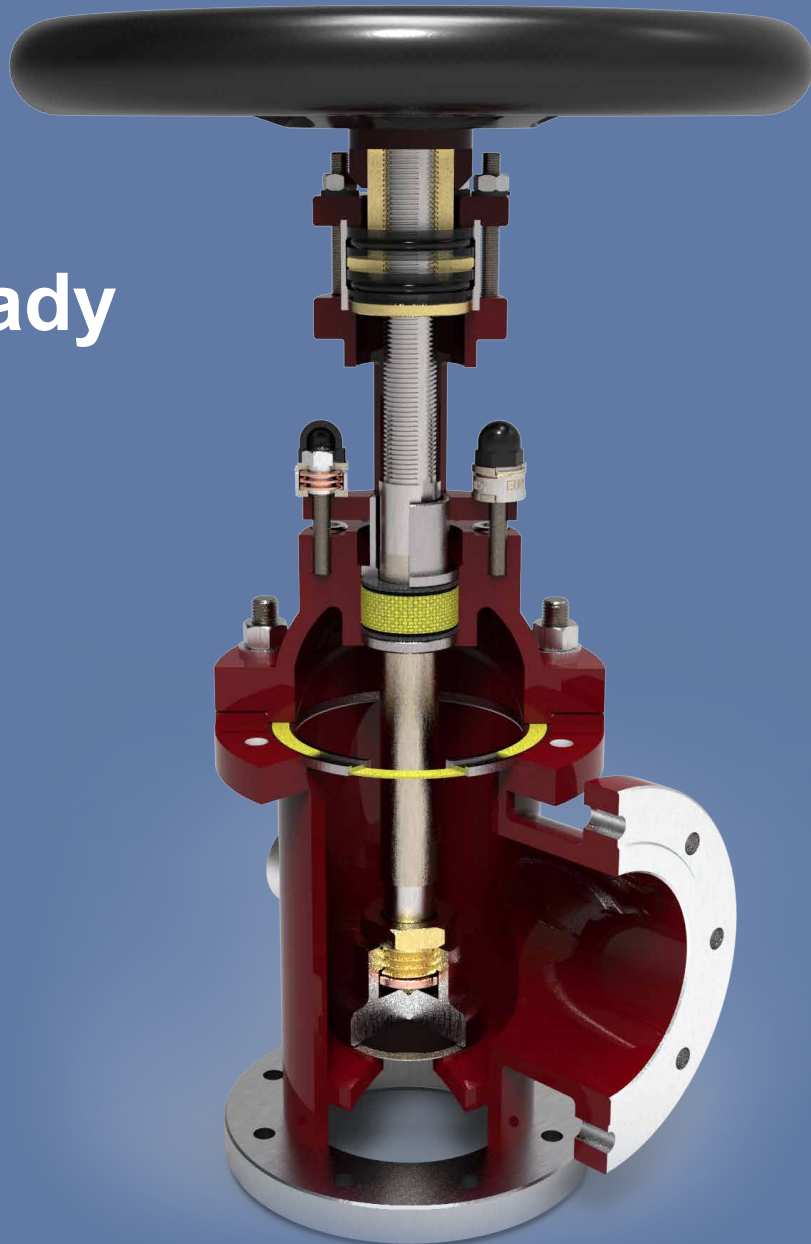


H2 ready



Die neuen

# TA Luft & Live Loading

Spindel- und Flanschabdichtsysteme für Armaturen



Köthener Spezialdichtungen GmbH

Dr. Ing. Jürgen Kästner

Dipl.-Ing. Steffi Kästner

# Die neue TA Luft

## Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

(Entwurf Stand: 16.07.2018; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Naturschutz und nukleare Sicherheit; Erste Allgemeine Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz)

Es handelt sich bei der nachfolgenden Textpassage um einen Entwurf zur Anpassung der TA Luft:

### „5.2.6.4 Absperrorgane (Absperr- oder Regelorgane)

Ab dem Datum des Inkrafttretens zuzüglich vier Jahre, sollen Absperr- oder Regelorgane, wie Ventile, Schieber oder Kugelhähne verwendet werden, die bei Drücken bis  $\leq 40$  bar und Auslegungstemperaturen  $\leq 200$  °C die Dichtheitsklasse BH ( $\leq 10\text{-}4$  mg/s·m) und bei Drücken  $\leq 40$  bar und Auslegungstemperaturen  $> 200$  °C die Dichtheitsklasse CH ( $\leq 10\text{-}2$  mg/s·m) der DIN EN ISO15848-1 (Ausgabe November 2015) für das Prüfmedium Helium erfüllen. Bei Drücken von  $> 40$  bar und Auslegungstemperaturen  $\leq 200$  °C ist die Dichtheitsklasse CH ( $\leq 10\text{-}2$  mg/s·m) zu erfüllen und soll bei  $> 200$  °C erreicht werden.

Zur Abdichtung von Spindeldurchführungen von Absperr- oder Regelorganen, wie Ventile oder Schieber, sind hochwertig abgedichtete metallische Faltenbälge mit nachgeschalteter Sicherheitsstopfbuchse oder gleichwertige Dichtsysteme zu verwenden.

Dichtsysteme sind als gleichwertig anzusehen, wenn im Nachweisverfahren entsprechend Richtlinie VDI 2440 (Für Prüfung sowie deren Bewertung und Qualifikation ist die DIN EN ISO 15848-1 Ausgabe November 2015 anzuwenden.) die temperaturspezifischen Leckageraten eingehalten werden.

Für bestehende Absperrorgane ist Nummer 5.2.6.1 Absatz 2 entsprechend anzuwenden.

Um die Dichtheit dauerhaft sicherzustellen, sind Anforderungen für die Prüfung und Wartung der Dichtsysteme in Managementanweisungen festzulegen.“

### Was ist neu im Abschnitt 5.2.6.4 der novellierten TA Luft?

Mit der Festlegung, dass für die Prüfung sowie deren Bewertung und Qualifikation die Europeanorm DIN EN ISO 15848-1 anzuwenden ist, verlagert der Gesetzgeber mit der novellierten TA Luft eindeutig seinen Schwerpunkt von der Unterschreitung einer geforderten TA Luft Leckrate unter Prüfbedingungen auf deren Einhaltung unter sehr praxisnahen Betriebsbedingungen. Untermuert wird diese Schwerpunktverlagerung auch im letzten Absatz, wo der Gesetzgeber geeignete Managementanweisungen für die Prüfung und Wartung gefordert werden.

Als das befederte Dichtsystem für Armaturen mit dem zugehörigen Berechnungsprogramm „TA Luft Expert“ Anfang der 90 iger Jahre entwickelt wurde, stand genau dieser 30 Jahre später geforderter Schwerpunkt im Fokus<sup>1</sup> Ein Dichtsystem zu entwickeln, dass auch unter komplexen praxisnahen Bedingungen die Anforderungen der TA Luft erfüllt und gleichzeitig den erforderlichen Wartungsbedarf anzeigt. Es ist deshalb für uns auch nicht überraschend, dass viele der damals mit den TÜV Nord und dem TÜV Bayern festgelegten Prüfbedingungen sich in der neuen DIN EN ISO 15848-1 wiederfinden. So legt diese Norm einen Mindestprüfumfang (C01) von 205 Spindelbetätigungen bei zwei Temperaturwechselbeanspruchungen fest. Das damals erarbeitete Prüfprogramm lag bei 400 Spindelbetätigungen und 3 Temperaturwechselbeanspruchungen bei Betriebsdruck  $p_b$  mit mindestens einem An- und Abfahrvorgang (druckloser Zustand). Noch etwas unklar wird in der DIN EN ISO 15848-1 mit der Einhaltung der Handradmomente verfahren. Hier fehlt ein Bezug zur Festlegung der zulässigen Handradbetätigungsmomente. Bei der ersten Zertifizierung unseres befederten Dichtsystems wurde durch den TÜV Bayern eine Fragestellung formuliert, die bis heute nichts an ihrer Aktualität eingebüßt hat.

Was passiert wenn

- die Stopfbuchspackung durch Spindelbewegung extrudiert?
- das Dichtsystem durch thermische Wechselbelastung relaxiert?
- für das Dichtsystem Wartungsbedarf erforderlich ist?
- usw ...

<sup>1</sup> Die Entwicklung der befederten Dichtsysteme für Spindelabdichtungen und deren Berechnungsgrundlagen begann bereits Anfang 1990 in der MAW GmbH unter Leitung der Autoren und wurde seit der Gründung der KSD GmbH 1998 weiter vervollkommenet.

Dieser einfachen Fragestellung sollte sich jeder verantwortungsbewusste Hersteller von hochwertigen Dichtsystemen stellen. Und diese Fragestellung muss im Fall einer hochwertigen Spindel- oder Flanschabdichtung im Sinne einer TA Luft oder einer Live Loading Anwendung auch auf die geometrische und werkstoffliche Auslegung übertragen werden.

**Die neue KSD Werksnorm 370:  
„Stopfbuchsspindelabdichtungen für Armaturen im Sinne von TA Luft und Live Loading Anwendungen“**

Hochwertige Stopfbuchsabdichtsysteme im Sinne der TA Luft oder einer Live Loading Anwendung erfordern ein optimales Zusammenspiel aller Komponenten, die auf das Dichtsystem Einfluss nehmen können. Wir entwickeln und fertigen seit fast 30 Jahren diese Systeme für unsere Kunden. Das sind auch 30 Jahre Erfahrung in der Auslegung und Optimierung all dieser Komponenten. Nutzen Sie unsere Erfahrungen, die in dieser neuen Werksnorm erstmals für alle Komponenten dieses Dichtsystems zusammengefasst wurden.

Schwerpunktmäßig werden behandelt:

- Aufbau der Dichtsysteme mit dezentraler und zentraler Befederung
- Aufbau und Anwendungsbereiche der Federsäulen Normal-, Absaug- und Sperrstopfbuchsen, Aufbau und Einsatzbereiche
- Stopfbuchsräume, Abmessungen und Toleranzen
- Stopfbuchsbrillen, Grundringe und Laternen; Abmessungen und Toleranzauslegungen
- Packungssysteme; Werkstoffe; Aufbau und Einbaurichtlinien
- Spindeln; Oberflächenqualität; Toleranzen; Form und Lageabweichungen
- Werkstoffauswahl zur Vermeidung von Spindelkorrosion.

Gern sind wir bereit, unser Wissen mit unseren Kunden zu teilen und diese Werksnorm gegen eine Schutzgebühr<sup>1</sup> zur Verfügung zu stellen.

<sup>1</sup> Die Höhe der Schutzgebühr kann auf der KSD Internetseite [www.ksd-de.com](http://www.ksd-de.com) abgefragt werden.

## Das TA Luft EXPERT(+) Befederungssystem



(1)



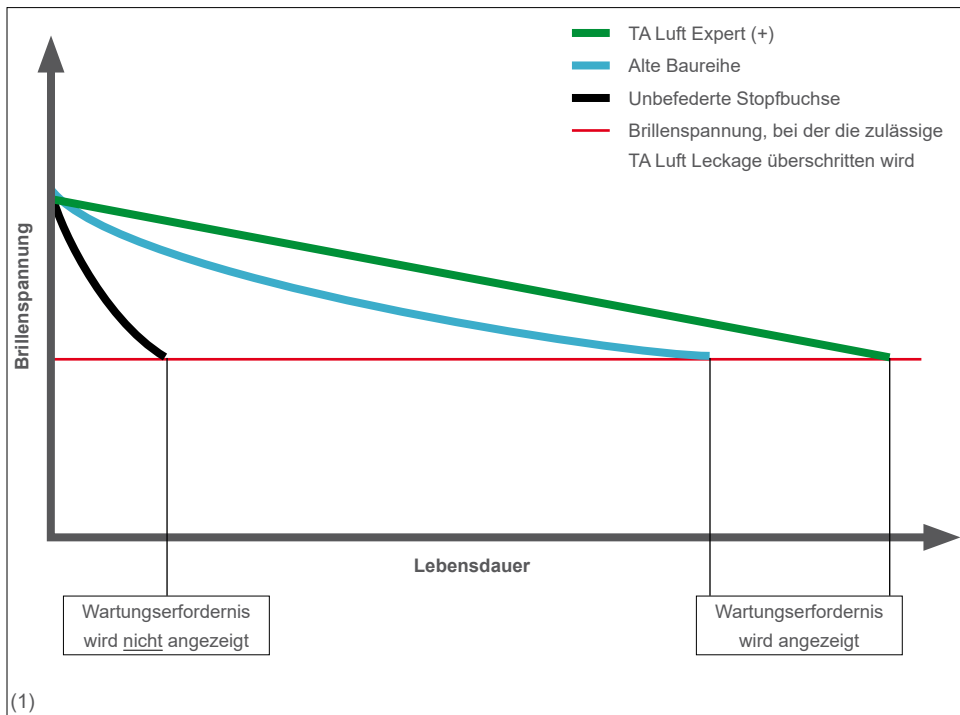
(2)

(1) **Das TA Luft EXPERT (+) Befederungssystem** Keine Schraubenverlängerung erforderlich.

Standardisiert für alle metrischen und UNC Gewinde von M8 bis M24 bzw. von UNC 18 bis UNC 9.

(2) **Die TA Luft EXPERT (+) Federsäule** Verbesserte Wartungsspaltanzeige durch eine aufgelaserte Linie. Kennzeichnung der Federsäulengröße mit einer tiefen Lasergravur. Auch nach einer möglichen Farbgebung der Federsäule bleibt die Kennzeichnung erhalten. Oberfläche matt glänzend trowalisiert. Federsäulenrohr mit Boden laserverschweißt. Optional mit Schutzkappe erhältlich.

Die aufgebrauchte Kennzeichnung der Federsäule durch eine Lasergravur sichert einen unkomplizierten Austausch, auch nach langer Einsatzdauer, ab. Genau wie bei dem Vorgängersystem sind auch bei nachträglichem Einbau keine Schraubenverlängerungen erforderlich. Die standardisierten Gewindegrößen von metrischen M8 bis M24 und zölligen UNC 5/16" bis 7/8" wurden beibehalten. Gegenüber der alten Baureihe wurden die eingesetzten Federpakete aus galvanisch verzinktem Federstahl um den austenitischen Federstahl 1.4310 erweitert. Durch die neue gekröpfte Formgebung konnte die Führung der Federsäule in das Gehäuserohr verlagert werden, so dass zusätzlicher Bauraum für das Federpaket gewonnen wurde. Dadurch konnten die Federkennlinien der neuen Baureihe „TA Luft Expert (+)“ gegenüber der alten Baureihe optimiert werden, ohne dabei die bisherigen Abmessungen gravierend zu verändern. Das Ergebnis ist ein deutlicher Zuwachs an Lebensdauer und Funktionalität.



(1) Standzeitvergleich zwischen einer unbefederten Stopfbuchsabdichtung und befederten Stopfbuchsen mit dem TA Luft Expert Systemen.

Die TA Luft EXPERT (+) Federsäulen sind als ein komplett durchgängig standardisiertes System aufgebaut und deshalb für OEM- und Serviceunternehmen gleichermaßen interessant. Das Befederungssystem TA Luft Expert (+) ist sehr einfach zu montieren und kann ohne zusätzliche Messmittel exakt vorgespannt werden.

Nach dem notwendigen Vorverdichten der Packung erfolgt die Montage, indem die Federsäule bis zur Blocklage des Deckels angezogen wird (Einbauzustand). Im Betriebszustand signalisiert das System Wartungsbedarf, wenn die Unterkante des Deckels die aufgelaserte Linie der Federsäule erreicht bzw. überschritten hat (Wartungszustand).

Gegenüber unbefederten Stoffbuchsen lassen sich so Standzeitverlängerung bis zum 50fachen realisieren. Voraussetzung dafür ist die Einhaltung aller in der KSD Werksnorm 370 geforderten Bedingungen.



(2) Einbau- und Wartungsanleitung



	≤ PN2,5	≤ PN6	≤ PN10	≤ PN16	≤ PN25	≤ PN40	≤ PN63
M8 UNC18	E8N (M <sub>FS</sub> -7 (10) Nm; WSzul=1,0mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E8NV (M <sub>FS</sub> -11 (12) Nm; WSzul=1,0mm) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
M10 UNC16	E10N (M <sub>FS</sub> -9 Nm; WSzul=1,0mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E10NV (M <sub>FS</sub> -15 Nm; WSzul=1,0mm) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
M12 UNC13 UNC14	E12N (M <sub>FS</sub> -16 (17) Nm; WSzul=1,0mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E12NV (M <sub>FS</sub> -23 (24) Nm; WSzul=1,0mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E12NVA (M <sub>FS</sub> -55Nm; WSzul=1,0) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
M16 M14 UNC11	E16N (M <sub>FS</sub> -20 (19) Nm; WSzul=1,5mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E16NV (M <sub>FS</sub> -37 (35) (36) Nm; WSzul=1,5) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E16NVA (M <sub>FS</sub> -59 (55) (62) Nm; WSzul=1,5mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E16DV (M <sub>FS</sub> -76Nm ; WSzul=2,0) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
M20 M18 UNC10	E20NV (M <sub>FS</sub> -72 Nm; WSzul=1,5mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E20NVA (M <sub>FS</sub> -105 (102) (106) Nm; WSzul=1,5) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E20DV (M <sub>FS</sub> -143 (140) (144) Nm; WSzul=2,0mm) bp<1,6*√dsp			bp<1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	
	E20DVA (M <sub>FS</sub> -251 (244) (257) Nm; WSzul=1,5mm) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
M24 M22 UNC9 (1)	E24N (M <sub>FS</sub> -81 (75) (79) Nm; WSzul=2,5) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
	E24D (M <sub>FS</sub> -162 (148) (158) Nm; WSzul=3,0) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp			
	E24DA (M <sub>FS</sub> -218 (200) (213) Nm; WSzul=3,0mm) bp<1,6*√dsp			bp≤1,25*√dsp		bp≤1,0*√dsp	

(1) Einsatzübersicht der Federsäulen „Expert [+] und Expert [4.0]“ für Anwendungen im Sinne der TA Luft

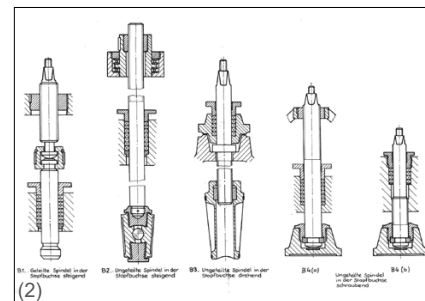
- Optimaler Arbeitsbereich der Federsäulen
- Unzulässiger Arbeitsbereich der Federsäulen
- Nicht optimaler Arbeitsbereich der Federsäulen (Überschreitung der zulässigen Spindelbetätigungsmomente)

Diese auf TA Luft und Live Loading Anwendungen erstellten Einsatzübersichten gelten für Stopfbuchsen mit einem Packungstiefen/Packungsbreiten-Verhältnis von 4,0 bis 6,0 und für Armaturen mit weniger als 5 Betätigungen pro Tag. Einsatzüberschneidungen, wie sie beispielsweise für die Federsäulen E16N; E16NV und E16DV auftreten, sind über die Überprüfung der maximal zulässigen Packungsbreite

$$b_p = 1,0 \text{ (1,25) (1,6)} \sqrt{\text{Spindeldurchmesser } d_{sp}}$$

aufzulösen. Der Wert 1,0 steht dabei für sehr schmale Packungsbreiten, der Wert 1,25 für schmale und der Wert 1,6 für mittlere Packungsbreiten. Werte über 1,6 sollten für Armaturen vermieden werden. Für die rot gekennzeichneten Bereiche bzw. für vom Geltungsbereich abweichende Einsatzbedingungen ist die Auslegung mit unserem zertifiziertem Berechnungsprogramm „TA Luft EXPERT“ erforderlich.

Speziell für Armaturenhersteller bieten wir in Verbindung mit dem Einsatz unserer befederten Dichtsysteme für die unter (2) aufgeführten Konstruktionsprinzipien auch die Berechnung der Handradbetätigungsmomente für den drucklosen Einbau- und für den Prüfzustand an.



(2) Konstruktionsprinzipien



## Das TA Luft PROFEKT (+) Befederungssystem

Das Vorgängersystem Profekt Live Loading wurde für Anwendungen im Live Loading Bereich entwickelt. Die als offene Federsäule konzipierte Baureihe kann flexibel für Sonderlösungen angepasst werden. Das galt auch für Anwendungen, die durch das Standardsystem TA Luft Expert nicht mehr abgedeckt werden können.

Mit der Entwicklung der neuen Serie TA Luft Profekt (+) wurde dieser Flexibilität für Sonderlösungen weiter Rechnung getragen und gleichzeitig die Anforderungen der TA Luft nach einer Wartungsanzeige erfüllt. Auch für diese Baureihe ist keine Verlängerung der Stopfbuchsschrauben erforderlich. Die TA Luft Profekt (+) Federsäule ist teilstandardisiert für Gewinde- und Federgrößen bis M36 bzw. UNC 1 1/2". Das heißt, diese Federsäulen werden immer individuell mit dem Berechnungs- und Auslegungsprogramm „TA Luft EXPERT“ an die Einsatzbedingungen angepasst.

### Federsäule Profekt (+)

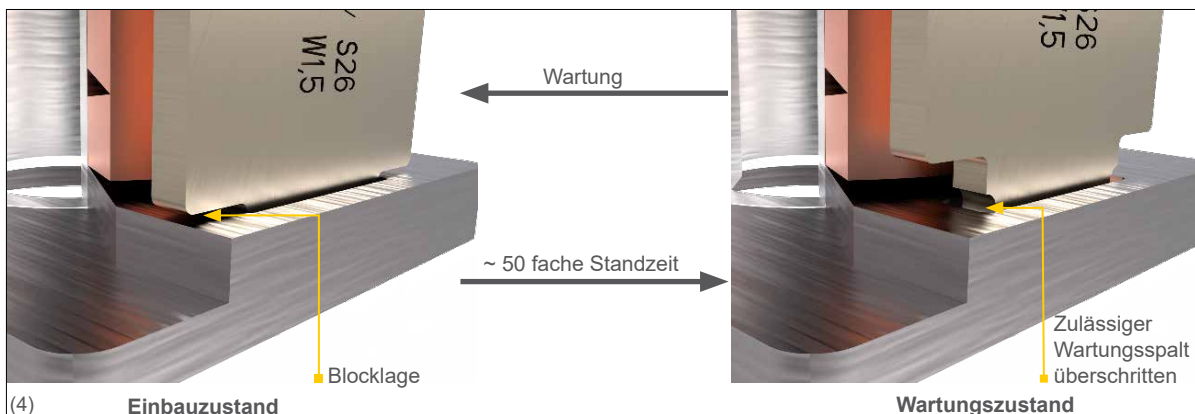


(3)

#### (3) Federsäule Profekt (+) im Einbauzustand

Die Kennzeichnung der Federsäule erfolgt hier durch eine filigrane Lasermarkierung, da eine Farbgebung der Säule nicht zulässig ist.

#### (4) Funktionsweise der Federsäule Profekt (+)



(4)

Einbauzustand

Blocklage

Wartung

~ 50 fache Standzeit

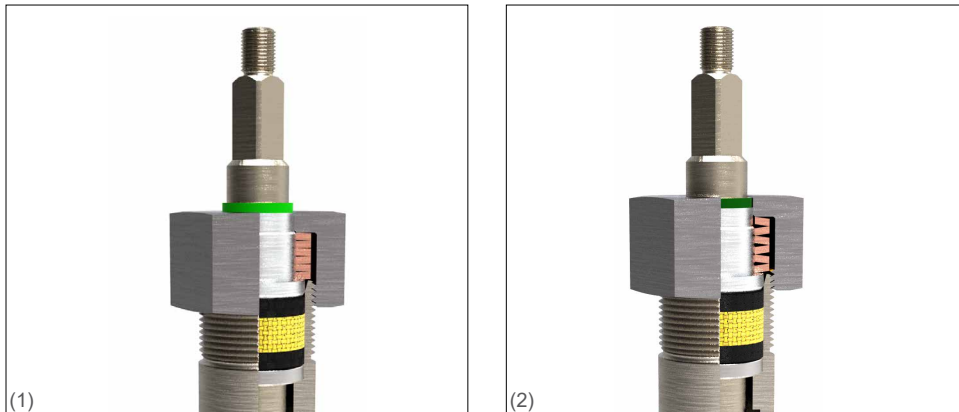
Wartungszustand

Zulässiger  
Wartungsspalt  
überschritten

# Das zentrale Befederungssystem für Schraubstopfbuchsen TA Luft Central (+)

Schraubstopfbuchsen finden im Armaturenbau bevorzugt dort Anwendung, wo Vereisungsgefahr besteht und die Spindelabdichtung durch Verlängerungsrohre bewusst vom kritischen Bereich getrennt wird. Bevorzugte Anwendungen des TA Luft Central (+) Systems sind im Live Loading Anwendungsbereich brennbare Flüssiggase wie Wasserstoff und Methanol und im TA Luft Anwendungsbereich Liquefied Natural Gase (LNG), die bei minus 165 °C verflüssigt werden. Bei der Entwicklung des Systems haben wir uns gegen ein innenliegendes Federsystem entschieden, um einen direkten Medien- und Temperaturkontakt im Sinne einer hohen Zuverlässigkeit zu vermeiden.

Das von uns entwickelte zentrale Befederungssystem für Schraubstopfbuchsen verfügt darüber hinaus über eine Wartungsanzeige und erfüllt somit die Forderungen der novellierten TA Luft unter Abschnitt 5.2.6.4, „die Dichtheit dauerhaft sicherzustellen, durch geeignete Maßnahmen für die Prüfung und Wartung der Dichtsysteme“.



**(1) Das TA Luft Central (+) im Einbau und Betriebszustand.**

Solange der farblich grün abgesetzte Wartungsring sichtbar ist, befindet sich das Dichtsystem im wartungsfreien Arbeitsmodus.

**(2) Das TA Luft Central (+) meldet Wartungsbedarf.**

Der farblich grün abgesetzte Wartungsring ist nicht mehr sichtbar. Das Dichtsystem hat Wartungsbedarf.

Die Auslegung des TA Luft Central (+) erfolgt immer anwendungs- und kundenspezifisch über unser zertifiziertes Berechnungsprogramm TA Luft Expert.

**Stopfbuchse Eingabe der Prozeßparameter**

Firma / Institution:

Bearbeiter:

Anlage / Armatur:

---

Prüfdruck:  bar

Prüftemperatur:  °C

Betriebsdruck:  bar

Betriebstemperatur:  °C

Betriebsmedium:

---

Betriebsmedium

stark chloridhaltig

stark oxidierende Säure

Fluorverbindung

---

Anzahl der Spindelbetätigungen pro Stunde

weniger 5  weniger 50  50 und mehr

(3)

**Ausführung**

Stopfbuchsausführung

Normalstopfbuchse mit Federsäulen

Absaugstopfbuchse mit Federsäulen

Sperrstopfbuchse mit Federsäulen

Spermedium:

---

Stopfbuchsschrauben

Klappschrauben

Augenschrauben

Hammerschrauben

Stiftschrauben

Tellerfedersäule

zentral (Spindel)

dezentral (Schrauben)

---

Leckrate

TA-Luft-Ausführung

LIVE LOADING --> Gasleckrate:  [cm³/min]

(4)

**Normalstopfbuchse**

**Umrüstsatz**

- Druckring
- Scheibe mit Führungsring
- Tellerfedersäule
- Brille mit integriertem Federtopf
- Verlängerte Stopfbuchsschrauben
- Grund- bzw. Distanzring (sofern erforderlich)
- Stopfbuchspackung (TA - Luft - Zertifiziert)

**Vorhandene Stopfbuchsgeometrie**

Wartungsspalt SW

Einstand 2mm bis max. Packungsbreite b

$\varnothing \cdot D$

$\varnothing \cdot d$

b

t

---

**Konstruktionsdaten**

Stopfbuchsgeometrie

d:  mm

D:  mm

t:  mm

vorh. t unbekannt

$\lambda$ :

---

Schraubenabmessungen

M:  mm

L:  mm

Anzahl:

---

Schraubenwerkstoff

---

Spindelwerkstoff

(5)

(3), (4), (5) Berechnungsprogramm TA Luft Expert

Der Lieferumfang des zentral befederten Dichtsystems umfasst neben dem Packungssystem (siehe hierzu die Baukastenlösung „Time live“) und dem Federpaket mit Druckring auch die Sechskantüberwurfmutter. Zur Vermeidung von Wasserstoffversprödung, Korngrenzenkorrosion oder Selbstentzündung durch O<sub>2</sub> werden alle Elemente von uns in Edelstahl A2 oder vergleichbar ausgeführt. Um eine optimale Führung zwischen Spindel und Druckring (H<sub>2</sub> ready) sicherzustellen, ist dieser an den Enden mit einer modifizierten Stellite 6-Legierung aufgepanzert. Bei größeren Stückzahlen ist auch eine Expanite® Oberflächenhärtung möglich<sup>1</sup>.

Die Sechskantüberwurfmutter, gefertigt aus dem Werkstoff 1.4034, wird im Gewindebereich durch eine Laseroberflächenhärtung ebenfalls gegen Fresserscheinungen geschützt. Bei größeren Stückzahlen sind auch Werkstoffausfuhren in A2 oder A4 mit einer Expanite® Oberflächenveredelung möglich.

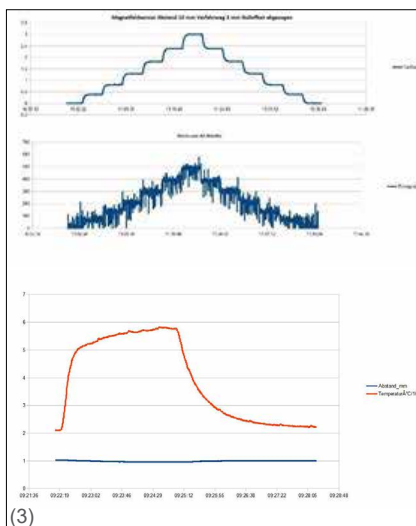
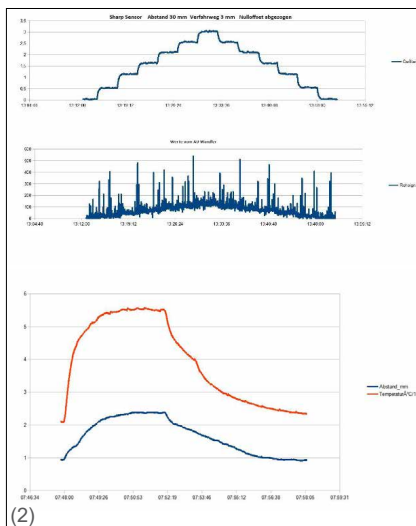


<sup>1</sup> Expanite® ist eine geschützte Bezeichnung für ein Edelstahloberflächenhärteverfahren.

## Der Blick in die Zukunft

Die Einbindung digitaler Lösungen in die neuen Serien der befederten Dichtsysteme hat begonnen. Dabei geht es nicht nur um die kontinuierliche Erfassung des Wartungsspalt und der drahtlosen Information über WLAN, sondern um eine völlig neue Qualität der Wartungsprognose. Die von uns entwickelten und bereits in der Erprobung befindlichen Systeme erfassen nicht nur den Wartungsspalt der Federsäule durch entsprechende Abstandssensoren, sondern können daraus den Spannungszustand der Stopfbuchse berechnen. So kann eine relativ präzise Einschätzung über den Zeitraum abgegeben werden, der bis zur nächsten Wartung verbleibt. Werden diese Systeme an speziellen ausgewählten Absperrorganen zum Einsatz gebracht, so können sie auch als Leitsysteme für unsere konventionell befederten Dichtsysteme genutzt werden. Eine planmäßige Instandhaltung großer Armaturenfelder kann dadurch auf eine Industrie 4.0-Basis gestellt werden.

### Wiederholgenauigkeits-, Rohsignalauswertungs- und Temperaturdriftvergleich



- (2) Infrarot Abstandssensor  
(3) Hall Sensor

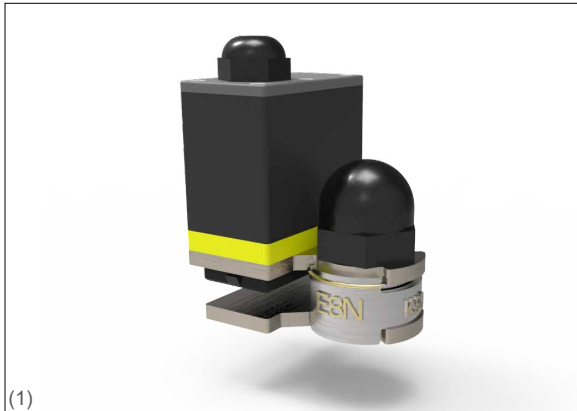
Erweiterte Anwendungen ergeben sich im Zusammenhang mit Absaugstopfbuchsen durch die Integration spezieller Gassensoren in das System. Noch ist die Auswahl spezieller Gassensoren begrenzt, das wird sich aber ändern. Durch ein Zusatzmodul sollen unsere Systeme aufrüstbar sein. Die sensorische Erfassung von speziellen Gaskonzentrationen dient dann der Permanentkontrolle. Die parallele Ermittlung des Spannungszustandes der Stopfbuchse einem planmäßigem Wartungsansatz. Im Zusammenspiel eine optimale und kosteneffiziente Lösung für Prüfung und Wartung, wie im letzten Absatz unter Pkt. 5.2.6.4 der novellierten TA Luft gefordert.

Noch müssen für diese neue Generation intelligenter Dichtungen viele Hindernisse beseitigt werden:

- Eingeschränkter Temperatur-Einsatzbereich der Sensorik
- Hohe Kosten für Sensoren und Auswerteelektronik
- Versorgungssicherung mit Energie falls, kein Stromanschluss verfügbar ist bzw. bei Stromausfall
- Explosionsschutz und Schutz vor atmosphärischen Störungen.
- Datenschutz
- Zuverlässigkeit der elektronischen Komponenten und Qualität der Sensoren, hinsichtlich Rohsignalauswertung, Wiederholgenauigkeit und Temperaturdrift.

Aber sie werden sich davon nicht mehr aufhalten lassen.

**Die befederten Dichtsysteme TA Luft Expert 4.0 und Profekt 4.0**



(1)



(2)

- (1) Federsäule TA Luft EXPERT 4.0
- (2) Federsäule TA Luft PROFEKT 4.0

**Aktiviert mit dem Handy in drei Schritten**

<b>Federsäulentyp</b> ▼	<b>Federsäulengröße</b> ▼	<b>Federwerkstoff</b> ▼	<b>Start</b>
TA Luft Profekt 4.0	E8N	<b>Standard</b> 1.1211; 1.1248; 1.8159	
<b>TA Luft Expert 4.0</b>	<b>E10N</b>	Austenit 1.4301; 1.4310; 1.4401 Warmfest 1.4923; 1.4122 Inconel 2.4632; 2.4669; 2.4668	
	E10NV		
	E12N		
	E12NV		
	E16N		
	E16NV		

Nach der Betätigung des START Buttons ermittelt das System permanent über eine Abstandsmessung den Längenzuwachs der Federsäule, berechnet daraus den Spannungszustand der Spindelabdichtung und prognostiziert den Wartungstermin.

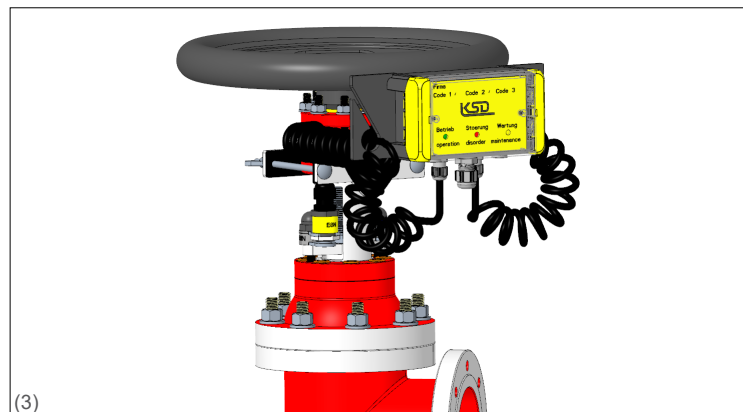
<b>Beginn der Aufzeichnungen</b>	<b>Prognostizierter Wartungstermin</b>
<b>20.09.2019</b>	<b>02.10.2022</b>

Wartungsspaltgröße, Spannungszustand der Stopfbuchse und prognostizierter Wartungstermin für die Spindelabdichtung können bereits nach kurzer Einsatzdauer des Systems über WLAN abgerufen werden. Natürlich nimmt mit zunehmender Anzahl von Messpunkten die Qualität der Prognose stetig zu.

Diese Generation ist noch auf eine konventionelle Stromversorgung mit 110 V oder (220) 240 V Wechselstrom angewiesen und auch die zulässige Höchsttemperatur des Systems ist noch begrenzt. Stromausfälle werden gepuffert. Bei plötzlicher Überschreitung des zulässigen Wartungsspalt, z. B. durch fehlerhaftes oder manipuliertes Lösen der Brillenschrauben, geht das System in einen Fehlermodus mit optischer Signalmeldung und muss neu aktiviert werden. Dafür ist die Federsäule bis Blocklage neu zu verspannen. Stimmt der vermessene Abstand der neu aktivierten Federsäule beim Neustart mit dem hinterlegten Kontrollwert überein, so ist das System wieder aktiviert.

Die Programmierung des Systems erfolgte im Industriestandard C++. Das System arbeitet im Niedrigvoltbereich von < 5 V und ist explosionsgeschützt aufgebaut. Um Beschädigungen der Abstandssensoren beim Einbau zu vermeiden, können die Messsysteme erst nach dem Verspannen der Federsäulen eingesetzt bzw. bei Wartungsarbeiten auch entfernt werden.

Die Softwarearchitektur ist als Baukastensystem geplant, sodass verschiedene Sensorsysteme integrierbar sind. Die Schnittstelle der Datenauswertung wird für unsere Kunden plattformübergreifend ausgelegt.



(3) Intelligente Spindelabdichtung für Armaturen

# Innovative TA Luft und Live Loading Packungssysteme für Erstausrüster und Serviceunternehmen

Die durch die KSD GmbH für den TA Luft Bereich verwendeten Packungssysteme (Dichtpackungen) basieren ausschließlich auf den Werkstoffen PTFE oder Reingrafit. Nur diese Werkstoffe garantieren, dass auch bei Alterung und Medien einfluss keine gravierenden Eigenschaftsveränderungen auftreten und die Berechnungsergebnisse auch auf den Betriebszustand übertragbar sind. Der Werkstoff PTFE besitzt darüber hinaus noch die Eigenschaft der Selbstheilung. Das heißt, der diesem Material innewohnende Kaltfluss kann entstandene Leck-Kanäle wieder verschließen. Dafür erforderlich ist jedoch die Aufrechterhaltung einer erforderlichen Mindestpressung in der Stopfbuchse. Entweder aus dem selbstdichtenden Effekt des abdichtenden Innendrucks oder durch Maßnahmen, die einem Spannungsabbau in der Stopfbuchse entgegenwirken. Viele dieser Möglichkeiten sind oftmals nicht oder nur unzureichend bekannt. Aber nicht selten lassen sich diese Möglichkeiten in Produkte umsetzen, die, wie im Fall der Kompaktpackungen, Kosten reduzieren und Möglichkeiten einer automatisierten Aufsatzmontage ermöglichen.

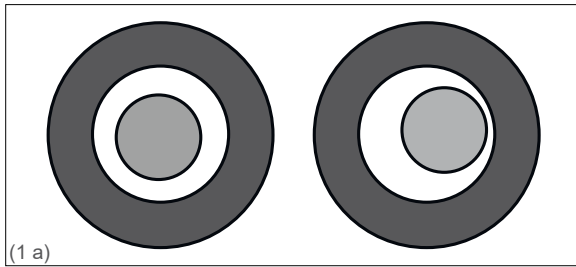
## Kompaktpackung *Time Live* als Baukastenlösung:

Kompaktpackung <i>Time Live</i> Teflon	Kompaktpackung <i>Time Live</i> Slip	Kompaktpackung <i>Time Live</i> Universal	Kompaktpackung <i>Time Live</i> Mica
Geflochtene Packungsbuchse aus PTFE, gekammert mit Scheiben aus glasfaserverstärkten PTFE	Reingrafitbuchse mit PTFE beschichteter oder ummantelter Lauffläche, gekammert mit Kohlefaserscheiben	Reingrafitbuchse, gekammert mit glattblechverstärkten RGF Scheiben	Reingrafitbuchse, gekammert mit metallverstärkten Mica Scheiben (fire safe und H2 ready)
$T_{\max} \leq 250 \text{ °C}$	$T_{\max} \leq 300 \text{ °C}$	$T_{\max} \leq 450 \text{ °C}$	$T_{\max} \leq 650 \text{ °C}$

Durch eine bewusste, leicht exzentrische Stanzung der Kammerungsscheiben wird eine hochwirksame Funktionalität hinsichtlich Kammerung, Spindelführung und Dichtverhalten bewirkt. Über das Abfangen der Packungsextrusion in der exzentrischen Schichtung entsteht indirekt ein Verstärkungsfaktor der wesentlich zur Stabilisierung der Dichtwirkung beiträgt. [1]



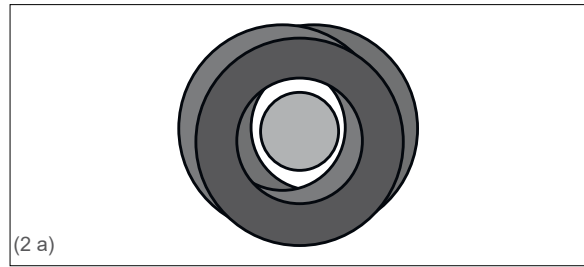
**Massivgrundringe (1)**



(1 a)

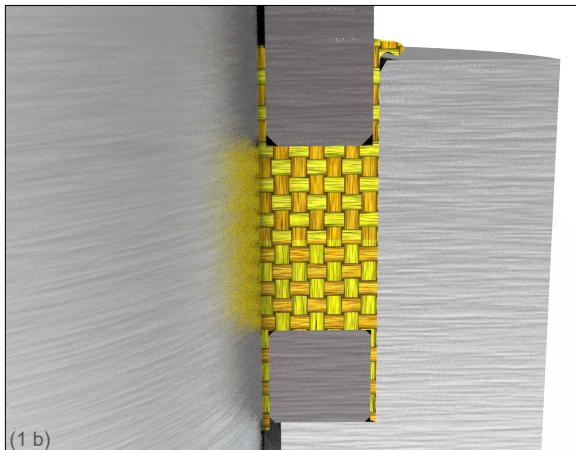
(1 a) Mögliche Extrusionsspalte Massivgrundring

**Kompaktpackungen (2)**



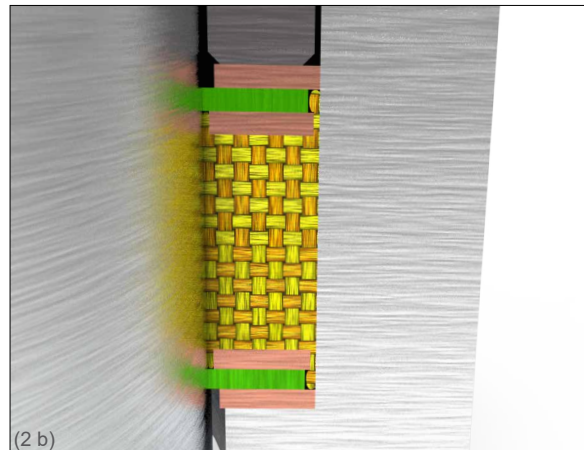
(2 a)

(2 b) Minimierung der Extrusionsspalte



(1 b)

(1 b) Ungebremste Packungsextrusion bei Massivgrundringen



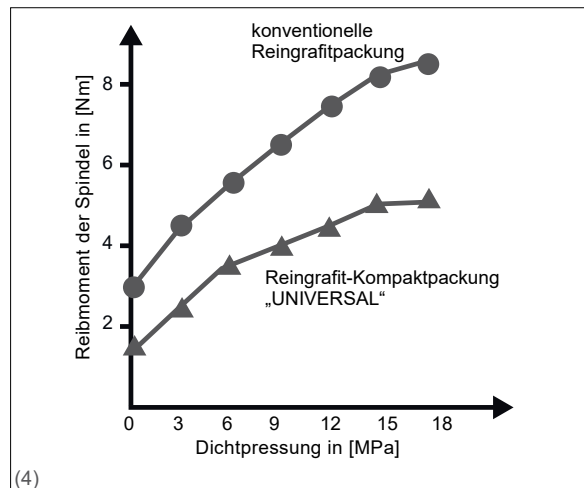
(2 b)

(2 b) Wirksamer Stopp der Packungsextrusion durch die Mehrschichtung bei Kompaktpackungen



(3)

(3) Gestoppte Packungsextrusion in der exzentrischen Schichtung der Kompaktpackung



(4)

(4) Vergleich der Spindelreibmomente zwischen einer RGF-Kompaktpackung und einer Standard Reingrafitpackung

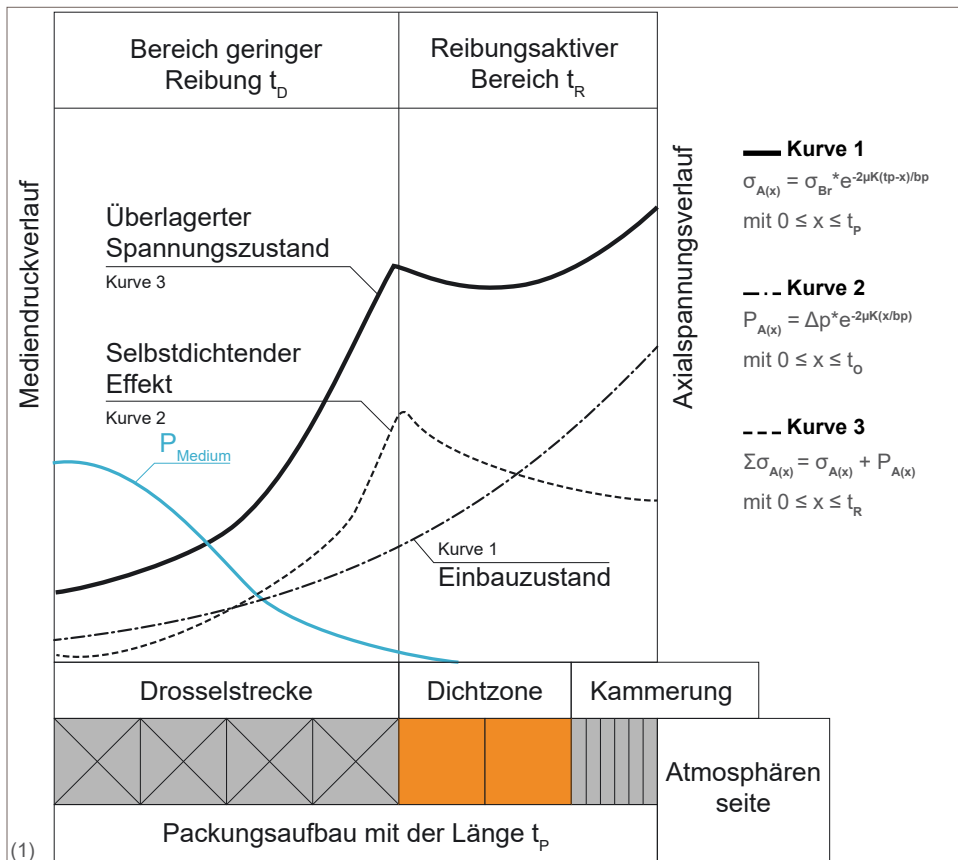
### Kombinationspackungen mit Drosselstrecke

Eine weitere Möglichkeit, die Effizienz von Stopfbuchspackungen zu erhöhen, sind Kombinationspackungen mit integrierter Drosselstrecke. Dieser Aufbau führt die theoretischen Ansätze von Thomson [2] und Danny & Turnbull [3] zusammen.

Ein derartiger Packungsaufbau ist besonders dort zu empfehlen, wo eine waagerechte Einbaulage der Armaturen bei gleichzeitig häufiger Spindelbewegung auftritt. Solche Bedingungen sind z. B. an Speisewasserregelventilen in Kraftwerken zu finden. Hohe Drücke, einhergehend mit einer einseitigen Verschleißbelastung in der Stopfbuchse, können schnell zum Ausblasen von Standard-Reingrafitpackungen führen. Das dann unter hohem Druck und hoher Temperatur austretende Speisewasser war in der Vergangenheit immer wieder Ursache folgenschwerer Unfälle in Kraftwerken.

Durch den nachfolgend gezeigten Aufbau einer Kombinationspackung mit Drosselstrecke kann das vermieden werden.

#### Prinzipaufbau der Kombinationspackung mit Drosselstrecke:

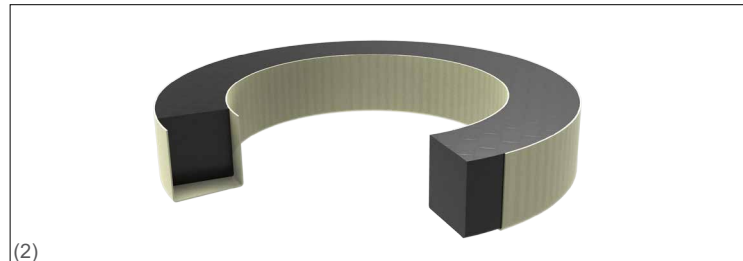


(1) Prinzipaufbau der Kombinationspackung mit Drosselstrecke

### Packungselemente

**Dichtzone:** ≤ 200 °C PTFE Packungen  
 ≤ 300 °C PTFE ummantelter Reingrafitringe  
 ≤ 450 °C (500 °C) Reingrafitringe

(2) PTFE ummantelter Reingrafitring



**Drosselstrecke:** Geflochtene Ringe z. B. aus Kohlefasern  
**Kammerung:** Schichtring z. B. Reingrafit Federling

### Der Effekt

Der Mediendruck ist vor der Dichtzone schon stark abgebaut. Die selbstdichtende Axialspannung  $P_A$  ist aber voll wirksam. Nach [2] erzeugt jeder Packungsring eine Druckdifferenz  $\Delta p$ , aus der sich wiederum eine resultierende Kraft  $F_{\Delta p}$  ableitet. Diese Kraft entsteht am ersten produktseitigen Packungsring und wirkt als Gradient in Richtung des nächsten Ringes. Der Vorgang wiederholt sich bei jedem Packungsring bis zur Dichtzone. Diese selbstdichtende Kraft aus dem Innendruck baut sich exponentiell auf und wirkt praktisch von innen auf die Dichtzone im oberen Drittel der Stopfbuchse. Diese Dichtzone wird in [3] als kompakte undurchlässige Masse angesehen. Sie wird einerseits von außen über die Brillenkraft und andererseits von innen über das Prinzip der Drosselstrecke durch eine selbstverstärkende Gradienten Kraft zusammengepresst. Die nach diesem Prinzip aufgebaute Stoffbuchspackungen haben einen Druckentlastungsexponenten von  $n \approx 0,35$  (s. S. 25). Das bedeutet, ein Großteil des wirkenden Innendrucks  $p_i$  wird für den selbstdichtenden Effekt genutzt, s. Tabelle (3). Wird dieser effiziente Spannungszustand noch durch eine darauf abgestimmte Stopfbuchsbefederung unterstützt, so lassen sich auch sehr komplizierte Anwendungen sicher beherrschen.

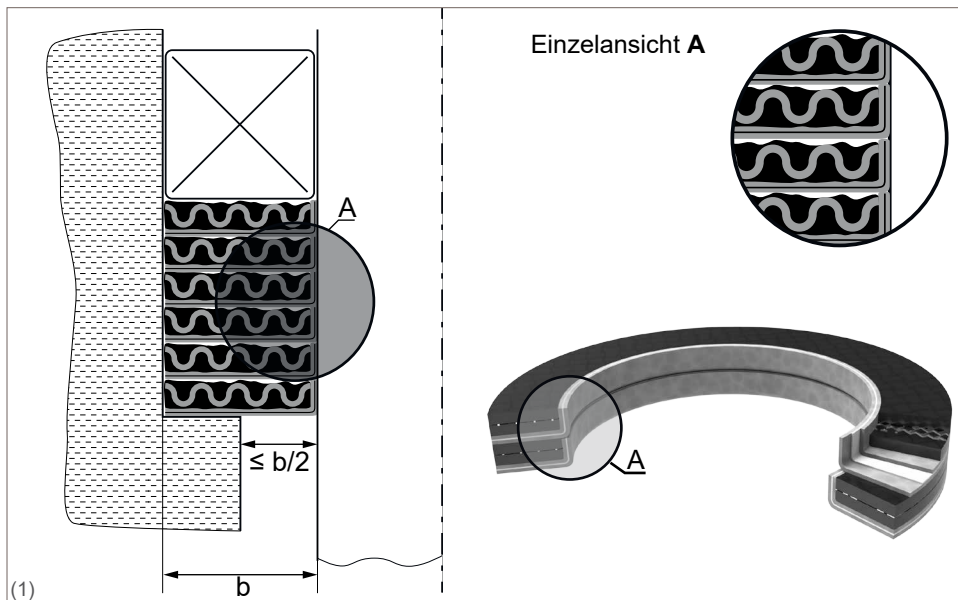
Innendruck $p_i$ [bar]	Selbstdichtender Effekt [%] <sup>1</sup>
10	~ 75
50	~ 90
(3) 100	~ 95

(3) **Selbstdichtender Effekt einer KSD Kombinationspackung mit Drosselstrecke**

<sup>1</sup> Die Werte beziehen sich auf einen Druckentlastungskoeffizienten von  $n = 0,35$ .

## Der Reingrafit Federing

Die Weiterentwicklung unserer TA Luft und Live Loading Packungssysteme war immer eng verbunden mit der Suche neuen Kammerungslösungen. Mit dem patentierten Reingrafit – Federing ist ein Produkt entstanden, das hinsichtlich seiner Funktionseigenschaften neue Maßstäbe setzte. Einsetzbar als Kammerungs- und Grundring, wirkt er mit seinem dauerelastischen Verhalten Relaxationserscheinungen der Packung entgegen. Zu seinem Einsatzbereich zählen extreme Anwendungen, wie die Kammerung von Packungen in Hochdruckarmaturen bis 2500 bar genauso, wie der Einsatz als Grundring in PN40-Edelstahlarmaturen. Sein besonderer Aufbau aus Streckmetall, Reingrafit und Glattblech ermöglicht es, in der Funktion als Grundring, Spaltbreiten bis zu einer halben Packungsbreite sicher zu überbrücken. Durch die innere Bördelung der Glattblech-Grafit-Einlage wird die Spindel perfekt geschützt. Die hochfesten Streckmetalleinlagen verleihen ihm eine extrem hohe Scherfestigkeit bei gleichzeitig hoher Dauerelastizität. Dadurch können unsere Federpakete in TA Luft und Live Loading Anwendungen optimal unterstützt werden.



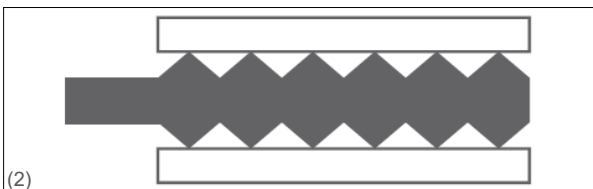
(1) Patentierter Aufbau des Reingrafit Federinges, Mit spezieller Edelstahlmantelung auch fire safe und H2 ready (KSD Patent-Nr. P610408DE)

## Das neue TA Luft und Live Loading Aufsatz- und Flanschabdichtsystem

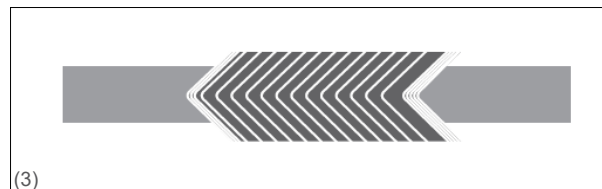
Bisher setzte die KSD GmbH für diese Anwendung erfolgreich Kammprofil- und Spiraldichtungen ein. Auch hier galt, dass die einzusetzenden Weichstoffe ausschließlich aus PTFE oder Reingrafit (> 98 % Reinheit) zu bestehen haben. Speziell für die Abdichtung der Armaturenaufsätze, mit meist beengten Platzverhältnissen, wurden Kammprofildichtungen im Kraft-Haupt-Schluss (KHS) eingesetzt. Durch die konzentrischen, linienhaften Dichtbänder konnte eine hohe Prozesssicherheit schon bei niedrigen Anpresskräften erreicht werden.

Das ist für Armaturenaufsatzflansche wichtig, da hier die Anzahl der Schrauben oft begrenzt ist. Nachteilig bei der Verwendung dieser Dichtungslösung sind deren geringe Elastizität und die Gefahr der Beschädigung der Dichtleiste durch die Kämme.

Für Armaturenrohrleitungsflansche mit glatter Dichtleiste wurden Spiraldichtungen im Kraft-Haupt-Schluss (KHS) favorisiert und bei nicht glatter Dichtleiste Spiraldichtungen im Kraft-Neben-Schluss (KNS). Die hohe Ausblassicherheit und die hohe Elastizität dieses Dichtsystems gegenüber thermisch bedingten Rohrkräften waren dafür ausschlaggebend. Nachteilig beim Einsatz von Spiraldichtungen sind die relativ hohen Dichtpressungen  $\sigma_{\text{krit}}$  zur Anpassung an die Flanschleisten und die im KHS begrenzte Maximalbelastung.



(2)



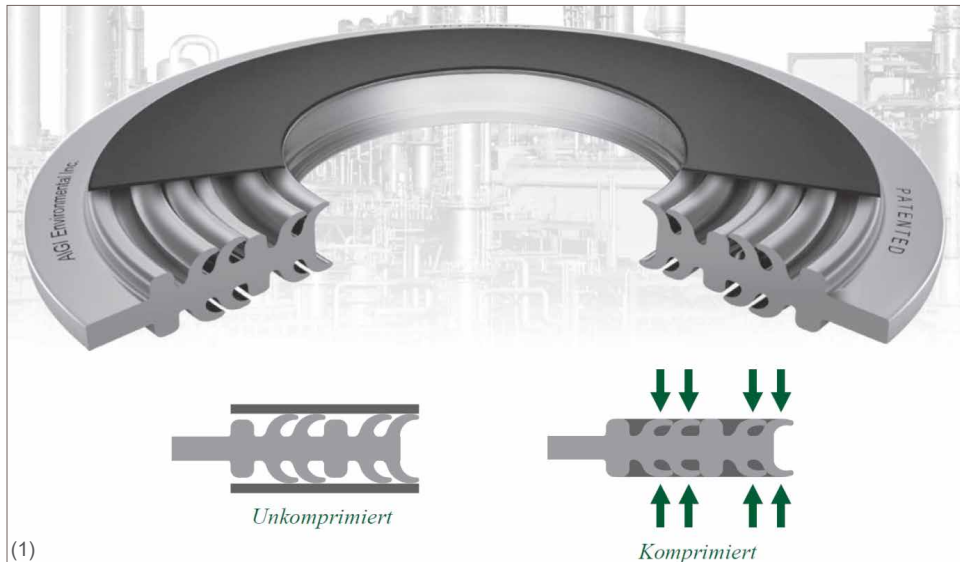
(3)

(2) Kammprofildichtung

(3) Spiraldichtung

## Das Fishbone® Dichtsystem, das Beste aus zwei Welten

Mit der Einführung der neuen TA Luft und Live Loading Stopfbuchsbefederungssysteme können wir außerdem ein neues innovatives und hochwertiges Flanschabdichtsystem einführen, das Fishbone® Dichtsystem.



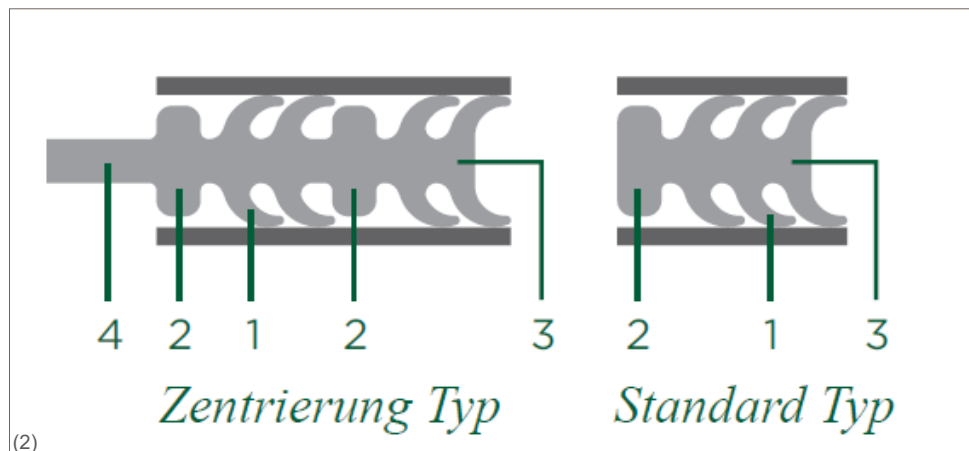
(1) Die Fishbone® Dichtung ein patentiertes Produkt der AGI Environmental INC.

Dieses neue Dichtsystem vereint das Beste aus zwei Welten, der Welt der Kammprofilabdichtungen und der Welt der Spiraldichtungen. So können die beiden Einsatzbereiche für hochwertige Flanschdichtungen an Armaturen künftig vereinheitlicht werden. Der Typ Standard ist für Armaturenaufsätze und der Typ Zentrierung ist für Armaturenflansche vorgesehen.

Mit einer kombinierten Dichtzone aus Grafit und Mica (außen) erfüllen die Fishbone Dichtungen mit einem Edelstahlträger auch die Anforderungen nach fire safe und H2 ready (KSD Patent Nr. P649209DE).

### Fishbone® Typen

- 1 Konzentrisch abgeschrägte Lamellen
- 2 Stopper für einen integrierten Kraft Neben Schluss (KNS).
- 3 Effiziente Nutzung des Mediendruckes für einen selbstdichtenden Effekt.
- 4 Einheitliches Design mit oder ohne Zentrierring



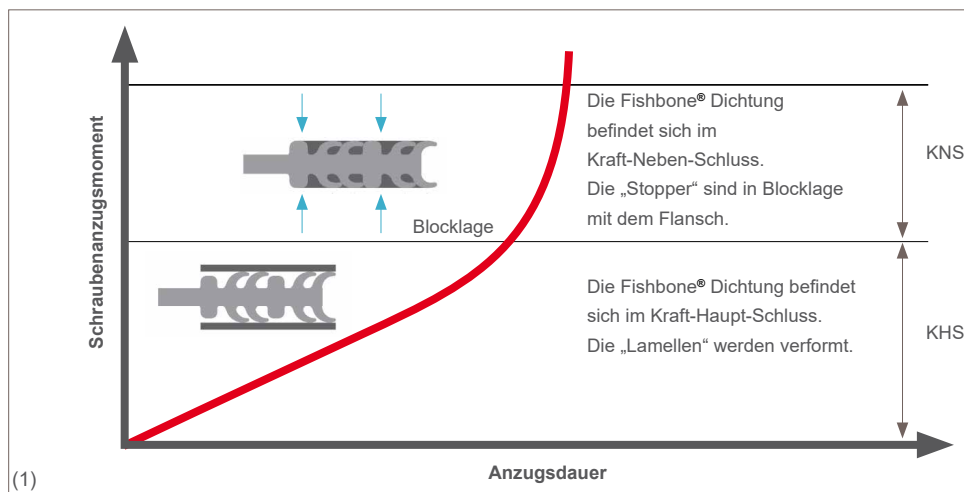
(2) Fishbone® Typen

(2)

Die konzentrisch umlaufenden Lamellen bilden geschlossene linienhafte Dichtbänder mit hoher definierter Pressung, so dass bereits sehr niedrige Anpresskräfte ausreichen, um das System prozesssicher zu machen. Mit der bewusst herbeigeführten Deformation der Lamellen wird die Weichstoffauflage eingeschlossen, und damit eine hohe Ausblassicherheit gewährleistet. Durch die spezielle Formgebung der Lamellen werden Beschädigungen an den Flanschleisten praktisch ausgeschlossen. Und es wird eine hohe Flexibilität und Elastizität erreicht.

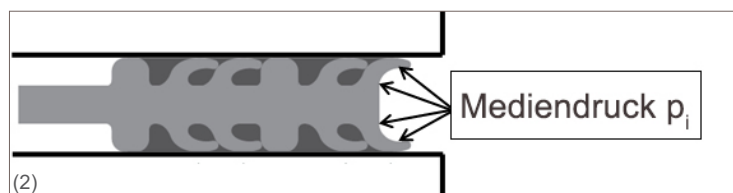
Die in der Fishbone® Dichtung integrierten „Stopper“ stellen den inneren Kraft-Neben-Schluss (KNS) der Dichtung immer sicher und garantieren dadurch eine sehr hohe Druckstandfestigkeit. Mögliche Überlastungen der Dichtung werden so vermieden. Bei Erreichen der inneren Blocklage erhöhen sich die Anzugsmomente merklich.

Dieser einfache, aber sehr wirksame Kontrollmechanismus bei der Montage dieses Dichtungssystems ist eine herausragende Eigenschaft der Fishbone® Dichtung und hilft Montagefehler wirksam zu vermeiden.



(1) Der Kontrollmechanismus der Fishbone® Dichtung während der Montage

Eine weitere herausragende Eigenschaft ist die Nutzung des Mediendruckes für einen selbstdichtenden Effekt.



(2) Nutzung des Mediendruckes für einen selbstdichtenden Effekt



Eine Funktionalität, die bis heute in den gängigen Berechnungsunterlagen für Flanschdichtungen leider keine Berücksichtigung findet. Nicht so bei den Autoren dieser Broschüre, die bereits Anfang der 1990er Jahre ein allgemeines Berechnungsmodell für statische und quasistatische Berührungsdichtungen entwickelten, das an Aktualität bis heute nichts verloren hat. Dieses Berechnungsmodell setzt genau diese Funktionalität in das Zentrum der Betrachtung. [1]

Der Arbeitsbereich aller Berührungsdichtungen wird durch zwei Extreme eingegrenzt:

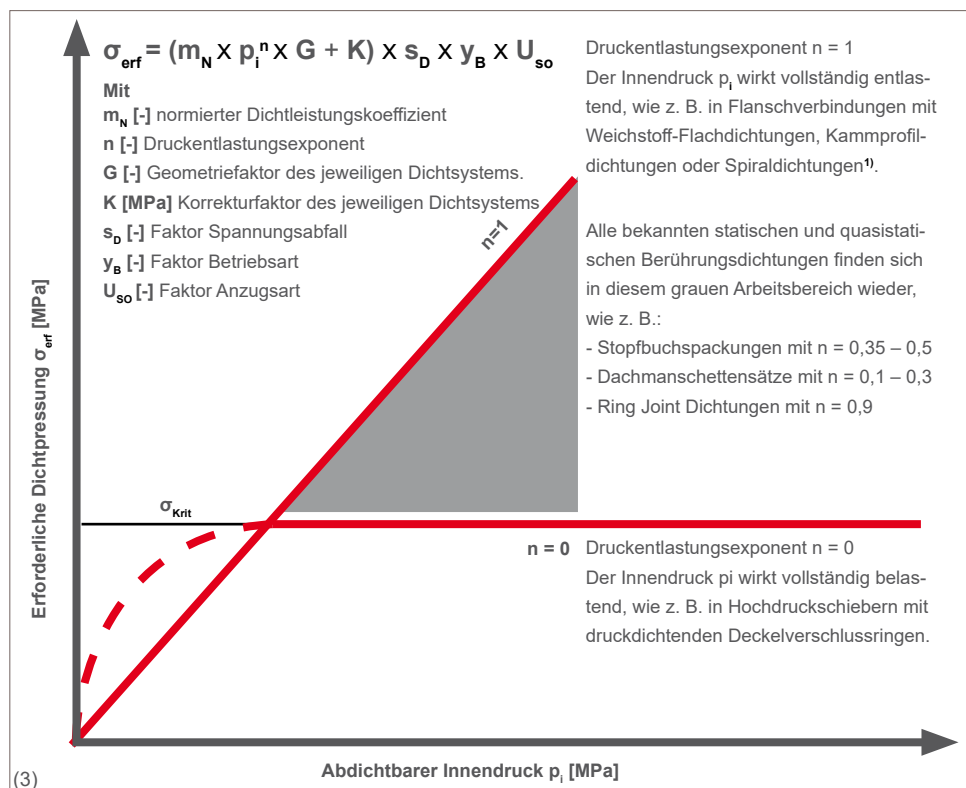
**a) Der Innendruck  $p_i$  wirkt vollständig entlastend.**

Dieser Grenzwert liegt in fast allen Flanschabdichtungen vor, wenn Weichstoff-Flachdichtungen, Kammprofilabdichtungen oder Spiraldichtungen<sup>1</sup> zum Einsatz kommen.

**b) Der Innendruck  $p_i$  wirkt vollständig belastend.**

Diesen Grenzwert finden wir in Hochdruckschiebern mit einem druckdichtenden Deckelverschluss vor.

(3) Allgemeines Berechnungsmodell für statische und quasistatische Berührungsdichtungen der Armaturenindustrie



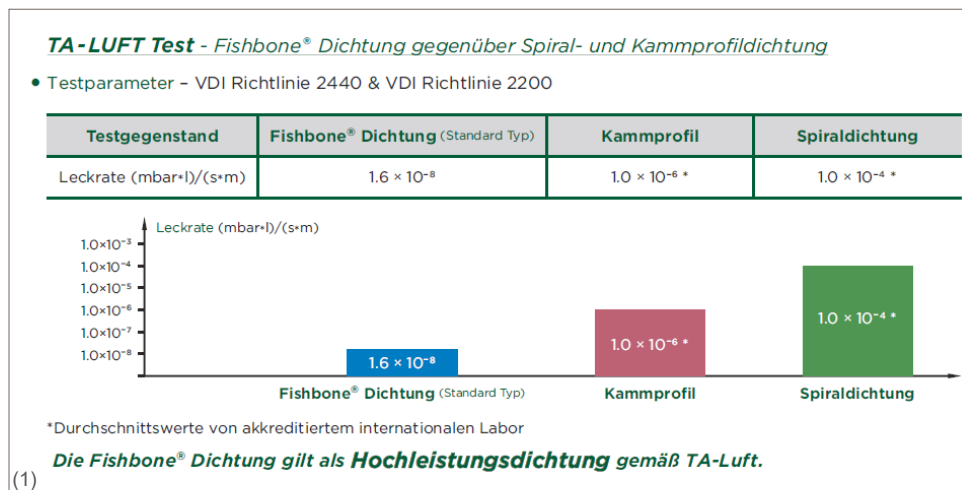
<sup>1</sup> Bei Spiraldichtungen ist der selbstdichtende Effekt durch die Lamellen ebenfalls gegeben, aber die Mehrfachwicklung zur Stabilisierung und der zusätzliche innere Stützring verhindern diesen Effekt weitestgehend.

<sup>2</sup> Bei Ring Joint Dichtungen entsteht der selbstdichtende Effekt durch eine Innendruck bedingte minimale Aufweitung der Dichtung. [4]

Obwohl am häufigsten eingesetzt, sind Flanschabdichtungen mit Weichstoff-Flachdichtungen, Kammprofilabdichtungen oder Spiraldichtungen das ineffizienteste Dichtsystem innerhalb der Gruppe statischer oder quasistatischer Berührungsdichtungen. Sie vermögen es nicht, wie andere Dichtsysteme den Innendruck  $p_i$  vollständig oder teilweise als Abdichthilfe zu nutzen.

Die Fishbone® Dichtung mit einem Druckentlastungsexponent von  $n \approx 0,8$  setzt hier neue Maßstäbe. Sie ist die erste Metall-Verbund-Flachdichtung, die den Makel einer vollkommen entlasteten Flanschdichtung durchbricht und aufzeigt, wie der Mediendruck  $p_i$  für einen teilweise selbstdichtenden Effekt genutzt werden kann.

Die Vergleichsergebnisse mit anderen bekannten Dichtsystemen sprechen für sich.



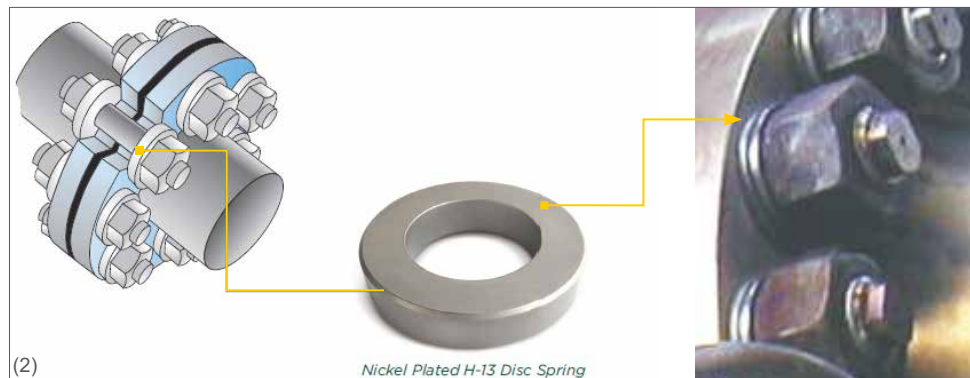
(1) TA Luft Test  
Fishbone®  
Dichtung

Unser Ziel, ein Flansch-Dichtsystem einzuführen, das nicht nur eine beeindruckend niedrige Leckage im Prüfzustand erreicht, sondern diese auch im Betriebszustand durch einen selbstdichtenden Effekt sehr lange aufrecht erhalten kann, wurde mit der Fishbone® Dichtung erreicht.

## Unser TA Luft und Live Loading Flanschbefederungssystem

Für extreme Belastungen, wie z. B. wechselnde thermische Bedingungen, überlagert mit pulsierenden Mediendrücken oder Systeme mit häufigen An- und Abfahrprozessen, bieten wir zusätzlich unser Flanschbefederungssystem an.

(2) Flanschbefederungssystem



Hierfür kommen vorgesetzte Spannscheiben zur Anwendung, in verschiedenen, auf die Prozesstemperatur abgestimmten Werkstoffvarianten. Diese Spannelemente sind standardisiert für alle gängigen metrischen und zölligen Schraubengrößen. Mit der Konzentration auf die neue Fishbone® Flachdichtung haben wir auch unser Flanschbefederungssystem optimiert.

Die zwei nachfolgend aufgeführten Werkstoffvarianten sind unsere Vorzugsreihen:

Spannscheiben Werkstoff	Streckgrenze [N/mm <sup>2</sup> ]	E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]	Temperatur- einsatzgrenze	Korrosions- schutz
1.2344 (H13) X40CrMoV5-1	423	210	-150 °C bis +450 °C kurzzeitig bis 500 °C	nickelbeschichtet
1.4568(17-7PH) X7CrNiAl17-	280	180	-200 °C bis +300 °C kurzzeitig bis 330 °C	

Im Ergebnis dessen, können wir heute Lösungen anbieten, die entweder die Standzeiten des bisherigen Systems deutlich übertreffen oder Low-Cost Lösungen, die sich an die bewährten Ergebnisse orientieren aber mit deutlich weniger oder leichteren Federelementen auskommen.

## Literaturverzeichnis

[1] Dr. Ing. J. Kästner; Dr. rer. nat. M. Hentrich; Dipl. Ing. A. Reinecke, Überarbeiteter Nachdruck aus „Auslegung und Berechnung von Armaturenstopfbuchsen und Flanschverbindungen“, Chemie Technik 20 (1991) 11; S. 87 – 92.

[2] Thomson, J.L A Fundamental Analysis Proceedings of the Inst. of. Mech. Engin. (1958), vol. 172 Nr12, S. 471-486

[3] Danny, D.F. & Turnbull, D.E; Sealing characteristics of Stuffing box Seals for rotating Shafts. Proc. Instu. Mech. Engrs., 174; (1960), 6; S.271-291

[4] Tücmantel , H.-J; Die Optimierung statischer Dichtungen; 2. Auflage; (1984)  
ISBN –Nr.: 3-88432-002-5

## Herausgeber

Köthener Spezialdichtungen GmbH  
OT Kleinwülknitz  
Deltaplatz 1  
D-06369 Köthen (Anhalt)

## Kontakt

**Köthener Spezialdichtungen GmbH**  
**OT Kleinwülknitz**  
**Deltaplatz 1**  
**D-06369 Köthen (Anhalt)**

**Dr. Ing. Jürgen Kästner**  
**Tel.:** +49 (0) 3496 5080-11  
**Fax.:** +49 (0) 3496 5080-20  
**E-Mail:** j.kaestner@ksd-de.com

**Dipl. Ing. Steffi Kästner**  
**Tel.:** 49 (0) 3496 5080-10  
**Fax.:** +49 (0) 3496 5080-20  
**E-Mail:** s.kaestner@ksd-de.com

Layout Ines Schmiegel