

## Polyurethan – von hart bis weich – ein Generalist beim Elektroverguss

Vergießen in der Elektrotechnik und Elektronik



Dr. Jan Olaf Schulenburg  
ISO-ELEKTRA  
Elektrochemische Fabrik GmbH  
Im Mühlenfeld 5  
D 31008 Elze

Tel.: 05068-925-12  
Mobil: 0162-2079706  
[joschulenburg@iso-elektra.de](mailto:joschulenburg@iso-elektra.de)  
[www.iso-elektra.de](http://www.iso-elektra.de)

# Agenda

1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
3. Grundlagen Polyurethane
4. Härtung von PU Gießharzen
5. Hydrophobe Gießharze
6. Schulungspflicht
7. Verarbeitungsfehler
8. Zusammenfassung



### Heute

Jahresumsatz: ca. 17,8 Mio €

Mitarbeiter: 48 (davon Produktion 29)

Standort: Elze, Niedersachsen

### Geschäftsbereiche

1. Elektrovergussmassen
2. 1 kV-Kabelgarnituren
3. Polyurethan-Rohstoffe
4. Lohnfertigung & Abfüllung



Werk in Elze



## Historie

1906

Heiß-Verguss mit Bitumen  
gusseiserne Muffen



1965

Kalt-Verguss mit 2K-Bitumen



Kaltverguss mit unreaktiven, gefüllten Ölen

2K-Reaktivharze: Epoxidharze



1974

2K-Reaktivharze: Polyurethan  
Kunststoff-Muffen als Komplett-set



2019

2K-Reaktivharz: Flüssigkautschuke

2020

Dr. J.O. Schulenburg Geschäftsführer



Einer der führenden Dt. Lieferanten von 1kV Kabelgarnituren

Entwicklung und Produktion seit 1960

- Einfache & sichere Installation
- Erfüllung von etablierten Standards
- Umwelloptimiert (Rohstoffe + Recycling)
- Hohe Variantenvielfalt

Hilfsstoffe

- Kaltreiniger
- Bitumenlacke
- Kitt (dauerplastisch)
- Kabelöle
- Schraubensicherungs / Siegellack



# Agenda

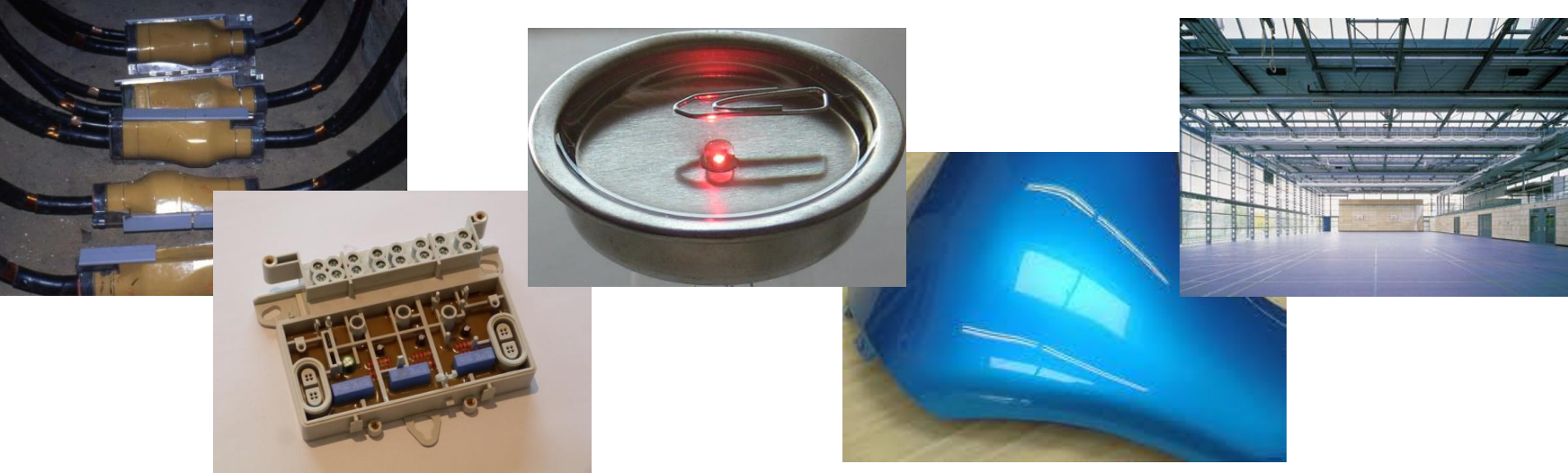
1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
3. Grundlagen Polyurethane
4. Härtung von PU Gießharzen
5. Hydrophobe Gießharze
6. Schulungspflicht
7. Verarbeitungsfehler
8. Zusammenfassung





... ob geschäumt ▲

▼ oder kompakt – Polyurethane sind sehr vielseitig



## Anforderungen

Schutz vor mechanischen Störeinflüssen  
*Schlag, Stoß, Vibration, Spannung*

Temperatur  
*kalt / warm*

Abdichtung / Schutz vor Umwelteinflüssen  
*Aggressive Medien / Feuchtigkeit / Staub*

Langlebigkeit

Elektrische Isolation

Schutz vor Plagiatoren /  
Reparaturfähigkeit

## Anwendungen in der Elektronischen Industrie

Stützisolatoren

Federelemente

Dichtungen

Verguss von

- Sensoren / El. Bauteilen /  
Schaltungen
- Spulen: Transformatoren,  
Zündspulen, Magnetspulen
- Kabelgarnituren
- (Mikro)-Schalter

Klebstoff

Beschichtungen



## Anforderungen

## Anwendungen in der Elektronischen Industrie

Schutz vor mechanischen Störeinflüssen  
Schlag, Stoß, Vibration, Spannung

Stützisolatoren

### Eigenschaften von Polyurethanen

schäumend – **kompakt**

gelartig weich – Stein hart

krümelig / spröde – **zäh**

Wasserdünn – dickflüssig

**verlaufend** – standfest

sehr schnell härtend – langsam härtend

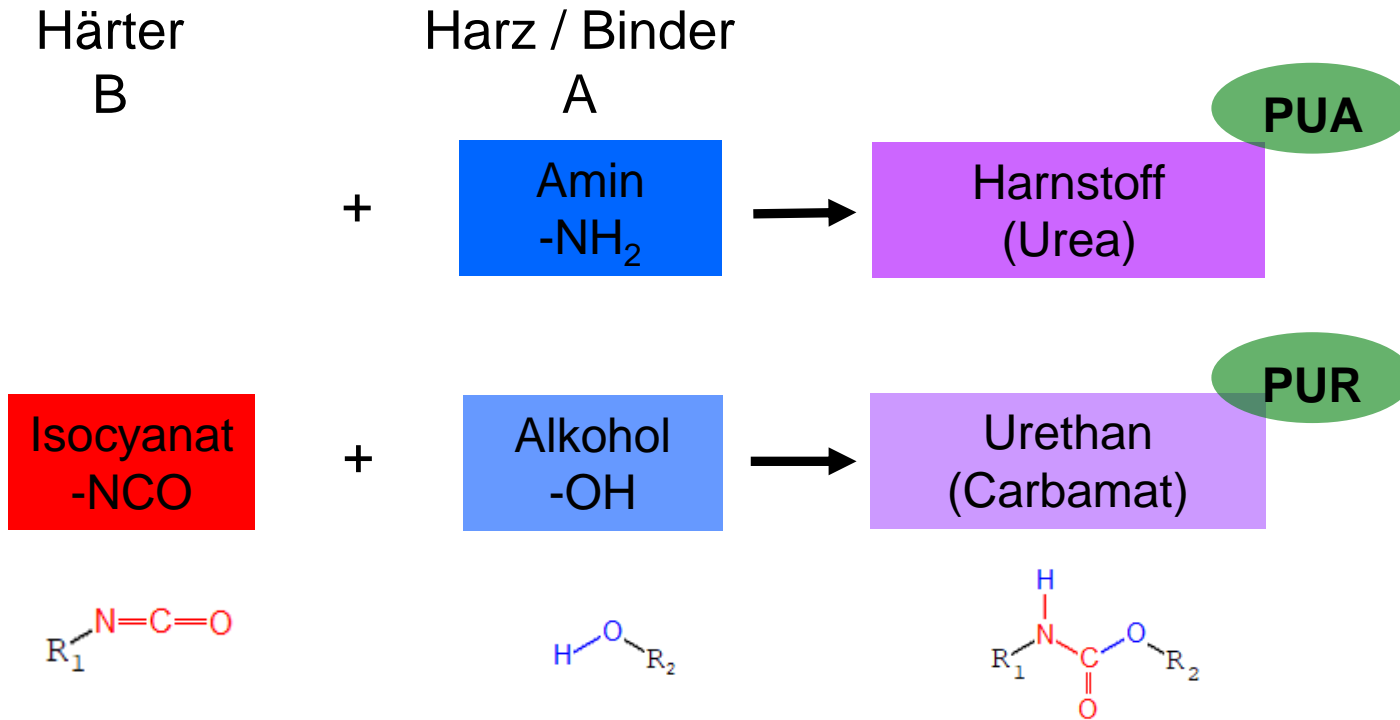
hydrophil (Wasser liebend) – **hydrophob** (Wasser hassend)

Dokumentation

# Agenda

1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
- 3. Grundlagen Polyurethane**
4. Härtung von PU Gießharzen
5. Hydrophobe Gießharze
6. Schulungspflicht
7. Verarbeitungsfehler
8. Zusammenfassung

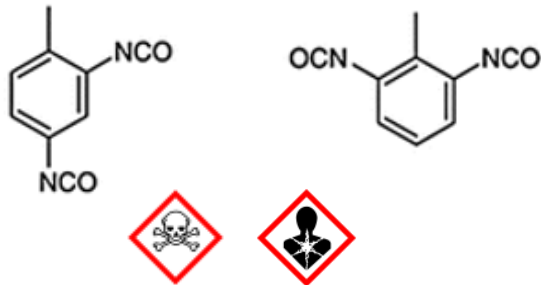




## Toluol-2,4-diisocyanat (TDI)

Weicher zB. für Schäume und Elastomere

Isomere (in absteigender Reaktivität)



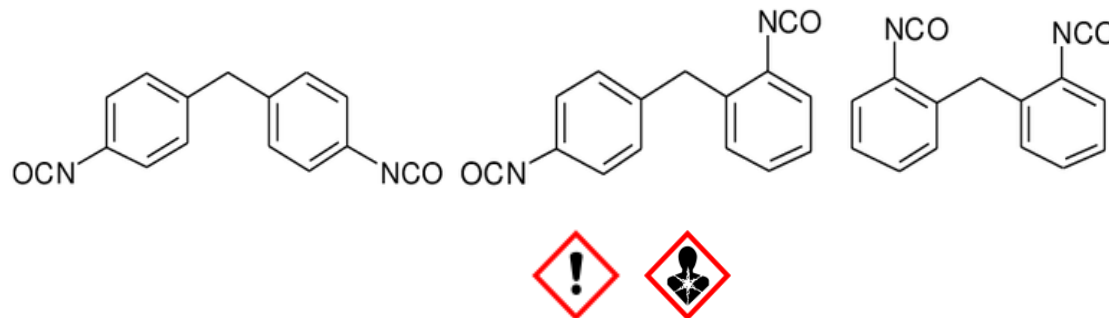
Aromatische Isocyanate vergilben!

## Methylendi(phenylisocyanat) (MDI)

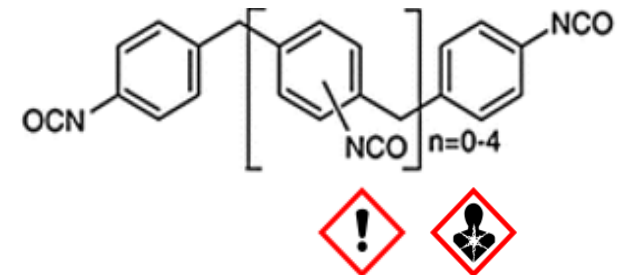
Etwas härter bis sehr hart

Höher funktionell

Isomere (in absteigender Reaktivität)



Polymeres MDI



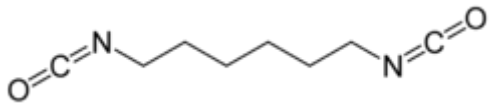
2018 Weltweite Produktions Kapazität: TDI 3,3 Mio t

MDI 9,7 Mio t

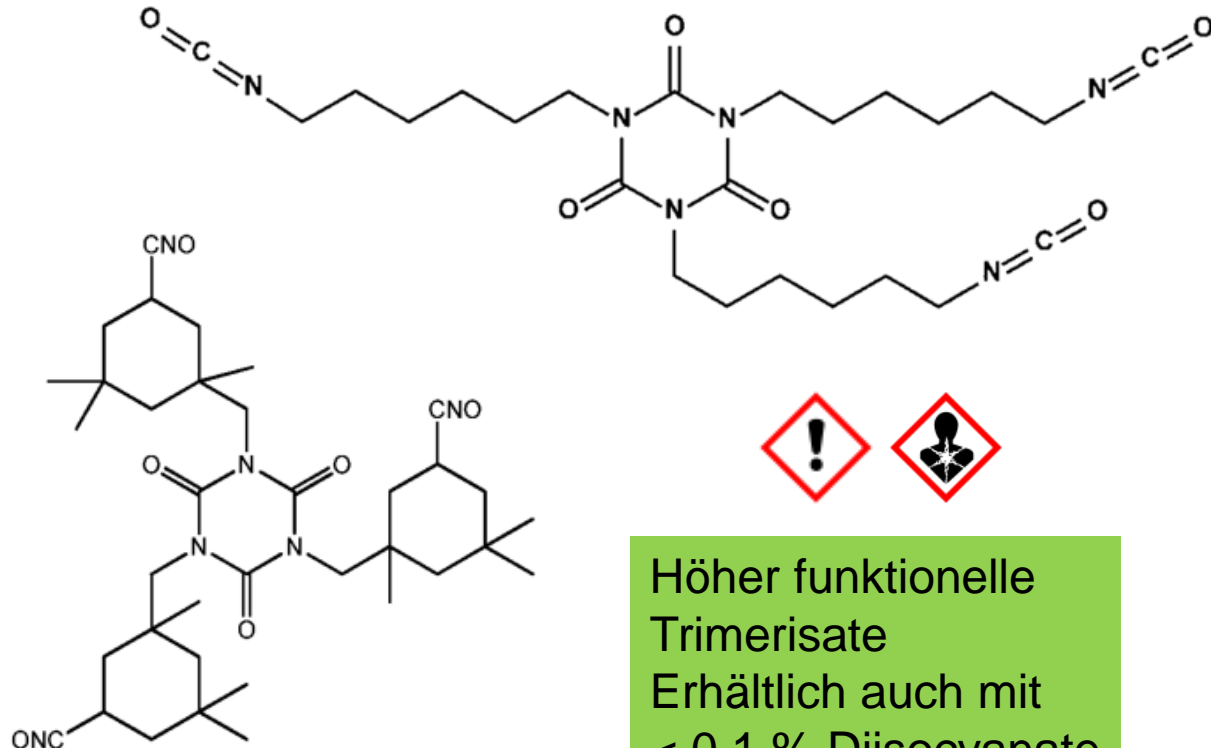
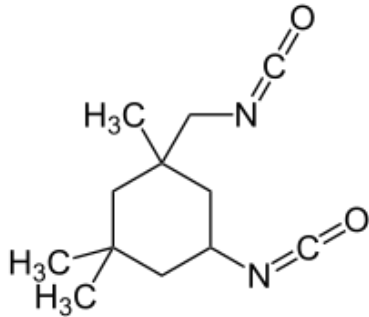


1,6-Hexamethylen-diisocyanat (HDI)

- Für Lacke und transparente Giessharze
- Weicher als aromatische Isocyanate
- Weniger reaktiv



Isophorondiisocyanat (IPDI)

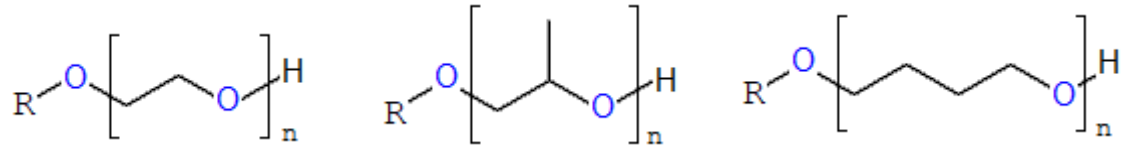


Höher funktionelle Trimerisate  
Erhältlich auch mit  
< 0,1 % Diisocyanate

hydrophil

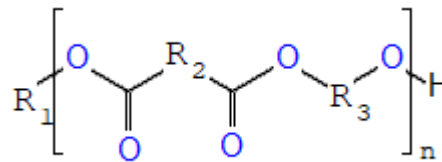
## Polyetherole

- ☺ Hydrolysestabilität
- ☹ UV-Stabilität



## Polyesterole

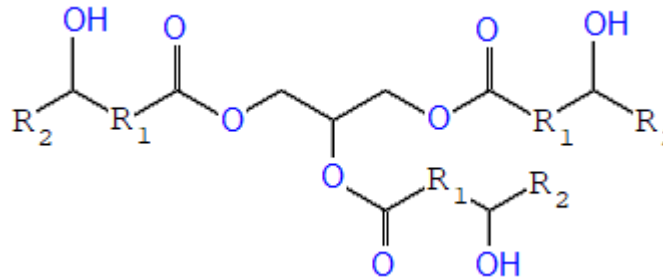
- ☹ Hydrolysestabilität
- ☺ UV-Stabilität



- Variation des Starters
- Vari. / Mischung Monomere
- Kettenlänge

## OH-funkt. Pflanzenöle

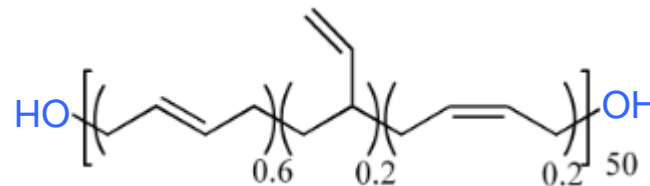
- ☹ Hydrolysestabilität
- ☺ UV-Stabilität



## OH-term.

### Flüssigkautschuk

- ☺ Hydrolysestabilität
- ☹ UV-Stabilität



- Einsatz ressourcenschonender Rohstoffe



**Rapsöl**  
dünnflüssig, unreaktiv



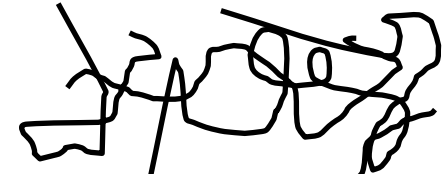
**Rizinusöl**  
ca. OH-funktionelles Öl (f ca. 2,8)

## Bildung des Polymers über **Polyaddition**

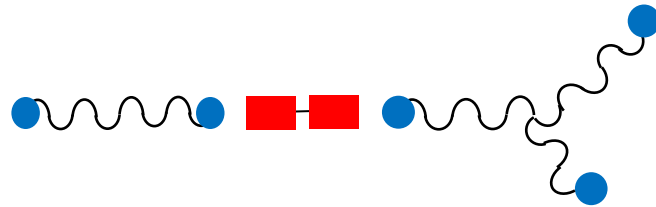


Nur Diisocyanate  
und Diole

Thermoplaste

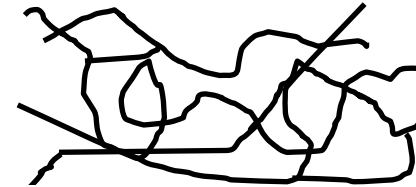


Linear, nur verkneult, schmelzbar

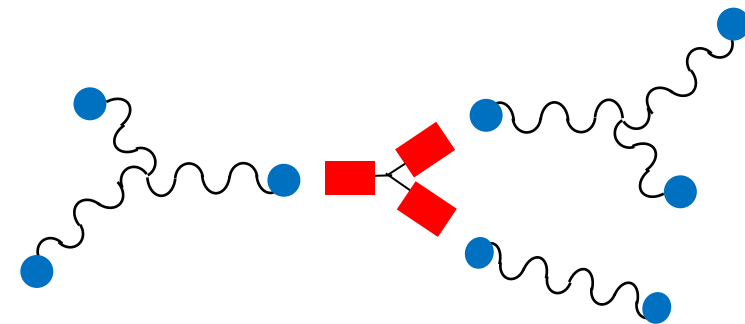


Fast nur difunktionelle  
Reaktionspartner

Elastomere



Wenig vernetzt, dehnbar, nicht schmelzbar



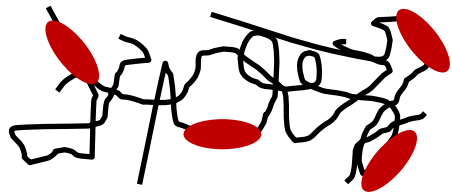
Viele hochfunktionelle  
Reaktionspartner

Duromere

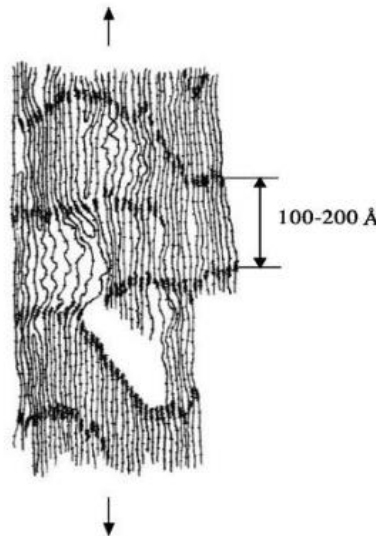
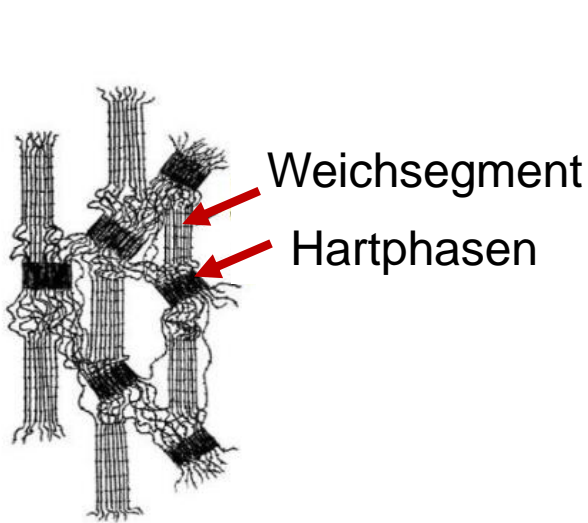
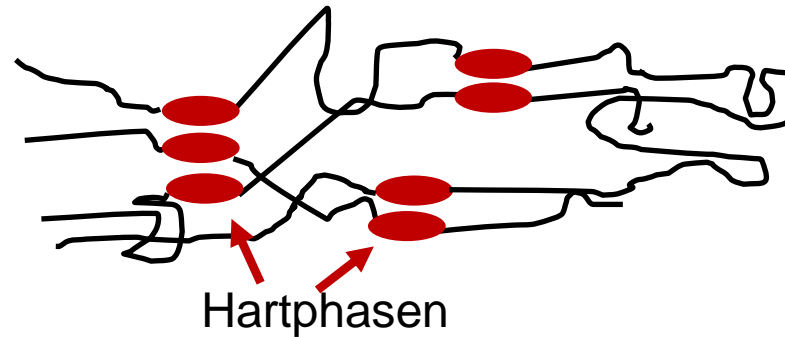


vernetzt, hart, nicht schmelzbar





Ein PU-Thermoplast

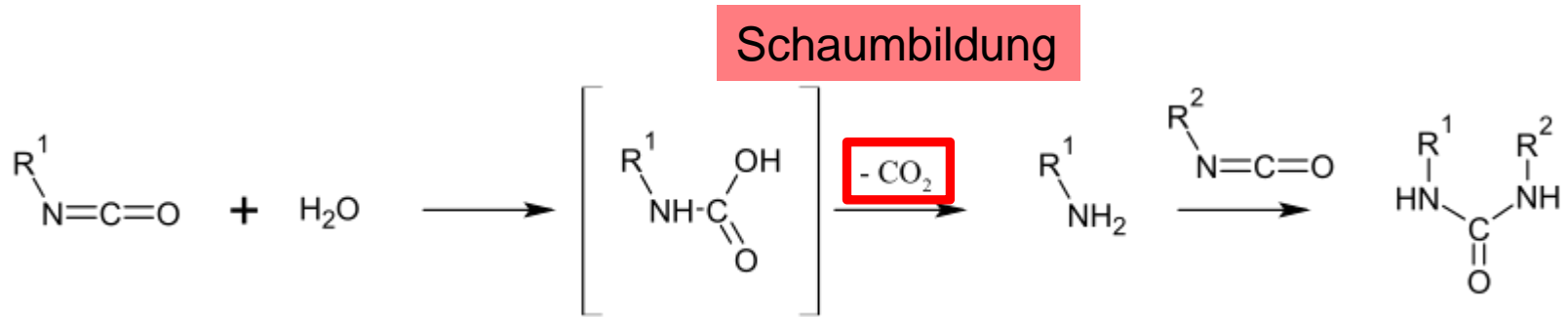


👉 TPU (Thermoplastisches PU) verhält sich wie ein Elastomer bis die Hartphasen schmelzen

Hartphasen bedingen die Zähigkeit der Polyurethane

Wintermantel, E.; Ha, S. W.: Medizintechnik Life Science Engineering, Springer Verlag Berlin, 2008.

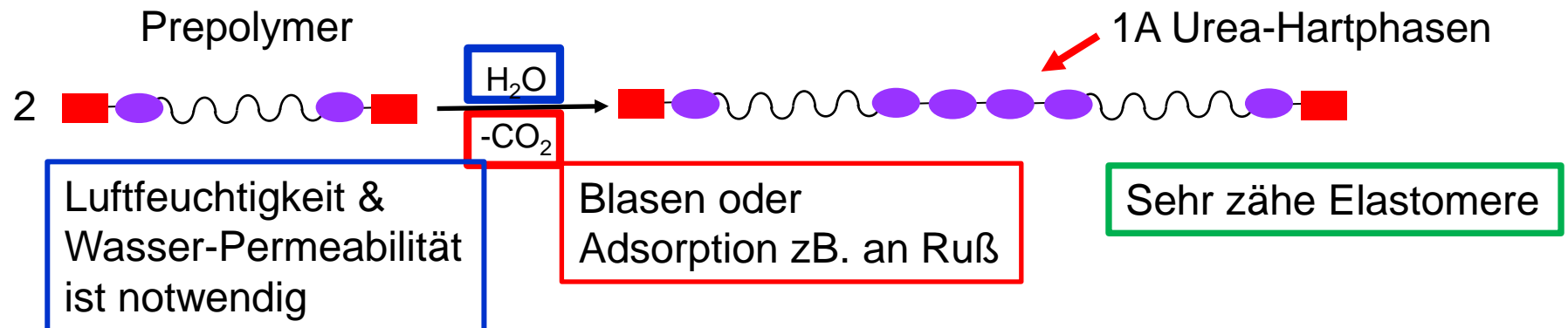
## ... Hydrolyse von Isocyanaten



- Wasserfänger (meist physikalisch) zum Trocknen der Rohstoffe
- Trocknen der zu Vergießenden Komponenten

👉 1g Wasser → 1,2 l Gas (bei 23°C)

## ➔ Herstellung von 1K Polyurethanen



- Viskositätssteigerung
- Scherverdünnend bis standfest
- Erhöhen die Wärmeleitfähigkeit
- Vermindern die Ausdehnung
- Senken die Reaktionstemperatur
- Versteifen
- Vermitteln Härte (Abrasivität)
- Können Rohstoffkosten senken
- Einarbeitung wird schwieriger
- Beeinflussen die Leitfähigkeit
- Allgemein: Mineralische FS senken Verbrennungsenergie / steigern Flammhemmung
- Flammschutzmittel
- Reduzieren den Härtungsschrumpf

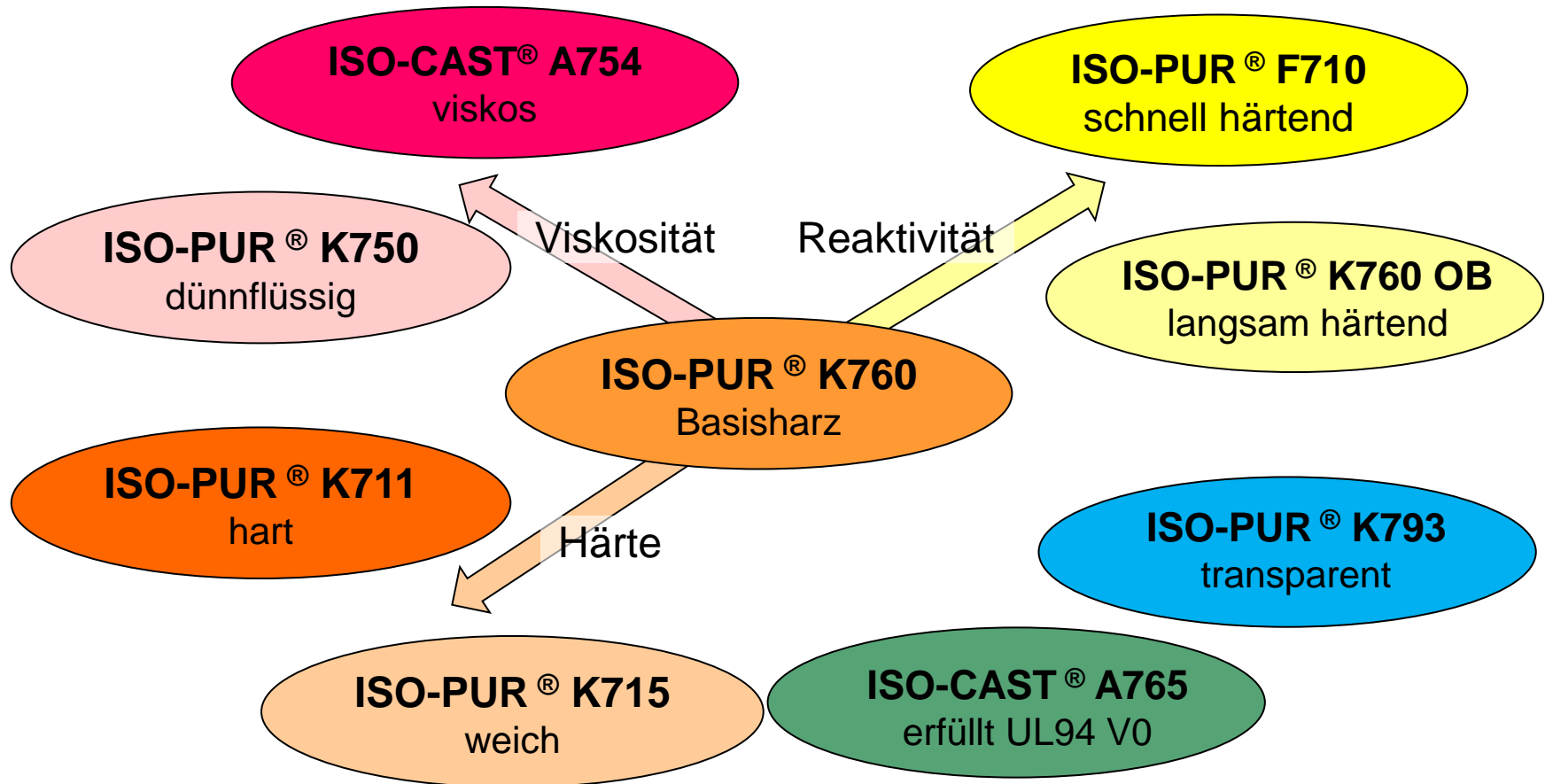


Absetzneigung – vor Einsatz die Binderkomponente aufrühren!

- **Wasserfänger** (meist Molekularsieb)
- Katalysatoren (Beschleuniger)  
für Vernetzung, Hydrolyse, Quervernetzung  
*Achtung alles wird schneller / langsamer  
Aushärtung, Topfzeit, Mischerstandzeit*
- Verzögerer
- Rheologieadditive
- Entlüfter / Entschäumer  
(Schaumstabilisatoren)
- Netz- und Dispergiermittel
- UV-Schutzadditive
- Flüssige Flammschutzmittel
- Leitfähigkeit / Antistatik
- Haftvermittler
- Farbstoffe







# Agenda

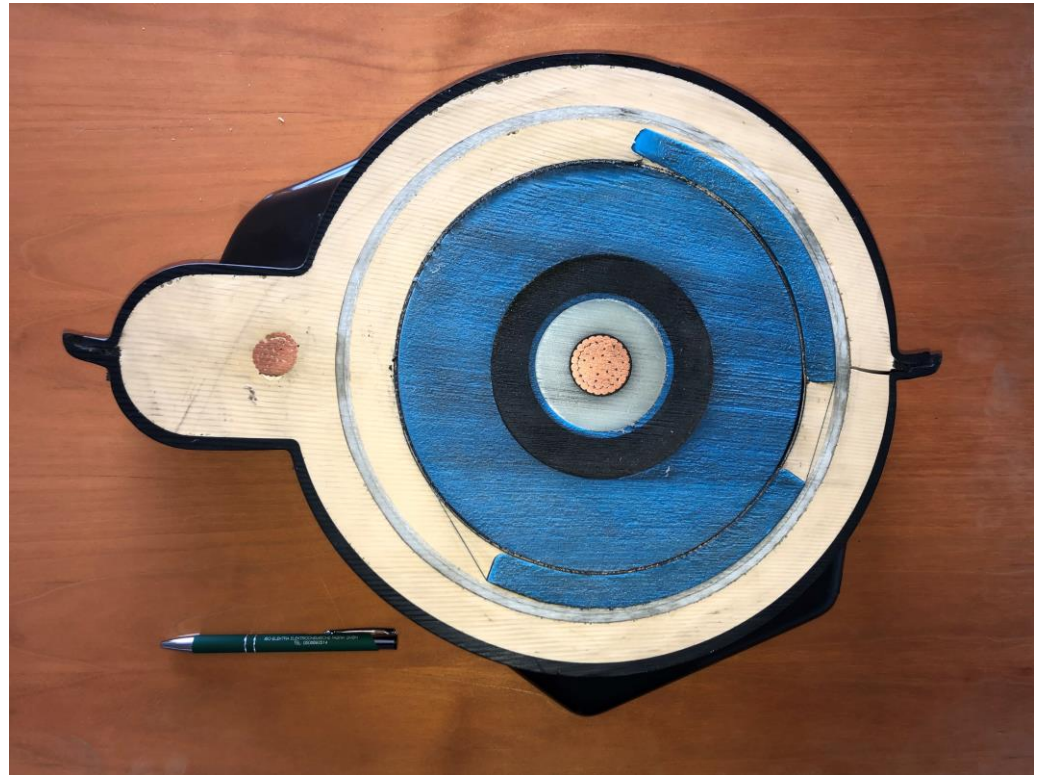
1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
3. Grundlagen Polyurethane
- 4. Härtung von PU Gießharzen**
5. Hydrophobe Gießharze
6. Schulungspflicht
7. Verarbeitungsfehler
8. Zusammenfassung

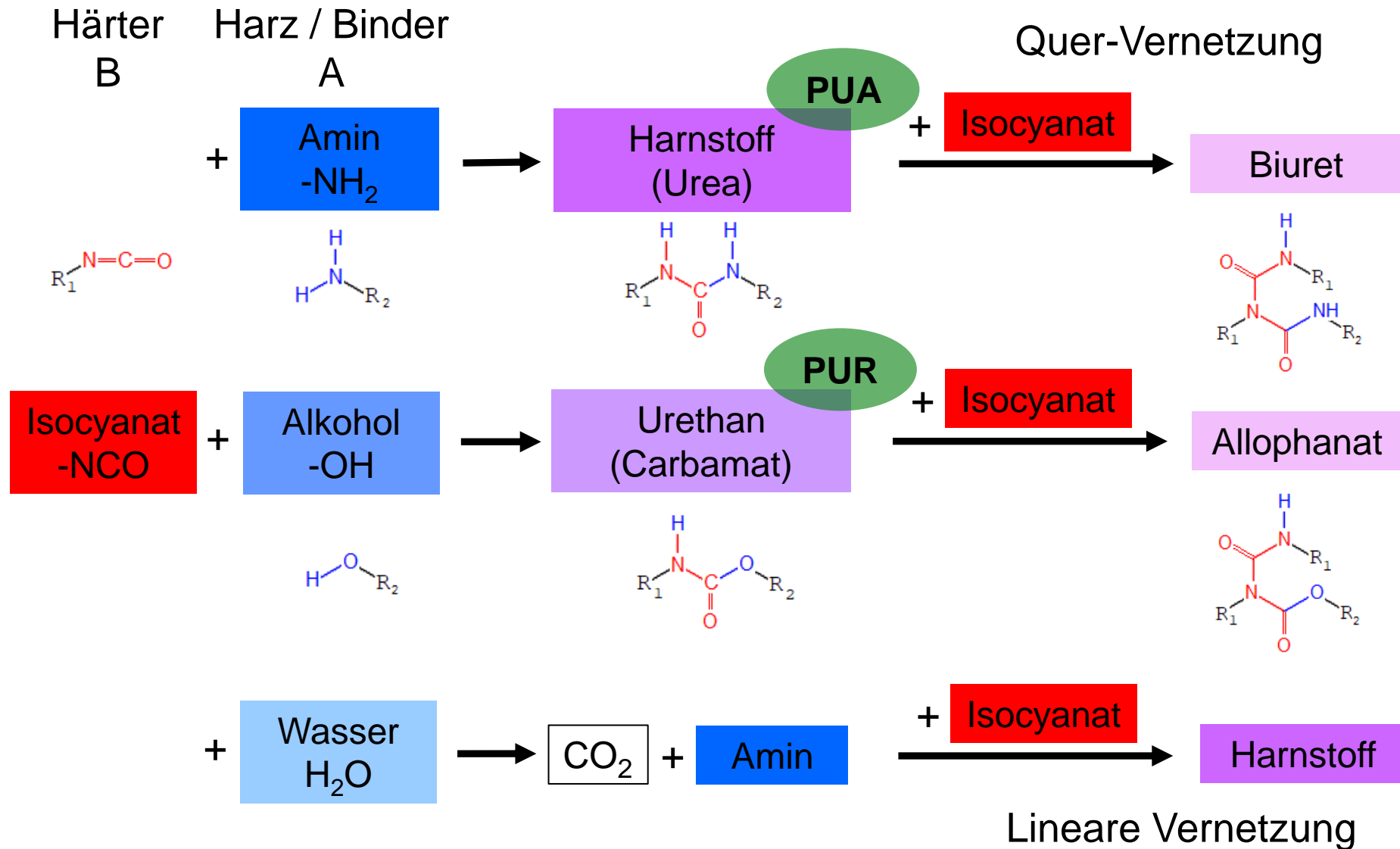


# Härtung von PU Gießharzen

## Im Kleinen und Großen

**Hochspannungs-Muffe**  
umvergossen mit  
ISO-PUR®



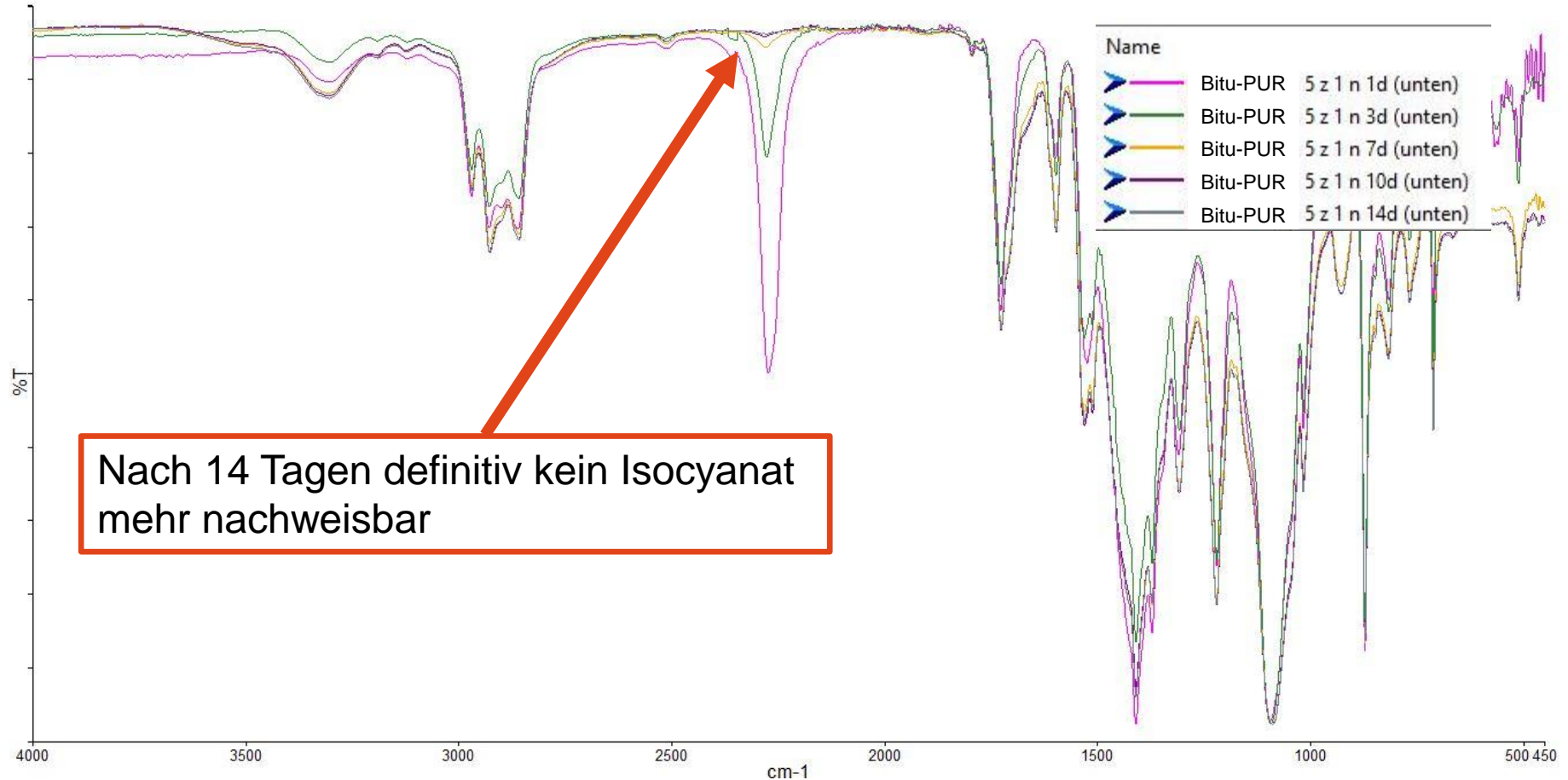


- ISO-PUR® K 2000 (beige)
- 4,5 : 1 (NCO-Index 0,9)
- Zugversuche an 5A Hanteln, Dicke 2 mm

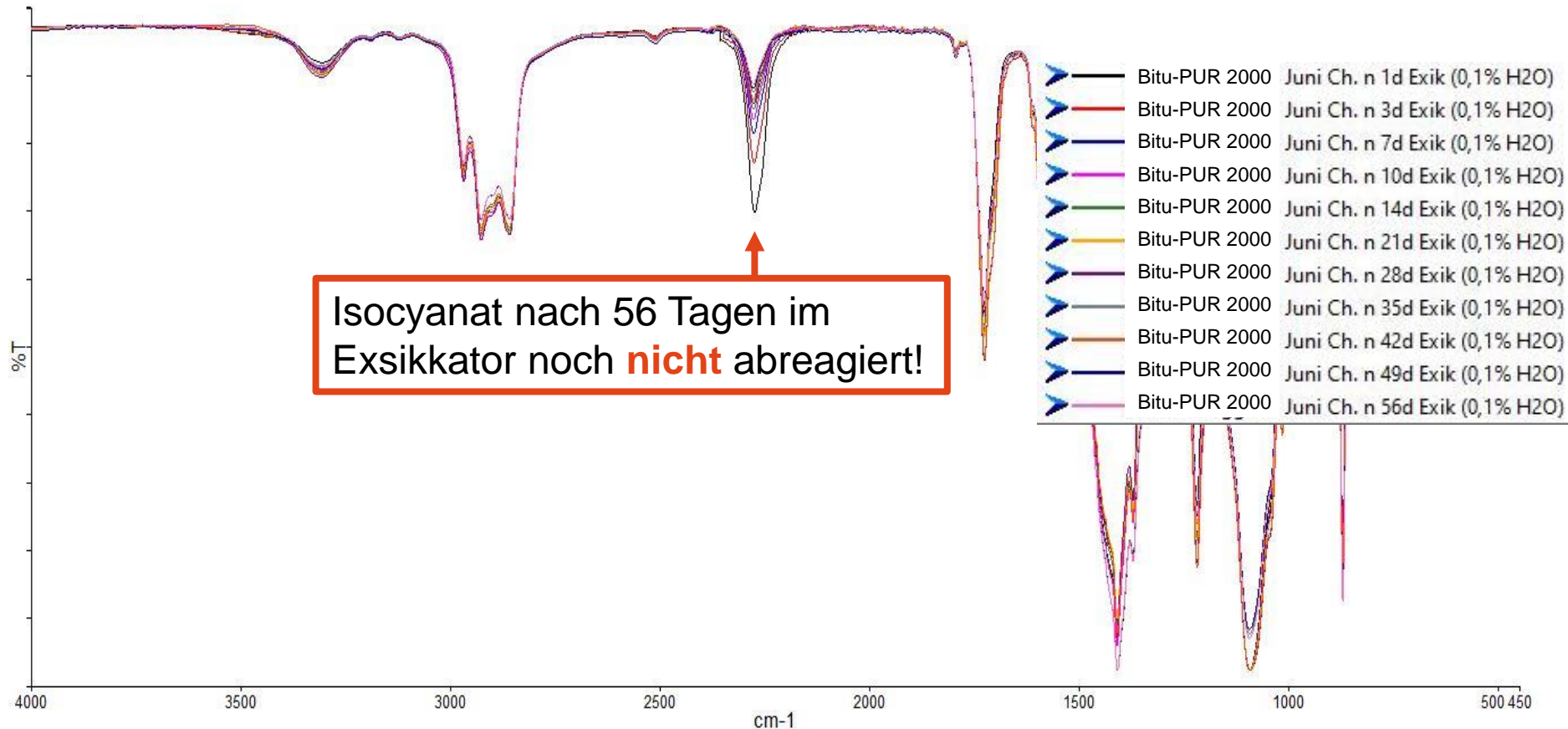
		Bruchdehung %		Bruchspannung MPa	
1 d RT, ca. 50% r.Lf.		124%	± 6%	5,37	± 0,14
7 d RT, ca. 50% r.Lf.		92%	± 9%	7,04	± 0,34
14 d RT, ca. 50% r.Lf.	$T_G \approx 12,2 \text{ °C}$	107%	± 9%	8,21	± 0,51
28 d RT, ca. 50% r.Lf.		94%	± 5%	8,49	± 0,33
4 h RT + 3d 80°C	$T_G \approx 15,3 \text{ °C}$	90%	± 8%	15,8	± 0,47
16 h RT + 3d 80°C		86%	± 3%	13,7	± 0,77
28 d RT, ca. 50% r.Lf.+ 3d 80°C		106%	± 6%	9,35	± 0,90
28 d RT Exsikkator		104%	± 15%	9,58	± 0,50
28 d RT Exsikkator + 3d 80°C		110%	± 14%	10,02	± 0,97
56 d RT Exsikkator		102%	± 8%	10,31	± 0,44



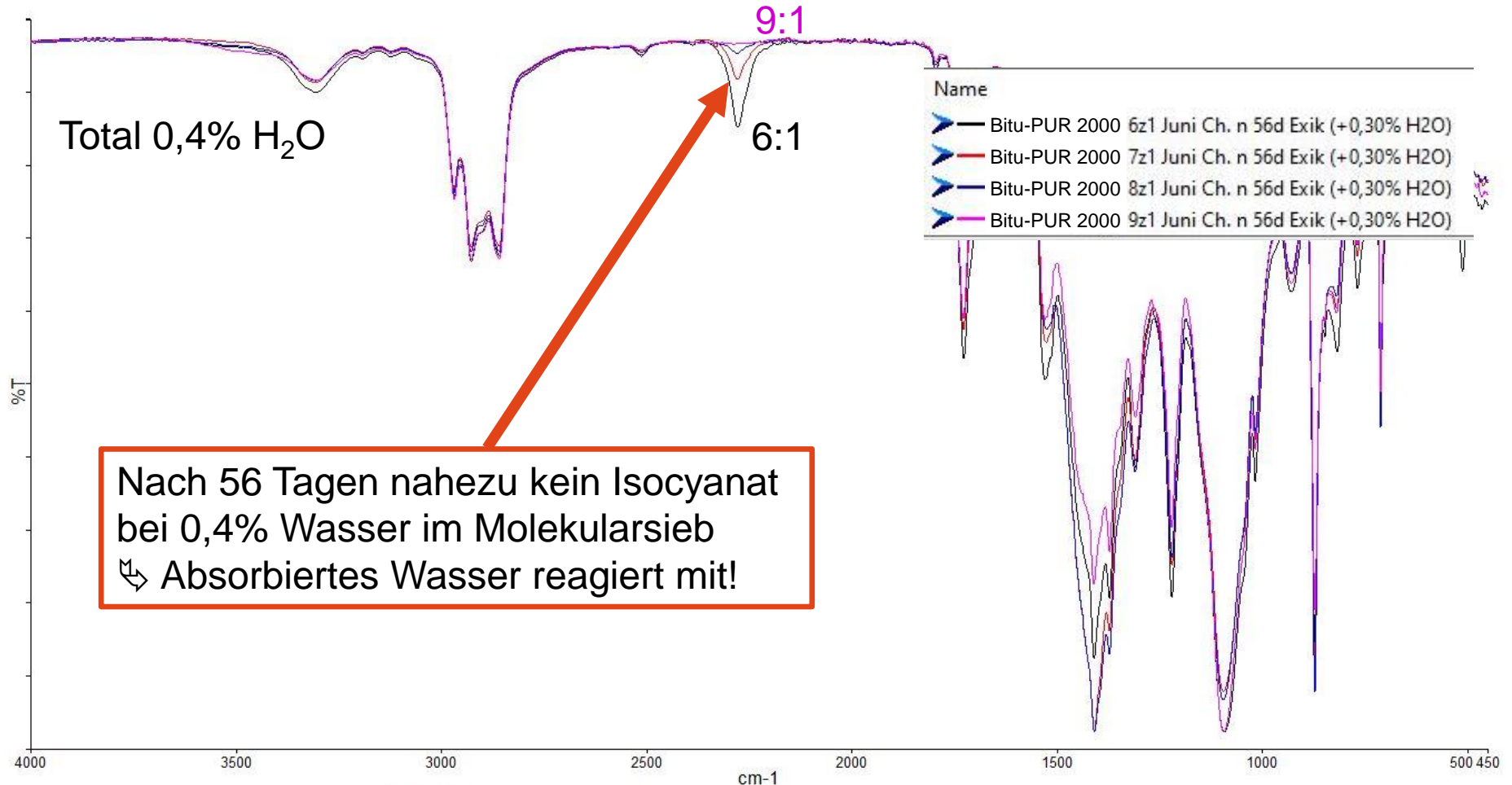
- Bitu-PUR 2000
- Standard: 7:1 (NCO-Index 1,1) hier gezeigt: 5:1 (NCO-Index 1,6)
- Dicke 2 mm, FT-IR-Messung an der Unterseite



- Bitu-PUR 2000
- 7 : 1 (NCO-Index 1,1)
- Dicke 2 mm, FT-IR-Messung an der Unterseite



- Bitu-PUR 2000
- Variation des Wassergehalt (im Molekularsieb) total: 0,1%, 0,25% und 0,4%
- Variation Mischungsverhältnis: 6:1, 7:1 (=10% NCO-Überschuss), 8:1, 9:1



## Härtung unter Einfluß von Luftfeuchtigkeit

- Erstarrt die PU-Masse, reagiert verbliebenes Isocyanat vornehmlich über Luftfeuchtigkeit unter Amin- und Harnstoffbildung ab. Nur teilweise bilden sich dabei quervernetzende Biurete.
- Gebundene Feuchtigkeit beschleunigt die Abreaktion verbliebenen Isocyanats, führt aber zu keinen anderen Polymeren (Festigkeiten).

## Anhydrobe Härtung – Härtung unter **Ausschluss von Luftfeuchtigkeit**

- Die Endhärtung ist **langsam**, da die Vernetzung über **Allophanate** SEHR langsam und die Migration zusätzlich behindert ist.
- Anfänglich vorhandene Feuchtigkeit führt zur Bildung von Harnstoffen, die über Biurete **quervernetzen**.
- Erfolgt eine Temperatur-unterstützte Härtung kurz nach der Vorhärtung wird die Bildung von Harnstoffen und Biureten aber auch von Allophanaten forciert.  
⇒ Deutlich höhere Endhärten  
These: Beschl. Wasserdesorption mit subsequenter Harnstoff (Biuret)-Bildung.

Wenn nicht im Produktionsprozess verwendet, sollte eine forcierte Härtung bei Temperatur unterbleiben – es ist eine unrealistische Vernetzung!



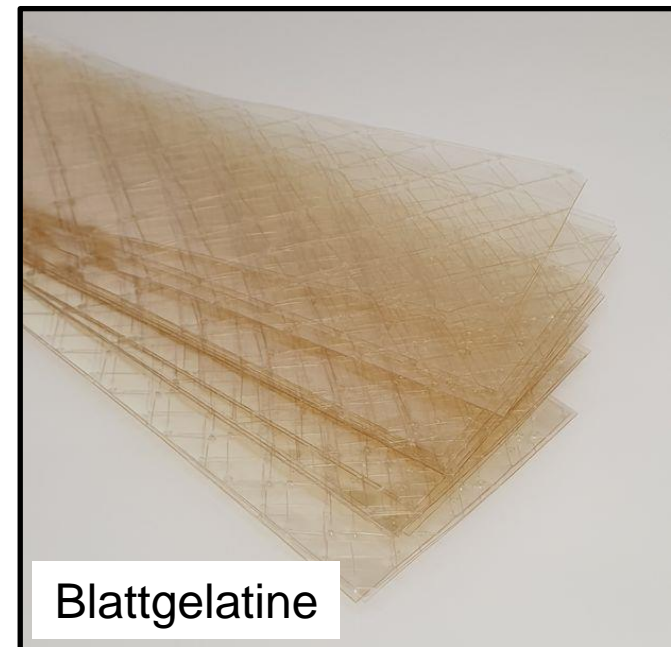
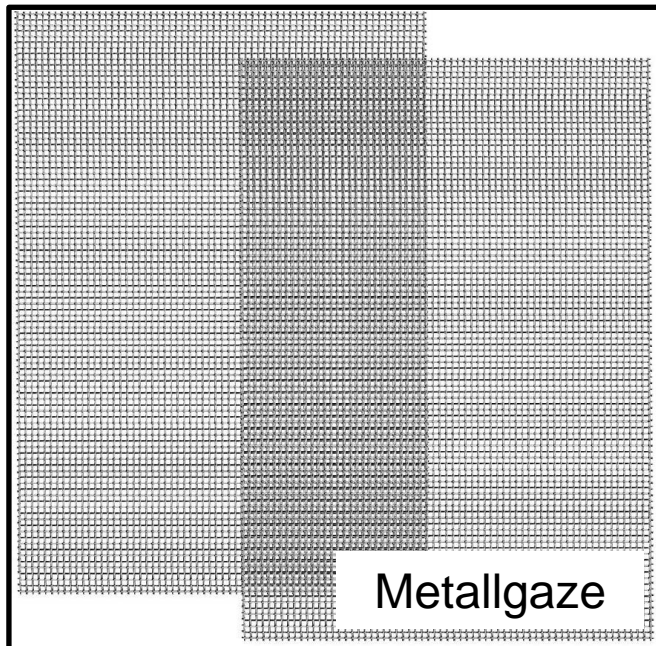
# Agenda

1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
3. Grundlagen Polyurethane
4. Härtung von PU Gießharzen
- 5. Hydrophobe Gießharze**
6. Schulungspflicht
7. Verarbeitungsfehler
8. Zusammenfassung

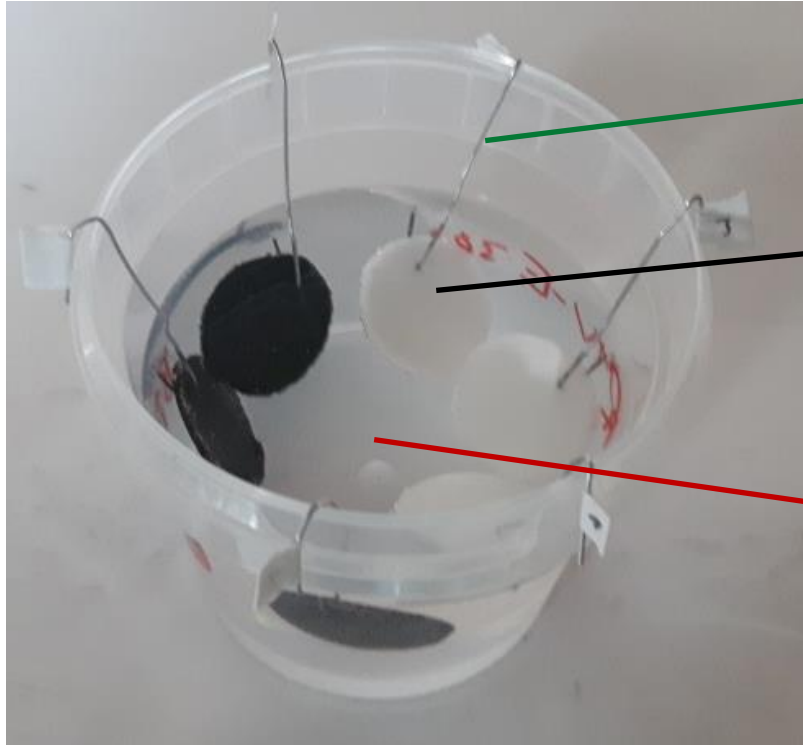


# Hydrophobe Gießharze

Wasseraufnahme oder Wasserdampfdurchlässigkeit?



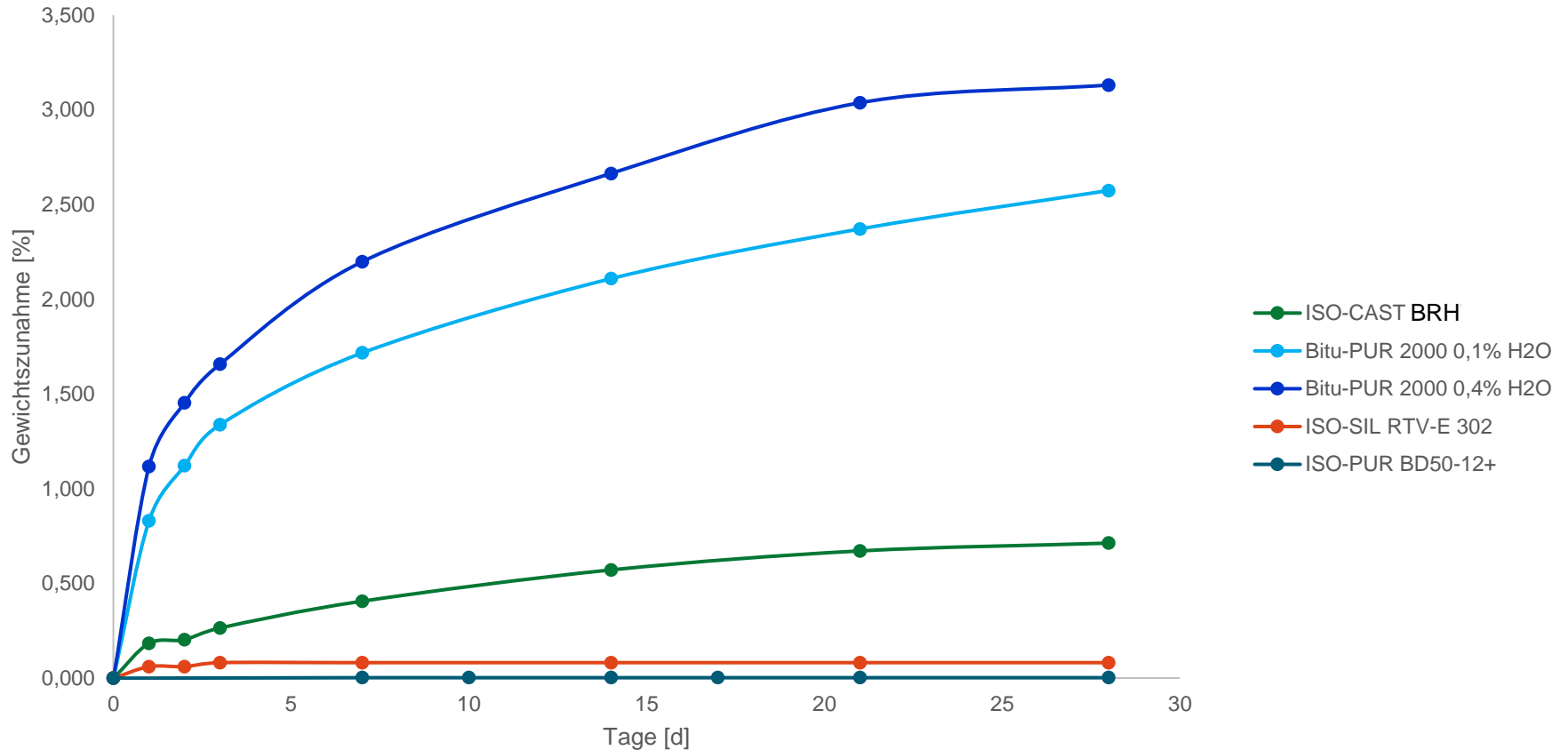
- Gewichtszunahme bei Immersion in Wasser bei 23°C



Büroklammer  
(sollte gummiert sein)

Prüfkörper (2,0 cm)

Wasser

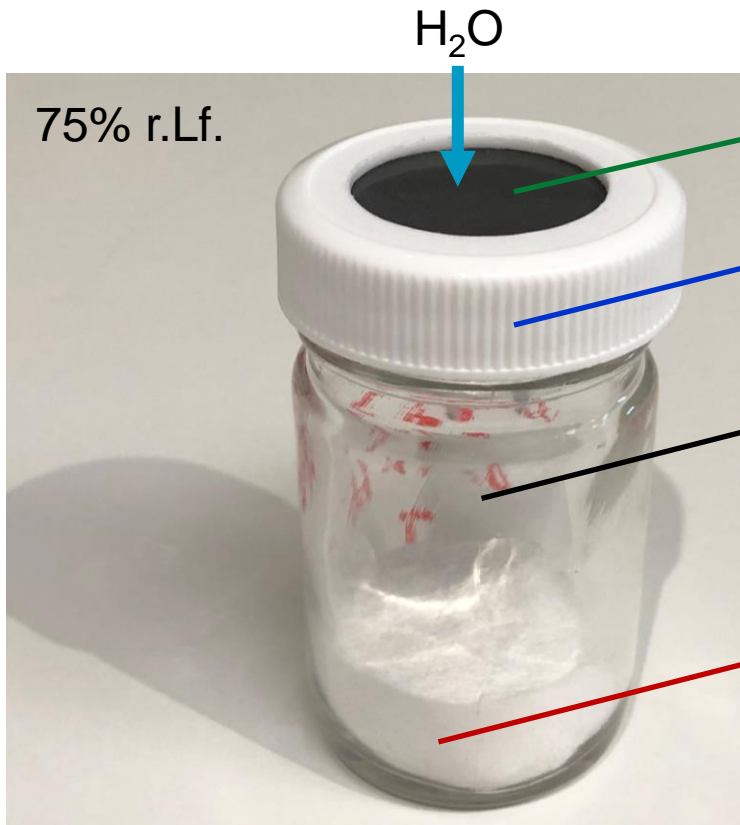


„Endwert“ (4 Wochen resp. 2 Monate)

Rücktrocknung sinnvoll

# „Linearer Wasserdampf-Permeabilitätskoeffizient“

- Gesamtgewichtszunahme bei 75% r.Lf. / Molekularsieb 3Å



Plättchen aus Gießharz

Deckel, fest (!) verschlossen

„getrockener Luftraum“

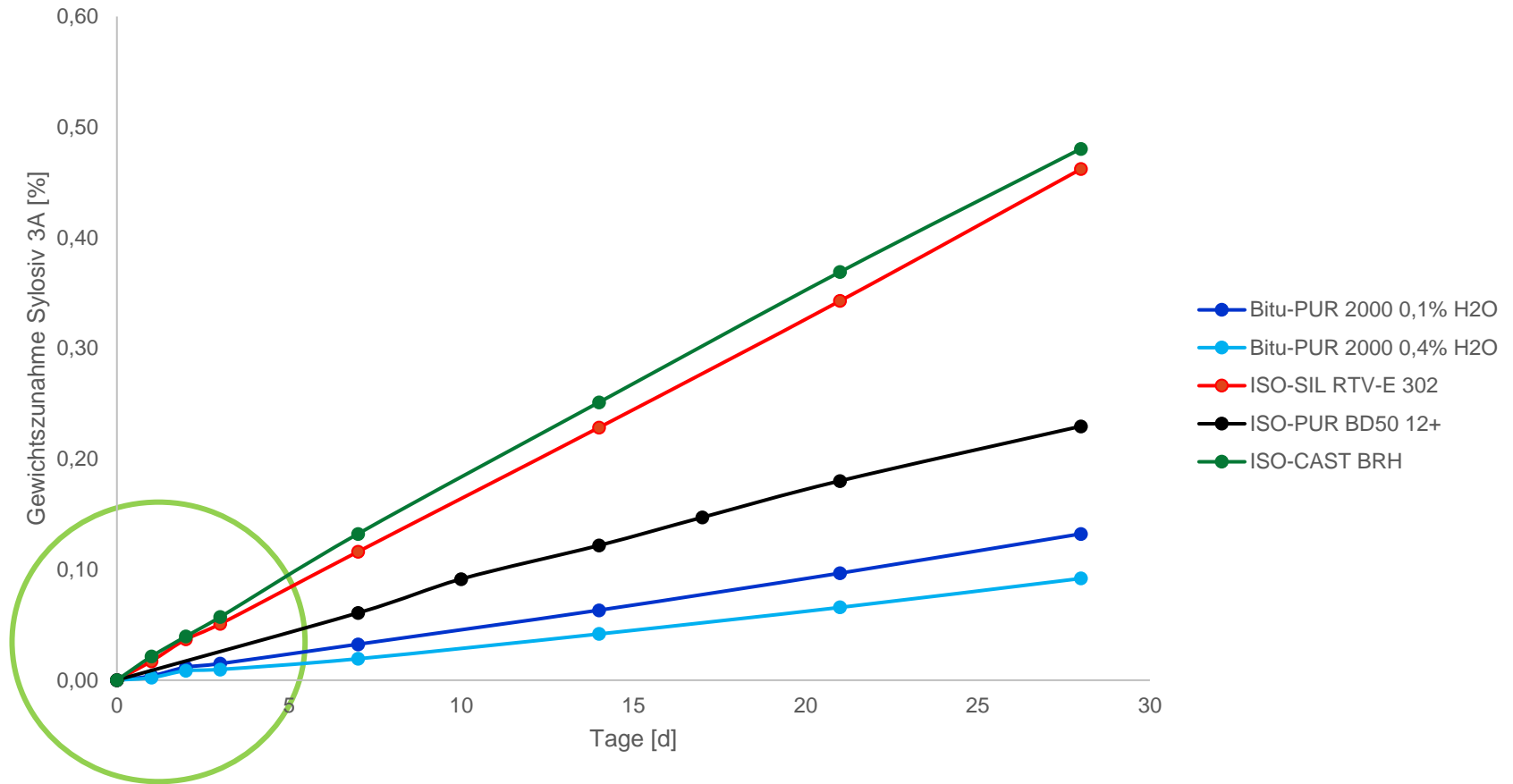
10-11 ± 5% (≥ 1d)

Trockenmittel: Molekularsieb Pulver 3Å

Zeolith 3Å > CaCl<sub>2</sub> > Zeolith 4Å



# Auswertung Lin. Wasserdampf-Perm.koeffizient



Vernachlässigung  
der Konditionierungseffekte  
7,10,14, 17, 21 Tage

Gießharz	MV	T <sub>G</sub> /°C	ZF / MPa	WRW / N/mm	WA / %	WDP /10 <sup>-5</sup> g/mm <sup>2</sup>
Bitu-PUR 0,1% H <sub>2</sub> O	7:1	-31	5,10 ± 0,16	4,37 ± 0,26	2,57 ± 0,06	0,78 ± 0,16
Bitu-PUR 0,4% H <sub>2</sub> O	7:1	-34	5,12 ± 0,17	3,58 ± 0,13	3,13 ± 0,08	0,56 ± 0,11
ISO-PUR BD50-12+	5,6:1	-52	0,56 ± 0,01	0,90 ± 0,10	0,25 ± 0,01	2,1 ± 0,4
ISO-CAST BRH	4:1	-61	0,54 ± 0,02	0,87 ± 0,18	1,48 ± 0,1	2,7 ± 0,5
ISO-SIL RTV-E302	10:1	<-80	2,72 ± 0,05	1,59 ± 0,02	0,82 ± 0,38	2,7 ± 0,5

Härtung 14 d RT, 50% r.Lf.

ZF Max. Zugfestigkeit, DIN 5 A Hantel, d=2 mm, L<sub>0</sub>=30 mm, 10 mm/min

WDW Max. Weiterreisswiderstand, d=2 mm, 10 mm/min

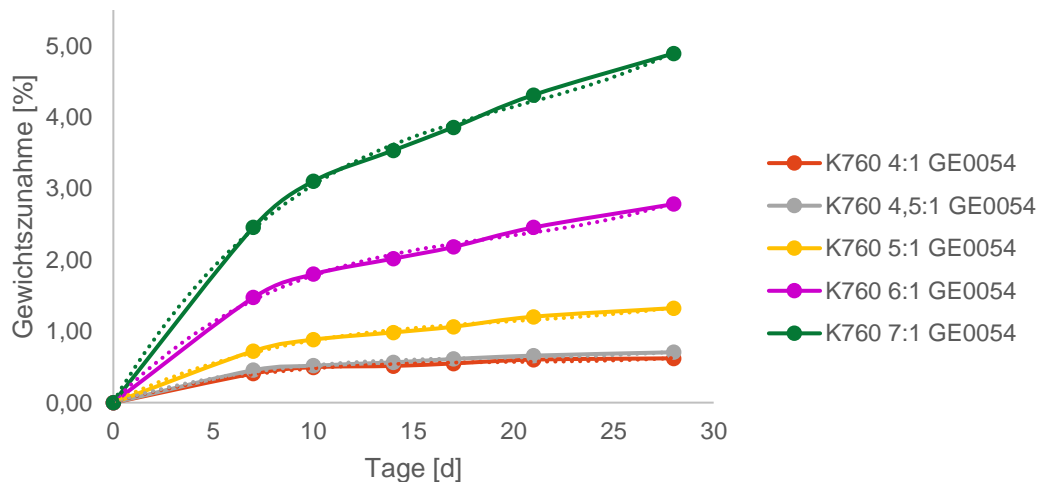
WA Wasseraufnahme, Sättigung (23°C), nach Rücktrocknung

WDP Lin. Wasserdampf Permeabilität (75% r. LF, 23°C) / g/mm<sup>2</sup>

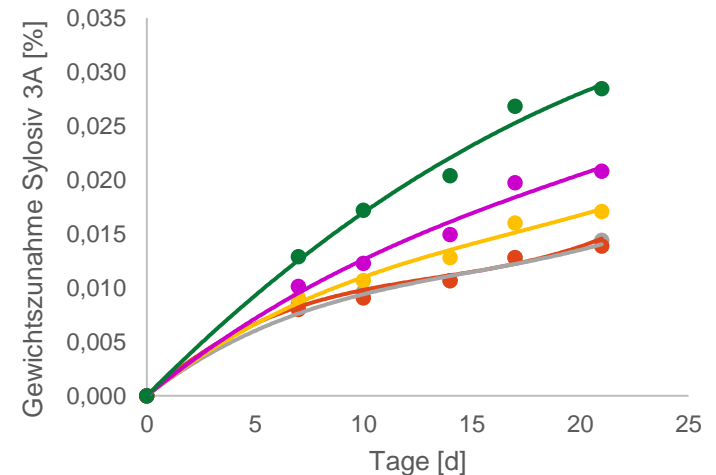
# ISO-PUR K760 – MV – Harte Schale & weicher Kern

K760 Verhältnis	Bruchdehnung $L_0 = 30 \text{ mm}$ [%]	Bruchspannung [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{g,on}$ [°C]	WRW [N/mm]
3:1 (MDI 32-120)	64 ± 4	23,92 ± 0,66	36,20	82,66 ± 0,94
4:1 (MDI 32-120)	83 ± 3	17,03 ± 0,23	14,60	58,68 ± 0,80
4,5:1 (MDI 32-120)	130 ± 1	10,91 ± 0,42	7,00	15,64 ± 0,49
5:1 (MDI 32-120)	121 ± 1	7,17 ± 0,07	-2,00	7,51 ± 0,46
6:1 (MDI 32-120)	69 ± 3	2,90 ± 0,06	-19,30	3,55 ± 0,16
7:1 (MDI 32-120)	136 ± 4	2,07 ± 0,07	-29,80	1,94 ± 0,15

Feuchtaufnahme



Feuchtigkeits-Permeabilität



# Agenda

1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
3. Grundlagen Polyurethane
4. Härtung von PU Gießharzen
5. Hydrophobe Gießharze
6. **Schulungspflicht**
7. Verarbeitungsfehler
8. Zusammenfassung



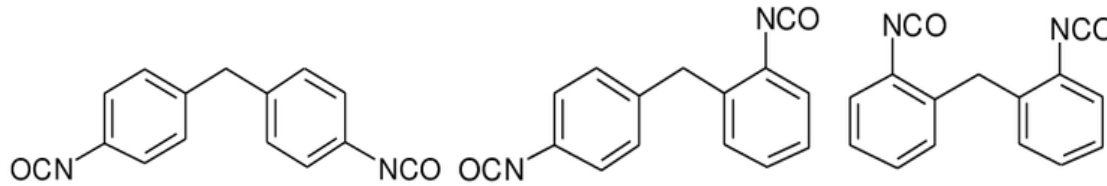
# Aromatisches vs. Aliphatisches Isocyanat

Methylendi(phenylisocyanat) (MDI)

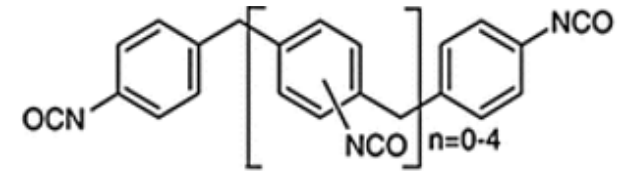
aromatisch

ISO-CURE MDI 32-120

Isomere (in absteigender Reaktivität)



Polymeres MDI



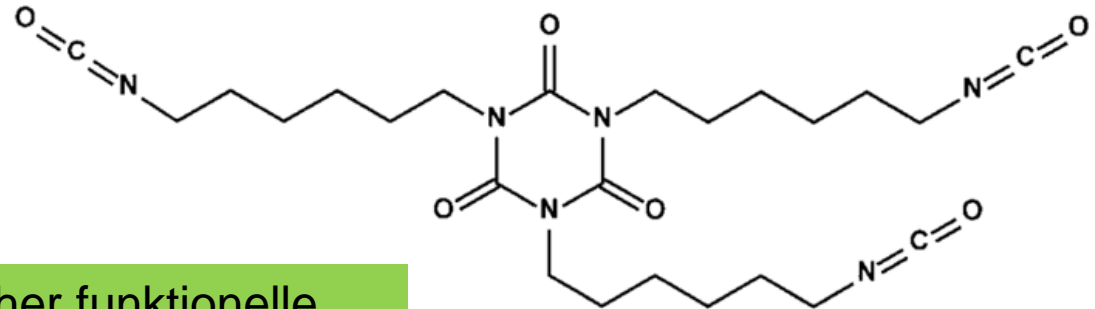
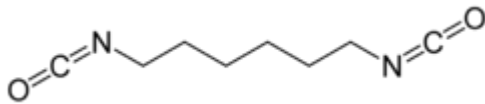
Diisocyanat >> 0,1 %



1,6-Hexamethyldiisocyanat (HDI)

aliphatisch

ISO-CURE<sup>®</sup> HDI 23-2000



Höher funktionelle  
Trimerisate  
< 0,1 % Diisocyanate





# Diisocyanate > 0,1% unterliegen einer Schulungspflicht ab 23.8.23

4. Februar 2020 (Verordnung (EU) 2020/1149):  
Vorschlag EU Kommission zur REACH Beschränkung Diisocyanaten



Training ist unter [www.safeusediisocyanates.eu](http://www.safeusediisocyanates.eu)

- Schulungen je nach Grad der Gefährdung in 3 Leveln
- Führungskräfte – **045 Level 1**



- Für Kleinstverarbeiter Verarbeitung aus Kleinstgebinden wie z.B. Kartuschen / Doppelkammerbeutel – **051 Level 2**



- Für Mitarbeitern, die z.B. im Labor / Musterbau Kontakt haben – **007 Level 2**
- Kleinere Industrielle Verarbeiter, die ohne Anlage von Hand vergießen – **007 Level 2**



- Verarbeiter, die eine Misch- und Dosieranlage einsetzen  
**052 – Level 2**
- Verarbeiter, die eine Misch- und Dosieranlage einsetzen und diese warten – **054 Level 3**



**054 Industrielle Anwendung von Kleb- und Dichtstoffen - Wartung und Reparatur von Anlagen**

- Falls das Gießharz im Prozess in irgendeiner Weise erwärmt wird (Vorheizen der Komponenten, Ofenprozess bei der Aushärtung, ggf. vorgewärmte Teile etc.) – **037 Level 3**

**Überprüfung der Empfehlungen anhand konkreter Bedingungen und Erfordernisse!**



**052 Industrielle Anwendung von Kleb- und Dichtstoffen bei Raumtemperatur**



**037 Wartung und Reparatur mit möglichem Diisocyanat-Kontakt, Offene Handhabung von heißen oder warmen Formulierungen (>45°C), Reinigung und Abfall**

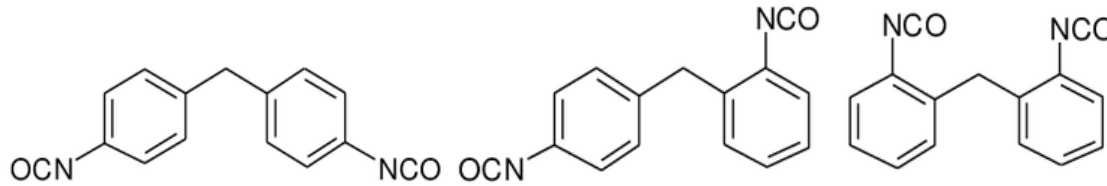
# Aromatisches vs. Aliphatisches Isocyanat

Methylendi(phenylisocyanat) (MDI)

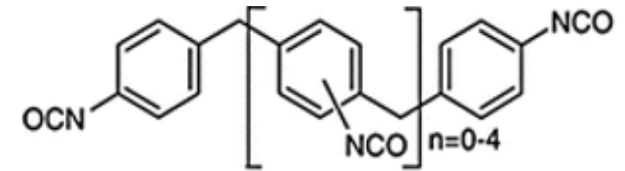
aromatisch

ISO-CURE MDI 32-120

Isomere (in absteigender Reaktivität)



Polymeres MDI



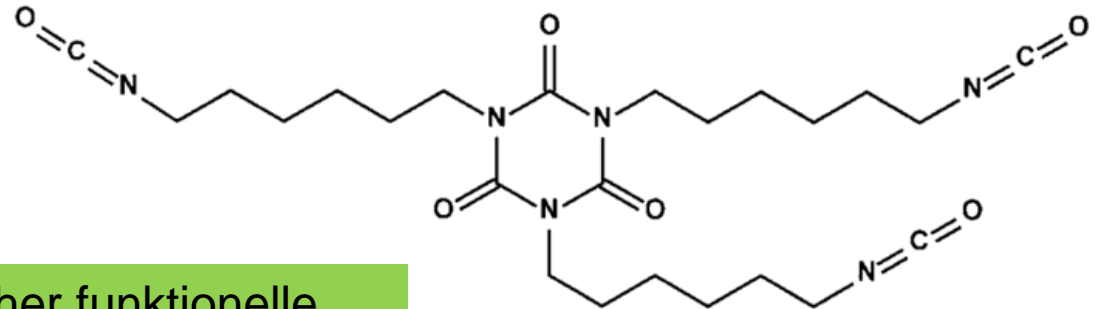
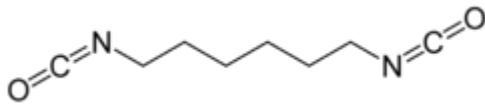
Diisocyanat >> 0,1 %



1,6-Hexamethyldiisocyanat (HDI)

aliphatisch

ISO-CURE<sup>®</sup> HDI 23-2000



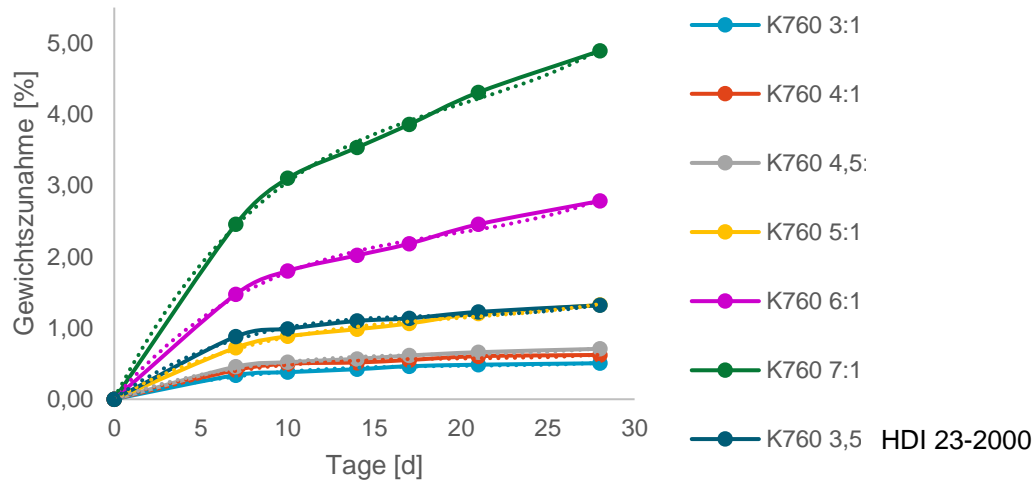
Höher funktionelle  
Trimerisate  
< 0,1 % Diisocyanate



# ISO-PUR K760 – Einfluss des Härterers

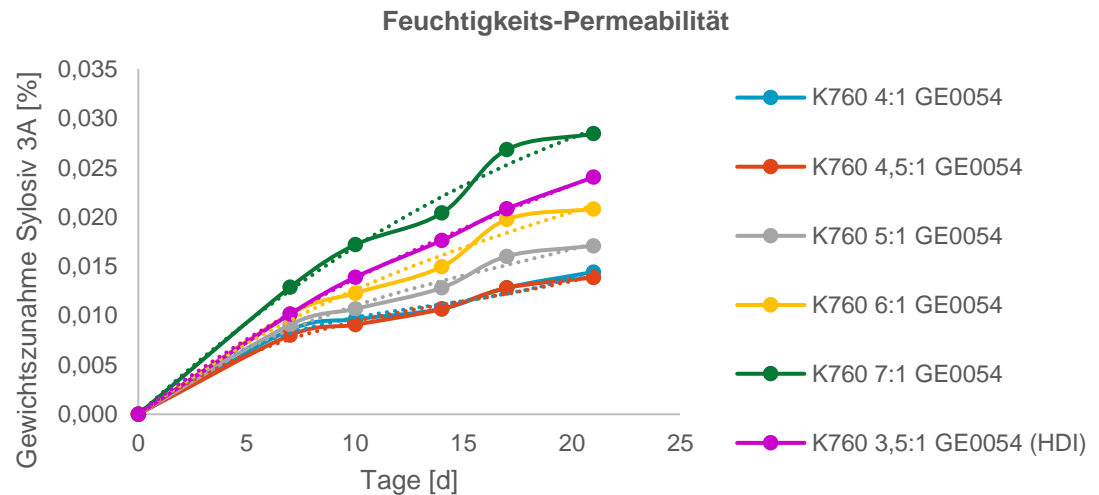
K760 Verhältnis	Bruchdehnung $L_0 = 30 \text{ mm}$ [%]	Bruchspannung [N/mm <sup>2</sup> ]	T <sub>g,on</sub> [°C]	WRW [N/mm]
3:1 (MDI 32-120)	64 ± 4	23,92 ± 0,66	36,20	82,66 ± 0,94
4:1 (MDI 32-120)	83 ± 3	17,03 ± 0,23	14,60	58,68 ± 0,80
4,5:1 (MDI 32-120)	130 ± 1	10,91 ± 0,42	7,00	15,64 ± 0,49
5:1 (MDI 32-120)	121 ± 1	7,17 ± 0,07	-2,00	7,51 ± 0,46
6:1 (MDI 32-120)	69 ± 3	2,90 ± 0,06	-19,30	3,55 ± 0,16
7:1 (MDI 32-120)	136 ± 4	2,07 ± 0,07	-29,80	1,94 ± 0,15
3,5:1 (HDI 23-2000)	37 ± 1	3,74 ± 0,11	-27,20	2,75 ± 0,19

# Ergebnisse Wasseraufnahme



- Die Wasseraufnahme des ISO-PUR® K760 mit ISO-CURE® HDI 23-2000 entspricht dem ISO-PUR® K760 mit MDI Härter im Verhältnis 5:1.
- In der Feuchtigkeits-Permeabilität entspricht das ISO-PUR® 760 (HDI) dem ISO-PUR® K760 (MDI) mit 6:1.

K760 Verhältnis	Feuchtigkeits-Permeabilität [ $\cdot 10^{-5} \text{ g/d} \cdot \text{mm}^2$ ]
4:1 (MDI 32-120)	$0,07 \pm 0,00$
4,5:1 (MDI 32-120)	$0,07 \pm 0,01$
5:1 (MDI 32-120)	$0,09 \pm 0,01$
6:1 (MDI 32-120)	$0,14 \pm 0,01$
7:1 (MDI 32-120)	$0,19 \pm 0,01$
3,5:1 (HDI 23-2000)	$0,16 \pm 0,02$





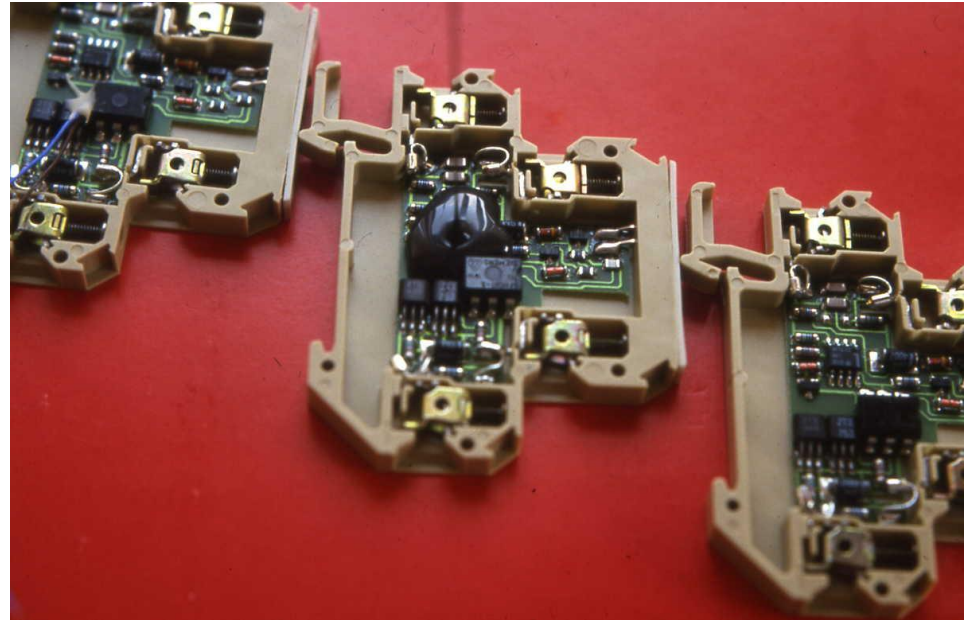
# Agenda

1. Kurzvorstellung ISO-ELEKTRA
2. Einführung Polyurethane in der Elektroindustrie
3. Grundlagen Polyurethane
4. Härtung von PU Gießharzen
5. Hydrophobe Gießharze
6. Schulungspflicht
7. **Verarbeitungsfehler**
8. Zusammenfassung



## Lastenheft

- Bauteilkontur?
- mit / ohne Gehäuse?
- Verguss oder Beschichtung?
- Temperatur – Einsatzbereich?
- Chemische Umgebung?
- Geforderte Lebensdauer?
- Reparaturfähigkeit erwünscht?
- Transparenz erwünscht?
- empfindliche Bauelemente vorhanden (z.B. SMD's)?



## Versuche

- Dokumentation von Charge / Haltbarkeit
- Dokumentation von Parameter (Temperatur / Luftfeuchtigkeit / Datum)
- Präparation (Mischverhältnis / Mischweise)



## Inhomogene Vermischung

Schlieren / Klebrigkeit

Bereiche unvermischter Harz- bzw.  
Härterkomponente.

Blasige Streifen.

Auch bei Unverträglichkeit von Harz  
und Härter möglich

Tipp 1: Nie den Mischbecher auskratzen!  
Tipp 2: Ausreichend Konditionieren



## Blasen

Einzelne große Luftblasen deuten auf eingerührte Luft hin (manuell)

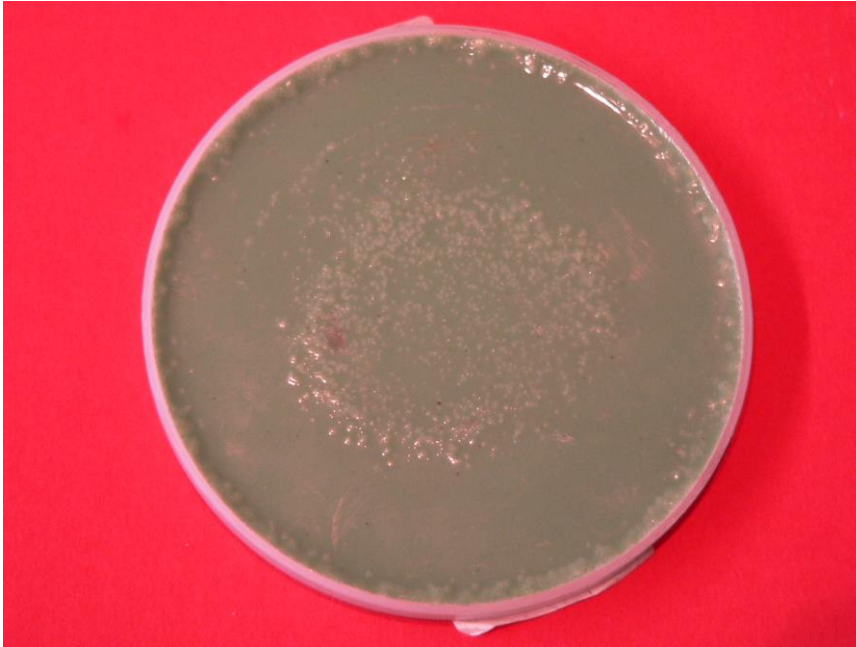
Maschienell – Blasen werden fein verteilt. Können schlecht entlüfteten Schläuchen entstammen.



Luftbeladenes Material /  
Deutliche Blasenbildung im gesamten  
Vergussbereich

- Maschine zieht Luft
- Schlechte Entlüftung beim  
Gebindewechsel
- Material schlecht entgast
- Zuviel Isocyanat (Auslitern)





## Blasen

Viele kleine schaumartige Blasen

CO<sub>2</sub>-Bildung durch Feuchtigkeit

- Feuchte Harzkomponente
- Gehalt Trockenmittel zu gering (Geöffnetes Harz)
- Sehr hohe Luftfeuchtigkeit
- Feuchte Bauteile
- Betauung Bauteile

Bei hochviskosen Systemen sind auch  
Sehr große Blasen möglich





## Anschlussfehler statischer Mischer

- Große Blasen durch lokal unvermisches Isocyanat welches  
a) mit Luftfeuchtigkeit reagiert  
b) bei hohen Temperaturen unter  $\text{CO}_2$ -Abspaltung dimerisiert
- Vordruck zu hoch – Vorschießen des Isocyanats
- Kleine Verstopfung durch anreagiertes Material (Unterbrechung), das dünnere Isocyanat schießt vor.
- Auch ein „Mischer-Volumen verzögert“ kann es auftreten.

## 8. Zusammenfassung

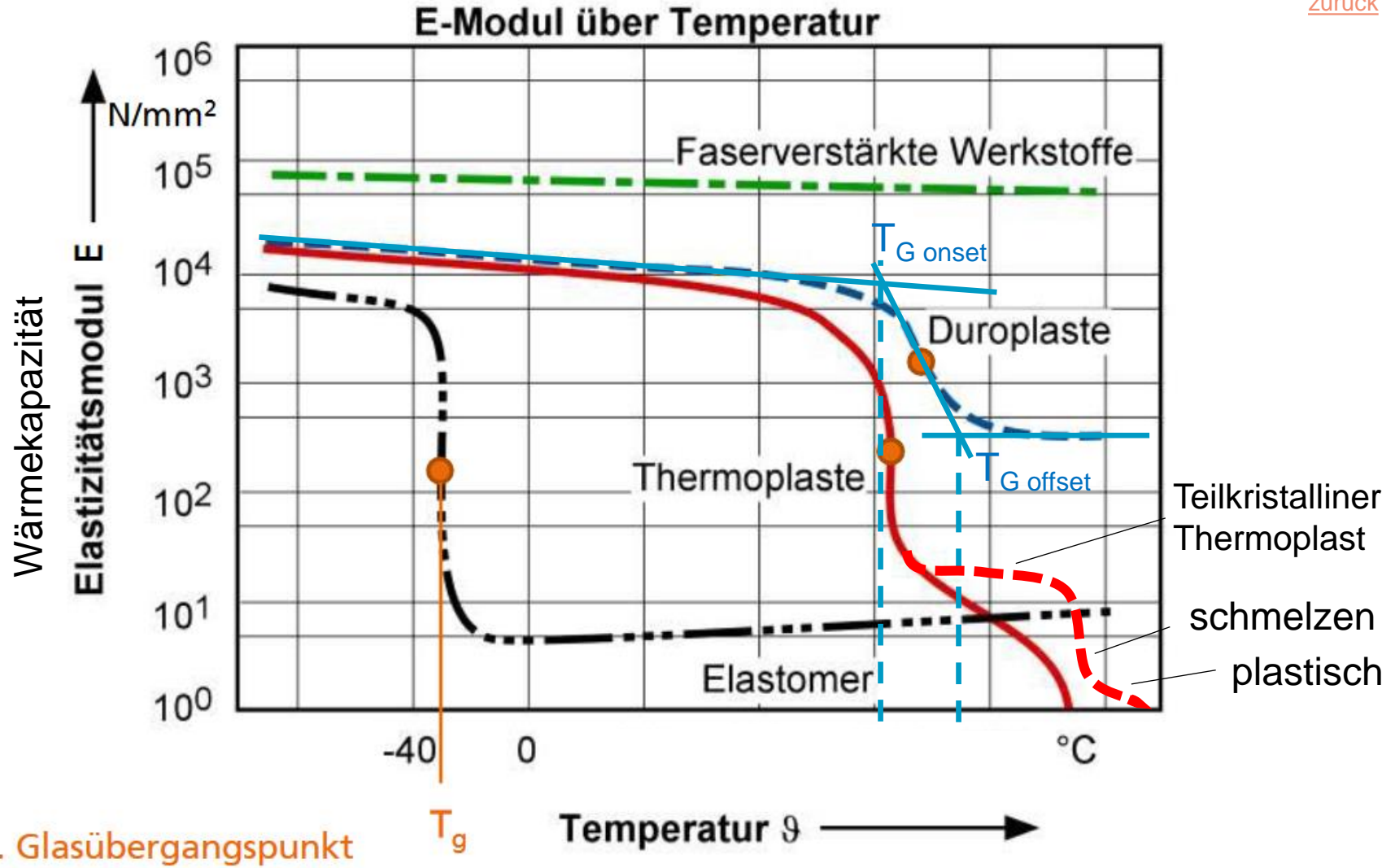
- Moderne Polyurethansysteme zeichnen sich durch gute und vielfältige Verarbeitungen und Materialeigenschaften und moderate Reaktionsverläufe aus.
- Werden einige grundsätzliche Verfahrensrichtlinien bei der Verarbeitung eingehalten, so sind die Vergießergebnisse von hoher Güte und die Eigenschaftswerte der Formkörper reproduzierbar.
- Ein für alle Zwecke ideales System gibt es nicht.
- Je nach Anwendung erlauben hydrophobe Systeme eine Anpassung der mechanischen Eigenschaften über das Mischungsverhältnis
- Nutzen Sie zur Auswahl des richtigen Materials und Verarbeitungsprozesses die Beratung erfahrener Hersteller.

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**





[zurück](#)



Quelle: © Fraunhofer ICT  
IPEK Universität Karlsruhe, Juni 2015