



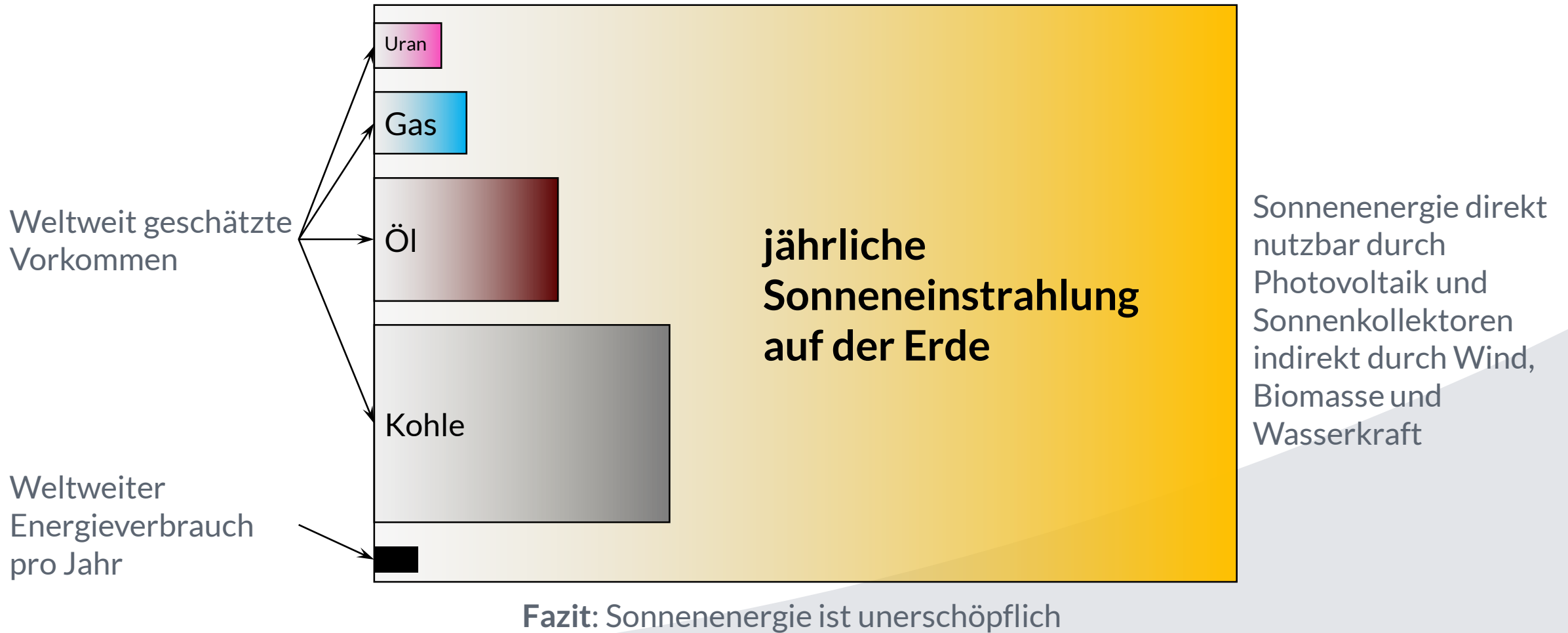
# WEBINAR

*„Alles - nur nicht Standard:  
Herausforderung  
Elastomerdichtungen bei  
Wasserstoffanwendungen“*

Pinneberg, 28.09.2022



# Wasserstoff als Energieträger



# Frage 1

---

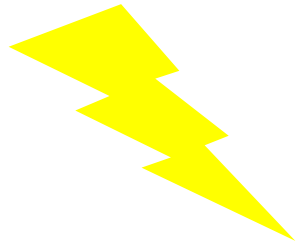
**Glauben Sie, dass es der Menschheit in absehbarer Zeit gelingen wird, konservative Energieträger durch „grünen“ Wasserstoff zu ersetzen?**

1. Das Ziel ist ambitioniert, aber wir werden es schaffen.
2. Solange Uran und Fossile Energieträger vorhanden sind, werden wir diese auch nutzen.
3. Darüber habe ich mir noch keine Gedanken gemacht.

# Inhaltsübersicht

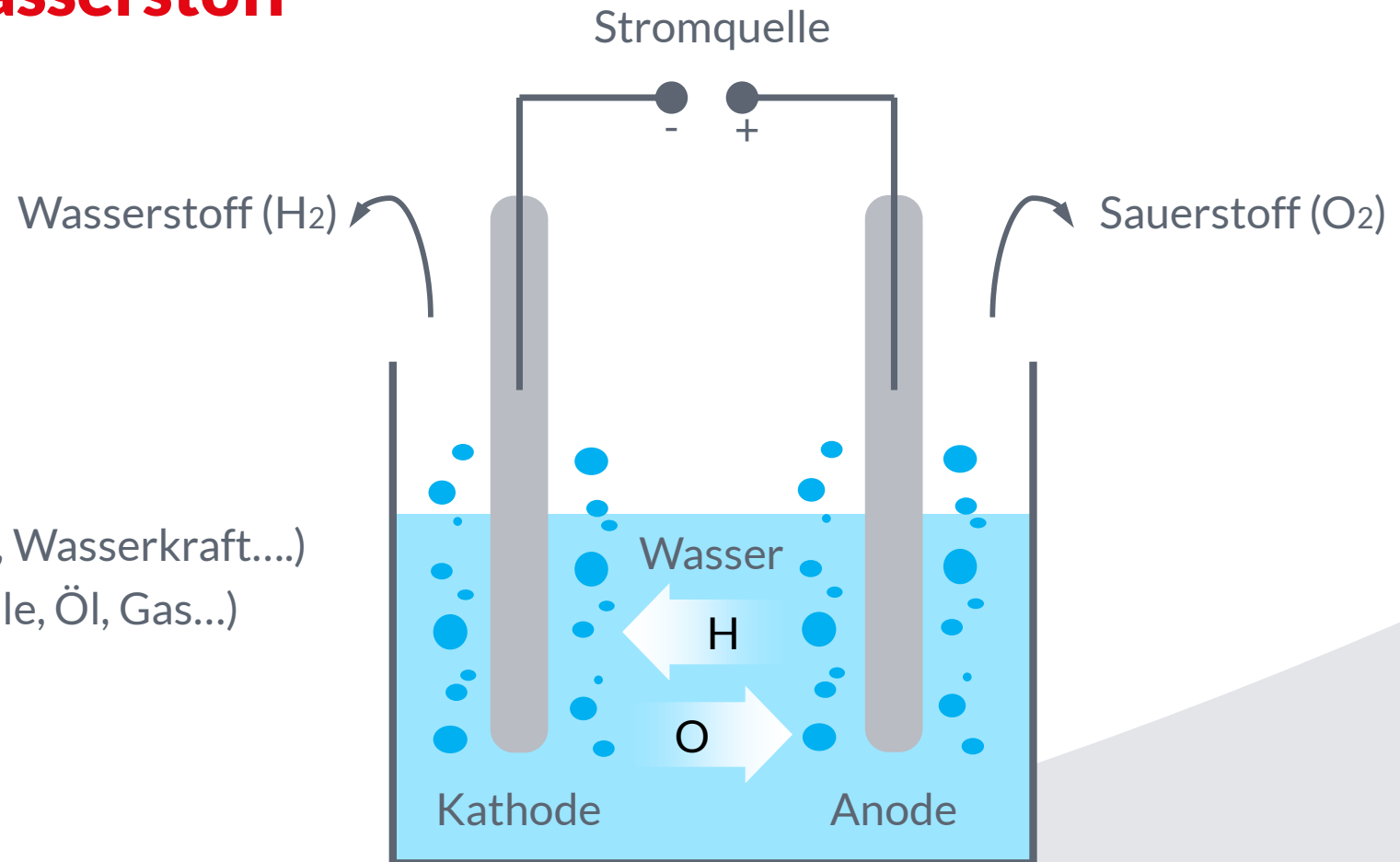
- |          |                                                      |           |                                                 |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|
| <b>1</b> | Herstellung von Wasserstoff                          | <b>6</b>  | Permeationsverhalten unterschiedlicher Polymere |
| <b>2</b> | Verwendung von Wasserstoff                           | <b>7</b>  | Permeation von gasförmigen Wasserstoff          |
| <b>3</b> | Wasserstofftechnologie                               | <b>8</b>  | Abdichtung gegenüber gasförmigen Wasserstoff    |
| <b>4</b> | Auswahl eines geeigneten Dichtungswerkstoff          | <b>9</b>  | Beschichtung Bipolarplatte                      |
| <b>5</b> | Beispiel AEM (Anion Exchange Membrane) Elektrolyseur | <b>10</b> | Zusammenfassung                                 |

# Herstellung von Wasserstoff



Energiequelle

- Solar (Photovoltaik, Wind, Wasserkraft....)
- Fossile Energieträger(Kohle, Öl, Gas...)
- Kernenergie
- .....



# Verwendung von Wasserstoff

- Energieträger
  - Schweißen, Raketentreibstoff, Triebwerke, Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen, Heizgas
- Kohlehydrierung
  - Umwandlung von Kohle und H<sub>2</sub> in flüssige Kohlenwasserstoffe: Benzin. Diesel usw.
- Reduktionsmittel
  - Verhüttung von Metallerzen
- Ammoniakherstellung
  - Verwendung als Düngemittel und Sprengstoff
- Lebensmittelzusatzstoff
  - Verwendung als Treibgas, Packgas usw.
- Kühlmittel, Kryogen (Siedepunkt H<sub>2</sub> ca. -253 °C)
- Traggas für Luftschiffe und Ballons (Seit der Hindenburg Katastrophe 1937 nur noch in speziellen Anwendungen)

# Wasserstofftechnologie



Fazit:  
Es gibt nicht die eine Wasserstofftechnologie

# Auswahl eines geeigneten Dichtungswerkstoff

- Informationen sammeln
- Welcher Temperaturbereich soll abgedichtet werden?
- Welcher Druckbereich soll abgedichtet werden?
- Gibt es große Druckschwankungen?
- Mit welchen Medien kommt meine Dichtung außer dem in Berührung?
- Soll die Dichtung dynamisch oder statisch funktionieren?
- Muss ich mit ionisierender Strahlung (roter Wasserstoff) rechnen?

 Nur unter Betrachtung aller real auftretenden Betriebsparameter lässt sich ein geeigneter Dichtungswerkstoff auswählen.

# Beispiel AEM (Anion Exchange Membrane) Elektrolyseur

- Medium: Kalilauge (KOH) 5 %
- Temperatur: 65 °C
- Elektrodenpotential: 2V

➔ Geeignetes Material: EPDM perox. z.B. AP 208?



## Beispiel AEM (Anion Exchange Membrane) Elektrolyseur



Die EPDM perox. Dichtung wurde nach nur ca. 100 h im Einsatz stark angegriffen. Ausfallursache zunächst unklar.

Stark angegriffene EPDM Dichtung

# Beispiel AEM (Anion Exchange Membrane) Elektrolyseur

## Untersuchung der Ausfallursache

- Einlagerungsversuche in Kalilauge (KOH 5 %) bei 65 °C ergaben keine signifikanten Materialveränderungen
- Vermutung: Materialunverträglichkeit mit den verwendeten Werkstoffen im Elektrolyseur
- AEM Elektrolyse benötigt einen Katalysator, in diesem Fall wird Nickel eingesetzt
- Nickel ist als „Kautschukgift“ bekannt
- Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuke (EPDM) sind Terpolymere aus Ethylen, Propylen und Dien
- Diene enthalten zwei Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen (kurz C=C-Doppelbindungen)
- Nickel greift die Doppelbindungen im Dien an und zerstört den Kautschuk

## Beispiel AEM (Anion Exchange Membrane) Elektrolyseur

- Einsatz eines Ethylen-Propylen-Copolymer (EPM) EP 380
- Kautschuk enthält kein Dien und somit keine Doppelbindungen im Polymer
- Sehr gute Beständigkeit gegen über Kalilauge (KOH) im angegebenen Temperaturbereich
- O-Ring zeigte nach über 6000 h im Einsatz keine signifikanten Änderungen



Alle am Prozess beteiligten Medien und Werkstoffe müssen bei der Materialauswahl berücksichtigt werden.



## Frage 2

---

**Mit welcher Wasserstofftechnologie wird sich in Ihrem Unternehmen beschäftigt?**

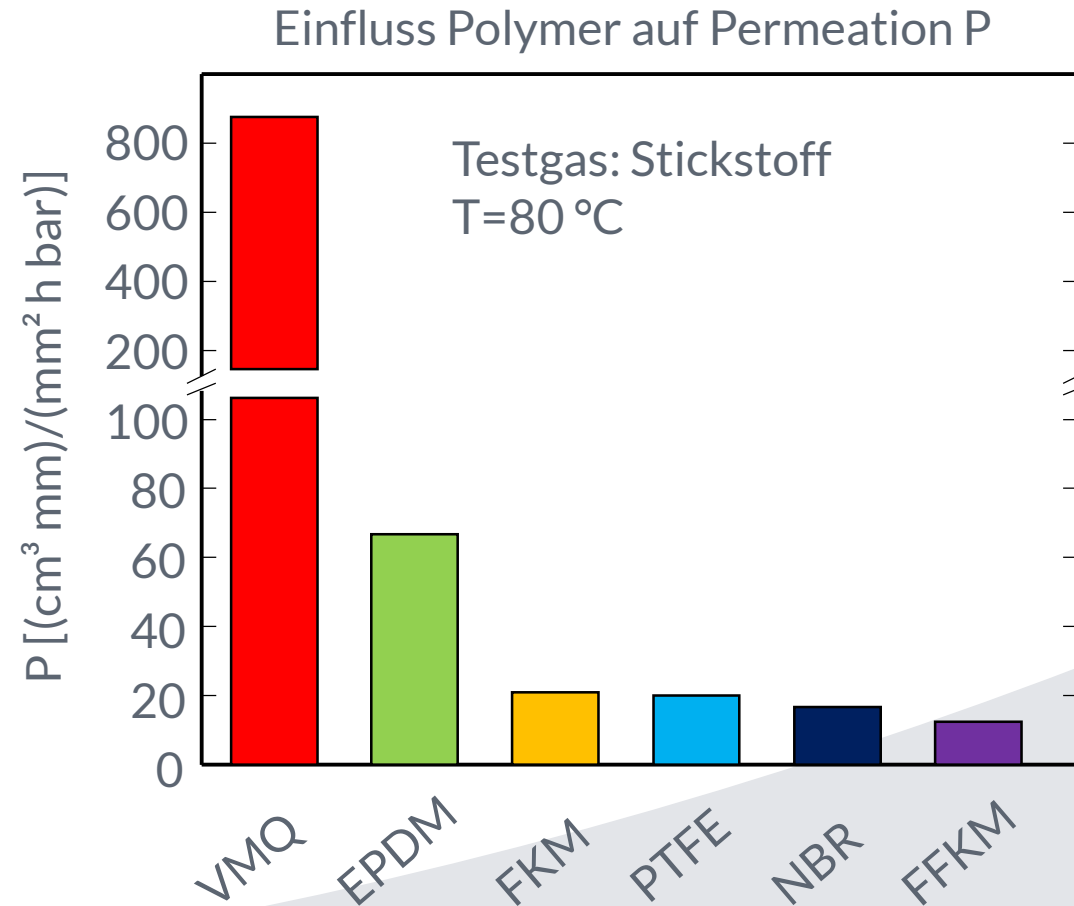
1. Herstellung von Wasserstoff.
2. Herstellung und Entwicklung von Elektrolyseuren.
3. Herstellung und Entwicklung von Brennstoffzellen.
4. Herstellung und Entwicklung von Komponenten (Armaturen, Wärmetauscher, Anlagen usw.) für die Wasserstofftechnologie.
5. Andere

# Permeationsverhalten unterschiedlicher Polymere

## Permeationsverhalten

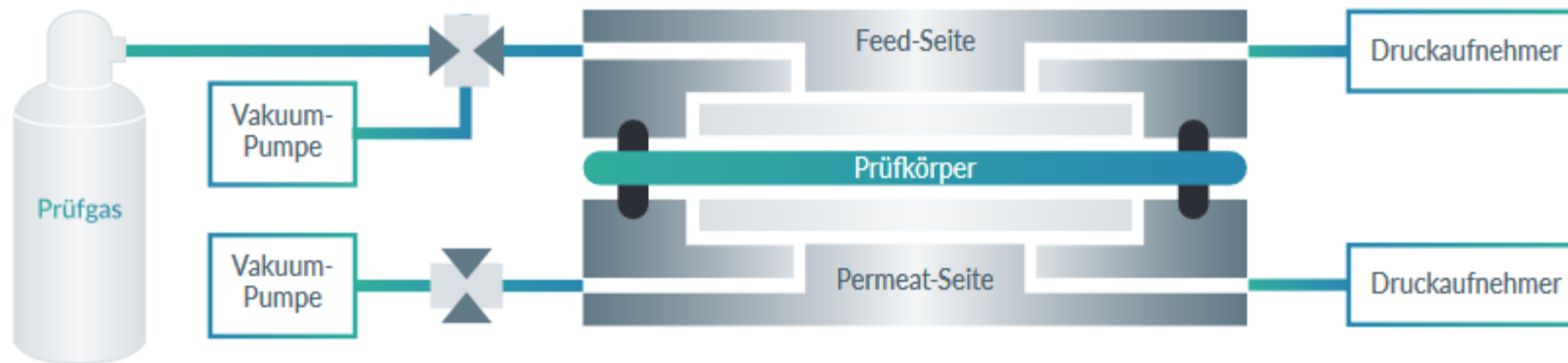
Permeation ist u. a. abhängig von

- der Polymertyp
- der Einsatztemperatur
- dem Permeationsmedium



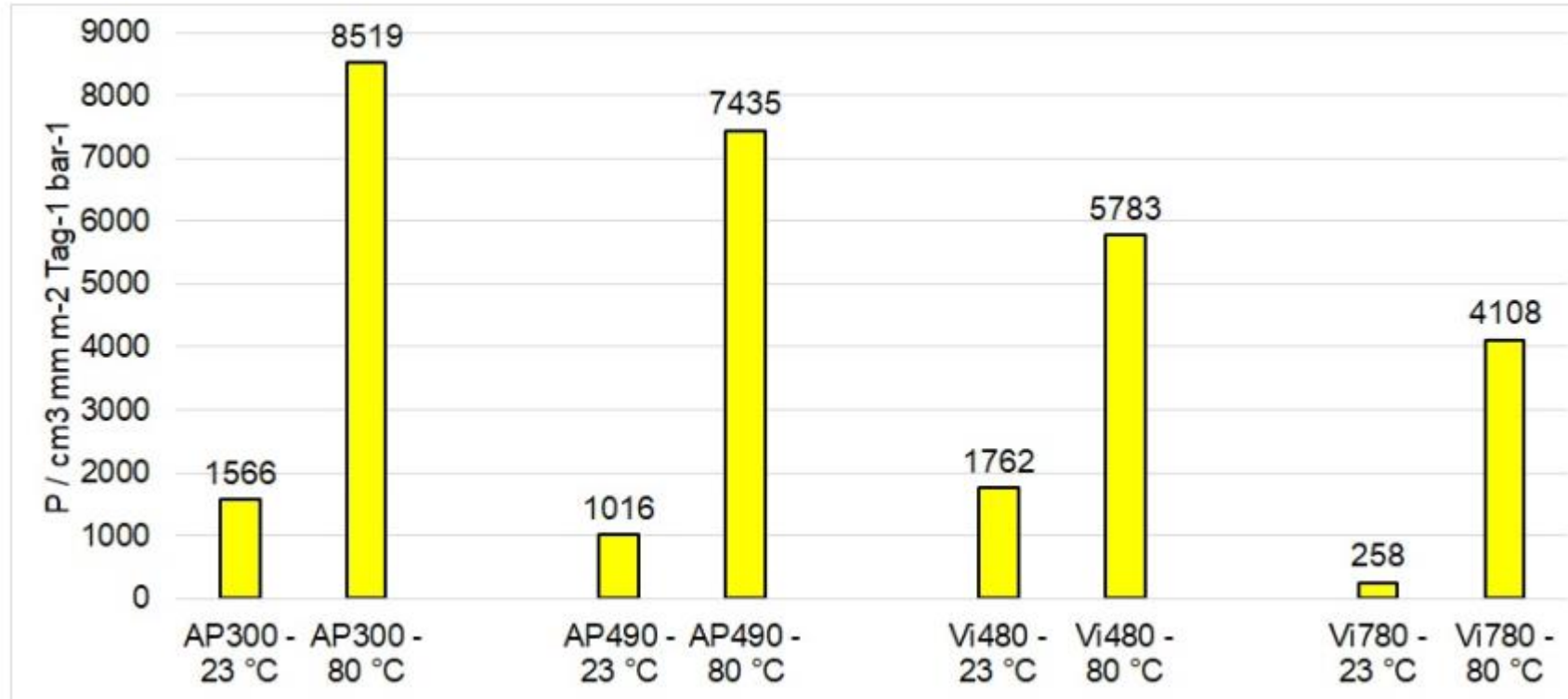
# Permeation von gasförmigen Wasserstoff

## Schematischer Versuchsaufbau zur Bestimmung der Permeabilität



- Prüfgas: Wasserstoff 5.0
- Prüftemperatur 23 °C ± 1 °C
- Druckdifferenz  $\Delta p = 1$  bar

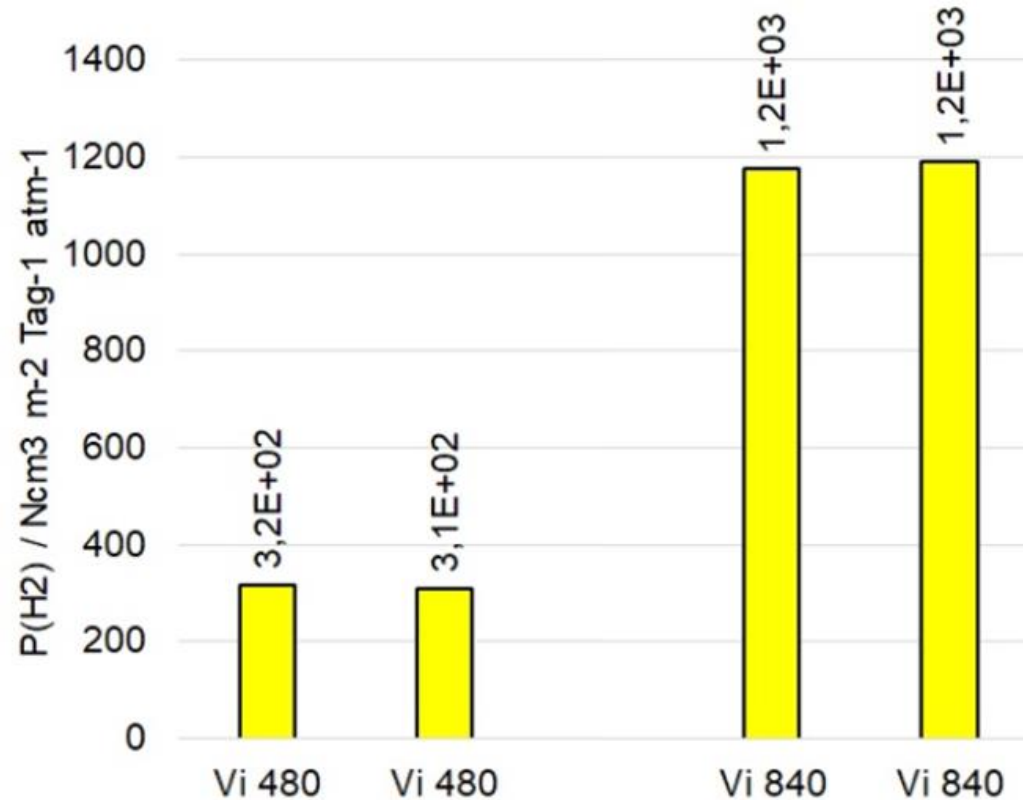
# Permeation von gasförmigen Wasserstoff



Die Versuche verdeutlichen die Temperaturabhängigkeit der Permeationsraten

Zusammenfassende Abbildung der ermittelten Wasserstoff-Permeationsraten bei 23 °C und 80 °C

# Permeation von gasförmigen Wasserstoff



Die Versuche verdeutlichen das die Permeationsraten stark abhängig von der Polymertypen innerhalb der FKM Familie sind

Abbildung der ermittelten Wasserstoff-Permeationsraten bei 23 °C

# Permeation von gasförmigen Wasserstoff

| H2 Permeation bei 23 °C und 5 bar                     |        |        |
|-------------------------------------------------------|--------|--------|
|                                                       | AP 208 | Vi 208 |
| T [°C]                                                | 23,0   | 23,0   |
| $\Delta p$ [bar]                                      | 1,0    | 1,0    |
| P Koeffizient<br>[ $cm^3 mm m^{-2} d^{-1} bar^{-1}$ ] | 1317   | 281    |



Die Versuche verdeutlichen das unterschiedliche Permeationsverhalten zwischen EPDM und FKM

# Permeation von gasförmigen Wasserstoff

**Die Permeabilität eines elastomeren Werkstoffes ist maßgeblich von den folgenden Faktoren abhängig:**

- Polymertyp (auch innerhalb einer ASTM Gruppe)
- Temperatur
- Vernetzung (Bisphenol, Peroxid)
- Rezeptur
- Herstellbedingungen
- Druckdifferenz

## Frage 3

---

**Um gegenüber Wasserstoff abzudichten, wie wählen Sie Ihre Dichtungswerkstoffe aus?**

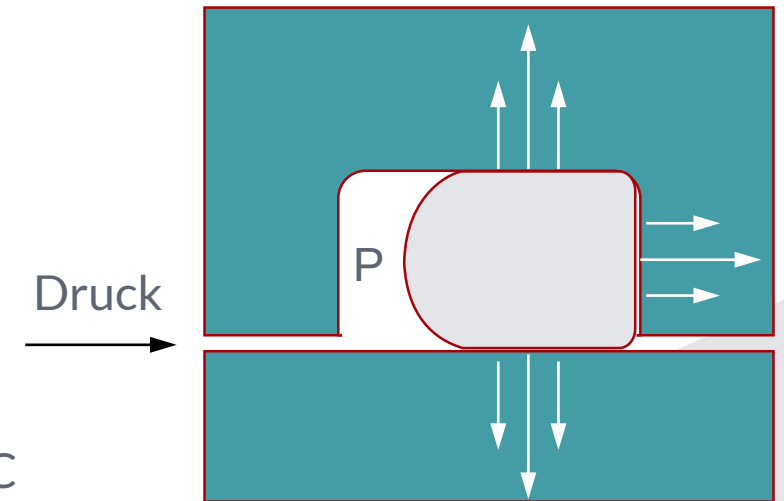
1. Nach Erfahrungen.
2. Nach einschlägiger Literatur.
3. Wir arbeiten eng mit dem Dichtungshersteller zusammen.
4. Andere

# Abdichtung gegenüber gasförmigen Wasserstoff

## Einsatzbedingungen genau bestimmen

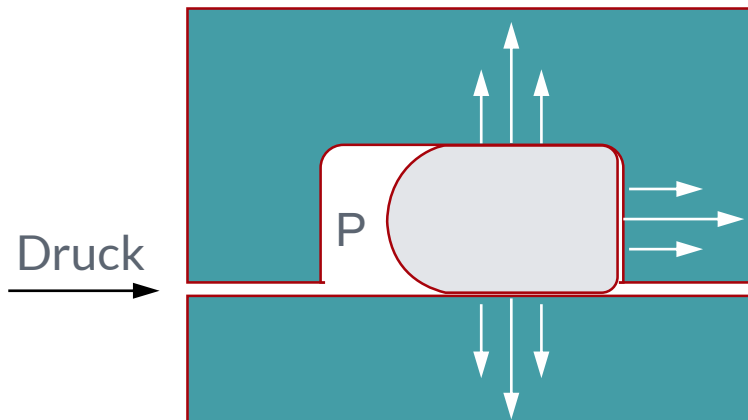
- Welcher Druckbereich soll abgedichtet werden?
  - Stützring notwendig?
  - Bei Drücken >>600 bar TPE oder ggf. metallische Dichtungen?
- Gibt es starke Druckänderungen? => Permeabilität beachten!
  - Einsatz eines AED Werkstoffes?
  - Labyrinth Dichtung notwendig?
- Welcher Temperatur Bereich soll abgedichtet werden?
  - EPDM von -50 °C (Druckabhängig) bis 150 °C
  - FKM von -15 °C (Sondertypen bis -50 °C Druckabhängig) bis 200 °C
  - PTFE von -200 °C bis 200 °C
  - Unter -200 °C metallische Dichtungen
- Statische oder dynamische Abdichtung?
- Was kann bei einer Undichtigkeit passieren?

Flächenpressung

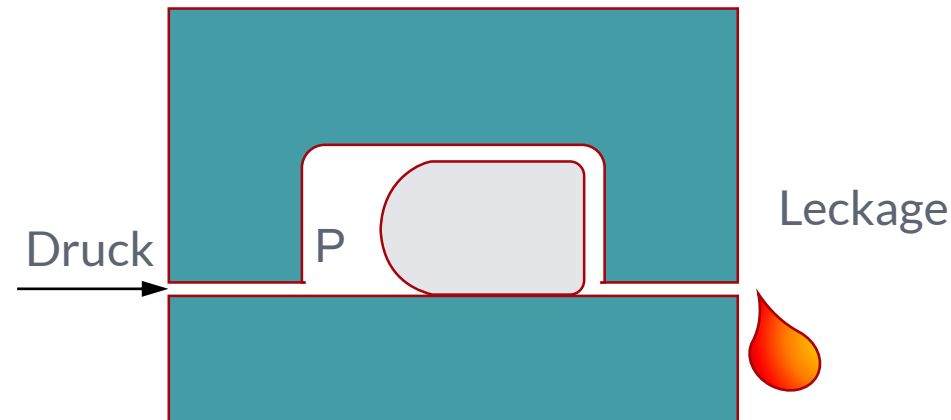


# Einsatz von Elastomeren bei tiefen Temperaturen

Flächenpressung



Verpresster O-Ring im Einbauraum  
unter Druckbelastung



O-Ring im Einbauraum  
nach Unterschreitung des  
Glasübergangspunktes

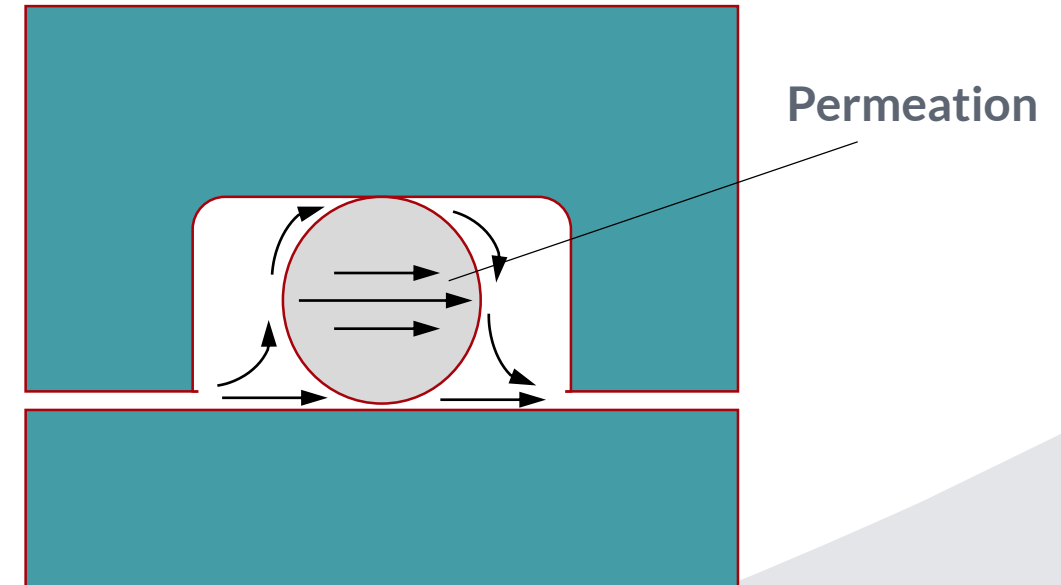
Bei hohem Druck Anwendung weit unterhalb des TR10 möglich

# Abdichtung gegenüber gasförmigen Wasserstoff

## Möglichkeiten einer Undichtigkeit

- Medium diffundiert zwischen O-Ring und Dichtfläche
  - Oberflächen sauber gearbeitet Rz6,4
  - Verpressung gegen 30 %
  - Füllgrad gegen 100 % Temperaturexpansion und evtl. Quellung beachten, !
- Medium diffundiert durch den O-Ring (Permeation)
  - Werkstoff mit hoher Dichte und Festigkeit einsetzen. In der Regel FKM
  - Einsatz eines AED Werkstoffes (bei starken Druckänderungen)
  - Labyrinth Dichtung mit einplanen (bei starken Druckänderungen)

Druck →



# Abdichtung gegenüber gasförmigen Wasserstoff

---

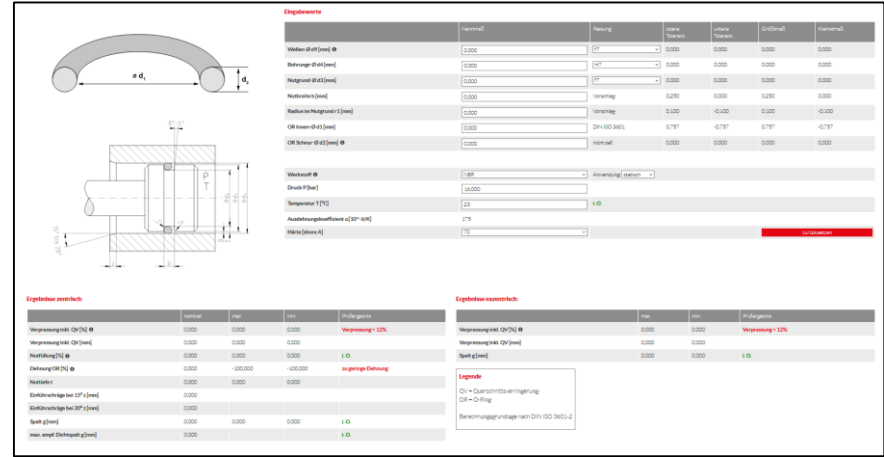
## Anforderungen an den O-Ring Werkstoff

- niedrige Permeabilität
- Medienverträglichkeit d.h. sind noch andere Medien als Wasserstoff im Spiel?
- Temperaturbeständigkeit. Passt der TR10 Wert zur min. Einsatztemperatur?
- Druckfestigkeit.
- Druckwechselfestigkeit. AED Werkstoff mit Zulassung?
- Statische oder dynamische Anwendung? Macht eine Beschichtung der O-Ring Oberfläche Sinn?

# Abdichtung gegenüber gasförmigen Wasserstoff

## Zusammenfassung

- O-Ring-Werkstoff
- Oberflächengüte der Dichtflächen
- Verpressung 30 %
- Füllgrad gegen 100 %
- Berechnung der O-Ring Abdichtung zweckmäßig



**Eingabewerte**

| Parameter         | Wert   | Einheit | Min   | Max     | Standard | Einheit |
|-------------------|--------|---------|-------|---------|----------|---------|
| Werkstoff Ø (mm)  | 10.000 | mm      | 0.000 | 100.000 | 10.000   | mm      |
| Druck P (bar)     | 10.000 | bar     | 0.000 | 100.000 | 10.000   | bar     |
| Temperatur T (°C) | 20     | °C      | -50   | 200     | 20       | °C      |
| Werkstoff         | 1.4571 |         |       |         | 1.4571   |         |
| Druck P (bar)     | 10.000 | bar     | 0.000 | 100.000 | 10.000   | bar     |
| Temperatur T (°C) | 20     | °C      | -50   | 200     | 20       | °C      |
| Werkstoff         | 1.4571 |         |       |         | 1.4571   |         |

**Ergebnisse**

| Parameter          | Wert   | Einheit | Min   | Max     | Standard | Einheit |
|--------------------|--------|---------|-------|---------|----------|---------|
| Verpressung Ø (mm) | 10.000 | mm      | 0.000 | 100.000 | 10.000   | mm      |
| Druck P (bar)      | 10.000 | bar     | 0.000 | 100.000 | 10.000   | bar     |
| Temperatur T (°C)  | 20     | °C      | -50   | 200     | 20       | °C      |
| Werkstoff          | 1.4571 |         |       |         | 1.4571   |         |
| Druck P (bar)      | 10.000 | bar     | 0.000 | 100.000 | 10.000   | bar     |
| Temperatur T (°C)  | 20     | °C      | -50   | 200     | 20       | °C      |
| Werkstoff          | 1.4571 |         |       |         | 1.4571   |         |

**Legende**

- Ø = O-Ring
- Ø = O-Ring
- Berechnungsgrundlage nach DIN ISO 3601-2

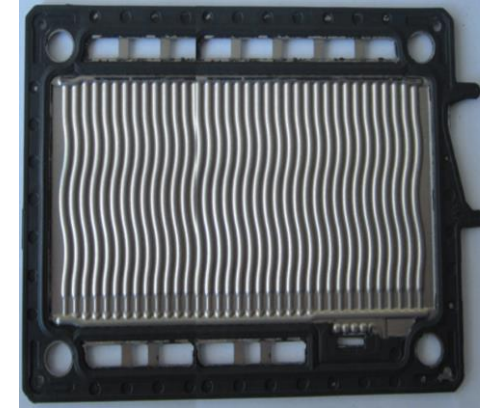
COG O-Ring Berechnungsprogramm

<https://www.cog.de/produkte/rund-um-den-o-ring/o-ring-berechnungsprogramm>

# Beschichtung Bipolarplatte

## Anforderungen vom Kunden

- Sehr gute dauerhafte Medienbeständigkeit
- Geringe Permeation
- Hohe Anforderungen an die Toleranzen der Beschichtung
- Hohes Rückstellverhalten des Dichtungswerkstoffs
- Keine extrahierbaren Bestandteile im Dichtungswerkstoff
- Hohe Reproduzierbarkeit der Dichtungskontur
- Sehr gute Haftung zwischen Gummi und Platte



# Beschichtung Bipolarplatte

- Medien
  - Wasser (vgl. WFI Water)
  - Sauerstoff z.T. Gasförmig (Blasen)
  - Wasserstoff z.T. Gasförmig (Blasen)
  - Temperatur  $V_{\max}=80\text{ °C}$
  - Möglichst geringe Permeabilität
  
- Mögliche Werkstoffe
  - NBR
    - Unbeständig, Weichmacher
  - EPDM
    - Gute Beständigkeit
    - Mäßige Permeabilität
  - FKM Terpolymer
    - Sehr gute Beständigkeit
    - Sehr geringe Permeabilität
    - Keine extrahierbaren Bestandteile



# Beschichtung Bipolarplatte

## FKM Terpolymer Vi 780

- Sehr gute Beständigkeit gegenüber hochreinem Wasser
- Sehr gute Sauerstoffbeständigkeit
- Sehr gute Wasserstoffbeständigkeit
- Sehr geringe Permeabilität
- Sehr gutes Rückstellverhalten (DVR < 15 %)
- Keine extrahierbaren Bestandteile in der Mischung
- Die Mischung ist im Spritzguss bearbeitbar



C. OTTO GEHRCKENS GMBH & CO. KG  
DICHTUNGSTECHNIK

Seite 1/2

### TECHNISCHES DATENBLATT

23.03.2022

|                          |                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COG Werkstoff            | Vi 780                                                                                                                                                                                          |
| Basiselastomer           | Fluorkautschuk (FKM)                                                                                                                                                                            |
| Farbe                    | schwarz                                                                                                                                                                                         |
| Einsatztemperatur (Luft) | von -10 °C bis +200 °C                                                                                                                                                                          |
| Freigaben / Zulassungen  | FDA 21. CFR 177.2600, USP Klasse VI bis +121 °C, Chapter 87 und Chapter 88, 3-A Sanitary Standard 18-03, Klasse 1, BAM geprüft (für Anwendungen in gasförmigem Sauerstoff; max. 60 °C / 30 bar) |
| Vernetzungssystem        | peroxidisch vernetzt                                                                                                                                                                            |
| Bemerkung                | k. A.                                                                                                                                                                                           |

| Eigenschaften                           | Einheit | PRÜFKÖRPER |             | O-RING   |             |
|-----------------------------------------|---------|------------|-------------|----------|-------------|
|                                         |         | Wert       | Prüfmethode | Wert     | Prüfmethode |
| Härte                                   | Shore A | 80 ± 5     | DIN ISO 48  | 80 ± 5   | DIN ISO 48  |
| Härte                                   | °IRHD   | 80 +3/-8   | DIN ISO 48  | 78 +3/-8 | DIN ISO 48  |
| Reißfestigkeit                          | MPa     | > 19       | DIN 53 504  | > 14     | DIN 53 504  |
| Reißdehnung                             | %       | > 210      | DIN 53 504  | > 150    | DIN 53 504  |
| Modul                                   | k. A.   | k. A.      | k. A.       | k. A.    | k. A.       |
| TR-10                                   | k. A.   | k. A.      | k. A.       | k. A.    | k. A.       |
| Druckverformungsrest<br>(24 h / 200 °C) | %       | < 15       | DIN ISO 815 | < 20     | DIN ISO 815 |
| Druckverformungsrest<br>(72 h / 175 °C) | %       | < 15       | DIN ISO 815 | < 20     | DIN ISO 815 |

# Zusammenfassung

- Alle am Prozess beteiligten Größen wie Druck, Temperatur, Medien, Werkstoffe usw. müssen beachtet werden!
- Mit welcher Permeation muss ich rechnen bzw. welche Leckraten sind zulässig?
- Was kann passieren wenn es zu einer Undichtigkeit kommen kann?
- Im Zweifel sollten Eignungsversuche unter allen realen Einbau und Betriebsbedingungen durchgeführt werden.
- Es gibt nicht die eine Wasserstofftechnologie
- Lassen Sie uns gemeinsam eine Lösung für Ihre Anwendung finden.  
Kontaktieren Sie unsere Anwendungstechnik





**FRAGEN?**



## Weiterführende Informationen

COG Homepage <https://www.cog.de/produkte/rund-um-den-o-ring>

COG Broschüre „Elastomerdichtungen für höchste Anforderungen“

COG Broschüre „O-Ring 1x1“

COG Broschüre „Wasserstofftechnologie zukunftsicher abgedichtet“

COG Experten der Anwendungstechnik



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**

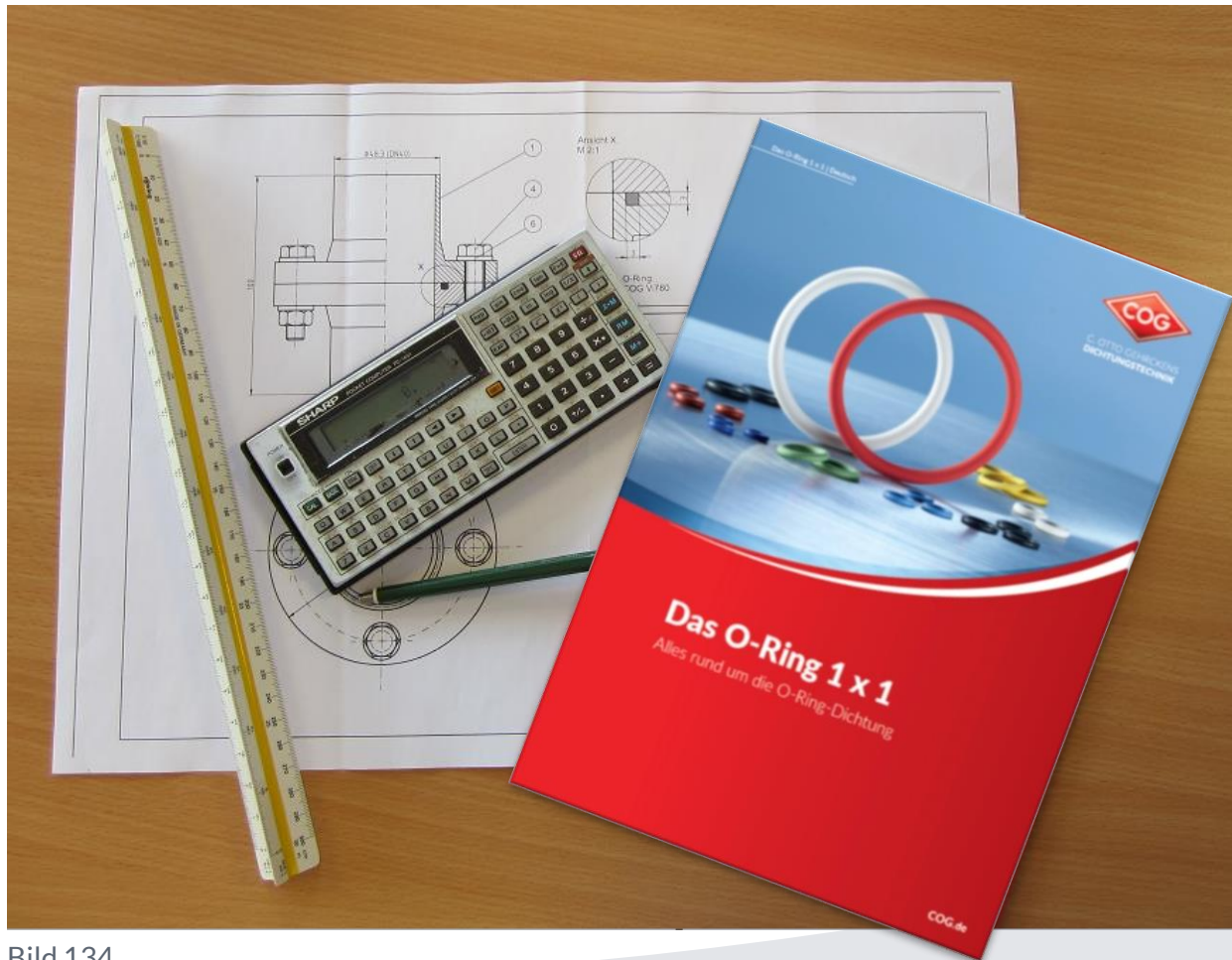


Bild 134

---

## Schulungsunterlagen der

C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG  
Gehrstücken 9  
25421 Pinneberg, Deutschland

Telefon: +49 4101 5002-0  
Telefax: +49 4101 5002-83  
[www.cog.de](http://www.cog.de)

*Sollten Sie darüber hinaus Fragen zu diesem Seminar oder den dazugehörigen Unterlagen haben, dann wenden Sie sich gerne an:*

*Referent, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Lucht, COG Anwendungstechnik*  
*E-Mail: [awt@cog.de](mailto:awt@cog.de)*  
*Telefon: +49 4101 5002-186*

© 2022 C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG  
Irrtümer und Änderungen vorbehalten.  
Urheberrechtshinweis siehe nachfolgende Folie.

---

© 2022 C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG

Urheberrechtshinweis: Die Inhalte dieses Dokumentes (u. a. Texte, Grafiken, Fotos, Logos etc.) und das Dokument selbst sind urheberrechtlich geschützt. Sie wurden durch die C. Otto Gehrckens GmbH & Co. KG (COG) selbständig erstellt. Eine Weitergabe von Präsentation und/oder Inhalten ist nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung von COG zulässig. Ohne schriftliche Genehmigung von COG dürfen dieses Dokument und/oder Teile daraus nicht weitergegeben, modifiziert, veröffentlicht, übersetzt oder reproduziert werden, weder durch Fotokopien, noch durch andere – insbesondere elektronische – Verfahren. Der Vorbehalt erstreckt sich auch auf die Aufnahme in oder die Auswertung durch Datenbanken.