbereiche**

- ▶ Kugelschienenführungen NRFG sollten in diesen Bereichen eine Anschlusskonstruktion mit einer trennenden Schutzeinrichtung oder Abschirmung aufweisen.

#### **Trockenarbeitsbereiche**

- ▶ Der Einsatz von Kugelschienenführungen NRFG ist zulässig.

## **Linearmodul MKR-080-FP-2**

Das Linearmodul für Food & Packaging ist für den Einsatz in Umgebungen konzipiert, bei denen es auf Hygiene und Reinigungsfreundlichkeit ankommt. Das MKR-080-FP-2 ist mit Kugelschienenführung und Zahnriementrieb ausgestattet. Der Hauptkörper ist ein kompaktes, eloxiertes Aluminiumprofil ohne Nuten mit glatter Oberfläche. Dadurch ist es besonders reinigungsfreundlich. Die Abdeckung besteht aus ein nichtrostendem Stahlband nach DIN EN 10088.

## **Elektromechanischer Zylinder EMC-xxx-xx-2**

Das hygienegerechte Design des EMC mit glatten Oberflächen verhindert das Festsetzen von Schmutz und ermöglicht eine einfache Reinigung des Zylinders. Eine Erstbefettung mit NSF-H1 Fett ist optional verfügbar.

Bei Wahl der Gehäuseoption IP65 erfüllt der Zylinder die Vorgaben nach IEC 60529 und ist somit dicht gegen Schmutz und Strahlwasser.

Die Option IP65+R (resistent) bietet zusätzlich chemikalienbeständige Dichtungen zwischen Deckel bzw. Boden und dem Aluminiumprofil. Das Material für die Dichtung an der Kolbenstange ist kompatibel mit allen wasserbasierten und alkalischen Reinigungsmitteln und konform zu FDA 21 CFR 177.1520. Der Schmieranschluss, der Anschluss für Druckausgleich und die Sechskantmutter sind aus Edelstahl.

# Vakuum

## Grundlagen

Vakuum ist der Zustand eines Gases, wenn der Druck des Gases niedriger ist als 300 mbar, d. h. kleiner als der niedrigste auf der Erdoberfläche vorkommende Atmosphärendruck ( $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ ;  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ Nm}^{-2}$ ).

Vakuumbereich	Druck [mbar]
Großvakuum GV	1000...1
Feinvakuum FV	$1 \dots 10^{-3}$
Hochvakuum HV	$10^{-3} \dots 10^{-7}$
Ultrahochvakuum UHV	$< 10^{-7}$

Quelle: DIN 28400 Teil 1

Grundsätzlich gibt es den unerwünschten Effekt des **Ausgasens**. Dieser Effekt tritt dann im Vakuum auf, wenn die kinetische Energie der Teilchen größer ist, als deren Bindungsenergie. Mit **Ausgasen** wird allgemein das Freisetzen von Gasen aus flüssigen oder festen Stoffen bezeichnet. Es handelt sich um eine Summation folgender Phänomene:

- ▶ **Desorption** ist der Vorgang, bei dem Fremdatome bzw. Moleküle (meist  $\text{H}_2\text{O}$ ) die Oberfläche eines Festkörpers verlassen (Umkehrvorgang zur Adsorption). Die desorbierten Teilchen besitzen genügend Energie, um die Bindungsenergie zum Festkörper zu überwinden. Die Desorption findet überwiegend an der Oberfläche von Festkörpern statt.
- ▶ **Verdampfung** ist der Übergang eines Reinstoffes vom flüssigen in den gasförmigen Zustand am Siedepunkt und der Übergang eines Stoffgemisches (z. B. Öle, Kunststoffe) vom flüssigen in den gasförmigen Zustand im Siedebereich. Der Unterschied zum Verdunsten liegt darin, dass beim Verdunsten der Übergang in den gasförmigen Zustand ohne Erreichen des Siedepunktes erfolgt.
- ▶ **Sublimation** ist der Prozess eines unmittelbaren Übergangs eines Stoffes vom festen in den gasförmigen Zustand. So gefriert Wasser bei einer Evakuierung (Verringerung des Gefrierpunkts durch Druckreduktion); das entstehende Eis sublimiert langsam und kontaminiert lange Zeit das Vakuum, was die Evakuierung stört.

## Werkstoffe

Folgende Punkte sind zu beachten:

- ▶ Bei zu hoher Ausgasung und/oder Verdampfung sind die angestrebten Vakuumdrücke u. U. nicht erreichbar.
- ▶ Poröse Oberflächen und Materialien neigen zu verstärkter Ausgasung. Besonders Gusswerkstoffe enthalten Hohlräume (Lunker). Aufgrund der porösen Zusammensetzung kann beim Evakuieren Luft „aussickern“ und so die Erzeugung des Vakuums stören bzw. verhindern.
- ▶ Unerwünschte Wechselwirkungen der ins Vakuum eingebrachten Werkstoffe mit dem im Vakuum ablaufenden Prozess sind zu vermeiden.
- ▶ Das Verhältnis der Ausgasung von Kunststoff zu Stahl liegt zwischen 100 und 1000. Ein Ersatz von Kunststoff-Komponenten durch Stahl-Bauteile ist daher hilfreich.
- ▶ Das Verhältnis der im Vakuumraum befindlichen Kunststoffoberfläche bzw. -menge sowie der Schmierstoffoberfläche und -menge zur Stahloberfläche (inkl. Behälterwand) kann ein Bewertungskriterium dafür sein, ob diese Medien aufgrund ihrer Ausgasung/ Verdampfung das Vakuum hier vergleichsweise stark stören.
- ▶ Auf Sauberkeit ist unbedingt zu achten, da sowohl die Verunreinigung selbst als auch in ihr eingeschlossene Medien ausgasen bzw. verdampfen können.

## Kunststoffe und Schmierstoffe

Der Sättigungsdampfdruck von Wasser bei 20 °C beträgt 23 mbar. Der Startpunkt für die Desorption kann deshalb in etwa an dieser Stelle angesetzt werden.

Insbesondere bei Kunststoffen und Schmierstoffen sind Ausgasung und Verdampfung druck- und temperaturabhängige Größen. Kunststoffe stellen in der Regel bei Raumtemperatur keine Probleme im Vakuum bis ca. 10<sup>-4</sup> mbar dar. Für den Grobvakuum-Bereich und Teilen des Feinvakuum-Bereiches, d. h. bei Drücken bis ca. 10<sup>-2</sup> mbar kann erfahrungsgemäß das Standardfett von Bosch Rexroth bei Temperaturen unter +40 °C verwendet werden.

Standard-Fett verliert unter stärkerem Vakuum, bei entsprechender Temperatur und Einwirkdauer an Schmierfähigkeit durch Abspaltung des Grundöls. Vakuum-Fette verwenden daher häufig Grundöle mit geringem Dampfdruck auf Fluorbasis (Polyfluorpolyether PFPE).

Im Bereich von 10<sup>-2</sup> mbar bis 10<sup>-6</sup> mbar bzw. bei Drücken bis 10<sup>-2</sup> mbar und höheren Temperaturen als 40 °C sind solche vakuumtaugliche Schmierstoffe zu verwenden, deren Einsatzbarkeit in Verbindung mit unseren Produkten zu prüfen ist. Diese Schmierstoffe müssen folgende Anforderungen erfüllen bzw. Eigenschaften besitzen:

- ▶ Eignung zur Schmierung von Wälzlagern
- ▶ Idealerweise Funktion als Korrosionsschutz
- ▶ Wärmebeständigkeit
- ▶ Niedrigste Dampfdrücke über einen weiten Temperaturbereich
- ▶ Chemische Beständigkeit gegenüber den im Vakuum vorhandenen Medien
- ▶ Geringe Wasseraufnahme
- ▶ Vermeidung von Wechselwirkungen des Schmierstoffes und der mit dem Schmiermittel in Kontakt stehenden Kunststoffteile

Die Verwendung dieser Schmierstoffe setzt eine vorherige Reinigung der Schmierstelle mit einem auf den Schmierstoff abgestimmten Reinigungsmittel voraus. Ein Wechsel von einem Schmiermitteltyp auf einen anderen ist nicht möglich, da ein sortenreiner Einsatz von Schmierstoffen erforderlich ist. Auch sollte beim Einsatz von Rexroth-Produkten im Vakuum von der herkömmlichen Konservierung abgesehen werden, um Wechselwirkung mit dem vakuumtauglichen Schmierstoff sowie die Kontamination des Vakuums zu vermeiden.

Die in den Produktkatalogen angegebenen Schmierintervalle gelten nicht für den Einsatz im Vakuum.

Ausgasung und Ausdampfen können Schmierstoffe unbrauchbar machen (Verlust der Schmierfunktion) und Kunststoffe maßlich verändern bzw. verspröden lassen sowie die Erzeugung des Vakuums stören. Außerdem kann dadurch die Luftqualität negativ beeinflusst bzw. kontaminiert werden (siehe Kapitel „Reinraum“).

Der im Vakuum ablaufende Prozess sollte kohlenwasserstoffverträglich sein, damit verdampfender Schmierstoff nicht den Prozess stört.

Prinzipiell sind alle Schmierstoffe vakuumtauglich. Der gewünschte Vakuumbereich definiert die Schmierstoff-Art.

Bei welchem Vakuumbereich Standard-Schmierstoffe zum Einsatz kommen können und wann verdampfungsarme Schmierstoffe eingesetzt werden müssen, ist aus nachfolgender Grafik ersichtlich.

Vakuumbereich	UHV			HV				FV			GV			mbar
	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	
	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	Pa
Verdampfungsarme Schmierstoffe								Standard-Schmierstoffe						
Sortenreiner Einsatz notwendig. Bauteile müssen vorher gereinigt werden. Geschlossenporiger Schmiereinsatz notwendig (Verhärtung).								Standard-Produkte <b>GV</b> ... Grobvakuum <b>FV</b> ... Feinvakuum <b>HV</b> ... Hochvakuum <b>UHV</b> ... Ultrahochvakuum						

## Metallwerkstoffe

Beim Einsatz im Vakuum sollten bevorzugt korrosionsbeständige Materialien verwendet werden, um die Gefahr von Korrosion zu vermeiden. Der Hintergrund ist, dass eine Rostschicht sehr porös ist, was zu verstärkter Ausgasung führt. Aluminium sollte nach Möglichkeit nicht eloxiert sein, da die Eloxalbeschichtung einen sehr porösen Aufbau aufweist.

## Produkte der Lineartechnik im Vakuum

Aufgrund der Wechselwirkungen aller Einflussgrößen (Werkstoff, Schmierstoffzusammensetzung, Druck, Temperatur, am Prozess beteiligte Medien, etc.) lässt sich keine pauschale Aussage aller Produkte für den Einsatz im Vakuum aussprechen. Vielmehr ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Tauglichkeit vorliegt (vgl. Kapitel „Kunststoffe und Schmierstoffe“).

Kritisch ist das Ausgasen bzw. Verdampfen von einzelnen Bauteilen, was abhängig von Material, Druck und Temperatur unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Dadurch ist es ggf. nicht möglich, das erforderliche Vakuum zu erreichen und/oder die Atmosphäre im evakuierten Behälter frei von Verunreinigungen zu halten. In der Regel wird der mögliche Vakuum-Einsatz von Rexroth-Produkten durch die Verwendbarkeit/Einsatzbarkeit der Kunststoffe und Schmierstoffe begrenzt (vgl. Kapitel „Kunststoffe und Schmierstoffe“).

Kugelnketten dürfen im Vakuumbereich nicht eingesetzt werden, da diese mechanisch stark belastet werden und ein Verspröden zum vorzeitigen Ausfall des Führungswagens führen kann. Was den Einfluss der Temperatur (Obergrenze bzw. temperaturabhängiger Dampfdruck) angeht, sind Metallwerkstoffe den Kunststoffen vorzuziehen. Um auch dem Einfluss der Korrosion dieser Bauteile gerecht zu werden, sind idealerweise Ausführungen aus korrosionsbeständigen Metallen zu verwenden. Produkte, die beide Bedingungen erfüllen sind beispielsweise Kugelgewindetriebe (mit Stahl-Umlenkung) und Standard-Kugelbüchsen, jeweils aus korrosionsbeständigem Stahl und ohne Dichtungen.

Bei Profilschienenführungen und im Systeme-Bereich ist aktuell keine Ausführung ohne Kunststoffteile erhältlich, jedoch ist auch hier ein Einsatz im Vakuum unter Abwägung der Randbedingungen denkbar. Die Metallkomponenten von Profilschienenführungen und Systemen sind i. d. R. in rostfreier Ausführung erhältlich. In allen Fällen ist das Hauptaugenmerk auf die Schmierstoffe zu legen.

Das Integrierte Messsystem IMS darf nicht im Vakuum verwendet werden. Hier sind nur Druckdifferenzen von maximal 200 mbar zulässig, sonst wölbt sich das Sensorblech. Das Sensorgehäuse besteht aus eloxiertem Aluminium und die Auswirkungen von Vakuum auf die Leiterkarten sind bisher nicht untersucht worden.

## Konstruktive Maßnahmen

Bauteile, Verschraubungen und Fügestellen können dazu neigen, Luftvolumina einzuschließen, was u. U. ein Evakuieren erschwert oder unmöglich machen kann („virtuelle“ Lecks). Abhilfe kann durch Abdichten oder Anbohren derartiger Stellen (z. B. durch Querbohrungen zum Druckausgleich bei Gewindesacklöchern) erfolgen.

Kunststoffteile sind möglichst gegen prozessbedingte Wärmestrahlung und/oder Wärmeleitung zu schützen (z. B. Abschirmung von Wärmestrahlung), um dem Ausgasen bzw. Verdampfen entgegenzuwirken.

Auch sollten Linearlager vor prozessbedingtem Schmutz im Vakuum (z. T. sehr feine aggressive Stäube) geschützt werden.



# Trockenraum

## Grundlagen

In der Batteriezellenfertigung werden extreme Anforderungen an das Produktionsklima gestellt. So werden beispielsweise Lithium-Ionen-Batterien in Umgebungen mit weniger als 1% Luftfeuchtigkeit produziert, da Lithium mit Wasserdampf und Lithium-Natronlauge Wasserstoff und Wärme bildet. Ein Feuchtigkeitsgehalt der Luft > 1% wirkt sich negativ auf die Qualität, Leistung und Haltbarkeit der Batterien aus.

Als Maß für das Feuchtigkeitsniveau der Luft wird häufig auch der Taupunkt angegeben. Die Luft wird zunächst bis zum Taupunkt heruntergekühlt, wo die kondensierbare Luftfeuchtigkeit ausfällt. Anschließend wird die Luft wieder auf Raumtemperatur erwärmt und in den Trockenraum geleitet. So lässt sich beispielsweise eine Luftfeuchtigkeit von 1% bei Raumtemperatur durch vorheriges Herunterkühlen der Luft auf -37 °C erreichen. Tatsächlich werden bei der Batteriezellenfertigung noch wesentlich niedrigere Taupunkte angestrebt, wenn höchste Luftfeuchtigkeitsanforderungen deutlich unter 1% erfüllt werden müssen.

## Produkte der Lineartechnik im Trockenraum

Nach dem heutigen Stand der Kenntnisse sind die gängigen Lineartechnikprodukte für den Trockenraum geeignet. Während metallische Werkstoffe grundsätzlich im Trockenraum einsetzbar sind, müssen sowohl der Schmierstoff als auch verwendete Kunststoffe auf ihre Tauglichkeit überprüft werden. Verwendete Anbauteile bei Linearsystemen sind gesondert zu prüfen.

### Schmierstoff

- ▶ Beim Schmierstoff werden in „Trockenraumumgebung“ keine Schwierigkeiten gesehen, im Gegenteil. Feuchte ist für Schmierstoff ungünstig, daher wird beim Herstellprozess auf geringe Wasseranteile geachtet.

### Kunststoffe

- ▶ Die gängigen Linearführungen und Gewindetriebe enthalten nur Kunststoffe, die für den Trockenraum unbedenklich sind (POM und TPE). Es gibt jedoch einige Typen (Kugelgewindetriebe, Kugelschienenführung Gr. 55, bestimmte Kugelhübsentypen), die Kunststoffteile aus Polyamid PA enthalten.

Polyamid ist gekennzeichnet durch eine relativ hohe Wasseraufnahme bei feuchter Umgebung. Kommt es zum „Austrocknen“, sind Maßveränderungen die Folge und die Sprödigkeit steigt spürbar an. Dies könnte bei Produkten mit PA zu Problemen führen.

Eine Übersicht der verwendeten Kunststoffe bei den jeweiligen Produkten ist in Kapitel „Verwendete Stoffe“ zu finden.

### Anbauteile bei Linearsystemen

- ▶ Komponenten von Motoren und auch Reglern sind bezüglich Trockenraum empfindlich (z. B. Verguss der Wicklungen, Leistungselektronik). Informationen müssen beim jeweiligen Hersteller eingeholt werden. Ebenso müssen Schalter und Verkabelungen auf ihre Tauglichkeit im Trockenraum geprüft werden.

# Korrosionsgefährdeter Einsatzbereich

## Grundlagen

Um wälzlagertypische Vergleichsspannungen von über  $2.000 \text{ N/mm}^2$  zu realisieren, ist es notwendig, härtbare Werkstoffe (z. B. 60 HRC oder 700 HV) zu verwenden. Zumeist sind dies Kohlenstoffstähle, welche martensitisch gehärtet werden. Diese Stähle sind jedoch aufgrund ihrer Struktur anfällig gegenüber Korrosion.

Werden die Produkte der Lineartechnik in korrosionsfördernder Umgebung eingesetzt, sollte zuerst untersucht werden, ob die eingesetzten Produkte gegen die korrosions-fördernden Stoffe abgeschirmt werden können. Dies kann z. B. mittels eines Faltenbalgs erfolgen.

Ist eine Abschirmung nicht möglich und/oder werden höhere Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit gestellt, haben sich im Spannungsfeld von Preis und technischer Leistungsfähigkeit zwei Wege bewährt:

- ▶ Galvanische Beschichtung
- ▶ Verwendung von korrosionsbeständigem Stahl



Korrodiertes Führungswagen bei einem Extremtest unter Kühlschmierstoff

## Galvanische Beschichtung

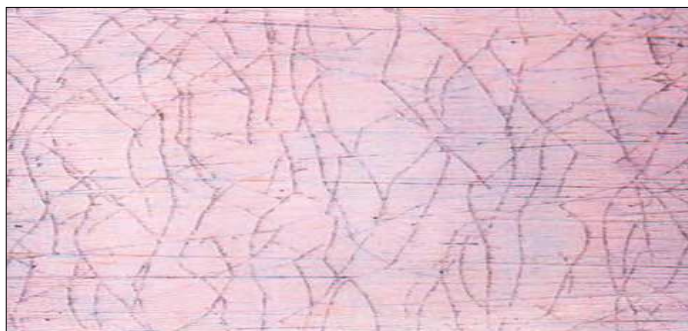
Die bisher häufig eingesetzte Gelbchromatierung (Zink-Eisen), die Chrom-(VI)-Ionen (sechswertiges Chrom) enthält, wird nicht mehr angeboten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der Automobilindustrie wegen der so genannten Altautoverordnung keine Chrom-(VI)-Ionen mehr verwendet werden dürfen. Nach der RoHS-Richtlinie ist die Verwendung von Chrom-(VI)-Ionen ebenfalls nicht mehr erlaubt (siehe Kapitel „RoHS-Richtlinie“).

Heute wird bei Bosch Rexroth als Beschichtung standardmäßig das Dünnschicht-Hartverchromen angewandt.

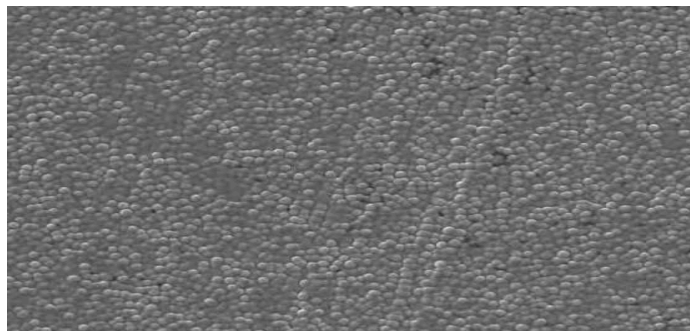
Während es sich bei der Gelbchromatierung um einen aktiven kathodischen Korrosionsschutz handelt, basiert im System Dünnschicht-Hartchrom auf Stahl der Korrosionsschutz des Stahls rein auf der Schutzwirkung durch eine Sperrschicht, d. h. durch die Chrombeschichtung. Das Metall Chrom hat zwar ein geringes elektrochemisches Potential und korrodiert als reines Metall sehr leicht. Die sich hierbei bildende, sehr dünne Chromoxidschicht ist jedoch thermodynamisch sehr stabil, und verhindert die weitere Oxidation des Chroms. Somit ist auch die darunterliegende Metallfläche vor Korrosion geschützt. Hartchromschichten sind gegenüber vielen Chemikalien beständig. Obwohl Chromschichten gut beständig gegen organische Säuren, Phosphor- und Salpetersäure-Verbindungen sind, nimmt vor dem Hintergrund der nur geringen Schichtdicken bei Dünnschicht-Hartchrom die Beständigkeit sowohl im sauren als auch basischen Anwendungsfall stärker ab.

Der spezielle Unterschied zwischen klassischen Chromschichten und einer Dünnschicht-Hartchromschicht liegt im strukturellen Aufbau begründet. Eine klassische Chromschicht ist mikrorissig aufgebaut, die Dünnschicht-Hartchromschicht hingegen ist mikrorissfrei. Die besondere Struktur der Hartchromschicht ist mitverantwortlich für ihre große Härte.

Die härtesten Chromschichten erreichen etwa die Härte des Korunds. Somit sind sie härter als (Einsatz)gehärtete Stähle und erreichen Härten der intermetallischen Verbindungsschicht im Fall nitrierter Stähle. Dies erklärt die außerordentliche Verschleißfestigkeit der Hartchromschichten. Der Reibungskoeffizient kann als Funktion der Materialpaarung niedriger sein als bei anderen Metallen und deren Legierungen.



Mikrorissiges Hartchrom auf Vergütungsstählen



Mikrorissfreie Dünnschicht-Hartchromschicht

Während des Hartverchromens ( $T_{\max}$  ca. 60 °C) tritt kein messbarer Verzug der Werkstücke ein. Chrom ist ungiftig und lebensmittelecht.

Bei der hartverchromten Variante unserer Produkte werden gleiche Tragzahlen wie bei der Standard-Ausführung erreicht.

Neben der beschriebenen einfachen Dünnschicht-Hartchrombeschichtung besteht die Möglichkeit, diese Beschichtung zu modifizieren. Hierbei wird ein Schichtverbund hergestellt, wobei die zu schützende Metalloberfläche den Grundwerkstoff darstellt, die Dünnschicht-Hartchromschicht die erste Schutzschicht bildet und eine zweite „Schicht“ auf der Dünnschicht-Hartchromschicht aufgebracht wird. Diese zweite Schicht ist im Aufbau jedoch nochmals erheblich dünner als die Dünnschicht-Hartchromschicht (liegt im Nano-meter-Bereich). Als mögliche zweite Schichten seien Chromoxid (Dünnschicht-Hartchromschicht-Duralloy-LC: „schwarz“) und Silber genannt.

## Verwendung von korrosionsbeständigem Stahl

Produkte aus korrosionsbeständigem Stahl (für Wälzlageranwendungen auf Basis der DIN EN ISO 683-17 und der DIN EN 10088) werden speziell in Verbindung mit wässrigen Medien, stark verdünnten Säuren, Laugen oder Salzlösungen eingesetzt. Hervorragend geeignet sind diese Produkte auch für den Einsatz bei relativer Luftfeuchtigkeit größer 70% und Temperaturen über 30 °C.

Solche Bedingungen findet man vor allem in Reinigungsanlagen, Galvanik- und Beizanlagen, Dampfentfettungsanlagen und auch Kältemaschinen.

Da kein zusätzlicher Korrosionsschutz erforderlich ist, eignen sich diese Produkte sehr gut für den Einsatz in Reinräumen und der allgemeinen Leiterplattenfertigung. Weitere Einsatzmöglichkeiten ergeben sich in der Pharma- und in der Nahrungsmittelindustrie. Diese Variante des Korrosionsschutzes hat die höchste Korrosionsbeständigkeit, jedoch verringern sich die Tragzahlen.

## Schichtsysteme

Beschichtung	Schichtaufbau	Schichtstärke	Farbe	Härte	Prozess-temperatur	Korrosionsschutz	Eignung für Wälzkontakt	Reibminderung
<b>Raydent Typ LSL (BL)</b>	Dünnschicht-hartchrom mit Fluorpolymer	1 ... 2 µm	schwarz	ca. 800HV	ca. 90°C	Metallpassivität und Fluorpolymer; ca. 24h Salzsprühtest	ungeeignet <sup>1)</sup>	durch Fluorpolymer
<b>Brünieren</b>	Chemische Oberflächen-oxidation	1 µm	dunkelbraun bis schwarz	Oberflächen-härte des Substrates	ca. 140 °C	oxidische Passivität + Ölkonservierung; ca. 1h Salzsprühtest	wälzt praktisch auf dem Substrat ab	nein
<b>Zink-Phosphatierung (Bordern)</b>	Zink- oder Manganphosphat	3 ... 5 µm	grau bis dunkelgrau	duktile Schicht	ca. 110 °C	durch Konservierungsmittel; bis zu 24h Salzsprühtest	ungeeignet	nein
<b>Dünnschicht-hartchrom (heutige Serie)</b>	Chromschicht (frei von Mikrorissen); molekulare Bindung zum Grundmaterial	1 ... 5 µm	mattgrau	ca. 1000 HV	ca. 60 °C	Metallpassivität und molekulare Bindung des Substrats; 400h Salzsprühtest	geeignet <sup>1)</sup>	nein
<b>Dünnschicht-hartchrom mit Chromoxid-schicht (Duralloy LC)</b>	Chromschicht (frei von Mikrorissen); molekulare Bindung zum Grundmaterial	2 ... 6 µm	schwarz	ca. 1000 HV	ca. 60°C	Metallpassivität und molekulare Bindung des Substrats; 400h Salzsprühtest	geeignet <sup>1)</sup>	durch Chrom-mischoxid
<b>Dünnschicht-hartchrom mit Silberauflage</b>	Chromschicht (frei von Mikrorissen); molekulare Bindung zum Grundmaterial	2 ... 6 µm	silberfarben, matt	ca. 1000 HV	ca. 60°C	Metallpassivität und molekulare Bindung des Substrats; 400h Salzsprühtest	geeignet	durch Silberauflage
<b>Zink-Eisen</b>	Kathodische Metallabscheidung	3 ... 10 µm	gelb, schwarz/oliv irisierend	ca. 140 bis 200 HV	ca. 80°C	Kathodischer Korrosionsschutz; ca. 120h Salzsprühtest	duktil; wird zur Seite gewälzt und bildet kathodische Wirkung	nein

<sup>1)</sup> Erkenntnisse aus Laufversuchen.

# Produktübersicht

Übersicht der für korrosionsgefährdete Bereiche bei Bosch Rexroth verfügbaren Produkte:

Produkt bzw. Bauformen	Standard	verchromt	aus korrosionsbeständigem Stahl
<b>Kugelgewindetrieb</b>	x	x <sup>1)</sup>	x <sup>2)</sup>
<b>Planetengewindetrieb</b>	x		
<b>Kugelschienenführung</b>			
Führungsschiene	x	x	x <sup>3)</sup>
FNS / FLS / FKS SNS / SLS / SKS	x	x <sup>4)</sup>	x <sup>5)</sup>
FNN / FKN / SNH / SLH / SNN / SKN	x	x <sup>4)</sup>	
BNS / CNS	x	x	
<b>Mini-Kugelschienenführung</b>			x
<b>Rollenschienenführung</b>	x	x	
<b>Kugelbüchsenführung</b>			
Wellen	x	x	x
Compact / eLine / Standard / Segment	x		x
Super A + B / Super H + SH / Radial / Drehmoment	x		
<b>Integriertes Messsystem</b>	x		
<b>Linearsysteme</b>	x	x <sup>6)</sup>	x <sup>7)</sup>

- 1) auf Anfrage
- 2) auf Anfrage (nur für  $d_0 = 20$  mm)
- 3) Ausführung verfügbar für Schiene SNS Gr. 15 bis 35.
- 4) Ausführung verfügbar für Führungswagen für verschiedenen Größen
- 5) Ausführung verfügbar für Führungswagen Gr. 15 bis 35.
- 6) MKK/MKR verfügbar mit verchromter Kugelschienenführung u. KGT-Spindel.
- 7) Ausführung verfügbar für Linear modul MKR 080 und Kolbenstange des EMC.

# Checkliste Umgebungsbedingungen

## Allgemein

Bezeichnung \_\_\_\_\_  
Produkt \_\_\_\_\_  
Einbaulage \_\_\_\_\_  
(horizontal, vertikal, über Kopf etc.) \_\_\_\_\_  
Schmierungsart \_\_\_\_\_  
Beaufschlagung \_\_\_\_\_  
(Medien, Späne, Staub) \_\_\_\_\_  
 Standard: keine Beaufschlagung

Maximale Belastung  $F_{max}$  [N] \_\_\_\_\_ Geforderte Lebensdauer L [km bzw. h] \_\_\_\_\_

Max. Geschwindigkeit  $v_{max}$  [m/s] \_\_\_\_\_ Max. Beschleunigung  $a_{max}$  [m/s<sup>2</sup>] \_\_\_\_\_

## Temperatur

Betriebstemperatur  $t_{min}/t_{max}$  [°C] \_\_\_\_\_  
 Standard: -10 °C bis 80 °C

## Reinraum

Geforderte Reinraumklasse  
(nach DIN EN ISO 14644-1) \_\_\_\_\_  
 Standard: keine besonderen Anforderungen

Angebauter Motor, sofern vorhanden  
(inkl. Anbindung) Art der Absaugung \_\_\_\_\_  
 Standard: keine zusätzliche Absaugung

## Vakuum

Vakuumbereich  Grobvakuum  Feinvakuum  
 Hochvakuum  Ultrahochvakuum  
 Standard: keine besonderen Anforderungen

Vorliegender Druck p [mbar] \_\_\_\_\_  
 Standard: > 300mbar (Umgebungsdruck 1013mbar)

## Lebensmittelbereich, Trockenraum, Korrosionsgefährdeter Bereich, Radioaktive Strahlung

Besondere Anforderungen,  
Einsatzgebiet \_\_\_\_\_  
 Standard: kein Einsatz in speziellen Bereichen

## Sonstige Angaben

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Detaillierte Informationen sind in den jeweiligen Kapiteln zu finden.  
Bitte Checkliste Umgebungsbedingungen als Anlage der Anfrage / dem Auftrag beilegen.

Diese Informationsschrift wurde mit großer Sorgfalt erstellt.  
Alle Angaben sind auf ihre Richtigkeit hin überprüft.  
Sollten dennoch fehlerhafte oder unvollständige Angaben  
vorkommen, kann keine Haftung übernommen werden.  
Im Zweifelsfall gelten die Angabe aus den jeweiligen Katalogen.

Aus Gründen der ständigen Weiterentwicklung unserer  
Erzeugnisse müssen Änderungen vorbehalten bleiben.

**Bosch Rexroth AG**

Ernst-Sachs-Straße 100  
97424 Schweinfurt, Deutschland  
Tel. +49 9721 937-0  
Fax +49 9721 937-275  
[www.boschrexroth.com](http://www.boschrexroth.com)

**Ihre lokalen Ansprechpartner finden Sie unter:**

[www.boschrexroth.com/kontakt](http://www.boschrexroth.com/kontakt)