

Karl-Friedrich Berger,
Sandra Kiefer (Hrsg.)

JAHRBUCH 2021

Dichten. Kleben. Polymer.

ISGATEC®

Wenn Dichtungen anhaften

Funktionelle leitfähige Beschichtung wirkt dauerhaft gegen statische Aufladung von Elastomerdichtungen

BRANCHENÜBERGREIFEND – Elektrisch aufgeladene Elastomerdichtungen können im Einsatz große Probleme verursachen und auch die gängigen Methoden zur Ableitung lösen die Probleme nicht immer. Hier setzt ein neuer Gleitlack an, der auch Reibung und Verschleiß der Dichtung positiv beeinflusst.

Dicht, flexibel, chemisch resistent und widerstandsfähig, das wird von einem guten Dichtungswerkstoff erwartet. Elastomere passen hier bestens ins Bild. Ob als O-Ring oder Formdichtung – sie garantieren hohe technische Dichtheit für nahezu jeden Anwendungsfall. Doch bei allen vorteilhaften Eigenschaften, die Elastomere für die Dichtungstechnik mit sich bringen, tauchen auch zwei Phänomene auf, die den Anwendern das Leben schwer machen. Neben oft hohen Reibwerten tendieren viele Elastomere dazu, sich elektrostatisch aufzuladen. Wer kennt sie nicht, die Begleiterscheinungen elektrostatischer Aufladung. Was Haare zum Fliegen bringt und im Alltag eher als Spaß betrachtet wird, ist in technischen Anwendungen ungern gesehen. Statische Aufladung von Bauteilen kann zu unterschiedlichen, teilweise nur unerfreulichen, aber durchaus auch schädlichen Effekten führen. Bisherige Abhilfemaßnahmen sind oft zu aufwändig oder für Dichtelemente wenig tauglich. Eine neue Beschichtungslösung rüstet nun Dichtungen bei Bedarf leitfähig aus und erleichtert gleichzeitig deren Handhabung.

So entsteht statische Aufladung

Um statische Aufladung und damit die Wirksamkeit einzelner Abhilfemaßnahmen besser zu verstehen, macht es Sinn, die betroffenen Bauteile auf atomarer Ebene zu betrachten. Jedes Objekt, unabhängig von dessen Material, besteht aus einem Verbund von Atomen. Diese enthalten – neben ladungsneutralen Neutronen – positiv geladene Protonen im Atomkern und negativ geladene, frei bewegliche Elektronen in ihrer Hülle. Unter normalen Bedingungen ist die Anzahl von Protonen und Elektronen gleich. Somit gleichen sich die Ladungen dieser einzelnen Teilchen innerhalb eines Atoms aus, wodurch das Atom, und damit das gesamte Bauteil, elektrisch neutral erscheint.



Von Carsten Ebert, QMB – Leiter Qualitätsmanagement
OVE Plasmatec GmbH | www.ove-plasmatec.de



Zum Lösungspartner

Reiben nun zwei Objekte aneinander oder werden sie voneinander getrennt, können sich einzelne Elektronen aus der Hülle lösen und auf Atome im benachbarten Objekt übergehen. Dies passiert in der Praxis z.B., sobald Dichtungen aus ihrer Packung geschüttet oder in Vibrationswendelförderern vereinzelt werden. Die Dichtungen reiben dabei an der Tüte oder am Vibrationstopf. Die Elektronen beginnen also, sich – infolge des Kontaktes von Atom zu Atom – zu bewegen. Einer der Reibpartner wird dabei durch die überschüssigen Elektronen negativ, der andere durch fehlende Elektronen positiv aufgeladen. Bei nichtleitenden Werkstoffen, so z.B. verschiedenen Polymeren, können sich die Elektronen größtenteils nicht frei bewegen. Hier kommt es dann bei Reibung oder Trennung zu einer simplen Verschiebung der zuvor ausgeglichenen Ladungen innerhalb des Bauteiles ohne Elektronenübergang. Das Bauteil wird dabei auf einer Seite positiv und auf der anderen Seite negativ geladen. Ob nun Ladungen nur verschoben werden oder sich teilweise auch Elektronen zwischen den Atomen bewegen, ist bei Elastomeren stark von deren Inhaltsstoffen abhängig und kann entsprechend unterschiedlich ausfallen. Daher laden sich durchaus nicht alle Elastomerwerkstoffe gleichermaßen auf und die entsprechenden negativen Effekte werden nur bei manchen Dichtungen sichtbar.

Mit statischer Aufladung konfrontiert

Bei manchen Werkstoffen bekommen Anwender die negativen Auswirkungen schon früh zu spüren. Bereits nach der Produktion und zwar sobald die Dichtungen in PE-Beutel verpackt werden, kleben die oft kleinen und sehr leichten Dichtungen durch die Aufladung aneinander oder an den Innenseiten der Beutel und wollen sich beim Ausschütten nicht von der Verpackung lösen.

Bringt man sie schlussendlich aus der Packung, ziehen die Dichtungen sofort Staub und andere Verschmutzungen aus der Umgebung an und sind dadurch, ohne zusätzliches Reinigen, für sauberkeitskritische Anwendungen teilweise nicht einsetzbar. Die statisch aufgeladenen Dichtungen lassen sich in Vibrationswendelförderern dann meist nur schwer vereinzeln und durch anhaftende Teile stockt die Zuführung in Montageanlagen. Stillstand und lange Durchlaufzeiten sind die Folge. In seltenen Fällen können sich die Ladungen der Bauteile sogar „aufschaukeln“ und sensible elektronische Bauteile der Peripherie stören oder schädigen.

Standardelastomere sind nicht leitfähig

Ob und wie stark sich Elastomere aufladen, ist vom Aufbau des Werkstoffes und dessen Leitfähigkeit abhängig. So sind Elastomere standardmäßig nicht oder nur geringfügig leit- oder ableitfähig. Ein genauer Blick auf die Ursachen und Abläufe statischer Auf-

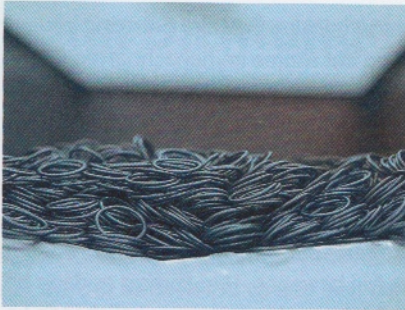


Bild 1: Die leitfähige Beschichtung OVE40SL senkt den Reibwert einer Elastomer-O-Ring-Dichtung gegenüber bisherigen Bestwerten um knapp 18% und den Verschleiß um 25%

(Bild: OVE Plasmatec)

ladung hilft zu verstehen, wie und wodurch sich Materialien aufladen und warum die spürbaren Effekte bei Elastomerdichtungen höchst unterschiedlich ausfallen.

Unabhängig davon, über welchen Wirkmechanismus eine elektrostatische Aufladung bei den verschiedenen Bauteilen entsteht – sie lässt sich unter realen Bedingungen nicht verhindern. Ziel jeglicher Maßnahmen ist es also, die Erzeugung statischer Elektrizität durch rasches Ableiten zu minimieren.

Für Ableitung sorgen

Die Auswahl der geeigneten Ableitmethode für ein Bauteil hängt in erster Linie von dessen eigener, elektrischer Leitfähigkeit ab. Eine Vielzahl an verfügbaren Möglichkeiten verspricht dabei mehr oder weniger Erfolg. So behilft man sich z.B. mit Antistatika, Entladesystemen oder der Erdung von Maschinenelementen. Sie können die Dichtungen während der Montagevorgänge zwar neutralisieren, jedoch ein nachträgliches Aufladen in der Anwendung nicht verhindern. Auch ist es nicht immer notwendig, allumfassende Maßnahmen für gesamte Produktions- oder Montagebereiche zu treffen. Sind nur einige Dichtelemente betroffen, machen zielgerichtete, teilespezifische Lösungen häufig mehr Sinn als die Umrüstung kompletter Fertigungsprozesse.

Bei gut leitenden Materialien (Leitern) haben sich drei wesentliche Methoden durchgesetzt, um statische Aufladung zu beherrschen. Mithilfe elektrostatischer Entladungssysteme, z.B. Ionisatoren, können entstandene Ladungen neutralisiert werden. Sie werden direkt an Montageanlagen oder über Zuführschienen installiert. Solche nachgerüsteten Geräte erzeugen Ionen in der umgebenden Luft oder blasen diese gezielt auf die Oberflächen der betroffenen Komponenten. Auf diese Weise können auch durch Ladung anhaftende Staubpartikel von den Bauteiloberflächen entfernt werden. Fehlt jedoch die ionisierte Luft bei der weiteren Verarbeitung der Bauteile, so können diese sich durch Reibung erneut aufladen. Wird über die Installation von Luftbefeuchtern oder speziellen Klimageräten die Luftfeuchtigkeit auf einem hohen Niveau geregelt, unterstützt das in der Luft enthaltene Wasser ebenfalls eine rasche Ableitung, indem es die Oberflächen der Objekte benetzt und dadurch deren

Leitfähigkeit weiter erhöht. Diese Maßnahme ist jedoch nicht unproblematisch, da sich Mitarbeiter bei hoher Luftfeuchtigkeit oft unwohl fühlen und die Wahrscheinlichkeit von Kondensation, Rost und Schimmelbildung in den Räumlichkeiten steigt. Schlussendlich verspricht noch die Erdung von Anlagenkomponenten eine rasche Abhilfe bei leitfähigen Bauteilen.

Leitfähigkeit vorausgesetzt

Was für Metalle und andere Leiter recht gut funktioniert, findet jedoch bei Nichtleitern, also gerade bei Elastomerdichtungen, schnell seine Grenzen. Sind die Dichtungen aus Standardelastomeren gefertigt, so kann in den Werkstoffen kein Strom fließen. Dementsprechend ist es kaum möglich, statische Aufladungen direkt abzuführen. Um Komponenten aus nichtleitenden Materialien sicher von statischer Aufladung zu befreien, ist es daher notwendig, die Objekte zuerst leitfähig auszustatten. Eine Möglichkeit in der Dichtungstechnik bieten hier spezielle Elastomermischungen. Wo gängige Dichtungswerkstoffe mit Standardrußen gefüllt sind, die in erster Linie mechanische Aufgaben erfüllen und nicht elektrisch leitfähig sind, werden diesen Sonderwerkstoffen Leitfähigkeitsruße oder Silberionen zugesetzt. Diese optimieren die elektrischen Eigenschaften der Werkstoffe, führen jedoch auch zu veränderten mechanischen Merkmalen und erhöhen maßgeblich den Preis der Werkstoffe. Da sich bestehende Elastomermischungen nicht so einfach modifizieren lassen, wie z.B. Thermoplaste, werden solche Spezialwerkstoffe i.d.R. neu entwickelt, um sowohl der Anwendung als auch der geforderten Leitfähigkeit gerecht zu werden. Für Dichtungen, die kostenseitig oft zu den klassischen C-Teilen gehören, lohnt sich die Neuentwicklung eines leitfähigen Elastomerwerkstoffes jedoch i.d.R. nur bei sehr großen Bedarfsmengen. Hinzu kommt, dass elektrostatische Probleme i.d.R. erst dann auftauchen, wenn die gefertigten Dichtungen einer Montage zugeführt werden. Eine Änderung der Werkstoffe ist zu diesem Zeitpunkt häufig kaum mehr möglich.

Als sinnvolle Alternative bietet es sich daher sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus technischer Sicht an, die Dichtungsoberflächen nur bedarfsweise zu modifizieren. Ein neu entwickelter, wasserbasierter Gleitlack optimiert die elektrische Leitfähigkeit der Dichtungen an deren Oberflächen und sorgt darüber hinaus für geringe Reibwerte und leichte Montage. Kommt es also bei einzelnen Dichtelementen zu störenden Effekten durch elektrostatische Aufladung, können diese nachträglich beseitigt werden.

Baukastensystem für Dichtungen zur bedarfsgerechten Ableitung

Die steigende Nachfrage nach einer Beschichtung für Dichtungen (**Bild 1**), die eine leichte Handhabung und Montage ermöglicht und zusätzlich elektrostatische

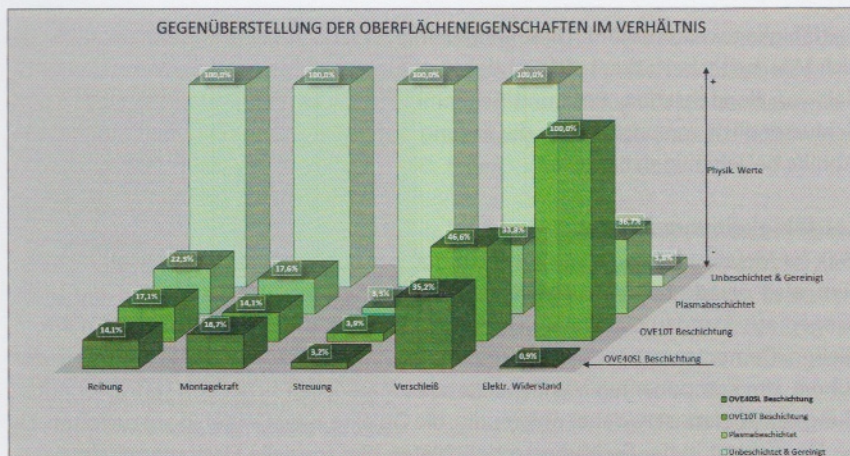


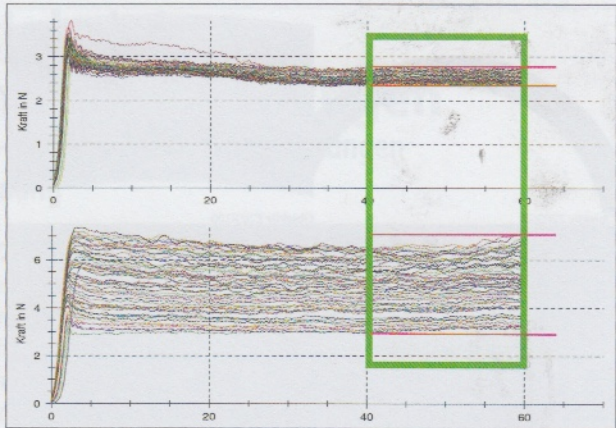
Bild 2: Ergebnisse der externen Prüfungen unter verschiedenen Aspekten (Bild: OVE Plasmatec)

Aufladung verhindert, führte zum Start eines zweijährigen Entwicklungsprojektes. Eine Beschichtung mit möglichst niedrigem elektrischen Widerstand und gleichzeitig geringen Reibwerten zu schaffen, war das gesetzte Ziel der Experten. Diese sollte es ermöglichen, Dichtungen an den Oberflächen elektrisch leitfähig auszustatten und gleichzeitig Reibkräfte zu verringern – ein zusätzlicher Baustein auf dem Weg zu einer idealen Dichtung.

Nach zahlreichen Tests und Entwicklungsstufen entstand die neue Beschichtung OVE40SL (Bild 2), ein wasserbasierter und hitzebeständiger Gleitlack, der mit speziellen Hochleistungsadditiven modifiziert ist. Er wird in Schichtstärken von nur 3 bis 12 µm im Sprühverfahren auf die Dichtungen aufgetragen und bildet nach dem Aushärten eine hochstabile Gitterstruktur. Die enthaltenen Additive bieten eine gute Leitfähigkeit der Bauteiloberflächen und ermöglichen damit die schnelle Abführung elektrostatischer Aufladung. Gleichzeitig reduziert die elastische und dennoch extrem verschleißfeste Beschichtung die Reibwerte der Dichtungen und erleichtert damit auch deren Handhabung. Die beschichteten Dichtungen haften nicht mehr aneinander oder an der Verpackung und lassen sich aufgrund der geringen Fügekräfte einfach und sicher montieren. In der Anwendung unterstützt die fest anhaftende Beschichtung die Lebensdauer und Verschleißfestigkeit der Dichtelemente und schützt dauerhaft vor statischer Aufladung.

Bild 3: Vergleich der Reibwerte von OVE10T (unten) und von OVE40SL (oben): Ein Schlitten mit drei Ringen am Unterboden mit 1 kg Gewicht wurde 50 mal über ein Vlies gezogen. Es zeigen sich deutlich bessere Reibwerte und die geringere Abnutzung des neuen Gleitlacks

(Bild: OVE Plasmatec)



Mit einem durchschnittlichen Widerstand von nur $87,5 \cdot 10^3$ Ohm, gemessen nach DIN EN 62631 an EPDM-O-Ringen der Größe 18 x 2, rangieren die beschichteten Elastomere auf dem Niveau von leitfähigen Spezialwerkstoffen (**Bild 3**). Selbst der gemessene maximale Widerstand bleibt unterhalb von 10^4 Ohm. Zum Vergleich: Standardelastomere können, je nach Füllstoff, einen Widerstand von bis zu 3×1.014 Ohm aufweisen. Höchste Leitfähigkeit in ESD-Schutzbereichen wird Materialien mit Oberflächenwiderständen unterhalb von 10^2 Ohm zugesprochen. Damit kann, rein nach Widerstandswerten beurteilt, eine so beschichtete Dichtung sogar den Standard ESD-C („conductive“) erfüllen. Inwieweit zukünftig Dichtungen mit der neuen Beschichtung wirklich im Ex-Bereich eingesetzt werden können, sollen weiterführende Versuche und Messungen zeigen.

Auch hinsichtlich Reibung und Montagekräften erzielt die Neuentwicklung sehr gute Werte. Die durch die Modifizierung erreichten Reibwerte der neuen Beschichtung unterbieten bisherige Bestwerte von gängigen Gleitlacken um 18%. Um die positiven Effekte dieser geringen Reibwerte zu überprüfen, wurden entsprechende Montageversuche an O-Ringen der Größe 18 x 2 durchgeführt und mit unbeschichteten, gereinigten Originalringen verglichen. Die gemessenen Einpresskräfte der beschichteten Ringe fielen im Durchschnitt knapp 80% geringer aus (**Bild 4**). Darüber hinaus zeigt sich der Gleitlack bei Messungen mit fortdauernder linearer Belastung weitaus verschleißfester als vergleichbare Lacke (**Bild 5**). Die erzielten niedrigen Reibwerte blieben in Tests auch über lange Zeiträume und bei wiederholten Hüben konstant. Bei bisher gängigen Gleitlacken steigen die Reibwerte mit wiederholter Belastung gewöhnlich stetig an – bis hin zur Zerstörung der Schicht.

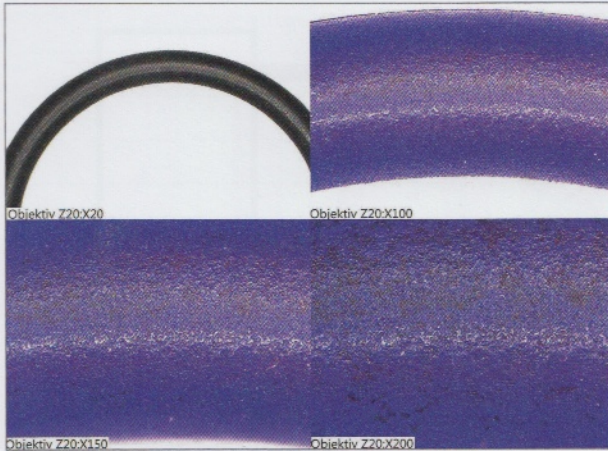


Bild 4: Prüfling mit Beschichtung OVE40SL nach verschärfter Prüfung unter UV-Licht: Es ist nur eine geringe Abnutzung zu erkennen

(Bild: OVE Plasmatec)

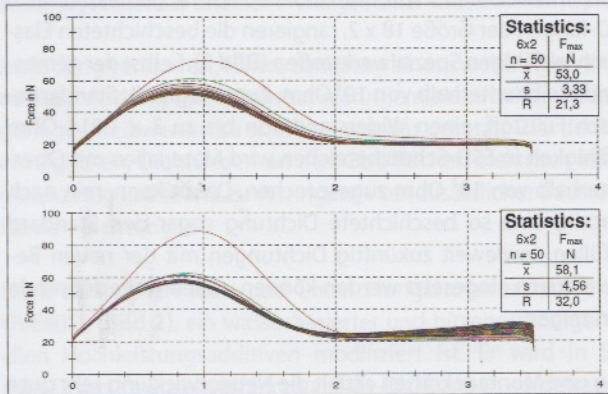


Bild 5: Zwei Ringe wurden 50 mal mit einer Verpressung von 25% mit dem Ziel eingepresst, die Einpresskraft und Abnutzung der Oberfläche zu prüfen. Die oberen Kraftkurven zeigen OVE40SL. Die unteren den OVE10T. Standardabweichung und Spannweite zeigen, dass ersterer stabiler ist und weniger Abnutzung zeigt

(Bild: OVE Plasmatec)

Fazit und Ausblick

Anwender können von den Vorteilen der neuen Beschichtung in vielerlei Hinsicht profitieren. So darf die Auswahl der Dichtungswerkstoffe auch weiterhin mit Blick auf die Medien und Einsatzbedingungen der Anwendung oder mit Blick auf wirtschaftliche Aspekte erfolgen. Eine Investition in Spezialwerkstoffe rückt in den Hintergrund. Den Herausforderungen, die sich durch elektrostatische Aufladung ergeben, kann mit dem Gleitlack nachträglich und nachhaltig begegnet werden – und das unabhängig von der Losgröße. Es lassen sich sowohl große Chargen als auch kleinere Serien ab Losgröße 1 wirtschaftlich beschichten. Als Nächstes steht die Entwicklung einer vergleichbaren, leitfähigen und FDA-konformen Beschichtung für den Lebensmittel- und Pharmabereich an.