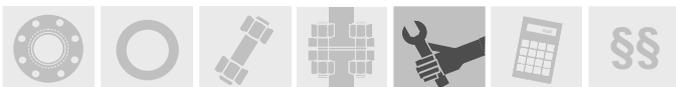


### ● Technische Information



### ● Dichtungsbedingte Vorspannkraftverluste nach der Montage

Die Anforderungen der Gesetze, Regelwerke und Vorschriften verlangen eine Montage nach geregelter Montageverfahren durch fachkundige Monteure, deren Dokumentation und Überprüfung. Vielen ist nicht bewusst, was zwischen abgeschlossener Montage und Inbetriebnahme an der Dichtverbindung vorgeht. Aus diesem Grund wurde im Prüflabor der Möller Metall-Dichtungen GmbH in 39444 Hecklingen eine Versuchsreihe gestartet, die simuliert, was durch die Montage nach einer geregelten Verfahrensanweisung passiert. Verwendet wurden die Flanschverbindung DN40 PN40 (Abb.1) und die Messschrauben (Abb.2) des Prüfstandes für die Leckagemessung nach VDI 2440.



Abb.1: Prüfflansche DN40 PN40



Abb.2 Messschraubenanordnung

© Peter Thomsen · [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de)

Die festgelegten Prüf- und Montagebedingungen sind:

- Flächenpressung bei Montage: 30 MPa
- Prüftemperatur: Raumtemperatur
- Prüfdruck: drucklos
- Montagebedingungen: Die Schraubenkraft ist in vier Stufen (ca. 25%, 50%, 75%, 100%) durch Über-Kreuz-Anziehen aufzubringen. Der Verschraubungsvorgang ist innerhalb von 10 Minuten abzuschließen.

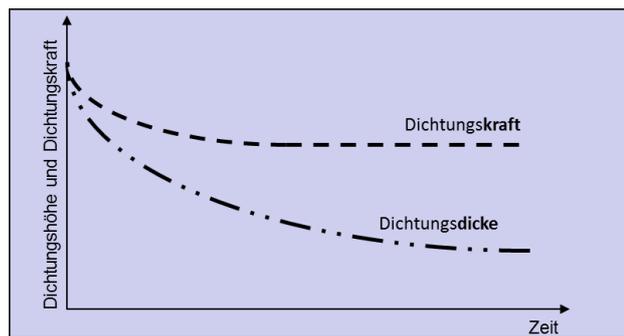
Verwendet wurden verschiedenen Dichtelementen, zum einen Flachdichtungen aus verschiedenen marktüblichen Plattenmaterialien

- Elastomer gebundenes Fasermaterial (FA nach DIN 28091-2), Faserstoffdichtung
- ungefülltes PTFE (TF nach DIN 28091-3)
- gefülltes PTFE (TF nach DIN 28091-3)
- Grafit mit Spießblecheinlage (GR nach DIN28091-4)

und eine Metall-Weichstoffdichtung

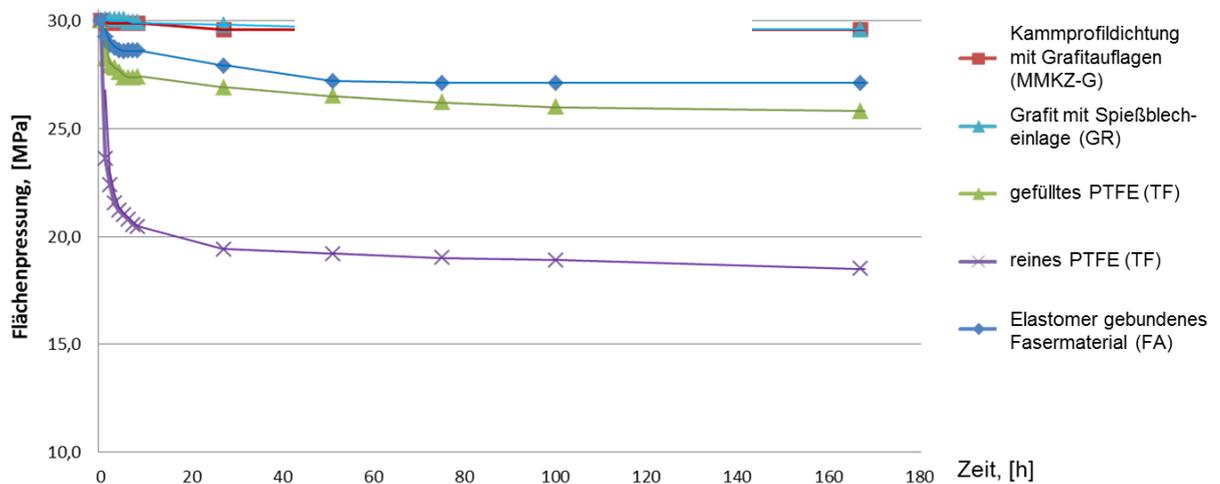
- Kammprofildichtung mit Grafitauflage Typ MMD-GG-FG (MMKZ-G)

Nach der Montage wurde über 7 Tage die Kriech-Relaxation (Abb.3) ermittelt und dokumentiert. Kriech-Relaxation ist die Kombination aus Kriechen und Relaxation. Einer Kriech-Relaxation unterliegen alle in der Dichtungstechnik vorkommenden Dichtverbindungen, die sich im Kraft-hauptschluss befinden.



**Abb.3: Schematische Darstellung der Kriech-Relaxation**  
© Peter Thomsen · www.thomsen-bremen.de

Die Messergebnisse für die verschiedenen Dichtelemente sind in der folgenden Grafik (Abb.4) dargestellt.



**Abb.4 Darstellung der Messergebnisse**  
© Peter Thomsen · www.thomsen-bremen.de

Es fällt auf, dass es mit der Kammprofil- und der Grafitflachdichtungen Dichtelemente gibt, die nach der Montage zu extrem niedrigen Vorspannkraftverlusten führen und das Montageergebnis zu 97% halten. Hierin sind auch systembedingte Setzprozesse enthalten. Bei gefülltem PTFE und Fasermaterial kommt es zu Vorspannkraftverlusten zwischen 6 und 10% und bei reinem PTFE zu 35% - 40%.

Die Montage ist verbunden mit einer Erwartung an die Dichtheit des Systems, je höher die Flächenpressung desto niedriger die Leckagerate. Allein durch die Kriech-Relaxation steigt die erreichbare Leckagerate bis zur Inbetriebnahme stark an.

Aus den Messergebnissen lässt sich ableiten, dass es bei Faserstoffdichtungen und PTFE-Dichtungen unbedingt zu einem Nachziehen der Dichtverbindung nach ca. 5 bis 10 Stunden kommen muss. Weitere Untersuchungen müssen die Entwicklung nach dem Nachziehen ermitteln. Bei reinem PTFE ist zumindest auch in Folge mit Kriech-Relaxation zu rechnen.

Bei einer weiteren Untersuchung wurden die Vorspannkraftverluste wiederholt nach 24 Stunden ausgeglichen und die Ursprungsflächenpressung von 30 MPa wieder aufgebracht. Die unterschiedlichen Dichtungsarten zeigen ein deutlich unterschiedliches Verhalten (Abb.5).

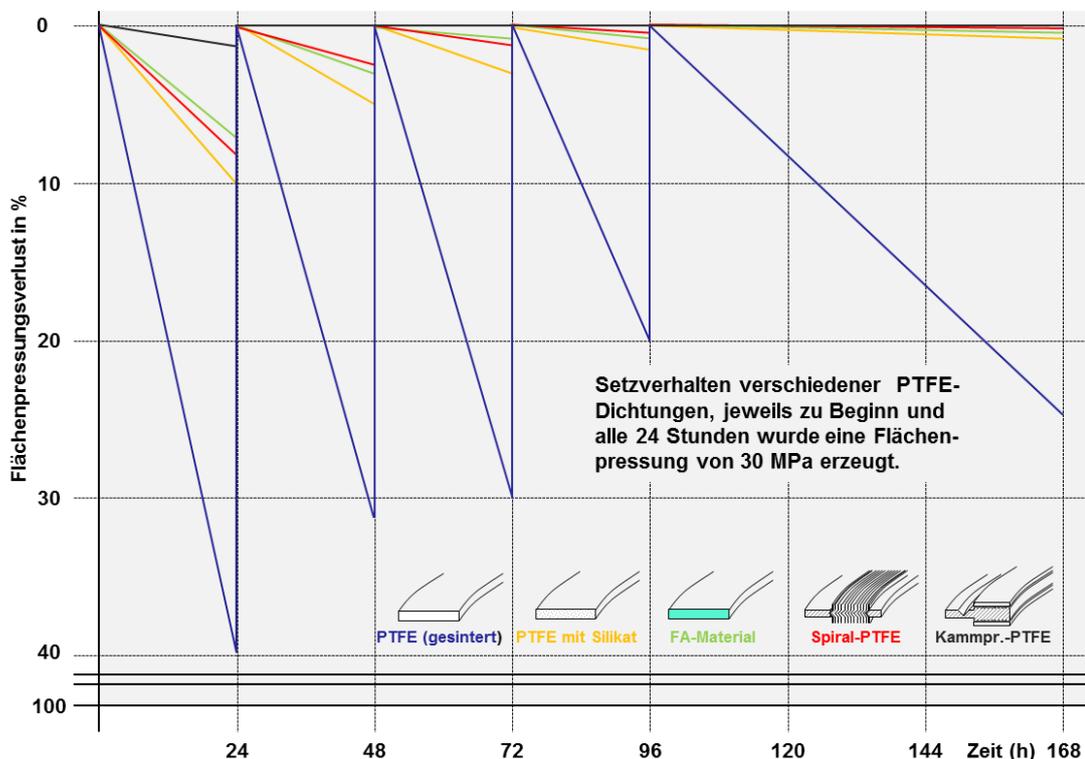


Abb.5: Setzverhalten verschiedener Dichtelemente  
© Peter Thomsen · www.thomsen-bremen.de

Während Dichtelemente aus gesintertem PTFE (TF nach DIN 28091-3) immer wieder stark relaxieren, verhalten sich Dichtelemente aus gefülltem PTFE (TF nach DIN 28091-3), mit Elastomer gebundene Werkstoffe, Faserstoffdichtungen (FA nach DIN 28091-2), Spiraldichtungen mit PTFE (DIN EN 1514-2, DIN EN 12560-2) geringerer Relaxation sehr ähnlich. Lediglich die Kammprofil-dichtungen (DIN EN 1514-6, DIN EN 12560-6) Typ MMD-GG-FG mit ePTFE-Auflagen zeigen nach einmaligem Nachziehen keine weitere Relaxation.

Beim Vergleich der  $P_{QR}$ -Werte nach DIN EN 13555 ([www.gasketdata.org](http://www.gasketdata.org)) zeigt sich, dass die Kammprofil-dichtung mit PTFE-Auflagen von der Möller Dichtungstechnik GmbH die besten Kennwerte zeigt. Die Qualität des Werkstoffs und die Form eines Dichtelements haben einen signifikanten Einfluss auf das Setzverhalten und eventuell erforderliches Nachziehen von Dichtverbindungen.

In einer weiteren Untersuchung wurde das Setzverhalten verschiedener Dichtelemente nach mehreren Lastzyklen unter Temperatur ermittelt. Die Ergebnisse sind für einige Dichtungstypen erschreckend (Abb.6).

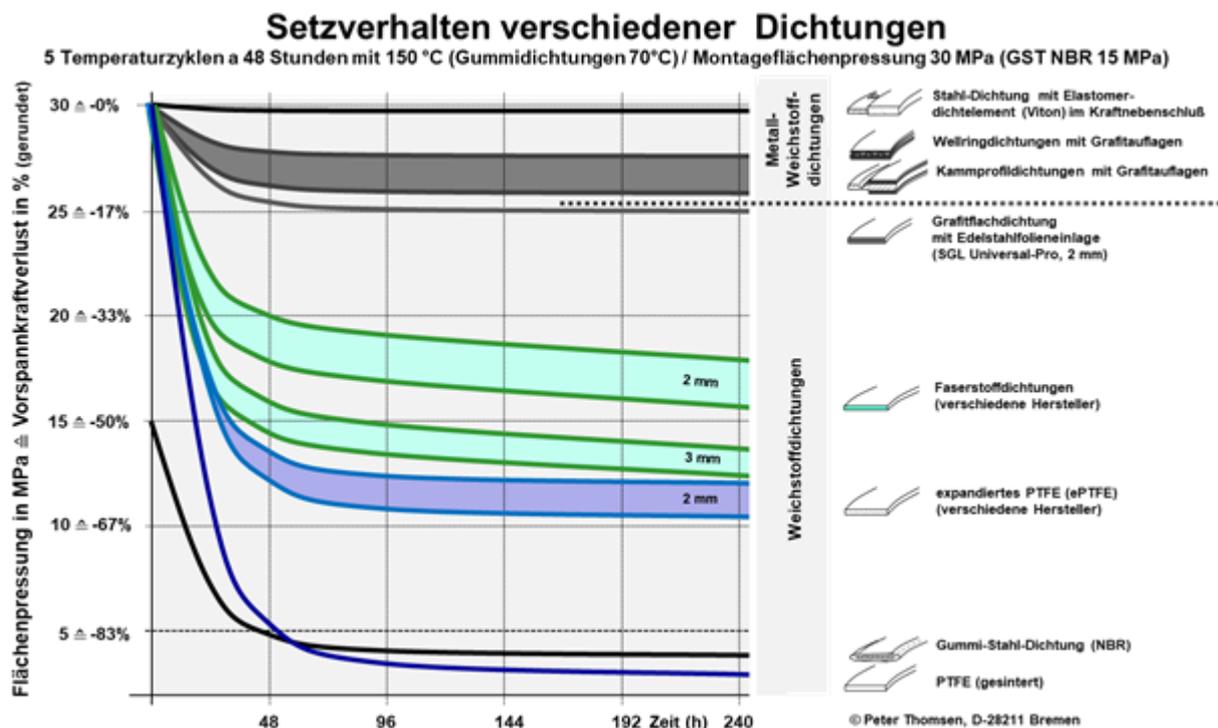


Abb.6: Setzverhalten verschiedener Dichtungen nach Lastzyklen unter Temperatur  
© Peter Thomsen · www.thomsen-bremen.de

Es ist festzustellen, dass bei Dichtelementen aus Gummi (mit Stahleinlage), Gummi gebundenen Faserstoffen und PTFE/ePTFE mit erheblichen Vorspannkraftverlusten bereits nach dem ersten Lastzyklus zu rechnen ist. Bei Faserstoffdichtungen, Gummistahldichtungen und PTFE-Dichtungen setzt sich das Fließen fort.

Mit solchen Dichtelementen ist, aus technischer Sicht, keine Dichtverbindung als auf Dauer technisch dicht per Konstruktion zu erzeugen. Dem widersprechend, gibt es technische Regeln, z.B. TRBS 2141 und TRBS 2152-2/TRGS 722, die dies unzulässigerweise feststellen. Diese Regeln sollten dringend technisch überarbeitet und an den Stand der Technik angepasst werden.

Dichtelemente mit hohen Setzverlusten sollten auf keinen Fall verwendet werden. Ihr Einsatz widerspricht der Anforderungen sowohl aus der DGRL, Anhang I, Absatz 4.2 als auch TRBS 2141 und TRBS 2152-2/TRGS 722, dass Dichtelemente sich weder chemisch noch physikalisch verändern dürfen. Zusätzlich ist das Thema der Alterung, besonders bei Dichtungen aus Gummi oder mit Gummi (Faserstoffdichtungen zu beachten).

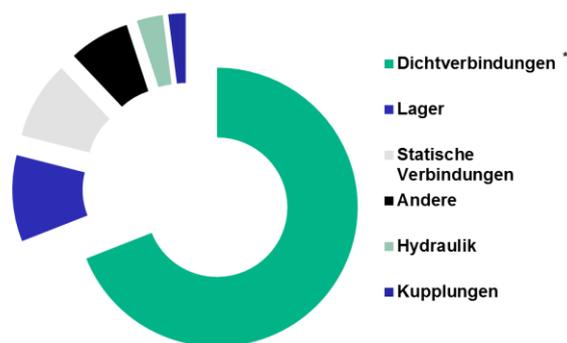
Zusammenfassend ist Folgendes festzustellen und zu beachten

- Der Betreiber muss bei einigen Dichtungstypen/-werkstoffen mit erheblichen Setzprozessen schon vor der Inbetriebnahme der Anlage, rechnen.
- Erforderliche Nachziehprozesse können vergessen werden und müssen in die Montage- und Prüfvorschriften mit aufgenommen werden. Bitte beachten, Nachziehen ist ein gefährlicher Vorgang und erfordert eine Gefährdungsanalyse sowie spezieller Schulung

- Um das kostenintensive Verfahren des Nachziehens zu vermeiden, empfehlen wir die Verwendung von Dichtelementen mit kleinstem Kriech- und Setzpotential, z.B. Möller Metall-Weichstoffdichtungen. Der eventuelle Mehrpreis dieser Dichtelemente ist immer niedriger, als der Kostenaufwand für Nachziehaktionen.
- Zusätzliches Kriechen ist durch Temperierung bei Inbetriebnahme zu erwarten. Dies könnte zu erforderlichlichem Nachziehen führen. Unter Betriebsbedingungen ein gefährlicher Vorgang.

Letztendlich ist festzustellen, dass ein chemisch beständiges Dichtelement, das nicht relaxiert, die Anforderung der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (ex 97/23/EG), Anhang 1, Absatz 4.1 bis 4.3 erfüllt. Nach dem eigentlichen Sinne nach Stand der Technik wird die Anforderung „auf Dauer technisch dicht“ nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), aus der TRBS 2141 und TRBS 2152-2, erfüllt. Betrachtet man die Ursachen für Anlagenausfälle (Abb.6), stellt man fest, dass versagende Dichtverbindungen die häufigste Ursache sind. Für das Versagen der Dichtverbindungen ist häufig ungenügend aufgebrauchte Schraubenkraft die Ursache. Hierzu gehören selbstverständlich auch die Fehler, die durch Dichtelemente mit hoher Kriech-Relaxation verursacht werden.

### Ursachen für Anlagenausfälle



\* Dichtverbindungen vermutlich statisch und dynamisch

Quelle: TMT, Hans-Joachim Tückmantel

**Abb.6: versagende Dichtverbindungen sind die Hauptursache für Anlagenausfälle**  
© Peter Thomsen · [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de)

Versagende Dichtverbindungen verursachen erhebliche Kosten und Schäden, zumeist auch Umweltschäden.

Bitte beachten, dass jeder Betreiber auf eigenes Risiko und eigene Gefahr handelt und diese nicht an Kontraktoren delegieren kann. Er muss klare Regeln über die zu verwendenden Dichtungen erstellen und die Einhaltung überprüfen.

Dichtungen sind sicherheitsrelevant und sollten entsprechend spezifiziert und behandelt werden.

### Danksagung

Ich möchte mich beim Firmeninhaber der Möller Metall-Dichtungen GmbH, Familie Möller und dem Leiter seines Prüflabors, Dipl.-Ing. Viktor Weber, für die freundliche Unterstützung bedanken.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de).

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Stuhr-Varrel  
Peter Thomsen

**Haftungsausschluss:**

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen, D-28816 Stuhr-Varrel

Stand 30.12.2023