

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2015

ISGATEC 

Neue PTFE-Compounds-Technologie für Dichtungen

Zur Verbesserung unserer Lebensqualität werden an bewährte Technologien stetig neue Anforderungen gestellt. Dieser Trend macht letztendlich auch vor PTFE-Compounds nicht halt. Neue Entwicklungen eröffnen hier interessante Perspektiven für verschiedene Branchen und Anwendungen.

Radialwellenabdichtungen, auch bekannt als Wellendichtringe und zumeist ausgeführt als Lippendichtungen, sind in vielen Bereichen wie Maschinen- und Anlagenbau aber auch in der Automobilindustrie unverzichtbar. Ihre Herstellung aus Polytetrafluorethylen (PTFE) galt einmal als Revolution im Dichtungsbe- reich. Auf Basis der herausragenden physikalischen Eigenschaften und der ausgezeichneten Verarbeitbarkeit von PTFE konnte man Dichtungen entwickeln, die den hohen Maßstäben der obigen Branchen entsprechen. So entwickelte sich PTFE zu einem feststehenden Begriff und zu einem der Hightech-Werkstoffe des 20. Jahrhunderts. Doch auch dieser Werkstoff muss sich den permanenten technologischen und ökologischen Entwicklungen stellen.

Diesen Herausforderungen hat man sich mit der Entwicklung eines neuartigen und leistungsstarken PTFE-Compounds für dynamische Dichtungen, wie Radialwellen-, Kolben- und Stangendichtungen, gestellt. Der neue Hochleistungswerkstoff 3M Dyneon Compound NST 1111R bietet Verarbeitern, Anwendern in den unterschiedlichen Branchen, Verbrauchern sowie der Umwelt signifikante Vorteile. Dieses Compound verspricht eine Vielzahl an Lösungen, mit denen die Herausforderungen in der Dichtungstechnologie von heute und – wichtiger noch – von morgen bewältigt werden können. Entscheidend bei der Entwicklung war die Kombination von drei Leistungsmerkmalen:

- das Compoundierungs-Know-how,
- Hochleistungs-PTFE und
- neue Füllstoffe

Von Gerd Beul, Robert Veenendaal ¹, Dr. Michael Schlipf ²

¹ Dyneon GmbH, www.dyneon.eu

² FPS GmbH, www.fps-solutions.de

>>1: Neues PTFE-Compound mit keramischen Mikrokugelfüllstoffen

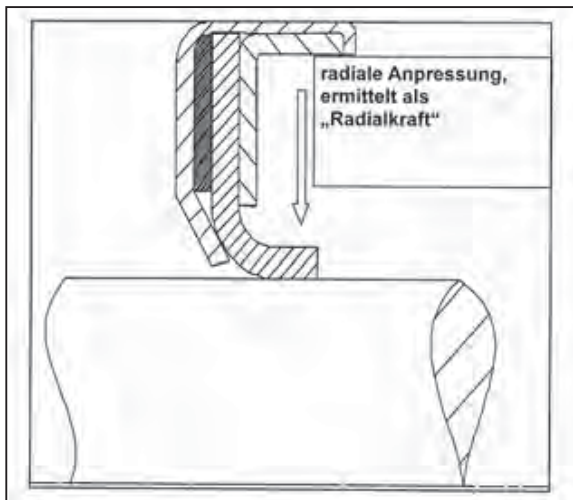


Immer wichtiger – das Compoundierungs-Know-how

Bislang enthalten PTFE-Lippendichtungen, z.B. für den Einsatz als Radialwellendichtring für Kurbel- und Nockenwelle in PKW- und NKW-Motoren, i.d.R. Glasfasern als Füllstoff. Diese verstärken zwar einerseits die Dichtung und verringern deren Abrieb, tragen aber andererseits zu Ölpermeation und durch ihr abrasives Verhalten zu erhöhtem Abrieb und Verschleiß des Gegenlaufpartners bei. Das neuentwickelte Material bietet deutlich verbesserte Eigenschaften, wie z.B. eine verringerte Permeation oder ein verbessertes Abriebverhalten, und entspricht den aktuellen und künftigen Anforderungen im Dichtungsbereich. Der erste PTFE-Compound in der New Sealing Technology (NST) Produktreihe basiert auf dem Beimischen von festen, keramischen Mikrokugel-Füllstoffen in Hochleistungs-PTFE >>1. Diesem Fertigungs-Know-how gingen erhebliche finanzielle Investitionen, Zeit und technische Expertise voraus. Um das Potenzial des neuen Werkstoffs ausschöpfen zu können, musste man zunächst mehrere Hürden nehmen. Die größte Herausforderung bestand darin, die inhärente Tendenz der mikrogroßen Kugeln zur Agglomeration bei der Compoundierung zu reduzieren und so eine homogene Verteilung im Fertigprodukt zu erhalten.

Die Testergebnisse rechtfertigen den Aufwand

Anschließend beauftragte man ein unabhängiges Prüfinstitut den neuen Werkstoff in der Anwendung „Lippendichtung“ zu testen. Die Ergebnisse sowie weitere Prüfungen bestätigen die technische Überlegenheit von NST 1111R gegenüber herkömmlichen PTFE-Compounds auf Glasfaserbasis und zeigen weitere wichtige Verbesserungen auf. Bei den Vergleichstests wurde auf folgende Referenzmaterialien zurückgegriffen:



>>2: Die Werkstoffuntersuchungen werden an Lippendichtungen durchgeführt. Die Kraft, mit der die Dichtungslippe senkrecht auf die Welle aufdrückt, wird als Radialkraft bezeichnet.

- das PTFE-Compound TF 4105, gefüllt mit 25% Glasfaser sowie
- das PTFE-Compound TF 6711 mit 5% Glasfaser und 5% Molybdändisulfid, MoS₂.

Zur Durchführung der Dichtungsuntersuchungen wurde zunächst ein Lippendichtungsrohling in Form einer Dichtungsscheibe hergestellt. Als Dichtungsaufnahme dienten zwei Metallwinkelringe. Die Verformung der Dichtlippe erfolgte ausschließlich durch Aufschieben auf die Welle. Eine Vorverformung wurde nicht durchgeführt.

Der Messaufbau ist in >>2 dargestellt. Bei der Montage wird die Dichtlippe umgebogen und liegt nun mit der Kontaktfläche an der Welle an. Die Kraft, mit der die Dichtlippe senkrecht auf die Oberfläche der Welle aufdrückt, wird als Radialkraft bezeichnet. Ihre Bestimmung erfolgte im Anschluss an eine 48-h-Relaxationsphase nach der Montage.

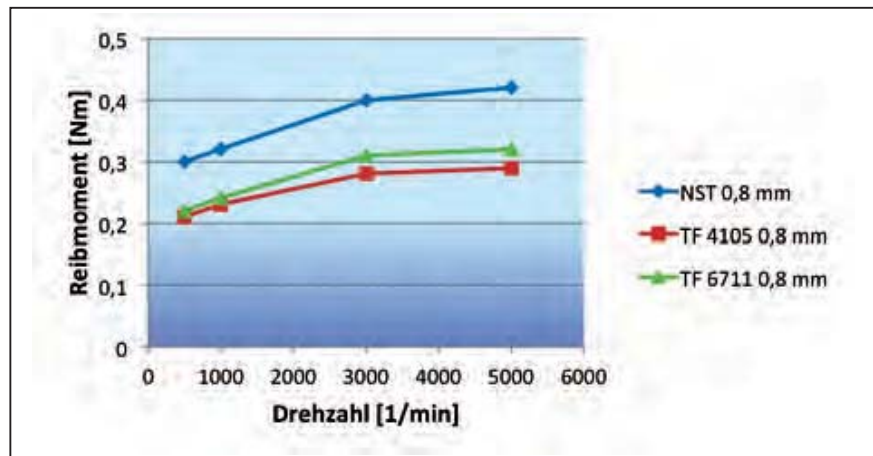
Die Radialkraft durchläuft bei der Montage zunächst ein Maximum durch die auftretenden Umformungskräfte. In der anschließenden Relaxationsphase werden diese Spitzenkräfte infolge des für PTFE typischen Kaltflusses teilweise abgebaut. Nach 48 h kann die Radialkraft als konstant angesehen werden und die tribologischen Untersuchungen können beginnen. >>3 zeigt die ermittelte Radialkraft nach 48 h Relaxationsphase, vor Beginn der tribologischen Untersuchungen. Bei gleicher Dichtungsgeometrie erzeugt die Lippendichtung auf Basis NST 1111R im Vergleich zu den beiden anderen Werkstoffen die höchste Radialkraft.

Als Konsequenz wird bei den darauffolgenden tribologischen Untersuchungen auch das höchste Reibmoment ermittelt. Aus >>4 erkennt man die hohen Reibmomentwerte für NST 1111R in einem weiten Drehzahlbereich. Entsprechend

	Einheit	NST 1111R	TF 4105	TF 6711
Radialkraft	Newton (N)	128	94	108

>>3: Radialkraft nach 48 h Relaxationsphase, vor Beginn der tribologischen Untersuchungen

>>4: NST 1111R weist über einen großen Drehzahlbereich die höchsten Werte für das Reibmoment auf, eine Folge der erhöhten Radialkraft

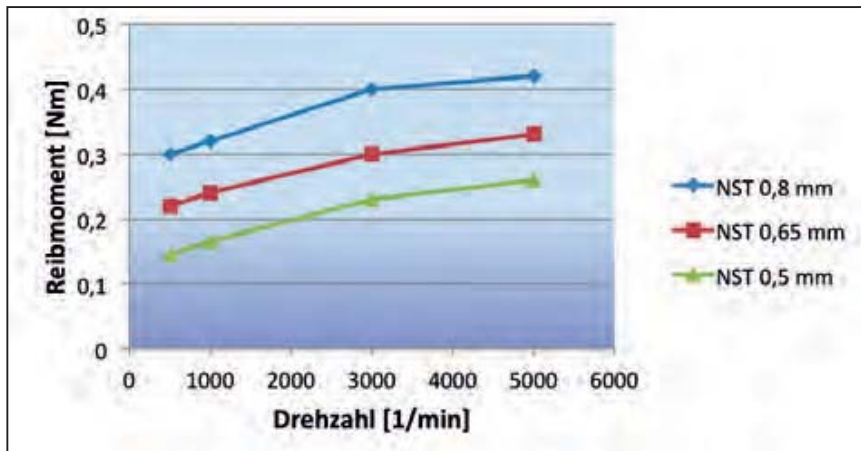


hoch ist auch das Einlaufen des Dichtungswerkstoffes in den Gegenlaufpartner, die rotierende Welle.

Dieser „Fehler“ wird leider bei der Untersuchung und Einführung neuer Dichtungswerkstoffe häufiger gemacht. Die Prüfungen erfolgen zunächst unter direkter Übertragung des bekannten und bewährten Dichtungsdesigns auf den Neu-Werkstoff, ohne dass dabei andere Einflussgrößen, insbesondere die Radialkraft, berücksichtigt wird. Ein direkter Vergleich der Dichtungsfunktionen ist bei Radialwellendichtungen jedoch nur unter gleichen tribologischen Bedingungen, d.h. unter gleicher Radialkraft, sinnvoll.

Deshalb erfolgt im nächsten Schritt die Anpassung der Radialkraft durch Änderung des Dichtungsdesigns. Hierzu eignet sich insbesondere die Reduzierung der Dichtlippenstärke, die Veränderung des beweglichen Dichtlippenanteils durch Geometrieänderung der Dichtungsaufnahme bzw. Vergrößerung oder Verkleinerung des Lippen-Innendurchmessers wären weitere Möglichkeiten der Designanpassung.

Aus >>5 sind die Auswirkungen der Designanpassung auf das Reibmoment ersichtlich: Durch Reduzierung der Dichtlippenstärke von 0,8 mm über 0,65 mm auf schließlich 0,5 mm wird das Reibmoment – und damit der Reibungsverlust, der an der Dichtung anfällt – auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes gesenkt. Neben den ermittelten Absolutwerten muss dabei besondere Aufmerksamkeit dem Kurvenverlauf über den gesamten untersuchten Drehzahlbereich gewidmet werden: ändert sich der Verlauf der einzelnen Kurven nicht in systematischer Weise, dann kann dies als Hinweis auf verschiedene tribologische Beanspruchungen der Dichtung gewertet werden. Hohe Drehzahlen führen bei geringer Radialkraft, die hier in Form des Reibmomentes überwacht wird, leicht zum



>>5: Durch Reduzierung der Dichtlippenstärke wird das Reibmoment und damit die an der Dichtung anfallenden Reibverluste auf ca. die Hälfte des Ausgangswertes gesenkt

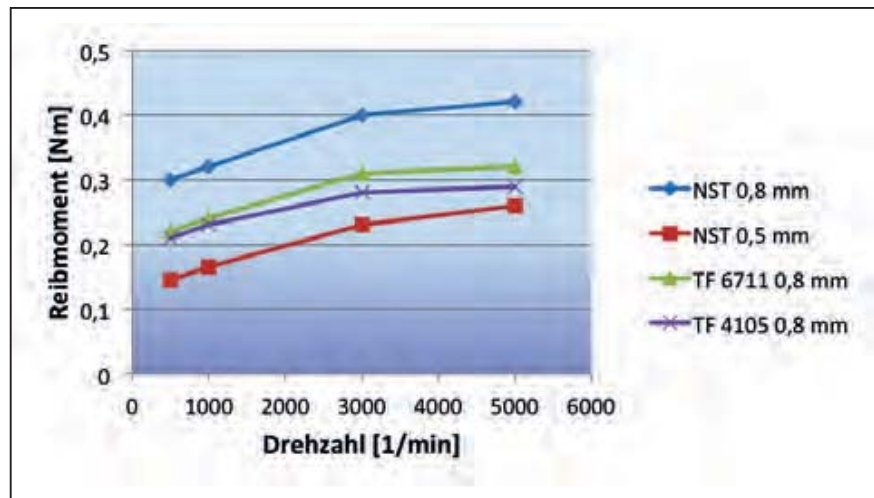
Abheben der Dichtung – wegen der verminderten Folgefähigkeit der Dichtlippe – und damit zum Versagen bzw. zum Auftritt von Leckage. Der über den gesamten Drehzahlbereich typische Verlauf der „NST 0,5mm-Kurve“ belegt jedoch, dass trotz signifikant reduzierter Radialkraft noch die volle Dichtungsfunktion sichergestellt ist. >>6 gibt Auskunft über die Positionierung der Dichtung nach Designanpassung: Im Vergleich zum Stand der Technik, repräsentiert durch TF 4105 und TF 6711, weist die Lippendichtung auf Basis NST 1111R nun das geringste Reibmoment auf; ein Vorteil der insbesondere bei der Anwendung im Motorenbereich als Kurbel- oder Nockenwellendichtung geschätzt wird.

Wie verhält es sich nun mit der Dichtfunktion dieser bezüglich der Radialkraft optimierten Lippendichtungen? Da alle Untersuchungen mit PTFE-Manschetten ohne Rückförderstruktur durchgeführt wurden, tritt in gewissem Umfang immer Leckage auf. Diese kann dann zur Positionierung der Dichtungen gegeneinander herangezogen werden. In >>7 ist die Öl-Leckagerate der NST-Designoptimierung im Vergleich zum Stand der Technik aufgeführt: Trotz niederster Radialkraft weist die NST 0,5 mm Dichtung immer noch eine deutlich niedrigere Leckagerate auf als die beiden etablierten Produkte, ein zusätzliches „Sicherheitspolster“ beim Einsatz dieser neuen Dichtung.

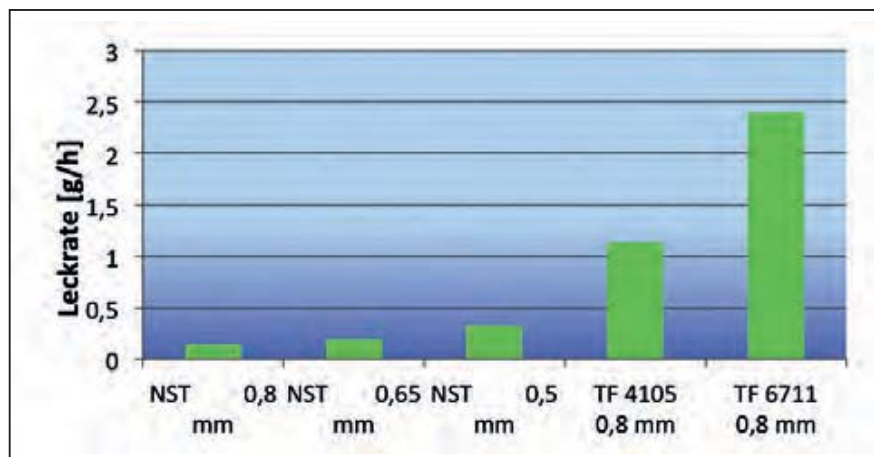
Die Ergebnisse sind beeindruckend

Alle getesteten PTFE-Compound-Proben zeigten nach den 240-h-Ausdauererests nur geringfügige Abnutzungserscheinungen. Der neue Werkstoff hat die Leistung der herkömmlichen Materialien im Test deutlich übertroffen. Er zeigt ein optimiertes Abnutzungsverhalten, einen reduzierten Reibungswiderstand sowie geringere Leckageraten trotz verringerter Stärke der Dichtungsscheiben. Die Testergebnisse zeigen interessante Perspektiven für NST 1111R für den Einsatz

>>6: Im Vergleich zu den Dichtungen aus TF 4105 und TF 6711 weist die NST 1111R-Dichtung mit optimiertem Lippendesign die niedrigsten Reibmomente auf



>>7: Auch nach Designoptimierung zur Radialkraftabsenkung weist die neue NST-Dichtung immer noch deutlich niedrigere Leckageraten auf als dies für die Dichtungen des Standes der Technik der Fall ist



als Radialwellendichtungen insbesondere in der Automobilindustrie aber auch im Maschinenbau auf. Die Vorteile des Werkstoffes im Vergleich zum Referenzwerkstoff, dem PTFE-Compound TF 4105, sind dabei vielfältig:

- Ein 17% geringerer Reibungswiderstand erlaubt eine verbesserte Wirtschaftlichkeit, höhere Langlebigkeit der Komponenten und längere Inspektions- und Wartungsintervalle.
- Die 13% höhere Wärmeleitfähigkeit bietet eine verbesserte Ableitung der Reibwärme aus der Kontaktfläche.
- Die erheblich geringere Leckagerate sowie eine um 98% verringerte Permeationsrate (Heliumpermeationstest) sind vorteilhaft für den Einsatz sowohl in der Automobil als auch in der chemischen Industrie.
- Eine sehr glatte, weniger abrasive Oberfläche durch die homogenen, gleichförmigen keramischen Mikrokugeln verringert sowohl den Verschleiß der bei der Dichtungsfertigung eingesetzten Werkzeuge als auch das Einlaufen der Dichtung in die Oberfläche des Gegenlaufpartners im eigentlichen Einsatz.

- Die günstigen Oberflächeneigenschaften erweisen sich speziell bei der sehr wirtschaftlichen Fertigung mittels Ramextrusion als Vorteil: geringer Wandbelagsaufbau und Werkzeugabnutzung erhöhen signifikant die Standzeit der Extrusionswerkzeuge und tragen so zusätzlich zu einer kostengünstigen Verarbeitung bei.

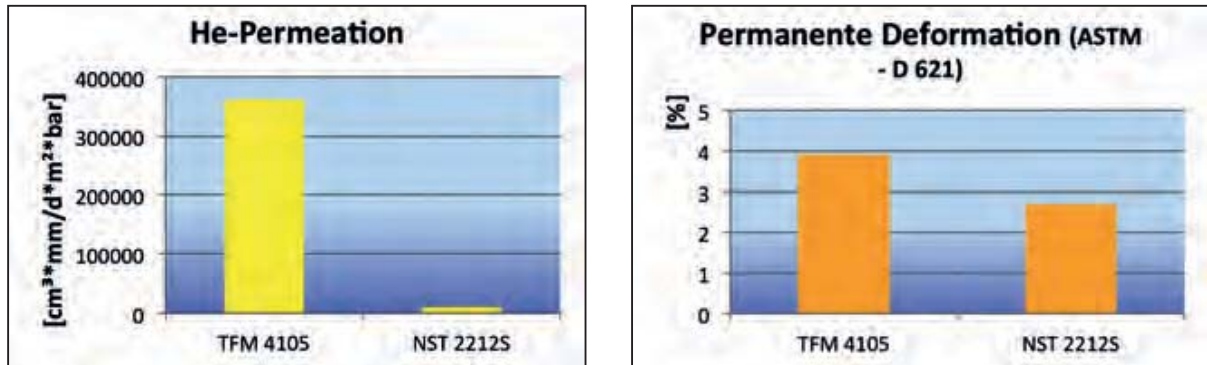
Effiziente Verarbeitung

Die gleichförmigen Mikrokugeln ermöglichen eine deutlich bessere Verarbeitung der Rohlinge basierend auf NST 1111R. Selbst die dünneren Dichtungsscheiben sind leichter abzustechen und führen dadurch zu einer verbesserten Materialausnutzung. Ihre glatteren Oberflächen garantieren ein besseres Anlegen an den Gegenlaufpartner, reduzieren den Materialabtrag in der Einlaufphase und verringern die Rissanfälligkeit der Dichtungslippe, auch bei besonders anspruchsvollen Montagetechniken. Durch die hervorragenden physikalischen Eigenschaften von NST 1111R ist es nicht nur vorteilhaft, sondern auch erforderlich, Lippendichtungen mit dünneren Wandstärken auszuführen. Dadurch wird weniger Rohstoff pro Fertigungseinheit benötigt. Betriebe können so noch effizienter und umweltfreundlicher arbeiten.

Neues Compound für statische Dichtungen in der Erprobung

Insbesondere die verbesserte Diffusionsbeständigkeit des 3M Dyneon Compound NST 2212S, vor allem auch bei dünnen Wandstärken, in Verbindung mit hervorragenden Eigenschaften bei der Deformation unter Last legen auch den Einsatz dieser neuen Dichtungsgeneration für statische Dichtungen nahe. Daher wird im Rahmen einer weiteren Produktneuentwicklung ein PTFE-Compound auf den Markt kommen – diesmal mit mikroskopisch kleinen Glashohlkugeln. Das PTFE-Compound NST 2212S wird speziell für statische Anwendungen in der chemischen Industrie entwickelt. Während die Untersuchung der anwendungstechnischen Eigenschaften von statischen Dichtungen auf Basis NST 2212S derzeit noch andauert, lassen die bereits vorliegenden Materialkennwerte auch hier eine Leistungssteigerung gegenüber dem Stand der Technik erwarten.

In >>8 sind die Helium-Permeation und die Werte des Kaltflusses (permanente Deformation), jeweils im Vergleich zu einem typischen Vertreter von Flachdichtungswerkstoffen, wie dem TFM 4105, dargestellt. Der Fortschritt auf Basis der Materialeigenschaften ist signifikant – bleibt nun abzuwarten ob sich dieser Leistungssprung auch bei den Dichtungskennwerten in diesem Maße wiederfindet.



>>8: Der neue Werkstoff NST 2212S für statische Dichtungen zeichnet sich durch signifikante Verbesserungen in der Werkstoffdichtigkeit, ermittelt als Helium-Permeationswert, und auch in Form eines im Vergleich zu TFM 4105 nochmals reduzierten Kaltflusses auf (Bilder: Dyneon GmbH)

Fazit

Für Konstrukteure ist interessant, dass sich die neu entwickelten PTFE-Compounds an die spezifischen Anforderungen der Dichtungen und Verarbeitungsverfahren anpassen lassen. Darüber hinaus lässt sich mit dem neuen Compound NST 1111R die Dicke von Lippendichtungen deutlich reduzieren. Auch das weitere NST Compound mit Glashohlkugeln für statische Dichtungen, das gerade in der Erprobungsphase ist, zeigt interessante Perspektiven auf. Darüber hinaus erlaubt das neue PTFE-Compound eine wirtschaftlichere Fertigung, da vergleichsweise wenig Rohstoff benötigt wird und sich das Material optimaler verarbeiten lässt.

Jeder Kontakt ein Treffer – Werden Sie Teil des Netzwerkes



Online finden Sie im Bereich Netzwerk Wertvolles für Ihre Entwicklung

 **Lösungspartner finden**

das fachspezifische Anbieterverzeichnis für Konstrukteure, Einkäufer und Qualitätsverantwortliche

 **Karrierenetzwerk**

Stellenangebote und Stellengesuche für Fach- und Führungskräfte aus und für die Branche

 **Wissenswertes**

Datenbanken, Lastenhefte, Aktuelles/Entwicklungen, Preisindex, Marktstudien, Fakten, Veranstaltungen, Institute, Verbände, Forschungseinrichtungen, Fachliteratur u.v.m.

Rufen Sie uns an! Telefon: +49 (0) 621-717 68 88-0

DICHTEN KLEBEN ELASTOMER

WWW.ISGATEC.COM