

Kontaktierungslösungen für Leiterplatten auf Basis der Einpresstechnik



**Regionalgruppenveranstaltung
FED bei E-T-A Elektrotechnische
Apparate GmbH
am 23. Oktober 2018**

Referent: Andreas Machill

**Würth Elektronik ICS GmbH & Co. KG
Intelligent Power & Control Systems**

Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



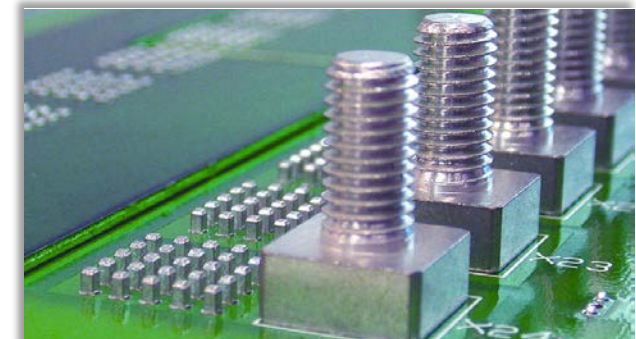
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



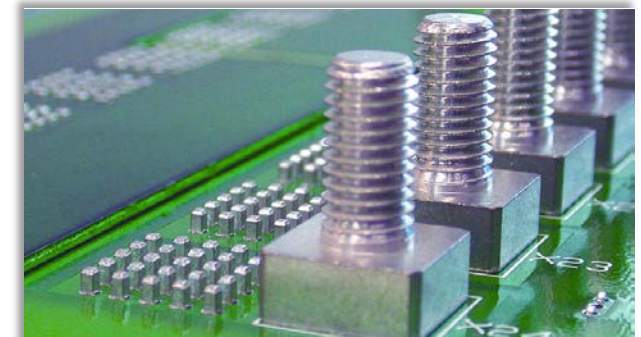
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

Die Würth Gruppe

Eine starke Familie



WÜRTH GROUP



- Weltmarktführer im Handel mit Montage- und Befestigungsmaterial
- Mehr als 74.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter weltweit
- Mehr als 32.000 Außendienstmitarbeiter kontaktieren jeden Tag 300.000 Kunden
- Kernsortiment umfasst ca. 125.000 Produkte
- 12,7 Mrd. Euro Jahresumsatz 2017
- Über 400 selbstständige Einzelgesellschaften in mehr als 80 Ländern



Die Würth Gruppe

Geschäftsfelder



Geschäftsfelder der Würth Gruppe



Würth-Linie



Elektrogroßhandel



Handel



reca Group



Produktion



Werkzeuge



Elektronik



Schrauben & Normteile



Finanzdienstleistungen

Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



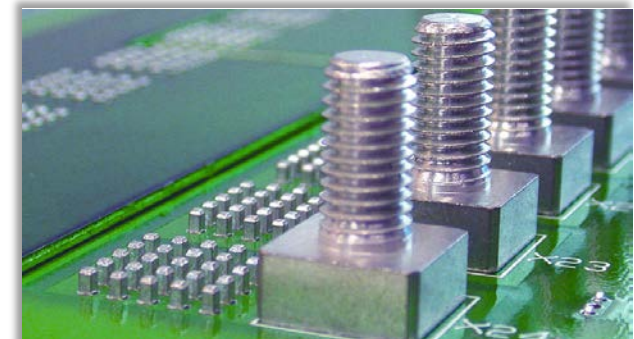
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

Die Unternehmensgruppe Würth Elektronik Geschäftsbereiche



Die Würth Elektronik Unternehmensgruppe

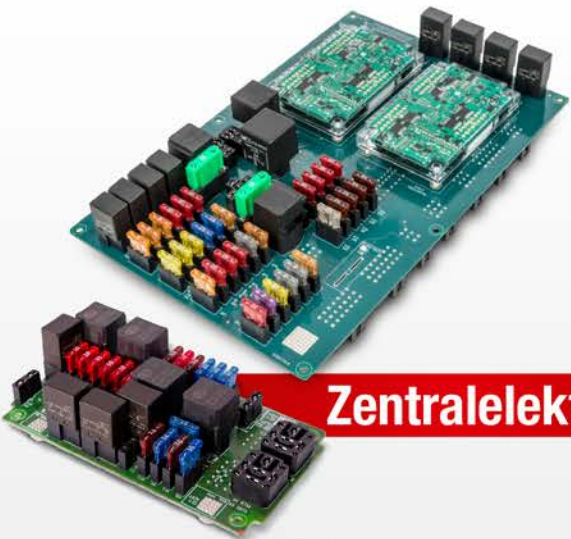
926 Mio. Euro Umsatz & 8.300 Mitarbeiter in 2017

Leiterplatten
Würth Elektronik CBT

Intelligente Power- & Steuerungssysteme
Würth Elektronik ICS

Elektronische & Elektromechanische Bauelemente
Würth Elektronik eiSos

Würth Elektronik ICS Intelligente Power- & Steuerungssysteme



Zentralelektriken

Steuerungen

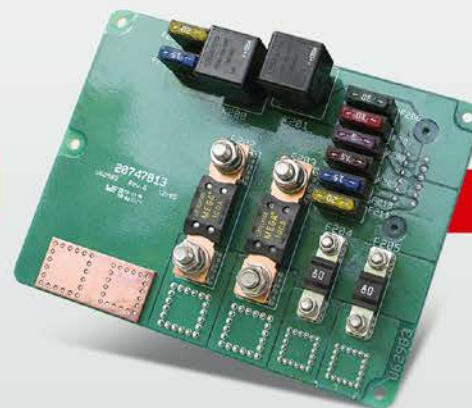


SKEDD

**Steckverbinder-
Technologie**



Powerelemente



Powerboards

Lösungen und Technologien für:

- Powermanagement
- Signalübertragung
- Steuerung
- Anzeige und Eingabe
- Steckverbindungen



**Anzeige & Bedienfelder/
HMI Lösungen**



Powerboxen

Würth Elektronik ICS

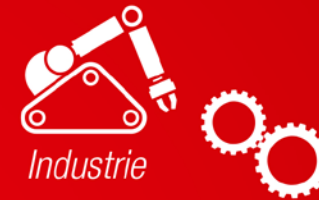
Unsere Kunden



Sonderfahrzeuge



*Landwirtschaftliche
Maschinen*



Industrie



Medizintechnik



Materialtransport



*Bau-
maschinen*



*Erneuerbare
Energien*



Bahntechnik



Nutzfahrzeuge



*Telekom-
munikation*



Schiffsbau

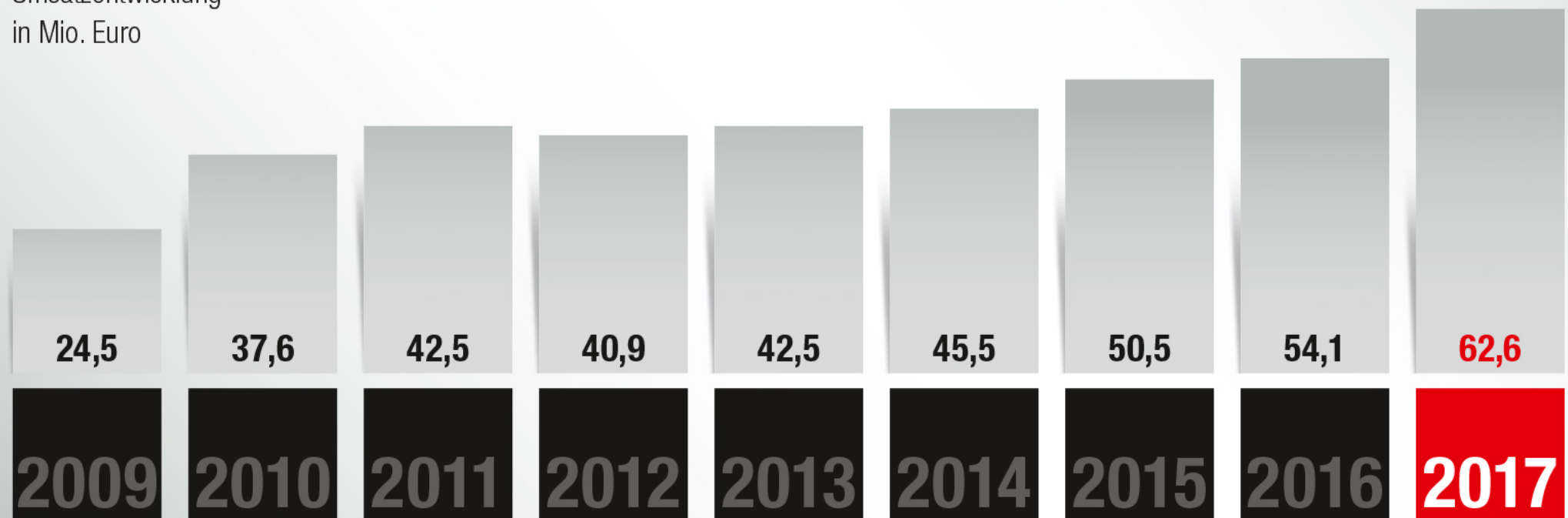
Würth Elektronik ICS ...in Zahlen



**315
Mitarbeiter**

(Stand: 2017)

Umsatzentwicklung
in Mio. Euro



Würth Elektronik ICS Standorte



Würth Elektronik ICS Standorte



Technologie- und Produktionszentrum in Niedernhall-Waldzimmern

- Fertigstellung: Mai 2014
- Grundstücksfläche: ca. 28.400 m²
- Gesamtnutzungsfläche: ca. 11.000 m²



Würth Elektronik ICS Zertifizierte Systeme



ISO14001 – ISO9001 – IATF 16949 – KBA – IT Sicherheit



Würth Elektronik ICS Produktion



**Bestückung von rund 30.000
SMT-Bauteilen pro Stunde**



**Bestückkapazität bis zu 15
Millionen Sicherungen pro Jahr**



**Bis zu 6.000 Einpressvorgänge
pro Stunde**



**Millionen von Baugruppen mit Milliarden von
Einpresszonen im täglichen Einsatz**

Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



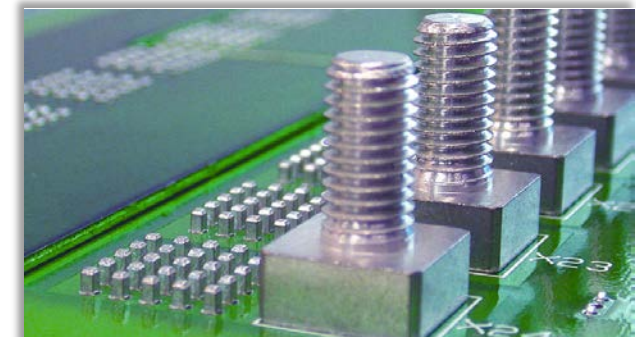
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

Grundlagen der Einpresstechnik

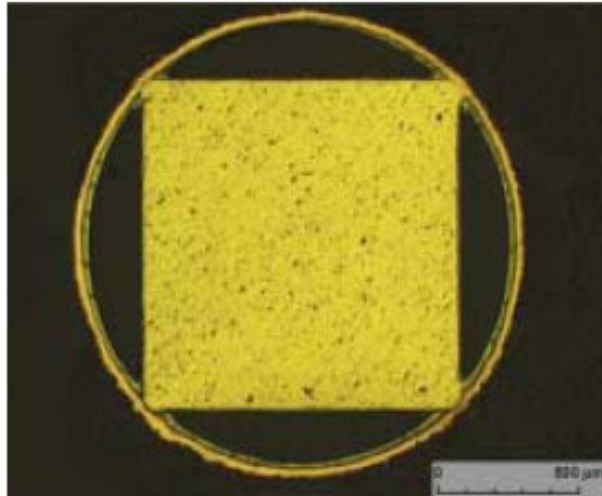
Was ist Einpresstechnik?



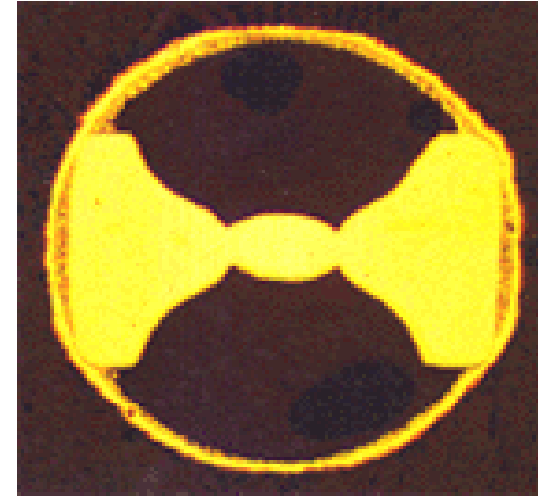
- **Verbindungstechnologie**, bei der ein Einpresspin in das durchkontaktierte Loch einer Leiterplatte gepresst wird
- Dabei entsteht eine gasdichte, **leistungsfähige elektrische Verbindung** mit einem extrem **niedrigen elektrischen Widerstand**
- Man unterscheidet zwischen **massiver, flexibler und Miniatur** Einpresstechnik

Grundlagen der Einpresstechnik

Massive und flexible Einpresstechnik



Schliffbild einer Einpresszone mit massivem Pin



Schliffbild einer Einpresszone mit flexiblem Pin

Massive Einpresstechnik

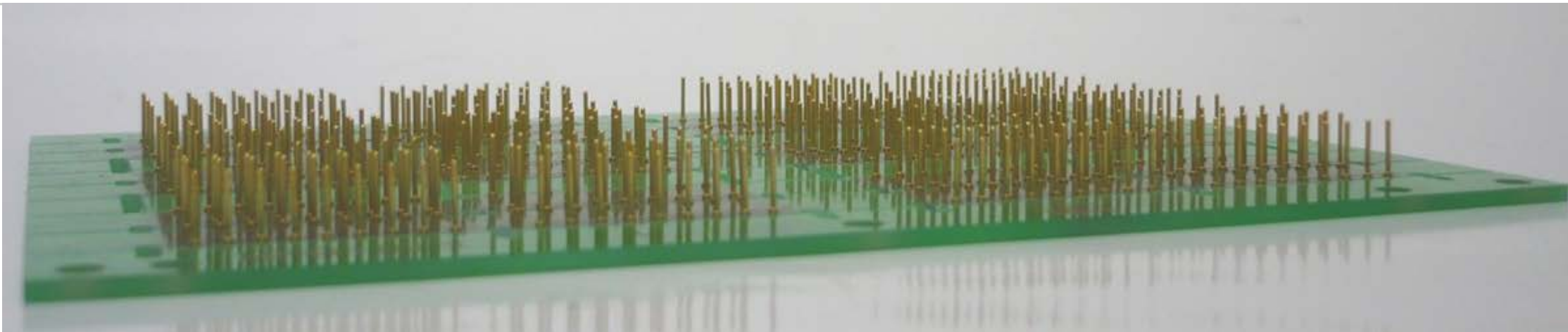
- Verarbeitung von dicken Hochstrom-Leiterplatten mit hoher Kupferbelegung
- Einpressen von Kupferschienen zur Verarbeitung sehr hoher Ströme
- Aufnahme der mechanischen Kräfte durch die Deformation der Leiterplatte und/oder der durchkontaktierten Bohrung
- Geeignet für kleine Polzahlen
- Höhere Haltekräfte als bei flexiblen Pins

Flexible Einpresstechnik

- Verarbeitung von mehr als zehn verschiedenen Einpresszonen
- Entwicklung eigener flexibler Einpresszonen (Fork Press, U-Press)
- Aufnahme der mechanischen Kräfte hauptsächlich durch den Einpresspin
- Geeignet für hochpolige Steckverbindungen
- Geringere Einpresskräfte als bei starren Pins notwendig
- Größere Lochtoleranz der durchkontaktierten Bohrungen in den Leiterplatten

Grundlagen der Einpresstechnik

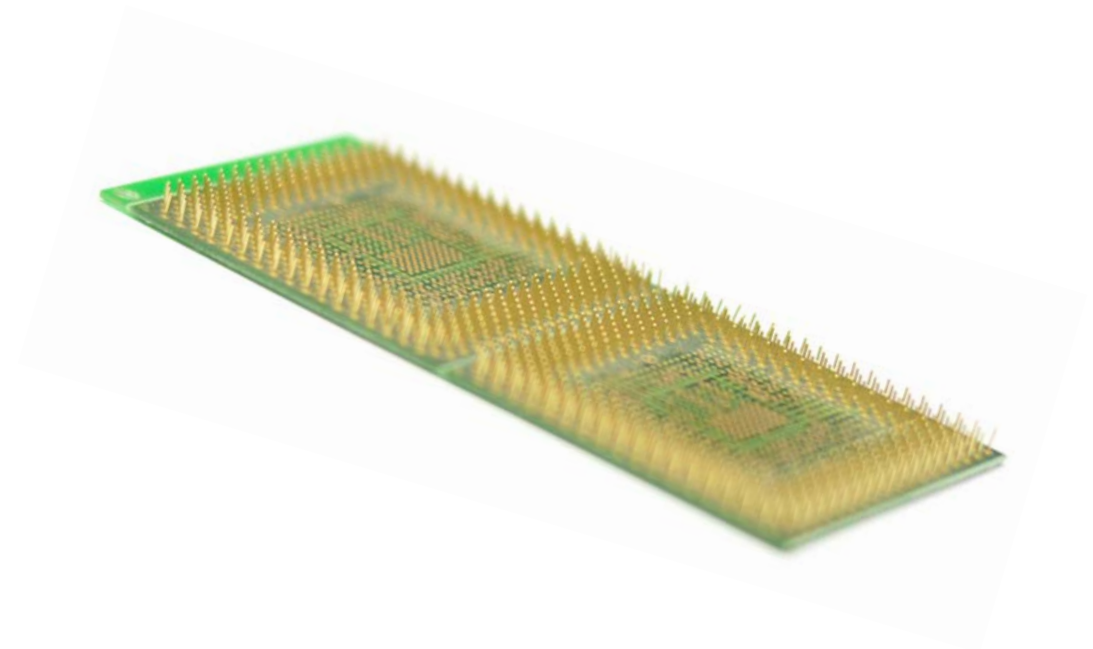
Miniatur Einpresstechnik



Miniatur Einpresstechnik

Technische Möglichkeiten

- Verarbeitung von Stiftdiagonalen ab 0,50mm für Leiterplattendicke von 1,6mm ohne Überstand
- Haltekräfte pro Pin von mind. 30N
- Stiftabstände im Rastermaß von 1,27mm
- Adaptierung von Polzahlen bis 370 Pins
- Realisierung von kundenspezifischen Anforderungen bezüglich der Stiftlänge, Stiftdiagonale, Oberfläche, Rastermaß etc.



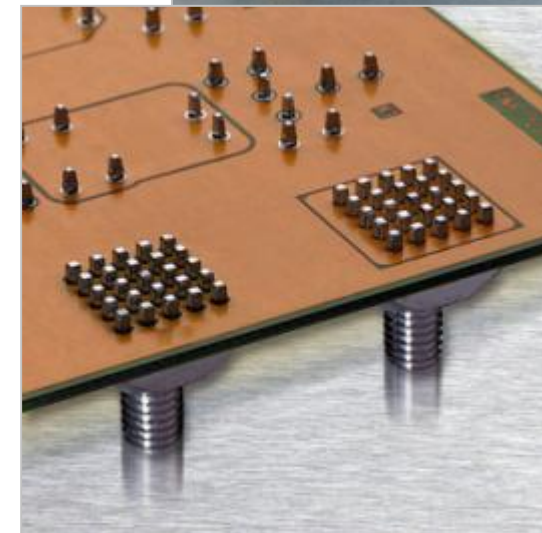
Grundlagen der Einpresstechnik

Massive Einpresstechnik vs. Löttechnik



Als eine vorteilhafte Alternative zur reinen Löttechnik ermöglicht die Einpresstechnik:

- Einfache Verarbeitung von sehr dicken (Hochstrom-) Leiterplatten mit hoher Kupferbelegung
- Problemlose zweiseitige Bestückung der Leiterplatte, dadurch kompakte Auslegung von Baugruppen
- Thermisch vorteilhafte Verarbeitung hoher Ströme aufgrund der verkürzten Leiterbahnen bei kompakter Auslegung von Baugruppen
- Elektrische und außerordentlich stabile mechanische Verbindung zwischen Einpress-Komponenten und Leiterplatte



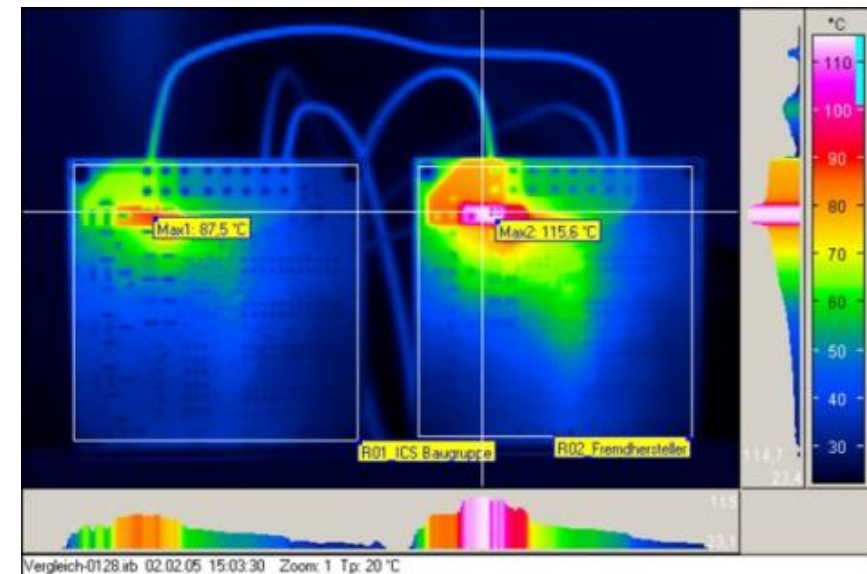
Grundlagen der Einpresstechnik

Massive Einpresstechnik vs. Löttechnik



Als eine vorteilhafte Alternative zur reinen Löttechnik ermöglicht die Einpresstechnik:

- Keine thermische Belastung der Leiterplatte
- Durch kaltschweißende Verbindung wesentlich geringer Übergangswiderstand zwischen dem Einpresspin und der Leiterplattenhülse
- Keine Gefahr von kalten Lötstellen
- Gute Haftung von Beschichtungen, da keine Flussmittelreste
- Hohe mechanische Belastbarkeit und Vibrationsbeständigkeit
- Wirtschaftlichere Möglichkeit der beidseitigen Bestückung



Thermografiebild: links Baugruppe in Einpresstechnik; rechts Baugruppe in Löttechnik

Grundlagen der Einpresstechnik

Elektrische Eigenschaften

- **Behauptung:** Die Einpressverbindung hat eine geringe Verlustleistung und damit auch eine sehr hohe Stromtragfähigkeit.
- **Voraussetzung:** Übergangswiderstand der Einpressverbindung (Pin+Leiterplatte) \leq Eigenwiderstand des Pins
- **Mindestbedingung für Erfüllung*:**

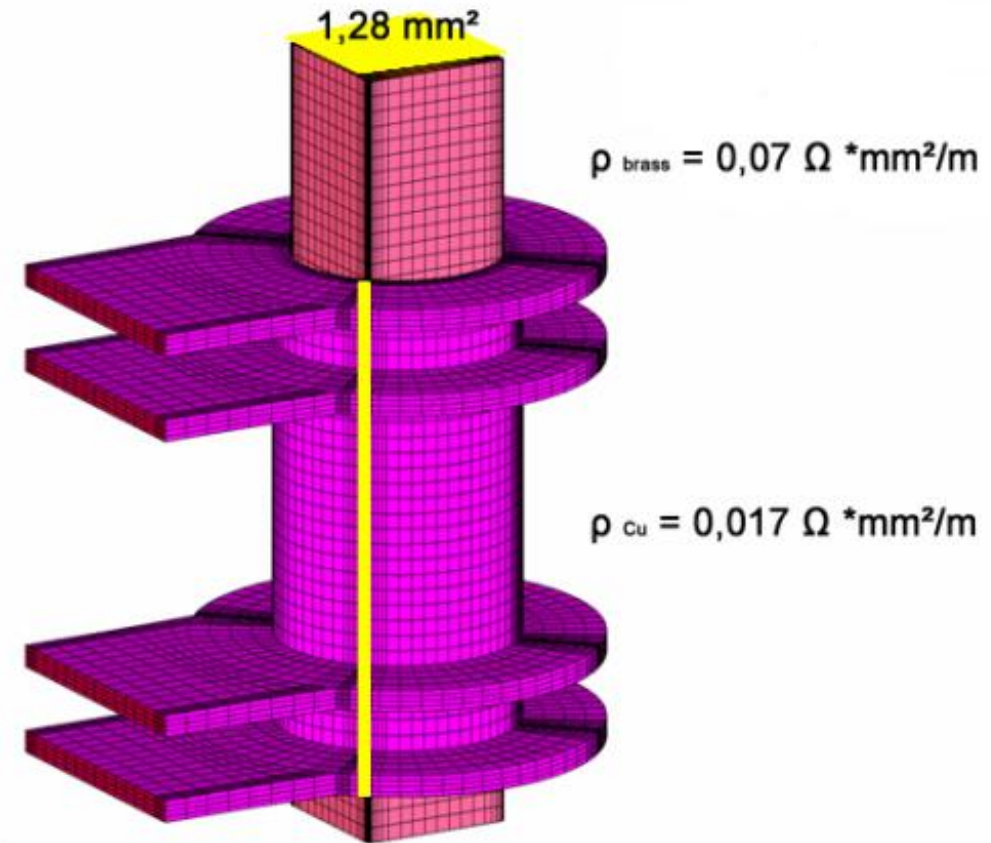
Anbindungsfläche zwischen Pin und Hülse \geq
 Querschnittsfläche des Pins ($1,28\text{mm}^2$)

$$1,28\text{mm}^2 = 4 \times 2,4\text{mm} \times \varphi \times 0,725\text{mm}$$

$$\varphi = 0,184 \text{ oder } \varphi = 10,5^\circ \text{ im Winkelmaß}$$

D.h. wenn der **Anbindungswinkel** zwischen dem Einpresspin und der Hülse **mindestens 10°** beträgt, dann ist die obere **Voraussetzung erfüllt**.

***Annahmen:** 2,4 mm dicke Leiterplatte; Cu-Hülsen-Innendurchmesser von 1,45mm; Pin und Leiterplattenhülse aus gleichem Material (Cu)



Schematische Darstellung einer Einpresszone mit massivem Pin in einer 4-Lagen Schaltung

Grundlagen der Einpresstechnik

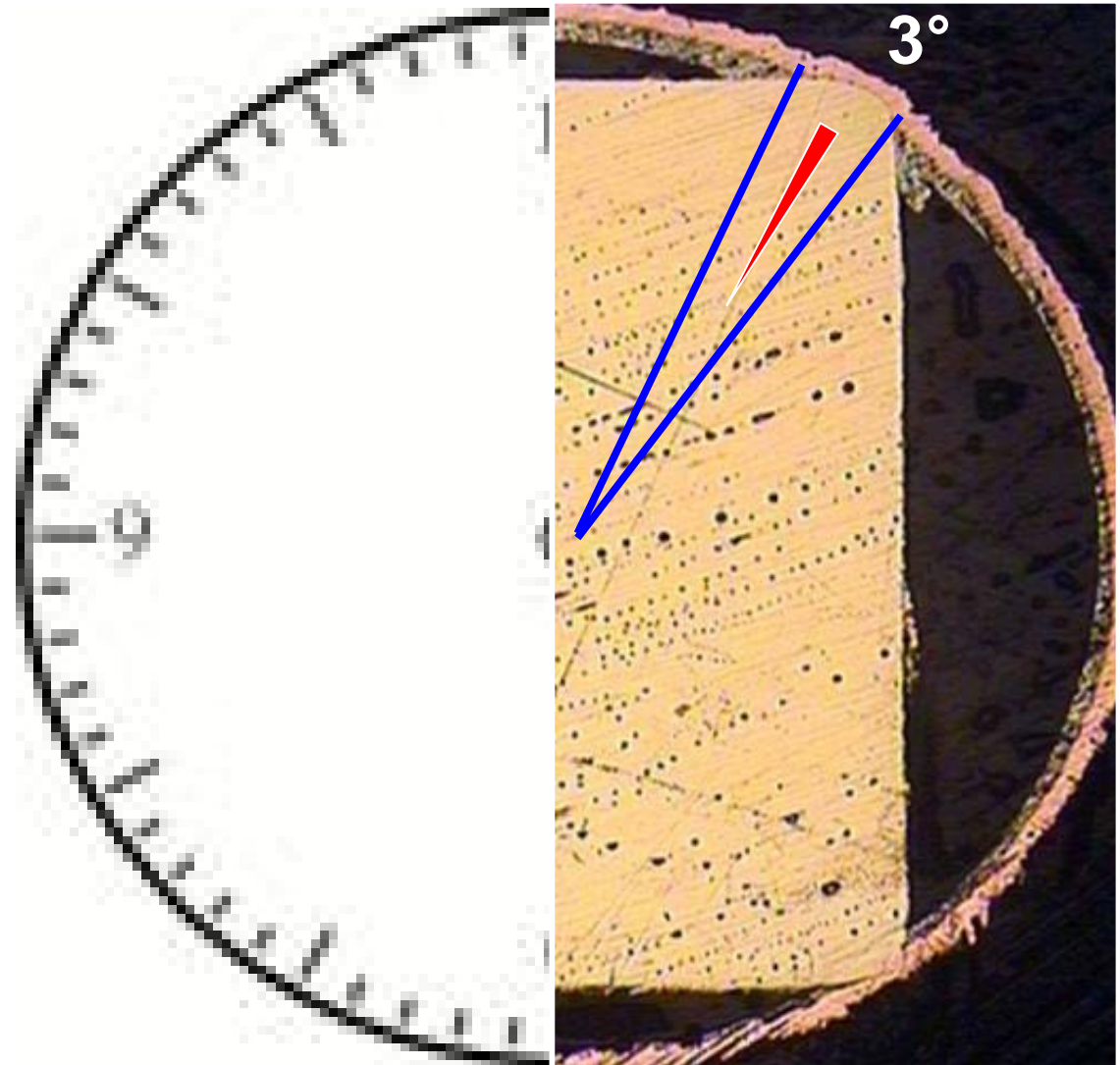
Elektrische Eigenschaften



- **In der Realität:** Pin-Material ist Messing mit dem spezifischen Widerstand um den Faktor 4 größer als Kupfer
- **Nach ohmschem Gesetz:** die an den Einpress-Pin angebundene Kupferfläche wirkt elektrisch wie eine 4-fach größere Messingfläche



Der erforderliche Anbindungswinkel
nur 3°



Mindestanbindung des Pins im Vergleich zur realen Einpresszone

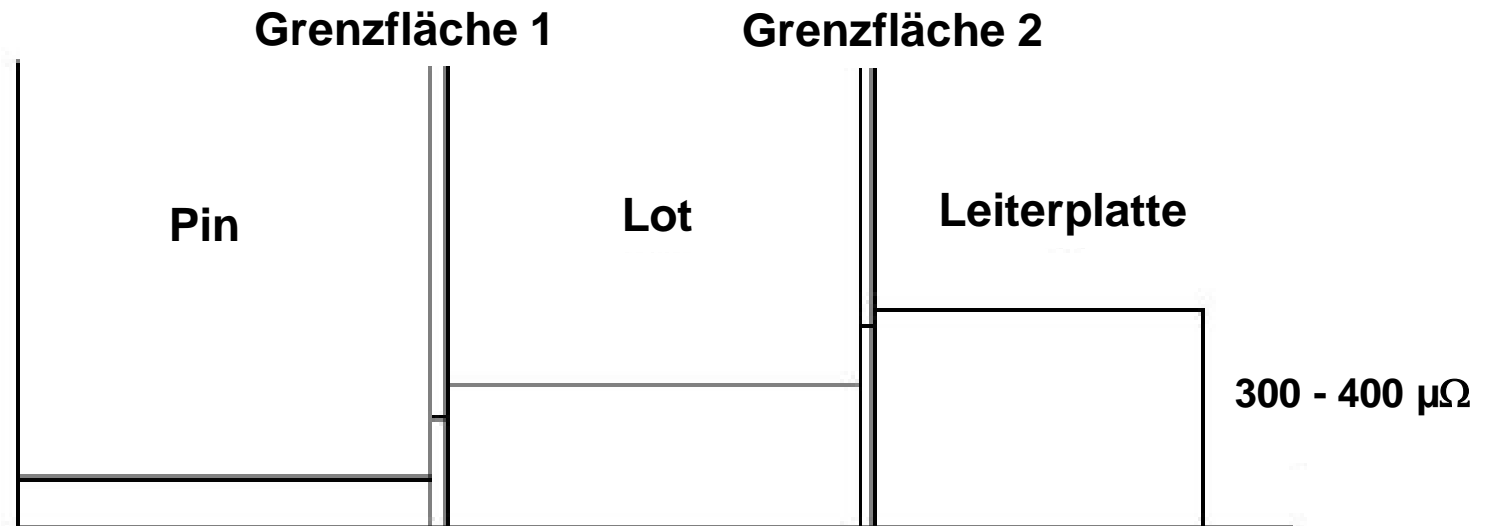
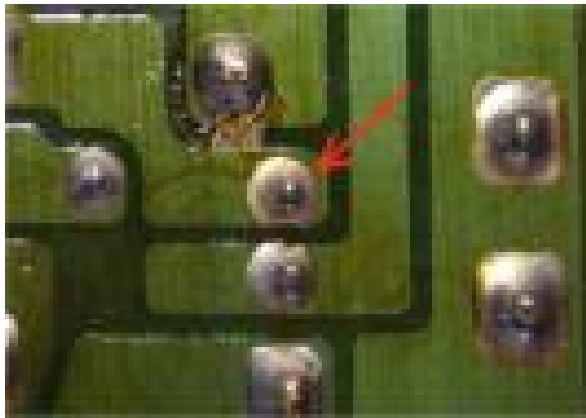
Grundlagen der Einpresstechnik

Elektrische Eigenschaften

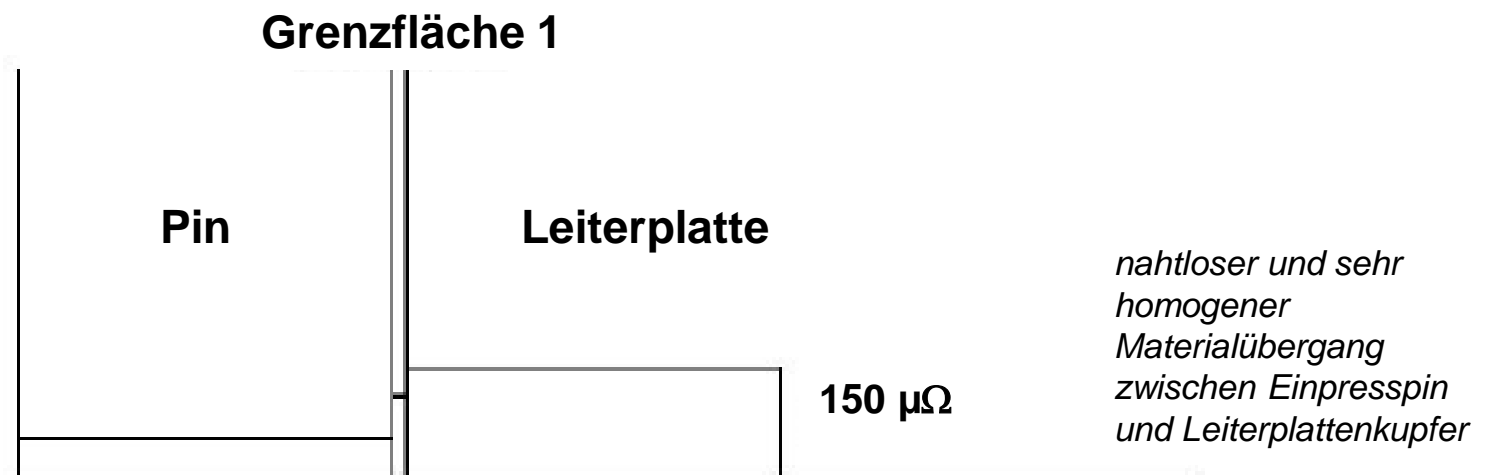
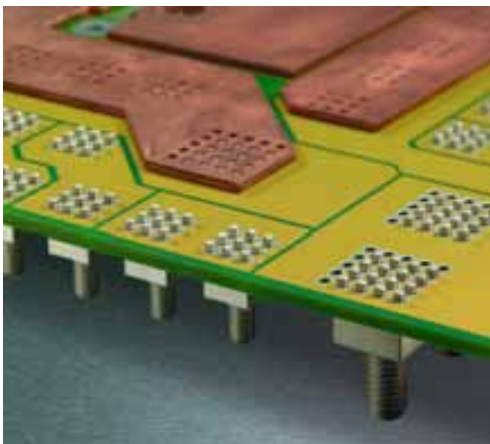


Übergangswiderstände bei einer Einpress- und einer Lötverbindung

Lötverbindung



Einpressverbindung



Grundlagen der Einpresstechnik

Qualifizierung



Standard-Tests nach geltenden Normen

- **Internationale Standardnorm für Straßenfahrzeuge**
 - ISO 16750: Umgebungsbedingungen und Prüfungen für elektrische und elektronische Ausrüstung
- **Mechanische Tests nach**
 - IEC 60068-2-6 Schwingen Sinusförmig
 - IEC 60068-2-27 Schocken und -29 Dauerschocken
 - IEC 60068-2-32 Freier Fall
 - IEC 60068-2-64 Schwingen Breitbandrauschen
 - IEC 60068-2-80 Mixed-Mode Vibrationsprüfung
- **Klimatische Tests nach**
 - IEC 60068-2-1 Kälte und -2 Trockene Wärme
 - IEC 60068-2-11 Salznebel und -52 Salznebel zyklisch
 - IEC 60068-2-14 Temperaturwechsel
 - IEC 60068-2-30 Feuchte Wärme zyklisch und -78 konstant
 - IEC 60068-2-38 Temperatur/Feuchte zyklisch
 - IEC 60068-2-60 Korrosionsprüfung mit strömendem Mischgas
- **Einpressverbindungen IEC 60352-5**

Eigene Untersuchungen

- **Einpresszone**
 - Bohrdurchmesser
 - Kupferdicke der Hülse
 - Haltekräfte als Funktion der Kupferdicke in der Hülse
 - Korrelation zwischen Haltekräften und Stromtragfähigkeit
 - Haltekräfte vor und nach der Vibration
 - Drehmomente
 - Oberflächen der Hülse
 - Kaltverschweißung
 - Diffusion Cu/Sn
- **Simulationen**
 - Stromtragfähigkeit der Einpresszone
 - Drehmomentbelastung von Powerelementen
- **Fertigungstechnologien**
 - Einpressen vor und nach der Beschichtung der Baugruppe
 - Einfluss des Vergusses
 - RoHS Konformität

Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



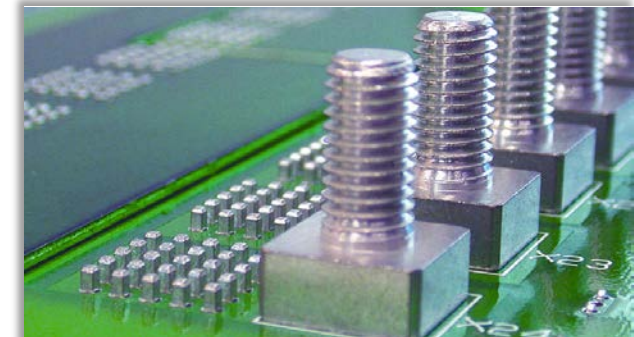
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



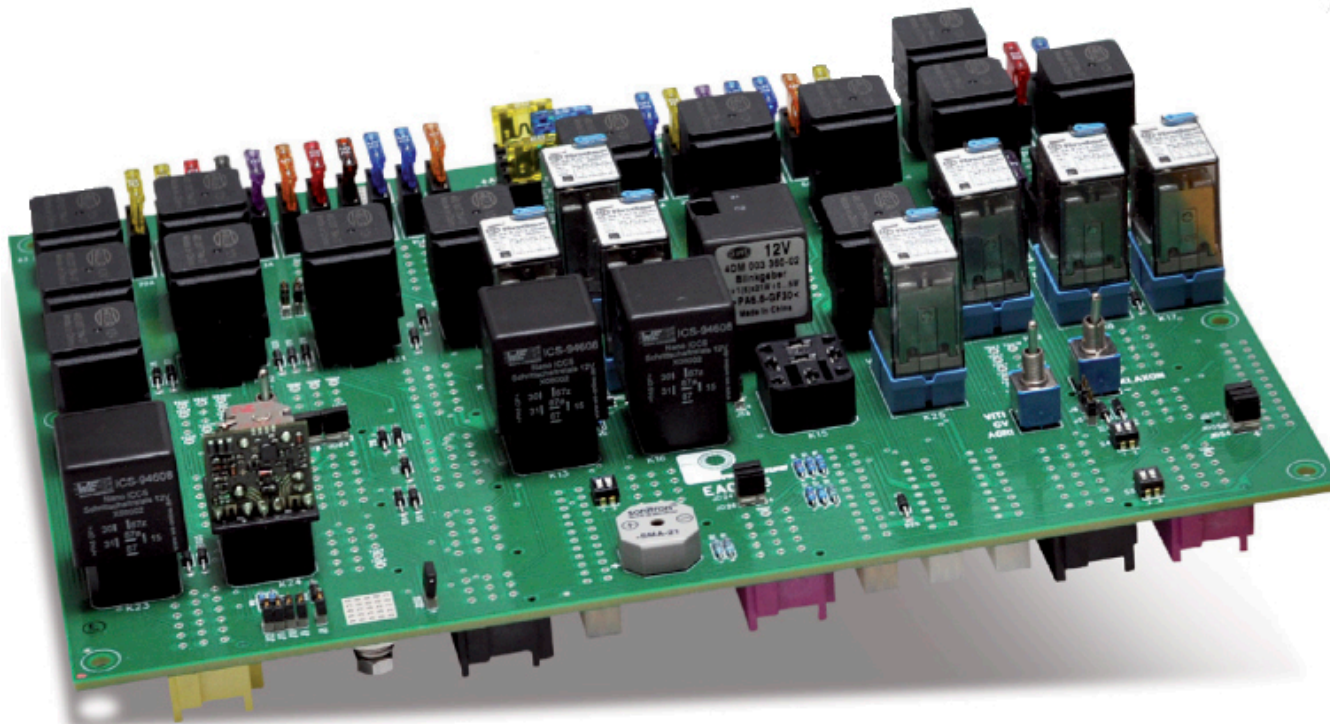
Praxiserfahrungen

Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



Beidseitige Bestückung der Leiterplatte

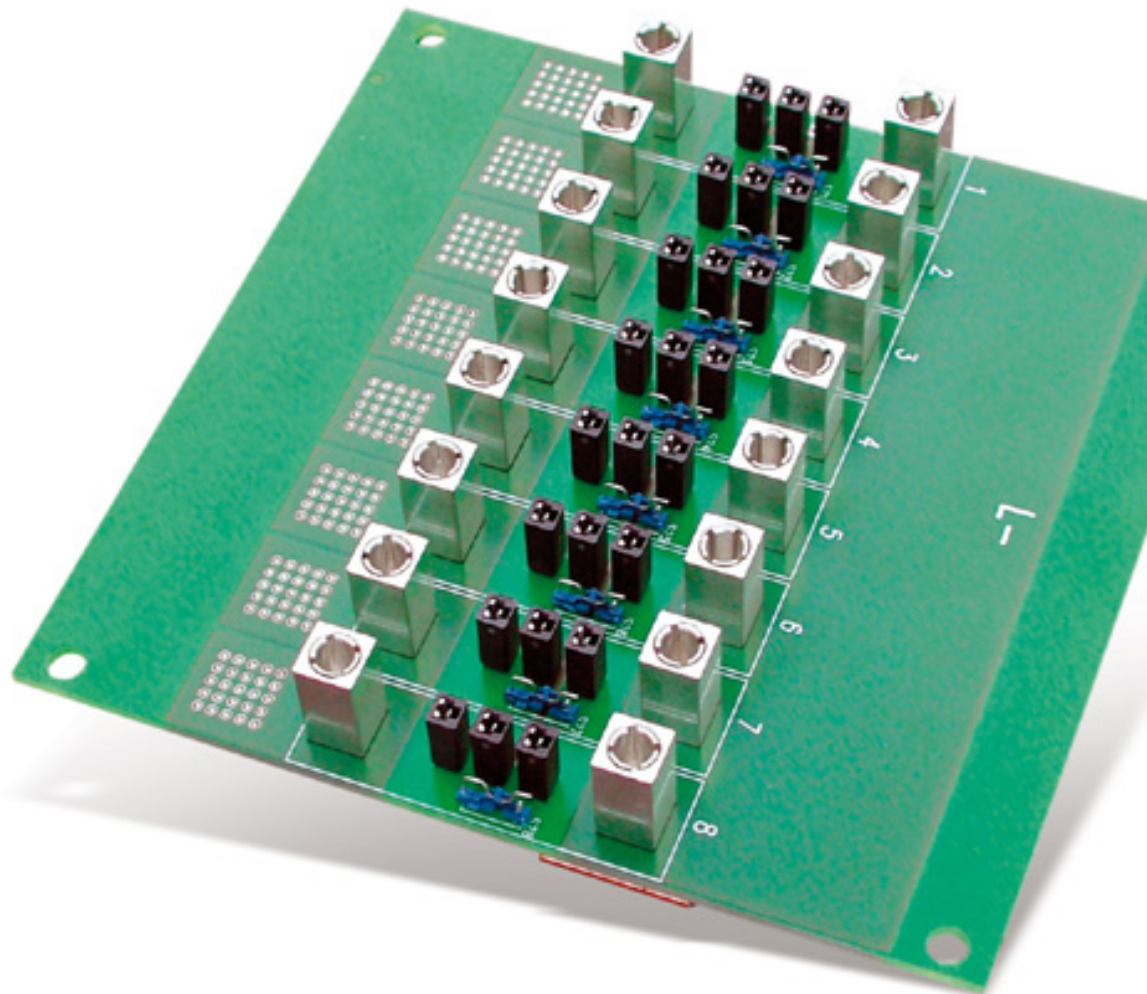


Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



Einfache Realisierung von Plug & Play Systemen

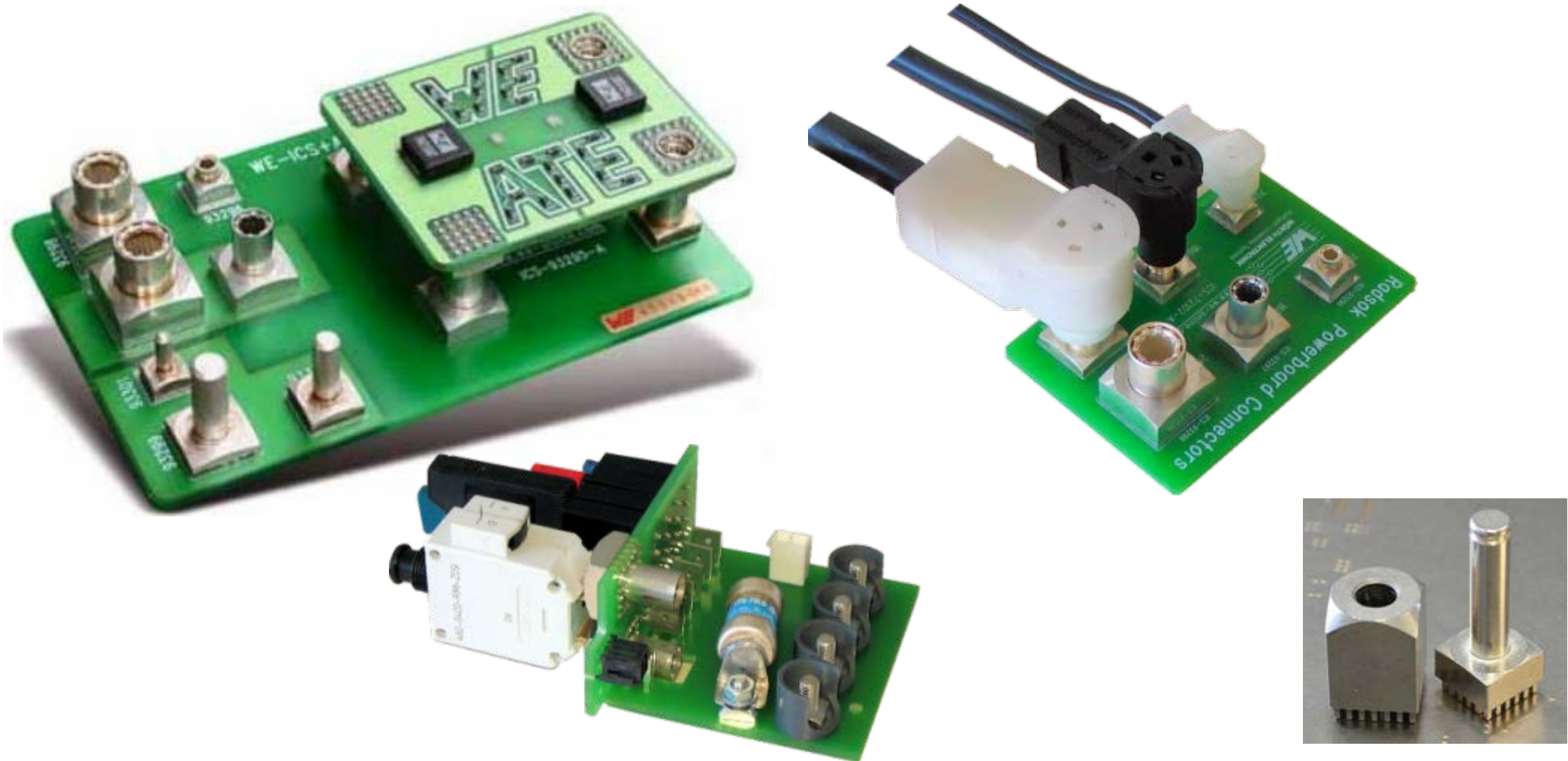


Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



Einfache Realisierung von Plug & Play Systemen mit PowerRadsok

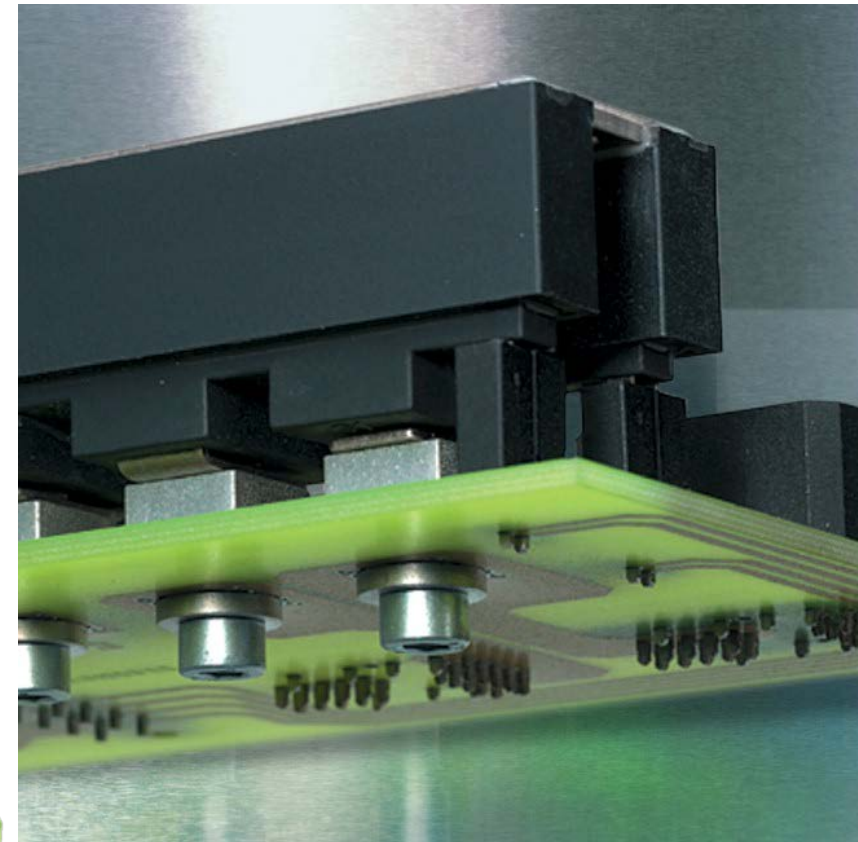
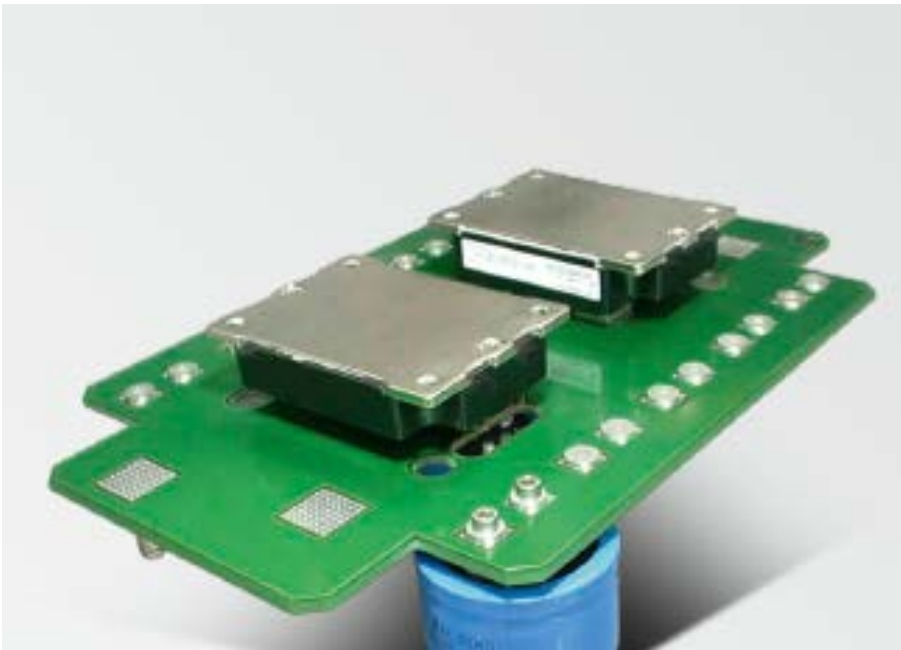


Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



IGBT Kontaktierung auf Leiterplatte mit massiven Powerelementen

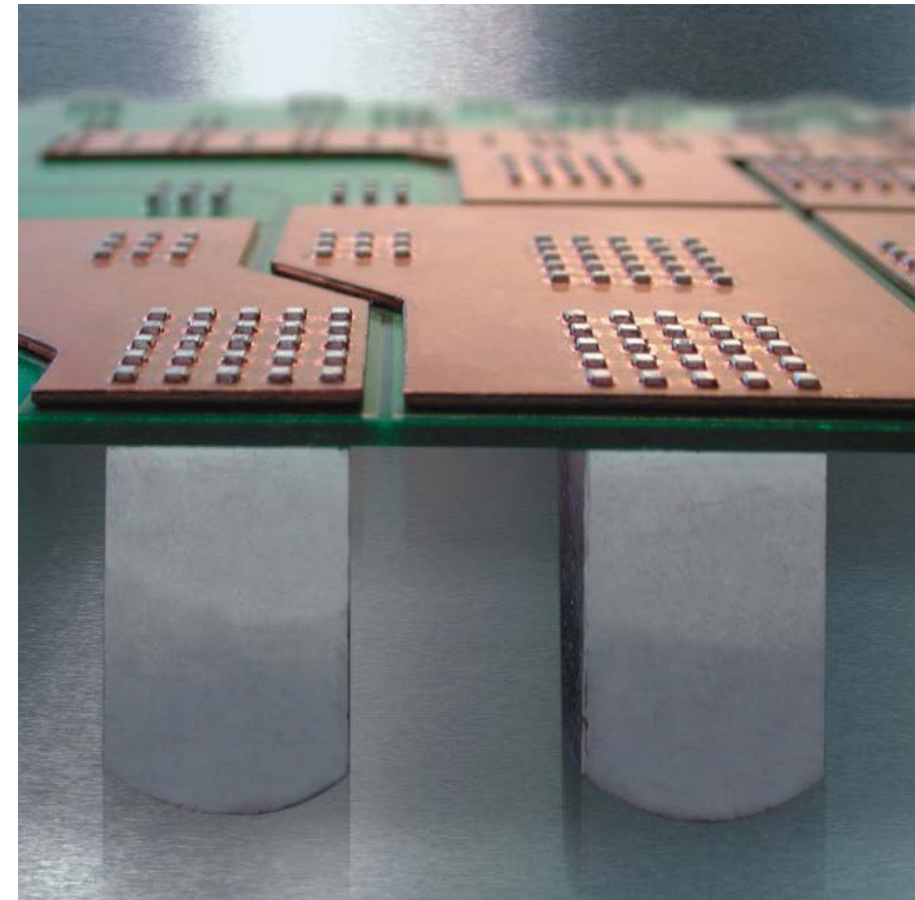
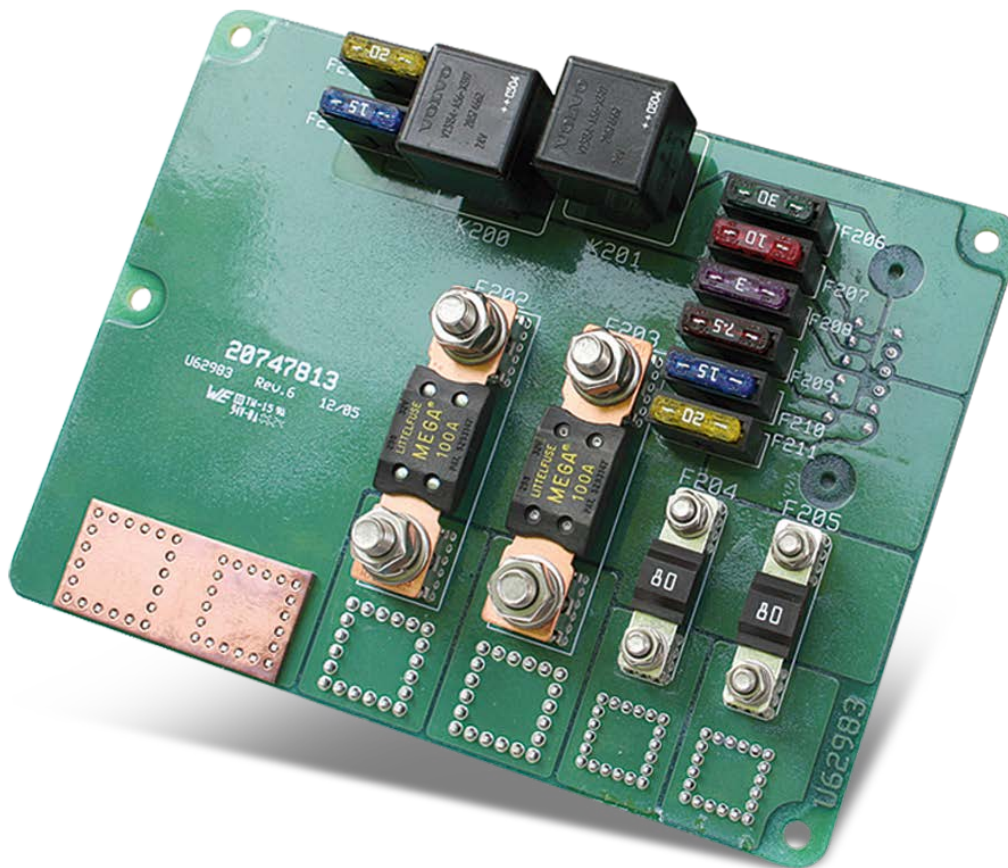


Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



Verpressen der Stromschiene mit der Leiterplatte zur Verarbeitung hoher Ströme

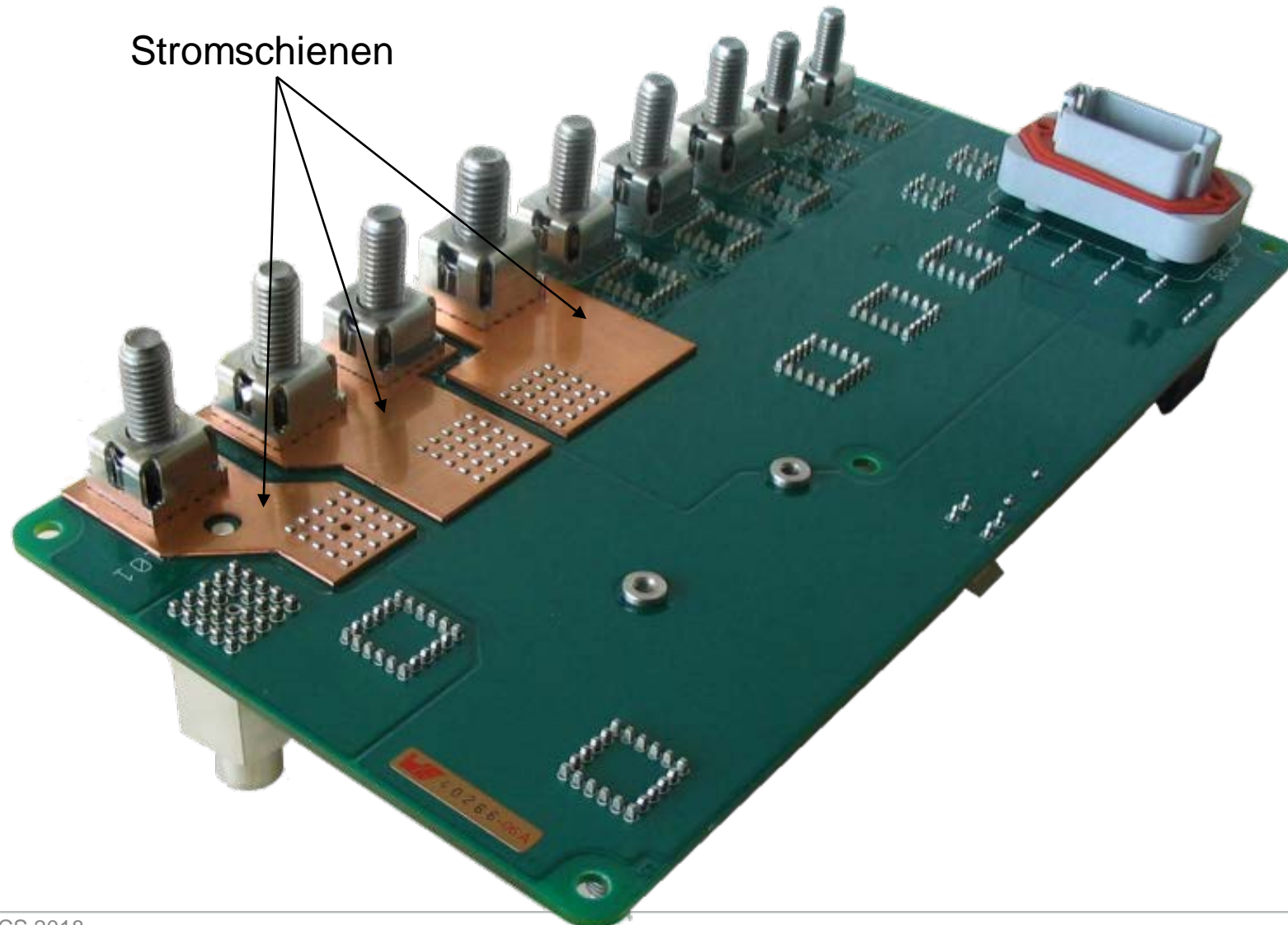


Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



Stromschienen funktionieren nebenbei auch als Wärmeableiter

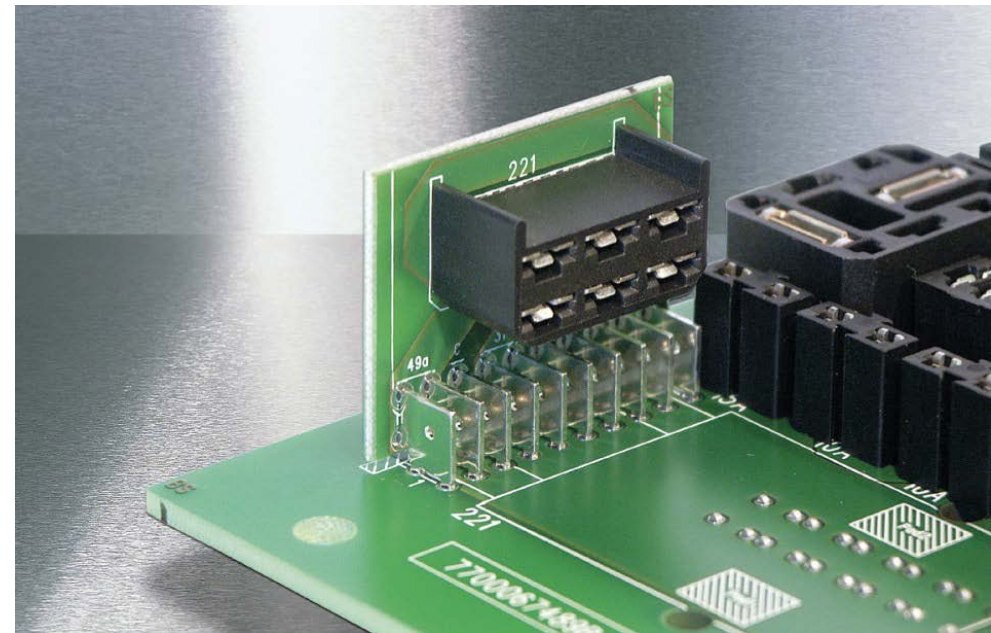
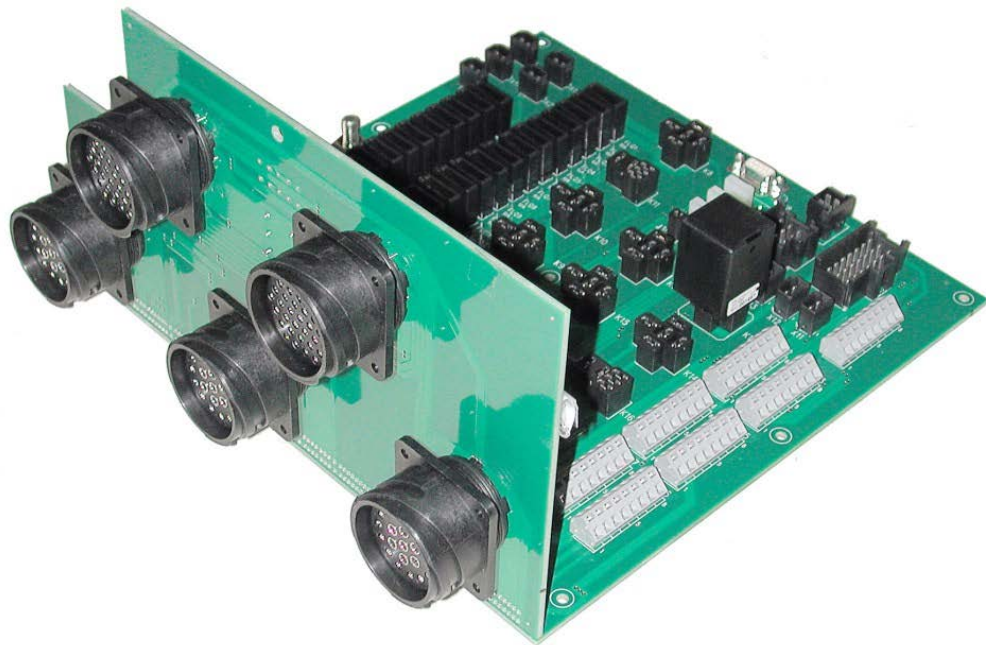


Anwendungsbereiche

Praktische Anwendungen



Einfache Realisierung dreidimensionaler Anordnungen durch gewinkelte Einpressverbinder



Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



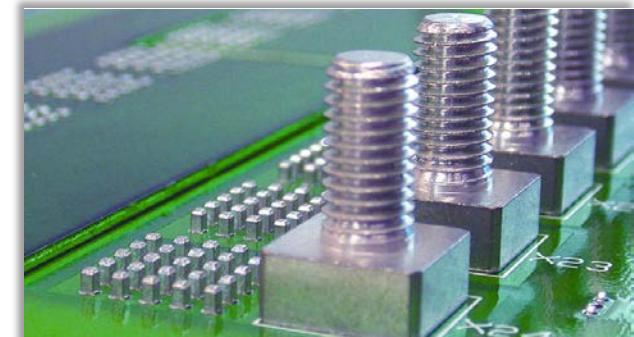
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

Powerelemente

Hochstromkontakte zur Einspeisung bzw.
Verteilung von hohen Strömen in
leiterplattenbasierten Systemen.



- Zuverlässige und langlebige Verbindungen
- Hohe Stromtragfähigkeit
- Flexible Einsatzmöglichkeiten durch Vielzahl verschiedener Hochstromkontakte

Produktlösungen Powerelemente



www.we-online.com/pe

Produktlösungen

Power Elemente



PowerOne:

- einteiliges System
- kundenspezifisch konfigurierbar
- 90° Varianten verfügbar
- **Höchste Stromtragfähigkeit**



PowerTwo:

- zweiteiliges System
- als Distanzstück geeignet
- kundenspezifisch konfigurierbar
- **Reduzierte PCB Belastung**

PowerLamella:

- Stecksystem
- Optimiert für „Wire-to-Board“
- Passend für Power-Radsok
- **Ausgelegt für höchste Vibrationen**



PowerPlus:

- einteiliges System
- bleifrei
- Reduziertes Gewicht
- **Kostenoptimiert**



www.we-online.com/pe

Produktlösungen Powerelemente



Der Powerelement Online Shop der Würth Elektronik ICS bietet Ihnen:

- ... das komplette umfangreiche Powerelement Produktsortiment
- ... in Einpress- und SMD-Bauweise
- ... Standard- und kundenspezifische (konfigurierbare) Powerelemente
- ... einen kostenlosen Musterservice
- ... umfangreiche Downloadmöglichkeiten
- ... individuell gefertigt ab 1 Stück



www.we-online.com/pe



Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



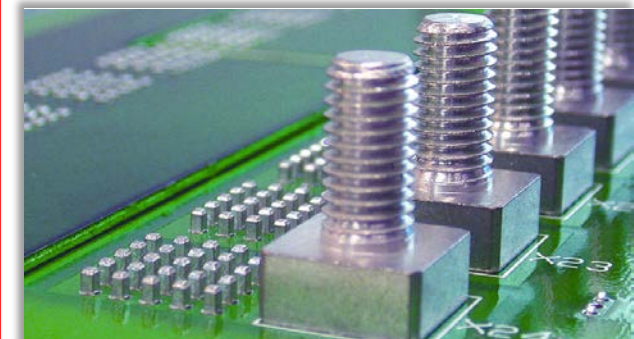
Grundlagen der
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen

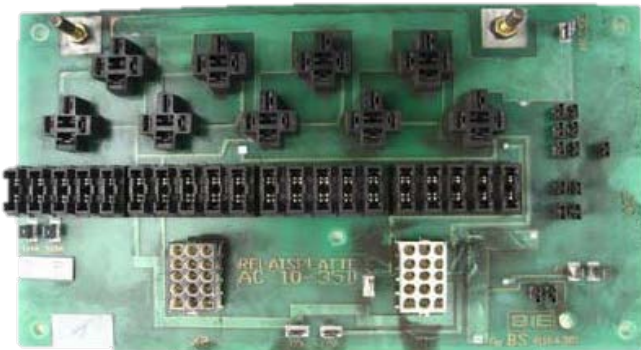


Praxiserfahrungen

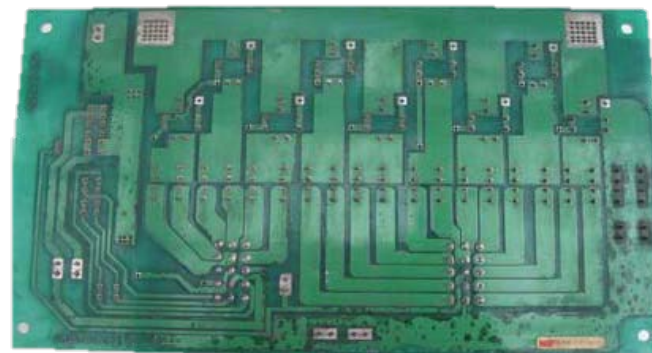
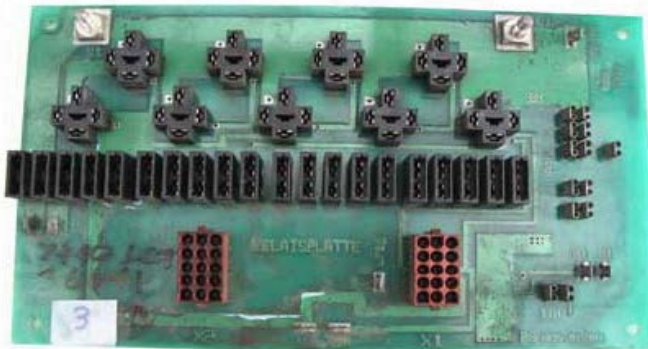
Praxiserfahrung Tests



Gelötete Baugruppe



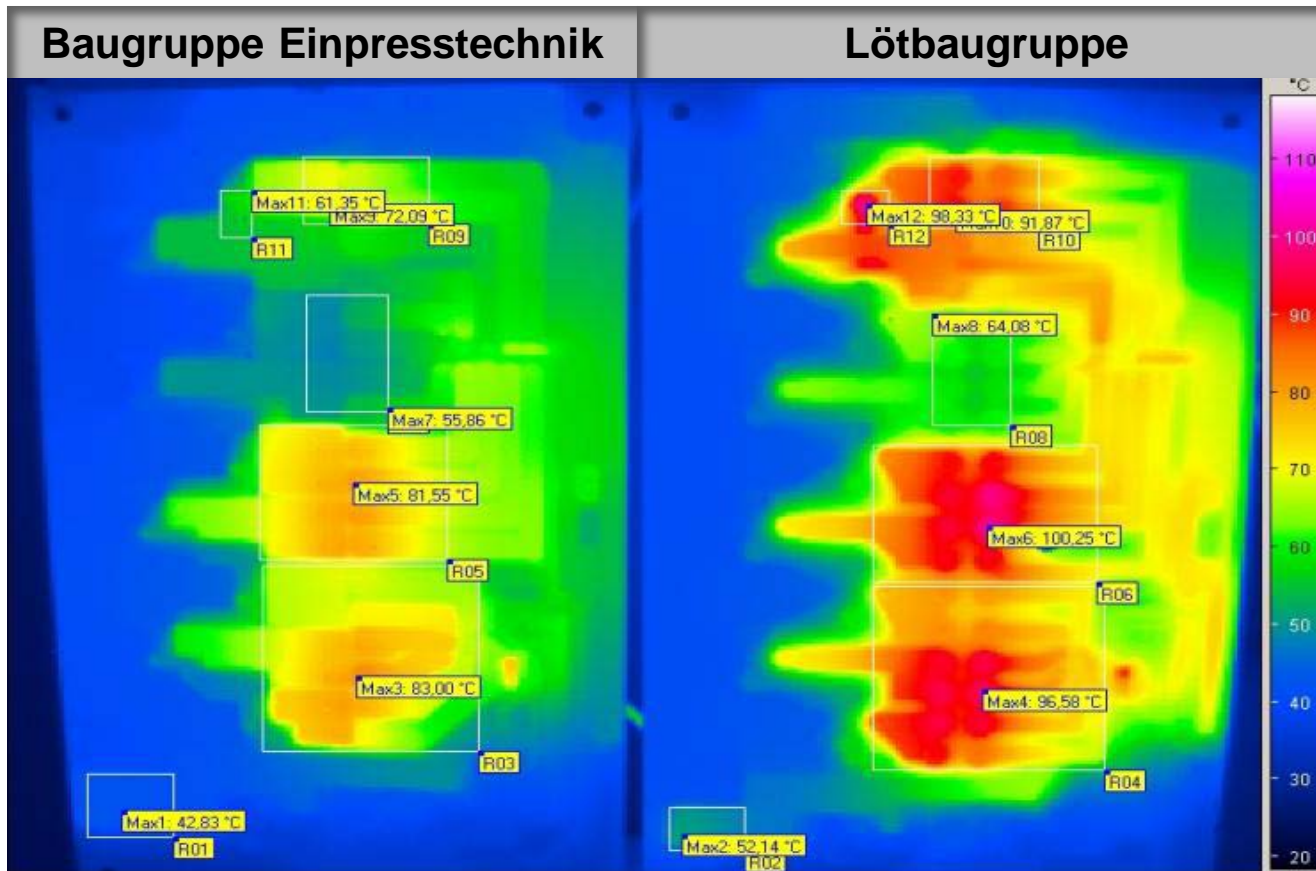
Baugruppe in Einpresstechnik



Thermografietest

- Identische Zentralelektriken in Löt- und Einpresstechnik
- Eingebaut in einem Klimagerät
- In Betrieb von 1998 bis 2008
- Leiterplatte mit 4 Lagen und jeweils 105µm und 140µm Kupfer
- Belastung mit konstantem Strom von 20 A

Praxiserfahrung Tests

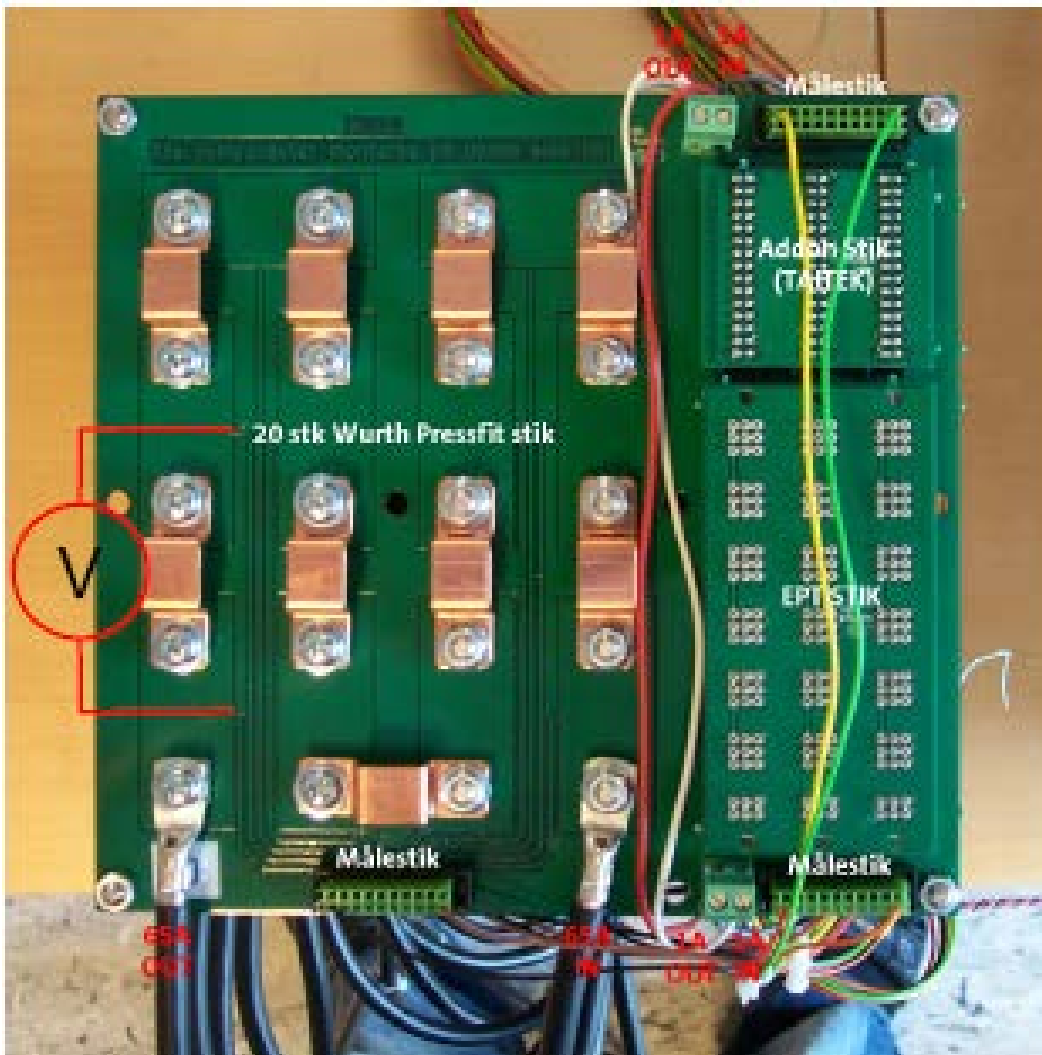


Ergebnis

- Baugruppe in Einpresstechnik insgesamt 15 bis 20 °C kühler als die Baugruppe in Löttechnik
- Im direkten Vergleich: Einpressverbindung ca. 10 K kühler als Lötverbindung

Praxiserfahrung Langzeitstabilität

BE → THINK → INNOVATE →

GRUNDFOS 

Praxiserfahrung

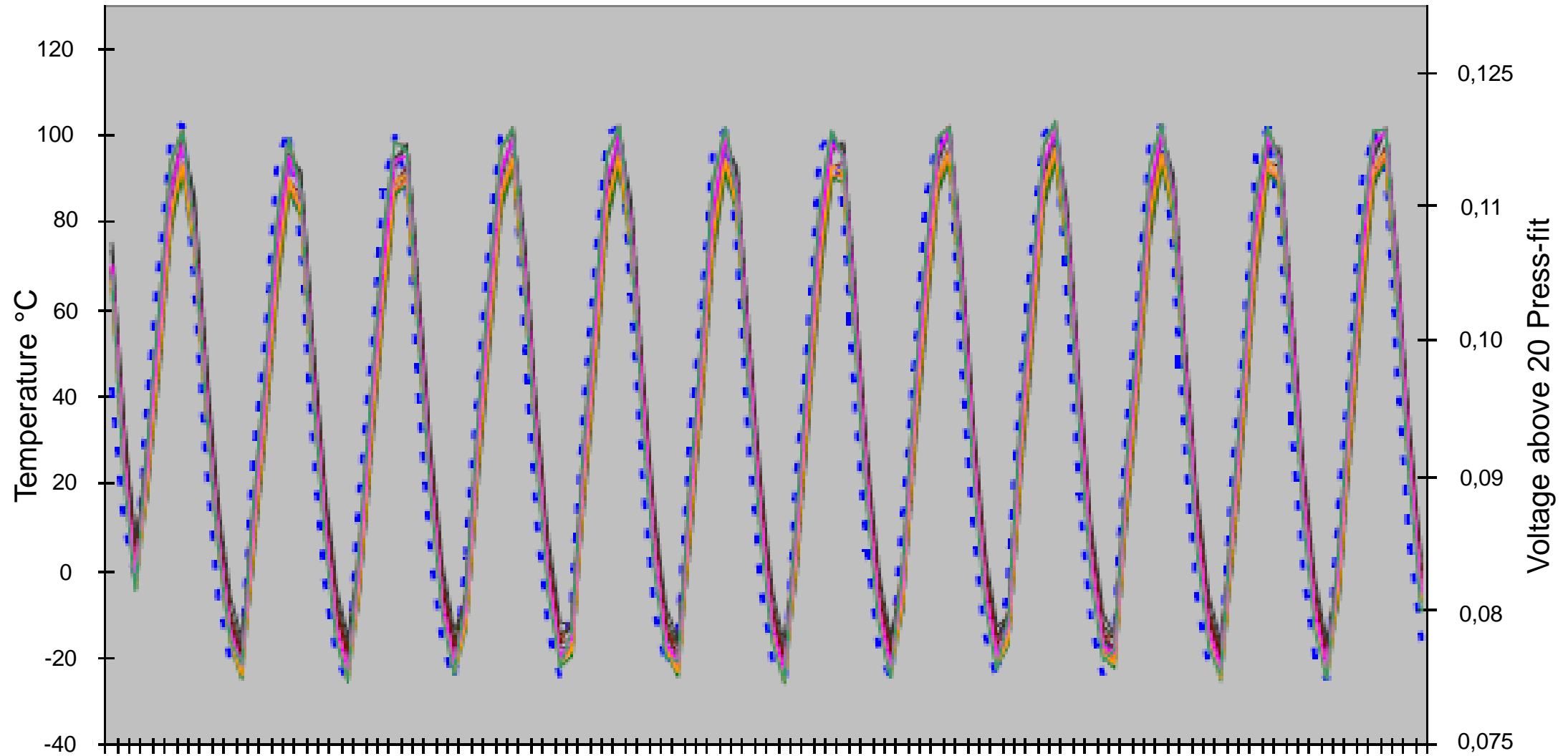
Langzeitstabilität



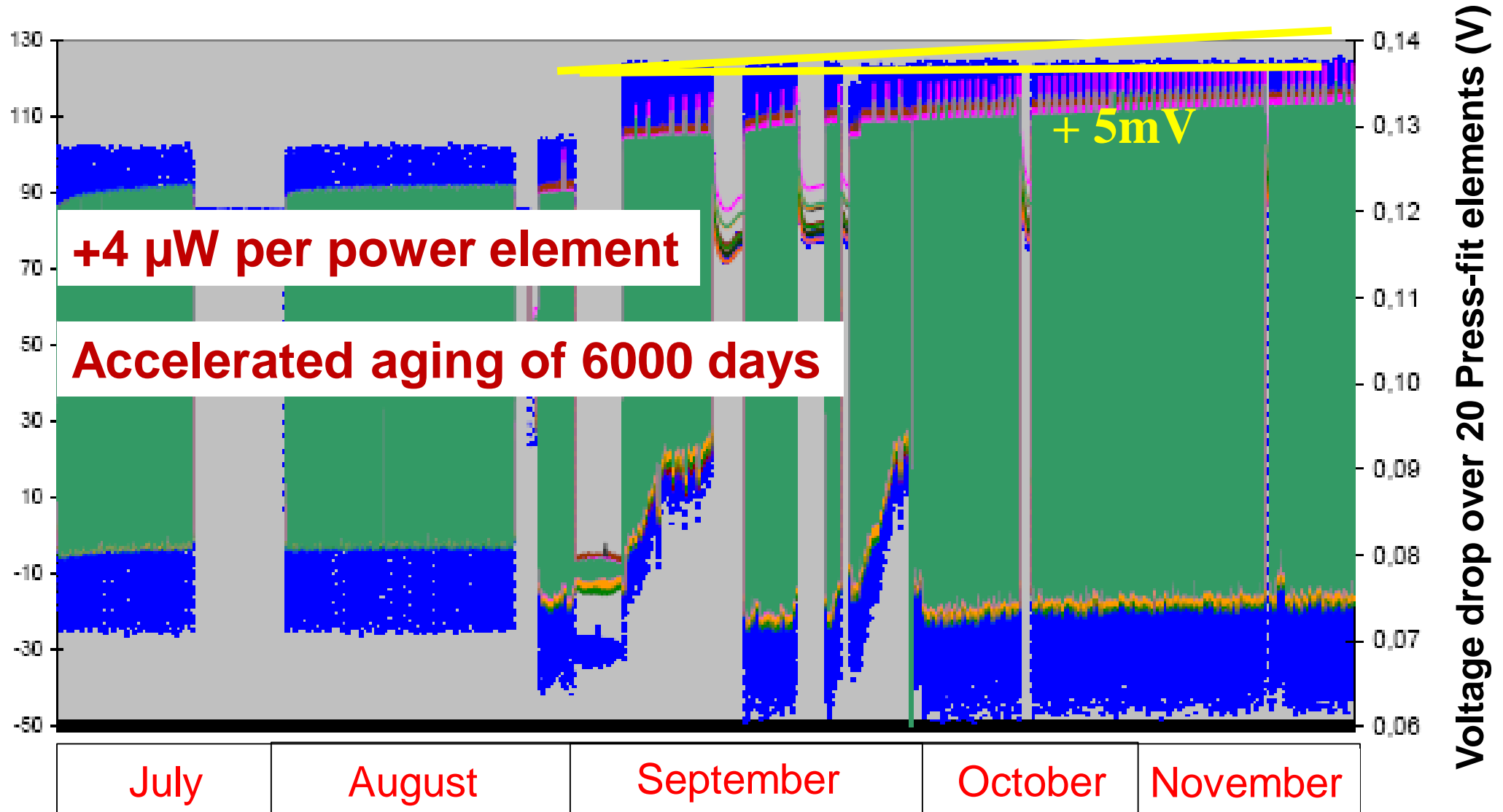
Testprogramm

- 156 Temperaturzyklen (-30°C bis +105°C)
- 728 h in feuchter Atmosphäre bei 85°C
- 335 Temperaturzyklen (-30°C bis +105°C)
- 2000 Temperaturzyklen (-40°C bis +125°C)

Praxiserfahrung Langzeitstabilität



Praxiserfahrung Langzeitstabilität



Praxiserfahrung **Langzeitstabilität**



Ergebnis

- Einpressverbindungen zeigen eine extreme Stabilität gegenüber Umwelteinflüssen
- Die normseitig gestellten Forderungen wurden bei weitem übertroffen
- Lebensdauer-Anforderungen von 20 Jahren sind kein Problem für Baugruppen in Einpresstechnik

Würth Elektronik ICS Ihr Kontakt zu uns



Würth Elektronik ICS GmbH & Co. KG
Intelligent Power & Control Systems
Gewerbepark Waldzimmern
Würthstraße 1
74676 Niedernhall
Germany

Tel. +49 79 40/ 9810 – 0
Fax +49 79 40/ 9810 – 1099
ics@we-online.de
www.we-online.de

