

Weniger Reibung Weniger Verschleiß





Weniger Reibung / Weniger Verschleiß

Inhalt

Seite

1. DELRIN® und die Tribologie.....	2
2. Tribologie: einige Definitionen	3
3. Verschleiß- und reibungsarme DELRIN® Typen	6
4. Zusammenarbeit mit DuPont	7
5. Wahl des richtigen DELRIN® Typs.....	8
6. Eigenschaften	10



Verschleiß- und reibungsarme DELRIN® Typen in Förderketten verlängern die Lebensdauer der Ketten und Schleißbänder, sorgen für ein ruhiges Gleiten der geförderten Güter, leise (quietschfreie) Bewegungen und einen schmierungsfreien Betrieb.

Einführung

Kunden erwarten von ihren Zulieferern heute mehr als nur Werkstoffe. Sie brauchen einen Partner, der willens und fähig ist, in der frühesten Phase der Produktentwicklung einzusteigen. Einen Partner, der ein Projekt vom Konzept an über Konstruktion, Bauteilanalyse, Materialauswahl, Prototypenherstellung und Prüfung bis hin zur Qualitätskontrolle und selbst bei der Kommerzialisierung betreut. Sie brauchen einen Partner, der sein Handwerk beherrscht.

DuPont kann dieser Partner sein. Unter echter Partnerschaft versteht DuPont einen dynamischen Prozess, geprägt durch Teamwork und Informationsaustausch. Und wir wissen, dass sich Partnerschaften nur bei dauerhaftem Erfolg so entwickeln, dass sich der größtmögliche Nutzen für alle Beteiligten ergibt.

Kunden können DuPont vom ersten Entwurf an und weiter über jede Phase von der Prototypenherstellung bis zur Serienproduktion in die Entwicklung einbeziehen. So ziehen sie den maximalen Vorteil aus unserer umfassenden Erfahrung. Wir helfen Ihnen, den bestgeeigneten technischen Kunststoff für Ihre Anforderungen zu finden. Das Ergebnis? Ein äußerst wettbewerbsfähiges neues Produkt mit besten Erfolgsaussichten.

Technische Kunststoffe von DuPont geben Ihren Produkten genau die richtigen Eigenschaften für den entscheidenden Vorteil im Wettbewerb: geringes Gewicht für Leichtbauteile und -komponenten, Korrosions- und Abriebbeständigkeit, Selbstschmierung, verminderte Fertigungskosten, Durchfärbbarkeit, reduzierte Nacharbeit, einfachere Montage und größere Kundenzufriedenheit. Zusammen eröffnen diese Vorzüge neue Möglichkeiten für die Konstruktion, Fertigung und Preisgestaltung.

1. DELRIN®... und die Tribologie

Probleme mit Verschleiß, Reibung oder Geräuschen? Mit DELRIN® findet sich eine Lösung!

Wann immer zwei Flächen gegeneinander gleiten, rollen oder reiben, können verschleißende Flächen, hohe Reibungskräfte, Reibungswärme oder Quietschgeräusche zu Problemen führen.

DELRIN® bietet eine breite Palette an selbstgeschmierten oder verschleißbeständigen Typen, die bei der Lösung dieser Probleme helfen können.

Eine Umfrage in der britischen Industrie zeigte, dass jährliche Gesamteinsparungen durch eine verstärkte Berücksichtigung tribologischer Kenntnisse in folgenden Bereichen möglich sind:

Reduzierung des Energieverbrauchs durch verringerte Reibung	5%
Verringerung der Produktions-Grundkosten	2%
Einsparungen an Schmierstoffkosten	2%
Einsparungen an Instandhaltungs- und Ersatzteilkosten	45%
Einsparungen von Verlusten, die auf Betriebsstörungen zurückzuführen sind	22%
Einsparungen an Anlagekosten durch höhere Nutzungsgrade und größeren mechanischen Wirkungsgrad	4%
Einsparungen an Anlagekosten durch erhöhte Lebensdauer der Betriebsanlage	20%

[I.M. Hutchings, TRIBOLOGY-Friction and wear of engineering materials, Edward Arnold, 1992]



Aus DELRIN® 500AF, einem Polyacetal mit einer Faserfüllung aus TEFLON®, sind die zwei Buchsen, die auf den Führungsstäben aus Stahl gleiten. Auf Grund der geringen Reibung, der Verschleißfestigkeit und der Korrosionsbeständigkeit des Materials gegenüber aggressiven Bakteriziden halten sie länger als Messingbuchsen.

Verschleißfestigkeit und Schmierung: der Schlüssel für eine längere Lebensdauer der Bauteile

Verschleißfeste bzw. geschmierte Typen von DELRIN® Polyacetal machen Produkte noch besser.

• Längere Lebensdauer durch verminderten Verschleiß

Übermäßiger Verschleiß führt häufig zu einem vorzeitigen Versagen des Teils. Mit verschleißbeständigeren Materialien können die Austauschintervalle kritischer Teile verlängert und die Wartungskosten verringert werden.

• Bewegte Systeme sind effizienter, weil weniger Energie durch Reibung verloren geht

Je niedrigerer der Reibwert zwischen zwei aufeinander gleitenden Flächen ist, desto weniger Energie wird statt in Bewegung in Wärme oder Geräusche umgewandelt. Dadurch wird die Bewegung weicher und effizienter.

• Aufeinander gleitende Flächen ertragen höhere Belastungen und Geschwindigkeiten

Durch die richtige Materialwahl erhöht sich die Belastbarkeit und die zulässige Gleitgeschwindigkeit. So wird das System zuverlässiger und leistungsfähiger.

• Systemkosten sinken, weil externe Schmierstoffe entfallen

Kunststoffe mit effizienter Selbstschmierung können zusätzliche Schmierstoffe überflüssig machen, und sie sichern die korrekte Schmierung während der gesamten Lebensdauer der Bauteile.

• Quietschgeräusche können verschwinden

Quietschgeräusche haben früher den Einsatz nur eines Kunststoffes für beide Gleitflächen ausgeschlossen. Jetzt lassen sie sich durch die Wahl eines Typs mit einem niedrigeren Reibwert verhindern.

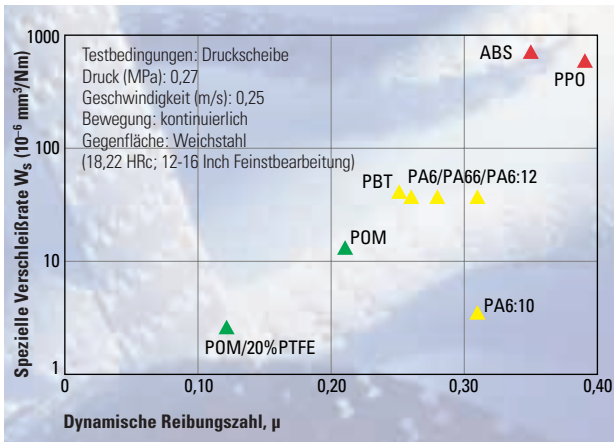


Abb. 1 Spezifische Verschleißrate und dynamische Reibungszahl verschiedener Kunststoffe gegen Stahl (Methode: Druckscheibe).

Die Wahl von DELRIN® ist eine gute Ausgangsbasis für Anwendungen, bei denen Verschleiß und Reibung eine wichtige Rolle spielen.

Dies zeigt Abb. 1 für eine Reihe von Kunststoffen anhand des Zusammenhangs zwischen der spezifischen Verschleißrate und der zugehörigen dynamischen Reibungszahl gegen Stahl.

Unter den unmodifizierten Werkstoffen hat Polyacetal sowohl die niedrigste Reibungszahl als auch eine der niedrigsten Verschleißraten. Noch weitere beträchtliche Verbesserungen können durch den Einsatz von DELRIN® mit 20% PTFE erzielt werden.

Dazu kommt noch die vorteilhafte Kombination der mechanischen Eigenschaften, für die DELRIN® Polyacetale bekannt sind: Festigkeit, Steifigkeit und Zähigkeit liegen in einer Ausgewogenheit vor, die so weder Metalle noch andere Kunststoffe erreichen.

2. Tribologie: einige Definitionen

Die **Tribologie** beschreibt Vorgänge zwischen Oberflächen, die «aufeinander einwirken und sich relativ zueinander bewegen». Reibung und Verschleiß sind **keine Materialeigenschaften, sondern die Eigenschaften eines tribologischen Systems**.

Verschleiß ist der fortschreitende **Materialverlust**, der auftritt, wenn sich Oberflächen, die aufeinander einwirken, relativ zueinander bewegen. Der zugehörige quantitative Messwert ist die spezifische Verschleißrate W_s eines Materials (der Volumenverlust in Abhängigkeit von Gleitstrecke und Belastung [$10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$]). Je nach dem zu Grunde liegenden Mechanismus lassen sich unterschiedliche und voneinander unabhängige Verschleißarten unterscheiden:

- Abrasiver Verschleiß – harte Unregelmäßigkeiten auf der Gegenfläche verursachen «Riefen».
- Ermüdungverschleiß – der Kunststoff versagt auf Grund von Wechselbeanspruchung durch harte Unregelmäßigkeiten auf der Gegenfläche.
- Adhäsiver Verschleiß – der Kunststoff wird durch Anhaften an der Gegenfläche abgetragen.

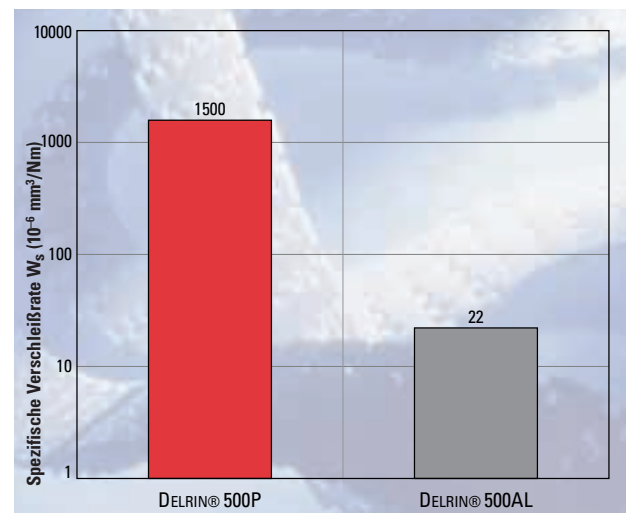


Abb. 2 Spezifische Verschleißrate (oben) und Abriebspur (unten) von DELRIN® 500 und DELRIN® 500AL nach Verschleiß gegen sich selbst: Unter gleichen Testbedingungen zeigt DELRIN® 500AL sehr wenig Verschleiß, und folglich ist keine Abriebspur sichtbar.



DELRIN® 500 nach Verschleißtest (Prüfkörper).



DELRIN® 500AL nach Verschleißtest (Prüfkörper).

Die **Reibung** ist ein Maß für den Widerstand (**entsprechend dem Energieverlust**), der zu überwinden ist, um zwei Oberflächen gegeneinander zu verschieben. Quantitativ wird sie mit der *Reibungszahl* μ (dynamisch/statisch) beschrieben. Sie hängt von der realen Kontaktfläche zwischen den beiden Körpern ab und von der Art und Stärke der Wechselwirkung zwischen ihnen. Letztere kann beschrieben werden als:

- adhäsiv,
- abtragend oder
- deformierend.

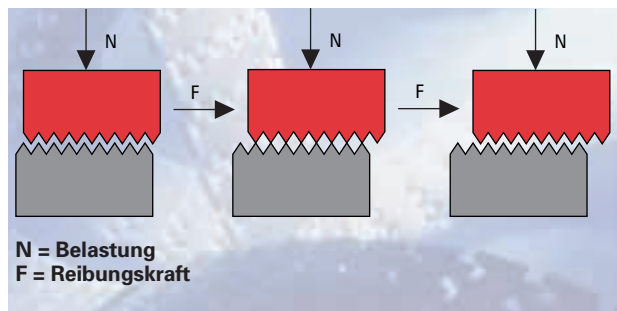


Abb. 3 Schematische Darstellung der Gleitreibung. Die Reibungszahl ist definiert als Reibungskraft F dividiert durch die aufgebrachte Last N ($\mu = F/N$) bei einer gegebenen Gleitgeschwindigkeit.

Die Reibungszahl zwischen zwei Flächen wächst normalerweise mit steigender Temperatur und abnehmender Last. Der Energieverlust während des Reibungsvorgangs kann einen Temperaturanstieg, Geräusche und/oder Deformationen der Kontaktfläche bewirken. Fast immer führt eine niedrigere Reibungszahl zu einer niedrigeren Verschleißrate.

Geräusch

In vielen Anwendungen mit bewegten Bauteilen erzeugt das System unerwünschte Geräusche, die reduziert werden müssen. Geräusche sind an sich zwar schwer zu definieren, die zwei wichtigsten Typen lassen sich aber wie folgt unterscheiden:

- **Mechanische** Geräusche sind nicht auf Reibung zurückzuführen, sondern auf Stöße zwischen bewegten Teilen. Bei Bewegungen mit hoher Frequenz können diese Geräusche einem Quietschen ähneln. Durch eine verbesserte Konstruktion (z.B. der Zähne in Getrieben) lässt sich die Intensität des Geräusches häufig reduzieren. Eine andere Lösung ist der Einsatz weicherer Materialien mit geringerer Oberflächenhärte und besseren Dämpfungseigenschaften.

- **Quietschen** entsteht durch Reibung und hängt mit der Reibungszahl zusammen. Als allgemeine Regel gilt: Ist die dynamische Reibungszahl höher als die statische, so kann eine diskontinuierliche Bewegung zwischen den beiden Flächen auftreten (Slip-Stick-Phänomen). Das Geräusch wird als Quietschen empfunden, wenn dieser Effekt bei einer hörbaren Frequenz stattfindet.

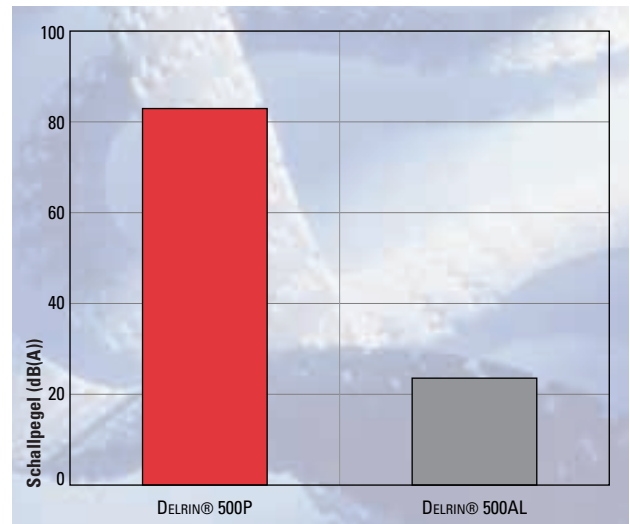


Abb. 4 Der Schallpegel des Quietschgeräusches von DELRIN® 500P gegen sich selbst (links) erreicht 83 dB(A). Er sinkt auf 24 dB(A), wenn DELRIN® 500P gegen DELRIN® 500AL gleitet. Das menschliche Ohr empfindet dies als Geräuschreduzierung um den Faktor 60.



Durch den Einsatz von DELRIN® 500AL, ein mit einem integrierten Schmiermittel ausgerüsteter Hochleistungskunststoff, konnte Lexmark die Leistungsfähigkeit eines Antriebs bei minimalen Kosten maximieren. Der Antrieb mit sechs Zahnrädern ist Teil der Tonerpatrone eines Laserdruckers. Die Selbstschmierung von DELRIN® 500AL macht Öl oder Fett überflüssig, die Toner und Papier verunreinigen könnten. Der geringe Verschleiß trägt dazu bei, dass die hohe Druckqualität über einen langen Zeitraum erhalten bleibt. Weil der Antrieb nicht quietscht, verursacht er keine störenden Geräusche im Büro.

Die Einsatzbedingungen: wichtige Einflussfaktoren auf die Bauteil-Leistung

Auf Reibung, Verschleiß und Geräuschentwicklung üben die Einsatzbedingungen stärkere Einflüsse aus als auf andere Eigenschaften. Die wichtigsten Parameter sind:

- Flächenpressung (p) und Kontaktkraft (n) an den Flächen.
- Relative Geschwindigkeit der Flächen (v).
- Temperatur der Flächen.
- Charakter der Bewegung (Gleiten, Reiben, Rollen).
- Art der Bewegung (kontinuierlich, intermittierend, oszillierend usw.).
- Art und Qualität der Oberfläche (Rauigkeit).
- Schmierung (Einmalschmierung, kontinuierliche Schmierung, Trockenlauf, Feuchtigkeit...).

Daraus ergeben sich zwei wichtige Aussagen:

- die Auswahl eines technischen Kunststoffes für eine Anwendung erfordert ein detailliertes Verständnis des tribologischen Systems.
- Obwohl standardisierte Tests Aufschluss über die relativen Verschleißraten von Kunststoffen geben können, sind Prototypentests eine entscheidende Phase bei der Entwicklung einer Anwendung.

Flächenpressung p und Gleitgeschwindigkeit v

Die Flächenpressung (p , Druck) und die Gleitgeschwindigkeit (v) haben einen starken Einfluss auf die Verschleißrate eines Materials. Steigender Druck bedeutet meist auch eine höhere Verschleißrate und eine geringere Reibung, während mit der Gleitgeschwindigkeit sowohl der Verschleiß als auch die Reibung steigen. Das Produkt $p \cdot v$ wird häufig verwendet, um eine Verschleißsituation zu beschreiben, da es bei einer gegebenen Temperatur etwa proportional zur Verschleißrate ist.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen, wie stark sich Flächenpressung und Geschwindigkeit tatsächlich auf den Verschleiß auswirken und welche Verbesserungen in dieser Hinsicht möglich sind. Dazu wurde die spezifische Verschleißrate gegen Stahl bei verschiedenen Kombinationen von Geschwindigkeit und Druck gemessen. Beide Diagramme zeigen auch deutlich, dass die Verschleißrate nicht nur vom $p \cdot v$ -Produkt abhängt, sondern auch davon, ob dieses Produkt aus hohem Druck bei niedriger Geschwindigkeit oder aus niedrigem Druck bei hoher Geschwindigkeit resultiert.

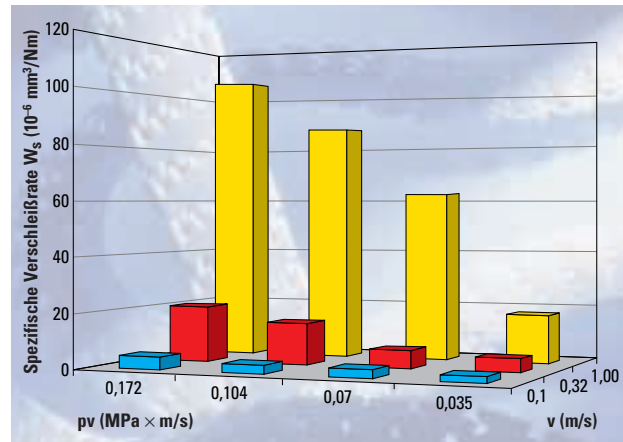


Abb. 5 Spezifische Verschleißrate von DELRIN® 500 gegen Stahl bei unterschiedlichen $p \cdot v$ -Werten (Methode: Druckscheibe).

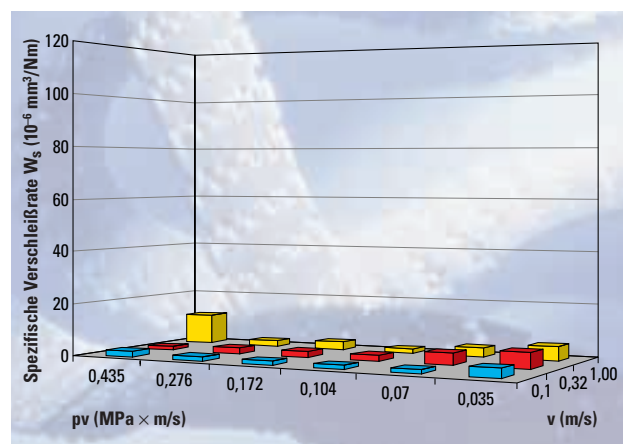


Abb. 6 Spezifische Verschleißrate von DELRIN® 520MP gegen Stahl bei unterschiedlichen $p \cdot v$ -Werten (Methode: Druckscheibe).

Der Reibpartner

Die Art und die Oberflächengüte der Reibpartner beeinflussen die Reibung und den Verschleiß in hohem Maße. **Rauigkeit** und **Härte** sind zwei einfach messbare Parameter zur Beschreibung der Oberflächengüte. Für **Metall als Reibpartner** lassen sich folgende allgemeine Richtlinien aufstellen:

- Je härter die Metallfläche, desto günstiger ist das Verschleiß- und Reibungsverhalten des Systems.
- Je rauer die metallische Gegenfläche, desto höher ist der Verschleiß.

Bezüglich der Reibungszahl gibt es eine optimale Rauigkeit: Bei einer zu glatten Metallfläche kann die Reibungszahl durch Adhäsion zwischen dem Metall und dem Kunststoff steigen. Eine zu raue Metallfläche bewirkt einen Materialabtrag von der Kunststofffläche (Riefenbildung), wodurch sich die Reibungszahl ebenfalls erhöht.

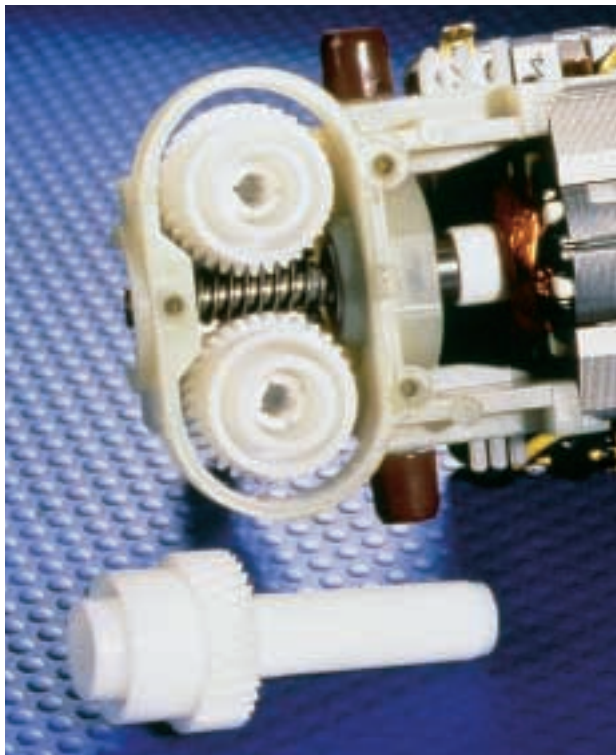
3. Verschleiß- und reibungsarme DELRIN® Typen

Das gute Verschleiß- und Reibungsverhalten der DELRIN® Polyacetale ermöglicht häufig den Einsatz eines Standardtyps von DELRIN® ohne jegliche Innen- oder Außenschmierung.

Spezielle Kundenanforderungen und technische Gegebenheiten können eine weitere Verbesserung der Eigenschaften von DELRIN® erforderlich machen. Durch Einsatz verschiedener Technologien (TEFLON® PTFE, Silikon, KEVLAR® Aramidfasern, chemische Schmierung usw.) bietet DuPont Engineering Polymers eine breite Palette an Typen von DELRIN®. Einer davon wird auch zur Verminderung von Verschleiß und Reibung in Ihrer Anwendung beitragen können.

So komplex wie die Produktpalette ist auch die Wahl des bestgeeigneten Produkts. Um diese zu erleichtern, lässt sich die Typenvielfalt entsprechend der Verschleißrate W_s und der dynamischen Reibungszahl μ klassifizieren. Daneben ist es jedoch notwendig, alle anderen Parameter wie Reibpartner, Gleitgeschwindigkeit, Flächenpressung, Testmethode und Umgebungsbedingungen sorgfältig zu erfassen.

Die entsprechende Klassifizierung aller verschleiß- und reibungsarmen Typen von DELRIN® ist in den Abbildungen 7 und 8 wiedergegeben, jeweils gemessen gegen Stahl und gegen sich selbst.



Auf Grund der einzigartigen Kombination mechanischer Eigenschaften ist DELRIN® ein bevorzugtes Material für Getriebe. Die verschleiß- und reibungsarmen Typen von DELRIN® ermöglichen je nach Anwendung weiter erhöhte Lasten und Geschwindigkeiten sowie verlängerte Standzeiten von Getrieben, den Verzicht auf externe Schmiermittel und Bewegungen oder Kraftübertragungen ohne Quietschgeräusche.

Diese Übersicht zeigt nicht nur den Einfluss der verschiedenen Technologien auf die Verschleißrate und die Reibungszahl. Sie spiegelt auch den Einfluss des Reibpartners allein wider: Die Verschleißrate sowie die Reibungszahl von unmodifiziertem DELRIN® gegen Stahl sind weitaus niedriger als die von DELRIN® gegen sich selbst.

Durch den Einsatz der unterschiedlichen Modifikatoren lässt sich diese Lücke jedoch schließen. Damit wird es möglich, auch DELRIN® gegen DELRIN® einzusetzen.

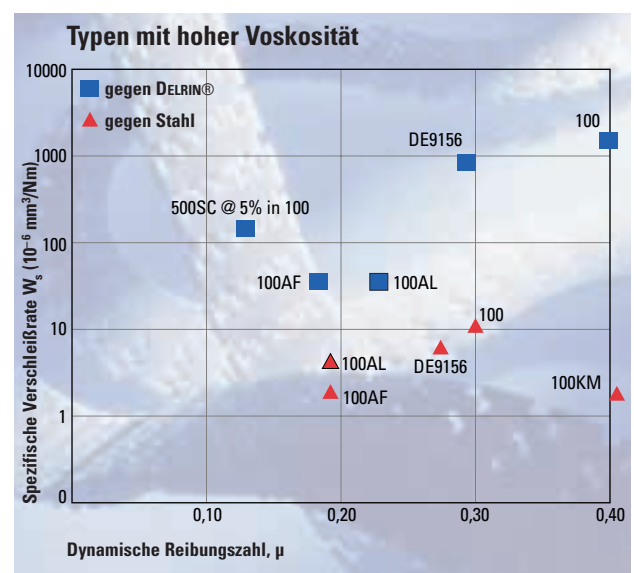


Abb. 7 Spezifische Verschleißraten und Reibungszahlen hochviskoser Typen von DELRIN® gegen Stahl und gegen sich selbst.

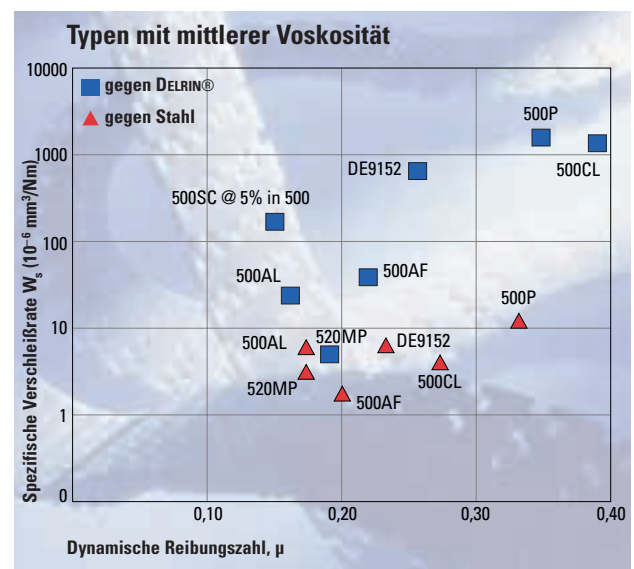


Abb. 8 Spezifische Verschleißraten und Reibungszahlen mittlerviskoser Typen von DELRIN® gegen Stahl und gegen sich selbst.

4. Zusammenarbeit mit DuPont

DELIN® 100KM, die «fettfreie» Lösung für BMW

BMW verwendet DELIN® 100KM, ein mit KEVLAR® modifiziertes, abriebfestes Polyacetal, als Umhüllung für die Türaufhalter der Limousinen und Kombis der 5er-Reihe. Damit öffnen und schließen die Türen auch ohne Schmierung fast reibungslos.

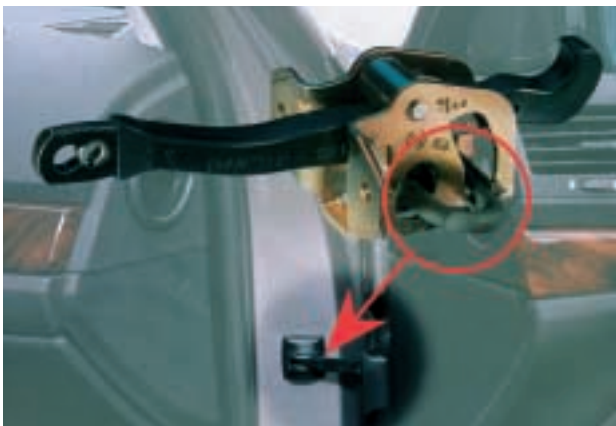
Herkömmliche, nur aus Stahl hergestellte Türaufhalter müssen gefettet werden, um frei gleiten zu können. Zwar funktioniert diese Konstruktion gut, sie muss jedoch gewartet werden. Außerdem verschmutzt das Fett Kleidungsstücke, die damit in Berührung kommen.

Auf der Suche nach einer sauberen Lösung entschied sich BMW daher, den Stahlarm dauerhaft mit Kunststoff zu umhüllen.

Das dafür eingesetzte Material ist beträchtlichen mechanischen Beanspruchungen durch die darauf laufenden Andruckrollen ausgesetzt. Außerdem muss es der Stoßbelastung widerstehen, wenn die Türen ihren Anschlag erreichen, sowie auch dem Abrieb, der bei jeder Bewegung der Tür auftritt.

Zusammen mit dem Systemlieferanten Ed. Scharwächter GmbH, Remscheid, prüfte BMW mehrere in Frage kommende Materialien zwischen –40° C und +85° C. Dabei erzielte DELIN® 100KM von DuPont die besten Ergebnisse unter allen getesteten Kunststoffen.

«Die Abriebfestigkeit und das gute Reibungsverhalten dieses Typs von DELIN® sowie dessen Beständigkeit gegen extrem hohe mechanische Beanspruchung waren für unsere Materialauswahl entscheidend», so Werner Schmitt, Projektleiter bei Scharwächter. «Das hakenförmige Ende des Türscharniers ist in dieser Hinsicht besonders kritisch, denn es muss die aufschwingende Tür abrupt stoppen, wenn sie ihren maximalen Öffnungswinkel erreicht.»



Türaufhalter mit Umhüllung aus DELIN®.

Was spricht für DuPont?

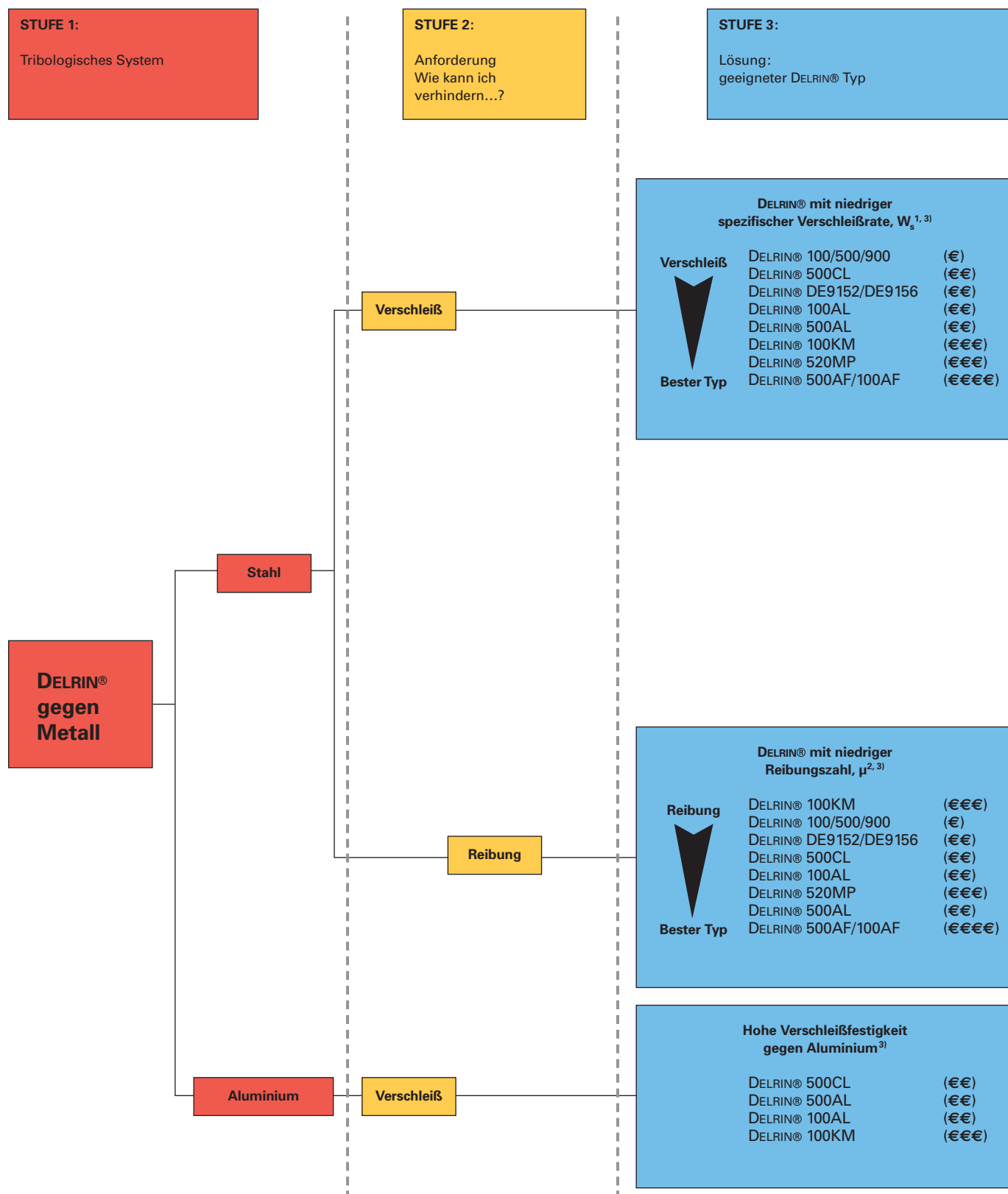
Wer DuPont schon in einer sehr frühen Phase in das Konstruktionsteam einbezieht, hat Zugang zu vielfältigen Ressourcen:

- Eine der umfangreichsten Paletten technischer Kunststoffe, mit denen sich spezifische Anforderungen präzise erfüllen lassen.
- Technische Unterstützung bei der Konstruktion und Verarbeitungs-Know-how über ein Netz weltweit verknüpfter Technologie-Zentren.
- Langjährige Erfahrungen beim Testen und Auswählen von Materialien für tribologische Anwendungen.
- Weltweite Unterstützung der Kunststoff-Forschung und -Entwicklung mit über 50 Jahren Erfahrung und Innovationen bei technischen Kunststoffen.
- Umfassende Kenntnisse des globalen Marktes und aller Industriesegmente.



Die Fritschi AG verwendet DELIN® 500AF, ein mit TEFLON® Fasern gefülltes Polyacetal, für das schwarze Gleitteil im Kopf dieser Ski-Tourenbindung. Die Auswahl erfolgte auf Grund der guten Verarbeitbarkeit sowie der gegenüber anderen Kunststoffen günstigen Verschleiß- und Reibungseigenschaften dieses Polyacetal-Typs.

5. Auswahl des richtigen Typs von DELRIN® mit Metall als Reibpartner

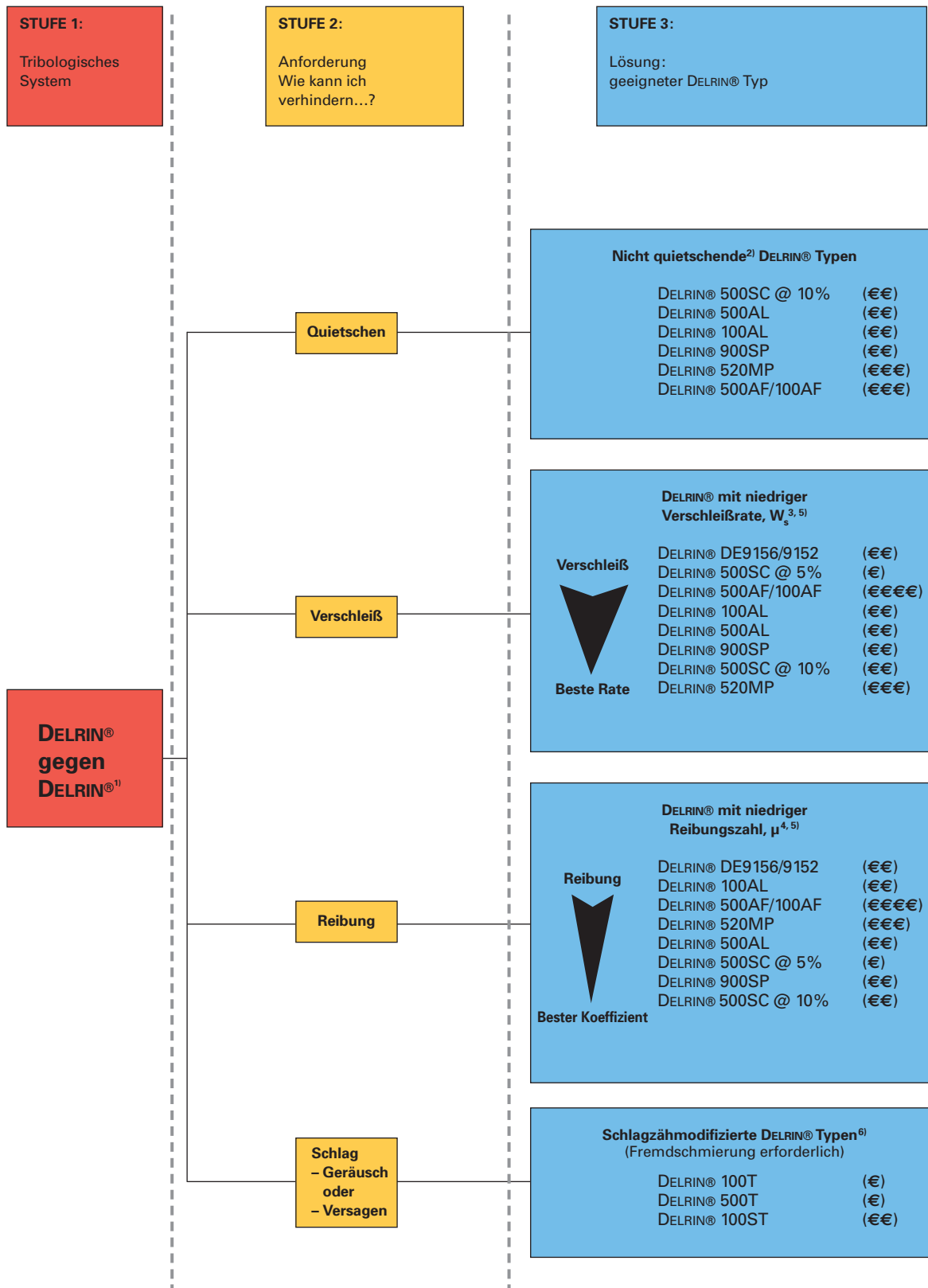


¹⁾ Kunststoffe sind nach abnehmender Verschleißrate geordnet, basierend auf Ergebnissen verschiedener Testgeometrien und Testbedingungen.

²⁾ Kunststoffe sind nach abnehmender Reibungszahl geordnet, basierend auf Ergebnissen verschiedener Testgeometrien und Testbedingungen.

³⁾ Preiskategorisierung nach €-Zeichen.

Auswahl des richtigen Typs von DELRIN® gegen DELRIN®



¹⁾ Reibpartner bestehen aus dem gleichen DELRIN® Typ.

²⁾ Bei allen aufgelisteten Kunststoffen liegt der emittierte Geräuschpegel bei 16 kHz unter 60 dB(A) (hörbare Grenze) bei einer Gleitgeschwindigkeit von 0,084 m/s und einem Druck von 0,624 MPa bei oszillierender Bewegung.

³⁾ Kunststoffe sind nach abnehmender Verschleißrate geordnet, basierend auf Ergebnissen verschiedener Testgeometrien und Testbedingungen.

⁴⁾ Kunststoffe sind nach abnehmenden Reibungszahlen geordnet, basierend auf Ergebnissen verschiedener Testgeometrien und Testbedingungen.

⁵⁾ Preiskategorisierung nach €-Zeichen.

⁶⁾ Kunststoffe sind nach abnehmender Zähigkeit (ISO179:1993(E) 1eA: Kerbschlagzähigkeit nach Charpy) geordnet.

6. Eigenschaften von DELRIN®

				Typen					
Eigenschaft		Test- methode ISO	Einheiten	Hohe Viskosität	Hohe Viskosität	Hohe Viskosität	Hohe Viskosität	Hohe Viskosität	
				100	100KM	100AF	DE9156	100AL	
MECHANISCH	Streckspannung ¹⁾		527-1/2	MPa	71	60	54	71	70
	Streckdehnung ¹⁾		527-1/2	%	25	15	14	22	18
	Bruchdehnung ¹⁾		527-1/2	%	70	15	18	51	71
	Nominelle Bruchdehnung ¹⁾		527-1/2	%	45	9	15	30	47
	Zug-Modul ²⁾		527-1/2	MPa	3100	2900	2800	3200	2700
	Kerbschlagzähigkeit nach Charpy – Hochkantschlag		179/1eA	kJ/m ²	15	4,5	4,5	10	9
REIB. & VERSCHLEISS	Spezifische Verschleißrate DELRIN® gegen DELRIN® ³⁾		–	(10 ⁻⁶ mm ⁻³ /Nm)	1500	92	40	900	41
	Dynamische Reibungszahl DELRIN® gegen DELRIN® ³⁾		–	–	0,4	0,31	0,18	0,29	0,23
	Geräusch (quietschen) DELRIN® gegen DELRIN® ³⁾		–	–	ja	ja	nein	ja	nein
	Spezifische Verschleißrate gegen Stahl ⁴⁾		–	(10 ⁻⁶ mm ⁻³ /Nm)	14	2	2	6	2
	Dynamische Reibungszahl gegen Stahl ⁴⁾		–	–	0,30	0,41	0,19	0,27	0,19
SONSTIGE	Schmelzfließrate (= MFI)		1133	g/10 min	2,3	2	–*	2,4	2,2
	Schmelztemperatur		3146 Methode C2	°C	178	178	178	178	178
	Dichte		–	g/cm ³	1,42	1,41	1,54	1,43	1,40
	Schwindung	parallel	294-4	%	2,1	1,8	2,1	–	2,0
		normal	294-4	%	1,9	1,5	1,5	–	1,8

Typ	Eigenschaften
DELRIN® mit hoher Viskosität	
DELRIN® 100	Hochviskoser Standardtyp, beste Kombination von Steifigkeit und Zähigkeit. Sehr gute Kriechfestigkeit.
DELRIN® 100KM	DELRIN® 100 Typ mit 5% KEVLAR®.
DELRIN® 100AF	DELRIN® 100 Typ mit 20% TEFLON® PTFE Fasern.
DELRIN® DE9156	DELRIN® 100 Typ mit 1,5% TEFLON® PTFE Mikropulver.
DELRIN® 100AL	DELRIN® 100 Typ, hochentwickelte Schmierung. Verschleiß- und reibungsarmer Mehrzwecktyp.
DELRIN® mit mittlerer Viskosität	
DELRIN® 500	Mittelviskoser Typ. Beste Kombination von Fließverhalten und physikalischen Eigenschaften.
DELRIN® 500AF	DELRIN® 500 Typ mit 20% TEFLON® PTFE Fasern.
DELRIN® 520MP	DELRIN® 500 Typ mit 20% TEFLON® PTFE Mikropulver.
DELRIN® DE9152	DELRIN® 500 Typ mit 1,5% TEFLON® PTFE Mikropulver.
DELRIN® 500AL	DELRIN® 500 Typ, hochentwickelte Schmierung. Verschleiß- und reibungsarmer Mehrzwecktyp.
DELRIN® 500CL	DELRIN® 500 Typ, chemisch geschmiert.
DELRIN® mit niedriger Viskosität	
DELRIN® 900SP	DELRIN® 900 Typ. Geschmiert mit Spezialpolymer.
Masterbatch	
DELRIN® 500SC	Masterbatch von DELRIN® 500 Typ mit 20% Silikonöl.

A DELRIN® 100 Typ mit 5% DELRIN® 500SC.

B DELRIN® 500 Typ mit 5% DELRIN® 500SC.

Alle obigen Informationen unterliegen dem Disclaimer auf der Rückseite dieses Dokuments.

Mittlere Viskosität	Mittlere Viskosität	Mittlere Viskosität	Mittlere Viskosität	Mittlere Viskosität	Mittlere Viskosität	Niedrige Viskosität	Masterbatch 500SC	
500	500AF	520MP	DE9152	500AL	500CL	900SP	A	B
72	50	54	72	63	70	67	68	68
15	12	16	12	11	14	10	24	15
45	12	16	34	35	45	35	70	51
30	14	13	40	24	23	23	48	34
3200	2900	2800	3200	3100	3100	3000	3000	3200
9	3	4	7	7	8	6	11	7
1600	40	5	700	22	1200	20	160	214
0,35	0,22	0,19	0,26	0,16	0,36	0,1	0,13	0,15
ja	nein	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
13	2	3	6	6	4	3	13	12
0,33	0,20	0,18	0,23	0,18	0,27	0,27	0,22	0,21
14	—*	—*	13	14	15	23	2,6	23
178	178	178	178	178	178	178	—	—
1,42	1,54	1,54	1,43	1,39	1,42	1,41	1,41	1,41
2,1	2,1	2,0	—	1,9	1,9	1,9	—	—
2,0	1,5	1,5	—	1,8	1,9	1,8	—	—

¹⁾ Testgeschwindigkeit 50 mm/min.

²⁾ Testgeschwindigkeit 1 mm/min.

³⁾ Reibpartner bestehen aus dem gleichen DELRIN® Typ. Die spezifische Verschleißrate wurde bei niedriger Geschwindigkeit (0,084 m/s) mit einer Flächenpressung von 0,624 MPa bei einer Hin- und Herbewegung gemessen (gesamte Gleitstrecke: 1,52 km). Die Reibungszahl wurde bei einer ähnlichen Geschwindigkeit (0,08 m/s) mit einer Flächenpressung von 0,196 MPa gemessen, ebenfalls bei einer Hin- und Herbewegung.

⁴⁾ Oberflächenrauigkeit Ra (µm): 0,10 und Härte HRB: 93. Die spezifische Verschleißrate wurde bei niedriger Geschwindigkeit (0,084 m/s) mit einer Flächenpressung von 0,624 MPa bei einer Hin- und Herbewegung gemessen (gesamte Gleitstrecke: 4,25 km). Der Reibungszahl wurde bei hoher Geschwindigkeit (0,5 m/s) mit einer Last von 10 N bei einer Gleitbewegung gemessen (Block-on-Ring).

* Schmelzfließrate nicht geeignet aufgrund von hohem TEFLON® PTFE Gehalt.



DELRIN® findet weitverbreitete Anwendung in der Möbelindustrie, um Geräusche und Vibrationen zu reduzieren und den Slip-Stick-Effekt zu beseitigen.

Alle obigen Informationen unterliegen dem Disclaimer auf der Rückseite dieses Dokuments.



Weitere Informationen über technische Kunststoffe erhalten Sie von:

Internet location: <http://www.dupont.com/enggpolymer/europe>

Belgique/België

Du Pont de Nemours (Belgium)
Antoon Spinoystraat 6
B-2800 Mechelen
Tel. (15) 44 14 11
Telex 22 554
Telefax (15) 44 14 09

Bulgaria

Siehe Biesterfeld Interowa GmbH
& Co. KG unter Österreich.

Česká Republika a

Slovenská Republika

Du Pont CZ, s.r.o.
Pekarska 14/268
CZ-15500 Praha 5 – Jinonice
Tel. (2) 57 41 41 11
Telefax (2) 57 41 41 50-51

Danmark

Du Pont Danmark A/S
Skjotevej 26
P.O. Box 3000
DK-2770 Kastrup
Tel. 32 47 98 00
Telefax 32 47 98 05

Deutschland

Du Pont de Nemours
(Deutschland) GmbH
DuPont Straße 1
D-61343 Bad Homburg
Tel. (06172) 87 0
Telex 410 676 DPD D
Telefax (06172) 87 27 01

Egypt

Medgenco International Trade Co.
13, El Bostan Street
ET-Cairo
Tel. (02) 392 78 66
Telex 93 742 MK UN
Telefax (02) 392 84 87

España

Du Pont Ibérica S.A.
Edificio L'Ilia
Avda. Diagonal 561
E-08029 Barcelona
Tel. (3) 227 60 00
Telefax (3) 227 62 00

France

Du Pont de Nemours (France) S.A.
137, rue de l'Université
F-75334 Paris Cedex 07
Tel. 01 45 50 65 50
Telex 206 772 dupon
Telefax 01 47 53 09 67

Hellas

Ravago Plastics Hellas ABEE
8, Zakythou Str.
GR-15232 Halandri
Tel. (01) 681 93 60
Telefax (01) 681 06 36

Israël

Gadot
Chemical Terminals (1985) Ltd.
22, Shalom Aleichem Street
IL-633 43 Tel Aviv
Tel. (3) 528 62 62
Telex 33 744 GADOT IL
Telefax (3) 528 21 17

Italia

Du Pont de Nemours Italiana S.r.l.
Via Volta, 16
I-20093 Cologno Monzese
Tel. (02) 25 30 21
Telefax (02) 25 30 23 06

Magyarország

Siehe Biesterfeld Interowa GmbH
& Co. KG unter Österreich.

Maroc

Deborel Maroc S.A.
40, boulevard d'Anfa - 10°
MA-Casablanca
Tel. (2) 27 48 75
Telefax (2) 26 54 34

Norge

Distrupol Nordic
Niels Leuchsvei 99
N-1343 Eiksmarka
Tel. 67 16 69 10
Telefax 67 14 02 20

Österreich

Biesterfeld Interowa GmbH & Co. KG
Bräuhausgasse 3-5
A-1050 Wien
Tel. (01) 512 35 71
Telex 112 993 IROWA A
Telefax (01) 512 35 71 12/
512 35 71 31

Polska

Du Pont Poland Sp. z o.o.
ul. Prosta 69
PL-00-838 Warszawa
Tel. (022) 691 09 01
Telefax (022) 691 09 10

Portugal

ACENYL
Rua do Campo Alegre, 672 - 1°
P-4100 Porto
Tel. (2) 69 24 25/69 26 64
Telex 23 136 MACOL
Telefax (2) 600 02 07

Romania

Siehe Biesterfeld Interowa GmbH
& Co. KG unter Österreich.

Russia

E.I. du Pont de Nemours & Co. Inc.
Representative Office
B. Palashevsky Pereulok 13/2
SU-103 104 Moskva
Tel. (095) 797 22 00
Telex 413 778 DUMOS SU
Telefax (095) 797 22 01

Schweiz/Suisse/Svizzera

Dolder AG
Immengasse 9
Postfach 14695
CH-4004 Basel
Tel. (061) 326 66 00
Telefax (061) 322 47 81
Internet: www.dolder.com

Slovenija

Siehe Biesterfeld Interowa GmbH
& Co. KG unter Österreich.

Suomi/Finland

Du Pont Suomi Oy
Box 62
FIN-02131 Espoo
Tel. (9) 72 56 61 00
Telefax (9) 72 56 61 66

Sverige

Du Pont Sverige AB
Box 23
SE-164 93 Kista (Stockholm)
Tel. (8) 750 40 20
Telefax (8) 750 97 97

Türkiye

Du Pont Products S.A.
Turkish Branch Office
Sakir Kesebir cad. Plaza 4
No 36/7, Balmumcu
TR-80700 Istanbul
Tel. (212) 275 33 82
Telex 26541 dpis tr
Telefax (212) 211 66 38

Ukraine

Du Pont de Nemours
International S.A.
Representative Office
3, Glazunova Street
Kyiv 252042
Tel. (044) 294 96 33/269 13 02
Telefax (044) 269 11 81

Die Informationen zu diesem Thema entsprechen unserem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sobald neue Erkenntnisse und Erfahrungen vorliegen, können sie revidiert werden. Die aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Produkteigenschaften und beziehen sich ausschließlich auf das speziell angegebene Material. Falls nicht ausdrücklich vermerkt, sind diese Daten nicht zwangsläufig gültig, wenn das entsprechende Material in Kombination mit anderen Materialien oder Additiven bzw. Verfahren verwendet wird. Die angegebenen Daten sollten weder zur Festlegung von Spezifikationen noch als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden. Diese Daten ersetzen in keiner Weise Prüfungen die von Ihnen zur Ermittlung der Eignung eines spezifischen Materials für Ihre besonderen Zwecke eventuell durchzuführen sind. Da DuPont nicht alle Bedingungen in aktuellen Endanwendungen voraussehen kann, übernimmt das Unternehmen keine Garantie und Verpflichtung bzw. Haftung in Verbindung mit diesen Informationen. Diese Veröffentlichung ist weder als Lizenz noch als Empfehlung zu betrachten, jegliche Patentrechte zu verletzen.

Vorsicht: Verwenden Sie dieses Produkt nicht für medizinische Anwendungen, die eine ständige Implantation im menschlichen Körper erfordern. Weitere medizinische Anwendungen finden Sie in der Broschüre «DuPont Medical Caution Statement».

United Kingdom

Du Pont (U.K.) Limited
Maylands Avenue
GB-Hemel Hempstead
Herts. HP2 7DP
Tel. (01442) 34 65 00
Telefax (01442) 24 94 63

Argentina

Du Pont Argentina S.A.
Avda. Mitre y Calle 5
(1884) Berazategui-Bs.As.
Tel. +54-11-4229-3468
Telefax +54-11-4229-3117

Brasil

Du Pont do Brasil S.A.
Al. Itapecuru, 506 Alphaville
06454-080 Barueri-São Paulo
Tel. (5511) 7266 8229

Asia Pacific

Du Pont Kabushiki Kaisha
Arco Tower
8-1, Shimomeguro 1-chome
Meguro-ku, Tokyo 153-0064
Tel. (03) 5434-6935
Telefax (03) 5434-6965

South Africa

Plastamid (Pty) Ltd.
43 Coleman Street
P.O. Box 59
Elsies River 7480
Cape Town
Tel. (21) 592 12 00
Telefax (21) 592 14 09

USA

DuPont Engineering Polymers
Barley Mill Plaza, Building #22
P.O. Box 80022
Wilmington, Delaware 19880
Tel. (302) 999 45 92
Telefax (302) 892 07 37

Für Anfragen aus oben nicht
angeführten Ländern, richten
Sie sich bitte an:

Du Pont de Nemours International S.A.

2, chemin du Pavillon
CH-1218 Le Grand-Saconnex, Genf
Tel. (022) 717 51 11
Telex 415 777 DUP CH
Telefax (022) 717 52 00



The miracles of science™