



**BASF**

We create chemistry

## Polyurethan für den Einsatz im Rohrgraben

*„Worauf kommt es an?“*

Im Rahmen des BFW Expertenforums  
Fernwärme 2023

Dipl.-Ing. Christof Grieser-Schmitz  
BASF Polyurethanes GmbH, Lemförde

# Agenda

- 1) Grundlagen der Polyurethanchemie**
- 2) Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse**
- 3) Lagerung und Sicherheitsaspekte**

# 1. Grundlagen der Polyurethanchemie

# Grundlagen der Polyurethanchemie

## Wie entsteht PU-Schaum?



# Grundlagen der Polyurethanchemie

## A-Komponente / Polyol-Komponente

- Polyole
- Katalysatoren
- Treibmittel (chemisch oder physikalisch)
- sonstige Additive
- Stabilisatoren

## B-Komponente

- Diisocyanat



# Grundlagen der Polyurethanchemie

## Was ist das Mischungsverhältnis (MV)?

„Das Verhältnis von Polyol zu Isocyanat bei der Verarbeitung“

Angabe in Gewichtsteilen (GT) oder in Volumenteilen (VT)

z.B.: MV = 100 GT Polyol : 160 GT Isocyanat

Dichte Isocyanat : 1,24 g/ml

Dichte Polyol : 1,07 g/ml

Umrechnung:  $100 : \text{Gewicht}(\text{Iso}) * \frac{\text{Dichte}(\text{Poly})}{\text{Dichte}(\text{Iso})} \rightarrow 100 : \mathbf{160} * \frac{1,07}{1,24} = \mathbf{138}$

Das bedeutet: 2 Angaben sind für das gleiche System gültig:

MV (gravimetrisch) → 100 : 160 GT

MV (volumetrisch) → 100 : 138 VT

# Grundlagen der Polyurethanchemie

## Welche Treibmittelarten gibt es?

### Chemische Treibmittel:

**Wasser** (Isocyanat + H<sub>2</sub>O → Harnstoff + **CO<sub>2</sub>**)

→ Bildung von CO<sub>2</sub> → Gasbildung

### Physikalische Treibmittel:

**cyclo-Pentan** (Siedepunkt: **49°C**)

→ Verdampfung → Gasbildung

# Grundlagen der Polyurethanchemie

## Charakteristische Schaumparameter

**Startzeit:** Zeit vom Beginn der Vermischung bis zur ersten Volumenvergrößerung

**Abbindezeit:** Zeit vom Beginn der Vermischung bis zum Zeitpunkt, an dem aus dem aufsteigenden Reaktionsgemisch durch Eintauchen eines Stabes Fäden gezogen werden können (Fadenziehzeit)

**Steigzeit:** Zeit vom Beginn der Vermischung bis zur vollendeten Volumenvergrößerung des Schaumes

**Rohdichte:** Gewicht eines Schaumstückes bezogen auf sein Volumen ( $\text{kg/m}^3$ )

# Grundlagen der Polyurethanchemie

## Becherrohddichte

- Relevant für Qualitätsprüfungen
- Schaumpilz am Becherrand abschneiden

$$\text{Becherrohddichte} = \frac{\text{Masse Schaum im Becher (g)}}{\text{Bechervolumen (l)}}$$

## Kernrohddichte

- Relevant für Prüfung nach EN 489
- Schaumstück aus dem Inneren der Muffe
- Dichtebestimmung über Wasserverdrängung

$$\text{Kernrohddichte} = \frac{\text{Masse Schaumstück (g)}}{\text{Volumen Schaumstück (l)}}$$

# Grundlagen der Polyurethanchemie

## Gesamtrohdichte

- Relevant für Auslegung der Schäumtablelle
- Gesamtheit aus Kernrohdichte und Randzonenverdichtung
- Dichtebestimmung über Muffenvolumen und eingefüllter Menge

$$\text{Gesamtrohdichte} = \frac{\text{eingefüllte Menge Schaum (g)}}{\text{Muffenvolumen (l)}}$$

## 2. Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

# PUR-System für die Muffenverschäumung

## Typische Polyolkomponente für die Muffenverschäumung

z. B. Elastopor H 2130/38 (Treibmittel: cyclo-Pentan)

- Mischungsverhältnis → 100 : 160 ± 5 Gewichtsteile  
100 : 138 ± 4 Volumenanteile
- Reaktionsparameter (Laborrührervermischung bei 20 °C)
  - Startzeit : 52 s
  - Abbindezeit : 252 s
  - Rohdichte (Labor) : 50 kg/m<sup>3</sup>
- Viskosität Polyolkomponente : 950 mPa\*s

# PUR-System für die Muffenverschäumung

## Das Mischungsverhältnis

- Mischungsverhältnis **zu hoch** (Iso > 5 % zu viel)
  - spröde Schaumstruktur → schlechte Haftung, mangelnde Flexibilität
  - hohe Rohdichte → Füllgrad
- Mischungsverhältnis **zu niedrig** (Iso > 5 % zu wenig)
  - weiche Schaumstruktur → ungenügende Druckfestigkeit  
zu hohe Wasseraufnahme  
zu geringe Temperaturstabilität

# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse



# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

## Einfluss der Mischqualität - schlechte Vermischung

- Schlieren – inhomogene Schaumqualität
- Grobe, offene Zellen
- Spröde Schaumstruktur
  - ➔ höhere Wasseraufnahme
  - ➔ schlechtere Wärmeleitfähigkeitswerte
  - ➔ ungenügende Scherfestigkeit
  - ➔ schlechtere physikalische Eigenschaften

# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse



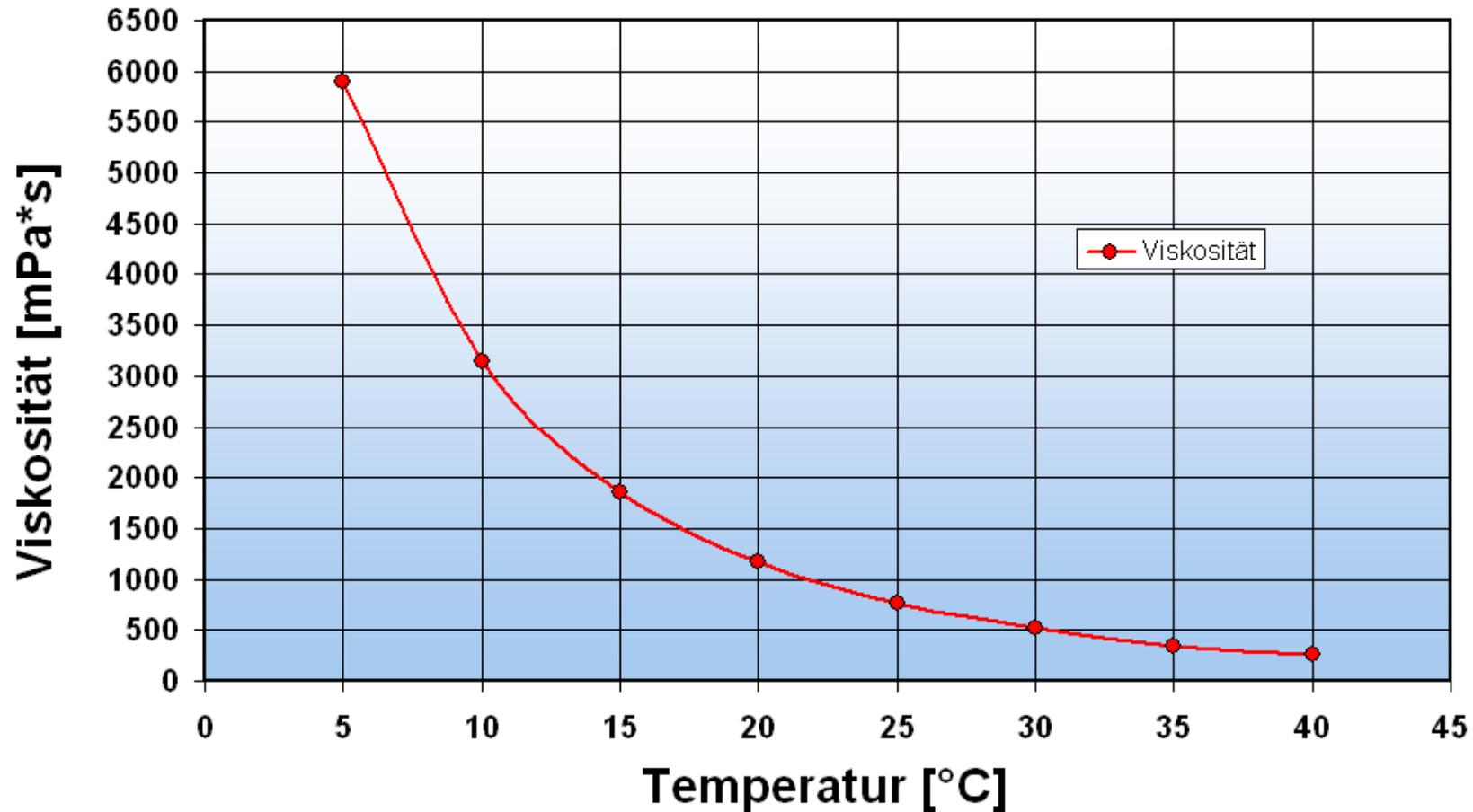
# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

## Einfluss der Komponententemperatur

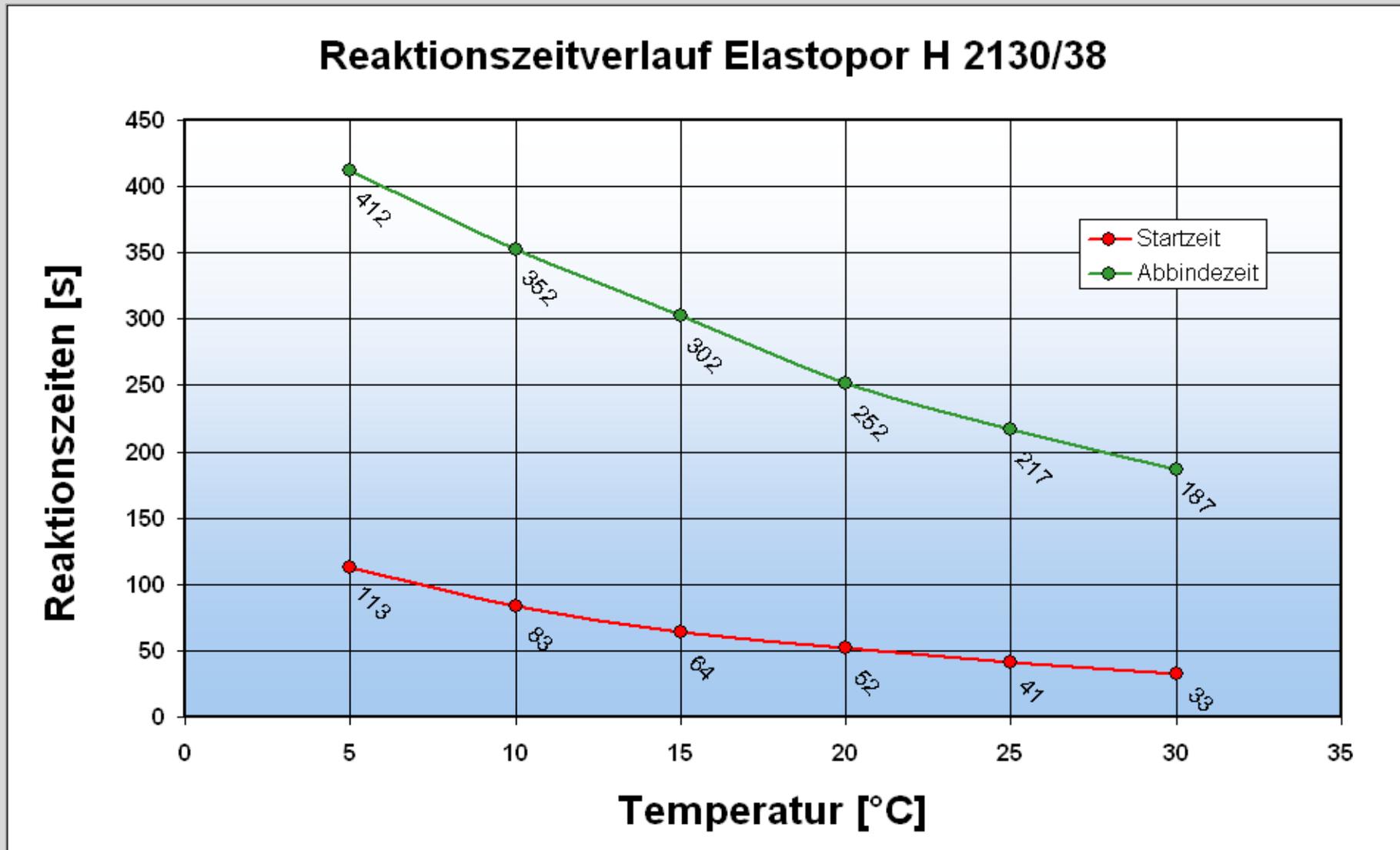
- Poly- oder Iso-Komponente **zu kalt** ( $\ll 20\text{ °C}$ )
  - höhere Viskosität → Probleme bei der Vermischung
  - Reaktion zu langsam → hohe freie Rohdichte (Füllgrad)
- Poly- oder Iso-Komponente **zu warm** ( $\gg 20\text{ °C}$ )
  - Reaktion zu schnell → schwieriges Einfüllen
  - Verlust von Treibmittel → hohe freie Rohdichte (Füllgrad)

# PU-System für Muffenverschäumung

Viskositätsverlauf Elastopor H 2130/38



# PU-System für Muffenverschäumung



# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

## Oberflächentemperatur

- Stahl- oder Mantelrohr **zu kalt** ( $< 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - langsame Reaktion an der Grenzfläche → schlechtere Haftung  
höhere Rohdichte  
(mangelnde Füllung)
- Stahl- oder Mantelrohr **zu warm** ( $> 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - schnelle Reaktion an der Grenzflächen → schlechtere Haftung  
niedrigere Rohdichte  
(Überfüllung)

Die Verschäumung außerhalb des angegebenen Temperaturfensters ist prinzipiell möglich. Bei entsprechender Arbeitsweise (Nachweis!) können Muffenverbindungen hergestellt werden, die - bei Qualitätseinbußen - die geforderten Eigenschaften besitzen.

# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

## Einfluss von Wasser, Ölen, Fetten, Staub

- Wasser auf Rohroberfläche → ungenügende Haftung  
offene Zellen
- Wasser in den Komponenten
  - Poly-Komponente → niedrige freie Rohdichte  
falsches Mischungsverhältnis
  - Iso-Komponente → Bildung von Gas (Kohlendioxid)  
Haut- und Klumpenbildung

# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse



# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

- Staub auf Rohroberfläche → ungenügende Haftung
- Staub in den Komponenten → Verarbeitungsprobleme
- Öle, Fette auf Rohroberflächen → keine Haftung
- Öle, Fette in den Komponenten → grobe Zellstruktur, weicher Schaum

# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse



# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse



# Verarbeitungsbedingungen und Einflüsse

## Der Weg zur optimalen Muffe

das ideale Rohr:

- vorgewärmt
- trocken
- sauber

der ideale Schaum:

- richtiges Mischungsverhältnis
- intensiv vermischt
- optimale Komponententemperatur
- richtige Füllmenge (Schäumtable!)

# Qualitätskontrolle

## Praktische Prüfung vor Ort

- Schaumprobe
- Schaumaustritt
- Erwärmung
- Klopfen

## Schaumprüfung nach EN 489

- Kernrohddichte:  $> 60 \text{ kg/m}^3$
- Kochtest, Wasseraufnahme:  $< 10 \text{ Vol.}\%$
- Geschlossenzelligkeit:  $> 88 \%$
- Zellgröße:  $< 0,5 \text{ mm}$
- Vermischung: keine Schlieren

# 3. Lagerung und Sicherheitsaspekte

# Lagerung und Sicherheitsaspekte

## Lagerung der Polyol-Komponente

- Ideale Lagertemperatur: 15 - 25 °C
- Dicht verschlossene Lagergebinde
  - Schutz von Feuchtigkeit und Schmutz
- Bei tieferen Temperaturen kann es bereits nach einigen Stunden zum Entmischen der Komponente kommen.
- Bei höheren Temperaturen (z.B. direkte Sonneneinstrahlung):
  - Anstieg des Dampfdrucks → Bersten des Fasses
  - Zersetzung der Katalyse → Schaum reagiert langsamer
- Bei explosionsfähigem Treibmittel (z.B. cyclo-Pentan):
  - Statische Aufladung vermeiden → Polyol-Gebinde erden
  - Technische Geräte → explosionsgeschützt auslegen



# Lagerung und Sicherheitsaspekte

## Lagerung der Isocyanat-Komponente

- Ideale Lagertemperatur: 15 - 25 °C
- Dicht verschlossene Lagergebinde
  - Schutz vor Feuchtigkeit und Schmutz
- Längere Lagerung bei höheren Temperaturen
  - irreversibler Anstieg der Viskosität
- Restmengen sorgfältig behandeln
  - Feuchtigkeit führt zu Bildung von Kohlendioxid
  - Gefahr: Bersten des Fasses
  - Leere Gebinde nicht dicht verschließen!
- Polymeres Isocyanat (PMDI) ist gesundheitsschädlich (X<sup>n</sup>)
  - Vorschriften beachten



# Lagerung und Sicherheitsaspekte

## Wichtige Punkte beim Umgang mit Polyurethansystemen

- Landesspezifische Vorschriften, aktuelle Sicherheitsdatenblätter und Technische Informationen beachten!!!
- Sicherung der Komponenten (Diebstahl, spielende Kinder)
- Leckagen → Lagerung auf versiegeltem Boden (z. B. Auffangwanne)
- Kontakt mit den Komponenten vermeiden
- Schutzkleidung tragen (Handschuhe, Schutzbrille, geschlossene Arbeitskleidung, Sicherheitsschuhe (antistatisch))
- Gute Be- und Entlüftung des Lager- und Verarbeitungsplatzes
- Rauchverbot !!!
- Personen, die mit Chemikalien umgehen, müssen mit den Sicherheitsvorschriften und Unfallmaßnahmen vertraut sein!
- Beim Umgang mit Isocyanaten ist eine gesonderte Schulung durch den Arbeitgeber bindend!  
→ Entsprechende Schulungen können gebucht werden unter: <https://safeusediisocyanates.eu/de/>
- Weitere Sicherheitshinweise unter: [http://www.isopa.org/walkthetalk/MDI\\_de.pdf](http://www.isopa.org/walkthetalk/MDI_de.pdf)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!!**  
**Fragen ???**