



WACKER

SILICONES

ELASTOSIL®

RTV SILICONKAUTSCHUKE –
KLEBEN, ABDICHTEN, VERGIESSEN
UND BESCHICHTEN.

CREATING TOMORROW'S SOLUTIONS

Was steht wo?

Einleitung	3
Eigenschaften	4
Verkleben, Abdichten	8
Vergießen, Beschichten	10
Siliconsysteme	12
RTV-1-Systeme	14
RTV-2-Systeme	16
RTV-2-Verarbeitungstipps	18
WACKER weltweit	20



WER RAUMTEMPERATURVERNETZENDE
SILICONKAUTSCHUKE VON WACKER
KENNT, KENNT IHRE VORTEILE.

DIE LÖSUNG SUCHEN UND FINDEN.

Raumtemperaturvernetzende Siliconkautschuke sind seit langem ein fester Bestandteil im Produktportfolio von WACKER SILICONES. Entsprechend groß ist das Angebot an gebrauchsfertigen Lösungen für die vielfältigen Anwendungen in den Bereichen Verkleben, Abdichten, Vergießen, Beschichten oder Abformen. Entsprechend groß ist aber auch die Erfahrung von WACKER SILICONES in den speziellen Herstellungsverfahren und den Materialanforderungen dieser Industrien: vom Maßstab einer Heimwerkerwerkstätte bis zur großindustriellen Fertigungsstraße.

Mit mehr als 50 Jahren Erfahrung in der Silicontechnologie und seinem überdurchschnittlich hohen Engagement in Forschung und Entwicklung ist WACKER SILICONES längst zu einem festen Parameter für den technologischen Fortschritt seiner Kunden geworden. Dies ist nur möglich durch den vertrauensvollen und kontinuierlichen Dialog: durch den Austausch von Wissen, Erfahrung und Ideen im Dienste einer gemeinsamen Sache. Unsere gemeinsame Sache hier und jetzt ist die optimale Lösung für Ihre geplante Anwendung.



Mit dem anwendungstechnischen Service von WACKER sind Sie immer gut beraten.

QUALITÄT UMSETZEN.

Temperaturbeständigkeit

Zu den herausragenden Materialeigenschaften von Siliconen zählt ihre Temperaturbeständigkeit. Bei Belastungen über 150 °C sind sie das einzig in Frage kommende Elastomer. Im Gegensatz zu anderen Elastomeren sind sie bis +180 °C dauerbeständig, besonders hitzestabile Typen vertragen kurzzeitige Temperaturbelastungen bis zu +300 °C. Für eine maximale Hitzebeständigkeit sollte der Siliconkautschuk vollständig ausvulkanisiert sein. Durch eine nachträgliche Temperung bei langsam ansteigender Temperatur und guter Belüftung kann die Hitzebeständigkeit noch gesteigert werden. Auf der anderen Seite sind Silicone bis zu -50 °C elastisch und Spezialtypen sogar bis zu -110 °C.

Ausdehnung

Der lineare Ausdehnungskoeffizient von Vulkanisaten aus Siliconkautschuk ist direkt abhängig vom Füllstoffgehalt und damit vom spezifischen Gewicht. Er ist somit umso niedriger je höher die Dichte des jeweiligen Kautschuks ist. Typische Werte liegen im Bereich von $2 \cdot 10^{-4}$ m/mK und sind somit wesentlich höher als die anderer Vergussmaterialien. Da sich die Vulkanisate aus Siliconkautschuk bei der Aushärtung in der Hitze relativ stark ausdehnen, schrumpfen sie nach Abkühlung entsprechend. Dieser „scheinbare“ Schrumpf muss vor dem Einsatz berücksichtigt werden.

Klebeeigenschaften

Für viele Substrate eignen sich selbsthaftend eingestellte Siliconkautschuke. Die Qualität der Haftung richtet sich nach der Art des zu verklebenden Materials, der Beanspruchung, der Form der Verklebung und ggf. der Oberflächenbehandlung. Am besten ist sie auf oxidischen und silikatischen Oberflächen. Auch bei einer Reihe von Kunststoffen wird eine gute Haftfestigkeit erzielt.

In anderen Fällen kann eine Vorbehandlung des Untergrunds mit Grundierung, Beflammung oder Plasmabehandlung nötig oder empfehlenswert sein. In jedem Fall müssen die Oberflächen sauber und fettfrei sein. Zur Reinigung eignen sich niedrig siedende Lösemittel wie z.B. Aceton¹⁾ oder aliphatische Kohlenwasserstoffe.

Trenneigenschaften

Die Oberflächen von Siliconkautschuken zeigen ausgeprägte dehäsive Eigenschaften gegenüber anorganischen und organischen Materialien wie Gips, Beton, Polyester, Epoxid, Polyurethan, Polyamid, Polystyrol, PVC, Wachs und Metall-Legierungen. Diese Eigenschaften macht man sich bei der Herstellung von Reproduktionen und Formteilen zunutze. Für die unterschiedlichen Einsatzzwecke bietet WACKER gieß-, streich- oder knetbare Siliconkautschuke an.

Mechanische Eigenschaften

RTV-Siliconkautschuke von WACKER decken eine große Bandbreite mechanischer Eigenschaften ab. Produkte mit ausgezeichneten Werten in Reißfestigkeit, Reißdehnung und Weiterreißwiderstand haben eine Verarbeitungsviskosität von über 10.000 mPa s. Entsprechend zeigen dünnflüssige Produkte mit einer Viskosität von weniger als 10.000 mPa s im Allgemeinen weniger gute mechanische Werte.

Eine besondere Klasse der RTV-Silicone sind die RTV-Siliconschäume. Diese haben zwar aufgrund ihrer Porenstruktur weniger gute mechanische Eigenschaften, dafür aber hervorragende Dämpfung- und Isoliereigenschaften. Durch ihre Eigenschaft der Kompressibilität sind sie für den Einsatz im Dichtungsbau ideal.

Eine weitere besondere Klasse der RTV-Silicone sind die so genannten Silicongele: es sind besonders weiche Materialien (Shore A < 0) mit einem extrem niedrigen Elastizitätsmodul. Daher führen selbst große Temperaturunterschiede nur zu einem geringen thermomechanischen Stress. Dies ermöglicht vor allem in der Elektronik den Schutz hochsensibler Bauteile.

¹⁾ Bitte beachten Sie die Brennbarkeit des Materials.

Gas- und Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Gasdurchlässigkeit von Siliconkautschuk ist bei Raumtemperatur etwa zehnmal höher als die von Naturkautschuk. Erst bei 100–150 °C tritt eine Annäherung der Permeabilitätswerte auf. Unter Normalbedingungen kann Siliconkautschuk etwa 15–20 Volumenprozent gelöste Luft enthalten. Die Reduzierung bzw. Erhöhung des Gasdruckes bewirkt eine Abnahme bzw. Zunahme der Menge an gelöstem Gas. So kann sich bei plötzlicher Druckentspannung die gelöste Luft in Form von Blasen bemerkbar machen. Insbesondere bei der Verarbeitung in Dosieranlagen muss dieser Effekt berücksichtigt werden, da er auch bei Förderung mit Druckluft auftreten kann. Analoge Effekte können bei schneller Erwärmung auftreten, denn bei Temperaturerhöhung nimmt die Gaslöslichkeit ab. Die Wasserdampfdurchlässigkeit beträgt nach DIN 53122, Klima D, Folienstärke 2 mm, ca. 20 g/m²d.

Chemikalienbeständigkeit

Siliconkautschuk ist gegen wässrige Lösungen, verdünnte Säuren und Basen sowie gegen polare Lösungsmittel beständig. In organischen Lösemitteln wie Ketonen, Estern und Kohlenwasserstoffen kann es zu einer reversiblen Quellung des Siliconkautschuks kommen, ohne jedoch seine Struktur aufzulösen. Generell weisen Silicone mit hohem Füllstoffgehalt und/oder hoher Härte eine geringere Quellung auf als Produkte mit niedriger Härte. Ausgehärteter Siliconkautschuk kann mit konzentrierter Schwefelsäure, alkoholischer Lauge oder Ähnlichem nur unter völliger Zerstörung entfernt werden.

Strahlungsbeständigkeit

Vom Mikrowellen- bis zum UV-Bereich kann Siliconkautschuk problemlos in hohen Dosen elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt werden. In Verbindung mit seiner Heißluftbeständigkeit ist Siliconkautschuk darin allen anderen organischen Elastomeren überlegen. Deshalb wird der Werkstoff bei den unterschiedlichsten Anwendungen vom Mikrowellenherd bis zum Solargenerator eingesetzt.

Schwerbrennbarkeit

Die Selbstentzündungstemperatur von Vulkanisaten aus Siliconkautschuk liegt bei etwa 430 °C. Die entstehende Flamme brennt bei 750 °C. Außer den üblichen Verbrennungsprodukten Kohlendioxid und Wasser entsteht dabei noch Siliciumdioxid, das auf der Oberfläche eine isolierende Ascheschicht ausbildet. Silicone sind schwerbrennbar: auch ohne den Zusatz von Halogenverbindungen, die im Brandfall korrosive und toxische Gase abgeben. Generell ist ihr Brandverhalten günstiger als das vieler anderer organischer Kautschuke und Gießharze.

Umweltverträglichkeit

Siliconpolymere haben dieselbe chemische Grundstruktur wie Quarz. Aus diesem Grund ist ausgehärteter Siliconkautschuk ökologisch und physiologisch unbedenklich.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der meisten Siliconkautschuke liegt bei Raumtemperatur im Bereich von 0,15–0,25 W.K⁻¹.m⁻¹. Mit speziellen, hochgefüllten Typen lassen sich jedoch Werte bis zu 2,5 W.K⁻¹.m⁻¹ realisieren.

Elektrische Eigenschaften

Die elektrischen Eigenschaften von Siliconkautschuk sind in einem Temperaturbereich von -45 °C bis +180 °C weitestgehend konstant. Bei Raumtemperatur sind sie mit denen anderer Isolierstoffe gut vergleichbar. Im Unterschied zu diesen ändern sich jedoch auch bei höherer Messtemperatur die Werte für Isolationswiderstand, Durchschlagsfestigkeit und elektrischen Verlustfaktor kaum. Und auch bei Wasserlagerung bleiben diese Eigenschaften konstant.

Normalerweise sind Siliconkautschuke elektrische Isolatoren. Mit speziellen Füllstoffen lässt sich jedoch elektrische Leitfähigkeit erreichen.

Im Gegensatz zu organischen Elastomeren und Gießharzen hat RTV-Siliconkautschuk eine ausgezeichnete Lichtbogen- und Kriechstromfestigkeit. Mit speziellen Typen lassen sich Werte von > 3.5 kV (IEC 587) für die Lichtbogenfestigkeit und > 300 s für die Kriechstromfestigkeit erzielen.

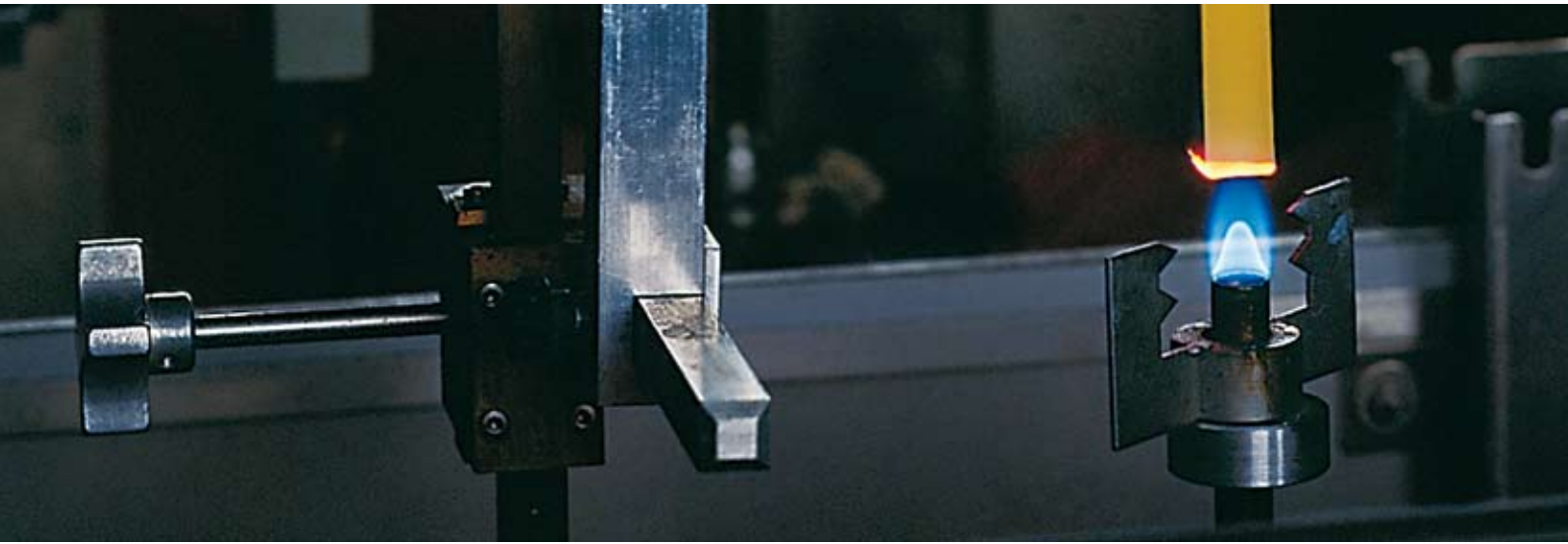
Optische Eigenschaften

Die Farbe und Erscheinung von Siliconkautschuk wird von den gewählten Füllstoffen der jeweiligen Mischung bestimmt. Die Lichtdurchlässigkeit dünner Schichten ungefüllter Materialien liegt im sichtbaren Bereich von 400 bis 760 nm bei fast 100 %. Erst im UV-Bereich unter 200 nm sind diese Materialien undurchlässig. Ihr Brechungsindex n_D^{25} liegt zwischen 1,410 und 1,404.

Lagerbeständigkeit

Siliconkautschuke aus den Reihen SEMICOSIL[®], ELASTOSIL[®] oder WACKER SilGel[®] sind in verschlossenen Originalgebinden bei einer Temperatur von 5 °C bis 30 °C typenabhängig bis zu 24 Monaten lagerbeständig. Eine Lagerung über diesen Zeitpunkt hinaus muss aber nicht bedeuten, dass die Ware unbrauchbar geworden ist. Eine Überprüfung der wichtigsten Eigenschaften ist in diesem Fall jedoch unerlässlich.

VIELFALT ENTDECKEN.



Aufgrund ihres vielfältigen und herausragenden Eigenschaftsprofils bieten bei Raumtemperatur vernetzende Siliconkautschuke von WACKER vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in den Bereichen Verkleben, Abdichten, Vergießen, Beschichten und Abformen²⁾:

Die Eigenschaften im Überblick.

- hervorragende Beständigkeit in einem Temperaturbereich von -50 °C bis +180 °C: mit Spezialtypen ist dieser Bereich bis zu +250 °C in der Hitze bzw. -100 °C in der Kälte erweiterbar
- sehr gute Haftung auf vielen Substraten
- ausgezeichnete Witterungs- und Strahlungsbeständigkeit
- sehr gute Chemikalienbeständigkeit
- überragende dielektrische Eigenschaften, die sich über einen weiten Temperatur- und Frequenzbereich kaum ändern
- ausgezeichnete Umweltverträglichkeit und physiologische Unbedenklichkeit
- wasserabweisende Oberfläche und geringe Feuchtigkeitsaufnahme
- niedriger Elastizitätsmodul
- hohe chemische Reinheit

²⁾Mehr zum Thema „Abformen“ finden Sie in der Broschüre „Genau. ELASTOSIL® M Abformmassen.“ Bitte kontaktieren Sie dazu Ihre zuständige WACKER-Vertriebsgesellschaft.

BESSER VERKLEBEN.



Mechanische Verbindungstechniken wie Schrauben, Nieten, Schweißen oder Löten werden zusehends von modernen Klebetechniken abgelöst. Und die Vorteile überzeugen:

Vorteile des Klebens.

- eine Klebeverbindung ermöglicht eine gleichmäßigere Spannungsverteilung, da Klebstoffe die Kräfte flächenförmig und nicht punktförmig verteilen
- eine Klebeverbindung ist gleichzeitig auch eine Abdichtung und verhindert damit die bei mechanischen Verbindungen häufig auftretende Korrosion
- durch die hohe Flexibilität und den niedrigen E-Modul treten bei der Verklebung von Substraten mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten nur geringe thermomechanische Spannungen bei Temperaturwechselbelastungen auf

- mit Klebstoffen können unterschiedliche Materialien miteinander verbunden werden
- aufgrund der guten Isoliereigenschaften von Siliconen können Metalle mit unterschiedlichen elektrochemischen Eigenschaften ohne Gefahr einer Kontaktkorrosion miteinander verbunden werden, die Abmessungen der Fügeteile bleiben nahezu unverändert
- eine Klebeverbindung sorgt für eine hohe Schwingungsdämpfung, da die Silicone im Vergleich zu den Fügeteilen einen wesentlich geringeren E-Modul aufweisen
- eine Klebeverbindung ermöglicht Einsparungen auf verschiedenen Fertigungsebenen: sie reduziert die Lagerhaltung, senkt die Arbeitskosten durch automatischen Klebeauftrag und ermöglicht größere Bearbeitungstoleranzen für die Fügeteile.

Produkte zum Verkleben.

Für die Verklebung von Materialien bietet WACKER Produkte mit den unterschiedlichsten Eigenschaftsprofilen an:

- von fließfähig bis standfest
- unterschiedliche Härtegrade von Shore A 10 bis Shore A 80
- von transparent bis schwarz
- elektrisch isolierend oder elektrisch leitfähig
- wärmeleitfähig bis zu $2,5 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ (auf Anfrage), aber elektrisch isolierend

VOLLAUTOMATISCH ABDICHTEN.

Dichtungstechniken

	Preformed Gasket	FIPG	LIS	CIPG
Auftrag	Herstellung im Spritzguss	pastös bis fließfähig, vollautomatisches Aufbringen	pastös bis fließfähig, vollautomatische Injektion	pastös bis fließfähig, vollautomatisches Aufbringen
Haftung	keine	beidseitig	keine	einseitig
Verbau	nach Vulkanisation	vor Vulkanisation	vor Einspritzen und Vulkanisation	nach Vulkanisation
Demontage	möglich	nicht möglich	möglich	möglich
Dichtfunktion		durch Verkleben	durch Expansion	durch Verpressen
Silicondichtstoffe	ELASTOSIL® R oder LR	ELASTOSIL® RTV-1 und RTV-2	Silicondichtstoff ELASTOSIL® LIS (RTV-2)	ELASTOSIL® RTV-1, RTV-2 und ELASTOSIL® SC ³⁾

Abb. 1

Dichtungen sind zum Teil extremen Bedingungen ausgesetzt. Denn als Nahtstelle zwischen innen und außen, zwischen heiß und kalt oder zwischen nass und trocken müssen sie alle diese Gegensätze aushalten.

Silicondichtungen werden entweder in einem separaten Spritzgießverfahren hergestellt und anschließend ins jeweilige Verbundteil eingebaut oder direkt im Verbundteil ausvulkanisiert. Die Vulkanisation kann vor oder nach dem Zusammenfügen der Verbundteile erfolgen:

Im Nassverbau (FIPG) werden die abzudichtenden Teile vor der Vulkanisation des Siliconkautschuks zusammengefügt, so dass keine große Maßgenauigkeit der Teile gefordert ist. Dabei erhöht die Haftung des Siliconkautschuks auf den Teilen die Zuverlässigkeit der Abdichtung.

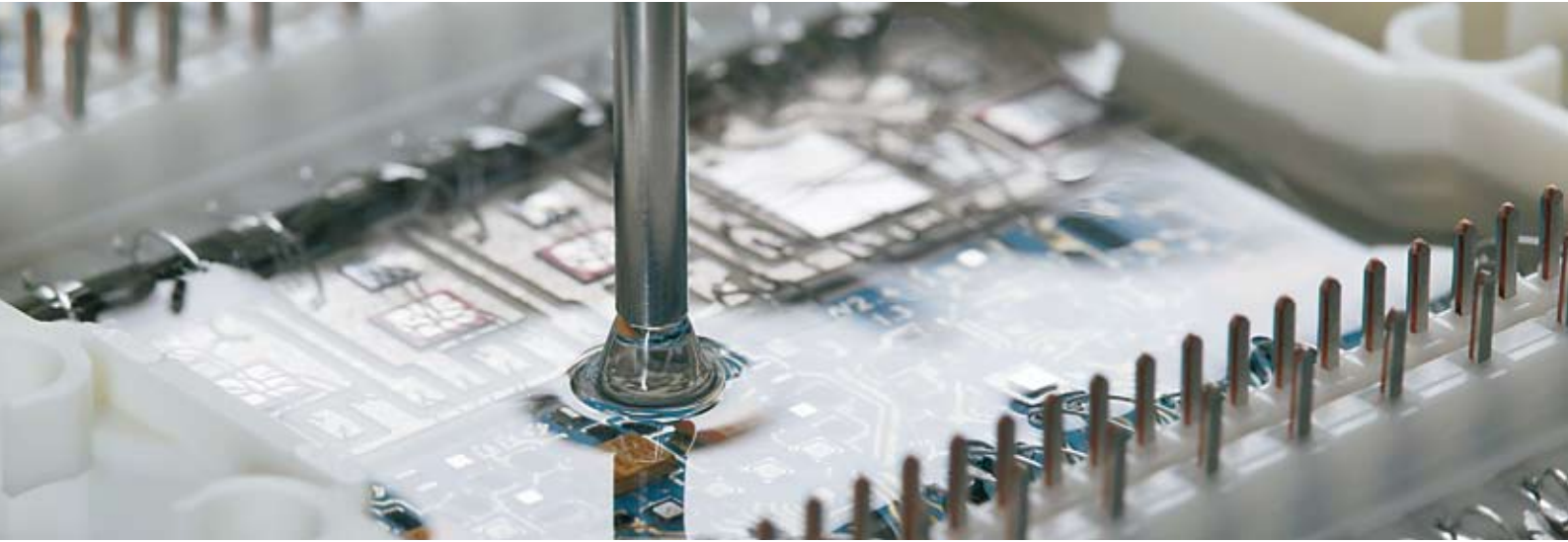
Beim Trockenverbau (CIPG) haftet die Dichtung auf dem zu applizierenden Teil und ist damit verliersicher: ohne jede Montagefixierung. Die Dimension der Dichtung kann so ausgelegt werden, dass die verbundenen Teile schall- und geräuschkoppelt sind.

Dieses so genannte „vollautomatische Verfahren“ mit Siliconen von WACKER bietet eine Reihe von Vorteilen:

- reduzierter Materialeinsatz
- vereinfachte Lagerung
- vollautomatischer Auftrag
- keine spezielle Bearbeitung der Flanschoberfläche
- einfache Nutkonstruktion
- Dichtungen bis zur Montage verliersicher

³⁾ Schäume als Staub- und Spritzschutz, bei großen Toleranzen und geringem Anpressdruck

SERIENMÄSSIG VERGIESSEN.



Die Technik des Vergießens hat sich bei der partiellen oder vollständigen Abdeckung von Chips, Hybridschaltungen und Leistungshalbleiter-Modulen bestens bewährt: Damit werden die Bauteile auf besonders effiziente Weise vor äußeren Einflüssen geschützt.

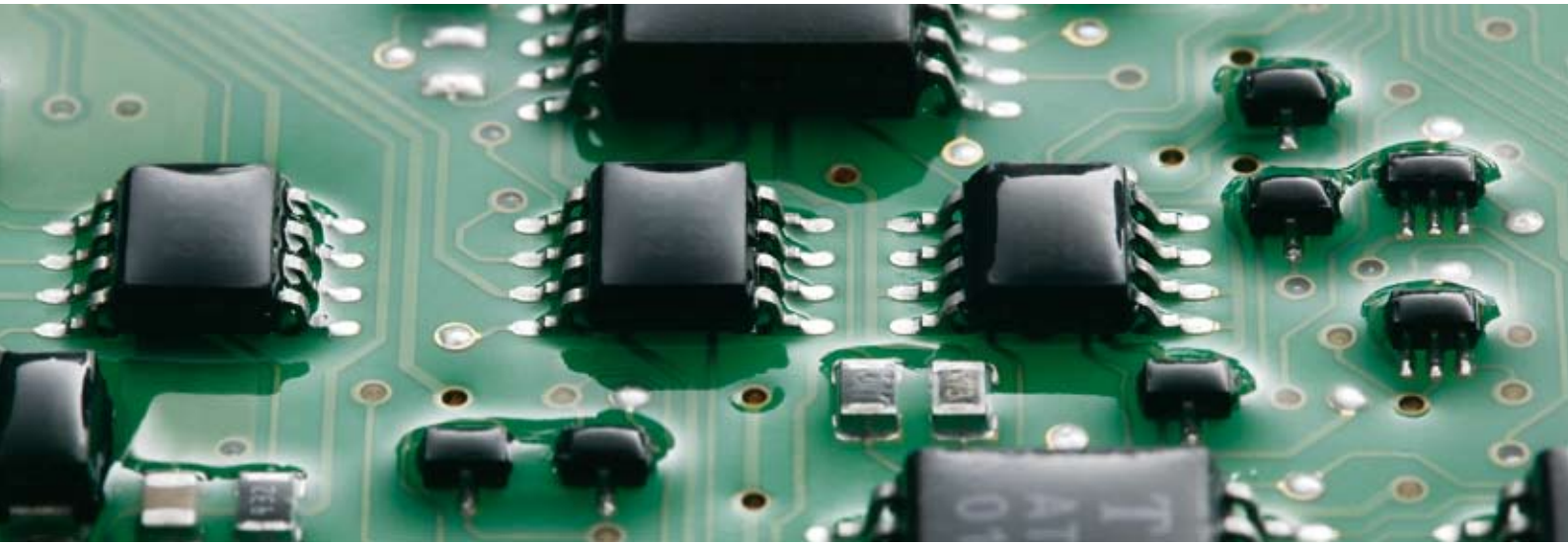
Für Vergussanwendungen bietet WACKER ein breites Spektrum an 1- und 2-Komponentenprodukten an. Für den Verguss

empfindlicher Bauelemente wie z.B. gebondeter ICs werden besonders weiche Gele verwendet, die die Funktionsfähigkeit auch bei extremen Temperaturwechseln oder starker Vibration sichern. Für Sensorikanwendungen gewinnen Gele mit besonders niedriger Flüchtigkeit und geringer Ausblutung zunehmend an Bedeutung. Mit einem weltweit einzigartigen Verfahren zur Herstellung von Polydimethylsiloxan hat WACKER SILICONES hierfür eine ausgezeichnete Ausgangsbasis.

Mögliche Materialeigenschaften.

- dünnflüssig oder scherverdünnend
- variable Verarbeitungs- und Vulkanisationszeiten
- weich bis hart
- transparent bis lichtundurchlässig
- hohe Flammwidrigkeit
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- Kraftstoffbeständigkeit, z.B. Fluorsilicone
- besondere Tieftemperaturflexibilität (bis -100 °C)
- gute Temperaturwechselbeständigkeit
- geringer Schrumpf
- gute Haftung auf Kunststoffgehäusen
- geringe Ausgasung
- geringes Ausbluten unverbundener Bestandteile
- ausgeprägte Dämpfungseigenschaft
- spezifizierter niedriger Ionengehalt

RATIONELL BESCHICHTEN.



Beschichtungen oder Schutzlackierungen von Leiterplatten oder Hybridbauelementen werden auch „Conformal Coatings“ genannt. Sie schützen gegen äußere Einflüsse wie Staub, Licht, aggressive Medien, Temperaturschwankungen und mechanische Beanspruchung. Sie isolieren elektronische Schaltungen von ihrer Umgebung oder erhöhen die Isolationsfestigkeit bei hochkomplexen Modulen.

Für das Aufbringen von Conformal Coatings in der Serienfertigung stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung:

- Spritz- oder Sprühauftrag
- Tauchlackierung
- Fluten
- Partielle Beschichtung von selektierten Bereichen

Jedes dieser Verfahren stellt andere Anforderungen an die Schutzlacke hinsichtlich Rheologie, Topfzeit und Vulkanisationscharakteristik. Und für jedes dieser Verfahren bietet WACKER SILICONES maßgeschneiderte Produkte an: sowohl lösungsmittelhaltig wie auch lösungsmittelfrei. Siliconkautschuke aus den Reihen SEMICOSIL® und ELASTOSIL® erfüllen die hohen Ansprüche an Funktion, Qualität, Zuverlässigkeit und Kosteneffizienz bei der Herstellung von Conformal Coatings.

AUSWÄHLEN MIT SYSTEM.



Mit den Marken SEMICOSIL®, ELASTOSIL® und WACKER SilGel® bietet WACKER unterschiedliche Siliconkautschuksysteme an, die sich in puncto Verarbeitungseigenschaften zum Teil erheblich unterscheiden. Deshalb gilt es bei der Auswahl des geeigneten Siliconsystems gemäß Ihren individuellen Produktionsanforderungen die richtigen Prioritäten zu setzen. Sprechen Sie mit Ihrem anwendungstechnischen Berater von WACKER darüber. Er berät Sie gerne.

Setzen Sie Prioritäten.

Das Ziel ist häufig das Gleiche. Die verschiedenen Kautschuksysteme von WACKER zeigen lediglich unterschiedliche Wege auf, wie man es erreichen kann (s. Abb. 3):

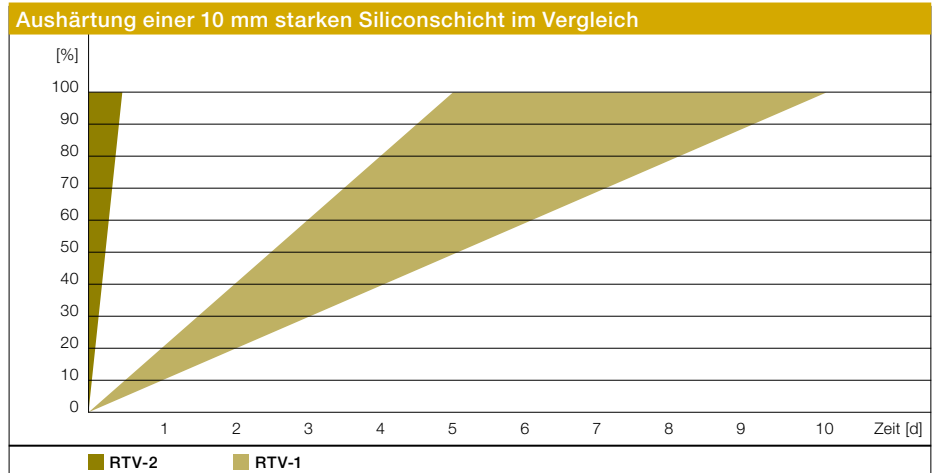


Abb. 2

Siliconsysteme im Verhältnis zu den Produktionsanforderungen

^
>
>
Schnelle Vulkanisation

RTV-2 Silicone

- Additionsvernetzende und kondensationsvernetzende 2-Komponenten-Systeme, die bei Raumtemperatur vulkanisieren.
- Zu ihrer Verarbeitung wird eine 2-Komponenten-Dosieranlage benötigt.
- Ein schnelles Vulkanisieren im Minutenbereich ist durch Temperaturerhöhung oder geeignete Härterwahl möglich.

1-Komponenten-Silicone

- 1-Komponenten-Systeme, die ausschließlich bei hoher Temperatur vulkanisieren.
- Zu ihrer Verarbeitung wird lediglich eine einfache Dosieranlage benötigt.
- Die Vulkanisation erfolgt schnell, zum Teil innerhalb weniger Minuten.

RTV-1 Silicone

- 1-Komponenten-Systeme, die bei Raumtemperatur vulkanisieren.
- Zu ihrer Verarbeitung wird lediglich eine einfache Dosieranlage benötigt. Und selbst ein manuelles Auftragen dieser Kautschuktypen ist möglich.
- Zur Vulkanisation ist Luftfeuchtigkeit erforderlich.

Einfaches Verarbeiten >>

Abb. 3

EINKOMPONENTENSYSTEME SCHÄTZEN.

Kondensationsvernetzende RTV-1 Silicone sind bei Raumtemperatur vulkanisierende, 1-komponentige Ready-to-use-Systeme von fließfähiger bis pastöser Konsistenz. Ihre Beliebtheit beruht auf den hervorragenden Eigenschaften der ausgehärteten Produkte und ihrer einfachen Handhabung bei der Verarbeitung, die nur ein Minimum an Investitionen erfordert. Aufgrund ihres vielfältigen Eigenschaftsprofils eignen sie sich für zahlreiche Anwendungen in den Bereichen Verkleben, Abdichten und Beschichten.

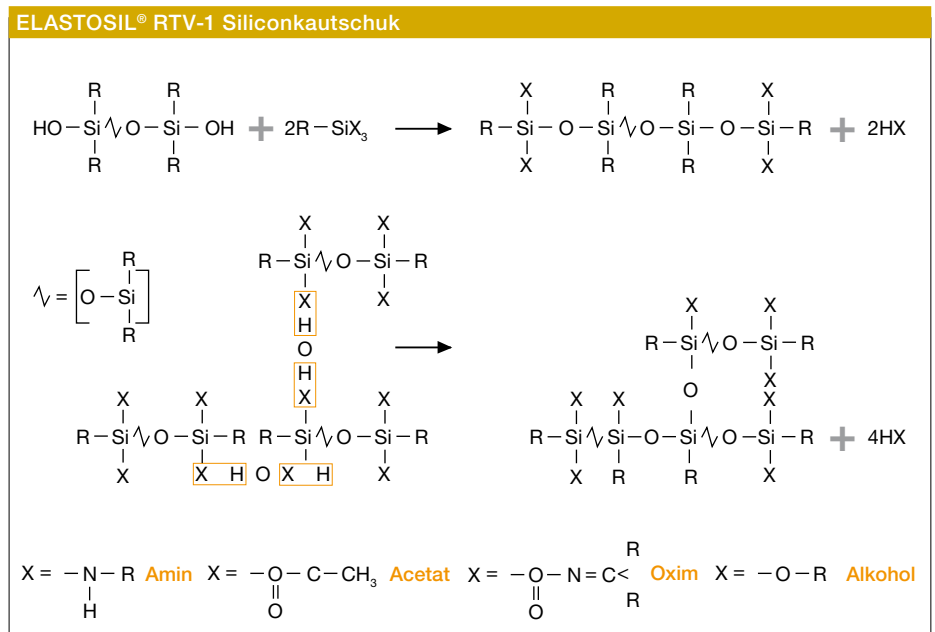


Abb. 4

Die Vorteile auf einen Blick.

- besonders einfache Verarbeitung
- niedrige Investitionen für Anlagen
- sehr gute Haftung auf vielen Substraten

Zur Chemie.

RTV-1 Siliconkautschuke von WACKER bestehen aus Polydimethylsiloxan, Vernetzkomponenten, Füllstoffen sowie in bestimmten Fällen Lösungsmitteln und Additiven. Bei ihrer Herstellung reagieren endständige OH-Gruppen des Polysiloxans mit dem Vernetzer und bilden dabei aushärtbare Produkte. Je nach Art der verwendeten Vernetzer unterscheidet man folgende Systeme:

Basische Systeme spalten bei der Vulkanisation geringe Mengen einesamins ab (ELASTOSIL® A-Typen).

Saure Systeme spalten bei der Vulkanisation geringe Mengen Essigsäure ab (ELASTOSIL® E-Typen).

Neutrale Systeme spalten bei der Vulkanisation entweder geringe Mengen eines Oxims oder eines Alkohols ab (ELASTOSIL® N-Typen).

Die Vernetzung oder Vulkanisation von RTV-1 Siliconkautschuken erfolgt bei Zutritt von Luftfeuchtigkeit. Sie beginnt an der Oberfläche des aufgetragenen Siliconkautschuks, indem sich eine Haut bildet und setzt sich allmählich ins Innere der Masse fort. Je höher die Luftfeuchtigkeit, umso größer ist die Vulkanisationsgeschwindigkeit. In abgeschlossenen Systemen ohne Luftzutritt ist eine Vulkanisation nicht möglich. Hier empfiehlt es sich, auf RTV-2 Siliconkautschuke zurückzugreifen.

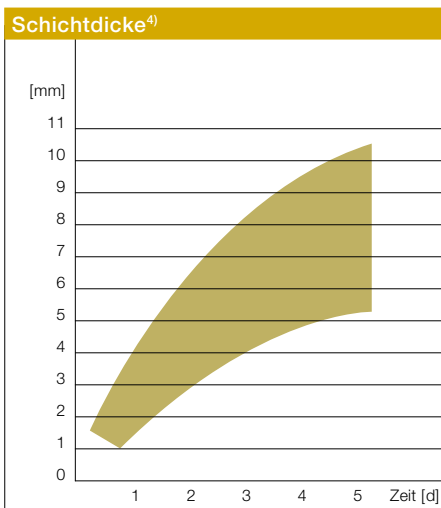


Abb. 5

Bei nur einseitigem Luftzutritt sollte eine Schichtdicke von 10 mm nicht überschritten werden. Durch Wärmeeinwirkung, besonders bei hoher Luftfeuchtigkeit, kann vor allem in dünner Schicht die Vulkanisationszeit erheblich verkürzt werden. Die Temperatur sollte nur langsam gesteigert werden, damit eventuell vorhandene Lösemittel und Vernetzer-spaltprodukte verdampfen können. Endtemperaturen während der Vulkanisation bis 200 °C sind bei dünnen Schichten (unter 0,5 mm) möglich. Bei dickeren Schichten besteht die Möglichkeit der Blasenbildung. Bei tiefen Temperaturen ist bis ca. -15 °C eine Vulkanisation immer noch möglich.

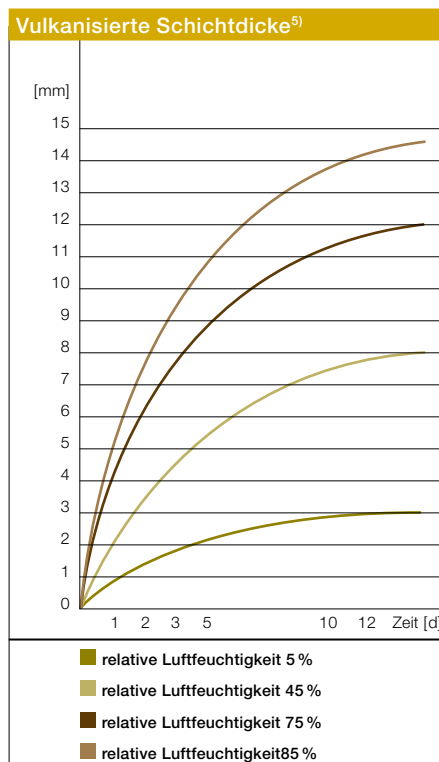


Abb. 6

So viel zur Verarbeitung.

RTV-1 Siliconkautschuke können per Hand oder maschinell aufgetragen werden. Bei Kartuschen werden entweder Handpistolen oder pneumatische Pistolen verwendet. Aus größeren Gebinden wird meist mit automatischen Auspress- oder Dosiervorrichtungen gearbeitet. Nach dem Verdünnen mit wasserfreien Lösemitteln lassen sich RTV-1 Siliconkautschuke auch mit Airless-Geräten versprühen. Optimale Haftfestigkeit erzielt man, wenn der RTV-1 Siliconkautschuk gut an die Haftfläche angedrückt wird. Zu verklebende Teile müssen sofort nach dem Auftrag, d.h. bevor sich eine Haut bilden kann, zusammengefügt und eventuell fixiert werden.

Unvulkanisierter RTV-1 Siliconkautschuk kann mit Spachtel, Papier oder Tuch entfernt werden. Reste werden mit Lösemitteln wie Benzin, Toluol oder Trichlorethylen abgewaschen. Ebenso sind die Verarbeitungsgeräte sofort nach Gebrauch noch vor der Vulkanisation zu säubern. Nach erfolgter Vulkanisation lässt sich der Siliconkautschuk nur noch mechanisch entfernen, ggf. nach Anquellen mit den zuvor genannten Lösemitteln.

Zu Ihrer Sicherheit.

Die bei der Vulkanisation entstehenden Dämpfe aus flüchtigen Spaltprodukten und ggf. auch aus verdunstenden Lösemitteln sollten nicht über einen längeren Zeitraum hinweg oder in hoher Konzentration eingeatmet werden. Für eine ausreichende Belüftung des Arbeitsplatzes ist daher zu sorgen. Unvulkanisierte Massen dürfen nicht in Augen oder Schleimhäute gebracht werden, da hierdurch Verätzungen bzw. Reizungen entstehen können.

⁴⁾ Vulkanisationsgeschwindigkeit verschiedener RTV-1 Siliconkautschuke bei 50 % relativer Luftfeuchtigkeit und 23 °C in Aluminiumschälchen von 24 mm und 18 mm Tiefe.

⁵⁾ Abhängigkeit der Vulkanisationsgeschwindigkeit von ELASTOSIL® A 33 von der Luftfeuchtigkeit bei Raumtemperatur.

ZWEIKOMPONENTENSYSTEME VERSTEHEN.

Bei RTV-2 Siliconkautschuken unterscheidet man grundsätzlich zwei verschiedene Vernetzungssysteme:

Kondensationsvernetzende Systeme

Kondensationsvernetzende Siliconkautschuke bestehen aus einer Hauptkomponente und einer Härterkomponente, die auch den Vernetzungskatalysator enthält. Die beiden Komponenten werden typischerweise im Verhältnis 8:1 bis 12:1 gemischt. Nach dem Mischen kommt es unter Alkoholabspaltung zur Vulkanisation.

Typische Zeitwerte der kondensationsvernetzenden RTV-2 Siliconkautschuke sind etwa 10 min für die Topfzeit und 70 min bis zur ersten Aushärtung (s. Abb. 8).

Nach etwa 6 Stunden wird die volle Mechanik erreicht. Diese Zeiten können durch das Verhältnis von Hauptkomponente und Härter in Grenzen variiert werden. Aus Gründen der Verarbeitungssicherheit sollte man jedoch nicht unter 2 min Topfzeit gehen. Ein Beschleunigen der Reaktion durch Temperaturerhöhung ist nicht üblich. Im Gegenteil: Bis zur vollständigen Aushärtung sollte eine Temperatur von 90 °C nicht überschritten werden, da der Siliconkautschuk dadurch zerstört werden könnte.

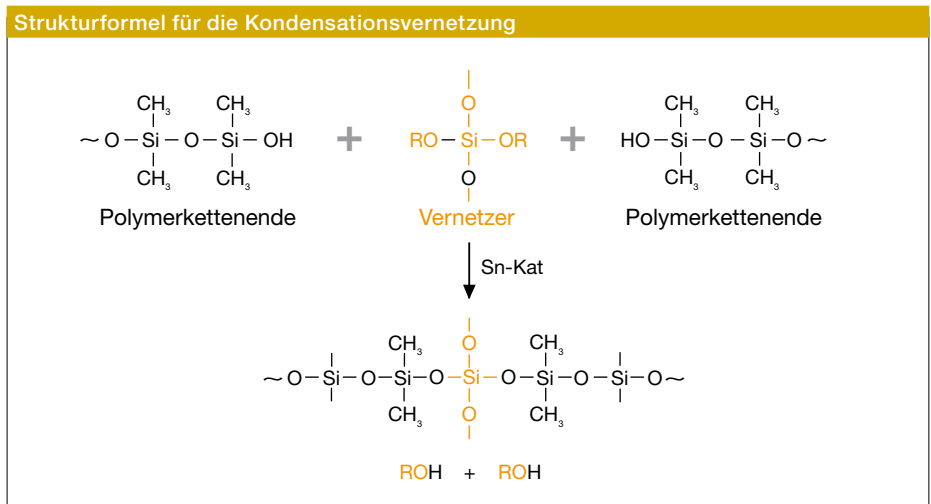


Abb. 7

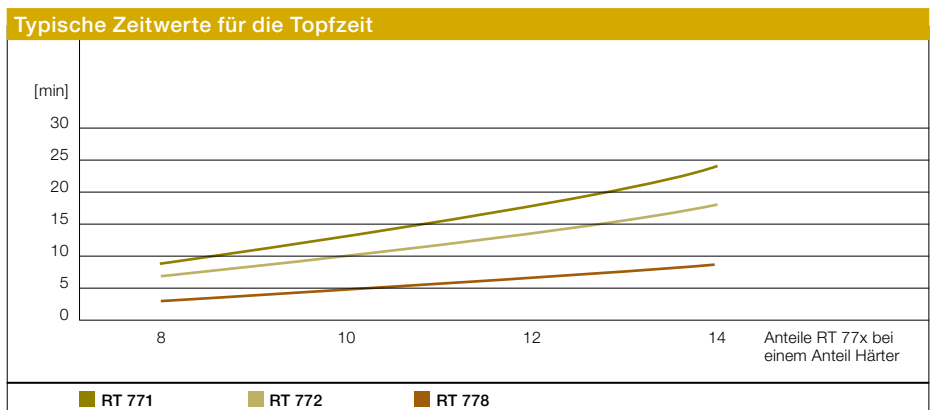


Abb. 8

Die Vorteile auf einen Blick.

- schnelle Aushärtung bei Raumtemperatur, auch von dicken Schichten
- sehr gute Temperaturbeständigkeit
- keine Vulkanisationsstörung durch Inhibierung
- die Vulkanisationsgeschwindigkeit lässt sich durch Variation der Härtermengen bzw. der Wahl eines langsamen oder schnellen Härters in bestimmten Grenzen einstellen
- eine Beschleunigung der Vulkanisationsgeschwindigkeit ist nur bis zu 80 °C möglich, bei Temperaturen von über 90 °C kann es zur Depolymerisation (Reversion) kommen
- Geringfügiger Gewichtsverlust und Schrumpf (0,2–2% linear) bei der Vulkanisation

Additionsvernetzende Systeme

Additionsvernetzende Siliconkautschuke bestehen aus zwei Komponenten mit Polymer und Vernetzer in der einen und Polymer und Platinkatalysator in der anderen Komponente. Die Vulkanisation erfolgt durch Vermischen der beiden Komponenten: dabei werden die Polymerketten durch Hydrosilylierung der Vinylgruppen mit dem wasserstoffhaltigen Vernetzer verknüpft. Im Gegensatz zu den kondensationsvernetzenden RTV-2 Siliconkautschuken wird die Vulkanisationsgeschwindigkeit nicht durch das Mischungsverhältnis, sondern durch die Temperatur gesteuert. Bei der Vulkanisation bilden sich keine Nebenprodukte (s. Abb. 9).

Parallel zu den 2-komponentigen Systemen sind auch 1-komponentige, additionsvernetzende und thermisch aushärtende Siliconkautschuke erhältlich. Sie werden immer dann bevorzugt, wenn die Anschaffung einer 2-Komponenten-Dosieranlage aus prozesstechnischen oder Kostengründen unerwünscht ist.

Die Vorteile auf einen Blick.

- kurze Härtingszeiten, auch bei langer Topfzeit möglich
- Einstellung der Topfzeit durch Zugabe von Additiven
- Beschleunigung der Reaktion durch Temperaturerhöhung
- irreversible Vernetzung
- kein Gewichtsverlust beim Aushärten und eine sehr geringe Schrumpfungsrate (< 0,1 %)
- keine Freisetzung von Spaltprodukten
- bei selbsthaftend eingestellten Typen sehr gute Haftung auf vielen Substraten

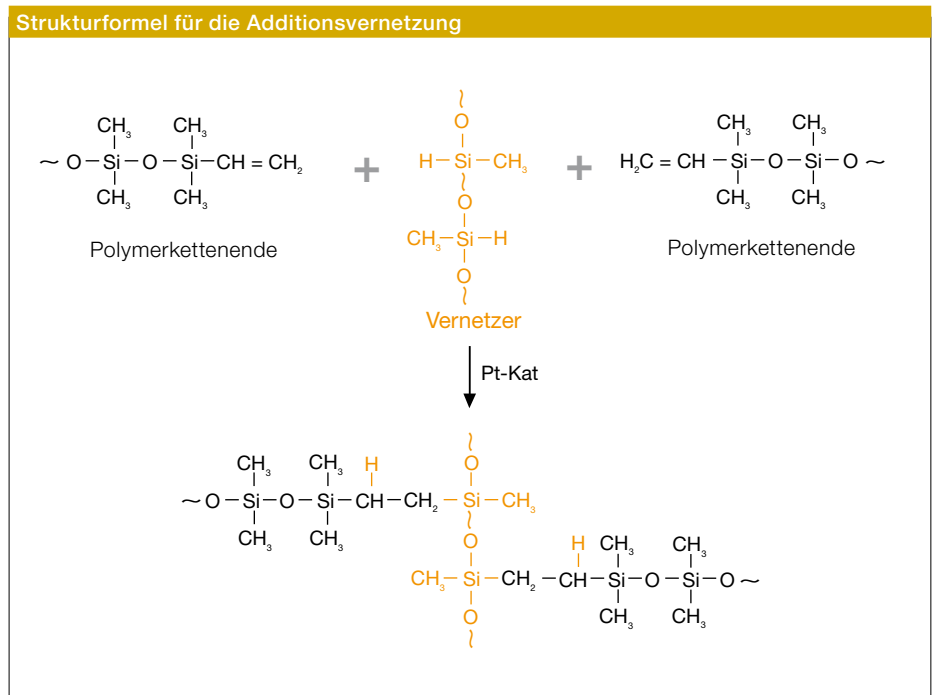


Abb. 9

GEKONNT VERARBEITEN.

Detaillierte Verarbeitungshinweise für RTV-2 Siliconkautschuke von WACKER finden Sie in dem Beiblatt zu dieser Broschüre „Raumtemperaturvernetzende Siliconkautschuke verarbeiten“. Bitte fragen Sie Ihre zuständige WACKER-Vertriebsgesellschaft danach.

Viskosität

RTV-2 Siliconkautschuke von WACKER eignen sich für eine Vielzahl von Verarbeitungstechniken wie Sprühen, Tauchen, Vergießen, Siebdruck und automatisiertes Auftragen. Dabei bestimmen die rheologischen Eigenschaften eines Materials seine Eignung für die jeweilige Verarbeitungstechnik: Zum Beispiel die Viskosität. Sie wird in mPa s gemessen und liegt bei RTV-2 Siliconkautschuken üblicherweise zwischen 500 und 2.000.000 mPa s. Viele RTV-2 Siliconkautschuke zeigen nicht Newtonsches Verhalten, so dass stets das Schergefälle anzugeben ist, bei der die Viskosität gemessen wurde. Die Viskosität hängt zudem von der Vorbehandlung (z.B. Aufrühren) als auch von der Temperatur ab. Deshalb sind eine exakte Thermostatisierung und die Einhaltung bestimmter Prozeduren für die Vorbehandlung (Rührgeschwindigkeit und -zeit) notwendig.

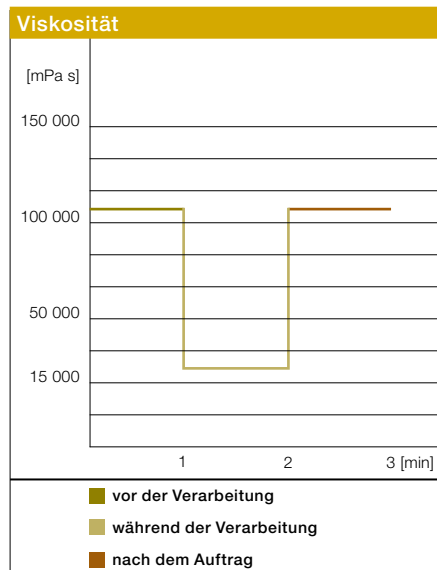


Abb. 10

Abmischen und Auftragen

Fließfähige RTV-2 Siliconkautschuke zeichnen sich durch ihre problemlose Verarbeitung bei der Verwendung in kleinem und großem Maßstab aus. Beide Komponenten müssen zunächst im vorgeschriebenen Mischungsverhältnis zu einer homogenen Masse vermischt werden. Dies kann von Hand oder maschinell erfolgen. Das verwendete Gerät muss in jedem Fall sauber sein. Sind die beiden Komponenten verschiedenfarbig, sollte so lange gemischt werden, bis die Masse vollkommen schlierenfrei ist. Zur wirtschaftlichen Verarbeitung in größerem Maßstab empfiehlt sich die Verwendung von Dosiergeräten⁶⁾. Insbesondere gilt dies für pastös-thixotrop eingestellte Massen.

Die beim Mischen eingerührte Luft muss bei den fließfähigen Typen vor der weiteren Verarbeitung durch Evakuieren bei ca. 20 mbar entfernt werden.

Man braucht dazu einen Behälter mit dem vierfachen Materialvolumen, da der Siliconkautschuk beim Anlegen des Vakuums sehr stark aufschäumt. Bei Verwendung einer Dosieranlage kann die Förderung mit Druckluft wegen eventueller Blasenbildung zu Problemen führen. Ursache hierfür ist die hohe Gaslöslichkeit von Siliconen. Bei pastös-thixotrop eingestellten RTV-2 Siliconen werden bereits bei der Abfüllung im Werk eventuell eingeschlossene Luftblasen entfernt. In diesen Fällen wird mittels Dosieranlage mit Folgeplatte direkt aus den Originalgebinden gefördert. Bei Siliconschäumen lässt sich durch gezieltes Einmischen von Gasen in die Komponenten die Struktur des Schaumes beeinflussen.

Vulkanisation

Die Verarbeitungs- oder Topfzeit und die Vulkanisationszeit kondensationsvernetzender Siliconkautschuke kann einerseits durch die Härterwahl (langsamer oder schneller Härter) und andererseits durch die Härtermenge beeinflusst werden.

Während bei kondensationsvernetzenden Siliconkautschuken eine Temperaturerhöhung für die Vulkanisation nicht notwendig ist, so lässt sich bei additionsvernetzenden Siliconkautschuken die Zeit bis zur Aushärtung erheblich beschleunigen. Diese ist abhängig vom Produkt einerseits und vom Wärmeübergang andererseits. Als Wärmequelle kommen erhitzte Metallformen, Umluftöfen oder IR-Tunnel in Frage. Einige additionsvernetzende Silicone haben eine deutlich verlängerte Topfzeit von einem Tag bis hin zu mehreren Monaten. Hier wird die Vulkanisation bei hohen Temperaturen von bis zu 200 °C

⁶⁾ Bitte fragen Sie uns nach den Hersteller-Adressen.

durchgeführt. Bitte entnehmen Sie genaue Angaben dem jeweiligen Produktmerkblatt.

Die Vulkanisation additionsvernetzender Siliconkautschuke kann durch den Kontakt mit Substanzen, die bestimmte Amin-, Schwefel- oder Zinnverbindungen enthalten, empfindlich gestört werden. Dies macht sich meist durch klebrige Kontaktflächen bemerkbar und lässt sich durch geeignete Vorversuche vermeiden.

Verarbeitungszeit/Topfzeit

Die Topfzeit von RTV-2 Siliconen ist insbesondere bei additionsvernetzenden Siliconen stark von der Temperatur abhängig: sie verkürzt sich durch erhöhte Temperatur und verlängert sich bei niedrigen Temperaturen. Bei RTV-2 Siliconkautschuken liegt die Topfzeit im Durchschnitt zwischen 30 Minuten und 6 Stunden, bei bestimmten Typen im Bereich von einigen Minuten. Darüber hinaus kann sie bei kondensationsvernetzenden Systemen durch spezielle Härter oder bei additionsvernetzenden Systemen durch spezielle Additive in weiten Grenzen den jeweiligen Anforderungen angepasst werden (s. Abb. 11).

Einige additionsvernetzende Systeme bieten bei Raumtemperatur eine Verarbeitungszeit von mehreren Tagen und bestimmte Produkte werden als 1-komponentige Formulierung mit entsprechend langer Lagerzeit geliefert.

Bei diesen speziellen Produkten sind Feineinstellungen mit Inhibitor PT 88 (längere Verarbeitungszeit) oder Katalysator EP (kürzere Verarbeitungszeit), wie in den Grafiken dargestellt, nicht möglich.

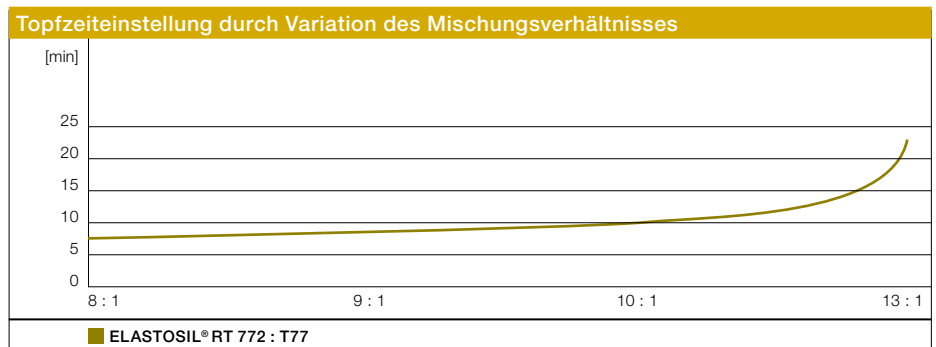


Abb.11

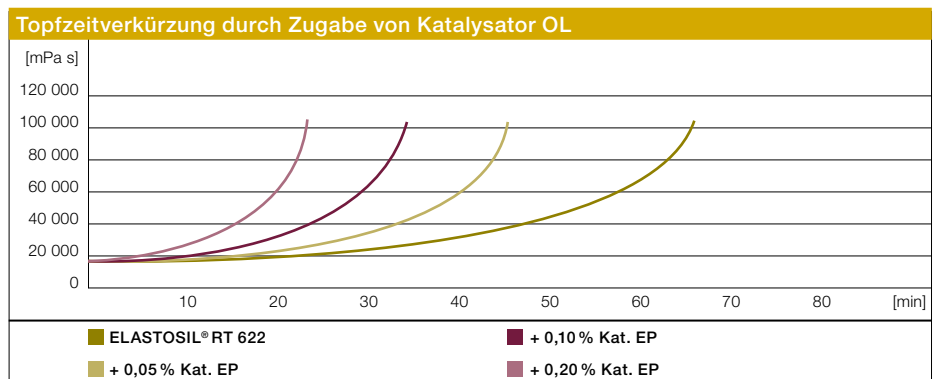


Abb.12

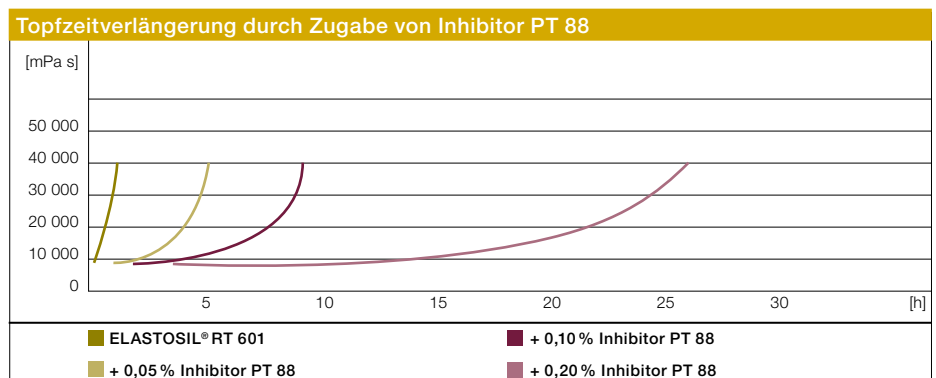
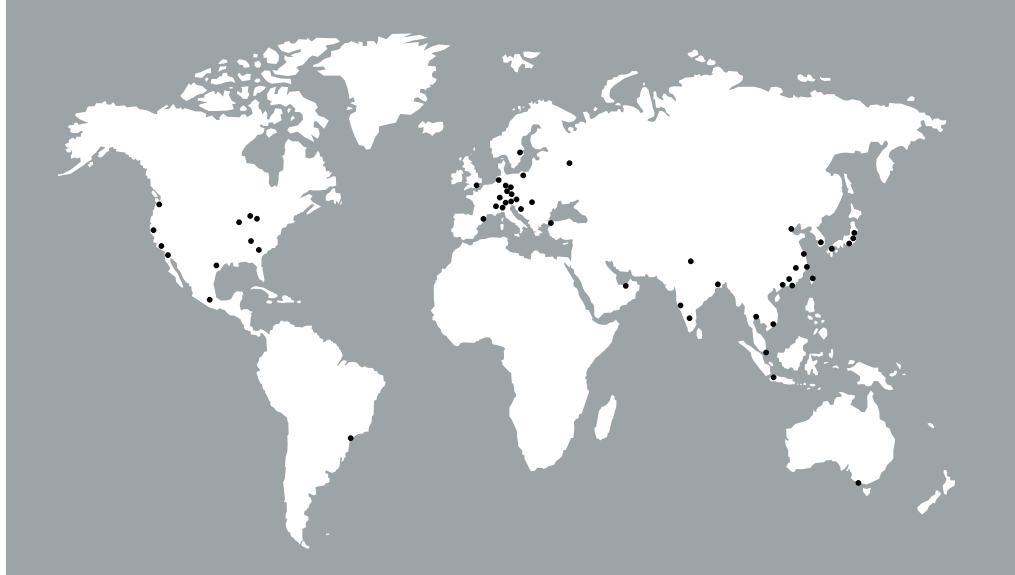


Abb.13

WACKER AUF EINEN BLICK



WACKER

ist ein Technologieführer der chemischen und elektrochemischen Industrie und weltweiter Innovationspartner von Kunden in einer Vielzahl globaler Schlüsselindustrien. Der Konzern erwirtschaftete mit rund 14.400 Mitarbeitern einen Umsatz von 2,76 Mrd. EUR in 2005. Davon entfielen auf Deutschland 21%, auf Europa (ohne Deutschland) 31%, auf Amerika 22% sowie auf die Region Asien-Pazifik inklusive der übrigen Länder 26%. Mit rund 20 Produktionsstätten und mehr als 100 Vertriebsgesellschaften ist der Konzern weltweit präsent. Konzernsitz ist München. Mit einem Anteil von 5,3% vom Umsatz in 2005 für Forschung und Entwicklung gehört WACKER in die weltweite Spitzengruppe der forschenden Chemieunternehmen.

WACKER SILICONES

ist ein führender Anbieter von silicon-basierten Gesamtlösungen aus Produkten, Services und Konzepten. Als Lösungspartner unterstützt der Bereich seine Kunden dabei, ihre Innovationen voranzutreiben, ihre Märkte weltweit voll auszuschöpfen und ihre Geschäftsprozesse zu optimieren, um ihre Gesamtkosten zu senken sowie ihre Produktivität weiter zu erhöhen. Silicone bilden die Basis für Produkte mit hoch differenzierten Eigenschaften und nahezu unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten. Das Einsatzspektrum reicht von der Automobil-, Bau-, Chemie-, Elektro- und Elektronikindustrie über Kosmetik, Consumer Care, Maschinen- und Metallbau bis hin zu Papier, Textil und Zellstoff.

WACKER POLYMERS

hält bei hochwertigen Bindemitteln und polymeren Additiven die Spitzenposition auf dem Weltmarkt. Der Bereich umfasst die Geschäftsfelder bauchemische Produkte, funktionelle Polymere für Beschichtungen, Lacke und weitere industrielle Anwendungen sowie Grundchemikalien (Acetyls). Dispersionspulver, Dispersionen, Festharze, Bindepulver und Lackharze von WACKER POLYMERS finden bei Unternehmen der Bau-, Automobil-, Papier- und Klebstoffindustrie sowie bei Herstellern von Druckfarben und Industrielacken Verwendung.

WACKER FINE CHEMICALS

liefert als Experte in organischer Synthese, Silanchemie und Biotechnologie maßgeschneiderte Lösungen für Kunden der Life Science- und Consumer Care-Industrie. Die Palette innovativer Produkte umfasst komplexe organische Zwischenprodukte, Organosilane, chirale Produkte,

Cyclodextrine und Aminosäuren. Mit seinem umfassenden Know-how ist WACKER FINE CHEMICALS für seine Kunden ein bevorzugter Partner für anspruchsvollste chemische und biotechnologische Custom Manufacturing-Projekte.

WACKER POLYSILICON

produziert seit über 50 Jahren hochreines Silicium für die Halbleiter- und Photovoltaikindustrie. Als einer der weltweit größten Hersteller von polykristallinem Silicium beliefert WACKER POLYSILICON führende Wafer- und Solarzellenhersteller.

Siltronic

ist einer der Weltmarktführer für Wafer aus Reinstsilicium und Partner vieler führender Chiphersteller. Siltronic entwickelt und produziert Wafer mit Durchmessern bis zu 300 mm an Standorten in Europa, Asien, Japan und USA. Siliciumwafer sind die Grundlage der modernen Mikro- und Nanoelektronik – z. B. für Computer, Telekommunikation, Automobile, Medizintechnik, Consumerelektronik und Steuerungssysteme.

WACKER

Die in dieser Broschüre mitgeteilten Daten entsprechen dem derzeitigen Stand. Der Abnehmer ist von sorgfältigen Eingangsprüfungen im Einzelfall hierdurch nicht entbunden. Änderungen der Produktkennzahlen im Rahmen des technischen Fortschritts oder durch betrieblich bedingte Weiterentwicklungen behalten wir uns vor. Die in dieser Broschüre gegebenen Hinweise und Informationen erfordern wegen durch uns nicht beeinflussbarer Faktoren während der Verarbeitung, insbesondere bei der Verwendung von Rohstoffen Dritter, eigene Prüfungen und Versuche. Unsere Hinweise und Informationen entbinden nicht von der Verpflichtung, eine eventuelle Verletzung von Schutzrechten Dritter selbst zu überprüfen und gegebenenfalls zu beseitigen. Verwendungsvorschläge begründen keine Zusicherung der Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck.

WACKER

SILICONES

Wacker Chemie AG
Hanns-Seidel-Platz 4
81737 München, Germany
info.silicones@wacker.com

www.wacker.com