

**„Wissen ist Macht?
Wir teilen unser Wissen gerne
mit Ihnen und entwickeln
gemeinsam mit Ihnen
neue Lösungen.“**

Thomas Wohlgemuth
Beauftragter Qualitätsmanagement



TECHNISCHES WISSEN

PRAKTISCHE INFORMATIONEN AUF EINEN BLICK. Auf den nächsten Seiten finden Sie allgemeine technische Daten und Informationen, die in der Regel produktübergreifend gelten. Teilweise haben wir zur besseren Übersicht keine direkte Zuordnung der technischen Daten zu den Produkten gemacht. Sie finden aber dann innerhalb der Kapitel einen Verweis auf den Technischen Anhang.

Weniger ist mehr

Eventuell finden Sie hier nicht alle Daten, die Sie benötigen. Wir haben uns auf die wesentlichen beschränkt und auch nur die Daten ausgewählt, die im Normalfall keinen kurzfristigen Änderungen unterliegen. Detaillierte und ausgesprochen produktspezifische Daten senden wir Ihnen auf Wunsch gerne zu.

Einsatzbezogene Informationen

In der Regel gehen alle technischen Angaben von Idealverhältnissen aus und berücksichtigen nicht die jeweils spezifischen Einflüsse. Deswegen können alle hier gemachten Angaben nur Anhaltskriterien sein – wenn Sie hier Detailfragen haben, lassen Sie sich von unseren Mitarbeitern beraten.

Achtung!

Die in diesem Kapitel aufgeführten Informationen entsprechen dem aktuellen Stand der Technik und stellen das Ergebnis langjähriger Versuche und Erprobungen dar, bzw. beruhen auf Beständigkeitsangaben für die aufgeführten Medien. Bitte beachten Sie, dass pauschal gemachte Beständigkeitsangaben nicht alle Medien und Temperaturen einschließen können und von diversen Einflüssen abhängen. Die individuellen Einsatzbedingungen beeinflussen den üblichen Gebrauch, so dass diese nur jene Sicherheit bieten können, die Sie nach den schriftlichen Produktinformationen erwarten können. Im Zweifelsfall müssen die Angaben für den individuellen Einsatz überprüft werden. Bei unsachgemäßer Behandlung, wie Quetschen, Reißen, Ziehen, Belastung mit nicht zulässigen Medien kann keine Haftung übernommen werden.

Informationen auf den nächsten Seiten

- Allgemeine Informationen über Gummi-Kautschuk-Elastomere
- Kurzbezeichnungen und Handelsnamen wichtiger Elastomere
- Eigenschaften wichtiger Elastomere und Kunststoffe
- Physikalische Eigenschaften von Elastomeren
- Auswahltabellen für Elastomere
- Terminologie der Elastomere
- Prüfverfahren
- Zulässige Maßabweichungen bei Elastomeren
- Richtlinien für Lagerung/Reinigung/Wartung
- Auslegung elastomerer Dichtungen
- Mechanische und thermische Kennwerte von Kunststoffen
- Bearbeitungsrichtlinien
- Klebetechnik
- Chemische Beständigkeiten
- Materialprüfnormen
- Bestimmung der Schlauchnennweite
- Gewindetabellen
- Allgemeine Werte, Einheiten und Berechnungen

Hinweise und Bedingungen für die Tabellen und Listen in „Technisches Wissen“

Die Angaben für sämtliche Tabellen und Listen sollen einen allgemeinen Überblick über die Eigenschaften der Produkte verschaffen und einen schnellen allgemeinen Werkstoffvergleich ermöglichen, und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Sie stellen in keinem Fall eine rechtliche, verbindliche Zusicherung bezüglich der benannten und aufgeführten Eigenschaften der benannten Produkte oder deren Eignung zur Anwendung in einem konkreten Einzelfall dar.

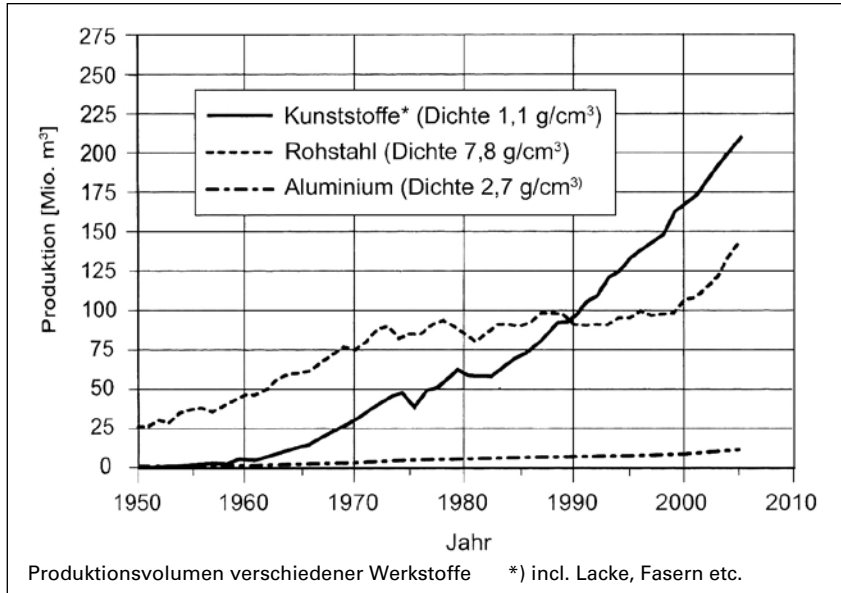
Alle genannten Werte wurden als Durchschnittswerte aus vielen Einzelmessungen ermittelt und beziehen sich auf eine Temperatur von 23 °C und 50 % RF.

Für den spezifizierten Anwendungsfall empfehlen wir den Eignungsnachweis durch einen praktischen Versuch, aufgrund der starken Abhängigkeit von Umgebungseinflüssen und der Hersteller gegebenen Produkt-Unterschiedlichkeiten in ihrer Konsistenz, Mischung und Molekularstruktur.

EINLEITUNG

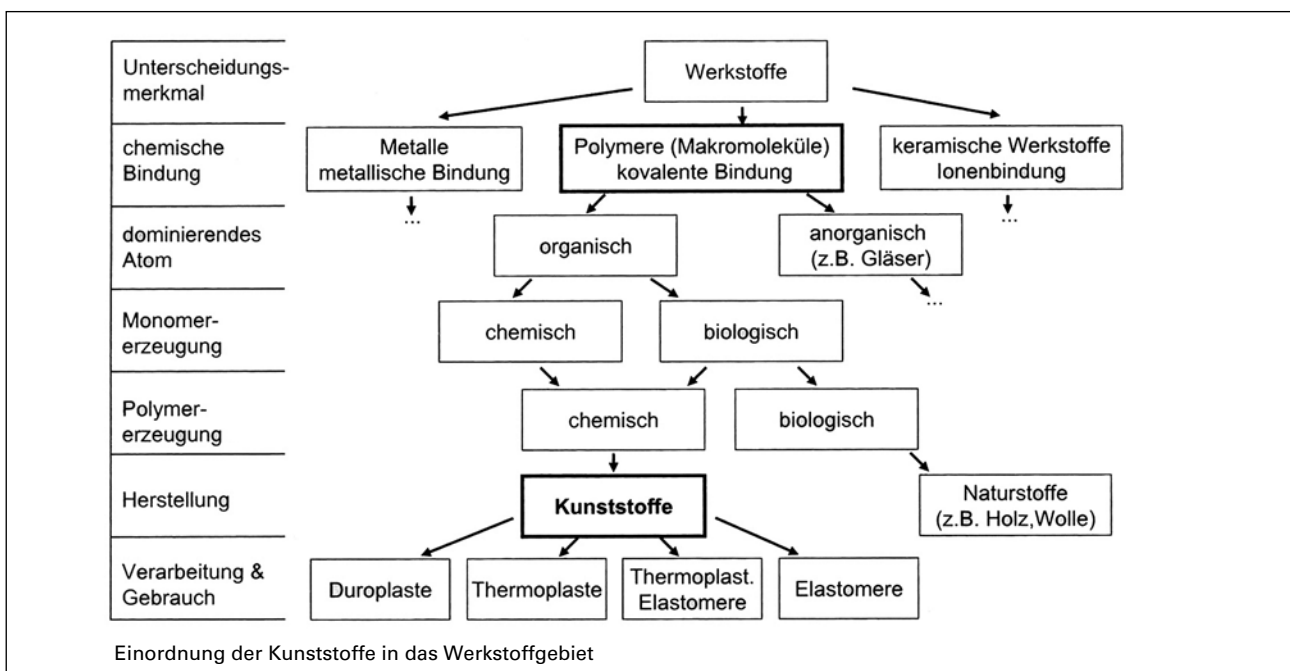
Wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe

Kunststoffe haben als eigenständige Werkstoffgruppe neben Metallen und keramischen Werkstoffen eine sehr hohe technologische wie wirtschaftliche Bedeutung errungen. Neben dem beachtlichen Wachstum dieser Werkstoffgruppe zeigt sich auch, dass Kunststoffe heute weltweit ein größeres Produktionsvolumen aufweisen als etwa Rohstahl.



Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage © Carl Hanser Verlag München, 2007

Das Wachstum von 1980 auf 2003 ist hier für die verschiedenen Regionen der Welt immens gestiegen, die Prognose für 2010 ist weiter steigend. Dabei zeigt sich nicht nur das weiterhin anzunehmende hohe Wachstum dieser Werkstoffgruppe sondern auch die eindeutige Korrelation zwischen der Produktion dieses Werkstoffs und der wirtschaftlich-technologischen Leistungsfähigkeit einer Region. Wir sind im 21. Jahrhundert unstrittig in der „Kunststoffzeit“ angekommen. Diese Werkstoffgruppe ist eine wesentliche Grundlage für die technologische Entwicklung und ein Indikator für das wirtschaftliche Wachstum einer Industriegesellschaft.



Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage © Carl Hanser Verlag München, 2007

EINLEITUNG

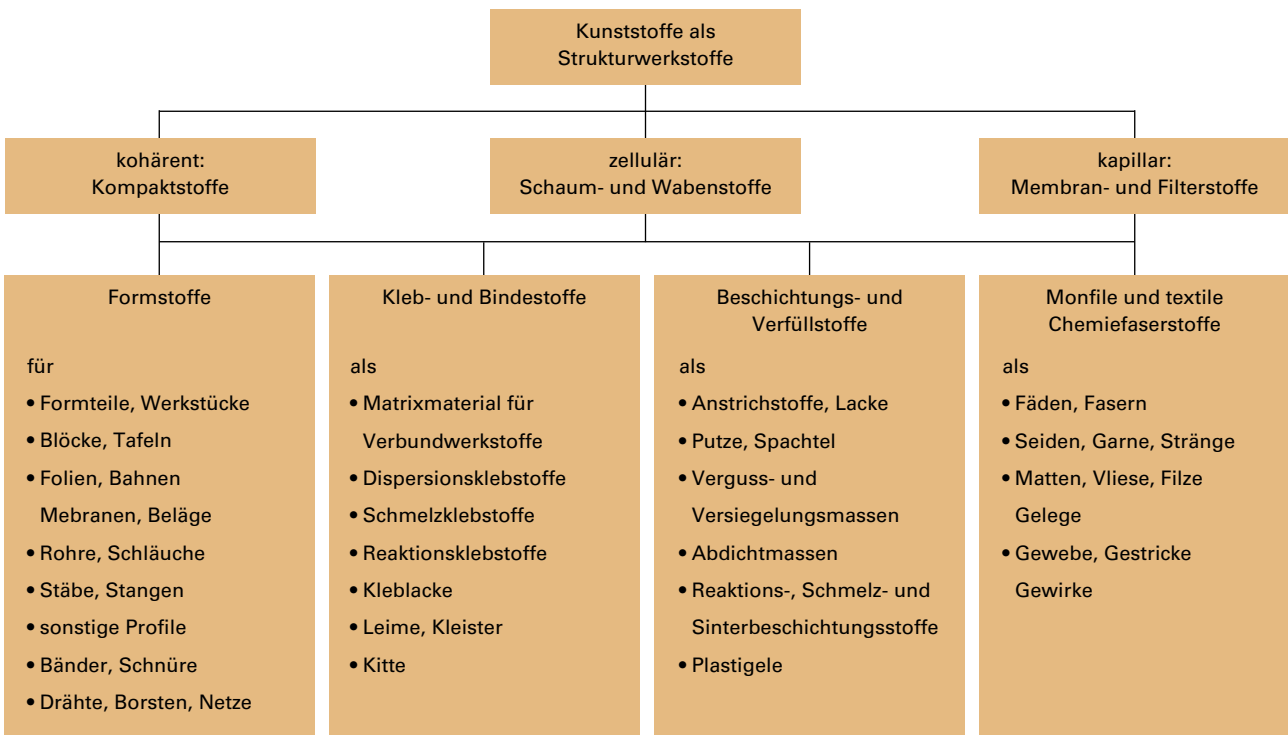
Wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe

Allgemein kann zum Kunststoffgebiet festgestellt werden:

- Kunststoffe werden in einer großen Typenvielfalt hergestellt, wie sie von anderen Werkstoffgruppen nicht annähernd erreicht wird.
Sie repräsentieren eine extrem große Spannweite des Eigenschaftsbildes. Der in der Anfangszeit der Kunststoffentwicklung etwas euphorisch geprägte Slogan „Werkstoffe nach Maß ist Realität geworden. In nahezu allen Bereichen des menschlichen Lebens sind Kunststoffe als Werkstoffe oder spezielle Funktionsstoffe etabliert.
- Aufgrund ihrer komplexen chemischen und morphologischen Struktur sowie ihrer großen Variationsbreite hinsichtlich der Zusammensetzung und stofflichen Modifizierbarkeit ergibt sich ein kompliziertes Stoffverhalten, das beim Einsatz und bei der Verarbeitung der Kunststoffe zu berücksichtigen ist. Beispiele sind die Visko- und Entropieelastizität, das nichtnewtonsche Fließen, ein komplexes Alterungsverhalten, die Teil- und Flüssigkristallinität, orientierungs- oder modifizierungsbedingte Anisotropie, Spannungsrissbildung u. a. m. Zur Beschreibung der Eigenschaften sind daher vielfältige Prüfverfahren erforderlich, um aussagefähige Eigenschaftswerte (Single-Point-Daten) oder Eigenschaftsfunktionen (Multi-Point-Daten) zu erhalten.
- Für die Aufbereitung, Ver- und Bearbeitung sowie Nachbehandlung der Kunststoffe kann eine große Anzahl verschiedenartiger Verfahren der Kunststofftechnik eingesetzt werden. Es dominieren eindeutig die Urform- und Uniformverfahren, die eine hochproduktive und energiesparende Fertigung mit sehr guter Materialausnutzung sowie geringer Anzahl von Verfahrensschritten ermöglichen.

Die Stoffverformung und -umwandlung (z. B. Härten, Vulkanisieren) laufen bei der Verarbeitung u. U. gleichzeitig ab. Insbesondere bei Thermoplasten bestehen gute Recyclingmöglichkeiten durch geschlossene Stoffkreisläufe. Mit einer erheblichen Beeinflussbarkeit der Produkteigenschaften durch die Verfahrensbedingungen muss gerechnet werden. Die Verfahrensoptimierung und Qualitätssicherung sollen daher in der Kunststoffverarbeitung einen angemessenen Rang haben.

- Die effiziente Gestaltung von Kunststoffteilen ist ohne Berücksichtigung der stofflichen Realisierbarkeit und Fertigungsverfahren nicht möglich. Dies sowie der hohe Grad der Werkstoff- und Geometriespezialisierung vieler Fertigungsverfahren zwingen dazu, Gestaltungs-, Werkstoff- und Verfahrensentscheidungen in enger Wechselbeziehung zu treffen.
- Die Herstellkosten von Produkten aus Kunststoff werden wesentlich durch die Werkstoffkosten bestimmt. Ökologische Anforderungen müssen zunehmend neben ökonomischen Zielsetzungen berücksichtigt werden. Eine zweckmäßige Werkstoffauswahl und Material sparende Konstruktion sind daher wirksame Beeinflussungsmöglichkeiten für eine wirtschaftliche Fertigung und für eine ökologisch sinnvolle Kunststoffanwendung. Möglichkeiten der Funktionsintegration infolge der besonderen Eigenschaften der Kunststoffe helfen Fertigungsschritte und damit Fertigungskosten einzusparen. Im gleichen Sinne wirkt sich eine recyclinggerechte Erzeugniskonstruktion aus.

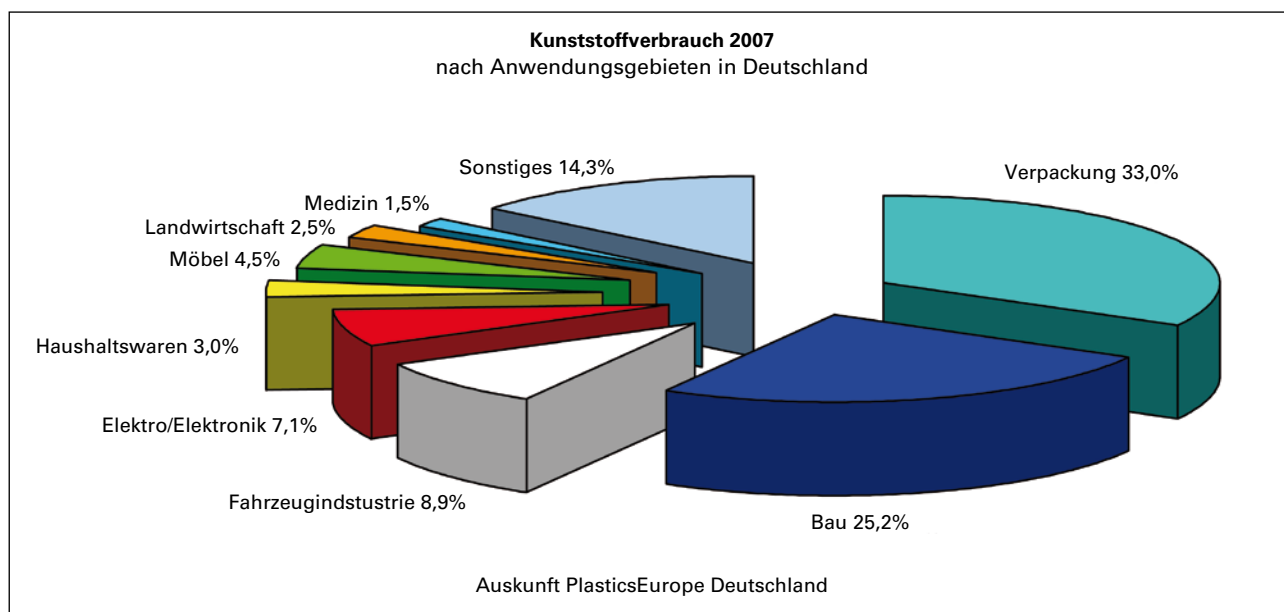


Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage © Carl Hanser Verlag München, 2007

EINLEITUNG

Wirtschaftliche Bedeutung der Kunststoffe

In letzter Zeit sind Kunststoffe auch stärker als „Funktionswerkstoffe“ zum Einsatz gekommen. Funktionswerkstoffe weisen nanoskopisch bestimmte Funktionalitäten aus, die sich etwa für optische oder elektrische Zwecke nutzen lassen. Hierzu zählen etwa UV-Lichthärtende Harze, photoadressierbare Makromoleküle oder elektrisch schaltbare Polymere. Im Allgemeinen spricht man hier von Funktionspolymeren (besser: Funktionskunststoffe). Im Bauteil werden die Funktionswerkstoffe lokal angeordnet, etwa schicht- oder punktförmig. Sie übernehmen eine spezielle Funktion (etwa die der Datenspeicherung). Dieser Werkstoffgruppe wird eine stark wachsende Zukunft vorhergesagt, wegen der derzeit jedoch sehr speziellen Anwendungen und Eigenschaften wird diese Werkstoffgruppe nicht in diesem Bericht behandelt.



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

EINLEITUNG

Obergruppierung der Kunststoffe

Thermoplast

Thermoplaste (Singular: der) sind Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich einfach (thermoplastisch) verformen lassen. Dieser Vorgang ist reversibel, das heißt er kann durch Abkühlung und Wiedererwärmung bis in den schmelzflüssigen Zustand beliebig oft wiederholt werden, solange nicht durch Überhitzung die sog. thermische Zersetzung des Materials einsetzt. Darin unterscheiden sich Thermoplaste von den Duroplasten und Elastomeren.

Aufbau und Einteilung

Thermoplaste sind aus wenig oder nicht verzweigten, also linearen Kohlenstoffketten aufgebaut, die nur durch schwache physikalische Bindungen miteinander verbunden sind.

Diese Bindungskräfte sind wirksamer, wenn die Ketten parallel ausgerichtet sind. Solche Bereiche nennt man kristallin; im Gegensatz zu amorphen (ungeordneten) Bereichen, in denen die Makromoleküle verknäult vorliegen. Werden verschiedene Thermoplaste miteinander vermischt, so nennt man das Produkt ein Polyblend. Thermoplaste lassen sich bei Einwirkung von Wärme und Druck verschweißen, dies ist mit oder ohne Zusatzwerkstoff möglich. Die zu verschweißenden Werkstoffe werden dabei über ihre Schmelztemperatur hinaus erwärmt und in einen fließfähigen Zustand gebracht. Da dies für unterschiedliche Kunststoffe bei verschiedenen Temperaturen geschieht, können neben artgleichen nur Kunststoffe mit ähnlichen Schmelzindizes miteinander verschweißt werden, z. B. PMMA mit PVC.

Duroplast

Duroplaste, auch **Duromere** genannt, sind Kunststoffe, die nach ihrer Aushärtung nicht mehr verformt werden können. Duroplaste sind harte, glasartige Polymerwerkstoffe, die über chemische Hauptvalenzbindungen dreidimensional fest vernetzt sind. Die Vernetzung erfolgt beim Mischen von Vorprodukten mit Verzweigungsstellen und wird entweder bei Raumtemperatur mit Hilfe von Katalysatoren chemisch oder bei hohen Temperaturen thermisch aktiviert.

Duromere bilden eine von drei Gruppen, in die Polymere eingeteilt werden. Man unterscheidet hierbei je nach dem Vernetzungsgrad zwischen den makromolekularen Hauptketten nach Thermoplasten, Elastomeren und Duroplasten. Während die Thermoplaste keine Vernetzungsstellen aufweisen und daher aufschmelzbar sind, können Elastomere und Duroplaste aufgrund ihrer Vernetzung nicht aufgeschmolzen werden und zerfallen nach Überschreiten der Zersetzungstemperatur (Pyrolyse).

Duroplaste werden oft mittels Polykondensation hergestellt. Bei einem Aushärtungsprozess bilden sich hierbei lineare Kettenmoleküle, die sich auch untereinander dreidimensional vernetzen und dabei eine stabile Struktur bilden. Nach dem Aushärten können sie ihre Form nicht mehr verändern. Auf mechanische Einwirkung reagieren sie mit Rissen oder Sprüngen. Durch während der Polykondensation entstehende Spaltprodukte werfen Duroplaste anfangs oft Blasen. Zusätzlich neigen einige zum Schrumpfen, Springen und Zerbröseln. Letzteres liegt in dem Abbau von während der Herstellung entstehenden Eigenspannungen begründet

Elastomere

Elastomere (Sing. das Elastomer) sind formfeste, aber elastisch verformbare Kunststoffe, deren Glasübergangspunkt sich unterhalb der Raumtemperatur befindet. Die Kunststoffe können sich bei Zug- und Druckbelastung elastisch verformen, finden aber danach wieder in ihre ursprüngliche, unverformte Gestalt zurück. Elastomere finden Verwendung als Material für Reifen, Gummibänder, Dichtungsringe, etc.

Ursache der Elastizität ist überwiegend die Fähigkeit der geknäulten Polymerketten auf eine Zugbelastung mit einer Streckung bzw. Entflechtung der Ketten zu reagieren. Nach Abfall der Zugbelastung relaxieren die Ketten wieder in ihren statistisch bevorzugten knäulartigen Zustand zurück. Dieses Phänomen äußert sich durch ein Strecken unter Zugspannung und das anschließende Zusammenziehen nach Abfall der Spannung. Um ein Aneinander vorbeigleiten der Ketten unter der Zugbelastung zu vermeiden, werden die Ketten bei Gummi durch Schwefelbrücken untereinander verbunden. Beim Zusatz von viel Schwefel bei der Vulkanisation entsteht somit Hartgummi, bei der Zugabe von wenig Schwefel Weichgummi.

Entropie-Elastizität

Bei Polymeren handelt es sich um sehr lange „Kettenmoleküle“. Entlang dieser Ketten sind die einzelnen Kettenelemente gegeneinander drehbar. Bei Elastomeren ist diese „Drehbarkeit“ so stark ausgeprägt, das die Moleküle sich zu einem sogenannten Polymerknäuel verdrillen. Dieses Bestreben hat keine energetische Ursache, sondern ist lediglich das Resultat der in völlig zufällige Richtungen erfolgenden Drehbewegung entlang der Kette. Die Anordnung der einzelnen Atome der Kette um das Zentrum des Moleküls entspricht dabei einer Gauss-Verteilung.

Polyurethan-Elastomere

Polyurethan (PUR) ist lebendige Wissenschaft! Ganz im Sinne des PUR-Erfinders, Prof. Dr. Otto Bayer (1902-1982), gehört die maßgeschneiderte Modifikation unseres umfangreichen Sortiments an PUR-Systemen bei uns zum täglichen Geschäft. Nach der Erfindung der Polyurethane dauerte es einige Jahre bis der Werkstoff in der Praxis angewendet werden konnte. Vollkommen neue Verarbeitungstechnologien mussten entwickelt werden. Erste Anwendungserfahrungen mussten gesammelt und analysiert werden. Überzeugungsarbeit musste geleistet werden.

Die rasch wachsende Nachfrage konnte nur bewältigt werden durch die Entwicklung verschiedenster PUR-Systeme. So entstand eine Vielzahl weltweit bekannter PUR-System-Marken, die dazu beigetragen haben, dass PUR-Marken, mit dem Bayerkreuz, bis heute für höchste Qualität stehen.

Wie umfangreich unser Produktsortiment heute auch ist, neue Entwicklungen brauchen innovative Ideen.

EINLEITUNG

Obergruppierung der Kunststoffe

In industriellen Anwendungen werden auch thermoplastische Polyurethane vielseitig eingesetzt. Polyurethan (PU) besitzt eine Reihe vorteilhafter Eigenschaften. Insbesondere die gute Einbettung von Zugsträngen aus Stahl- oder Aramidlitze im PU und die damit erzielbaren geringen Dehnungswerte zum Beispiel bei Zahnriemen sind für anspruchsvolle Anwendungen nützlich, z.B. in der Lineartechnik und Robotik. Die Schweißbarkeit von Polyurcthan erlaubt außerdem das nachträgliche Anbringen von Nocken und Beschichtungen, insbesondere genutzt für vielfältigste Transportaufgaben.

Zwei verschiedene PU-Elastomere werden eingesetzt, Polyester-PU bei hohen Anforderungen bezüglich Beständigkeit gegenüber Ölen sowie Polyether-PU bei Feuchtigkeitseinfluß /A28/. Ein häufig verwendetes PU für Zahnriemen trägt die Verkaufsbezeichnung Desmopan® 790 (Fa. Bayer), wobei die Ziffer 7 die Rohstoffgruppe Carbonat (und damit die grundsätzlichen Eigenschaften festlegt) und die beiden folgenden Ziffern 90 die Shore-A-Härte angeben 1F161. Obwohl man auch Polyurethan-Elastomere mit Glasfasern verstärken kann, sind Anwendungen bei PU-Riemen im Gegensatz zu solchen aus Gummi bisher nicht bekannt.

Eigenschaften	Richtwerte für Desmopane 790 (gemessen nach Norm)	
• hohe Abriebfestigkeit	• Shore-A-Härte (ISO 868)	92
• große Steifigkeit und Reißfestigkeit	• Spannung bei 100% Dehnung (ISO 37)	10 Nimm
• gute dynamische Belastbarkeit	• Bruhschpannung (ISO 37)	55 Nimm
• sehr gute Hydrolysebeständigkeit	• Bruchdehnung (ISO 37)	450%
• gute UV-Beständigkeit	• Weiterreißwiderstand (DIN 53515)	85 kN/in
• gute Mikrobenbeständigkeit	• relativer Volumenverlust bei 20°C (DIN ISO 4649)	30 inin ³
• geringe Quellung in Ölen, Fetten und vielen Lösungsmitteln	• Dichte (ISO 1183)	1,21 g/cm
• verkleb- und verschweißbar		
• einfärbbar		

PUR-Systeme, die in Kombination mit Füllstoffen, Kurz-, Lang- oder Endlosfasern zu Formteilen oder Beschichtungen verarbeitet werden. Das Polyurethan wird im Sprüh-, Gieß-, Nasspress- oder gängigen Composite-Herstellungsverfahren auf ein Substrat aufgebracht. Diese Werkstoffklasse zeichnet sich vor allem durch ihre exzellenten mechanischen Eigenschaften sowie ihre hohe Schlagzähigkeit – auch bei extrem niedrigen Temperaturen – aus. Darüber hinaus sind alle PUR-Materialien frei von Lösungsmitteln und Styrol.

Die PUR-Systeme bieten dem Anwender ein schier unbegrenztes Spektrum an Einsatzmöglichkeiten. Sie werden beispielsweise für Korrosions- und Verschleißschutz, Verstärkung, technische Artikel und Formteile, thermische und elektrische Isolierung, Hochleistungsbauteile im Automobil, im Nutzfahrzeugbereich sowie in Flugzeug und Bahn verwendet. (Bayer AG)

Quelle: Fa Bayer AG – Breco

Vergleich verschiedener Kunststoffgruppen

	Struktur	Erscheinungsform*	Dichte (g/cm³)	Verhalten beim Erwärmen	Verhalten beim Behandeln mit Lösungsmitteln
Thermoplaste	lineare oder verzweigte Makromoleküle	teilkristallin: biegsam bis hornartig; trüb, milchig bis opak; nur in dünnen Folien klar durchsichtig amorph: ungeteibt und ohne Zusätze glasklar; hart bis (z.B. bei Weichmacher-zusatz) gummielastisch	0,9 bis etwa 1,4 (Ausnahme PTFE: 2-2,3) 0,9 bis 1,9	erweichen; schmelzbar, dabei klar werdend; oft fadenziehend: Schweißbar (Ausnahmen möglich)	Quellbar, in der Regel in der Kälte schwer löslich, aber meist bei Erwärmen. z.B. Polyethylen in Xylol von wenigen ausnahmen abgesehen löslich in bestimmten organischen Lösungsmitteln, meist nach vorherigem Quellen
Duoplaste	(meist) engmaschig vernetzte Makromoleküle	hart; meist gefüllt und dann undurchsichtig; Füllstoff – frei transparent	1,2 bis 1,4: gefüllt 1,4 bis 2,0		
Elastomere	(meist) weitmaschig vernetzte Makromoleküle	gummielastisch dehnbar	0,8 bis 1,3	fließen nicht bis nahe an die Zersetzungstemperatur	unlöslich; oft aber quellbar

Als grobes Maß für die Härte eines Kunststoffs kann das Verhalten beim Ritzen des Fingernagels dienen: harte ritzen den Nagel, normalige sind gleich hart, biegsame oder gummielastische lassen sich mit dem Fingernagel ritzen oder eindrücken. Stand 2008/05

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage © Carl Hanser Verlag München, 2007

GUMMI – KAUTSCHUK – ELASTOMERE

Geschichte des Kautschuks in Form einer Zeittafel

ca. 1600 Jahre v. Chr.	Erste durch prähistorische Funde nachgewiesene Gummibearbeitung durch mittel-amerikanische Ureinwohner
ca. 500 Jahre v. Chr.	In Ägypten wird „Gummi Arabicum“ verwendet. Das <i>komi</i> genannte Material dient zum Kleben, zum Anreiben von Schreibfarbe und ist auch wichtiger Bestandteil beim Balsamierungsprozeß Verstorbener.
1492	Entdeckung Amerikas durch Columbus. 1. Bericht über ein in Mittelamerika vorkommendes, elastisches Harz.
16. Jh.	Spanische Eroberer beobachten und berichten, dass Indios aus einer Baumflüssigkeit helle Sohlen und Gefäße anfertigen.
1740	LE CONDAMINE und FRESNAU befassen sich näher mit dem durch Eintrocknen von milchähnlichem Latex gewonnenen Wildkautschuk.
Mitte 18. Jh.	Wird mit diesem nach Europa transportierten Wildkautschuk durch Lösen in Lösungsmittel die Produktion von Schläuchen (1761), Gummischuhen (1768) und gummierten Stoffen (1783) aufgenommen.
1821	HANCOCK erfindet die ersten Plastifiziermaschinen, die eine Lösung des Fest-Kautschuks nicht mehr notwendig machen.
1826	FARADAY erkennt, dass Isopren den Hauptbestandteil des Natur-Kautschuks ausmacht.
1839	GOODYEAR erfindet die Vulkanisation mit Schwefel.
1845	THOMSON erfindet die Luftbereifung.
1876	Henri WICKHAM gelingt es, auf abenteuerlichem Weg 70 000 Sämlinge der <i>Hevea brasiliensis</i> vom Amazonas nach Europa zu schicken. Daraus gezogene junge Pflanzen werden nach Ceylon, dem heutigen Sri Lanka, gebracht und eingesetzt.
1888	DUNLOP erfindet den ersten Pneu.
1900	Die ersten Tonnen Plantagenkautschuk aus Südostasien können nach Europa ausgeliefert werden.
1906	Farbenfabriken vorm. Friedrich BAYER & Co. entschliessen sich zur Synthese des Kautschuks.
1914-1918	Produktion von 2350 Tonnen Methylen-Kautschuk aus 2,3-Dimethylbutadien.
1927	In der IG-Farbenindustrie wird der sogenannte Zahlenbuna entwickelt (Butadien Natrium).
1929	Mischpolymerisation von Butadien mit Styrol in Emulsion.
1930	Butadien- und Acryl-Nitril wird copolymerisiert zum Buna N. dem späteren Perbunan N der Fa. BAYER, mit der guten Öl- und Benzinbeständigkeit und ...
1935	... von der IG-Farben grosstechnisch fabriziert.
1931	In den USA wird der wetterbeständige und flammwidrige Chloropren-Kautschuk, aus 2-Chlorbutadien, entdeckt und später von der DU PONT unter der Bezeichnung „Neoprene“ produziert.
1937	Butyl-Kautschuk IIR wird von der STANDARD OIL COMPANY entwickelt.
1937	Beginn der «Polyurethan-Chemie» durch O. BAYER.
1942	Aufnahme der Produktion von SBR in den USA.

GUMMI – KAUTSCHUK – ELASTOMERE

Geschichte des Kautschuks in Form einer Zeittafel

1942	Silikon-Kautschuk wird erstmals von DOW CORNING CORP. und GENERAL ELECTRIC in den USA produziert.
1943 – 1945	In Deutschland und später in den USA Forschungen, die zur Produktion des ColdRubbers führen (SBR).
ab 1945	Die Entwicklungen der Nachkriegszeit beinhalten u.a. so bedeutende Elastomere wie den Fluor-Kautschuk.
1959	Entwicklung von Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPM, EPDM) durch G. Natta und G. Crespie auf Basis von Ziegler-Katalysatoren.
1960	Zum erstenmal in der Geschichte des Kautschuks überflügelte Synthetikautschuk mit 2,65 Millionen Tonnen die Weltproduktion an Naturkautschuk mit 2,08 Millionen Tonnen.
1961	Entwicklung von Ethylen-Vinylacetat-Kautschuk (EVM) durch H. Bartl und J. Peter bei Bayer.
1962	Entwicklung von Block-Copolymeren auf Basis Styrol und Butadien durch Shell, die zu den ersten thermoplastischen Elastomeren (SBS) führten.
1965	Produktionsaufnahme von cis-1,4-Polybutadien bei Hüls. Die Verwendung dieses Kautschuks als Mischkomponente bei der Reifenherstellung verbesserte das Abriebverhalten, die Kälteflexibilität und das Alterungsverhalten der Reifen. Entwicklung des besonders kraftstoff- und ozonbeständigen Epichlorhydrinkautschuks (CO, ECO) bei Goodrich.
1968	Weltkautschukverbrauch 7.650.000 t, davon 64 % Synthetikautschuk.
1970	Entwicklung von thermoplastischem Polyurethan (TPE-U) bei Bayer.
1971	Beginn der Herstellung von Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPDM) bei Hüls.
1973	Entwicklung von thermoplastischen Copolyestern auf Basis Alkylenterephthalaten und Alkylenglykolen (TPE-E) durch G. K. Hoeschele und W. K. itsiepe bei Du Pont.
1975	Entwicklung von Polynorbornenkautschuk (PNR) bei CdF-Chemie.
1978	Einführung von Ethylen-Acrylatkautschuk (EAM) durch Du Pont.
1979	Entwicklung neuartiger thermoplastischer Elastomere auf Basis vernetzter Ethylen Propylen-Kautschuk/Polyolefinverschnitten (TPE-O) durch A. Y. Coran und R. Patel, Monsanto. Entwicklung von thermoplastischem Naturkautschuk durch Verschnitt vernetzter Produkte mit Polyolefinen durch L. Mullins. Einführung von hydriertem Nitrilkautschuk (H-NBR) als neue, besonders resistente und hitzebeständige Kautschukklasse durch Bayer.
1981	Entwicklung von Polytetrafluorethylen/Polyolefin-Verschnitten (Aflas) als Kautschuke für höchstresistente Gummiteile von Asahi Glas, Japan.
1985	Einführung eines neuen amorphen thermoplastischen Chlorolefinelastomeren (Alcryn) durch Du Pont. Entwicklung eines höchst resistenten Fluoralkoxyphosphazenkautschuks (PNF) durch Ethyl Corporation.
1986	Einführung von Nitrilkautschuk/Polyolefinverschnitten als thermoplastischem NBR durch Monsanto.
1987	Einführung von thermoplastischem Polyether-Polyamid-Block-Copolymeren (TPE) durch Atochem.

Fortsetzung →

GUMMI – KAUSCHUK – ELASTOMERE

Geschichte des Kautschuks in Form einer Zeittafel

1989	Einführung eines Ethylen-Chlorsulfonierten Polyethylen-Copolymeren (ECSM) durch Du Pont.
1990	Einführung einer neuen Klasse von thermoplastischen Elastomeren auf Basis Polyamid/Reaktivkautschuk-Verschnitten durch Du Pont. Weltkautschukverbrauch 15,8 Millionen Tonnen, davon 67 % Synthetikautschuk. Bis 1994 wird die jährliche Zuwachsrate auf 2,1 % geschätzt.
1995	China wird zum viertgrößten Kunststoffhersteller nach USA, Japan und Deutschland.
2000	Spezielle Katalysatorsysteme ermöglichen NATTA ZIEGLER und CRESPI. Die Synthese von Ethylen-Propylen-Kautschuk (EPDM). Von der Gesamtkautschuk-Weltproduktion macht Natur-Kautschuk nur noch etwa 30% aus.

Die Entwicklung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist weniger durch grundlegend neue Ausgangsstoffe (Monomere) zum Herstellen von Kunststoffen als vielmehr durch gezielte und z. T. neue Syntheseverfahren zu „maßgeschneiderten“ Polymeren für bestimmte Anforderungen und Anwendungen, vor allem aber durch zahlreiche Fortschritte und Neuerungen in der Verarbeitungstechnik gekennzeichnet.

Als Beispiele genannt seien elektrisch leitfähige Kunststoffe, Anwendungen „intelligenter“ Kunststoffe in der Kommunikationstechnik, z. B. für Compact Discs, organische Licht emittierende Displays (OLED) für selbst leuchtende Kunststoffe, Membranen zur Stofftrennung oder in Brennstoffzellen, Superabsorber, z. B. für den Hygienebereich, Anwendungen in der Medizintechnik, z. B. für körperverträgliche Prothesen oder resorbierbare Implantate. Neben den als Werkstoffen verwendeten Kunststoffen spielen daher sog. Funktionspolymere eine ständig wachsende Rolle; ihr Wert liegt nicht in erster Linie in der erzeugten Menge sondern vor allem in ihrer Leistungsfähigkeit für immer anspruchsvollere.

Quelle: „Gummi, Kautschuk, Elastomere 1998“ Maag Technik von Christian Krebs

WICHTIGE KAUSCHUKARTEN

Kurzbezeichnung und Handelsnamen

Wie bei anderen Werkstoffen (z.B. Stahl, Kunststoff) werden auch bei den Elastomeren Handelsnamen verwendet. Obwohl es sich vielfach um den gleichen Basis-Kautschuk handelt, geben die Hersteller ihren Produkten Eigennamen.

Die nachfolgende Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Auf Zeichnungen und Stücklisten sollten Handelsnamen nicht verwendet werden.

Kautschukarten	Kurzbezeichnung nach		Handelsnamen
	ISO 1629 – 1976 (E)	ASTM D – 1418-79	
M-Gruppe (gesättigte Kohlenstoff-Hauptkette): (Polymethylenkette)			
- Polyacrylat-Kautschuk	ACM	ACM	Cyanacryl, Vamac
- Chloropolyäthylen-Kautschuk	CM	CM	Bayer CM, Dow-CPE-CM, Hostapren
- Ethylen-Vinylacetat-Copolymer	EVA	EVA	
- Chlorosulphonyl-Polyäthylen-Kautschuk	CSM	CSM	
- Ethylen-Vinylacetatcopolymere	EAM	EAM	Elvax, Levapren, Lupolen VC, Vinnapas E
- Ethylen-Propylen-Ter-Polymere	EPD	EPDM	Buna AP, Dutral, Keltan, Nordel, Royalene, Vistalon
- Ethylen-Propylen-Kautschuk	EPM	EPM	
- Fluor Kautschuk	FPM	FKM	Dai-EI, Fluorel, Tecnoflon, Viton
O-Gruppe (mit Sauerstoff in der Hauptkette):			
- Epichlorhydrin-Kautschuk	CO	CO	Herclor H, Hydrin 100
- Epichlorhydrin-Copolymer-Kautschuk	ECO	ECO	Herclor C, Hydrin 200
- Epichlorhydrin-Ethylenodid-Terpolymerisat	ETE	ETER	Hydrin 400
- Propylenoxid-Copolymer-Kautschuk	GPO	GPO	Parel 58
R-Gruppe (ungesättigte Kohlenwasserstoffketten)			
- Butadien-Kautschuk	BR	BR	Ameripol CB, Budene, Buna CB, Diene, Taktene
- Polychloropren-Kautschuk	CR	CR	Baypren, Denka Chloropen, Neoprene, Skyprene
- Isobuten-Isopren-Kautschuk (Butyl-Kautschuk)	IIR	IIR	Bucar, Enjay Butyl, Petro-Tey Butyl, Polysar Butyl
- Brombutyl-Kautschuk	BIIR	BIIR	
- Chlorobztyl-Kautschuk	CIIR	CIIR	Esso Butyl HT 10
- Isopren-Kautschuk	IR	IR	Ameripol SN, Natsyn, Shell Isopren Rubber
- Nitril-Butadien-Kautschuk	NBR	NBR	Breon, Buna N, Elaprim, Hycar, Krynac, Perbunan N
- Natur-Kautschuk	NR	NR	
- Styrol-Butadien-Kautschuk	SBR	SBR	Buna EM, Buns S, Cariflex S, Diapol, Dunatex, Philprene Pliolite, Polysar S, Solprene, Synpol
U-Gruppe (mit Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff in der Hauptkette):			
- Polyester-Urethane	AU	AU	Adiprene C, Desmopan, Estande, Vulkollan
- Polyather-Urethane	EU	EU	



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN GÄNGIGER ELASTOMERE

Elastomere Werkstoff	Beschreibung	Tem. in °C	Anwendungen
NBR Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	NBR hat gute mechanische Eigenschaften, ein gutes Tieftemperaturverhalten (mischungsabhängig bis -50 °C) und eine höhere Abriebfestigkeit als die meisten anderen Elastomere. NBR ist gut beständig gegen Mineralöle, HFA-, HFB- und HFC-Flüssigkeiten. Die Ozon- und Witterungsbeständigkeit ist eingeschränkt.	-50 bis +100	Standardwerkstoff für Dichtungen, Abstreifer und Formteile bei allgemeinen Anwendungen. Es sind die verschiedensten Compounds, auch mit Freigaben (z.B. KTW, DVGW, etc.) oder mit Gewebeverstärkungen lieferbar.
H-NBR Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	H-NBR hat sehr gute mechanische Eigenschaften und ist beständig gegen Mineralöle, pflanzliche und tierische Öle und Fette, HFA-, HFB- und HFC-Flüssigkeiten. H-NBR ist gut einzusetzen mit Heißwasser, Dampf sowie mit dem Kältemittel R 134 A. Die Ozon- und Witterungsbeständigkeit ist gut.	-20 bis +150	H-NBR wird häufig in Klimaanlage eingesetzt, wenn z.B. das Kältemittel R 134 A benutzt wird. Außerdem wird H-NBR als Dichtungswerkstoff für Lippenringe oder O-Ringe im Temperaturbereich bis ca. +150 °C bei Mineralölen oder Heißwasser eingesetzt.
FPM Fluor-Karbonkautschuk	Dieser Werkstoff ist sehr gut einsetzbar bei hohen Temperaturen und besitzt eine gute chemische Beständigkeit. Bei Einsatzfällen in Wasser und Wasserdampf liegt die obere Temperaturgrenze bei ca. +60 °C. Durch seine geringe Gasdurchlässigkeit ist FPM für Hochvakuum geeignet. FPM besitzt eine gute Beständigkeit gegen Mineralöle, HFA-, HFB- und HFD-Flüssigkeiten und ist ozon- und witterungsbeständig.	-25 bis +200	FPM kommt oft zum Einsatz wenn NBR, z.B. auf Grund hoher Betriebstemperaturen oder aggressiver Medien, nicht mehr eingesetzt werden kann. Für Sondercompounds liegen Freigaben nach DVGW oder FDA vor. Weitere Sondercompounds können bis zu einer Temperatur von ca. +250 °C eingesetzt werden.
EPDM Ethylen-Propylen-Kautschuk	EPDM eignet sich gut für die Verwendung in Hydraulikflüssigkeiten auf Phosphatesterbasis, für Bremsflüssigkeiten auf Glykollbasis und Heißwasser sowie Heißdampf. EPDM besitzt eine gute Ozon- und Witterungsbeständigkeit, ist aber nicht beständig gegen Mineralölprodukte.	-50 bis +150	Bevorzugter Werkstoff beim Einsatz mit Bremsflüssigkeiten auf Glykollbasis und Heißwasser sowie Heißdampf. In geschlossenen Heißwasserkreisläufen sind Temperaturen bis ca. +200 °C möglich. EPDM wird häufig in Verbindung mit Lebensmitteln (Freigaben nach FDA, KTW oder WRC) und in der Pneumatik eingesetzt. EPDM ist auch geeignet als Werkstoff für Antriebsriemen.
CR Chloropren-Kautschuk	Dieser Werkstoff sollte eingesetzt werden, wenn eine gute Ozon-, Witterungs-, Alterungs- und Salzwasserbeständigkeit gefordert wird. Er wird häufig in Verbindung mit Kältemitteln wie Ammoniak oder Alkohol eingesetzt. CR besitzt gute mechanische Eigenschaften und eine mittlere Beständigkeit gegen Öle.	-40 bis +100	Chloropren-Kautschuk wird meist als Werkstoff für O-Ringe benutzt, wenn Kältemittel zum Einsatz kommen, oder wenn auf eine gute Witterungsbeständigkeit Wert gelegt wird.
FFKM Perfluor-Kautschuk	Ein Hochleistungselastomer mit chemischen Eigenschaften ähnlich denen von PTFE und den elastischen Eigenschaften von FPM. Der Einsatz in fluorhaltigen Verbindungen oder elementarem Fluor ist nicht zulässig. FFKM ist sehr kostenintensiv.	-25 bis +320	Perfluor-Kautschuk kommt auf Grund seiner hohen thermischen und chemischen Beständigkeit überwiegend als Werkstoff für O-Ringe und Formteile in der Chemie zum Einsatz. Es sind Sondercompounds mit Freigaben (z.B. FDA) lieferbar.
PUR Polyurethan-Elastomer	Die Polyurethan-Elastomere werden unterteilt in Polyester-Urethane (AU), welche im allgemeinen die besseren mechanischen Eigenschaften besitzen, und Polyäther-Urethane (EU), welche die besseren Hydrolyseeigenschaften aufweisen. Beide haben ein hervorragendes Verschleißverhalten, eine hohe Reißfestigkeit und Elastizität und eine geringe Gasdurchlässigkeit. PUR besitzt eine gute Beständigkeit gegen Mineralöle.	-40 bis +110	Auf Grund der guten Abrieb- und Extrusionsfestigkeit werden PUR-Werkstoffe häufig bei erschwerten Betriebsbedingungen eingesetzt. Außerdem stehen uns speziell abgestimmte Compounds für die Anforderungen in der Chemie und im Lebensmittelbereich zur Verfügung. In Verbindung mit Wasser oder wässrigen Lösungen, wie z.B. HFA und HFB, kommen Sondercompounds zum Einsatz.

Fortsetzung →

ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN GÄNGIGER ELASTOMERE

Elastomere Werkstoff	Beschreibung	Tem. in °C	Anwendungen
MVQ Silikon- Kautschuk	MVQ hat ein gutes Hoch- und Tieftemperaturverhalten, eine gute Witterungsbeständigkeit und gute physiologische Eigenschaften. MVQ wird bevorzugt bei Heißluft eingesetzt. Seine mechanischen Eigenschaften sind mäßig und er ist unbeständig gegen Mineralöle. MVQ sollte nicht als Werkstoff für dynamische Dichtungen vorgesehen werden.	-55 bis +210	Silikon-Kautschuk ist ein bevorzugter Werkstoff für Formteile und O-Ringe im Lebensmittel- und im medizinisch-technischen Bereich. Auch mit Freigaben (z.B. FDA, KTW, BGA, DVGW, etc.) lieferbar.
MFQ Fluor-Silikon- Kautschuk	Dieser Werkstoff besitzt ähnliche mechanische und physikalische Eigenschaften wie Silikon-Kautschuk (MVQ). Die Medienbeständigkeit gegenüber aromatischen Mineralölen, z.B. ASTM-Öl Nr. 3, Kraftstoffen und einigen Kohlenwasserstoffen wie z.B. Benzol und Toluol sind jedoch deutlich besser.	-55 bis +180	MFQ kommt bevorzugt in Erdgasanlagen und Fördereinrichtungen für Erdgas zum Einsatz.

Quelle: TECHNO-PARTS GmbH
Dichtungs- und Kunststofftechnik

ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN GÄNGIGER KUNSTSTOFFE

Kunststoffe Werkstoff	Beschreibung	Tem. in °C	Anwendungen
PTFE Polytetrafluor- ethylen	PTFE besitzt eine nahezu universelle chemische und eine sehr hohe thermische Beständigkeit. Seine Gleit- sowie die elektrischen Eigenschaften sind sehr gut, bei ausgezeichneter Witterungs- und UV-Beständigkeit. Die mechanischen Eigenschaften von PTFE werden durch verschiedene Füllstoffe verbessert. In Bereichen mit hoher Strahlenbelastung wird dieser Kunststoff abgebaut.	-200 bis +260	Dichtringe, Abstreifer, Nutringe, Wellendichtringe, Stützringe, O-Ringe, Stopfbuchspackungen, Flachdichtungen, Führungsbänder, Ventilsitze und Formteile in der Hydraulik und Pneumatik, sowie in der Chemie, Pharmachemie und im Lebensmittelbereich. Auch mit Freigaben (z.B. FDA oder BAM) lieferbar.
POM Polyoxy- methylen	POM ist ein Werkstoff mit hoher Festigkeit und Steifigkeit. Seine Formbeständigkeit in der Wärme und seine Zähigkeit bei Temperaturen bis ca. -40 °C sind gut. Die elektrischen Isoliereigenschaften sowie sein Gleit- und Verschleißverhalten sind günstig. POM hat nur eine geringe Wasseraufnahme. Seine UV-Beständigkeit ist gering, kann aber durch Stabilisatoren verbessert werden.	-60 bis +90	Gleitlager, Stützringe, Abstreifer, Meßkegel und Formteile für die Hydraulik, Pneumatik, den Apparatebau sowie für allgemeine Anwendungen. Auch mit Freigaben (z.B. BGA) lieferbar.
PA Polyamide	Polyamide sind Kunststoffe mit hoher Festigkeit, Steifigkeit und Härte. Ihr Verschleißwiderstand, die Dämpfung sowie die Gleit- und die Notlaufeigenschaften sind gut. Die Wasseraufnahme kann, abhängig vom Typ, bis zu 10% betragen und beeinflusst die mechanischen Eigenschaften sowie die Maßhaltigkeit eines Formteiles aus PA.	-30 bis +100 ¹⁾ -70 bis +80 ²⁾	Gleitlager, Stützringe, Lager und Formteile in der Hydraulik und Pneumatik, sowie für allgemeine Anwendungen im Maschinenbau. ¹⁾ PA 6 und PA 66 ²⁾ PA 11 und PA 12
PE Polyethylen	PE ist ein Kunststoff mit einer außergewöhnlich hohen Schlag- und Kerbschlagszähigkeit und einem guten Reibungs- und Verschleißverhalten. PE besitzt sehr gute elektrische Isoliereigenschaften und eine hohe chemische Beständigkeit.	-50 bis +80	Dichtungen und Formteile für die Hydraulik und die Pneumatik, für die Medizintechnik, für die Chemie und für den Lebensmittelbereich, sowie für allgemeine Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau.
PEEK Polyether- etherketon	PEEK ist ein Hochleistungskunststoff mit ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften und einer sehr guten chemischen Beständigkeit. Die Strahlenbeständigkeit, besonders bei glasfaser-verstärkten Compounds, ist ausgezeichnet. Die Zugfestigkeit kann bei verstärkten Typen Werte bis ca. 160 N/mm ² erreichen, wobei die Reißdehnung nur 3% beträgt.	-60 bis +250	Der Werkstoff kommt bevorzugt zum Einsatz, wenn andere Kunststoffe auf Grund ihrer mechanischen und chemischen Eigenschaften nicht mehr geeignet sind.
PI Polyimid	Polyimid ist ein extremer Hochleistungskunststoff mit sehr guter Verschleißfestigkeit in geschmiertem und ungeschmiertem Einsatz. Je nach Anwendung ist PI für Tiefsttemperaturen bis zu -270 °C geeignet.	-270 bis +288 (kurzzeitig bis +482 °C)	Polyimid kommt auf Grund seiner extrem hohen thermischen und mechanischen Belastbarkeit als Werkstoff für Ventilsitze, Dichtungen und allgemeine Anwendungen im Maschinenbau zum Einsatz.

Quelle: TECHNO-PARTS GmbH
Dichtungs- und Kunststofftechnik

EIGENSCHAFTEN EINIGER WICHTIGER ELASTOMERE

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Handelsname(n)	Einsatzbereich
ACM	Acrylat-Kautschuk, Polyethylacrylat	Cyanacryl [®] , Hycar [®] , Elaprim AR ^z	
AU, EU	Polyester-Urethan- Kautschuk, Polyäther-Urethan- Kautschuk	Vulkollan [®] , Baytec [®] , Desmoflex [®] , Desmopan [®] , Urepan [®] , Estane [®] , Pellethane	Polyurethan-Elastomere besitzen gegenüber allen anderen Elastomeren ein ausgezeichnetes Verschleißverhalten, hohe Reißfestigkeit und hohe Elastizität. Die Gasdurchlässigkeit ist vergleichbar gut mit IIR. Hitzebeständigkeit: bis etwa +90°C Kältebeständigkeit: bis etwa -40°C
CSM	Chlorsulfonyl-Polyäthylen- Kautschuk	Hypalon [®]	Dieses Äthylenmonomer erhält zusätzlich Chlorgruppen und Schwefelgruppen. Chlor verleiht dem Vulkanisat Flammenwidrigkeit und Mineralölbeständigkeit, beeinflusst aber auch die Kälteflexibilität. Hitzebeständigkeit: bis etwa +120°C Kältebeständigkeit: bis etwa -30°C
EPDM, APTK	Ethylen-Propylen-Dien- Kautschuk Ethylen-Propylen-Terpoly- mer-Kautschuk	Vistalon [®] , Buna AP [®] , Dutral [®] , APTK	Sehr gute Alterungsbeständigkeit auch bei UV-Belastung und Ozonbelastung (Außeneinsatz). Beständig gegen verdünnte Säuren und z.B. Bremsflüssigkeiten auf nicht mineralölhaltiger Basis. Nicht beständig gegen Mineralölprodukte! Je nach Art der Vernetzung, schwefelvernetzt oder peroxydisch vernetzt (PO), mit verschiedenen Zulassungen wie z.B. KTW FDA, WRAS möglich. Normale Einsatztemperaturen liegen, je nach Gummimischung zwischen -30°C und 120°C. Spezielle EPDM-Mischungen können unter bestimmten Bedingungen bei Dampf bis 200°C, Heißwasser und Luft bis 150°C eingesetzt werden.
FPM, FKM Fluor-Kautschuk, Fluorkarbon-Kautschuk		Viton [®] , Tecnoflon [®] , Fluorel [®] , Dai-el [®]	Fluorkautschuk zählt zu den bedeutendsten Werkstoffentwicklungen der 50er Jahre. FPM zeichnet sich durch hervorragende Beständigkeiten gegen hohe Temperaturen, Ozon, Sauerstoff, Mineralöle, synthetische Hydraulikflüssigkeiten, Kraftstoffe, Aromate, viele organische Lösungsmittel und Chemikalien aus. Die Gasdurchlässigkeit ist gering und ähnlich der von Butyl-Kautschuk. Spezielle FPM-Mischungen besitzen höhere Beständigkeiten gegen Säuren, Kraftstoffe, Wasser und Wasserdampf. Hitzebeständigkeit: bis etwa +200°C kurzzeitig höher Kältebeständigkeit: bis etwa -25°C (teilweise -40°C statisch)
FFKM, FFPM	Perfluor-Kautschuk, Perfluorkautschuk	Parafluor [®]	Ausgezeichnete chemische Beständigkeit, breiter Temperaturbereich bis ca. 260°C, kurzfristig auch höher
FFKM, FFPM	Perfluor-Kautschuk von DuPont	Kalrez [®]	Einsatz bei aggressiven Medien und großer Hitze, Eigenschaften ähnlich wie PTFE aber mit besseren Dichteigenschaften und Rückstelleigenschaften. Temperaturbereich bis 280°C und kurzfristig bis 315°C
HNBR	Hydrierter Nitril-Kautschuk	Therban [®] , Zetpol [®]	
IIR	Butyl-Kautschuk	Polysar Butyl [®] , Enjay Butyl [®] , Petro-Tex Butyl [®] , Bucar [®] , Exxon Butyl [®]	Butylkautschuk (Isobutylene, Isopren Rubber, IIR) wird von mehreren Firmen in verschiedenen Typen hergestellt, die sich durch den Isoprengehalt unterscheiden. Isopren wird für die Vulkanisation zugesetzt. Butyl besitzt eine geringe Gasdurchlässigkeit und gutes elektrisches Isoliervermögen. Hitzebeständigkeit: bis etwa +130°C Kältebeständigkeit: bis etwa -40°C

Fortsetzung →

EIGENSCHAFTEN EINIGER WICHTIGER ELASTOMERE

Kurzzeichen	Chemische Bezeichnung	Handelsname(n)	Einsatzbereich
MVQ, VMQ	Silikon-Kautschuk Silicone-Kautschuk	Silopren®, Silastic®, SE®, Blensil®, Silicone	Für hohe Temperaturen, Heißluft bis +210°C (Sonderqualitäten bis +230°C), Sauerstoff, Wasser bis 100°C Kältebeständigkeit bis ca. -55°C / -60°C (Sonderqualitäten bis -100°C)
MFQ, FVMQ	Fluor-Silikon-Kautschuk, Fluorsilikonkautschuk, Fluorsilikon		Für hohe Temperaturen, gutes Tieftemperaturverhalten, wird in Benzin und Öl eingesetzt, überwiegend für Luftfahrt. MFQ besitzt ähnliche mechanische und physikalische Eigenschaften wie Silikon (MVQ, VMQ). Die etwas schlechtere Heißluftbeständigkeit von MFQ gegenüber MVQ wird durch eine verbesserte Medienbeständigkeit gegenüber Kraftstoffen und Mineralölen ausgeglichen. Hitzebeständigkeit: bis etwa +175°C kurzfristig bis 200°C Kältebeständigkeit: bis etwa - 55°C
NBR	Nitril-Butadien-Kautschuk	Perbunan®, Hycar®, Krynac®, Elaprim®, JSR-N®, Chemigum®	In Hydraulik und Pneumatik, Beständig gegen Hydrauliköle, Wasserglykole und Öl in Wasser-Emulsionen, Mineralöle und Mineralölprodukte, tierische und pflanzliche Öle, Benzin, Heizöl, Wasser bis ca. 70°C, Luft bis 90°C, Butan, Propan, Methan, Ethan

Quelle: TECHNO-PARTS GmbH
Dichtungs- und Kunststofftechnik

GUMMI – KAUTSCHUK – ELASTOMERE

Elastomere physikalische Eigenschaften

Betrachten Sie unsere Tabellenwerte nur als Richtwerte. In der Praxis spielen Temperaturen, Spannungen, Druckverhältnisse usw. eine bedeutende Rolle.

Aus diesem Grund können wir für obige Angaben keine Garantie übernehmen. Die genannten Angaben wurden bei einer Temperatur von 20 °C gemessen.

Qualität	Einheit	Naturkautschuk (Isoprene)	Styral-Butadien-Kautschuk	Butadien-Acrylnitril-Kautschuk	Chloroprenkautschuk	Butadienkautschuk	Isobutylen-Isopren-Kautschuk	Äthylen-Propylen-Kautschuk	Chlorsulfonierter Äthylen-Kautschuk	Silikon Kautschuk	Fluorkautschuk
Kurzzeichen DIN/VSM		NR	SBR	NBR	CR	BR	IIR	EPM/EPDM	CRS	Q	FPM
Spez. Gewicht (mischungsabhängig)	g/cm ³	0,9–1,8	1,0–1,8	1,0–1,5	1,2–1,6	1,0–1,5	1,0–1,8	0,8–1,3	1,1–1,8	1,1–1,4	1,8–2,0
Härtebereich	Shore A	20–90	30–95	40–95	30–90	45–80	40–85	25–90	50–90	20–80	50–95
Zulässige Einsatztemperatur	°C	-50/ +70	-40/ +80	-70/ +120	-30 bis +100	-40/ +80	-40/ +110	-50/ +130	-20/ +120	-60/ +180	-20/ +200
Zugfestigkeit N/mm ²	N/mm ²	7–30	7–5	7–25	7–20	7–20	7–20	7–20	7–20	4–10	7–17
Bruchdehnung	%	100–800	100–800	100–700	100–800	100–800	400–800	150–800	100–500	100–600	100–300
Weiterreißfestigkeit		1	3	3	2	3	3	2–3		–	–
Druckverformungsrest		2	2	1	2	2	2	3		1	1
Stoßelastizität		1	2	2	2	1	–	2		2	3
Abriebfestigkeit		1–2	2	2	2	2	3	3		–	3
Witterungs- und Ozonbeständigkeit		–	–	–	2	–	2	1		1	1
Ölbeständigkeit (Mineralölbasis)		–	–	1	2	–	–	3		2	1
Gasundurchlässigkeit		3	3	2	2	3	1	–		–	1-2
Radioaktive Beständigkeit		2	2-3	3	3	3	3	2		3	2-3
Klebarkeit		1	1	1	1	1	1–2	–	nur mit Silikonkleber		–
Einfärbmöglichkeit		2	2	1-2	2	2	2	1	1		–



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

AUSWAHLTABELLE FÜR ELASTOMERE

Die einzelnen Kautschuke oder Kunststoffe haben ganz besondere, für sie typische Eigenschaften, die bei deren Auswahl entsprechend zu berücksichtigen sind. Die nachstehende Tabelle soll als Auswahlhilfe dienen.

Die aufgelisteten Eigenschaften sind schrittweise, von oben nach unten, mit den gestellten Anforderungen zu vergleichen. Von links nach rechts ist der Preis normalerweise steigend.

Elastomer	NR Natur- kautschuk	SBP Styral-Butadien- Kautschuk	IIR Butyl- Kautschuk	EPM, EPI Äthylen-Propylen- Kautschuk
Beständigkeit gegen Öle und Benzine ¹⁾	klein	klein	klein	klein
Beständigkeit gegen Bewitterung und Ozon	klein	klein	groß	groß
Max. Einsatz-Temperaturen				
Temperatur trocken bis °C	+ 70	+ 70	+ 70	+ 90
Heißes Öl bis °C ¹⁾	-	-	-	-
Heißes Wasser bis °C	+ 70	+ 80	+ 70	+ 100
Wasserdampf bis °C	-	-	-	+ 120
Min. Einsatz-Temperaturen in °C ⁶⁾	- 40	- 30	- 30	- 50
Elastizität ⁸⁾	sehr gut	gut	klein	mittel - gut
Mech. Festigkeit ⁸⁾	gut – sehr gut	gut	gut	gut
Bleibende Verformung ⁸⁾	gut	gut	mittel	gut
Gasdurchlässigkeit	groß	mittel	gering	mittel
Säurebeständigkeit	mittel – gut	mittel – gut	gut	sehr gut
Basenbeständigkeit	mittel – gut	mittel – gut	gut	sehr gut
Abriebfestigkeit ⁸⁾	gut	sehr gut	mittel	mittel
Aromatenbeständigkeit	nein	nein	nein	nein
Flammwidrigkeit	brennt	brennt	brennt	brennt
Mögliche Farbgebung f = farbig und hell, s = schwarz	f + s	f + s	f + s	f + s
Härtebereich (Shore A)	35 - 100	45 - 100	40 - 90	45 - 90
Chemikalienbeständigkeit	Siehe unsere Beständigkeitstabelle Seite 14/73			
Preis	mäßig			

1) Gegen Mineralöle und -fette. Tierische und pflanzliche Arten teils verträglicher, Beständigkeitstabelle nachsehen.

2) Sagt nur aus, dass bei dieser Limité Material noch nicht zerstört werden sollte. Lebensdauer und mech. Eigenschaften nehmen aber mit steigender Temperatur ab.

3) Quillt

4) Verhärtet

5) Fluorsilikon bis + 180 °C

6) Die genannten Tiefstwerte können meistens nur von Spezialmischungen erwartet werden; mit zunehmender Versteifung ist zu rechnen.

CR Neoprene® Polychloroprene	CSM Hypalon® Chlorsulf. Äthylen-K.	NBR Nitril-Kautschuk	AU, EU Polyurethan- Kautschuk	Q Silikon- Kautschuk	ACM Polyacrylate	FPM Viton® Fluor-K.	
mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	groß	groß	
groß	groß	klein	groß	groß	groß	groß	
+ 90 –	+ 90 –	+ 100 +120	+ 80 + 80	+ 180 –	+ 150 +180	+ 200 + 200	
+ 80 –	+ 100 + 100	+ 80 –	+ 40 –	+ 120 + 120	+ 80 –	+ 150 + 150	
- 30	- 10	- 20	- 40	- 70	- 5	- 20	
mittel- gut	mittel	mittel- gut	gut	mittel	mittel	mittel	
gut	mittel	gut	sehr gut	mäßig-mittel	gut	gut	
gut	mittel	gut	gut	gut	gut	gut	
klein	klein	klein	gering	groß	klein	klein	
gut	gut	mittel	ungenügend	ungenügend	ungenügend	sehr gut	
gut	gut	mittel	ungenügend	ungenügend	ungenügend	mittel	
gut	mittel	gut	sehr gut	mäßig	mäßig	mittel	
nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja	
verlischt	brennt	brennt	brennt	brennt	brennt	verlischt	
f + s	f + s	f + s	f + s	f + s	f + s	f + s	
40 - 95	50 - 95	40 - 95	50A – 50D	40 - 85	50 - 80	70 - 90	
Siehe unsere Beständigkeitstabelle Seite 14/73						→	hoch

7) Nur bei Spezialtyp; sonst bei – 5 °C
 8) Bei mittleren Einsatztemperaturen
 9) Mech. Eigenschaften normalerweise weniger gut als schwarz

10) Stabilität der Farben eher problematisch
 11) Nicht empfohlen über 60 °C
 12) Weiter abhängig von Spannungszustand
 13) Bis selbstverlöschend

Diese Daten beziehen sich auf rußgefüllte Normalmischungen und werden ohne Gewähr abgegeben. Besonders in kritischen Fällen sollte Fachberatung und praktische Versuche folgen.

TERMINOLOGIE DER ELASTOMERE

Abrieb	Abtragung der Materialoberfläche durch Reibung.
Adhäsion	Die Haftfähigkeit der Oberflächen von zwei Materialien untereinander; in der Elastomer Terminologie die Festigkeit der Bindung oder Verbindung zwischen zwei Elastomeroberflächen oder Einlagematerialien in vulkanisiertem oder unvulkanisiertem Zustand.
Alterung	Die fortschreitende Veränderung der chemikalischen oder physikalischen Eigenschaften von Elastomeren, normalerweise bis zum Zerfall.
ASTM	American Society for Testing and Materials, eine Organisation mit der Vollmacht (in den USA), Testmethoden und Spezifikationen zu entwickeln.
Deformation	Die Veränderung der Form eines Produkts durch Zug oder Druck.
Dehnung	Beim physikalischen Test von Gummi spielt die Dehnbarkeit des Materials eine Rolle. Sie wird im allgemeinen in Prozenten zur Originallänge ausgedrückt. Wenn z.B. 1 cm eines Teststücks aus Gummi auf 6 cm gelängt werden kann, so beträgt die Dehnung 500%. Man bezeichnet als Bruchdehnung, wenn ein Teststück den Punkt erreicht hat, wo es zerreißt. Auch dieses Maß wird in % angegeben
Dichte	Das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen.
Druckbeständigkeit	Der Widerstand, den eine Substanz gegen hohe Drücke leistet Naturkautschuk hat eine extrem kleine räumliche Verdichtbarkeit. Wenn eine kompressive Kraft auf Gummi einwirkt, welcher in der Lage ist nach allen Richtungen auszuweichen, wird er einer Deformation unterzogen, wobei er Energie aufbaut. Entfernt man die deformierende Kraft, geht der Gummi zum großen Teil auf seine alte Ausgangsposition zurück. Die Differenz entweicht als Wärme. Aufgrund dieser besonderen Eigenschaften des Gummis wurde er auf weiten Gebieten zur Dämpfung von Vibrationen und Absorbierung von Stoßbelastungen entwickelt, wie z.B. bei Motoren- und Maschinenlagerungen.
Elastizität	Die Fähigkeit eines Materials seine Originalmaße wieder anzunehmen, nachdem es durch irgendeine Kraft deformiert wurde.
Ermüdung	Wenn ein elastisches Material durch ständige Belastungen schlaff und erschöpft wird.
Flexibilität	Wenn ein flexibles Material nach wiederholtem Biegen in seine ursprüngliche Form zurückgeht. Flexibilität ist eine natürliche Forderung, die man an Gummiprodukte im normalen Einsatzfall stellt. Deshalb ist die Prüfung der Flexibilität in jedem Laboratoriumstest üblich.
Härte	Der Widerstand eines elastischen Materials gegen Druck. In Europa wird die Härte eines Materials in Shore gemessen, wofür geeignete Prüfgeräte zur Verfügung stehen.
Kältebeständigkeit	Die Widerstandsfähigkeit eines Elastomers beim Biegen, Verdrehen oder Zusammenpressen bei Temperaturen von -20°C bis zu - 80°C und manchmal niedriger.
PH-Wert	Negativer Log. der Wasserstoff-Ionen-Konzentration. $PH = -\log (H_3O^+)$ In einer verdünnten wässrigen Lösung ist das Produkt aus H_3O^+ -Ionen und OH^- -Ionen konstant. Kennt man eine dieser Konstanten, so ergibt sich hieraus auch die andere. In einer sauren Lösung (Säure) überwiegt der Ionen-Anteil H_3O^+ . In einer alkalischen Lösung (Basen) überwiegt dagegen der Anteil an OH^- -Ionen. Durch Angabe der Konzentration lässt sich der Charakter einer wässrigen Lösung eindeutig kennzeichnen. Die kurze Tabelle soll Aufschluss über die PH-Konzentration bei Säuren und Basen geben:

stark		schwach				neutral	schwach				stark	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	Säure					7	Base					14
						neutrale Lösung						

TERMINOLOGIE DER ELASTOMERE

Rückprallelastizität	Bedeutet die Energie, welche von einem vulkanisierten Kautschuk aufgebracht wird, wenn er plötzlich aus einem Stadium der Deformation befreit wird. Normalerweise wird die Rückprallelastizität dadurch gemessen, dass man eine Stahlkugel aus einer bestimmten Höhe auf ein Gummiteil prallen lässt und die bewirkte Sprungkraft misst.
Spezifisches Gewicht	Das Verhältnis des Gewichts eines bestimmten Volumens einer Substanz zum Gewicht und Volumen einer Basis-Substanz bei einer bestimmten Temperatur. Normalerweise wird das spezifische Gewicht im Vergleich zu Wasser ermittelt.
Sprödigkeit	Die Tendenz eines Materials, bei Deformation zu brechen oder zu zerbröckeln.
Zugfestigkeit	Die Möglichkeit eines Materials, einer Dehnungsbeanspruchung zu widerstehen. Das Maß wird in der Regel in kg angegeben.



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

GUMMI – KAUSCHUK – ELASTOMERE

Elastomer-Charakteristika und ihre Prüfung

Voraussetzung für einen gleichbleibend hohen Qualitätsstandard ist eine ständige, straffe Mischungskontrolle. Geprüft werden Rohstoffe, Kautschukmischungen und Vulkanisate. Vergleichbare Untersuchungsergebnisse erhält man mit exakt bestimmten Prüfmethoden und Prüfkörpern.

Für Deutschland sind hier die DIN-Vorschriften bindend; ersatzweise zieht man die amerikanischen ASTM-Normen als Maßstab heran.

Hier einige wichtige Prüfverfahren, die – wenn nicht anders angegeben – bei Raumtemperatur erfolgen:

1. Härte nach Shore A/D (DIN 53505)

Härte ist der Widerstand, den der Gummi dem Eindringen eines harten Körpers entgegensetzt.

Üblicherweise misst man die Härte mit einem Shore-A-Prüfgerät, bei dem eine Kegelstumpfnadel durch eine Feder in die Gummi-Oberfläche gedrückt wird. Je weiter die Nadel in den Gummi eindringen kann – je weicher also der Gummi ist –, desto geringer ist der Zeigerausschlag auf der Messskala, die von 0 Shore A bis 100 Shore A reicht.

Ein Härteprüfgerät nach Shore A ist im Bereich von 10-90 Shore A sinnvoll einsetzbar. Bei härteren Mischungen und bei Hartgummi wird dagegen mit einem Gerät nach Shore D gemessen. Es hat eine spitzere Nadel und eine stärkere Feder.



Bildquelle: www.bareiss.de

Shore-Härtegrad, Tabelle nach A-Prüfmethode

Shore	Technischer Sprachgebrauch
92 - 100	sehr hart
80 - 90	hart
67 - 78	mittelhart
52 - 66	mittelweich
40 - 50	weich
28 - 38	sehr weich



SHORE/IRHD
IRHD Micro Compact II
digi test
O-Ring Test Automat
Handling-System

GUMMI – KAUTSCHUK – ELASTOMERE

Elastomer-Charakteristika und ihre Prüfung

2. Prüfgeräte

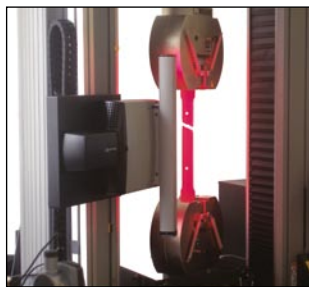
Die Prüfverfahren werden in zerstörungsfreie und zerstörende Prüfverfahren unterteilt.

Die zerstörungsfreien Prüfverfahren werden vornehmlich im Rahmen der Qualitätssicherung in der Produktion als Eingangs-Fertigungs- und Abnahmeprüfungen angewendet.

Bei den zerstörenden Prüfverfahren wird zwischen mechanischen, technologischen und chemischen Prüfverfahren unterschieden.

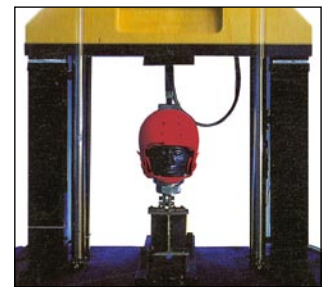
Zugversuch

Dient zur Ermittlung mechanischer Werkstoffeigenschaften unter homogenen, einachsigen Zugspannungen. Die Bruchdehnung setzt sich aus Gleichmaßdehnung und Einschnürdehnung zusammen; sie hängt vom Werkstoff und der Länge der Bezugsstrecke ab



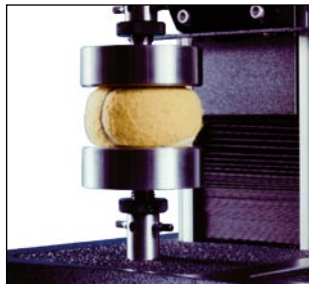
Schlagversuch

Bei stoß- und schlagartiger Beanspruchung sollen Formteile nicht spöde versagen. Die aus Schlagversuchen gewonnenen Kennwerte sind keine Berechnungskennwerte. Sie haben keine direkte Beziehung zu anderen Werkstoffkennwerten, man kann sie nicht auf beliebige Formteile übertragen, kann aber Kunststoffe voneinander unterscheiden.



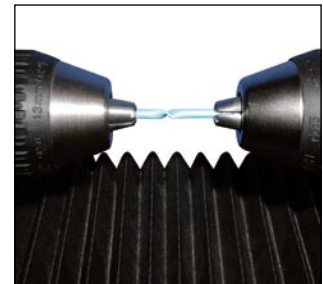
Druckversuch

Dient zur Ermittlung mechanischer Werkstoffeigenschaften unter homogenen, einachsigen Druckspannungen.



Torsion

Beim Torsionsversuch wird das elastische Verhalten und das Dämpfungsverhalten der Kunststoffe bei kleiner dynamischer Verdrehbeanspruchung und niedriger Frequenz untersucht.



Biegung

Bei duktilen Werkstoffen wird er zur Bestimmung der Biege-Fließgrenze und des größtmöglichen Biegewinkels, bei spröden Werkstoffen zur Bestimmung der Biegefestigkeit angewendet.



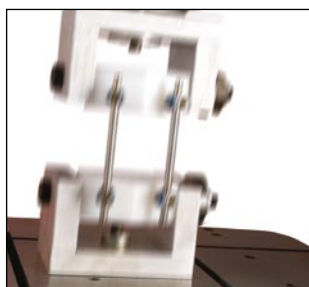
Härteprüfung

Bei der Härteprüfung für Kunststoffe handelt es sich um Eindringhärteprüfungen. Die Eindringtiefen werden dabei – wegen der hohen elastischen Rückfederung – im Gegensatz zu Metallen, i.a. unter Last nach festgelegten Zeiten ermittelt.



Zeitschwingversuch

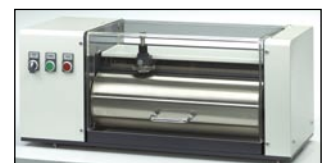
Bei dynamisch beanspruchten Kunststoffen können statische Kurz- und Langzeitkennwerte nicht mehr zur Dimensionierung herangezogen werden. Das Verhalten der Kunststoffe muss dann bei schwingender Belastung in Zeitschwingversuchen ermittelt werden.



Abriebprüfmaschine

zur Ermittlung des Widerstandes von Elastomeren im Hinblick auf den Reibungsverlust mit drehender und fester Probe

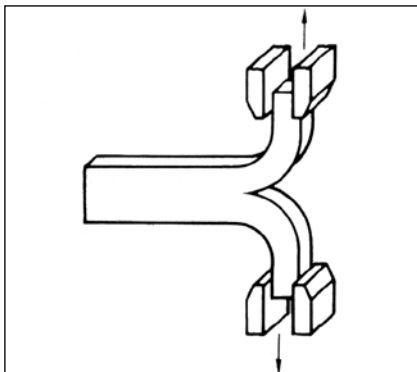
Normen: DIN 53516, ISO/DIS 4649
Beschreibung: Die Prüfung erfolgt an Materialien, die sich abnutzen bzw. verschleißeln, wie z.B. Reifen, Riemen, Förderbänder, Schuhsohlen.



Quelle: Instron

GUMMI – KAUTSCHUK – ELASTOMERE

Elastomer-Charakteristika und ihre Prüfung



3. Weiterreißwiderstand (DIN 53507 und 53515)

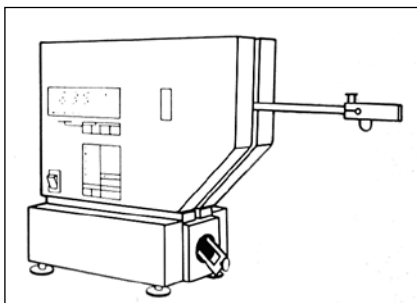
Die Kraft, die ein Vulkanisat mit einer Schnittverletzung dem Weiterreißen entgegengesetzt, bezeichnet man als den Weiterreißwiderstand.

Er wird in N/mm ausgedrückt und mit einer Zugprüfmaschine nach zwei alternativen Methoden ermittelt – der „Streifenprobe“ (DIN 53507) und der „Winkelprobe nach Graves“ (DIN 53515).

Diese beiden Verfahren unterscheiden sich durch die Art des Prüfkörpers.

Bei der Streifenprobe ist das ein ca. 30 mm tief eingeschnittener Gummistreifen, bei der Graves-Methode hingegen ein gewinkelter Probekörper.

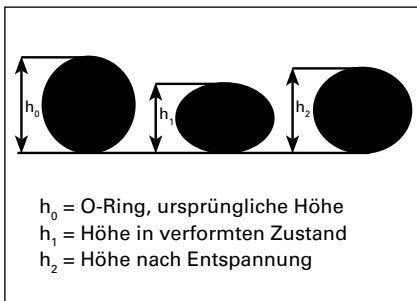
In der Praxis verwendet man mitunter den Begriff „Strukturfestigkeit“ als Synonym für Weiterreißwiderstand.



4. Rückprall-Elastizität (DIN 53512)

Die Rückprall-Elastizität ist ein Maß zur Beurteilung des Elastizitätsverhaltens von Vulkanisaten bei Stoßbeanspruchung. Sie wird mit einer mechanischen Schwingvorrichtung gemessen: Der hängende Pendelhammer wird um 90° angehoben und anschließend auf die Gummiprobe fallengelassen.

Die Elastizität des Gummis bewirkt, dass der Pendelhammer zurückprallt. Sie wird als Prozentsatz aus dem Verhältnis der gemessenen Rückprallhöhe des Pendels zu seiner Fallhöhe angegeben.



5. Druck-Verformungsrest (DIN EN ISO1856)

Die Restverformung eines Vulkanisates nach Beendigung einer lang andauernden, konstanten Verformung ist als Druck-Verformungsrest definiert. Dabei wird gemessen, um wie viel sich der zusammengedrückte Probekörper eine gewisse Zeit nach der Entspannung nicht mehr zurückgebildet hat. Die Angabe erfolgt als Prozentsatz aus dem Verhältnis der nicht mehr zurückge-

bildeten Strecke zur zusammengedrückten Strecke. Die Prüfung wird bei Raumtemperatur, tieferen oder höheren Temperaturen und unterschiedlichen Beanspruchungszeiten durchgeführt. Übliche Messbedingungen sind 72 Std./Raumtemperatur und 24 Std./70°C. Eine andere gängige Bezeichnung für Druck-Verformungsrest ist „Compression-Set“.

6. Heißluftalterung (DIN 53508)

Gummi ist ein reaktionsfähiges, organisches Produkt, das unter dem Einfluss von Sonnenlicht, Wärme, Sauerstoff, Ozon, Feuchtigkeit und energiereicher Strahlung altert. Diese Alterung äußert sich beispielsweise durch Rissbildung oder Versprödung und ist irreversibel.

Zur Prüfung der Hitzebeständigkeit beschleunigt man den Alterungsprozess künstlich durch Lagerung in Wärmeschränken. Anschließend vergleicht man die nun vorhandenen Materialeigenschaften (z.B. Härte, Zugfestigkeit, Bruchdehnung usw.) mit denen vor der künstlichen Alterung.

7. Verhalten gegen Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase (DIN 53521)

Vulkanisate, die Ölen, Lösungsmitteln, Säuren, Laugen, Wasserdampf, Gasen oder ähnlichen Kontaktmedien ausgesetzt sind, verändern nach einiger Zeit ihre ursprünglichen Eigenschaften. Die Aufnahme der Medien und das Herauslösen von Mischungsbestandteilen aus dem Gummi

führen zu einer Quellung, welche die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigt. Zur Ermittlung dieser Werteveränderungen setzt man die Vulkanisate eine gewisse Zeit bei bestimmten Temperaturen den Kontaktmedien aus.

GUMMITEILE ZULÄSSIGE MASSABWEICHUNGEN DIN 7715 TEIL 5

Platten und Plattenartikel aus Weichgummi (Elastomeren)

Toleranzklassen

Für Platten aus Weichgummi und daraus hergestellte Artikel gelten je nach Ausführung die folgenden 3 Toleranzklassen mit unterschiedlichen zulässigen Maßabweichungen, die sich in der Industrie eingeführt haben.

Klasse P1: Genauigkeitsgrad fein

Platten hoher Präzision, die gegenüber der üblichen Handelsgüte höhere Anforderungen an die Maßhaltigkeit stellen, z.B. in Presswerkzeugen hergestellte Platten.

Klasse P2: Genauigkeitsgrad mittel

Platten und daraus hergestellte Artikel mit Toleranzen in üblicher Handelsgüte, z.B. Platten mit glatter oder stoffgemusterter Oberfläche, oder aus vulkanisierten Platten gestanzte oder nach Schablone geschnittene Artikel.

Klasse P3: Genauigkeitsgrad grob

Platten und daraus hergestellte Artikel ohne besondere Maßanforderungen, vulkanisierte oder unvulkanisierte Platten mit profilierter oder grobstoffgemusterter Oberfläche, oder aus unvulkanisierten Platten gestanzte und anschließend ohne Vorrichtung vulkanisierte Artikel. Aus vulkanisierten Platten ohne Schablone geschnittene Teile.



Nennmaßbereich	Klasse	Klasse	Klasse
	P 1	P 2	P 3
Zulässige Abweichungen in mm			
0 bis 1,6	± 0,2	± 0,2	± 0,4
über 1,6 bis 4	± 0,2	± 0,3	± 0,4
über 4 bis 6,3	± 0,2	± 0,4	± 0,5
über 6,3 bis 10	± 0,3	± 0,5	± 0,6
über 10 bis 25	± 0,3	± 0,6	± 0,8
über 25 bis 40	± 0,4	± 0,8	± 1,0
über 40 bis 63	± 0,5	± 1,0	± 1,5
über 63 bis 100	± 0,6	± 1,2	± 2,0
über 100 bis 160	± 0,8	± 1,4	± 2,5
über 160 bis 250	± 1,0	± 1,6	± 3,0
über 250 bis 400	± 1,6	± 2,5	± 5,0
Zulässige Abweichungen in %			
über 400	0,5	0,8	1,5



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

ZULÄSSIGE MASSABWEICHUNGEN DIN EN ISO 1307 UND DIN 7715 TEIL 5 DIN 7715 TEIL 40 ERGÄNZUNGEN ZU EN ISO 1307

Gummi- und Kunststoffschläuche für gewerbliche Zwecke EN ISO 1307

Innendurchmesser und Toleranzen

Nenn- innen- durch- messer	Schlauch- herstellung mit festem Dorn	Schlauch- herstellung mit beweglichem Dorn	Schlauch- herstellung ohne Dorn
3,2	± 0,30	+ 0,30 / - 0,30	± 0,60
4,0	± 0,40	+ 0,60 / - 0,40	
5,0			
6,3			± 0,80
8,0			
10,0			
12,5	± 0,60	+ 0,70 / - 0,50	
16,0			
19		+ 0,90 / - 0,70	
20			
25	± 0,80		± 1,20
31,5	± 1,00	+ 1,20 / - 0,80	± 1,60
38			
40			
50	± 1,20	+ 1,50 / - 1,00	
51			
63			
76	± 1,40		
80			
100	± 1,60		
125			
150	± 2,00		
200	± 2,50		
250	± 3,00		
315			

Längentoleranzen

Länge	Toleranzen
≤ 300	± 3
> 300 bis 600	± 4,5
> 600 bis 900	± 6
> 900 bis 1200	± 9
> 1200 bis 1800	± 12
	Maße in mm
> 1800	± 1%

ICS 83.140.40

Deskriptoren: Maß, Grenzabmaß, Gummitteil, Schlauch

Rubber products; dimensional tolerances; hoses

Produits en caoutchouc; tolerances des dimensions; tuyaux

Tabelle 1: Grenzmaße der Wanddicke

Wanddicke	Grenzabmaße
bis 3	± 0,4
über 3 bis 6	± 0,5
über 6 bis 10	± 0,6
über 10 bis 18	± 0,8
über 18 bis 30	± 1,0
über 30 bis 50	± 1,5

Normenausschuss Kautschuktechnik (FAKAU) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN



GUMMITEILE ZULÄSSIGE MASSABWEICHUNGEN DIN ISO 7715-1

Artikel aus Hartgummi

Toleranzklassen

Für Artikel aus Hartgummi gelten drei Toleranzklassen mit unterschiedlichen zulässigen Maßabweichungen.

Klasse H1: Genauigkeitsgrad fein.

Hartgummiteile hoher Präzision, die gegenüber einer üblichen Handelsgüte höhere Anforderungen an die Maßhaltigkeit stellen und deshalb spanend nachbearbeitet werden müssen.

Klasse H2: Genauigkeitsgrad mittel.

Formteile mit Toleranzangaben in üblicher Handelsgüte, die nicht bearbeitet werden.

Klasse H3: Genauigkeitsgrad grob.

Formteile ohne besondere Maßanforderungen.

Maßbegriffe

Bei Formteilen sind zwei Arten von zulässigen Maßabweichungen F und C zu unterscheiden.

F: Abweichungen bei an die Norm gebundenen Maßen. Maße, die nicht von formveränderten Einflüssen wie Austrieb und seitlichem Versatz zwischen verschiedenen Formteilen (Ober- und Unterteil, Kerne) beeinflusst werden. Siehe die Maße w, x und y im Bild.

5.3 Nicht spanend bearbeitete Formteile

Die zulässigen Maßabweichungen für an die Form gebundene Maße F sind in Tabelle 1 angegeben.

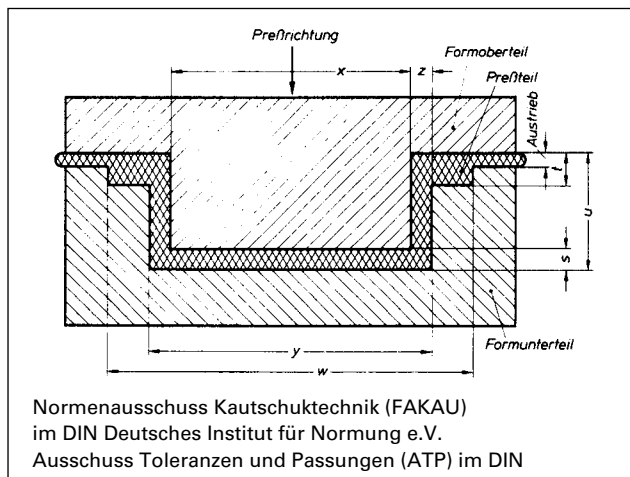
Tabelle 1

Nennmaßbereich	Klasse H2	Klasse H3
	+/-	+/-
Zulässige Maßabweichungen mm		
bis 6	0,15	0,20
über 6 bis 18	0,15	0,20
über 18 bis 30	0,20	0,25
über 30 bis 50	0,20	0,35
über 50 bis 80	0,30	0,45
über 80 bis 120	0,40	0,60
über 120 bis 180	0,50	0,80
über 180 bis 250	0,70	1,00
über 250 bis 315	0,90	1,30
über 315 bis 400	1,20	1,70
über 400 bis 500	1,50	2,20
Zulässige Maßabweichungen %		
über 500	0,4	0,5

Abweichend von Tabelle 1 gilt für im Pressweg hergestellte Gewinde als zulässige Maßabweichung "grob" nach DIN 13 Teil 14. Den zulässigen Maßabweichungen nach Tabelle 1 sind für nicht formgebundene Maße C in Pressrichtung (z.B. die Maße s, t und u im Bild) die Werte nach Tabelle 2 zuzuschlagen.

Tabelle 2

Pressteilfläche cm ²	Zuschlag
bis 100	0,3
über 100 bis 500	0,4
über 500 bis 1000	0,6
über 1000	1,0



C: Abweichungen bei an den Formschluss gebundenen Maßen. Maße, die durch Änderung der Dicke des Austriebes und des seitlichen Versatzes zwischen verschiedenen Formteilen verändert werden können. Siehe die Maße s, t, u und z im Bild.

Nicht formgebundene Maße C senkrecht zur Pressrichtung (z.B. Wanddicken, Maß z im Bild) dürfen bezogen auf das größte Maß in Pressrichtung als Nennmaß (siehe Maß u im Bild) Maßabweichungen nach Tabelle 3 aufweisen.

Tabelle 3

Nennmaßbereich	Zulässige Maßabweichungen
bis 50	± 0,2
über 50 bis 140	± 0,3
über 140 bis 315	± 0,4
über 315	± 0,5

5.4 Bearbeitete Teile

Die zulässigen Maßabweichungen für spanend bearbeitete Hartgummiteile sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Nennmaßbereich	Klasse H1
	+/-
Zulässige Maßabweichungen mm	
bis 6	0,05
über 6 bis 18	0,08
über 18 bis 30	0,10
über 30 bis 50	0,12
über 50 bis 80	0,15
über 80 bis 120	0,20
über 120 bis 180	0,25
über 180 bis 250	0,35
über 250 bis 315	0,45
über 315 bis 400	0,60
über 400 bis 500	0,75
Zulässige Maßabweichungen %	
über 500	0,2

GUMMITEILE ZULÄSSIGE MASSABWEICHUNGEN DIN ISO 3302-1 FERTIGTEILE

Toleranzklassen

In diesem Unterkapitel werden vier Toleranzklassen für an die Form gebundene und an den Formschluss gebundene Maße an Formteilen aus massivem Gummi festgelegt, nämlich:

- a) Toleranzklasse M1 für Formteile mit Genauigkeitsgrad sehr fein. Diese Formteile erfordern Präzisionsformen, weniger Nester je Form, genaue Kontrollen der Mischung usw., woraus hohe Kosten entstehen. Optische Prüfgeräte oder andere ähnliche Messgeräte können erforderlich sein, um eine Verformung des Gummis durch das Messgerät zu minimieren. Diese Art Teile erfordert teure Kontrollen und Prüfverfahren.
- b) Toleranzklasse M2 für Formteile mit Genauigkeitsgrad fein, die viele der für Toleranzklasse M1 erforderlichen Kontrollen einschließen.
- c) Toleranzklasse M3 für Formteile mit Genauigkeitsgrad mittel.
- d) Toleranzklasse M4 für Formteile mit Genauigkeitsgrad grob, bei denen die Kontrolle der Maße nicht kritisch ist.

Tabelle 1: Grenzmaße für Formteile

Maße in Millimeter (wenn nicht anders angegeben)

Nennmaß		Toleranzklasse M1		Toleranzklasse M2		Toleranzklasse M3		Toleranzklasse M4
Über	bis	F	C	F	C	F	C	F und C
0	4,0	±0,08	±0,10	±0,10	±0,15	±0,25	±0,40	±0,50
4,0	6,3	±0,10	±0,12	±0,15	±0,20	±0,25	±0,40	±0,50
6,3	10	±0,10	±0,15	±0,20	±0,20	±0,30	±0,50	±0,70
10	16	±0,15	±0,20	±0,20	±0,25	±0,40	±0,60	±0,80
16	25	±0,20	±0,20	±0,25	±0,35	±0,50	±0,80	±1,00
25	40	±0,20	±0,25	±0,35	±0,40	±0,60	±1,00	±1,30
40	63	±0,25	±0,35	±0,40	±0,50	±0,80	±1,30	±1,60
63	100	±0,35	±0,40	±0,50	±0,70	±1,00	±1,60	±2,00
100	160	±0,40	±0,50	±0,70	±0,80	±1,30	±2,0	±2,5
160	-	±0,3	±0,4	±0,5	±0,7	±0,8	±1,3	±1,5

GUMMI TOLERANZEN FÜR FERTIGTEILE DIN ISO 3302-1

Toleranzklassen Extrusionsteile

Dieser Unterabschnitt legt, bezogen auf einen besonderen Messbereich, 11 Toleranzklassen für Extrusionsteile aus massivem Gummi fest, nämlich:

- a) Drei Toleranzklassen für die Maße von Nennquerschnitten an Extrusionsteilen ohne Unterstützung:
 - E1 Genauigkeitsgrad fein;
 - E2 Genauigkeitsgrad mittel;
 - E3 Genauigkeitsgrad grob.
- b) Drei Toleranzklassen für die Maße von Nennquerschnitten an auf einem Dorn gefertigter Extrusionsteile:
 - EN1 Genauigkeitsgrad sehr fein;
 - EN2 Genauigkeitsgrad fein;
 - EN3 Genauigkeitsgrad mittel.

- c) Zwei Toleranzklassen (EG) für Außenmaße (Nenndurchmesser) geschliffener Extrusionsteile (Schläuche) zusammen mit zwei Toleranzklassen (EW) für die Wanddicken dieser Extrusionsteile:
 - EG1 und EW2 Genauigkeitsgrad sehr fein;
 - EG2 und EW2 Genauigkeitsgrad mittel.
- d) Drei Toleranzklassen (L) für geschnittene Längen von Extrusionsteilen und drei Toleranzklassen (EC) für die Dicke geschnittener Abschnitte von Extrusionsteilen:
 - L1 und EC1 Genauigkeitsgrad sehr fein;
 - L2 und EC2 Genauigkeitsgrad mittel;
 - L3 und EC3 Genauigkeitsgrad grob.

Teil 1: Maßtoleranzen

Tabelle 2: Grenzmaße für die Querschnitte nicht unterstützter Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse E1	Toleranzklasse E2	Toleranzklasse E3
Über	bis			
0	1,5	±0,15	±0,25	±0,40
1,5	2,5	±0,20	±0,35	±0,50
2,5	4,0	±0,25	±0,40	±0,70
4,0	6,3	±0,35	±0,50	±0,80
6,3	10,0	±0,40	±0,70	±1,00
10	16	±0,50	±0,80	±1,30
16	25	±0,70	±1,00	±1,60
25	40	±0,80	±1,30	±2,00
40	63	±1,00	±1,60	±2,50
63	100	±1,30	±2,00	±3,20

Tabelle 3: Grenzmaße für die Innenmaße auf Dorn gefertigter Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse EN1	Toleranzklasse EN2	Toleranzklasse EN3
Über	bis			
0	4	±0,20	±0,20	±0,35
4	6,3	±0,20	±0,25	±0,40
6,3	10	±0,25	±0,35	±0,50
10	16	±0,35	±0,40	±0,70
16	25	±0,40	±0,50	±0,80
25	40	±0,50	±0,70	±1,00
40	63	±0,70	±0,80	±1,30
63	100	±0,80	±1,00	±1,60
100	160	±1,00	±1,30	±2,00
160	-	±0,6%	±0,8%	±1,2%

Fortsetzung →



Maße in Millimeter.

GUMMI TOLERANZEN FÜR FERTIGTEILE DIN ISO 3302-1

Teil 1: Maßtoleranzen

Tabelle 4: Grenzmaße für die Außenmaße geschliffener Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse EG1	Toleranzklasse EG2
Über	bis		
0	10	±0,15	±0,25
10	16	±0,20	±0,35
16	25	±0,20	±0,40
25	40	±0,25	±0,50
40	63	±0,35	±0,70
63	100	±0,40	±0,80
100	160	±0,50	±1,00
160	–	±0,3%	±0,5%

Tabelle 5: Grenzmaße für die Wanddicken geschliffener Extrusionsteile

Nennmaß		Toleranzklasse EW1	Toleranzklasse EW2
Über	bis		
0	4	±0,10	
4	6,3	±0,15	±0,20
6,3	10	±0,20	±0,25
10	16	±0,20	±0,35
16	25	±0,25	±0,40

Tabelle 6: Grenzmaße für geschnittene Längen von Extrusionsteile

Nennlänge		Toleranzklasse L1	Toleranzklasse L2	Toleranzklasse L3
Über	bis			
0	40	±0,7	±1,0	±1,6
40	63	±0,8	±1,3	±2,0
63	100	±1,0	±1,6	±2,5
100	160	±1,3	±2,0	±3,2
160	250	±1,6	±2,5	±4,0
250	400	±2,0	±3,2	±5,0
400	630	±2,5	±4,0	±6,3
630	1000	±3,2	±5,0	±10,0
1000	1600	±4,0	±6,3	±12,5
1600	2500	±5,0	±10,0	±16,0
2500	4000	±6,3	±12,5	±20,0
4000	–	±0,16%	±0,32%	±0,50%

Tabelle 7: Grenzmaße für die Dicke geschnittener Abschnitte von Extrusionsteile

Nennstärke		Toleranzklasse EC1	Toleranzklasse EC2	Toleranzklasse EC3
Über	bis			
0,63	1,00	±0,10	±0,15	±0,20
1,00	1,60	±0,10	±0,20	±0,25
1,60	2,50	±0,15	±0,20	±0,35
2,50	4,00	±0,20	±0,25	±0,40
4,00	6,30	±0,20	±0,35	±0,50
6,30	10	±0,25	±0,40	±0,70
10	16	±0,35	±0,50	±0,80
16	25	±0,40	±0,70	±1,00

GUMMI TOLERANZEN FÜR FERTIGTEILE DIN ISO 3302-1

Teil 1: Maßtoleranzen

7.2 Klassifizierung

Dieser Unterabschnitt legt sechs Toleranzklassen an kalandrierten Bahnen aus massivem Gummi fest, bezogen auf besondere Maßbereiche, nämlich:

- a) Drei Toleranzklassen für die Nenndicke:
 - ST1 Genauigkeitsgrad sehr fein;
 - ST2 Genauigkeitsgrad fein;
 - ST3 Genauigkeitsgrad mittel.

- b) Drei Toleranzklassen für die Nennbreite:
 - SW1 Genauigkeitsgrad fein;
 - SW2 Genauigkeitsgrad mittel;
 - SW3 Genauigkeitsgrad grob.

7.3 Grenzabmaße

Die anzuwendenden Grenzabmaße müssen unter Zustimmung der interessierten Parteien aus den in 7.2 beschriebenen Toleranzklassen gewählt werden.

Standard-Grenzabmaße sind in den Tabellen 8 und 9 gegeben.

Tabelle 8: Grenzmaße für die Dicke kalandrierter Bahnen

Nenndicke		Toleranzklasse ST1	Toleranzklasse ST2	Toleranzklasse ST3
Über	bis			
0	1,00	±0,15	±0,2	±0,25
1,00	1,60	±0,15	±0,25	±0,35
1,60	2,50	±0,20	±0,35	±0,4
2,50	4,00	±0,25	±0,4	±0,5
4,00	6,30	±0,35	±0,5	±0,7
6,30	10	±0,4	±0,7	±0,8
10	16	±0,5	±0,8	±1,0
16	–	±3,5%	±5%	±7%

Tabelle 9: Grenzmaße für die Breite kalandrierter Bahnen

Nennbreite			Toleranzklasse SW1	Toleranzklasse SW2	Toleranzklasse SW3
Über	bis				
630	1000	±20	±25	±30	
1000	1600	±30	±40	±50	
1600	–	±2%	±2,5%	±3%	



RICHTLINIEN FÜR LAGERUNG, REINIGUNG UND WARTUNG VON ERZEUGNISSEN AUS KAUTSCHUK UND GUMMI

Auszug aus DIN 7716 ISO 2230

Geltungsbereich

Die nachstehenden Richtlinien gelten für Erzeugnisse aus Gummi in reiner und mit anderen Werkstoffen zusammengesetzter Form, und zwar für Elastomere aus Naturkautschuk und/oder Synthetikautschuk sowie für Klebstoffe und Lösungen.

Die Richtlinien nach gelten in erster Linie als Anforderungen für eine langzeitige Lagerung (im allgemeinen länger als 6 Monate). Für kurzfristige Lagerung (weniger als 6 Monate) – wie etwa in Produktions- und Auslieferungslägern mit laufendem Materialabfluß – sind die Vorschriften dieser Norm bis auf die generellen Anforderungen an den Lagerraum sinngemäß anwendbar, solange dadurch Aussehen und Funktion der Erzeugnisse keine nachteiligen Veränderungen erfahren und solange nicht ein Widerspruch zu speziellen Forderungen dieser Norm für ausdrücklich kurze Lagerfristen von Erzeugnissen aus Gummi entsteht.

Allgemeines

Unter ungünstigen Lagerungsbedingungen oder bei unsachgemäßer Behandlung ändern die meisten Erzeugnisse aus Gummi ihre physikalischen Eigenschaften. Sie können z.B. durch übermäßige Verhärtung, Weichwerden, bleibende Verformung sowie durch Ablättern, Risse oder sonstige Oberflächenschäden unbrauchbar werden. Die Veränderungen können durch die Einwirkung von z.B. Sauerstoff, Ozon, Wärme, Licht, Feuchtigkeit, Lösungsmittel oder die Lagerung unter Spannung hervorgerufen werden. Sachgemäß gelagerte und behandelte Erzeugnisse aus Gummi bleiben über einen langen Zeitraum (einige Jahre) fast unverändert in ihren Eigenschaften.

Lagerraum

Der Lagerraum soll kühl, trocken, staubfrei und mäßig belüftet sein.

Temperatur

Die Lagertemperatur sollte +15°C sein und darf +25°C nicht überschreiten, da es sonst zu einer Verhärtung der physikalischen Eigenschaften oder Verkürzung der Lebensdauer kommen kann. Die Lagertemperatur sollte ebenfalls nicht unter -10°C liegen. Niedrigere Temperaturen sind für Erzeugnisse aus Gummi im allgemeinen nicht schädlich, doch können diese bei tieferen Temperaturen sehr steif werden. Stark gekühlte Erzeugnisse sind vor Inbetriebnahme längere Zeit auf eine Temperatur von über +20°C zu bringen.

Klebstoffe und Lösungen dürfen nicht kälter als 0 °C, Erzeugnisse aus Gummi aus gewissen Chloroprenkautschuktypen unter Umständen nicht kälter als +12 °C gelagert werden.

Heizung

Bei Heizung des Lagerraums sind Heizkörper und Leitungen abzuschirmen. Die Wärmequellen in den Lagerräumen sollen so ausgelegt sein, daß die Temperatur der eingelagerten Artikel +25 °C nicht übersteigt. Der Abstand zwischen Heizkörper und Lagergut muß mindestens 1 m betragen.

Feuchtigkeit

Erzeugnisse aus Gummi sollten nicht in feuchten Lagerräumen gelagert werden. Es ist darauf zu achten, daß keine Kondensation entsteht. Die relative Luftfeuchtigkeit liegt am günstigsten unter 65%.

Beleuchtung

Die Erzeugnisse aus Gummi sollen vor Licht geschützt werden, insbesondere vor direkter Sonnenbestrahlung und vor starkem künstlichen Licht mit hohem ultravioletten Anteil. Die Fenster der Lagerräume sind aus diesem Grunde mit einem roten oder orangefarbenen (keinesfalls blauen) Schutzanstrich zu versehen. Alle Lichtquellen, die ultraviolette Strahlen aussenden, wie z.B. offen installierte Leuchtstoffröhren, wirken insbesondere wegen der damit verbundenen Ozonbildung schädigend. Vorzuziehen ist eine Raumbeleuchtung mit normalen Glühlampen.

Sauerstoff und Ozon

Die Erzeugnisse aus Gummi sollen vor Luftwechsel, vor allem vor Zugluft, geschützt werden durch Einhüllen, durch Lagerung in luftdichten Behältern oder durch andere Mittel. Dies bezieht sich vor allem auf die Artikel mit einer großen Oberfläche im Verhältnis zum Volumen, z.B. gummierte Stoffe oder zellige Artikel. Da Ozon besonders schädlich ist, dürfen die Lagerräume keinerlei Ozon erzeugende Einrichtungen enthalten, wie z.B. fluoreszierende Lichtquellen, Quecksilberdampflampen, Elektromotoren oder sonstige Geräte, die Funken oder andere elektrische Entladungen erzeugen können. Verbrennungsgase und Dämpfe, die durch photochemische Vorgänge zu Ozonbildung führen können, sollten beseitigt werden.

Lösungsmittel, Kraftstoffe, Schmierstoffe, Chemikalien, Säuren, Desinfektionsmittel u.ä. dürfen im Lagerraum nicht aufbewahrt werden.

Gummilösungen sind unter Beachtung der behördlichen Vorschriften über die Lagerung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten in einem besonderen Raum zu lagern.

Verformungen

Es ist darauf zu achten, daß Erzeugnisse aus Gummi spannungsfrei, d.h. ohne Zug, Druck oder sonstige Verformungen gelagert werden, da Spannungen sowohl eine bleibende Verformung als auch Reißbildung begünstigen. Bestimmte Metalle, im besonderen Kupfer und Mangan, wirken auf Erzeugnisse aus Gummi schädigend. Deshalb dürfen Erzeugnisse aus Gummi nicht in Berührung mit diesen Metallen gelagert werden, sondern müssen durch Verpackung oder durch Abschluß mit einer Schicht, z.B. Papier oder Polyethylen, geschützt werden.

Die Werkstoffe der Behälter, des Verpackungs- und Abdeckmaterials dürfen keine für Erzeugnisse aus Gummi schädlichen Bestandteile enthalten, z.B. Kupfer oder kupferenthaltende Legierungen, Benzin, Öl und dergleichen. Weichmacher enthaltende Folien dürfen zur Verpackung nicht verwendet werden.

Werden Erzeugnisse aus Gummi eingepudert, so darf der Puder keine für die Erzeugnisse aus Gummi schädlichen Bestandteile enthalten. Geeignet zum Einpudern sind Talkum, Schlammkreide, feinkörniges Glimmerpulver und Reisstärke.

Das gegenseitige Berühren von Erzeugnissen aus Gummi verschiedener Zusammensetzung ist zu vermeiden. Das gilt vor allem für Erzeugnisse aus Gummi verschiedener Farben.

Erzeugnisse aus Gummi sollten für eine möglichst kurze Zeit im Lager verbleiben. Bei langfristiger Lagerung ist darauf zu achten, daß neu hinzukommende Erzeugnisse von den schon vorhandenen getrennt gelagert werden. An dieser Stelle weisen wir auf die DIN 9088 (Luft- und Raumfahrt-Richtlinien für die zulässigen Lagerzeiten von Erzeugnissen aus Elastomeren) hin.

RICHTLINIEN FÜR LAGERUNG, REINIGUNG UND WARTUNG VON ERZEUGNISSEN AUS KAUSCHUK UND GUMMI

Auszug aus DIN ISO 2230

Reinigung und Wartung

Die Reinigung von Erzeugnissen aus Gummi kann mit Seife und warmem Wasser erfolgen. Die gereinigten Artikel sind bei Raumtemperatur zu trocknen. Die mit Wasser gereinigten Produkte müssen sofort vollständig getrocknet werden. Hierzu empfiehlt sich ein trockenes, weiches Tuch sowie die kurzzeitige Lagerung in trockener Umgebung bei ca. +23 °C. Die Trocknung mittels Heizkörper, Fön oder anderen Wärmequellen schadet den Dichtungs- und Führungselementen.

Nach einer längeren Lagerung (6 bis 8 Monate) können die Erzeugnisse mit einer 1,5%igen Natriumkarbonatlösung gereinigt werden. Die Reste der Reinigungsflüssigkeit sind mit Wasser abzuspülen. Wirksame und besonders schonende Reinigungsmittel werden vom Hersteller empfohlen. Lösungsmittel, wie Trichlorethylen, Tetrachlorkohlenstoff sowie Kohlenwasserstoffe dürfen zum Reinigen nicht verwendet werden. Weiter verbietet sich hierfür die Benutzung von scharfkantigen Gegenständen, Drahtbürsten, Schmirgelpapier usw. Wiedergegeben mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Maßgebend ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Normformat A4, erhältlich bei der Beuth-Vertrieb GmbH.

Lagerbedingungen

Die Lagerungstemperatur muß unter 25°C liegen; die Teile müssen fern von direkten Wärmequellen lagern und dürfen keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden. Die relative Luftfeuchte muß so sein, daß bei Temperaturänderungen im Lagerraum keine Kondensation eintritt. Die Einwirkung von Ozon und ionisierender Strahlung muß grundsätzlich ausgeschlossen sein.

Verpackung

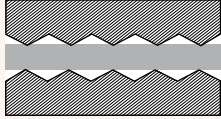
Alle Werkstoffe für Behälter, zum Abdecken und Einwickeln müssen frei von Substanzen sein, die einen Abbau-Effekt auf Elastomere haben. Als Verpackungsmaterial kommen z.B. beschichtetes Kraftpapier, Aluminiumfolie oder undurchsichtige PE-Folie (min. 0,075 mm Stärke) in Frage.

		1. Lagerzeit in Jahren	2. Verlängerung in Jahren
Gruppe 1	NR, AU, EU, SBR	5	2
Gruppe 2	NBR, HNBR, ACM, AEM, XNBR, ECO, CIIR, CR, IIR	7	3
Gruppe 3	FKM, VMO, EPDM, FVMQ, PVMQ, FFKM, CSM	10	5

Weitere Verlängerungen sind unter Umständen möglich, aber nur nach Rücksprache mit dem Lieferanten. Der Lieferant nimmt entsprechende Prüfungen vor und entscheidet, ob die Erzeugnisse weiter Verwendung finden oder verworfen werden müssen

STATISCHE DICHTUNGSSYSTEME

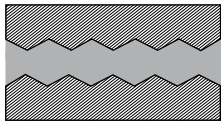
Beschreibung



(PG) Preformed Gasket

Vorgeformte Dichtung, z. B. Formteile, Stanzteile

Keine Haftung der Dichtung, Herstellung im Spritzguss oder als Stanzteil oder Wasserstrahlschneideteil, Dichtigkeit durch Verpressung, alle Elastomere

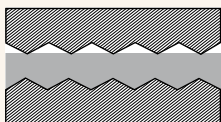


(FIPG) Formed-In-Place-Gasket

Frei aufgetragene Dichtung, Nassverbau

Haftung auf beiden Seiten, Raupenauftrag und Verbau vor der Vulkanisation, drucklose Abdichtung, RTV-1- und selbsthaftende RTV-2 -Typen

- Normalerweise wird RTV-1 Silikonkautschuk in flüssig, pastöser Form auf das zu dichtende Teil aufgebracht
- Der Auftrag erfolgt in hoher Präzision mit Roboter oder Koordinatentisch.
- Nach dem Zusammenfügen härtet der Silikonkautschuk unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit
- Die Dichtung haftet auf beiden Flanschteilen
- Flächendichtung (Metall-Metall)
- Flanschoberflächen werden bis zu direktem Metall-Metall-Kontakt verpresst oder die Höhe durch Abstandshalter festgelegt

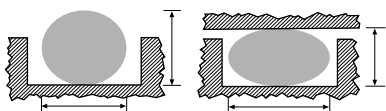


(CIPG) Cured-In-Place-Gasket

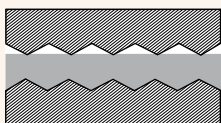
Frei aufgetragene Dichtung, Trockenverbau

Haftung auf einer Seite, Raupenauftrag, Verbau nach Vulkanisation, Dichtigkeit durch teilweise Verpressung, RTV-1- und RTV-2-Typen CIPG-Technologie

- Der Silikonkautschuk wird mit einem Misch- und Dosiergerät auf das zu dichtende Teil in flüssigem, pastösem Zustand gebracht.
- Die Raupe wird automatisch mit hoher Präzision über einen Roboter oder Koordinatentisch appliziert.
- Die Dichtung wird in einem Trockenschrank oder IR-Kanal vulkanisiert. ein Tempern ist im Regelfall nicht erforderlich.
- Die Dichtung haftet verliersicher auf dem Teil und kann als Komplettteil weiter verbaut werden.



- Dichtung durch Verpressung im Bereich zwischen 25 – 35%, Kompression 25–35%
- Nutbreite etwa 1,3- bis 1,4-fache der Raupenbreite
- Silikonkautschuk elastisch, aber nicht kompressibel
- Raupe nicht rund applizierbar, soll breiter als hoch sein, Verhältnis BH = 1 : 0,8 – 0,6



(MIPG) Moulded-In-Place-Gasket

Dichtung (Verbundteil) direkt auf das Gehäuse aufgespritzt (Spritzguss), Dichtigkeit durch Verpressung, HTV- und LR-Typen MIPG-Technologie

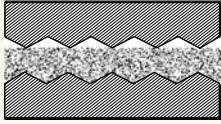
- Dichtung wird im Spritzguss auf das zu dichtende Teil aufgespritzt.
- Verliersichere Haftung auf dem Substrat
- Gegenform muss exakt schließen
- Hohe technische Anforderungen an Bauteile
- HTV- bzw. LR-Silikonkautschuk Aufvulkanisierte Formdichtung, Verbundteil

Vorteile	Nachteile	Einsatzmöglichkeiten
<ul style="list-style-type: none"> • hohe Werkstoffvielfalt • geringe Kosten bei hohen Stückzahlen • viel Erfahrung durch weite Verbreitung vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> • schwierige Handhabung formlabiler Bauteile • geringe Automatisierungsmöglichkeit • hoher manueller Montageaufwand 	
<ul style="list-style-type: none"> • Dichtung passt sich optimal dem Spalt an • Keine Kompression der Dichtung • Geringe Materialmenge • Rationalisierung in der Lagerhaltung und bei Änderung der Geometrie der Dichtungsteile • Keine spezielle Bearbeitung der Flanschoberfläche notwendig • Einfache Flanschkonstruktion • Automatisch auftragbar • Hohe Zuverlässigkeit der Dichtung durch gute Haftung • Flexible und kostengünstige Lösung gegenüber vorgeformten Dichtungen FIPG-Technologie • Normalerweise wird RTV-1 Silikonkautschuk in flüssig, pastöser Form auf das zu dichtende Teil aufgebracht • Der Auftrag erfolgt in hoher Präzision mit Roboter oder Koordinatentisch • Nach dem Zusammenfügen härtet der Silikonkautschuk unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit • Die Dichtung haftet auf beiden Flanschteilen • Flächendichtung (Metall-Metall) • Flanschoberflächen werden bis zu direktem Metall-Metall-Kontakt verpresst oder die Höhe durch Abstandshalter festgelegt 	<ul style="list-style-type: none"> • Zerstörung der Dichtung bei der Demontage • Auftragsmenge muss kontrolliert werden • Volle Belastbarkeit erst nach Aushärtung 	<ul style="list-style-type: none"> • Ölwanne • Kurbelgehäuse • Steuergehäuse • Ölabscheideblech
<ul style="list-style-type: none"> • Automatische Aufbringung der Dichtung beim Systemlieferanten • Dichtung haftet auf dem einen Teil, daher verliersicher • Keine Temperung der Dichtung notwendig • Wiederholte Demontage ohne Zerstörung der Dichtung möglich • Bei entsprechender Dimensionsauslegung Schall- und Geräuschkopplung möglich • Einfache Nutkonstruktion 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgangsmechanik nicht vergleichbar mit synthetischen Kautschuken • Dichtungsersatz im Reparaturfall • Keine spezielle Profilierung der Dichtung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserpumpe • Thermostatgehäuse • Kühlerstutzen • Kühlerdichtungen • Saugrohre • Ventildeckelhaube
Siehe bei CIP	Siehe bei CIP	Siehe bei CIP
<ul style="list-style-type: none"> • Profilgeometrie variabel • Niedriger Verpressungsdruck • Gute Dichtigkeit bei Erhöhungen und Vertiefungen (Halbmonde) 	<ul style="list-style-type: none"> • Teure Formen • Nur geringe Dimensionsabweichungen der Metall- bzw. Kunststoffteile • Komplizierte Herstellung im Spritzguss 	<ul style="list-style-type: none"> • Zylinderkopfhaube • Gehäuse verschiedenster Art

Fortsetzung →

STATISCHE DICHTUNGSSYSTEME

Beschreibung

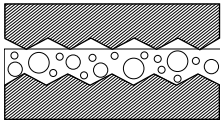


(FIPFG) Formed-In-Place-Foamed-Gasket

Frei aufgetragene Silikon-Schaumdichtung

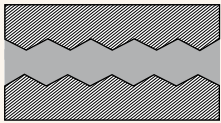
Haftung auf einer Seite, kompressible Dichtung, Raupenauftrag, Verbau nach Vulkanisation, Dichtigkeit durch teilweise Verpressung, Silikonschäume FIPFG-Technologie

- Beschränkung auf additionsvernetzende RTV-2-Schäume
- Die Komponenten A und B werden im dynamischen Mischer verarbeitet und sind meist mit Gas beladen
- Die Mischung wird in fließfähiger oder standfester Form mit Roboter oder Koordinatentisch auf die abzudichtenden Teile aufgebracht
- Auf den Teilen schäumt das Material auf (etwa das 2- bis 4-fache Volumen)
- Reaktion bei Raumtemperatur leicht exotherm
- Je nach System in Minuten bis Stunden voll ausvulkanisiert
- Wärmeableitung oder Wärmezufuhr (Umgebungstemperatur, Erwärmung beim Mischen, Temperatur und Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes) beeinflussen Reaktionsgeschwindigkeit und Schaumstruktur
- Dichtung muss bei fließfähigen Systemen in Nut ausgeführt werden



(CIPCG) Cured-In-Place-Compressible-Gasket

Frei aufgetragene Silikon-Dichtung mit kompressiblen Materialien



(IIPG) Injected-In-Place-Gasket

Eingespritzte Silikon-Dichtung

Vorteile	Nachteile	Einsatzmöglichkeiten
<ul style="list-style-type: none"> • Dichtung kompressibel • Geringe Schließkräfte • Geschlossenzelliger Schaum • Hohe Toleranzen bei großen Dimensionsschwankungen • Automatische Applikation 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht geeignet bei Abdichtungen flüssiger Medien z. B. Öle, Kühlmittel • Hoher Maschinenaufwand • Verarbeitungsbedingungen sind speziell auf Anwendungen einzustellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Scheinwerfergehäuse • Rücklichtgehäuse • Ansaugrohr, Ansaugkanal • Zündkabelabdeckungen • Gehäuse verschiedenster Art • Verpackungsindustrie

STATISCHE DICHTUNGEN

Für Flanschverbindungen, Klappen, Deckel im Maschinenbau und Apparatebau aller Industriebereiche aus den unterschiedlichsten Werkstoffen.

Flachdichtungen

Zum Beispiel Flachdichtungen entsprechend DIN 2690 DN 4 bis DN 4000 für PN 1 bis PN 40

- Stanzdichtungen nach Norm oder Kundenvorgabe
- Wasserstrahl-geschnittene Dichtungen
- Dichtungszuschnitte

Hochdruck-Qualitäten

- Graphit
- Elastomere
- Kunststoffe

Metallisch

- Kammprofilierte Dichtungen mit und ohne Auflage nach DIN und ANSI
- Spiralgewickelte Dichtungen
- Gewellt
- Eingefaßt

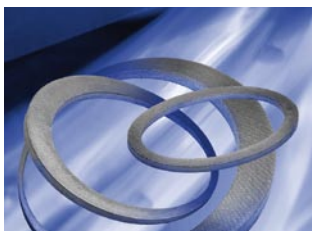
Dichtungstechnik – statische Dichtungen – Flachdichtungen



gestanzte Flachdichtungen aus Werkstoff NBR

- Flachdichtungen als Stanzdichtung aus vorhandenen oder neuem Werkzeug oder als Wasserstrahlteil nach Kundenspezifikation.
- Flachdichtungen nach DIN 2690 für DIN-Flansche mit und ohne Dichtleiste PN 1 bis PN 40. Und DN 4 bis DN 4000
- Flachdichtungen für Flanschverbindungen mit und ohne Schraubenlöchern nach Norm z.B. nach DIN 86071.

Ovale Dichtungen für Dampfkessel und Behälter aus Werkstoff novaSEAL® HP



Mit Zulassung nach TRD 401 für Einsatz als Hand-, Kopf- und Mannlochdichtung

Formdichtungen, Dichtungsprofile, Dichtungsbänder

- O-Ringe (Elastomere, PTFE ummantelt, FEP / PFA ummantelt, PTFE)
- O-Ringe stoßvulkanisiert (Elastomere wie z.B. NBR, MVQ (Silikon), FPM (Viton®), EPDM ...)
- Nutringe
- Quadraringe
- Milchrohrverschraubungsringe (Milchrohrdichtungen) nach DIN 11851 aus EPDM, FPM (Viton®) und Silikon sowie NBR auf Anfrage
- Gummi-Stahl-Dichtungen (GST-Dichtungen) nach DIN EN 1514-1 aus EPDM, FPM (Viton®) und CSM sowie NBR.
- Dichtungsbänder aus expandiertem PTFE (biaxial gerecktes PTFE) einseitig selbstklebend ausgerüstet.
- extrudierte Gummiprofile z.B. als Rundschnur, Vierkantschnur, Kantenschutzprofile mit oder ohne Metalleinlage
- Formteile nach Zeichnung

Wir produzieren Flachdichtungen z.B. für Flanschverbindungen, Klappen, Deckel im Maschinenbau, Apparatebau, Textilindustrie, Automobilindustrie, Elektroindustrie und andere Industriebereiche und Forschungsbereiche.

- Flachdichtungen als Zuschnitt von Hand
- Mannlochdichtungen, Handloch- oder Kopflochdichtungen für den Dampfkessel- oder Behälterbau (mit und ohne Zulassung nach TRD 401).
- Dichtungen mit Innenbördel und/oder Außenbördel z.B. aus Edelstahl 1.4571
- Gedrehte Flachdichtungen z.B. aus PTFE

Werkstoffprofil novaSEAL® HP

Der Dichtwerkstoff novaSEAL® HP besteht aus einem temperatur-, korrosions- und chemikalienbeständigem Hochleistungsgewebe.

STATISCHE DICHTUNGEN

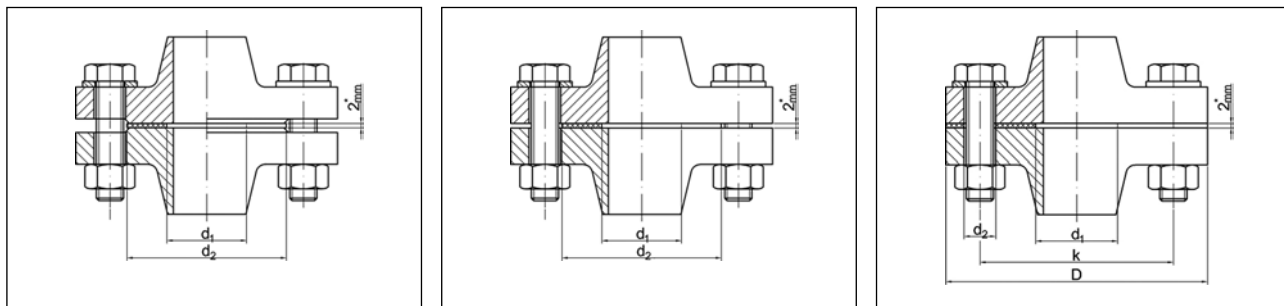
Toleranzklassen

In einem dafür entwickelten Fertigungsverfahren werden aus dem beschichteten Gewebe endlose, formstabile und dimensionstreu Ringe hergestellt.

Dichtungskennwerte novaSEAL OV®

Einsatzgrenzen	25 bar
	225 °C
Flächenpressung	min. 5 N/mm ²
	max. 35 N/mm ²
Empfohlener Aufheizgradient	max. 2°C/min
Kesselwasser/Medienbeständigkeit	TRD 611
Bauteilkennzeichen	TÜV.D.04-001.C vom 27.10.2004
	ersetzt Bescheinigung TÜV.D.99-001.C vom 13.12.1999

Dichtungstechnik – statische Dichtungen – Flachdichtungen



Flachdichtungen Form FF nach DIN 86071 mit Schraubenlöchern für glatte Flansche

Flach-Dichtungen nach DIN 86071 für glatte DIN-Flansche PN 6 bis PN 25																		
DN	z.B. für d' [mm]	Flansche nach DIN 2573				Flansche nach DIN 2576				PN 16				PN 25				
		PN 6				PN 10				PN 16				PN 25				
		D	K	d ² [mm]	Anzahl der Löcher	D	K	d ² [mm]	Anzahl der Löcher	D	K	d ² [mm]	Anzahl der Löcher	D	K	d ² [mm]	Anzahl der Löcher	
20	29	90	65	11	4	105	75	14	4	105	75	14	4	105	75	14	4	

Quelle: RALICKS Industrie- und Umwelttechnik

STATISCHE DICHTUNGEN

O-Ringe – Null-Ringe – Runddichtringe



Allgemeines zu O-Ringen

O-Ringe werden üblicherweise so genannt, weil sie eine runde Form und einen runden Querschnitt haben. Sie werden überwiegend zur Abdichtung ruhender Maschinenteile verwendet. Oft werden O-Ringe aber auch als dynamische Drehabdichtung, bei axialen Verschiebungen oder Schwingungen der Dichtkomponenten eingesetzt.

Als Werkstoff kommen meist unterschiedliche Elastomere zum Einsatz. Wenn starke chemische oder thermische Belastungen vorliegen werden die Elastomer-O-Ringe auch mit PTFE (Polytetrafluorethylen - Teflon®) ummantelt oder vollständig aus PTFE gefertigt. Bei extremen chemischen oder thermischen Beanspruchungen können O-Ringe auch nahtlos mit FEP / PFA (Tetrafluorethylen - Perfluorpropylen) ummantelt werden. Dabei kommt als Dichtring-Kern meist FPM (Viton®) oder Silicongummi zum Einsatz. Durch die Fertigung von O-Ringen in Werkzeugen (Formen) ergeben sich relativ enge Fertigungstoleranzen für Innendurchmesser (d_1) und Schnurstärken (d_2). Eine Übersicht der zulässigen Abweichungen von Innendurchmesser und Schnurstärke für O-Ringe gibt z.B. die DIN 3771.

Die Werkstoff- und Abmessungsvielfalt ist bei O-Ringen sehr groß. Daher können wir hier nicht alle Lieferformen und Abmessungen auführen. Wir sind gerne bereit Ihnen auf konkrete Anfragen ein Angebot zu unterbreiten und innerhalb weniger Tage zu liefern.

Runddichtringe / Rundschnurringe / RSTV-O-Ringe

Eine Variante zu O-Ringen aus Werkzeugfertigung sind aus Rundschnur gefertigte und meistens stoßgeklebte oder stoßvulkanisierte Rundschnurringe oder Runddichtringe. Dabei haben Sie den Vorteil, praktisch jeden beliebigen Durchmesser anfertigen zu können. Die einzige Einschränkung sind die Schnurstärken. Diese sind meistens entsprechend den Schnurstärken von O-Ringen aus Werkzeugfertigung gestaffelt. Ihr Vorteil bei der Verwendung von Rundschnurringen sind sehr kurze Lieferzeiten von wenigen Tagen und die nicht vorhandenen Werkzeugkosten. Weitere Informationen zu am Stoß geklebten bzw. vulkanisierten stoßvulkanisierten oder stoßgeklebten Runddichtringen.



Elastomer O-Ringe
(NBR, EPDM, FPM (FKM, Viton®), MVQ ...)



PTFE-umhüllte (ummantelte) Elastomer-O-Ringe



FEP und PFA ummantelte Elastomer-O-Ringe

AUSLEGUNG VON ELASTOMEREN DICHTUNGEN

Der zu verwendende O-Ring-Werkstoff hat einen Einfluss auf das Nutdesign.

Es ist daher bei der Dichtungsauslegung besonders wichtig, den Werkstoff früh zu bestimmen. Der Einsatzfall legt den Elastomer-Compound fest; dabei sollte die Medienbeständigkeit an erster Stelle stehen. Allerdings muss das Elastomer auch gegenüber einer möglichen Extrusion beständig sein, wenn es mit dem maximal möglichen Druck beaufschlagt wird. Darüber hinaus sollte die Beibehaltung von guten physikalischen Eigenschaften über den gesamten Temperaturbereich sichergestellt sein.

Druckverformungsrest und Verpressung

Der Druckverformungsrest ist die prozentuale Verformung, die ein Elastomer nach einer festgelegten Zeit bei festgelegter Temperatur und definierter Verpressung dauerhaft zurückbehält. Der Druckverformungsrest ist ein besonders wichtiger Dichtungsfaktor, da er ein Maßstab für den zu erwartenden Verlust an elastomerer Rückstellkraft ist.

Der Druckverformungsrest wird in der Regel in trockener Luft ermittelt und misst den prozentualen Anteil vom ursprünglichen Querschnitt. Obwohl es wünschenswert ist, einen möglichst geringen Druckverformungsrest zu haben, ist es in einigen Fällen nicht so kritisch, wie es zuerst erscheint: Wenn zum Beispiel planmäßige Wartungsarbeiten einen Ersatz der Dichtung fest vorsehen. Darüber hinaus kann ein O-Ring, der einen Druckverformungsrest von 100% aufweist, immer noch abdichten.

Dieses Kapitel behandelt die weiteren Merkmale, die für ein Funktionieren der Dichtung berücksichtigt werden müssen, wie den Druckverformungsrest, die Härte, die Zugfestigkeit, die chemische Beständigkeit, die thermischen Auswirkungen, den Druck sowie die Gefahr von Extrusion.

Hier finden Sie Daten und Verfahren die es Ihnen ermöglichen, spezielle Anforderungen an die Dichtung zu erkennen oder die maximale Leistung aus einer Dichtung herauszuholen.

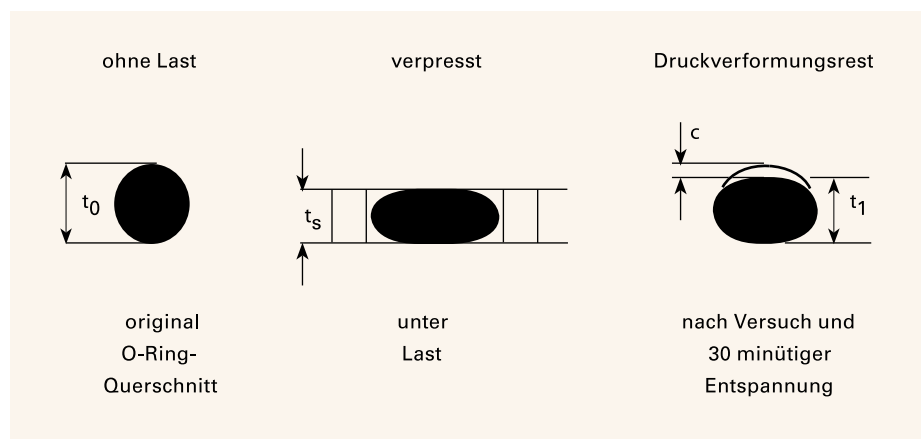
Vorausgesetzt der Systemdruck und die Temperaturen bleiben gleich und keine Bewegung oder sonstige Kraft unterbricht den Kontakt des O-Rings mit den abzudichtenden Flächen. Darüber hinaus kann eine Volumenquellung ausgelöst durch den Kontakt des O-Ringes mit dem abzudichtenden Medium, den Druckverformungsrest ausgleichen.

Der Zustand, der dabei allerdings am meisten gefürchtet werden muss, ist das Vorhandensein eines hohen Druckverformungsrests und einer chemischen Schrumpfung des O-Ringes.

Dies wird zu einem Ausfall der Dichtung führen; es sei denn, die Dichtung wurde außerordentlich stark verpresst.

Der Druckverformungsrest wird folgendermaßen berechnet:

Fortsetzung →



Quelle: ERIKS group nv - Technisches Handbuch

AUSLEGUNG VON ELASTOMEREN DICHTUNGEN

Ein geringer Druckverformungsrest kennzeichnet eine gute dauerhafte Dichtfunktion. Der Druckverformungsrest erhöht sich allerdings mit zunehmender Temperatur und Zeit.

Für O-Ringe sollte die minimale Verpressung ungefähr 10% betragen. Der Grund dafür ist, dass nahezu alle Elastomere bei einer sehr geringen Verpressung schnell ihre elastomeren Rückstellkräfte verlieren und einen Druckverformungsrest von 100% erlangen.

Ein Compound mit einer guten Widerstandsfähigkeit gegenüber bleibender Druckverformung kann sich nur gegenüber einem schlechten auszeichnen, wenn die Verpressung über circa 7% liegt.

Die meisten O-Ring-Anwendungen können bei einer derartig geringen Verpressung nicht funktionieren, mit Ausnahme von berührungslosen Dichtungsauslegungen in speziellen Pneumatik- und Rotationsanwendungen.

Die geläufigsten Normen zur Ermittlung des Druckverformungsrests sind die DIN 53517 und ASTM D 395.

Die Tabelle 3A-1a beinhaltet die Werte des Druckverformungsrests der ERIKS Standard-Compounds (nach 25%iger Verpressung).

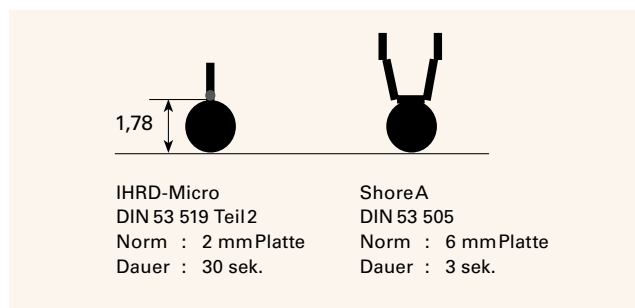
Compound	Härte °IRHD ± 5°	Druckverformungsrest 22h/100°C, 25%, auf O-Ring mit 3,53 mm Schnur	Temperaturbereich	
			°C	°F
NBR 36624	70	max. 20%	-30+120	-22+248
NBR 47702	90	max. 30%	-30+120	-22+248
EPDM 55914	70	max. 30%	-50+120	-58+248
EPDM 55914 PC	70	max. 25% (150 °C)	-50+150	-58+302
Silikon 714177	70	max. 40% (200 °C)	-60+220	-76+428
Neogene 32906	70	max. 25%	-35+110	-31+230
Vitone® schwarz 51414	75	max. 18% (200 °C)	-20+200	-4+392
Vitone® grün 51414	75	max. 19% (200 °C)	-20+200	-4+392
Vitone® schwarz 514320	90	max. 18% (200 °C)	-20+200	-4+392
X-Ringe aus NBR, FKM, EPDM	70/90		-30+120	-22+248

Hinweis:

Bitte beachten Sie, dass sich der Wert des Druckverformungsrests im Laufe der Zeit ändert und von der O-Ring-Schnurstärke abhängig ist. Die neben stehende Tabelle zeigt Ihnen diese Unterschiede anhand ermittelter Werte eines gleichen Compounds auf.

NBR 36624 O-Ringe			
Schnurstärke in mm	1,78	3,53	6,99
Druckverformungsrest 22h/100°C (212°F)	14,8	12,8	9,2
Druckverformungsrest 70h/100°C (212°F)	23,9	22,7	16,8

IRHD und Shore A

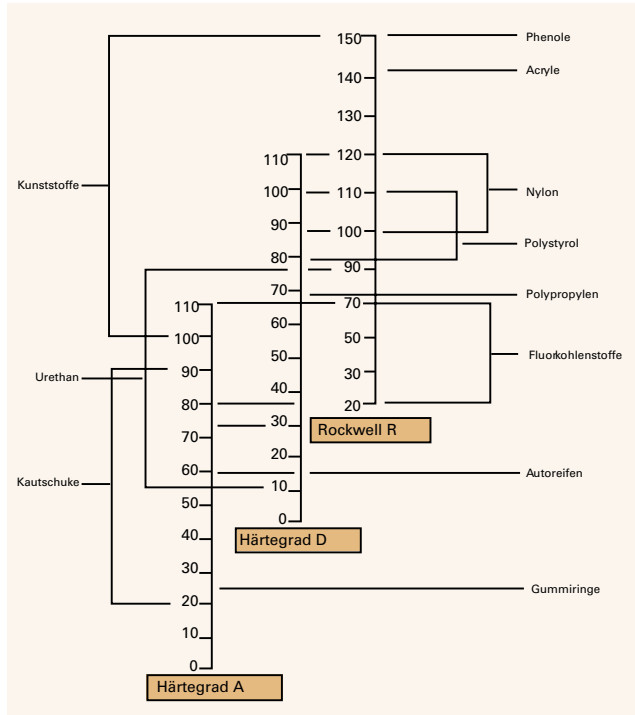


i Die Prüfflächen müssen einen Durchmesser von ≥ 35 mm aufweisen und glatt bzw. eben sein.

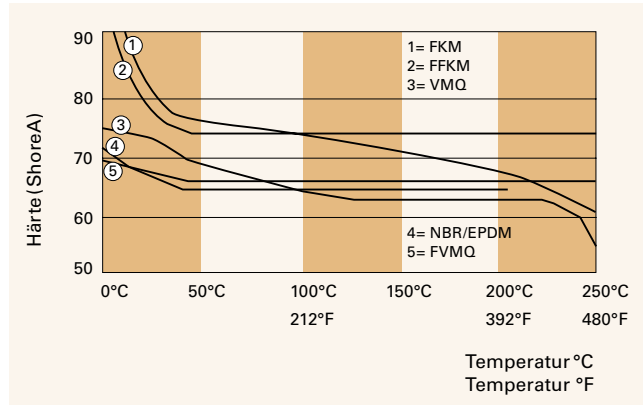
Quelle: ERIKS group nv - Technisches Handbuch

AUSLEGUNG VON ELASTOMEREN DICHTUNGEN

Härtebereich Kautschuke/Kunststoffe



Härte im Vergleich zur Temperatur



Zugspannung/-dehnung

Die Zugfestigkeit ist die maximale Spannung, die bei der Dehnung eines Teststückes (entweder ein O-Ring oder ein hantelförmiger Streifen) erreicht wird. Reißdehnung: Die Dehnung oder Reißdehnung ist die Summe der Ausdehnung zum Augenblick des Reißens.

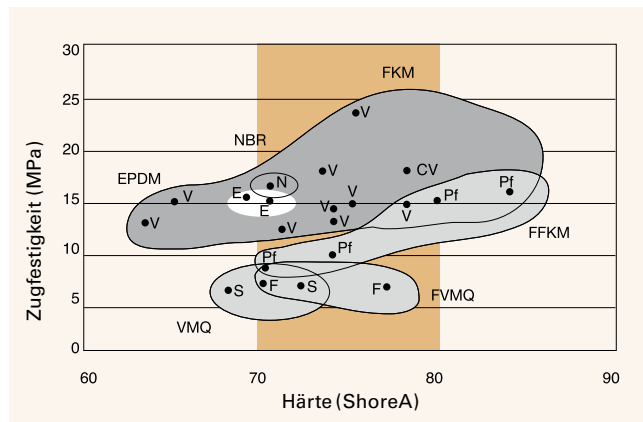
Modul: (auch genannt „Modul 100“) Ist die Kraft, die zum Erreichen einer bestimmten Dehnung benötigt wird. Im Falle von Modul 100 wäre dies die notwendige Kraft, ein Muster um 100% zu dehnen.

Bei Elastomeren ist die notwendige Spannung nicht linear mit der Dehnung.

Dadurch ist der Modul weder ein Quotient, noch eine konstante Steigung dieser - sondern vielmehr eine Kennzeichnung eines spezifischen Punkts auf der „Spannungs-Dehnungs-Kurve“. Zugprüfungen werden für die Kontrolle der Produktqualität genutzt sowie für die Beurteilung der Einwirkung von chemischen und thermischen Einflüssen auf ein Elastomer. Im letzten Fall ist die Beibehaltung seiner physikalischen Eigenschaften oft bedeutender, als die absoluten Werte seiner maximalen Zugspannung, der Reißdehnung oder dem Modul.

Weiterreißfestigkeit

Die Weiterreißfestigkeit oder der Weiterreißwiderstand ist bei den meisten Elastomeren relativ gering. Dieser Test misst die notwendige Kraft um eine Kerbe oder eben Schnitt fortzuführen. Dichtungswerkstoffe mit einer schwachen Weiterreißfestigkeit versagen schnell unter weiterer Beanspruchung sobald ein Riss entsteht. Eine geringe Weiterreißfestigkeit eines Compounds ist darüber hinaus Hinweis für eine schlechte Abriebsbeständigkeit, welche wiederum zu einem frühzeitigen Versagen eines O-Rings im dynamischen Einsatz führen kann.



Quelle: ERIKS group nv - Technisches Handbuch

Fortsetzung →

AUSLEGUNG VON ELASTOMEREN DICHTUNGEN

Volumenänderung

Die Volumenänderung ist die Zu- oder Abnahme des Volumens eines Elastomers, nachdem es mit einem Medium im Kontakt war. Sie wird als Prozentsatz benannt. Zunahme durch Quellung oder Abnahme durch Schrumpfung des Volumens geht nahezu immer mit einer Änderung des Gewichts einher.

Eine Volumenguellung wird durch die Aufnahme eines gasförmigen oder flüssigen Mediums vom O-Ring verursacht. In statischen Anwendungen kann manchmal enger eine extreme Volumenquellung toleriert werden.

Tatsächlich kann ein O-Ring nur bis zu einer 100%igen Füllung der Nut aufquellen, so daß keine weitere Zunahme des Volumens möglich ist. Gleichgültig, wie viel Volumenquellung in einem Tauchversuch festgestellt wurde. Wenn die Quellung im freien Zustand 50 Prozent übersteigt, kann jedoch eine radial verpresste Baugruppe aufgrund der entstandenen Reibung nahezu unmöglich auseinander zu bauen sein.

Chemische Beständigkeit

Der „Chemical Resistance Guide“ der Firma DuPont Performance Elastomers ist als Unterstützung für den Nutzer gedacht die Einsetzbarkeit einer Vielzahl von Elastomeren in vielen verschiedenen Chemikalien zu bestimmen.

Die darin enthaltenen Bewertungen basieren auf einer Kombination aus veröffentlichter Literaturangaben, Laboruntersuchungen, tatsächlichen Praxiserfahrungen und Expertenschätzungen.

ERIKS verwendet den DuPont Performance Elastomers Chemical Resistance Guide.

Hinweis: die Volumenquellung ist nur ein Indikator zur Bestimmung der chemischen Beständigkeit von Elastomeren und basiert nur allein auf die Einflussgröße „Löslichkeit“.

Ein chemischer Angriff auf die Polymerkette kann sich auch durch eine Änderung der physikalischen Eigenschaften, wie der Zugfestigkeit Reißdehnung oder Härte auszeichnen.

In dynamischen Anwendungen ist eine Volumenquellung von bis zu 15 oder 20 Prozent für gewöhnlich akzeptabel. Höhere Verpressungen führen allerdings zu einer starken Zunahme der Reibung und einer Abnahme der Belastbarkeit und des Abriebwiderstandes bis zu dem Punkt, an dem der Gebrauch eines bestimmten Werkstoffes unmöglich wird.

Volumenschrumpfung wird oft von Medien verursacht, die Weichmacher aus dem elastomeren Compound entziehen. Eine Volumenabnahme wird üblicherweise von einer Zunahme der Härte begleitet. Genauso wie eine Quellung den Druckverformungsrest ausgleicht, intensiviert eine Volumenschrumpfung den Effekt des Druckverformungsrests. Dies bewirkt ein Wegziehen des O-Ringes von den abzudichtenden Oberflächen - Leckageweg entsteht. Es ist daher offensichtlich, dass ein chemisches Schrumpfen weitaus kritischer zu betrachten ist, als chemische Quellung. Mehr als 3 oder 4 Prozent Schrumpfung kann ein ernsthaftes Problem für dynamische O-Ring-Abdichtungen sein.

Erhöhte Temperaturen oder eine ausgedehntere Einwirkungsdauer können aggressivere Bedingungen erzeugen. In einigen Fällen können spezielle Compounds der gleichen Werkstofffamilie bessere Beständigkeiten in bestimmten Anwendungen aufweisen als andere. Sprechen Sie uns bei weiteren Fragen an oder ziehen Sie den Chemical Resistance Guide von DuPont Performance Elastomers im Internet zu Rate - dort finden Sie die neuesten Informationen.

Elastomere können in chemischen Umgebungen quellen und/oder sich verschlechtern. Dies geschieht durch Reaktionen mit der Polymerkette und dem Vernetzungssystem oder durch Reaktionen mit den Füllstoffen.

In der Halbleiterindustrie kann diese Verschlechterung durch eine erhöhte Verunreinigung und verringerter Standzeit der Dichtung beobachtet werden.

Bewertungssystem der chemischen Beständigkeit			
Beschreibung			
Bewertung	Beschreibung	Volumen-Änderung	Bemerkungen
A	geringer oder kein Einfluss	<10%	Das Elastomer kann eine geringe Quellung und/oder Verlust von physikalischen Eigenschaften unter harten Bedingungen aufweisen.
B	möglicher Verlust von physikalischen	10-20%	Das Elastomer kann eine Quellung zusätzlich zu einer Änderung der physikalischen Eigenschaften aufweisen. Für statische Anwendungen möglicherweise einsetzbar.
C	deutliche Änderung	20-40%	Das Elastomer weist eine deutliche Quellung und Änderung der physikalischen Eigenschaften auf. Einsetzbarkeit in den meisten Anwendungen fragwürdig.
U	exzessive Änderung	> 40%	Das Elastomer ist für den Betrieb nicht einsetzbar.

Quelle: ERIKS group nv - Technisches Handbuch

AUSLEGUNG VON ELASTOMEREN DICHTUNGEN

Thermische Einwirkungen

Jeder Kautschuk unterliegt der Alterung bei hohen Temperaturen. Die Volumenquellung sowie der Druckverformungsrest werden von der Hitze beeinflusst. Die erste Einwirkung von hoher Temperatur ist die, den Compound zu erweichen. Dies ist eine physikalische Veränderung, die wieder zurückgeht, sobald die Temperatur fällt. Bei Hochdruckanwendungen und steigenden Temperaturen kann der O-Ring durch dieses Erweichen dennoch beginnen, in den Dichtspalt zu fließen. Mit ansteigender Zeit bei erhöhter Temperatur treten chemische Veränderungen auf.

Thermische Ausdehnung

Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient ist der Quotient der Änderung der Länge pro °C oder °F in Bezug auf die ursprüngliche Länge bei 0°C beziehungsweise 0°F. Der volumetrische Ausdehnungskoeffizient von Festkörpern ist ungefähr drei Mal so hoch wie der lineare. Grob geschätzt besitzen Elastomere einen um das 10-fache höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als Stahl. Bei Fluor- und Perfluorelastomeren ist der thermische Ausdehnungskoeffizient sogar noch höher. Dies kann bei hohen Temperaturen, wenn die Nut nahezu gefüllt, oder bei tiefen Temperaturen, wenn dadurch die Verpressung besonders gering ist, ein kritischer Faktor sein. Ein Dichtungsversagen kann zur Leckage führen, wenn aufgrund tiefer Temperaturen eine zu geringen Verpressung erreicht wird.

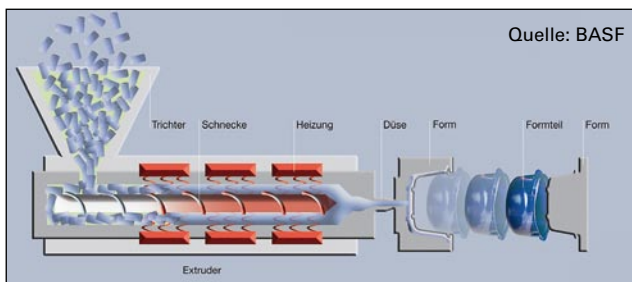
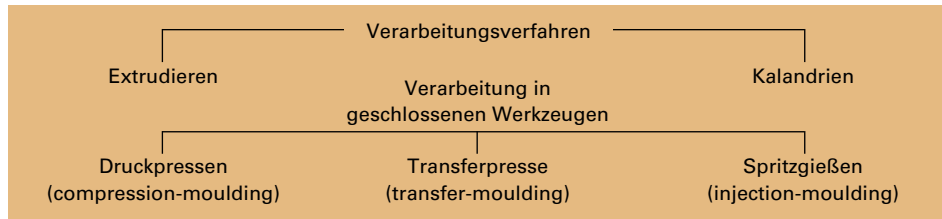
Dies führt im Allgemeinen zu einem Anstieg der Härte zusammen mit Änderungen des Volumens und des Druckverformungsrests sowie der Zugfestigkeit und Reißdehnung. Dadurch, dass diese Änderungen chemischer Natur sind, sind sie nicht reversibel. Änderungen, die durch tiefe Temperaturen hervorgerufen werden, sind hauptsächlich physikalischer Natur und daher reversibel. Ein Elastomer wird bei anschließender Erwärmung nahezu alle dessen ursprünglicher Eigenschaften zurückerhalten.

Es gibt bestimmte Reaktionen, die bei bestimmten Bedingungen den O-Ring dazu führen, hohe Kräfte gegen die Nutseiten auszuüben. Wenn die Dichtung die Nut zu 100% komplett ausfüllt, ist die herrschende Kraft durch die thermische Ausdehnung des Kautschuks bestimmt. Die Nut muss immer ausreichend groß sein, um die maximale Ausdehnung des O-Ringes auffangen zu können. Es gab Anwendungsfälle, bei denen Dichtungen aufgrund deren thermischen Ausdehnung der Stahlnuten zerrissen. Als Vorsorge sollte deshalb beachtet werden, dass in keinem FaN der Füllgrad einer Dichtungs-Nut mehr als 95% beträgt. Besonders bei der Auslegung von O-Ringnuten für Anwendungen über 150°C (300°F) sollte dies berücksichtigt werden. Bitte setzen Sie sich mit uns für die richtige Auslegung einer O-Ring-Nut in Verbindung.

Thermische Ausdehnung		
Werkstoff	Thermische Beständigkeit	x10 ⁻⁵ / °C
FKM	200°C / 392°F	16
NBR	120°C / 250°F	23
VMQ	230°C / 450°F	59-79
FFKM	300°C / 570°F	23
EPDM	150°C / 300°F	16
Rostfreier Stahl	--	1.04
Aluminium	--	1.3
PTFE	230°C / 450°F	5-8
KEL-F	280°C / 540°F	4-7
Polyimid	275°C / 530°F	5

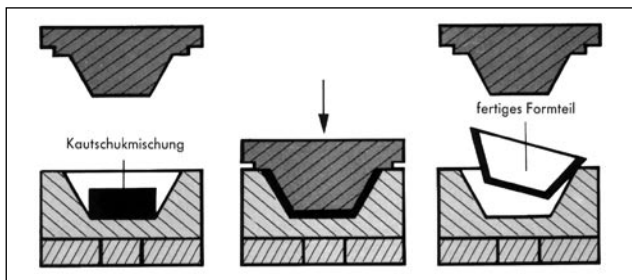
Quelle: ERIKS group nv - Technisches Handbuch

ELASTOMER-/TERMOPLASTVERARBEITUNG



1. Extrudieren

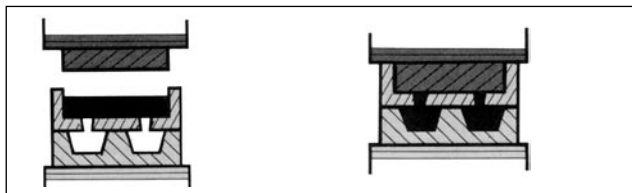
Ein Verfahren, das zur Herstellung endlos geformter Gummi-Stränge wie z.B. Schläuche, Profile oder Kabel dient. Die Kautschukmischung, die verarbeitet werden soll, wird in Form von Fütterstreifen oder als Granulat über einen Einfülltrichter in einen temperierten Zylinder eingeführt. Hier wird das Material durch eine sich drehende Schnecke plastiziert, erwärmt und homogenisiert. Durch den von der Schnecke aufgebauten Druck wird die Masse aus der Öffnung gepresst und erhält dabei ihre Form. Die extrudierten Stränge werden dann in einem kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Verfahren vulkanisiert.



2. Verarbeitung in geschlossenen Werkzeugen

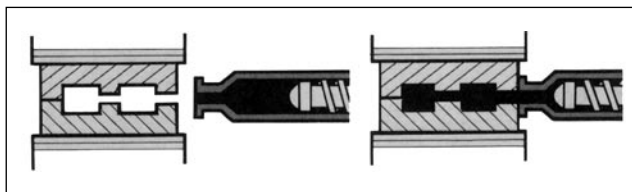
2.1. Druckpressen (compression-moulding)

Beim herkömmlichen Pressverfahren wird ein in Form und Gewicht vorbereiteter Mischungsrohling in das geöffnete Werkzeug gelegt und unter hohem Druck verpresst. Da das Material nur relativ kalt in das Werkzeug eingelegt werden kann, muss die zur Vulkanisation erforderliche Wärmemenge über die Werkzeugoberfläche zugeführt und solange aufrechterhalten werden, bis der gewünschte Vulkanisationsgrad erreicht ist. Der Nachteil dieser Fertigungsmethode ist neben den langen Zykluszeiten ein verhältnismäßig starker Austrieb, was hohen Materialbedarf und erhebliche Nachbearbeitung zur Folge hat.



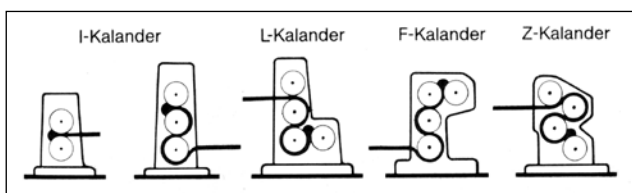
2.2. Transferpressen (transfer-moulding)

Beim Transferpressen wird die Kautschukmischung in einen, über oder unter der Werkzeugform angebrachten, Hohlraum gefüllt. Schließt man die Presse, so drückt ein Kolben die Mischung über Angusskanäle in die auf Vulkanisationstemperatur gehaltene Werkzeugform (Nest). Der erforderliche Druck ist hier höher als beim herkömmlichen Druckpressen.



2.3. Spritzgießverfahren (injection-moulding)

Das Spritzgießen von Kautschukmischungen erfolgt auf Kolben- und Schneckenspritzgussmaschinen. Die Schnecke knetet und durchmischt die unvulkanisierte Formmasse, die dabei plastiziert und homogen durchwärmt wird. Das warme Kautschukmaterial ermöglicht kürzere Vulkanisationszeiten. Da ein Austrieb weitgehend vermieden wird, spart man 10–20 % Material. Die Qualität der Artikel kann sich verbessern, weil die thermische Belastung beim kürzeren Vulkanisationsvorgang u.U. geringer ist und die gespritzten Produkte eine grössere Maßgenauigkeit haben.



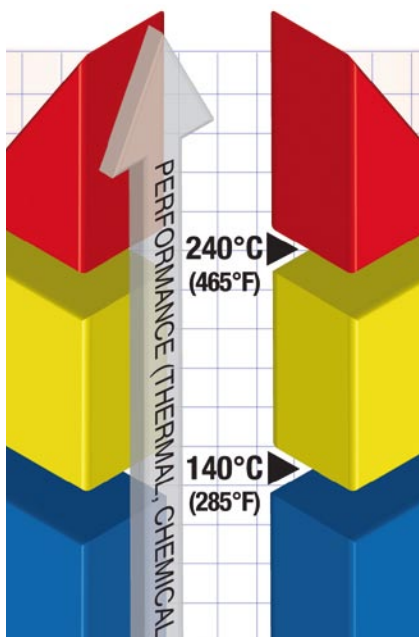
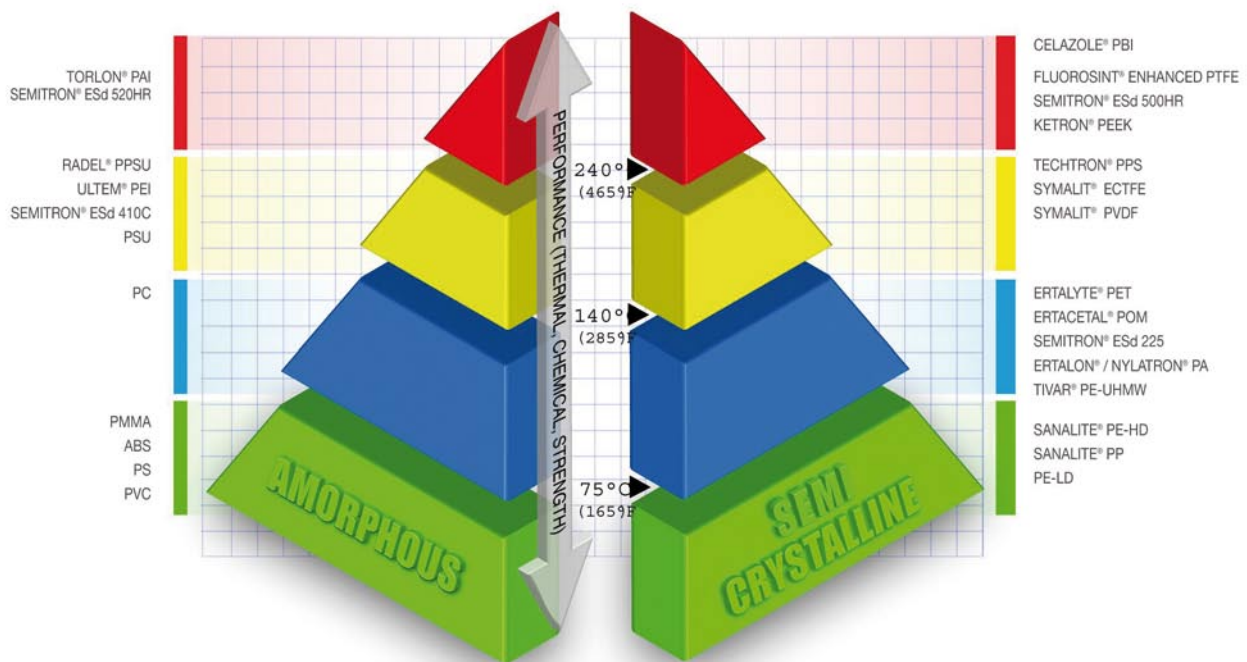
3. Kalandrieren

Kalender sind Walzwerke mit zwei oder mehr zylindrischen und konvexen Walzen. Sie dienen zum Auswalzen von Mischungen unter Druck und mäßiger Temperatur. In der Gummiindustrie setzt man Kalender, zum Ziehen von Platten, Streifen, Folienbahnen, zur Gummierung von Geweben und zum Doublieren von Folien oder Platten ein. Je nach Art der Walzenanordnung unterscheidet man I-, L-, F- oder Z-Form-Kalender.

KUNSTSTOFFE

Werkstoff-Leistungspyramide

Die Werkstoff-Leistungspyramide ordnet die gebräuchlichsten Thermoplaste nach ihrer thermischen Belastbarkeit. Unter diesen Werkstoffen sind verschiedene „Familien“ erkennbar, die alle in einer Vielfalt von Anwendungen einen hohen Gebrauchswert – „value-in-use“ – aufweisen.



Quelle: Quadrant PHS Deutschland GmbH

CELAZOLE® PBI und TORLON® PAI für Spitzenleistungen! Gekennzeichnet durch eine extreme Temperaturbeständigkeit (Dauergebrauchstemperaturen bis 310°C), erfüllen diese Materialien immer noch ihre Funktion, wo andere bereits versagen würden. CELAZOLE PBI und TORLON PAI kommen sowohl für strukturelle Konstruktionselemente als auch für Gleitelemente und Verschleißteile zum Einsatz. SEMITRON® ESd 520HR ist ein antistatischer Kunststoff aus Polyamidimid.

Teilkristalline „Advanced Engineering“ Materialien wie KETRON®PEEK, TECHTRON®HPV PPS, FLUOROSINT® und SYMALIT® PVDF kombinieren eine ausgezeichnete Chemikalienbeständigkeit mit vorzüglichen mechanischen Eigenschaften, auch bei hohen Temperaturen. Diese Werkstoffe eignen sich sowohl für strukturelle Konstruktionselemente als auch für Gleitelemente und Verschleißteile.

SEMITRON®ESd 225 ist ein statisch ableitender Polyacetal-Typ und SEMITRON ESd 500HR ist ein statisch ableitender und verstärkter PTFE-Typ.

Amorphe „Advanced Engineering“ Materialien wie RADEL® PPSU, ULTEM® PEI und PSU behalten ihre mechanischen Eigenschaften in hervorragender Weise bis zur Glasübergangstemperatur bei und weisen ausgezeichnete elektrische Eigenschaften auf. Darüber hinaus bietet ihre Lebensmittelrechtlichkeit sowie Heißwasser- und Heißdampfbeständigkeit viele Möglichkeiten für den Einsatz als Konstruktionselemente und Bauteile in der Medizin-, Pharma- und Lebensmitteltechnik. SEMITRON ESd 410C ist ein statisch ableitender Polyetherimid-Typ.

KUNSTSTOFFE

Mechanische und thermische Kennwerte von Kunststoffen

Kunststoff	Dichte g/cm ³ ISO 1183	Mechanische Kennwerte			Thermische Kennwerte		
		Zugfestigkeit N/mm ² ISO 527	Reißdehnung % ISO 527	Zug-E-Modul MPa ISO 527	linearer Aus- dehnungskoeffizient K1 • 10 ⁶	Wärme- leitfähigkeit W/mk	spezifische Wärme kJ/kg K
PE-LD	0,914-0,928	8-23	300-1000	200-500	230-250	0,32-0,40	2,1-2,5
PE-HD	0,94-0,96	18-35	100-1000	700-1400	120-200	0,38-0,51	2,1-2,7
EVAC	0,92-0,95	10-20	600-900	7-120	160-200	0,35	2,3
IM	0,94	21-35	250-500	180-210	120	0,24	2,20
PVK	1,19	20-30	-	3500	-	0,29	-
PP	0,90-0,907	21-37	20-800	1100-1300	110-170	0,17-0,22	2,0
PB	0,905-0,920	30-38	250-280	250-350	150	0,20	1,8
PIB	0,91-0,93	2-6	>1000	-	120	0,12-0,20	-
PMP	0,83	25-28	13-22	1100-1500	117	0,17	2,18
PS	1,05	45-65	3-4	3200-3250	60-80	0,18	1,3
SAN	1,08	75	5	3600	80	0,18	1,3
SB	1,05	26-38	25-60	1800-2500	70	0,18	1,3
ABS	1,04-1,06	32-45	15-30	1300-2700	60-110	0,18	1,3
ASA	1,04	32	40	1100-2600	80-110	0,18	1,3
PVC-U	1,38-1,55	50-75	10-50	1000-3500	70-80	0,14-0,17	0,85-0,9
PVC-P	1,16-1,35	10-25	170-400	-	150-210	0,15	0,9-1,8
PTFE	2,15-2,20	25-36	350-550	410	120-250	0,25	1,0
PFEP	2,12-2,17	22-28	250-330	350	80	0,25	1,12
PCTFE	2,10-2,12	32-40	120-175	1050-2100	60	0,22	0,9
PETFE	1,7	35-54	400-500	1100	40	0,23	0,9
PMMA	1,17-1,20	50-77	2-10	1600-3600	70-90	0,18	1,47
POM	1,41-1,42	62-70	25-70	1600-3200	90-110	0,25-0,30	1,46
PA 6	1,13	70-85	200-300	1400	60-100	0,29	1,7
PA 66	1,14	77-84	150-300	2000	70-100	0,23	1,7
PA 11	1,04	56	500	1000	130	0,23	1,26
PA 12	1,02	56-65	300	1600	110	0,23	1,26
PA 6-3-T	1,12	70-84	70-150	2000	80	0,23	1,6
PA 612	1,06-1,07	-	-	450-2500	-	-	-
PA 46	1,1	-	-	1850-3300	-	-	-
PC	1,2	56-67	100-130	2100-2400	60-70	0,21	1,17
PET	1,37	47	50-300	3100	40-60	0,24	1,05
PBT	1,31	40	15	2000	60	0,21	1,30
PPE+PS	1,06	55-68	50-60	2500	60-70	0,23	1,40
PSU	1,24	50-100	25-30	2600-2750	54	0,28	1,30
PPS	1,34	75	3	3400	55	0,25	-
PES	1,37	85	30-80	2450	55	0,18	1,10
PAI	-	100	12	4600	36	0,26	-
PEI	1,27	105	60	3000	62	0,22	-
PI	1,43	75-100	-	3000-3200	50-60	0,29-0,35	-
PEEK	1,32	90	50	3600	47	0,25	-
CA	1,3	38()	3()	2200	120	0,22	1,6
CP	1,19-1,23	14-55	30-100	420-1500	110-130	0,21	1,7
CAB	1,18	26()	4()	1600	120	0,21	1,6
VF	1,1-1,45	85-100	-	-	-	-	-
PUR	1,05	70-80	3-6	4000	10-20	0,58	1,76
TPU	1,2	30-40	400-450	700	110-210	1,7	0,5
PF	1,4	25	0,4-0,8	4600-1200	10-50	0,35	1,30
UF	1,5	30	0,5-1,0	7000-10500	50-60	0,40	1,20
MF	1,5	30	0,6-0,9	4900-9100	50-60	0,50	1,20
UP	2,0	30	0,6-1,2	14000-20000	20-40	0,70	1,20
DAP	1,51-1,78	40-75	-	9800-15500	10-35	0,60	-
SI	1,8-1,9	28-46	-	6000-12000	20-50	0,3-0,4	0,8-0,9
PI	1,43	75-100	4-9	23000-28000	50-63	0,6-0,65	0,8
EP	1,9	30-40	4	21500	11-35	0,88	-

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007


KUNSTSTOFFE

Schweißbarkeit bei der Mischmaterial-Schweißung

	Ultraschall-schweißen	Heiz-element-schweißen	ABS	ASA	CA	EVAC	PA6	PA66	PC	PE-HD	PE-LD	PMMA	POM	PP	PPE + PS	PS	PS-HI	PBT	TPU	PVC-P	SAN	PC + PBTP	PC + ABS	PPS	LCP
ABS		+																							
ASA			+																						
CA				+																					
EVAC																									
PA6							(+)\+																		
PA66							(+)	(+)\+																	
PC																									
PE-HD																									
PE-LD																									
PMMA																									
POM																									
PP																									
PPE+PS																									
PS																									
PS-HI																									
PBT																									
TPU																									
PVC-P																									
SAN																									
PC+PBTP																									
PC+ABS																									
PPS																									
LCP																									

+: gute Verbindung, o: mögliche Verbindung,
 -: keine Verbindung, (): bedingt

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
 © Carl Hanser Verlag München, 2007

 Weitere Informationen zu physikalischen Eigenschaften und Bearbeitung von Kunststoffen finden Sie im Kapitel 13 ab Seite 104.

BEARBEITUNGSRICHTLINIEN VON KUNSTSTOFFEN

1. Spanabhebende Bearbeitung

Mit der zunehmenden Vielfalt von technischen Kunststoffen und den daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten öffnen sich für den Konstrukteur neue Horizonte, die ihm mit den üblichen Werkstoffen verschlossen blieben. Oft ist, neben den Werkstoffgrenzen, nur das Herstellverfahren als Grenze der gestalterischen Möglichkeiten zu sehen. Insbesondere dann, wenn großvolumige Konstruktionsteile aus Guss-Polyamiden und Polyacetal (POM) oder Polyethylenterephthalat (PET) benötigt werden, können Herstellverfahren wie z.B. Spritzguss nicht eingesetzt werden. Dies gilt ebenso für komplexe Funktionsträger, die eine allseitige Bearbeitung mit engen Toleranzen erfordern.

Hier hat sich die spanabhebende Herstellung als vorteilhaft erwiesen. Sowohl hochpräzise Funktionsträger als auch großvolumige Konstruktionsteile lassen sich in kleinen und mittleren Losgrößen besonders wirtschaftlich durch spanabhebende Bearbeitung herstellen.

Für die Herstellung von qualitativ hochwertigen Produkten sind bei der Auswahl von Maschinen und Werkzeugen sowie deren Einsatz einige spezifische Eigenschaften der Kunststoffe zu berücksichtigen.

1.1 Bearbeitungsmaschinen/-werkzeuge

Für die spanabhebende Bearbeitung sind keine besonderen Maschinen oder Verfahren notwendig. Es können die in der Holz- und Metallbearbeitung üblichen Maschinen mit Werkzeugen aus HSS (Hochleistungs-Schnellschnittstahl) oder Hartmetall-Werkzeuge verwendet werden. Lediglich für die Bearbeitung der Kunststoffe mit der Kreissäge empfiehlt sich grundsätzlich der Einsatz von hartmetallbestückten Sägeblättern.

Eine Besonderheit stellt die Gruppe der glasfaserverstärkten Kunststoffe dar. Eine Bearbeitung mit hartmetallbestückten Werkzeugen ist zwar möglich, jedoch können aufgrund der niedrigen Standzeiten der Werkzeuge nur schwer wirtschaftliche Ergebnisse erzielt werden. Hier empfiehlt sich die Verwendung von diamantbestückten Werkzeugen, die zwar wesentlich teurer als herkömmliche Werkzeuge sind, aber erheblich längere Standzeiten aufweisen.

1.2 Bearbeiten, Spannen und Maßhaltigkeit des Werkstücks

Kunststoffe haben im Vergleich zu metallischen Werkstoffen ein schlechtes Wärmeleitvermögen sowie einen niedrigen E-Modul. Durch unsachgemäße Bearbeitung kann es zu starker Erwärmung des Werkstücks und damit zu großer, wärmebedingter Ausdehnung kommen. Auch herstellbedingte Spannungen im Halbzeug können durch Zerspannungswärme frei werden. Hohe Spanndrücke und stumpfe Werkzeuge erzeugen Verformungen des Werkstücks während der Bearbeitung. Maß- und Formabweichungen über den Toleranzbereich hinaus sind die Konsequenz.

Zufriedenstellende Arbeitsergebnisse können also nur erzielt werden, wenn bei der Zerspannung von Kunststoffen einige werkstoffspezifische Richtlinien beachtet werden.

Im Einzelnen bedeutet das:

Es sollte spannungsarm getempertes Halbzeug verwendet werden. Es sollten möglichst hohe Schnittgeschwindigkeiten angestrebt werden.

- Eine optimale Spanabfuhr muss gewährleistet sein, damit ein Einziehen der Späne durch das Werkzeug vermieden wird.
- Die verwendeten Werkzeuge müssen absolut scharf geschliffene Schneiden aufweisen. Stumpfe Schneiden können zu starker Erwärmung führen, was Verzug und Wärmedehnung zur Folge haben kann.

- Es muss auf allseitig gleichmäßige Spanabnahme geachtet werden, um Verzug zu vermeiden.
- Die Spanndrücke dürfen nicht zu hoch sein, da sonst Deformationen des Werkstücks und Abdrücke der Spannwerkzeuge im Werkstück die Folge sind.
- Aufgrund der geringen Steifigkeit muss das Werkstück auf dem Maschinentisch ausreichend unterstützt werden und möglichst vollflächig aufliegen.
- Einwandfreie, hochwertige Oberflächen lassen sich nur durch vibrationsarmen Maschinenlauf realisieren.

Als besonders schwierig stellt sich die Herstellung von maßhaltigen Teilen dar, die ein hohes Zerspannungsvolumen oder eine ungleichmäßige Spanabnahme erfordern.

In beiden Fällen empfiehlt es sich, die Teile bis auf ein Restmaß vorzuarbeiten und dann zwischenzutempeln. Das und eine anschließende 24-stündige Zwischenlagerung gewährleisten, dass zerspannungsbedingte Wärmespannungen und Restspannungen des Halbzeugs weitgehend abgebaut werden. Danach können die Teile dann endbearbeitet werden.

Unter Beachtung dieser Richtlinien sind auch enge, kunststoffgerechte Toleranzen mit hoher Wiederholgenauigkeit ohne Schwierigkeiten realisierbar.

1.3 Kühlung während der Bearbeitung

Im Allgemeinen ist eine Kühlung während der Bearbeitung nicht unbedingt notwendig. Soll gekühlt werden, empfiehlt sich die Verwendung von Pressluft. Diese hat den Vorteil, dass neben dem Kühleffekt gleichzeitig der Span aus dem Arbeitsbereich entfernt wird und ein Einziehen des Spans in, bzw. ein Umlaufen des Spans um das Werkzeug, verhindert wird.

Handelsübliche Bohremulsionen und Schneidöle können ebenfalls zur Kühlung verwendet werden. Der Einsatz empfiehlt sich besonders dann, wenn tiefe Bohrungen eingebracht oder Gewinde geschnitten werden sollen. Außerdem lassen sich höhere Vorschübe und damit geringere Laufzeiten erzielen. Zu beachten ist jedoch, dass einige Kunststoffe von Bestandteilen der Bohremulsionen und Schneidöle angegriffen und irreversibel geschädigt werden können. Vor deren Verwendung empfiehlt sich daher, die Beständigkeit des Kunststoffs zu prüfen. Alternativ dazu können die Emulsions- oder Ölhersteller Informationen und Hinweise über bekannte Unverträglichkeiten mit Kunststoffen geben. Mit Emulsion oder Schneidöl benetzte Werkstücke sollten darüber hinaus nach der Bearbeitung sorgfältig gereinigt werden. Es ist darauf zu achten, eventuell anhaftende Rückstände restlos zu entfernen. So wird gewährleistet, dass etwaige Folgearbeitsgänge wie z.B. Verkleben oder Lackieren problemlos bleiben. Speziell bei Polyamiden wird verhindert, dass die Wasseranteile in der Emulsion zu Veränderungen der Bauteile durch Feuchteaufnahme führen.

BEARBEITUNGSRICHTLINIEN VON KUNSTSTOFFEN

2. Kennwerte für die einzelnen Bearbeitungsverfahren

2.1 Sägen

Kunststoffe können gleichermaßen mit der Band- oder Kreissäge gesägt werden. Die Auswahl richtet sich nach der Form des Halbzeugs. Der Einsatz einer Bandsäge bietet sich insbesondere bei der Verwendung einer „Auflagekehle“ (Prisma) für den Zuschnitt von Vollstäben und Rohren an und birgt den Vorteil, dass die entstehende Bearbeitungswärme durch das lange Sägeblatt gut abgeführt wird. Es muss jedoch auf eine ausreichende Schränkung des Blattes geachtet werden, damit ein Klemmen des Blattes verhindert wird.

Kreissägen kommen hingegen hauptsächlich für den Zuschnitt von Tafeln und Blöcken mit geraden Schnittkanten in Betracht. Hierbei ist zu beachten, dass mit ausreichenden Vorschüben gearbeitet wird, damit die Spanabfuhr gewährleistet ist und ein Klemmen des Sägeblatts sowie eine Überhitzung des Kunststoffes im Sägeschnitt verhindert wird. Die Tabelle 1 enthält Richtwerte für die Schneidengeometrie der Sägeblätter.

2.2 Fräsen

Die Fräsbearbeitung auf den üblichen Bearbeitungszentren ist unproblematisch. Mit hohen Schnittgeschwindigkeiten und unter mittleren Vorschüben lassen sich hohe Zerspanleistungen bei gleichzeitig guter Oberflächenqualität und Genauigkeit erzielen. Es ist darauf zu achten, dass Werkzeuge mit ausreichend großem Spanraum verwendet werden. Damit ist eine zuverlässige Spanabfuhr gewährleistet und es wird ein Wärmestau vermieden. Hinsichtlich der Schneidengeometrie empfehlen wir die in der Tabelle enthaltenen Werte.

2.3 Drehen

Da bei den meisten Kunststoffen ein Fließspan entsteht, ist auf eine besonders gute Abfuhr der Späne zu achten, da sich diese sonst einklemmen und mit dem Drehteil umlaufen. Des Weiteren ist aufgrund der geringeren Steifigkeit der Kunststoffe bei längeren Teilen die Gefahr des Durchhangs groß und deshalb die Verwendung einer Lünette ratsam. Für die Schneidengeometrie gelten die Werte der Tabelle.

2.4 Bohren

Bohrungen können mit einem handelsüblichen HSS-Bohrer hergestellt werden. Bei der Herstellung von tiefen Bohrungen ist darauf zu achten, dass für eine gute Spanabfuhr gesorgt ist, da es sonst an der Bohrungswand zur Erwärmung des Kunststoffes bis zur Schmelztemperatur kommen kann und der Bohrer „schmiert“. Dies gilt insbesondere für tiefe Bohrungen. Für Bohrungen in dünnwandige Werkstücke empfiehlt sich die Wahl einer hohen Schnittgeschwindigkeit und ggf. eines neutralen (0°) Spanwinkels. So wird ein Einhängen des Bohrers in das Werkstück und das damit verbundene Ausreißen der Bohrung bzw. Hochziehen des Werkstücks am Bohrer vermieden. In der Tabelle sind die empfohlenen Werte für die Bohrerschneidengeometrie dargestellt.

2.5 Bohren großer Durchmesser in Rundstababschnitten

Beim Bohren entstehen an den Bohrerschneiden, speziell bei hochkristallinen Werkstoffen wie PA 6 G hohe Temperaturen, die aufgrund der guten Isoliereigenschaften der Kunststoffe nicht ausreichend abgeführt werden können. Die Wärme führt zu einer inneren Dehnung des Werkstoffs, was Druckspannungen im Inneren des Stababschnitts hervorruft.

Diese können so hoch werden, dass es zum Reißen und Auseinanderplatzen des Rohlings kommt. Dies kann durch werkstoffgerechte Bearbeitung weitgehend vermieden werden.

Es empfiehlt sich, eine Vorbohrung anzubringen und die Fertigbearbeitung mit einem Innendrehmeißel auszuführen.

Vorbohrungen sollten dabei im Durchmesser nicht größer als 35 mm sein. Bohrungen in langen Stababschnitten dürfen dabei nur von einer Seite her eingebracht werden, da sich sonst beim Aufeinandertreffen der Bohrungen in der Mitte des Rohlings ein ungünstiges Spannungsverhältnis ergibt, welches das Reißen des Stababschnitts begünstigt. In extremen Fällen kann es notwendig sein, den Rohling auf ca. 120 – 150 °C zu erwärmen und die Vorbohrung in diesem Zustand anzubringen.

Die Fertigbearbeitung kann dann nach dem vollständigen Abkühlen und Erreichen eines gleichmäßigen Temperaturniveaus innerhalb des Rohlings erfolgen.

2.6 Hinweise zu verstärkten und gefüllten Kunststoffen

Kunststoffe, die durch Glasfasern, Kohlefasern, Glaskugeln, Mineralstoffe oder andere Stoffe verstärkt oder gefüllt sind, weisen gegenüber nicht verstärkten oder ungefüllten Kunststoffen ein höheres Restspannungsniveau auf. Durch die Verstärkungs- und Füllstoffe werden die Produkte zudem härter und spröder und die Schlagzähigkeit nimmt ab. Das macht diese Produkte besonders rissempfindlich. Während der Zerspannung können die Restspannungen freigesetzt werden, was sich durch starken Verzug bis hin zur Rissbildung und vollständigem Bruch bemerkbar machen kann. Bei der Be- und Verarbeitung sollten daher folgende Hinweise berücksichtigt werden:

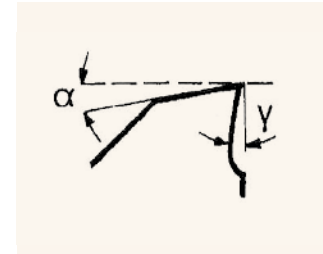
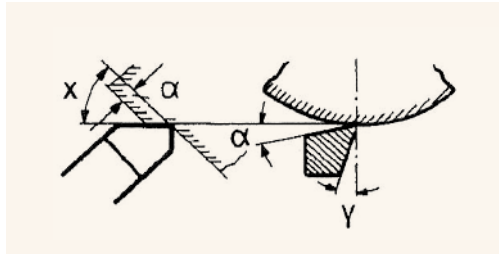
- Die Halbzeuge sollten nach Möglichkeit vor dem Bohren oder Sägen auf ca. 120 °C erwärmt werden. (Zeit-Richtwert: ca. 5 - 6 min pro mm Querschnitt)
- Für die Bearbeitung sollten mindestens hartmetallbestückte, besser jedoch diamantbeschichtete Werkzeuge verwendet werden.
- Beim Spannen und Fixieren auf Verzugfreiheit achten bzw. das Material möglichst geringen Biege-, Zug- oder Druckkräften aussetzen.

Werden die vorstehenden Bearbeitungsrichtlinien beachtet, ist die Herstellung komplexer Produkte aus technischen Kunststoffen mit spangebenden Verfahren auch bei höchsten Qualitätsanforderungen an Genauigkeit und Funktionalität ohne Weiteres möglich.

Quelle: Licharz GmbH

BEARBEITUNGSRICHTLINIEN VON KUNSTSTOFFEN

	Drehen	Fräsen
--	--------	--------



α Freiwinkel $(^\circ)$
 γ Spanwinkel $(^\circ)$
 χ Einstechwinkel $(^\circ)$
 v Schnittgeschwindigkeit m/min
 s Vorschub mm/U
 Der Spitzenradius r soll mind. 0,5 mm betragen

α Freiwinkel $(^\circ)$
 γ Spanwinkel $(^\circ)$
 v Schnittgeschw. m/min
 Der Vorschub (s) kann bis
 0,5 mm/Zahn betragen

	α	γ	χ	v	s	α	γ	V
PVC	8 - 10	0 - 5	50 - 60	200 - 750	0,3 - 0,5	5 - 10	0 - 15	300 - 1000
PP /PE-HD	6 - 10	0 - 5	45 - 60	250 - 500	0,1 - 0,5	10 - 20	5 - 15	250 - 500
ABS	5 - 15	25 - 30	15	200 - 500	0,2 - 0,5	5 - 10	0 - 10	300 - 500
PMMA	5 - 10	0 - 4	15	200 - 300	0,1 - 0,2	2 - 10	2 - 10	2000
PC /PPE	5 - 12	6 - 8	45 - 60	200 - 350	0,1 - 0,5	5 - 20	5 - 15	250 - 350
PA	6 - 10	0 - 5	45 - 60	200 - 500	0,1 - 0,4	10 - 20	5 - 15	250 - 500
POM	6 - 8	0 - 5	45 - 60	300 - 600	0,1 - 0,4	5 - 15	5 - 15	250 - 500
PET	5 - 15	0 - 15	45 - 60	200 - 500	0,1 - 0,5	5 - 15	0 - 15	250 - 500
PVDF	5 - 12	5 - 15	10	150 - 500	0,1 - 0,3	5 - 15	5 - 15	250 - 500
E-CTFE	6 - 10	0 - 5	45 - 60	250 - 500	0,1 - 0,5	10 - 20	5 - 15	250 - 500
PSU / PPSU	5 - 10	0 - 5	45 - 60	250 - 400	0,2 - 0,3	5 - 15	0 - 10	250 - 500
PEI	5 - 10	0 - 10	45 - 60	300 - 400	0,2 - 0,3	5 - 15	0 - 10	200 - 400
PPS	5 - 10	0 - 5	45 - 60	200 - 500	0,1 - 0,5	5 - 15	5 - 10	200 - 500
PEEK	5 - 10	3 - 8	45 - 60	200 - 500	0,1 - 0,4	5 - 15	5 - 15	180 - 450
GF mod	6 - 8	2 - 8	45 - 60	150 - 200	0,1 - 0,5	15 - 30	6 - 10	80 - 100
PTFE	5 - 10	0 - 5	0 - 45	200 - 500	0,05 - 0,5	10 - 15	15 - 20	bis 600
PSU	5 - 10	0 - 5	0 - 45	150 - 400	0,1 - 0,3	10 - 20	5 - 15	bis 400
Verstärkte Werkstoffe	6 - 8	2 - 8	45 - 60	150 - 200	0,1 - 0,5	15 - 30	5 - 10	bis 100

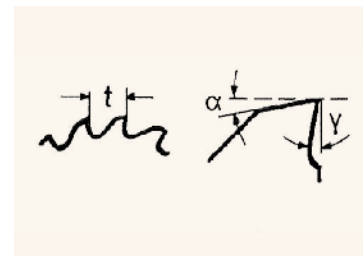
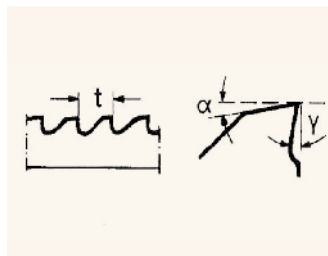
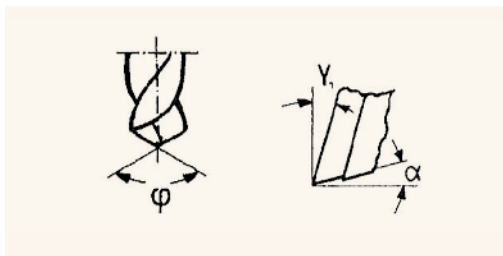
 Aufgrund der Gefahr der Spannungsrissentstehung empfehlen wir bei einer Flüssigkeitskühlung keine Ölhaltigen Kühlmittel zu verwenden (oder zumindest danach gut zu säubern). Amorphe Materialien sollten zwischengetempert werden.

 Um Bearbeitungsprobleme zu vermeiden empfehlen wir eine Erwärmung der Werkstoffe auf ca. 120 °C. Zudem sollten nur frisch geschärfte Werkzeuge bei kleinem Vorschub verwendet werden.

 Bei diesen Werkstoffen sollte auf eine gute Be- und Entlüftung der Arbeitsstelle geachtet werden.

Verwendet werden meist HSS- und/oder Hartmetall-Werkzeuge, die möglichst scharf geschliffen sein sollten.

Bohren	Band-Säge	Kreis-Säge
--------	-----------	------------



α Freiwinkel $(^\circ)$
 γ Spanwinkel $(^\circ)$
 χ Einstechwinkel $(^\circ)$
 v Schnittgeschwindigkeit m/min
 s Vorschub mm/U
 Der Drallwinkel β des Bohrers soll
 ca. 12° bis 16° betragen

α Freiwinkel $(^\circ)$
 γ Spanwinkel $(^\circ)$
 v Schnittgeschw. m/min
 t Zahnteilung mm

α Freiwinkel $(^\circ)$
 γ Spanwinkel $(^\circ)$
 v Schnittgeschw. m/min
 t Zahnteilung mm

	α	γ	φ	V	s	α	γ	v	t	α	γ	v	t
	5-10	3-5	60 - 100	30 - 120	0,1 - 0,5	30 - 40	0 - 5	1200	3	5 - 10	0 - 5	3000 - 4000	3 - 5
	5-15	10 - 20	60 - 90	50 - 150	0,1 - 0,3	20 - 30	2 - 5	500	3 - 8	20 - 30	6 - 10	2000	3 - 8
	8-12	10 - 30	60 - 90	50 - 200	0,2 - 0,3	15 - 30	0 - 5	300	2 - 8	5 - 10	0 - 5	1000	2 - 5
	3 - 8	0 - 4	60 - 90	20 - 60	0,1 - 0,5	30 - 40	0 - 5	1200	3	5 - 10	0 - 5	1500 - 2000	3 - 5
	8 - 10	10 - 20	90	50 - 100	0,1 - 0,3	15 - 30	5 - 8	300 - 500	2 - 8	15 - 30	5 - 8	1800 - 2500	2 - 8
	5 - 15	10 - 25	90	50 - 150	0,1 - 0,3	15 - 30	0 - 5	300 - 500	2 - 8	15 - 30	0 - 8	1800 - 2500	2 - 8
	5 - 10	5 - 30	90	50 - 200	0,1 - 0,3	20 - 30	0 - 5	500 - 800	2 - 5	5 - 10	0 - 10	1000 - 2500	2 - 5
	5 - 16	10 - 30	90 - 110	50 - 100	0,1 - 0,3	15 - 40	0 - 8	300	2 - 8	10 - 15	0 - 15	1000 - 3000	2 - 5
	10 - 16	5-20	110 - 130	150 - 300	0,1 - 0,3	20 - 30	5 - 8	300 - 500	2 - 5	5 - 10	0 - 10	1000 - 2500	2 - 5
	5 - 15	10 - 20	60 - 90	50 - 150	0,1 - 0,3	20 - 30	2 - 8	500	3 - 8	20 - 30	6 - 10	2000	3 - 8
	5 - 15	10 - 20	60 - 90	30 - 90	0,1 - 0,3	15 - 30	0 - 4	500	2 - 5	15 - 30	0 - 15	2000	2 - 5
	5 - 15	10 - 20	60 - 90	30 - 90	0,1 - 0,4	15 - 30	0 - 4	500	2 - 5	15 - 25	0 - 15	2000	2 - 5
	5 - 10	10 - 30	90	50 - 200	0,1 - 0,3	15 - 30	0 - 5	500 - 800	3 - 5	15 - 30	0 - 10	1800 - 2500	2 - 5
	5 - 15	10 - 25	90 - 120	70 - 200	0,1 - 0,3	15 - 30	0 - 5	500 - 800	3 - 5	15 - 30	0 - 10	1800 - 2500	2 - 5
	6	5 - 10	90 - 120	80 - 100	0,1 - 0,3	15 - 30	10 - 15	200 - 300	3 - 5	15 - 30	10 - 15	500 - 1500	3 - 5
	10 - 15	5 - 20	110 - 130	100 - 300	0,1 - 0,3	10 - 30	0 - 4	300 - 500	2 - 5	10 - 15	0 - 15	1800 - 2000	2 - 8
	8 - 15	10 - 20	60 - 90	50 - 100	0,1 - 0,4	10 - 30	0 - 4	300 - 500	2 - 5	10 - 15	0 - 15	1800 - 2000	2 - 8
	5 - 10	5 - 10	110 - 120	80 - 100	0,1 - 0,3	15 - 30	10 - 15	200 - 300	3 - 5	15 - 30	15 - 30	500 - 1500	2 - 8

Quelle: GEHR Kunststoffwerk Vertriebsgesellschaft mbH Licharz GmbH

Weitere Informationen zu physikalischen Eigenschaften und Bearbeitung von Kunststoffen finden Sie im Kapitel 13 ab Seite 104.

GEGENÜBERSTELLUNG DER BEARBEITUNGSTECHNOLOGIEN

Tabelle nach G. Spur und St. Liebelt

	Zerteilen			Spanen		Abtragen	
	Schneiden	Stanzen	Bohren	Fräsen	Wasserstrahl	Laserstrahl	
Mechanische Belastung	gering	mittel	mittel-hoch	mittel	gering	sehr gering	
Schadstoffentwicklung in der Luft	gering	gering (Fasern)	mittel	hoch (Staub, Fasern)	gering (leichte Aerosolbildung)	sehr hoch (Rauch, Gase)	
Geräuschentwicklung	gering	mittel - hoch	hoch	sehr hoch	hoch - sehr hoch	gering	
Schnittfugenbreite	-	-	-	mittel (Werkzeug)	gering	gering	
Engste Radien	-	-	-	Werkzeughdurchmesser	0,5, bis 1 mm	0,5 mm	
Symmetrie der Schnittkante	keine Formhaltigkeit	parallel/konkav zur Stanzrichtung	senkrecht zur Werkzeugachse	senkrecht zur Werkzeugachse, leichte Aufweitung	parallel zur Strahlrichtung, leichte Aufweitung	parallel zur Strahlrichtung	
Werkzeugverschleiß	mittel	mittel - hoch	hoch	hoch	gering	sehr gering	
Vorschubschneidgeschwindigkeit	-	-	0,2 m/min	6 m/min	1 bis 5 m/min (reiner Hochdruck)	7 bis 15 m/min (1500W)	
Oberflächenrauigkeit Rz	40 µm	-	-	bis 10 µm	bis 4 µm (abrasiv) 50 µm (Hochdruck)	40 µm	
Flexibilität	hoch	gering	hoch	hoch	hoch	hoch	
Personalanforderung	gering	gering	mittel	hoch	hoch	hoch	



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON KUNSTSTOFFEN

Zur Oberflächenbehandlung/-gestaltung gehören auch Verfahren, die im Herstellungsprozess von Formteilen und Halbzeugen integriert sind (s. Kunststoff-Taschenbuch, Hanser Verlag). An dieser Stelle sollen Verfahren aufgeführt werden, die nach der Urformung zum Einsatz kommen.

1 Vorbehandlung der Oberfläche

VDI/VDE 2421 Kunststoffoberflächenbehandlung in der Feintechnik, Übersicht und Blatt 1 Mechanische Bearbeitung, Blatt 2 Metallisieren, Blatt 3 Lackieren, Blatt 4 Bedrucken und Heißprägen. s.a. VDI 2533 u. VDI 2537.

Um die Oberflächen von Kunststoffherzeugnissen haftfest beschichten, lackieren oder kleben zu können, sind Vorbehandlungen zur Beseitigung von Oberflächenfehlstellen oder Verunreinigungen aus dem Herstellungsprozess oder der Umgebung erforderlich. Schwer benetzbare Oberflächen von Polyolefinen, Fluorkunststoffen oder Polyacetaten müssen für das Verkleben, Lackieren, Bedrucken oder Metallisieren durch chemische Reaktionen „aktiviert“ werden.

Die erforderliche chemische Reaktivität der Verfahren stellt zugleich eine potentielle Emissionsquelle für toxische Stoffe dar. Bei den nasschemischen Verfahren ist darüber hinaus zu beachten, dass zusätzliche Kosten für die Entsorgung der benutzten Ätzchemikalien anfallen. Vor diesem Hintergrund haben die plasmabasierten Verfahren in den letzten Jahren eine wachsende Bedeutung erlangt.

Zur Reinigung und chemischen Aktivierung stehen folgende Verfahren zur Verfügung:

1.1 Nasschemische Verfahren

- Die nasschemische Behandlung erfolgt in Beizbädern (z.B. für PE, PP: wässrige Chromschwefelsäure, 70°C für PTFE, Naphthalin, Natrium in Tetrahydrofuran. 20°C; für POM: 85% Phosphorsäure). Dabei wird die Oberfläche des Kunststoffes in der Regel oxidiert.
- Eine der nasschemischen Behandlung verwandte Oberflächenaktivierung ist das Printern mit verdünnten Klebstofflösungen, Ätz- oder Halogenisierungsmittel: PVC-U mit 1-K-PUR-Klebstoff: PP mit Cyanacrylat.

1.2 Gasphasenbehandlung

Bei der Gasphasenfluorierung wirkt ein Gas bestehend aus N₂ und 0,1 bis 10 Vol c F, über einen Zeitraum von 10 s bis 10 min auf die zu behandelnde Oberfläche ein. Hierbei wird H im Kunststoff durch F ersetzt. Anwendungen bei Reaktionsklebung von PP, PP-GF, EPDM, PBT, PBT, PBT+ABS, PET, POM, PPS.

1.3 Flaminoxidieren

Durch kurzzeitige Erhitzung der Oberfläche mit einer oxidierenden Gasflamme auf 300 bis 400°C werden in die Oberfläche der Kunststoffe Sauerstoffverbindungen chemisch eingebaut. Dadurch wird die Oberfläche polar und kann gut benetzt werden. Das thermodynamische Ungleichgewicht an der Oberfläche baut sich durch molekulare Bewegungen ab (die Sauerstoffgruppen werden teilweise aus der Oberfläche in der Werkstoff hineingedreht), daher ist die Aktivierung der Oberfläche nicht dauerhaft wirksam. Wird die Aktivierung jedoch unmittelbar genutzt (etwa durch eine Lackierung) so bleibt der polare Ankopplungsmechanismus dauerhaft erhalten.

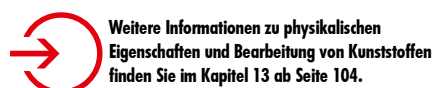
1.4 Strahlenbehandlung

Als Energiequelle zur Einleitung der Oxidationsreaktion eignen sich auch UV-Strahlen. Durch die Behandlung mit einem mit einem UV-Laser können die aktivierten Bereiche lokal genau eingegrenzt werden.

1.5 Coronabehandlung

Zwischen zwei Hochspannungselektroden und einem Dielektrikum wird eine Coronaentladung erzeugt. Üblich sind Spannungen von 5 bis 10 kV bei einer Frequenz von 6 bis 100 kHz. Durch die Coronaentladung entsteht ein reaktives Plasma, das zur Reinigung und Aktivierung der Kunststoffoberfläche von dünnwandigen Produkten wie z.B. Folien genutzt wird.

Fortsetzung →



OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON KUNSTSTOFFEN

1.6 Plasmabehandlung

Mit dem Begriff Plasma wird der vierte Aggregatzustand der Materie bezeichnet. Der Begriff „Plasma“ wurde zuerst eingeführt von Langmuir, der 1926 damit ionisierte Gase beschrieb. Inzwischen wird der Begriff auch zur Beschreibung von Materie genutzt, deren Eigenschaften im Wesentlichen durch die Existenz von elektrisch geladenen Teilchen bestimmt ist. Eine Definition des Begriffs Plasma als vierter Aggregatzustand ist beispielsweise dadurch gerechtfertigt, dass sich Materie bei Temperaturen von einigen tausend Kelvin grundsätzlich im Zustand eines Plasmas befindet.

Ein Gas lässt sich durch Einwirkung elektromagnetischer Felder zu einem Plasma anregen. Dabei absorbieren vornehmlich die geladenen Teilchen des Gases Energie aus dem elektromagnetischen Feld. Bei hohen Frequenzen des elektromagnetischen Feldes erfolgt die Energieabsorption vor allem durch die leichten Elektronen. Die Ionen nehmen aufgrund ihres bedeutend kleineren Verhältnisses aus Ladung zu Masse erheblich geringere Energie durch das externe Feld auf. Die Elektronen können auch durch inelastische Stöße Energie auf die schweren Teilchen übertragen. Das Maß dieses Energieübertrags wird u.a. durch die Anzahl von Stößen bzw. die mittlere freie Weglänge der Elektronen bestimmt, wobei die Dichte des Gases eine maßgebliche Bedeutung hat. Durch Reduktion des Gasdrucks kann demzufolge eine geringere Stoßwahrscheinlichkeit erreicht werden. Dies hat zur Folge, dass die durch das äußere Feld an thermischer Energie reichen Elektronen nur noch wenig mit den schweren Teilchen des Plasmas wechselwirken. Dadurch wird ein Zustand erreicht, in dem sich ein heißes Elektronengas in einem kalten Gas von Ionen, Molekül(-ion)-en und Neutralteilchen befindet, wobei die schweren Teilchen des Plasmas den überwiegenden Teil der Wärmekapazität tragen. Das Plasma befindet sich in diesem Zustand nicht im Thermodynamischen Gleichgewicht: man spricht von einem „kalten Plasma“.

Solche Plasmen kombinieren also die hohe Reaktivität mit einer geringeren Temperatur. Daher eignen sie sich vorzüglich zur Behandlung von Kunststoffoberflächen. Unterschieden werden zwischen der Niederdruck-Plasmabehandlung und der Atmosphärendruck-Plasmabehandlung.

Die Niederdruck-Plasmabehandlung erfolgt in zylindrischen Prozesskammern. In diesen diskontinuierlichen arbeitenden Anlagen wird nach dem Evakuieren auf 0,1 bis 10 mbar das elektromagnetische Feld mit einer Frequenz im GHz-Bereich aufgebaut und so das Plasma gezündet. Durch die Einwirkung des Plasmas auf den Kunststoffoberflächen kommt es zur reinigenden und aktivierenden Wirkung.

Durch Zuführung von bestimmten Prozessgasen kann eine spezifische Reinigungs- und Aktivierungswirkung eingestellt werden (O₂, N₂, F, Edelgase).

Die Zyklen dauern typischerweise nur einige Minuten, so dass trotz erheblicher Anlagekosten das Verfahren bezogen auf die Stückkosten wirtschaftlichen Arbeiten die Formteile können je nach Energieeintrag im Plasmareaktor 60 bis 100°C warm werden. In den letzten Jahren wurde die Atmosphären-Plasmabehandlung neu entwickelt. Das Plasma wird in einem Werkzeug erzeugt und mit hoher Strömungsgeschwindigkeit ausgeblasen. Der wesentlich höhere Druck bewirkt ein schnelles Abklingen des Plasmas nach dem Düsenaustritt. Dennoch reicht der etwa 2 bis 5 cm lange Plasmastrahl aus, um eine lokale Oberflächenaktivierung zu erreichen. Gegenüber dem Niederdruckplasma besteht der Vorteil, dass bei Umgebungsatmosphäre, also ohne Prozesskammer gearbeitet werden kann. Durch Verfahren der Plasmadüse über die Oberfläche können große Bereiche schnell aktiviert werden.

1.7 Mechanische Vorbehandlung

Die mechanische Vorbehandlung großflächiger Teile mit porösen oder schwierigen Oberflächen durch Schleifen oder Strahlen ist arbeitsaufwendig zur Haftverbessernden Aufrauung sowie bei hohen Anforderungen an die Oberfläche lackierter Teile, z.B. „Class A“ im Fahrzeugbau, zuweilen unvermeidbar erforderlich. Treimittelteile werden durch Abwahlen mit Lösemitteln. In Spezialanlagen durch Lösemitteldampf oder Ultraschall-Reinigung im Lösemittel entfernt. Durch elektrostatische Aufladung angezogener Staub wird mit deionisierter Luft abgeblasen.

2 Polieren

Spanlos geformte Teile werden gelegentlich poliert, um Spuren des Entgrates oder des Angusses zu entfernen. Spanend gefertigte Formstücke häufig. Man arbeitet mit speziellen Schleif- und Glanzwachsen, von Hand mit Schwabbeln, besser gefalteten Polierlingen (Schleifen 15 bis 25 m/min., Polieren 25 bis 30 m/min., Glänzen ohne Poliermittel). Kleinteile werden getrommelt (je Arbeitsgang, 8 bis 12 h, 20 bis 25 U/min, 1/3 Füllung, davon 2 Teile Poliermittel-Würfel bzw. -Kugel auf 1 Teil Poliergut), auf hinreichend niedrige Temperaturen muss geachtet werden. Antistatische Entgratungs-Granulate und Poliermittel vermindern den lästigen Staub.

3 Lackieren

Hochwertige Kunststoffbauteile entsprechen oft nur dann spezifische Anforderungen an die Optik, Haptik, Licht- und Wetterbeständigkeit, wenn sie lackiert werden. Härte, Dehn- und Temperaturverhalten von Lackschichten müssen auf das Verhalten des Grundkörper-Werkstoffs abgestimmt sein. Zu harte Lackierung kann die Schlagzähigkeit eines Kunststoff-Bauteils empfindlich herabsetzen. Die Kosten für die Lackierung erreichen oft die gleiche Größenordnung wie die der Herstellung der Kunststoffteile. Auch muss beachtet werden, ob das Kunststoffteil den Beanspruchungen bei der Lackierung stand hält (Temperatur, Lösungsmittel). Lackieren von Strukturschaumstoff- und GFK-Fonnteilen mit Reaktionsharzlacken erfordert meist Oberflächenvorbereitungen durch Nassschleifen und Grundieren, sofern nicht Lackschichten in das Formwerkzeug eingebracht werden können. Schwarzpigmentierter UV-Filterlack (Transfer-Electric) schirmt Polyolefine gegen photochemische Zersetzung ab. Abriebfeste Leitlacke gebraucht man für antistatische Beschichtungen von Benzintanks und mit Ag, Ni oder Cu gefüllt. Für die Hochfrequenz-Emissionsabschirmung elektronischer Geräte.

Die Kratzbeständigkeit von PMMA und PC wird durch spezielle Klarlacke (Acrylat-, Siloxan-, Polyurethan- und Nanomerlacke) erhöht. Wässrige Dispersionen auf Basis Polvethylendioxythiophen ergeben im Sprüh-, Druck- oder Gießauftrag leitfähige Polymerbeschichtungen, durch Sprühen, Fluten oder Tauchen werden auf transparente Kunststoffe (vorzugsweise PC) in einem Sol-Gel-Prozess kratzfesteste Beschichtungen auf Basis organically modified ceramics, kurz Ormocere. Aufgebracht, die einen Einsatz als Kfz-Verschleiß ermöglichen. Für Oberflächeneffekte bei Thermoplasten, wie Perlmuttglanz, mit Fischsilber oder Irocin-Pigmenten, zweifarbige Schattieren von Kunstledernarungen, braucht man Lacke mit artverwandtem Grundstoff und Speziallösemitteln. Pulverlackierbar sind Kunststoffe wie z.B. PA 6 oder PA 66, die mit Metall oder leitfähigen Keramikpartikeln leitfähig gemacht wurden und höhere Einbrenntemperaturen ertragen.

Anwendungen im Sanitärbereich.

OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON KUNSTSTOFFEN

4 Beschichten

Das Herstellen von beschichteten oder imprägnierten Bahnen kann im Kunststoff-Taschenbuch nachgelesen werden. Beim Tauchverfahren wird das zu beschichtende Teil in eine Lösung, eine Paste oder eine Dispersion aus Kunststoff eingetaucht.

Beim langsamen Herausziehen bildet sich auf der Form eine Haut, die anschließend sofort nach den üblichen Verfahren (Verdampfen von Lösungsmitteln bzw. Wasser, Gelieren, Abkühlen, Vulkanisieren) verfestigt wird. Die Haut kann auch abgestreift werden, um Formteile wie z.B. Handschuhe zu erzeugen.

Die Pulver-Beschichtung wird nach unterschiedlichen Verfahren vorgenommen. Beim Wirbelintern werden Kunststoffpulver mit Korngrößen von 50 bis 300 µm im Wirbelsintergerät, mittels Einblasen von Luft oder Stickstoff mit einem Überdruck von etwa 0,1 bar durch poröse Bodenplatten (Porengröße < 25 µm) zum Schweben gebracht, das Wirbelbett wird fluidisiert.

Beim Eintauchen auf 200 bis 400 vorgewärmter Metallgegenstände schmilzt in 2 bis 5 s eine porenfreie Kunststoffschicht auf, die, falls erforderlich, in einem kontinuierlichen Durchlauf in einem Ofen ausgehärtet und geglättet werden kann. Je nach Tauchzeit sind Schichtdicken von minimal 75 bis 500 µm erreichbar.

Nach dem Pulver-Slash-Verfahren werden in beheizten, rotierenden Metallformen Pulver (PVC-P, TPU, PP, PA) in Schichtdicken von 0,8 bis 1 mm aufgeschmolzen und anschließend entnommen und z.B. als Innenverkleidung im PKW verwendet.

Nach dem APS-/NAD-Verfahren werden Feinstpulver-Dispersionen in Wasser oder Lösemitteln mit Hochdruck- bzw. Airless-Spritzpistolen wie Lacke aufgetragen. Für das elektrostatische Pulver-Sprühen (EPS) werden Kunststoffpulver mit Korngrößen von 40 bis 100 µm beim Austritt aus einer Druckluftpistole in einem (ungefährlichen) Hochspannungsfeld von 50 bis 90 kV elektrisch so aufgeladen, dass sie auf geerdeten Metallteilen im Sprühfeld auch auf die Rückseite aufgetragen werden und für längere Zeit haften. Anschließend werden die Kunststoffe in wenigen Minuten in Heißluftöfen bei etwa 200 °C zu Schichtdicken von 40 bis 150 µm, max. 300 µm geschmolzen und danach abgekühlt.

Beim elektrostatischen Wirbelsintern (Brennier-Verfahren) wird im Wirbelbett aufgeladenes Pulver mittels einer Spritzpistole durch die heißen Gase einer Flammringdüse geführt und dabei angeschmolzen und dann auf die vorgewärmte, zu beschichtenden Oberfläche gesprüht.

5 Bedrucken, Beschriften und Dekorieren

Duroplast-Erzeugnisse werden kaum bedruckt. Flächige MF- und GFK-Erzeugnisse werden durch Einbetten bedruckter oder bemalter Papiere oder gemusterter Gewebe unter einer klaren Deckschicht. Press- und Spritzgussteile durch Einlegen von Ornamin-Dekorfolien in das Formwerkzeug dekoriert. Folien werden von der Rolle mit üblichen Rotationsdruckmaschinen, Folienzuschnitte, auch im Zerrdruck für das spätere Tiefziehen, mit Bogendruckmaschinen bedruckt, die hinsichtlich Führung und Trocknung des Druckguts für die Kunststoffmaterialien modifiziert sind. Zum mehrfarbigen Bedrucken von Formteilen gibt es Spezialmaschinen. Die Druckfabriken führen Druckfarbensortimente für Kunststoffe.

Von den üblichen Druckverfahren wird der Hochdruck mit Metall- oder Kunststoffformen für kleinere Auflagen im Bogendruck und zum Bedrucken flacher Teile angewandt. Mit Druckformen aus Gummi, die auch mehrere Farben aufnehmen können, arbeitet der

für den Druck von der Rolle überwiegend gebrauchte Anilin- oder Flexo-Druck. Für den Bogendruck und das Bedrucken von Formteilen wird der als Trocken-Offset-Verfahren bezeichnete indirekte Hochdrucke gebraucht, bei dem die Druckfarben ggf. mehrere für einen Druck von erhabenen Formen auf Gummituch übertragen werden. Der Tiefdruck ermöglicht drucktechnische eine vollendete Wiedergabe der Vorlage auf Folien und Rundkörper, ist aber der hohen Auflage- und Druckform-Kosten wegen nur für Großauflagen wirtschaftlich. Für den universell anwendbaren Siebdruck, ursprünglich ein Handverfahren für kleine Auflagen, gibt es Mehrfarbendruck-Automaten, auch Rundkörper.

Beim Thermodiffusionsdruck für Polyolefine, PA und POM verwendet man dick aufgetragene Druckfarben, die durch kurze Behandlung der bedruckten Teile mit 100 bis 150 °C in die Oberfläche hineindiffundieren. Das Thermimageverfahren besteht in der Übertragung eines Tiefdrucks auf gewachstem Papier auf einem Thermoplast-Hohlkörper durch Abwickeln und Fixieren in der Wärme. Vorbedruckte Folien, die sich mit den Erzeugnissen verbinden, werden im Formprint-Verfahren für Blasartikel, im Ornatherm- bzw. bei maschineller Aufgabe der Folien im Ornamat-Verfahren für Spritzgussartikel vorab in das Formwerkzeug eingelegt. Unregelmäßig gestaltete und große Teile, die sich nicht bedrucken lassen, werden durch Farbspritzen unter Verwendung von Schablonen dekoriert.

Diese traditionellen Verfahren werden zunehmend durch berührungslose abgelöst. Mit elektromagnetisch gesteuerten Nd-YAG-, das sind Neodym-dotierte Yttrium-Aluminium-Granat-Laser, oder durch Schriftmasken wirkende (CO₂-) Laserstrahlen werden thermoplastische Formteile durch Gravieren, Verfärben, Verschäumen oder Verkohlen haltbar und kontrastreich beschriftet. Laserbeschriftung. Die Beschriftungsgeschwindigkeiten liegen zwischen 0,3 und 1 m/s.

Bei mangelnder Absorption der Lichtstrahlen können dem Kunststoff geeignete Pigmente beigegeben werden, die durch die Farbänderung verschiedener Art zu Kontrasteffekten und auch mehrfarbigen Beschriftungen führen. Entsprechende Batches werden angeboten.

Auch nach dem Prinzip der Tintenstrahldrucker (ink-Jet-Technik) arbeitende Beschriftungsanlagen werden eingesetzt. Nach einer speziellen Tauchbastechnik, Tauchbaddekoriere, können auch unregelmäßige und mehrdimensionale mehrfarbige Dekors aufgebracht werden (Marmor- oder Holzeffekt). Eine mit dem Dekor bedruckte Folie wird von einer Rolle abgeschnitten und auf die Oberfläche eines Wasserbades gelegt und anschließend von oben mit einem Lösemittel besprüht. Die Trägerschicht der Folie löst sich dabei auf, so dass nur die hauchdünne Schicht des Dekors schwimmend zurückbleibt. Beim anschließenden Hineintauchen eines Spritzgussteils in das Wasserbad schmiegt sich die Dekorschicht an die Oberfläche des Teils an, wo sie haften bleibt. Ein Überlackieren mit Klarlack nach dem Trocknen der Dekorschicht erhöht die Abriebfestigkeit und optische Tiefenwirkung.

Fortsetzung →

OBERFLÄCHENBEHANDLUNG VON KUNSTSTOFFEN

6 Prägen, Heißprägen

Ortliche Blind- und Farbprägungen werden mit geheizten Formstempeln aufgebracht, bei PVC-Folien werden die HF-Blindprägung (HF Schweißen) und das Einschmelzen von Prägefolien oft kombiniert. Mehrfarbige Bilder werden als „Pastetten“, das sind bedruckte Folienstücke, durch Prägen aufgeschweißt.

7 Beflocken

Das Beflocken von Kunststoff-Bahnen oder -Formteilen wird mit kurz geschnittenen Textilfasern (Flock) von 0,3 bis 5 mm Schnitlänge, Textilstaub oder ähnlichem Material zu dekorativen (samt-, plüsch- oder pelzartige Strukturen) oder technischen Zwecken (z.B. Auto-Fenstergleitleisten, Friktionselementen in der Feinwerktechnik, Etuiauskleidungen, Schalldämpfung, oder Schwitzwasserbindung) durchgeführt. Die Flocken werden auf die mit einem Klebstoff beschriebene Oberfläche aufgesiebt, mit Druckluft aufgeblasen oder elektrostatisch niedergeschlagen.

8 Metallisieren von Folien

Folienrollen werden in einer evakuierbaren Anlage in einem halbkontinuierlichen Prozess umgewickelt und überwiegend mit Reinst-Aluminium und Schichtdicken von 0,03 bis 0,04 µm bedampft. Das erfolgreiche Hochvakuum beträgt 10⁻⁴ mbar. Als Trägerfolie werden PET (Mindestdicke 9 µm) und biaxial verstecktes PP (Mindestdicke 15 µm) oder PC in Breiten von 0,3 bis 2,4 m eingesetzt. Einsatzgebiete: Kondensatorfolie, Wasserdampf- und Sauerstoff-sperre, Dekoration.

9 SiO_x-Beschichtung von Folien

Eine Neuentwicklung ist die Beschichtung von Folien mit SiO_x wobei x zwischen 1,5 und 1,7 liegen soll, um einerseits eine genügende Transparenz und andererseits eine ausreichend geringe Sauerstoffdurchlässigkeit zu erreichen. Die chemische Abscheidung aus der Dampfphase ausgehend von Organosiliciumverbindungen und die Verdampfung (Sublimation) von SiO_x durch thermische Energie haben sich bisher als unwirtschaftlich erwiesen.

10 Metallisieren

Zum Metallisieren werden Einzelteile auf drehbaren Halterungen, Folien auf Umspulvorrichtungen in Hochvakuumkesseln (10⁻⁴ bis 10⁻⁵ mbar) 0,1 bis 1 µm dick mit Metallen – meist Al, für besondere Zwecke Cu oder Edelmetalle – beschichtet, die durch elektrisches Erhitzen verdampft werden. Von 0,2 µm aufwärts sind die Metallschichten undurchsichtig, dickere Schichten werden evtl. zusätzliche aufgalvanisiert. Gasende (weichmacherhaltige) Kunststoffe brauchen einen Grundlack, die spiegelnden Metallschichten eine Schutzlackierung.

Niedrig schmelzende Metalle werden auf Kunststoffe mit Metallspritzpistolen aufgebracht, Gold-, Silber-, und Kupferschichten durch chemische Reduktion (z.B. Formaldehyd) aus den Metalllösungen niedergeschlagen.

Zur Verankerung der durch Galvanisieren aufgetragenen Metallüberzüge von 50 bis 100 µm Dicke werden Kunststoffteile zunächst in Beiz-Bäder gebracht, die deren Oberfläche chemisch aufräuen. Geeignete Kunststofftypen und die zugehörigen Beizmittel gibt es für die meisten thermoplastischen Kunststoffe. PF-Pressstoff, EP-Harz und PUR-Strukturschaum; manche Kunststoffe sind ohne Vorbehandlung galvanisierbar. Die aufgerauten Oberflächen werden in Bäder mit Lösungen von Edelmetallsalzen so aktiviert, dass aus Kupferbädern auf der Kunststofffläche festhaftend eine Kupferschicht stromlos abgeschieden werden kann.

Diese wird dann galvanisch weiter verkuft und vernickelt oder verchromt. Die Verfahren rühren zu Verbundwerkstoffteilen mit erhöhter mechanischer und Temperaturstandfestigkeit. Oberflächen-Metallisierung sind weiterhin von Bedeutung für die Abschirmung von Elektronik-Geräten gegen elektromagnetische Felder.

11 Einreiben

Das Einreiben von Kunststoffen antistatischen Mitteln (Antistatic C, Statexon AN, Plexiklar) verhindert eine Staubanziehung, mit Silikonöl werden der Oberflächenglanz und die Kratzfestigkeit verbessert; Preventol K wirkt keimtötend. Die Wirkung der aufgetragenen Schicht ist zeitlich begrenzt, wenn die Schichten im Gebrauch abgetragen werden.

12 Fluorierung, Gasphasenfluorierung

Die Beaufschlagung von PE, von Innenflächen von Kfz-Tanks, und PP(ABS) mit fluorhaltigem Gas bewirkt durch die Reaktionsfreudigkeit des Fluor eine mehr oder weniger statistische Substitution von Wasserstoffatomen aus der PE-Kette durch Fluoratome. Es entstehen CF-, CF₂- und auch (unerwünschte) CF₃-Bindungen. Letztere bedeuten Bruch der PE-Kette. Die Fluorierung führt zu einer Hydrophilierung der Oberfläche und damit zu einer Verminderung der Adsorption und Sorption der hydrophoben Kraftstoffe.

13 Plasmaverfahren (Chemical Vapor Deposition, CVD)

Ein zunehmend eingesetztes Beschichtungsverfahren ist die Plasmapolymersation. In ein Niederdruck-Plasma (ganz oder teilweise ionisiertes Gas, werden Monomere eingebracht, deren Moleküle durch den Zusammenstoß mit Elektronen spontan so stark aufgeheizt werden, dass chemische Bindungen aufbrechen und Reaktionen eintreten können, die normalerweise erst bei hohen Temperaturen ablaufen. Die Temperaturen des Plasmas liegt bei 60 bis 150 °C, so dass das zu beschichtende Substrat thermisch nicht stark beansprucht wird. Durch die geeignete Wahl der Monomeren und Prozessparameter können folgende Oberflächeneffekte erreicht werden: hydrophile oder hydrophobe Schichten, Antibeslag-Schichten, Haft- oder Antihaft-Schichten, UV-Schutzschichten, Schichten mit angepassten Brechungsindizes, Diffusionsschichten, kratzfeste Schichten (0,1 bis 8 µm dicke Schicht einer Si-O₂-Verbindung).

Bei der Kratzfestbeschichtung von Kunststoffen als Glasersatz im Kfz werden silizium-organische Verbindungen (Hexamethyldisiloxan) und Sauerstoff durch Anregung durch Hochfrequenz oder Mikrowellen fragmentiert. Die Bruchstücke reagieren miteinander und scheiden sich unter Bildung einer stark vernetzten Schicht auf der Kunststoffoberfläche, z.B. von PC ab, Schichtdicke 0,1 bis 8 µm.

14 Thermisches Spritzen

Mit hohen Geschwindigkeiten (10 min/m² bei 0,1 mm Schichtdicke) können Metalle, Kunststoffe, Metall- und Kunststoffschäume Keramik usw. mit Schichten aus Thermoplasten von üblicherweise 0,1 bis 0,5 mm Dicke beschichtet werden. Zum Aufschmelzen, Fördern und Schützen der Zusatzwerkstoffe stehen Schutzgase zur Verfügung.

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

KUNSTSTOFF- NACHBEARBEITUNG

Übersicht über die Möglichkeiten der Kunststoff-Nachbearbeitung

Kunststoff	Nachbearbeitung								
	Galvanisieren	Spritzlackieren und Bedrucken	Heißprägen	Bedampfen	Lösungskleben	Ultraschall-Schweißen	Heißspiegel-Schweißen	Vibrations-Schweißen	Hochfrequenz-schweißen
PE-LD	-	+	++	+	-	-	+	+	-
PE-HD	-	+	++	+	-	+ ³⁾	+	+	-
EVAC	-	+	++	+	-	0 ³⁾	+	+	0
PP	++ ⁴⁾	+	++	+	-	+	+	+	-
PB	-	+	++	++	+	+ ³⁾	+	+	-
PS	-	++	++	+	++	+	+	+	-
SAN	-	++	++	+	++	+	+	+	0
SB	+ ⁴⁾	++	++	+	++	+	+	+	0
ABS	++ ⁴⁾	++	++	+	++	+	+	+	+
ASA	-	++	++	+	++	+	+	+	0
PVC-U	+ ⁴⁾	++	++	+	++	+	+	+	+
PVC-U-E	-	+	++	+	++	0	+	0	+
PVC-P	-	+	++	-	++	-	+	-	+
PVC-P-E	-	+	++	-	++	-	0	-	+
PMMA	-	++	++	+	++	++	++	++	
POM	-	+	++	+	++ ⁵⁾	++	++	++ ³⁾	
PA 6	-	++	++	+	++ ⁵⁾	+	+	+	+
PA 66	-	++	++	+	++ ⁵⁾	+	+	+	+
PA 610	-	++	+	+	++ ⁵⁾	+	+	+	+
PA 11			++	++	++ ⁵⁾	+	+	+	+
PA 12	-	+	++	++	++	+	+	+	+
PA 6-3-T	-	++	++	+	++	+	+	+	+
PC	+	++	++	+	++	+	+	+	-
PET	-	++	++	+	-	+	+	+	-
PBT	-	+	++	-	-	+	+	+	-
PPE+PS	+	++	++	+	++	+	+	+	-
PSU	+	++	++	+	++	+	+	+	-
PPS	-	+	++	+	-	+	+	+	-
PES	-	++	++	+	++	+	+	+	-
PVDF	-	++	++	+	++	0 ³⁾	+	0	-
PTFE	-	+	+		-	-	-	-	-
PFA	+	+	+	+	-	-	+	0	-
PEEK		++	++	+		+	+	+	-
PAI		++	++	+		+	+	+	-
PEI		++	++	+		+	+	+	-
PEK		++	++	+		+	+	+	-
CA	-	++	++	+	++	0	+		+
CP	-	++	++	+	++	0	+		+
CAB	-	++	++	+	++	0	+	-	0
PF Typ 31		++	-	+		+	+	+	-
MF Typ 131		++	-	+		+	+	+	-
MF/PF Typ 180/182		++	-	+		+	+	+	-
UP Typ 802		++	-	+		+	+	+	-
EP Typ 891		++	-	+		+	+	+	-
TPO	-	+	++	+	-	0 ³⁾	+	+	
TPA	-	++	++	+	++	0 ³⁾	+	+	
TPE	-	++	++	+	-	0 ³⁾	+	+	
TPS	-	++	++	+	+	0 ³⁾	+	+	
TPU	-	++	++	+	++	0 ³⁾	+	+	

1) Kleben ++ = ohne Vorbehandlung möglich, + = mit Vorbehandlung bedingt möglich, - = nicht möglich

2) Schweißen += möglich, 0 = bedingt möglich, - = nicht möglich

3) beim Ultraschall - Schweißen nur im Nahfeld

4) für bestimmte Typen

5) nicht zu empfehlen

KUNSTSTOFF-KLEBTECHNIK

Kleben von Kunststoffen

Allgemein gültige Normen und Vorschriften für die Durchführung von Klebungen sind im Kunststoff-Taschenbuch Carl Hanser Verlag ersichtlich.

Haftkräfte beim Verkleben von Kunststoffen lassen sich im Wesentlichen auf Nebenvalenz-, Dipol- und Dispersionskräfte zurückführen. Dabei unterscheiden sich die zu verklebenden Kunststoffe nicht nur nach der vorhandenen Oberflächenenergie (Benetzbarkeit), sondern insbesondere nach dem chemischen Aufbau, der die Ausbildung dieser Kräfte ermöglicht. Die bekannt schwierige Verklebung der unpolaren Polyolefine (Polyethylen) beweist den starken Einfluss der Polaritätseigenschaften. Unpolare Kunststoffe lassen sich daher – bei geringer Festigkeit – nur nach einer Oberflächenbehandlung verkleben. Das Lösungsvermögen bzw. das Diffusionsverhalten der thermoplastischen Kunststoffe macht in vielen Fällen deren Diffusionsverklebung erst möglich. Für die einzelnen Thermoplaste finden zum Anlösen bzw. Anquellen vorwiegend, die im folgenden aufgeführten Lösemittel, Verwendung:

PVC: Tetrahydrofuran, Cyclohexanon

PS: Toluol, Xylol

PMMA: Methylenchlorid, Methylethylketon

POM: Hexafluoracetonsesquihydrat

PC: Methylenchlorid, Tetrahydrofuran

CA: Methylethylketon, Methylalkohol

PPE: Chloroform, Toluol

PA: Ameisensäure

PET: Benzylalkohol

Im Gegensatz zu den Lösemittelklebstoffen findet bei der Anwendung von lösemittelfreien Reaktionsklebstoffen, sofern sie keine die Fügebauteile anlösenden Monomere enthalten, keine Veränderung der Fügebauteile statt.

Zum Einsatz gelangen im Wesentlichen Klebstoffe auf Basis von Epoxidharzen (EP), Polyurethanen (PUR), Methylmethacrylaten (MMA) und ungesättigten Polyester (UP).

Eine große Anwendungsbreite haben ebenfalls die Cyanacrylate bei kleinflächigen Kunststoff- bzw. Elastomerklebung gefunden. Die Diffusionsverklebung durch Anquellen oder Anlösen der Fügeflächen ist somit bei Thermoplasten mit Ausnahmen (z. B. PE, PP, POM und Polyfluorcarbonen) möglich.

Sie führt zu schweißähnlichen Verbindungen, kann jedoch eine Spannungsrissbildung fördern. Die Adhäsionsverklebung durch physikalische und chemische Bindungsvorgänge zwischen Klebflächen und Klebstoff ist bei fast allen Kunststoffen möglich.

Beispiele für Klebverbindungen

- In der handwerklichen Verarbeitung klebt man z. B. Acrylglas für geringe Beanspruchung mit Lösemittelklebstoffen. Optisch einwandfrei und witterungsfest sind dabei auspolymerisierende Bindemittel, die in dickerer Schicht, z. B. als V-Naht, angewandt werden. Ähnlich klebt man Acrylglas mit Silikatglas, sonst mit Haftklebstoffen. Kleben von PVC DIN 16970. Für aufzuarbeitende GFK-Verstärkungen wird PVC mit einem anlösenden UP-Harz als Haftvermittler behandelt.
- PIB-Bahnen werden auf Beton mit Bitumen-Kunststoff-Schmelzklebstoffen, auf Metalle mit speziellen Kontaktklebstoffen geklebt. Die Richtlinien VDI 2531 bis VDI 2534 geben Einzelheiten über den Oberflächenschutz mit Kunststoffbahnen.
- Für das Verkleben von Kunststoffen, vor allem in Form von Bahnen oder Tafeln, mit undurchlässigen Trägern (Metalle, Beton, Stein, Glas) eignen sich Kontaktklebstoffe auf der Basis von Natur- oder Synthese-Kautschuk.

Sie werden meist auf beide Flächen aufgestrichen, die nach weitgehendem Abdunsten des Lösemittels unter Anreiben oder Anklopfen zusammengefügt werden. Gute Kontaktklebstoffe können bei dauernder Schmiegsamkeit erhebliche Scherkräfte aufnehmen, elastisch vernetzende Zweikomponentenklebstoffe auch bei höheren Temperaturen. Polychloroprenklebstoffe verfestigen durch allmähliche Teilkristallisation.

- Zum Verkleben von Kunststoffen, insbesondere Folien, mit porösen Werkstoffen (Papier, Pappe, Filz, Textilien, Leder, Holz) eignen sich lösemittelfreie Dispersions-Klebstoffe. Frischer, flüssiger Klebstoff kann mit Wasser entfernt werden, eingetrockneter nicht. Die Klebungen sind weitgehend feuchtfest.
- Duroplastische Formstücke werden miteinander und mit anderen Werkstoffen mit gleichartigen, kalt oder heiß härtenden Kunstharzen geklebt. Phenolharz-Schichtpresstoffe (aufgeraut oder mit leimfähiger papierrauer Rückseite) binden auch mit Carbamidharz-Leimen ab. Für dekorative Schichtpresstoffe werden außer diesen auch die oben erwähnten Kontakt- und Dispersions-Klebstoffe benutzt. Vulkanfiber und Kunsthorn können untereinander und mit Holz mittels üblicher Holzleime geklebt werden.
- Hochbelastbare Klebverbindungen von Bauteilen aus faserverstärkten Hochleistungswerkstoffen untereinander oder mit solchen aus anderen Werkstoffen ermöglichen allgemein die lösemittelfreien, drucklos abbindenden Reaktionsharz-Klebstoffe. Cyanacrylat-Einkomponenten-Reaktionsharzklebstoffe werden häufig in der Feinwerktechnik eingesetzt.
- Klebfolien aus thermoplastischen Schmelzklebstoffen, die bei Erwärmung reversibel erweichen, werden in erster Linie zur Verklebung von flächigen Gebilden wie Textilien, Papier, Folienbahnen, Leder und Holzprodukten eingesetzt. Neben „Bügeleisen“ kommen beheizte Formpressen und kalenderartige Kaschieranlagen zur Anwendung, bei denen das Aufschmelzen des Klebstofffilms kontinuierlich durch Strahler, Beflammung oder beheizte Walzen erfolgt.
- Klebefolien aus Reaktiv-Schmelzklebstoffen (Reaktive Hotmelt) auf PUR-Basis bestehen aus PUR-Prepolymeren mit freien endständigen Isocyanatgruppen, die mit Wasser zu Polyharnstoff reaktivieren. Um beste Klebung zu erreichen, muss die Klebefolie vor dem Zusammenfügen mit den vorgewärmten zu verklebenden Flächen aus der Luft die erforderliche Wassermenge aufnehmen. Anwendung: Kaschieren von Fensterprofilen.

Schrauben, Nieten, Schnappen

Als weitere Montageprozesse kommen das Schrauben, Nieten und Schnappen in Betracht. Die entsprechenden Befestigungselemente müssen kunststoffgerecht konstruiert und im Formteil integriert sein (Kunststoff-Taschenbuch, Carl Hanser Verlag). Dort finden sich auch Hinweise zur Dimensionierung von Schraub- und Schnappverbindungen. Kunststoffgerecht ausgelegt erfordern diese Montageprozesse keine weitere Nachbehandlung der Kunststoffbauteile. So entfällt beispielsweise das Einbringen von Gewindebohrungen und das Schneiden der Gewinde, da entweder selbstschneidende Kunststoffschrauben in die in das Spritzgussbauteil integrierten Schraubtuben eingedreht werden oder bei metrischen Schraubverbindungen das Gewinde in Form eines Metallinserts in das Spritzgießwerkzeug eingelegt wird.

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

KUNSTSTOFF-KLEBEVERBINDUNGEN


Thermoplaste – Duroplaste – Elastomere

Material		Thermoplaste														Duroplaste				Elastomere														
		ABS	ASA	LCP	PA6	PBT	PC	PE	PEEK	PEI	PES	PET	PI	PMMA	POM	PP	PPO	PS	PTFE	PVC-P	PVC-U	SAN	TPU	EP	MF	PF	UP	CR	EPDM	IR	NBR	NR	PU	SBR
Cyanacrylate (CA)	CA	1	1	3	1	2	1	3	1	2	1	1	1			1	2		1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	
	CA + Primer	1	1	3		1	2	1	3			1			2	1	2	1	2	1	1					1	1	1	1	1	1	1	1	1
	UV CA	1	1	3	1	2	1		2	1	1	1	1	1			1	1		1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1
Epoxydharze	1K			2	3	2	2	3	2	2	3	1		3		2								1	2	3	2							
	2K	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	1	3			3	3		2	3	2	1	2	1	1	3		3					3	
Acrylate	1K+ Aktivator			3	3			3	3		3	2											2	2	2	2		2					3	
	2K	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2			3		2	2	3	2	2	2	2			2						3	
	Polyolefin- kleber	2	1	3	3	2	2	1	3	3	1	3	2	2	1	2	2		2	1	2	2	2	2	2								3	
	UV-Acrylat	1	2	3	2	2	1		2	1	1	2	3	3			3	3		2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3		2	
Polyuretan	2K PUR	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3			3	3		2	3	3	2	2	2	2									
Kontaktkleber	1K			3	2	3					2												2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2
MS-Polymer	1K	1	2		1	2	2	3	3	2	2	2	3			2	3	3	2	2	3	1	2	1	1	3	3	2	3	3	3	3	3	
Silikone	UV-Silikone	1	2	3	1	1	1	2	1	2	2	1	2			2	2	3	2	1	3	1	2	1	1	3	3	2	3	3	1	2	2	
	1K elastisch	2	2		2	2	1	3	3	2	2	3	2			3		2	2	3	2	3	2	2			3						1	2
Polyuretane	1K elastisch	2	3		2	3	2			3	3	3	3					3	3	3	2	3	2	2			3	3						
Oberflächen- vorbereitung	Reiniger				1	1	1		1	1	1		1	1										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Optionale Vorbehand- lung	a)			1	1	1		1	1														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	b)			1		1		1	1	1	1	1	1		1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- 1 Sehr gut geeignet
- 2 Gut geeignet
- 3 Mäßig geeignet

- a) mechanisch ²
- b) physikalisch

- 1) mindestens ein Teil muß lichtdurchlässig oder UV-lichtdurchlässig sein
- 2) für verstärkte Kunststoffe CFK (kohlefaserverstärkte Kunststoffe): Verklebbarkeit kann durch starkes Schleifen beeinträchtigt werden
GFK (glasfaserverstärkte Kunststoffe): durch Anschleifen wird die Verklebbarkeit immer verbessert
- 3) Es wird empfohlen, die Oberflächen vor dem Kleben bzw. vor der Vorbehandlung zu reinigen.
Je nach Materialtyp den geeigneten Reiniger verwenden.

 Weitere Informationen zu physikalischen Eigenschaften und Bearbeitung von Kunststoffen finden Sie im Kapitel 13 ab Seite 104.

KLEBEVERBINDUNGEN

Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

Die Festigkeit und Langzeitbeständigkeit von Klebeverbindungen wird vorrangig durch folgende Parameter beeinflusst:

- Klebstoff
- Werkstoff
- Einsatzbedingungen
- Klebefugegeometrie
- Belastung

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Klebstoffs bestimmen Adhäsionsvermögen und die innere Festigkeit von Klebeverbindungen. Ebenso hängt die Langzeitbeständigkeit stark von der Art des Klebstoffs ab. Die unterschiedlichen Klebstofftechnologien stellen nicht nur unterschiedliche Festigkeitsklassen und Elastizitätsmodule zur Auswahl, sondern bieten auch die Wahl der besten Adhäsionseigenschaften.

Häufig stellen die Werkstoffe und ihre Oberflächenbeschaffenheit die ersten Auswahlkriterien hinsichtlich des optimalen Klebstoffs oder der Klebefugengestaltung dar; aber auch die Steifigkeit der Bauteile und die mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe sind wichtige Kriterien für die Auswahl des am besten geeigneten Klebstoffs.

Die Einsatzbedingungen der Klebeverbindung (Temperatur, Chemikalien/Lösungsmittel, Feuchtigkeit usw.) beeinflussen die Klebstoffauswahl unmittelbar. Hinsichtlich der Langzeitbeständigkeit sind die Einsatzbedingungen und die einwirkenden Kräfte die wichtigsten Parameter.

Die Klebefugengestaltung wird als wichtigster Parameter für den optimalen Einsatz eines ausgewählten Klebstoffs angesehen. Die Gestaltung muß den Limitationen des Klebstoffs angepaßt (z.B. Durchhärtetiefe, Spaltfüllung usw.) und dahingehend optimiert werden, die ungünstigsten Belastungen für Klebeverbindungen (Spalt- und Schälbeanspruchung) zu vermeiden.

Kräfte und resultierende Beanspruchungen

Die auf Klebeverbindungen einwirkenden Kräfte führen zu unterschiedlichen Arten von Spannungen, normalerweise angegeben in N/mm². Im Falle reiner Zug- und reiner Druckbelastung ist die Spannungsverteilung in der Klebefuge sehr gleichmäßig. Somit wirkt auf jeden Teil der Klebefläche dieselbe Belastung, und zur Berechnung der Spannungen wird die Kraft einfach durch die Klebefläche geteilt. In der Realität treten reine Zug- und reine Druckbeanspruchungen nur sehr selten auf, wohingegen Scher-, Spalt- und Schälbeanspruchungen häufiger in Erscheinung treten. Die daraus resultierende Spannungsverteilung in der Klebefuge ist ungleichmäßig und daher für eine bestimmte Stelle der Verbindung schwieriger zu kalkulieren. Scherbeanspruchungen verteilen sich in der Klebefuge auf eine Weise, daß Spannungsspitzen auftreten. Die Endpunkte der Klebung müssen einer höheren Belastung standhalten als deren Mitte. Werden Klebeverbindungen Spalt- oder Schälbeanspruchungen ausgesetzt, konzentriert sich der größte Teil der Belastung an einem Endpunkt.

Konstruieren von Klebeverbindungen

Ziel einer optimalen Klebefugengestaltung ist es, eine gleichförmige Spannungsverteilung zu erzielen. Aus diesem Grund müssen Konstrukteure gute Kenntnisse darüber besitzen, wie in Klebefugen die Spannungsverteilung bei Einwirken von Kräften erfolgt. Beim Konstruieren von Klebeverbindungen sind einige Leitlinien zu beachten.

Die Spalt- und Schälbeanspruchung ist auf ein Mindestmaß zu reduzieren

Die Spannungsverteilung läßt erkennen, daß Schäl- und Spaltbeanspruchungen nach Möglichkeit auszuschließen sind.

Die Klebefläche ist bis zum Höchstmaß zu vergrößern

Eine weitere einfache, aber sehr wichtige Möglichkeit, Klebefugen zu verbessern oder eine Konstruktion so zu verändern, daß sie sich für das Kleben eignet, ist, die Klebefläche zu vergrößern. Häufig ist die Klebefläche so klein, daß eine zu hohe Schäl- oder Spaltbelastung aufgebracht wird. Die Steifigkeit der Bauteile und des Klebstoffs beeinflusst die Bruchlast von Klebeverbindungen. Im allgemeinen gilt: Je steifer ein Bauteil, desto geringer der Einfluß der Klebefugegeometrie auf die Festigkeit der Klebung.

Besondere Anforderungen an das Kleben von Kunststoffteilen

Unter den Begriff „Kunststoffe“ fallen unzählige synthetische Werkstoffe. Für deren Klassifizierung gibt es viele Möglichkeiten. Die wohl einfachste ist eine grobe Unterteilung in drei Grundtypen:

- Duroplaste
- Thermoplaste
- Elastomere

Diese einfache Unterteilung ist jedoch ungeeignet für eine Abgrenzung der Klebbarkeit. Der unterschiedliche chemische Aufbau der jeweiligen Kunststoffe und die daraus resultierenden physikalischen Eigenschaften sind die entscheidenden Einflußgrößen für die Klebtechnik.

Wie bei allen zu klebenden Werkstoffen müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Der Klebstoff muß den Kunststoff benetzen können, d.h. die Oberflächenenergie des Kunststoffs muß größer oder gleich der Oberflächenspannung des Klebstoffs sein.
2. Die Oberfläche des Kunststoffs muß adhäsionsfreundliche Eigenschaften aufweisen, d.h. eine chemische und physikalische Wechselwirkung in der Grenzschicht zwischen Klebstoff und Oberfläche zeigen.

Wird eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, ist der betreffende Kunststoff häufig für das Kleben ungeeignet. Wird keine der Bedingungen erfüllt, kann der Kunststoff nicht ohne eine Vorbehandlung geklebt werden.

Einfluß von Kunststoffoberflächen

Bei Kunststoffen besteht oft das Problem, daß die Volumeneigenschaften (die Eigenschaften des Basismaterials an sich) nicht den Oberflächeneigenschaften entsprechen. Dies kann auf die Rezeptur des Kunststoffs und/oder den Herstellungsprozeß zurückzuführen sein. Eine energiearme Oberflächenschicht hat eine geringe Festigkeit der Klebeverbindung zur Folge, unabhängig vom verwendeten Klebstoff.

Kunststoffe mit niedermolekularen Bestandteilen

Zahlreiche Kunststoffe enthalten niedermolekulare Bestandteile.

KLEBEVERBINDUNGEN

Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

Hierzu zählen Stabilisatoren, nichtreaktionsfähige Bestandteile, Lösungsmittelrückstände, Weichmacher und verschiedene Füllstoffe. All diese Bestandteile können das Kleben beeinflussen, wenn sie auf der Oberfläche vorhanden sind. Viele von ihnen neigen dazu, an die Oberfläche zu wandern (Migration) und sich dort anzusammeln. Auf diese Weise bildet sich eine separate Schicht auf der Oberfläche des Basismaterials, welche die potentielle Festigkeit der Klebung deutlich verringert oder eine Klebung sogar verhindert.

Interne und externe Formtrennmittel

Interne und externe Formtrennmittel werden eingesetzt, um ein einfaches Entformen von gespritzten oder gepreßten Kunststoffteilen zu gewährleisten. Formtrennmittel werden als „intern“ bezeichnet, wenn sie dem Granulat bereits beigemischt sind und während der Verarbeitung des Kunststoffs ihre Wirkung entfalten. Sie erzeugen häufig Oberflächen, die nur schwer oder gar nicht geklebt werden können. Diese Formtrennmittel können im gesamten Kunststoff verteilt sein, so daß ein Abschleifen der Oberfläche möglicherweise wirkungslos ist. „Externe“ Formtrennmittel hingegen werden in die offene Form gesprüht. Sie basieren auf Paraffinen, Seifen und Ölen (z.B. Silikonöl). Diese Formtrennmittel können sich nicht nur auf der Oberfläche sondern auch in Schichten nahe der Oberfläche befinden. Mechanisches Aufrauen (z.B. Schmirgeln) stellt die wirksamste Vorbehandlung für solche Oberflächen dar.

Verarbeitungsbedingte Oberflächeneigenschaften

Während des Formens von Kunststoffteilen können Oberflächenstrukturen und somit „Oberflächeneigenschaften“ entstehen, die sich von den Eigenschaften des „Basismaterials“ unterscheiden. Sie werden als Spritzhaut bezeichnet. Es handelt sich dabei um sehr glatte, verdichtete Oberflächen, normalerweise mit inneren Spannungen. Je stärker eine Spritzhaut ausgeprägt ist, umso schlechter sind ihre Klebeeigenschaften. Ihre Wirkung ist mit einer den Grundwerkstoff bedeckenden Schutzbeschichtung vergleichbar. Die einfachste und wirksamste Art der Vorbehandlung besteht in der Zerstörung dieser Oberflächenschicht durch mechanisches Entfernen, z.B. durch Schmirgeln oder Schleifen.

Spannungsrißbildung bei thermoplastischen Kunststoffen
Amorphe, thermoplastische Kunststoffe ohne Füllstoff neigen bei Kontakt mit bestimmten Flüssigkeiten (Lösungsmitteln) zur Rißbildung. Dies wird häufig auch als „Spannungsrißkorrosion“ bezeichnet. Die anfälligsten Kunststoffe sind Polycarbonat (PC), Polymethylmethacrylat (PMMA), Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer (ABS) und Polystyrol (PS). Wie der Name schon sagt, kommt es zur Rißbildung durch das Zusammenwirken zweier Umstände:

1. Im Werkstück müssen gewisse Spannungen vorhanden sein.
In den meisten Kunststoffteilen sind diese aufgrund der Verarbeitung bereits in Form von „eingefrorenen“ Spannungen vorhanden, oder sie entstehen durch das Einwirken externer Kräfte.
2. Ein niedermolekulares Medium wirkt auf das Teil ein (z.B. Aceton, Alkohol).

Auch Klebstoffe können, solange sie im flüssigen Zustand sind, Spannungsrißkorrosion verursachen.

Unerwünschte Eigenschaften bei Klebevorgängen	Verfahren der Oberflächenbehandlung
Niedermolekulare Bestandteile an der Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> • Reinigen mit geeigneten Lösungsmitteln bzw. Reinigern • Mechanisch entfernen (Schmirgeln oder Schleifen)
Interne Formtrennmittel an der Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> • Reinigen mit wäßrigen, basischen Reinigern
Externe Formtrennmittel an der Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanisch entfernen (Schmirgeln oder Schleifen) • Mit geeigneten Reinigern entfernen
Spritzhaut	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanisch entfernen

Möglichkeiten zur Vermeidung von Rißbildung

Durch folgende Maßnahmen oder durch die Wahl eines anderen Kunststoffs kann die Rißbildung bei Kunststoffen während des Klebevorgangs weitgehend vermieden werden:

- Tempern der Kunststoffteile, wodurch interne Spannungen abgebaut werden.
- Teile beim Fügen nicht klemmen, pressen oder deformieren; dies erzeugt Spannungen von außen.
- Einsatz schnellhärtender Klebstoffe, die das lösungsmittelartige Einwirken des flüssigen Klebstoffs reduzieren, womit die Spannungsrißkorrosion minimiert wird.
- Bei Einsatz von Cyanacrylaten sparsame Dosierung des Klebstoffs, so daß sich kein Klebstoffüberschuß an den Rändern der Klebefuge bildet, oder Verwendung eines Aktivators, um überschüssigen Klebstoff auszuhärten.
- Bei Einsatz von UV-aushärtenden Klebstoffen ist zu gewährleisten, daß die Aushärtung in der Klebefuge durch UV-Licht unmittelbar nach dem Auftragen des Klebstoffs erfolgt. Schattenbereiche, in denen der Klebstoff flüssig bleibt, sind zu vermeiden.
- Anaerobe Klebstoffe sind für ungefüllte amorphe thermoplastische Werkstoffe ungeeignet.

Zusammenfassung der Problemlösungen für das Kleben von Kunststoffteilen

Oft können mehrere störende Effekte gleichzeitig auftreten. In vielen Fällen haben sich mechanische Oberflächenbehandlungen als die wirksamste und umfassendste Lösung erwiesen. Das Verfahren ändert die Oberflächenstruktur auf eine für die Klebung positive Art und Weise, und die effektive Klebefläche vergrößert sich durch ihre Rauigkeit.

Physikalische und chemische Verfahren der Oberflächenvorbehandlung werden in Fällen eingesetzt, in denen sich das Kleben von Kunststoffen als schwierig oder unmöglich erwiesen hat, um eine bessere Verbindung zwischen Klebstoff und Oberfläche zu erzielen.

Fortsetzung →

KLEBEVERBINDUNGEN

Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

Kleben mit Loctite-Klebstoffen

Loctite-Klebstoffe sind Reaktionsklebstoffe. Sie werden in flüssiger Form aufgetragen und reagieren unter geeigneten Bedingungen zu Feststoffen (Aushärtung). Der ausgehärtete Klebstoff ist ein Kunststoff. Loctite-Klebstoffe besitzen folgende Aushärtemechanismen und daraus resultierende Eigenschaften:

Anaerobe Klebstoffe: reagieren unter Sauerstoffausschluß und Metallkontakt. Die Klebefläche muß mindestens 5 mm breit sein, um den Ausschluß von Sauerstoff zu gewährleisten. Anaerobe Klebstoffe von Loctite haben ihre Qualität beim Schraubensichern, bei Welle-Nabe-Verbindungen und beim Dichten unter Beweis gestellt. Bei Klebeanwendungen werden sie gewählt, wenn die zu klebenden Bauteile verwindungssteif sind und die Klebefuge auf weniger als 0,5 mm beschränkt ist. Aufgrund des Aushärtemechanismus werden sie vorwiegend bei Metallen verwendet.

Modifizierte Acrylate: härten bei Sauerstoffausschluß und Kontakt mit einem Aktivator aus. Bei diesen Klebstoffen treten keine Probleme hinsichtlich der Topzeit, wie bei gemischten Komponenten, oder der „offenen Zeit“ auf, da der Klebstoff nur bei Kontakt mit einem Aktivator aushärtet. Die Klebefläche muß mindestens 5 mm breit sein, um den Ausschluß von Sauerstoff zu gewährleisten. Verglichen mit anaeroben Klebstoffen besitzen sie eine bessere Schlagzähigkeit und Schälfestigkeit sowie zudem eine gute Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen.

UV-aushärtende Loctite-Klebstoffe: reagieren bei Bestrahlung mit UV-Licht. Eine wichtige Voraussetzung dabei ist, daß das UV-Licht die gesamte Klebefläche erreichen kann. Hierzu muß mindestens ein Fügeeteil für die geeignete Wellenlänge des UV-Lichtes durchlässig sein. UV-Lampen von Loctite sind hinsichtlich Intensität und Strahlungsspektrum auf die Klebstoffe abgestimmt. Die wichtigsten Highlights dieser Klebstofffamilie sind sehr schnelles Aushärten, gutes Spaltfüllvermögen und Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen.

Cyanacrylate: (allgemein bekannt als „Sekundenkleber“) härten zwischen zwei eng anliegenden Klebeflächen sehr schnell aus. Die kondensierte Feuchtigkeit auf den Fügeflächen initiiert die Aushärtereaktion, die von der Werkstoffoberfläche zur Mitte des Klebespaltes verläuft. Cyanacrylate werden für das Kleben kleiner Teile ausgewählt und um äußerst kurze Fixierzeiten zu erzielen. Wegen ihres eingeschränkten Spaltfüllvermögens (max. 0,25 mm) erfordern sie genau passende Oberflächen. Ihre Adhäsion zu den meisten Werkstoffen ist ausgezeichnet, und die Klebefestigkeit bei Scher- und Zugbelastung ist sehr gut. Sie sind weder auf Glas noch bei Teilen zu verwenden, die über längere Zeiträume dem Einwirken von Wasser ausgesetzt sind.

Urethane: einkomponentige Urethan-Klebstoffe härten durch Luftfeuchtigkeit zu einem Elastomer aus. Die Polymerisation wird durch die Reaktion der Feuchtigkeit mit einem Isocyanat-Komplex ausgelöst. Hierdurch wird die Durchhärtetiefe auf ca. 10 mm beschränkt. Der ausgehärtete Klebstoff ist äußerst zähelastisch, verfügt über mittlere bis hohe Kohäsionsfestigkeit und ist überlaskierbar.

Silikone: härten typischerweise durch Reaktion mit Luftfeuchtigkeit aus, obwohl auch Formulierungen verfügbar sind, die durch Bestrahlung mit UV-Licht aushärten. Silikone unterscheiden sich aufgrund der Spaltprodukte, die beim Aushärten durch das Einwirken von Luftfeuchtigkeit entstehen (z.B. Essigsäure, Alkohol oder Oxim). Das ausgehärtete Silikon ist ein sehr flexibles Material mit ausgezeichneter Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen. Die Witterungsbeständigkeit ist hervorragend; unpolare Lösungsmittel rufen jedoch leicht einen Quellvorgang hervor.

Oberflächenvorbereitung

Geklebte Verbindungen werden durch einen unvollständigen Kontakt von Klebstoff und Werkstoff nachteilig beeinflusst. Die Konstruktion sollte eine angemessene Vorbehandlung der Oberflächen vorsehen und den am besten geeigneten Klebstoff festlegen, um den Erfolg der Klebung sicherzustellen. Unterschiedliche Vorbehandlungsprozesse, von der einfachen mechanischen Reinigung und der chemischen Entfettung bis zur komplexen physikalischen Oberflächenbehandlung, sind verfügbar.

Die Oberflächenvorbereitung ist der kritischste Schritt beim Herstellen einer Klebeverbindung. Bei unzureichender Oberflächenvorbereitung kommt es zwangsläufig zu einem nicht vorhersehbaren Versagen der Klebeverbindung in der Grenzfläche von Fügeanteil und Klebstoff. Bei zweckdienlicher Oberflächenvorbereitung können Klebungen hergestellt werden, die grundsätzlich durch Kohäsionsbruch versagen, und so der angegebenen Festigkeit des Klebstoffs und/oder der Primerkombination entsprechen. Zudem ist die Oberflächenvorbehandlung nicht nur hinsichtlich der Anfangsfestigkeit einer Klebeverbindung ein Schlüsselfaktor, sondern auch, und dies ist noch wichtiger, hinsichtlich ihrer Langzeitbeständigkeit unter den Einsatzbedingungen.

Als Mindestanforderung müssen Verfahren der Oberflächenvorbereitung Öl, Fett oder sonstige Schichten entfernen, deren Haftfestigkeit zum Grundwerkstoff wahrscheinlich geringer als die der Klebeverbindung ist. Bei zahlreichen Fügeanteilen aus Metall und Kunststoff bedient man sich des einfachen Abschleifens und/oder Abwischens mit Lösungsmittel. Bei einigen Metallen ist diese einfache Oberflächenbehandlung jedoch möglicherweise unzureichend, um eine gute Adhäsion oder eine ebensolche Langzeitbeständigkeit zu erzielen.

KLEBEVERBINDUNGEN

Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

Beständigkeit

Bei der Wahl eines Klebstoffs für einen bestimmten Anwendungsfall ist einer der wichtigsten Faktoren, der zu berücksichtigen ist, die Umgebung, in der die Klebeverbindung eingesetzt werden soll. Natürlich ist die von der Verbindung aufzunehmende Kraft der wichtigste Faktor, da die Klebeverbindung der erwarteten maximalen Beanspruchung (ohne übermäßiges Kriechen) standhalten und die dynamischen Dauerbelastungen aufnehmen muß. Wechselbeanspruchungen, vor allem langsame, schaden einer Klebeverbindung sehr viel mehr als eine konstante Dauerlast. Der für eine bestimmte Anwendung ausgewählte Klebstoff muß diesen Lasten und Beanspruchungen standhalten können, und zwar nicht nur zu Beginn, sondern auch nach anhaltender Einwirkung der härtesten Betriebsbedingungen, die während ihrer Lebensdauer auftreten können. Wärme und Feuchtigkeit stellen in der Regel die schädlichsten Umwelteinflüsse für die meisten Klebeverbindungen dar. Spannungen aufgrund sehr unterschiedlicher Wärmeausdehnung zweier Materialien, wie dies z.B. bei Kunststoff-Metall-Klebeverbindungen der Fall sein kann, erfordern zähelastische (nicht spröde) Klebstoffe mit niedrigem E-Modul, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Andere Faktoren, welche die Beständigkeit von Klebeverbindungen beeinflussen, sind Lösungsmittel und UV-Licht. Es empfiehlt sich, grundsätzlich einen Klebstoff zu wählen, der gegen diese Faktoren beständig ist. Es sollte davon abgesehen werden, die Klebefuge mit einer Schutzschicht zu überziehen, die rissig oder mit der Zeit durchlässig für Lösungsmittel oder Feuchtigkeit werden kann.

Weitere Produkte für die Elektronik

Wärmeleitende Klebstoffe

Loctite stellt eine Reihe von wärmeleitfähigen Klebstoffen für die schnelle Ableitung der von elektrischen Bauteilen ausgehenden Wärme her. Diese Produkte können Schrauben, Wärmeleitpasten und Isolierringe ersetzen, die zur sicheren Befestigung von Kühlkörpern an wärmeerzeugenden Bauteilen auf Leiterplatten verwendet werden. Wärmeleitfähige Klebstoffe beseitigen die Beschränkung dieser früheren Verfahren, indem sie:

- Einen direkten Kontakt zwischen dem Bauteil und der Leiterplatte ermöglichen
- Eine gute elektrische Isolierung gewährleisten
- Migrationen verhindern (z.B. von Fett)
- Das Lösen von Teilen ausschließen
- Automatisches Dosieren ermöglichen
- Lagerbestände an Schrauben, Fetten usw. verringern

Loctite 315 ist ein bei Raumtemperatur aushärtender Klebstoff auf Acrylatbasis. Er enthält Glaskugeln (125µm), um einen minimalen Klebespalt zu gewährleisten, und härtet durch Aktivator aus. Er bietet hohe Klebefestigkeiten und eignet sich für Anwendungen in starren Verbindungen.

Loctite 5404 wurde für Anwendungen, die Flexibilität der Klebestelle erfordern, wie z.B. keramische Leiterplatten und Werkstücke, entwickelt. Er basiert auf Silikon und härtet bei 150°C innerhalb von 3 Minuten.

Elektrisch leitfähige Klebstoffe

Loctite stellt eine Reihe von elektrisch leitfähigen Klebstoffen her, um entsprechende Verbindungen zwischen leitfähigen Bauteilen zu gewährleisten. Diese Produkte können als Alternative zu herkömmlichen Lötanwendungen eingesetzt werden und bieten Vorteile, wie beispielsweise die Bearbeitung bei niedriger Temperatur, eine geringe thermomechanische Ermüdung, geringen Schrumpf, wenig Rückstände und geringen Gehalt an flüchtigen organischen Bestandteilen (bleifrei).

Loctite 3880 ist ein einkomponentiger, silbergefüllter Epoxidklebstoff. Er härtet bei 125°C in 10 Minuten und bei 175°C in 3 Minuten aus. Er klebt SMD-Bauteile an flexible oder starre, gedruckte Schaltungen. Seine Strom- und Wärmeleitfähigkeit ist gut; er kann aus der Kartusche dosiert und im Schablonen- oder Siebdruckverfahren aufgetragen werden.

Anforderungen an medizinische Klebstoffe

Kein einzelner Klebstoff kann allen Anforderungen gerecht werden. Konstrukteure und Arbeitsvorbereitung müssen eine Reihe von Klebstoffeigenschaften gegeneinander abwägen, um die erforderliche Klebekraft und Dichtigkeit zu erzielen. Neben den physikalischen Eigenschaften des Klebstoffs spielen Qualität und Haltbarkeit, toxikologische Gesichtspunkte des Produktes und die Sterilisationsbeständigkeit für die Hersteller medizinischer Artikel eine besondere Rolle.

Qualität und Haltbarkeit

Loctite besitzt ein zentrales Kontrollsystem für die weltweite Produktformulierung und -qualität. Täglich werden alle an den jeweiligen Fertigungsanlagen gewonnenen Daten zu Analyse- und Vergleichszwecken automatisch in den für die weltweite Qualitätsüberwachung zuständigen Computer übertragen. Die Rückverfolgbarkeit ist für den gesamten Produktfertigungszyklus gewährleistet – von der Herkunft der Rohmaterialien bis zum Versandauftrag der Fertigprodukte.

Toxizität

Sämtliche medizinischen Klebstoffe sind von einem unabhängigen Labor gemäß den Anforderungen zur toxikologischen Klassifizierung nach USP VI geprüft (auf internationaler Ebene erfüllen ISO 194 und die Tripartite Guidelines eine vergleichbare Funktion). Zusätzlich führt Loctite für jedes medizinische Produkt Tests zu Cytotoxizität und Hämolyse durch.

Im Abstand von drei Jahren werden die Produkte erneut gemäß folgenden Tests geprüft:

- Akute systemische Toxizität (USP)
- Intracutane Toxizität (USP)
- Implantationstest (USP)
- Cytotoxizität
- Hämolyse

Diese Anforderungen sind sämtlich im weltweiten Qualitätssicherungssystem von Loctite zusammen mit jedweden speziellen Kundenanforderungen enthalten.

Fortsetzung ➔



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

KLEBEVERBINDUNGEN

Konstruktionsbetrachtungen bei Klebeverbindungen

Sterilisationsbeständigkeit

Die Hersteller von medizinischen Produkten unterziehen die Klebstoffe von Loctite den Sterilisationsverfahren, die typischerweise bei diesen Produktionsverfahren eingesetzt werden (z.B. Behandeln mit einem oder zwei Ethylenoxidzyklen (EtO), Gammabestrahlung und Autoklavierung). Hierbei wird nur ein geringer oder gar kein Festigkeitsverlust festgestellt. Die Sterilisationsbeständigkeit hängt jedoch immer von der Konstruktion und dem Material ab und ist vom Hersteller eines medizinischen Artikels zu prüfen.

Bei sterilen mehrfach verwendbaren Artikeln werden drei Methoden für die Sterilisation und Desinfektion für Krankenhauszwecke allgemein verwendet: Chemische Agenzien, Dampfautoklavierung und EtO. Dampf und EtO sind die meistgenutzten Verfahren. Neuere Methoden verwenden chemische Gase, wie z.B. Wasserstoffperoxidplasma, Peressigsäure oder Wasserstoffperoxid in der Dampfphase.

Loctite Medizinklebstoffe und Anwendungen

Die Produktpalette medizinischer Klebstoffe von Loctite für das Kleben steriler Artikel umfaßt 30 Klebstoffe in drei chemischen Kategorien:

- Lichtaushärtende Acrylate
- Cyanacrylate, Aktivatoren und Primer
- Spezialsilikone

Lichtaushärtende Acrylat-Klebstoffe

Die lichtaushärtenden Klebstoffe von Loctite werden als einkomponentige, lösungsmittelfreie Flüssigkeiten mit Viskositäten von 100 cPs (mPa s) bis zu thixotropen Gelen geliefert. Aushärtezeiten von 2 bis 60 Sekunden sind typisch, und Aushärtetiefen über 13,0 mm (0,5 inch) sind denkbar. Die Aushärtegeschwindigkeit hängt von der Intensität der Lampe, dem Abstand zur Lichtquelle, der erforderlichen Aushärtetiefe und der Lichtdurchlässigkeit des Werkstücks ab. Es stehen Formulierungen zur Verfügung, deren Eigenschaften im ausgehärteten Zustand von starren bis zu weichen, flexiblen Polymeren reichen.

Cyanacrylate

Loctite-Sekundenkleber sind einkomponentige, bei Raumtemperatur aushärtende Klebstoffe, die mit Viskositäten von wasserdünnen Flüssigkeiten bis zu thixotropen Gelen erhältlich sind. Sie bieten eine ausgezeichnete Adhäsion auf den meisten Oberflächen, wodurch sie sich insbesondere für schwierige Anwendungen eignen. Sie sind ideal, um flexible und starre Kunststoffe, Latex, Kautschuk und Metallteile zu verbinden, und zwar gleich mit gleich oder kombiniert.

Vier Arten von Cyanacrylaten sind für die Montage steriler medizinischer Geräte verfügbar:

- Allzweck-Typ – für kombiniertes Kleben der meisten Kunststoffe, Latex, Metall und Duroplaste.
- Oberflächenunempfindlicher Typ – für das Kleben poröser, saurer oder leicht verunreinigter Oberflächen.
- Temperaturwechselbeständiger Typ – beständig gegen Temperaturen bis zu 120°C.
- Alkoxyethyl Typ – geringer Geruch, geringes Ausblühen.

Spezialsilikone

Silikone von Loctite härten durch Luftfeuchtigkeit und/oder das Einwirken einer UV-Lichtquelle zu flexiblen, wärmebeständigen Kautschukelastomeren aus. Der Klebstoff kann mit UV-Licht immobilisiert und dann der Aushärtung durch Feuchtigkeit ausgesetzt werden. Silikone sind zuverlässige Dichtungsprodukte für diverse Dichtungsanwendungen und eignen sich insbesondere für das Kleben von Silikonkautschukteilen.

Vorteile der medizinischen Klebstoffe von Loctite

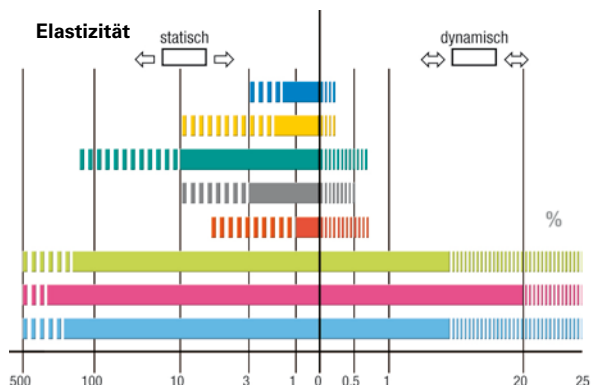
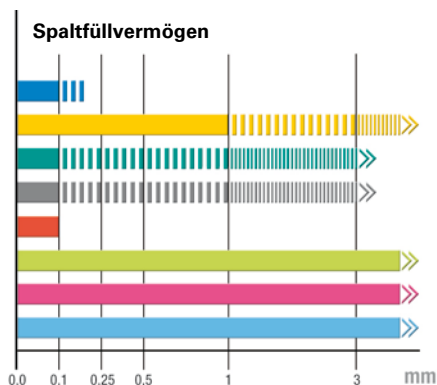
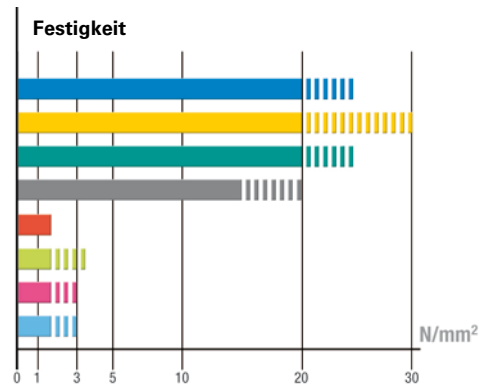
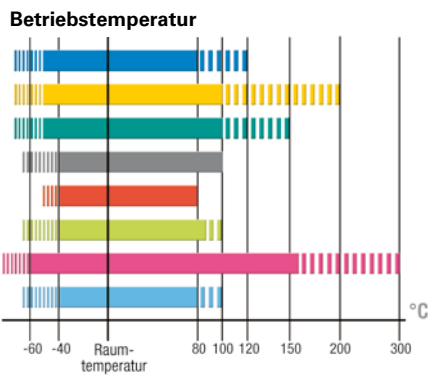
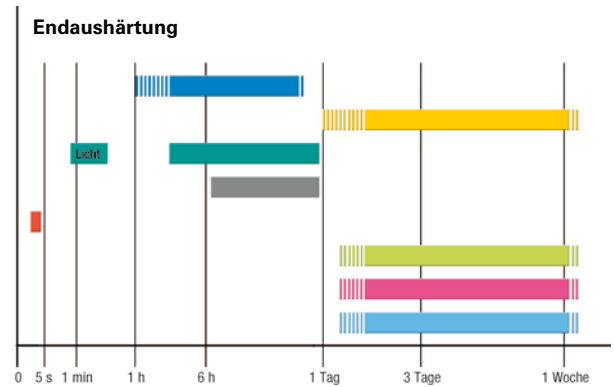
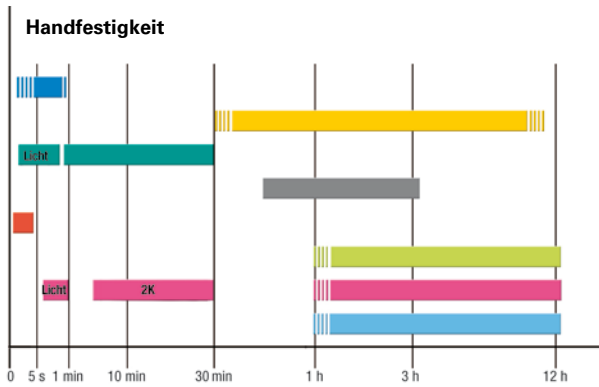
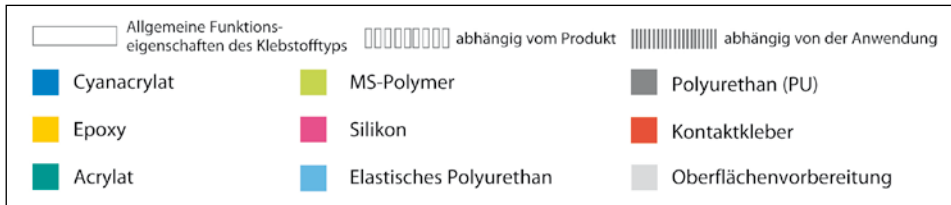
- Toxikologisch geprüft
- Ersparen Mischsysteme und Warmhärtestationen
- Reduzieren die Montagezeit
- Keine toxischen Dämpfe/lösungsmittelfrei
- Spaltfüllende Eigenschaften
- Erhöhte Produktivität
- Verringerter Raumbedarf für die Fertigung
- Reduzierung der Bauteilkosten
- Garantierte Reproduzierbarkeit
- Sterilisationsbeständigkeit
- Weltweite Verfügbarkeit mit identischen Spezifikationen
- Weltweite Dosiersysteme und -komponenten
- Internationale Produkt- und Anwendungsberatung

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

KLEBSTOFF

Beständigkeit gegen Umgebungseinflüsse

Die Beständigkeit von Klebungen gegen Umgebungseinflüsse ist von vielen verschiedenen Faktoren abhängig; dazu gehören der zwischen den Teilen zu überbrückende Spalt, die Oberflächengüte, die konstruktive Gestaltung, der eingesetzte Klebstofftyp, die Beanspruchung der Klebung und die Betriebsbedingungen. Bitte beachten Sie die Technischen Datenblätter oder wenden Sie sich an Ihre Henkel Ansprechpartner im Technischen Service vor Ort; dort erfahren Sie weitere Einzelheiten und können sich beraten lassen.



Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

KLEBSTOFF-AUSWAHL

Auswahltabelle

Für die Auswahl des am besten geeigneten Klebstoffs kann häufig eine fachliche Beratung erforderlich sein, z.B. durch einen qualifizierten, auf Klebeverbindungen spezialisierten Loctite-Mitarbeiter. Die Auswahltabellen in diesem Kapitel sollen dem Konstrukteur ein systematisches Vorgehen bei der Auswahl von Klebstoffen ermöglichen, die für einen Anwendungsfall in Frage kommen. Die Auswahltabellen sind als Leitfaden gedacht; sie ersetzen keineswegs effiziente Langzeitversuche auf der Basis des simulierten Fertigungsprozesses.

Werkstoff 2	Werkstoff 1				
	Metall Keramik	Glas	Kunststoffe	Gummi	Holz
Metall Keramik	1, 2, 4	3, 4	1, 2, 3, 4	1, 4	1, 2, 3, 4
Glas	3, 4	3, 4	3, 4	4	3, 4
Kunststoffe	1, 2, 3, 4	3, 4	1, 3, 4	1, 4	1, 3, 4
Gummi	1, 4	4	1, 4	1, 4	1, 4
Holz	1, 2, 3, 4	3, 4	1, 3, 4	1, 4	1, 4

Quelle: Henkel AG & Co. KGaA

Die Ziffern verweisen auf Klebstofffamilien, die sich für die ausgewählten Werkstoffe eignen.

Kurze Beschreibung der Klebstofffamilien:

- 1) Cyanacrylate: für kleine Klebeflächen, Adhäsion zu zahlreichen Werkstoffen
- 2) Strukturklebstoffe: Ein- und Zweikomponentensysteme, für hochfestes Kleben starrer Teile
- 3) UV-aushärtende Klebstoffe: für das Kleben durchsichtiger und/oder UV-durchlässiger Werkstücke
- 4) Flexible Klebstoffe: auf der Basis von Polyurethan oder Silikon, um Bewegungen aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnung oder Vibration standzuhalten

KLEBTECHNIK

Klebarkeit einiger Kunststoffe

Klebarkeit	Kunststoff	Polarität + polar - unpolar	Löslichkeit + löslich - unlöslich bzw. schwer löslich	Möglichkeit der		
				Diffusionsklebung	Adhäsionsklebung	
gut	PS	+/-	+	+ ¹⁾	+	
	PVC-U	+	+	+	+	
	PVC-P	+	+	+ ²⁾	+	
	PMMA	+	+	+/-	+	
	PC	+	+	+	+	
	ABS	+	+	+	+	
	CA	+	+	+	+	
	PUR	+	-	-	+	
	UP	+	-	-	+	
	EP	+	-	-	+	
	PF	+	-	-	+	
	UF-MF	+	-	-	+	
	bedingt	PA	+	-	+/-	+
		POM	+	-	-	+
PET		+	-	-	+ ³⁾	
Kautschuk		+	-	+/-	+	
schwer	PE	-	-	-	+/- ⁴⁾	
	PP	-	-	-	+/- ⁴⁾	
	PTFE	-	-	-	+/- ⁴⁾	
	SI	+/-	-	-	+	

- ¹⁾ nicht möglich bei PS-geschäumt
- ²⁾ nach Vorschrift des PVC-P-Lieferanten
- ³⁾ nach Vorbehandlung mit Natronlauge (80 °C, 5 min)
- ⁴⁾ nur nach Vorbehandlung, PP+PE lassen sich bis zur Materialfestigkeit gut kleben, geringe Schälfestigkeit

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

Gefährdungspotenziale von Lösungsmittel-Reinigern

Lösungsmittel	MAK-Wert mg/m ³	Flammpunkt °C	Sättigungskonzentration g/m ³	Gefahrenquotient GF ³⁾
Trichlorethylen	-	-	417	¹⁾
Cyclohexanon	-	43	18	²⁾
Methylenchlorid	360	-	1535	4263
Methanol	260	11	168	646
Toluol	190	6	110	578
Methylethylketon	590	-1	311	527
Aceton	1200	-17	555	462
Dimethylformamid	30	58	10,6	353
Ethylacetat	1400	-4	350	250
Resin-Clean A ⁴⁾	80	95	2,1	26
Resin-Clean VF 970 ⁴⁾	80	93	1,9	23
Resin-Clean VF 610 ⁴⁾	160	98	1,5	9
Resin-Clean 5A-DE ⁴⁾	400	85	2	5
Resin-Clean E-90 ⁴⁾	350	>100	0,5	1,5
Elasto-Clean E ⁴⁾	400	>100	0,5	1,2

- ¹⁾ kein GF-Wert, da krebserzeugend
- ²⁾ kein GF-Wert, da möglicherweise krebserzeugend
- ³⁾ Gefahrenquotient GF = Sättigungskonz. g/m³ durch MAK-Wert µg/m³ · 1000
- ⁴⁾ Organische Löser- und Reinigungsformulierungen auf Basis von propoxilierten Alkoholen, Aminen und Estern. Färber u. Schmid AG, Oetwil, Schweiz

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

KLEBTECHNIK

Auszug und Übersicht (ab-) lösbarer Kunststoffe und Elastomere

Lösungsmittel	PUR	Epoxy	Polyester	Silikone	PVC	GFK	Polyamid	PET	PMMA	Klebstoffe
Resin-Clean 5A-DE	++	+	+	o	+	+	-	+	+	+
Resin-Clean VF 970 ¹⁾	++	+	++	o	++	++	o	++	++	++
Resin-Clean A ¹⁾	++	+	++	o	++	++	o	++	++	++
Resin-Clean VF 610	++	+	+	o	+	++	o	+	++	+
Elasto-Clean E	++	+	+	o	+	o	-	+	+	-
Resin-Clean E-90 ¹⁾	+	++	++	+	o	+	+	+	++	+

++ = ausgezeichnete Lösekraft,
 + = gute Lösekraft, o = mäßige Lösekraft,
 - = schlechte Lösekraft

¹⁾ Mit diesen Produkten sind auch ausgehärtete Massen entfernbar

²⁾ vgl. Hinweis ⁴⁾ zu Tabelle „Gefährdungspotenziale von Lösungsmittel-Reinigern“

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
 © Carl Hanser Verlag München, 2007



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Acetaldehyd	3	2	1	2	3	4	n.n.	1	4	3	2	4	1	1	2	2	1
Aceton	3	n.n.	1	1	3	4	4	2	4	2	n.n.	3	1	1	1	n.n.	1
Acetylaceton	4	4	1	1	1	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	4	4	4	4	n.n.	2	1
Acetylen	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Acrylnitril	2	4	1	1	1	4	n.n.	2	4	3	2	4	1	1	1	1	1
Acrylsäureathylester: s. Aethylacrylat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Adipinsäure	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Adipinstiurediäthylester	3	n.n.	1	1	3	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Aethon(gas)	4	1	n.n.	4	2	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1
Aethanol: s. Aethylalkohol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Aethanolamin	1	n.n.	1	1	1	2	2	3	4	2	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	2	1
Aether (Aethyloether, Diaethyloether)	n.n.	1	n.n.	4	3	4	2	n.n.	n.n.	3	4	3	4	4	1	1	1
Aetherische Öle ¹⁾	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	2	n.n.	4	n.n.	3	1	4	4	4	n.n.	1	1
Aethylacetot	3	n.n.	2	2	3	n.n.	n.n.	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1	1	3	1
Aethylacrylat	3	n.n.	2	2	3	4	4	2	4	1	4	4	n.n.	n.n.	1	2	1
Aethylaether: s. Aether	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Aethylalkohol (vergällt = Spiritus) ¹⁾	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Aethylbenzol	4	4	4	4	4	3	n.n.	n.n.	1	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Aethylbromid	2	2	1	1	1	1	2	n.n.	1	4	1	4	2	3	1	1	1
Aethylchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	2	3	n.n.	2	1	n.n.	1
Aethylen(gas) (Aethen)	4	1	4	n.n.	2	1	1	2	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1
Aethylenchlorid	3	n.n.	2	2	3	3	n.n.	n.n.	3	4	1	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	1
Aethylen-diamin	1	4	1	1	1	2	1	3	4	2	2	4	1	1	1	2	1
Aethylenglykol	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aethylenoxid	4	n.n.	3	3	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	4	1	1	1	1
Aethylenoxid, flüssig	n.n.	n.n.	3	3	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	n.n.	2	1	1
Aethylglykol	4	2	4	2	2	4	4	n.n.	n.n.	4	n.n.	4	n.n.	1	1	4	1
Aethylglykolacetat	2	n.n.	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Aethylmerkaptan	4	4	4	3	3	4	4	3	n.n.	2	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1
Aetzalk: s. Calciumhydroxid/Aetzkali: s. Kaliumhydroxid/Aetznatron: s. Natriumhydroxid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Akkusäure: s. Schwefelsäure 30%	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Alaun: s. Kaliumaluminiumsulfat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Aliphate: s. Benzene und Homologe: Allgemein gilt	4	2	4	4	3	1	1	4	2	4	1	3	4	2	1	1	1
Alkohole: s. spezifische Bezeichnungen (Allgemein gilt')	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Allylchlorid	4	4	4	4	4	4	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	2	1	4	1
Aluminiumacetat, wässrig (Essigsäure Tonerde)	1	n.n.	1	1	1	1	1	4	4	1		1	1	1	1	2	1
Aluminiumchlorid, wässrig	1	1-2	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Aluminiumfluorid	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1
Aluminiumhydroxid	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Aluminiumnitrat, wässrig	1	n.n.	1	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	2-3	1
Aluminiumphosphat, wässrig (Phosphorsäure Tonerde)	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	2-3	1
Aluminiumsulfat wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	3	1
Ameisensäure	1	4	1	1	1	2	2	2	3	1	3	3	2	1	4	2	1
Ammoniak flüssig	2	4	1	1	2	2	n.n.	3	4	2	4	3	1	1	1	1	1
Ammoniakgas 20°C	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.
Ammoniak in Wasser (Salmiakgeist)	1	4	1	1	1	1	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung →



CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Ammoniumcarbonat, wässrig	2	4	1	1	1	2	2	2	n.n.	1	1	1	1	1	2	1	1
Ammoniumchlorid, wässrig (Salmiak)	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	2	1
Ammoniumdiphosphat, wässrig	1	1	1	n.n.	1	1	n.n.	1-2	n.n.	1	1	1	1	1	1	2	1
Ammoniumhydroxid, wässrig: s. Ammoniak in Wasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ammoniummetaphosphat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumnitrat, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumnitrit	1	n.n.	1	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Ammoniumpersulfat, wässrig	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	2	2	1
Ammoniumphosphat, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumsulfat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1
Ammoniumthiocyanat	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Amylocetat ¹⁾	4	4	2	2	4	3	4	3	4	4	4	4	2	2	1	2	1
Amylalkohol	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Amylborat	4	n.n.	4	4	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Amylchlorid	4	4	4	4	4	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	3	1	3	1
Anilin (Aminobenzol)	4	4	2	4	3	4	4	2	3	3	1-2	2	1	1	1-2	3	1
Anilinfarbstoffe	3	4	2	2	3	4	n.n.	2	2	3	1	1	3	1	1	1	1
Anol: s. Cyclohexanol/Anon s. Cyclohexanon	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Antichlor: s. Natriumbiosulfat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Antimonchlorid 50%	1	2	1	1	1	3	n.n.	4	n.n.	1	1	1	1	1	4	1	1
Apfelsäure, wässrig ¹⁾	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Artone = Freontypen der ICI: Verlangen Sie unsere detaillierte Anwendungsberatung	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Argongas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aromaten: siehe Benzol, Toluol, Xylol und Homologe: allgemein gilt	4	4	4	4	4	3-4	4	4	1	3-4	1-2	4	4	3	1	1-2	1
Arsenige Säure (Arsensäure)	2	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Asphalt (Erdpech)	4	2	4	4	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1-2	1	1
Ate-Bremsflüssigkeit	4	2	4	4	3	2	n.n.	4	n.n.	3	1	2	2	2	1	1	1
Boriumchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Bariumhydroxid	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Bariumsulfat (Baryt)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bariumsulfid	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Baumwollsamöl ¹⁾	4	1	1	1	1-2	1	1	1-2	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1
Benzaldehyd	3	3	1	2	4	4	4	3	4	4	2	3	4	1	1-2	2	1
Benzin, niederaromatisch	4	2	4	4	2-3	1	1	4	1	4	1	3	4	2	1	1	1
Benzin, hocharomatisch	4	2-3	4	4	3	1-2	1-2	4	1	4	1	3	4	2	1	1	1
Benzin, Flugzeug-	4	1-2	4	4	2-3	1	1	4	1	1	2	1	3	4	3	1	1
Benzoessäure, wässrig	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1
Benzol	4	4	4	4	4	3-4	3-4	4	1	3-4	1-2	4	4	3	1	1	1
Benzylalkohol	1-2	4	1	1	3	4	4	1	2	2	1	3	3	3	3	2	1
Benzylbenzoat	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1
Benzylchlorid	3	4	2	4	3	4	n.n.	2	1	4	1	4	2-3	2-3	n.n.	2-3	1
Bergblau (Kupferhydroxid)	1	1	1	1	1-2	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1
Bestrahlung, radioaktive: allgemein gilt	4	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
Bewitterung	4	1	1	1	1-2	4	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1
Bier ¹⁾	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Biphenyle, polychlorierte: s. Öle, Transformeröle	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Bismuthcarbanat (Wismutcarbonat)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1 - 2	1	
Bisulfitlauf SO ² -haltig	1	n.n.	1	1	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	3	1
Bittersalz: s. Magnesiumsulfat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bitumen 20°C (s. auch Heißbitumen)	4	2	4	4	3	2	1	4	1	3	1	4	1	1	1	1	1
Blancfix: s. Bariumsulfat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Blausäure 20%	2	2	1	1	3	3	n.n.	2	2	2	2	1	1	1	n.n.	2	1
Blausäure 98% (konz.)	3	2	n.n.	2	3	3	n.n.	2	n.n.	2	2	1	1	1	n.n.	3	1
Bleiacetat, wässrig	1	1	1	1	1	1	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1 - 2	n.n.	1
Bleiarsenat, wässrig	1	1	n.n.	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Bleichlauge Uovelle-Lauge s. Kolumhypo-chlorit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bleininitrat	1	n.n.	1	1	1	1	1	2	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Bleisulfat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	1	1
Borsäure, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1 - 2	1	1
Branntweine aller Art ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Braunkohlenteeröl: s. Steinkohlenteer	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Brennsprit: s. Aethylalkohol vergällt	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bremsöle: s. Fette und Öle	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Brom	4	4	3 - 4	4	4	3 - 4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	4	4	1
Bromenzol	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	1	4	4	4	4	1	1
Bromwasser	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	4	4	1
Bromwasserstoffsäure	3	3	1	2	2	3	n.n.	2	n.n.	1	1	4	1	1	1	4	1
Butadien	4	1 - 2	3	3	2	4	4	n.n.	2	2	1	3	1	4	n.n.	1	1
Butan-Gas (Butagas)	2	1	3	2	1	1	1	3	n.n.	1	1	1	4	4	1	1	1
Butan flüssig	4	1	4	4	1	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Butanolis Butylolkohol BUi011011 s. Methylaeth Iketon	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Butter ¹⁾	3	2	2	1	2	1	1	1	n.n.	2	1	2	1	1	1	1	1
Buttermilch ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Buttersäure, wässrig ¹⁾	4	4	3	2	3	4	n.n.	2	n.n.	2 - 3	3	1	4	1	1 - 2	1 - 2	1
Butylacetat	3	4	2	2	4	4	4	3	4	3	4	4	4	2	1	1	1
Butylaether	4	3	4	3	2	1	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Butylalkohol	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	1	1
Butylamin	4	4	4	4	4	3	n.n.	2	4	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	1
Butylbenzoat	4	n.n.	1	1	4	4	n.n.	n.n.	1	4	1	n.n.	n.n.	2	n.n.	2	1
Butylcarbitol	n.n.	n.n.	1	1	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Butylen, flüssig	3	n.n.	2	2	3	2	n.n.	n.n.	4	3	1	1	4	4	n.n.	1	1
Butylglykol	1	3	1	1	3	1	n.n.	2	4	n.n.	1	4	1	1	1	1	1
Butyloleat	n.n.	n.n.	2	2	4	n.n.	n.n.	n.n.	2	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Butylstearat	4	1	3	3	4	2	n.n.	1	2	n.n.	1	1	4	1	1	1	1
Butyraldehyd	3	n.n.	2	2	2	3	n.n.	3	4	3	n.n.	n.n.	1	3	n.n.	2	1
Calciumacetat	1	n.n.	1	1	2	2	n.n.	n.n.	4	2	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1
Calciumbisulfat, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Calciumbisulfid	2	3	1	1	2	3	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Calciumcarbonat	1	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1 - 2	1
Calciumchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calciumhydroxid, wässrig (gelöschter Kalk)	1	3	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1 - 2	1
Calciumhypochlorit, wässrig	2	4	2	1	4	1	2	3	1	2	1	1	1	1	4	3	1
Calciumnitrot	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.	n.n.	1
Calciumoxid Kalk, gebrannt	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1
Calciumsulfot (Gips), wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1

Fortsetzung →

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden



CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Calciumsulfid	2	1	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Carbitol: s. Dioethylglykolmonoäthyläther	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Carbolsäure: s. Phenol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Carbolium, wässrig	4	4	2	2	2	2	n.n.	4	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1
Celluloseacetat	3	1	1	2	3	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1
Cellulose Hydrauliköl: s. Hydrauliköl auf Phosphatesterbasis	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlor, trocken	2	4	3	3	4	3	2	4	1	2	1	1	4	4	4	4	1
Chlor, feucht	3	4	3	3	4	4	2	4	2	2	1	4	4	4	4	3	1
Chloraethyl: s. Äthylchlorid/Chlorbenzol: s. Monochlorbenzol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlorbrommethan	4	3	2	3	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	1	3	1
Chlorbutadien	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	n.n.	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Chlorcalcium: s. Calciumchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlordioxid	4	4	3	3	4	4	n.n.	3	2	1	1	n.n.	4	4	n.n.	4	1
Chlordiphenyl (Clophen)	4	4	4	4	4	4	n.n.	2	n.n.	4	1	4	1	1	1	1	1
Chloressigsäure: s. Monochloressigsäure/ Chlorkalk: s. Calciumhypochlorit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlorkohlenwasserstoffe: s. einzelne Bezeichnungen. Allgemein gilt	4	4	4	4	4	2-3	n.n.	4	n.n.	4	2	4	4	4	2	3	1
Chlormethyl: s. Methylchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chloroform (Trichlormethan)	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	4	4	4	3	4	1
Chlorothene: s. Trichloräthan	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlorsäure, wässrig	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	2	1	4	1	1	1	4	4	1
Chlorsulfonsäure	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	4	4	4	4	4	1
Chlorwasser 3%	3	3	4	3	2	3	n.n.	2	n.n.	3	2	1	2	2	4	4	1
Chlorwasserstoff(säure) s. Salzsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chromsäure 10%	4	3	3	2	4	4	n.n.	3	3	2	1	1	1	1	3	2-3	1
Chromsäure 25%	4	4	4	2	4	4	n.n.	4	3	2	1	2	1	1	4	4	1
Chromsäure 50%	4	4	4	2	4	4	n.n.	4	3	2	1	4	3	1	4	4	1
Chromtrioxid: s. Chromsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Citronensäure ¹⁾	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	2	1
Clophen: s. Chlordiphenyl	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cresol: s. Kresol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cyankali: s. Kaliumcyanid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cyanwasserstoff (säure): s. Blausäure/ Cyonatrium s. Natriumcyanid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Cyclohexan (Hexahydrobenzol)	4	2	4	4	4	1	n.n.	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1
Cyclohexanol	1-2	4	4	4	1	2	n.n.	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Cyclohexanon	4	4	3	3	4	4	4	2	4	4	4	4	1	1	1	1	1
Dampf bis °C	4	4	120	130	4	100	100	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	120	100	100	150	1	4
Dekalin (Dekahydro-naphthalin)	4	1	4	4	4	1-2	n.n.	4	1	4	n.n.	1	3	1	1	1	1
Dextrose: s. Glucose	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diacetonalkohol	4	2	1	1	3	4	4	1	n.n.	3	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dioethanolamin	n.n.	n.n.	2	1	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Dioethyläther: s. Äther	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diaethylamin	2	3	2	2	3	3	n.n.	2	4	3	4	n.n.	3	3	1-2	1-2	1
Diaethylbenzol	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	1	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Diaethylenglykol	1	3	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Diaethylenalkolmonoäthyläther (Corbitol)	2	4	2	2	2	2	n.n.	2	2	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1
Diaethylsebazat	n.n.	n.n.	2	2	4	4	n.n.	2	2	2	2	n.n.	n.n.	1	n.n.	1	1

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlorhydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Dibenzylaether	4	4	2	2	4	4	4	2	n.n.	4	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dibutylamin	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	3	4	4	4	n.n.	n.n.	3	n.n.	1 - 2	1
Dibutylphthalat	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3 - 4	2	3	3	1	1	1	1
Dibutylsebazat	4	4	1	2	4	4	2	1	2	4	2	3	1	1	n.n.	1	1
Dichloräthylen	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	2	4	4	2	1	4	1
Dichlorbenzol	4	4	4	4	4	3	n.n.	4	2	4	1	4	3	3	n.n.	1	1
Dichlorisopropylaether	4	2	3	3	4	4	n.n.	4	3	4	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Dichlormethan	4	4	4	4	4	3	n.n.	4	2	4	2	4	4	4	2	3	1
Dieselöl	4	2	4	4	2 - 3	1	1	3	1	3	1	3	2	3	1 - 2	1	1
Diglykol: s. Diäthylenglykol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dimethylaether	4	2	3	4	3	3	n.n.	n.n.	n.n.	3	3	4	2	2	n.n.	1	1
Dimethylamin	4	n.n.	4	2	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	4	3	3	1	1 - 2	1
Dimethylanilin	2 - 3	4	1	2	4	4	n.n.	2	4	3	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1 - 2	1
Dimethylformamid	1	3	3	2	3	2	n.n.	2	n.n.	3	4	n.n.	1	1	1	2 - 3	1
Dimethylphthalat	4	n.n.	2	2	4	4	n.n.	n.n.	2	4	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dioclyphthalat	4	2	3	2	4	4	2	3	n.n.	4	1 - 2	3	3	3	1	1	1
Dioclylsebazot	4	2	2	2	4	4	3	3	2	4	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Dioxan	4	4	1	2	4	4	n.n.	4	3	4	4	4	1	3	1	1 - 2	1
Diphenyl	4	4	3	4	4	3	n.n.	4	2	4	1	4	2	2	n.n.	1	1
Diphenyloxid	4	4	4	4	4	4	n.n.	2	2	4	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Dipropylenglykol	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	1
Dodecylalkohol	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	1
Eau de Javelle: s. Koliumhypochlorit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Eisenchlorid (Fern), wässrig	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 - 3	2 - 3	1
Eisensulfat, Eisenvitriol, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2 - 3	1
Eisessig: s. Essigsäure konzentriert	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Entwicklerflüssigkeiten (allgemein)	1 - 2	2	2	2	1	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Epichlorhydrin flüssig	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1
Erdgas: s. Naturgas/Erdöl: s. Öle, mineralische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Essig, (Speisessig) ¹⁾	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Essigaether /Essigester: s. Aethylacetat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Essigsäure 10%	2	4	1	1	1	2	1	3	2	1	2	3	1	1	4	1	1
Essigsäure 25%	3	4	1	1	2	4	2	3	2	2	2	4	2	1	4	3 - 4	1
Essigsäure 50%	4	4	2	2	3	4	3	3	3	2	2	4	3	2	4	3 - 4	1
Essigsäure 100% (konz.)	4	4	2	3	4	4	4	3	3	2	4	4	2	2	4	3 - 4	1
Essigsäureaethylester: s. Aethylacetat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Essigsäurehydrid 50%	2	4	1	1	3	3	4	1	4	1	4	4	3	1	1	n.n.	1
Essigsäure Tonerde: s. Aluminiumacetat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Ester: s. einzelne Bezeichnungen	4	4	4	2	4	4	3 - 4	4	n.n.	4	4	4	1 - 2	1 - 2	1	1 - 2	1
Fette: s. Öle und Fette	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fettsäuren allgemein	3	1	3	3	2	2	1	3	n.n.	3	1	1	3	3	2	3	1
Flüssiggase (LPG): s. entsprechende chemische Bezeichnung des Gases	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fluor flüssig	n.n.	n.n.	3	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	n.n.	2	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	1
Fluorbenzol	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Fluorborsäure 65%	2	4	4	2	2	2	n.n.	4	n.n.	2	n.n.	1	1	1	n.n.	4	1
Fuorsiliziumsäure: s. Kieselfluorwasserstoff-säure/Fluorwasserstoff(säure): Flussssäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Flusssäure 10%	3	2	4	4	4	3	n.n.	1	n.n.	1	1 - 2	1	2	1	4	4	1
Flusssäure 30%	4	2	4	4	4	4	n.n.	1	n.n.	1 - 2	1 - 2	4	2	1	4	4	1

Fortsetzung →

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden



CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Flussäure 75%	4	3	4	4	4	4	n.n.	1 - 2	n.n.	1 - 2	1 - 2	4	4	1	4	4	1
Formaldehyd	2	2	2	2	2	2	2	1	n.n.	1 - 2	1	2	1	1	1 - 2	1	1
Formalin (30 - 40%ige wässrige Formaldehydlösung mit 8- 12 Methylalkoholzusatz)	1	2	2	1	1	2	n.n.	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Freone und Frigene: detaillierte Anwendungsberatung verlangen	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Frostschutz: s. genaue chemische Bezeichnung	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Fruchtsäfte ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Furfurylalkohol (Furfurol)	2	4	2	2	2	4	4	2	n.n.	2 - 3	3	1	4	4	1	2	1
Gallussäure	3	3	2	2	4	4	n.n.	1	1	2	1	1	1	1	n.n.	4	1
Gasoliv: s. Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Gelatine, wässrig ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gerbsäure (Tannin)	2	1	3	2	2	2	n.n.	2	n.n.	1 - 2	1 - 2	1	1 - 2	1	1	3	1
Gips: s. Calciumsulfat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Glaubersalz: s. Natriumsulfat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Glucose ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Glycerin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Glycerol: s. Aethylenglykol rein	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Glykole: genaue Bezeichnung ermitteln: allgemein gilt	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Harn: s. Urin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Heißbitumen bis °C	4	4	4	4	4	12	100	4	n.n.	4	180	4	4	4	90	90	200
Heißluft: s. Luft	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Heißteer bis °C	4	4	4	4	4	100	100	4	n.n.	4	180	4	4	4	90	90	200
Heizöle	4	2	4	4	2	1	1	3	1	3	1	3	3	3	1	1	1
Helium	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Heptan	4	2	4	4	2	1	n.n.	4	n.n.	2	1	1	1	2	1	1	1
Hexaldehyd	3	3	1	2	2	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	2	1
Hexahydrobenzol: s. Cyclohexan/Hexolin: s. Cyclohexanol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Hexan	4	2	4	4	1	1	1	4	1	1	1	1	1	3	1	1	1
Hexanol - Hexylalkohol	1	4	2	1	2	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1
Holzöl	4	2	4	4	3	2	n.n.	3	n.n.	3	1	3	2	2	1	1	1
Hydraulik-Öle und Flüssigkeiten	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
- Mineralölbasis	4	1	4	4	2	1	1	3	1	2	1	3	3	2	1	1	1
- Glykolbasis	4	1 - 2	1	1	2	1	1	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1
- Phosphatesterbasis	4	4	2	2	4	4	4	2 - 3	n.n.	4	1	4	4	3	1	n.n.	1
Hydrazin	2	4	1	1	2	2	n.n.	4	n.n.	2	4	1	1	1	n.n.	1 - 2	1
Hydrozinhydrat, wässrig	4	4	1	1	3	3	n.n.	3	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	1	1
Jauche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Jovellelauge: s. Koliunhypo-chlorit	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Jodtinktur (5-10%ige alkohol. Jodlsg.)	2	4	2	2	4	2	n.n.	4	n.n.	2	1	4	3	2	4	4	1
Isobutanol = Isobutylalkohol	1-2	4	1	1	1	2	n.n.	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Isooctan	4	2	4	4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1	n.n.	1
Isooctanol = Isoctylalkohol	1	3	1	2	1	2	n.n.	2	n.n.	2	1	1	1	1	n.n.	1	1
Isophoron	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	1
Isopropanol = Isopropylalkohol	1	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1
Isopropylacetat	3	3	1	2	4	4	n.n.	2	n.n.	4	4	2	n.n.	3	1	1	1
Isopropylaether	4	2	3	3	3	3	n.n.	n.n.	n.n.	3	3	3	3	3	1	1	1
Isopropylbenzol	4	3 - 4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Isopropylchlorid	4	n.n.	4	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Kalilauge: s. Kaliumhydroxid/Kalisolpeter: s. Kolumnitrot	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kaliumacetat, wässrig	4	4	1	1	2	2	n.n.	4	4	4	4	1	1	1	n.n.	1	1
Kaliumaluminiumsulfat (Alaun)	1	1	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Koliumbichromat	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Koliumbichromat: s. Kaliumdichromat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kaliumborat, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Koliumbromid, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumcarbonat (Pottasche)	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumchlorat, wässrig	1	2	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	1	1	1	1	1	1	4	1
Kaliumchlorid	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumcyanid (Cyankali)	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1
Kaliumdichromat	3	2	1	1	3	2	1	1	3	1-2	1	1	1	1	2-3	1	1
Kaliumhydroxid (Aetzkali, Kalilauge)	1	1	1	1	1	1	n.n.	3	n.n.	1-2	1	1	1	1	1	1-2	1
Kaliumhypochlorit (Javelle)	2	4	2	2	4	2	n.n.	2	n.n.	4	1	1	3	3	4	n.n.	1
Kaliumjodid, wässrig	3	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	3	1	1	4	1	1
Kaliumnitrat, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumpermanganat 10 °C, wässrig	3	1	1	1	3	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	4	1	1
Kaliumphosphat (mono und dibasisch)	1	1	1	1	2	1	n.n.	4	n.n.	1	1		1	1	1	1	1
Kaliumsulfat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kaliumsulfid	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	4	1
Kalk, gebrannt s. Calciumoxid/Kalk, gelaugt: s. Calciumhydroxid/Kalkmilch (Kalkwasser): s. Calciumhydroxid, wässrig	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kalkstein: s. Calciumcarbonat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kalzium: s. Calcium	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kalzinierte Soda: s. Natriumcarbonat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Karbolineum: s. Carbolineum/Karbolsäure: s. Phenol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kerosen (Kerosin)	4	2	4	4	3	2	n.n.	3	n.n.	2-3	1	1	4	4	1	1	1
Ketone: s. einzelne Bezeichnungen: allgemein gilt	3-4	4	2	2	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	1-2	1-2	1
Kieselfluorwasserstoffsäure, wässrig	1	4	2	2	3	2	n.n.	4	n.n.	2	4	1	1	1	3	4	1
Kieselsäure: s. Siliziumdioxid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kochsalz: s. Natriumchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kohlendioxyd, gasförmig, sowie nass und trocken	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kohlendioxyd fest (Trockeneis -80°C) beständig, jedoch werden die Elasto- und Plastomere steif bis brüchig	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kohlendisulfid: s. Schwefelkohlenstoff	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kohlenmonoxid	2	1	3	3	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Kohlensäure: s. Kohlendioxid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kohlenstofftetrachlorid (Tetrachlorkohlenst.)	4	3	4	4	4	3	2	4	1	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Kokosnuss-Fett und Cl	4	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	4	4	1	1	1
Königswasser	4	4	4	3	4	2	n.n.	3	3	2	2	2	4	4	4	4	1
Kornöl	4	1	3	2	2	1	1	1	1	2	1	2	4	1	1	3	1
Kreosot	4	2	2	2	4	4	4	2	1	2-3	1	2-3	4	4	1	1	1
Kreosole (Kresylsäure)	4	4	4	4	3	3	n.n.	2	2	3	1	4	4	4	4	3	1
Kupferacetat	n.n.	n.n.	1	1	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	2	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	1
Kupferchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	2-3	1	1

Fortsetzung →

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut;
3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden



CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Kupfercyanid	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	n.n.	1	1	1	1	1
Kupferhydroxid: s. Bergblau	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Kupfernitrat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	3	1	3	1	1	1
Kupfersulfat, wässrig (Kupfervitriol)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	2-3	1	1	2-3	1	1
Lochgas: s. Stickoxydul	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lackbenzin: siehe Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lacke: unbedingt Zusammensetzung ermitteln	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lanolin	4	1	3	3	2	1	n.n.	3	n.n.	3	1	2	2	3	1	1	1
Laugen: s. genaue Bezeichnungen Allgemein gilt	1-2	2	1	1	1-2	2-3	2	2	1-2	1	2	1	1-2	1-2	2-3	3	1
Laurylalkohol: s. Dodecylalkohol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lebertran(öl) ¹⁾	4	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	4	1	1	1	1	1
Leichtbenzin: s. Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Leim, tierisch	2	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Leinöl ¹⁾	4	2	2	2	2	1	n.n.	1	1	1-2	1	3	4	1	1	1	1
Leuchtgas: s. Stadtgas	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lösungsmittel: s. spezifische Bezeichnungen	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
LPG: s. entsprechende chem. Bezeichnung des Gases	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Luft, atmosphärische, ölfrei, bis 4°C	70	80	90	120	90	90	150	175	175	120	200	70	90	100	120	120	200
Luft, ölhaltig, bis +°C	4	80	4	4	90	100	150	175	175	120	200	70	90	100	120	120	200
Magnesiumchlorid, wässrig	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1
Magnesiumhydroxid	2	1	1	1	1	2	1	n.n.	n.n.	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Magnesiumsilikat (Talk)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Magnesiumsulfat	2	1	1	1	1	2	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Magnesiumsulfid, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	n.n.	4	1
Maische ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maleinsäure, wässrig	3	4	3	3	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	4	1	1	1	1	n.n.	3	1
Margarine-Fette und -Öle ¹⁾	3	1	1-2	3	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
Maschinenöle: s. Öle, mineralische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Meerwasser: s. Wasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
MEK: s. Methyläthylketon	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Melasse ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mesityloxid	4	n.n.	2	2	4	4		4	4	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Methan(gas)	4	3	4	3	3	1	1	3	2	3	1	1	1	1	1	1	1
Methanol: s. Methylalkohol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Methylacetat	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	2	1
Methyläthylketon (MEK)	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1	3	1
Methylalkohol	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1-2	1	1
Methylamin, wässrig	1	n.n.	1	1	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	3	1	1	1	1	1
Methylchlorid	3	4	2	2	4	4		4	2	4	3	3	4	2	1	4	1
Methylenchlorid: s. Dichlormethan	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Methylglykol (Methylcellosolve)	4	n.n.	2	2	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2	4	4	1	1	1	2	1
Methylcycloacetat	4	4	2	2	n.n.	4	n.n.	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	1	1	1	2	1
Methylisobutylketan	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	n.n.	1	n.n.	1	2	1
Methylphthalat: s. Dimethylphthalat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Milch ¹⁾	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Milchsäure, wässrig ¹⁾	2	2	2	2	3	3	1	1	1	2	1	3	2	1	1-2	1	1
Mineralöl: s. Öle, mineralische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Milchsäure I (Schwefelsäure/Salpetersäure/ Wasser)	4	4	2	4	4	4	n.n.	4	2	4	4	4	4	4	4	4	1

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Milchsäure II (Schwefelsäure/Phosphorsäure/Wasser)	4	n.n.	2	2	3	4	n.n.	n.n.	2	1	1	1	3	4	4	4	1
Monochlorbenzol	4	3	4	4	4	4	4	3	2	4	2	4	4	1	1	1	1
Monochloressigsäure	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	2	4	4	4	1	4	4	1
Monochlormethan: s. Methylchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Monostyrol: s. Styrol, monomer	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Most, unvergoren ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Most, vergoren: s. Obstwein	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Motorenöl: s. Öl und Fette, mineralische Zusätze abklären	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Myristylalkohol - Myristinalkohol	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1
Naphtha (Erdöl)	4	2	4	4	4	1	1	2	1	3	1	3	4	1	1	1	1
Naphthalin: s. Steinöl	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Natriumacetat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	4	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Natriumbicarbonat, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumbisulfat	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumbisulfid, wässrig	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Natriumborat (Borax)	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Natriumcarbonat	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumchlorat, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Natriumchlorid (Kochsalz) ¹⁾	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumcyanid	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumdichromat	2 - 3	3	2	1	2	3	n.n.	2	n.n.	1	1	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Natriumfluoraluminat 10%	1	2 - 3	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1
Natriumfluorid	1	2	1	1	1	1	n.n.	2	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1	1
Natriumhydroxid, Natronlauge, Aetznatron) 25%, 20°C	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	3	1	1	1	1 - 2	1	1
Natriumhydroxid, Natronlauge, Aetznatron) 25%, 100°C	4	4	2	2	3	4	3	4	3	3	4	4	4	2	2 - 3	4	1
Natriumhypochlorit 10%	2	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4	2 - 3	1
Natriumhypochlorit 30%	3	3	2	1	4	2	1	3	2	1	2 - 3	1	2	1	4	2 - 3	1
Natriummethaphosphat	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumnitrat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natnumtrit	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	3	1
Natriumperborat	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Natriumperoxid	2	3	2	2	3	2	n.n.	4	1	2	2	n.n.	n.n.	1	1	1	1
Natriumphosphat (siehe auch zusätzlich Trinatriumphosphat)	1	2	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumsilikat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumsulfat, wässrig	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Natriumsulfid, wässrig	3	n.n.	1	1	4	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	4	1	1	1	1	1	1
Natriumsulfit, wässrig	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	2 - 3	1
Natriumthiosulfat (Antichlor)	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1
Natron, auch doppeltkohlensaures N: s. Natriumbicarbonat Natronlauge: s. Natriumhydroxid Natronsalpeter: s. Natriumnitrat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Naturgas, nass	3	1 - 2	4	3	1	1	1	4	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Naturgas, trocken	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nickelsulfat, wässrig	1	2	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1 - 2	1	1
Nitriersäure (Gemische aus Salpetersäure und konz. Schwefelsäure, siehe diese)	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden

Fortsetzung →



CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IIR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Nitrobenzol	3	4	4	4	4	4	n.n.	4	4	4	2	4	4	1	1-2	2-3	1
Nitropropan	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	2-3	1
Nitrotoluol	4	n.n.	3	3	4	3	n.n.	n.n.	2	4	3	4	1	n.n.	n.n.	2-3	1
Nonylalkohol (Nonanol)	4	4	4	1	1	4	n.n.	2	n.n.	2	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1
Obstpulpe ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Obstweine vergoren ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Octan	4	1	4	4	3	1	n.n.	4	2	4	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1
Octanol = Octylalkohol	2	4	1	1	1	2	n.n.	2	n.n.	1	1	4	1	1	1	1	1
Olsäure	4	1	4	4	3	2	n.n.	4	1	4	2	1	2	3	1	1-2	1
Öle und Fette	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
- mineralische, ohne Zusätze bei 20°C	4	1	4	4	2-3	1	1	2-3	1	2-3	1	2	2	2	1	1	1
- mineralische, ohne Zusätze bis °C	4	60	4	4	4	120	140	4	180	150	200	4	30	40	100	100	200
- ASTM-Öl Nr. 1 20 °C	4	1	4	4	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1
- ASTM-Öl Nr. 2 20 °C	4	2	4	4	2	1	1	3	1	2	2	2	3	3	1	1	1
- ASTM-Öl Nr. 3 20 °C	4	2	4	4	2	1	1	3	1	2	2	2	3	3	1	1	1
- tierische (animalische) ¹⁾	4	1	2	2	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
- pflanzliche (vegetabile) ¹⁾	3	1	1-2	3	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
Transformator-Öle (Pyranole)	4	2	4	4	4	1	4	2	1	4	1	3	3	4	1	1	1
- auf Silikonbasis	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Dieselöl	4	2	4	4	2-3	1	1	3	1	3	1	3	2	3	1-2	1	1
- Heizöl	4	2	4	4	2	1	1	3	1	3	1	3	2	3	1-2	1	1
Hydrauliköle auf	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
- Mineralölbasis	4	2	4	4	2	1	1	3	1	1-2	1	3	3	2	1	1	1
- Glykolbasis (Polyalkylglykole)	4	1-2	1	1	2	1	2	2	n.n.	2	3	n.n.	1	1	1	1	4
- Phosphatesterbasis	4	4	2	2	4	4	4	2-3	2	4	1	4	4	3	1	n.n.	1
Olein(säure): s. Ölsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Oleum (rauchende Schwefelsäure)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	1
Oleumdämpfe	4	4	3	3	4	4	n.n.	4	n.n.	3	3	3	4	4	4	4	1
Olivienöl ¹⁾	4	1	2	3	1	1	1	2	1	1-2	1	1	1	1	1	1	1
Oxalsäure, wässrig	2	4	2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	1	1	1-2	2	1
Ozon	4	1	2	1	3	4	1	1	1	1	1	1	4	4	3	4	1
Palmitinsäure	3	1	3	3	2	3	2	1	1	2-3	2	4	1	1	1	2	1
Palmöl ¹⁾	4	2	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3	4	4	1	1	1
Paraffin, Poroffinöle	4	2	3	3	2	1	1	2	1	3	1	1	3	1	1	1	1
Paraformaldehyd	3	1	2	2	2	2	n.n.	1	n.n.	n.n.	2	n.n.	1	1	1-2	1	1
Pentachlorphenol	4	4	1	2	4	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	4	1
Pentan	4	4	4	4	1	1	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	4	n.n.	1	1	1
Perborat: s. Natriumborat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Perchloraethylen	4	4	4	4	4	2-3	2	2	2	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Perchlorsäure, wässrig	2	4	2	2	3	3	3	4	1	1	1	1	1	1	4	4	1
Perhydrol: s. Wasserstoffsuperoxid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Permanganat: s. Kaliumpermanganat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Petrol(eum)	4	1	4	4	2	1	1	2	1	3	1	4	2-3	2-3	2-3	1	1
Petrolaether: s. Benzin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pflanzenöle allgemein gilt	3	1	1-2	3	2	1	1	3	1	1-2	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
Phenol (Corbolsäure), wässrig	3	4	1	1	3	4	4	2	2	3	1	4	4	1	4	3	1
Phosphoroxidchlorid	4	n.n.	1	1	4	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	4	3	3	n.n.	4	1
Phosphorsäure 50%	1	2	1	1	1	2	n.n.	2	2	1	1	1	1	1	4	4	1
Phosphorsäure 85%	1	4	1	1	1	3	n.n.	3	2	1-2	1	1	1	1	4	4	1
Phosphorsäure Tonerde: s. Aluminiumphosphat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Phtalsäureanhydrid, wässrig (Phthalsäure)	1	n.n.	1	1	1	4	n.n.	n.n.	n.n.	1	4	1	1	1	3	2	1
Pikrinsäure	3	4	3	1	3	3	n.n.	1	2	2	1-2	1	1	1	1	4	1
Pinienöl ¹⁾	4	1	4	4	4	2	1	2	1	4	1	2	2-3	2-3	1-2	1	1
Polychlorierte Biphenyle (Pyranole): s. Öle, Transformeröle	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pottosche: s. Kolumcarbonat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pressluft: s. Luft, ölhaltig	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Propan, flüssig	4	1	4	4	2	1	1	3	2	3	1	1	4	1	1-2	1	1
Propangas	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2-3	1	1	2	2	1	1	1
Propanol: s. Propylalkohol	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Propionsäure	4	n.n.	1	1	3	4	4	n.n.	n.n.	3	1	1	1	1	n.n.	4	1
Propylacetat	4	n.n.	2	1	1	4	4	n.n.	4	4	4	n.n.	2	2	n.n.	1	1
Propylalkohol	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	1	1	1	1
Propylamin	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	1	n.n.	1-2	1
Propylen (Propen)	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	n.n.	1	n.n.	1	1
Propylendichlorid	4	n.n.	4	4	4	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	1-2	4	1
Propylenglykol	1	n.n.	1	1	1	3	n.n.	1	n.n.	1	1	3	1	1	4	1	1
Propylenoxid	4	4	2	2	4	4	n.n.	4	n.n.	4	4	n.n.	n.n.	1	4	2	1
Pydraul: s. Hydraulikflüssigkeiten auf Phosphatesterbasis/Pyranole: s. Öle, Transformeröle	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pyridin	4	4	2	1	4	4	3	4	n.n.	3	3	4	1	3	1	1	1
Quecksilber	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1
Quecksilberchlorid (Sublimat)	1	1	1	1	2	3	1	1	n.n.	1-2	1	3	1	1	4	1	1
Quecksilbernitrat	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	1	1	1	1
Rauchende Schwefelsäuren s. Oleum	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Raps(samen)öl	4	2	1	1	2	2	1	4	1	2	1	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1
Rizinusöl ¹⁾	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	n.n.	2-3	1	1	1	1
Rohöl, stark womausch	4	2	4	4	3	1-2	1	4	1	2	1	3	3	3	1	2	1
Rohzuckersaft ¹⁾	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Solicylsäure, wässrig	1	n.n.	1	1	1	1-2	n.n.	n.n.	1	1	1	n.n.	1	1	1	3	1
Salmiak: s. Ammoniumchlorid/Salmiakgeist s. Ammoniak in Wasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Salpetersäure 10%	3	4	1	1	3	3	4	3	n.n.	1-2	1-2	1	1	1	4	4	1
Salpetersäure 25%	4	4	2	1	4	4	4	4	n.n.	1-2	1-2	1	1	1	4	4	1
Salpetersäure 40%	4	4	2	2	4	4	4	4	n.n.	1-2	1-2	2	4	4	4	4	1
Salpetersäure 60%	4	4	4	3	4	4	4	4	n.n.	1-2	1-2	3	4	4	4	4	1
Salz: wenn Kochsalz siehe Natriumchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Salzsäure 15%	1	2	1	1	3	2	2	1	n.n.	1-2	1	1	1	1	4	4	1
Salzsäure 38% (konz.)	2	4	1	1	3	3	4	3	2	1-2	1	2	1	1	4	4	1
Salzsäuregas	1	2	1	1	3	2	n.n.	1	n.n.	1-2	1	1	1	1	4	4	1
Salzwasser: s. Sole oder s. Wasser, Meerwasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sangojol i. Terpentinölersatz: s. Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Säuren: s. spez. Bezeichnung. Allgemein gilt	2-3	3	2	1-2	2-3	3	2-3	2	1-2	1-2	1	2-3	1-2	1-2	3	2-3	1
Sauerstoff rein bis +°C	4	80	90	120	90	4	100	175	175	120	200	70	70	70	90	100	200
Scheidewasser: s. Salpetersäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Schmieröle und -fette: s. Öle	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Schwefel, geschmolzen, 90 °C	1	2	4	4	4	4	3	1	1	1	1	4	4	4	1	1	1
Schwefeläther: s. Ather/Schwefeldioxid s. schweflige Säure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

Fortsetzung →

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden



CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Schwefelkohlenstoff	4	2	4	4	4	4	1	4	1	4	1	2	4	4	1	1	1
Schwefelsäure 10%	1	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	1	4	1-2	1
Schwefelsäure 30%	2	2	1	1	2	2	2	4	4	1	1	1	1	1	4	4	1
Schwefelsäure 50%	3	2	1	1	3	3	3	4	4	1	1	1	1	1	4	4	1
Schwefelsäure 75%	4	4	3	2	4	4	4	4	4	1-2	1	3	3	1	4	4	1
Schwefelsäure 90%	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2	1	4	4	1	4	4	1
Schwefelsäure konz. (Oleum, rauchende S.)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	1
Schwefeltrioxid	2	2	3	2	4	3	n.n.	3	2	2-3	1	1	1	1	4	4	1
Schwefelwasserstoff, feucht	4	3-4	2	2	3	3	2	1	3	1	1	4	1	1	1	4	1
Schwefelwasserstoff, trocken	3	3	2	2	3	2	2	1	2	1-2	1	4	1	1	1	4	1
Schweflige Säure 10%, feucht	3	2	1	1	3	3	n.n.	1	2	1-2	2	2	2	1	1	4	1
Schweflige Säure 75%, feucht	4	4	2	2	4	4	n.n.	3	2	2-3	2	4	3	3	4	4	1
Schweinefett: s. Öle und Fette, tierische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Schwerbenzin (Lack- oder Testbenzin): s. Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Seifenlösung	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
reine Silikonöle und -Fette	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	4	1	1	1	1	1
Siliziumdioxid (Kieselsäure)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	1
Skydrol: s. Hydraulikflüssigkeiten, auf Phosphatesterbasis	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Soda, kristallisiert: s. Natriumcarbonat/Soda, kalziniert: s. Natriumcarbonat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Sojabohnenöl ¹⁾	4	2	3	3	2	1	1	1	1	2	1	1	4	1	1	1	1
Sole (Kochsalzlösung)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Speck ¹⁾	4	1	4	4	3	1	1	2	1	3	1	n.n.	1	1	1	1	1
Spindelöl. s. Öle, mineralische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Spiritus: s. Athylalkohol, vergällt	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Stadtgas, Leuchtgas (Erdgas: s. Naturgas)	3	3	3	3	3	2	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Stärke, wässrig ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stärkesirup ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Stearin(säure)	2	1	2	2	2	2	2	1	n.n.	2-3	2	1	4	4	1	1	1
Steinöl (Naphthalin)	4	2	4	4	4	1	n.n.	3	1	2-3	1	1	4	4	1	1	1
Steinkohlenteer (s. auch Heißeer)	4	4	4	4	3	2	2	1	1	4	1	2	2	2	1	1	1
Stickoxydul (Lachgas)	1	1	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1
Stickstoff	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Styrol, monomer	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4	1	1	1
Sublimat: s. Quecksilberchlorid	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Talg	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Talk(um): s. Magnesiumsilikot	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tannin: s. Gerbsäure	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Teer (s. auch Heißeer)	4	4	4	4	3	2	2	2	1	4	1	2	2	2	1	1	1
Terpentin(öl)	4	4	4	4	4	1	1	4	2	4	1	3	3	4	1	2	1
Terpentinersatz: s. Benzin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Testbenzin = White Spirit: s. Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tetrachloräthylen (Perchloräthylen)	4	2	4	4	4	2	1-2	4	2	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Tetrachlorkohlenstoff (Kohlenstofftetrachlorid)	4	3	4	4	4	3	2	4	1	4	1	4	4	4	1-2	1	1
Tetrahydrofuran	4	n.n.	2	4	4	3	n.n.	n.n.	n.n.	4	4	4	3	4	1	1-2	1
Tetralin = Tetrahydronaphthalin	4	n.n.	4	4	4	3	n.n.	4	1	4	1	1	3	4	1	1	1
Tierfett: s. Öle und Fette, tierische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Toluol	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	1	4	4	4	1	1	1
Tran: s. Lebertran	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.

CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT DER WERKSTOFFE

Elastomer/Thermoplaste (Kurzbezeichnung)	Naturkautschuk	Polyurethan-Kautschuke	Bulykautschuk	Aethylen-Propylen-Kautschuke	Neoprene (Chloroprene)	Nitrilkautschuk	Epichlor-hydrin-Kautschuk	Silikon-Kautschuke	Fluorsilikon-Kautschuke	Hypalon	Viton	weich	Polyäthylene	Polypropylene	Polyamide (Nylon usw.)	Polyacetale	Teflon usw.
	NR, SBR	AU, EU	IR	EPDM, EPDM	CR	NBR	CO, ECO	O, MQ	FO	CSM	FPM	PVC	PE	PP	PA	POM	PTFE
Transformatoröle: s. Öle	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Traubensatz, unvergoren ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Traubenzucker s. Glucose	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Triäthanolamin	3	4	3	3	1	2	n.n.	1	4	3	1	4	1	1	1	1	1
Triäthylamin	n.n.	n.n.	2	4	n.n.	3	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1	n.n.	n.n.	1 - 2	1
Tributylphosphat	4	4	2	1	4	4	n.n.	n.n.	4	4	4	4	1	n.n.	n.n.	2	1
Trichloräthan (Chlorothene)	4	4	4	4	4	4	n.n.	4	2	4	1	n.n.	4	2	1	4	1
Trichloräthylen	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	1 - 2	4	4	2	1 - 2	2 - 3	1
Trichlormethan: s. Chloroform	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tricresylphosphat	1	4	1	1	3	4	4	1	2	4	2	4	3	3	1	2	1
Trinatriumphosphat	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	n.n.	1	n.n.	1	1	1	1	1	1
Trioctylphosphot	4	n.n.	1	4	4	2	n.n.	3	2	4	4	4	1	1	n.n.	2	1
Urin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vaseline: s. Öle und Fette, mineralische	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Verdünner für Farben und Lacke: Zusammensetzung ermitteln	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Vinylacetat	1	n.n.	1	1	1	1	n.n.	n.n.	n.n.	1	1	4	n.n.	n.n.	1	2	1
Vinylchlorid, monomer	2	4	1	2	4	4	n.n.	4	n.n.	n.n.	1	4	4	n.n.	1	4	1
Vitriol: s. Kupfersulfat/Vitriolöl: s. Oleum	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Waschmittel, synth. 20°C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
- Trink- oder Mineralwasser, ohne Zusätze ¹⁾ bis °C	70	60	100	120	70	110	110	120	100	100	150	70	80	90	100	100	200
- destilliert, demineralisiert, entsalzt, Kondenswasser: beeinflusst nicht Polymer, Polymer beeinflusst Wasser	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
- Mineralwasser CO. gesättigt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Königswasser: siehe dieses	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
- Meerwasser	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasserdampf bis °C	4	4	120	130	4	100	100	120	100	100	150	4	4	4	120	120	200
Wasserglas: s. Natriumsilikat	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Wasserstoff(gas)	2	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Wasserstoffperoxid 10%	3	2	4	2	4	3	n.n.	1	n.n.	1	1 - 2	1	2	1	4	1	1
Wasserstoffperoxid 30%	4	2	4	2	4	4	n.n.	1	2	1 - 2	1	4	1	1	4	1	1
Weine rot und weiß ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Weinsäure, wässrig ¹⁾	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1
White Spirit: s. Benzine	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Wismutcarbonat (Bismuthcarbonat)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wollfett: s. Lanolin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Xylenol	4	4	4	4	4	3 - 4	4	4	1	4	1 - 2	4	4	3	1	1	1
Xylol	4	4	4	4	4	3 - 4	4	4	1	4	1 - 2	4	4	3	1	1	1
Zinkacetat, wässrig ¹⁾	4	4	1	1	2	2	n.n.	4	4	4	4	n.n.	1	1	n.n.	1	1
Zinkchlorid, wässrig ¹⁾	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1 - 2	1	1	1	2 - 3	2	1
Zinksulfat, wässrig	1	3	1	1	1	1	n.n.	1	1	1	1	1	1	1	2 - 3	1	1
Zinn II-Chlorid, wässrig	1	1	2	2	1	1	n.n.	2	1	1	1	1	1	1	3	4	1
Zitronensäure, wässrig ¹⁾	1 - 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1 - 2	2	1
Zucker, wässrig ¹⁾ (Rohzuckersaft, s. diesen)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 Kein bis geringer Effekt, 0 bis 5% Volumenquellung/sehr gut; 2 Geringer bis mäßiger Effekt, 5 bis 10% Volumenquellung/gut; 3 Mäßiger bis starker Effekt, 10 bis 20% Volumenquellung/mäßig; 4 Nicht empfohlen/schlecht; n.n. Keine Werte vorhanden

MATERIALPRÜFNORMEN

DIN – Normen	DIN EN / ISO - Normen	Titel
7724		Polymere Werkstoffe; Gruppierung polymerer Werkstoffe aufgrund ihres mechanischen Verhaltens
	ISO 1382	Elastomere - Vokabular englisch
	DIN EN ISO 1043	Kunststoffe - Kennbuchstaben und Kurzzeichen
	DIN ISO 3302	Gummi - Toleranzen für Fertigteile
16901		Kunststoff-Formteile; Toleranzen und Abnahmebedingungen für Längenmaße
7716		Erzeugnisse aus Kautschuk und Gummi; Anforderungen an die Lagerung, Reinigung und Wartung
	DIN ISO 527	Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften
53504		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren; Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch
Neu 7/2008	DIN ISO 132	Elastomere oder thermoplastische Elastomere - Bestimmung von Rissbildung und Risswachstum bei Dauer-Knickbeanspruchung
	DIN EN 12814	Prüfung von Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen
	DIN EN ISO 175	Kunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien
8/2008	DIN ISO 1817	Elastomere - Bestimmung des Verhaltens gegenüber Flüssigkeiten
5/2008	DIN EN ISO 62	Kunststoffe- Bestimmung der Wasseraufnahme
	DIN EN ISO 1183	Kunststoffe - Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen
	DIN EN ISO 75	Kunststoffe - Bestimmung der Wärmeformbeständigkeitstemperatur
	DIN EN ISO 306	Kunststoffe - Thermoplaste Bestimmung der Vicat-Erweichungstemperatur
DIN 53505		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren Härteprüfung nach Shore A und Shore D
	DIN EN ISO 868	Kunststoffe und Hartgummi Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer
	DIN ISO 7619	Elastomere oder thermoplastische Elastomere Bestimmung der Härte
	DIN EN ISO 2039	Kunststoffe - Bestimmung der Härte Kugeleindruckversuch
DIN 53508		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren - Künstliche Alterung
	ISO 188	Elastomere - Prüfung zur Bestimmung der beschleunigten Alterung und der Hitzebeständigkeit
DIN 53509		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren - Bestimmung der Beständigkeit gegen Rissbildung unter Ozoneinwirkung
Projektiert	ISO 1431	Elastomere - Bestimmung des Widerstandes gegen Ozonrissbildung
DIN 53512		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren Bestimmung der Rückprall-Elastizität
DIS!	ISO 4662	Kautschuk; Bestimmung der Rückprallelastizität von Vulkanisaten
DIN 53754		Prüfung von Kunststoffen Bestimmung des Abriebs nach dem Reibradverfahren
	DIN ISO 815	Elastomere Bestimmung des Druckverformungsrestes bei Umgebungs-, erhöhten oder niedrigen Temperaturen
	DIN ISO 2285	Elastomere oder thermoplastische Elastomere Bestimmung des Zugverformungsrestes unter konstanter Dehnung und des Zugverformungsrestes, der Dehnung und des Fließens unter konstanter Zugbelastung
7/2008	DIN ISO 132/133	Elastomere oder thermoplastische Elastomere Bestimmung von Rissbildung und Risswachstum bei Dauer-Knickbeanspruchung
DIN 53536		Prüfung von Kautschuk und Elastomeren Bestimmung der Gasdurchlässigkeit
DIN 53483 bis 53486	VDE 0303	Prüfung von Isolierstoffen Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

RICHTWERTE UND NORMEN

Temperaturkennwerte von Kunststoffen

Kunststoff	Glasfaser- gehalt	HDT/A °C	Gebrauchstemperatur			TS/TM °C	TG °C
			max. kurzzeitig	max. dauernd	min. dauernd		
PPA	45	290					
PMPI	0		260				
PPTA	0		>250	>200			
PC	0	125-135	115-150	115-130	-150	220-260	150
PC	30	135-150	115-150	115-130	-150		
PC-TMC	0			150			150-235
PC+ABS	0	105					
PC+ASA	0	109					
PET	0	80	200	100-120	-20	255	98
PET	30	200-230	220	150		255	98
PBT	0	65	165	100		255	60
PBT	30	200-210	220	150		225	60
PET+PS	0		200	100	-20		
PBT+PS	0		165	100	-30		
PAR	0	155-175	170	150		420	
PAR15	0	237	200				250
PAR25	0	307	300				325
PPS	0	135	300	200-240		285	85
PPS	30	255	300	200-240		285	85
PES	0	200-215	180-260	160-200			225
PES	30	210-225	180-260	160-200			225
PSU	0	170-175	170	160	-100		190
PSU	30	185	180	160	-100		190
PPSU	0						221
PPE mod.	0	135	120-130	100-110			
PPE mod.	30	160					
PPE+PA 66	0		210		-30		
PPE+PS	0	115-130	120	100	-30		140
PPE+PS	30	137-144	130	110			140
PAEK	0	200				380	170
PAEK	30	320		240-250		380	140-170
PEK, PEKEKK	0	170	300	260		365-380	175
PEEK	0	140	300	250		335-345	145
PEEK	30	315	300	250		335-345	145
PEEEK	0					324	110
PEEKEK	0					345	148
PEEKK	0	103	260	220		365	167
PEEKK	30	165	300	250		365	167
PEKEK	0					384	160
PEKK	0		350	260		391	165
PI	0	280-360	400	260			250-270
PI	30	360	400	260			250-270
PI-Formstoff	diverse		400	260	-240		
PBMI	40	>300	250	190			
PBO	0			<500		525	
PAI	0	280	300	260	-260		240-275
PAI	30		300	260	-260		240-275
PEI	0	190-200		170	-170		215
PEI	30	195-215	180	170	-170		215
PISO	0		>250	210		250-350	273
PMI (Schaum)	0			180			
PMMI	0	130-160		120-150			
PESI	0			200			
LCP, Vectra	0	170		220		285	
LCP, Vectra	30	230		220		285	
LCP	0	180-240		185-250		275-330	160-190
LCP-A	50	235					

Fortsetzung →

RICHTWERTE UND NORMEN

Fortsetzung: Temperaturkennwerte von Kunststoffen

Kunststoff	Glasfaser- gehalt	HDT/A °C	Gebrauchstemperatur			TS/TM °C	TG °C
			max. kurzzeitig	max. dauernd	min. dauernd		
PE-LD	0	ca. 35	80-90	60-75	-50	110	-30
PE-HD	0	ca. 50	90-120	70-80	-50		
PE-UHMW	0	ca. 50	150	100	-260		
PE-X	0	40-60	200	120			
EVAC	0		65	55	-60		66
COC	0						60-180
EIM	0		120	100	-50		
PP	0	55-70	140	100	0- -30	160-170	0- -10
PP	30	120	155	100	0- -30	160-170	0- -10
PB	0	55-60	130	90	0		
PIB	0		80	65	-40		-70
PMP	0	40	180	120	0	245	
PDCPD	0	90-115					
PS	0	65-85	75-90	60-80	-10		95-100
PS-(M)	0	95				270	
SAN	0	95-100	95	85	-20		110
SB	0	72-87	60-80	50-70	-20		
ABS	0	95-105	85-100	75-85	-40		80-110
ASA	0	95-105	85-90	70-75	-40		100
PVC-U	0	65-75	75-90	65-70	-5		85
PVC-C	0		100	85			85
PVC-P	0		55-65	50-55	0- -20		ca. 80
PVK	0	150-170	170	150	-100		173
PTFE	0	50-60	300	260	-270	327	127
PCTFE	0	65-75	180	150	-40		
PVDF	0	95-110		150	-60	140	40
PVF	0			120	-60	198	-20
ECTFE	0	75	160	140	-75	190	45
ETFE	0	75	200	155	-190	270	
ETFE	25	210	220	200		270	
FEP	0		250	205	-200	290	
PFA	0	45-50	250	200	-200		
[AF], (Telefon AF)	0		300/570	260/500	-58/-50		160/240
THV	0			130	-50	160-180	
PPE mod.	0	135	120-130	100-110			
PPE mod.	30	160					
PPE+PA 66	0		210				
PMMA	0	75-105	85-100	65-90	-40		105-115
AMMA	0	73	80	70			80
POM-H	0	100-115	150	110	-40	175	25
POM-H	30	160	150	110	-60	175	25
POM-COP	0	110-125	110-140	90-110		165	
POM-COP	30	160	110-150	90-110		165	
PA 6	0	55-85				220	55
PA 6	30	190-215	140-180	80-110	-30	220	55
PA 11	0	55	140-150	70-80	-70	185	50
PA 610	0	90	140-180	80-110		215	55-60
PA 612	0		130-150	80-110			55-60
PA MXD6	30	228	190-230	110-140		240	85-100
PA 6-3-T	0	120	130-140	80-100	-70	240	150
PA 6T	0		120-130	70-90		(500)	
PA 6/6T	30	250		155		295	115
PA PACM 12	0	105		ca. 100		250	140
PA 6T/6I	0					330	130
PA PDA-T	0					500	
PPA	0	120					
PPA	33	270		>160			

Fortsetzung ➔

RICHTWERTE UND NORMEN

Temperaturkennwerte von Kunststoffen

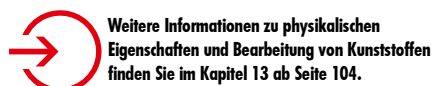
Kunststoff	Glasfaser- gehalt	HDT/A °C	Gebrauchstemperatur			TS/TM °C	TG °C
			max. kurzzeitig	max. dauernd	min. dauernd		
LCP-C	50	250					
PUR-Gießharz	0		70-100	50-80			15-90
PFTyp 31, 51, 74, 84	diverse	160-170	140	110-130			
PFTyp 13	diverse	170	150	120			
PFTyp 4111	diverse	240		170			
UF	diverse		100	70			
MFTyp 150/52	diverse	155	120	80			
MFTyp 156	diverse	180					
MPF 1206	diverse	190		160			
MPFTyp 4165	20-30	165					
UPTyp 802/4	10-20	250	200	150			
UPTyp 3620	diverse	110					
UPTyp 3410	diverse	270		200			
EPTyp 891	ca. 20		180	130			
EPTyp 8414	20-35	150	180	130			
PDAP	diverse	160-280	190-250	150-180	-50		
SI	30	480	250	170-180	-50		

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

Kennwerte der elektrostatischen Aufladbarkeit für einige Kunststoffe und verschiedene Reibpartner

Kunststoff	Reibpartner	Grenzaufladung in V/cm		Halbwertszeit in s	
		40% r.F.	65% r.F.	40% r.F.	40% r.F.
ABS	PA 66-Gewebe	-1300 bis -2200	-950 bis -1900	28 bis 42	9 bis 24
	PAN-Gewebe	+290 bis +820	+120 bis +600	13 bis 45	6 bis 30
ABS (antistatisch)	PA 66-Gewebe	+1000 bis +2000	+1000 bis +3000	1000 bis 3000	300 bis 600
	PAN-Gewebe	+2000 bis +4300	+1000 bis +2300	1000 bis 3000	500 bis 600
SB	PA 66-Gewebe	-7200	-6200	>3600	>3600
	PAN-Gewebe	-5600	+600	>3600	>3600
PC	PA 66-Gewebe		+5100		>3600
	PAN-Gewebe	+7200	+5600	>3600	>3600
POM	PA 66-Gewebe	+5400	+3000	3000	1600
	PAN-Gewebe	+5600	+5500	3200	1200
CA	PA 66-Gewebe	-3000	-3900	35	3
	PAN-Gewebe	+1200	+1100	30	3
CP	PA 66-Gewebe	-3400	-500	>3600	360
	PAN-Gewebe	+6900	+5100	>3600	500
CAB	PA 66-Gewebe	+3800	-	1100	
	PAN-Gewebe	+5900	+5700	850	180
PP (normal)	Wollfilz	-3900		1080	
PP (antistatisch)	Wollfilz	-800		300	
PMMA	Wollfilz	+7800		-	
PFTyp 31	Wollfilz	+1200		60	
SAN	Chromleder	+4800		1200	

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007



RICHTWERTE UND NORMEN

Eigenschaften transparenter Kunststoffe

Werkstoff	Licgtdurchlässigkeit	Berechnungsindex n_d bei 20°C	E-Modul MPa	Streckspannung MPa	Dichte g/cm ³
Krongläser	glasklar	1,4-1,6			
Flintgläser	glasklar	1,53-1,59			
Wasser	glasklar	1,33			
OE	transparent bis opak	1,51	200-1400	8-30	0,915-0,96
EIM	transparent	1,51	150- 200	7-8	0,94-0,95
COC	glasklar	1,53	3100		1,02
PPE+PS	transparent bis opak	1,5	800-1100		0,9
PMP	glasklar bis opak	1,46	1200-2000	10-15	0,83-0,84
PSU	glasklar	1,58-1,59	3100-3300	42-65	1,05
SB	opak		2000-2800	25-45	1,03-1,05
ABS	transparent bis opak	1,52	220-3000	45-65	1,03-1,07
SAN	glasklar bis opak	1,57	3600-3900	70-85	1,08
SMMA	transparent		3400	70-83	1,08-1,13
SMSA	transparent		3500	60	1,07-1,17
SBS	glasklar		110-1900		1,0-1,2
PVC-U	glasklar bis opak	1,52-1,54	2900-3000		1,37
PVC-HI	glasklar bis opak		2300-3000	40-55	1,36
PTFE	opas	1,35	400- 700		2,13-2,33
PVDF	transparent bis opak	1,42	2000-2900	50-60	1,76-1,78
PCTFE	opak	1,43	1300-1500		2,07-2,12
PBA	transparent	1,467			
PMMA	glasklar	1,49	3100-3300	62-75	1,18
MBS	transparent		2000-2600		1,11
MABS	transparent		2000-2100		1,08
PMMA-HI	glasklar		600-2400	20-60	1,12-1,17
POM	opak	1,49	2800-3200	60-75	1,39-1,42
PA 6/11/12/66	transparent bis opak	1,52-1,53			
PA 6-3-T kond.	transparent	1,57	2800-3000	80-90	1,12
PC	glasklar	1,58-1,59	2400	55-65	1,2
PBT	opak	1,55	2500-2800		1,30-1,32
PET-A	glasklar bis transparent	1,57	2100-2400	55	1,34
PET	transparent bis opak		2800-3000	60-80	
PET-G	opak		1900-2100		1,23-1,26
APE (PEC)	transparent bis opak	1,57-1,58	2300	65	1,15-1,18
PSU	transparent bis opak	1,63	2500-2700	70-80	1,24-1,25
PES	opak	1,65	2600-2800	80-90	1,36-1,37
PPE+PS	transparent		900-2700	45-65	1,04-1,06
PF	glasklar	1,63			
UP	glasklar bis opak	1,54-1,58			
EP	glasklar	1,47			
CA	glasklar	1,47-1,50	1000-3000	25-55	1,26-1,32
CAB	glasklar	1,48	800-2300	20-55	1,16-1,22
CAP	glasklar	1,47	1000-2400	20-50	1,17-1,24
CAP	glasklar bis transparent		1000-2100		1,19-1,22

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

RICHTWERTE UND NORMEN

Spannungsrisssauslösende Medien

Spannungsrisssauslösende Medien	Spannungsrisssanfällige Kunststoffe										
	ABS	AMMA	PA	PC	PE	PMMA	PP	PS	PVC	SAN	SB
Aceton	*		*	*				*		*	*
Ethanol	*	*				*		*		*	*
Ether	*				*			*		*	*
Alkohole					*						
Anilin					*		*				
Benzin	*		*		*			*		*	*
Erdöl					*						
Essigsäure					*		*				
Ester					*						
Glycerin		*				*					
Heizöl					*						
Heptan	*							*		*	*
Hexan	*							*		*	*
Isopropanol	*							*		*	*
Kaliumhydroxid					*						
Ketone				*	*						
Kohlenwasserstoffe, aromat.				*							
Metallhalogenide			*								
Methanol	*							*	*	*	*
Natriumhydroxid		*			*	*					
Natriumhypochlorid					*		*				
Paraffinöl		*				*					
Pflanzenöl	*							*		*	*
Quellmittel, chlorhaltig				*							
Salpetersäure					*		*				
Silikonsäure					*						
Schwefelsäure							*				
Tenside					*						
Terpentin				*			*				
Tetrachlorkohlenstoff			*	*	*						
Wasser		*			*	*					

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

RICHTWERTE UND NORMEN

Belastbarkeit und Verschleiß von Querlagern beim Gleiten auf Stahl

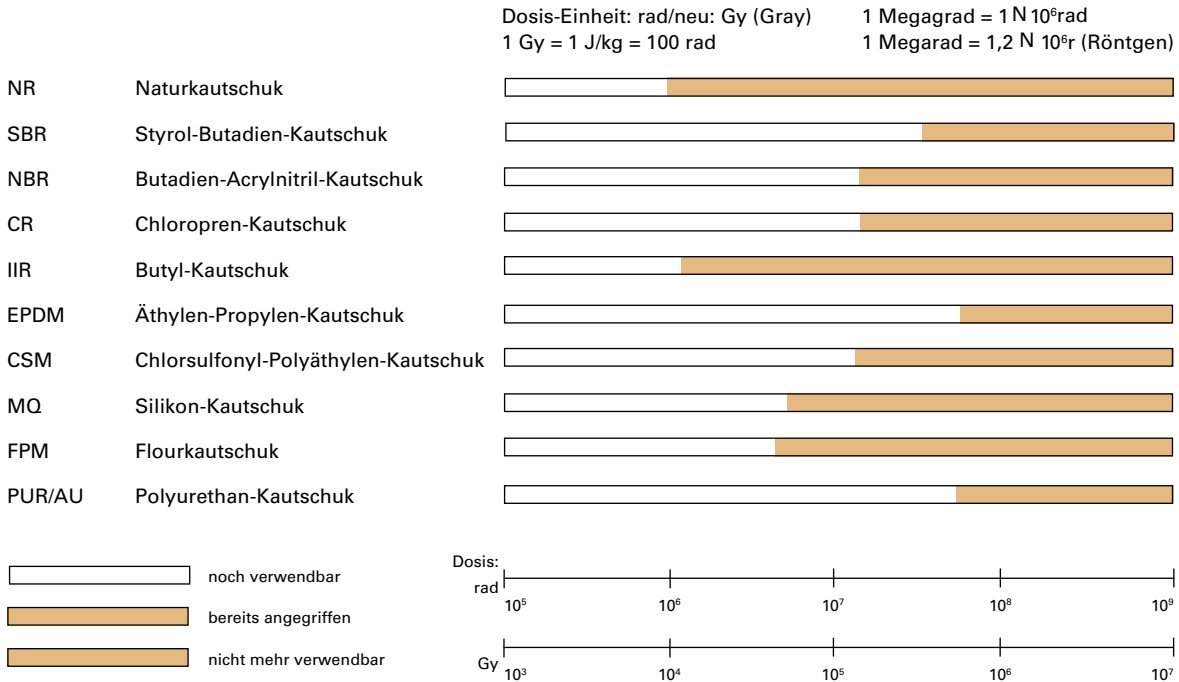
Kunststoff	p · v-Wert N/mm ² · m/s Geschwindigkeit			Relativer Verschleißfaktor (PA 6=1)
	0,05 m/s	0,5 m/s	5 m/s	
PE-HD		0,2		-
PE+PTFE (80+20%)	0,02	-		0,22
PS		0,05	0,02	15
ABS		-		17,5
PTFE	0,09 bis 0,03			5
POM	0,13	0,12	0,08 bis 0,05	0,32
PPE+PS	0,02	0,02	0,02	-
PC	0,02	0,02	<0,02	12,5
PBT	0,14		0,1–0,08	1,05
PA 6	0,04	0,08	0,07	1
PA+PE 90-10		0,25		-
PA+PTFE 80-20	0,4	0,7	0,5	0,08
PA 11, PA 12	0,06		0,03	-
PA 66	0,1	0,08	0,05	1
PA+PTFE 80-20	0,5	0,6	0,3	
PA 610, PA 612	0,08	0,07	<0,07	0,9
PSU	0,2	0,2	0,1	7,5
PES	0,6	1	0,57	0,3
PPS	0,08	0,1	0,13	2,7
PI		1		
PUR-Elastomer	0,07	0,05	<0,05	1,7

Quelle: Saechtling, Kunststoff-Taschenbuch 30. Auflage
© Carl Hanser Verlag München, 2007

RICHTWERTE UND NORMEN

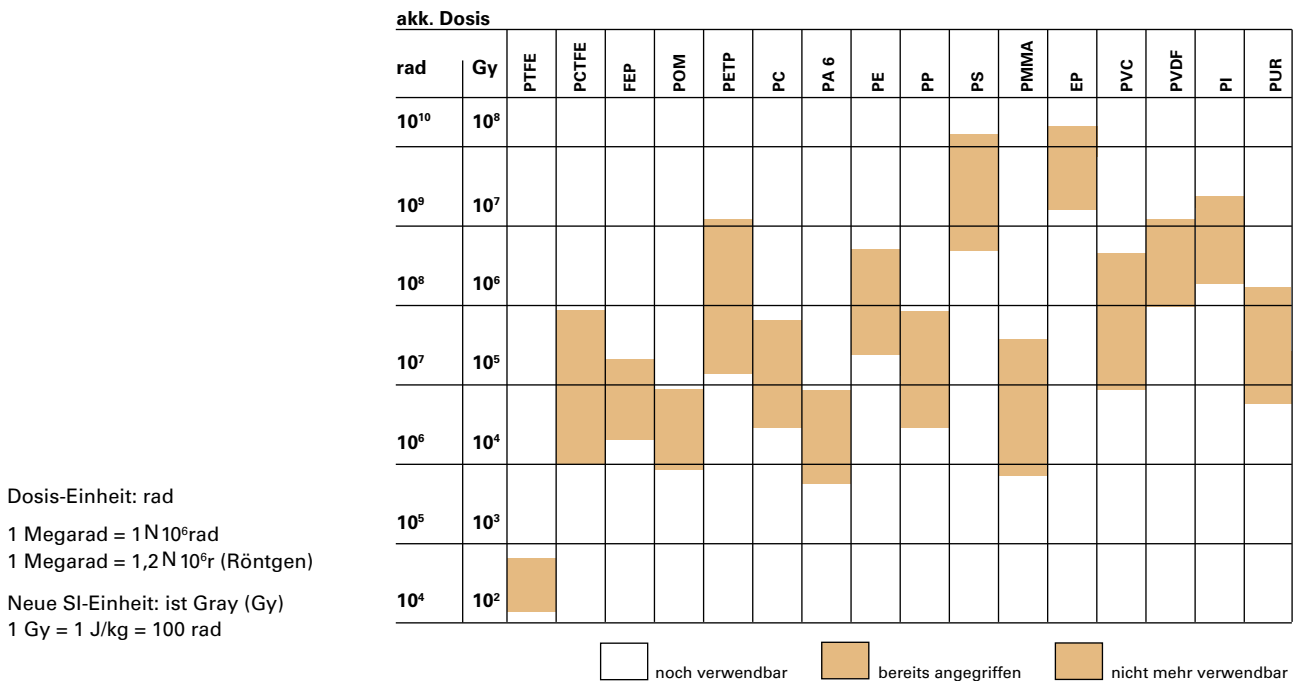
Strahlenbeständigkeit von Elastomeren

Nachfolgende Aufstellung zeigt die Verwendungsgrenze verschiedener Elastomere in Abhängigkeit der aufgenommenen Dosis Gammastrahlen (Richtwerte).



Strahlenbeständigkeit von Kunststoffen

Nachfolgende Aufstellung zeigt die Verwendungsgrenze verschiedener Elastomere in Abhängigkeit der aufgenommenen Dosis Gammastrahlen (Richtwerte).



SCHLÄUCHE

Grundsätzliches über Schläuche

Anforderungen an die Lagerung und Reinigung von Schläuchen:

Sofern keine schlauchbezogenen Spezifikationen vorhanden sind, verweisen wir auf die DIN 7716 „Erzeugnisse aus Kautschuk und Gummi; Anforderungen an die Lagerung, Reinigung und Wartung“. Unter ungünstigen Lagerungsbedingungen oder bei unsachgemäßer Behandlung ändern die meisten Erzeugnisse aus Kautschuk und Gummi ihre physikalischen Eigenschaften. Dadurch kann es zu einer Verkürzung der Lebensdauer kommen, und sie können z.B. durch übermäßige Verhärtung, Weichwerden, bleibende Verformung sowie durch Abblättern, Risse oder sonstige Oberflächenschäden unbrauchbar werden. Die Veränderungen können durch die Einwirkung z.B. von Sauerstoff, Ozon, Wärme, Licht, Feuchtigkeit, Lösungsmittel oder Lagerung unter Spannung hervorgerufen werden.

Sachgemäß gelagerte und behandelte Gummi-Erzeugnisse bleiben über einen langen Zeitraum fast unverändert in ihren Eigenschaften. Der Lagerraum soll kühl, trocken, staubarm und mäßig gelüftet werden. Bei Lagerung im Freien sollte ein Schutz gegen Witterungseinflüsse vorgesehen werden. Das Schlauchinnere ist gegen Licht- und Ozonwirkung, sowie Verschmutzung durch z.B. Stopfen oder Kappen zu schützen. Es ist darauf zu achten, daß die Schläuche spannungsfrei, d.h. ohne Zug, Druck oder sonstige Verformungen gelagert werden, da Spannungen sowohl eine bleibende Verformung als auch eine Rißbildung begünstigen. Behandlung und Pflege Zur Erreichung einer langen Lebensdauer soll bei Gebrauch der Schläuche folgendes beachtet werden:

Auswahl nach angegebenen max. Betriebsdruck; über längeren Zeitraum anhaltender Überdruck im Grenzbereich reduziert die Lebensdauer. Der Schlauch sollte nie gewaltsam deformiert werden (z.B. durch Knicken, Quetschen, Überfahren durch Fahrzeuge, Verdrehungen etc.)

Es soll vermieden werden, Schlauchleitungen über raue Böden und über scharfe Kanten zu ziehen.

Der Schlauch soll an den Kupplungen nicht ständig abgehoben und keinen übermäßigen Zugbeanspruchungen ausgesetzt werden. Der Kontakt von ungeschützten Schlauchenden mit dem Durchflußmedium ist zu vermeiden.

Durch Entleeren und sorgfältige Reinigung wird die Lebensdauer einer Schlauchleitung deutlich verlängert.

Schlauchleitungen, an die hohe Anforderungen in bezug auf Betriebssicherheit gestellt werden, wie z.B. Dampf-, Betankungs- und Säureschläuche etc. sollten zur Vermeidung von Unfällen regelmäßig auf ihre Gebrauchstüchtigkeit überprüft werden. Empfohlene Biegeradien dürfen nicht gewaltsam überzogen werden. Verwenden Sie z.B. Bögen oder andere Vorrichtungen, die scharfe Biegungen verhindern.

Wartung und Instandhaltung Schlauchleitungen sind auf ihren arbeitssicheren Zustand zu prüfen. Es ist festzustellen, ob der Schlauch äußere mechanische Beschädigungen wie Schnitte, Risse, Quetsch-, Scheuer- oder Knickstellen aufweist, ob die Außenschicht spröde ist und Blasenbildungen erkennbar sind. Die eventuelle Einbindung muß sich in einwandfreiem Zustand befinden, und es darf keine undichte Stelle erkennbar sein. Die Schlaucharmaturen müssen unbeschädigt sein, z.B. dürfen die Dichtflächen keine Kerben aufweisen, die Gewinde müssen leichtgängig und die Kupplungsteile dürfen nicht deformiert sein.

Die Schlauchleitung sollte in regelmäßigen Abständen ebenfalls einer wiederkehrenden Prüfung unterzogen werden. Z.B. wird in der EN 12115 (Gummi- und Kunststoffschläuche und Schlauchleitungen für flüssige und gasförmige Chemikalien.) eine wiederkehrende Prüfung an Schlauchleitungen aus Sicherheitsgründen vorgeschrieben.

Ebenso verweist die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie im Merkblatt T 002 BGI 572 Ausgabe 7/2005 auf diese Prüfungsvorschrift.

Grundsätzlich gilt: Beschädigte Schlauchleitungen sind aus sicherheitstechnischen Gründen der weiteren Benutzung zu entziehen

Für die Verlegung von Schlauchleitungen sollten die nachstehenden Einbauhinweise berücksichtigt werden:

Einbauhinweise z.B. gem. DIN 20066 falsche und richtige Anordnung

nicht	sondern
verdreht	torsionsfrei einbauen.
zu kurz	richtige Einbaulänge bemessen.
überbiegen	Rohrbogen als Umlenkung einbauen
quer zu Einbauebene bewegen	nur in Einbauebene.
durch Eigengewicht abknicken lassen	durch Unterlage stützen
im geraden Einbau große Bewegungen aufnehmen	durch U-förmigen Einbau.
in versetzten Anschlußebenen einbauen	in einer Ebene anordnen
beim Aufhängen überbiegen,	Schlauchsattel vorsehen
am Schlauchende überbiegen,	starre Umlenkung einbauen
Schwingungen axial aufnehmen	Schlauch senkrecht zur Bewegungsrichtung einbauen.
Bewegungen aus mehreren Richtungen durch einzelnen Schlauch aufnehmen	durch Winkelleitung
einseitig auslenken,	mittig anordnen
axiale Bewegungen zulassen,	Einbau senkrecht zur Schlauchachse vorsehen
zu große Lateral-Bewegungen,	Einbau durch 90°-Bogen vorsehen
bei Bewegung verdrehen	Bewegungen nur in der Biegungsebene (torsionsfrei) aufnehmen.
an den Schlauchenden überbiegen	durch Rohrbogen umlenken
beliebige Schlauchlängen verwenden	exakte Längen bestimmen.
zu lang bemessen,	richtige Länge bestimmen
durch Bewegung unzulässig verdrehen	torsionsfrei in Bewegungsebene biegen

SCHLÄUCHE

Grundsätzliches über Schläuche

Achtung:

Längenänderungen unter Druck

Jeder Schlauch verlängert oder verkürzt sich unter Druck um ein bestimmtes Maß. Dieser Wert kann in der Größenordnung von einigen Prozenten der effektiven Länge liegen. Diese Veränderung ist abhängig vom Schlauchtyp bzw. dessen Konstruktion und Material (z.B. bei Kunststoffspiralschläuchen) in Abhängigkeit vom Druck.

Diese Tatsache muß besonders bei Schläuchen mit geringen oder extrem großen effektiven Schlauchlängen berücksichtigt werden

Druckangaben

Druckangaben auf Anfrage, sie beziehen sich, soweit nicht anders erwähnt, auf Mediums- und Umgebungstemperaturen von 20°C.

Die Druckwerte verstehen sich für konstante Belastung (statischer Druck). Bei stoßweise auftretenden Drücken (dynamischer Druck) müssen die Werte entsprechend niedriger angesetzt werden.

Betriebsdruck:

Ist der maximale für diese Schlauchleitung zugelassene Druck, bei der diese betrieben werden kann.

Die bei Festlegung des Betriebsdruckes enthaltene Sicherheitsreserve (Sicherheitsfaktor) hängt von der Bestimmung und dem Gefahrenmoment beim Einsatz des Schlauches ab.

Prüfdruck:

Bei diesem Druck, der mindestens 3 Minuten lang gehalten werden sollte, müssen Schlauch und Einbindung einwandfrei dicht sein. Es dürfen keine unzulässigen Verformungen des Schlauches auftreten.

Mindest-Berstdruck/Platzdruck:

Ist der Druck, bis zu dem die Schlauchleitung nicht undicht werden darf.

Max. zulässiger Unterdruck (Vakuum):

Grundsätzlich gilt, daß bei Vakuumangaben immer genau spezifiziert sein muß, ob es sich um einen absoluten Druck oder einen Unterdruck handelt

Verschiedene Verbindungssysteme für Schlauchleitungen

Schlauchverschraubungen:

Bei Preßfassungen wird die erforderliche Kraft zum Halten und Dichten des Schlauches durch bleibende Verformung der Außenhülse erzeugt. Der Kragen der verformten Außenhülse muß hinter den Sicherungsbund des Schlauchstutzens greifen. Die Innenseite der Hülse ist möglichst zu profilieren. Die Außenmaße der Stutzen für Preßfassungen sind z.B. nach DIN 2817 oder anderen geltenden Normen auszuführen. Sie dürfen sich beim Pressen nicht verbeulen. Preßfassungen dürfen nur von Betrieben montiert werden, die über geeignete Werkzeuge, Montagepressen und entsprechend geschultes Personal verfügen. Preßfassungen können nicht wiederverwendet werden. Sind konstruiert nach dem System der Verschraubung von zwei in Art und Größe ineinander passenden Gewinde, wobei die zu verbindenden Schläuche einerseits in a) ein Schlauchstutzen mit Außengewinde (Synonyme: Vaterteil, Gewindestutzen, 1/3-Verschraubung) und andererseits in b) ein Schlauchstutzen mit Überwurfmutter und Innengewinde (Synonyme: Mutterteil, 2/3-Verschraubung)

Beide Teile (Vater- und Mutterteil) miteinander verschraubt, werden als „komplette Schlauchverschraubung“ bezeichnet

Armaturentechnik

Allgemeines über Schlaucharmaturen

Zum Verbinden von Rohren, Maschinen und Geräten mittels Schlauchleitungen sind Schlaucharmaturen erforderlich. Im Gegensatz zu den in der Rohrmontage üblichen Armaturen sind die Schlaucharmaturen mit einem Einbindestutzen ausgestattet. Schlaucharmaturen werden aus verschiedenen Werkstoffen, wie z.B. Metall und verschiedenen Kunststoffen hergestellt.

Allgemeine Anforderungen

Schlaucharmaturen sind so auszuführen, dass sie bei bestimmungsgemäßer Beanspruchung und fachgerechter Montage den allgemeinen Anforderungen genügen, sie den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen standhalten, sie eine kraft- oder formschlüssige Verbindung zum Schlauch herstellen, so dass in explosionsgefährdeten Bereichen die Gefahr des Funkenreißen beim Befestigen oder Lösen von Schlauchleitungen ausgeschlossen ist. Diese Gefahr kann durch Auswahl geeigneter Werkstoffe, z.B. Messing oder nicht-rostender Stahl, für die Armaturenteile vermieden werden durch das schlauchseitige Armaturenteil keine gefährlichen Kerb- oder Scherbeanspruchungen am Schlauch auftreten können, auch nicht am Ende der Schlaucharmatur.

Die Einbindung von Schlaucharmaturen sollte nur von Fachkundigen vorgenommen werden. Die Montagehinweise der Hersteller sind zu beachten

Bei den Schlaucharmaturen wird unterschieden zwischen – Schlauchseite, an dem der Schlauch befestigt ist (z.B. Schlauchstutzen mit Klemmfassung).

– Anschlußseite, zum Anschließen z.B. an ein Gerät oder eine Rohrleitung (z.B. loser Flansch mit Vorschweißbund, Schnellkupplung, Gewinde).

Ein vulkanisierte Schlaucharmaturen

Diese Sonderausführung sollte nur dann angewendet werden, wenn produktberührte, metallische Werkstoffe aus Korrosions- oder Abrasionsgründen nicht eingesetzt werden können. Schlaucharmaturen dürfen nur von Schlauchherstellern ein vulkanisiert werden, die in der Lage sind, ihre Befähigung zur ordnungsgemäßen Durchführung der Vulkanisierung auf Anforderung nachzuweisen. Die Haftung zwischen der Elastomerinnenschicht und dem Schlauchstutzen muß homogen sein. Bei Trenn- und Ausreißenversuchen muß der Gummi am Metallstutzen gleichmäßig haften bleiben. Das Zerreißen muß im Bereich des Gummis erfolgen

Sicherungsbund

Beispiel zur Erläuterung der Begriffe Schlauchseite und Anschlüsse

Klemmfassungen

Es wird unterschieden zwischen verschraubten Klemmfassungen und verstifteten Klemmfassungen, die von außen den Schlauch und einen Haltekragen der Armatur umfassen. Die Stuzenteile für die Klemmfassungen sind nach DIN 2817 auszuführen. Für die Maße der Klemmbackenschalen bei verschraubten Klemmfassungen gilt ebenfalls die DIN 2817. Klemmfassungen können ohne Spezialwerkzeuge montiert und wiederverwendet werden.

Fortsetzung →

SCHLÄUCHE

Grundsätzliches über Schläuche

Schlauschellen / Einbindeband

Schlauschellen dienen der Befestigung von z.B. Luft-, Abluft-, Wasser-, Industrie- oder Förderschläuchen bei geringen Betriebsdrücken. Es gibt verschiedene Varianten, je nach benötigtem Anzugsmoment auf den Schlauchstutzen, wie z.B. Schnecken- gewinde-, Gelenkbolzen-, Spannbacken-, Breitband- und 1-/2-Ohr- Schellen sowie viele Sonderlösungen. Speziell für spiralisierte Abluftschläuche gibt es auch sogenannte Brückenschellen oder Drahtschlauchklemmen, die eine Aussparung für die Spirale haben, um einen möglichst festes und homogenes Anzugsmoment zu erzielen. Stahl- oder Edelstahlbänder werden mit Hilfe eines Spezialwerkzeuges mittels Schlaufen und Schraubenschlüsseln zu Schellen für runde oder kantige Objekte mit beliebigem Durchmesser gefertigt

Pressfassungen

Bei Pressfassungen wird die erforderliche Kraft zum Halten und Dichten des Schlauches durch bleibende Verformung der Außenhülse erzeugt. Der Kragen der verformten Außenhülse muß hinter den Sicherungsbund des Schlauchstutzens greifen. Die Innenseite der Hülse ist möglichst zu profilieren. Die Außenmaße der Stützteile für Pressfassungen sind z.B. nach DIN 2817 oder anderen geltenden Normen auszuführen. Sie dürfen sich beim Pressen nicht verbeulen. Pressfassungen dürfen nur von Betrieben montiert werden, die über geeignete Werkzeuge, Montagepressen und entsprechend geschultes Personal verfügen. Pressfassungen können nicht wiederverwendet werden

Überblick der verschiedenen Verbindungssysteme

Schlauchverschraubungen

Sind konstruiert nach dem System der Verschraubung von zwei in Art und Größe ineinander passender Gewinde, wobei die zu verbindenden Schläuche einerseits in a) ein Schlauchstutzen mit Außengewinde (Synonyme: Vater- teil, Gewindestutzen, 1/3- Verschraubung) und andererseits in b) ein Schlauchstutzen mit Überwurfmutter und Innengewinde (Synonyme: Mutter- teil, 2/3- Verschraubung) Beide Teile (Vater- und Mutter- teil) miteinander verschraubt, werden als „komplette Schlauchverschraubung“ bezeichnet

Wir unterscheiden hier folgende Dichtungsarten.

- flachdichtend: ebene Dichtfläche, z.B. Dichtring aus Gummi oder anderen Werkstoffen
- konisch dichtend: konisch feingeschliffene Metallflächen treffen aufeinander.
- konisch dichtende Gewinde: Die Abdichtung erfolgt im Gewinde durch z.B. PTFE-Band, Hanf oder Kleber

Gewindearten

In Anpassung an die Gewindenormen von Metallrohren, durchweg nach DIN 2999 (R), werden Schlauchverschraubungen überwiegend mit Whitworth-Rohrgewinde nach DIN ISO 228 (G), (alt DIN 259) geliefert. Beide Gewindeausführungen sind miteinander verschraubbar.

Ausnahmen hiervon:

Armaturen für Nieder-, Hoch- und Höchst- druck-Schlauchleitungen mit meist metrischem Gewinde nach DIN 13 Armaturen für Tankwagen-, Industrie- und Spiralschläuche in größeren Abmessungen, je nach Fabrikat:

- mit grobem Whitworth-Gewinde oder

- mit Rundgewinde nach DIN 405. Das Rundgewinde nach DIN 405 ist z.B. auch für die Lebensmittelindustrie aus nicht rostendem Stahl mit Konus nach DIN 11851 einsetzbar. Armaturen für Gummi- und Kunststoff- Weinschläuche (unge- normt) mit Mainzer, Guth- bzw. Pfalz- Gewinde. Armaturen für Schläuche und Geräte nord- oder südamerikanischen Ursprungs mit NPT- Gewinde.

Die verschiedenen Gewindearten werden z.B. wie folgt gekennzeichnet:

R 1/2"	= Whitworth-Rohrgewinde, konische Gewindeform nach DIN 2999
G 1/2"	= Whitworth-Rohrgewinde, zylindrische Gewindeform nach DIN ISO 228
M 30 x 1,5	= metrisches Gewinde nach DIN 13
Ww 5 1/2"	= grobes Whitworth-Gewinde nach alter DIN 11
Rd 40 x 1/6"	= Rundgewinde nach DIN 405 (Gewinde-Ø = 40 mm, Steigung 1/6")
BSP 2"	= Fittings-Gewinde nach DIN ISO 228 – zylindrisch dichtend
BSPT 2"	= Fittings-Gewinde nach DIN 2999 – T = Taper = konisch dichtend
NPT 3/4"	= amerikanisches Norm-Rohrgewinde (American-National-Taper-Pipe-thread)

Rundgewindeverschraubungen – Armaturen für Nahrungsmittel-, Chemische- und Pharmazeutische Industrie

Lebensmittelarmaturen mit Milchrohr- gewinde werden ausschließlich in Edelstahl oder höherwertigen Werkstoffen angeboten, sie sind lieferbar als Schalenarmaturen nach DIN 2817, als Dampf- armatur nach DIN 2826, mit normalem glatten oder gerilltem Schlauchstutzen, mit Anschweißstutzen oder nach DIN 11851 (Rd-Außen- oder Rd-Innengewinde). Eingesetzt werden diese Armaturen in der Pharmazeutischen, Lebensmittel- und Chemischen Industrie. Der große Vorteil dieser Schlauchverschraubung ist die schnelle Verbindung, da nur das Schrauben von 3 1/2-Gewindegängen notwendig ist

Hülsenverschraubungen

Die Hülsenverschraubungen ist eine Schlaucharmatur, die aus mehreren Einzelteilen besteht, bei der die erforderliche Kraft zum Halten des Schlauches nur durch axiales Verschrauben von Einzelteilen miteinander erzeugt wird. Die äußere, den Schlauch umschließende Hülse ist innen verzahnt und umschließt den Schlauch eng. Die Verbindung zum Schlauchnippel erfolgt über ein metrisches Feingewinde, das sich im Kragen der Hülse bzw. auf dem Schlauchnippel befindet. Der Schlauchnippel selbst ist mit einem einfachen Werkzeug einschraubbar und weitet den Schlauch geringfügig auf. Die Verbindung zwischen Hülse und Nippel erfolgt durch einen Sprengring, der in eine Kammer des Nippels rutscht und die Armatür arretiert. Hülsenverschraubungen haben i.d.R. einen Betriebsdruck von 16 bar, sind lieferbar mit einerseits Innen- und Außengewinde, andererseits Schraubhülse; technische Vorteile: Es handelt sich um eine kleine, nicht ausla- dende Verschraubung. Sie ist in der Regel ohne Sonderwerkzeug selbst montierbar und wiederverwendbar

SCHLÄUCHE

Grundsätzliches über Schläuche

Presshülsenverschraubungen

Preßarmaturen oder auch Quetscharmaturen genannt, sind Schlaucharmaturen, die aus mehreren Einzelteilen bestehen, bei der die erforderliche Kraft zum Halten des Schlauches nur durch bleibende Verformung mindestens eines Armaturenteils erzeugt wird. Zur Montage ist eine spezielle Montagepresse erforderlich. Vorteile der Armatur ist die kompakte, wenig ausladende Bauart, es gibt nur sehr kleine Bakterienkammern (wichtig z.B. für den Bereich Lebensmittel und Pharmazie), die Armatur ist leicht zu reinigen. Überwiegendes Einsatzgebiet ist der Bereich der Hydraulikschlauchleitungen.

Schalenarmaturen nach DIN 2817

Schalenarmaturen sind Armaturen, die aus mehreren Einzelteilen bestehen, bei der die erforderliche Kraft zum Halten des Schlauches durch von außen aufgespannte Schalen erzeugt wird. Schalenarmaturen sind lieferbar einerseits mit Innen- oder Außengewinde, andererseits Schlauchstutzen mit Haltekragen zur Einbindung mit Klemmbacken oder Spansschalen. Technische Vorteile: feste, schnelle und handliche Verbindung. Diese Schlaucharmatur ist wiederverwendbar und je nach Typ mit oder ohne Sonderwerkzeug selbst montierbar.

Schalenarmaturen nach DIN 2826 schwere Ausführung für Dampfeinsatz

Speziell entwickelt für den Einsatz an Dampfschläuchen. Schalenarmaturen sind lieferbar einerseits mit Innen- oder Außengewinde, Flanschführung oder mit Milchrohrgewinde, andererseits Schlauchstutzen mit Haltekragen zur Einbindung mit Klemmbacken oder Spansschalen, hohe Druckbeständigkeit, 100 bar Betriebsdruck, Temperaturbereich bis 230 °C

Schlauchverschraubungen

Normale Schlauchverschraubungen werden in der Regel in überwiegend unkritischen Bereichen (z.B. Luft/Wasser/pulvrige oder granulärförmige Medien) oder bei ungenormten Schläuchen eingesetzt. Das Vatterteil besteht aus einem Außengewinde, das Mutterteil besteht aus einer drehbaren oder festen Überwurfmutter, andererseits jeweils Schlauchstutzen mit Rillen zur Einbindung mit Schellen oder Stahlbändern.

Steckarmaturen

Steckarmaturen sind Schlaucharmaturen, die im allgemeinen aus einem Nippel bestehen, bei denen die erforderliche Kraft zum Halten des Schlauches nur durch ausreichende Verformungskräfte des Schlauches und einer entsprechenden Gestaltung des Nippels erreicht wird. Diese Schlaucharmatur ist ohne Sonderwerkzeug selbstmontierbar und wiederverwendbar.

Schlauchkupplungen/sonstige Schlaucharmaturen

Auslaufarmaturen

Auslaufarmaturen dienen der kontrollierten Mengenregelung. Sie müssen beim Umfüllen von Hand, z.B. beim Befüllen von Kleingebinden, am Auslauf der Schlauchleitung angebracht sein. Geeignet sind z.B. manuell oder selbstständig zu schließende Zapfpistolen.

Abreiß-/Nottrennkupplungen

Nottrennkupplungen liefern beim Be- und Entladen von Tankfahrzeugen, Kesselwaggons, Schiffen und anderen mobilen Transporteinrichtungen einen wichtigen Beitrag zur Arbeits- und

Umweltsicherheit. Treten an der Schlauchleitung überhöhte Zugbelastungen auf, wie z.B. bei unbeabsichtigtem Verschieben oder Wegfahren eines angekuppelten Tankfahrzeuges, trennt sich die Nottrennkupplung an den definierten Bruchbolzen mit selbstschließenden Ventilen, bevor die Schlauchleitung reißt oder sonstigen Schaden nimmt. Damit wird das Auslaufen brennbarer und umweltgefährdender Medien sicher vermieden. Im angekuppelten Zustand sind die Ventile bis 50 bar dicht. Die Trennkraft ist mit ausreichendem Sicherheitsfaktor von 1:3 gegenüber der Abreißkraft der Schläuche ausgelegt. Beispiele für Anwendungsbereiche sind z.B. stationäre und mobile Betankungsanlagen, Speditionen/Tankfahrzeuge sowie die chemische Industrie.

Armaturentechnik

Armaturen

Schlauchkupplungen mit Knaggen

Diese Armaturen werden bei Wasser-, Preßluft- und Feuerlöschschläuchen den Gewindeverschraubungen wegen ihrer schnellen und leichten Handhabung vorgezogen. Bei dieser Armatur greifen 2 gleich ausgebildete Knaggen beim Kupplungsvorgang ineinander und gewährleisten mittels einer eingebauten Gummi-Formdichtung eine ausreichende Abdichtung.

Feuerlöscharmaturen (Storz)

Diese Kupplungsart kommt ursprünglich aus dem Feuerwehrbereich, hat aber mittlerweile auch sehr stark Fuß im Speditionsbereich sowie in der Bauindustrie gefasst. Die Anschlußseite gibt es standardmäßig in den Größen D (25 mm), C (52 mm), B (75 mm) und A (110 mm) nach DIN 14300 – 14323, die Schlauchseite entweder als kurzen Druckstutzen, als langen Saug-/Druckstutzen oder nach DIN 2817 für die Einbindung mit Klemmbacken. Es handelt sich hier um eine schnelle und sichere Verbindung.

Klauenkupplungen (Form GEKA)

In der Regel aus Messing oder Edelstahl, für z.B. Wasser oder andere Flüssigkeiten. Der einheitliche Knaggenabstand (Nockenweite) beträgt 40 mm, daher ist jedes Kuppeln von Schlauch- und Gewindestücken in den Abmessungen von 3/8" und 1 1/2" möglich.

Pressluftarmaturen DIN 3489

Pressluftarmaturen haben Sicherheits-Doppelnocken (Knaggen), die ineinander durch eine Schraubbewegung gequetscht werden.

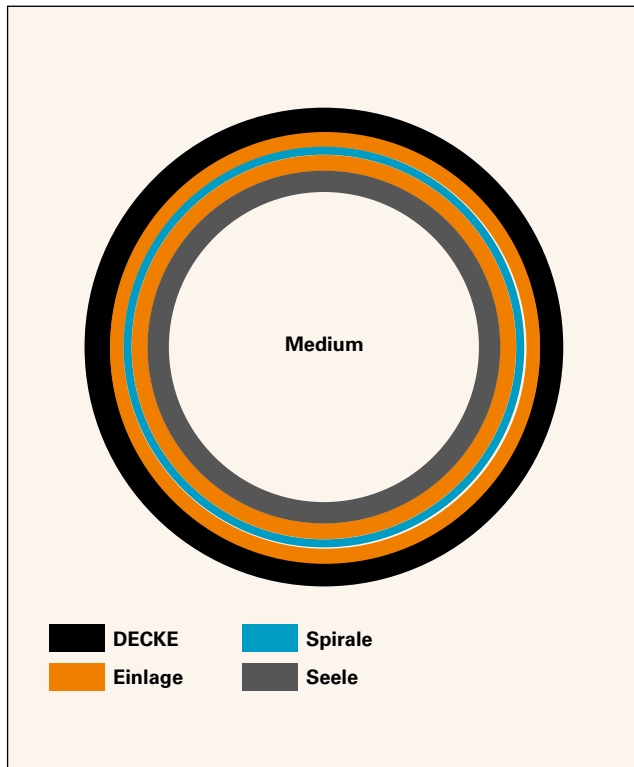
Quelle: Rala GmbH & Co. KG

SCHLÄUCHE

Die ideale Förderverbindung

Das am weitesten verbreitete und am häufigsten eingesetzte Fördermittel für feste, flüssige und gasförmige Medien ist der Schlauch. Oft dienen Schläuche auch als Ersatz für komplette Rohrleitungen, da sie wesentlich flexibler sind und schwingungsabsorbierend und geräuschkämpfend eingesetzt werden können. Nur der kompetente Fachbetrieb ist in der Lage, für jeden Anwendungszweck den richtigen Schlauch zu liefern.

Der Schlauch-Aufbau



Die Seele

Alle Fördermittel kommen ausschließlich mit der Seele, das heißt dem Innenleben des Schlauches zusammen.

Daher ist für eine sichere und hohe Haltbarkeit des Schlauches die Seelenqualität entscheidend, denn das zu fördernde Medium bestimmt letztlich die Auswahl der Seele. Beurteilt werden Abrieb, chemische Einflüsse, Temperatur und elektrische Spannung.

Das Einlagematerial

Das Material (Gewebe, Textil oder Draht) zwischen Seele und Schlauchdecke verleiht dem Schlauch die notwendige mechanische Festigkeit gegen Druck oder Unterdruck des Durchflußmediums. Außerdem sichert es den Schlauch gegen Knicken. Die Auswahl des Einlagematerials wird in Abhängigkeit von der Druckstufe getroffen. Druck- und unterdrucklos eingesetzte Schläuche haben keine Einlage.

Die Spirale

Als zusätzliche Verstärkung der Einlage sichert die Spirale eine hohe Beständigkeit gegen Knicken und Unterdruck. Wird die Spirale als Außenwendel über der Decke angebracht, dient sie dem erhöhten Schutz gegen mechanische Einflüsse. Um die Montage zu vereinfachen, werden Spiralschläuche häufig mit spiralfreien Enden oder Muffen gefertigt.

Die Schlauchdecke

Mit der Decke wird der Schlauch ummantelt und gegen verschiedenste äußere Einflüsse wie Abrieb, Chemikalien, elektrische Spannung, mechanische Belastungen, Ozon, UV-Strahlen und Witterung geschützt.

Geflochtener Schlauch

- hohe Knickfestigkeit
- hohe Biegefestigkeit
- sehr gute Armaturenhaftung
- sehr gute Adhäsion
- geringe Längendehnung unter Druck

Gewickelter Schlauch

- lange Längen
- günstiger Preis
- befriedigende Knick- und Biegefestigkeit
- befriedigende Längendehnung

Der Biegeradius

Von jedem Schlauch wird ein gewisses Maß an Biegefähigkeit erwartet. Diese Fähigkeit ist abhängig vom Schlauchaufbau, seiner Steifigkeit, die im direkten Zusammenhang mit Art und Dimension der Seele, der Einlage und der Decke steht.

Das Biegeverhalten wird durch den kleinstmöglichen Biegeradius vorgegeben. Der Radius wird im drucklosen Zustand gemessen. Bei sehr dünnwandigen Schläuchen wird wegen der Knickanfälligkeit allerdings kein Wert angegeben oder er wird bei einem bestimmten Innendruck genannt.

Für spirallose Schläuche wird der Biegeradius bei einer max. Abflachung d.h. Querschnittsreduzierung von 10 % angegeben.

Betriebsdruck

Damit wird der maximale Druck bezeichnet, bei dem der Schlauch eingesetzt wird und eine optimale Lebensdauer hat. Je nach Schlauchkonstruktion und Hersteller ist der Betriebsdruck sehr unterschiedlich. Äußere Einflüsse Hitze, Witterung und normale Veränderungen im chemischen Aufbau der Polymere können den Betriebsdruck verändern.

Der Druck wird bei Zimmertemperatur in bar ermittelt und unterliegt wegen der hohen Fertigungstoleranzen teilweise bedeutenden Schwankungen. Mit „Platzdruck“ wird der Druck bezeichnet, bei dem der Schlauch zerstört wird. Er muß mindestens dem 2,5-fachen, bei Dampfschläuchen bis zu 10-fachen Wert des Betriebsdrucks entsprechen.

Lebensmittelschlauch

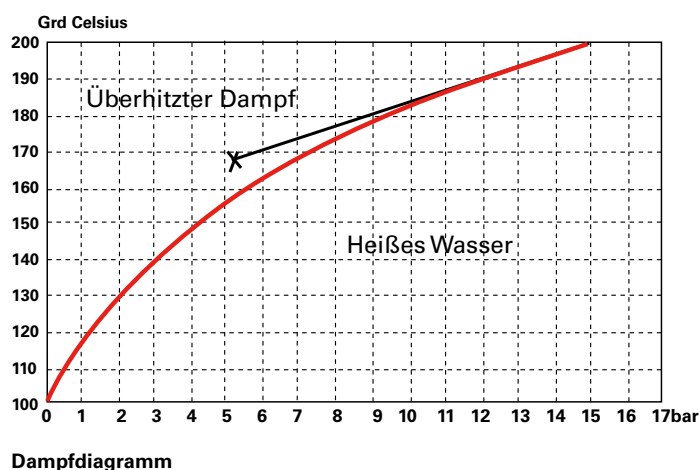
Hier gilt seit dem 1.1.2003 die neue Trinkwasserverordnung. Sie verlangt, daß sämtliche Schläuche die mit Trinkwasser in Berührung kommen sowohl nach KTW als auch nach DVGW W 270 zertifiziert sind.

SCHLÄUCHE

Dampfschlauch

Wasser kann in drei verschiedenen Zuständen – **fest, flüssig gasförmig** – auftreten und auch im gasförmigen Zustand (Dampf) unterscheidet man drei verschiedene Arten, die von den vorhandenen Druck- und Temperaturbedingungen bestimmt werden. Diese Zustandsformen sind:

- **nasser gesättigter Dampf oder Naßdampf**
- **trockener gesättigter Dampf und überhitzter Dampf**
- **Trockendampf.**



Das Dampfdiagramm gibt die erforderliche Erläuterung. Die fettgedruckte schwarze Linie entspricht dem Siedepunkt des Wassers bei verschiedenen Drücken. Jeder Punkt dieser Linie entspricht gesättigtem Dampf. Gesättigter Dampf kann entweder völlig frei von unverdampften Wasserteilchen sein, kann aber auch solche Teilchen mit sich führen.

Das heißt, daß gesättigter Dampf entweder trocken oder naß sein kann. Jeder Punkt unterhalb der Linie entspricht heißem Wasser, während jeder Punkt oberhalb der Linie überhitztem Dampf entspricht.

Die gestrichelte Linie zeigt den Vorgang, wenn gesättigter Dampf in überhitzten Dampf umgewandelt wird. Befindet sich eine Dampfleitung unter einem Druck von 10 bar und einer Temperatur von 185 °C, dann führt sie gesättigten Dampf. Wird der Druck durch Dampfexpansion erheblich verringert (wie beispielsweise beim plötzlichen Öffnen eines Schiebers oder wenn der Dampf in ein Rohr oder einem Schlauch mit größerem Durchmesser gelangt), dann entwickelt sich der Zustand des Dampfes gleichlaufend mit der gestrichelten Linie bis zu irgendeinem Punkt X im überhitzten Bereich.

Dieser Zustand hält evtl. nicht lange an, doch neigt überhitzter Dampf dazu, den Kautschuk zu verhärten oder aufzuweichen, wenn dieser lediglich zur Förderung von gesättigtem Dampf hergestellt wurde. Diese Veränderung des Kautschuks führt gewöhnlich zum Ausfall des Schlauches.

Quelle: HUG® Industrietechnik und Arbeitssicherheit GmbH

Auswahl des richtigen Dampfschlauches

1. Bestimmung der erforderlichen Schlauchabmessung

Die Schlauchabmessung hängt im allgemeinen von den vorhandenen Anschlüssen und Armaturen ab. Wichtig ist, daß man keinen Innendurchmesser wählt, der größer ist als der Durchmesser des Anschlusses.

2. Ermittlung der gegebenen Betriebsdrücke und Temperaturen. Druck- und Temperaturwerte sind knapp vor den Armaturen abzunehmen.

3. Ermittlung des Dampfzustandes (gesättigt oder überhitzt)

Die vorhandenen Druck- und Temperaturwerte sind mit dem obenstehenden Dampf - Diagramm zu vergleichen. Jeder Punkt der fettgedruckten Linie entspricht gesättigtem Dampf.

4. Wahl des richtigen Schlauches

Aus dem Diagramm wird der Schlauch ermittelt, der den Anforderungen des Dampfzustandes und den vorhandenen Betriebsdrücken entspricht.

5. Ermittlung der erforderlichen Länge

Die verlangte Länge hängt von der betreffenden Anwendung ab.

WICHTIG! Dampf kann gefährlich sein. Gehen sie stets auf Sicherheit und bleiben sie im Rahmen der aufgeführten Empfehlungen. Dampf und Wasser können nicht abwechselnd gefördert werden. Einbindungen sollen aus Sicherheitsgründen nur mit den dafür vorgesehenen Armaturen ausgeführt werden.

SCHLÄUCHE

Schlauchwerkstoffe und ihre Eigenschaften

Die folgende Tabelle gibt die allgemeinen Eigenschaften der hauptsächlich für Schläuche verarbeiteten Werkstoffe an, sie sind nur eine Anleitung und deshalb sehr allgemein gehalten. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit

Allgemeine Bezeichnung	Handelsnamen	Bestandteile	Allgemeine Eigenschaften:
Butyl Polysar	IIR	Isobutyl Isopren	exzellente Wetterbeständigkeit, geringe Luft und Gasdurchlässigkeit, gute Säure- und Laugenbeständigkeit, gute physikalische Eigenschaften, gute Wärme- und Kältebeständigkeit, geringe Beständigkeit gegen aus Öl gewonnene Flüssigkeiten
Chlorbutyl	CHR	Chlorbutyl	eine vom chemischen Standpunkt interessante Variation des Butylkautschuks
CPE	CM	Chlorierter Polyäthylen Elastomer	exzellente Beständigkeit gegen Ozon und Witterung, exzellente Beständigkeit gegen Öl und Aromaten sowie exzellent flammenbeständig
U-PE		ultrahoch- molekulares Polyethylen	exzellente Beständigkeit gegen einen weiten Bereich von Lösungsmitteln, Chemikalien. Säuren- und Ölen (einschl. Aromaten)
EPDM APTK	EPDM	Äthylen- Propylen- Dien-Terpolymer	exzellente Ozon-, Chemikalien- und Alterungseigenschaften, geringe Beständigkeit gegen aus Öl gewonnene Flüssigkeiten, sehr gute Dampf-Beständigkeit, gute Kälte- und Wärmebeständigkeit -40°C bis +175°C gute Beständigkeit gegen Bremsflüssigkeit
EPR APK	EPM	Äthylen- Propylen- Copolymer	exzellente Ozon-, Wetter-, Hitze-, Chemikalien- und Alterungsbeständigkeit, geringe Wasserdurchlässigkeit, nicht ölbeständig
H-NBR	HNBR	Hydrierter Nitritkautschuk	gute Beständigkeit gegenüber Flüssigkeiten auf Mineralölbasis, pflanzliche und tierische Fette, aliphatische Kohlenwasserstoffe, Dieselmotortreibstoffe, Ozon, Sauerstoff, verdünnte Säuren und Basen. Geeignet für hohe dynamische Belastungen
Hypalon	CSM	Chloneulfonyl- Polyäthylen	exzellente Wetter-, Ozon- und Säurenbeständigkeit, hervorragende Abriebwerte, gut hitze- und abriebsbeständig, bedingt beständig gegen aus Öl gewonnene Flüssigkeiten
Natur- Kautschuk PARA	NR	natürl. Isopren	exzellente physikalische Eigenschaften, hohe Elastizität, Flexibilität, sehr gute Abriebbeständigkeit, bedingt säurebeständig, nicht ölbeständig
Chloroprene Neoprene	CR	Chlorpren	exzellente wetterbeständig, flammwidrig, gute Ölbeständigkeit, gute physikalische Eigenschaften
Nitril (Buna-N) (Perbunan)	NBR	Nitril Butadien	exzellente ölbeständig, hohe Temperaturbeständigkeit, begrenzte Beständigkeit gegen Aromaten, gute physikalische Eigenschaften, mäßige Allwetterbeständigkeit. die Beständigkeit ist abhängig von ACN-Gehalt.
NVC	NBR/PVC	Nitril- Polyvinyl- Chlorid	exzellente Öl- und Wetterbeständigkeit sowohl für Seele als auch für Decke, weniger kalteflexibel
Polyacryl	ACM	Polyacryl- Monomer	exzellente Öl- und Teerbeständigkeit bei hohen Temperaturen
SBR Bann	SBR	Styrol- Butadien	gute physikalische Eigenschaften, gute Alterungsbeständigkeit, gute Abriebbeständigkeit, geringe Beständigkeit gegen aus Öl gewonnene Flüssigkeiten
Silikon	MO/MVQ	Poly-siloxan	gehr gute Heißluftbeständigkeit, kurzfristig bis 250°C, gutes Tief-temperaturverhalten, Ozon- und Witterungsbeständigkeit, bedingt ölbeständig, keine Bezin- und Säurenbeständigkeit
Viton	FPM	Hexafluor- Propylen- Vinyliden- fluori	exzellente hochtemperaturbeständig bis 225°C, kurzzeitig bis 350°C, besondere in Wasser und Öl, sehr gute chemische Beständigkeit
FEP	Teflon, FEP	Teesfluorethylen Hexafluorpropylen- Copolymer	sehr gute Temperaturbeständigkeit, nahezu universell einsetzbar, sehr gute chemische Beständigkeit
PA	Nylon, Perlon, Rilean, Grilamid	Polyamid	sehr gute Kältebeständigkeit, gute mechanische Festigkeit, hohe Zugfestigkeit, hohe Wasseraufnahme
PE	Hoirtalen, Lupolen	Polyethylen	gute Kältebeständigkeit, gute Gleiteigenschaften, gute chemische Beständigkeit
POM	Delrin	Polyacetal, Poly-methylen- bei wild	sehr hart, formstabil, gute Gleiteigenschaften, hohen Temperaturen, mäßig alterungsbeständig
PP	liostalen PP, Luparen	Polypropylen	gute chemische Beständigkeit, physiologisch einwandfrei, kälteempfindlich, gute Gleiteigenschaften
PTFE	Hoftallon, Teflon	Polytetrafluorethylen	Universalwerkstoff mit hoher Temperaturbeständigkeit, sehr guten dielektrischen Eigenschaften, sehr gute Chemikalienbeständigkeit, physiologisch unbedenklich, sehr gutes Antihaf-Vermögen

Fortsetzung →

SCHLÄUCHE

Schlauchwerkstoffe und ihre Eigenschaften

Allgemeine Bezeichnung	Handelsnamen	Bestandteile	Allgemeine Eigenschaften:
PUR	Vnitram, Vulkan Elastollan, Desmogan	Polyurethan	hervorragende mechanische Eigenschaften, sehr hohe Abriebfestigkeit, hohe Elastizität, sehr gute Ozon- und Alterung, Beständigkeit gegen mineralische Öle, geringe Wärmebeständigkeit, geringe chemische Beständigkeit
PVC	Vinollex, Mostsfit	Polyvinyl- chlorid	gute chemische Beständigkeit, enthält Weichmacher, geringer Temperatureinsatzbereich. Günstiger Allrounder, auch im Lebensmittelbereich einsetzbar
CPE	Maprene, \ Zergrene Santoprene	Thenno- plastisches Elastomer	gute Abriebfestigkeit, gute Temperaturbeständigkeit, gute Beständigkeit gegen Öle und Fette
TPU			hervorragende Heißluftalterung, gute Abriebfestigkeit, gute Temperaturbeständigkeit, gute chemische Beständigkeit
UPE		ultrahoch-molekulares Polyethylen	Kunststoff (ultrahochmolekulares Polyethylen) zur Verwendung als Innenseele bei Gummischläuchen: Sehr weit reichende Chemikalien-, Säuren-, Laugen- und Ölbeständigkeit

BESTIMMUNG DER SCHLAUCH-NENNWEITE

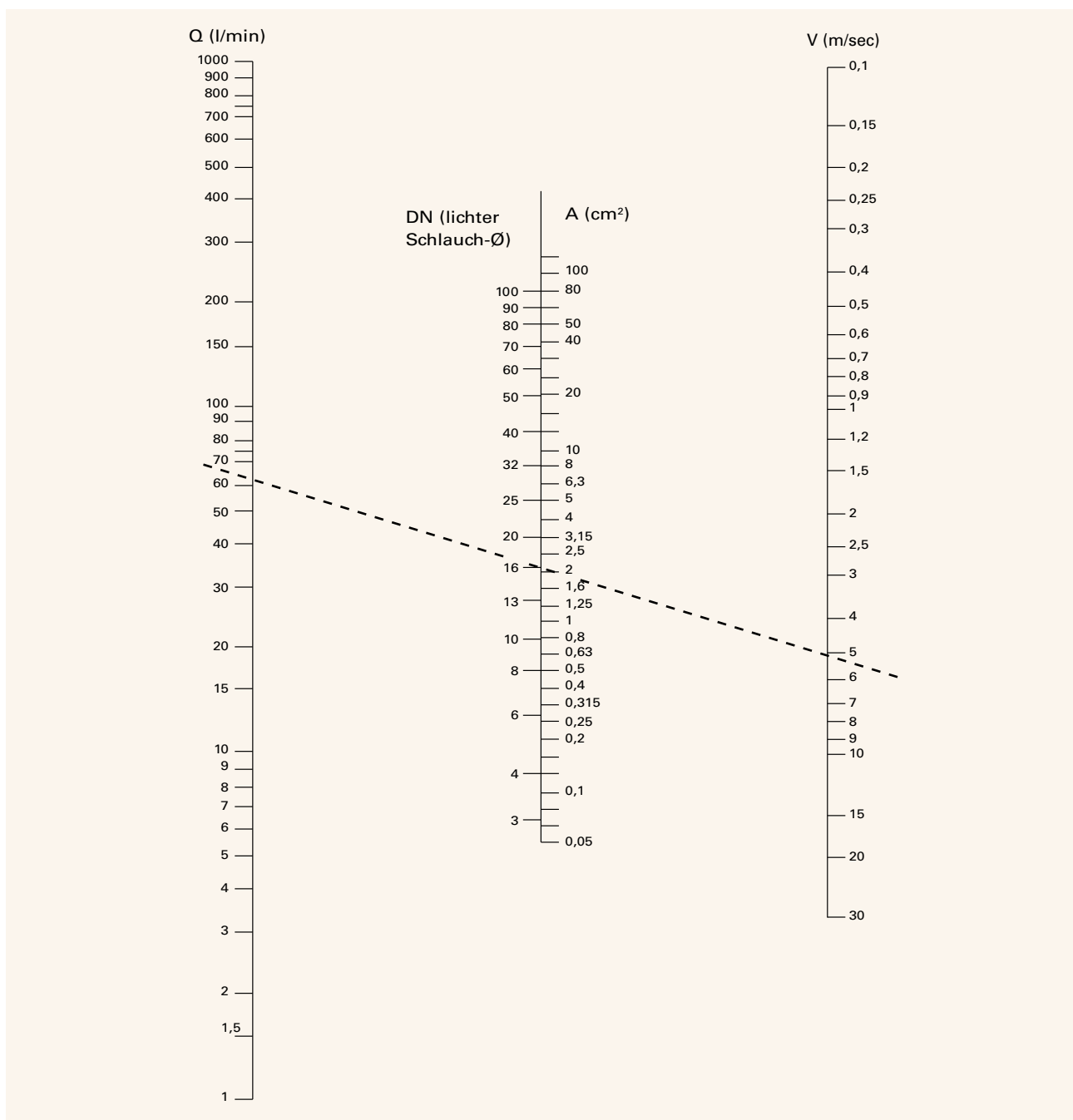
Berechnungsbeispiel

Q = Durchflussmenge l/min
 DN = Innendurchmesser des Schlauches in mm
 A = Fläche des Schlauchinnendurchmessers in cm^2
 V = Durchflussgeschwindigkeit in m/sec

Durchflussgeschwindigkeit $V = 5$ m/sec
 Durchflussmenge = 60 l/m

Die gerade Verbindungslinie zwischen den betreffenden Punkten auf den äußeren Skalen ergibt auf der mittleren Skala im Schnittpunkt einen lichten Schlauchdurchmesser von 16 mm.

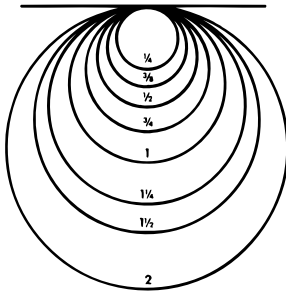
Armaturen-Durchgang sowie Durchfließwiderstand von Anschlussteilen und Rohrleitungen sind hierbei nicht berücksichtigt.



SCHLÄUCHE UND ARMATUREN

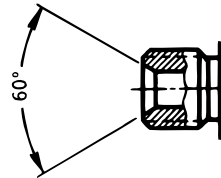
Gewindetabellen

Amerikanische Gewindeanschlüsse

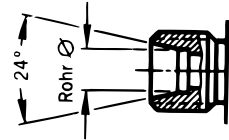


NPT-Gewinde
Um das Nennmaß des NPT-Gewindes zu bestimmen, hält man das Ende des Gewindes gegen den passenden Kreis.

Metrische Gewindeanschlüsse



Dichtkopfanschluss



Schneidringanschluss

Gewinde	D mm	d mm	JIC Size	SAE Size	PTT Size
7/16 -20 UNF	11,07	10,00	- 4	- 4	
1/2 -20 UNF	12,70	11,60	- 5	- 5	
1/2 -20 UNF	12,70	11,60	- 5	- 5	
9/16 -18 UNF	14,25	13,00	- 6		
5/8 -18 UNF	15,85	14,70		- 6	
3/4 -16 UNF	19,00	17,60	- 8	- 8	
7/8 -14 UNF	22,17	20,50	-10	-10	
1 1/16 -12 UN	26,95	25,00	-12		
1 1/16 -14 UNS	26,96	25,30		-12	
1 5/16 -12 UN	33,30	31,30	-16		
1 5/8 -14 UNS	33,30	31,60			-16
1 7/8 -12 UN	41,22	39,20	-20		
1 7/8 -14 UNS	41,22	39,50			-20
1 7/8 -12 UN	47,57	45,60	-24		
1 7/8 -14 UNS	47,57	45,90			-24
2 1/2 -12 UN	63,45	61,50	-32		-32
3 -12 UN	76,20	74,30	-40		
3 1/2 -12 UN	88,90	87,00	-48		

D = Außendurchmesser Außengewinde
d = Innendurchmesser Innengewinde

Amerikanisches Gewinde hat einen Flankenwinkel von 60° und wird mit „Durchmesser-Gangzahl/1 Zoll“ bezeichnet, z. B. 1/2-20 UN bedeutet Normgewinde, F = Feingewinde, EF = extra feines und S = Spezialgewinde. Size ist die Nennweite in 1/16“, z. B. Size-8 = 1/2“.

Gewinde	D mm	d mm	DN DN 7631	Schneidringanschluss 24° - R ø			
				DIN I Rh.	DIN s Rh.	frz. mm	frz. gaz
M 12x1	12,0	11,0	-	-	-	6	-
M 12x1,5	12,0	10,5	4	6	-	-	-
M 14x1,5	14,0	12,5	6	8	6	8	-
M 16x1,5	16,0	14,5	8	10	8	10	-
M 18x1,5	18,0	16,5	10	12	10	12	-
M 20x1,5	20,0	18,5	-	-	12	14	13,25
M 22x1,5	22,0	20,5	12	15	14	15	-
M 24x1,5	24,0	22,5	-	-	16	16	16,75
M 26x1,5	26,0	24,5	16	18	-	-	-
M 27x1,5	27,0	25,5	-	-	-	18	-
M 30x1,5	30,0	28,5	20	-	-	22	21,25
M 30x2	30,0	27,9	-	22	20	-	-
M 33x1,5	33,0	31,5	-	-	-	25	-
M 36x1,5	36,0	34,5	-	-	-	28	26,75
M 36x2	36,0	33,9	-	28	25	-	-
M 38x1,5	38,0	36,5	25	-	-	-	-
M 39x1,5	39,0	37,5	-	-	-	30	-
M 42x1,5	42,0	40,5	-	-	-	32	-
M 42x2	42,0	39,9	-	-	30	-	-
M 45x1,5	45,0	43,5	32	-	-	35	33,5
M 45x2	45,0	42,9	-	35	-	-	-
M 48x1,5	48,0	46,5	-	-	-	38	-
M 52x1,5	52,0	50,5	40	-	-	40	42,25
M 52x2	52,0	49,9	-	42	38	-	-
M 54x2	54,0	51,9	-	-	-	45	-
M 58x2	58,0	55,9	-	-	-	-	48,25
M 65x2	65,0	62,9	50	-	-	-	-
M 78x2	78,0	75,9	60	-	-	-	-
M 90x2	90,0	87,9	70	-	-	-	-
M 100x2	100,0	97,9	80	-	-	-	-
M 110x2	110,0	107,9	90	-	-	-	-
M 120x2	120,0	117,9	100	-	-	-	-

Fortsetzung →

SCHLÄUCHE UND ARMATUREN

Gewindetabellen

Rundgewinde DIN 405 (Kordelgewinde)

Gewinde- bezeichnung Zoll	Nenn- \varnothing außen (gerundet) mm	Kern- \varnothing innen mm	Gangzahl auf 1"
Rd 24 u $\frac{1}{8}$ "	24	21,14	8
Rd 32 u $\frac{1}{8}$ "	32	29,14	8
Rd 38 u $\frac{1}{8}$ "	38	35,14	8
Rd 46 u $\frac{1}{6}$ "	46	42,19	6
Rd 55 u $\frac{1}{6}$ "	55	51,19	6
Rd 62 u $\frac{1}{6}$ "	62	58,19	6
Rd 75 u $\frac{1}{6}$ "	75	71,19	6
Rd 90 u $\frac{1}{6}$ "	90	86,19	6
Rd 105 u $\frac{1}{4}$ "	105	99,28	4
Rd 105 u $\frac{1}{4}$ "	150	144,28	4

Withworth-Rohrgewinde

Gewinde- bezeichnung Zoll	Nenn- \varnothing außen (gerundet) mm	Kern- \varnothing innen mm	Gangzahl auf 1"
R $\frac{1}{8}$	9.728	8.566	28
R $\frac{1}{4}$	13.157	11.445	19
R $\frac{3}{8}$	16.662	14.950	19
R $\frac{1}{2}$	20.955	18.631	14
R $\frac{5}{8}$	22.911	20.587	14
R $\frac{3}{4}$	26.441	24.117	14
R $\frac{7}{8}$	30.201	27.877	14
R 1	33.249	30.291	11
R 1 $\frac{1}{8}$	37.897	34.939	11
R 1 $\frac{1}{4}$	41.910	38.952	11
R 1 $\frac{3}{8}$	44.323	41.365	11
R 1 $\frac{1}{2}$	48.803	44.845	11
R 1 $\frac{3}{4}$	53.746	50.788	11
R 2	59.614	56.656	11
R 2 $\frac{1}{4}$	65.710	62.752	11
R 2 $\frac{1}{2}$	75.184	72.226	11
R 2 $\frac{3}{4}$	81.534	78.577	11
R 3	87.884	84.926	11
R 3 $\frac{1}{4}$	93.980	91.022	11
R 3 $\frac{1}{2}$	100.330	97.372	11
R 3 $\frac{3}{4}$	106.680	103.722	11
R 4	113.030	110.072	11
R 4 $\frac{1}{2}$	125.740	122.772	11
R 5	138.430	135.472	11
R 5 $\frac{1}{2}$	151.130	148.172	11
R 6	163.830	160.872	11

ALLGEMEINE WERTE, EINHEITEN UND BERECHNUNGEN

Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	Si-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung							
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen								
ebener Winkel	α, β, γ	Radikant	rad*)	Vollwinkel	pla	rechter Winkel*)	L	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 57,296^\circ = 63,662 \text{ gon}$ $1 \text{ pla} = 2 \pi \text{ rad}$ $1 \text{ L} = \frac{1}{4} \text{ pla} = (\pi/2) \text{ rad}$ $1^\circ = \frac{1 \text{ L}}{90} = \frac{1 \text{ pla}}{360} = \frac{\pi}{360} \text{ rad}$ $1' = 1^\circ/60$ $1'' = 1'/60 = 1^\circ/3600$ $1 \text{ gon} = 1 \text{ g} = \frac{1 \text{ L}}{100} = \frac{1 \text{ pla}}{400} = \frac{\pi}{200} \text{ rad}$ $1^c = 10^{-2} \text{ gon}$ $1^{cc} = (10^{-2})^c = 10^{-4} \text{ gon}$ $1^- = \frac{1 \text{ L}}{3600} = \frac{\pi}{3200} \text{ rad} = 0^\circ 3' 22,5''$ $1 \text{ naut. Str.} = \frac{1 \text{ L}}{8} = \frac{\pi}{16} \text{ rad} = 11^\circ 15'$ $1 \text{ Dez} = \frac{1 \text{ L}}{9} = \frac{\pi}{18} \text{ rad} = 10^\circ$							
				Minute	'	Altgrad									
				Sekunde	"	Neugrad	g								
				Gon	gon	Neuminute	a								
						Neusekunde	cc								
						artillerist. Strich	-								
						nautischer Strich	naut. Str.								
						Dez	1 Dez								
				räumlicher Winkel	Ω	Steradian	sr						$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ $1 \text{ räuml. Vollwinkel} = 4 \text{ p sr}$		
				Länge	l	Meter	m		Mikrometer	mm	Angström	Å	$1 \text{ A} = 10^{10} \text{ m}$ $1 \text{ p} = \frac{1,000333}{2660} \text{ m} = 0,376065 \text{ mm}$ $1 \text{ X-E} = 1,00202 \text{ bN} 10^{-13} \text{ m}$ $1 \text{ in} = 25,4 \text{ mm}$ $1 \text{ ft} = 30,48 \text{ cm}$ $1 \text{ fathom} = 1,8288 \text{ m}$ $1 \text{ mil} = 1609,344 \text{ m}$ $1 \text{ sm} = 1,852 \text{ km}$		
Millimeter	mm	typogr. Punkt	p												
Zentimeter	cm	Siegbahn-X-Einheit	X-E												
Dezimeter	dm	Zoll (inch)	in												
Kilometer	km	Fuß (foot)	ft												
		Faden (fathom)	fathom												
		Meile (mile)	mil												
		Seemeile	sm												
reziproke Länge	1/l	reziprokes Meter	1/m					Dioptrie	dpt						1 dpt = 1/m bei optischen Systemen
Fläche, Querschnittsfläche; Fläche von Grundstücken; atomarer Wirkungsquerschnitt	A, q σ	Quadratmeter	m ²					Ar	a	Barn				b	$1 \text{ a} = 10^2 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$ $1 \text{ b} = 10^{-28} \text{ m}^2$
				Hektar	ha										
Volumen	V	Kubikmeter	m ³	Liter	l			1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³							
Normvolumen	V _n					Normkubikmeter Kubikmeter	Nm ³ cbm	1 Nm ³ = 1 m ³ im Normzustand 1 cbm = 1 m ³							
Zeit, Zeitspanne Dauer	t	Sekunde	s	Minute*)	min			$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 86400 \text{ s}$ $1 \text{ a} = 8765,8 \text{ h} = 31,557 \text{ N} 10^6 \text{ s}$							
				Stunde*)	h										
				Tag*)	d										
				Jahr*)	a										
Frequenz, Kehrwert der Periodendauer	f	Hertz	Hz					$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$ bei Angabe von Frequenzen in Größengleichungen $v = 2\pi f$ $v = 2\pi n$							
				Kreisfrequenz	ω	reziproke Sek.	1/s								
Winkelgeschwindigkeit	ω	Radian durch Sek.	rad/s												

*) Vorsätze dürfen hierfür nicht verwendet werden.

Fortsetzung →

ALLGEMEINE WERTE, EINHEITEN UND BERECHNUNGEN

Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	Si-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen	
Drehzahl Drehgeschwindigkeit	n	reziproke Sek.	1/s					1/s = r/s = U/s
				Umdreh. durch Sek. Umdreh. durch Min.	r/s*) r/min	Umdreh. durch Sek. Umdreh. durch Min.	U/s U/min	
Geschwindigkeit	v	Meter durch Sek.	m/s	Kilometer durch Std.	km/h	Knoten	kn	1 m/s = 3,6 km/h 1 kn = 1 sm/h = 1,852 km/h
Fallbeschleunigung	g	Meter durch Sek. hoch zwei	m/s ²			Gal	Gal	1 Gal = 1 cm/s ² = 10 ⁻² m/s ²
Masse; Gewicht (als Wägeregebnis)	m	Kilogramm	kg	Gramm	g			1 g = 10 ⁻³ kg
				Tonne	t			1 t = 1 Mg = 10 ³ kg
				atomare Masseneinheit	u			1 u = 1,660566 N 10 ⁻²⁷ kg
				metrisches Karat	Kt			1 Kt = 0,2 g = 0,2 N 10 ⁻³ kg
						pound	lb	1 lb = 0,45359237 kg
						Pfund	\$	1 \$ = 0,5 kg
						Zentner	ztr	1 ztr = 50 kg
						Doppelzentner	dz	1 dz = 100 kg
						Hyl	hyl	1 hyl = 9,80665 g
längenbezogene Masse bei Fäden und Garnen	m	Kilogramm durch Meter	kg/m					
				Tex	tex	Denier	den	1 tex = 1 g/km = 10 ⁻⁶ kg/m 1 den = 1/9 tex = 1,9 g/km
zeitbezogene Masse; Massenstrom	m	Kilogramm durch Sekunde	kg/s			Jahrestonne		1 Jahrestonne = 1 t/a
Kraft Gewichtskraft	F G	Newton	N					
						Dyn	dyn	1 n = 1 kg/m/s ² = 1 Ws/m = 1 J/m
						Pond	p	1 dyn = 1 g cm/s ² = 10 ⁻⁵ N
						Kilopond	kp	1 p = 9,80665 x 10 ⁻³ N
						Megapond	Mp	1 kp = 9,80665 N
						Kilogramm-Kraft	kg*	1 Mp = 9806,65 N
						Tonne-Kraft	t*	1 kg* = 9,80665 N 1 t* = 9806,65 N
Kraft durch Fläche Druck in Fluiden	p	Pascal	Pa	Bar	bar	phys. Atmosphäre	atm	1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg/(ms ²) = 1 J/m ³
						techn. Atmosphäre	at	1 bar = 10 ⁵ PA = 0,1 N/mm ² 1 atm = 101325 Pa = 1,01325 bar 1 at = 98066,5 Pa = 0,980665 bar
						Torr	Torr	1 Torr = $\frac{101325}{760}$ Pa = 1,333224 mbar
						konv. Meter-Wassersäule	mWS	1 mWS = 9806,65 Pa = 98,0665 mbar
						konv. Millimeter-Quecksilbersäule****)	mmHg	1 mmHg = 133,322 Pa = 1,33322 mbar
Druck, absolut Überdruck*) mech. Spannung, Festigkeit	pabs pe σ	Newton durch Quadratmeter oder Pascal	N/m ² Pa	Newton durch Quadratmillimeter	N/mm ²			1 ata = 0,980665 bar
								1 atü = 0,980665 bar 1 N/mm ² = 1 MPa = 10 ⁶ N/m ² 1 kp/cm ² = 0,0980665 N/mm ²
								1 kp/mm ² = 9,80665 N/mm ²

*) Die Art des Druckes wird durch einen Index am Formelzeichen gekennzeichnet

**) Kunstwort aus Volt-Ampere-reaktiv

*** Für den Blutdruck zugelassen bis 31.12.1979.

ALLGEMEINE WERTE, EINHEITEN UND BERECHNUNGEN

Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	Si-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen	
Arbeit, Energie	W, E	Joule	J	Kilowattstd.	kWh	PS-Stunde	PSh	1 J = 1 Nm = 1 Ws = 10 ⁷ erg 1 kWh = 3,6 × 10 ⁶ J = 3,6 MJ 1 PSh = 2,64780 × 10 ⁶ J 1 erg = 10 ⁻⁷ J
Wärmemenge	Q	Joule	J			Kalorie	cal	1 cal = 4,1868 J = 1,163 × 10 ⁻³ Wh
Drehmoment, Biegemoment	M	Newtonmeter oder Joule	Nm J			Kilopondmeter	kpm	1 kpm = 9,806665 J
atomare Energie	E			Elektronvolt	eV			1 eV = 0,16021917 × 10 ⁻¹⁸ J
Leistung, Energiestrom	P	Watt	W					1 W = 1 J/s = 1 Nm/s = 1 kg m ² /s ³
Scheinleistung	S			Voltampere	VA	Pferdestärke	PS	1 PS = 0,73549875 kW 1 VA = 1 W bei Scheinleistung
Blindleistung	Q			Var**)	var	Blindwatt	bW	1 bW = 1 var = 1 W bei Blindleistung
Wärmestrom	Φ	Watt	W			Kalorie durch Stunde	cal/h	1 kcal/h = 1,163 W
dynamische Viskosität	η	Pascalsekunde	Pas			Poise	P	1 cP = 1 mPas = 10 ⁻³ Ns/m ²
kinematische Viskosität	ψ	Quadratmeter durch Sekunde	m ² /s			Stokes	St	1 cSt = 1 mm ² /s = 10 ⁻⁶ m ² /s
thermo- dynamische Temperatur	T	Kelvin	K			Grad Kelvin	°K	1°K = 1 K
Celsius- Temperatur	ρ, t			Grad-Celsius	°C	Grad Rankine	°R, °Rk	1°R = 1°Rk = 5/9 K ρ = T - T ₀ , T ₀ = 273,15 K
Temperatur- intervall und Temperatur- differenz	Δu, Δt oder Δt		K		°C	Grad	grad	Δu = ΔT, dabei gilt: 1 K = 1°C = 1 grad In Gleichungen ist K zu verwenden
Fahrenheit- Temperatur	u _F					Grad Fahrenheit	°F	u _F = 9/5q + 32 = 9/5 T - 459,67
Reaumur-Temp.	u _R					Grad Reaumur	°R	u _R = 4/5q, 1°R = 5/4 °C
elektr. Ladung	Q	Coulomb	C			Franklin	Fr	1 C = 1 As 1 Fr = 1/3 · 10 ⁻⁹ C = 1/3 · 10 ⁻⁹ As
elektr. Fluss, Elektrizitäts- menge	ψ Q			Amperestd.	Ah			1 Ah = 3,6 N 10 ³ As = 3,6 kAs
elektr. Stromstärke	θ	Ampere	A			Biot	Bi	1 Bi = 10 A
elektr. Durchflutung	u					Ampere- windungen	AW	1 AW = 1 A
magn. Spannung	V					Gilbert	Gb	1 GB = 1 Oe cm = $\frac{10}{4\pi}$ A
elektr. Spannung	U	Volt	V					1 V = 1 W/A = 1 Ah = 1 kg m ² /As ³
elektr. Potential	ϖ							
elektr. Kapazität	C	Farad	F					1 F = 1 C/V = 1 Ss = 1 H/Ω ²
elektr. Widerstand, Resistenz	R	Ohm	Ω					1 h = 1/S = 1 V/A = 1 W/A ²
Blendwiderstand, Reaktanz	X							
Scheinwider- stand, Impedanz	Z							
Wellenwiderstand	Γ							
elektr. Leitwert, Konduktanz	G	Siemens	S					1 S = 1/Ω = 1 A/V = 1 W/V ² = 1 A ² /W = 1 C/Wb = 1 s/H
Konduktanz	B							
Blindleitwert, Suszeptanz	Y							
Scheinleitwert, Admittanz								

Fortsetzung →

ALLGEMEINE WERTE, EINHEITEN UND BERECHNUNGEN

Si- und gesetzliche Einheiten

Größe	Formelzeichen	Si-Einheit		Gesetzliche Einheit		Alte Einheit		Beziehung
		Name	Zeichen	Name	Zeichen	Name	Zeichen	
magnetische Feldstärke	H	Ampere durch Meter	A/m	Ampere durch Zentimeter	A/cm	Oerstedt	Oe	$1 \text{ Oe} = \frac{10}{4\pi} \text{ A/cm} \frac{10^3}{4\pi} = \text{A/m}$
magnetischer Fluss	Φ	Weber	Wb	Voltsekunde	Vs	Maxwell	M	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs} = 1 \text{ Tm}^2 = 1 \text{ AH}$ $1 \text{ M} = 10^{-8} \text{ Wb}$
magn. Flussdichte magn. Induktion	B	Tesla	T			Gauß	G	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ VS/m}^2$ $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$
Induktivität, mag. Leitwert	L Δ	Henry	H					$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ } \Omega \text{ s} = 1 \text{ F } \Omega \text{ s}^2 = 1 \text{ s/S}$
Lichtstärke	I	Candela	cd			Hefnerkerze Internat. Kerze	HK IK	$1 \text{ HK} = 0,903 \text{ cd}$ $1 \text{ IK} = 1,019 \text{ cd}$
Leuchtdichte	L	Candela durch Quadratmeter	cd/m ²			Nit Stilb Apostilb (Blondel) Lambert	nt sb asb L	$1 \text{ nt} = 1 \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ sb} = 10^4 \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ asb} = \frac{1}{\pi} \text{ cd/m}^2$ $1 \text{ L} = \frac{1}{\pi} \text{ sb} = \frac{10^4}{\pi} = \text{cd/m}^2$
Lichtstrom	Φ	Lumen	lm					$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$
Beleuchtungsstärke	E	Lux	lx			Phot	ph	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ $1 \text{ ph} = 1 \text{ lm/cm}^2 = 10^4 \text{ lx}$
Aktivität einer radioaktiven Substanz	A	Bequerel	Bq			Curie*)	Ci	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$ $1 \text{ Ci} = 3,7 \text{ N } 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$
Energiedosis	D	Gray	Gy	Zentijoule durch Kilogramm	cJ/kg	Rad*)	rd	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ $1 \text{ rd} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 1 \text{ cGy}$
Äquivalentdosis	Dq	Joule durch Kilogramm	J/kg	Zentijoule durch Kilogramm	cJ/kg	Rem*)	rem	$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 1 \text{ cJ/kg}$
Energiedosisrate	D	Gray durch Sekunde	Gy/s		cJ/ (kg h)	Rad durch Stunde*) Rad durch Sek.*)	rd/h rd/s	$1 \text{ rd/h} = 2,77 \text{ } \mu\text{Gy/s}$ $1 \text{ rd/s} = 1 \text{ cGy/s}$
Energiedosisleistung								
Äquivalentdosisrate	Dq	Watt durch Kilogramm	W/kg		cJ/ (kg h)	Rem durch Stunde*) Rem durch Sek.*)	rem/h rem/s	$1 \text{ rem/h} = 1 \text{ cJ/(kg h)} = 2,77 \text{ } \mu\text{W/kg}$ $1 \text{ rem/s} = 1 \text{ cW/kg}$
Äquivalentdosisleistung								
Ionendosis	J	Coulomb durch Kilogramm	C/kg			Röntgen*)	R	$1 \text{ R} = 258 \text{ N } 10^{-6} \text{ C/kg} = 258 \text{ } \mu\text{C/kg}$
Stoffmenge	n	Mol	mol					

*) Zugelassen bis 31.12.1985

UMRECHNUNGSTABELLEN ANGLO-AMERIKANISCHE EINHEITEN

Inch (Zoll) – Millimeter

Inches	(Zoll)	Millimeter	Inches	(Zoll)	Millimeter	Inches	(Zoll)	Millimeter	Inches	(Zoll)	Millimeter
1/64	0,016	0,397	17/64	0,266	6,747	33/64	0,516	13,097	49/64	0,766	19,447
1/32	0,031	0,794	9/32	0,281	7,144	17/32	0,531	13,494	25/32	0,781	19,844
3/64	0,047	1,191	19/64	0,297	7,541	35/64	0,547	13,891	51/64	0,797	20,241
1/16	0,063	1,588	5/16	0,313	7,938	9/16	0,563	14,288	13/16	0,813	20,638
5/64	0,078	1,984	21/64	0,328	8,334	37/64	0,578	14,684	53/64	0,828	21,034
3/32	0,094	2,381	11/32	0,344	8,731	19/32	0,594	15,081	27/32	0,844	21,431
7/64	0,109	2,778	23/64	0,359	9,128	39/64	0,609	15,478	55/64	0,859	21,828
1/8	0,125	3,175	3/8	0,375	9,525	5/8	0,625	15,876	7/8	0,875	22,225
9/64	0,141	3,572	25/64	0,391	9,922	41/64	0,641	16,272	57/64	0,891	22,622
5/32	0,156	3,969	13/32	0,406	10,319	21/32	0,656	16,669	29/32	0,906	23,019
11/64	0,172	4,366	27/64	0,422	10,716	43/64	0,672	17,066	59/64	0,922	23,416
3/16	0,188	4,763	7/16	0,438	11,113	11/16	0,688	17,463	15/16	0,938	23,813
13/64	0,203	5,159	29/64	0,453	11,509	45/64	0,703	17,859	61/64	0,953	24,209
7/32	0,219	5,556	15/32	0,469	11,906	23/32	0,719	18,256	31/32	0,969	24,606
15/64	0,234	5,953	31/64	0,484	12,303	47/64	0,734	18,653	63/64	0,984	25,003
1/4	0,250	6,350	1/2	0,500	12,700	3/4	0,750	19,050	1	1,000	25,400

Pounds/Square Inch (psi)* – bar

psi	0 psi	1 psi	2 psi	3 psi	4 psi	5 psi	6 psi	7 psi	8 psi	9 psi
0	–	14,5035	29,0070	43,5105	58,0140	72,5175	87,0210	101,5245	116,0280	130,5315
10	145,0350	159,5385	174,0420	188,5455	203,0490	217,5525	232,0560	246,5595	261,0630	275,5665
20	290,0700	304,5735	319,0770	333,5805	348,0840	362,5875	377,0910	391,5945	406,0980	420,6015
30	435,1050	449,6085	464,1120	478,6155	493,1190	507,6225	522,1260	536,6295	551,1330	565,6365
40	580,1400	594,6435	609,1470	623,6505	638,1540	652,6575	667,1610	681,6645	696,1680	710,6715
50	725,1750	739,6785	754,1820	768,6855	783,1890	797,6925	812,1960	826,6995	841,2030	855,7065
60	870,2100	884,7135	899,2170	913,7205	928,2240	942,7275	957,2310	971,7345	986,2380	1000,7415
70	1015,2450	1029,7485	1044,2520	1058,7555	1073,2590	1087,7625	1102,2660	1116,7695	1131,2730	1145,7765
80	1160,2800	1174,7835	1189,2870	1203,7905	1218,2940	1232,7975	1247,3010	1261,8045	1276,3080	1290,8115
90	1305,3150	1319,8185	1334,3220	1348,8255	1363,3290	1377,8325	1392,3360	1406,8395	1421,3430	1435,8465
100	1450,3500	1464,8535	1479,3570	1493,8605	1508,3640	1522,8675	1537,3710	1551,8745	1566,3780	1580,8815

bar* – Pounds/Square Inch (psi)*

psi	0 bar	1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar
0	–	0,0689	0,1378	0,2067	0,2756	0,3445	0,4134	0,4823	0,5512	0,6201
10	0,6890	0,7579	0,8268	0,8957	0,9646	1,0335	1,1024	1,1713	1,2402	1,3091
20	1,3780	1,4469	1,5158	1,5847	1,6536	1,7225	1,7914	1,8603	1,9292	1,9981
30	2,0670	2,1359	2,2048	2,2737	2,3426	2,4115	2,4804	2,5493	2,6182	2,6871
40	2,7560	2,8249	2,8938	2,9627	3,0316	3,1005	3,1694	3,2383	3,3072	3,3761
50	3,4450	3,5139	3,5828	3,6517	3,7206	3,7895	3,8584	3,9273	3,9962	4,0651
60	4,1340	4,2029	4,2718	4,3407	4,4096	4,4785	4,5474	4,6163	4,6852	4,7541
70	4,8230	4,8919	4,9608	5,0297	5,0986	5,1675	5,2364	5,3053	5,3742	5,4431
80	5,5120	5,5809	5,6498	5,7187	5,7876	5,8565	5,9254	5,9943	6,0632	6,1321
90	6,2010	6,2699	6,3388	6,4077	6,4766	6,5455	6,6144	6,6833	6,7522	6,8211
100	6,8900	6,9589	7,0278	7,0967	7,1656	7,2345	7,3034	7,3723	7,4412	7,5101

Fortsetzung ⇒

In der Tabelle nicht ablesbare Werte von mehr als 100 bar/psi lassen sich leicht durch Verschiebung der Dezimalstellen ermitteln.

* bar = 14,5035 psi

UMRECHNUNGSTABELLEN ANGLO-AMERIKANISCHE EINHEITEN

Vorsätze und Vorsatzzeichen

da	= Deka	= 10 ¹	d	= Dezi	= 10 ⁻¹
h	= Hekto	= 10 ²	c	= Zenti	= 10 ⁻²
k	= Kilo	= 10 ³	m	= Milli	= 10 ⁻³
M	= Mega	= 10 ⁶	μ	= Mikro	= 10 ⁻⁶
G	= Giga	= 10 ⁹	n	= Nano	= 10 ⁻⁹
T	= Tera	= 10 ¹²	p	= Piko	= 10 ⁻¹²
P	= Peta	= 10 ¹⁵	f	= Femto	= 10 ⁻¹⁵
E	= Exa	= 10 ¹⁸	a	= Atto	= 10 ⁻¹⁸

Länge

Einheit	in	ft	yd	mm	m	km
1 in	1	0,08333	0,027778	25,4	0,0254	–
1 ft	12	1	0,3333	304,8	0,3048	–
1 yd	36	3	1	914,4	0,9144	–
1 mm	0,03937	3281·10 ⁻⁶	1094·10 ⁻⁶	1	0,001	10 ⁻⁶
1 m	39,37	3,281	1,094	1000	1	0,001
1 km	39370	3281	1094	10 ⁶	1000	1

Fläche

Einheit	sq in	sq ft	sq yd	cm ²	dm ²	m ²
1 sq in	1	6,944·10 ⁻³	0,772·10 ⁻³	6,452	0,06452	64,5·10 ⁻⁵
1 sq ft	144	1	0,1111	929	9,29	0,0929
1 sq yd	1296	9	1	8361	83,61	0,8361
1 cm ²	0,155	1,076·10 ⁻³	1,197·10 ⁻⁴	1	0,01	0,0001
1 qm ²	15,5	0,1076	0,01196	100	1	0,01
1 m ²	1550	10,76	1,196	10000	100	1

Volumen

Einheit	cu in	cu ft	cu yd	cm ³	dm ³	m ³
1 cu in	1	5,786·10 ⁻⁴	2,144·10 ⁻⁵	16,39	0,01639	1,64·10 ⁻⁵
1 cu ft	1728	1	0,037	28316	28,32	0,0283
1 cu yd	46656	27	1	764555	764,55	0,7646
1 cm ³	0,06102	3532·10 ⁻⁸	1,31·10 ⁻⁶	1	0,001	10 ⁻⁶
1 dm ³	61,02	0,03532	0,00131	1000	1	0,001
1 m ³	61023	35,32	1,307	10 ⁶	1000	1

Masse

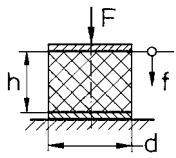
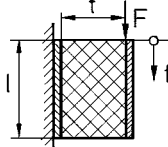
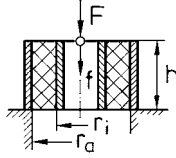
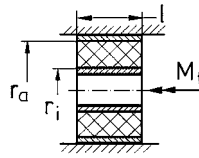
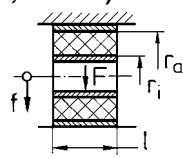
Einheit	dram	oz	lb	g	kg	Mg
1 dram	1	0,0625	0,003906	1,772	0,00177	1,77·10 ⁻⁶
1 oz	16	1	0,0625	28,35	0,02832	28,3·10 ⁻⁶
1 lb	256	16	1	453,6	0,4531	4,53·10 ⁻⁴
g	0,5643	0,03527	0,002205	1	0,001	10 ⁻⁶
kg	564,3	35,27	2,205	1000	1	0,001
Mg	564,4·10 ³	35270	2205	10 ⁶	1000	1



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

RICHTWERTE UND NORMEN

Verformung, Federrate und Beanspruchung von Gummifedern

Federart	Verformung f/Federrate c	Beanspruchung
Scheibefeder (Druck) 	$f = \frac{Fh}{EA} = \frac{4Fh}{E\pi d^2}$ $c = \frac{F}{f} = \frac{EA}{h} = \frac{E\pi d^2}{4h}$ Formfaktor $k = \frac{d}{4h}$	$\sigma_d = E \varepsilon = \frac{F}{A}; \quad \varepsilon = \frac{f}{h}$ $F_{zul} = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_{zul}$
Rechteckfeder (Schub) 	$f = \frac{F t}{G A} = \frac{F t}{G b l}$ $c = \frac{F}{f} = \frac{G b l}{t}$ Breite b	$\tau = G\gamma = \frac{F}{A}; \quad \gamma = \frac{f}{t}$ $F_{zul} = G b l \gamma_{zul}$
Hülsenfeder (Schub) 	$f = \frac{F}{2\pi h G} \ln \frac{r_a}{r_i}$ $c = \frac{F}{f}$	$\tau_i = \frac{F}{A_i} = \frac{F}{2\pi r_i h}$ $F_{zul} = 2 \pi r_i h G \gamma_{zul}$
Hülsenfeder (Drehschub) 	$\varphi = \frac{M_t}{4\pi l G} \left(\frac{1}{r_i^2} - \frac{1}{r_a^2} \right)$ $c_t = \frac{M_t}{\varphi}$	$\tau_i = \frac{F}{A_i} = \frac{M_t}{2\pi r_i^2 l}$ $M_{t\,zul} = 2 \pi G r_i^2 l \gamma_{zul}$
Hülsenfeder (Druck, Schub) 	$f = \frac{F}{\pi l (E + G)} \ln \frac{r_a}{r_i}$ $c = \frac{F}{f}$	$\sigma_{d\,max} = \frac{2}{\pi} \frac{F_{max}}{l r_i}$ $F_{zul} = \frac{\pi l r_i}{2} \sigma_{d\,zul}$

Anhaltswerte für die überschlägige Berechnung von Gummifedern

Shore-Härte Sh (A)	E-Modul E _{st} N/mm		G-Modul G _{st} N/mm ²	Zul. stat. Verformung bei Dauerbelastung %		Zul. stat. Spannung bei Dauerbelastung N/mm ²		
	Druck k = 1/4 k = 1,0			Druck	Schub Zug	Druck k = 1/4 k = 1,0		Schub Zug
30	1,1	4,5	0,3	10 ... 15	50 ... 75	0,18	0,7	0,20
40	1,6	6,5	0,4		45 ... 70	0,25	1,0	0,28
50	2,2	9,0	0,55		40 ... 60	0,36	1,4	0,33
60	3,3	13,0	0,8		30 ... 45	0,50	2,0	0,36
70	5,2	20,0	1,3		20 ... 30	0,80	3,2	0,38

Zulässige Wechselbeanspruchungen 1/3 bis 1/2 der zulässigen stat. Beanspruchungen.

Quelle: INA Technisches Taschenbuch

RICHTWERTE UND NORMEN

Eigenschaften von Elastomeren für Gummifedern

Elastomere mit Kurzzeichen und Handelsnamen Beispiel	Styrol-Butadien-Kautschuk	Naturkautschuk (Polyisopren)	Butyl-Kautschuk	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	Chlorbutadien-Kautschuk	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	Polyurethan-Kautschuk	Silikon-Kautschuk	Polyacrylat-Kautschuk (PA)	Fluor-Kautschuk
	SBR	NR	JIR	EPDM	CR	NBR	AU, EU	VMQ	ACM	FKM
	Buna, Hüls	Gummi	Butyl	Buna AP	Neopren	Perbunan	Vulkolan	Silopren	Cyanacryl	Vitrom
Dichte in t/m ³	0,92	0,95	0,93	-	1,23	0,98	1,26	1,19	-	-
Zugfestigkeit in N/mm ²	...24	...28	...15	18	20...27	22...27	30...32	...10	15	15
Bruchdehnung in % Höchstwert (DIN 53504)	700	1000	900	800	800	800	600	500	-	-
"Shorehärte A (sh) (DIN 53505)"	"40... 95"	"30... 98"	"40... 90"	"40... 90"	"40... 95"	"40... 95"	"65... 95"	"40... 90"	"55... 85"	"60... 90"
Temperatureinsatzbereich in °C	-30... +90	-40... +70	-25... +110	-35... +130	-25... +100	-25... +100	-15... +800	-60... +200	-15... +150	-20... +220
Ölbeständigkeit	gering	gering	gering	mittel-mäßig	mittel-mäßig	gut	sehr gut	gut	sehr gut	sehr gut
Benzinbeständigkeit	-	-	-	-	-	gut	gut	mittel-mäßig	sehr gut	sehr gut
Ozonbeständigkeit	gering	gering	sehr gut	hervorragend	gut	gering	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Kriechfestigkeit	sehr gut	hervorragend	mittel	gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut
Rückprallelastizität	gut	sehr gut	gering	gut	gut	gut	sehr gut	gut	gering	gering
Dämpfung	gut	mittel-mäßig	hervorragend	gut	gut	sehr gut	gut	gut	sehr gut	hervorragend
Abriebsfestigkeit	sehr gut	sehr gut	-	-	gut	-	sehr gut	-	-	-
Haftfestigkeit an Metall	gut	hervorragend	mittel-mäßig	mittel-mäßig	gut	sehr gut	sehr gut	mittel	mittel	gut
Spezielle Eigenschaften		c)	a) b)	-	-	-	e)	d)	e)	b)
Verarbeitbarkeit					-	-	-	-	hell herstellbar	schwer
Elektr. Isolierfähigkeit	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gering	-	gering	gut	mäßig	gut
Preis	tief	tief	tief	tief	mäßig	mäßig	mittel	hoch	hoch	sehr hoch

Quelle: Dubbel

- a) Gasdurchlässigkeit sehr gering
b) Säurebeständigkeit gut
c) Brennbar
d) Flammwidrig
e) Wasserempfindlich bei 40°C

RICHTWERTE UND NORMEN OBERFLÄCHENRAUIGKEIT BEI VERSCHIEDENEN BEARBEITUNGEN

Ereichbare Mittenrauwerte R_a nach DIN 4766-2

Haupt- gruppe	Fertigungsverfahren Benennung	Erreichbare Mittenrauwerte R_a mm													Bemerkungen			
		0,006	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25		50		
Ur- formen ¹⁾	Sandformgießen																	2)
	Formmaskengießen																	2)
	Kokillengießen																	
	Druckgießen																	
	Feingießen																	
Um- formen	Gesenkschmieden																	
	Glattwalzen																	
	Tiefziehen von Blechen																	
	Fließpressen, Strangpressen																	
	Prägen																	
	Walzen von Formteilen																	
Trennen	Schneiden																	
	Längsdrehen																	
	Plandrehen																	
	Einstechdrehen																	
	Hobeln																	
	Stoßen																	
	Schaben																	
	Bohren																	
	Aufbohren																	
	Senken																	
	Reiben																	
	Umfangfräsen																	
	Stirnfräsen																	
	Räumen																	
	Feilen																	
	Rund-Längsschleifen																	
	Rund-Planschleifen																	
	Rund-Einsteichschleifen																	
	Flach-Umfangschleifen																	
	Flach-Stirnschleifen																	
	Polierschleifen																	
	Langhubhonen																	
	Kurzhubhonen																	
	Rundläppen																	
	Flachläppen																	
	Schwingläppen																	
	Polierläppen																	
	Strahlen																	
	Trommeln																	
	Brennschneiden																	

1) Näheres siehe VDG-Merkblatt K 100, zu beziehen beim Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG), Sohnstraße 70, 40237 Düsseldorf

Quelle: INA Technisches Taschenbuch

2) Bei diesem Gießverfahren muss bei Gussstücken bis 250 kg Stückgewicht mit R-Werten bis 125 µm gerechnet werden.

RICHTWERTE UND NORMEN

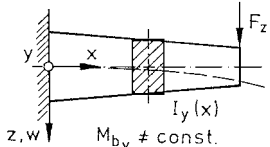
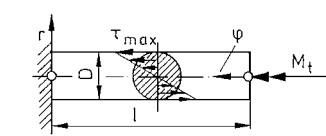
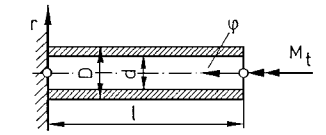
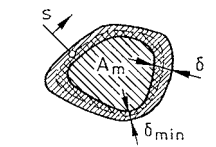
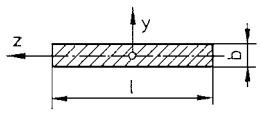
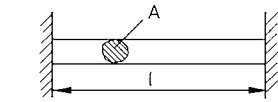
Größen und Einheiten in der Festigkeitsberechnung

Größe	Einheit	Größenbezeichnung	Bemerkungen
x, y, z	mm	Kartesische Koordinaten	Rechtsystem
u, v, w	mm	Verformung in x, y, z-Richtung	
a	mm	Abstand, Hebelarm, gr. Ellipsenhalbachse	Abweichen vom SI-System
b	mm	Breite, kl. Ellipsenhalbachse	wird im Maschinenbau nicht
d, D	mm	Durchmesser	die Basiseinheit "m"
r, R	mm	Radius, Halbmesser	die abgeleitete Einheit "m"
f	mm	Durchbiegung, Durchhang	verwendet
h	mm	Höhe	
l	mm	Länge	1 mm = 10 ⁻³
A	mm ²	Fläche, Querschnittsfläche	1 mm ² = 10 ⁻⁶ m ²
E	N/mm ²	Elastizitätsmodul	$E = \sigma / \varepsilon$
F	N	Kraft	$N = \text{kg m/s}^2$
F _G	N	Gewichtskraft	$F_G = m \cdot g$
g	mm/s ²	Erdbeschleunigung	$g = 9806,65 \text{ mm/s}^2$
G	N/mm ²	Schubmodul	$G = \tau / \gamma$
H	mm ³	Flächenmoment 1. Grades	$H_y = \int z \, dA$
I _a	mm ⁴	Axiales Flächenmoment 2. Grades	$I_y = \int z^2 \, dA$
I _p	mm ⁴	Polares Flächenmoment 2. Grades	$I_y = \int r^2 \, dA$
I _t	mm ⁴	Torsionsflächenmoment	-
m	kg	Masse	SI-Basiseinheit
M _b	N mm	Biegemoment	Schnittgröße
M _t	N mm	Torsionsmoment	Schnittgröße
N	N	Normalkraft	Schnittgröße
p	N/mm ²	Druck, Hertz'sche Pressung	-
Q	N	Querkraft	Schnittgröße
R _e	N/mm ²	Streckgrenze, Fließgrenze	} siehe Werkstofftabellen
R _m	N/mm ²	Zugfestigkeit, Bruchfestigkeit	
R _{p0,2}	N/mm ²	0,2-Dehngrenze	
T	K	Temperatur	SI-Basiseinheit
W _a	mm ³	Axiales Widerstandsmoment	W_x, W_y, W_z
W _p	mm ³	Polares Widerstandsmoment	$W_p = I_p / R$ (Kreis)
W _t	mm ³	Torsionswiderstandsmoment	
W _i	N mm	Innere Formänderungsarbeit	der inneren Spannung
W _a	N mm	Äußere Formänderungsarbeit	der Kräfte, Momente
α	1/K	Therm. Längenausdehnungskoeffizient	$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T$
α _k	1	Formziffer, Formzahl	
β	1/K	Therm. Raumausdehnungskoeffizient	$\beta = 3\alpha$
β _k	1	Kerbwirkungszahl	
γ	1	Gleitung, Schiebung	$\gamma = \phi / G$
ε	1	Dehnung	$\varepsilon = \Delta l / l$
ε _q	1	Querdehnung	$\varepsilon_q = \Delta d / d = -\nu \varepsilon$
ε _m	1	Bruchdehnung	-
Θ	rad/mm	Drilling	$\Theta = \phi / l$
ν	1	Poissonzahl	$\nu = 0,3$ (Stahl)
ρ	kg/mm ³	Dichte, Massendichte	-
σ	N/mm ²	Normalspannung (Zug-, Druckspannung)	$\sigma = N/A$
σ _w	N/mm ²	Wechselfestigkeit	} Aus dem SMITH-Diagramm
σ _{sch}	N/mm ²	Schwellfestigkeit	
σ _A	N/mm ²	Ausschlagfestigkeit	
σ _D	N/mm ²	Dauerfestigkeit (allgemein)	
τ	N/mm ²	Schubspannung, Scherspannung	$\tau = Q/A, \tau = M_t/W_p$
φ	rad	Winkel, Torsionswinkel	1 rad = 1 m / 1 m

Quelle: INA Technisches Taschenbuch

RICHTWERTE UND NORMEN FESTIGKEITSBERECHNUNG

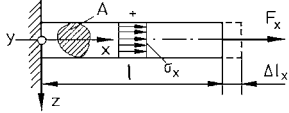
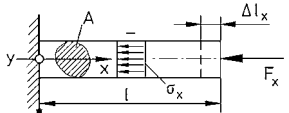
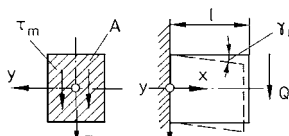
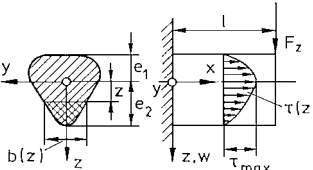
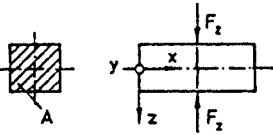
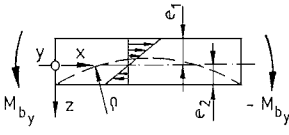
Zusammenstellung der wichtigsten Beanspruchungsarten

Beanspruchungsart	Spannung	Verformung
Biegung (allgemein)  z, w $M_{by} \neq \text{const.}$ Querkrafteinfluss wird vernachlässigt.	Biegespannung Verteilung: $\sigma_b(x, z) = \frac{M_{by}(x)}{I_y(x)} z$ Maximalwert: $\sigma_{b_{\max}}(x) = \frac{M_{by}(x)}{W_y(x)}$	Differenzialgleichung der Biegelinie $w''(x) = -\frac{M_{by}(x)}{E I_y(x)}$
Torsion kreisförmiger Vollquerschnitte  $I_p = \text{polares Flächenträgheitsm.}$	Torsionsspannung Verteilung: $\tau(r) = \frac{M_t}{I_p} r$ Maximalwert: $\tau_{\max} = \frac{M_t}{I_p} \cdot \frac{D}{2} = \frac{M_t}{W_p}$	Drillung $\vartheta = \frac{\varphi}{l} = \frac{M_t}{G I_p}$ Drillwinkel $\varphi = \frac{M_t l}{G I_p}$
Torsion kreisringförmiger Querschnitte (Rohre) 	Torsionsspannung Maximalwert: $\tau_{\max} = \frac{M_t}{W_p}$ $W_p = \frac{I_p(D) - I_p(d)}{D/2}$	Drillwinkel $\varphi = \frac{M_t l}{G I_p}$ $I_p = I_p(D) - I_p(d)$
Torsion dünnwandiger Hohlquerschnitte 	Schubspannung Verlauf über Umfang: $\tau(s) = \frac{M_t}{2 A_m \delta(s)}$ Maximalwert: $\tau_{\max} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{M_t}{2 A_m \cdot \delta_{\min}}$	Drillung $\vartheta = \frac{M_t}{G \cdot I_t} = \frac{M_t}{G} \int \frac{ds}{\delta(s)} \frac{1}{4 A_m^2}$ $I_t = \frac{4 A_m^2}{\int ds / \delta(s)}$
Torsion schmaler Rechteckquerschnitte 	Schubspannung Verlauf: $\tau = \frac{2 M_t}{l_t} y$ Maximalwert: $\tau_{\max} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{2 M_t}{l_t} \frac{b}{2} = \frac{3 M_t}{b^2 h}$	Drillung $\vartheta = \frac{M_t}{G \cdot I_t} = \frac{M_t}{G} \frac{3}{b^3 h}$ $I_t = \frac{b^3 h}{3}$
Erwärmung beidseitig eingespannter Stäbe 	Wärmespannung $\sigma_{\Delta T} = -E \cdot \alpha \cdot \Delta T$ $\alpha = \text{linearer Wärmeausdehnungskoeffizient}$	Bei freier Dehnung $\varepsilon_{\Delta T} = \frac{\Delta l}{l} = \alpha \Delta T$ $\Delta l = l \alpha \Delta T$ Diese Verlängerung ist nicht möglich und muss durch eine Stauchung im Stab aufgenommen werden.

Quelle: INA Technisches Taschenbuch

RICHTWERTE UND NORMEN FESTIGKEITSBERECHNUNG

Zusammenstellung der wichtigsten Beanspruchungsarten

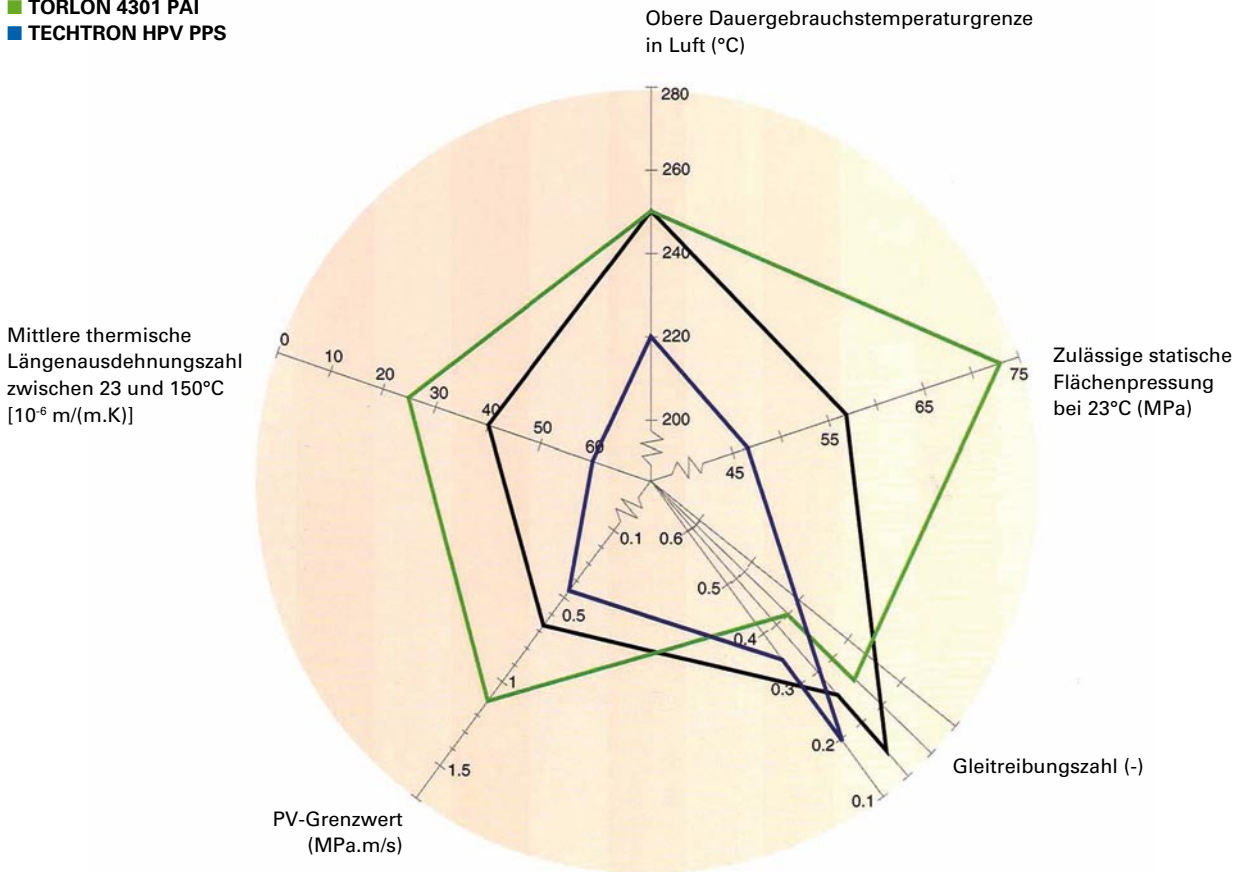
Beanspruchungsart	Spannung	Verformung
Zugbeanspruchung 	Normalspannung $\sigma_x = \frac{F_x}{A}$	Dehnung (Stauchung)* $\varepsilon_x = \frac{\Delta l_x}{l} = \frac{\sigma_x}{E} = \frac{F_x}{E \cdot A}$
Druckbeanspruchung 	Zugbeanspruchung F_x ist positiv σ_x ist positiv Druckbeanspruchung F_x ist negativ σ_x ist negativ	Verlängerung (Verkürzung)* $\Delta l_x = \frac{F_x \cdot l}{E \cdot A}$ Querkontraktion (Querstauchung) $\varepsilon_y = -\nu \cdot \varepsilon_x \quad \varepsilon_z = -\nu \cdot \varepsilon_x$ * je nach Vorzeichen F_x
Schubbeanspruchung (mittlere) 	Schubspannung (mittlere) $\tau_m = \frac{Q_z}{A}$	Gleitung (mittlere) $\gamma_m = \frac{\tau_m}{G} = \frac{Q_z}{G \cdot A}$ $w(l) = \gamma_m \cdot l$ $G = \text{Schubmodul}$
Schubbeanspruchung (reale)  $Q_z = F_z$	Schubspannungsverteilung $\tau(z) = \frac{Q_z H_y(z)}{I_y b(z)}$ mitstat. Moment $H_y(z) = \int_z b(z) dz$ $\tau_{max} = \frac{Q_z H_y(z=0)}{I_y b(z=0)}$	Durchsenkung des Trägers (nur infolge Schubspannung) $w(x) = k \frac{Q_z}{G \cdot A} \cdot x < \frac{\tau_{max}}{G} \cdot x$ $w(l) = k \frac{Q_z}{G \cdot A} l$ $k = \text{Querschnittsformfaktor}$
Scherbeanspruchung 	Scherspannung $\tau_{Scher} = \frac{F_z}{A}$	Abscheren bei Überschreiten der Scherfestigkeit des Werkstoffes
Querkraftfreie Biegung  $M_{by} = \text{const.}; I_y = \text{const.}$ $I_y = \text{Flächenträgheitsmoment um die y-Achse}$	Biegespannung Verteilung: $\sigma = \frac{M_{by}}{I_y} z$ Maximalwert: $\sigma_{max} = \frac{M_{by}}{I_y} e_{max} = \frac{M_{by}}{W_y}$ Im Bild: $e_{max} = e_1$	Krümmung $k = \frac{1}{\rho} = \frac{M_{by}}{E I_y}$ $\rho = \text{Krümmungsradius}$ Differentialgleichung der Biegelinie $w''(x) = -\frac{M_{by}}{E I_y}$

Quelle: INA Technisches Taschenbuch

SCHLÜSSELMERKMALE GLEITLAGERTYPEN

Radar-Diagramm (Richt- und Vergleichswerte)

- KETRON PEEK-HPV
- TORLON 4301 PAI
- TECHTRON HPV PPS



KETRON PEEK-HPV (PEEK + CF + PTFE + Graphit)
 Der Zusatz von Kohlenstoff-Fasern, PTFE und Graphit ergeben einen KETRON PEEK „Gleitlagertyp“. Seine ausgezeichneten tribologischen Eigenschaften (niedrige Reibungszahl, hohe Verschleißfestigkeit und hoher PV-Grenzwert) machen diesen Typ zum idealen Werkstoff für verschleiß- und reibungsbeanspruchte Teile.

TORLON 4301 PAI (extrudiert) (PAI + Graphit + PTFE)
TORLON 4501 PAI (pressgesintert) (PAI + Graphit + PTFE)
 Der Zusatz von Graphit und PTFE ergibt eine höhere Verschleißfestigkeit und eine niedrigere Gleitreibungszahl im Vergleich zum ungefüllten Typ sowie eine äußerst geringe Stick-Slip-Anfälligkeit. TORLON 4301 PAI weist ebenfalls eine ausgezeichnete Dimensionsstabilität über einen breiten Temperaturbereich auf. Dieser extrudierte TORLON PAI Typ zeichnet sich aus in Anwendungen mit starker Verschleißbeanspruchung wie zum Beispiel Trockenlaufgleitelemente, Dichtungen, Lagerkäfige und hin- und herbewegende Verdichterteile. Das im Presssinterverfahren hergestellte TORLON 4501 PAI hat eine dem TORLON 4301 PAI ähnelnde Zusammensetzung und kommt vor allem zum Einsatz, wenn Halbzeuge großer Dimensionen verlangt werden.

TECHTRON HPV PPS IU (PPS + Festschmierstoff)
 TECHTRON HPV PPS weist eine ausgezeichnete Kombination von Eigenschaften auf in bezug auf Verschleißfestigkeit, mechanische Tragfähigkeit und Dimensionsstabilität und dies sowohl in Kontakt mit Chemikalien als auch bei hohen Temperaturen. TECHTRON HPV PPS findet seine Einsatzgebiete überall dort wo PA, POM, PET oder andere Kunststoffe nicht mehr ausreichen oder dort wo in weniger anspruchsvollen High-Tech-Anwendungen, eine wirtschaftlichere Alternative zu PI, PEEK oder PAI gesucht wird. Dank dem homogen verteilten eingebauten Festschmierstoff zeigt TECHTRON HPV PPS eine ausgezeichnete Verschleißfestigkeit und eine niedrige Gleitreibungszahl. Es überwindet die Nachteile des ungefüllten PPS (hohe Gleitreibungszahl) sowie des glasfaserverstärkten PPS (vorzeitiger Verschleiß der Gegenlauffläche) im Fall Gleitelemente. TECHTRON HPV PPS kommt in industriellen Anlagen aller Art zum Einsatz, z.B. in industriellen Trocknungs- und Lebensmittelzubereitungsöfen (Gleitlager, Laufrollen,...), in Anlagen der chemischen Verfahrenstechnik (Komponenten für Pumpen, Ventile und Kompressoren) und in elektrischen Isoliersystemen.

KUNSTSTOFF-KUGELLAGER

Kunststoff-Kugellager setzen sich zusammen aus

- Ringen aus Kunststoff
- Kugeln aus Edelstahl, Glas, Kunststoff oder weiteren Werkstoffen
- Einem Käfig aus Kunststoff

Kunststoff-Kugellager können aus einer Vielzahl von Materialien und deren Kombinationen hergestellt werden. Die Materialauswahl ist von der Anwendung abhängig. Kunststoffe besitzen deutlich andere Eigenschaften als Stahl. Ein herausragendes Merkmal von Kunststoff-Kugellagern ist deren Korrosions- und allgemeine Chemikalienbeständigkeit.

Die verwendeten Kunststoffe haben einen niedrigen Reibungskoeffizienten sowie eine hohe Verschleiß- und Ermüdungsfestigkeit. Kunststoff-Kugellager benötigen keine Schmierung und sind für Trockenlauf geeignet.

Die Belastbarkeiten und die maximalen Drehzahlen sind jedoch deutlich geringer als bei konventionellen Stahllager. Kunststoff-Kugellager mit ihrem spezifischen Eigenschaftsprofil stellen aber für besondere Anwendungsbedingungen eine Ergänzung zu Stahllagern dar.

Die hohe spezifische Festigkeit – Festigkeit bezogen auf die Masse – ist ein interessantes Merkmal in Anwendungen, bei denen es auf das Gewicht ankommt.

Eine hohe Maßhaltigkeit über die gesamte Lebensdauer wird durch die geringe Kriechneigung der eingesetzten Kunststoffe erreicht.

Eigenschaften und Vorteile

- korrosionsbeständig
- chemikalienbeständig
- selbstschmierend (kein Schmiermittel notwendig)
- geringes Gewicht (bis zu 80% weniger als Stahl)
- teilweise hohe Betriebstemperaturen möglich
- geringe Reibung
- geräuscharmer Betrieb
- gute Dämpfungseigenschaften
- elektrisch isolierend
- Funktionsintegration bei Sonderlagen
- Geringe Lebenszykluskosten



Auch online blättern!
www.reiff-tp.de

NOTIZEN

