



# Dichtungen mit erweiterten Eigenschaften durch die Kombination funktionsoptimierter Werkstoffe

**Freudenberg Sealing Technologies**

**Lead Center Fluid Power Industry**

**Martin Goerres**

**Dr. Edgar Freitag**

**Jürgen Jäckel**

# Inhalt

- 1 Funktionen und Werkstoffanforderungen von Hydraulikdichtungen
- 2 Funktionsoptimierte Werkstoffe – zwei Polyurethane, eine Dichtung
- 3 Beispiel HDR-2C
- 4 Zusammenfassung

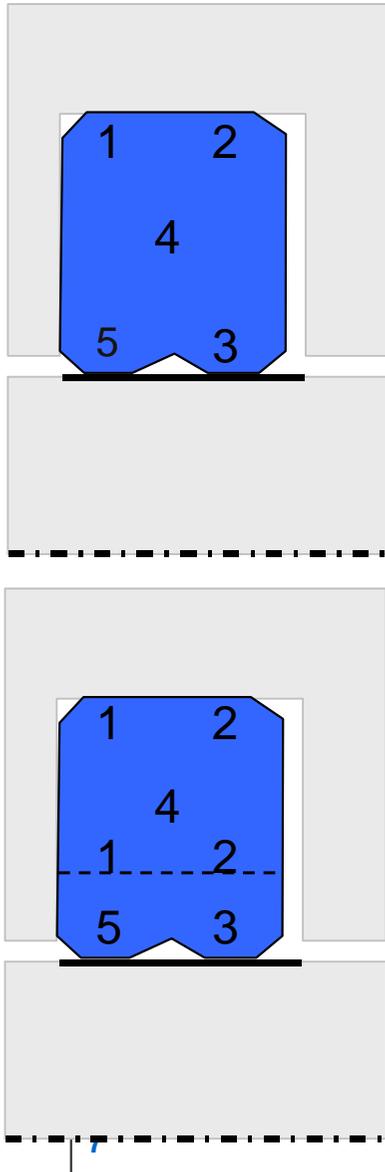
# Inhalt

- 1 Funktionen und Werkstoffanforderungen von Hydraulikdichtungen
- 2 Funktionsoptimierte Werkstoffe – zwei Polyurethane, eine Dichtung
- 3 Beispiel HDR-2C
- 4 Zusammenfassung



# Funktionen und Werkstoffanforderungen

## Unterschiedliche Funktionen erfordern unterschiedliche, z.T. gegenläufige Werkstoffeigenschaften - Rotordichtungen



### 1. Haftsitz

Verhindern von Mitrotieren der Dichtung im Einbauraum.

- Hohe Reibung, geringe bleibende Verformung

### 2. Statische Dichtigkeit

Verhindern von Leckage über den Nutgrund.

Sicherstellung des Druckaufbaus.

- Gute Elastizität und hohe Anpresskraft

### 3. Dynamische Dichtigkeit auch bei tiefen Temperaturen

Verhindern von Leckage über die rotierende Welle.

Sicherstellung des Druckaufbaus.

- niedrige Reibung, gute dynamische Eigenschaften

### 4. Dynamische Aktivierung des Gleitelements

Sicherstellung der Anpressung von statischer und dynamischer Dichtkante.

- Sehr gute dynamische Eigenschaften, geringe Relaxation auch in der Kälte

### 5. Extrusions- und Verschleißfestigkeit

Verhindern, dass die Dichtung durch hohen Druck bei hoher Temperatur in den Spalt extrudiert.

Sicherstellung der Lebensdauer durch hohe Verschleißfestigkeit.

- Hohe Steifigkeit und Härte, hohe Temperaturstabilität
- Hohe Verschleißfestigkeit, bzw. geringe Abrasionsneigung

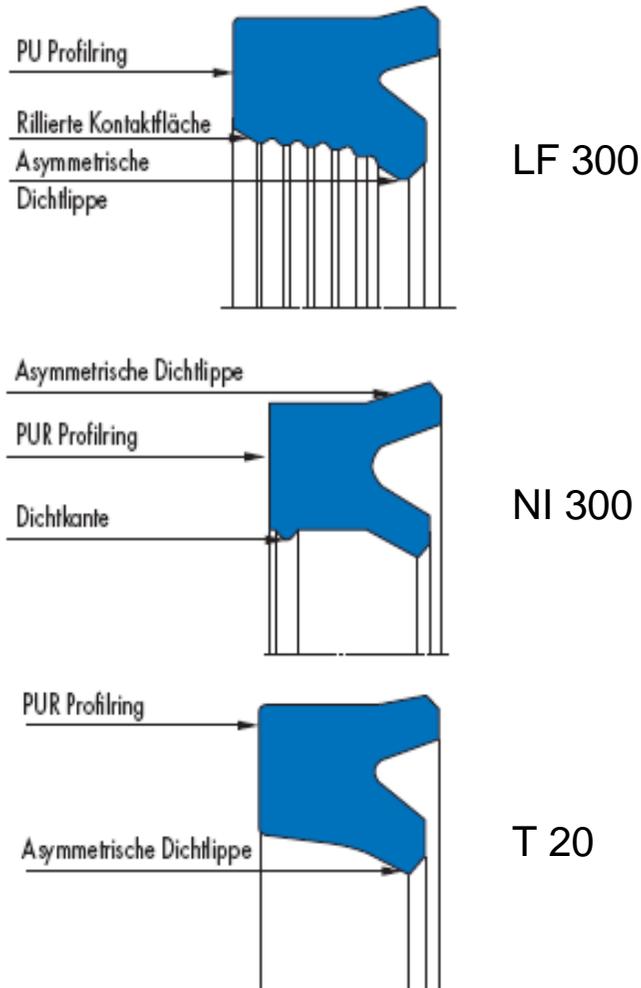
# Inhalt

1	Funktionen und Werkstoffanforderungen von Hydraulikdichtungen
2	Funktionsoptimierte Werkstoffe – zwei Polyurethane, eine Dichtung
3	Beispiel HDR-2C
4	Zusammenfassung

# Stand der Technik - Stangendichtungen: Einsatz eines Werkstoffs oder Verwendung von Backringen

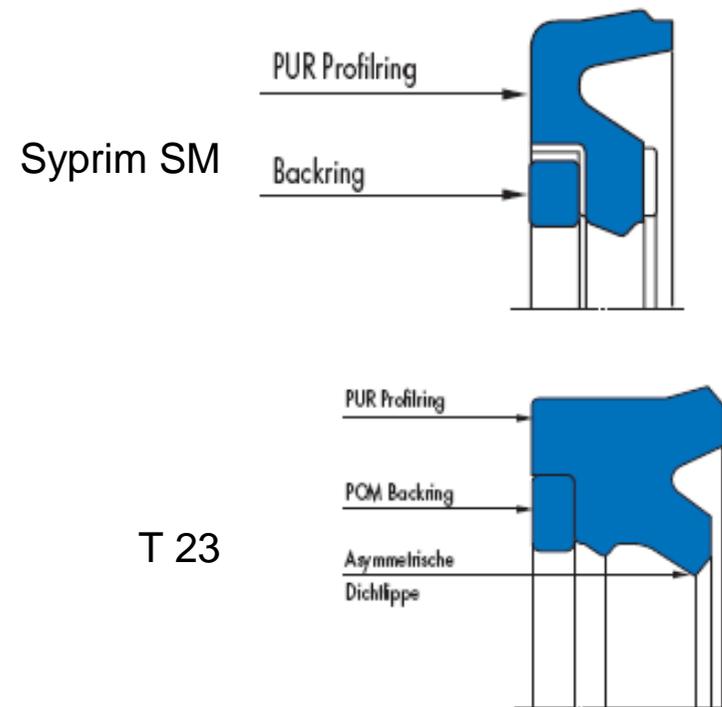
## 1. Verwendung eines Werkstoffs

- Kompromiss bzgl. der gegenläufigen Anforderungen

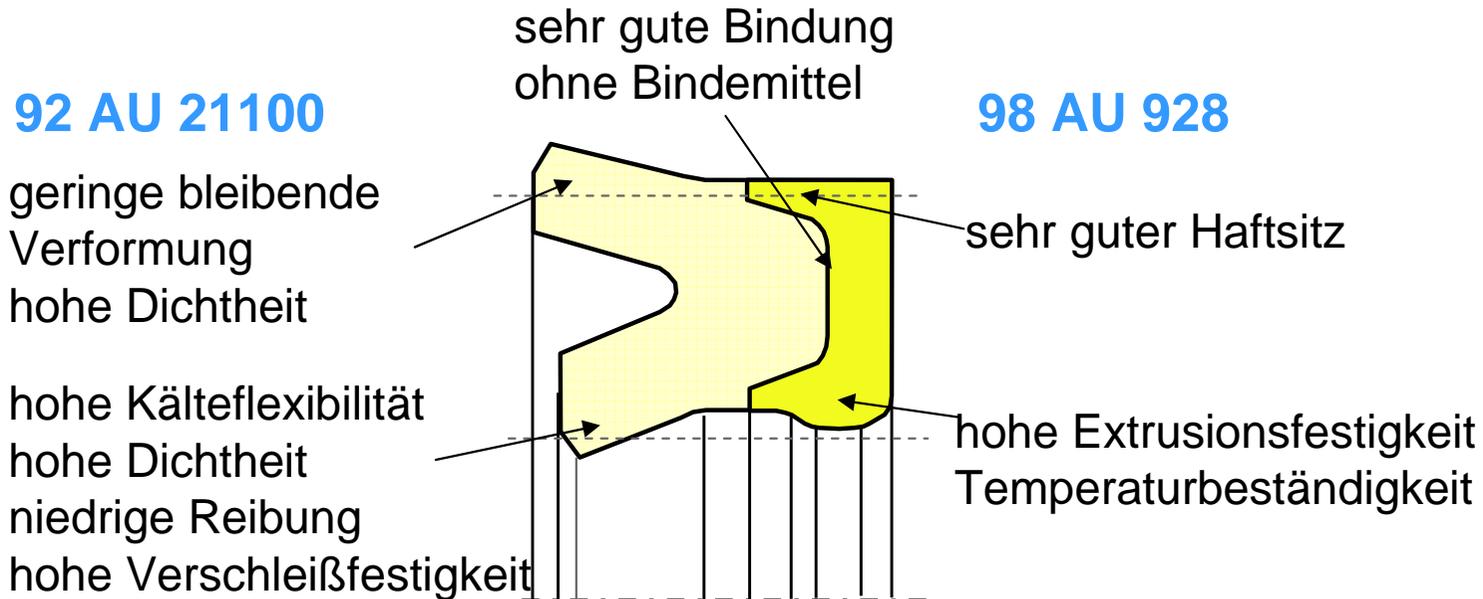


## 2. Verwendung eines Backrings

- Längerer Bauraum (selten bei Teilbackring)
- schwierige Montage bei ungeschlitztem Ring
- Gefahr des Anknabbers bei geschlitztem Ring



# Optimale Lösung: Einsatz funktionsgerechter Werkstoffe - zwei Polyurethane eine Dichtung: HDR-2C -



Eigenschaft	Norm		92 AU 21100	98 AU 928	Standard
Härte	DIN 53505	Shore A	93	98	94 - 95
Härte	DIN 53505	Shore D	40	55	43 - 45
Zugfestigkeit	DIN 53504	MPa	56	53	62 - 65
Bruchdehnung	DIN 53504	%	680	360	450 - 500
Spannwert bei 50% Dehnung	DIN 53504	MPa	8,7	18,6	9 - 10
Spannwert bei 300% Dehnung	DIN 53504	MPa	15,7	38	20 - 23
Rückprallelastizität	DIN 53512	%	45		38 - 42
Weiterreißfestigkeit Graves	DIN 53515	N/mm	95	138	82 - 88
DVR 24h/100°		%	34	38	36 - 39

# Stand der Technik - Rotordichtungen: Einsatz eines Werkstoffs oder Verwendung von Backringen

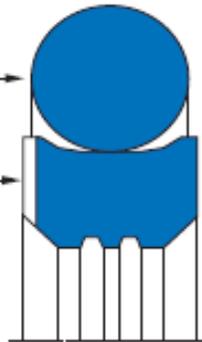
## 2. Verwendung mehrteiliger Dichtelemente

- Gefahr von Relativdrehung der einzelnen Dichtungselemente
- teilweise komplexe oder filigrane Montage
- Gefahr des Anknabbers bei geschlitztem Backring

Backring

O-Ring

Profiling

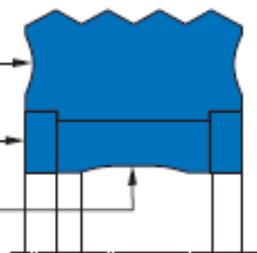


Rotomatic M 15

Elastomerteil

Backring

Gewebeblock



Rotomatic M 19

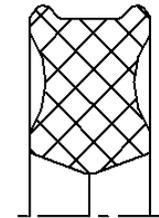


Kompaktdichtsatz mit Gewebearmierung und Winkelbackringen

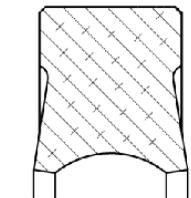
## 1. Verwendung eines Werkstoffs

- Kompromiss bzgl. der gegenläufigen Anforderungen
- vergleichsweise geringe Belastbarkeit

Compact-Dichtungen



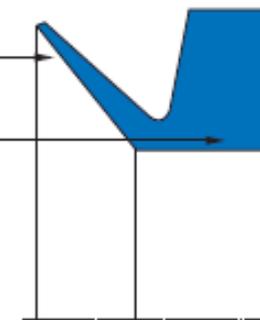
Radial-Nutringe



Wasserabweiser  
Typ WA

Dichtlippe

Haftteil

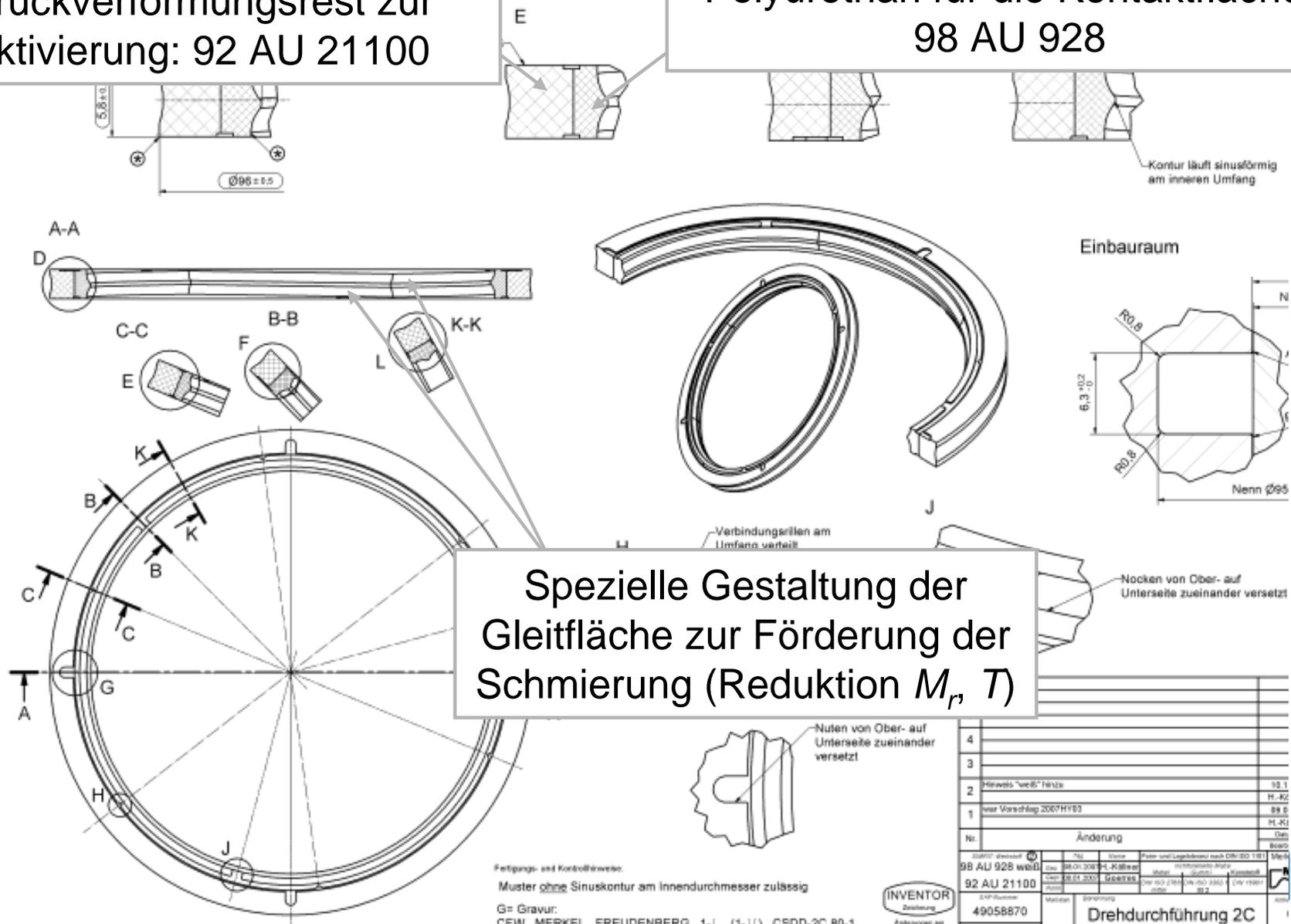


**suurit**<sup>®</sup>

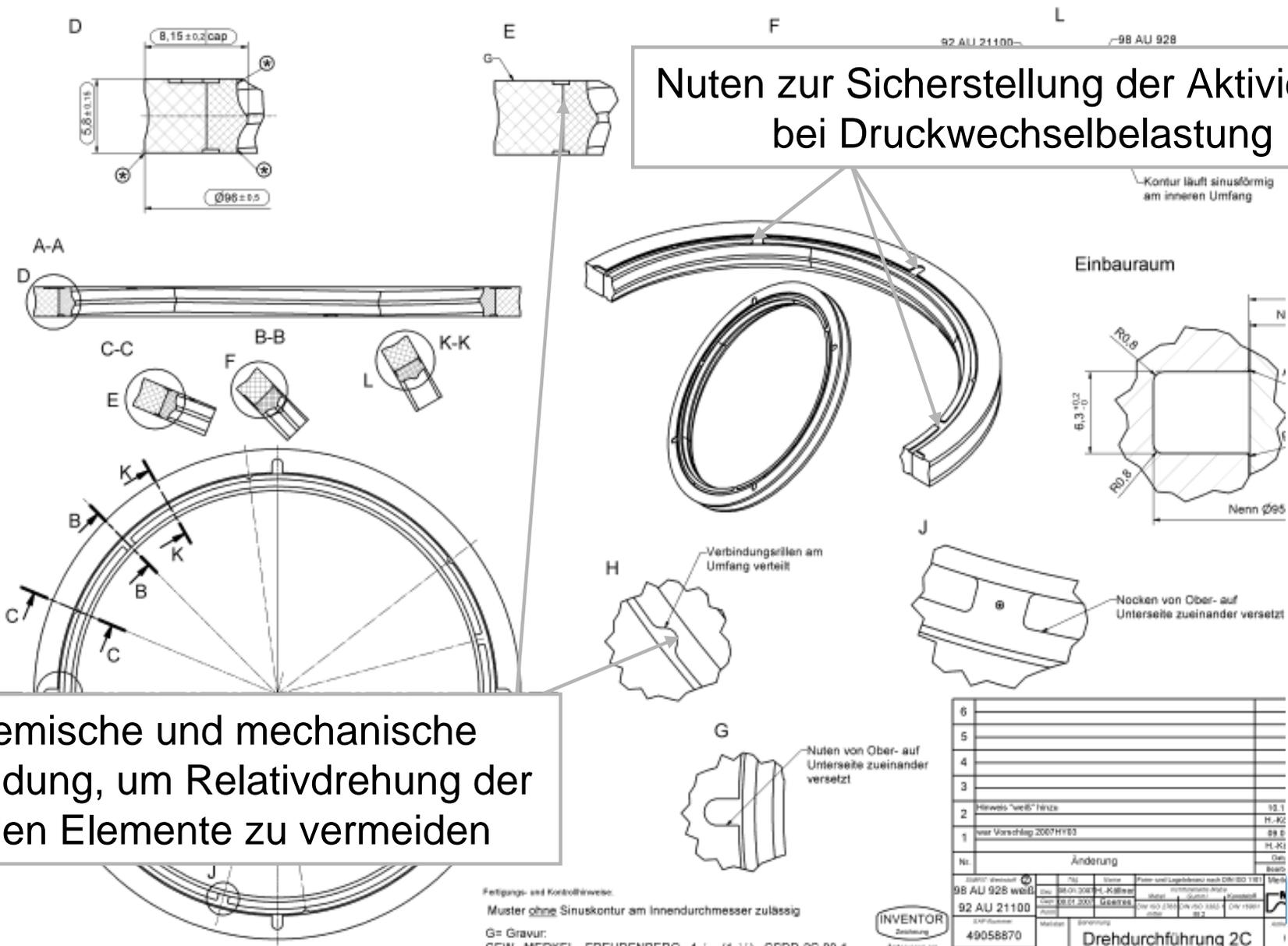
# Optimale Lösung: Einsatz funktionsgerechter Werkstoffe - zwei Polyurethane eine Dichtung: CSDD-2C -

Weiches Material mit geringem Druckverformungsrest zur Aktivierung: 92 AU 21100

Verschleiß- und temperaturfestes Polyurethan für die Kontaktfläche: 98 AU 928



# Optimale Lösung: Einsatz funktionsgerechter Werkstoffe - zwei Polyurethane eine Dichtung: CSDD-2C -

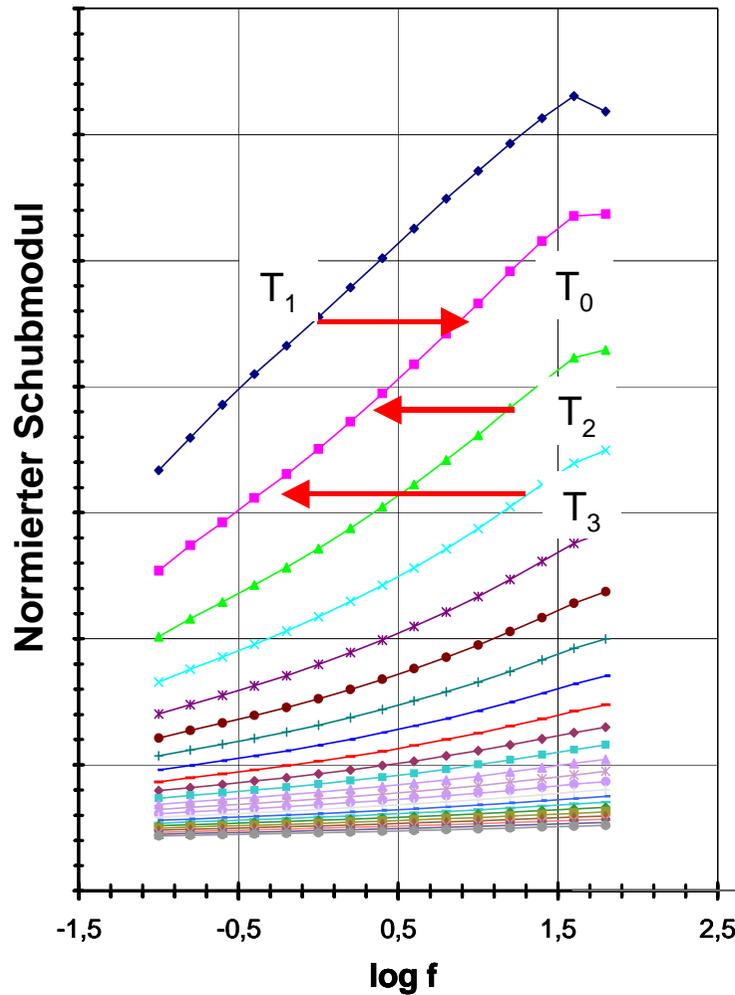


# Inhalt

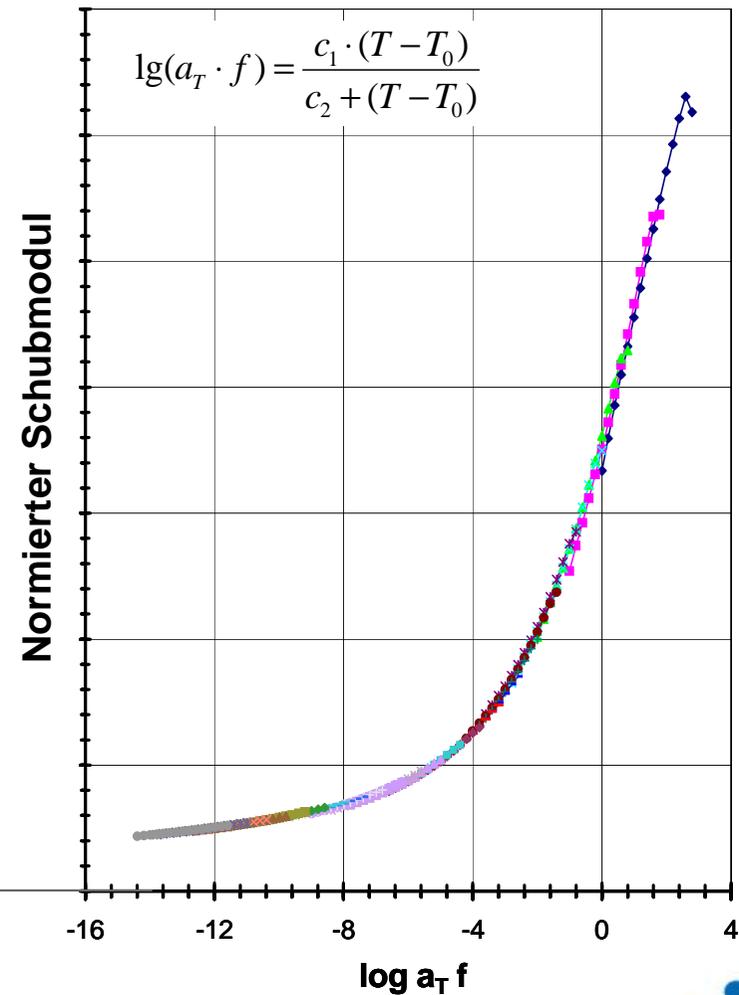
1	Funktionen und Werkstoffanforderungen von Hydraulikdichtungen
2	Funktionsoptimierte Werkstoffe – zwei Polyurethane, eine Dichtung
3	<b>Beispiel HDR-2C</b>
4	Zusammenfassung

# WLF Transformation des dynamischen Speichermodul

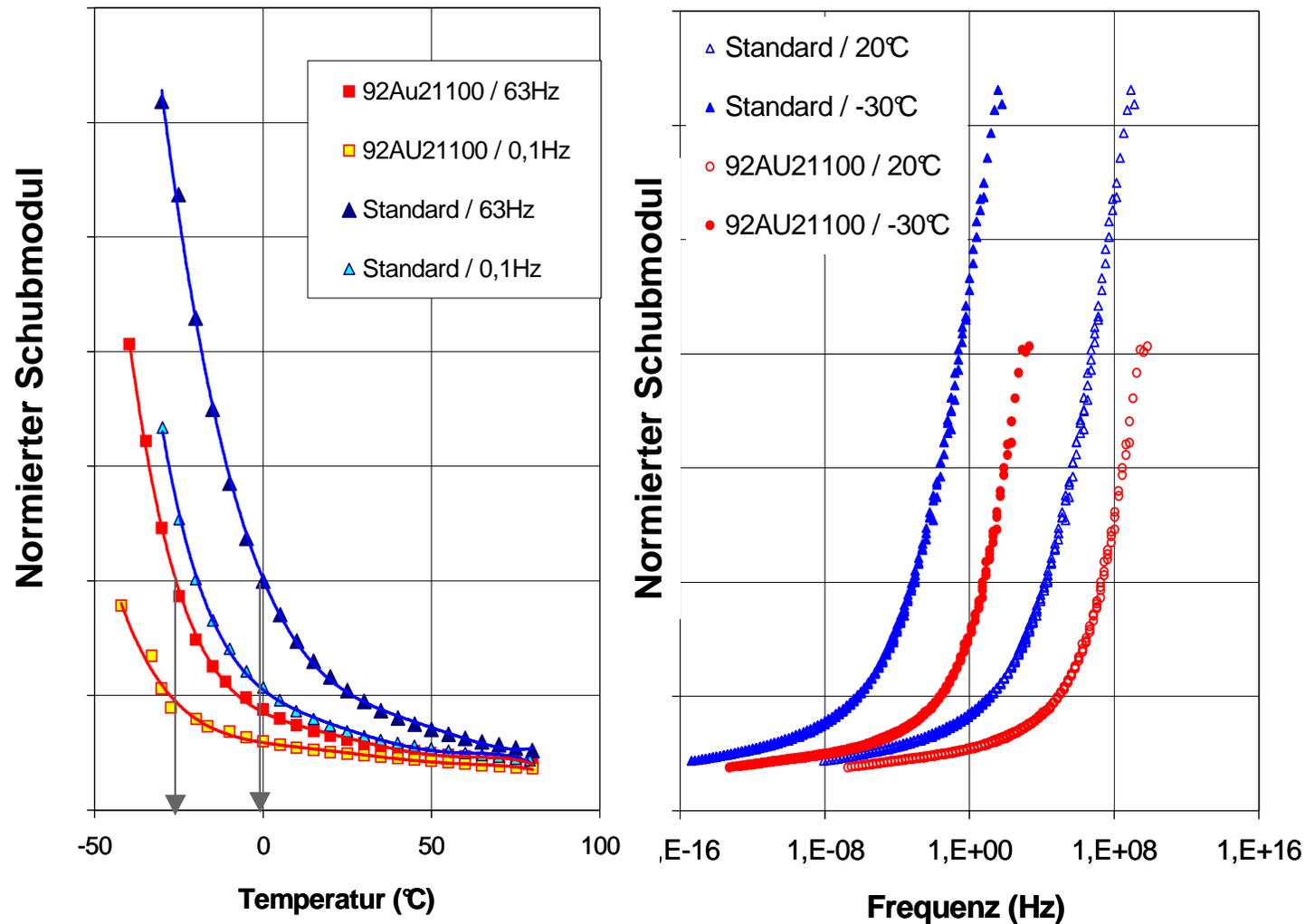
**Speichermodul - G'**  
vom TPU Typ A



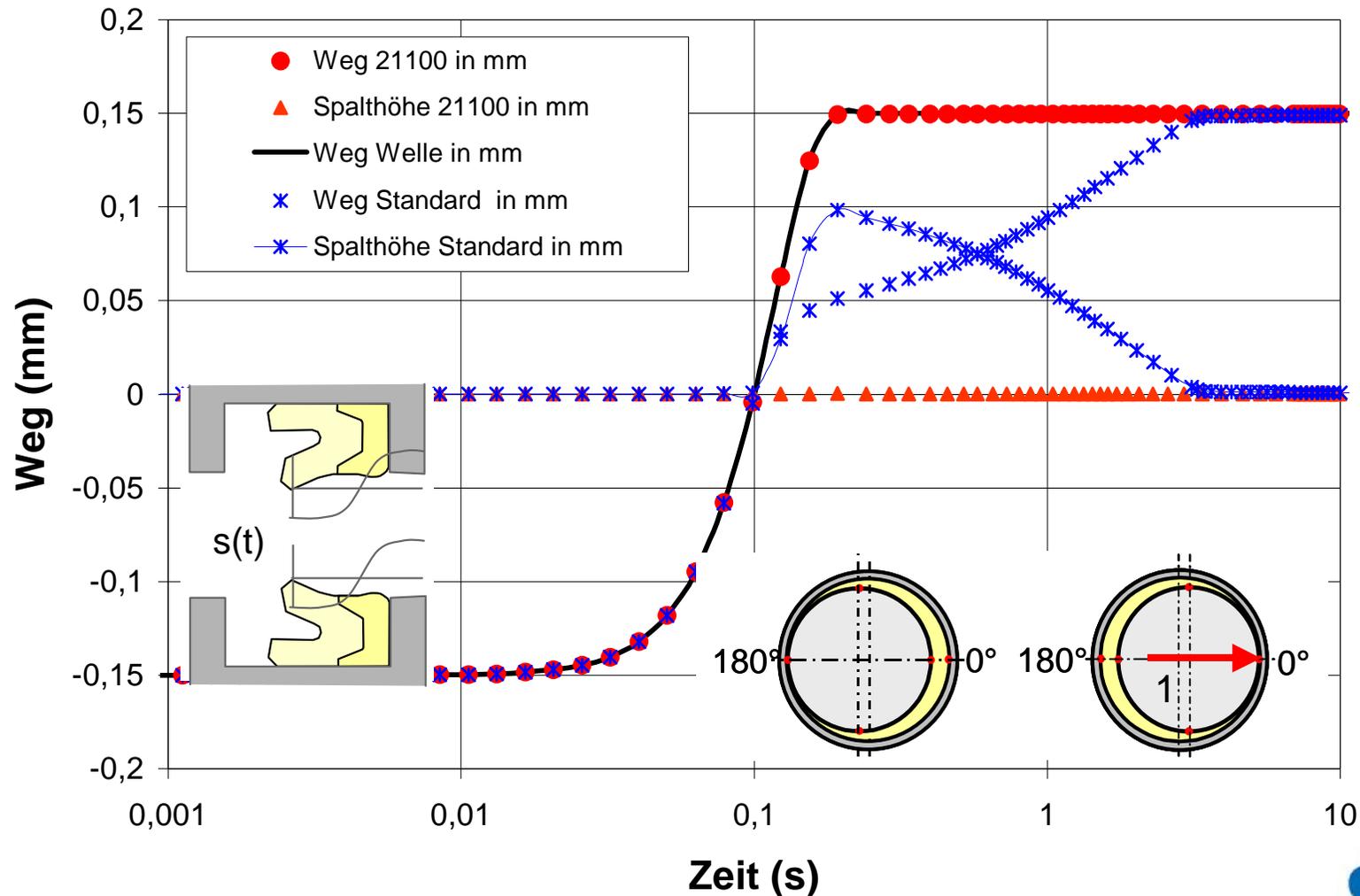
**Masterkurve**  
des Speichermodul - G' vom TPU Typ A



# Vergleich der dynamischen Speichermodule als Funktion der Temperatur und Frequenz von Standard- und Tieftemperaturpolyurethan



# Vergleich der 3D-FEM Berechnungen des Öffnungsspalt zwischen Dichtkante und Stange bei stufenförmiger Weg-Zeit-Anregung - HDR-2C bei T = -30°C, ohne Druck



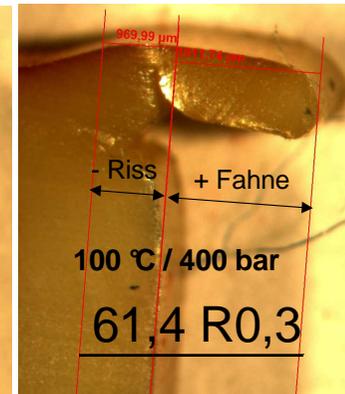
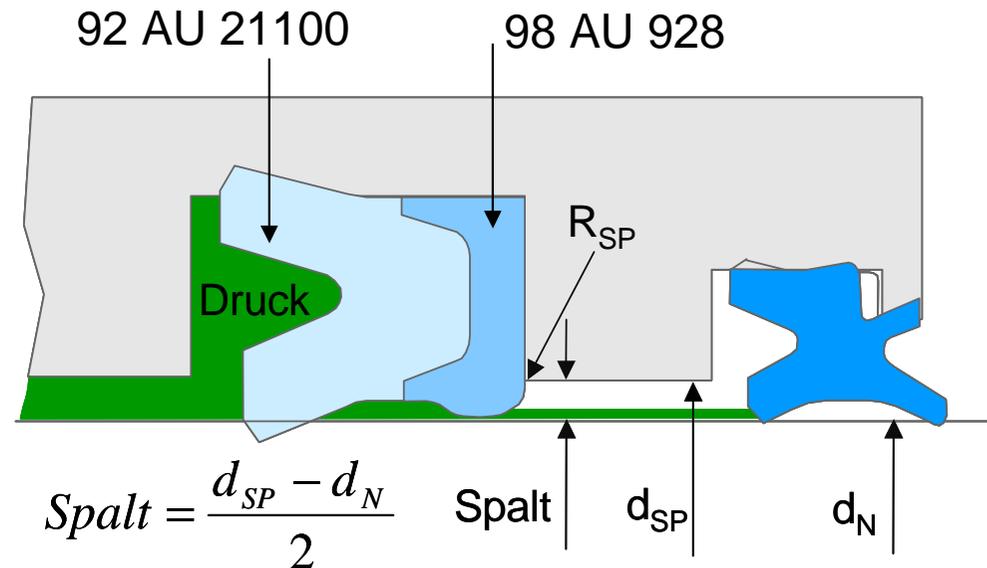
# HDR-2C 60-75-10: experimentelle Untersuchung der Extrusionsfestigkeit

## Untersuchte Betriebsparameter

$p = 250, 320, 400, 500 \text{ bar}$   
 $T = 60, 80, 100, 120 \text{ °C}$   
 $v = 0,3 \text{ m/s}$   
 $Z = 50\,000 \text{ DH}$   
 HLP Shell Tellus 46  
 Einbauraum 60 – 75 – 11  
 300 untersuchte Dichtungen

Variation:

Spaltdurchmesser  $d_{SP}$   
 $\text{Spalt} = 0,25 \dots 1,5 \text{ mm}$   
 $\text{Spaltradius } R_{SP} = 0,10 \dots 0,5 \text{ mm}$   
 $R_{SP} = 0,3 \text{ mm}$



# Vergleich der Spaltextrusion von Nutringen aus Standardpolyurethan mit HDR-2C, radialer Spalt = 0,3 mm .. 0,7 mm

**Ausfall bei DH**

Dichtung 1  
50.000 DH

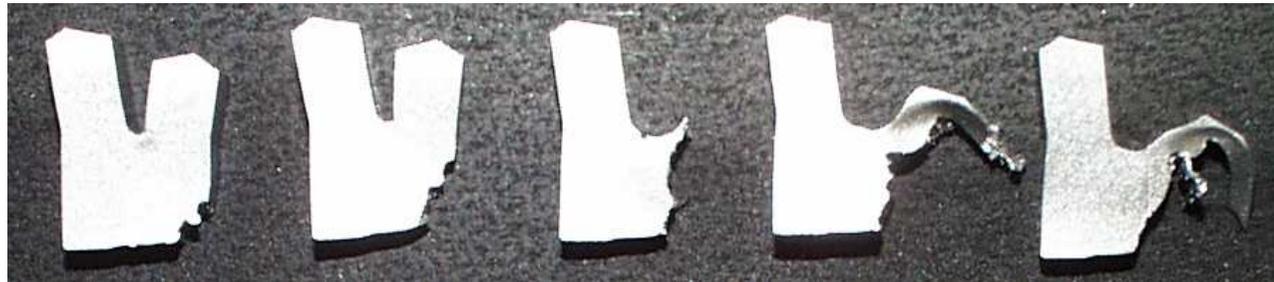
Dichtung 3  
50.000 DH

Dichtung 5  
8.750 DH

Dichtung 7  
16.200 DH

Dichtung 9  
4.225 DH

**Nutringe aus Standard Polyurethan**



Spaltmaß

0,3

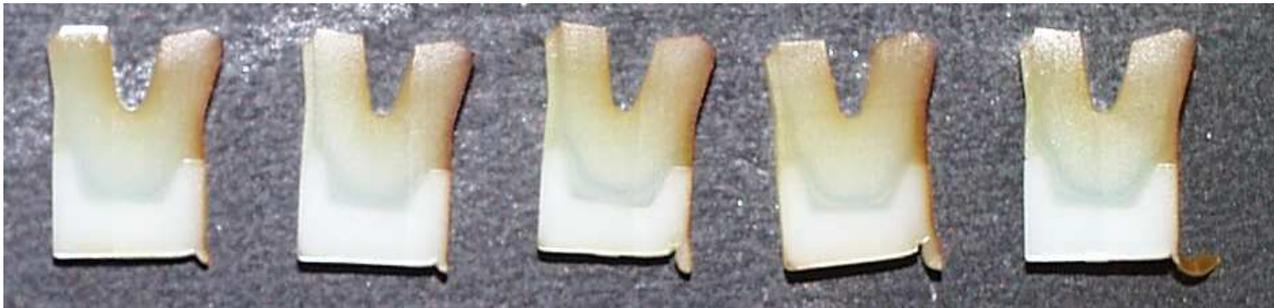
0,4

0,5

0,6

0,7

**HDR – 2C  
kein Ausfall  
50.000 DH**



Spaltmaß

0,3

0,4

0,5

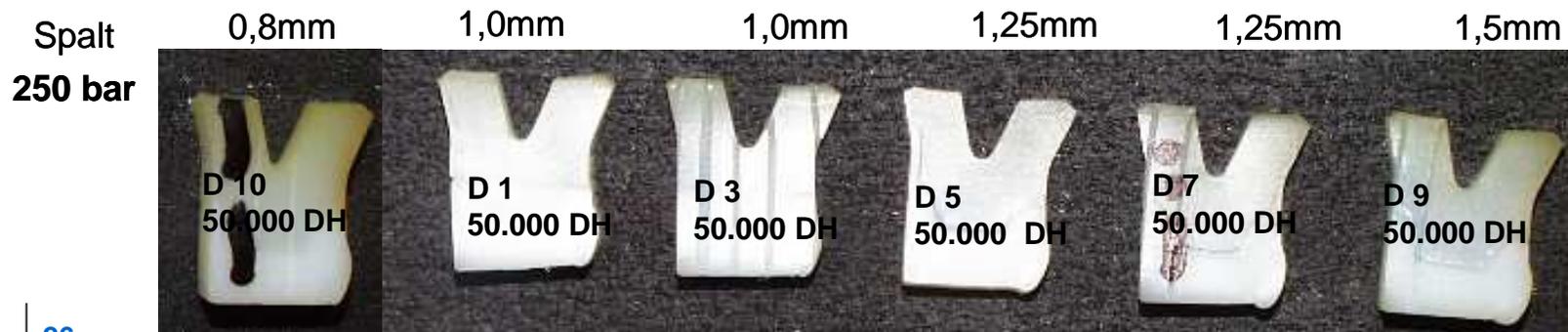
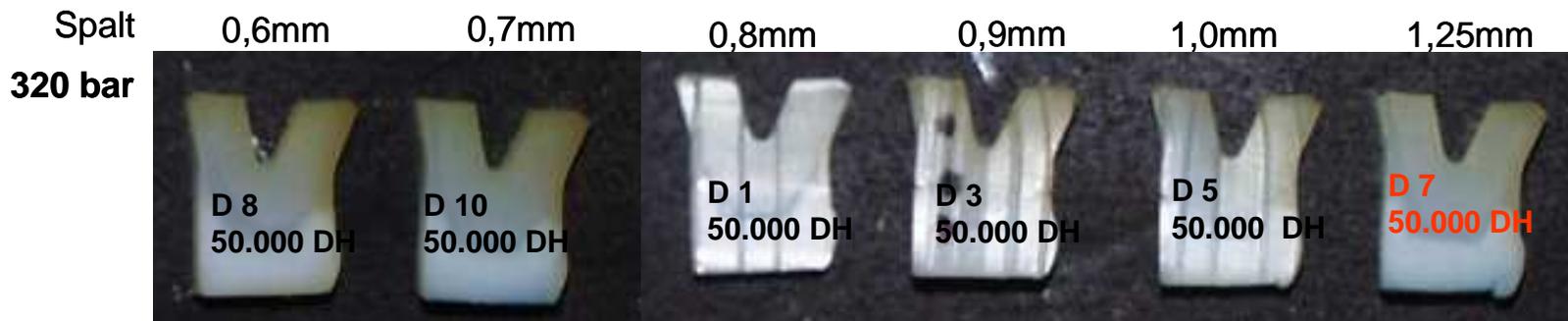
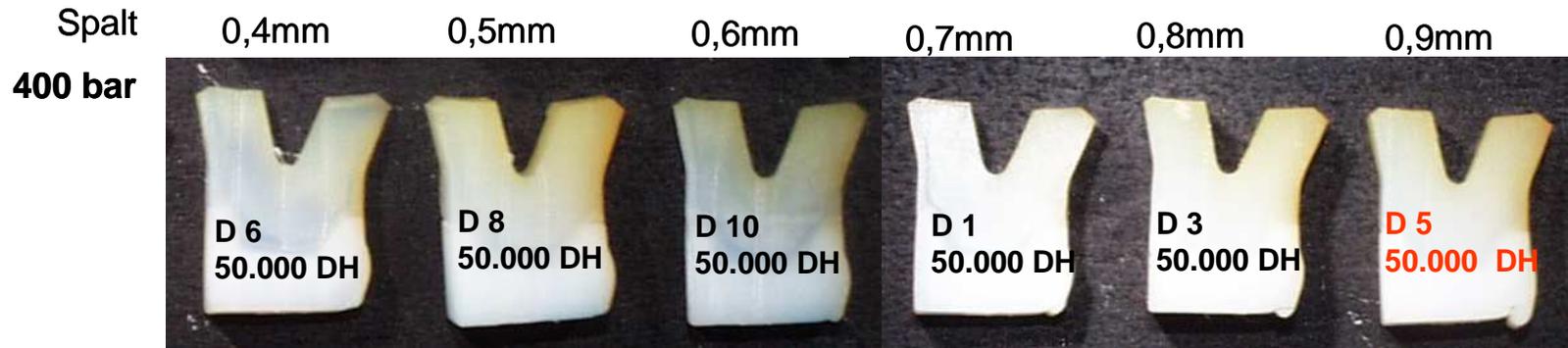
0,6

0,7

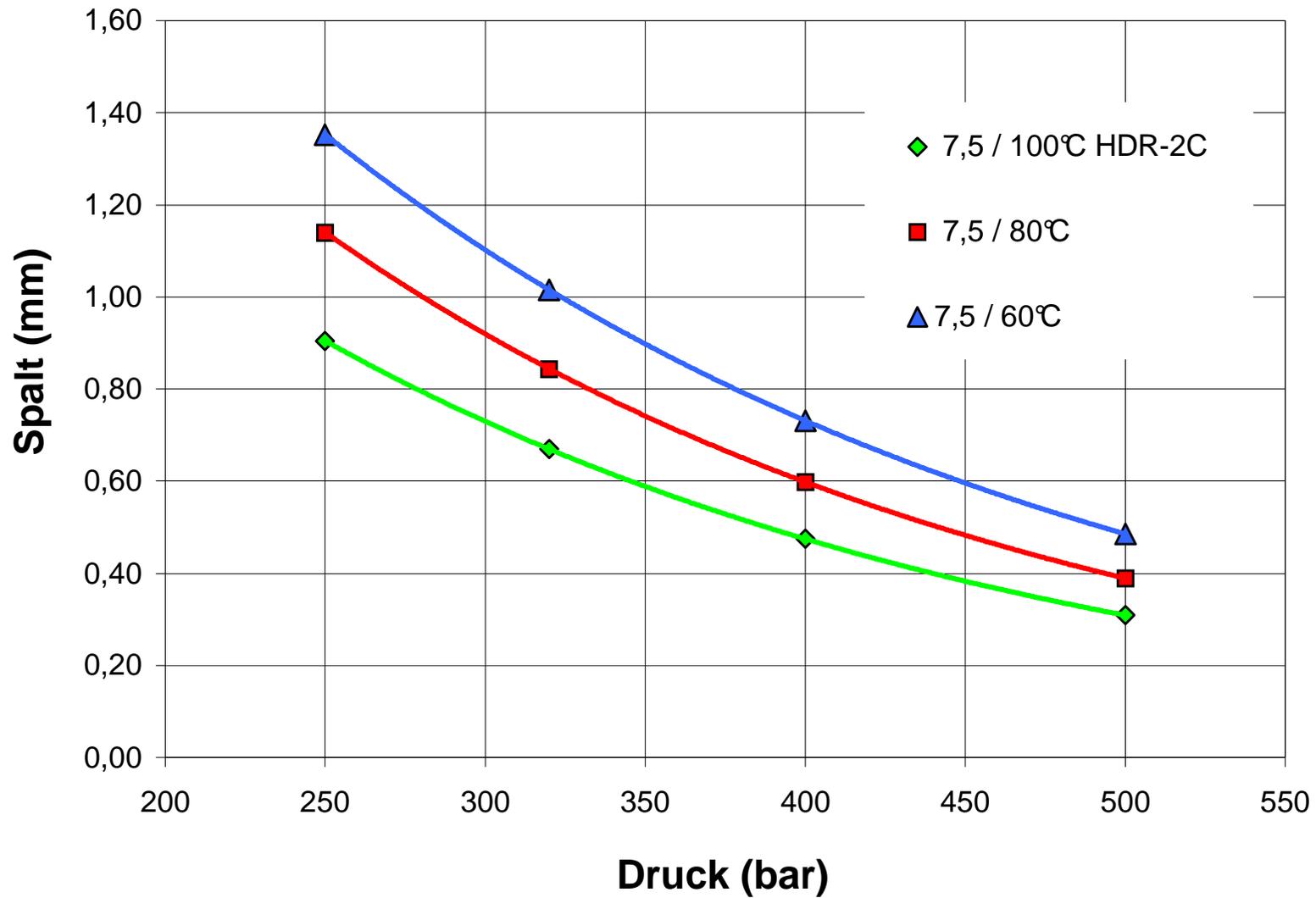
Druck = 400 bar, Temperatur = 100°C, Zyklen = 50000 DH, v=0,3 m/s, Spaltradius 0,3 mm, Differentialbetrieb

# Einfluss des Drucks und der Spaltweite auf die Extrusion

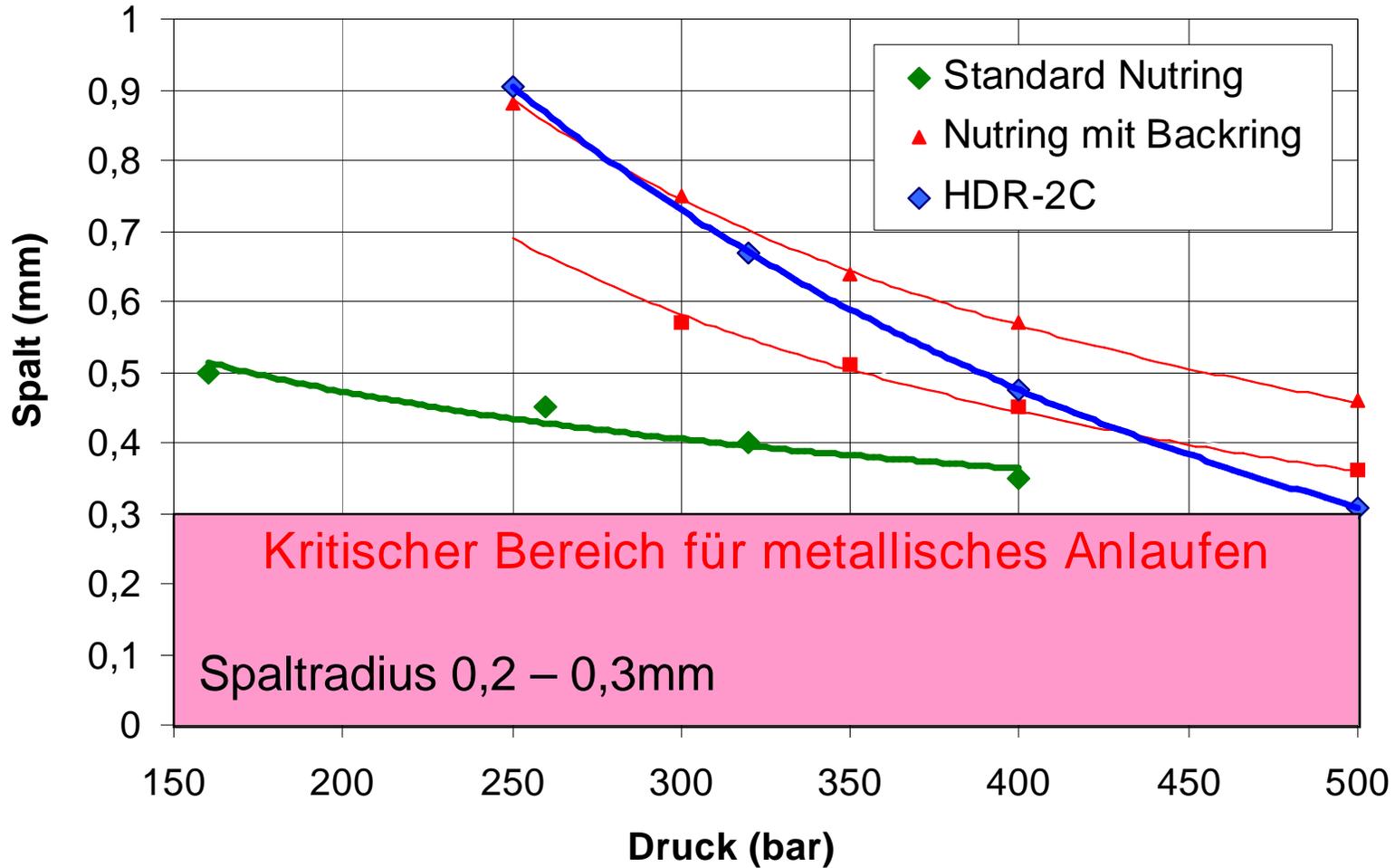
-  $p = 250 \text{ bar} \dots 400 \text{ bar}$ ,  $T = 60^\circ\text{C}$ , radialer Spalt  $0,4 \text{ mm} \dots 1,5 \text{ mm}$



# Radiale Grenzspaltweiten für HDR-2C, Profil S = 7,5 mm



# Vergleich der zulässigen Spaltweite von Nutringen aus Standardwerkstoff mit HDR-2C und Nutringen mit Backringen bei T = 100 °C



# Inhalt

1	Funktionen und Werkstoffanforderungen von Hydraulikdichtungen
2	Funktionsoptimierte Werkstoffe – zwei Polyurethane, eine Dichtung
3	Beispiel HDR-2C
4	Zusammenfassung

# Zusammenfassung

Die unterschiedlichen Funktionen einer Dichtung stellen unterschiedliche, z.T. gegenläufige Anforderungen an den Dichtungswerkstoff.

Durch die Kombination unterschiedlicher Werkstoffe können diese gegenläufigen Anforderungen erfüllt werden.

Erst mit dem festen Verbund der Werkstoffe kann eine optimale Lösung erzielt werden, bei der die Vorteile der Werkstoffkombination voll zum Tragen kommen.

Merkel Freudenberg bietet die Kombination des Prozess- und Werkstoff-Know-Hows.

Dies ermöglicht maßgeschneiderte Lösungen nicht nur „vom Lager“ sondern auch kundenspezifische Produkte.

# Zusammenfassung - Kundennutzen

Die Kombination funktionsgerechter Werkstoffe bietet dem Kunden zahlreiche Vorteile – z. B.:

- Einsatz von „High-Performance“-Dichtungen in Standard-Einbauräumen zur Leistungssteigerung des Endprodukts
- Gesteigerte Leistungsdichte durch höhere Drücke oder Maximaltemperaturen bei gleichen Spaltmaßen
- Kostensenkung in der Fertigung durch Erweiterung der Fertigungstoleranzen
- Erweiterung des Einsatzspektrums zu niedrigeren Minimaltemperaturen bei gleicher Belastungsfrequenz
- Steigerung der Belastungsfrequenz bei gleichbleibenden Temperaturen
- Erhöhte Zuverlässigkeit

# Danksagung

## Vielen Dank an

Dr. Edgar Freitag,  
Jürgen Jäckel (LC Fluid Power Industry) und  
Guido Hohmann (Freudenberg Forschungsdienste KG),  
die dazu beigetragen haben, dass dieser Vortrag entstand.

## Literaturquellen

- (1) Dr. Edgar Freitag, Jürgen Jäckel, Guido Hohmann  
**HDR-2C Two-Component Polyurethane Seal for Extreme Loads,**  
15<sup>th</sup> ISC, Stuttgart, October 7<sup>th</sup> – 8<sup>th</sup> 2008
  
- (2) Dr. Edgar Freitag, Jürgen Jäckel, Guido Hohmann  
**Dichtung mit System - HDR-2C – Eine Dichtung für extreme  
Belastung,** O+P 5/2009, Vereinigte Fachverlage GmbH, Mainz,  
2009

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Kontakt:

Dipl.-Ing. M. Goerres

Leiter Produktentwicklung

Lead Center Fluid Power Industry

Merkel Freudenberg Fluidtechnic GmbH

Ascheröder Str. 57

34613 Schwalmstadt

Email: [martin.goerres@freudenberg-ds.com](mailto:martin.goerres@freudenberg-ds.com)

Telefon: +49 6691 / 208 - 184



**EXCEEDING LIMITS**

Hannover Trade Fair  
4 - 8 April  
Hall 19, Stand B26

**simrit®**