



GRUNDLAGEN FÜR DEN VERGUSS VON BAUGRUPPEN

Thomas Heß
Field Application Engineer

AGENDA

- Einleitung (daraus resultierende Vorteile)
- Nachteile/Herausforderungen
- Kenngrößen und Eigenschaften
- Materialien
- Vergussverfahren
- Vergussprozess
- Aushärtung und Vernetzung
- Verfahrenstechniken
- Kontrolle
- Ansprechpartner



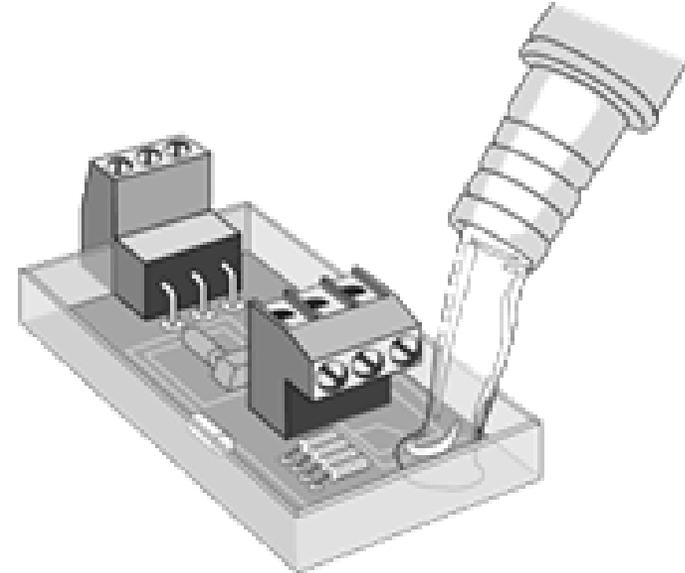
FRAGE IN DIE RUNDE

■ **Wie sehen Ihre Baugruppen aus?**

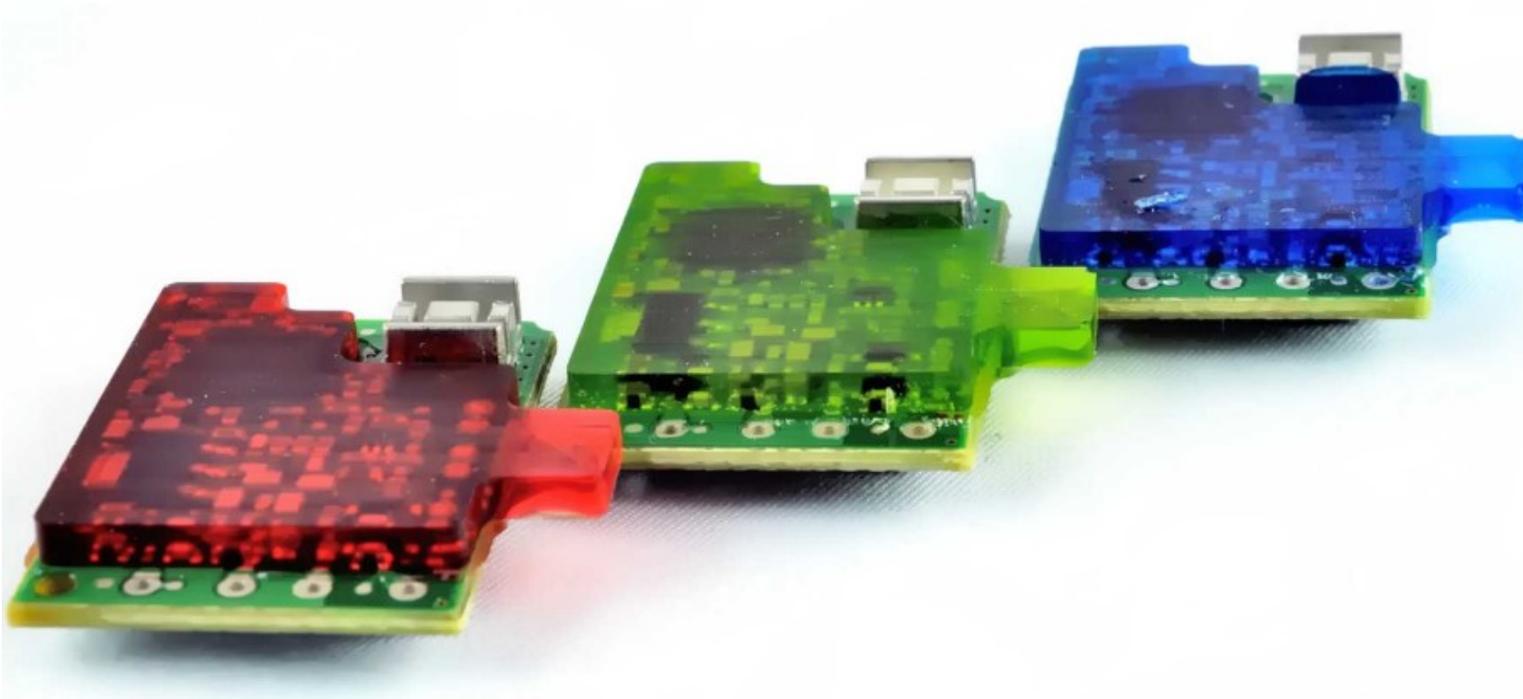
- Keine Baugruppe ist wie die andere.
- Unterschiedliche Vergussmittel kommen in Frage
- Ist vorhandene Baugruppe für Verguss geeignet?
 - THT oder SMT?
 - Mechanische Spannung?
 - Wie groß sind die eingesetzten Bauteile?
 - Wie groß ist das Volumen das vergossen werden muss?
 - Wo wird die Applikation eingesetzt?
 - Welche Schnittstellen werden benötigt?
 - Kann jede Schnittstelle/Steckverbinder/Bauteil vergossen werden (z.B. FFC-Steckverbinder, Buchsenleisten, Taster, Kommunikationssteckverbinder, Durchkontaktierungen/Vias etc.)?

EINLEITUNG / VORTEILE

- Warum vergießen?
 - **Schutz**
 - Umwelteinflüsse
 - Temperatur
 - Verschmutzung
 - Know-How (Produktpiraterie)
 - Sicherheit
 - Erschütterung (mechanische Stabilität)
 - Elektrische Ströme und Spannung
 - **Qualitätssicherung**
 - **Brandschutzklassen**



UNTERSCHIEDLICHE APPLIKATIONEN UND BAUGRUPPEN



NACHTEILE/HERAUSFORDERUNGEN

- **Keine/bedingte Reparaturmöglichkeiten**
- **Mögliche Einflüsse auf Einzelkomponenten und Baugruppe**
 - In der Regel ziehen sich Vergussmittel während des Aushärtens zusammen.
 - Abhängig von der Applikation sind nur bestimmte Vergussmittel geeignet
 - Beispiel: Transparente Mittel bei Optoelektronik
- **Wärmeentwicklung bei der Aushärtung**

NACHTEILE/HERAUSFORDERUNGEN

- **Mögliche Versprödung von vergossenen Baugruppen**
- **Reproduzierbarkeit**
 - Temperatur
 - Mischverhältnisse
 - Lagerbedingungen
 - Umgebungsbedingungen
 - Reinheit
 - Aushärtungsgeschwindigkeit

NACHTEILE/HERAUSFORDERUNGEN

- **Aufwendig (weitere Prozessschritte)**
- **Investitionen**
 - Kosten für Maschinen
 - Arbeitszeit
 - Auswahl des geeigneten Vergussmittels
 - Vorprüfungen
 - Know-How (intern oder extern)
- **Impedanz von Schnittstellen**

VORAUSSETZUNGEN FÜR DEN VERGUSS

- **Oberfläche**
 - Sauberkeit
 - Möglicherweise Reinigung
- **Eigenschaften des Vergussmittels beachten**
 - Kenngrößen beachten (Datenblatt Vergussmittel)
 - Prozesse analysieren
- **Auftragsverfahren/Verfahrenstechniken**
 - Selektiver Verguss (Dam & Fill oder Rahmenverguss)
 - Sprühen (Lackieren wird in diesem Vortrag nicht behandelt)
 - Formenguss (Vollverguss, -> Flex-Form, ohne Gehäuse)

KENNGRÖßEN UND EIGENSCHAFTEN

- Temperaturbereich
- Viskosität
- Kriech Eigenschaften
- Kapillarität
- Härte (Shore-Härte)
- Mehrkomponenten-Systeme
- Allgemeine Begriffe

TEMPERATURBEREICH

- **Kurzfristiger oder längerfristiger Einsatz bei höheren Temperaturen.**
- **Übliche Angaben zu den Temperaturbereichen:**
 - Polyurethan: -40°C bis 90°C (i.d.R.)
 - Epoxid: -40°C bis 130°C (i.d.R.)
 - Silikon: -60°C bis 200°C
- **Exotherme Reaktion beachten**

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

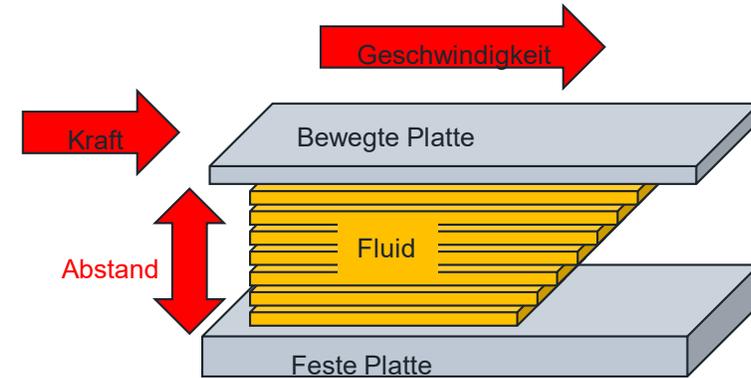
- Referenz:

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

niedrige Viskosität



hohe Viskosität



„KRIECHEIGENSCHAFTEN“/KAPILLARITÄT

■ **Mythos oder Wahrheit?**

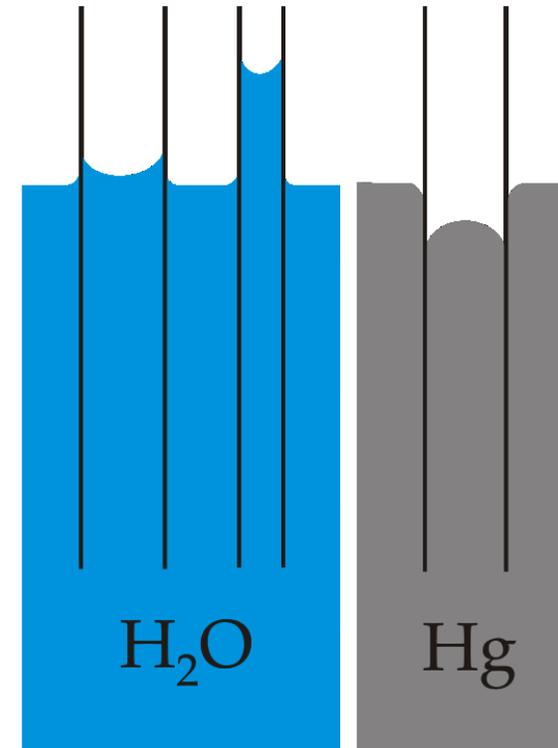
- Vereinzelt wird im Zusammenhang beim Verguss von Baugruppen von „Kriech Eigenschaften von Vergussmitteln“ oder vom „Kriechen des Vergussmittels“ gesprochen. Gemeint ist damit, dass das Vergussmittel zwischen kleinen Spalten (Kontakt und Gehäuse) entlangsteigt und beispielsweise in einen Steckverbinder gelangt.

-> Seitens der Vergussmittelhersteller wird man hier nie 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.

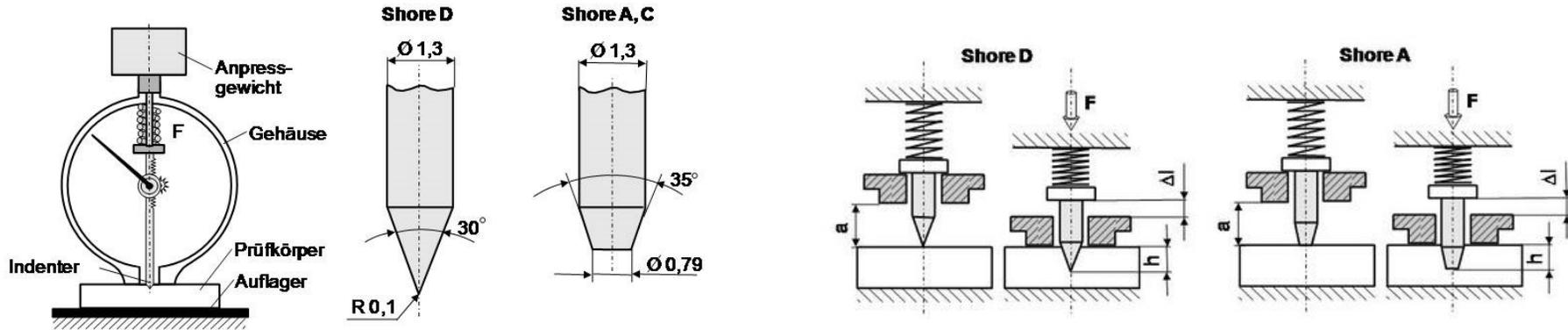
KAPILLARITÄT

- **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



HÄRTE (AUCH 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**



MEHRKOMPONENTEN-SYSTEME

- **1K-PU-Gießharze**, teilweise auch **Silikon**, verwenden oft Luftfeuchtigkeit vereinzelt auch UV-Licht zum Aushärten.
 - Kann zu Problemen führen
 - Evtl. schrittweiser Verguss
- **2K-System: 2-komponenten-System (am häufigsten)**
 - Harz (Komponente A)
 - Aushärter (Komponente B)
 - Reagieren mit vorhandener Luftfeuchtigkeit
 - Auf Lagerung achten

=> Weitere Informationen hierzu bei „manuellem Anmischen“



ALLGEMEINE BEGRIFFE

- Gelzeit
- Topfzeit
- UV-Licht als Aktivator
- Dichte
- Dielektrische Stärke
- Isolationswiderstand
- Elastizität
- Versprödung
- Volumen (Menge des Vergussmaterials)



ALLGEMEINE BEGRIFFE

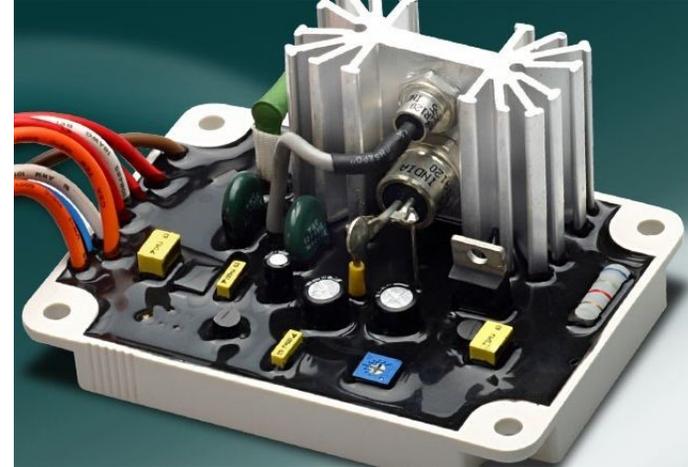
- Resistenzen
 - kurzfristig
 - längerfristig
- Brennbarkeit/UL-Klassen
- Farben von Vergussmitteln
- Grundierung
- Trennmittel
- Umwelteinflüsse
- Aushärtesschrumpf

MATERIALIEN

- Harze (**Epoxid, Polyurethane, Polyester, Resin**)
- **Silikone**

EPOXID

- **Allgemeines:**
 - Wird am häufigsten eingesetzt.
- **Vorteil:**
 - Temperaturverträglichkeit: gut
 - Generell hart und belastbar (kann Vor- und Nachteil sein)
 - Hervorragende Haftung auf unterschiedlichen Materialien
 - Mechanische Eigenschaften: exzellent
 - Gute chemische Beständigkeit, auch gegen Wasser
 - Leicht aufzutragen



EPOXID

■ **Nachteil:**

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

■ **Einsatzgebiet:**

- Beschichtung für unempfindliche Bauteile
- Wärmeleitende Vergussmasse für Magnetspulen

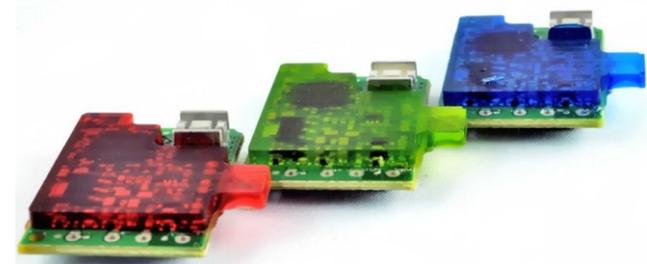
POLYURETHANE

■ **Allgemeines:**

- Sind auch nach dem Vergießen noch dehnbar, moderate Beweglichkeit. Sie werden insbesondere dort eingesetzt, wo empfindliche Bauteile auf der Leiterplatte vergossen werden.

■ **Vorteile:**

- Aushärtengeschwindigkeit lässt sich leicht einstellen, ebenso 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
 - Verschiedenste Härten und Elastizitäten am Markt verfügbar
- Geringer Volumenschumpf
- Relativ gute mechanische und chemische Beständigkeit
- Gute Flexibilität auch bei niedrigen Temperaturen



POLYURETHANE

■ **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.

VORTEIL DER EPOXIDE GEGENÜBER POLYURETHANEN

- Härter und fester als PU
- Bessere Beständigkeit gegen Chemikalien und physikalische Einflüsse
- Können leichter flammhemmend gemacht werden.
- Besseres Haftungsvermögen
- Höhere Feuchtigkeitsbeständigkeit
- Abriebfester

VORTEIL VON POLYURETHANEN GEGENÜBER EPOXIDEN

- Im allgemeinen weicher und flexibler
- Belasten zu schützende Bauteile weniger
- Vernetzen schneller
- Geringere exotherme Reaktion
- Geringeres Schrumpfen beim Aushärten -> weniger Spannung auf den Bauteilen

POLYESTER

- **Vorteile:**

- Sehr gute Beständigkeit gegen verschiedenste Medien

- **Nachteile:**

- Sehr starke Wärmeentwicklung bei Aushärtung
- Schrumpft stark während des Aushärtens
 - Mechanische Beschädigung/Abreißen von Bauteilen
- Geruchsentwicklung (Monostyrol)

- **Einsatzgebiet:**

- Aufgrund der überwiegenden Nachteile werden Polyester wenig bis gar nicht eingesetzt.

SILIKONE

- **Allgemeines:**
 - Sind in der Regel deutlich teurer als Epoxid- oder PU-Vergussmassen, sie werden aber dort eingesetzt, wo die Dauerbetriebstemperatur von mehr als 180°C auftreten.
- **Vorteile:**
 - Sehr geringe exotherme Wärmeentwicklung während des Aushärtens.
 - Sehr guter Schutz bei besonders rauen Bedingungen.
 - Ausgezeichnete Flexibilität/Elastizität
 - Hohe Dauertemperaturbeständigkeit
 - Falls nur hohe Dauerelastizität erforderlich ist, können auch hochelastische Polyurethane eine Alternative sein.
 - Schneidfähig: Reparaturfall bei defekten Bauteilen möglich



InnoCoat
innovative coatings gmbh

SILIKONE

■ **Nachteile:**

- Es sind generell nur niedrigere Shore-Härten verfügbar.
- Schlechtes Haftmittel, man kann nichts aufkleben
- Aktivierungsenergie ist erforderlich (bei thermisch vernetzenden Silikonen)

■ **Begrifflichkeiten:**

- Man unterscheidet zwischen additions- und kondensationsvernetzten Silikonen
 - Additionsvernetzt: Bei der Reaktion von additionsvernetzten Silikonen 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 + Essigsäure; Amin-abspaltend; Alkalisch (Amoniak))

VERGLEICH DER VERGUSSMITTEL

	Epoxide	Polyurethane	Silicone
Temperaturbereich	0	+	++
Viskosität*	++	++	++
Härte**	0	++	0
Haftung auf anderen Materialien	++	+	-
Mech. Eigenschaften	0	+	++
Elastizität	-	+	++
Schutz (Raue Bedingungen)	++	+	++
Wasserbeständigkeit	++	0	++
Preis	0	+	-

KUNDENSPEZIFISCHE MISCHUNGEN

- **Durch entsprechende Rezepturen können bestimmte Eigenschaften angepasst werden:**
 - Festigkeit
 - Elastizität
 - Durchschlagfestigkeit
 - Wärmeleiteigenschaften
 - Temperaturbereich
 - Viskosität
 - Farbe
 - Zu vergießendes Volumen

VERGUSSPROZESS

- **Manuelles Vergießen**
- **Misch- und Dosieranlagen**
- **Beachtenswertes**
 - Grundierung
 - Trennmittel
 - Umwelteinflüsse
 - ESD



MANUELLES VERGIEßEN

- Die **Oberfläche** sollte:
 - Sauber
 - Fettfrei
 - Trocken
- **Formtrennmittel** (bei gehäuselosem Verguss)
- **Haftgrundierung**
- Vermeidung von **Lufteinschlüssen** (bei hochviskosen Vergussmitteln)
- Besseres Vergießen von komplexen Formen durch Erwärmung der Baugruppe und des Gehäuses.



MISCH- UND DOSIERANLAGEN

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

AUSHÄRTUNG/VERNETZUNG

- **Trocknungsbedingungen**

- Raumtemperatur, Wärmeanwendung oder UV-Licht
- Angaben auf den Merkblättern des Herstellers beachten

- **exothermen Reaktion**

- Silikonkautschuk und Polyurethan: relativ gering
- Epoxid: Temperaturanstieg ist deutlich höher. Bei > 1kg deutlich über 100°K
 - Schrittweiser Verguss

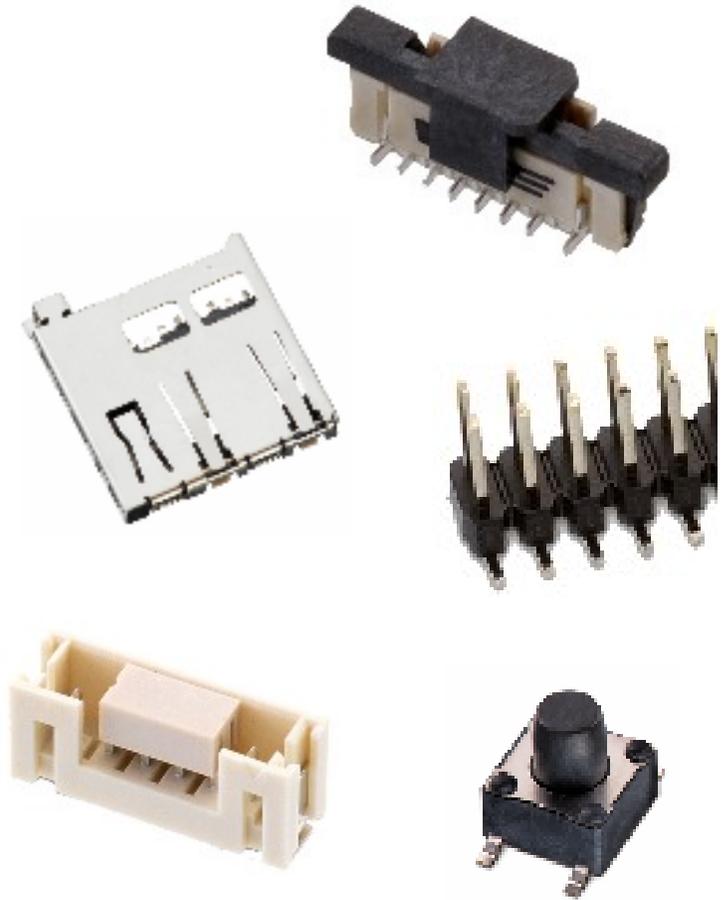
- Je größer die Vergussmenge, desto höher die Temperatur.

- Achtung bei **Verguss von Metallen** und bestimmten Werkstoffen

KRITISCHE BAUTEILE

■ Elektromechanik:

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



KRITISCHE BAUTEILE

- **Passiv:**

- Ferrite
- Induktivitäten
- Kondensatoren (insbesondere Elkos und MLCC)
- Filter



KRITISCHE BAUTEILE

- **Lösungen und Beachtenswertes:**

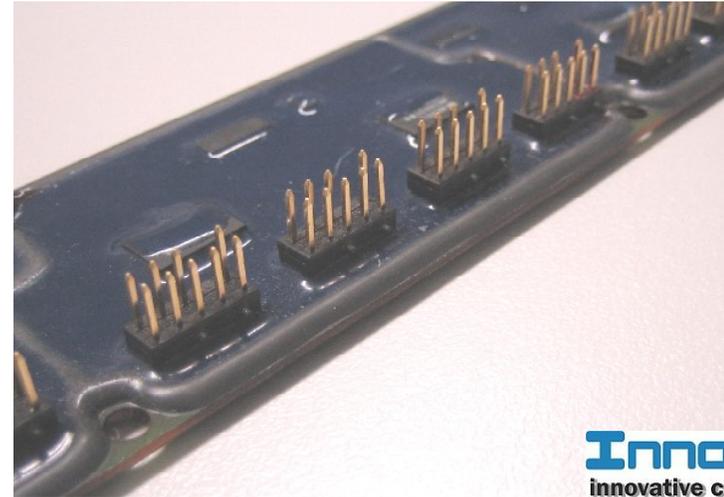
- Im Vorfeld entsprechendes Design beachten 😊
- Beweglichkeit darf nicht beeinträchtigt werden (liegende Steckverbinder)
- Vergussmittel sollte nicht über den Isolationskörper steigen.
- Auf Durchkontaktierungen achten
- Abstand einhalten (2mm Selektionsabstand einhalten)

VERFAHRENSTECHNIKEN

- **Selektiver Schutz**
 - Schutz bestimmter Bereiche
 - Verguss in mehreren Schritten
- **Dam & Fill (D&F) / Acrylpasten (PU-Material) / Thixotrope Materialien**
 - Acrylpasten/thixotrope Materialien werden im Regelfall mit einem Koordinatendispenser aufgetragen.
- **Gehäuse-Verguss, Frame-Verguss, 3D-Verguss (selektiv, mit/ohne Gehäuse), Verguss ohne Gehäuse (Flex-Form)**
- **Schablonen, Werkstückträger**
 - Masken (nur bei Lackiertechniken)

DAM&FILL / RAHMENVERGUSS

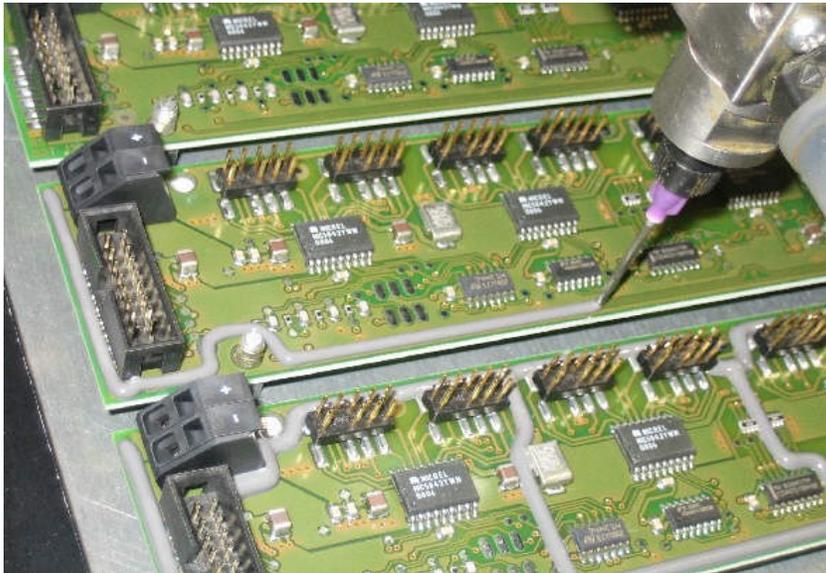
- **Verarbeitungsverfahren:**
 - Koordinatendispenser für DAM oder Rahmen
 - 2K-Mischdosieranlage für Fill
- **Übliche Materialien:**
 - für DAM 1K-Gießharze
 - für Fill 2K Vergussmassen
- **Übliche Schichtdicke (Dammhöhe):**
 - bis 5 mm oder höher beim Rahmenverguss



InnoCoat
innovative coatings gmbh

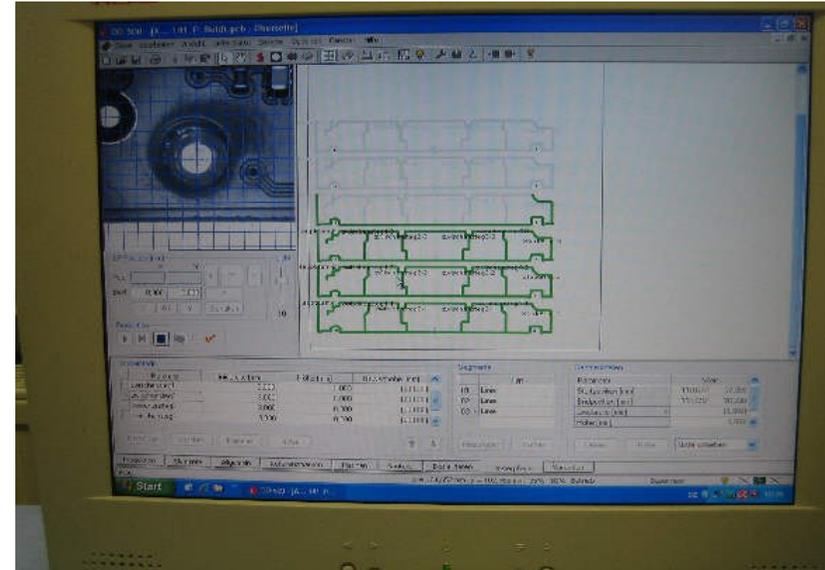
DAM&FILL

Dam-Dispensing



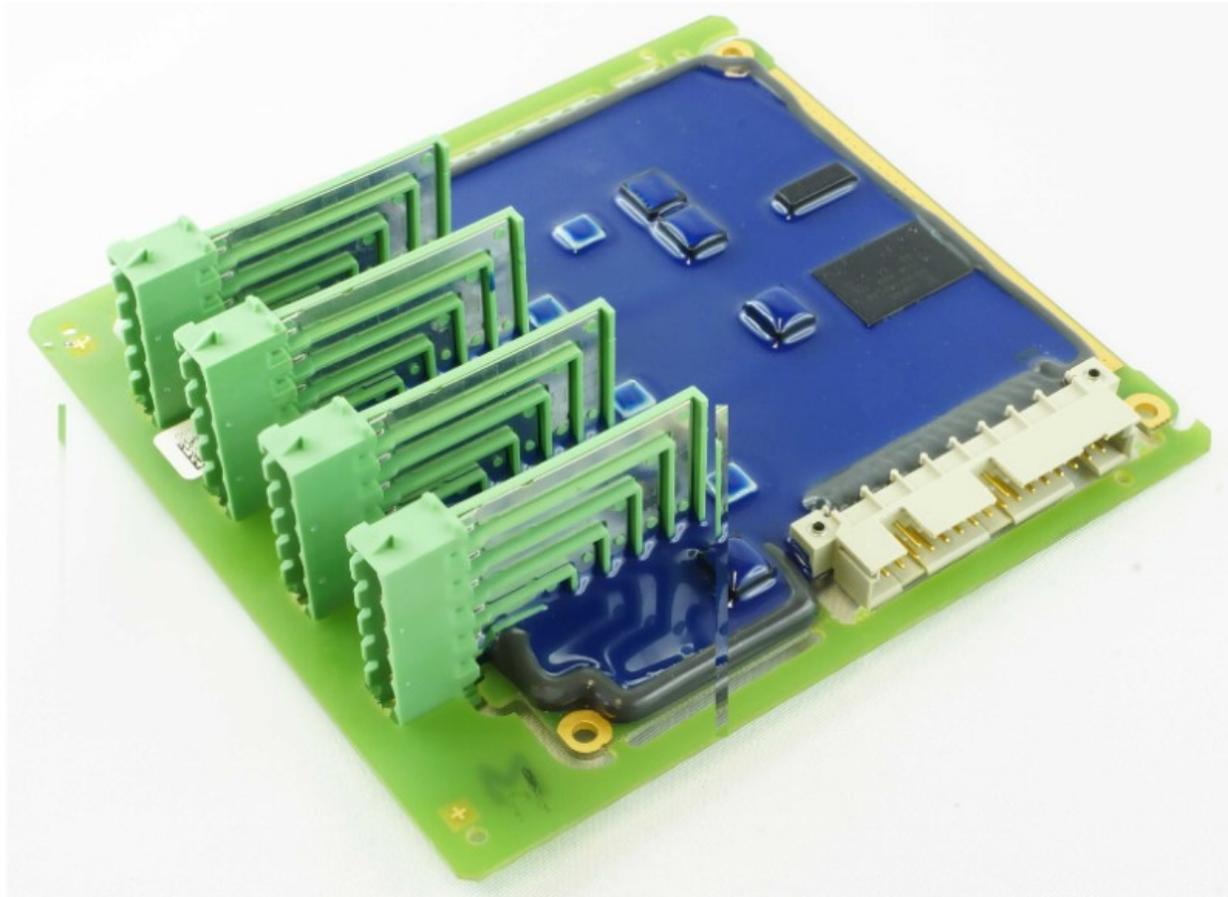
InnoCoat
innovative coatings gmbh

Programmierumgebung



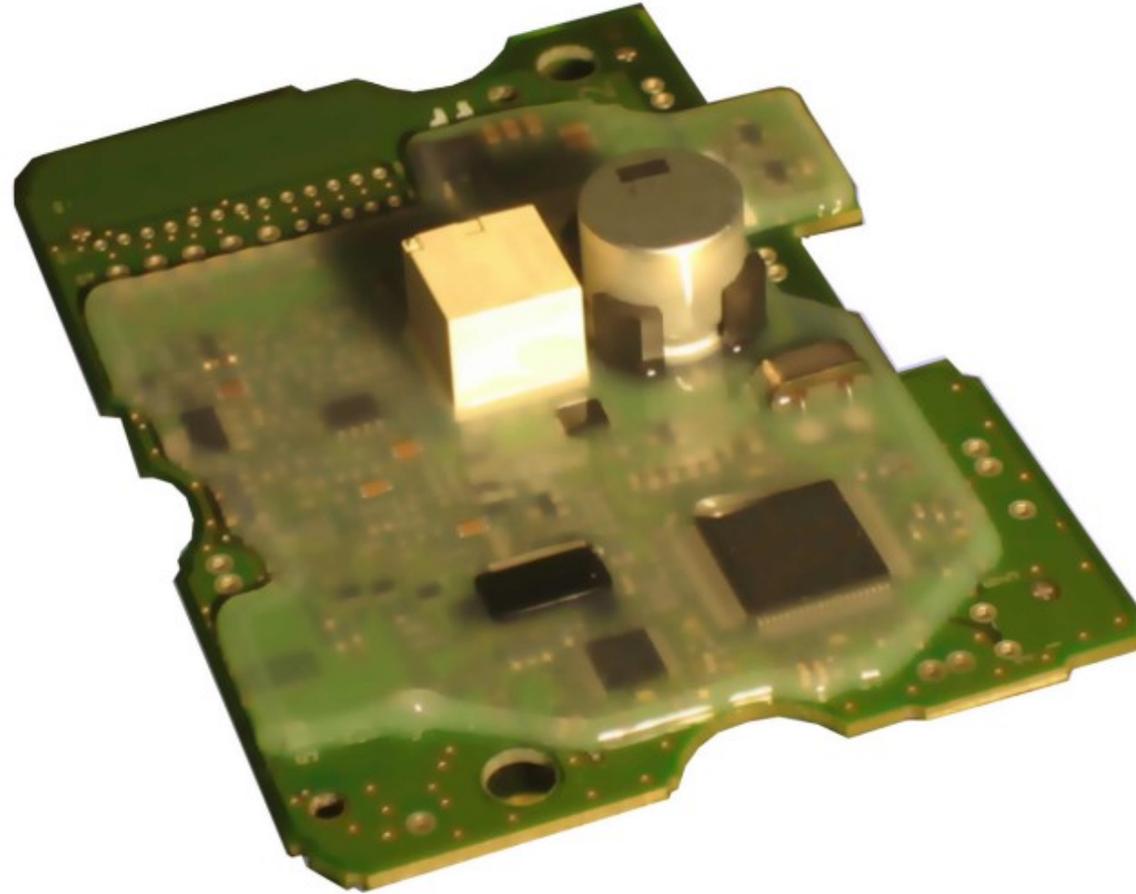
InnoCoat
innovative coatings gmbh

DAM&FILL / BEISPIELE



InnoCoat
innovative coatings gmbh

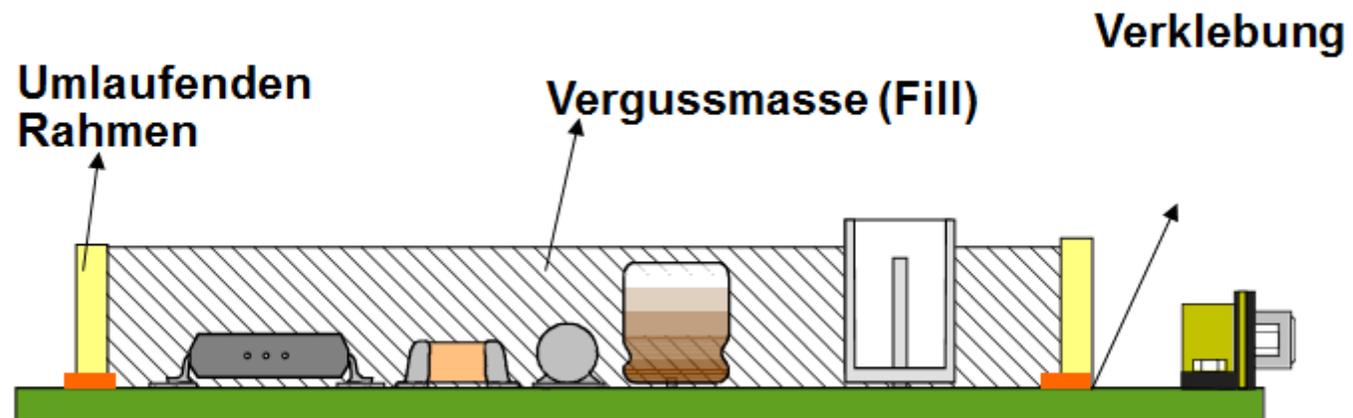
DAM&FILL / BEISPIELE



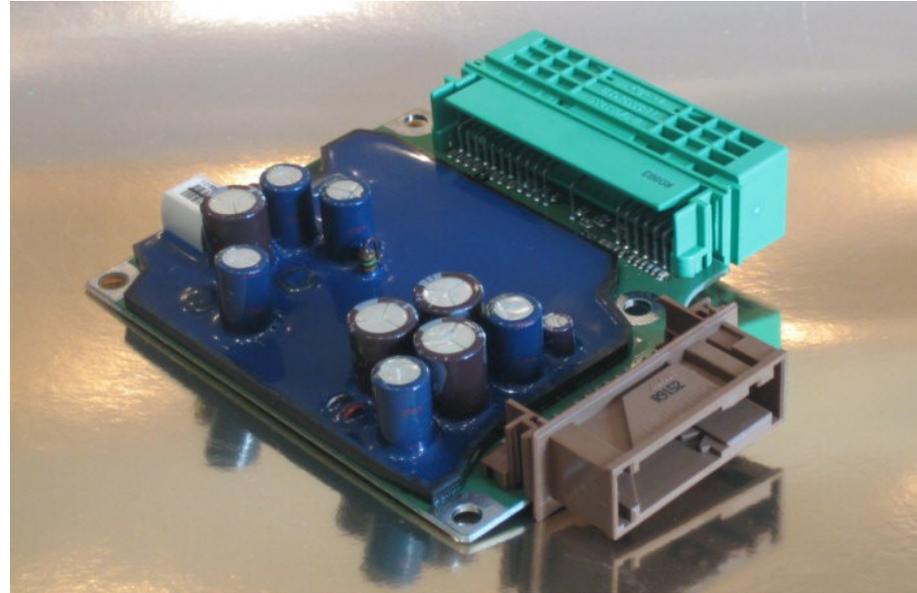
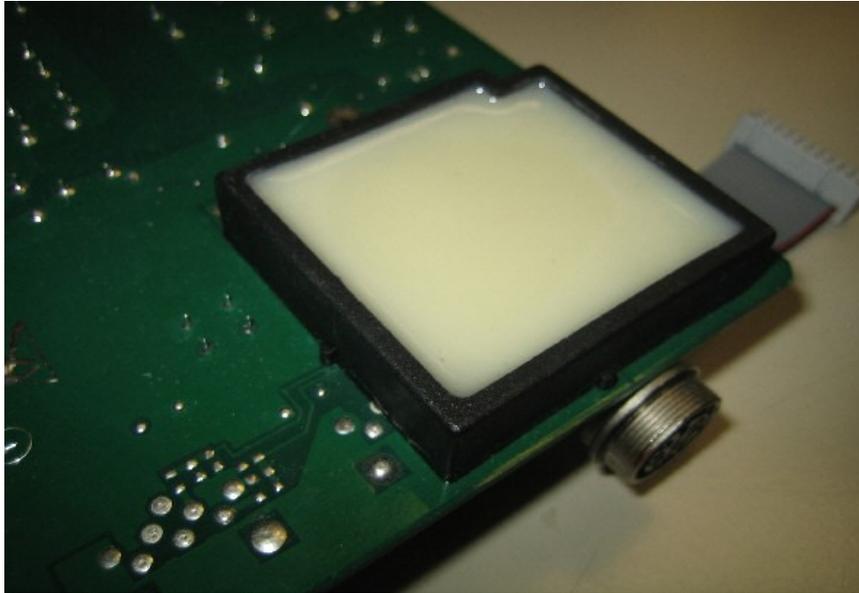
InnoCoat
innovative coatings gmbh

RAHMENVERGUSS

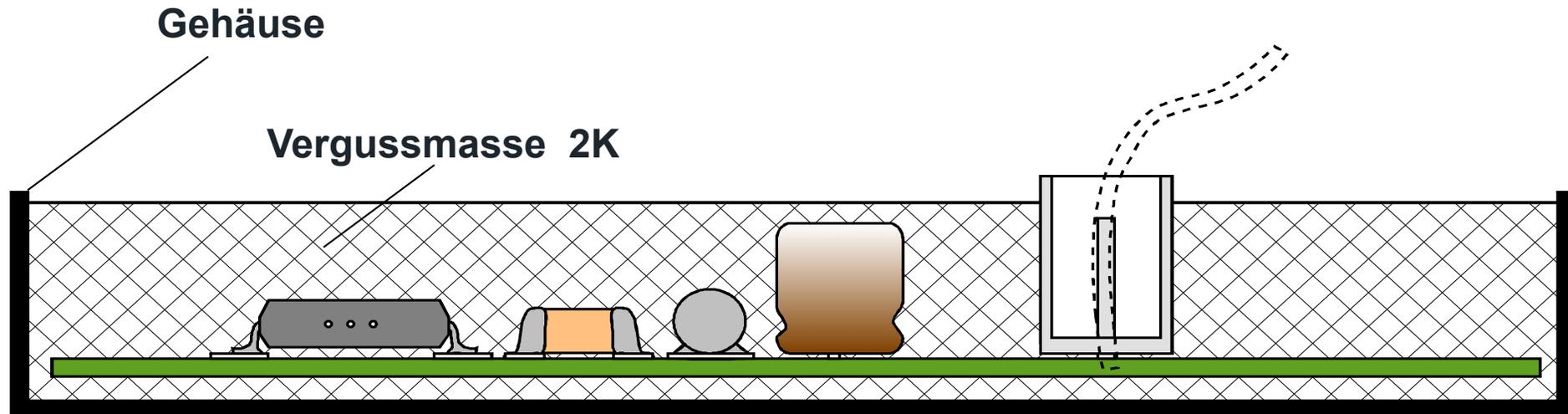
Höhere Schichtdicken als Dam&Fill möglich!



RAHMENVERGUSS / BEISPIELE



VOLLVERGUSS/GEHÄUSEVERGUSS

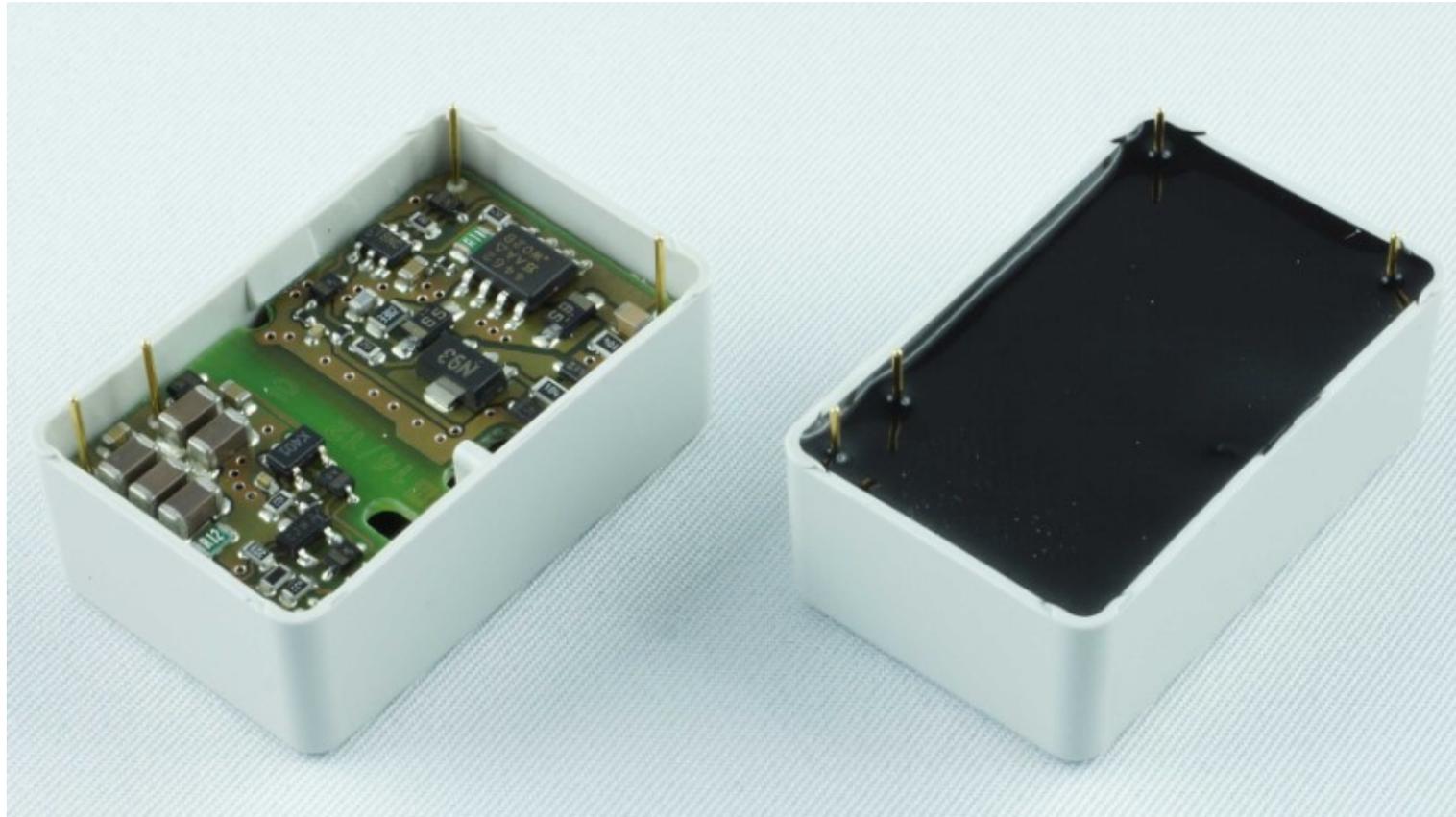


VOLLVERGUSS/GEHÄUSEVERGUSS BSP.



- Hohe Initialkosten -Spritzgusswerkzeug
- Geringe Stückkosten
- Geeignet für „High Volume“ Produktion

VOLLVERGUSS/GEHÄUSEVERGUSS BSP.

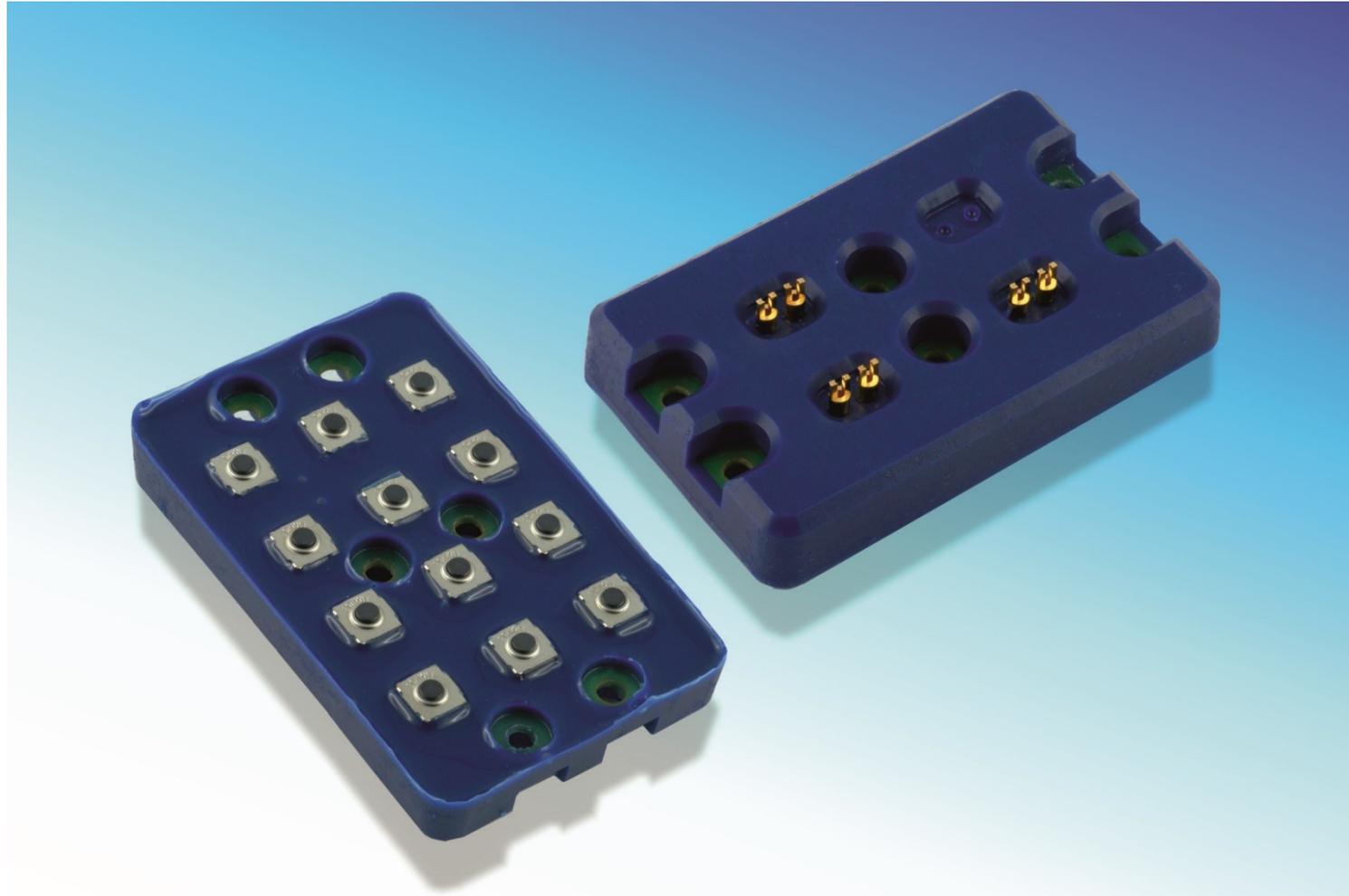


VOLLVERGUSS/GEHÄUSEVERGUSS BSP.



InnoCoat
innovative coatings gmbh

GEHÄUSELOSER FORMVERGUSS



InnoCoat
innovative coatings gmbh

GEHÄUSELOSER FORMVERGUSS

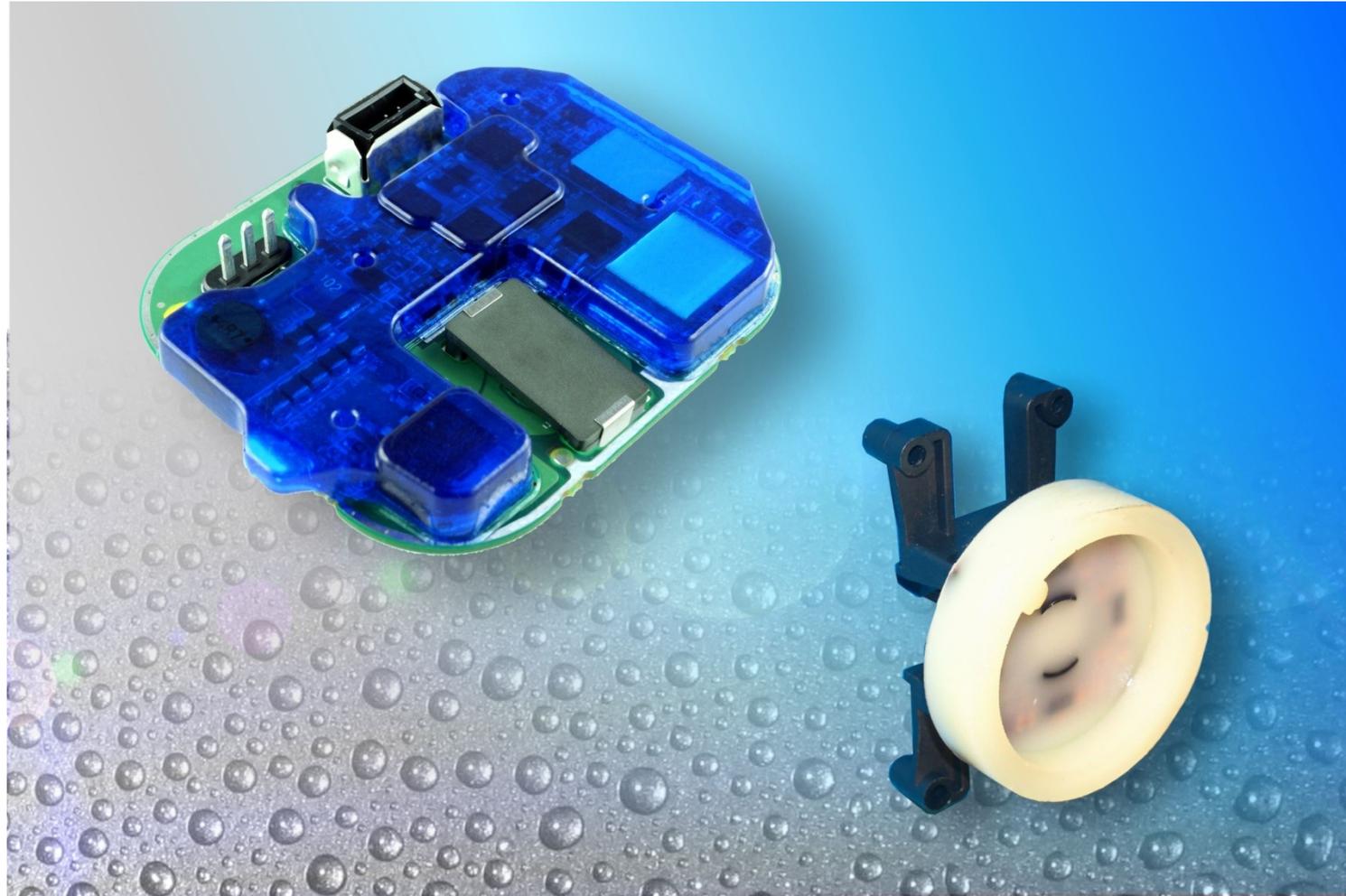
Tastaturplatine – Steckerpins auf Bot-Site lackfrei



Geringe Initialkosten , Hohe Stückkosten , Geeignet für „High Mix“ Produktion

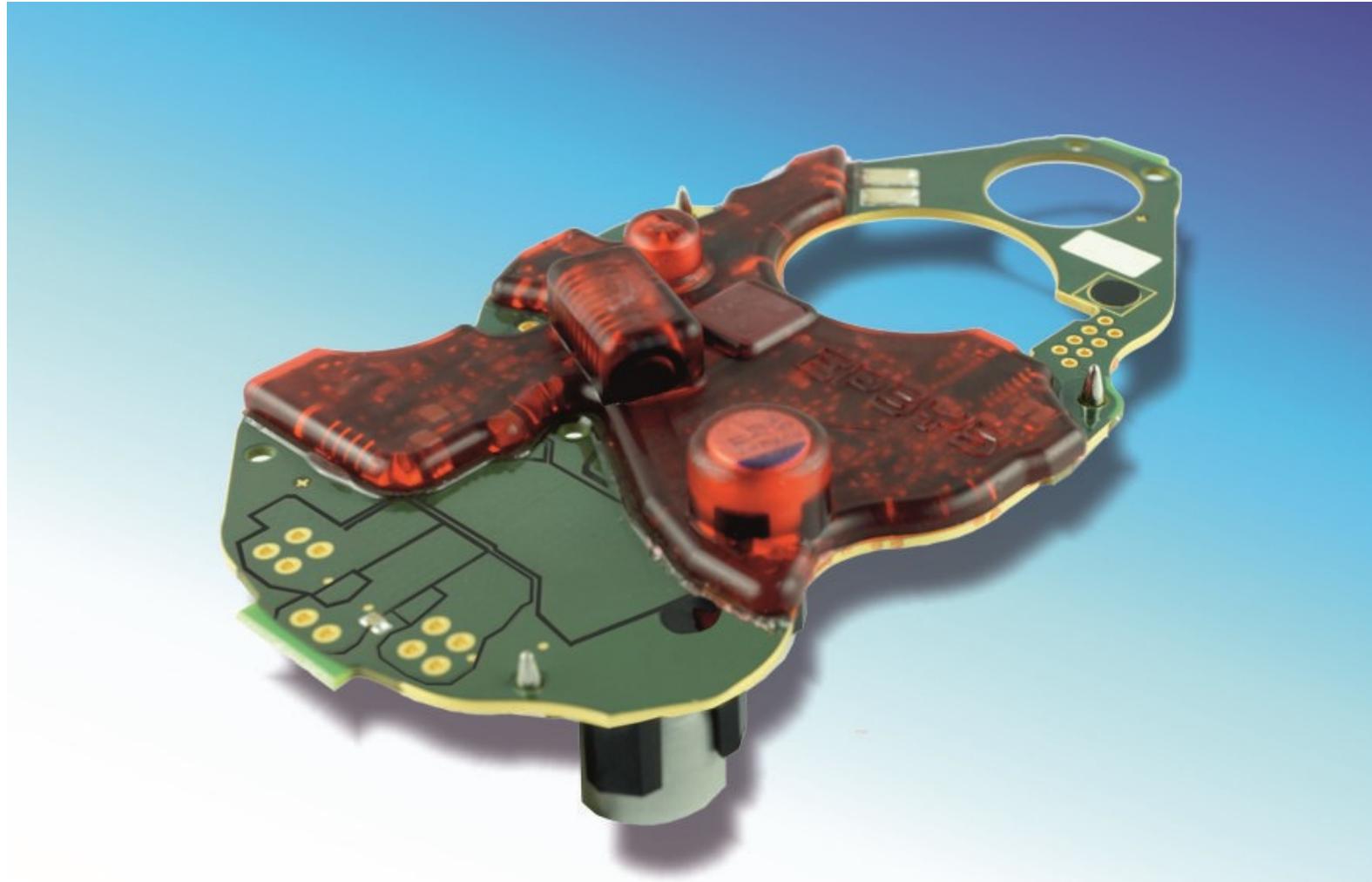
InnoCoat
innovative coatings gmbh

GEHÄUSELOSER FORMVERGUSS / BSP.



InnoCoat
innovative coatings gmbh

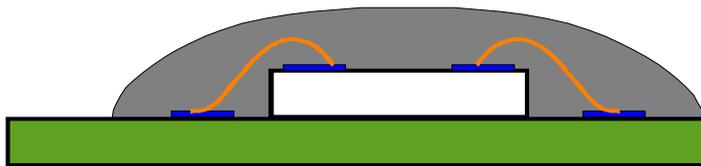
GEHÄUSELOSER FORMVERGUSS / BSP.



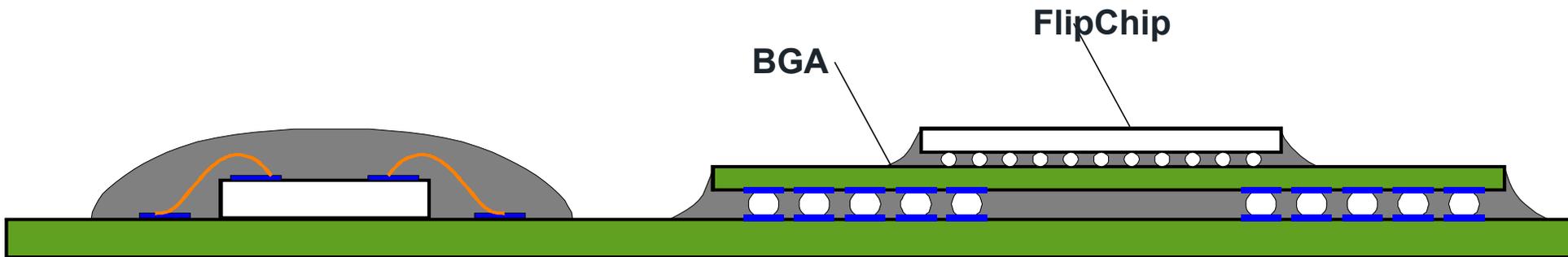
InnoCoat
innovative coatings gmbh

WEITERE BESCHICHTUNGSTECHNIKEN

Glob-Top

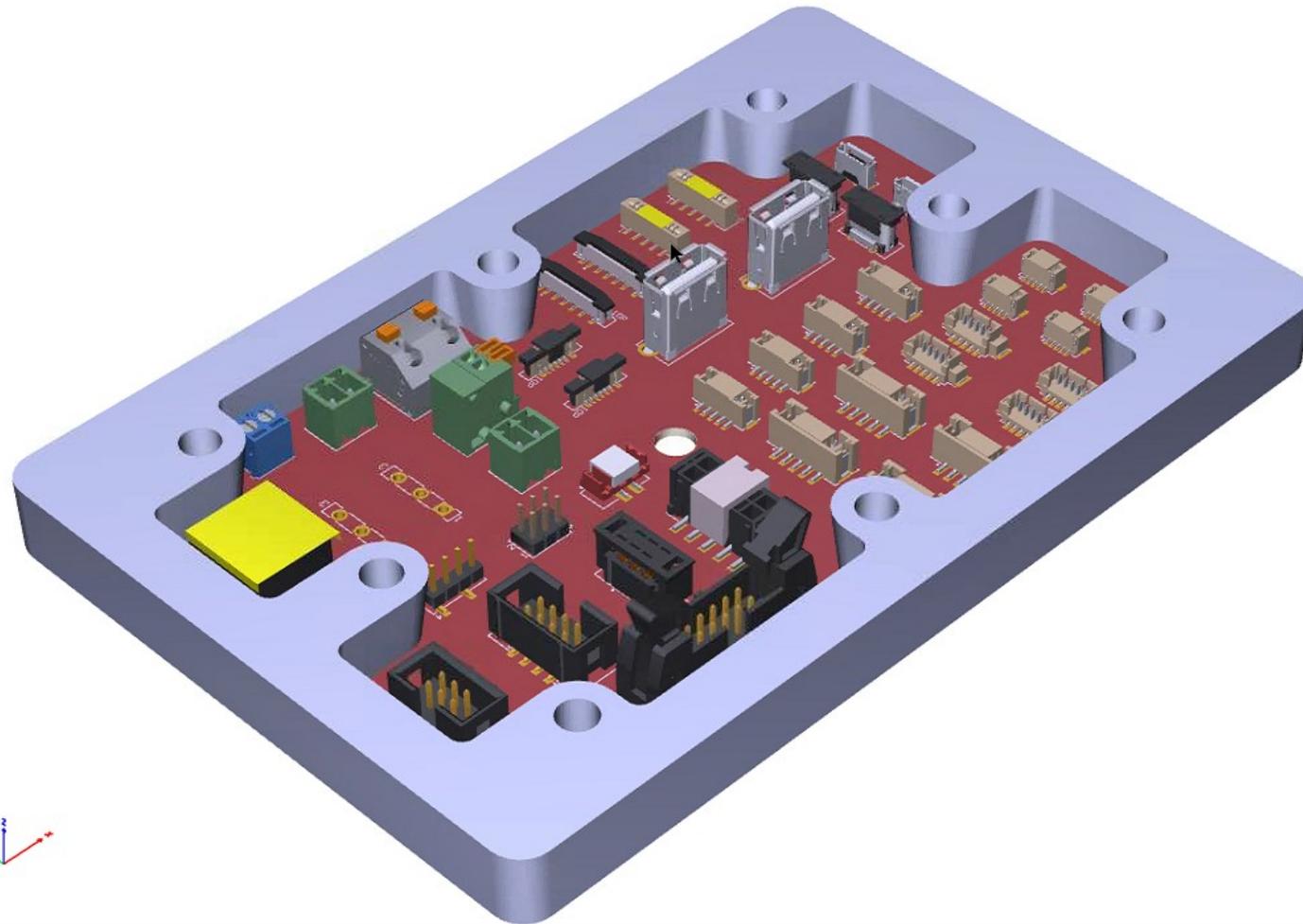


Underfill



KONTROLLE

- Messung der Shore-Härte
- Klebrigkeit, haptische Eigenschaften
- Farbe
- Menge
- Optische Inspektion: Liegen Kontakte frei
- UV-Licht



VIELEN DANK!

- Für Ihre Aufmerksamkeit



Herr Paul Voinea

p.voinea@inno-coat.de

+49 (0)911 2398046-11

Nimrodstr. 9, Haus 2

90441 Nürnberg