

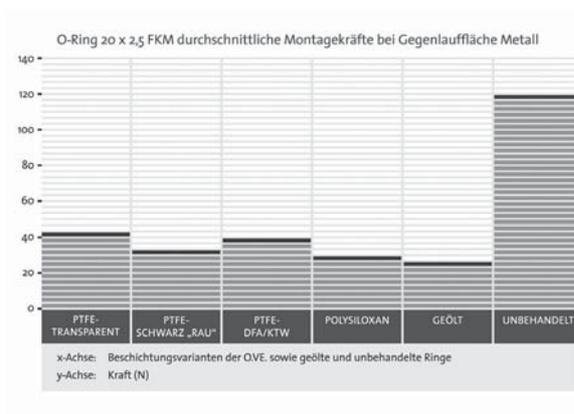
Dipl.-Kfm. (FH) Heiko Friedrich

## Oberflächenmodifikation von elastomeren Bauteilen senkt Kosten

**ALLE BRANCHEN** – Dichtungen sind eine weit differenzierte Klasse wichtiger Konstruktionselemente für nahezu jedes Produkt. Die Palette reicht vom Auto über Küchenmaschinen, Flugzeuge, Kraftwerke, verfahrenstechnische Anlagen und selbst die Möbelindustrie ist auf den Geschmack gekommen. Eine Dichtung hat originär die Aufgabe, zwei funktionsmäßig verschiedene Räume so zu trennen, dass kein – oder nur ein zulässiger – Stoffaustausch zwischen ihnen stattfinden kann. Elastomere sind mit ihrem Eigenschaftenprofil ein idealer Werkstoff für Dichtungen. Leider ist aber auch in diesem Eigenschaften-Portfolio eine hohe Reibung enthalten, die nicht nur bei Montage und Funktion zu Schwierigkeiten führen kann. Oberflächenmodifikationen können hier Abhilfe schaffen.

Viele Anwender haben mit folgenden Problemstellungen zu kämpfen:

- Verklebte und zusammenhaftende Teile erschweren die Montage bzw. führen zu Unterbrechungen während des automatischen Montageprozesses
- Hohe Reibung >>1 erschwert bzw. verhindert die automatische Zuführung

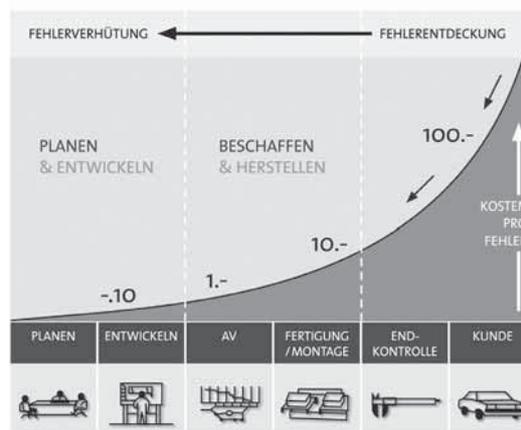


>>1: Beispiel für Reibwerte mit unterschiedlichen Beschichtungen

- Verschmutzungsprobleme bei Anlieferung der „frisch“ produzierten Teile durch Öl-, Trennmittel, Silikonrückstände
- Fehlende farbige Kennzeichnung von Dichtelementen und somit ein erhöhtes Verwechslungsrisiko
- Nicht nur bei dynamischen Anwendungen führen hohe Reibwerte zu einem vorzeitigen Verschleiß und somit zu einer Verringerung der Standzeiten
- Knarz- und Quietschgeräusche
- Hohe Losbrechkräfte
- Verkürzte Lebensdauer
- Verflüchtigung von Schmierstoffen während der Lebenszeit. Das Elastomer nimmt einen Teil des Schmierstoffes in sich auf und gibt den Rest in die Umgebung ab.

Um diese akuten Probleme zu beseitigen ist ein finanzieller Mehraufwand oftmals nicht zu vermeiden. Zusätzliche Aufwendungen für Band- oder Maschinenstillstände, Eilfertigungen und -lieferungen, Sortierkosten, eventuell sogar Neukonstruktionen bestimmter Bauteile sind nicht alleine zeitliche Verzögerungen, sondern erzeugen Kosten, welche im Planungs- und Konstruktionsprozess nicht vorhergesehen waren.

Eine wissenschaftliche Definition dieses Dilemmas – die „Rule Of Ten“ >>2 belegt, dass die Kosten für die Fehlerbehebung von der Produktidee bis zur Marktreife exponentiell ansteigen. Diese Verzehnfachungsregel sagt hierbei



>>2: Rule Of Ten



&gt;&gt;3: Beschichtungsanlage



&gt;&gt;4: Niederdruckplasmaanlage

aus, dass als Faustformel eine Verzehnfachung der Fehlerkosten in jeder weiteren Stufe angenommen werden kann. Daraus ergibt sich, dass es kostengünstiger ist, potenzielle Fehler zu vermeiden, als entstandene Fehler zu beseitigen. Lieferanten sollten deshalb bereits in die Produktentwicklung mit einbezogen werden. Dies bedeutet, Nutzung von Know-how dort, wo es am besten verfügbar ist, also Einbeziehung von Lieferanten nicht nur als Zulieferer auf Abruf oder verlängerte Werkbank, sondern durch strategische Zusammenarbeit für eine langfristige Bindung und Partnerschaft, nicht fallweises Austauschen von Lieferanten.

### Lösungsansätze

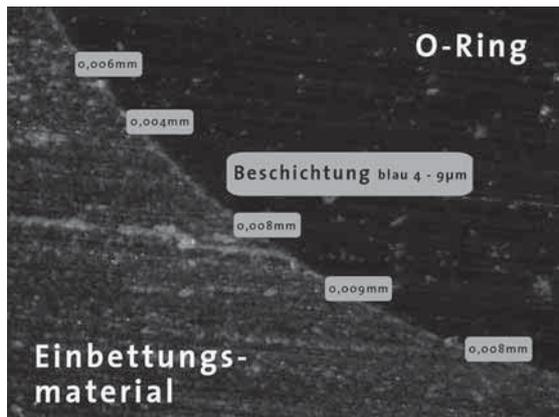
Zur Lösung werden häufig Schmierstoffe auf die Dichtelemente, Umbauteile oder Montageanlagen aufgetragen. Dadurch wird zwar die Reibung erheblich reduziert, es ergeben sich jedoch andere Nachteile. Die Dichtelemente verkleben und führen zu weiteren Störungen der Montageeinrichtung. Mitarbeiter, Anlagen, Bauteile und Umgebung werden verschmutzt. Alternativ werden Schmierstoffe in die Elastomermischung integriert. Dadurch wird aber das Eigenschaftsprofil nachteilig beeinflusst und die Kosten für die Spezialmischungen sind relativ hoch.

Die noch junge Technik zur reibungsreduzierenden Beschichtung von Dichtelementen bietet hier eine preiswerte Lösung >>3/4. Beschichtete Teile haben eine reduzierte Reibung, sie verkleben nicht und sind daher dauerhaft vereinzelt. Die Beschichtung ist griffest aufgetragen, Mitarbeiter, Anlagen, Bauteile und Umgebung bleiben sauber. Bei Montageanlagen werden die Standzeiten durch verklebte Dichtelemente oder in der Anlage verklemmte Teile drastisch verringert. Die Streuung der Reibung wird reduziert, dadurch

können Prozesse mit Kraftsteuerung oder -überwachung zuverlässiger gefahren werden. Bei manueller Montage ergeben sich durch reduzierte Steckkräfte Vorteile durch geringere Beanspruchung der Mitarbeiter. Bei schwer erreichbaren Montagstellungen, wie z.B. Karosseriehohlräumen, ist die Montage von Steckkupplungen erst durch eine Beschichtung möglich geworden. Auch die Funktion von Dichtelementen kann durch die Beschichtung verbessert oder sichergestellt werden. In selten betätigten Ventilen oder Sicherheitseinrichtungen besteht die Gefahr, dass Dichtungen mit der Gehäusefläche verkleben. Durch eine Gleitbeschichtung kann dies ausgeschlossen werden. Abgedichtete Taster und Schalter neigen zum Hängen bleiben. Eine zuverlässige Lösung bieten hier beschichtete Dichtelemente. Eine unangenehme Folgeerscheinung der Elastomerreibung sind Quietsch-, Pfeif- oder Knarrgeräusche. Bei der hohen Komfortorientierung der Endanwender führen Geräusche umgehend zu Reklamationen. Die Änderung der Reibbeiwerte durch die Beschichtung ändert den Frequenzbereich der störenden Schwingungen oder eliminiert die Stick-Slip Neigung vollständig.

Nullfehlerziele und geringe Prozesstoleranzen sind mit unbehandelten Elastomerdichtungen kaum zu erreichen, die Schwankungen von Batch zu Batch sind mitunter erheblich. Die Schwankungsbreite für die Oberflächenreibung kann durch eine Beschichtung mit reibungsreduzierendem Lack deutlich eingegrenzt werden. Die Idee der farblichen Unterscheidung von Dichtelementen ist bisher an veränderten Elastomereigenschaften und hohen Kosten für geringe Batchgrößen gescheitert. Eine farbige Beschichtung lässt die Eigenschaften des Dichtelementes nahezu unverändert. Die Erkennbarkeit durch Mitarbeiter oder optische Sensoren kann deutlich verbessert werden und die Risiken durch Verwechslung von unterschiedlichem Material oder ähnlichen Größen werden durch farbliche Unterscheidungsmöglichkeiten reduziert. Je nach Anforderung an das Dichtelement stehen verschiedene Systeme zur Verfügung.

Zur Montageerleichterung werden einkomponentige Dispersionen von PTFE-Feststoff, organischem Binder und Wasser aufgetragen. Nach dem Trocknen entsteht eine griffeste Schicht. Die Teile sind dauerhaft vereinzelt, gleiten gut durch die Zuführung und erleichtern die Montage durch reduzierte Steckkräfte. Diese Beschichtung ist leicht milchig-transparent. Eine Besonderheit in dieser Produktgruppe ist PTFE-FDA+KTW. Dieses Produkt wurde für die spezifischen Bedürfnisse der Lebensmittelindustrie entwickelt und



>>5: Beispiel für eine Schichtdickenmessung  
(Fotos: OVE Plasmatec GmbH)

entspricht den Bestimmungen des deutschen Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG, §5 Absatz 1, §31 Absatz 1). Die verwendeten Rohstoffe sind konform zu den Anforderungen der Food and Drug Administration (FDA). Die Schicht ist leicht grau-transparent und enthält keinen UV-Indikator. Für bedingte dynamische Anwendungen wird PTFE-transparent, eine zweikomponentige Dispersion von PTFE-Feststoff, organischem Binder und Wasser empfohlen. Vor der Verarbeitung wird ein Härter zugesetzt. Die Schicht ist transparent, verschleißfest und gut beständig gegen eine Vielzahl von Chemikalien. Die Beschichtung ist besonders bei Kunststoffgegenläufigen Flächen geeignet. Eine geschmeidige Oberfläche bei guten Montageeigenschaften wie auch eine Eignung für leichte dynamische Anwendungen bietet die Beschichtung mit Polysiloxan. Für dynamische Anwendungen mit Gegenläufigen Flächen aus Metall eignet sich die Beschichtung mit PTFE-schwarz. Durch die Beimischung von Karbon-Partikeln wird eine strukturierte Oberfläche erzeugt, welche die Reib- und Verschleißigenschaften günstig beeinflusst. Die reibungsreduzierende Beschichtung ist somit ein vollwertiges Maschinenelement, das dem Konstrukteur oft den Einsatz einfacher Dichtelemente (und damit einfache und preiswerte Problemlösungen) erlaubt. Es ist bedauerlich, dass die Anwendungen häufig erst als Korrekturmaßnahmen in Problemsituationen eingeführt werden. Leider gibt es kein prozessbegleitend einsetzbares Messverfahren für die Schichtdicke auf Elastomeren. Lichtmikroskope sind bei wenigen  $\mu$  eindeutig an ihren Grenzen angekommen.

Die bei beschichteten Metallteilen angewendeten Verfahren zeigen bei Elastomergrundkörpern keine akzeptablen Ergebnisse. Lediglich Schnitte, an Elektronenmikroskopen vermessen, liefern verwertbare Ergebnisse. Will oder kann ein Kunde nicht auf eine Schichtdickenmessung >>5 verzichten, so ist man in der Lage, Abhilfe zu verschaffen.

Um das Prozessergebnis überprüfen zu können, wird den meisten Beschichtungen ein UV-Indikator beigemischt, der unter UV-Licht eindeutig zeigt ob, ein Teil deckend beschichtet wurde. Die Schichtdicke zeigt dabei keine Korrelation zur Reibungsreduzierung. Dünne Schichten beeinflussen jedoch weder die Geometrie, noch die physikalischen Eigenschaften der Elastomerteile. Lediglich die nach IRHD gemessene Härte kann geringfügig zunehmen. Das vereinfacht die Entscheidung zur „Nachrüstung“ einer Baugruppe mit einer Beschichtung, da dadurch keine Änderungen an den Umbauteilen erforderlich sind.

### Fazit

Alle Vorteile der Oberflächenbeschichtung zusammengefasst bedeuten eine mittel- und langfristige Einsparung von Zusatzkosten. Für den Konstrukteur bieten sich so neue Möglichkeiten, da die Steckkräfte und Drehmomente von abzudichtenden Verbindungsstellen erheblich reduziert werden können. Zudem lassen sich Stick-Slip vermeiden und der Verschleiß reduzieren. Selten betätigte Ventile oder Schalter kleben nicht und eine Lagsfreiheit ist möglich. Einkäufer sollten bedenken, dass leicht höhere Beschaffungskosten Einsparungen durch eine reibungslose Montage und Reduzierung von potenziellen Funktionsmängeln entgegenstehen. Zudem kann die erhöhte Leistungsfähigkeit und erweiterte Funktionalität Einsparpotenziale mit sich bringen. Für Qualitätsmanager bietet die Oberflächenbeschichtung eine Steigerung der Zuverlässigkeit durch reduzierte „Langzeit“-Klebeigung. Für beschichtete Dichtungen liegen Freigaben der Automobil- und Lebensmittelindustrie, FDA konform, KTW D1/D2, W270, UL94 vor. Sie sind zudem konform zu EU-Richtlinien (EU-Richtlinie 2000/53/EG Altautoverordnung, EU-Richtlinie 2002/95/EG RoHS, EU-Richtlinie 2002/96/EG WEEE, EU-Richtlinie 2003/11/EG Flammschutzmittel).