

ELANTAS Europe

Einfluss des thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit von Transformatoren und Modulen



ALTANA

Key facts and figures at a glance

Total revenues > **€2.2 billion**

Including **6%** annual investment in R&D

About **30** acquisitions in the past 10 years

Approximately **6,200** employees worldwide

4 divisions with independent brands

1 firmly anchored corporate culture

A member of  **ALTANA**

 **ELANTAS**

The Corporate Structure of ALTANA

Four divisions, one successful group



Sales 2017 €2,247 m
Employees⁽²⁰¹⁷⁾ 6,186



Paint additives
 Plastics additives
 Industrial applications
 Exploration technology oil/gas
 Measuring and testing instruments

Sales: €1,030 m
Employees⁽²⁰¹⁷⁾: 2,200



Coatings
 Graphic arts
 Cosmetics and personal care
 Plastics industry
 Functional applications

Sales: €385 m
Employees⁽²⁰¹⁷⁾: 1,716



Wire enamels
 Electrical
 Electronic
 Engineering materials

Sales: €489 m
Employees⁽²⁰¹⁷⁾: 1,061



Closures
 Flexible packaging
 Labels
 Paper-based packaging
 Publication and commercial
 Rigid packaging
 Specialty consumer goods

Sales: €343 m
Employees⁽²⁰¹⁷⁾: 1,094



ELANTAS Division

Profil

ELANTAS and its Business Lines



Wire enamels
50-55% of ELANTAS sales



Electrical
30-35% of ELANTAS sales



Electronic
5-10% of ELANTAS sales



Engineering Material
5-10% of ELANTAS sales

ELANTAS Europe

Market segmentation



Power Generation & Distribution

Wind
Solar
Hydro
Fuel
Storage
Power Distribution
Others



Mobility

Automotive
E-mobility
Aircraft
Rail
Marine
Others



Consumer

White Goods
Power Tools
Household
Electronics
Lightning
Others





Industrial

Mining
Telecommunication
Process Technology
Others

ELANTAS Europe offers a wide range of products for various market segments.

ELANTAS Europe

Product portfolio

	Conformal Coating		Casting & Potting	
	 <p>Acrylics, Alkyds, Epoxides, 1/2-K Polyurethanes, Silicones, Thermoplastics</p>		 <p>Alkyds, Epoxides, Polyurethanes, Silicones, Polyesters Thermoplastics</p>	
Application	Dip / Brush Coating Jetting / Dispensing Potting	Spray / Select Coat / Curtain coating / Dam & Fill Thick film coating	Casting Potting Dispensing Automatic pressure gelation casting	Vacuum infusion Impregnation Melting
Properties	Protection against humidity Chemical resistance Electrical Insulation	Vibration protection Mechanical stability	Electrical insulation Chemical resistance Thermal conductivity	Protection against humidity Mechanical stability Vibration and shock protection
End Use	Automotive Mobility and transportation	Consumer Devices Industrial	From low to high voltages, e.g. transformers, ignition coils, capacitors, relays PCB's, Power Electronics	
Brands	Bectron®		Elan-tron®, Elan-tech®, Micares®, Bectron®	

Einfluss des thermischen Ausdehnungs- koeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit

➤ Einleitung

- erste praktische Erkenntnisse
- Theoretische Betrachtungen
- Beispiel anhand des TDS
- Die Möglichkeiten

Einfluss des thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit

Der Ausdehnungskoeffizient oder Wärmeausdehnungskoeffizient ist ein Kennwert, der das Verhalten eines Stoffes bezüglich Veränderungen seiner Abmessungen bei Temperaturveränderungen beschreibt - deswegen oft auch thermischer Ausdehnungskoeffizient genannt.

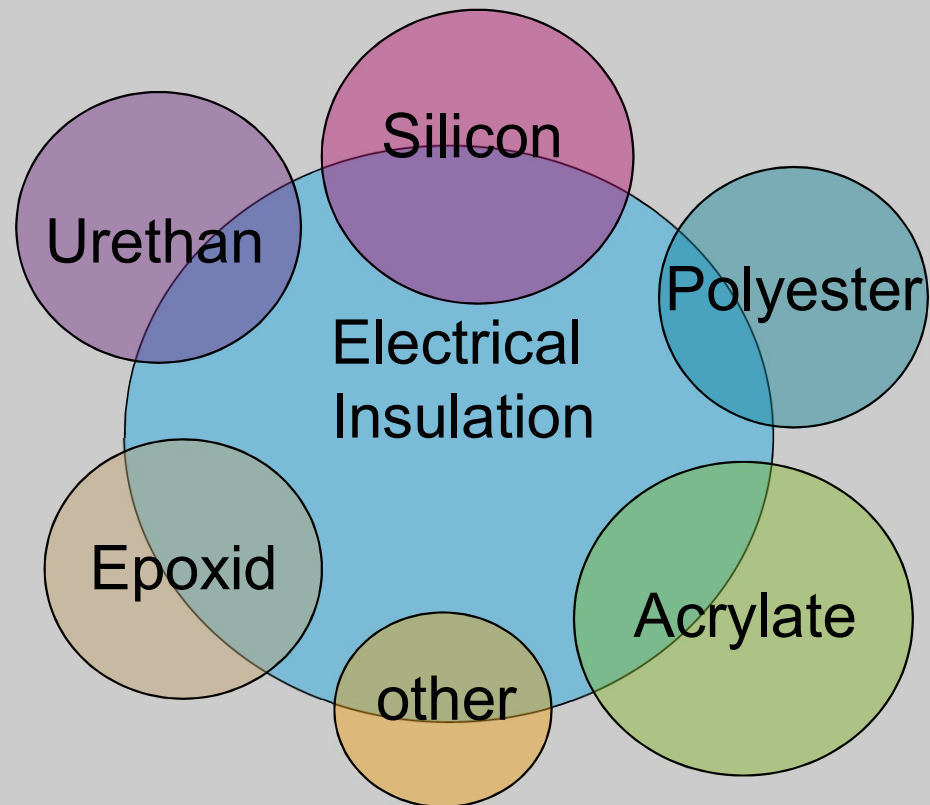
Der hierfür verantwortliche Effekt hat einen großen Einfluss auf die Temperaturwechselfestigkeit von Transformatoren und Modulen. Die Temperaturwechselfestigkeit ist abhängig von der verwendeten Chemie (z.B. Silikone, Epoxy, PUR), der Glasübergangstemperatur und der Geometrie des Bauteils.

Der Vortrag erörtert die wichtigsten Punkte, die vor dem Vergießen zu beachten sind um optimale Temperaturfestigkeit zu erzielen.

Allgemein gilt:

Die wachsende elektronische Industrie
benötigt Produkte mit speziellen Eigenschaften
für unterschiedlichste Anwendungsbereiche!

Grund-Chemie für Elektronik Isolation



Einfluss des thermischen Ausdehnungs- koeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit

➤ **Einleitung**

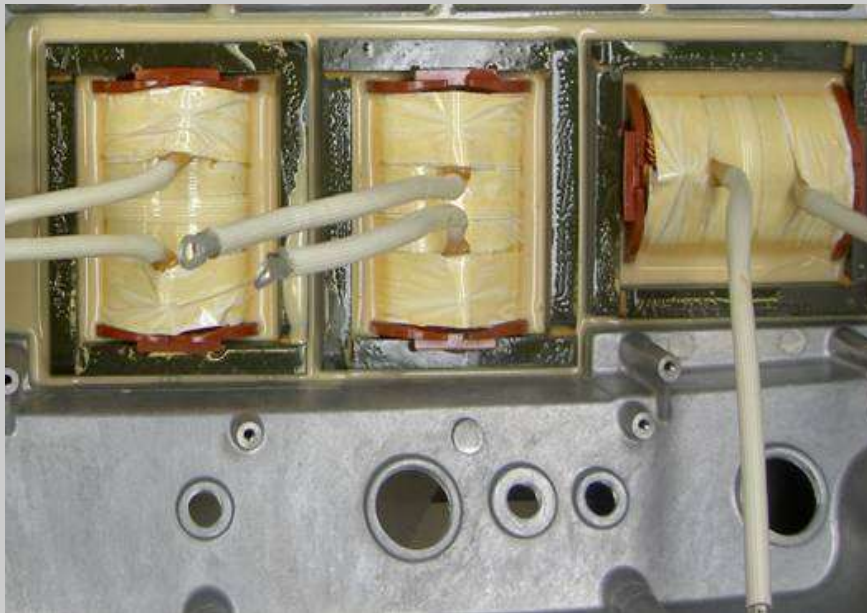
➤ **erste praktische Erkenntnisse**

➤ **Theoretische Betrachtungen**

➤ **Beispiel anhand des TDS**

➤ **Die Möglichkeiten**

Modul-Verguss



Anforderungen an den Verguss

- Schutz vor Vibration
- ΔT : 100 Zyklen -20°C bis $+100^{\circ}\text{C}$; Haltezeit: 6h
- schnelle Aushärtung bei RT

Verarbeitung

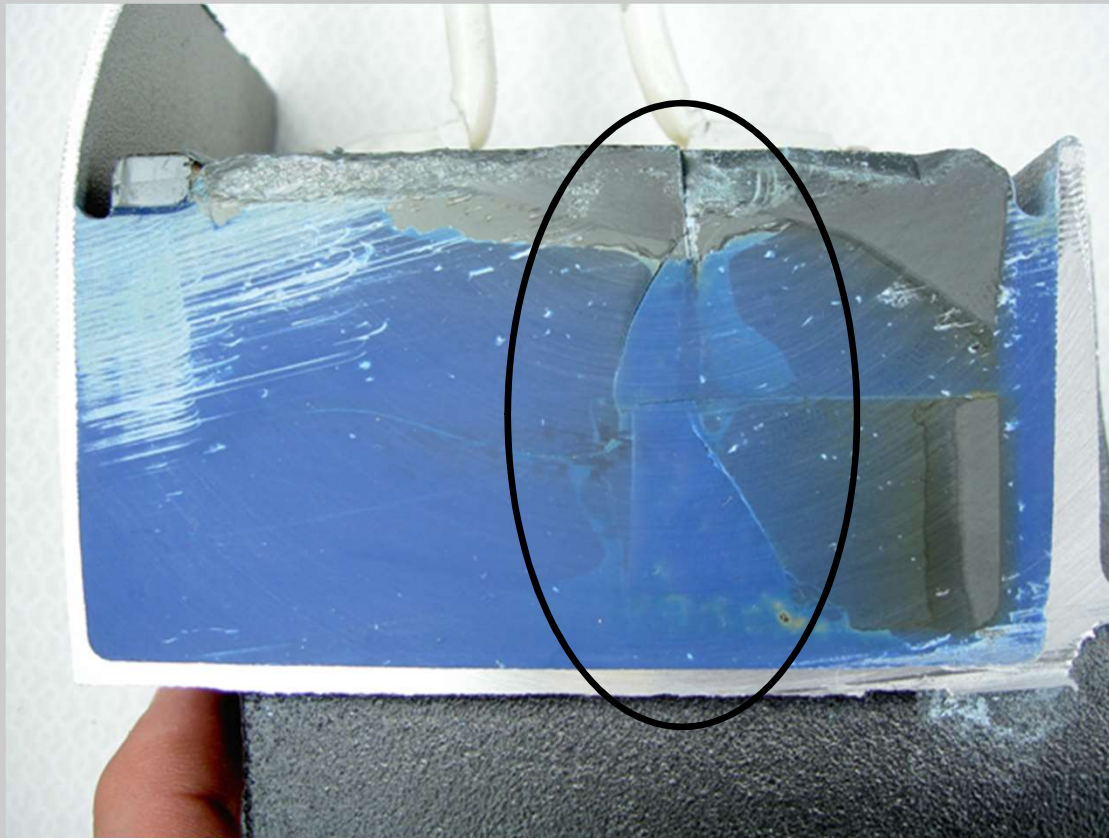
- 2K Dispensmaschine

Verguss Wechselrichter nach 100 Zyklen -20°C bis +100°C; Haltezeit: 6h

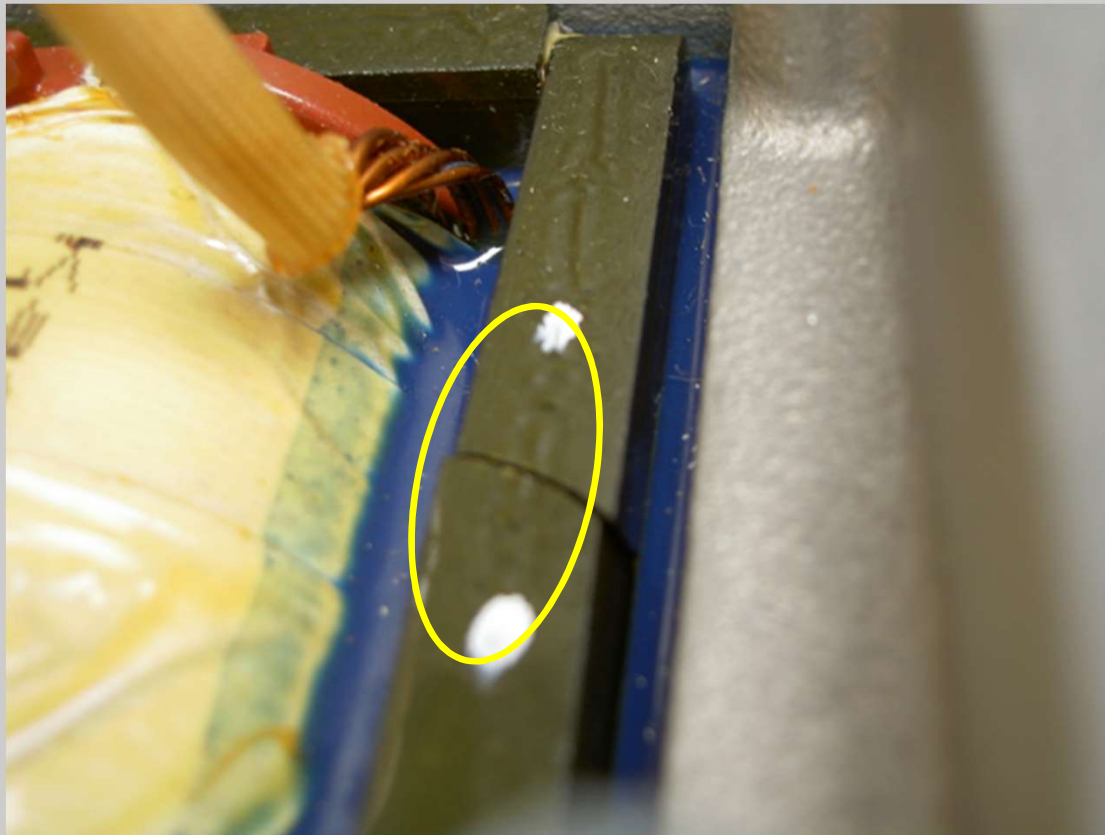


100 Zyklen und Haltezeit von 6h = 50 Tage Testdauer!!!

Verguss Wechselrichter nach 100 Zyklen -20°C bis +100°C; Haltezeit: 6h



Verguss Wechselrichter nach 100 Zyklen -20°C bis +100°C; Haltezeit: 6h



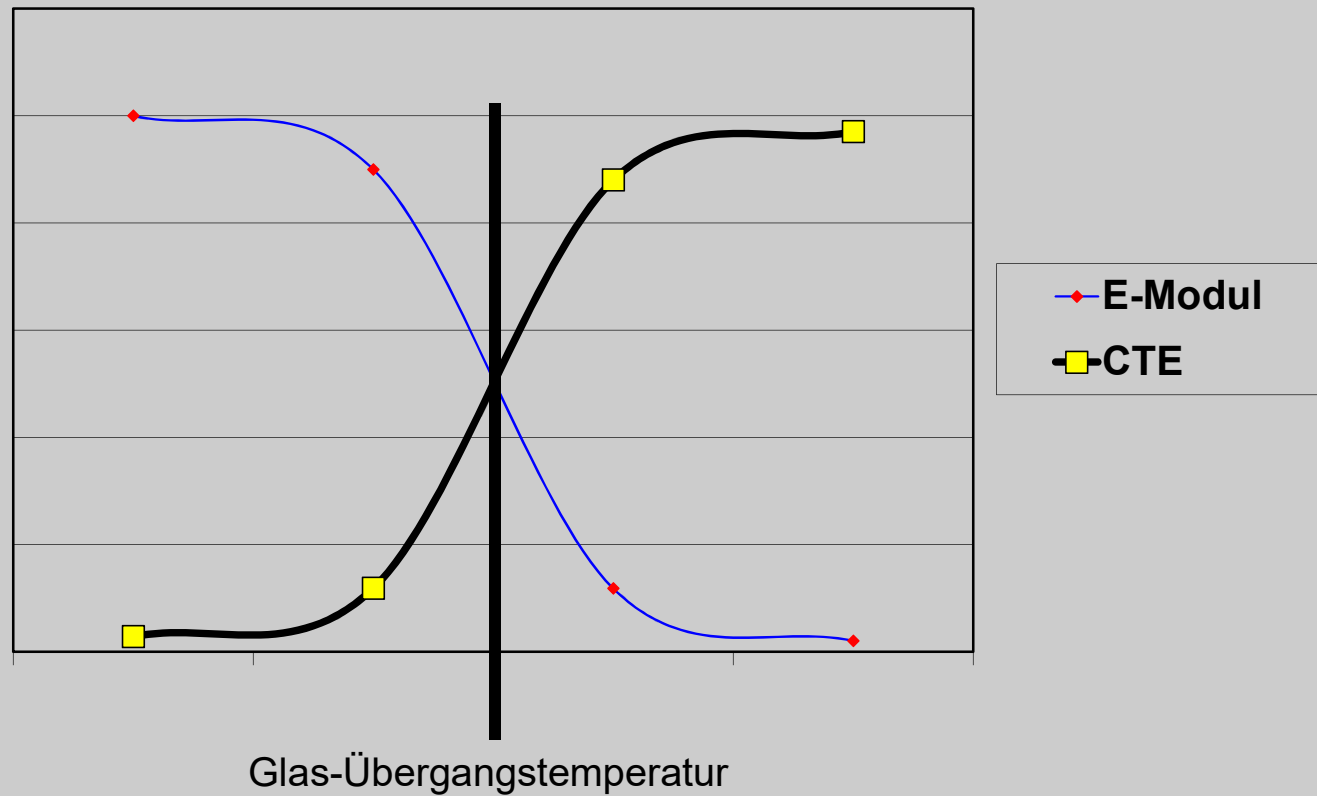
Einfluss des thermischen Ausdehnungs- koeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit

- **Einleitung**
- **erste praktische Erkenntnisse**
- **Theoretische Betrachtungen**
- **Beispiel anhand des TDS**
- **Die Möglichkeiten**

Die Temperaturwechselfestigkeit ist abhängig von mehreren Faktoren:

- dem Thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE)
- der Glasübergangstemperatur (T_g)
- dem E-Modul
- Der Geometrie des Moduls
- Anzahl der Testzyklen und der Haltezeit

E-Modul vs. Ausdehnungskoeffizienten über die Temperatur



Ideen und Marktanforderungen

Der Kunde möchte oft ein elastisches Material, das bedeutet ein niedriges E-Modul. Weiter möchte er auch einen geringen Temperaturexpansionskoeffizienten (CTE). Elastisch bedeutet aber auch prinzipiell eine geringe Shore Härte. Geringer Temperaturexpansionskoeffizient bedeutet aber auch prinzipiell eine hohe Shore Härte.

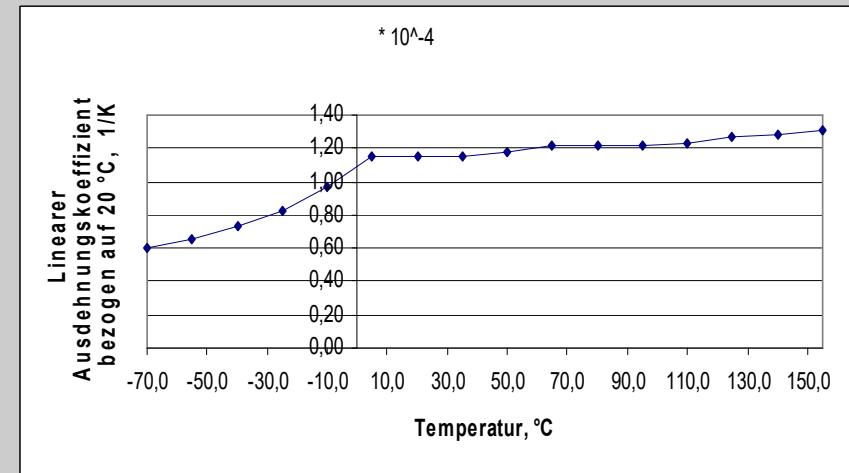
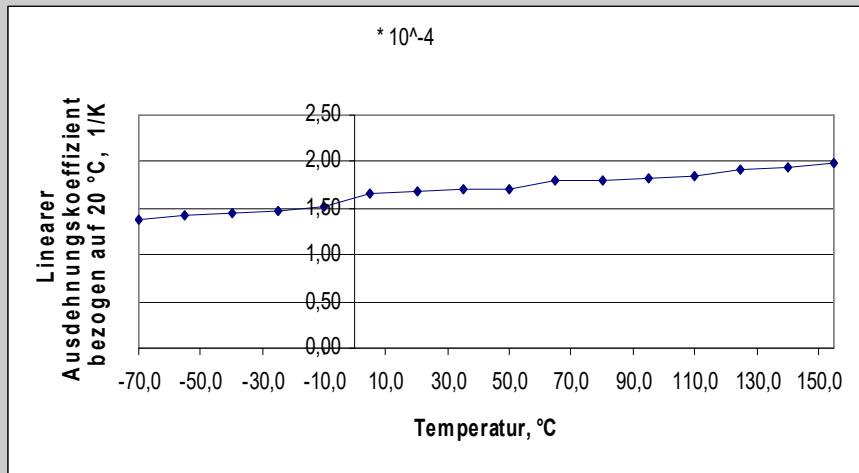
elastisch;	Shore Härte	↓
geringer CTE;	Shore Härte	↑

Darüber hinaus existieren Marktanforderungen, die Glasübergangstemperatur außerhalb der Betriebstemperatur zu legen, hier also entweder

$T_g < -20^\circ$ oder $T_g > +100^\circ\text{C}$.

- Das schränkt die Materialauswahl sehr ein und erhöht unnötig den Preis.
- Der Nachweis, dass dies generell Probleme umgehen kann, ist nicht gegeben!

Bereiche typischer Ausdehnungskoeffizienten PUR

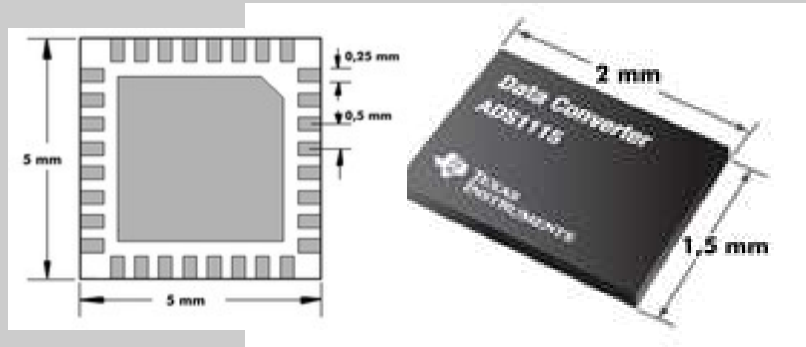


Die Temperaturwechselfestigkeit ist abhängig von der Geometrie des Moduls

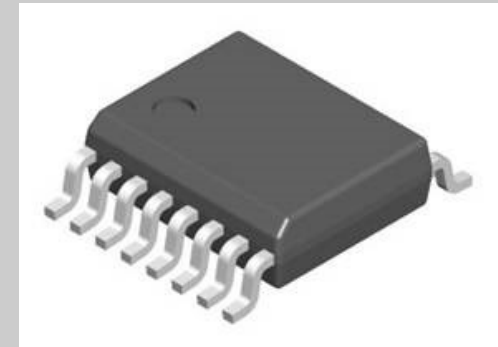
Die geringe Elastizität von z.B. Metallgehäusen gegenüber Kunststoffgehäusen kann einen „Bruch“ der Vergussmasse oder des Moduls eher provozieren.

Auch Änderungen der Bauform von z.B. TSSOP (thin shrink small outline package) auf QFN (Quad Flat No-Lead). Das QFN-Package ist um ca. 60 % kleiner als von TSSOP. Wegen ihrer Kompaktheit eignen sich QFN-Gehäuse ideal für mobile Endgeräte. QFN-Packages sind SMD-Bauteile, die keine Anschlussdrähte haben, sondern Anschlusskontakte auf der Package-Unterseite mit denen sie unmittelbar auf der LP montiert werden.

Deshalb ist keine Elastizität im Vergleich zum z.B. TSSOP mehr vorhanden.



A/D-Wandler QFN-Package



TSSOP-Package

Die Temperaturwechselfestigkeit ist auch abhängig von Anzahl der Testzyklen und der Haltezeit

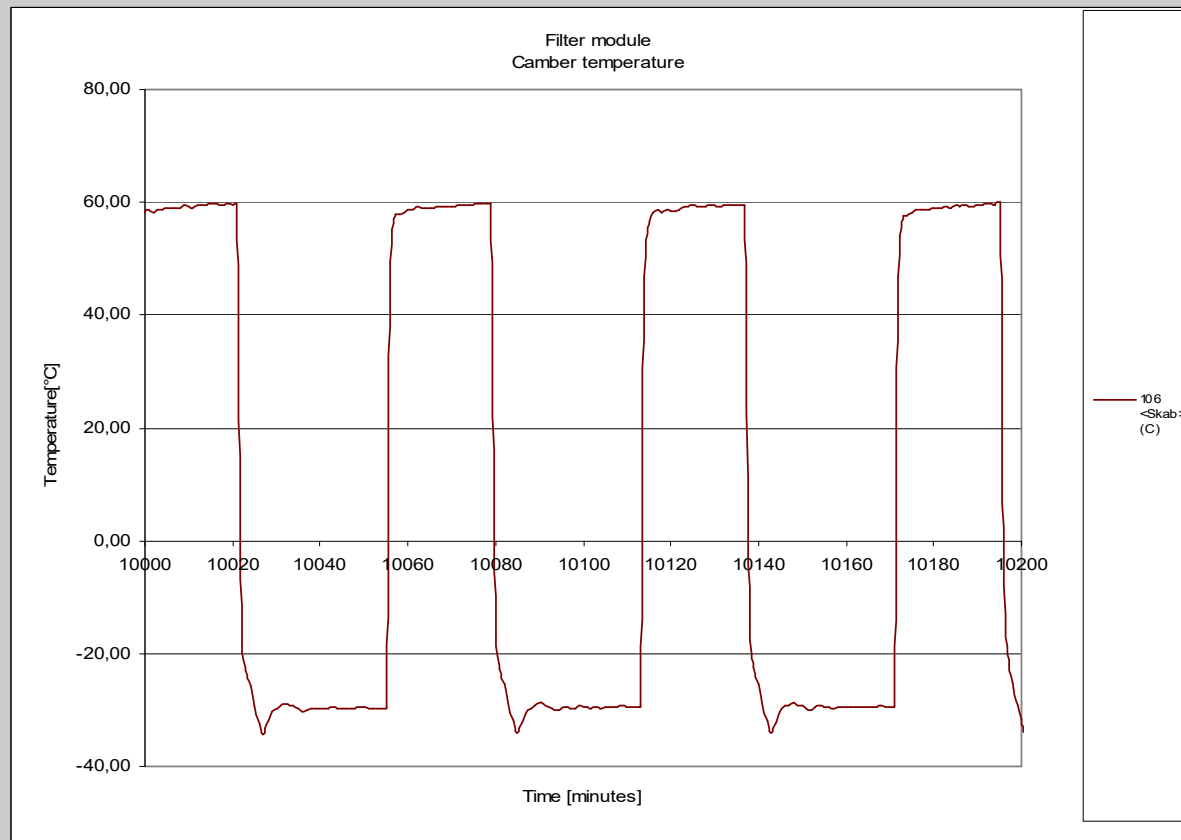
Um „belastungsfähige“ Ergebnisse zu erreichen sind moderne Klimaprüfschränke zur Simulation der Klimabedingungen, exakte Klimatestzyklen und sichere Überwachung des Testablaufes notwendig.

Die Möglichkeiten für die Erstellung von Programmzyklen, Speicherung und Anzeige, wie auch Auswertung des Testablaufs sind hier Voraussetzungen.

Der Temperaturbereich sollte -40°C bis $+140^{\circ}\text{C}$ abdecken und Änderungsgeschwindigkeiten zwischen 2 bis 5 K/min zulassen. Es muss deutlich differenziert werden zwischen:

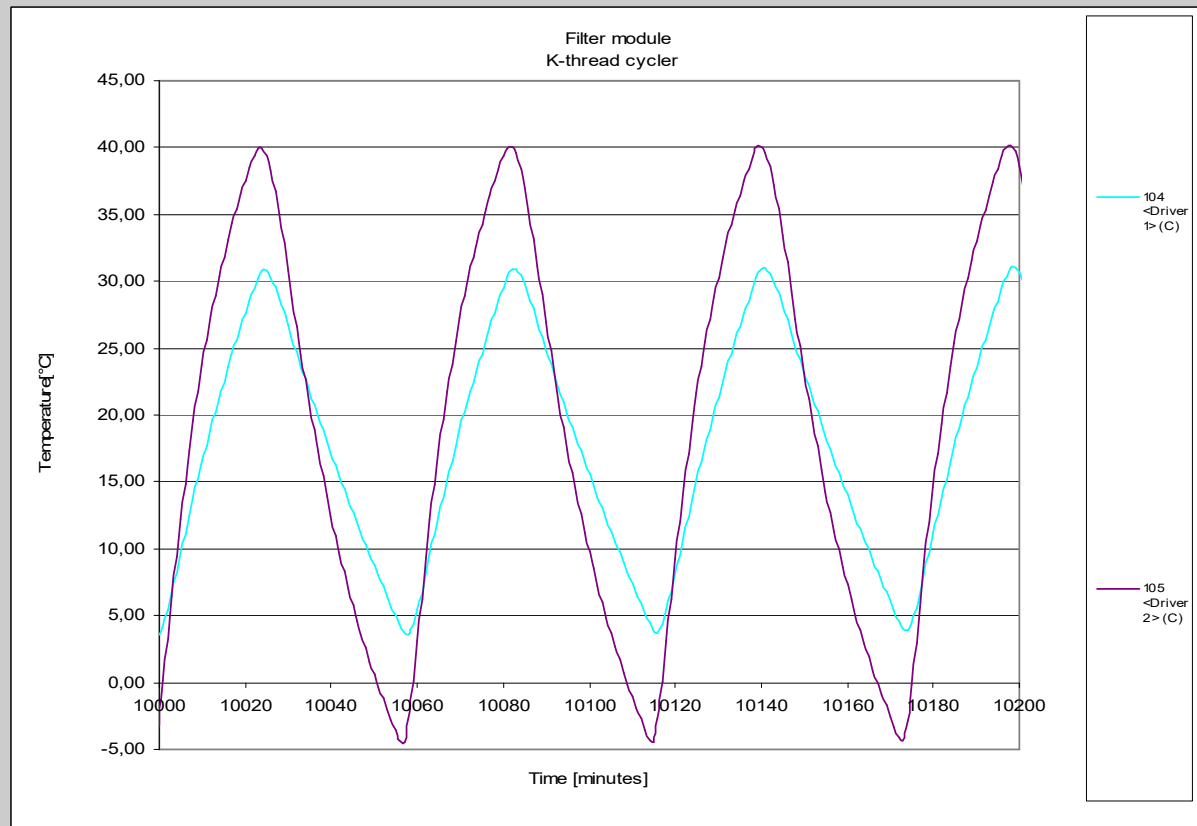
- Temperaturwechseltest (Wechselzeit 2 bis 5 K/min)
- Temperaturschock (Wechselzeit < 30 Sekunden!)

Beispiel eines Temperature Shocks -30°C / +60°C



Beispiel eines Temperature Shocks -30°C / +60°C

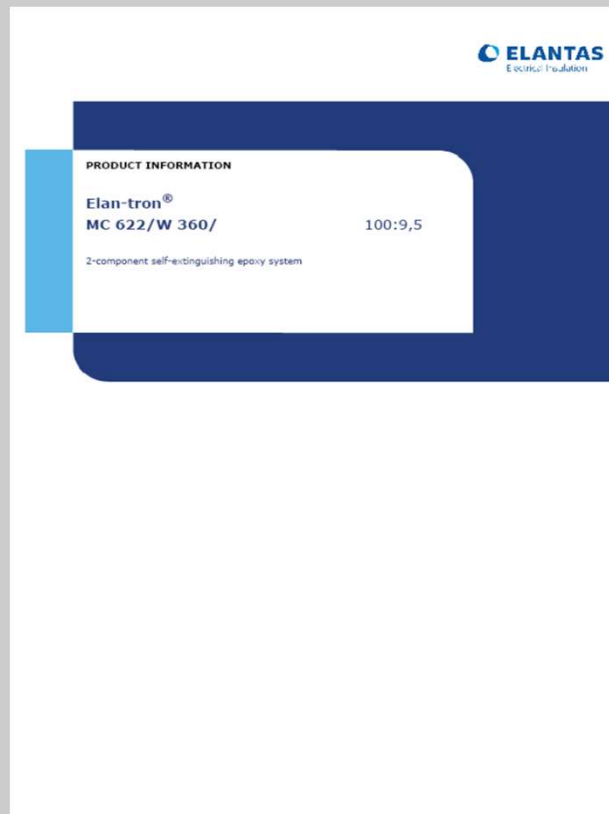
Tatsächlich nur ein $T\Delta$ von 45°C bzw. 25°C



Einfluss des thermischen Ausdehnungs- koeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit

- **Einleitung**
- **erste praktische Erkenntnisse**
- **Theoretische Betrachtungen**
- **Beispiel anhand des TDS**
- **Die Möglichkeiten**

Beispiel mit dem Elan-tron MC622 Datenblatt



Beispiel mit dem Elan-tron MC622 Datenblatt

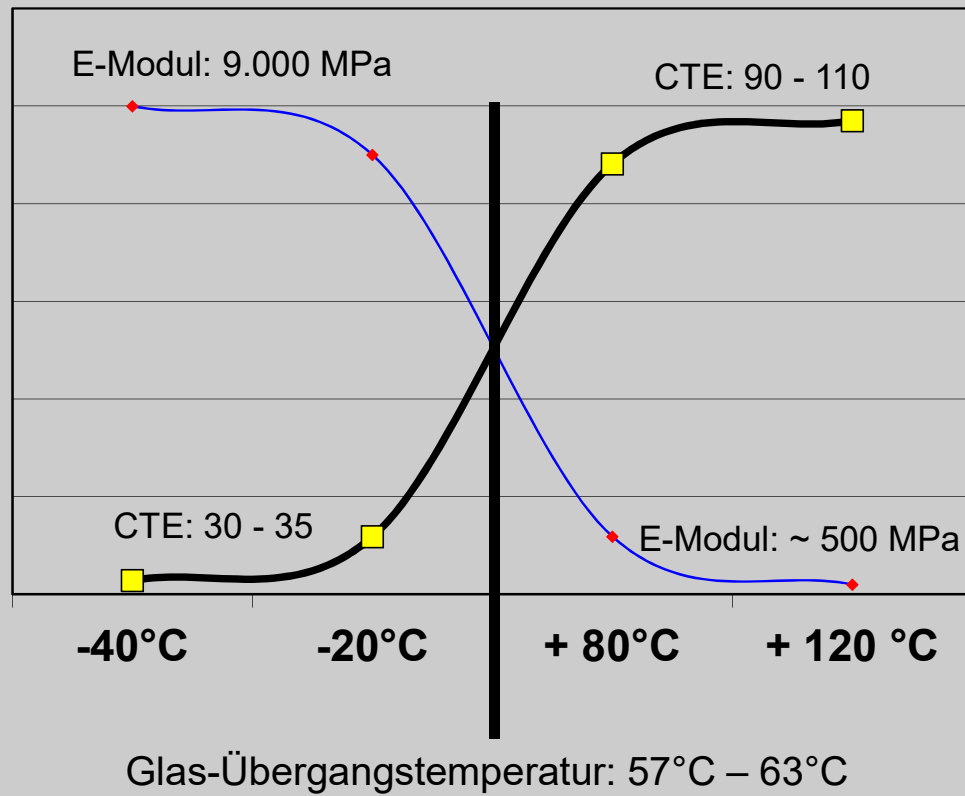
MC 622/W 360

TYPICAL CURED SYSTEM PROPERTIES

Properties determined on specimens cured: 24 h TA + 15 h 60°C

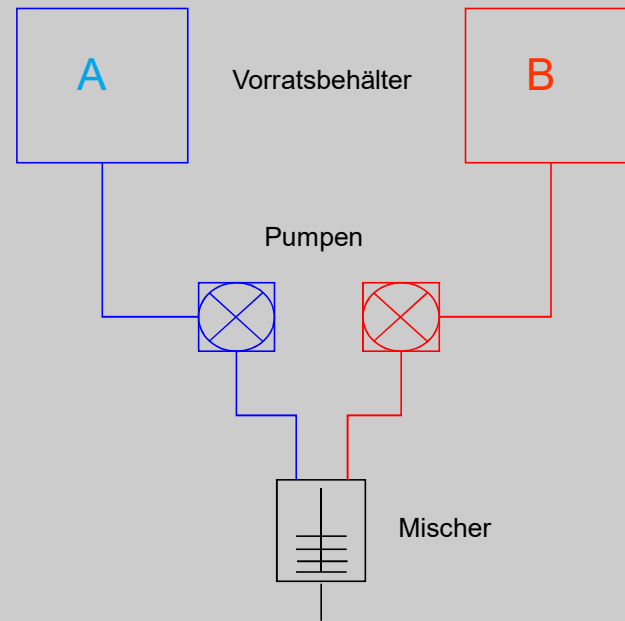
		Semi-bright	
Surface			
Density	IC-10-54 (ASTM D 792)	g/ml	1,72 1,76
Hardness	IC-10-58 (ASTM D 2240)	Shore D/15	55 57
Glass transition (Tg)	IC-10-59 (ASTM D 3418)	°C	57 63
Water absorption (24h RT)	IC-10-70 (ASTM D 570)	%	0,10 0,15
Water absorption (2h 100°C)	IC-10-70 (ASTM D 570)	%	0,65 0,75
Linear thermal expansion (Tg -10°C)	IC-10-71 (ASTM E 831)	10 ⁻⁶ /°C	30 35
Linear thermal expansion (Tg +10°C)	IC-10-71 (ASTM E 831)	10 ⁻⁶ /°C	90 110
Thermal shock (n°10 cycles passed)	IC-10-67 (Olyphant washer)	°C	- 55 + 180
Flammability	IC-10-68 (UL 94 V-0)	mm	4,0
Max recommended operating temperature	IEC 60085 (**)	°C	155
Thermal conductivity	IC-10-67 (ASTM C518)	W/(m²K)	1,1 1,2
Dielectric constant at: 25°C	IC-10-59 (ASTM D 150)		4,3 4,8
Loss factor at: 25°C	IC-10-59 (ASTM D 150)	x 10 ⁻³	30 40
Volume resistivity at: 25°C	IC-10-60 (ASTM D 257)	Ohm x cm	4 x 10 ¹⁴ 7 x 10 ¹⁴
Dielectric strength	IC-10-61 (ASTM D 149)	kV/mm	20 22
Flexural strength	IC-10-66 (ASTM D 790)	MN/m²	70 75
Strain at break	IC-10-66 (ASTM D 790)	%	0,9 1,3
Flexural elastic modulus	IC-10-66 (ASTM D 790)	MN/m²	8.500 9.500
Tensile strength	IC-10-63 (ASTM D 638)	MN/m²	32 38
Elongation at break	IC-10-63 (ASTM D 638)	%	0,9 1,3

Zyklen -20°C bis +100°C



Vergussanlagen sollten eine Dosiergenauigkeit von 3% aufweisen

Prinzip



Verarbeitungsfehler Ursachen und Quellen für fehlerhaftes Vergussbild

- Beim Bestücken, Löten oder Waschen
- Im Verguss
- Im Handling
- Während des Vergiessens
- Bei der Trocknung
- u.a.

Verarbeitungsfehler

- Ursachen im Harz und während des Handling
- z.B.
- Temperaturen (jede +10°C → ½ Lagerzeit), zuviel
- Luftfeuchte, ...
- **Abhilfe**: Lagerbedingungen bekannt?

Verarbeitungsfehler

- Ursachen während des Vergiessens
- z.B. schwankende Temperaturen, Maschinenparameter, Kapillarkräfte
- **Abhilfe:** Vorwärmung z.B. 30 - 40°C

Vergussmassen

- **Polymere**

- Epoxidharze
 - Polyole
 - Silikone

- **Füllstoffe**

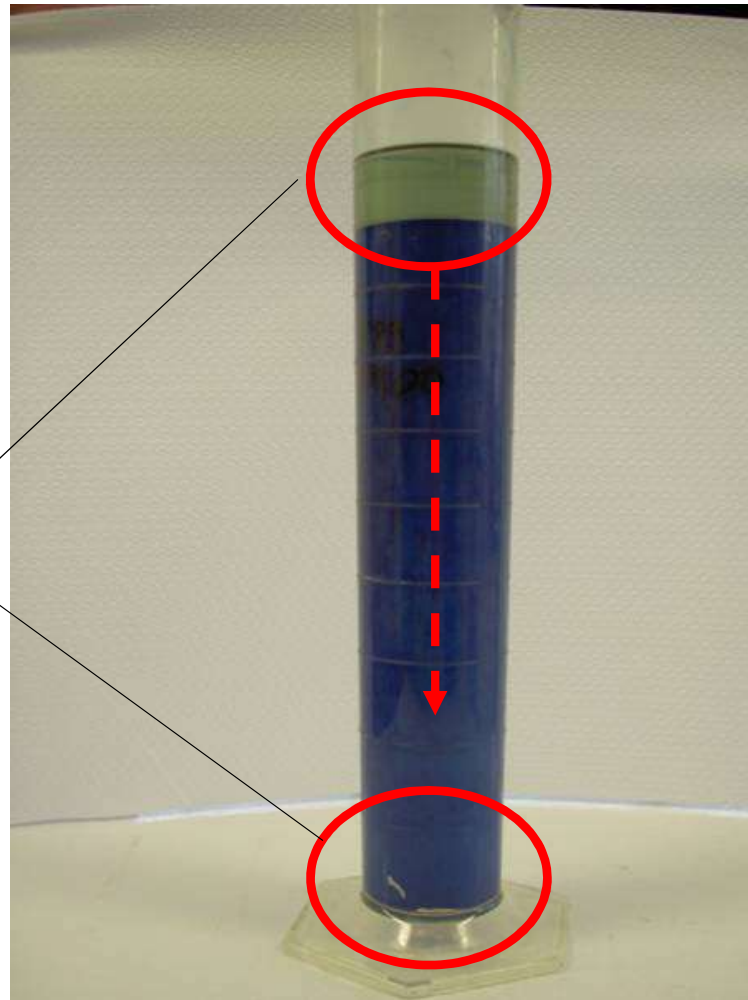
- Verstärkende Eigenschaften
- Verbesserung der Wärmeableitung
- Flammhemmende Wirkung (abhängig vom Füllstoff)

- **Additive**

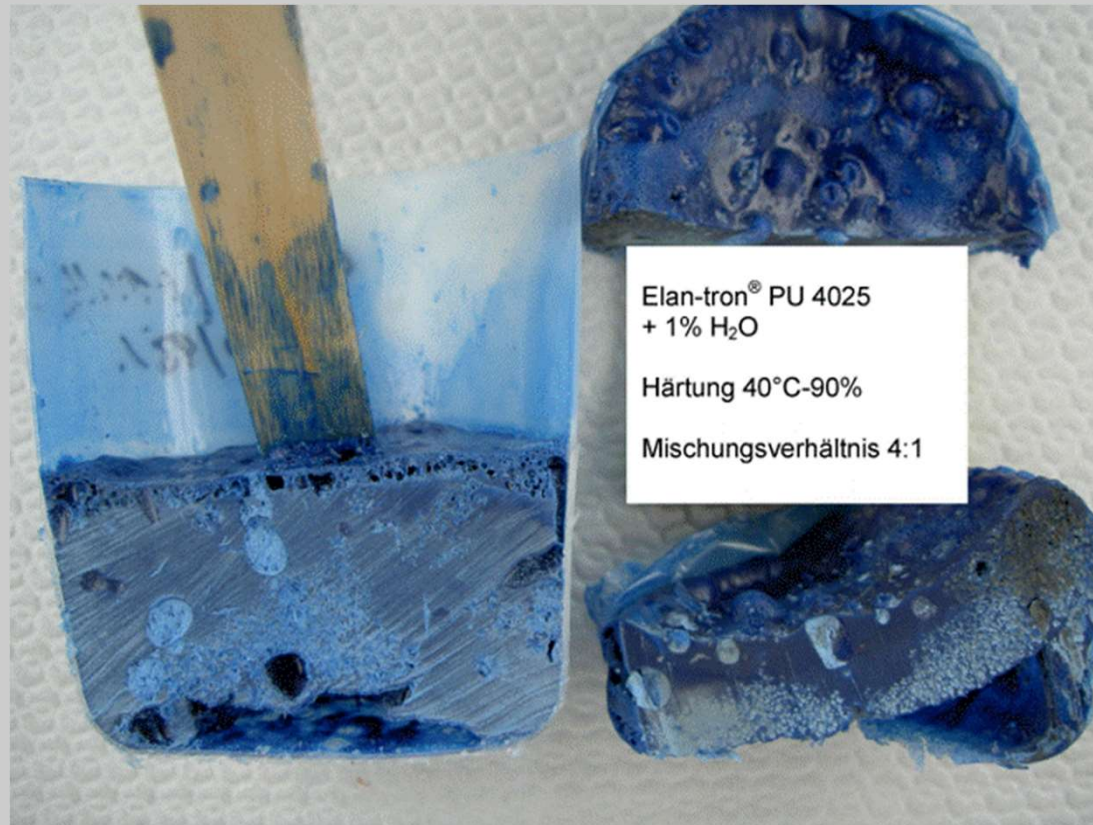
- Viskositätsreduzierung
- Entgasung, Benetzung
- Verlaufseigenschaften
 - Feuchteschutz
 - Oberflächenglanz
- Einstellung der Reaktivität u.a.m.

Vergussfehler

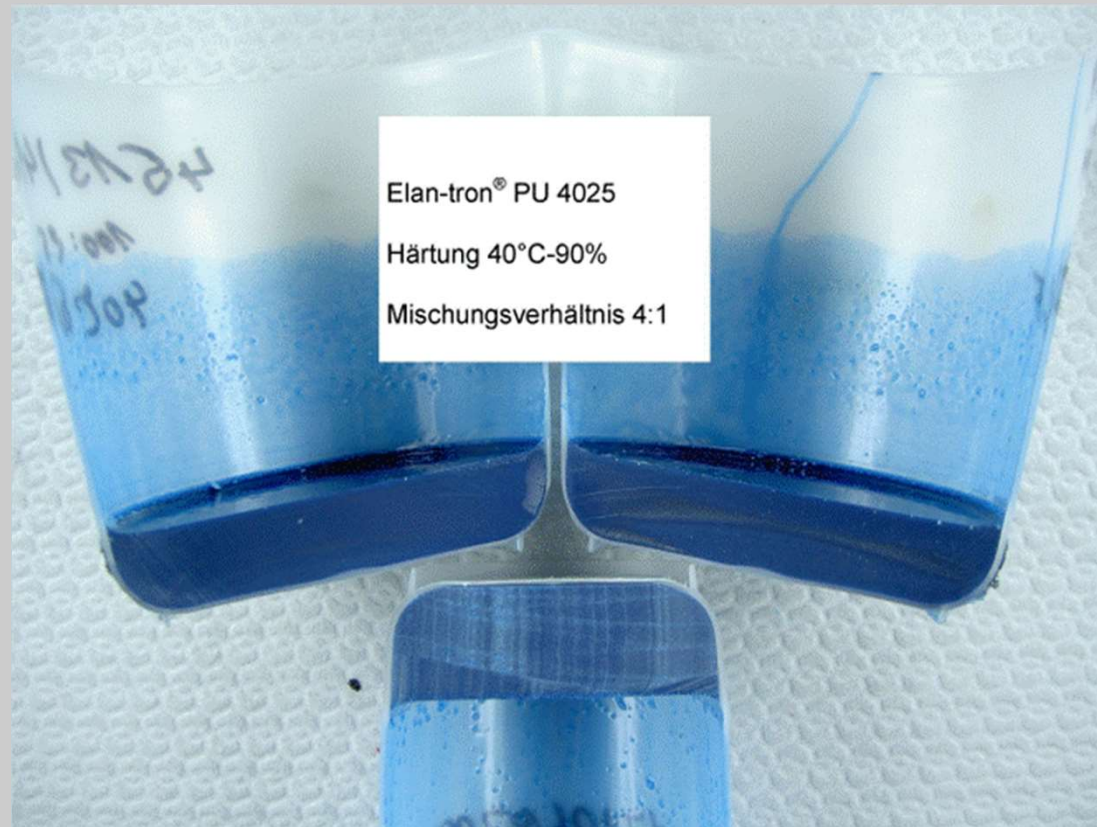
Sedimentation
nach 24h @ 50°C



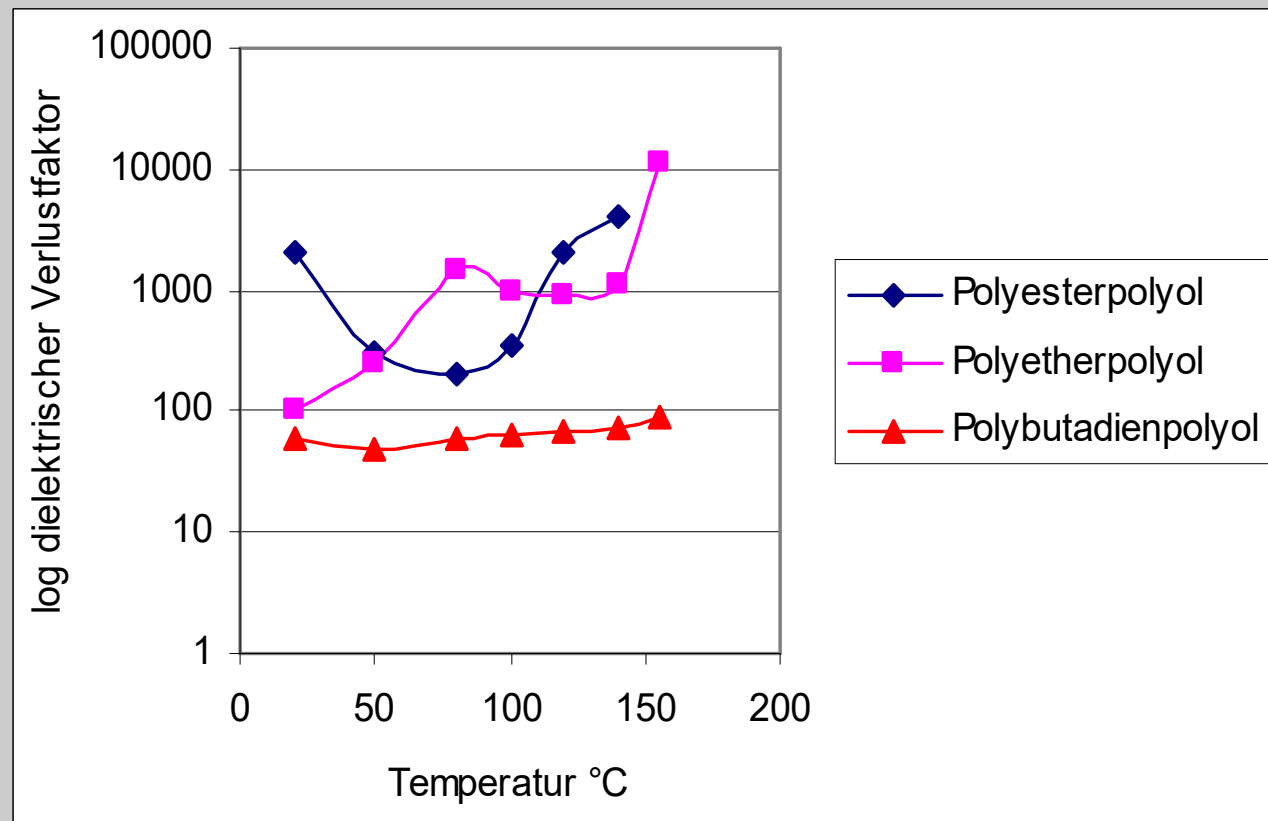
Vergussfehler



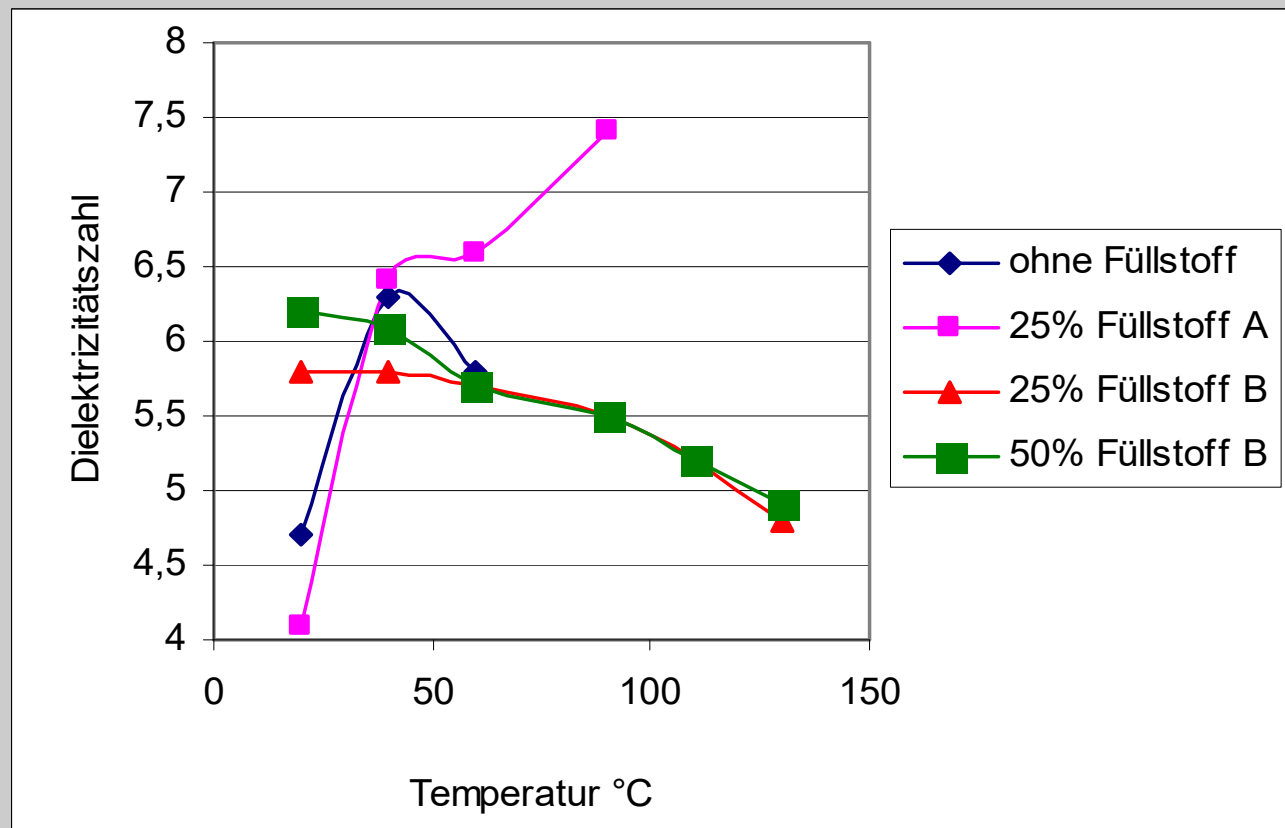
Vergussfehler



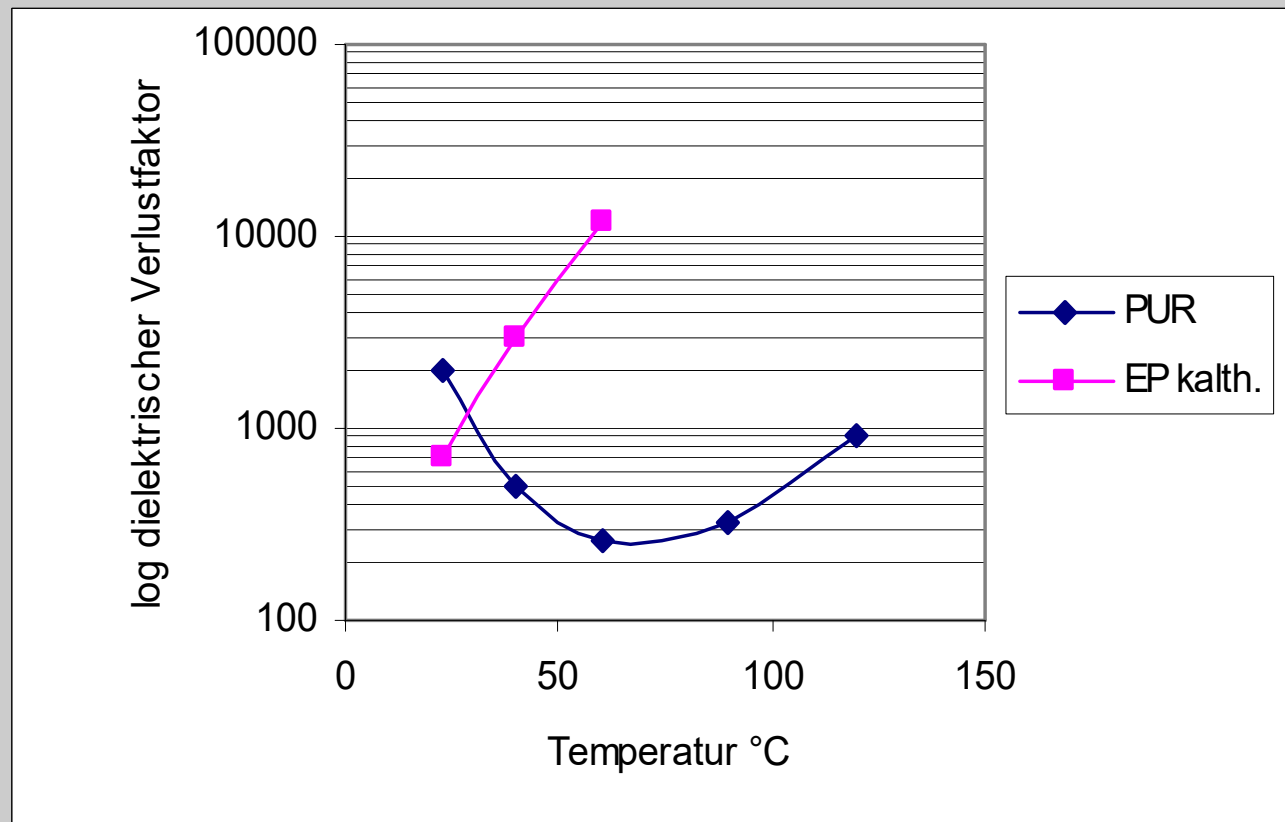
Polyurethanharze: Temperaturabhängigkeit des dielektrischen Verlustfaktors von der OH-Komponente



Polyurethanharze: Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätszahl vom Füllstoff



Polyurethanharze: Vergleich der Temperaturabhängigkeit des dielektrischen Verlustfaktors von einem elastischen Epoxidharz und einem gleich elastischen Polyurethanharz



Komponentenschutz im Bereich E&EM

Möglichkeiten

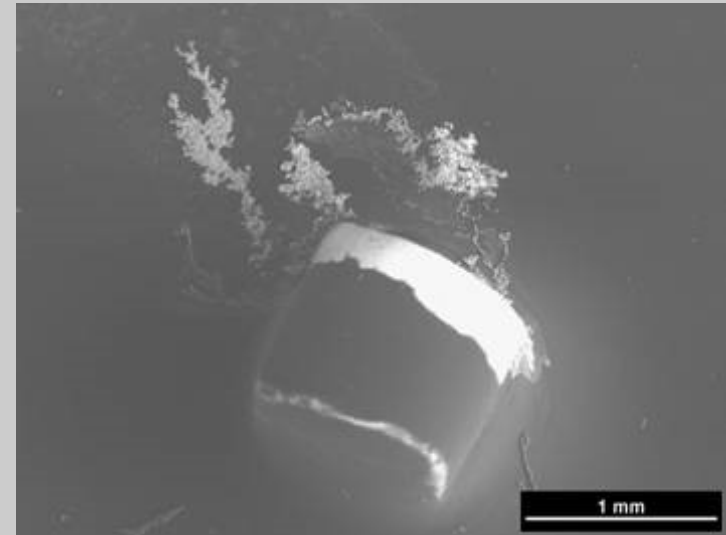
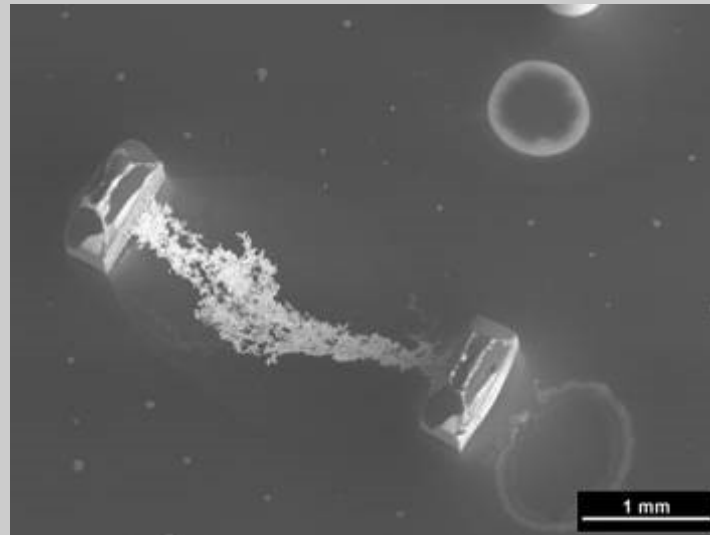
Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses



Ein Beispiel von Migration zwischen Potentialdifferenzen

Die IEC-216

Die Prüfvorschrift IEC-216 definiert mittels der festgelegten Prozedur den Temperaturindex (TI). Der zu prüfende Werkstoff muss bei mindestens drei Temperaturen warmgelagert werden. Die untere Grenze des Intervalls liegt etwa 20K oberhalb des zu erwartenden TI.

Das würde bedeuten: Bei einem TI von 125°C wären die Prüftemperaturen 145°C, 160°C und 175°C.

Eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung der IEC ist nicht gegeben, da die Alterung unterschiedlich Voraussetzungen hat.

- bei 140°C ist der oxidative Abbau überwiegend
- bei 170°C ist die Rückspaltung überwiegend

Einfluss des thermischen Ausdehnungs- koeffizienten auf die Temperaturwechselfestigkeit

- **Einleitung**
- **erste praktische Erkenntnisse**
- **Theoretische Betrachtungen**
- **Beispiel anhand des TDS**
- **Die Möglichkeiten**

Bectron® Coating and Potting Möglichkeiten

Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses



2 x Asymtec

Bectron® Coating and Potting Möglichkeiten

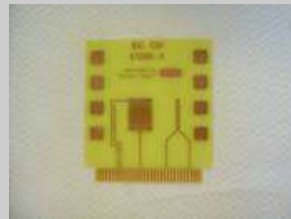
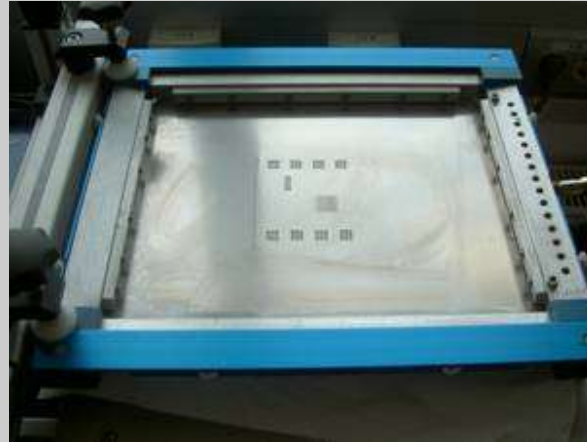
Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses



Bectron® Coating and Potting Möglichkeiten

Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses



Salzspühnebel



Klima- und Temperaturschockkammer

Bectron® Coating and Potting Möglichkeiten

Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses



UV - Trockner

Komponentenschutz im Bereich E&EM

Standardtests

Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses

Klimate	Testbedingungen	Dauer	Norm
Feuchte Wärme, konstant T = 85°C // F _{rel.} = 85%; IPC-SM-840C; Class T	85°C ± 2°C bei F _{rel.} = 85% ± 2% Dauer > 168h	> 168h Ziel 1000h	IPC-TM-650 2.6.3.3 (Flux)
Feuchte Wärme, Zyklus T = 25-55°C // F _{rel.} = 95% IPC-CC-830B	Klimaschranktemperatur + 25°C bis + 55°C bei ± 2°C rel. Feuchte von 93% ⁺² ₋₃ % Verweildauer 9h bei 55°C; Anzahl der Zyklen (24h) = 9; Überführungsdauer 3h	> 216h Ziel 1000h	IEC 60068-2-30 GS 95003-4 VW 801 01
Temperatur-Schock IPC-CC-830B	- 40°C bis + 120°C bei ± 2 °C; Verweildauer 30/45 min; Anzahl der Zyklen = 100, 500; (3000); Überführungsdauer < 10 s	> 127h Ziel 1000h	IEC 60068-2-14 GS 95003-4 VW 801 01 IPC-TM-650 2.6.7.1

Komponentenschutz im Bereich E&EM

Standardtests

Labor

Applikation

Klimate	Testbedingungen	Dauer	Norm
---------	-----------------	-------	------

Lotpasten

Langzeitlabor

Feuchte Wärme, konstant T= 40°C // F _{rel.} = 93%	Klimaschranktemperatur 40 ± 2°C relativen Feuchte von 93% ⁺² ₋₃ %	> 504h Ziel 1000h	IEC 60068-2-78 GS 95003-4 VW 801 01
--	--	----------------------	--

diverses

Temperatur-Wechsel	-40 °C bis +120 °C bei ± 2 °C Anzahl der Zyklen = 35 kurzzeitig bis 135 °C	> 280h Ziel 1000h	IEC 60068-2-14 GS 95003-4 VW 801 01
---------------------------	--	----------------------	--

Temperatur konstant	T1=variabel T2= -40°C T3= +125°C	für Kälte = 96h für trockene Wärme = 1000h	IEC 60068-2-1(2) GS 95003-4 VW 801 01
----------------------------	--	--	--

Komponentenschutz im Bereich E&EM Standardtests

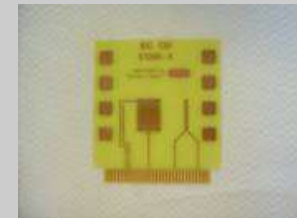
Labor

Applikation

Lotpasten

Langzeitlabor

diverses



1 x AMI (Espec) und 2 x Sefelec
Zur Durchführung von SIR - Tests
(Oberflächenisolationwiderstandstestgerät)

ELANTAS Europe –
Your valuable partner

**Regional Empowerment
& Global Footprint**

Customer Orientation

Core Competences

Innovation & Technology



We combine Chemistry and Applications.

Thank you for
your attention.