



GRUNDLAGEN VERGUSS VON BAUGRUPPEN

Jost Schlamann - Field Application Engineer

EXTERNAL

WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT

AGENDA

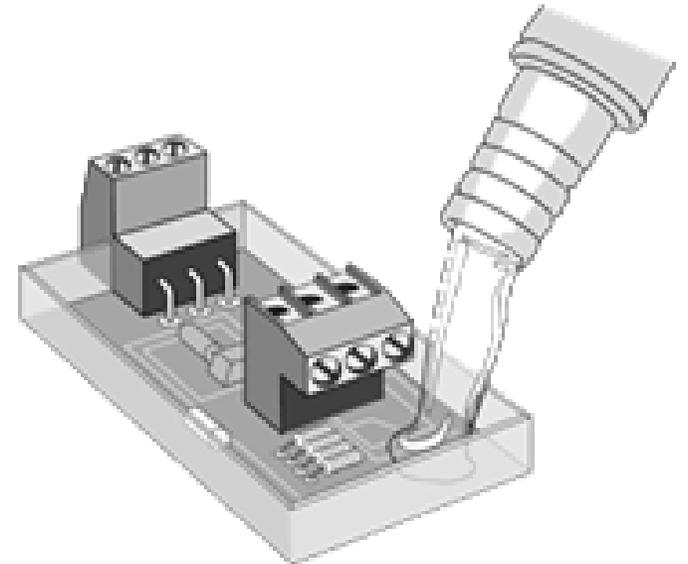
- Einleitung
 - Nachteile/Herausforderungen
- Vergussmaterialien
- Das Materialdatenblatt
 - Kenngrößen und Eigenschaften
- Vergussverfahren / Verfahrenstechniken
- Vergussprozess
- Aushärten und Vernetzung
- Beachtenswertes / Kritische Bauteile
 - Fehlerursachen und Fehlervermeidung (Überpunkt)
- Verguss von passiven und elektromechanischen Bauteilen

EINLEITUNG

EINLEITUNG

Warum vergießen?

- **Schutz**
 - Umwelteinflüsse
 - Verschmutzung
 - hohe Temperaturen
 - Feuchtigkeit
 - Chemikalien
- **Know-how** (Produktpiraterie)
- **Sicherheit**
 - Erschütterung (mechanische Stabilität)
 - Elektrische Ströme und Spannung/elektrische Isolation
- Qualitätssicherung
- Brandschutzklassen
- Thermomanagement



NACHTEILE UND HERAUSFORDERUNGEN

- Keine/bedingte Reparaturmöglichkeiten
- Mögliche Einflüsse aus einige/mehrere Bauteile auf der Baugruppe
 - Einige Vergussmassen ziehen sich während des Aushärtens zusammen
 - Abhängig von der Applikation kommen nur bestimmte Vergussmassen in Frage
 - Transparente Vergussmassen für LED-Applikationen/optische Anwendungen
 - Raue Umgebung (es kann nicht jede Vergussmasse eingesetzt werden)
- Wärmeentwicklung während des Aushärtens
- Mögliche Versprödung der Baugruppe oder einzelner Komponenten
- Reproduzierbarkeit
 - Temperatur
 - Mischverhältnisse
 - Lagerbedingungen
 - Umgebungsbedingungen
 - Aushärtegeschwindigkeit
 - Sauberkeit/Reinheit

NACHTEILE UND HERAUSFORDERUNGEN

- Arbeitsaufwand
- Mögliche Investitionen
 - Kosten für Maschinen
 - Arbeitszeit
 - Auswahl des geeigneten Vergussmaterials
 - Vorprüfungen
 - Know-how (intern oder extern)
- Impedanz von Schnittstellen (Antennen, Steckverbinder,...)

VERGUSSMATERIALIEN

VERGUSSMATERIALIEN

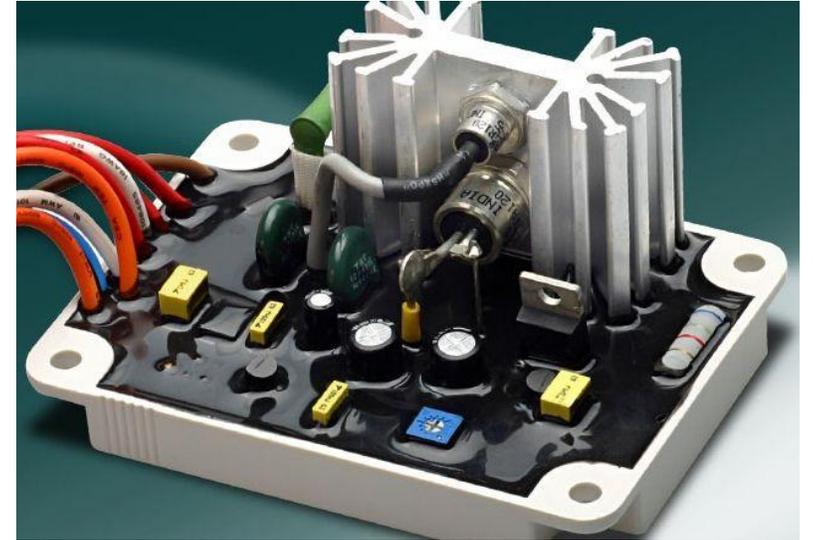
Welche Materialien gibt es?

- **Harze**
 - Epoxide
 - Polyurethane
- **Silikone**
- **Funktionsadditive**
 - Funktionelle Füllstoffe
 - Herabsetzung mechanischer Spannungen
 - Geringe thermische Ausdehnung
 - Bessere Wärmeleitfähigkeit
 - Verbesserte Durchschlagsfestigkeit
 - Geringere Exothermie
 - Geringerer Schrumpf
 - Flammhemmende Eigenschaften
 - Haftung

EPOXIDE

Allgemeines

- Vorteile
 - Temperaturverträglichkeit gut
 - Generell hart und belastbar (kann Vor- und Nachteil sein)
 - Hervorragende Haftung auf unterschiedlichen Materialien
 - Mechanische Eigenschaft: exzellent
 - Gute chemische Beständigkeit, auch gegen Wasser
 - Leicht aufzutragen



EPOXIDE

Allgemeines

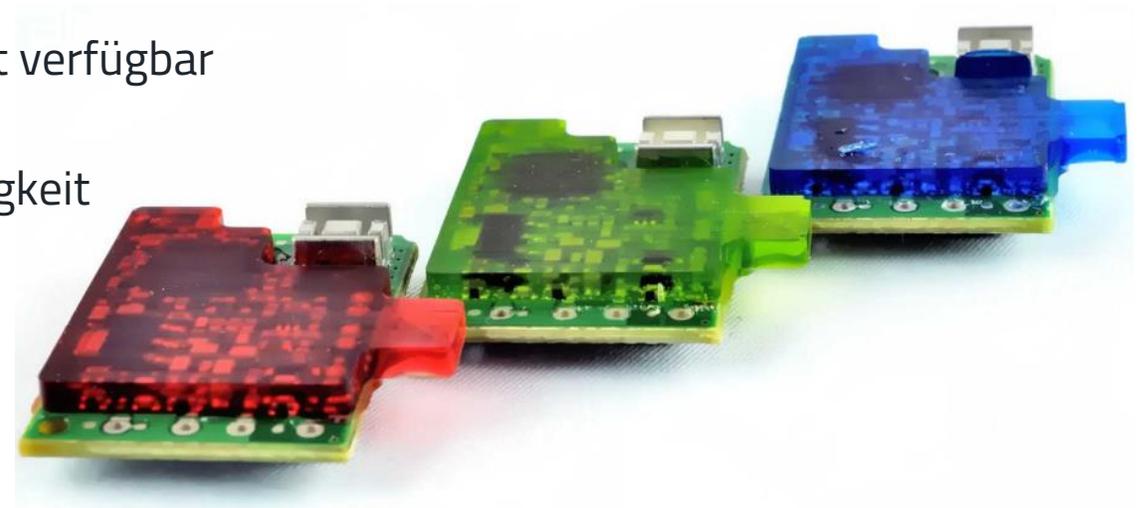
- **Nachteil:**
 - Bei sehr vielen Epoxiden ist der Vernetzungs- und Aushärteprozess langsam. Dies hängt aber stark von der verwendeten Chemie ab.
 - Starke Erwärmung bei Aushärtung, für viele Anwendungen in der Elektronik aber zu hoch.
 - Schrumpfdruck sollte überprüft werden (Funktion der Baugruppe)
 - Könnte insbesondere bei druckempfindlichen Bauteilen (Ferritkernen) der Fall sein
 - Shore-Härte: liegt oftmals >D80 (nur hart)
 - Schlechte Reparaturfähigkeit
- **Einsatzgebiet:**
 - Beschichtung für unempfindliche Bauteile
 - Wärmeleitende Vergussmasse für Magnetspulen

POLYURETHANE

Allgemeines

■ Vorteile

- Aushärtengeschwindigkeit lässt sich leicht einstellen, ebenso die Topfzeit und Gelzeit
 - Prozesszeiten lassen sich optimal anpassen
 - Arbeitsaufwand daher geringer
- Frei werdende Wärmemenge ist kein Problem, auch bei schnell aushärtenden PU
- Variable Shore-Härte
 - Verschiedene Härten und Elastizitäten am Markt verfügbar
- Geringer Schrumpfdruck
- Relativ gute mechanische und chemische Beständigkeit
- Gute Flexibilität auch bei geringen Temperaturen



POLYURETHANE

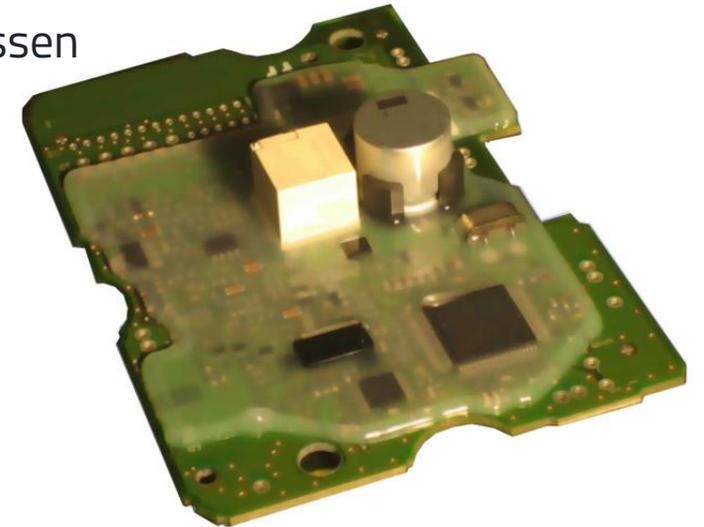
Allgemeines

- Nachteile
 - Konventionelle PU zeigen Empfindlichkeit gegenüber Wasser, insbesondere bei höheren Temperaturen
 - Ausnahme: auf Polybutadien basierende PUs. Diese besitzen ausgezeichnete Beständigkeit gegen Wasser und Feuchtigkeit
 - Schlechte Reparaturfähigkeit
- Einsatzgebiet:
 - Die vielfältigen Variationsmöglichkeiten bei Prozessparametern und finalen Eigenschaften haben zu zunehmender Verbreitung in der Elektronikfertigung geführt

SILIKONE

Allgemeines

- Allgemeines:
 - Sind in der Regel deutlich teurer als Epoxid- und Polyurethan-Vergussmassen
 - Einsatzgebiete: Dauerbetriebstemperatur von mehr als 180°C
- Vorteile
 - Sehr geringe exotherme Wärmeentwicklung während des Aushärtens
 - Sehr guter Schutz bei besonders rauen Bedingungen
 - Ausgezeichnete Flexibilität und Elastizität
 - Hohe Dauertemperaturbeständigkeit
 - Falls nur hohe Dauerelastizität erforderlich ist, können auch hochelastische Polyurethane eine Alternative sein
 - Schneidfähig: Reparatur bei defekten Bauteilen leichter möglich



SILIKONE

Allgemeines

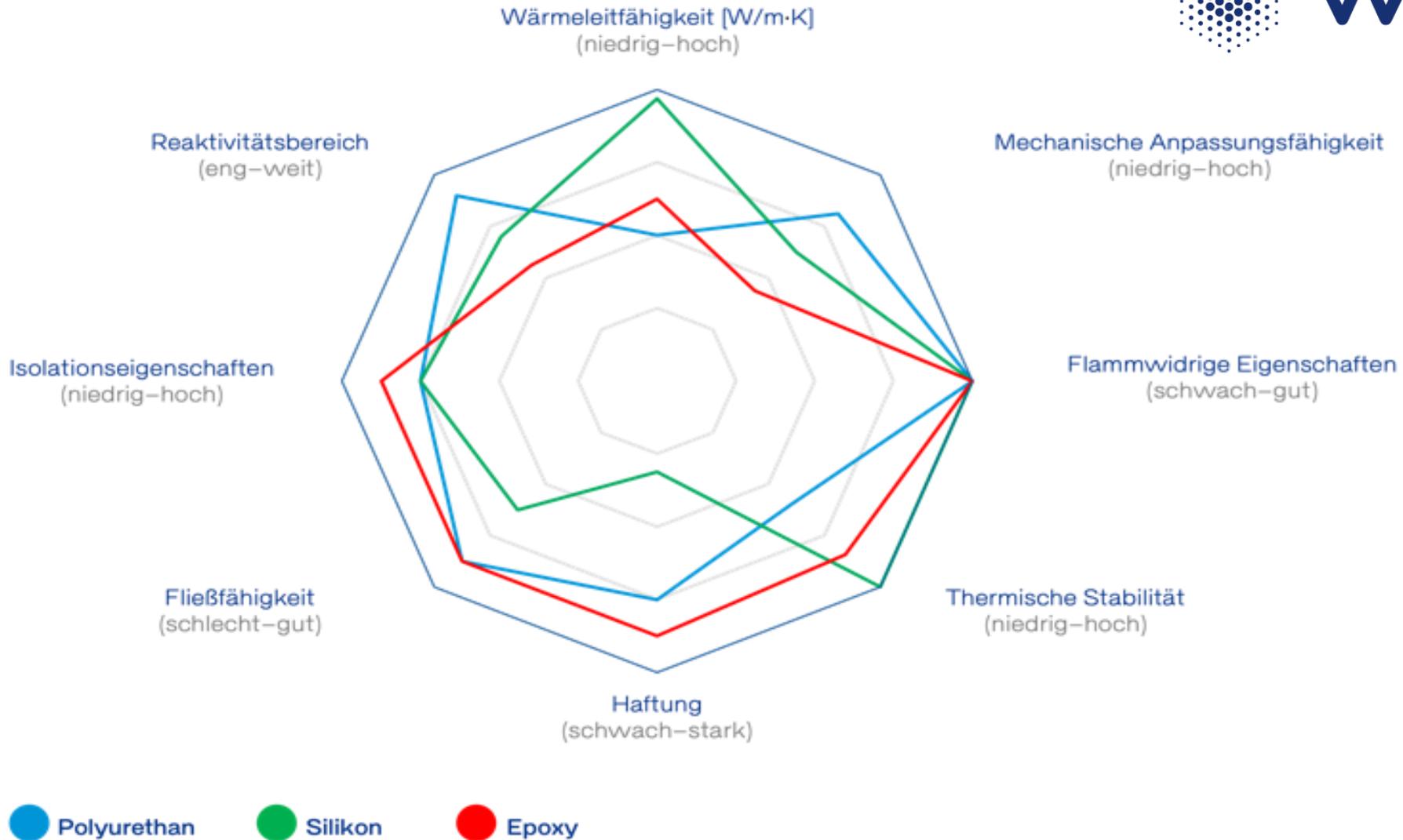
- Nachteile:
 - Es sind generell nur niedrige Shore-Härten verfügbar
 - Schlechtes Haftmittel
 - Man kann nichts aufkleben
 - Aktivierungsenergie ist erforderlich (bei thermisch vernetzenden Silikonen)
- Begrifflichkeiten:
 - Man unterscheidet zwischen additions- und kondensationsvernetzenden Silikonen
 - Additionsvernetzt: Bei der Reaktion entstehen keine Nebenprodukte. Besonders bei gekapselten Systemen bieten sich diese an.
 - Die Reaktion erfolgt unter Katalysatoreinwirkung
 - Die Reaktionszeit lässt sich durch Temperaturerhöhung beschleunigen
 - Kondensationsvernetzt: Die Reaktion erfolgt unter Abspaltung von unterschiedlichen Kondensaten (Alkohol und Essigsäure; Amin abspaltend; Alkalisch (Ammoniak))

AUSWAHLKRITERIEN



- Temperatureinsatzgebiet
- Druckempfindliche Komponenten (oder auch Bonddrähte)
- Welche unterschiedlichen Materialien mit welchen Ausdehnungskoeffizienten
- Welcher Shore-Härte-Bereich wird angestrebt und welche mechanischen Eigenschaften (hart/flexibel/elastisch/zähhart)
- Welche Umwelteinflüsse (Feuchtigkeit, Salznebel, explosive Umgebung, etc.) und chemische Verbindungen ist die Applikation ausgesetzt?
- Sind selbsterlöschende Eigenschaften gefordert (UL94Vx)
- Müssen sonstige Normen erfüllt werden (ATEX, Trinkwasserzulassung, bahntechnische Zulassung,...)
- Wie soll die Vergussmasse appliziert werden (manuell oder maschinell? Welche Taktzeiten sind angestrebt?)
-> Festlegung der Topf- und Härtezeiten

AUSWAHL DES GEEIGNETEN VERGUSSMATERIALS



ADDITIVE / FÜLLSTOFFE / FLAMMSCHUTZMITTEL

- Funktionen:
 - Herabsetzung mechanischer Spannung
 - Geringere thermische Ausdehnung
 - Bessere Wärmeleitfähigkeit
 - Verbesserte Durchschlagfestigkeit
 - Geringere Exothermie
 - Geringerer Schrumpf
 - Flammhemmende Eigenschaften
 - Haftung

TECHNISCHES DATENBLATT

TECHNISCHES DATENBLATT

Mit Erklärung diverser Begrifflichkeiten



Technisches Datenblatt

WEVOPUR 552 FL

Lösungsmittelfreies Elektro-Gießharzsystem auf **2-K-Polyurethanbasis**. Die Harzkomponente enthält nicht-abrasive mineralische Füllstoffe, die dem ausgehärteten Harz selbstverlöschende Eigenschaften geben. Das System enthält keine halogenierten Flammschutzmittel und ist im ausgehärteten Zustand zähelastisch.

Bei einer Schichtdicke von 1,5 mm wird nach UL 94 die Brennbarkeitsklasse V-0 erreicht. Die Vergussmasse ist unter der File-Nummer E108835 geprüft und registriert. HWI-, HAI- und CTI-Prüfungen wurden mit PLC 0 bestanden, der RTI Wert beträgt 130°C (mechanische und elektrische Prüfung). Für dieses Produkt liegt die Allfarbenzulassung vor.

TECHNISCHES DATENBLATT



Verarbeitung:

Mischungsverhältnis:

100 Gew.Tle. WEVOPUR 552 FL
20 Gew.Tle. WEVONAT 300

Viskosität (22°C):

WEVOPUR 552 FL :	6.000	–	7.000	mPa·s
WEVONAT 300 :	70	–	120	mPa·s
Harz-/Härtergemisch:	1.000	–	1.600	mPa·s

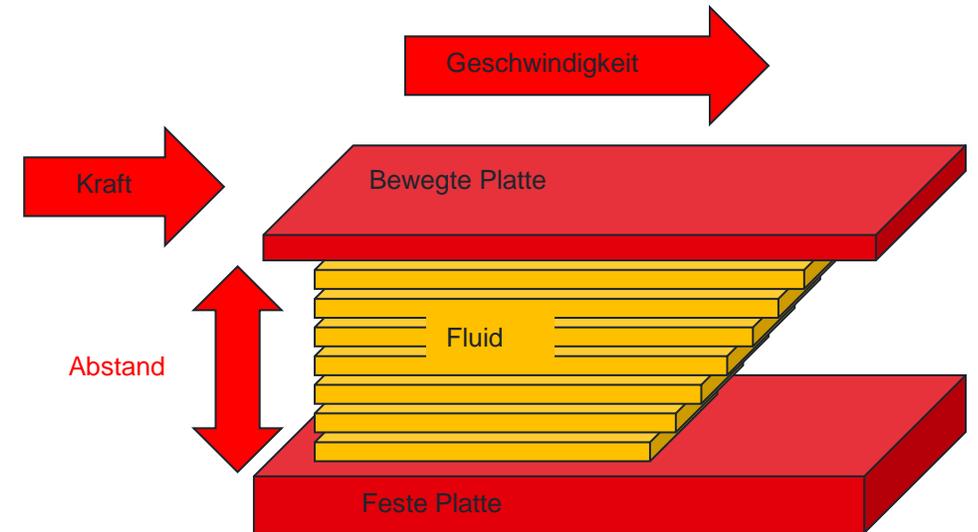
Dichte (22°C):

WEVOPUR 552 FL :	1,55	–	1,60	g/cm ³
WEVONAT 300 :	1,20	–	1,24	g/cm ³

VISKOSITÄT

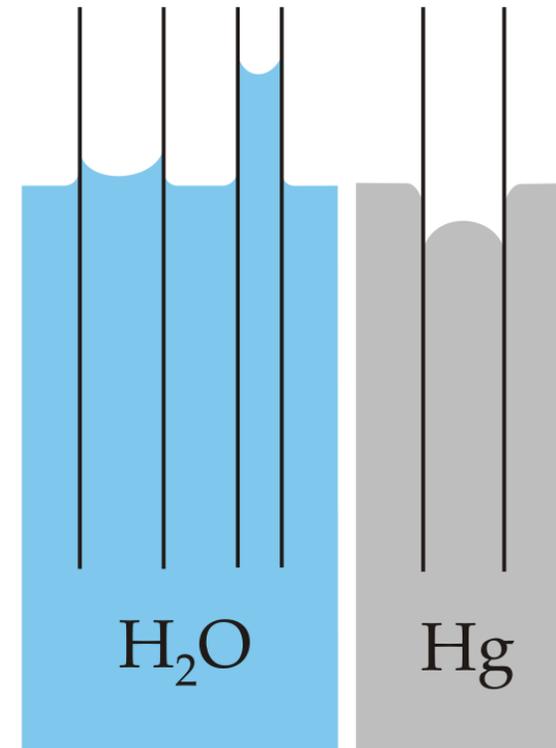
- Die Viskosität ist ein Maß für die *Zähflüssigkeit* eines Fluids.
- physikalische Einheit der dynamischen Viskosität:
 - $1\text{N} = \text{Pa} \cdot \text{s} = \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}) = \text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$
mPa·s (Millipascalsekunde) für Medien niedriger Viskosität verwendet
- Referenz:

Wasser (20°C):	1 mPa*s
Olivenöl:	100 mPa*s
Tomatensaft:	2.000 mPa*s
Honig:	10.000 mPa*s



KAPILLARITÄT

- Die Faktoren sind:
 - σ = Oberflächenspannung
 - θ = Kontaktwinkel
 - ρ = Dichte der Flüssigkeit
 - g = Schwerebeschleunigung
 - r = Radius der Röhre
 - Material / Rauigkeit
- Je kleiner der Durchmesser, desto größer sind
 - der Kapillardruck und
 - die Steighöhe



„KRIECHEIGENSCHAFTEN“ / KAPILLARITÄT

Mythos oder Wahrheit?

- Vereinzelt wird im Zusammenhang beim Verguss von Baugruppen von „Kriechenschaften von Vergussmitteln“ oder vom „Kriechen des Vergussmittels“ gesprochen. Gemeint ist damit, dass das Vergussmittel zwischen kleinen Spalten (Kontakt und Gehäuse) entlangsteigt und beispielsweise in einen Steckverbinder gelangt.
-> Seitens der Vergussmittelhersteller wird man hier selten eine Angabe oder nähere Information finden.
- Diese wiederum hängt unter anderem auch von der eigentlichen Viskosität des jeweiligen Vergussmittels, als auch von der Topfzeit und der Gelzeit ab.
- Man spricht hier von der Kapillarität oder dem Kapillareffekt.

TECHNISCHES DATENBLATT



Farbe:

WEVOPUR 552 FL :

schwarz oder nach Wunsch

WEVONAT 300 :

braun

Verarbeitungszeit (250 g):

30 – 50 Minuten

bei Raumtemperatur

je nach Schichtdicke und Gießvolumen

Härtungszeit:

12 – 24 Stunden

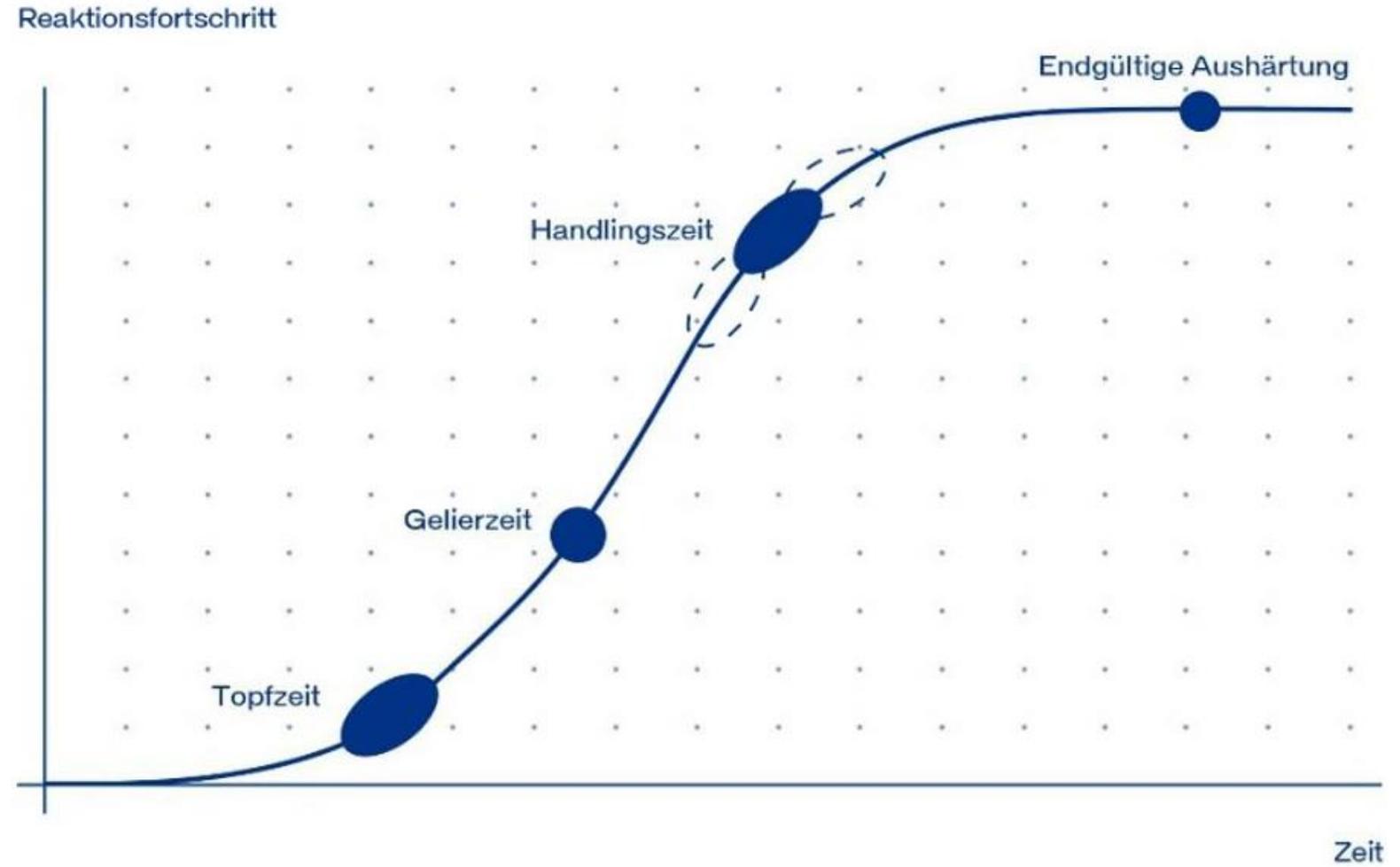
bei Raumtemperatur

je nach Schichtdicke und Gießvolumen

Eine Verkürzung der Verarbeitungs- und Härungszeit ist jederzeit auf Wunsch möglich.

VERARBEITUNGSZEIT

- Topfzeit
- Gelierzeit
- Handlingszeit
- Endgültige Aushärtung



TECHNISCHES DATENBLATT



Formstoffdaten:

(nach Härtung 24 Std./80°C)

Shore-Härte D:

60 – 70

Zugfestigkeit:

6 N/mm²

Reißdehnung:

62 %

E-Modul:

55 N/mm²

Wärmeleitfähigkeit:

0,61 W/m·K

Glasübergangstemperatur:

15°C

Prüfvorschriften:

In Anlehnung ISO 7619-1
(Anpressdauer 3 sec.)

ISO 527-2

ISO 527-2

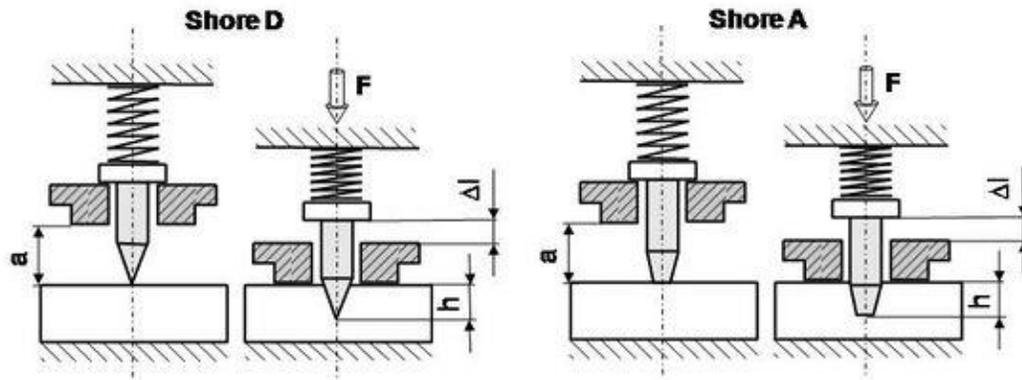
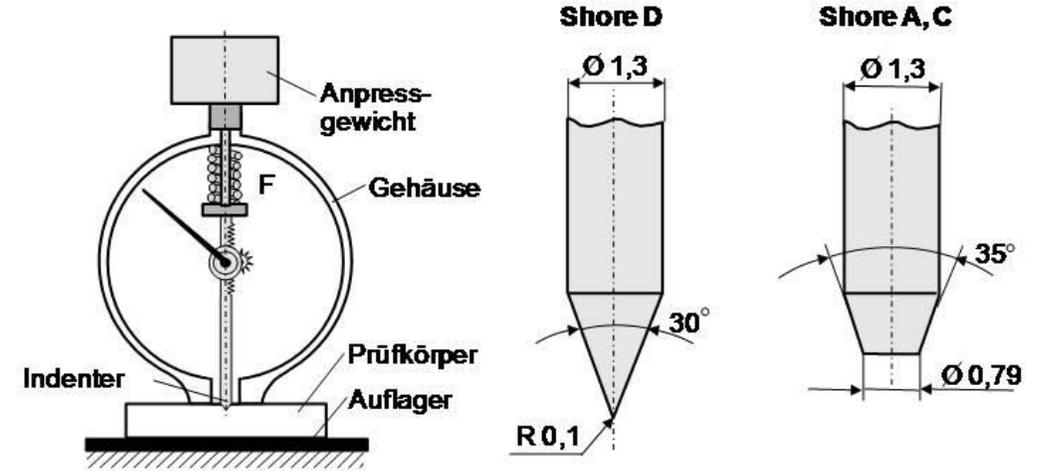
ISO 527-2

ISO 22007-2:2008

TMA

SHORE-HÄRTE

- Geht auf Albert Shore zurück
- Werkstoffkennwert für Elastomere und Kunststoffe (DIN EN ISO 868 und ISO 7619-1)
- Skala: 0 Shore \equiv 2,5mm Eindringtiefe
100 Shore \equiv 0mm Eindringtiefe
Shore A: 12,5N (Weichelastomere)
Shore D: 50N (Zähelastomere)
- Shore A95 = D45



TECHNISCHES DATENBLATT



Formstoffdaten:

Ausdehnungskoeffizient:

58 ppm/K
142 ppm/K

Isolierstoffklasse:

B

Härtungsschrumpf:

1 %

Wasseraufnahme:

0,4 %

Brandverhalten:

V-0, 1,5 mm

Glühdrahtprüfung:

960°C, 3,5 mm

Prüfvorschriften:

< 10°C, TMA
> 20°C, TMA

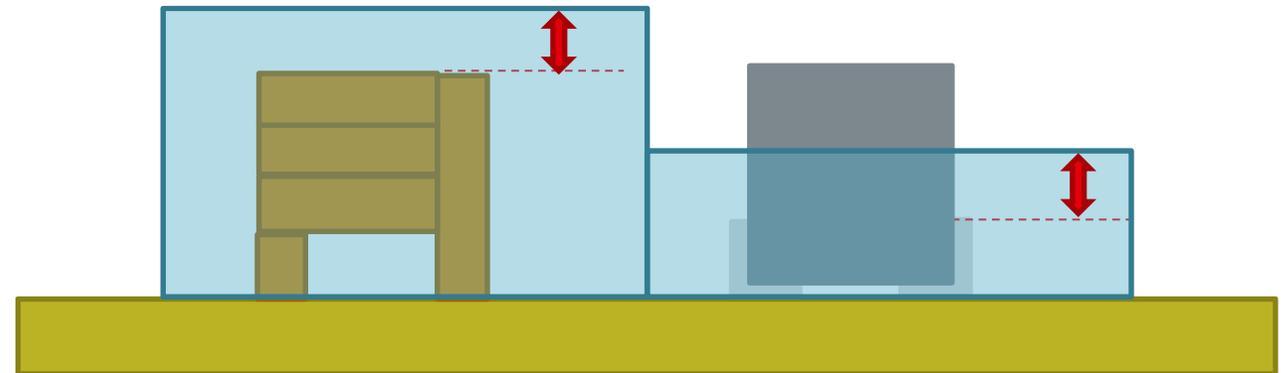
DIN EN 60085

nach 30 Tagen Einlagerung RT
UL94

DIN EN 60695-2-11:2014-11

UL BRENNBARKEITSKLASSE

- Brandverhalten:
 - Prüfvorschrift: UL94 V-0
 - Schichtdicke: 1,5 mm
- Maßgeblich ist der stromführende Leiter
- Mindestschichtdicken müssen erreicht werden



TECHNISCHES DATENBLATT



Formstoffdaten:

Dielektrischer Verlustfaktor tan :

bei 50 Hz, 23°C

0,117

bei 1 KHz, 23°C

0,0842

bei 1 MHz, 23°C

0,038

Kriechstromfestigkeit:

CTI 600-0.1

Prüfvorschriften:

DIN EN 60250

DIN EN 60112

Lieferform:

10 kg und 30 kg-Blechbinde sowie 250 kg Fass

Haltbarkeit:

im verschlossenen Originalbinde, bei trockener Lagerung zwischen 15°C und 25°C, 6 Monate

VERGUSSVERFAHREN VERFAHRENSTECHNIKEN

VERGUSSVERFAHREN UND VERFAHRENSTECHNIKEN

Grundlegendes vorneweg

- Worüber sollte man sich zuerst Gedanken machen:
 - Wofür wird ein Verguss benötigt
 - Was soll vergossen werden?
 - Was muss beachtet werden?

VERGUSSVERFAHREN UND VERFAHRENSTECHNIKEN

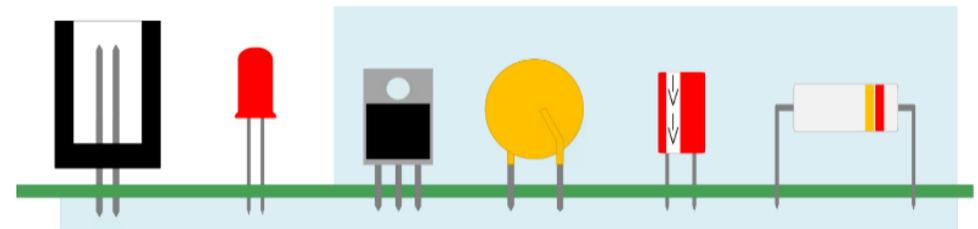
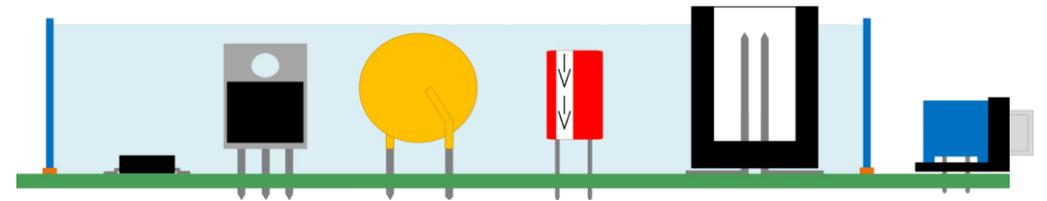
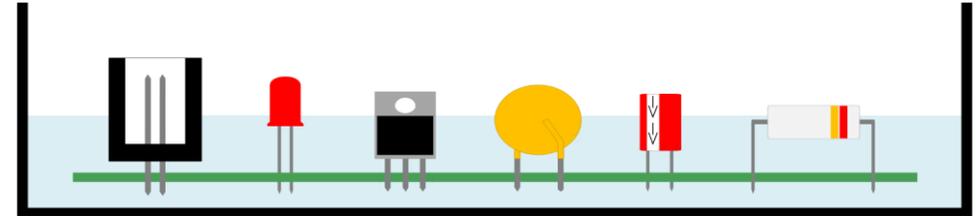
Vergussverfahren

- Teilbereich
 - Selektivverguss
 - Dam&Fill-Verfahren
 - Rahmenverguss
- Vollverguss
 - Vergussform
 - Gehäuseverguss

TEILBEREICH / TEILVERGUSS

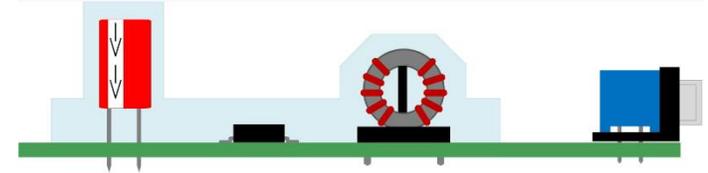
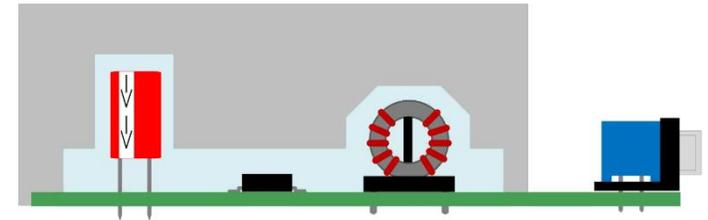
Selektivverguss

- Teilverguss in Formen und Rahmen
 - Bestimmte Vergusshöhe
- Selektiv- /Teilverguss
 - Teilbereiche werden nicht vergossen
 - Rahmenverguss
 - Dam&Fill-Verfahren
- Selektiv-/Teilverguss mit Vergussform

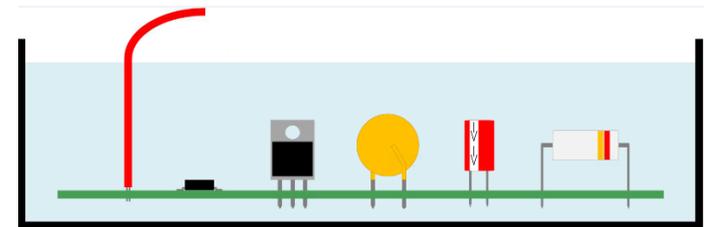


VOLLVERGUSS

- Vergussform
 - Aluminiumform
 - Silikonformen

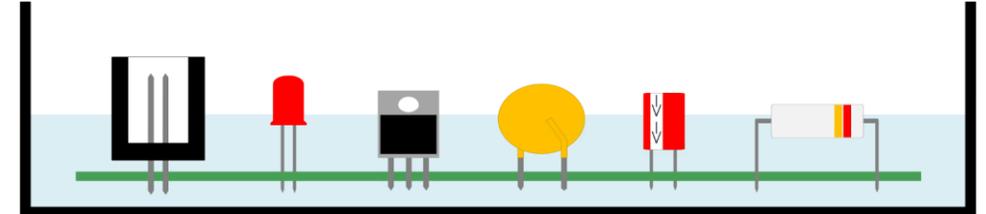
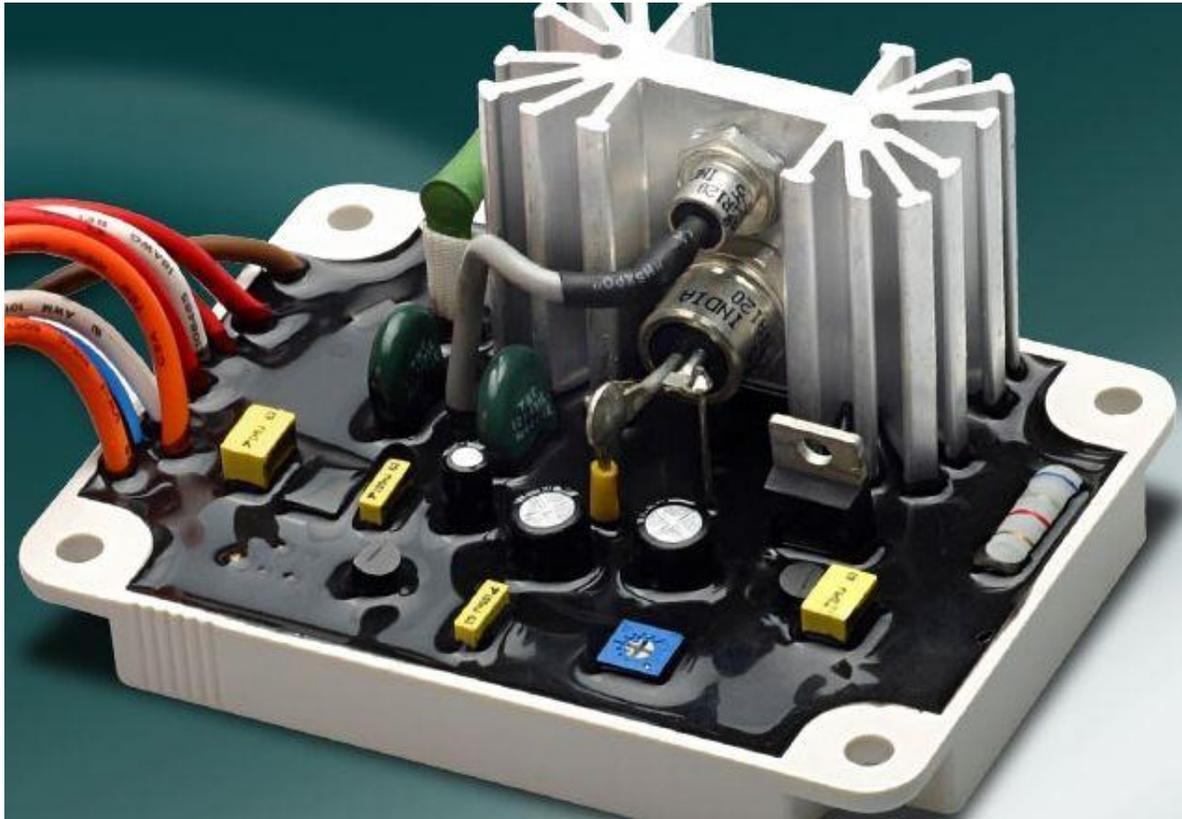


- Gehäuseverguss



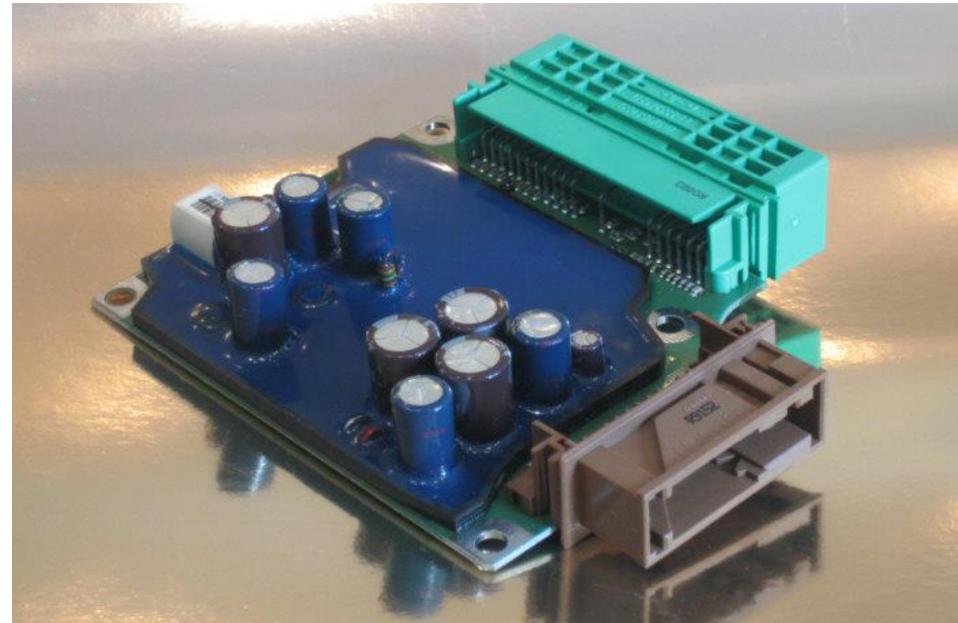
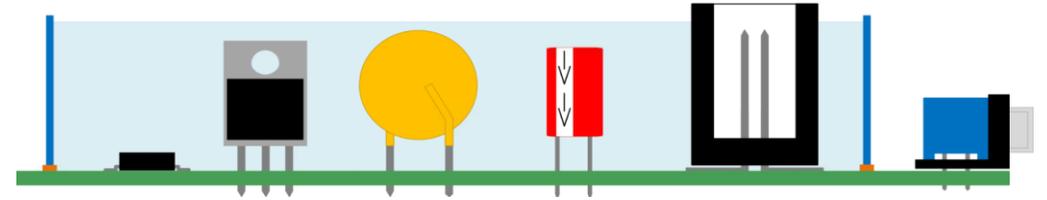
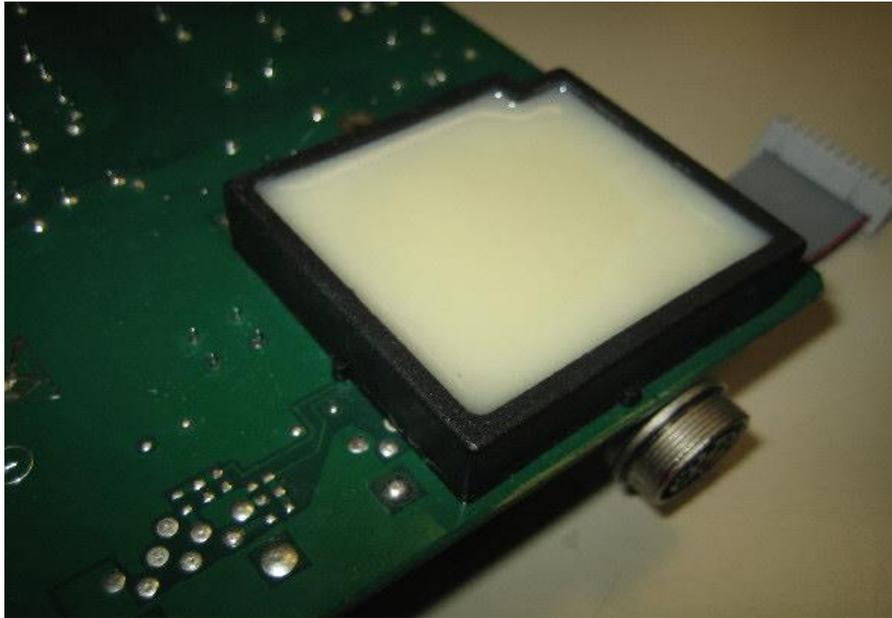
SELEKTIVVERGUSS

Teilverguss in Formen und Rahmen



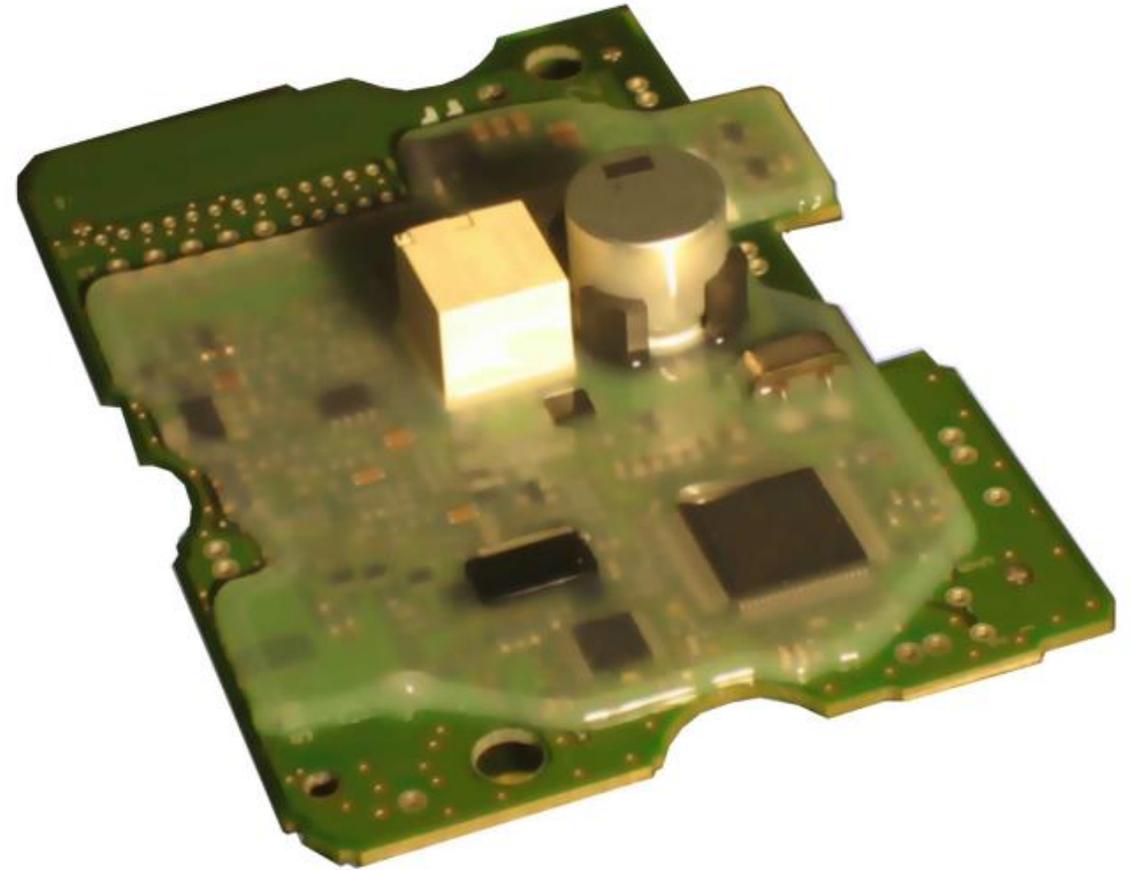
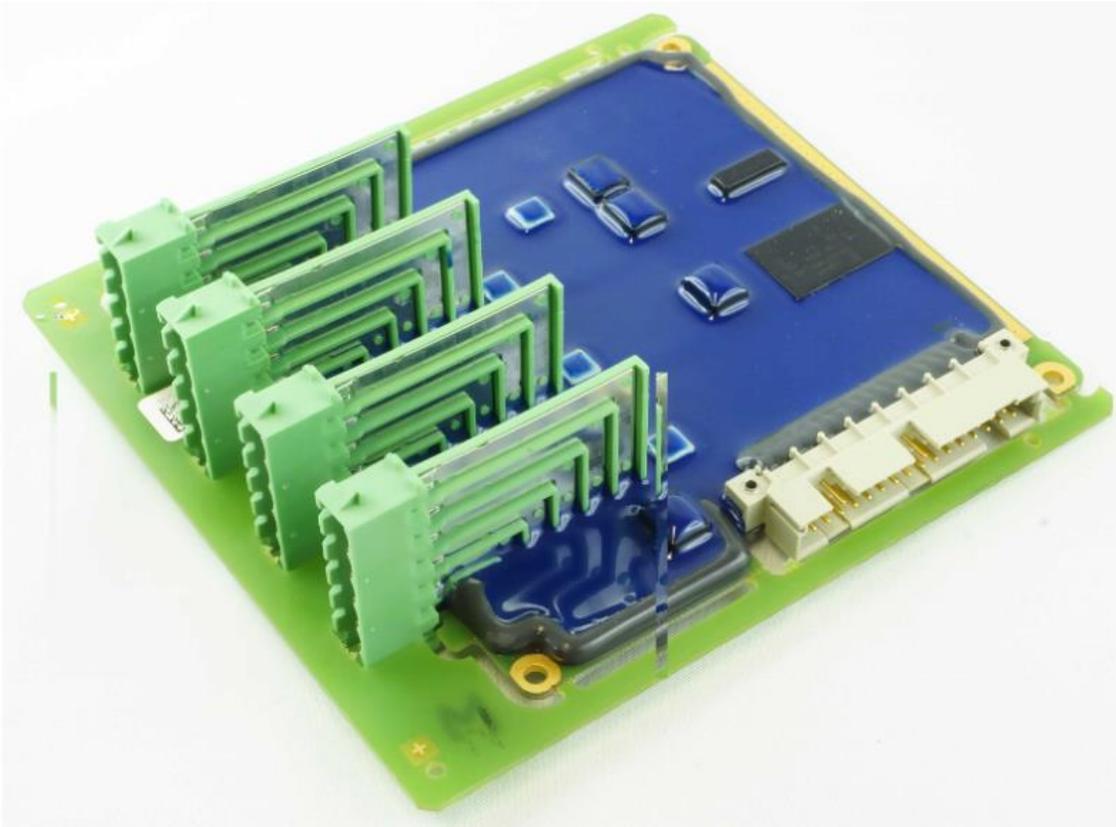
SELEKTIVVERGUSS

Rahmenverguss



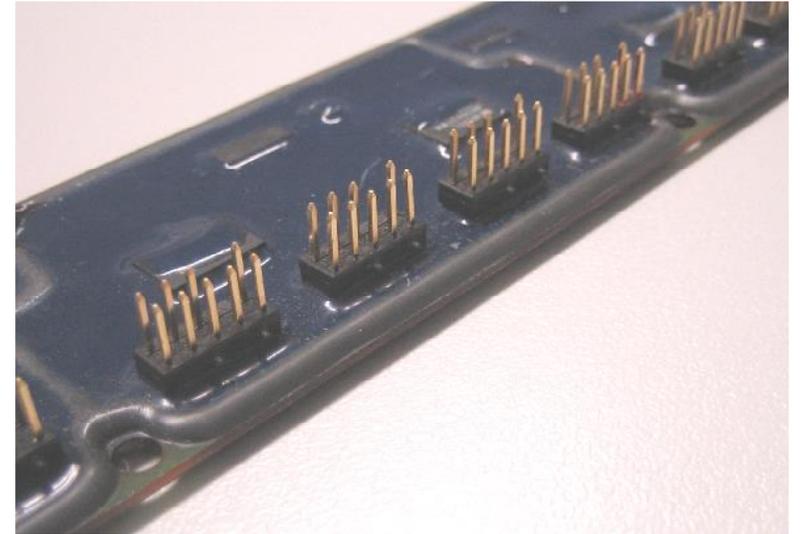
SELEKTIVVERGUSS

Dam&Fill-Verfahren



SELEKTIVVERGUSS

Dam&Fill-Verfahren



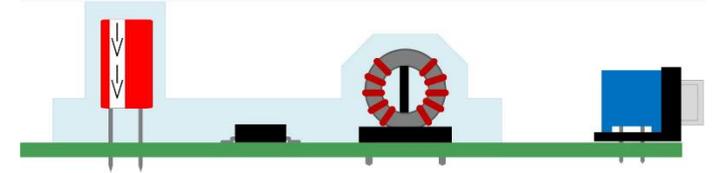
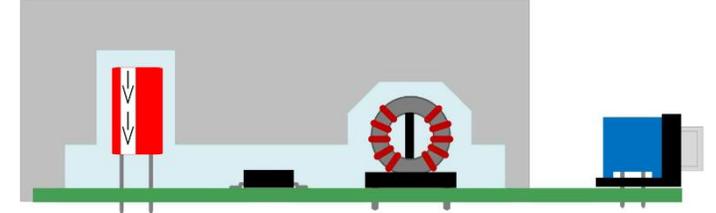
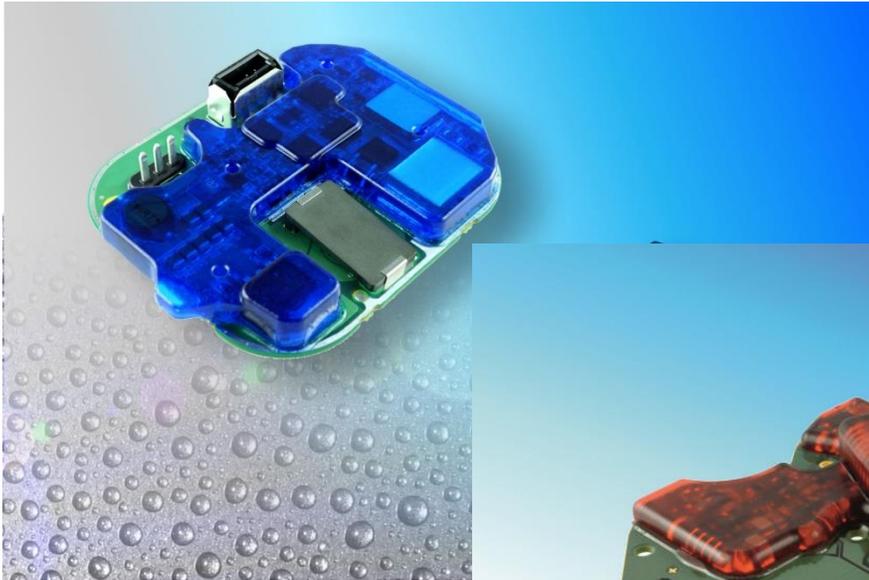
VOLLVERGUSS

Vergussform - Aluminiumform



VOLLVERGUSS

Vergussform - Aluminiumform



InnoCoat
innovative coatings gmbh

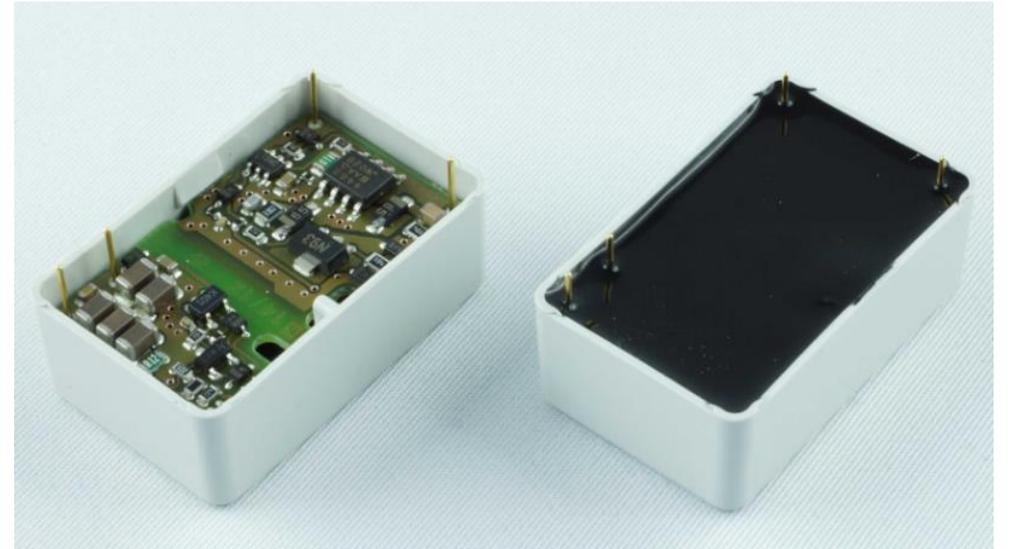
VOLLVERGUSS

Vergussform - Silikonform



VOLLVERGUSS

Vergussform - Gehäuseverguss



VERGUSSPROZESS

VORAUSSETZUNGEN

- Sauberkeit
- Vorbehandlungsverfahren
- Vortrocknung und Vorwärmung
Feuchtigkeit aus Baugruppe entfernen
 - 40 Minuten @ 60°C
 - 60 Minuten @ 40°C

VERGUSSPROZESS

- Manuelles Vergießen
- Misch- und Dosieranlagen
- Verguss in mehreren Schritten

MANUELLES VERGIEßEN

- Kleine Stückzahlen oder komplexe Vergüsse
- Formentrennmittel (bei gehäuselosem Verguss)
- Haftgrundierung
- Vermeidung von Lufteinschlüssen (bei hochviskosen Vergussmitteln)
- Besseres Vergießen von komplexen Formen: Erwärmung der Baugruppe und des Gehäuses



MANUELLES VERGIEßEN

Werkzeuge

- Von Hand angerührte Vergussmassen enthalten Luft, diese sollte der Masse entzogen werden.
- Hilfsmittel:
 - Vakuumpumpe für 2-5mbar oder
 - Membranpumpe, Ölschieberpumpe
 - Vakuumschlauch



MANUELLES VERGIEßEN

Werkzeuge (Beispiel 150mm Durchmesser)



- Vakuumglocke mit Seitenrohr und Deckel



- Adapterset (NS 24/29)



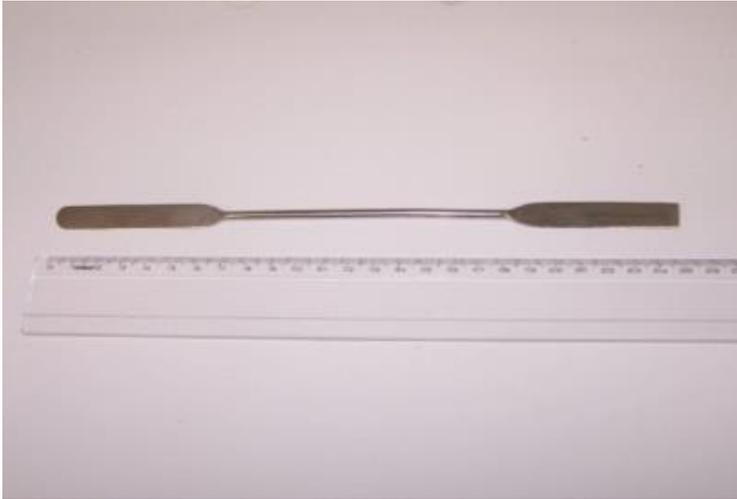
- Schlauch (NS 24/29)



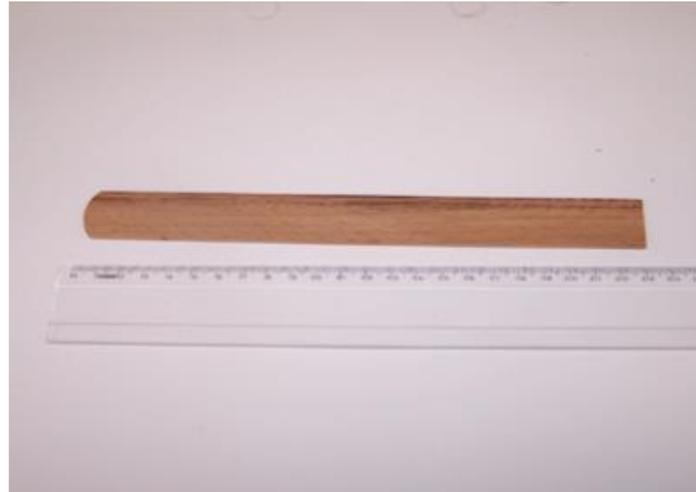
- Lochplatte

MANUELLES VERGIEßEN

Werkzeuge



- Spatel aus Edelstahl



- Holzspatel



- Mischbehälter aus Metal,
Kunststoff oder Papier.

MANUELLES VERGIEßEN



Werkzeuge

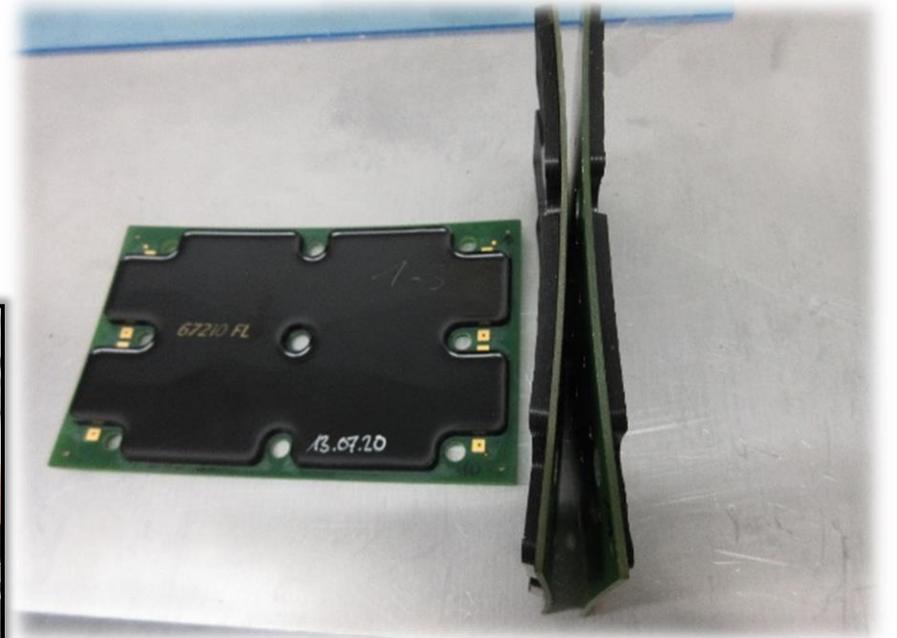
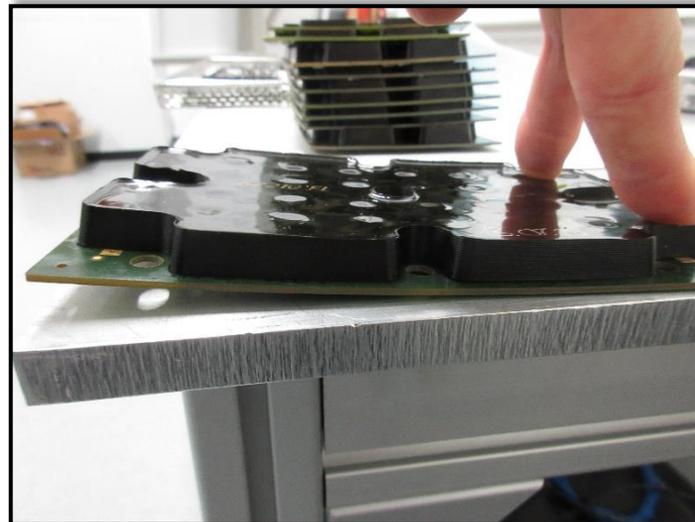
- Waage mit einer Teilung von 0.1g
- Umluftofen
- Trocknungsschrank zum Aushärten bei geringer Luftfeuchtigkeit
- Einwegspritzen für die Dosierung kleinere Mengen
- Pyknometer zur Prüfung der Dichte (Homogenität)
- Shorehärtenmessgerät

MISCH- UND DOSIERANLAGEN

- Erhöhung der Verarbeitungssicherheit
- Besonders geeignet bei Vergussmitteln mit geringer Topfzeit
- Errechnen des Volumenanteils des spezifischen Gewichts
 - Komponente:
 - A: Harz
 - B: Härter

VERGUSS IN MEHREREN SCHRITTEN

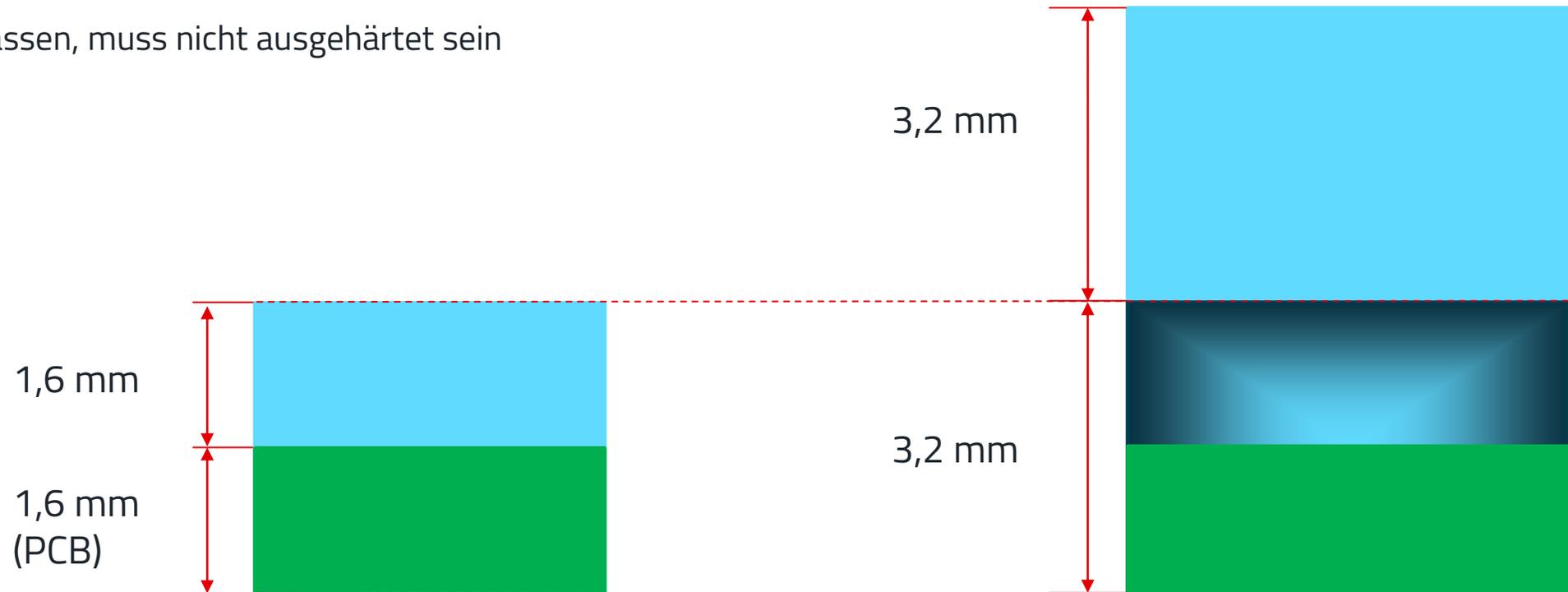
- Gründe für den Verguss in mehreren Schritten
 - Vermeidung mechanischer Spannung
 - Gleichmäßige Oberfläche



VERGUSS IN MEHREREN SCHRITTEN

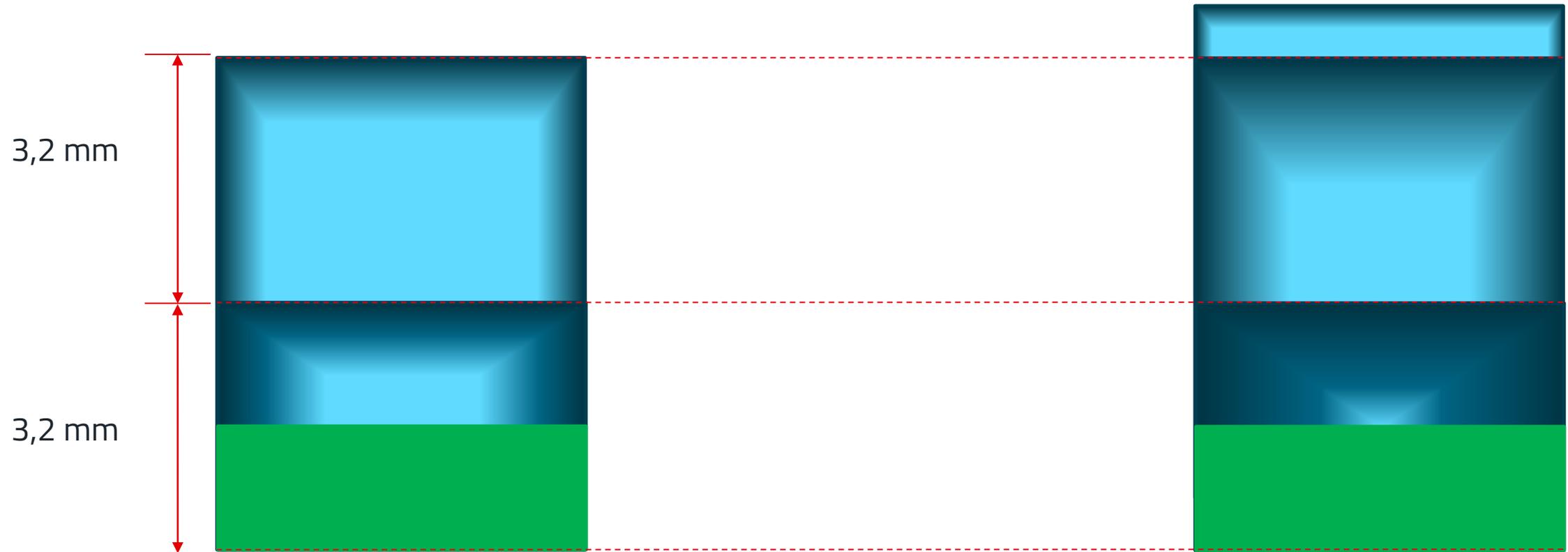
- Auftrag erster Vergusschicht
 - Max. gleiche Materialstärke wie Leiterplatte
- Anhärten lassen, muss nicht ausgehärtet sein

- Auftrag zweiter Vergusschicht
- Vernetzung mit erster Vergusschicht



VERGUSS IN MEHREREN SCHRITTEN

- Beide Schichten vernetzen und härten aus.
- Deckverguss

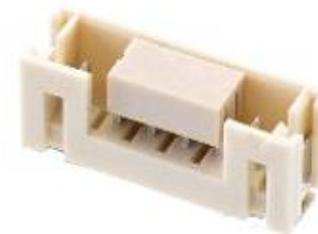
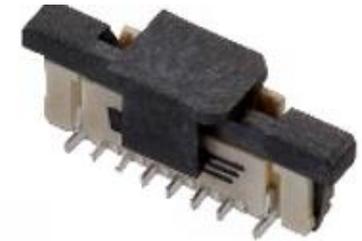
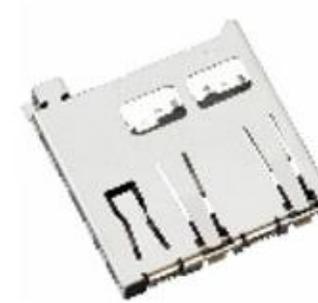


BEACHTENSWERTES

KRITISCHE BAUTEILE

Elektromechanische Bauteile

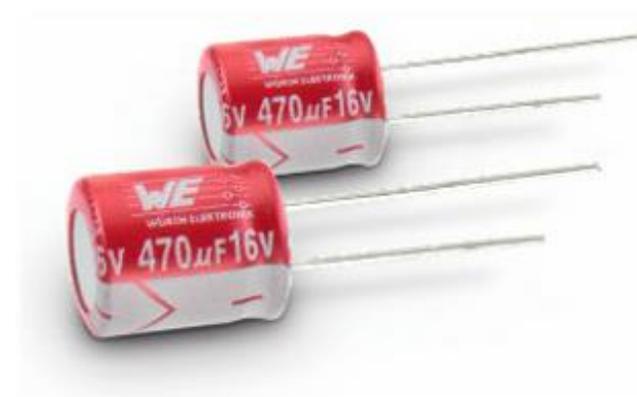
- Stift- und Buchsenleisten
- Wire-to-Board-Steckverbinder
- FFC-Steckverbinder
- Kommunikationssteckverbinder
 - Kartenhalter
- Taster
- Schalter



KRITISCHE BAUTEILE

Passive Bauteile

- Ferrite
- Induktivitäten
- Transformatoren / Übertrager
- Kondensatoren
- Filter

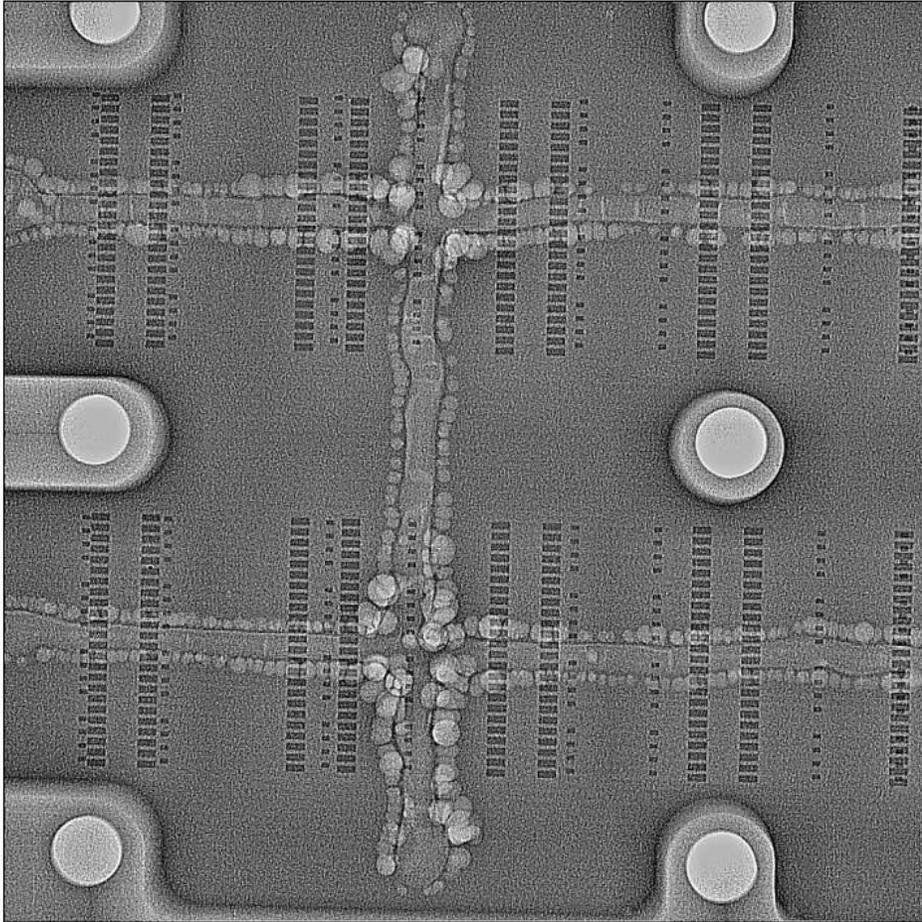


KRITISCHE BAUTEILE

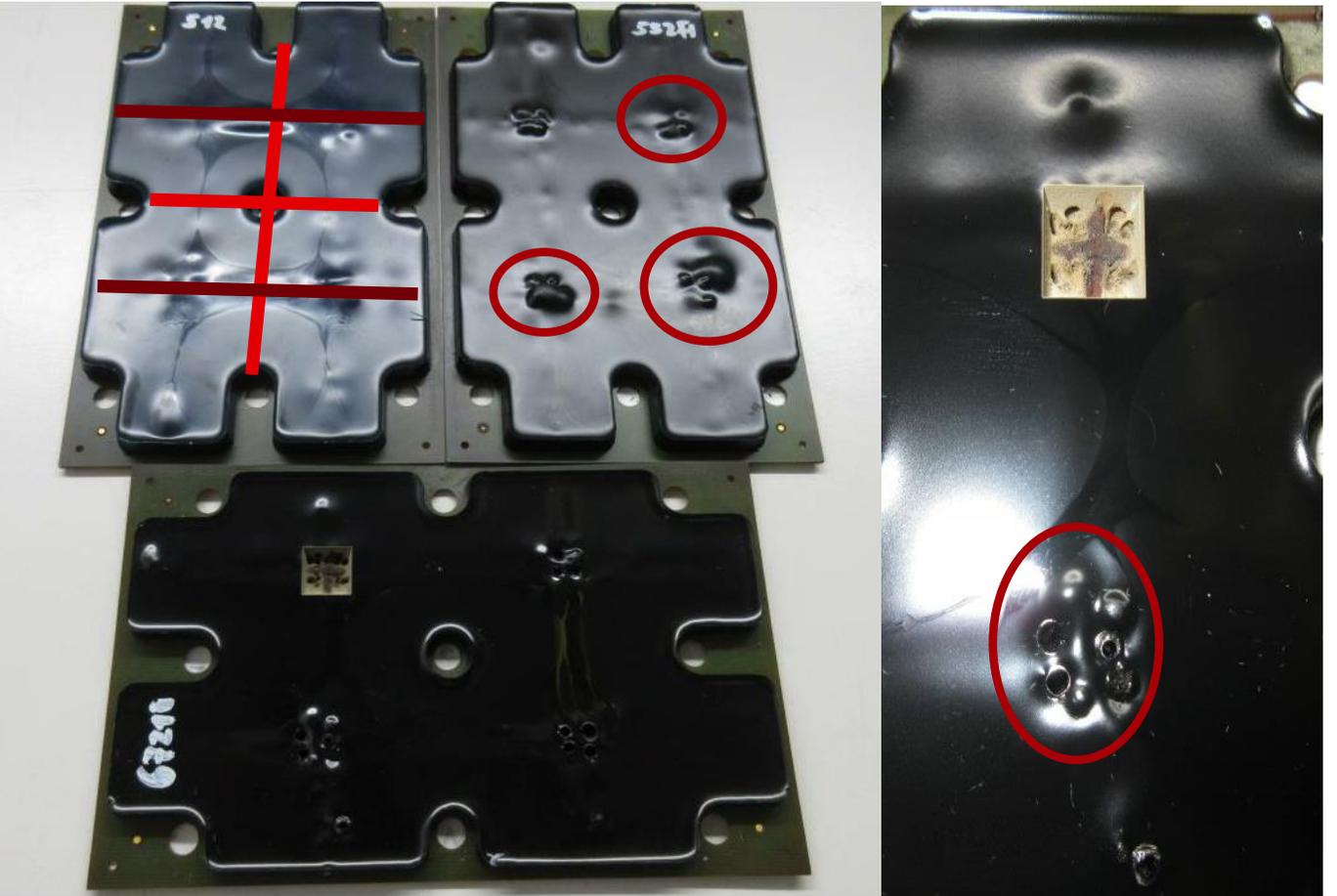
Lösungen und Beachtenswertes

- Im Vorfeld entsprechendes Design beachten
- Beweglichkeit darf nicht beeinträchtigt werden
- Geeignetes Vergussverfahren auswählen
- Vergussmittel sollte nicht über den Isolationskörper steigen
- Auf Durchkontaktierungen achten
- Abdichten
 - Moderationsschichten
- Abstand einhalten

SEKTIONALES VERGIEßEN



Schlechtes Beispiel





ANSPRECHPARTNER

Hersteller Vergussmassen

WEVO-CHEMIE GmbH

Schönbergstr. 14

73760 Ostfildern – Kemnat

Herr Andreas Arlt

Mail: andreas.arlt@wevo-chemie.de

Tel: +49 (0) 711 16761 -535

Fax: +49 (0) 711 16761 -6535

ANSPRECHPARTNER

Vergussdienstleister

InnoCoat GmbH
Nimrodstraße 9/Haus 2
90441 Nürnberg

Herr Paul Voinea

P.voinea@inno-coat.de

Tel.: +49 (0) 911 23980460

Fax: +49 (0) 911 23980469

Mobil: +49 (0) 151-41479331

ANSPRECHPARTNER

Formenbau

Kintzel Akustik

Carl-Metz-Strasse 3

D-76275 Ettlingen

Herr Ingo Kintzel

Mail: kintzel@kintzel-akustik.de

Tel: +49 (0) 7243 31909

Mobil: +49 (0) 152 22912772