

Dichten → Dichtungsstandzeiten verlängern S. 10

Kleben → Rote Linie für die „grünen Linien“ S. 30

Polymer → Mit individuellen Materiallösungen Produktvorteile realisieren S. 36

# DICHT!

[www.isgatec.com](http://www.isgatec.com)

Dichten. Kleben. Polymer. verstehen

1.2021

Dichten

**Die optimale Maschinenteknik**

**ist nur ein Aspekt der**

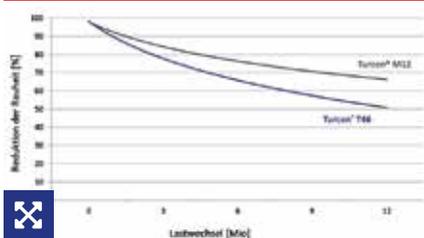
**Dichtungsfertigung** S. 14



# Dichtungsstandzeiten verlängern

Ansätze, Konzepte und Beispiele aus verschiedenen Branchen

**BRANCHENÜBERGREIFEND STATISCHE DICHTUNGEN, FORMTEILE, DYNAMISCHE DICHTSYSTEME, ROHSTOFFE** – Lange Dichtungsstandzeiten waren und bleiben eine zentrale Anforderung. Die Statements der Experten zu diesem Thema, zeigen die vielen Optionen, die im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtungsweise zum Ziel führen.



Veränderung der Oberflächentopografie am Beispiel RZ (Bild: Trelleborg Sealing Solutions)

Die Verlängerung von Dichtungsstandzeiten ist ein breites Themenfeld, das sich am besten anhand eines Anwendungsbeispiels zeigen lässt. Erneuerbare Energien sind hoch im Kurs. Die benötigten Technologien haben einen wachsenden Bedarf an Standzeitverlängerung. So nimmt z.B. die Windenergie mit 23,5% Anteil an der Stromproduktion an Bedeutung zu und die Verfügbarkeit der Anlagen muss planbar gesichert sein. Die Leistungen von Offshore-Anlagen liegen i.d.R. bei über 10 MW. Der Trend zu noch größeren Anlagen (14 bis 15 MW) ist bereits erkennbar. Wartung spielt bei Offshore-Windkraftanlagen eine sehr große Rolle, da die Anlagengröße die Rentabilität direkt beeinflusst. Bei Rotorblattlängen von über 80 m mit kontinuierlicher Blattverstellung steigt auch die Bedeutung des hydraulischen Aktuators. Ohne diese Blattverstellung kann die Windkraftanlage den gewünschten Wirkungsgrad nicht erreichen. Für die Blattverstellung werden jeweils ein oder zwei Zylinder eingesetzt, die mit der Nabe um die Drehachse rotieren. Stangendichtungen und Kolbendichtungen werden sehr anspruchsvoll belastet. Neben dem Aktuator werden auch hydraulische Kolbenspeicher hoch beansprucht, die mit einer medientrennenden Dichtung oder einem Dichtsystem bestückt sind. Um den steigenden Anfor-

derungen gerecht zu werden, führt Trelleborg Sealing Solutions permanente Versuchsreihen durch, um daraus einen Trend für die Lebensdauer ableiten zu können. Solche Versuchsergebnisse werden dann mit Felderfahrungen abgeglichen, um die Aussagequalität zu verbessern. Ziel ist es, den Verlauf von Verschleißfaktoren zu bestimmen, wie etwa die Veränderung der Oberflächentopografie über 7.000 km oder Geometrieerhalt der Dichtung nach 550 km Kontaktstrecke.

**„Ganz gleich, in welchen Applikationen Dichtungen eingesetzt werden, verlängerte Standzeiten werden über Entwicklungs-Know-how und Versuchsreihen erreicht.“** – Holger Jordan, Director Global Technical Management, Trelleborg Sealing Solutions



Mit der Werkstoffauswahl und einem an die Belastungen angepassten Dichtungsdesign kann die Stabilität des Tribologie-Systems wesentlich beeinflusst werden. Wir verfolgen den Ansatz, die Robustheit gegen Verschleiß zu verbessern, indem das Druckmedium zur Unterstützung herangezogen wird. Schmierfilmunterstützte Dichtkontaktzonen erlauben eine deutliche Steigerung der erreichbaren Standzeiten.



SDP500 - Dynamische Dichtungslösung für Rührwerke, die die Standzeit von Wochen auf über ein Jahr verlängert (Bild: STASSKOL)

Als Hersteller von hochwertigen oszillierenden und rotierenden dynamischen Dichtungen für verschiedenste Industriezweige, wie Petro- und chemische Industrie bis hin zur

pharmazeutischen und Lebensmittel-Industrie, sind für uns von jeher stetig steigende Anforderungen an Druck, Temperatur und Maschinengeschwindigkeit die Entwicklungstreiber, die der Lebensdauer der Dichtung entgegenwirken. Aktuell liegt z.B. ein Fokus auf Wasserstoffanwendungen, die aufgrund der Drucklage komplett neue Lösungsansätze erfordern. Dazu steigt der Bedarf an trockenlaufenden Dichtungen, gleichzeitig oft in Kombination mit aggressiven oder partikelbeladenen abrasiven Medien. Die Kunden wünschen sich hierfür langlebige, aber gleichzeitig kostengünstige Dichtungslösungen.

**„Um Dichtungsstandzeiten nachhaltig zu verlängern, müssen Produkt- und Materialentwicklung heute Hand in Hand arbeiten.“**

– Dennis Kranert, Area Sales Manager, STASSKOL GmbH



Um auf die ständig steigenden Anforderungen agil reagieren und Lösungen anbieten zu können, haben wir unser Expertenteam sowohl für den Bereich der Produktentwicklung als auch für die Entwicklung neuer Dichtungswerkstoffe in den letzten Jahren kontinuierlich vergrößert. Material- und Produktentwicklung gehen dabei Hand in Hand. Das wird deutlich am Beispiel der Rührwerksdichtung SDP500. Ein Betreiber von Pulvermischern mit stehender Antriebsachse klagte über die kurzen Wartungsintervalle seiner Maschinen im Abstand von etwa vier bis fünf Wochen. Zudem bemängelte er die Dichtwirkung der ursprünglich eingesetzten Dichtlösung, welche den Eintritt des Pulvers in den Wellenantrieb nicht verhinderte. Wir entwickelten in kürzester Zeit eine gasgesperrte axiale Abdichtung für das Rührwerk und gleichzeitig eine neue Werkstoffpaarung für die Gleitpartner, um den spezifischen Prozessparametern gerecht zu werden. Ein Jahr nach Inbetriebnahme der SDP500 wurden bei der turnusmäßigen Wartung der Maschine weder nennenswerter Verschleiß an der Dichtung noch Pulverrückstände im Rührwerksantrieb festgestellt.



Wellringdichtung mit Druck und Stützing mit extrem niedriger Leckrate und Druck- und Stützing für z.B. Abgasflansche, Schraubenbolzen mit Muttern, Oberfläche Zinklamelle mit Trockenschmierung (Bild: Lannwehr + Thomsen GmbH & Co. KG)

Um Dichtungsstandzeiten zu optimieren, gibt es verschiedene Ansätze. Zunächst sind dabei die sichere Erreichung von Prüffristen überwachungspflichtiger Anlagen sowie die sichere Dichtheit auf Lebenszeit die grundlegenden Anforderungen. Werden sie nicht erfüllt, ergeben sich immer wieder Probleme, die beim Hersteller zu unnötigen Reklamationen und unnötigen, kostenaufwändigen Montagen und beim Anlagenbetreiber zu Leckagen, Unfällen oder Anlagenausfällen führen. Neben den unnötigen Emissionen führen hier z.B. ungeeignete Dichtungswerkstoffe zu erheblichen Kosten durch unnötige Überwachung, Reparatur- und Wartungsmaßnahmen. Dieses sind aber immer mehr Hersteller und Betreiber nicht mehr bereit, hinzunehmen.

*„Dichtungsstandzeiten sind immer im Kontext des jeweils geltenden Standes der Technik bzw. der Besten Verfügbaren Technik zu betrachten. Das ist manchmal etwas komplexer, lohnt sich aber.“*



– Peter Thomsen,  
Lannwehr + Thomsen  
GmbH & Co. KG

Der Hintergrund der Anforderungen hat sich prinzipiell nicht geändert. Die Anforderungen aus europäischen Direktiven (Leitlinien) und der aus ihnen resultierenden nationalen Gesetzgebung sind, z.T. seit Jahrzehnten bekannt. Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG), Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG), Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) und Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) bestimmen die grundsätzlichen Anforderungen an den einzuhaltenden Stand der Technik. Nichteinhaltung wird mit hohen Bußgeldern von bis zu 100.000 € oder vorsätzliche Nichteinhaltung sogar mit Geld- oder Haftstrafen bis zu einem Jahr geahndet.

Die Lösung der genannten Probleme ist einfach, wenn grundsätzlich nur Dichtungswerkstoffe verwendet werden, die keine Veränderung ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften (Kriechrelaxation) während der Nutzungsdauer aufweisen. Sie sind alterungsbeständig, sicher bei externem Brand und umweltgerecht zu entsorgen. Danach sind Werkstoffe anwendungsbezogen zu bewerten. So machen, z.B. bei Verwendung und Entsorgung nach KrWG, Werkstoffe wie PTFE, Probleme. Grundsätzlich ist die Verbesserung von Standzeiten immer projektbezogen im Kontext zum Stand der Technik zu betrachten. Ein Beispiel ist ein Projekt bei einem Hersteller für Kesselanlagenkomponenten. Es wurden die Dichtungen aus Faserstoffen und PTFE durch Metallweichstoffdichtungen aus Stahl und Graphit – hier Wellringdichtungen – ersetzt. Neben Standardisierung und sicherer Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben, wurden die Dichtungsstandzeiten durch um eine 100% verbesserte Montage gesteigert, wobei die Kosten durch optimierte Montage auf unter 60% gesenkt werden konnten.



Die neue 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 GmbH)

Die Forderung nach längeren Standzeiten von Dichtungen ist so alt wie die Dichtungstechnik selbst, rührt sie doch am grundsätzlichen Zielkonflikt: Hohe Dichtleistung bei zugleich niedrigen Reibwerten und hohen Standzeiten. Treiber der Forderung kommen neuerdings auch aus der Elektromobilität mit ihren völlig neuen statischen und dynamischen Anwendungen, für die es bisher keine Erfahrungswerte gibt. Beispiele hierfür sind E-Ladestationen mit ihren Steckern und Kabeldurchführungen. Bei Steckern, die tausende Steckzyklen aushalten sollen, machen den Dichtungen zusätzlich die Witterungseinflüsse Hitze, Kälte und Feuchtigkeit zu schaffen. Im Maschinen- und Anlagenbau verlangt die steigende Fertigungspräzision mit immer engeren Toleranzen bei dynamischen Baugruppen nach längerer Lebensdauer von Dichtungen.

**INFOTECH**  
automation

## EXCEEDING YOUR EXPECTATIONS



- /// Automationslösungen für die Bereiche Bestücken, Dosieren, Fügen und Handhaben
- /// 2D / 3D Kleinstmengen-dosieren mit mehreren Medien parallel
- /// Vom kompakten Desktopgerät bis zum inlinefähigen Vollautomaten
- /// Flexibel kombinierbare Dosierkomponenten auf mehreren Achsen
- /// Präzise Positionierung mit integrierter Bildverarbeitung

 [www.infotech.swiss](http://www.infotech.swiss)

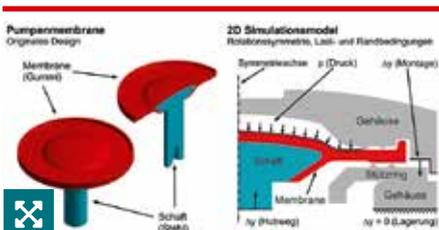
 DICHT!digital: Präzision in Bewegung – Sample Videos

 DICHT!digital: **Zum Lösungspartner**

**„Treiber der Forderung nach längeren Standzeiten von Dichtungen kommen neuerdings auch aus der Elektromobilität mit ihren völlig neuen statischen und dynamischen Anwendungen, für die es keine Erfahrungswerte gibt.“** – Matthias Georg, Leiter Vertrieb, OVE Plasmatec GmbH



Für solche Anforderungen haben wir die neue leitfähige Beschichtung OVE40SL entwickelt. Der Lack reduziert auf Elastomeren signifikant den Reibwert, erhöht zugleich die Verschleißfestigkeit und verspricht überall Bestwerte. Zudem hält die reibungsreduzierende Wirkung bei dynamischen Anwendungen länger an. Bei E-Ladesäulen zeigen Tests von Prototypen mit unserer Beschichtung sehr vielversprechende Werte, weshalb wir einen baldigen Serienstart sehen. Bei einer hochdynamischen Serienanwendung in der Luftfahrt zeigen Dichtungen mit OVE40SL-Beschichtung bei Propellermotoren beste Wirkung. Die Verstellung der Rotorblätter gelingt auch nach längerem Stand „reibunglos“ und ohne Stick-Slip-Effekt. Das bringt Benzin- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen.



Beispiel für eine optimierte Pumpenmembran (Bild: Dätwyler Schweiz AG)

Die Lebensmittel- & Pharma-Industrie minimiert mit längeren Dichtungsstandzeiten den Wartungsaufwand, die Öl- & Gas-Industrie vermeidet den teuren Austausch unter Tage – doch besonders spannend sind Mobility-Anwendungen. Innovative Antriebstechnik erfordert Dichtungen, die mit veränderten Betriebsmedien und höheren Drehzahlen der E-Motoren klarkommen, die die Verlustwärme elektronischer Bauteile abführen und die mit stoß- und schwingungsdämpfenden Eigenschaften empfindliche Sensor- und Batteriekomponenten schützen. Weitere Herausforderungen ergeben sich durch neue Abgasnachbehandlungs- und H<sub>2</sub>O-Injektionsverfahren, synthetische Kraftstoffe und Wasserstofftechnologien: Wird etwa H<sub>2</sub> in Verbrennungsmotoren oder in Brennstoff-

zellen eingesetzt, sind exzellente Kälteflexibilität und Sicherheit gegen explosive Dekompression ein Muss, um Funktionalität zu gewährleisten und Leckagen über die Systemlebensdauer zu vermeiden.

**„Um die Standzeiten von Dichtungen zu verlängern, gibt es viele Ansätze, Simulationen von Design und Werkstoff spielen dabei eine immer größere Rolle.“**



– Rudolf Randler, Head of Simulation, Dätwyler Schweiz AG

Anwender und Dichtungszulieferer müssen früh kooperieren, um Dichtelemente zu optimieren. Struktursimulationen auf Basis präziser Modelle beschleunigen die Entwicklung und erlauben die optimale Anpassung von Design und Werkstoff, um Standzeiten unter spezifischen Belastungen zu maximieren. Dank hochautomatisierter Fertigungsprozesse unter Einhaltung höchster Sauberkeitsstandards, wie in unserer „Lean & Clean“-Produktion, werden strengste Qualitätsanforderungen erfüllt. Digitale Technologien ermöglichen intelligente Dichtungen, z.B. mit integrierter Sensorik zur Fehlererkennung oder vorausschauenden Wartung. Der holistische Ansatz zeigt Erfolg: So konnten wir etwa bei einer Pumpenmembran, dank Optimierung von Design und Werkstoff und trotz höherer Druckbelastung, eine deutlich bessere Leistung und längere Standzeiten erzielen.



Optimiertes Gummi-/Metallteil (Bild: Berger S2B GmbH)

In den letzten Jahren stiegen alle Anforderungen an Dichtungen – auch die nach verlängerten Standzeiten. Und diese Entwicklung geht weiter. Auffallend ist, dass dies nicht an bestimmten Branchen oder Anforderungen festgemacht werden kann. Ursächlich ist unseres Erachtens das generelle Streben nach kontinuierlicher Verbesserung. Aus welchem Grund soll ein Anlagenbetreiber mit einer bestehenden Laufzeit seiner Anlage zufrieden sein? Materialentwicklungen, aber auch bessere Erkenntnisse über

Einflussfaktoren, geben immer wieder Spielraum für höhere Leistungen und damit für eine längere Haltbarkeit.

**„Die ganzheitliche Analyse aller Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren ist die Basis für längere Dichtungsstandzeiten – technische Hilfsmittel wie Simulationen setzen darauf auf.“**



– Simon Treiber, Geschäftsführer, Berger S2B GmbH

Auch bei Trendthemen, wie dem Thermomanagement oder dem der Brennstoffzellenantriebe, werden höchste Forderungen gestellt. Hier begibt sich die Entwicklung oftmals auf Entdeckungsreise, denn es fehlen zumeist die Kenntnisse über die Interaktionen im System. Dies macht auch die Simulation und Berechnung sehr schwierig. Folglich sind umfangreiche Versuche mit diversen Lösungsansätzen unabdingbar. Grundlage unseres Vorgehens ist eine gründliche Analyse der Ist-Situation und der Einflussparameter. In den nächsten Schritten hinterfragen wir die Werkstoffwahl und überlegen uns die dafür geeigneten Fertigungsverfahren. Zumeist können wir so die wirtschaftlich und technisch beste Lösung erarbeiten. Ein Beispiel ist ein Gummi-Metalteil in Verbindung mit einem nicht definierten Elastomer, das im Rennsport eingesetzt wurde. Diese Kombination hatte aber viel zu geringe Standzeiten und war insofern nicht geeignet. Das Ergebnis unserer Analyse, war eine neue Mischung aus NK/SBR, die unter Berücksichtigung von diversen Faktoren wie, z.B. Zugfestigkeit, Abrieb, Dehnungskoeffizient, getestet wurde, jetzt zum Einsatz kommt und die geforderten Standzeiten erbringt.



Kolben- und Stangendichtungen aus modifiziertem PTFE mit einer speziellen Füllstoffzusammensetzung für Hydraulikzylinder in Windkraftanlagen, für die eine lange Lebensdauer angestrebt wird. (Bild: Parker Hannifin GmbH)

In puncto Standzeiten legen vor allem Branchen mit extremen Anwendungsbedingungen, wie hohen Drücken, extremen Tempe-

aturen, aggressiven Medien, die Latte immer höher. Auch der für den Dichtungswechsel erforderliche Aufwand, z.B. bei Windkraftanlagen, ist ein wichtiges Thema, ebenso wie die möglicherweise dramatischen Folgen von Schäden, z.B. in der Öl- und Gasindustrie, die deshalb besonders hohe Anforderungen an Dichtungen und Materialien stellt. Die Effizienz von Maschinen lässt sich besonders gut durch die Reduzierung von zu bewegendenden Massen, z.B. durch die Substitution von Stahl durch Kunststoff, steigern. Wenn Dichtflächen aus weicheren und dünneren Materialien bestehen, dünnere Wandstärken kleinere Dichtungsquerschnitte erfordern oder die Leistungsdichte generell zunimmt, entstehen höhere thermische und mechanische Belastungen für die Dichtungen. Die veränderten Kräfteverhältnisse oder eine schlechtere Wärmeableitung müssen bei der Auslegung der Dichtung berücksichtigt werden.

**„Bei effizienzgetriebenen Anlagenveränderungen ist es unabdingbar, auch die Dichtsysteme anzupassen, damit die geforderten Standzeiten erreicht werden können.“**

– Christoph Meissner,  
Senior Application Engineer,  
Parker Hannifin GmbH,  
Prädifa Technology Division



Um mit den beschriebenen Entwicklungen Schritt zu halten, ist zum einen die Nähe zum Kunden wichtig, wobei unsere globale Präsenz hier hilfreich ist. Zum anderen hilft uns modernste Simulationstechnik bei der Entwicklung und Validierung entsprechend robuster Materialien und ermöglicht Lebensdauer vorhersagen. Und schließlich können wir Entwicklungen auch praxisnah im eigenen Prüflabor auf Herz und Nieren prüfen, modifizieren und validieren.

Ein interessantes Beispiel einer von uns realisierten Lösung mit anspruchsvollem Anforderungsprofil und hoher Lebensdauererwartung sind Kolben- und Stangendichtungen aus modifiziertem PTFE mit einer speziellen Füllstoffzusammensetzung für Hydraulikzylinder in Windkraftanlagen, die für die richtige Stellung der Rotorblätter im Winkel zum Wind sorgen. Die Dichtungen bieten eine hohe Betriebssicherheit über lange Zeit und ermöglichen zudem durch überragende Reibeigenschaften eine genaue Positionierung der Steuerbewegungen.



Modularer Entlüfterbaukasten für die konstante Be- und Entlüftung (Aggregate im Antriebsstrang) sowie die Notentlüftung (Batterysysteme) (KACO GmbH + Co. KG)

Für die OEMs sind Fahrzeug-Lebensdauerstandzeiten auf Komponentenebene selbstverständlich. Somit sind diese im Anforderungsprofil bezüglich Performance (d.h. möglichst niedrige Reibungsverluste bei optimaler Dichtfunktion), Lebensdauerhaltbarkeit und Wirtschaftlichkeit ein Dauerthema und stehen dadurch stetig auf unserer Agenda. Vor allem in Bezug auf die Geschwindigkeit wird Neuland betreten und dadurch ändern sich die Herausforderungen für uns als Experten für Dichtungssysteme.

**Wir kombinieren neuartige und bewährte Designkonzepte mit Materialkompetenz zu Lösungen, die unter dem Aspekt „Total Cost of Ownership over Lifetime“ den jeweiligen Anforderungen gerecht werden.“**

– Andreas Genesisius,  
Vice President Engineering,  
KACO GmbH + Co. KG



Hier ist die schnell wachsende Elektromobilität immer noch Thema Nummer 1, wenn es um Veränderungen sowie Anforderungen geht. In Bezug auf die Lebensdauer ist z.B. der Schutz der Lagerung zu nennen. Ungeordnete Spannungsabflüsse induzierter Spannungen können die metallischen Kugellager sehr schnell schädigen und zum Ausfall bringen. Hier ist es z.B. gelungen, eine Lösung zur Wellenerdung innerhalb kürzester Zeit auf den Markt zu bringen. Ein anderes Beispiel sind die im Bereich der Elektromobilität vermehrt zum Einsatz kommenden neu entwickelten Öle für Hochgeschwindigkeitsanwendungen, die gegenüber den bisher in der Verbrennertechnologie eingesetzten Ölen deutlich aggressiver sind. Dadurch beschleunigen sich teilweise Alterungsvorgänge der Elastomere, was zu Lasten der Standzeit der Dichtungen geht. Insgesamt entstehen durch die seit einiger Zeit flächendeckende Ausrollung der Elektromobilität neue Herausforderungen bei dynamischen Dichtungslösungen der Highspeed-Elektro-An-

triebsstränge. Das bedeutet, dass die Anforderungen in Bezug auf Ölverträglichkeit und die hohen Relativgeschwindigkeiten angezogen sind. Ein zusätzlicher Parameter der derzeit – ebenfalls in Zusammenarbeit mit den Kunden – intensiv erforscht wird, ist die Beölungssituation in den neuen Antriebssträngen unter realen Fahrbedingungen sowie die Erforschung der dazugehörigen Lastkollektive und Prüfstandsbedingungen für die Komponentenerprobung. Dies sind nur einige Beispiele, die zeigen, dass es heute quer durch alle Branchen darauf ankommt, immer kurzfristiger für neue Anforderungen Lösungen zu entwickeln. Wir haben unser Unternehmen deshalb über alle Stufen konsequent an diesen Anforderungen ausgerichtet. Im Zuge einer konsequenten Produktgenerationenplanung wurden über alle Produktgruppen hinweg Entwicklungsziele festgelegt, um neue Generationen mit spezifischen Verbesserungen anzubieten. Für die kundenbezogene Applikationsentwicklung ist bei uns zudem die Grundlagenforschung fester Bestandteil.

#### Weitere Informationen

Trelleborg Sealing Solutions  
[www.tss.trelleborg.com](http://www.tss.trelleborg.com)

 DICT!digital: **Zum Lösungspartner**

STASSKOL GmbH  
[www.stasskol.de](http://www.stasskol.de)

Lannewehr + Thomsen GmbH & Co. KG  
[www.flangevalid.com](http://www.flangevalid.com)

OVE Plasmatec GmbH  
[www.ove-plasmatec.de](http://www.ove-plasmatec.de)

 DICT!digital: **Zum Lösungspartner**

Dätwyler Schweiz AG  
[www.datwyler.com/de](http://www.datwyler.com/de)

Berger S2B GmbH  
[www.bergers2b.com](http://www.bergers2b.com)

 DICT!digital: **Zum Lösungspartner**

Parker Hannifin GmbH,  
Prädifa Technology Division  
[www.parker.com/praedifa](http://www.parker.com/praedifa)

KACO GmbH + Co. KG  
[www.kaco.de](http://www.kaco.de)

 DICT!digital: Online-Forum zu diesem Thema

# Genauer betrachtet

## Serie: Stand der Technik – Drehmomentschlüssel richtig einsetzen

**BRANCHENÜBERGREIFEND STATISCHE DICHTUNGEN – Es gibt oft technische Mittel und Wege, die auf den ersten Blick scheinbar die Lösung für ein Problem bieten. Auf den zweiten Blick und genauer betrachtet, werden systembedingte Grenzen deutlich – und Probleme in der Praxis sind dann eigentlich vorprogrammiert. Das Thema dieser Ausgabe klingt banal, ist es aber nicht: Drehmomentschlüssel und ihre richtige Nutzung bei der Flanschdichtungsmontage.**

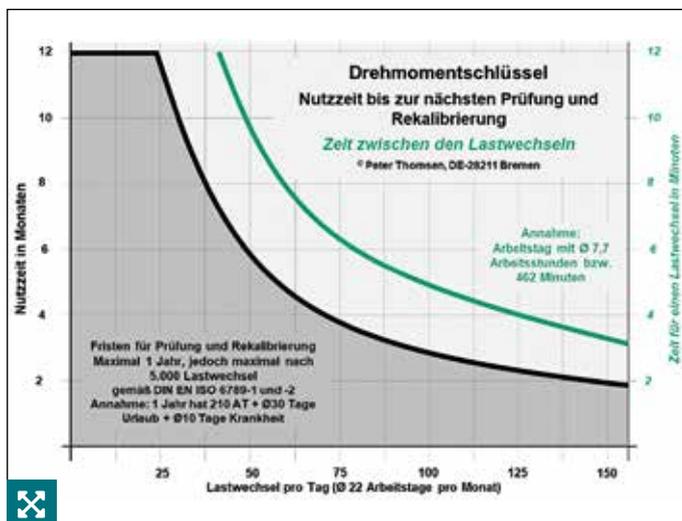
Die Verwendung von Drehmomentschlüsseln (Drehmoment-Montagewerkzeugen) als Standardwerkzeug für die Montage geschraubter Verbindungen nimmt immer mehr zu. Besonders mit Inkrafttreten der VDI 2862-2:2015-02 [1] zur Prozesssicherheit bei geschraubten Verbindungen wird immer deutlicher, dass Schraubenverbindungen, besonders wenn von ihnen Gefahren für Menschen und Umwelt ausgehen, sorgfältig ausgeführt werden müssen. Die erforderlichen Schritte sind, analog zu Schweißverbindungen, von der Planung, über die Festlegung, Freigabe, Durchführung bis zur Kontrolle festgelegt. Die Anforderung an die Verwendung von Werkzeugen ist zusätzlich in der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) geregelt. Ein Drehmoment-Montagewerkzeug ist ein Messgerät und gehört also auch regelmäßig geprüft und kalibriert.

Vielen Anwendern ist der richtige Umgang mit diesem Messgerät nicht klar. Weder die Anforderungen an die Prüfung noch die Kalibrierung sind häufig bekannt und werden

deshalb auch nicht beachtet. Die Anforderungen werden mit der DIN EN ISO 6789-1:2017-07 [2] für die Prüfung und mit der DIN EN ISO 6789-2:2017-07 [3] für die Kalibrierung festgelegt. Die Fristen für die Prüfung während der Nutzung, sind im Abschnitt 5.3 der der DIN EN ISO 6789-1:2017-07 und für die Kalibrierung im Abschnitt 4.1 der DIN EN ISO 6789-2:2017-07 festgelegt. Folgende Prüf-/Kalibrierungsfristen bestehen:

- eine maximale Gebrauchsdauer von zwölf Monaten oder max. 5.000 Lastwechseln
- ggf. vereinbarte kürzere Fristen zwischen dem Anwender und seinem Kunden
- ggf. kürzere gesetzlich vorgeschriebene Fristen – je nach Einsatzbereich

Eine Herausforderung ist die Feststellung, wann die Prüffrist von 5.000 Lastwechseln erreicht ist. Diese in der Praxis genau zu ermitteln, ist kaum möglich. Der Betreiber muss sich, weil ja auch nicht immer von gleicher Nutzung auszugehen ist, an einen Wert herantasten. Bild 1 gibt Hinweise, bei welcher Häufigkeit täglicher Lastwechsel sich welche Wiederholungsprüf- und Rekalibrierfrist ergibt. Um ein besseres Gefühl zu bekommen, zeigt die „grüne“ Kurve, nach wieviel Minuten sich im Schnitt ein Lastwechsel für die gewählte Lastwechselzahl ergeben müsste. Eine sofortige Prüfung und Kalibrierung ist erforderlich, wenn das Werkzeug mit 125% des max. Höchst- oder Nennwerts bei auslösenden Drehmoment-Schraubwerkzeugen (Abschnitt 5.3, vierter Absatz, Hinweis auf Abschnitt 5.1.6; für Typ II nach DIN EN ISO 6789-1) überbelastet wurde.



**DICT!digital:**  
Weitere Beiträge zum Stand der Technik

**Bild 1: Praktische Annäherung an die nächste Kalibrierung**  
(Bild: Peter Thomsen)

Gleiches gilt übrigens auch für unsachgemäße Handhabung mit Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit wie Lagerung im vorgespannten Zustand, ruckartiges Betätigen, das Herunterfallen, ein Anschlagen und Einsatz zum Lösen einer/mehrerer Schraubenverbindung/en.

Die folgenden Handhabungen bzw. falschen Benutzungen führen zu falscher Auslösung und sollten aber keinen Einfluss auf sofortige Prüfung und Kalibrierung haben:

- ein Anfassen nicht nur am Griff
- ein Anziehen mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit
- die Anwendungsebene ist nicht 90° zur Schraubachse
- der Hebelarm ist unzulässig verlängert (Ausnahme: mit Überlastung als Folge)

Als Kontrollmittel für erreichtes Drehmoment ist ein Drehmoment-Schraubwerkzeug in keiner Weise geeignet. Das „Abknicken“ einer Schraubverbindung ist eine falsche und unsachgemäße Nutzung des Drehmoment-Schraubwerkzeuges. Wegen falscher Benutzung, nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bis zur Auslösung bewegt, und/oder zur Überwindung des Losbrechmomentes eine zu hoher Betätigungskraft genutzt, ist dies Verfahren nicht geeignet. Neben der Schädigung des Drehmoment-Montagewerkzeuges, entspricht das Ergebnis einer attributiven Prüfung. Die maximale Erkenntnis ist: Die Schraube ist lose oder die Schraube ist fest.

### Fazit

Drehmoment-Montagewerkzeuge sind Messmittel und entsprechend zu behandeln. Ihre Funktion ist nur bei sachgemäßer Nutzung ohne Überlastung gewährleistet. Das Montagepersonal ist entsprechend zu schulen.

### Literatur

- [1] VDI 2862-2:2015-02, Mindestanforderungen zum Einsatz von Schraubsystemen und -werkzeugen – Anwendungen im Anlagen-, Maschinen- und Apparatebau sowie für Flanschverbindungen an drucktragenden Bauteilen
- [2] DIN EN ISO 6789-1:2017-07, Schraubwerkzeuge – Handbetätigte Drehmoment-Schraubwerkzeuge, Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren für die Typprüfung und Annahmeprüfung: Mindestanforderungen an Konformitätserklärungen (ISO 6789-1:2017)
- [3] DIN EN ISO 6789-2:2017-07, Schraubwerkzeuge – Handbetätigte Drehmoment-Schraubwerkzeuge, Teil 2: Anforderungen an die Kalibrierung und die Bestimmung der Messunsicherheit (ISO 6789-2:2017)

### Weitere Informationen

Lannewehr + Thomsen GmbH & Co. KG  
[www.flangevalid.com](http://www.flangevalid.com)



Von Peter Thomsen



**Bild 1: Flachdichtung, in Öl gequollen**  
Sollwerkstoff: NBR, fälschlich eingesetzt: NR  
(Bild: O-Ring Prüflabor Richter GmbH)



**Bild 2: Überhitzter NBR O-Ring, vorgesehen in dieser Anwendung war ein FKM-Werkstoff**  
(Bild: O-Ring Prüflabor Richter GmbH)



**Bild 3: Verwechslung der Werkstoffhärte: Statt einem NBR mit 90 ShA wurde ein NBR mit 70 ShA verwendet, der dann aufgrund der schwierigen Montagesituation zerstört wurde**  
(Bild: O-Ring Prüflabor Richter GmbH)

# Schäden erkennen und vermeiden

## Werkstoffverwechslung – Rezepturveränderung

**BRANCHENÜBERGREIFEND DICHTUNGSTECHNIK ALLGEMEIN – Dichtungen werden aus den verschiedensten Gründen in der Praxis geschädigt. Neben dem Erkennen der Schadensursache werden dann mögliche Abhilfemaßnahmen wichtig – für die Instandhaltung, aber auch bereits bei der Erstausrüstung von Anlagen mit Dichtungen.**

Werkstoffverwechslungen oder Rezepturveränderungen sind eine Schadensursache, die wohl die meisten voneinander verschiedenen Schadensbilder verursachen können. So kann die Werkstoffverwechslung bei der Dichtungsmontage ein Unternehmen mitunter teuer zu stehen kommen – sei es durch Nacharbeit, Rückrufaktionen und/oder letztendlich durch eine Rufschädigung. Es gibt zwei Hauptfaktoren im Dichtungsbereich, welche eine Werkstoffverwechslung begünstigen:

1. Die Standardisierung von Dichtungsgrößen, d.h. es werden Dichtungen mit den exakt selben Abmessungen, aber aus unterschiedlichen Materialien und/oder Härten am gleichen Arbeitsplatz eingesetzt.
2. Die Farbe – die meisten technischen Elastomere sind schwarz, da Ruß als Füllstoff – und damit indirekt als Farbgeber – eine herausragende Bedeutung bei Gummiwerkstoffen hat.

Die Ursache für signifikant geänderte Rezepturen ist häufig preisgetrieben und das Problem liegt dabei meist an einem nicht kommunizierten Wechsel von Lieferanten bzw. Unterlieferanten, da der technische Handel hier nur selten Transparenz in der Lieferkette bietet.

### Schadensbild und problematische Bereiche:

Eine Schadensanalyse ist dann beendet, wenn die Ursache entdeckt wird, was bei Werkstoffverwechslungen meistens relativ

schnell gelingt. Daher ist auch nur ein kleiner Anteil aller Werkstoffverwechslungen mikroskopisch dokumentiert. Die Bilder 1 bis 3 zeigen typische Fehlerbilder, wie übermäßige Quellung (Bild 1), Versprödung durch thermische Überbeanspruchung (Bild 2) und physikalische Überbeanspruchung (Bild 3).

### Abgrenzung zu ähnlichen Schadensbildern:

Da die Werkstoffverwechslung viele Gesichter hat – d.h., kein spezifisches Schadensbild erzeugt – ist auch eine Abgrenzung zu anderen Schadensursachen schwierig.

**Präventionsmaßnahmen:** Eine Werkstoffverwechslung kann theoretisch bereits während der Herstellung (Compound-Verwechslung) oder bei nachfolgenden Prozessschritten entstehen. Sie passiert aber am häufigsten beim Anwender, in der Lagerhaltung entlang der Wertschöpfungskette oder bei der Montage. Wichtige Präventionsmaßnahmen im Produktionsprozess sind klar geregelte und dokumentierte Abläufe. Am meisten hilft in der praktischen Anwendung die farbliche Unterscheidung von Dichtungen – entweder durch eine komplette Einfärbung des Compounds oder durch eine farbige Beschichtung.

Eine eingefärbte Beschichtung (z.B. auf Basis von PTFE) kann noch zusätzlich die Gleiteigenschaften einer Dichtung verbessern. Eine kostengünstige und effektive Prävention gegen Verwechslung ist die nichtpermanente Markierung von Dichtungen mit Streifen oder Punkten. Auch eine Einzelverpackung, wie z.B. in der Luftfahrt oder bei FFKM-O-Ringen gängige Praxis – kann das Verwechslungsrisiko minimieren. Um zu verhindern, dass ein Lieferant ohne Mitteilung die Rezeptur bzw. die Bezugsquelle ändert, empfiehlt es sich, dies in Lieferverträgen abzusichern und auf die Anzeigepflicht bei Änderungen hinzuweisen.

**Praxistipps (Prüfmöglichkeiten/Normempfehlungen):** Funktionierende Wareneingangskontrollen – sei es intern oder durch einen externen Dienstleister – sind unabdingbar für die Aufrechterhaltung einer guten und konstanten Produktqualität. Als Minimalumfang ist neben der Prüfung der Maße, die Überprüfung der Dichte und Härte und – wo möglich – auch des Druckverformungsrestes zu nennen: „Die Dichte ist ein einfaches, aber effektives Hilfsmittel, um in vielen Fällen eine Verwechslung des Compounds auszuschließen. Sie darf sich in einem Toleranzbereich von  $\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$  (FKM/FFKM  $\pm 0,03 \text{ g/m}^3$ ) zum Bemusterungswert bzw. dem Mittelwert der Rezeptur bewegen.“ [1] In manchen Wareneingangsprüfungen sind auch Kurzzeitquellungen üblich. Gerade mit dieser Prüfung lassen sich schwerwiegende Materialverwechslungen schnell erkennen. Am größten ist erfahrungsgemäß das Risiko für Werkstoffverwechslung und Rezepturveränderungen bei gestanzten Dichtungen aus Plattenware.

### Literatur:

- [1] RICHTER, B. und BLOBNER, U.: Identitätsprüfungen: Übereinstimmungen finden, Onlineinformation: [https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen\\_identit\\_tspr\\_fung\\_03\\_2014.pdf](https://www.o-ring-prueflabor.de/files/fachwissen_identit_tspr_fung_03_2014.pdf)



DICT!digital: Zur Langversion des Beitrages



DICT!digital: Alle Teile dieser Serie

### Weitere Informationen

O-Ring Prüflabor Richter GmbH  
[www.o-ring-prueflabor.de](http://www.o-ring-prueflabor.de)



Von Dipl.-Ing. Bernhard Richter,  
Geschäftsführer und Dipl.-Ing. (FH)  
Ulrich Blobner, Consultant



DICT!digital: **Zum Lösungspartner**

**Oberflächentechnik**

**OVE ELASTOMERE KUNSTSTOFFE** **OVE Plasmatec GmbH**  
 Reinigen | Beschichten | Behandeln | Service Carl-Zeiss-Straße 10  
 71093 Weil im Schönbuch

Tel.: +49(0)7157.73033000 | Fax: +49(0)7157.730330111  
 info@ove-plasmatec.de | www.ove-plasmatec.de

P H D Zum Lösungspartner A E ET MA MT PT

**VSE flow** **VSE Volumenteknik GmbH**  
 Hönnestraße 49  
 58809 Neuenrade

Tel.: +49(0)2394.616-30 | Fax: +49(0)2394.616-33  
 info@vse-flow.com | www.vse-flow.com

P H D Zum Lösungspartner A E ET MA MT PT

**Profile**

**Compounds** **Compounds AG**  
 Barzloostrasse 1  
 8330 Pfäffikon ZH  
 SCHWEIZ

Tel.: +41(0)44.9533400 | Fax: +41(0)44.9533401  
 info@compounds.ch | www.compounds.ch

P H D Zum Lösungspartner A E ET MA MT PT

**Seminare**

**ISGATEC AKADEMIE** **ISGATEC® GmbH**  
 Am Exerzierplatz 1A  
 68167 Mannheim

**Wir bieten Seminare zu folgenden Themen:**

**Konstruktion & Technik**

- Werkstoffe & Verarbeitung
- Klebtechnik & Flüssigdichtsysteme
- Qualitätsmanagement & Recht
- Statische & Dynamische Dichtungen
- Konstruktion & Entwicklung

• **INHOUSE-SEMINARE:** Auf Ihre Bedürfnisse individuell angepasst!

• **ISGATEC FORUM:** Unser Kompetenznetzwerk.

Detaillierte Informationen zu Inhalten, Referent\*innen etc. zu den einzelnen Seminaren sowie neuen Seminarthemen finden Sie auf unserer Website [www.isgatec.com](http://www.isgatec.com).

Tel.: +49(0)621.7176888-0  
 akademie@isgatec.com | www.isgatec.com

P H D Zum Lösungspartner A E ET MA MT PT

**Statische Dichtungen**

**BERGER S2B** **Berger S2B GmbH**  
 Hans-Thoma-Straße 49-51  
 68163 Mannheim

Tel.: +49(0)621.41003-0 | Fax: +49(0)621.41003-33  
 info@bergers2b.com | www.bergers2b.com

P H D Zum Lösungspartner A E ET MA MT PT

**Dichten. Kleben. Polymer.**  
**45 vertiefende Fachbeiträge**  
 praxisnah.  
 lösungsorientiert.  
 kompakt.

Printausgabe 59,- € zzgl. Versand und Verpackung  
 ISBN Print: 978-3-946260-04-2  
 Digitalausgabe 49,- €  
 ISBN Online: 978-3-946260-07-3



**Jetzt bestellen!**

[www.isgatec.com](http://www.isgatec.com) > Medien  
 Tel.: +49 621 7176888-0

**ISGATEC® MEDIEN**