

# Kapitel 7 – Umwelteinflüsse

## Einführung

Dieses Kapitel enthält Informationen über das Verhalten von DELRIN® unter verschiedenen Einsatzbedingungen, darunter der Einfluß von Chemikalien bei Umgebungstemperatur, von Luft über einen bestimmten Temperaturbereich und von Witterungseinflüssen.

Die Chemikalienbeständigkeit und Witterungsbeständigkeit von DELRIN® wurden in einer Reihe von Labortests bewertet, wobei unbelastete Proben den ausgewählten Umgebungseinflüssen bis zu einem Jahr ausgesetzt wurden. Die endgültige Bewertung basierte auf visueller Beobachtung, den Gewichts- und Maßänderungen und der Messung der mechanischen Eigenschaften.

Die chemische Zusammensetzung des Umfeldes, die Einwirkungsdauer und Temperatur wurden als Hauptfaktoren bestätigt, die das Verhalten beeinflussen. Diese Ergebnisse können verwendet werden, um die Eignung von DELRIN® unter vergleichbaren Einsatzbedingungen zu schätzen. Es muß jedoch beachtet werden, daß Vorhersagen über das aktuelle Verhalten aufgrund von Laboraten, die mit unbelasteten Proben unter Dauereinwirkung bestimmter Umgebungsbedingungen erhalten wurden, immer nur bedingt gelten. Zyklische Einwirkungen und Beanspruchungen im Einsatz können das Verhalten des Bauteils stark verändern.

Daher sollten die Informationen in diesem Kapitel als Ausgangspunkt betrachtet werden. Sie sollen keinesfalls Testreihen ersetzen, die erforderlich werden können, um die Eignung von DELRIN® unter erwarteten Einsatzbedingungen zu ermitteln.

**Tabelle 7.1 Verhalten von DELRIN® in verschiedenen Chemikalien. Wird keine Konzentration angegeben, wurden die Proben in reinen Flüssigkeiten bei Raumtemperatur über Zeiträume bis zu einem Jahr eingetaucht. Die Endbewertung basiert auf dem visuellen Erscheinungsbild, den Gewichts- und Maßänderungen und der Beibehaltung der mechanischen Eigenschaften. Die Einstufungen reichen von «beständig» (keine sichtbaren Risse durch Chemikalien, Zugfestigkeit weniger als 20% verändert) bis zu «mangelhaft» (starker chemischer Angriff bzw. Veränderungen der mechanischen Eigenschaften).**

Chemikalie	Verhalten	Chemikalie	Verhalten
Aceton	beständig	Kohlenmonoxid	beständig
Alkohol (alle Arten)	beständig	Kraftstoff	beständig
Ammoniak (10%)	ungenügend	Lachgas (trocken)	ungenügend
Anilin	begrenzt beständig	Luft (alle Drücke)	beständig
Benzol	beständig	Methylchlorid	begrenzt beständig
Bleichmittel (10% Chlor)	ungenügend	Methylenchlorid	begrenzt beständig
Bremsflüssigkeit	beständig	Methylethylketon	begrenzt beständig
Butan	beständig	Mineralöl	beständig
Calciumchlorid (10%)	beständig	Motoröl	beständig
Chloressigsäure (10%)	ungenügend	Natriumchlorid (10%)	beständig
Chlorgas	ungenügend	Natriumhydroxid (10%)	ungenügend
Chloriertes Wasser	begrenzt beständig	Natriumhypochlorid (5%)	ungenügend
Chloroform	begrenzt beständig	Obstsaft	beständig
Chromsäure (10%)	ungenügend	Öle (Mineralöl)	beständig
Cyclohexan	beständig	Öle (Nahrungsmittel)	beständig
Detergenz	beständig	Ölsäure	beständig
Diesel Kraftstoff	beständig	Palmitinsäure	beständig
Düsentreibstoff/Kerosen	beständig	Paraffine	beständig
Essig	beständig	Perchlorsäure (10%)	ungenügend
Essigsäure (5%)	beständig	Phosphorsäure (30%)	ungenügend
Essigsäure (20%)	begrenzt beständig	Propan (flüssiges Gas)	beständig
Essigsäure (50%)	ungenügend	Salpetersäure (10%)	ungenügend
Ethanol	beständig	salpetrige Säure	ungenügend
Ethylacetat	beständig	Salzsäure (10%)	ungenügend
Ethylenglycol	beständig	Schmieröl	beständig
Ethylether	beständig	Schwefeldioxid	ungenügend
Flußsäure (10%)	ungenügend	Schwefelsäure (30%)	ungenügend
Formaldehyd (37%)	ungenügend	Schwefelwasserstoff	ungenügend
Glukose (ges. Lös.)	beständig	Terpentin/weißer Alkohol	beständig
Harnstoff	beständig	Tetrahydrofuran	beständig
Heizöl	beständig	Toluol	beständig
Heptan	beständig	Trichloressigsäure	ungenügend
Hexan	beständig	Trichlorethan (1,1,1-)	beständig
Insektizide	beständig	Wasserstoffperoxid (1%)	beständig
Isooktan	beständig	Wasserstoffperoxid (30%)	ungenügend
Kaliumhydroxid (10%)	ungenügend	Zitronensäure	begrenzt beständig
Kohlendioxid	beständig		

## Chemikalienbeständigkeit

Eine der hervorragenden Eigenschaften von DELRIN® Acetalhomopolymer ist die hohe Beständigkeit gegen eine Vielzahl von organischen Stoffmischungen, die ein schnelles Versagen von anderen Kunststoffen verursachen. DELRIN® Kunststoffe weisen selbst bei hohen Temperaturen in vielen organischen und anorganischen Materialien eine hohe Beständigkeit auf. Zu den typischen Chemikalien, gegen die sie beständig sind, gehören Alkohole, Aldehyde, Ester, Ether, Kohlenwasserstoffe, Pflanzenschutzmittel und viele schwache Säuren und Laugen. DELRIN® zeichnet sich in den meisten dieser Substanzen durch eine gute Dimensionsstabilität aus.

Tabelle 7.1 enthält die Testergebnisse von repräsentativen Chemikaliengruppen. Spritzgegossene Prüfstäbe wurden in die Chemikalie eingetaucht und bei Raumtemperatur gelagert. Nach der Einwirkung wurden die Stäbe auf chemischen Angriff untersucht und gemessen, um Veränderungen der Länge, des Gewichts und der Zugeigenschaften festzustellen. Derartige Veränderungen können reversibel (Absorption) oder dauerhaft sein (chemischer Angriff, mechanisches Versagen).

Ein Längenzunahme des Prüfstabes kann durch Spannungsabbau aufgrund der Umgebungsbedingungen, Quellung bzw. chemischen Abbau verursacht sein. In der Mehrzahl der Versuche fand eine Längenzunahme durch Absorption statt. Aus diesem Grund müssen Maßänderungen bei engtolerierten Teilen unter den vorgegebenen Einsatzbedingungen verifiziert werden.

Tabelle 7.1 zeigt zudem Fälle, bei denen DELRIN® unter den gegebenen Testbedingungen ungenügend abschnitt. Eine Änderung des Einsatzes (zyklischer Kontakt, andere Konzentration) erlaubt den Einsatz von DELRIN® mit zufriedenstellender Leistung und Lebensdauer.

## Kraftstoffbeständigkeit

### Kraftstoffe und Alkohol-Gemische

Standardtypen von DELRIN® weisen ein hervorragendes Verhalten in verschiedenen Kraftstoffen oder Kraftstoff-/Alkoholgemischen auf, die heute verfügbar sind. Gemische mit Methanol werden immer häufiger und sind bekannt dafür, daß sie im Vergleich zu regulären Kraftstoffen und Ethanolgemischen eine stärkere Quellung verursachen.

Standardtypen von DELRIN® 500 NC-10 und DELRIN® 500 P NC-10 wurden bis zu 1500 Stunden bei 60°C in einem M-15 Gemisch (herkömmlicher Kraftstoff + 15% Methanol) gealtert. Bild 7.01 zeigt die Änderung der Maße und der Eigenschaften als Funktion der Einwirkungszeit. Nur sehr geringe Änderungen lassen sich feststellen, die durch einen leichten Plastifiziereffekt aufgrund von Kraftstoffaufnahme erklärbar sind.

### Diesel, Bio-Diesel, Kerosen

DELRIN® Standardtypen weisen in diesen Kraftstoffen hervorragende Beständigkeit auf. Nach einer Einwirkung bei 60°C und 2000 Stunden ist fast kein Einfluß auf die Abmessungen und mechanischen Eigenschaften festzustellen.

## Permeabilität

Aufgrund der hohen Kristallinität ist DELRIN® für viele Substanzen nur wenig durchlässig, darunter Aliphate, aromatische und halogenierte Kohlenwasserstoffe, Alkohole und Ester.

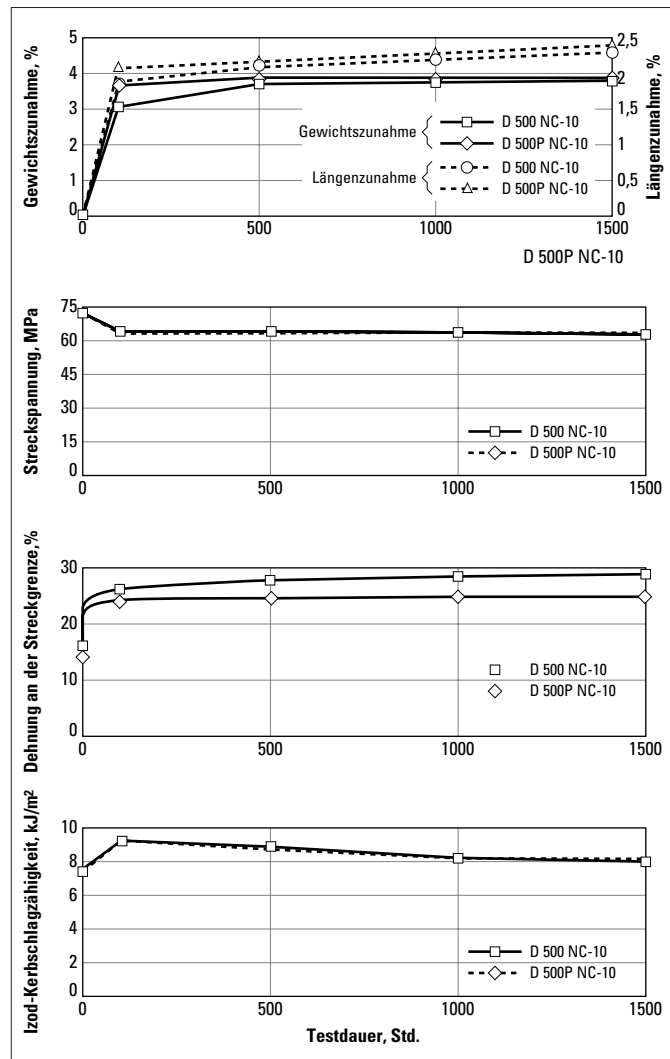


Bild 7.01 Änderungen des Gewichts, der Maße und der mechanischen Eigenschaften von DELRIN® 500 und 500 P, eingetaucht in Kraftstoff M-15 bei 60°C

Seine Permeabilität bei kleinen polaren Molekülen wie Wasser, Methanol und Aceton ist höher und diese Produkte führen zu Änderungen der Maße bzw. der mechanischen Eigenschaften (siehe Abschnitte über den Einfluß der Feuchtigkeit, Kapitel 5, und Kraftstoffbeständigkeit oben).

Das Permeabilitätsverhalten und die Festigkeitseigenschaften von DELRIN® machen es zu einem idealen Material für Behälter, insbesondere für Aerosole sowie für Teile in Kraftstofftanks.

## Beanspruchung in Luft bei hohen Temperaturen

Bild 7.02 zeigt die Ergebnisse von Zugversuchen mit spritzgegossenen Prüfstäben aus DELRIN® in Luft bei verschiedenen Temperaturen. Die Abzisse ist die Einwirkungszeit, bei der eine Zugfestigkeit von über 55 MPa beibehalten wurde und die Ordinate ist die Temperatur. Auf dieser Basis würde DELRIN® 500 bei 60°C etwa 5 Jahre eine Zugfestigkeit von über 55 MPa beibehalten.

Prüfstäbe aus DELRIN® 500 wurden etwa 20 Jahre bei Raumtemperatur ohne Licht gelagert. Nach dieser Zeit bleiben Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Molekulargewicht und Izod-Kerbschlagzähigkeit unverändert und die Stäbe wiesen noch immer ihren Glanz auf.

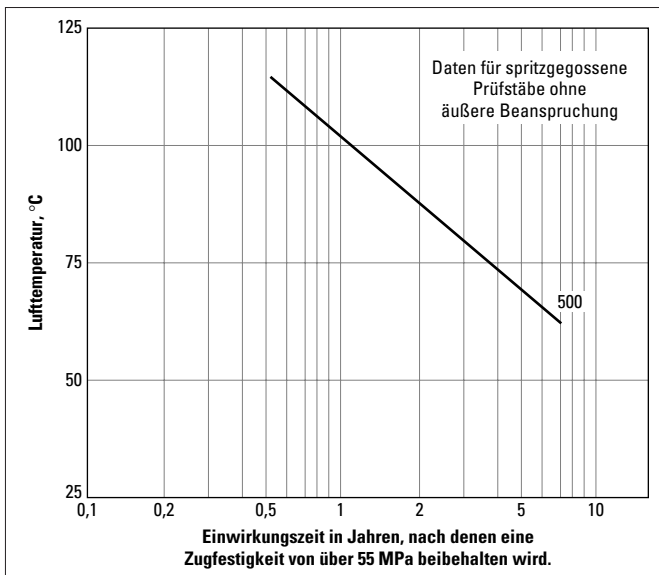


Bild 7.02 Langzeitlagerung in Luft ohne Belastung

Die hohe Kristallinität von DELRIN® bietet eine gute Gefügesteifigkeit nahe seinem Schmelzpunkt, was durch die Hitzeverformungstemperatur von 172°C bei 0,5 MPa nachgewiesen wird. Dies impliziert die Eignung unter Bedingungen, die kurzzeitig hohe Temperaturspitzen umfassen, wie beim Tempern (siehe Kapitel 5) und in Lackieröfen.

### Witterungseinflüsse

Acetalhomopolymere werden wie die meisten Kunststoffe durch Lichteinwirkung, vor allem Sonnenlicht beeinflusst. Hierzu zählt die schädigende ultraviolette Strahlung der Wellenlänge 290-400 nm. Bei den kürzesten Wellenlängen im Ultraviolettbereich weist die *Photonenenergie* die gleiche Größenordnung auf wie die Bindungsenergien herkömmlicher Polymere. Die *Intensität* dieser Kurzwellenstrahlung hängt in hohem Maße von der Jahreszeit und dem Ort ab.

Die Witterung ist ein komplexer Einflußfaktor. Obwohl der durch UV-Strahlung verursachte Abbau ein bedeutender Faktor des Witterungsprozesses ist, müssen kombinierte Einflüsse wie Feuchtigkeit, Sauerstoff und Temperatur (einschl. Temperaturanstieg aufgrund von absorbierter Infrarotstrahlung) ebenso berücksichtigt werden.

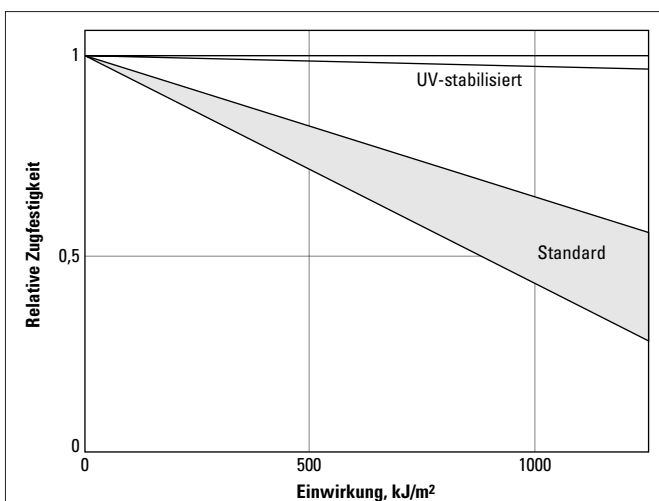


Bild 7.03 Beschleunigte Innenbewitterung gemäß SAE J-1885

Für Außenanwendungen mit wechselhafter Einwirkung oder einen Einsatz von 1 bis 2 Jahren sind eingefärbte DELRIN® Kunststoffe in der Regel geeignet. Die mechanischen Eigenschaften werden beibehalten, da das Färbemittel im allgemeinen einen gewissen UV-Schutzfilter bietet.

Eine verbesserte Witterungsbeständigkeit (Bewahrung des Aussehens der Oberfläche und der mechanischen Eigenschaften) wird mit der DELRIN® x07 Serie durch den Einsatz eines ausgewählten UV-Stabilisierpakets erreicht, wie Bild 7.03 zeigt.

### Die DELRIN® x27 UV-Serie

Diese DELRIN® x27 UV Familie verbindet hervorragende UV-Stabilität mit der ausgezeichneten Verarbeitbarkeit von DELRIN® P und den hervorragenden mechanischen Eigenschaften von Acetalhomopolymeren.

Speziell formulierte Farbsysteme bieten in Verbindung mit einem optimierten UV-Stabilisiersystem sogar noch bessere Leistungen als die DELRIN® x07 Serie.

DELRIN® x27UV ist für Anwendungen gedacht, bei denen Bauteile Sonnenlichteinstrahlung durch Glas ausgesetzt sind, darunter Innenbauteile und Fenstermaterial für Autos.

Bild 7.04 veranschaulicht schematisch, wie diese extremen Verbesserungen der Witterungsbeständigkeit durch die Auswahl und Optimierung des UV-Stabilisiersystem bei DELRIN® erreicht werden.

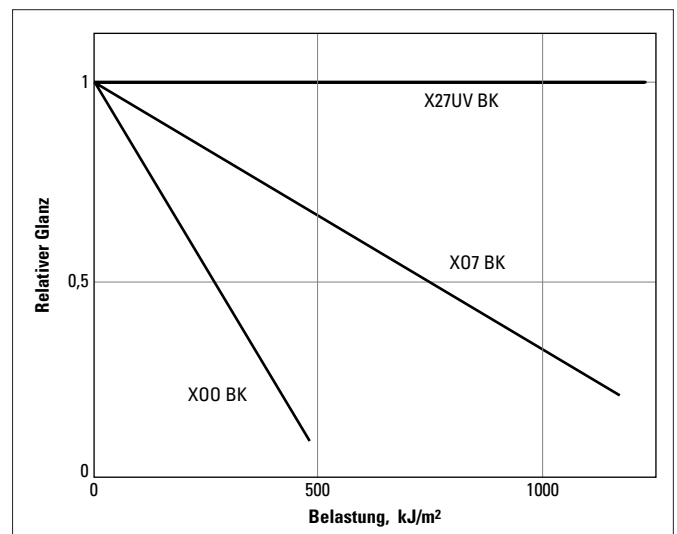


Bild 7.04 Beschleunigte Innenbewitterung gemäß SAE J-1885

### Außenbewitterung

Die DELRIN® x27 UV-Familie eignet sich zudem ideal für Sportartikel und andere im Freien verwendete Produkte, die jedoch in Innenräumen gelagert werden.

Hohe Mengen von Ruß wirken als effektiver UV-Filter und werden für unkritische Außenanwendungen empfohlen.

## Hochenergetische Strahlung

Spezielle Strahlungen, darunter Protonen- und Elektronenstrahlen der Van Allen Strahlungsgürtel, schädigen Acetalhomopolymere und verursachen den Verlust von technischen Eigenschaften. DELRIN® sollte beispielsweise nicht in einem Strahlungsumfeld eingesetzt werden, bei der die gesamte Elektronendosis wahrscheinlich 1 megarad übersteigt. Bei Bestrahlung mit 2 MeV Elektronen verursacht 1 megarad nur leichte Verfärbung, während 2,3 megarad beträchtliche Versprödung verursacht.

Gammastrahlung hat im wesentlichen den gleichen Einfluß auf DELRIN® wie Hochenergie-Elektronen. Die Gammabestrahlung eines Testreaktors verursacht bei steigender Dosis eine schnelle Reduzierung der Zugfestigkeit. Die vorrangige Abbauart, die zu hoch dosierte Gammabestrahlung verursacht, scheint Depolymerisation zu sein.

## Bakterien, Pilze und Verhalten im Erdreich

Bei vielen Anwendungen dürfen die verwendeten Baumaterialien das Wachstum von Bakterien und Pilzen nicht fördern und sollten außerdem leicht zu reinigen sein. Bei diesen Anforderungen ist DELRIN® Acetalhomopolymer mit anderen derzeit eingesetzten Bauwerkstoffen vergleichbar.

Grundlegende Prüfungen der Bakterien- und Pilzbeständigkeit von DELRIN® wurden durchgeführt, um folgendes zu bestimmen:

- a) Schimmelbeständigkeit
- b) Bakterienbeständigkeit
- c) ob Nährstoffe von pasteurisierter Milch nach Standard-Wasch- und Desinfektionsverfahren der Nahrungsmittelindustrie absorbiert oder adsorbiert werden, die zu einem Anstieg der Bakterienpopulation führen könnten.

Es wurde festgestellt, daß DELRIN® mit anderen Materialien vergleichbar ist, was die bakterielle Wachstumsrate im Nahrungsmittelkontakt betrifft, und daß DELRIN® keinen bedeutenden Abfall oder Anstieg der Bakterienpopulation verursacht. In dieser Hinsicht ähnelt es Edelstahl oder Gummi.

Proben aus DELRIN® wurden über lange Zeiträume vergraben und zeigten keinerlei Anzeichen einer Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften, die durch Pilze, Bakterien oder Insekten verursacht werden könnten.