



# Fachseminar Dichtungstechnik

30.11.2023

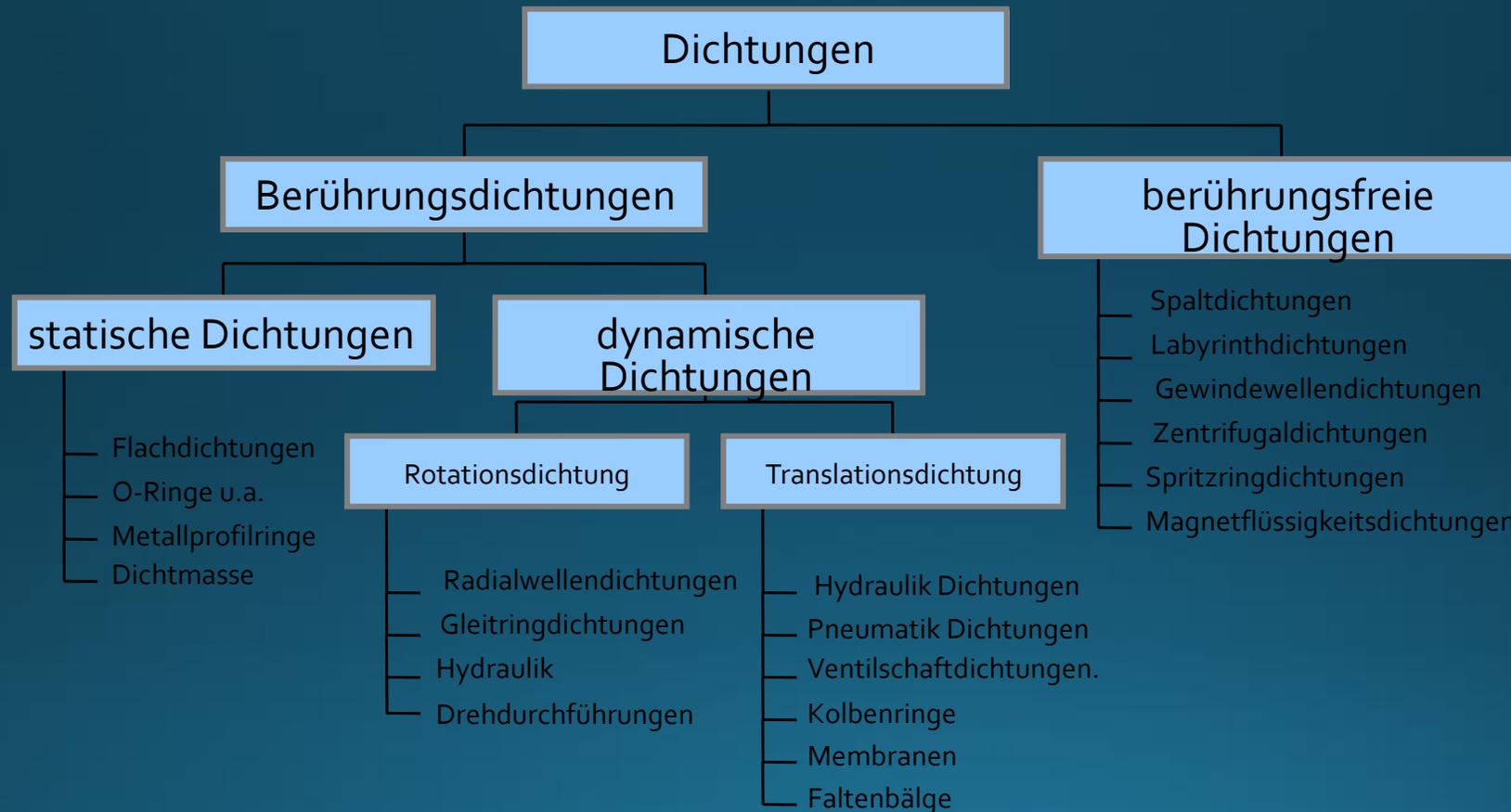
Patrick Schopp



Dichtsysteme für fluidtechnische Anwendungen

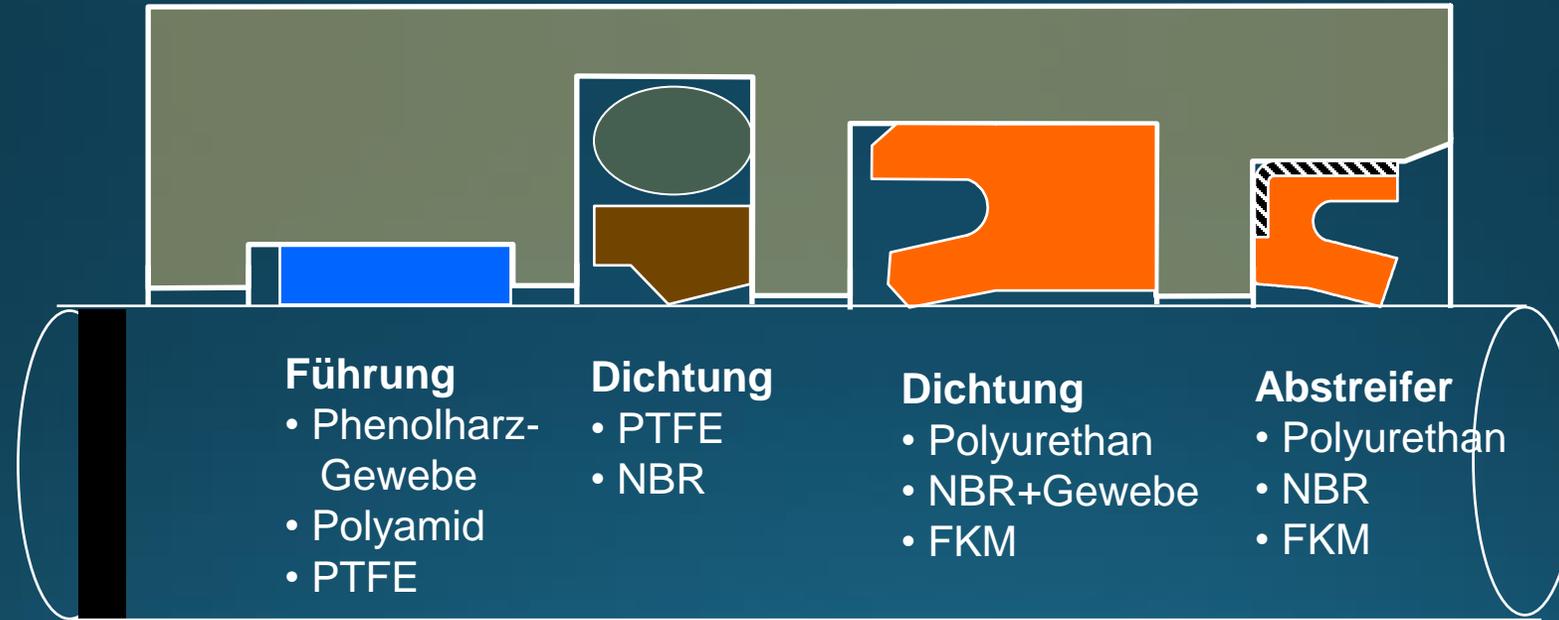
# Dichtungstypen

## Übersicht

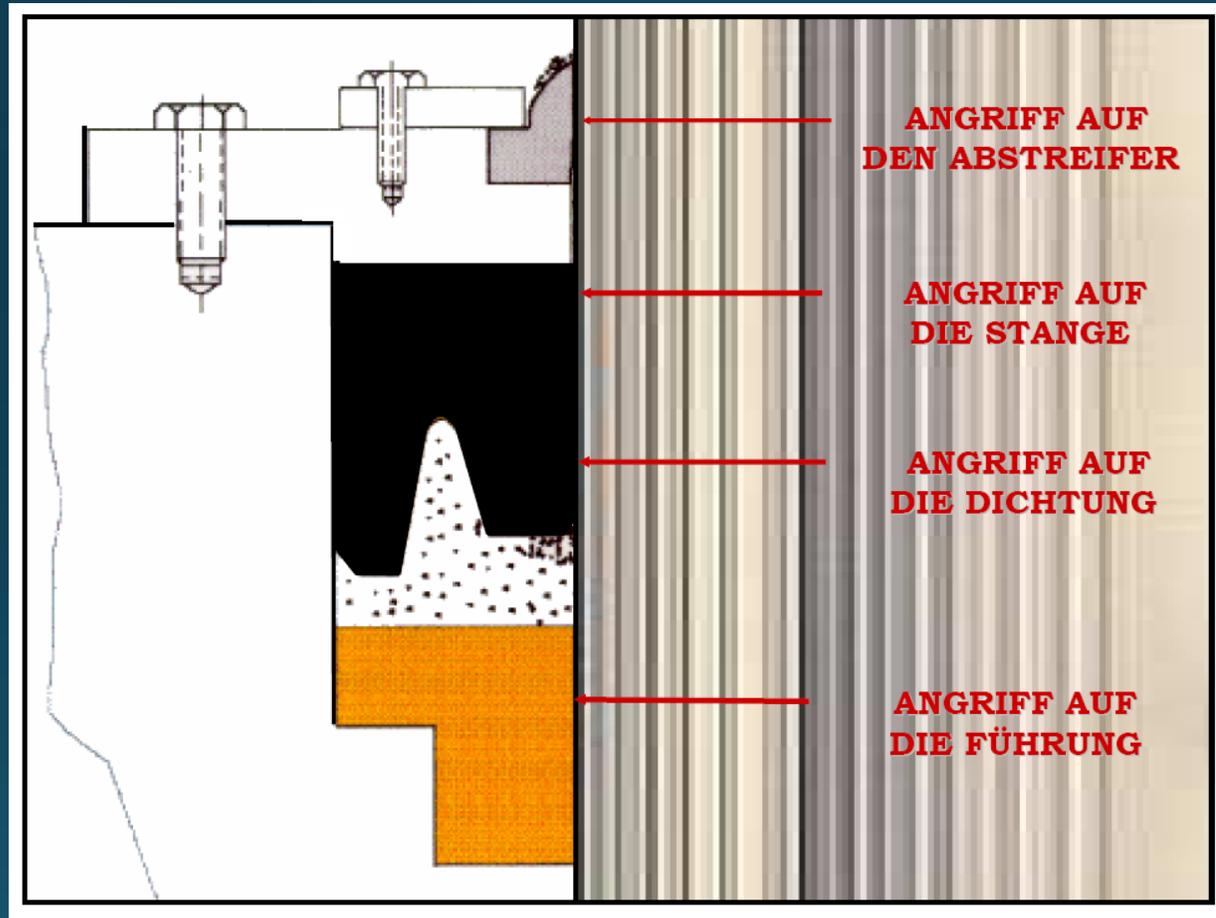


# Beispiel Dichtelemente und Werkstoffe

- **Aus marktueblicher Sicht (VDMA)**



# „Ineffektives“ Dichtungssystem

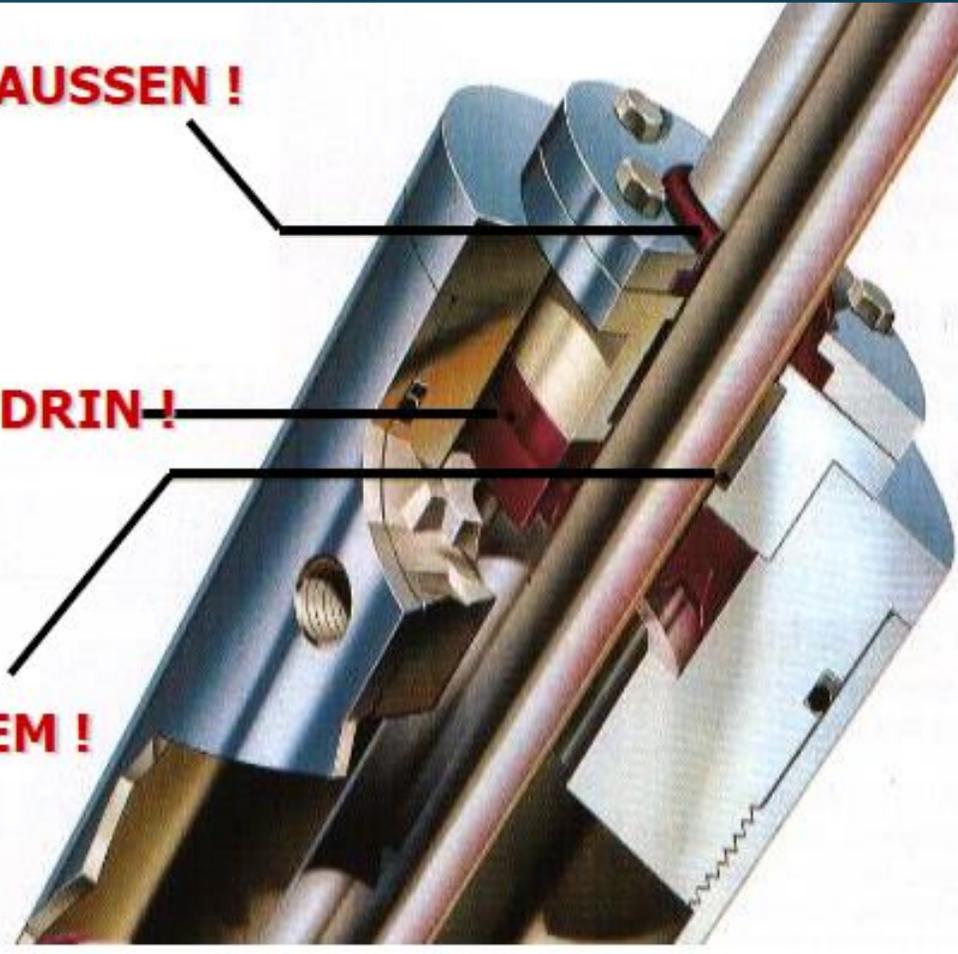


# Das 1-2-3

**1. LASS DEN SCHMUTZ DRAUSSEN !**

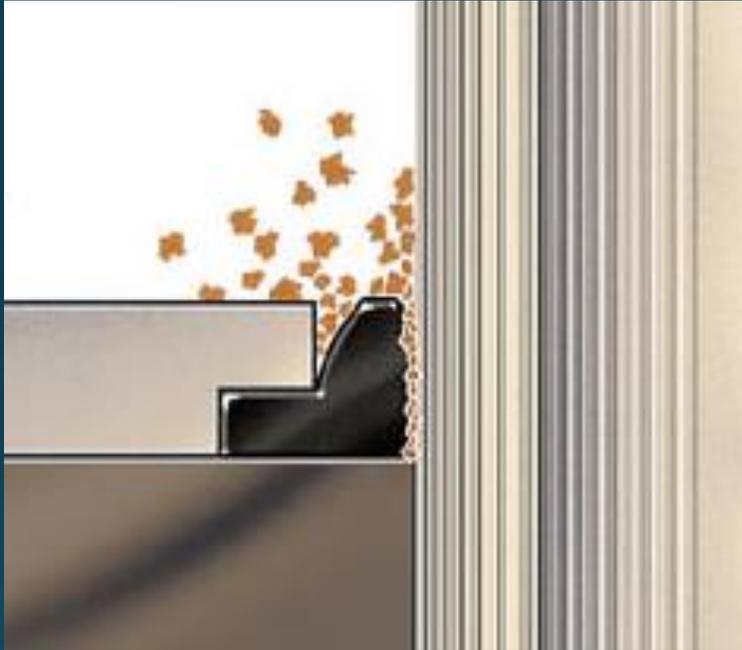
**2. LASS DIE FLUESSIGKEIT DRIN !**

**3. UNTERSTUETZE DAS SYSTEM !**

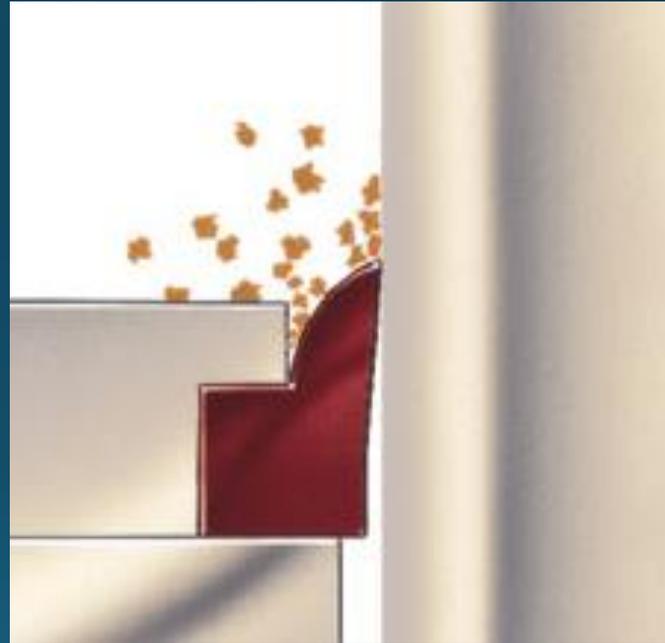


1. Abstreifer

(las den Schmutz draußen)

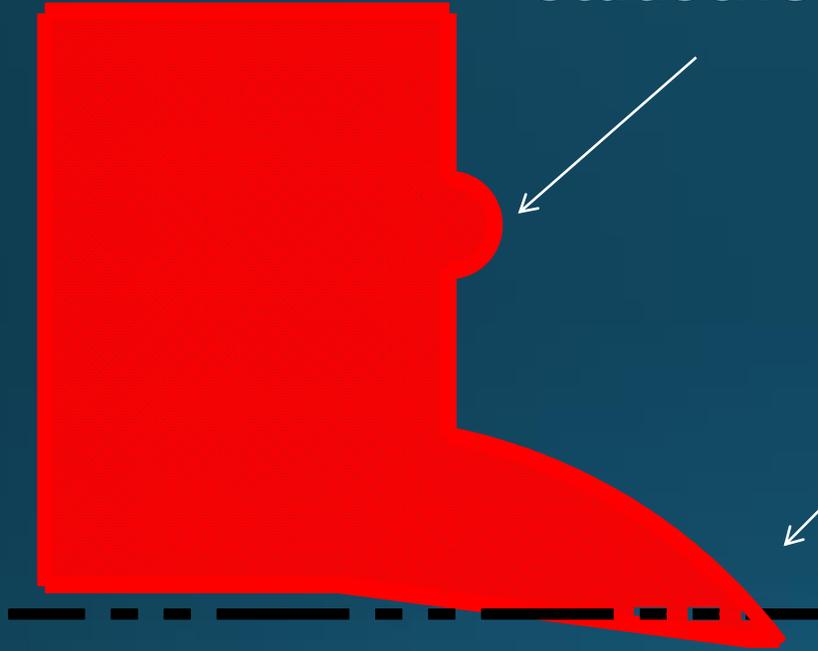


**Ineffektiver Abstreifer**



**Effektiver Abstreifer**

statische Dichtung und scharfe Lippe



## **MINDESTANFORDERUNGEN AN EINEN ABSTREIFER:**

- **hohe Abnutzungs- und Abriebbeständigkeit**
- **(Dauer-) Elastisch ( -50 C bis +110 C )**
- **Selbstschmierend / Trockenlauf geeignet**
- **Niedriger Reibungskoeffizient/Loßbrechmoment**

# 2. Dichtung (las das Fluid drin)

# Dichtungstypen

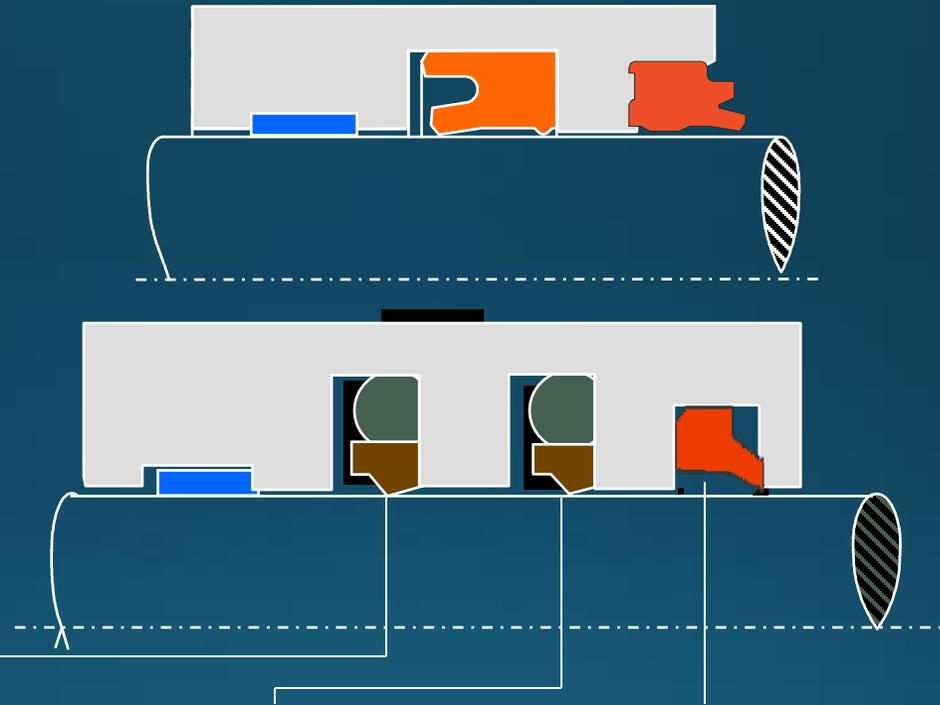
## Stangendichtungen u. -führungen

### Einzelichtung

- + Konstruktion
- + Bauhöhe
- + Kosten

### Dichtsystem

- + Lebensdauer
- + Dichtheit
- Konstruktion
- Bauhöhe
- Kosten



### Primärdichtung

(Vorschaltdichtung)

- hoher Druck
- Verschleiß, begrenzte Leakage
- Rückfördervermögen

### Sekundärdichtung

- geringer Druck
- wenig Verschleiß
- hohe Dichtheit

### Abstreifer

einfach- oder  
doppeltwirkend

# Einflussgrößen auf Dichtmechanismus und Reibung

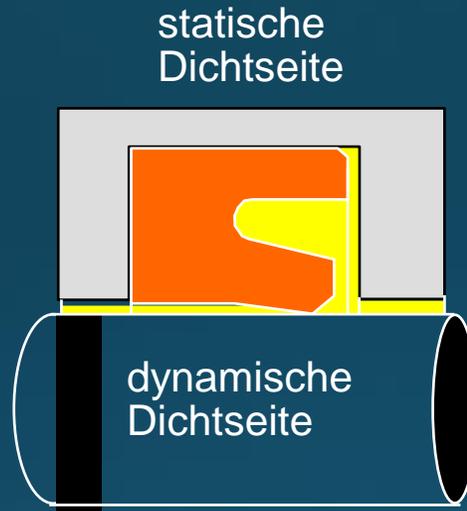
Einflüsse auf den Dicht- und Gleitprozeß von Hydraulikdichtungen



**Einbauraum**  
Spalt  
Führungsspiel  
Toleranzen  
Gehäusewerkstoff

**Umgebungsbedingung**  
Schmutz/ Späne  
Temperatur

**Dichtung**  
Pressung und Pressungsverteilung  
Werkstoff  
Design/ Abmessung

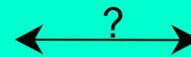


**Gegenauflfläche**  
Mikrogeometrie Rauheit  
Oberflächenschichten im Kontakt

**abdichtendes Medium**  
Schmutz/Luft im Medium  
Beständigkeit

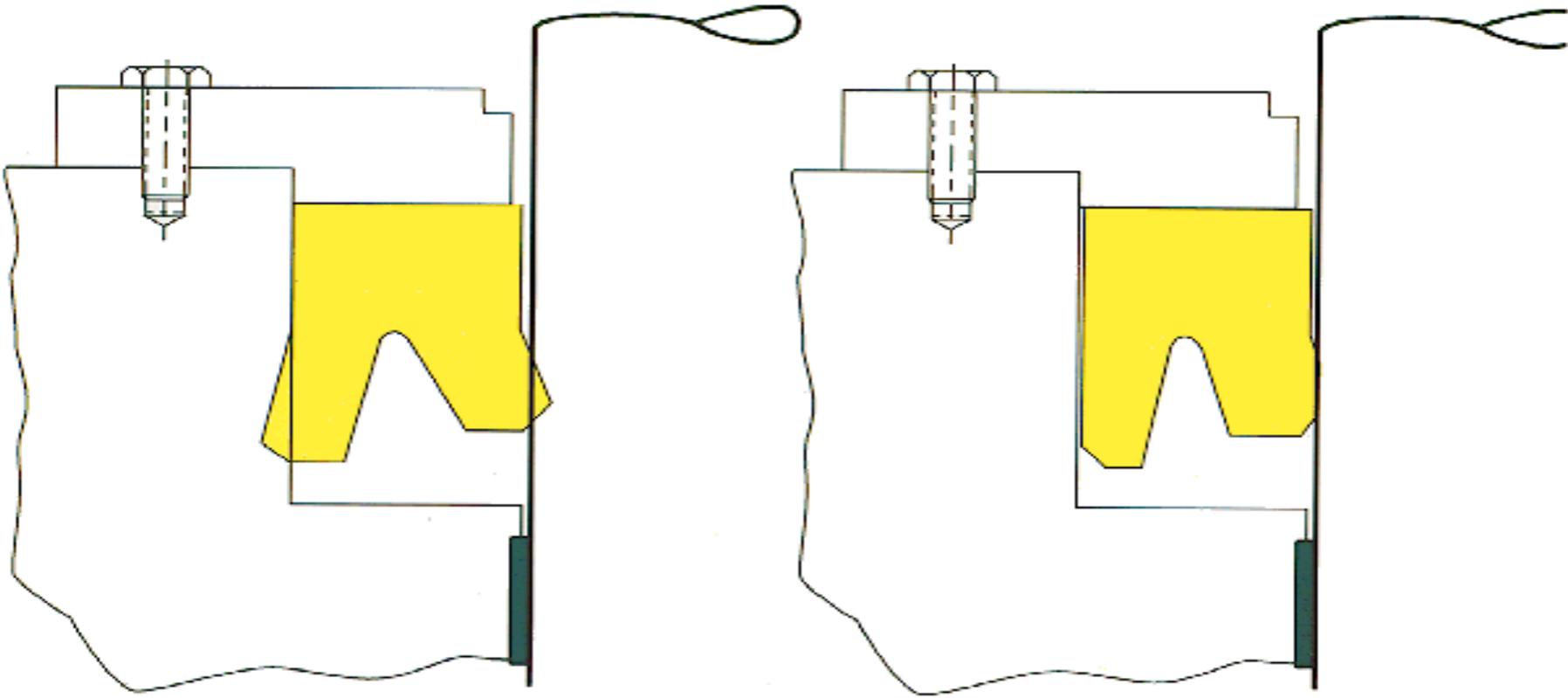
**Betriebsbedingungen**  
Gleitgeschwindigkeit  
Hubfrequenz  
Stillstandszeit  
Bewegungsrichtung  
Druck  
Temperatur  
Zwischendruck

**Dichtheit**

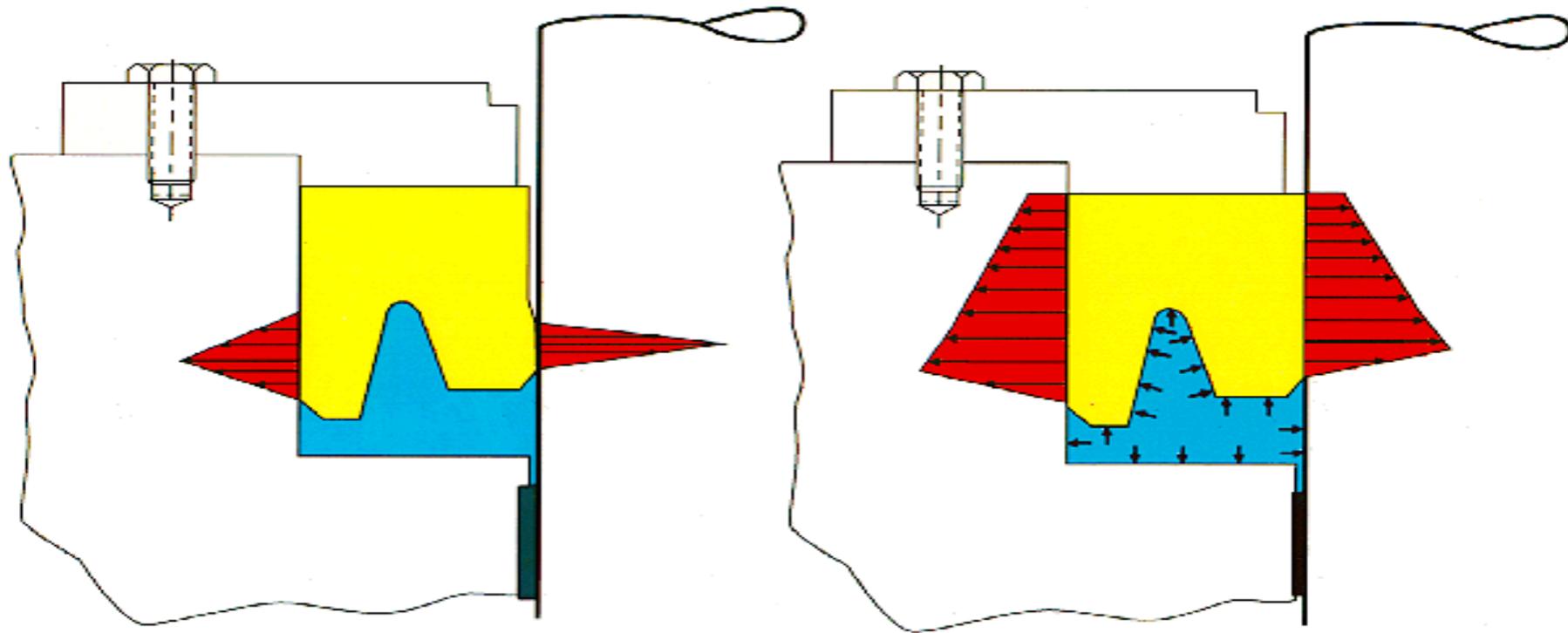


**Reibung**

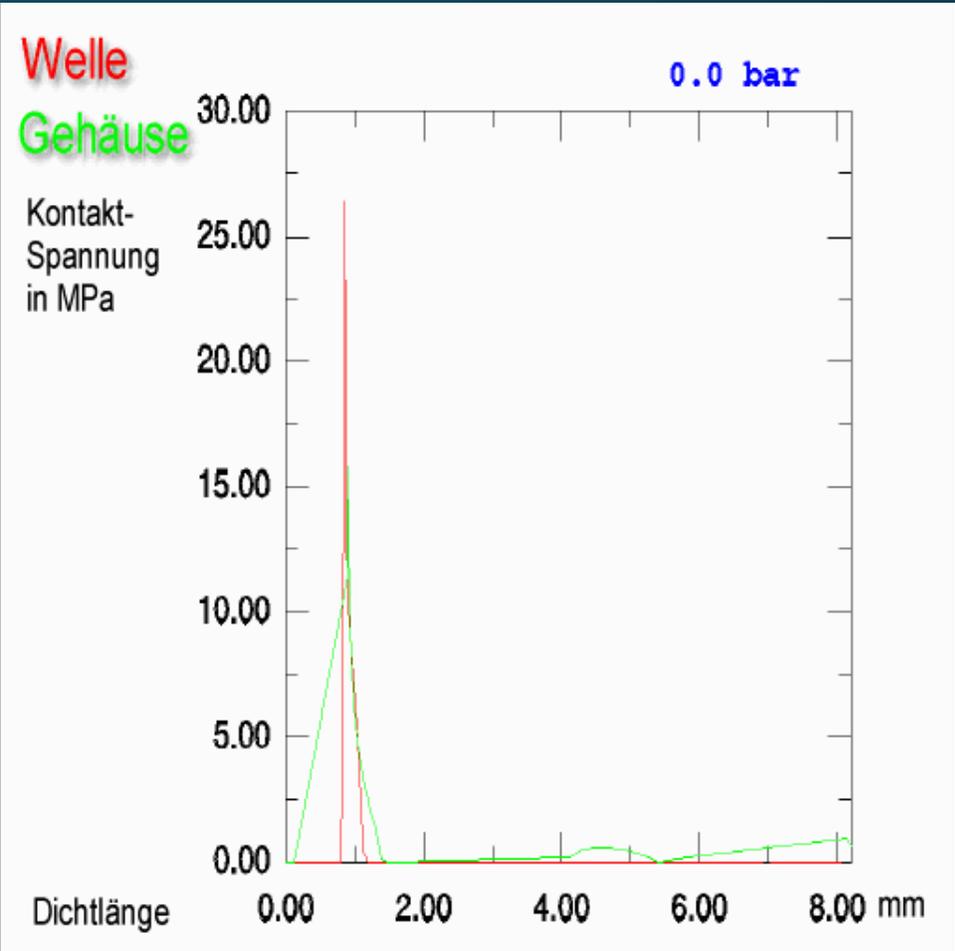
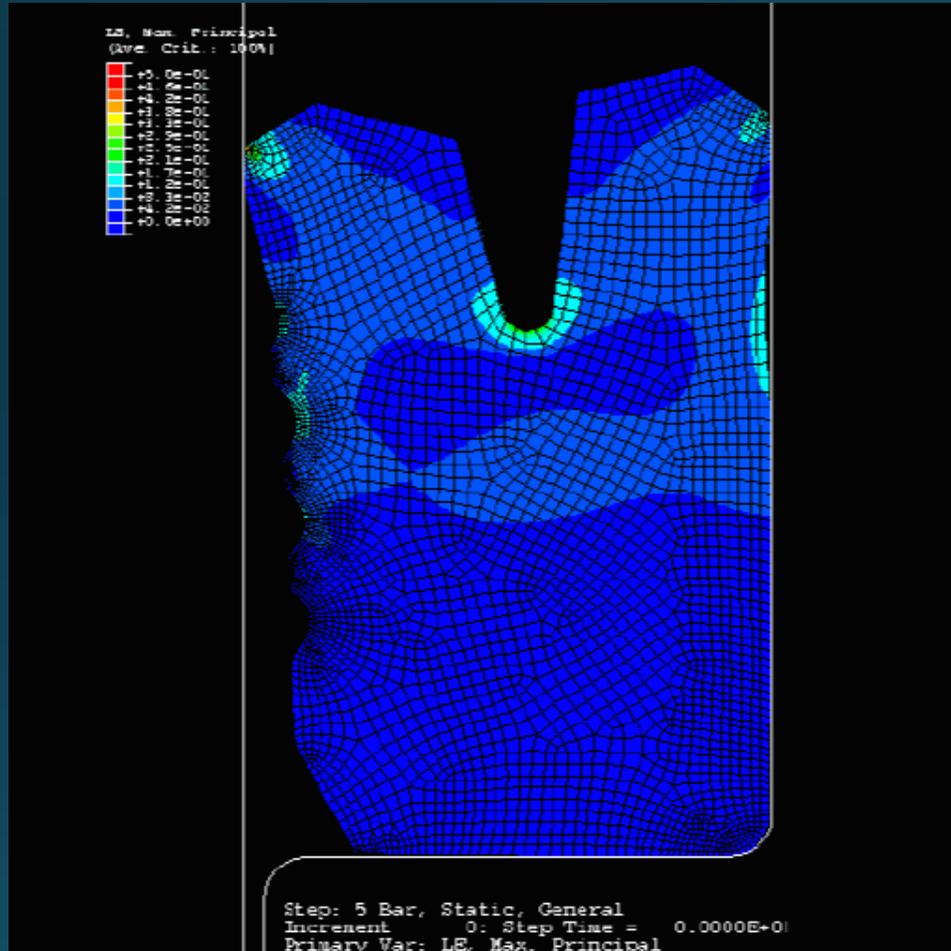
**Kompromiss**



**Was ist eine Dichtung...**



**Was ist eine Dichtung...**

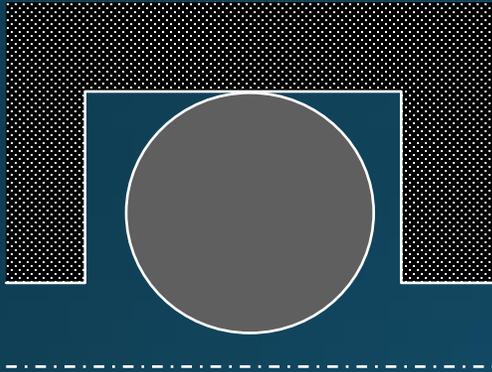


# Dichtungstypen

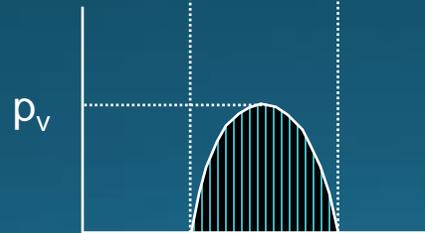
Statische Dichtungen/Dichtmechanismus

- 

entspannter O-Ring

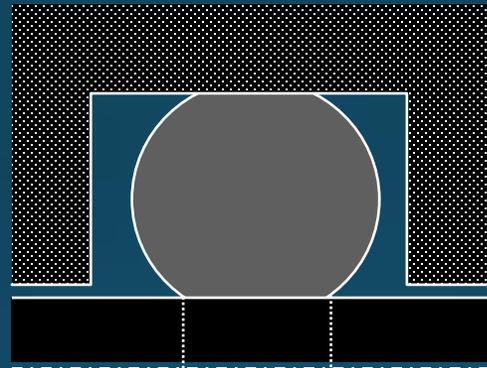


Pressungsverteilung:

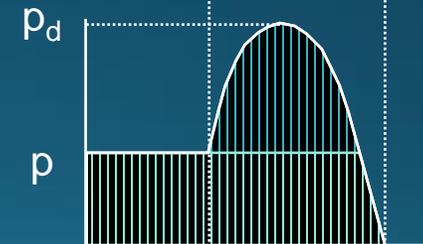
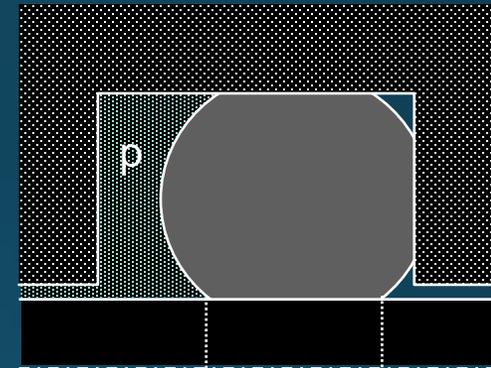


Vorpressung

verpreßter O-Ring



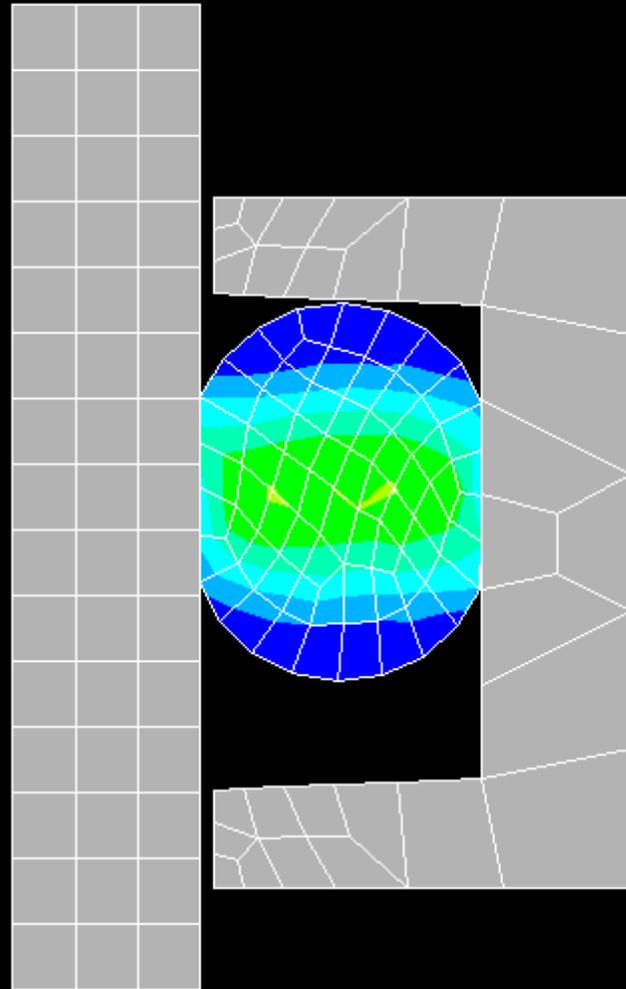
druckbelasteter O-Ring



Automatische Dichtwirkung

$$p_d = p + p_v$$

1



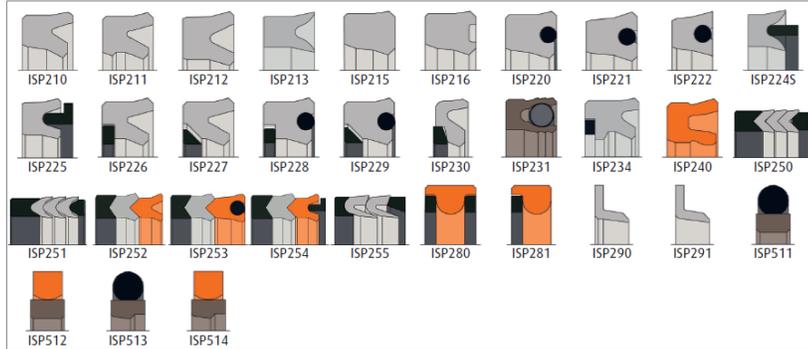
ANSYS 5.4  
MAR 2 2000  
11:49:05  
NODAL SOLUTION  
TIME=1  
SEQV (AVG)  
PowerGraphics  
EFACET=1  
AVRES=Mat  
DMX =.7  
SMX =1325  
Color scale values:  
0.057005  
.383018  
.70903  
1.035  
1.361  
1.687  
2.013  
2.339  
2.665  
2.991

/NEST/EAGLE/IGES/MODEL.IGS

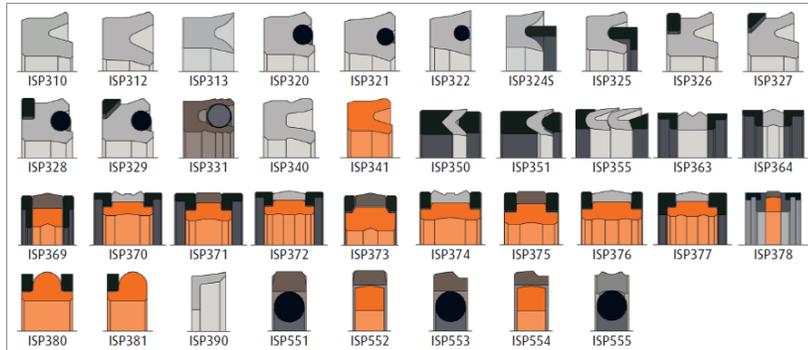
# Große Material- und Profilauswahl.....

## PROFILÜBERSICHT

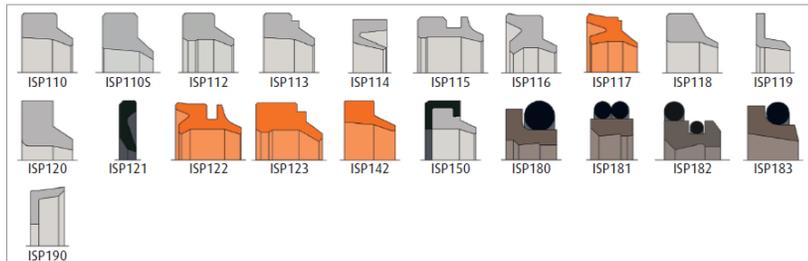
### Stangendichtungen



### Kolbdichtungen



### Abstreifer



## GÄNGIGE WERKSTOFFE - AUSZUG



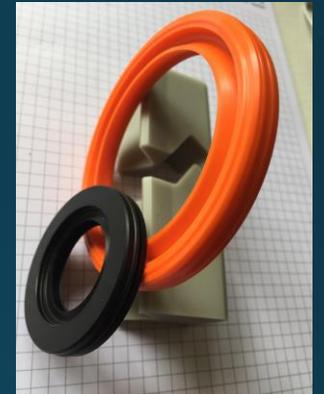
Unsere **Premium Polyurethan-Materialien ISM 10** in 95 Shore A und **ISM 11** in 85 Shore A Härte mit hocheffizienter Innenschmierung sind bis 2m Durchmesser auch kurzfristig verfügbar.

Das weichere 85 Shore A Material **ISM 11** ist hervorragend für beschädigte Gegenläufflächen, Anwendungen mit geringem Druck (z.B. Pneumatik) oder zur leichteren Montage bei sehr kleinen Dichtungen geeignet.

Durch die **Einbindung eines exklusiven, hocheffizienten Schmierstoffs in unseren Polyurethanmaterialien** werden Losbrechmoment/Haftreibung und Reibwert/Gleitreibung erheblich verbessert – bis hin zur Trockenlauffähigkeit. Durch die signifikante Reduktion des Materialabriebs werden Standzeitverlängerungen bzw. längere Anlagenverfügbarkeiten erreicht.

Unsere Werkstoffe sind unter härtesten Einsatzbedingungen erprobt und auf die Erfüllung der Normen wie z.B. KTW, FDA, 3A-sanitary geprüft.

IST Code	Materialbeschreibung	Farbe	Shore Härte	min. Temp. C°	max. Temp. C°
ISM 10	Premium IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	grau	95 Shore A	-30	110
ISM 11	Premium IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	orange	85 Shore A	-40	100
ISM 12	Hochtemperatur IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	nachtblau	95 Shore A	-30	135
ISM 13	Tieftemperatur IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	dunkelblau	95 Shore A	-50	105
ISM 20	HPU 95 Standard	rot	95 Shore A	-30	110
ISM 21	HPU Tieftemperatur	nachtblau	95 Shore A	-50	105
ISM 22	HPU FDA	weiß	95 Shore A	-40	100
ISM 23	HPU 57 Shore D	dunkelrot	57 Shore D	-25	110
ISM 24	PU 95	dunkelgrün	94 Shore A	-30	110
ISM 25	HPU 85 Shore A	weissgrün	85 Shore A	-40	95
ISM 26	HPU Hochtemperatur	dunkelblau	95 Shore A	-30	130
ISM 30	NBR 85 standard	schwarz	85 Shore A	-35	100
ISM 31	NBR 90	schwarz	90 Shore A	-30	110
ISM 32	NBR FDA	weiß	88 Shore A	-30	105
ISM 33	NBR Tieftemperatur	schwarz	82 Shore A	-45	90
ISM 35	H-NBR standard FDA	grün	82 Shore A	-30	150
ISM 36	H-NBR 95	schwarz	95 Shore A	-20	150
ISM 38	EPDM standard	schwarz	88 Shore A	-40	130
ISM 39	EPDM FDA	weiß	87 Shore A	-40	130
ISM 40	FPM standard FDA	braun	85 Shore A	-25	220
ISM 42	FPM spezial FDA	weiß	84 Shore A	-25	210
ISM 45	AFLAS®	schwarz	85 Shore A	-10	220
ISM 50	PTFE rein (FDA Material, EN1934/2004)	weiß	55 Shore D	-200	260
ISM 51	PTFE 10% Wollastonite (FDA Material)	weiß	55 Shore D	-200	260
ISM 52	PTFE 40% Bronze	braun	60 Shore D	-200	260
ISM 53	PTFE 60% Bronze	braun	60 Shore D	-200	260
ISM 54	PTFE 15% Kohle	grau/schwarz	62 Shore D	-200	260
ISM 55	PTFE 25% Kohle	schwarz	62 Shore D	-200	260
ISM 56	PTFE 15% Glasfaser & 5% MOS	grau	58 Shore D	-200	260
ISM 57	PTFE 10% Polyimid	gelb/braun	58 Shore D	-200	260
ISM 60	POM (FDA Material, EN1934/2004)	weiß	85 Shore D	-50	90
ISM 65	Nylon mit MOS <sub>2</sub>	schwarz	85 Shore D	-40	110
ISM 66	Nylon	beige	85 Shore D	-40	110
ISM 70	MVQ Silikon FDA	weiß	84 Shore A	-50	210
ISM 71	MVQ Silikon FDA	blau	84 Shore A	-50	210
ISM 80	PEEK natur (FDA Material, EN1934/2004)	beige		-65	240
ISM 85	PE-UHMW (FDA Material, EN1934/2004)	weiß	63 Shore D	-200	60
ISM 86	PE-UHMW HT (FDA Material, EN1934/2004)	weiß	63 Shore D	-200	100
ISM 100	PTFE-Bronze			-200	200
ISM 105	PTFE-Kohle			-200	260
ISM 110	Hartgewebe Grafit			-40	130
ISM 115	Hartgewebe PTFE			-40	130



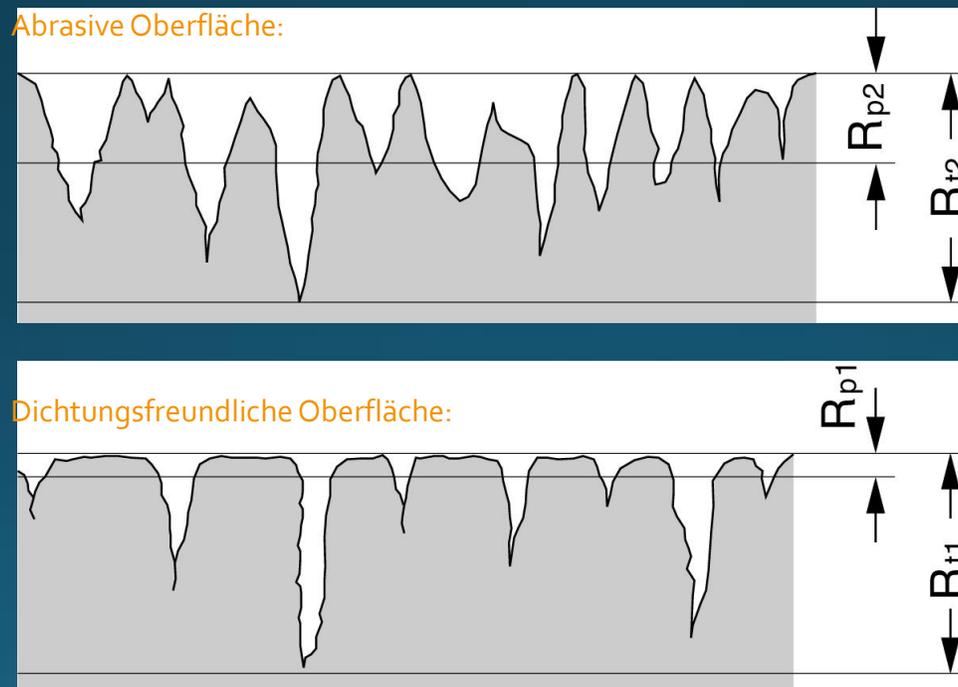
# Reibwertfaktoren:

( Drockenlauf)

- **Nitrile (NBR).....1.50**
- **TFE (Aflas).....1.40**
- **EPDM.....1.20**
- **FKM .....0.85**
- **Carboxilated Nitrile(HNBR)....0.80**
- **PU Polymer.....0.35**
- **HPU lubricated.....0.18**
- **PTFE.....0.10**

# „Dichtungsfreundliche“ Oberflächen (1)

- Die mit Dichtungen in Berührung kommenden Oberflächen sollen frei von scharfen, spitzigen Bearbeitungsspuren sein. Schleifen als letzter Arbeitsgang für dynamisch abzudichtende Oberflächen ist aus dichtungstechnischer Sicht nicht ausreichend. Es sollte unbedingt ein Poliervorgang nachfolgen.



# **Oberflächen für Nutringe (Lippendichtungen)**

Dynamisch: 0,2-0,6 Ra

Statisch: 0,8-1.2 Ra

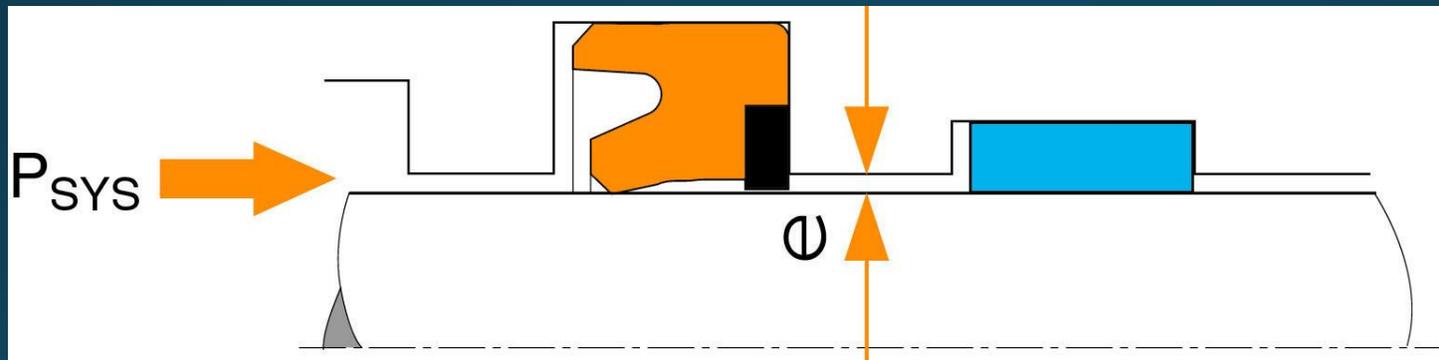
# **Oberflächen für Gleitringe**

Dynamisch: unter 0,2 Ra

Statisch: bis 1,6 Ra

# Spalte

- Das Spaltmaß „e“ zwischen bewegten Bauteilen ist minimal zu halten, um Spaltextrusion der Dichtkörper zu vermeiden (Abhilfe durch Antiextrusions-/ Backringe).



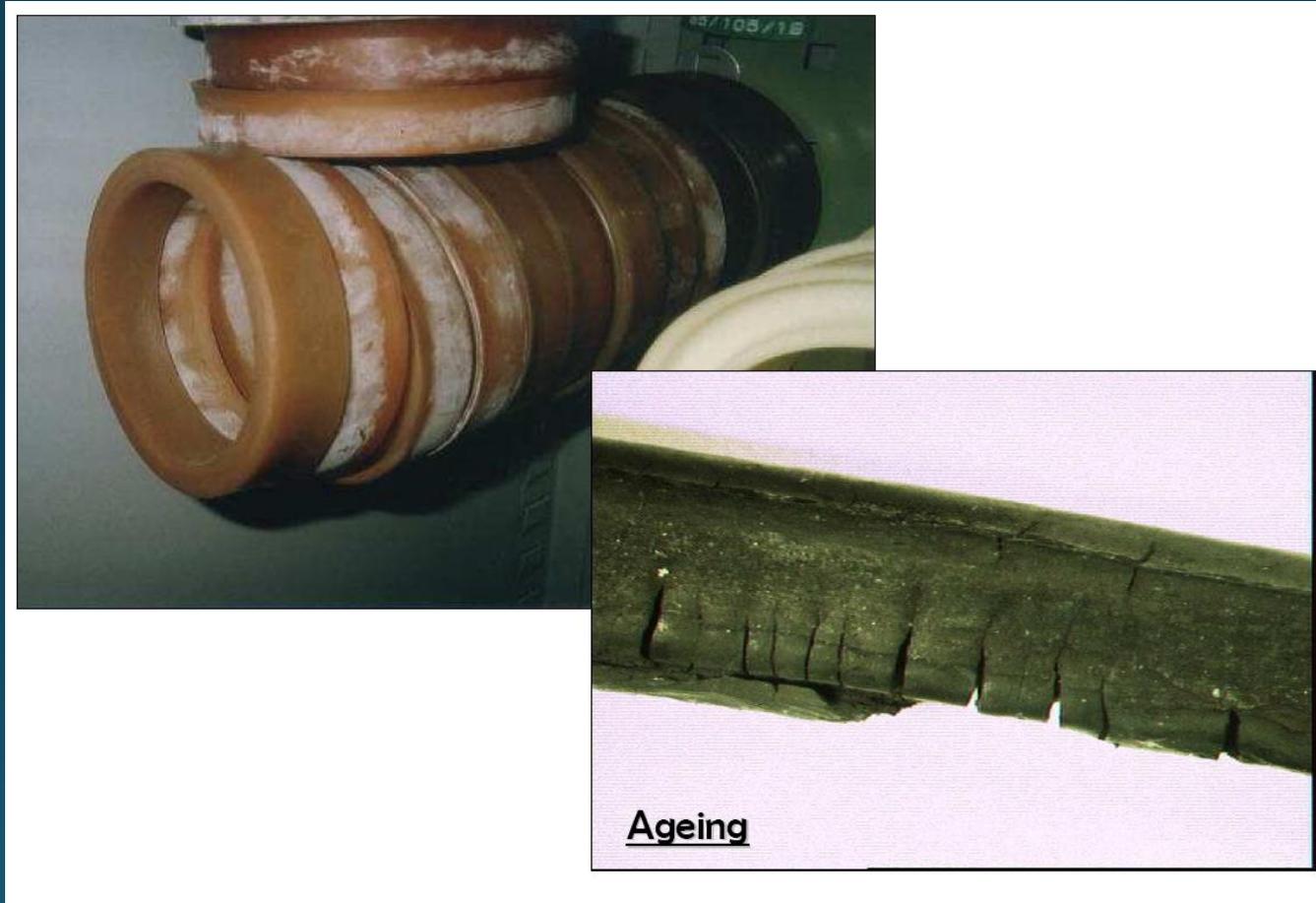
# Risiko: Hydrolyse

**NICHT hydrolysebeständige Abstreifer**



16

# Risiko: Materialalterung (im Lager!)



# Lösung: nichtalterndes, geschmiertes Material verwenden



IST Code	Materialbeschreibung	Farbe	Shore Härte	min. Temp. C°	max. Temp. C°
ISM 10	Premium IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	grau	95 Shore A	-30	110
ISM 11	Premium IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	orange	85 Shore A	-40	100
ISM 12	Hochtemperatur IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	dunkelorange	95 Shore A	-30	135
ISM 13	Tiefemperatur IST Material mit hocheffizienter Innenschmierung	dunkelblau	95 Shore A	-50	105

## ISM 10

Hydrolyse-beständiges Polyurethan, lebensmittelecht,  
interner Schmierstoff zur tribologischen Optimierung

Farbe: grau

- Beständig gegen Mineralöle, HFD-U und HETG-Flüssigkeiten, saure Öle und Gase, Kaltwasser sowie verdünnte Säuren und Laugen
- Anwendbar als Stangen- und Kolbendichtung, Abstreifer, Rotationsdichtung, und in statischen Dichtungssystemen

Eigenschaft	Wert	Einheit	DIN Standard
Härte	95 ± 3	Shore A	DIN 53505
Härte	49 ± 3	Shore D	DIN 53505
Dichte	1,21	g/cm <sup>3</sup>	DIN EN ISO 1183-1
Druckverformungsrest 70°C/24h	20	%	DIN ISO 815-1
Druckverformungsrest 70°C/70h	22	%	DIN ISO 815-1
Druckverformungsrest 100°C/24h	27	%	DIN ISO 815-1
Bruchdehnung	382	%	DIN 53504
Zugfestigkeit bei 100% Dehnung	15,3	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
Zugfestigkeit bei 300% Dehnung	44,5	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
Rückprallelastizität	39	%	DIN 53512
Weiterreißfestigkeit	40,1	N/mm	DIN 53515
minimale Einsatztemperatur	-30	°C	
max. Einsatztemperatur dauernd	+110	°C	
max. Einsatztemperatur kurzfristig	+125	°C	

Nichtalterndes, geschmiertes, Hydrolysebeständiges, „weiches“  
Material (auch für für schlechte Oberflächen geeignet!)

## ISM 11

Hydrolyse-beständiges Polyurethan, lebensmittelecht,  
interner Schmierstoff zur tribologischen Optimierung  
Farbe: orange

- Beständig gegen Mineralöle, HFD-U und HETG-Flüssigkeiten, saure Öle und Gase, Kaltwasser sowie verdünnte Säuren und Laugen
- Anwendbar als Stangen- und Kolbendichtung, Abstreifer, Rotationsdichtung, und in statischen Dichtungssystemen

Eigenschaft	Wert	Einheit	DIN Standard
Härte	85 ± 3	Shore A	DIN 53505
Dichte	1,19	g/cm <sup>3</sup>	DIN EN ISO 1183-1
Druckverformungsrest 23°C/70h		% (Vorsp.15%/25%)	DIN ISO 815-1
Druckverformungsrest 70°C/24h	22,1/ --	% (Vorsp.15%/25%)	DIN ISO 815-1
Druckverformungsrest 70°C/70h		% (Vorsp.15%/25%)	DIN ISO 815-1
Bruchdehnung	450	%	DIN 53504
Zugfestigkeit bei 100% Dehnung	6,2	MPa	DIN 53504
Zugfestigkeit bei 300% Dehnung	12,7	MPa	DIN 53504
Zugfestigkeit	36,0	MPa	DIN 53504
Druck-Elastizitätsmodul	15,8	MPa	Nach Studer/Kunz
Rückprallelastizität	41	%	DIN 53512
Weiterreißfestigkeit	99	N/mm	DIN 53515
min. Einsatztemperatur	-40	°C	
max. Einsatztemperatur	+100	°C	
max. Einsatztemperatur kurzfristig	+115	°C	

## ISM 12

Hydrolyse beständiges Polyurethan

Hochtemperatur Material

Farbe: nachtblau

- Beständig gegen Mineralöle, HFD-U und HETG-Flüssigkeiten, saure Öle und Gase, Kaltwasser sowie verdünnte Säuren und Laugen
- Anwendbar als Stangen- und Kolbendichtung, Abstreifer, Rotationsdichtung, und in statischen Dichtungssystemen

Eigenschaft	Wert	Einheit	DIN Standard
Härte	93 ± 3	Shore A	DIN 53505
Härte	47 ± 3	Shore D	DIN 53505
Dichte	1,11	g/cm <sup>3</sup>	DIN EN ISO 1183-1
Druckverformungsrest 70°C/24h	3,5	%	DIN ISO 815-1
Druckverformungsrest 70°C/70h	n.a.	%	DIN ISO 815-1
Druckverformungsrest 100°C/24h	6	%	DIN ISO 815-1
Bruchdehnung	615	%	DIN 53504
Zugfestigkeit bei 100% Dehnung	11,6	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
Zugfestigkeit bei 300% Dehnung	21,7	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504
Rückprallelastizität	n.a.	%	DIN 53512
Weiterreißfestigkeit	120	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53515
minimale Einsatztemperatur	-30	°C	
maximale Einsatztemperatur dauernd	+135	°C	

## • Herstellung:

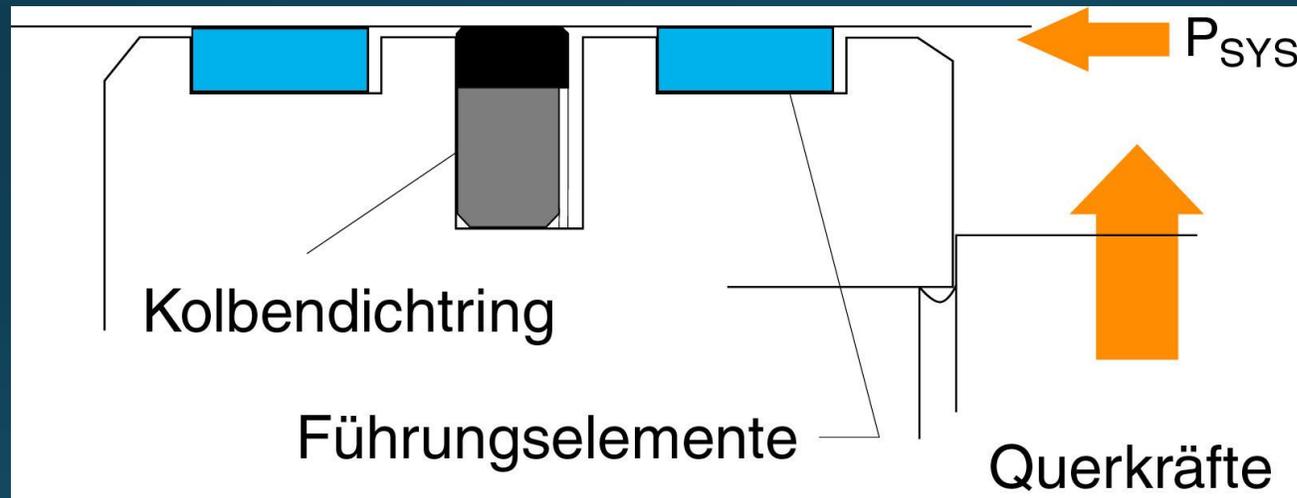
- State-of-the-art Materialien
- Integriertes Dichtungs Design
- Präzisions CNC Maschinen
- Direkt bis 2m Durchmesser
- Über 2m Fusionierverfahren
- 24h und Same Day Service



# 3. Führung (schütze das System)

# Grundfunktion der Dichtung

- Dichtungen sollen keine Führungsaufgaben übernehmen. Dafür sind spezielle Führungselemente einzusetzen, die auch große Querkräfte aufnehmen können.



# 1. Metallische Führungselemente



Base material: CuSn8P0.3 or CuSn6.5 P0.1  
Hardness: HB90 - 120  
Temperature limit: -80 ~ 200°C  
Load capacity: 75 N/mm<sup>2</sup>  
Speed limit: 5m/s

**Druckaufnahmefähigkeit**  
**70 N/mm<sup>2</sup> – 120 N/mm<sup>2</sup>**



# Gespritzte Führungselemente:



# PTFE Compound Führungsbänder

## ➤ PTFE/Bronze-Führungsbänder:

- Vorteil: Günstig und in Meterware vorhanden, Homogenes Material
- Nachteil: Geringe Druckaufnahmelastbarkeit, stark abhängig von Temperatur
- Nachteil: Neigung zu Extrusion bei größeren Spalten



# PTFE Compount Führungsbänder

## **Einsatzgrenzen**

Geschwindigkeit : hin- und hergehend bis 15 m/s

Temperatur : -60 bis +200 °C

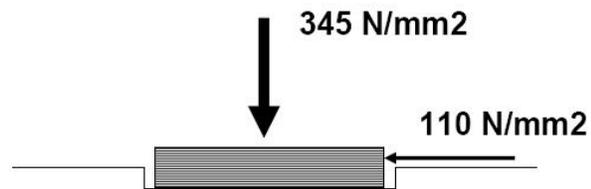
Druckfestigkeit, dyn.: Comp. 55 max. 15 N/mm<sup>2</sup>

Comp. 30 max. 8 N/mm<sup>2</sup>

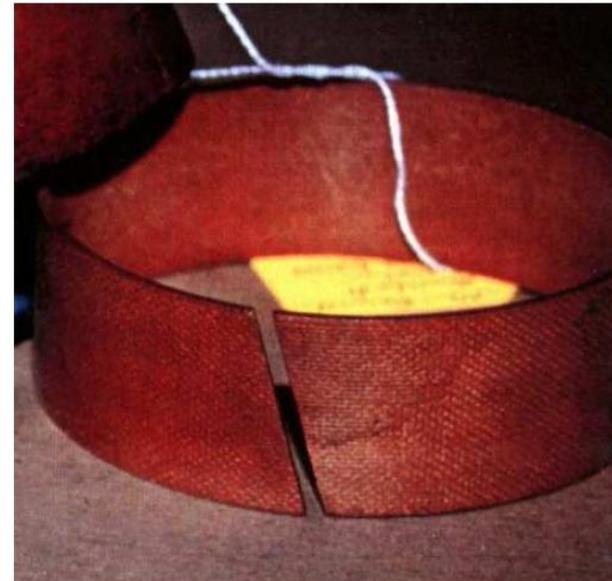
# Gewebeführungsbänder

## ➤ Gewebe/Harz-Verbund-Führungsbänder:

- Vorteil: Hohe Druckaufnahmefähigkeit bis ca.  $345 \text{ N/mm}^2$
- Nachteil: Verbundmaterial
- Nachteil: unterschiedliche Festigkeiten, abhängig von der Belastungsrichtung zur Verbundschichtung



- => geringere Festigkeit als gute „homogene“ Werkstoffe
- ..... kann zur Delamination des Verbundgewebes führen



8

# Gewebeführungsbänder

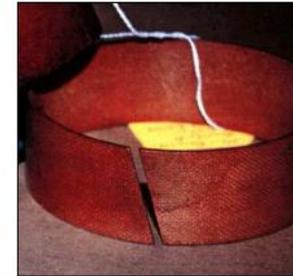
## Einsatzgrenzen

Geschwindigkeit:	hin- und hergehend bis 1 m/s
Temperatur	: -50 bis +150 °C (440)
	-40 bis +120 °C (400 und 420)
Druckfestigkeit, dyn.:	110 N/mm <sup>2</sup> (440)
	90 N/mm <sup>2</sup> (400 und 420)

# Gewebeführungsbänder

## ➤ Gewebe/Harz-Verbund-Führungsbänder:

geringere Festigkeit als gute „homogene“ Werkstoffe  
..... kann zur Delamination des Verbundgewebes führen



# Kolbenausfall Bsp.:



# Austauschbare maschinell hergestellte Präzisions-Führungsringe....

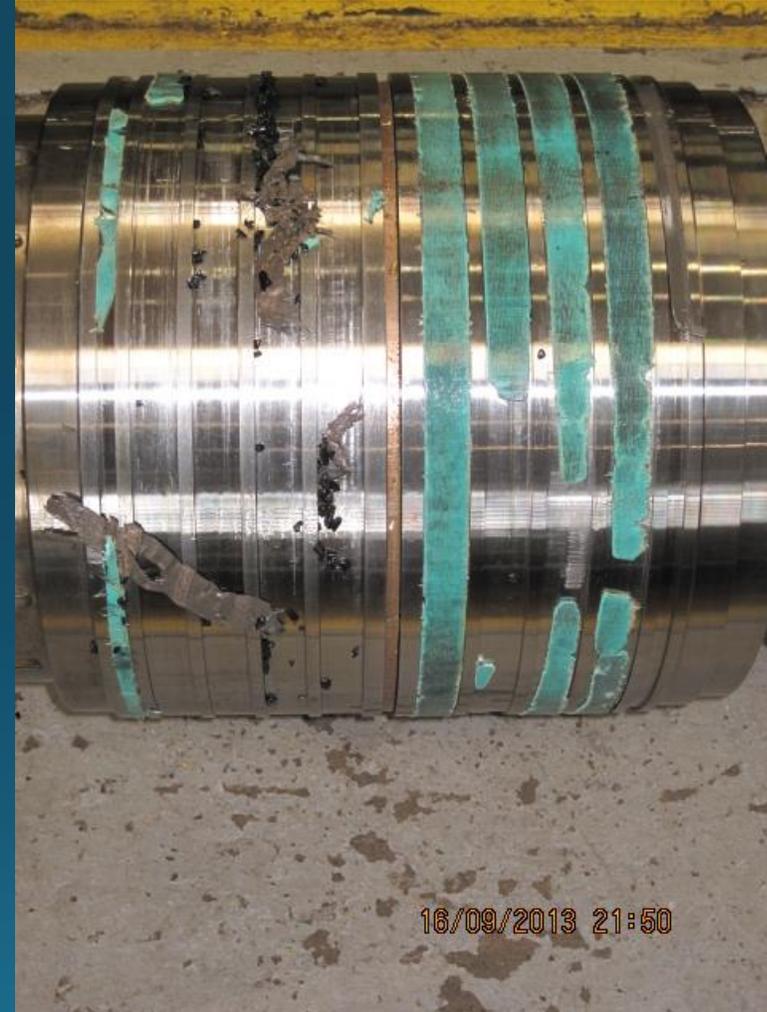
.....sind Variabel in jeder Abmessung herstellbar

- gleiche Laßtaufnahmefähigkeit wie Bronze jedoch deutlich günstiger
- Hohe Zug- und Druckfestigkeit
- Geringste Einfederungsrate
- Geringe Wasseraufnahme
- Delaminiert nicht
- selbstgeschmiert

.....und Reduzieren radiales Bewegungsspiel und erhöhen somit die Dichtungsstandzeit. Voller axialer Kontakt (innen und aussen)



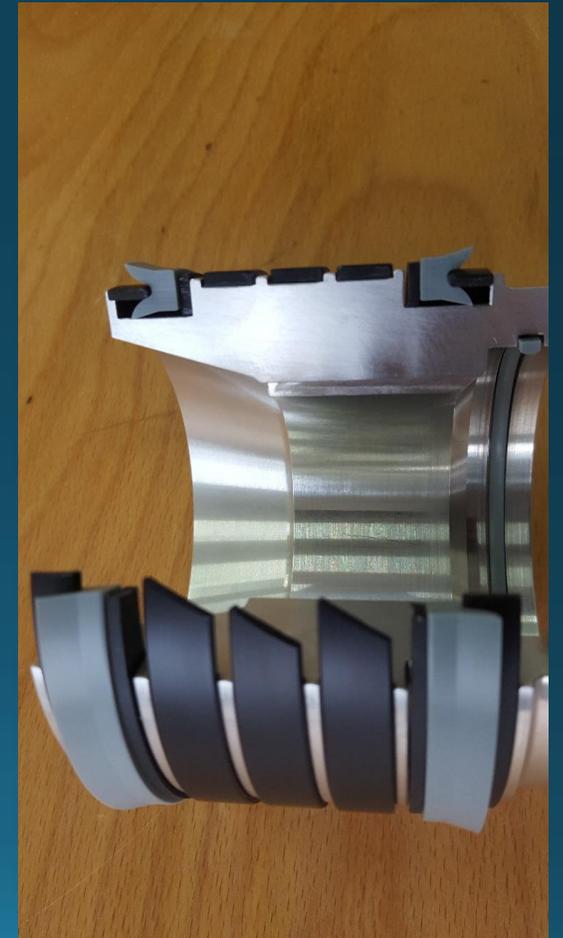
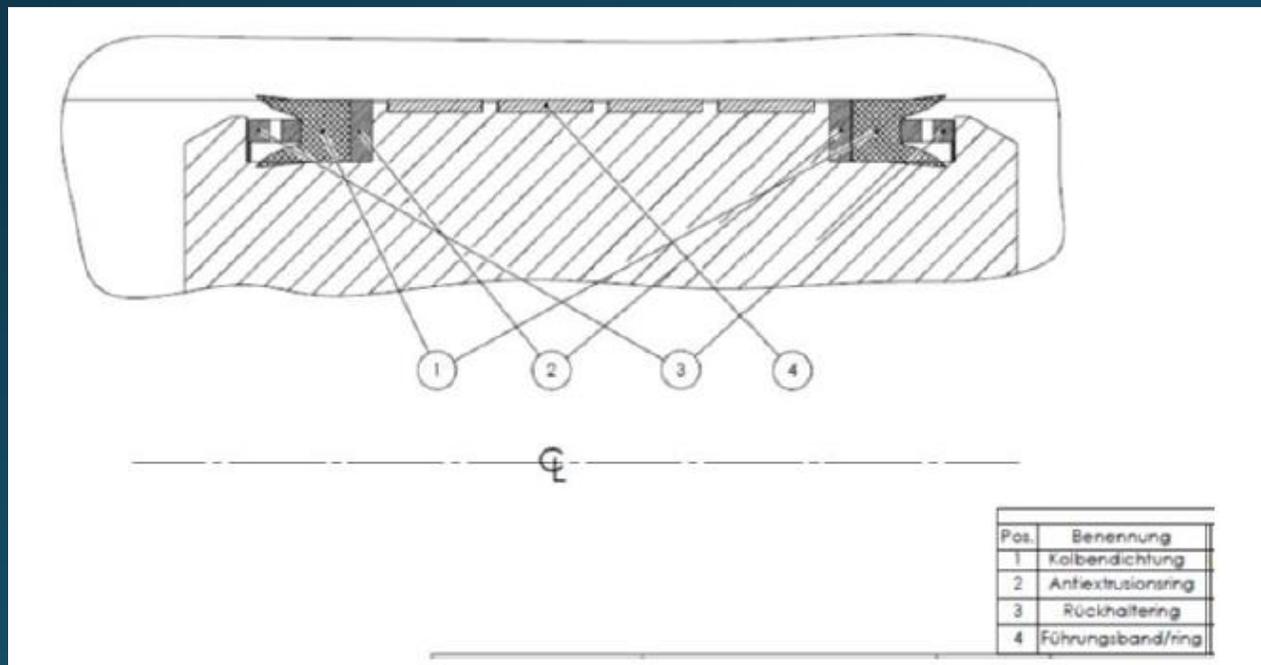
# Kolbenausfall





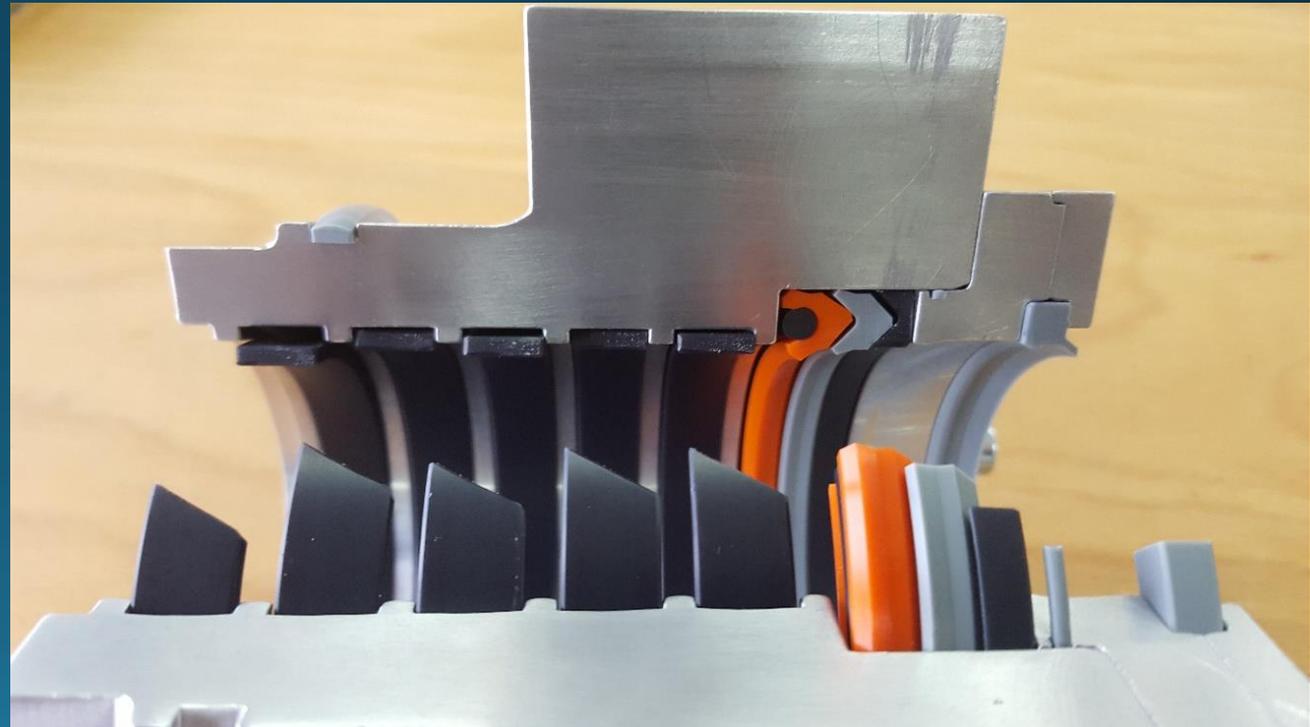
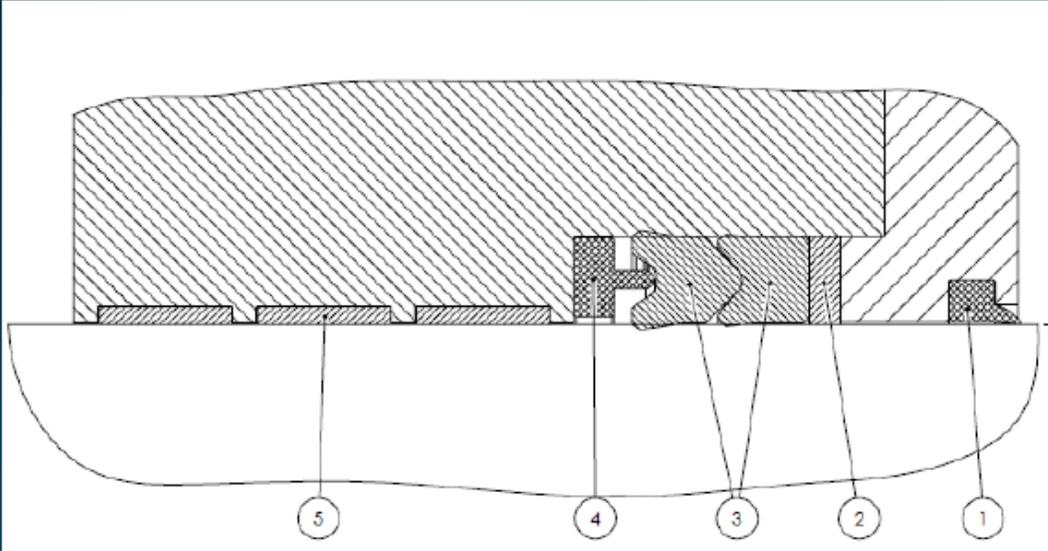
# Neues Kolbendesign

- 2 Kolbendichtungskits mit AER u. RHR
- Führungsringe
- Statische Dichtung D-Ring

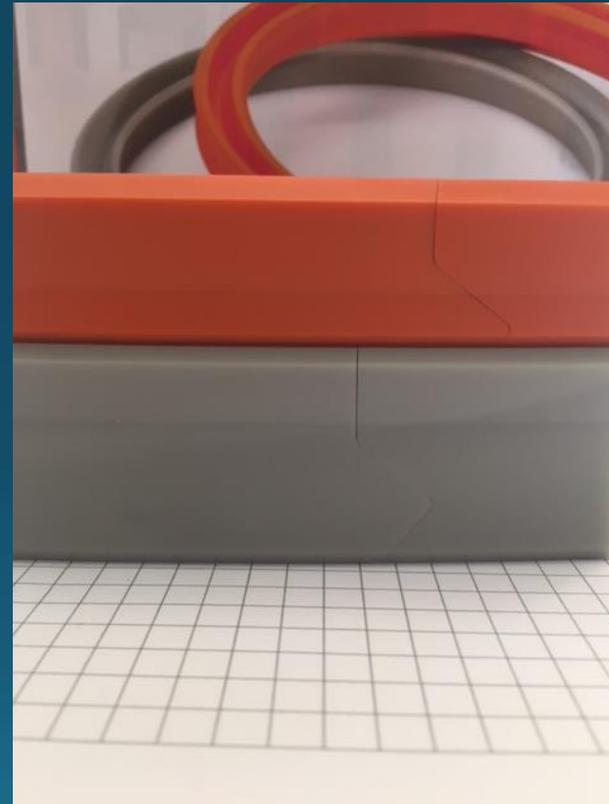
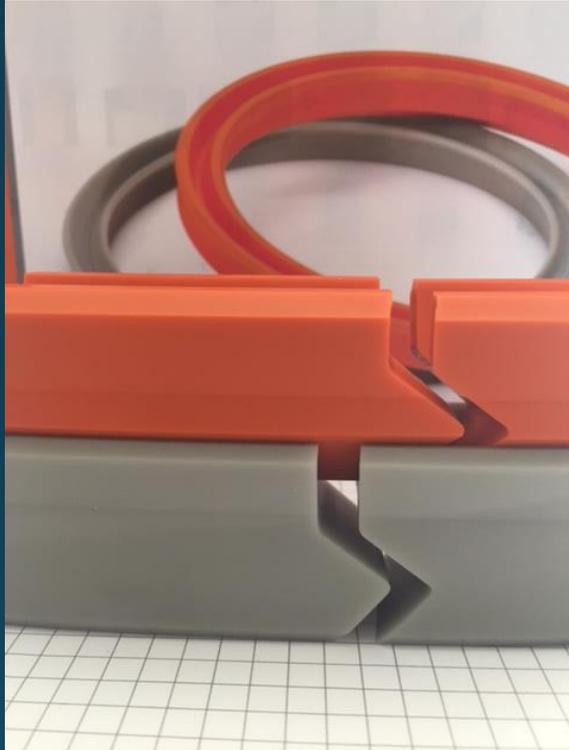


# Neue Stangenlagerdesign

- Abstreifer
- Stangendichtungskit(2+1)
- Führungsringe
- Statische Dichtung D-Ring  
Flansch Rohr



# Installation



# Generelle Montagehinweise

- Montage trocken oder mit dem Fluid welches auch in der Anlage ist
- Installationshilfsmittel ohne scharfe Kanten
- PU Materialien brauchen keine Erwärmung
- PTFE Dichtungen in Öl und nicht in Wasser erwärmen