

Leopold Pühringer – June 2022

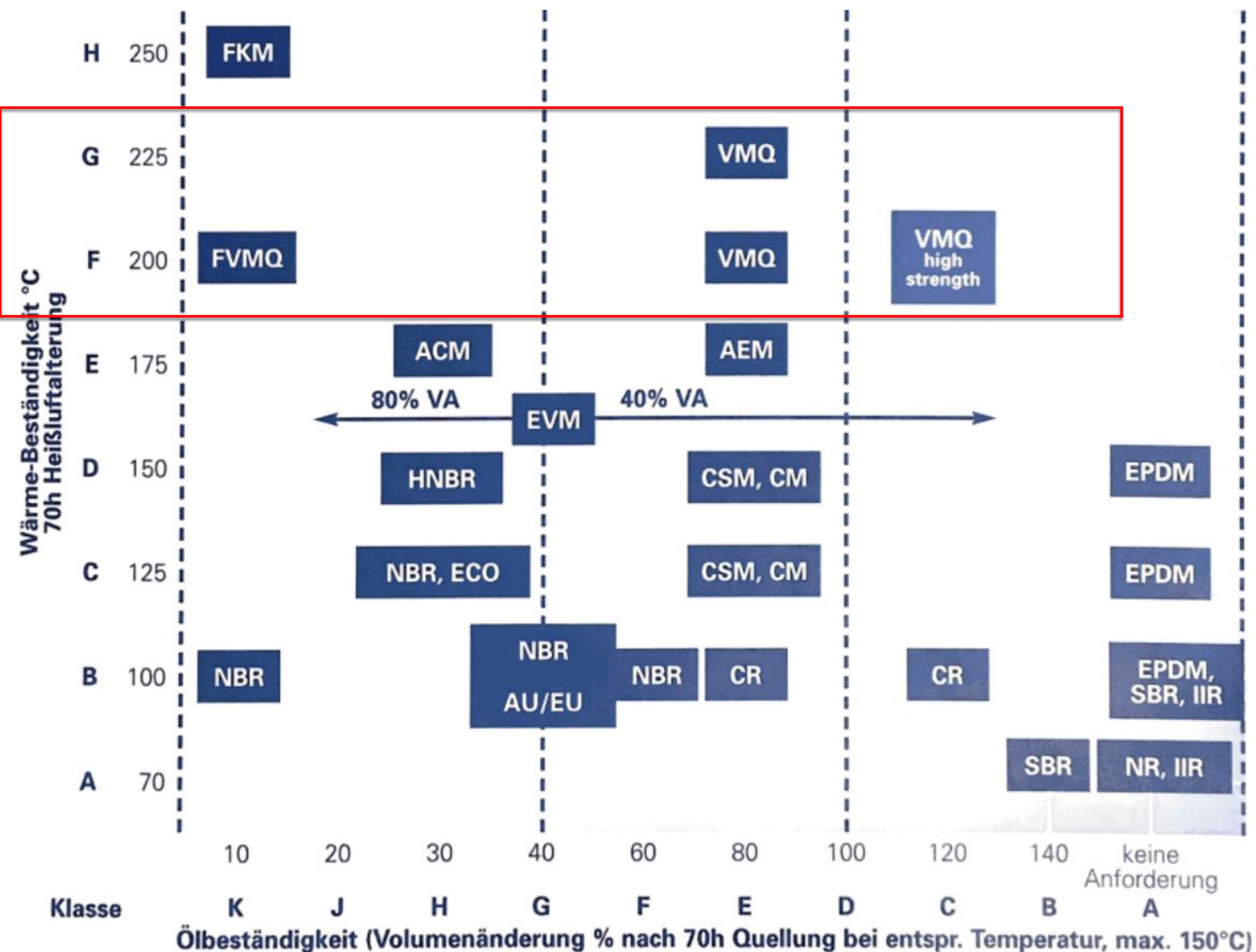
# Silikon...

... ein außergewöhnlicher Werkstoff  
mit Potential



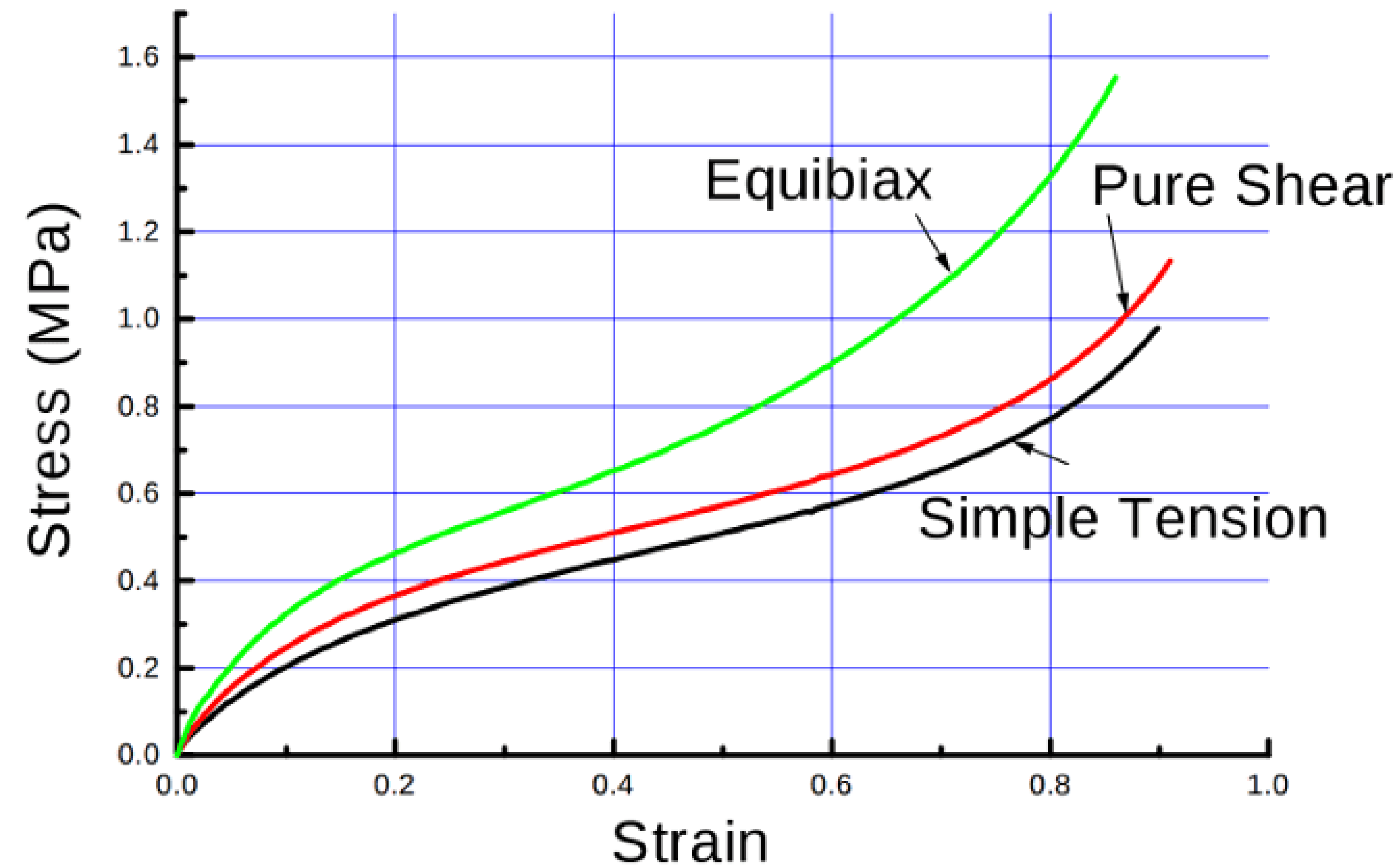


# ... der Exot unter den Elastomeren



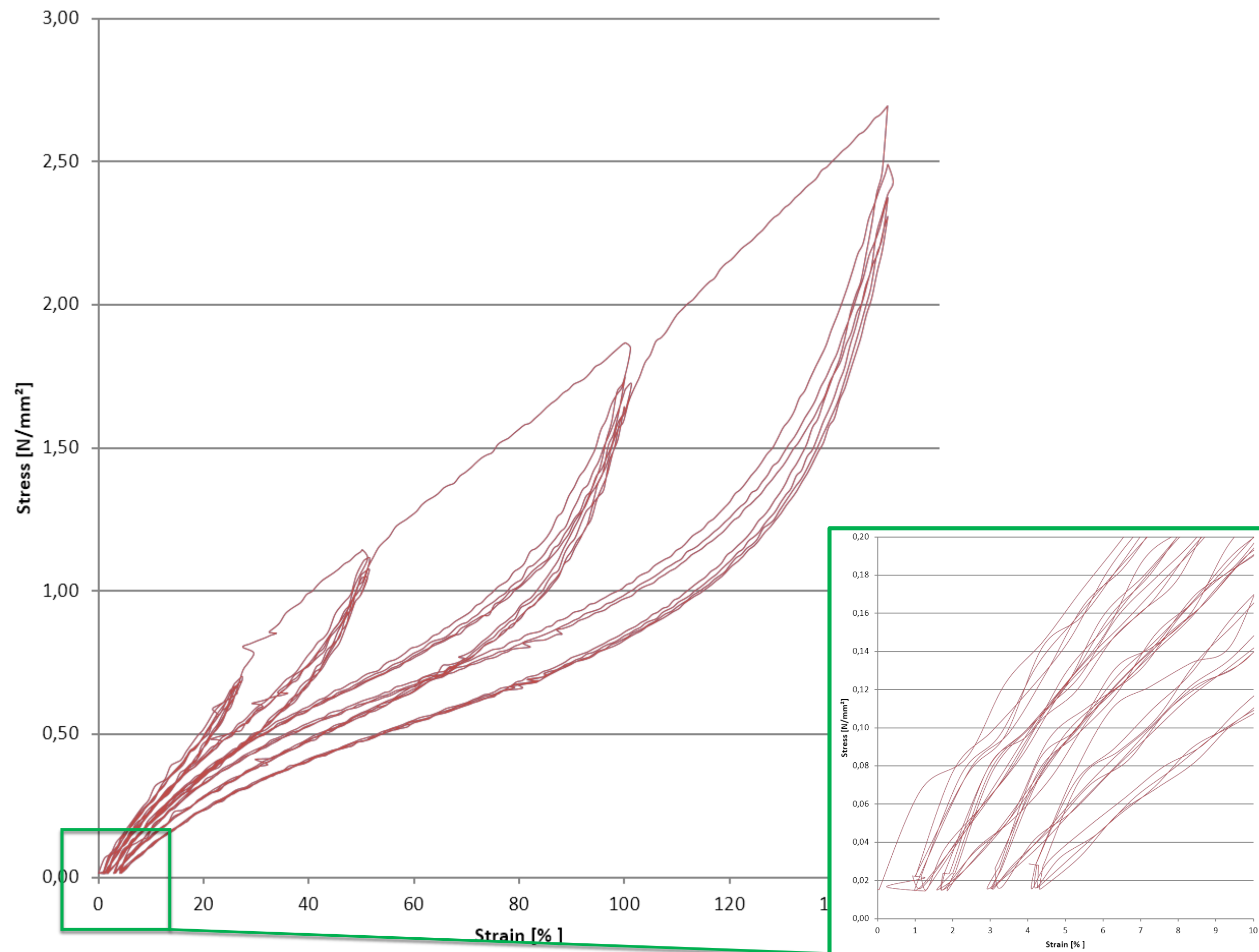
- Silikon ist auf Silizium-Basis und nicht auf Kohlenstoffbasis wie Gummiwerkstoffe
- Findet (bislang) Verwendung auf dreierlei Art:
  - Silikonflüssigkeit
  - Silikonharz
  - Silikongummi

# Nichtlinearität



- Spannungs-Dehnungs-Kurve in weiten Bereichen nicht linear
- Einfache und komplexe Spannungssysteme liefern unterschiedliche Verläufe
- Mehrfachbelastung erzeugt je nach Belastungspunkt unterschiedliche Hysterese-Werte
- Jedes Material zeigt anderes Verhalten (50 ShoreA  $\neq$  50 ShoreA)

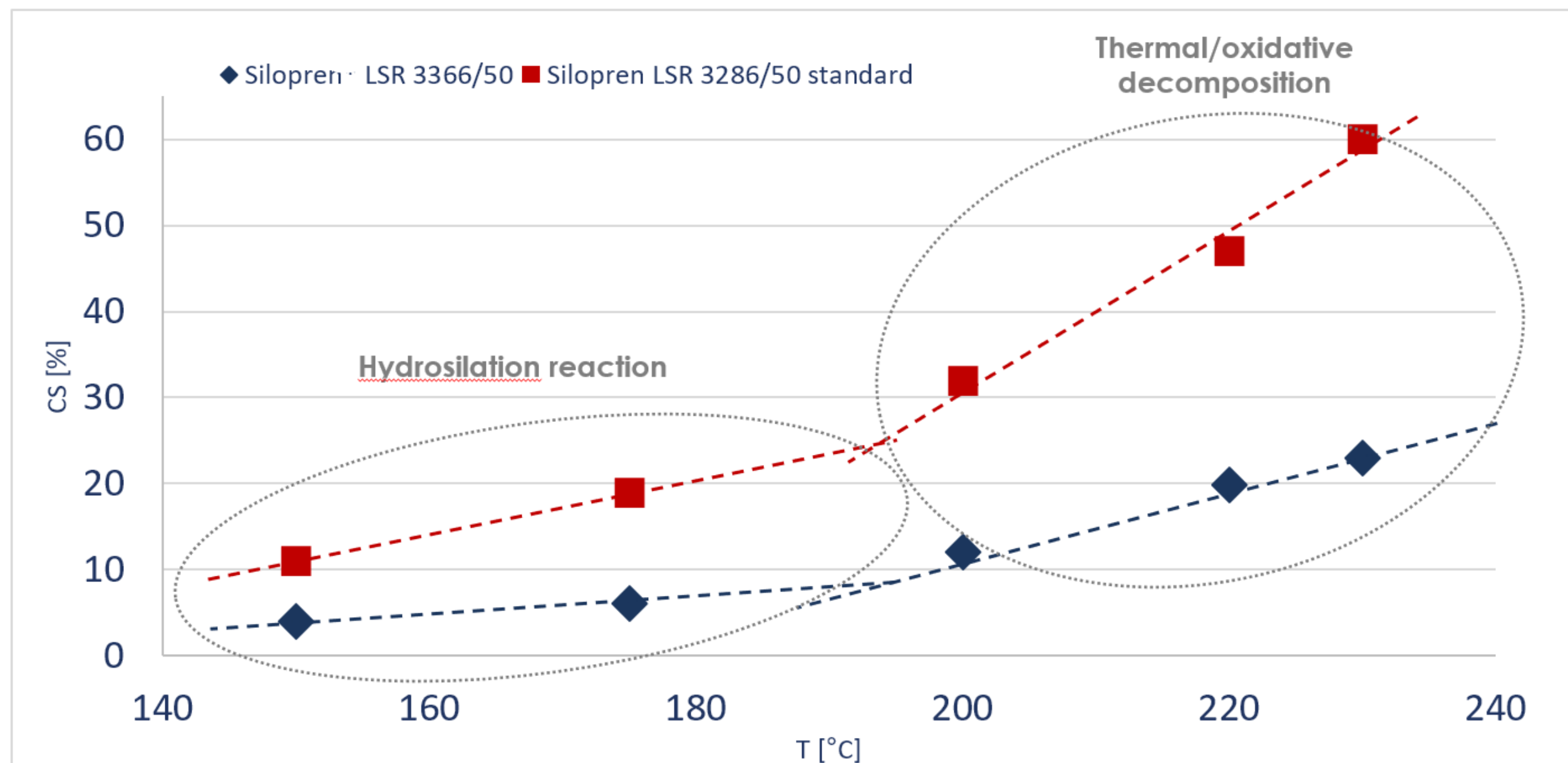
# Nichtlinearität



## Wo gilt dies zu beachten:

- Bei der Auswahl eines Werkstoffes für dynamische Anwendungen
- Beim Teiledesign; insbesondere bei der Auswahl und Festlegung der Spannungsbereiche
- Bei der Simulation von Silikonwerkstoffen
- Berücksichtigung von Alterungseffekten

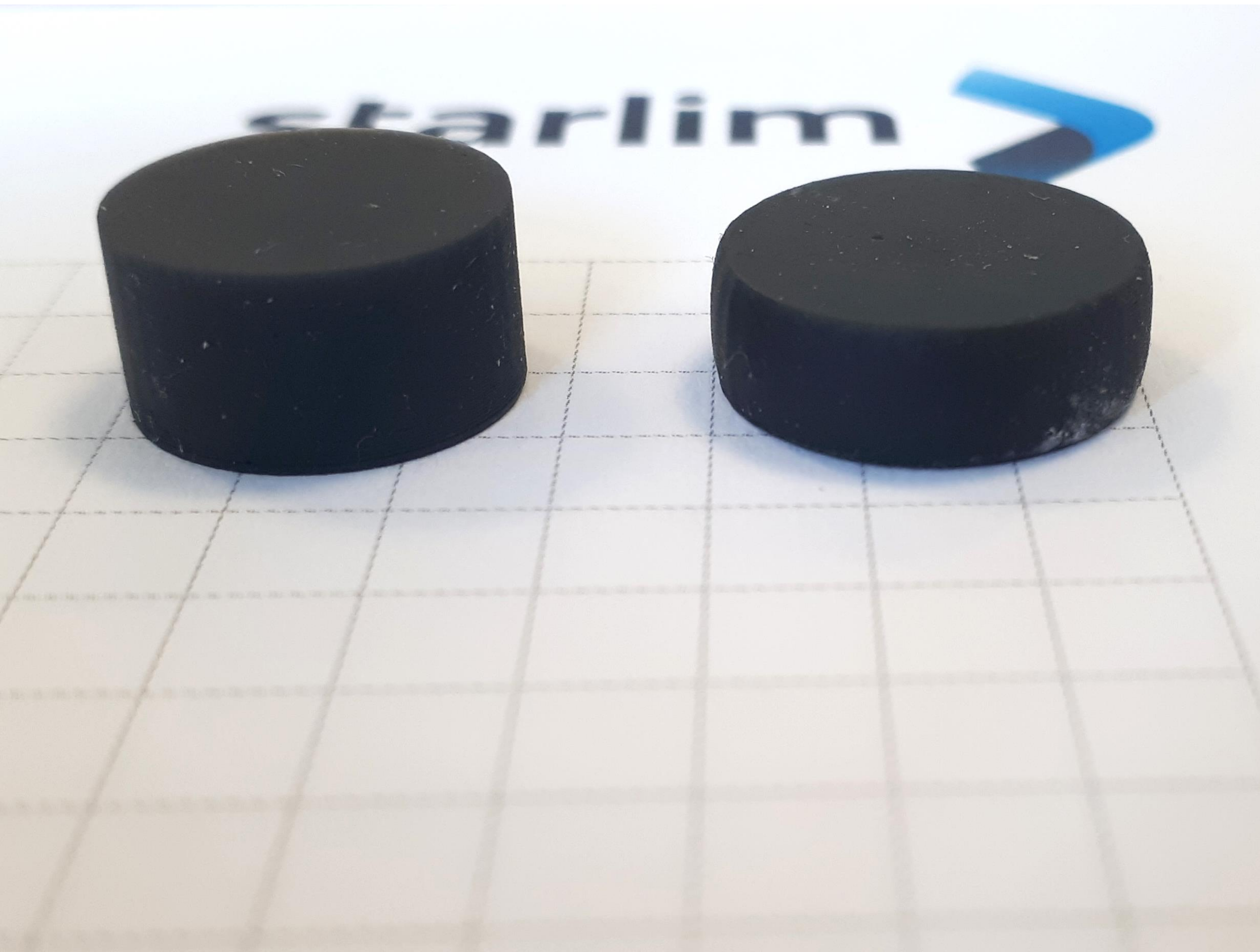
# Alterung - DVR



- Druck-Verformungs-Rest ist Kennwert für die Langzeitstabilität eines Werkstoffes
- Abhängig von Zeit, Temperatur und Verformung
- Nichtlineare Kennlinie
- Für jeden Werkstoff unterschiedlich (50 ShoreA  $\neq$  50 ShoreA)
- Umkomponenten können DVR beeinflussen (z.B.: Flammenschutz des Thermoplasts)



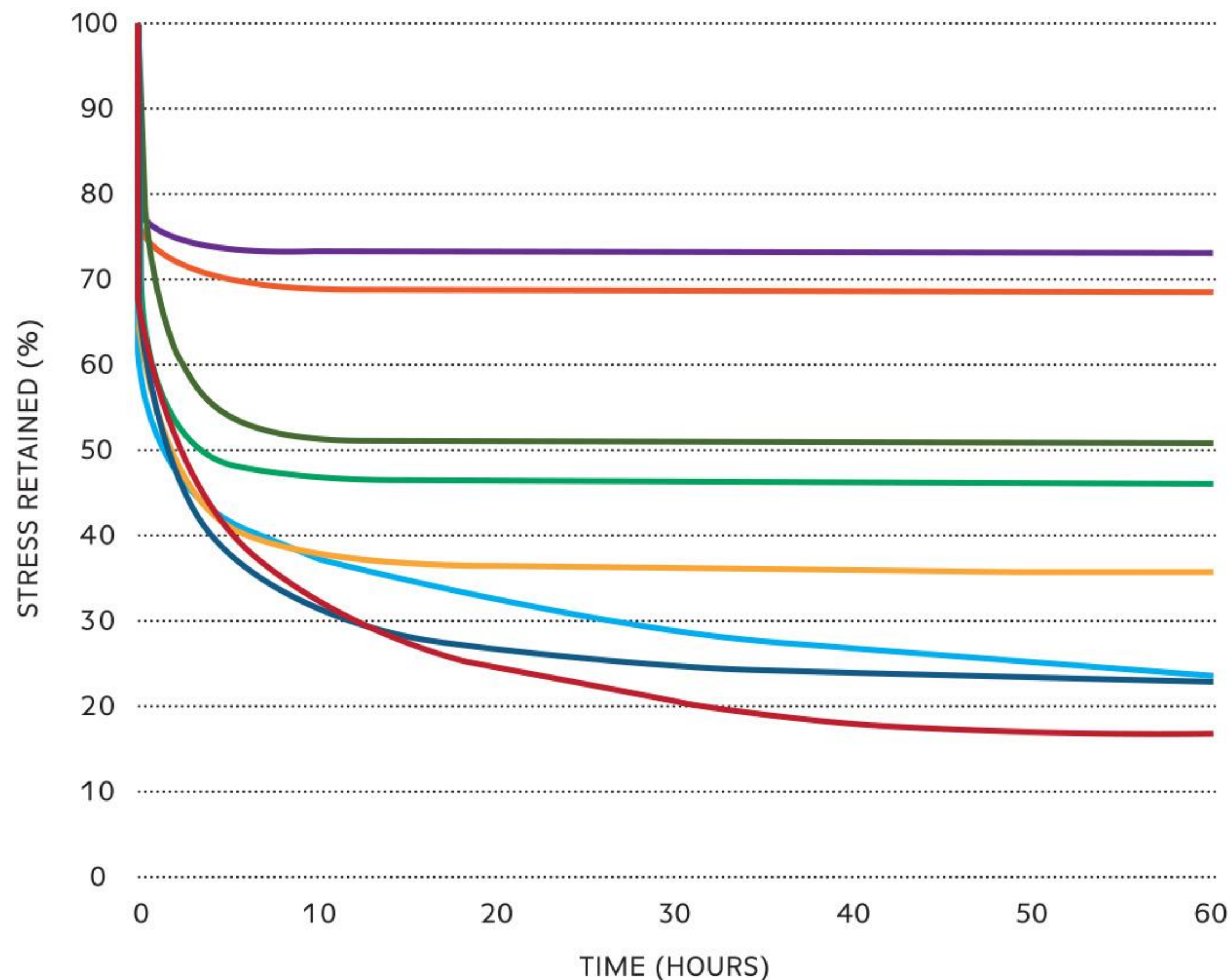
# Alterung - DVR



## Wo gilt dies zu beachten:

- Auswahl des Werkstoffes für die jeweilige Anwendung
- Bei der BauteilAuslegung
- Wahl der Werkstoffpaarungen von Systembauteilen (z.B.: Steckverbindern)
- Abschätzung der Teileperformance über Lebenszeit des Systems

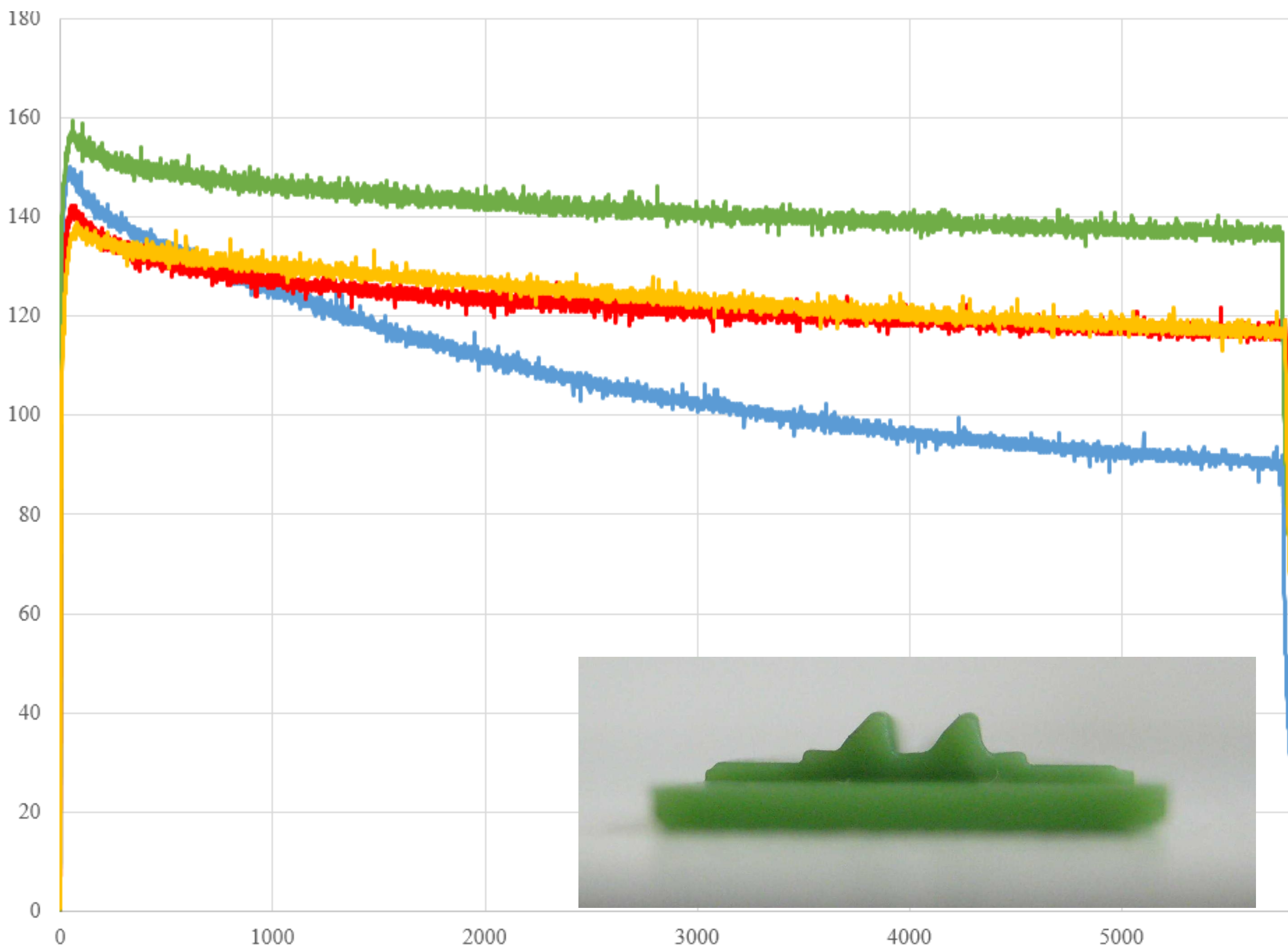
# Alterung - CSR



- Continuous-Stress-Relaxation wichtiger Kennwert für den Spannungsabfall im Einbaufall
- Beim Teiledesign; insbesondere bei der Auswahl und Festlegung der Spannungsbereiche
- Bei der Evaluierung der Eignung eines Silikonwerkstoffes für einen bestimmten Anwendungsbereich
- Berücksichtigung von Alterungseffekten



# Alterung - CSR

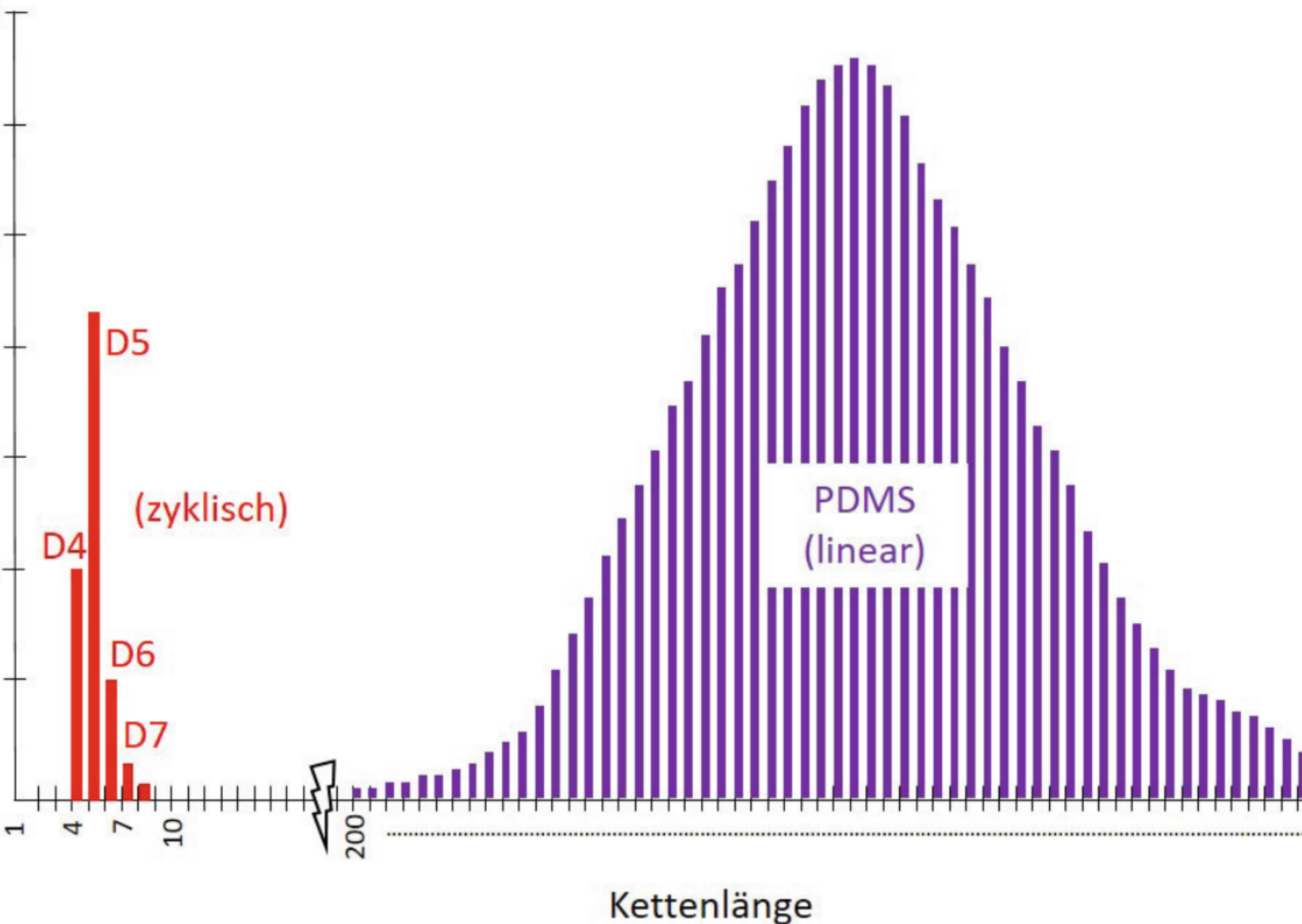


## Wo gilt dies zu beachten:

- Primär beim Teiledesign und bei der Analyse der Spannungsniveaus im Einbaufall (innere Beanspruchung)
- Abschätzung der bleibenden Verformung
- Werkstoffauswahl für einen bestimmten Temperaturbereich
- Bereitstellung von Pressungsinformationen

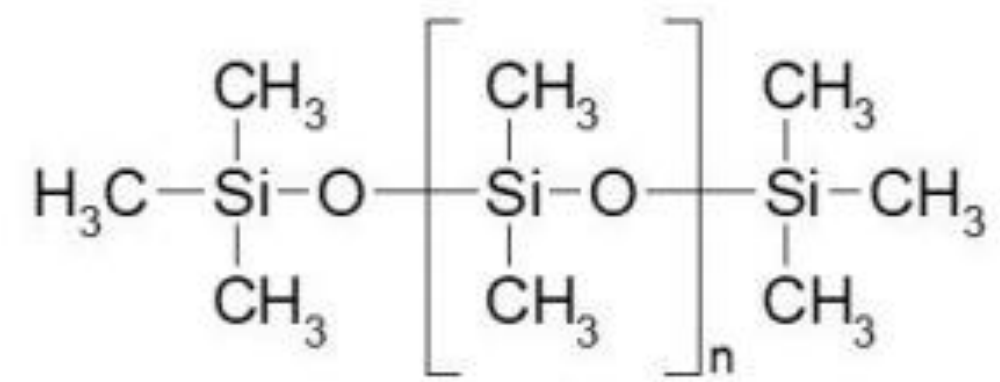


# Flüchtige Bestandteile

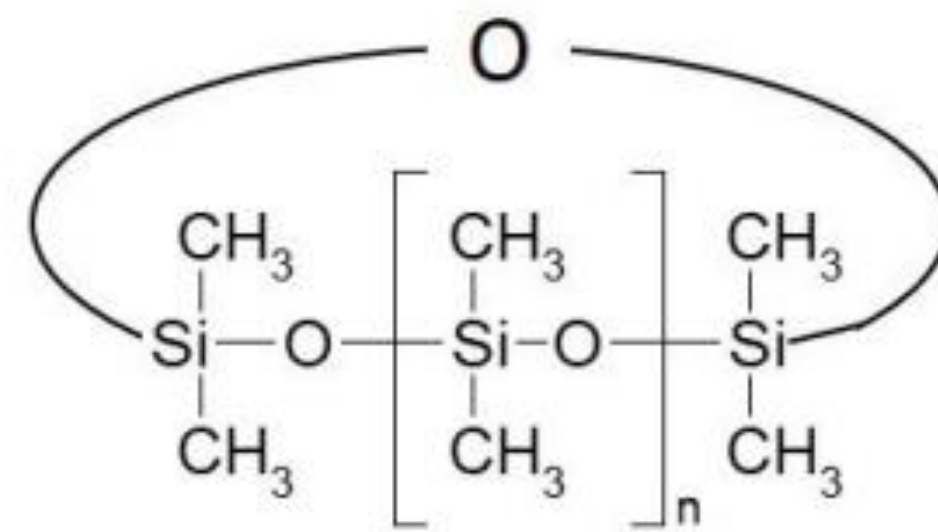


- Dx = zyklischen Siloxane im Rohmaterial/Fertigteil
- Sind in allen Silikonen enthalten (wenn auch in unterschiedlich hoher Menge)
- Können durch Tempern und oder SCD Waschen reduziert werden
- Bestimmten Anwendungen setzen einen niedrigen Anteil voraus (z.B.: Babyartikel)

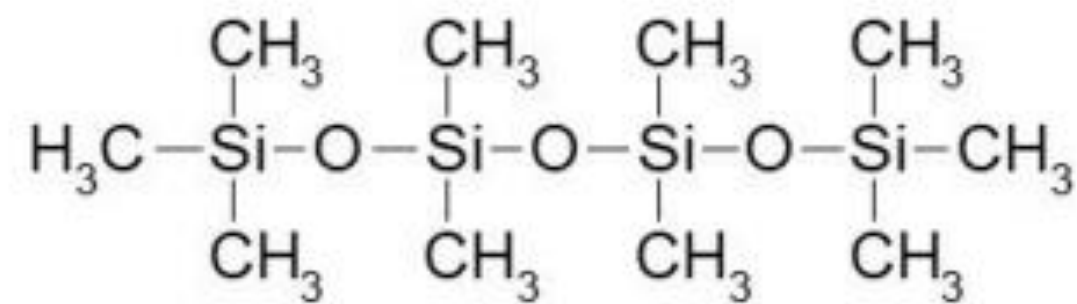
# Flüchtige Bestandteile



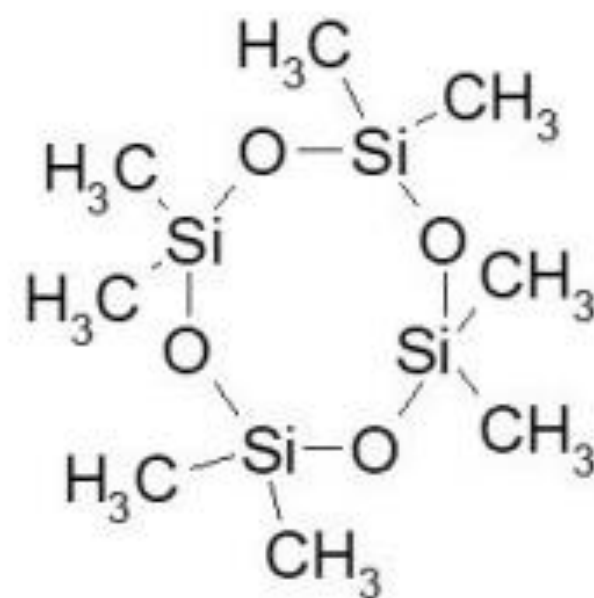
linear



zyklisch



L4



D4

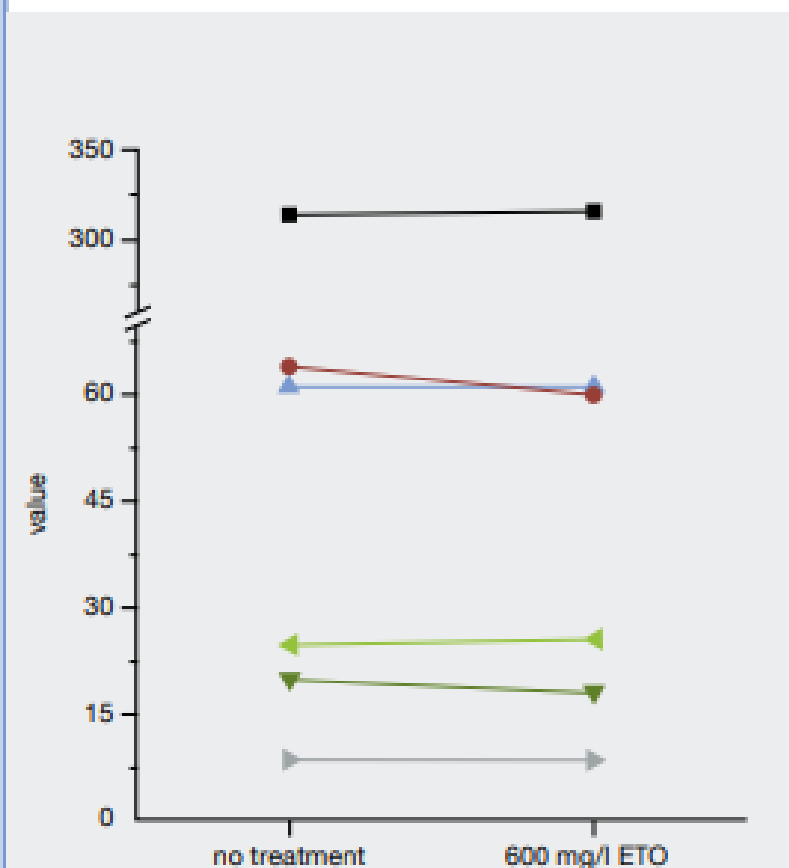
## Wo gilt dies zu beachten:

- In Anwendungen welche sensibel auf Si-Verbindungen reagieren (Sensoren, elektrische Aktoren, Organismen)
- Bereits bei der Materialauswahl zu beachten da ggf zusätzliche Reinigungsschritte erforderlich sind
- Materialauswahl > Rohstoffe mit initial niedrigen „Volatile“ Anteilen



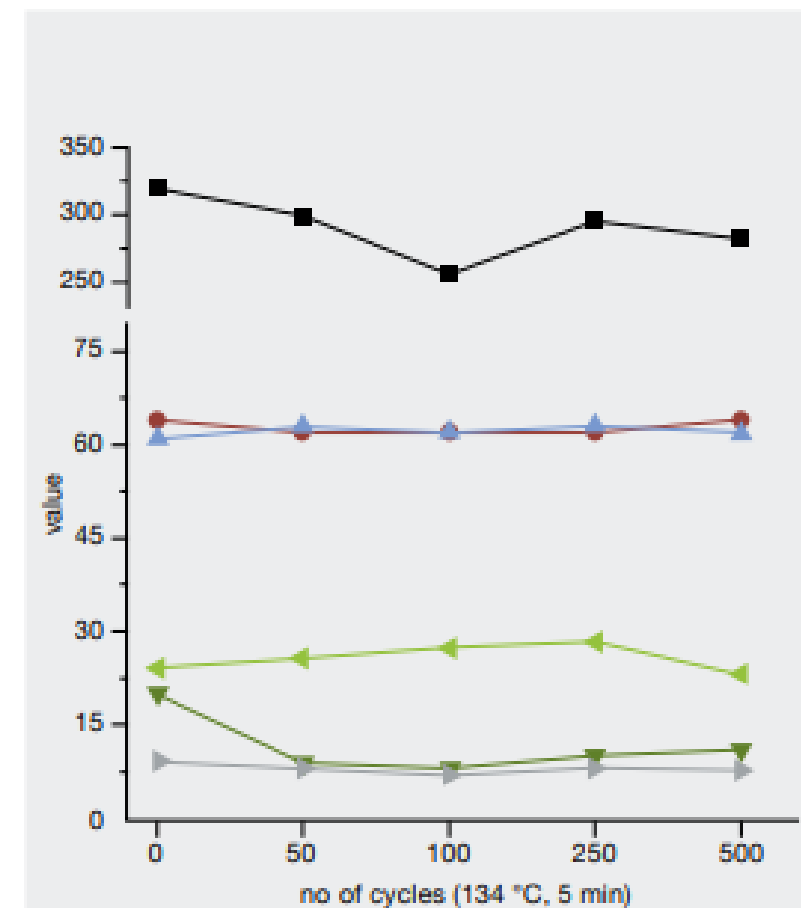
# Sterilisierbarkeit

Fig. 1: Sterilization of SILPURAN® 6000/60 using ethylene oxide (ETO)\*



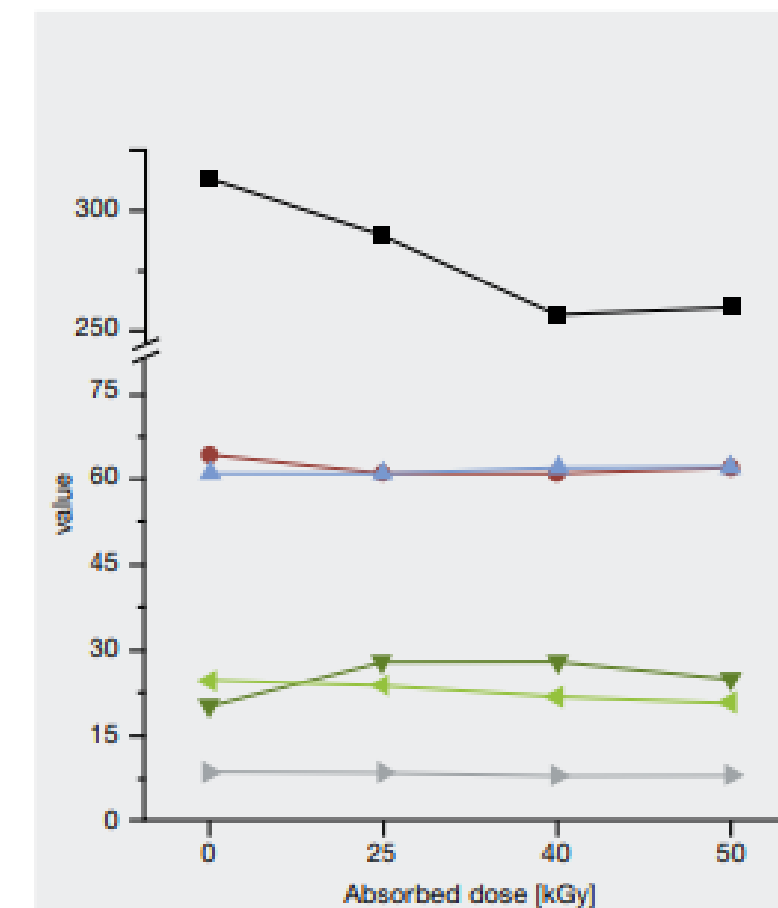
\* according to DIN EN ISO 11135: 1h, 54 °C, 600 mg/L ETO

Fig. 2: Sterilization of SILPURAN® 6000/60 using steam\*\*



\*\* according to DIN EN ISO 17665 – aging test specified in DIN EN 868-8

Fig. 3: Sterilization of SILPURAN® 6000/60 using  $\gamma$  radiation\*\*\*

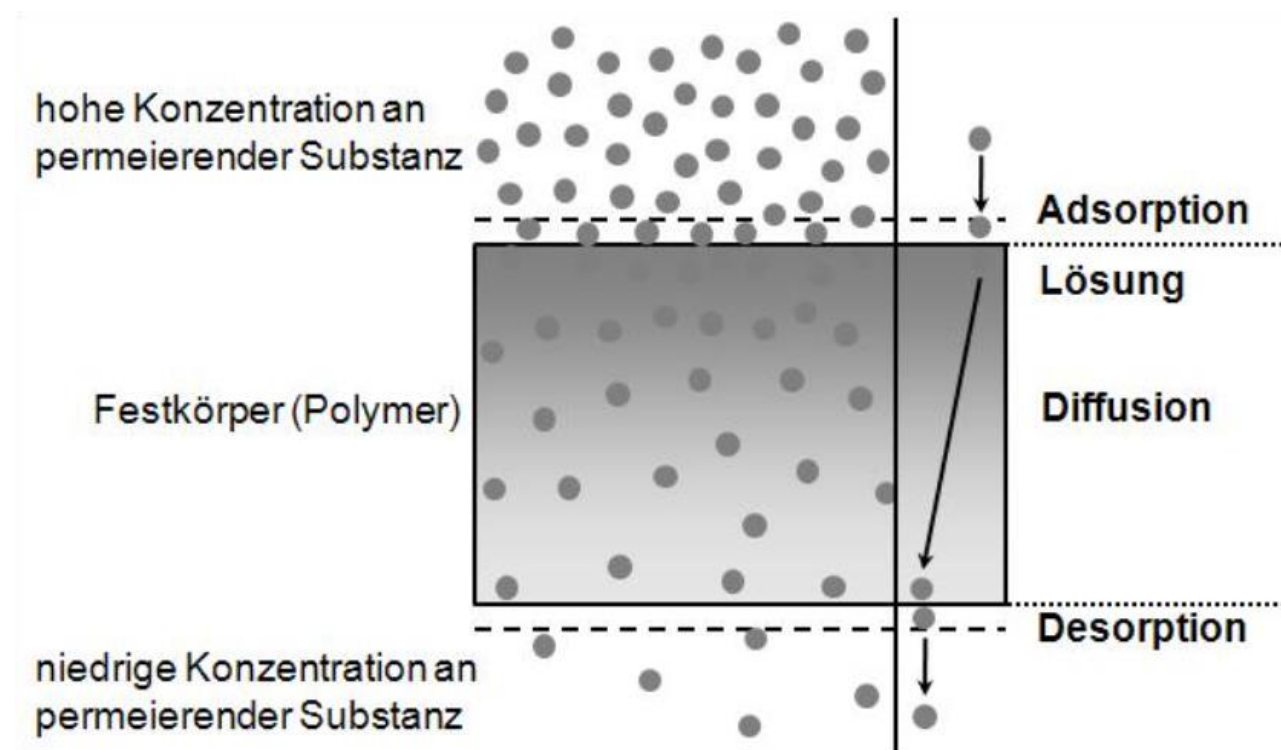


\*\*\* according to DIN EN ISO 11137-2, 2007

- Sterilisation ist Standard bei den meisten LifeScience-Anwendungen
- Verschiedene Verfahren liefern unterschiedliche Ergebnisse
- Impact auf das Material und das Fertigprodukt ist nicht zu vernachlässigen (viel ≠ hilft viel)
- Mögliche Beeinflussung von mechanischen Eigenschaften muss bereits beim Bauteildesign berücksichtigt werden

Elongation at break [%]; DIN 53504 S1  
 Rebound resilience [%]; DIN 53512  
 Hardness Shore A; DIN 53505  
 Compression set [%] (22 h/175 °C); DIN ISO 815 B  
 Tear strength [N/mm]; ASTM D 624 B  
 Tensile strength [N/mm²]; DIN 53504-S1

# Permeabilität

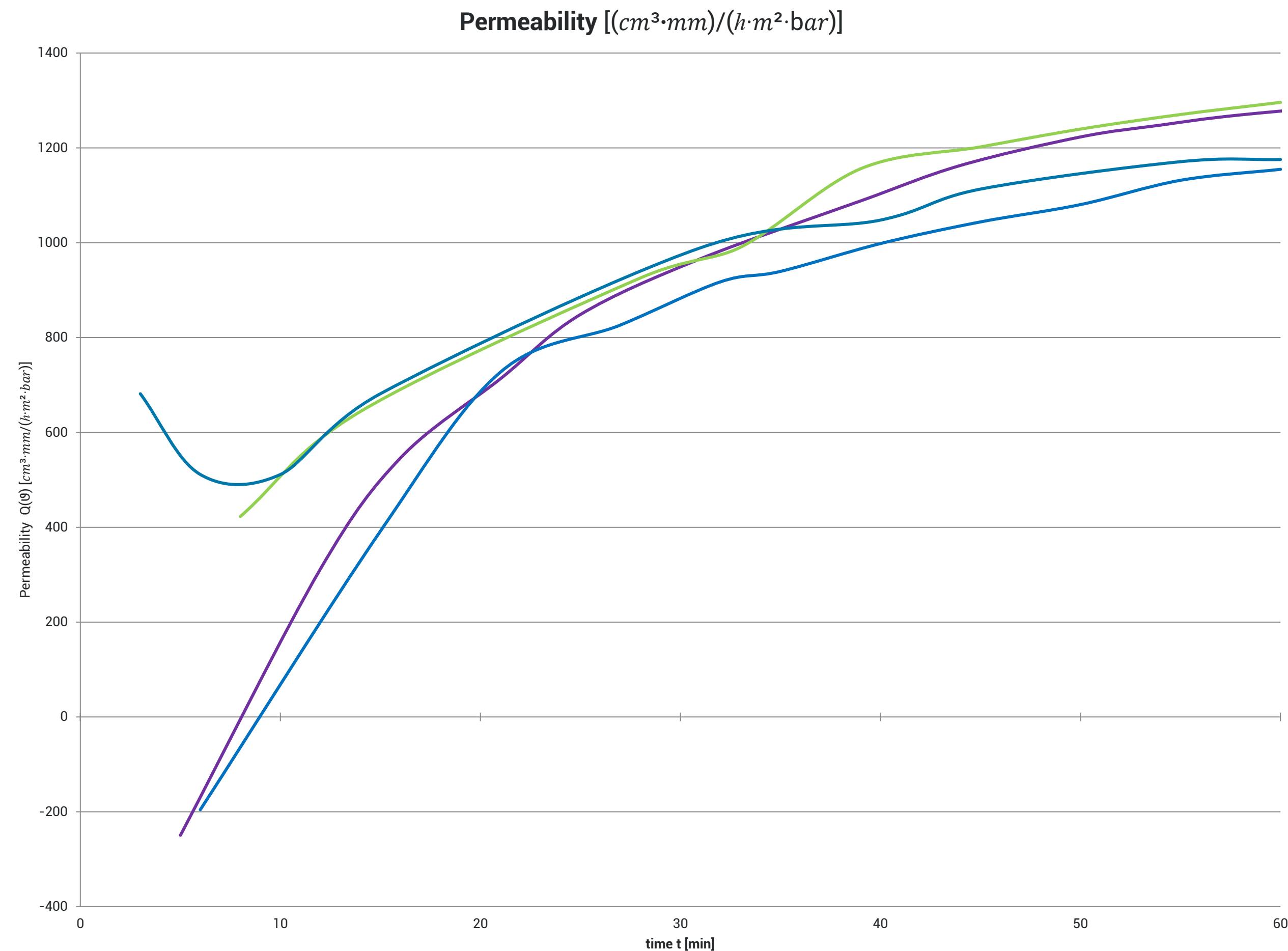


- Permeabilität von Silikon ist eine der höchsten im gesamten Bereich der Elastomere
- Jedes Elastomer besitzt andere Eigenschaften bezüglich Permeabilität
- Innerhalb der Gruppe der Silikone nahezu gleiches Verhalten (nahezu keine Optimierung möglich)
- Mittels Oberflächenbeschichtung kann Permeabilität verringert werden

Polymer	Permeability*10 <sup>9</sup> , cm <sup>3</sup> *cm/(s*cm <sup>2</sup> *cmHg)
Dimethylsilicone rubber	60.0
Fluorosilicone	11.0
Nitrile rubber	8.5
Natural rubber	2.4
Polyethylene, low density	0.8
Butyl rubber	0.14
Polystyrene	0.12
Polyethylene, high density	0.10
Nylon 6	0.004
Poly(ethylene terephthalate)	0.0019
“Teflon”	0.0004



# Permeabilität



## Wo gilt dies zu beachten:

- Bei der Werkstoffauswahl für die Endanwendung
- Definition der möglichen Einfluß-Oberfläche (Dichtungsquerschnitt)
- Festlegung der Eignung von Silikonen für eine auf Permeabilität sensitive Anwendung





**SILICONE AT ITS BEST**