



# DUPONT™ VESPEL® TEILE UND HALBZEUGE

## WHITE PAPER

Hochtemperaturbeständig, reibungs- und verschleißarm: DuPont™ Vespel® schafft Raum für Innovationen

### Zusammenfassung

*Der Trend zur kleineren, leichteren Konstruktionen erfordert den Einsatz von Werkstoffen mit verbesserter Temperatur- und Verschleißbeständigkeit.*

*Mit ihrem besonderen Eigenschaftsprofil können DuPont™ Vespel® Produkte zur Entwicklung von Lösungen für eine Vielzahl von Anwendungen beitragen, die hohe Anforderungen an die Dichtwirkung, das Reibungs- und Verschleißverhalten sowie die Beständigkeit gegen hohe Temperaturen und raue Betriebsbedingungen stellen. Vespel® Teile können zu einem reibungsloseren Betriebsablauf sowie zur Steigerung der Produktivität, Energieeffizienz und Prozesssicherheit beitragen. Sie ermöglichen eine Verringerung der Größe und des Gewichts von Bauteilen, können Metalle, Keramik sowie herkömmliche technische Kunststoffe substituieren und die Anwendungsbreite erweitern.*

*Dieses White Paper gibt Entwicklern und Konstrukteuren aus allen Industriebereichen einen Überblick über die besonderen Eigenschaften von Vespel® Polyimidwerkstoffen als Basis für technische Innovationen.*

### Inhalt

1. Aktuelle Trends
2. Vespel® Fertigteile und Halbzeuge
  - a. Die Produktfamilien
  - b. Halbzeuge: Die Vespel® S Familie
  - c. Eigenschaften von Vespel® S
3. Temperaturbeständigkeit
4. Tribologie
  - a. Definition
  - b. Verschleißfestigkeit
  - c. Reibung
  - d.  $p_v$ -Grenzwert
5. Weitere Produkteigenschaften
  - a. Gewicht
  - b. Vollständig isostatische Halbzeuge und spanend hergestellte Teile
  - c. Flammwidrigkeit/elektrischer Widerstand
  - d. Einfache Bearbeitung
6. Anwendungen und Einsatzbereiche
7. Eignet sich Vespel® für Ihre Anwendung?

## 1. Aktuelle Trends

Forderungen nach immer effizienteren Systemen und Prozessen sowie einer Verringerung des Energieverbrauchs sind die Triebfedern für die Entwicklung kleinerer, leichter Konstruktionen und die Suche nach leistungsfähigeren Werkstoffen. Diese Trends gelten übereinstimmend für alle Industriebranchen, von der Luft- und Raumfahrt über Transport, Elektronik und Energieversorgung bis zum Materialhandling.

Als Beispiel suchen Betreiber von Produktionseinrichtungen verstärkt nach Möglichkeiten sowohl zur Senkung des Energieverbrauchs als auch zur Erhöhung des Ausstoßes. Dabei führt der Weg zur Steigerung der Produktivität und zur Senkung der Stückkosten über leichtere, kompaktere, reibungsarme Bauteile, die sich schneller bewegen lassen und die langlebiger sind.

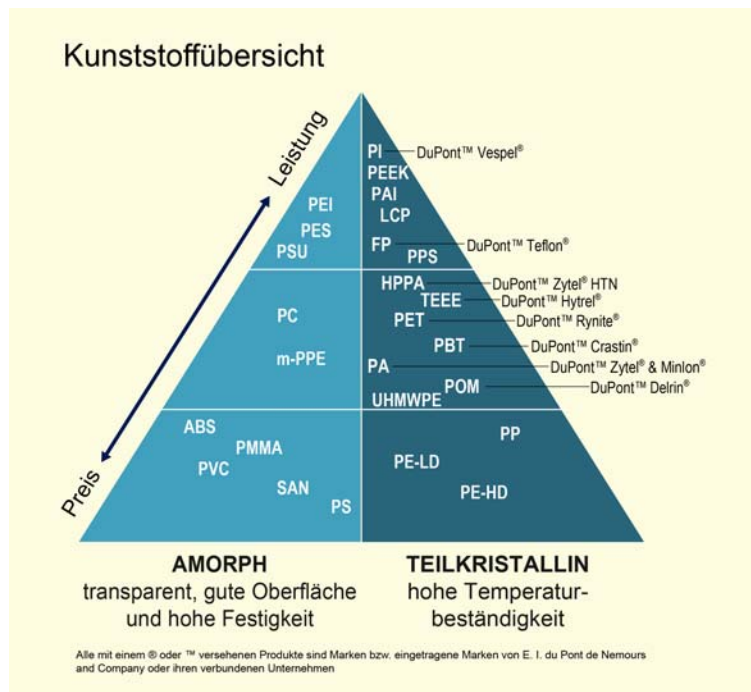
Damit einher gehen anspruchsvollere Betriebsbedingungen in Form von höheren Temperaturen, Drücken, Geschwindigkeiten und Belastungen. Hier können Hochleistungskunststoffe wie DuPont™ Vespel® ein beachtliches Innovationspotenzial gegenüber herkömmlichen technischen Kunststoffen bieten.

## 2. Vespel® Fertigteile und Halbzeuge

Auf Polyimid basierende Vespel® Werkstoffe sind als Duroplaste, Thermoplaste, Composites oder Hybride verfügbar. Dabei sind Polyimide an der Spitze der Leistungspyramide für Kunststoffe positioniert (Bild 1), weil sie ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften auch unter hohen Belastungen und Temperaturen behalten.

Ihre besondere Eigenschaftskombination eröffnet Möglichkeiten zur Substitution metallischer und keramischer Werkstoffe sowie von anderen Hochleistungskunststoffen wie PEEK (Polyetheretherketon) oder PAI (Polyamidimid). Vespel® Teile bewähren sich langfristig unter extremsten Einsatzbedingungen, bei denen viele andere Materialien versagen. Damit unterstützen sie einen störungsärmerem Betrieb, eine höhere Produktivität und verlängerte Serviceintervalle. Diese Hochleistungskunststoffe ermöglichen leichtere und in vielen Fällen auch bessere Produkte als viele herkömmliche metallische, keramische oder polymere Werkstoffe.

Bild 1: Polyimide stehen an der Spitze der Kunststoff-Leistungspyramide, denn sie behalten ihre vorteilhaften physikalischen und mechanischen Eigenschaften auch unter hohen Belastungen und Temperaturen.



## Vergleich mit Metallen, Keramik und anderen Kunststoffen

### Metalle

Vespel<sup>®</sup> ist deutlich leichter als Metall und besitzt einen viel geringeren Reibungskoeffizienten, was einen ungeschmierten Betrieb unter erweiterten Bedingungen ermöglicht. Zudem bietet es – anders als Metalle – eine hohe elektrische und die thermische Isolierwirkung. Damit hergestellte Teile können dazu beitragen, das Bauteil- oder Komponentengewicht zu verringern, den Energieverbrauch zu senken und die Effizienz von Antrieben zu steigern.

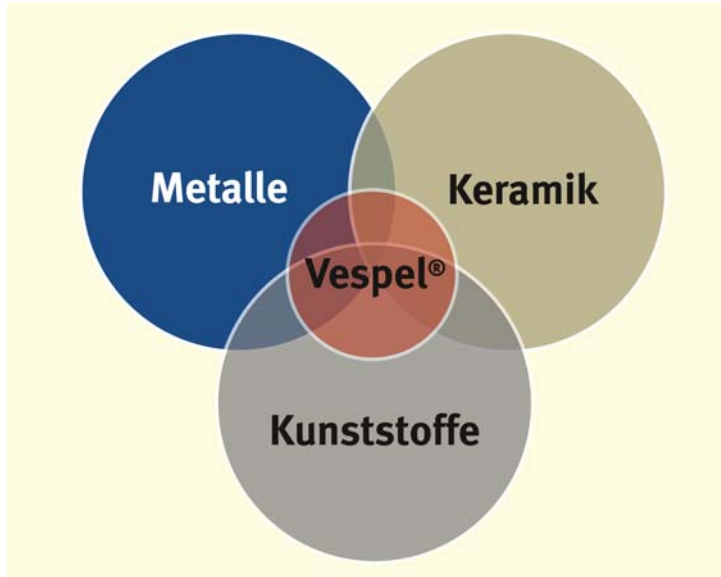


Bild. 2: Dank seines besonderen Eigenschaftsprofils bietet DuPont™ Vespel<sup>®</sup> vielfältige Möglichkeiten zur Substitution von Metallen, Keramik und anderen Hochleistungskunststoffen.

### Keramik

Vespel<sup>®</sup> Teile sind leichter als entsprechende Keramikteile. Sie bieten zudem eine höhere Dichtleistung bei geringen Druckwerten und lassen sich besser bearbeiten als spröde Keramikwerkstoffe.

### Kunststoffe

Die SP-Typen haben keinen Schmelzpunkt, und ihr Einsatzbereich reicht von Tiefsttemperaturen (-196 °C) bis 350 °C, kurzzeitig bis 480 °C und darüber. Thermoplastische Werkstoffe wie PEEK und PAI können bei Erreichen der Glasübergangstemperatur erweichen oder ihre Eigenschaften verlieren.

## a) Die Produktfamilien

Das Vespel<sup>®</sup> Portfolio besteht aus fünf Produktfamilien, die mit ihrer herausragenden Kombination von Eigenschaften ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit ermöglichen. Dies sind die S-Typen, die CR-Typen mit hoher chemischer und Kriechbeständigkeit für Anwendungen in Pumpen, z.B. und in der chemischen Industrie, die TP-Typen (thermoplastisch verarbeitete Spritzgussteile von DuPont), die ASB-Hybride im Verbund mit Metall- oder Graphitkomponenten sowie die CP-Typen.

Vespel <sup>®</sup> S	Vespel <sup>®</sup> TP	Vespel <sup>®</sup> ASB	Vespel <sup>®</sup> CP	Vespel <sup>®</sup> CR
<b>direktgeformte Teile und Halbzeuge</b>	<b>thermoplastisch verarbeitete Spritzgussteile</b>	<b>Hybridteile (mit Metallkomponenten)</b>	<b>Composite-Teile</b>	<b>chemikalienbeständige Teile und Halbzeuge</b>

## Fertigteile und Halbzeuge

DuPont liefert **kundenspezifische Vespel® Fertigteile und Halbzeuge**. Bei kleinen Stückzahlen oder komplexen Geometrien kann es vorteilhaft sein, Bauteile aus Halbzeugen spanend zu fertigen. Diese sind als Stäbe, Platten und Rohre erhältlich. DuPont vertreibt die meisten S- und CR-Typen als Halbzeuge über seine Vertragshändler.

Die SMP-, TP- und CP-Typen sind nicht als Halbzeuge erhältlich sondern werden von DuPont als Fertigteil auf Maß geliefert.

Eine Liste der verfügbaren Formen und Größen erhalten Sie im Internet unter [www.vespel.de](http://www.vespel.de) oder direkt bei DuPont.

## b) Halbzeuge: Die Vespel® S Familie

Vespel® S Halbzeuge werden aus hoch beständigen Polyimiden für anspruchsvolle Anwendungen hergestellt, die sehr hohe Temperaturbeständigkeit, gutes Reibungs- und Verschleißverhalten sowie Festigkeit und Schlagzähigkeit erfordern. Die Familie umfasst SP- und SCP-Typen:

- **Die SP-Typen ...**  
... bieten kosteneffiziente Kombinationen aus guten mechanischen, tribologischen und elektrischen Eigenschaften für geschmierte und ungeschmierte Dichtungsanwendungen sowie geringen Verschleiß im Vakuum und in trockenen Umgebungen. Sie haben keine Glasübergangstemperatur (Schmelzpunkt) und sind weicher als die SCP-Typen. Daher bieten sie sehr gute Verschleißigenschaften gegen weiche Materialien wie Aluminium, und sie eignen sich für semidynamische Anwendungen wie Kugelventile bei hohen und sehr tiefen Temperaturen. Der E-Modul der SP-Typen bleibt zwischen Raumtemperatur und  $-195\text{ °C}$  nahezu konstant, während hier die meisten anderen Werkstoffe sehr hart und spröde werden.
- **Die SCP-Typen ...**  
... erweitern die Dauereinsatztemperatur von Polyimiden bis zu  $370\text{ °C}$ . Sie sind die leistungsstärksten imidierten Kunststoffe hinsichtlich des Reibungs- und Verschleißverhaltens – mit hohen  $p_v$ -Grenzwerten und niedrigem Reibungskoeffizienten unter ungeschmierten Bedingungen –, der Druckfestigkeit (vergleichbar mit der von Kohlenstoffstahl) sowie der thermischen Oxidationsbeständigkeit bei sehr hohen Temperaturen.

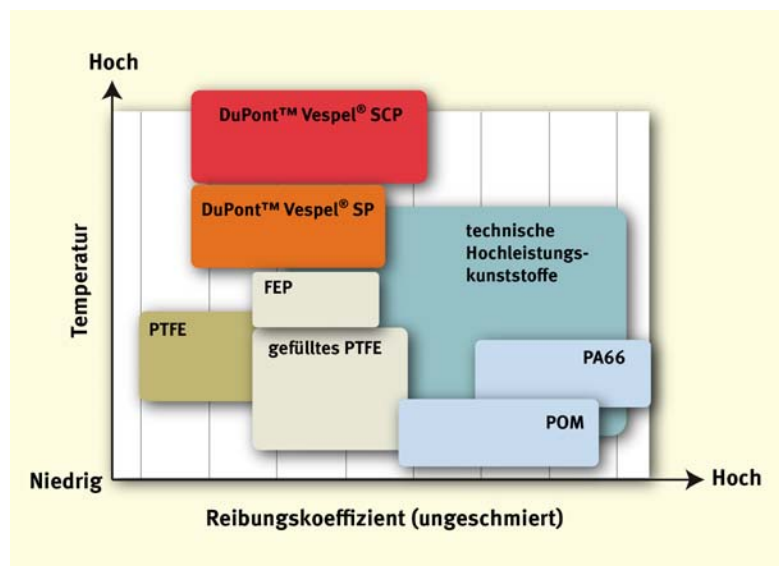


Bild 3: Vespel® Halbzeuge sind in verschiedenen Typen erhältlich, die geringe Reibung und Temperaturbeständigkeit in anspruchsvollen Anwendungen optimal kombinieren.

### c) Eigenschaftsübersicht von Vespel® S

DuPont™ Vespel® Fertigteile (ob direktgeformt oder spanend verarbeitet) können mit ihren Eigenschaften anspruchsvolle Anforderungen hinsichtlich Dichtwirkung, Reibung und Verschleiß erfüllen und extremen Einsatzbedingungen in der Luft- und Raumfahrt, in der Transport- und der Maschinenindustrie widerstehen.

Je nach Typ besitzen die Endprodukte folgende Eigenschaften:

- Dauergebrauchstemperaturbereich von Tiefsttemperaturen bei -196°C bis 350 °C, kurzzeitig bis 480 °C, bei einigen Typen bis 650 °C. Der Typ SP-1 ist nicht schmelzbar und besitzt eine sehr gute Langzeit-Temperaturbeständigkeit.
- sehr geringer Reibungskoeffizient
- gutes Reibungs- und Verschleißverhalten bei hohen Drücken und Geschwindigkeiten (geschmiert und ungeschmiert)
- herausragende Kriechbeständigkeit
- hohe Festigkeit und Schlagzähigkeit
- geringes Gewicht
- minimale Wärmeausdehnung
- hohe Strahlungsbeständigkeit
- hohe Reinheit, geringes Ausgasen im Vakuum
- inhärent flammwidrig
- gute chemische Beständigkeit
- sehr gute elektrische Isoliereigenschaften
- sehr niedrige Wärmeleitfähigkeit
- sehr gute Bearbeitbarkeit
- zertifiziert nach ISO-9001 und ISO-14001.

### 3. Temperaturbeständigkeit

Vespel® SP und SCP Teile und Halbzeuge widerstehen Temperaturen von -196 °C bis 350 °C, kurzzeitig bis 480 °C, und gehen damit weit über den typischen Einsatzbereich von PEEK und den meisten technischen Kunststoffen hinaus. Wo eine noch höhere Temperaturbeständigkeit gefordert ist, sind spezielle SCP-Typen verfügbar, die kurzzeitig Temperaturspitzen bis 650 °C widerstehen.

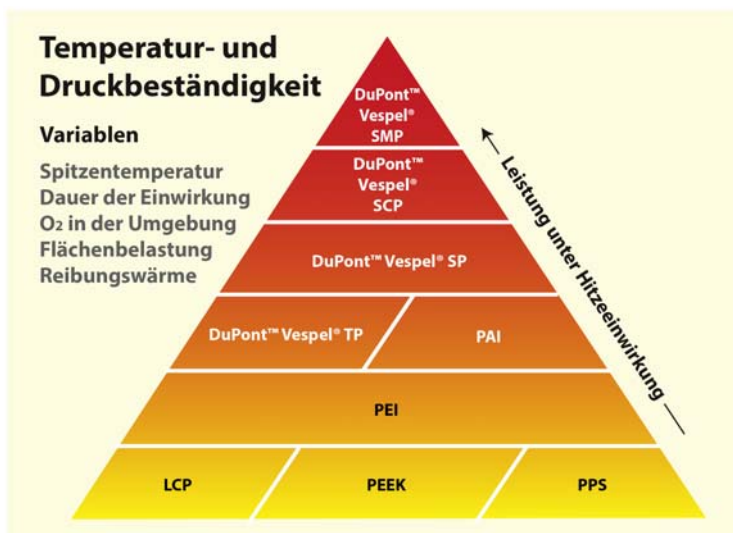


Bild 4: Vespel® SCP gehört in Bezug auf die Temperatur- und Druckbeständigkeit zu den leistungsstärksten Produkten.



Bild 5: Verformung von ungefülltem PEEK und PAI nach 6-stündiger Lagerung bei 370 °C im Vergleich zu ungefülltem Vespel® SP-1, das keine Veränderung aufweist. PEEK erweicht bei 140 °C, während der Hochleistungskunststoff von DuPont bis 350 °C und darüber nahezu unverändert bleibt. Zudem können Vespel® Teile, anders als PEEK, auch unter diesen Temperaturen noch hohe Lasten aufnehmen.

Quelle: DuPont

**Beständigkeit gegen thermische Oxidation**

Eine Veränderung des Gewichts verweist auf einen Abbau des Werkstoffs nach langzeitiger Einwirkung hoher Temperaturen. Bild 6 zeigt den deutlichen Gewichtsverlust eines typischen hochtemperaturbeständigen technischen Kunststoffes nach 500 Stunden bei 350 °C. Dagegen zeigen die Vespel® Typen SCP-5000 und SP-1 lediglich einen minimalen Gewichtsverlust.

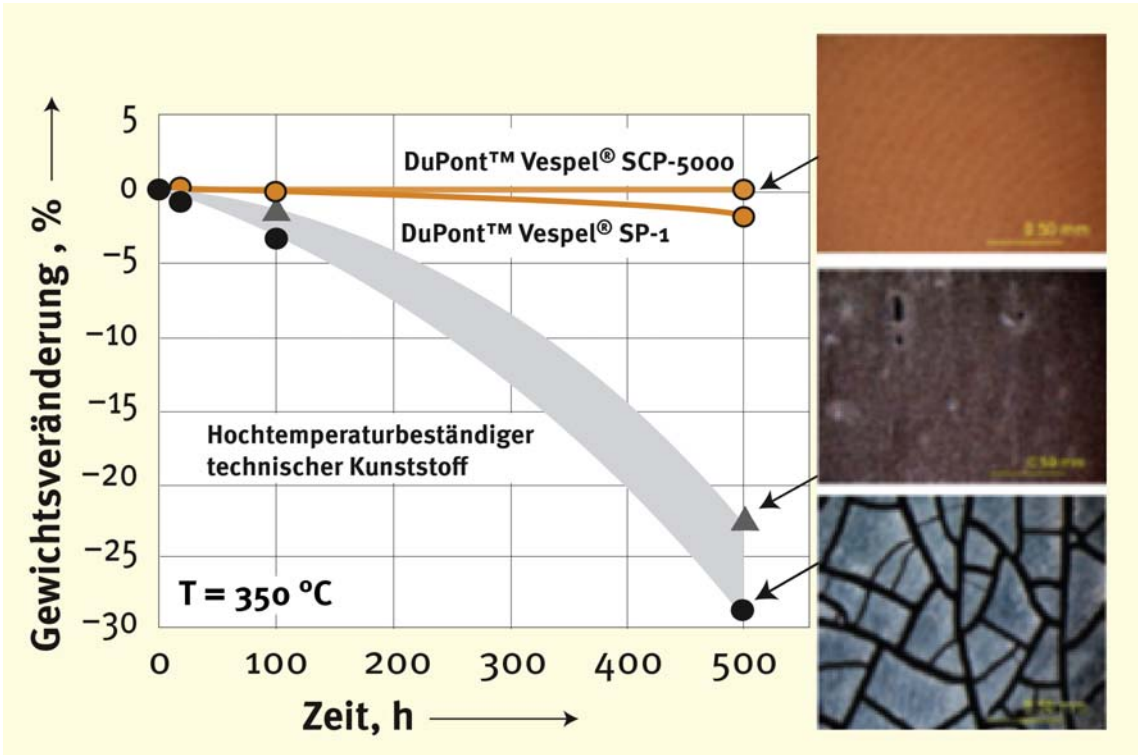


Bild 6: Gewichtsverlust zylinderförmiger Probekörper (d = 10 mm, l = 20 mm, vor Prüfbeginn 4 h bei 120 °C getrocknet) bei 350 °C; Quelle: DuPont

## 4. Tribologie

### a) Definition

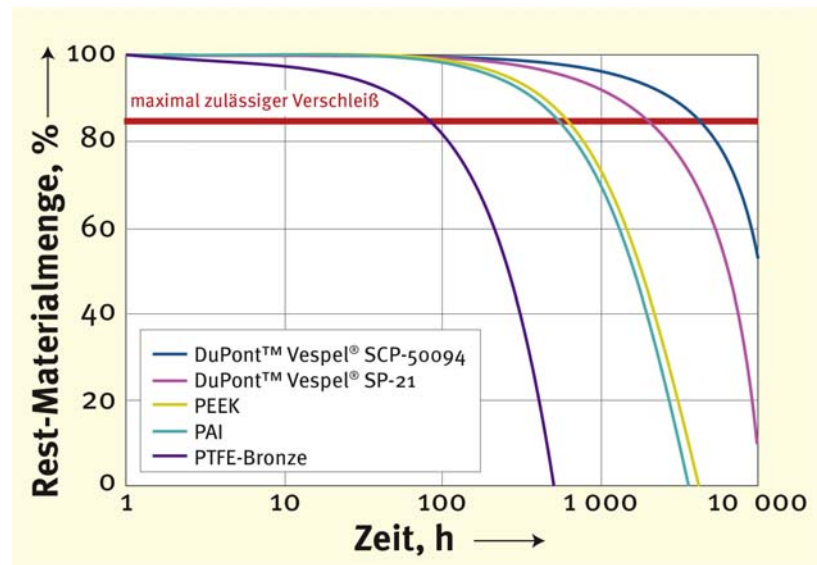
Die Tribologie ist ein Teilgebiet des Maschinenbaus und der Werkstoffwissenschaften und beschäftigt sich mit Reibung, Verschleiß und der Schmierung zwischen aufeinander einwirkenden, in Relativbewegung befindlichen Oberflächen.

### b) Verschleißfestigkeit

Reibung zwischen zwei Oberflächen verursacht Verschleiß. Vespel® Teile und Halbzeuge besitzen einen äußerst geringen Reibungskoeffizienten und sind außerordentlich verschleißfest. Mit Graphit gefüllte Typen sind selbstschmierend und können auch unter Trockenlaufbedingungen eingesetzt werden.

Ein Vergleich der Trockenlaufeigenschaften von PEEK, PAI, einem Bronze-PTFE-Compound sowie den Vespel® Typen SP-21 und SCP-50094 ergab für SCP-50094 nach 5386 Stunden und für SP-21 nach 2737 Stunden Gewichtsverluste von jeweils weniger als 20 %, während PEEK, PAI und der PTFE-Bronze-Compound diese maximale Verschleißgrenze von weniger als 20% bereits nach nur 788, 717 bzw. 110 Stunden erreicht hatten.

Bild 7: Vergleich des Verschleißverhaltens von PEEK, PAI, einem PTFE-Bronze-Compound sowie den Vespel® Typen SP-21 und SCP-50094 in einem von DuPont durchgeführten Trockenlauftest auf einer Stift-Scheibe-Apparatur bei 60 °C; 10000 h;  $p v = 14 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$  (0,7m/s); Stahlscheibe PH17-4 mit Ra 0,4.



### c) Reibung

Konstrukteure und Produktentwickler versuchen, den Energieverbrauch zu senken, indem sie die Reibung zwischen relativ zueinander bewegten Teilen verringern. Dies gilt vor allem für die Automobilindustrie, aber auch für Bauteile in kleineren Motoren. Angesichts immer kleinerer, leichter und schneller drehender Teile in Antriebssystemen gehen Konstrukteure immer näher an die Verschleiß-, Reibungs- und Temperaturlimits bestehender Werkstoffe.

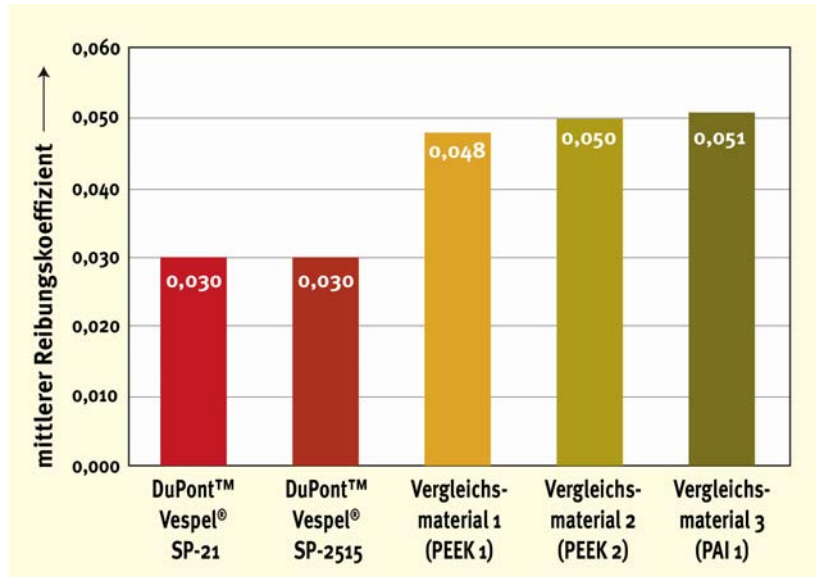
Die Vespel® S-Typen bieten einen außerordentlich niedrigen Reibungskoeffizienten in Verbindung mit hoher Belastbarkeit und Verschleißfestigkeit. Dies ermöglicht höhere Drehzahlen und Belastungen der Wellen und erfordert weniger Schmierung. Damit hergestellte Teile können Metalllager ersetzen und dabei die Abmessungen und das Gewicht verringern.

Von DuPont durchgeführte Versuche zeigen, dass die Reibung zwischen Anlaufscheiben aus diesem Hochleistungskunststoff und einer Stahl-Gegenfläche um bis zu 40 % geringer ist als bei Anlaufscheiben aus PEEK und PAI. Dies resultiert in minimalem Verschleiß, geringeren Energieverlusten und höheren möglichen Drehzahlen. Entsprechende Lagerbuchsen, Lager,

Ventilsitze und Dichtringe verursachen nicht die Reibungsverluste, die für Metall-Metall-Systeme vor allem unter Trockenlaufbedingungen typisch sind.

Vespe<sup>®</sup> Teile passen sich besser an die Oberfläche von Metallteilen an und ermöglichen so eine bessere Dichtwirkung, auch unter gering oder ungeschmierten Bedingungen. Auf Grund ihrer außerordentlich hohen Verschleißbeständigkeit gegen Aluminium können solche Teile beispielsweise den Einsatz schwererer Stahlinserts oder -hülsen überflüssig machen. Sie besitzen zudem eine höhere Verschleißfestigkeit als PEEK bei erhöhten Temperaturen.

Bild 8: Unter geschmierten Bedingungen (in Automatik-Getriebeöl gegen Stahl 1.7225, HRc 50, Ra 0,3 µm, 23 MPa·m/s) liegt der mittlere Reibungskoeffizient von Vespe<sup>®</sup> SP (DF2) um bis zu 40 % unter dem anderer technischer Kunststoffe; Quelle und Verfahren: DuPont



#### d) pv-Grenzwert

Vespe<sup>®</sup> besitzt einen höheren pv-Grenzwert (Produkt aus Druck in der Kontaktfläche und Relativgeschwindigkeit), eine höhere Belastbarkeit sowie eine höhere Temperaturbeständigkeit als PEEK oder PAI. Entsprechende Teile mit ihrem hohen pv-Grenzwert geben Konstrukteuren die Möglichkeit, die Drehzahlen oder Lasten bei ungeschmiertem Lauf um bis zu 50 % erhöhen, die Bauteilgröße zu verringern und auf eine Druckschmierung zu verzichten, um Kosten und Komplexität zu verringern.

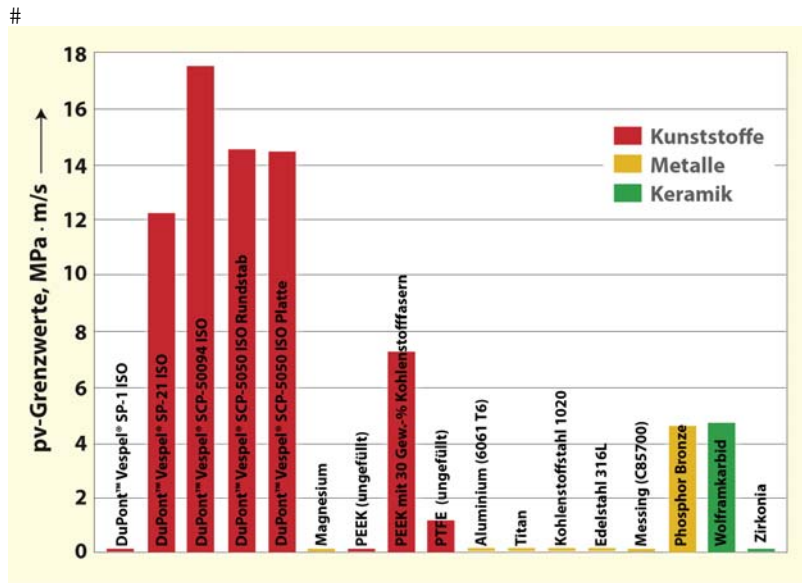


Bild 9: pv-Grenzwerte (ungeschmiert) von Kunststoffen, Metallen und Keramik: Vespe<sup>®</sup> SCP-50094 besitzt einen sehr hohen pv-Grenzwert von mehr als 17 MPa·m/s, dicht gefolgt von den Typen SCP-5050 und SP-21. Die niedrigsten Werte erreichen z. B. Magnesium, ungefülltes PEEK und PTFE, Aluminium, Edelstahl und Cubic Zirconia. Quelle: DuPont.



## 5. Weitere Produkteigenschaften

### a) Gewicht

Die Dichte von Vespel® S Produkten liegt, je nach Typ, zwischen 1,43 und 1,77. Bei gleicher Belastung können daher Bauteile leichter und kleiner ausgeführt werden als vergleichbare Bauteile aus Metall und Keramik. Umgekehrt können solche Teile derselben Größe und Geometrie höheren Belastungen und Temperaturen standhalten als diejenigen, an deren Stelle sie eingesetzt werden.

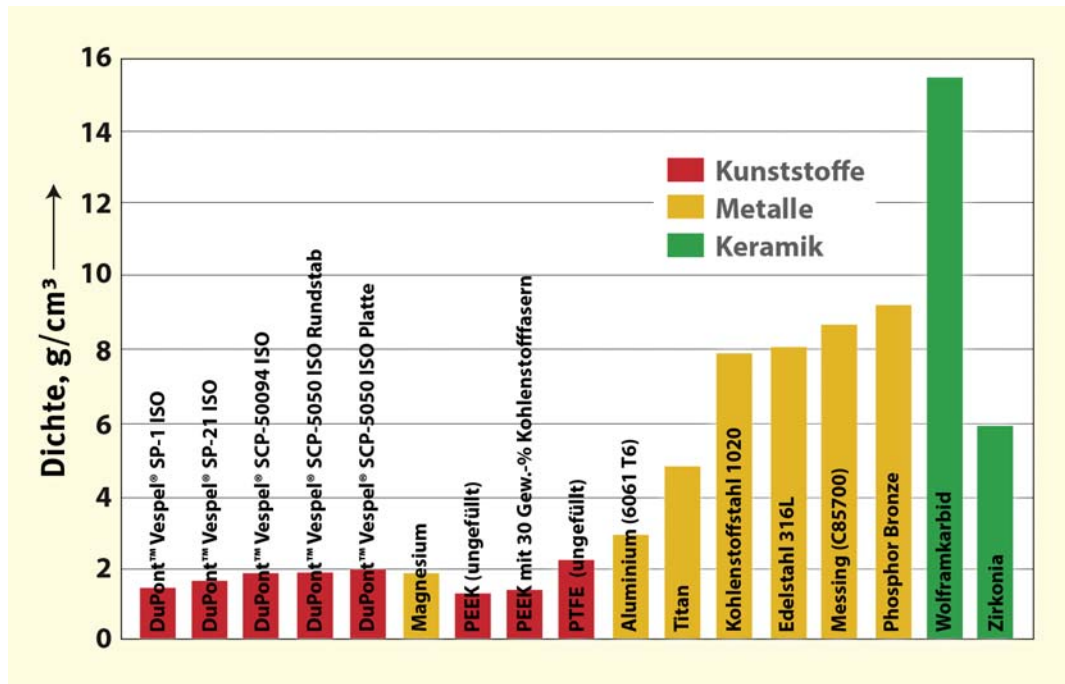


Bild 10: Vergleich der (niedrigen) Dichten verschiedener Vespel® Produkte mit den (deutlich höheren) Werten herkömmlicher Ingenieurwerkstoffe bei Raumtemperatur.

### b) Isostatisch gepresste Halbzeuge und spanend hergestellte Teile

Vespel® S Halbzeuge haben isotrope (d. h. richtungsunabhängige) mechanische und physikalische Eigenschaften einschließlich der Dimensionsstabilität – auch nach der mechanischen Bearbeitung. Direkt geformte Teile weisen dagegen einige richtungsabhängige (anisotrope) Eigenschaften auf.

### c) Flammwidrigkeit/elektrischer Widerstand

Die Typen SP-1, SP-21, SP-211 und SP-22 erfüllen die Anforderungen der Brennbarkeitsklassen 5V oder V-0 nach UL94 (Entflammbarkeit von Kunststoffen in Elektrogeräten und Zubehör).

Die Typen SP-1 und SCP-5000 sind ungefüllte Kunststoffe, die hohe Durchschlagfestigkeit und niedrige Dielektrizitätskonstante mit Beständigkeit gegen thermische Oxidation und gegen ionisierende Strahlung kombinieren. Zu ihren typischen Anwendungen gehören stabile elektrische und thermische Isolatoren in wissenschaftlichen Instrumenten, Analysegeräten, in der Luftfahrt, Kommunikation, in Ultraschallanwendungen und Transformatoren, wo sie Schlagbelastungen ausgesetzt werden können, bei denen keramische Werkstoffe versagen.

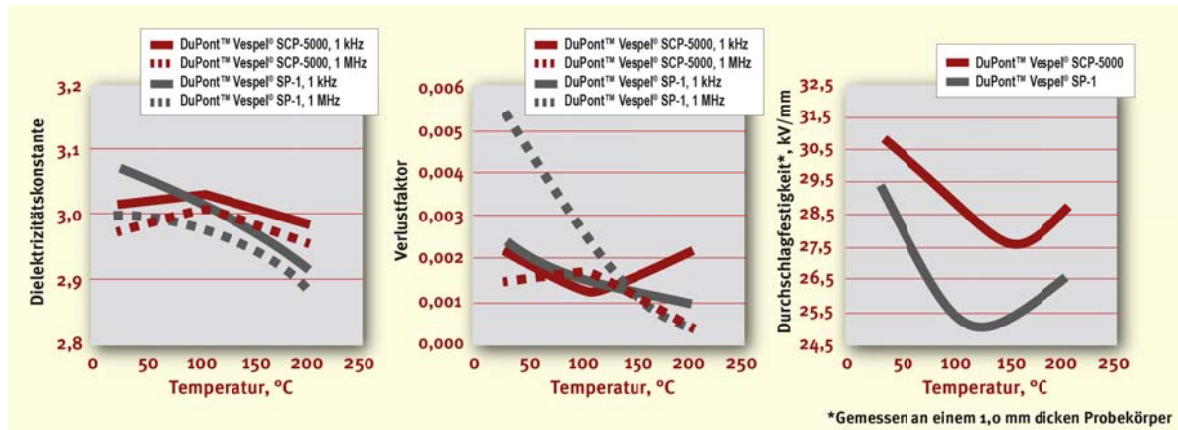


Bild 11: Vespel® SP-1 und SCP-5000 bieten sehr gute dielektrische Eigenschaften und eignen sich damit ideal als Material für elektrische und thermische Isolatoren; Quelle: DuPont

### c) Einfache Bearbeitung

Vespel® Halbzeuge lassen sich einfach auf herkömmlichen Werkzeugmaschinen bearbeiten, wobei auch Hartmetallwerkzeuge eingesetzt werden können. So gut wie alle Bearbeitungsverfahren sind einsetzbar: Drehen, Bohren, Fräsen, Sägen, Schleifen, Polieren und Läppen sowie Laserbohren, Laserätzen, selektives Ätzen und Lasermarkieren. Die TP-Typen lassen sich darüber hinaus auch für Verfahren wie das Ultraschallschweißen einsetzen.

Im Vergleich zu den meisten anderen Hochleistungskunststoffen erfordern die Vespel® Halbzeuge keine Nachbehandlung oder Wärmebehandlung. Sie besitzen eine hohe Steifigkeit, sind aber nicht spröde. Sie besitzen eine geringe Wasseraufnahme und lassen sich mit engen Toleranzen bearbeiten. Weitere Hinweise enthält ein von DuPont herausgegebener Leitfaden für die mechanische Bearbeitung (Machining Guide).

## 6. Anwendungen und Einsatzbereiche

Seit 1965 sind Vespel® Teile in vielen Anwendungen im Einsatz, zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt, im Automobilbau, in Schneemobilen, in landwirtschaftlichen Geräten, in der Halbleiterproduktion und in vielen anderen Bereichen.

### Energieversorgung und Materialtransport, Maschinenbau, Kleinmotoren, industrielle Anwendungen, Maschinen, Glas-Handling, Pumpen, Kompressoren



Lager, Buchsen, Verschleißringe und Isolatoren aus diesen Hochleistungskunststoffen finden sich in vielen Anwendungen, die herausragende thermische, mechanische und chemische Eigenschaften erfordern. Sie kommen als elektrische und thermische Isolatoren in wissenschaftlichen Instrumenten, Analysegeräten, in der Luftfahrt, Kommunikation, in Ultraschall-Anwendungen und Transformatoren zum Einsatz, wo sie Schlagbelastungen widerstehen können, bei denen keramische Werkstoffe versagen würden.

## Transportwesen



Vespel® Verschleißringe, Buchsen und Anlaufscheiben für Getriebe kommen überall dort zum Einsatz, wo geringer Verschleiß, geringe Reibung und Beständigkeit gegen hohe Lasten und aggressiven Flüssigkeiten gefordert sind.

## Luft- und Raumfahrt



Vespel® Buchsen, Anlaufstücke und Verschleißstreifen kommen für Anwendungen in Flugzeugmotoren zum Einsatz, bei denen geringer Verschleiß, geringe Reibung und geringes Gewicht gefordert sind.

## Elektronik



Vespel® Prüfsockel und Waferträger bieten sehr gute elektrische und mechanische Eigenschaften, Plasmabeständigkeit, geringes Ausgasen und eine hohe Oxidationsbeständigkeit in elektronischen Test- und Wafer-Handling-Vorrichtungen.

## 7. Eignet sich Vespel® für Ihre Anwendung?

DuPont™ Vespel® Teile bieten einzigartige Eigenschaften, wie Einsetzbarkeit bei kryogenen ebenso wie bei extrem hohen Dauergebrauchstemperaturen, geringer Verschleiß und geringe Reibung bei hohen  $\rho v$ -Werten, geschmiert und ungeschmiert, eine sehr hohe Kriechfestigkeit und Schlagzähigkeit, sehr hohe Dimensionsstabilität, geringe Wärmeausdehnung und einfache Bearbeitbarkeit.

### Erwägen Sie den Einsatz bei folgenden Anforderungen:

1. bei kritischen Anwendungen in der **Luft- und Raumfahrt oder Wehrtechnik**, wo DuPont™ Vespel® das von **ASTM spezifizierte Produkt** sein kann,
2. in **heißen Umgebungen** ohne Eigenschaftsverlust,
3. in Anwendungen mit **hohen Belastungen**, z. B. Lager,
4. in Anwendungen, die **geringe Reibung und hohe Festigkeit bei hoher Temperatur- und Verschleißbeständigkeit** erfordern,
5. von Leichtbauanwendungen, bei denen diese Hochleistungsprodukte von DuPont eine sehr gute Alternative zu Metallen wie Aluminium oder Metalllegierungen bzw. zu Keramik sein und deren Eigenschaften sogar übertreffen können,
6. in Anwendungen, bei denen eine Schmierung nicht möglich ist oder bei denen ein hoch verschleißfester Werkstoff erforderlich ist, der viel Spiel ausgleichen kann oder der dank **geringer Reibung** eine höhere Effizienz ermöglicht. **Der Typ SCP-50094 widersteht ungeschmiert höheren  $\rho v$ -Beanspruchungen** als die meisten technischen Kunststoffe.

7. als **einfach bearbeitbare** Alternative zu Keramik. DuPont™ Vespel® bietet vergleichbare **elektrische Isoliereigenschaften** wie Keramik, lässt sich aber leichter und auf Standardmaschinen bearbeiten. Somit kann es kostengünstiger sein, diesen Hochleistungswerkstoff von DuPont statt Keramik einzusetzen. Dies gilt besonders für Bauteile mit komplexen Geometrien, z. B. mit Hinterschneidungen, Bohrungen oder Gewinden. Zudem ist die Schlagzähigkeit deutlich höher als die von Keramik.
8. von Anwendungen in kritischen Laborumgebungen oder wenn **geringes Ausgasen** erforderlich ist,
9. wenn hohe chemische Beständigkeit gefordert ist oder der Einsatz unter Einwirkung von Hochvakuum, Strahlung, oxidierenden Umgebungen, sehr tiefen Temperaturen oder Flammen eine zuverlässige Funktion erfordert.

Vespel® Fertigteile und Halbzeuge sind eine bewährte Lösung für zahlreiche anspruchsvolle Anwendungen, bei denen kritische bewegliche Bauteile extremen Temperaturen, hoher Reibung, sehr hohem Verschleiß oder hohen Belastungen ausgesetzt sind.

Wir unterstützen Sie gern bei der Entscheidung, ob Vespel® das richtige Produkt für Sie sein kann, um Ihre bestehenden Anwendungen weiter zu verbessern oder innovative Möglichkeiten für Ihre Anwendungen zu eröffnen.

[www.vespel.de](http://www.vespel.de)

---

Besuchen Sie unsere Internetseiten [kalrez.dupont.com](http://kalrez.dupont.com) oder [vespel.dupont.com](http://vespel.dupont.com)

<b>North America</b> 800-222-8377	<b>Latin America</b> +0800 17 17 15	<b>Europe, Middle East, Africa</b> +41 22 717 51 11
<b>Greater China</b> +86-400-8851-888	<b>ASEAN</b> +65-6586-3688	<b>Japan</b> +81-3-5521-8484

Die hierin enthaltenen Informationen entsprechen unserem Kenntnisstand am Tag der Veröffentlichung. Wir behalten uns vor, die Informationen zu ändern, sofern neue Erkenntnisse und Erfahrungen erhältlich sind. Die hierin enthaltenen Daten entsprechen den üblichen Produkteigenschaften und beziehen sich ausschließlich auf das jeweilige Material; die Daten können unter Umständen nicht gelten, sofern die Materialien in Kombination mit anderen Materialien, Zusätzen oder in anderen Prozessen genutzt werden, sofern nicht ausdrücklich anderweitig angegeben. Die Daten sind nicht gedacht, Spezifikationsgrenzen festzulegen oder allein als Grundlage für ein Design; sie sind nicht dazu gedacht, Tests zu ersetzen, die von dem Anwender durchzuführen sind, um sich von der Eignung eines bestimmten Materials für einen speziellen Zweck zu überzeugen. Da DuPont nicht alle Variationen des endgültigen Gebrauches berücksichtigen kann, übernimmt DuPont keine Gewährleistung und keine Haftung im Zusammenhang mit der Nutzung der Informationen. Diese Publikation stellt keine Gewährung einer Lizenz oder eine Empfehlung zur Verletzung von Patentrechten dar.

**ACHTUNG:** Das Produkt ist nicht für den Gebrauch in medizinischen Anwendungen, die eine dauerhafte Verwendung als Implantat im menschlichen Körper vorsehen, geeignet oder empfohlen, außer das Produkt wurde im Rahmen eines schriftlichen Vertrags von DuPont geliefert, der mit der DuPont Policy zu medizinischen Anwendungen übereinstimmt und den vorgesehenen Gebrauch ausdrücklich anerkennt. Weitere Informationen erhalten Sie bei Ihrer örtlichen Vertretung von DuPont. Darüber hinaus können Sie ein Exemplar der DuPont POLICY Regarding Medical Applications H-50103 sowie des DuPont CAUTION Regarding Medical Applications H-50102 anfordern.

Copyright © 2015 DuPont. Das DuPont Oval, DuPont™, Kalrez® und Vespel® sind markenrechtlich geschützt für E.I. du Pont de Nemours and Company oder eine ihrer Konzerngesellschaften. Alle Rechte vorbehalten.

VPE-A40018-02-A0115



*The miracles of science™*