

# 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



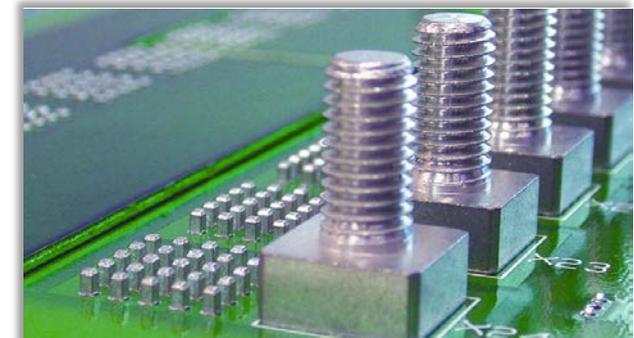
Grundlagen der  
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

# Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und  
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



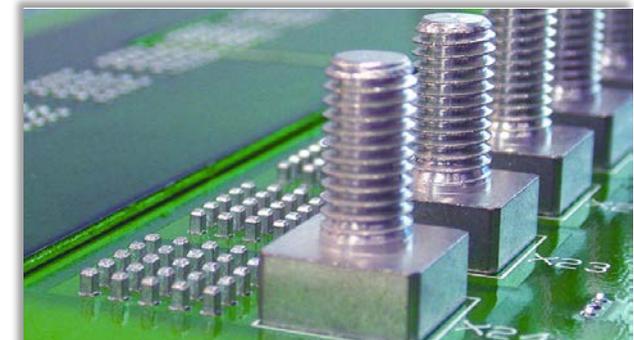
Grundlagen der  
Einpresstechnik



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



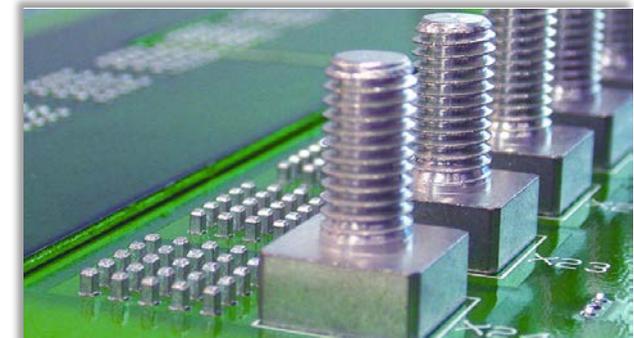
Grundlagen der  
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche

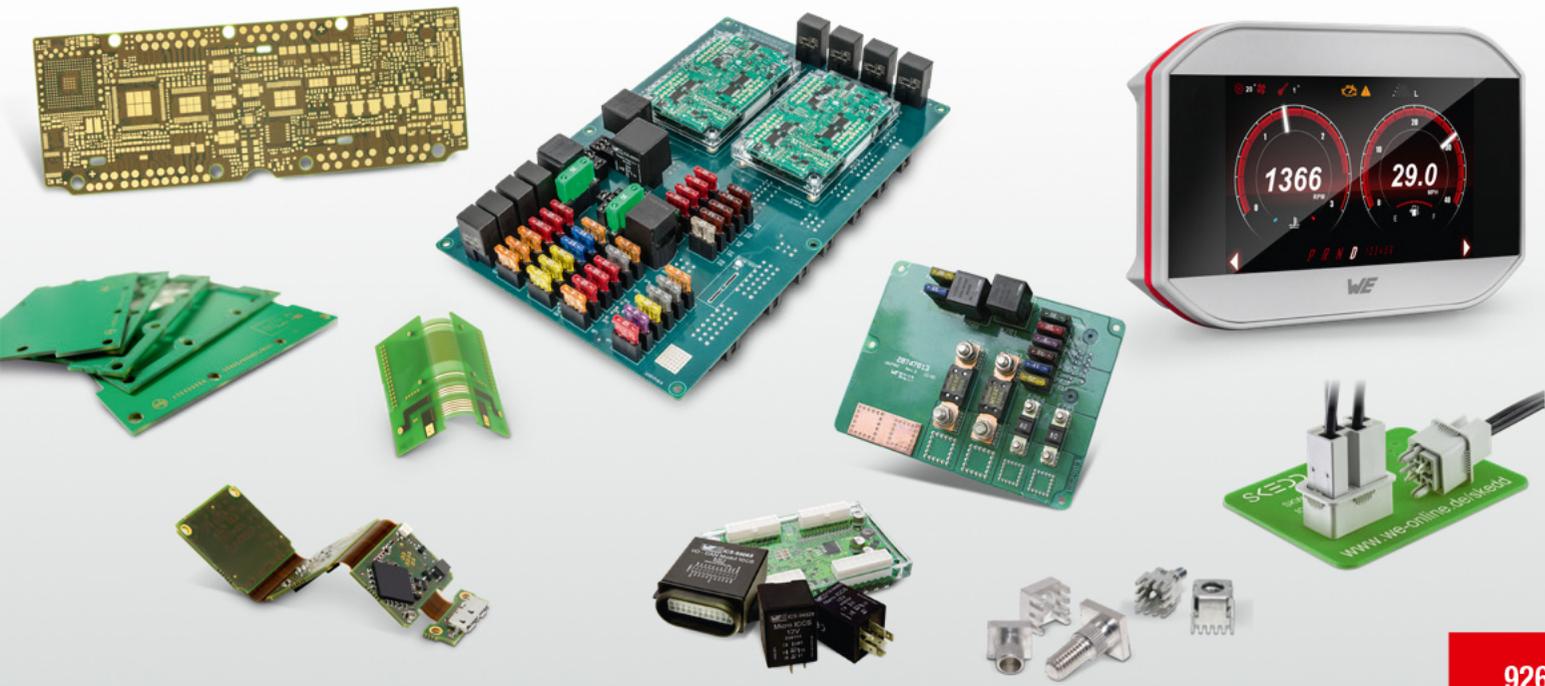


Produktlösungen



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**

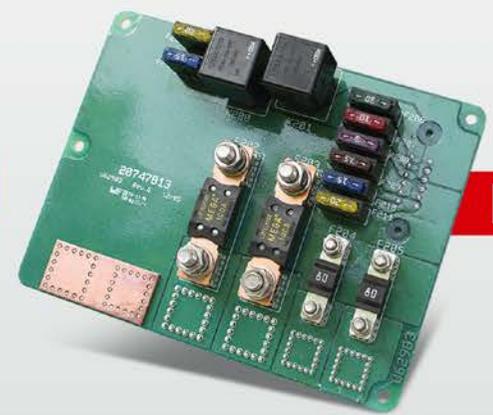
**Steuerungen**



**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*



*Bahn-  
technik*



*Nutzfahrzeuge*



*Telekom-  
munikation*



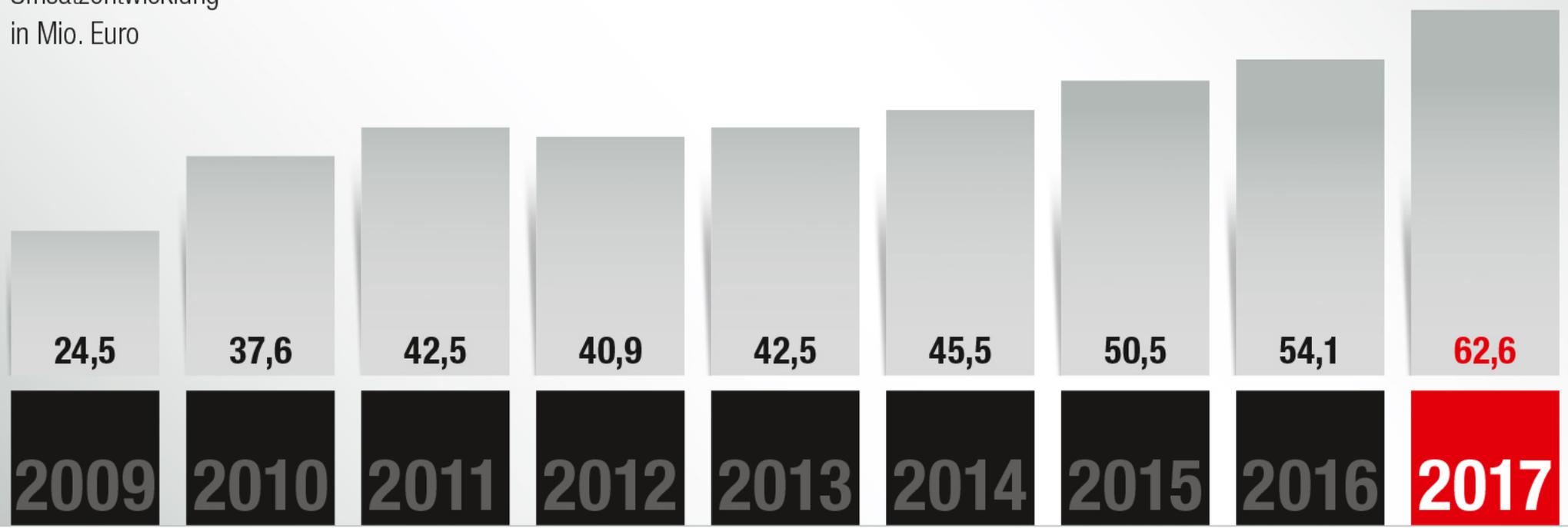
*Schiffsbau*

# 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 m<sup>2</sup>
- Gesamtnutzungsfläche: ca. 11.000 m<sup>2</sup>



# Würth Elektronik ICS Zertifizierte Systeme



## ISO14001 – ISO9001 – IATF 16949 – KBA – IT Sicherheit



ZERTIFIKAT ♦ CERTIFICATE ♦ 証明書



Management Service

# ZERTIFIKAT

Die Zertifizierungsstelle  
der TÜV SÜD Management Service GmbH  
bescheinigt, dass das Unternehmen

**Würth Elektronik ICS GmbH & Co. KG**  
Intelligent Power & Control Systems  
Wüthstr. 1  
74676 Niedernhall  
Deutschland

für den Geltungsbereich

Entwicklung, Konstruktion und Herstellung von  
elektronischen und elektromechanischen Baugruppen und Systemen  
(mit Produktentwicklung gemäß Abschnitt 8.3)

ein Qualitätsmanagementsystem  
eingeführt hat und anwendet.

Durch ein Audit wurde der Nachweis erbracht,  
dass die Forderungen der

**IATF 16949**  
Erste Ausgabe 01.10.2016

erfüllt sind.

Ausstellungsdatum: 04.01.2018  
Ablaufdatum: 03.01.2021

Zertifikat-Registrier-Nr.: 12 111 32923 TMS  
IATF Zertifikat-Nr.: 0284020

Bestandteil des Zertifikates ist ein Anhang.



Product Compliance Management  
München, 05.01.2018

Seite 1 von 2

TÜV SÜD Management Service GmbH • Zertifizierungsstelle • Riederstraße 65 • 80339 München • Germany 



# Würth Elektronik ICS Produktion



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



**Produktion von über 1,4 Millionen Baugruppen pro Jahr**

**Bis zu 6.000 Einpressvorgänge  
pro Stunde**



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

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

# Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und  
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



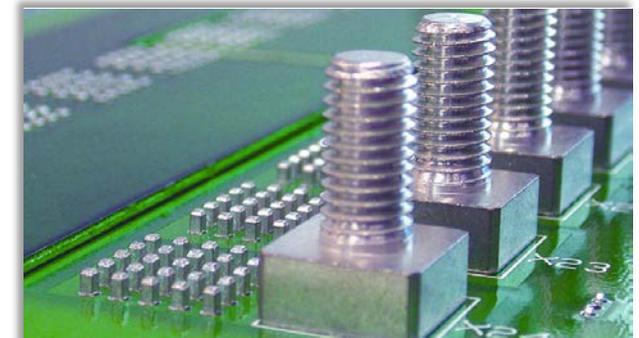
Grundlagen der  
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



Praxiserfahrungen

# Grundlagen der Einpresstechnik

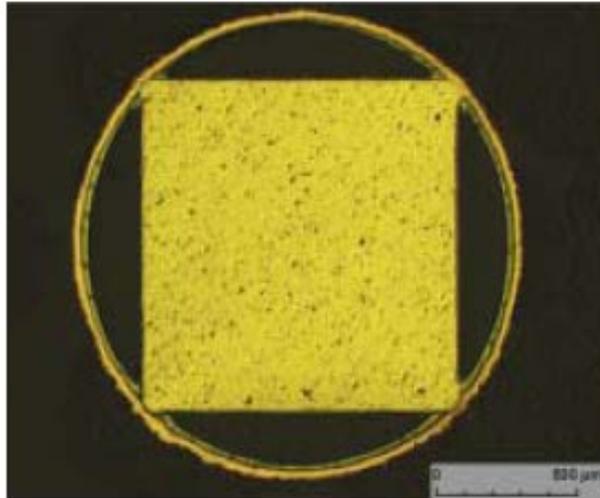
## Was ist Einpresstechnik?



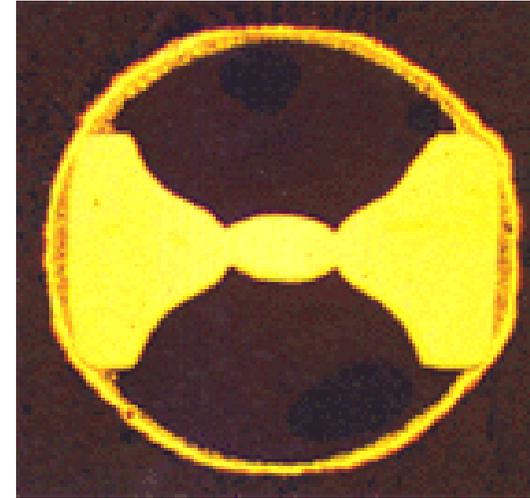
- **Verbindungstechnologie**, bei der ein Einpresspin in das durchkontaktierte Loch einer Leiterplatte gepresst wird
- Dabei entsteht eine gasdichte, **leistungsfähige elektrische Verbindung** mit einem extrem **niedrigen elektrischen Widerstand**
- Man unterscheidet zwischen **massiver, flexibler und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

# Grundlagen der Einpresstechnik

## Massive und flexible Einpresstechnik



Schliffbild einer Einpresszone mit massivem Pin



Schliffbild einer Einpresszone mit flexiblem Pin

### Massive Einpresstechnik

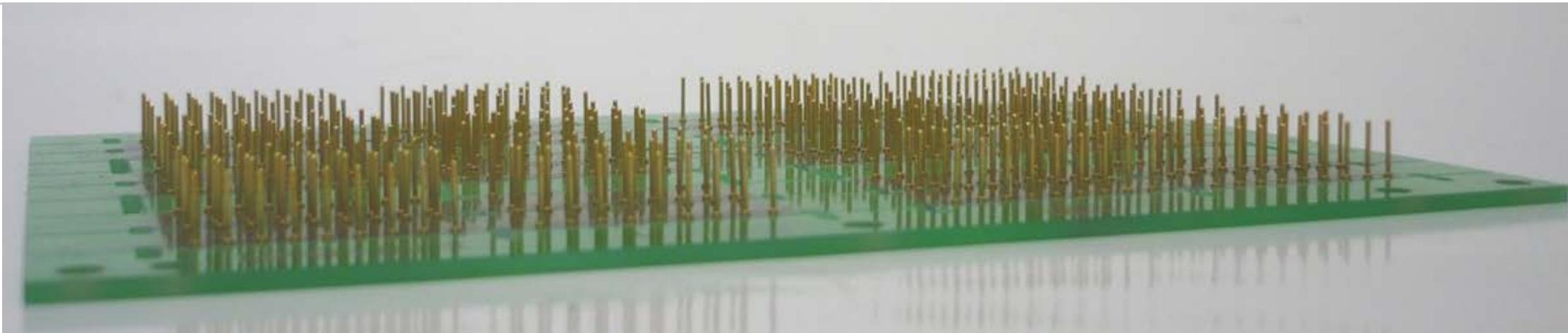
- Verarbeitung von dicken Hochstrom-Leiterplatten mit hoher Kupferbelegung
- Einpressen von Kupferschienen zur Verarbeitung sehr hoher Ströme
- Aufnahme der mechanischen Kräfte durch die Deformation der Leiterplatte und/oder der durchkontaktierten Bohrung
- Geeignet für kleine Polzahlen
- Höhere Haltekräfte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

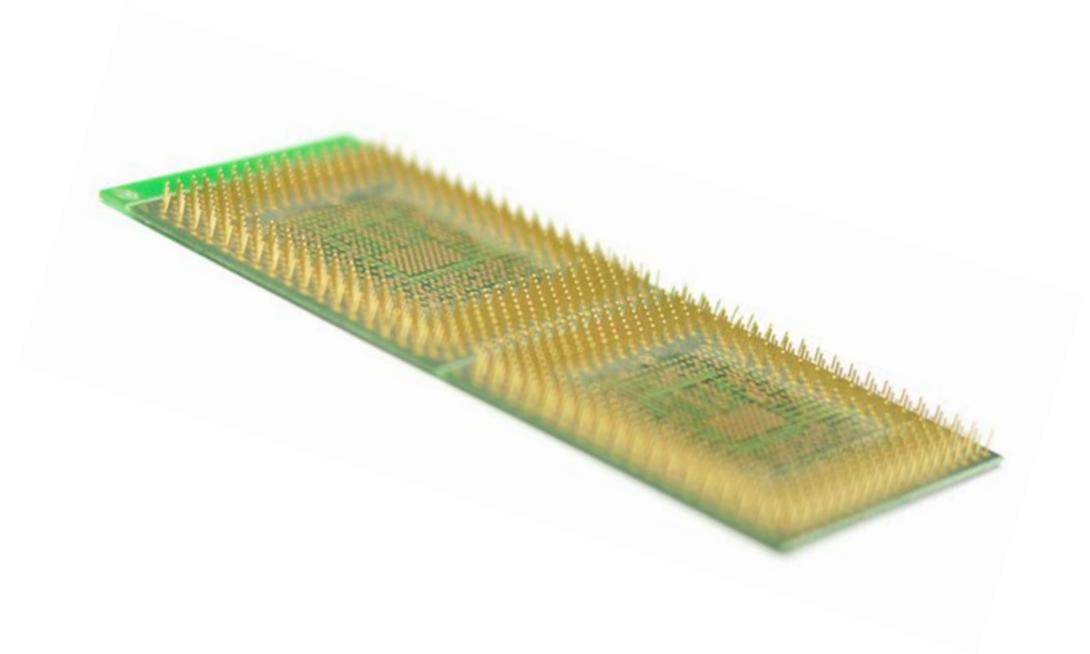
## Miniatur Einpresstechnik



### 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.



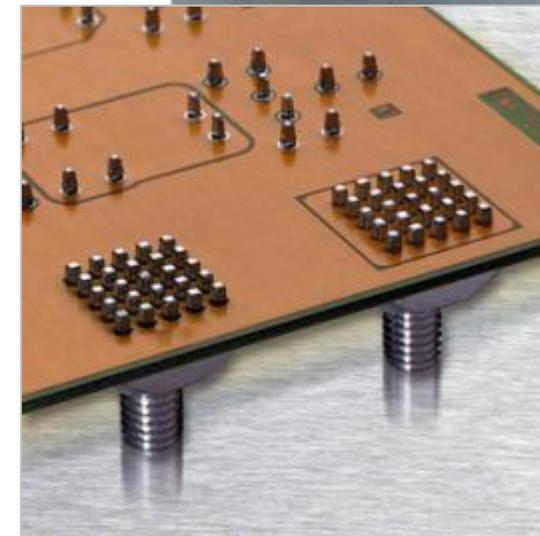
# Grundlagen der Einpresstechnik

## 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

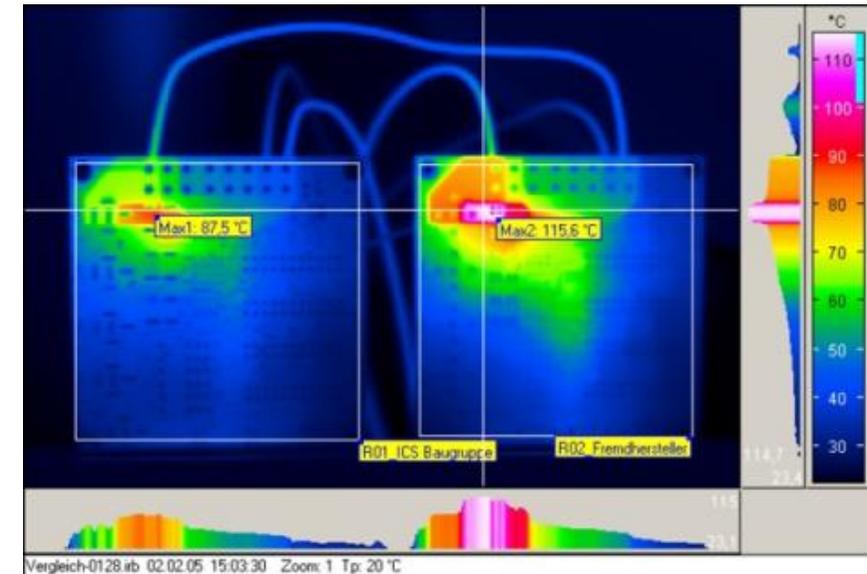


# Grundlagen der Einpresstechnik

## 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\*:**

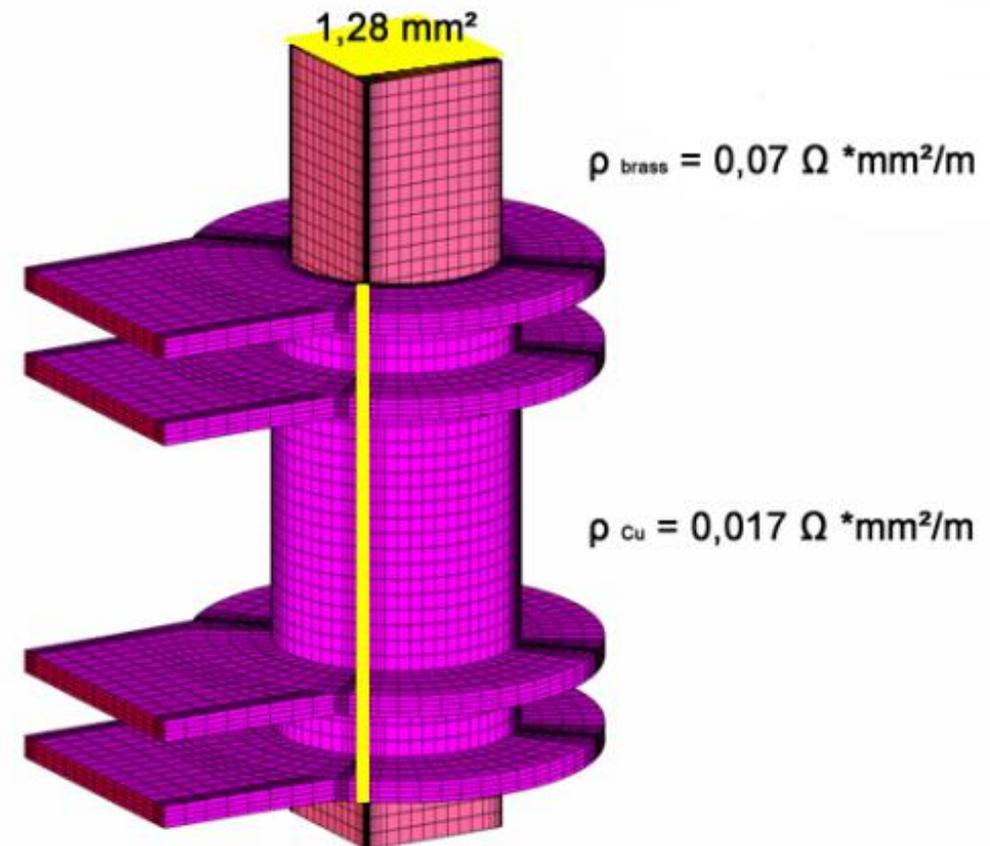
Anbindungsfläche zwischen Pin und Hülse  $\geq$   
Querschnittsfläche des Pins ( $1,28\text{mm}^2$ )

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

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

D.h. wenn der **Anbindungswinkel** zwischen dem Einpresspin und der Hülse **mindestens  $10^\circ$**  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

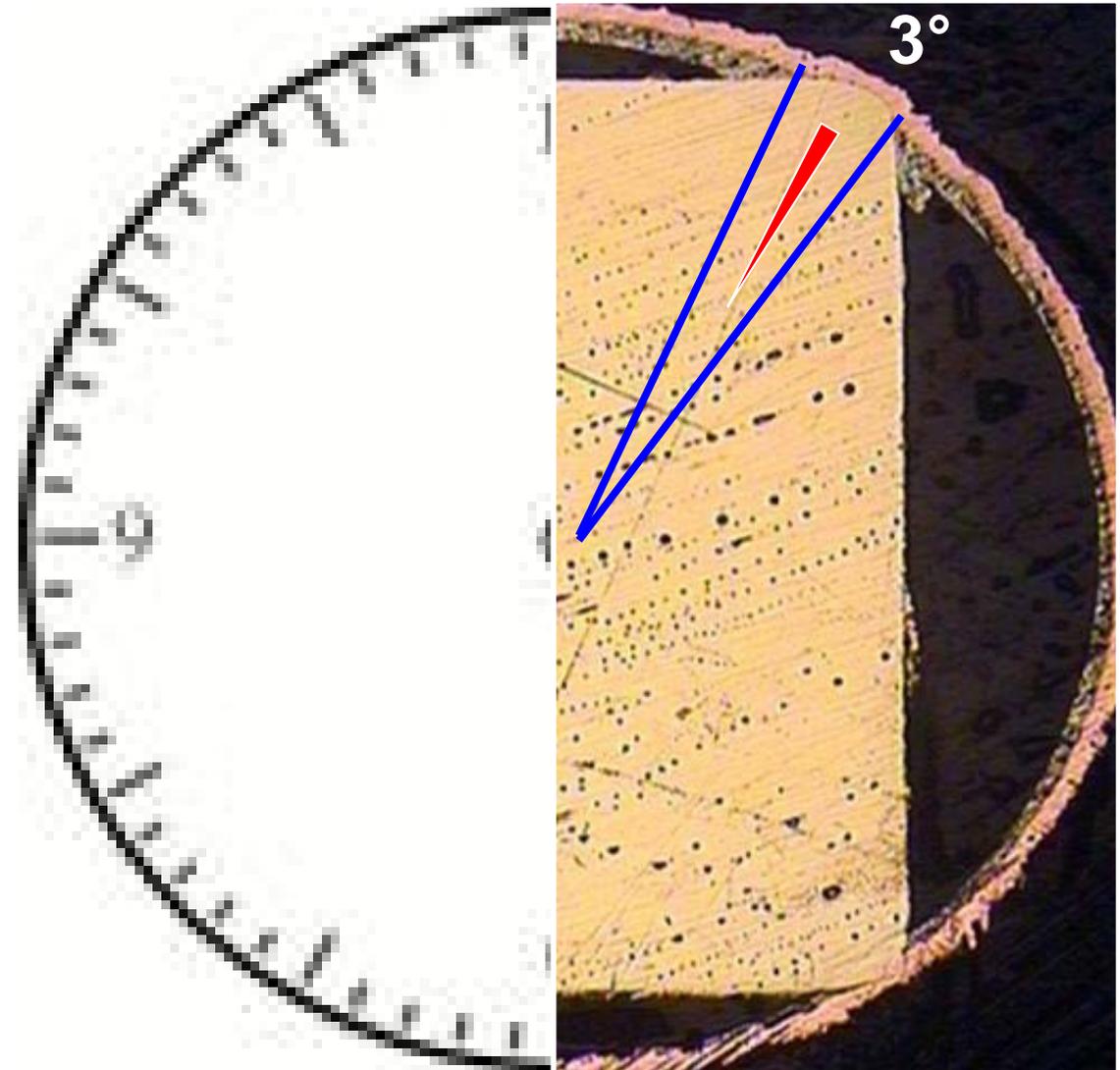
# Grundlagen der Einpresstechnik

## 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°



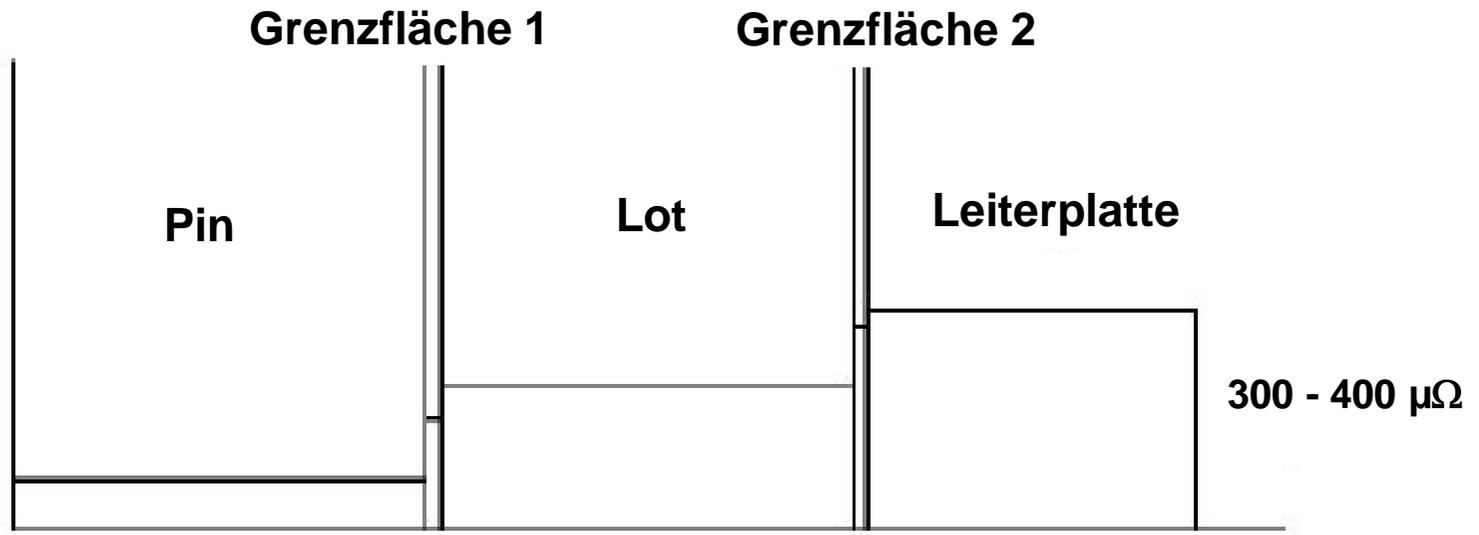
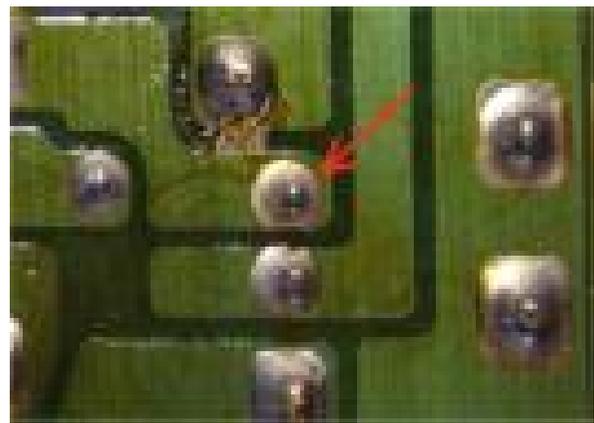
Mindestanbindung des Pins im Vergleich zur realen Einpresszone

# Grundlagen der Einpresstechnik

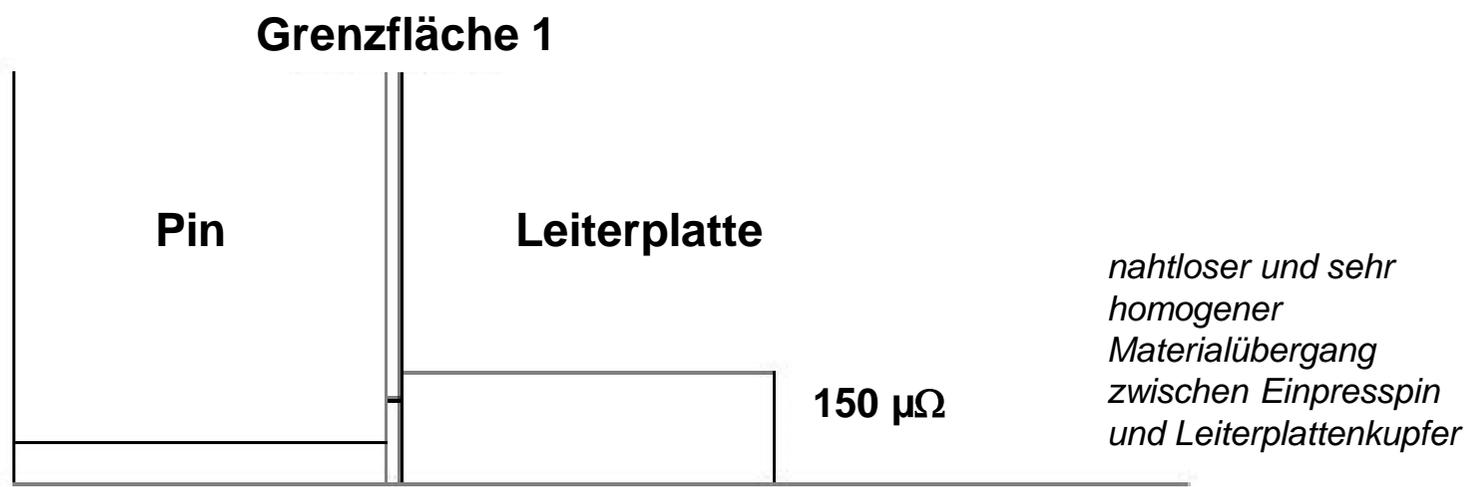
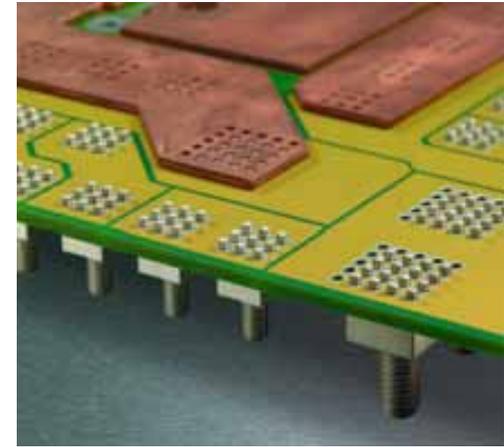
## Elektrische Eigenschaften

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



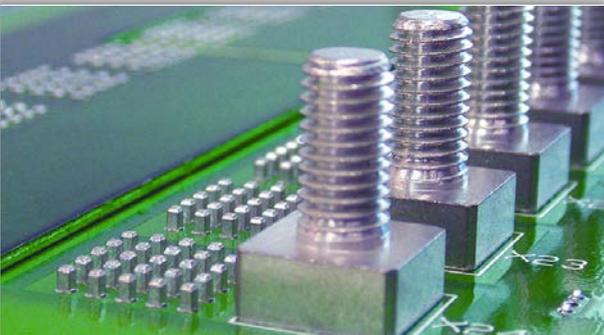
Grundlagen der  
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



Produktlösungen



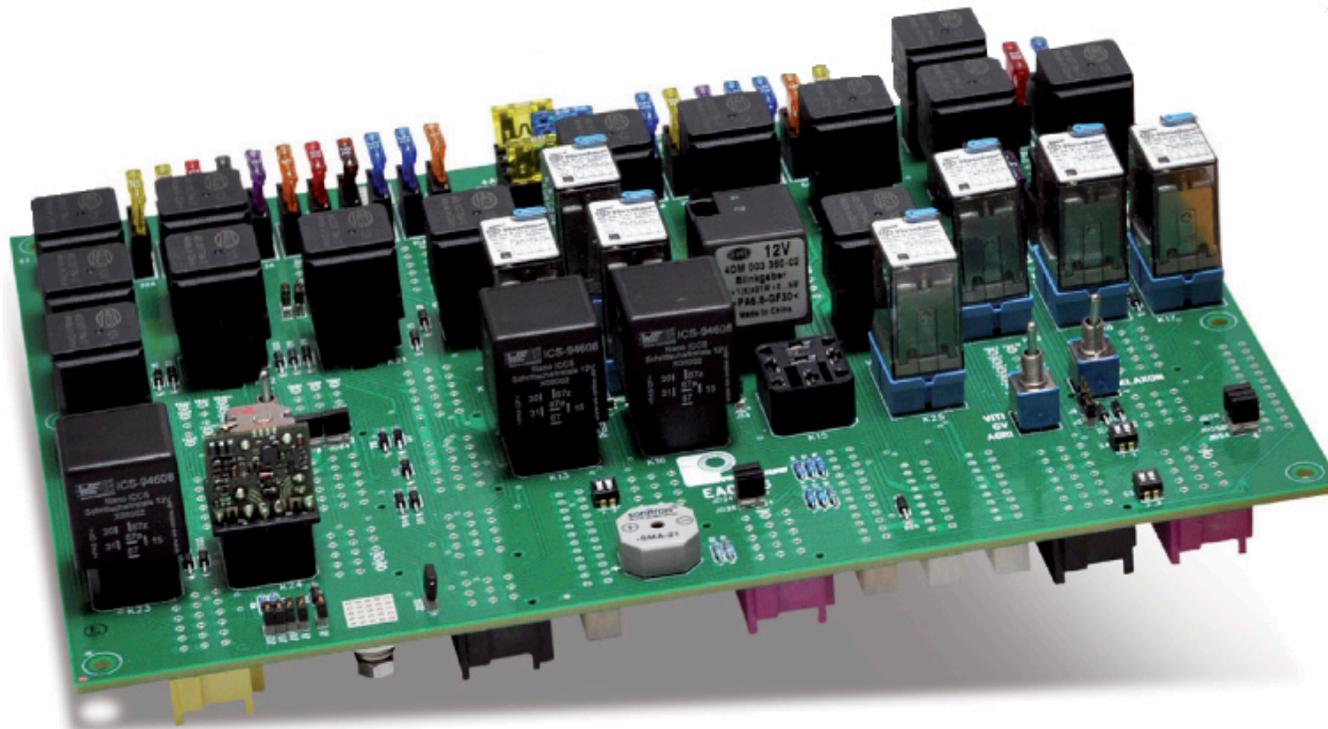
Praxiserfahrungen

# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### Beidseitige Bestückung der Leiterplatte

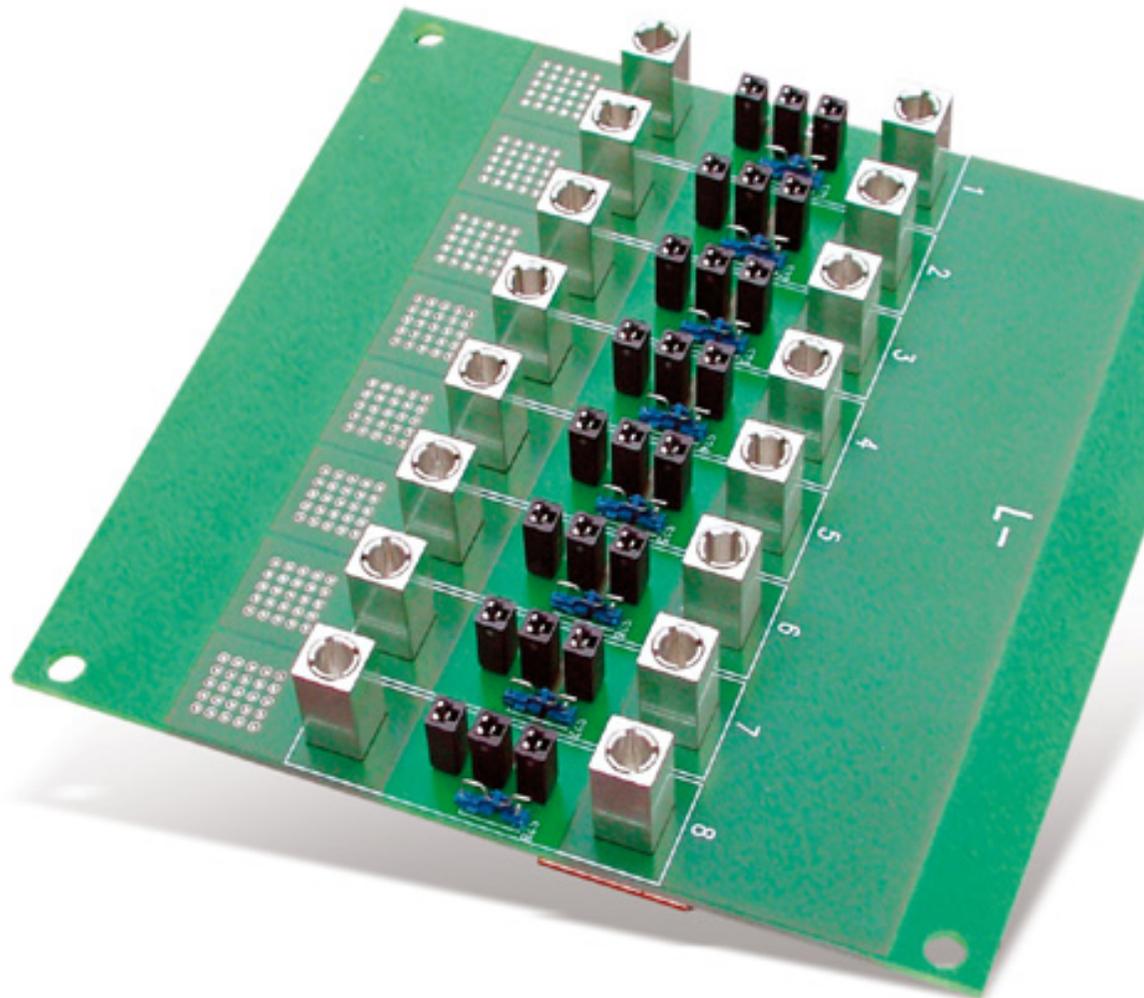


# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### Einfache Realisierung von Plug & Play Systemen

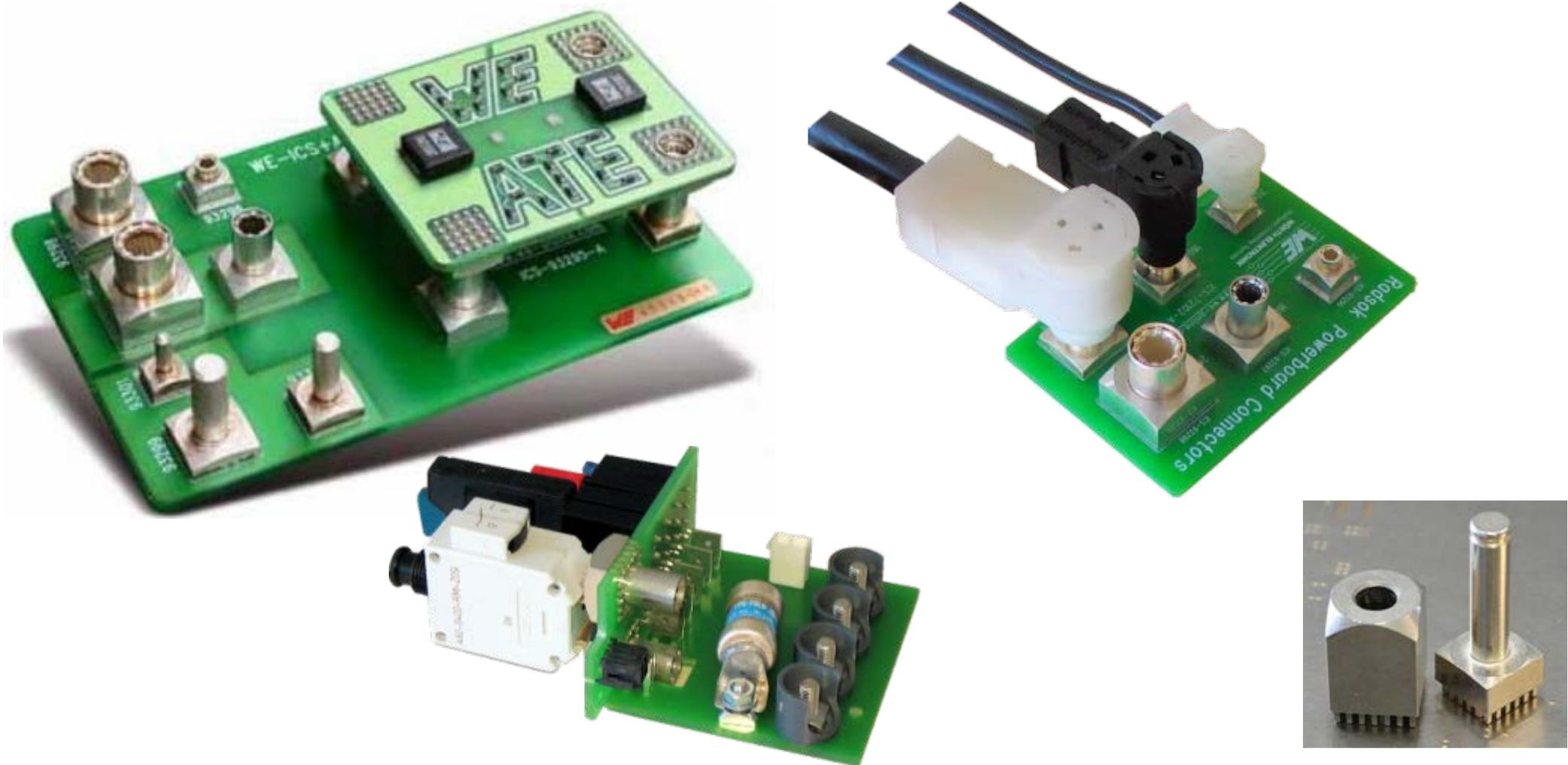


# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### Einfache Realisierung von Plug & Play Systemen mit PowerRadsok

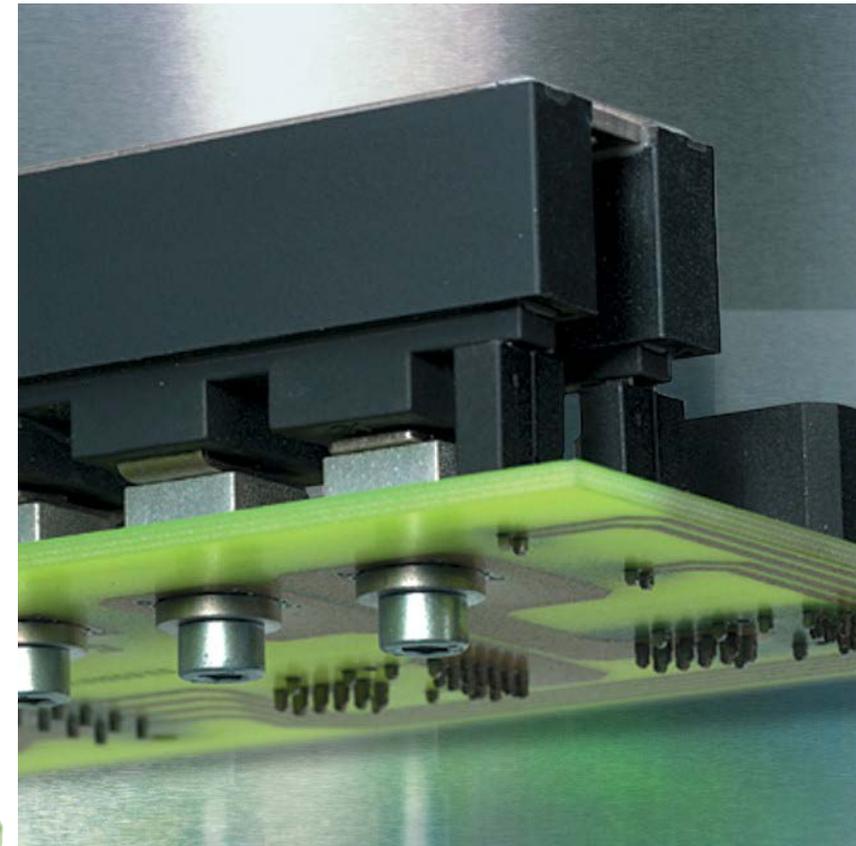
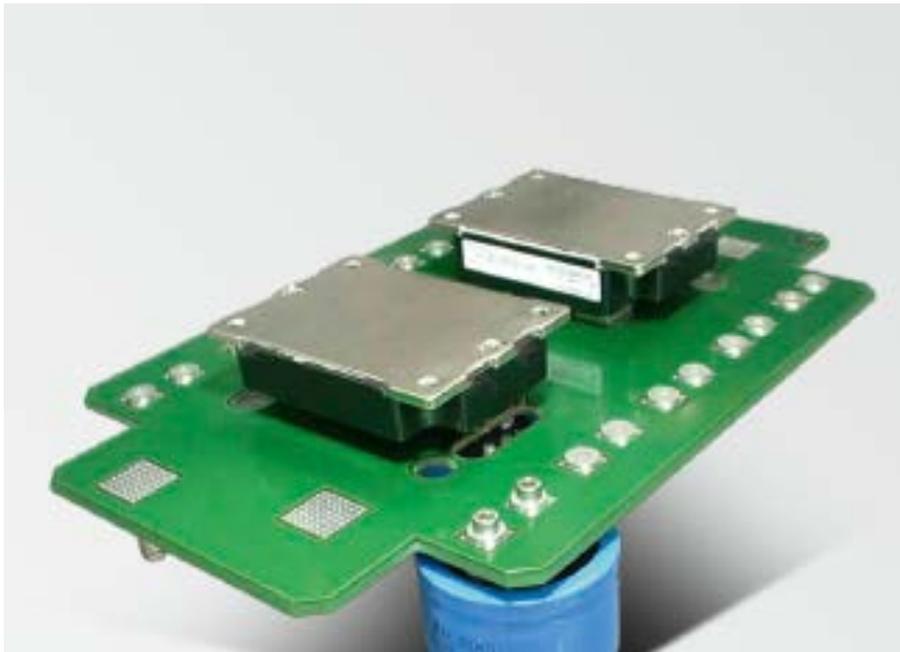


# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### IGBT Kontaktierung auf Leiterplatte mit massiven Powerelementen

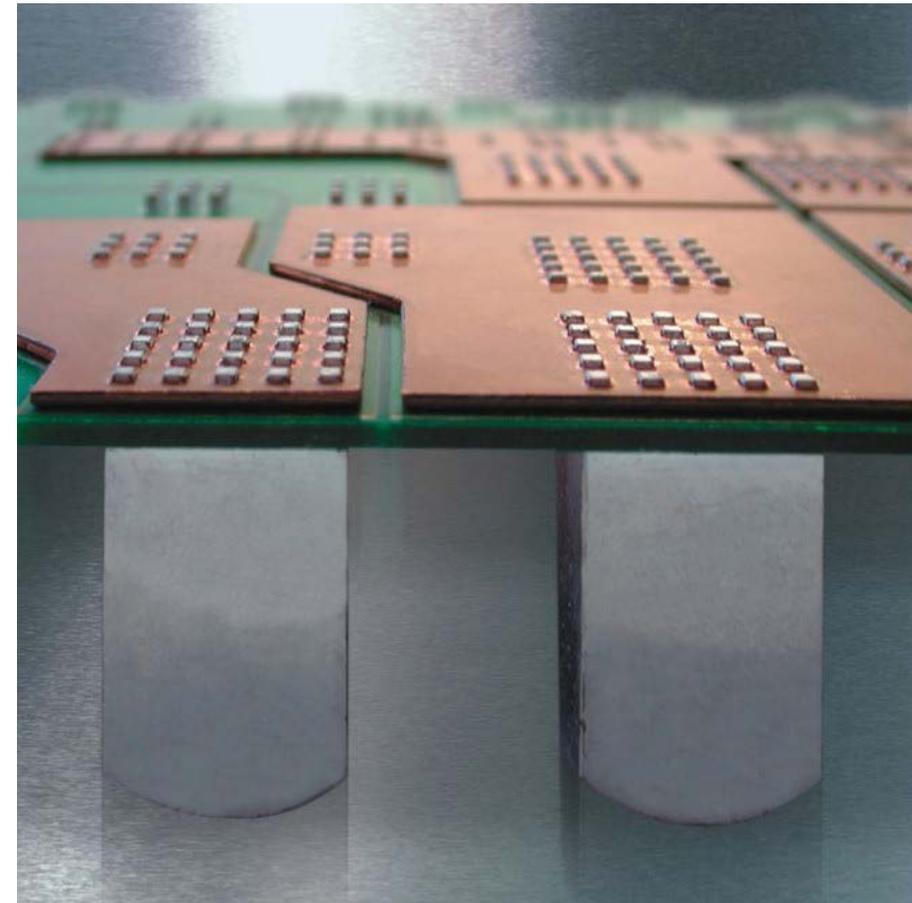
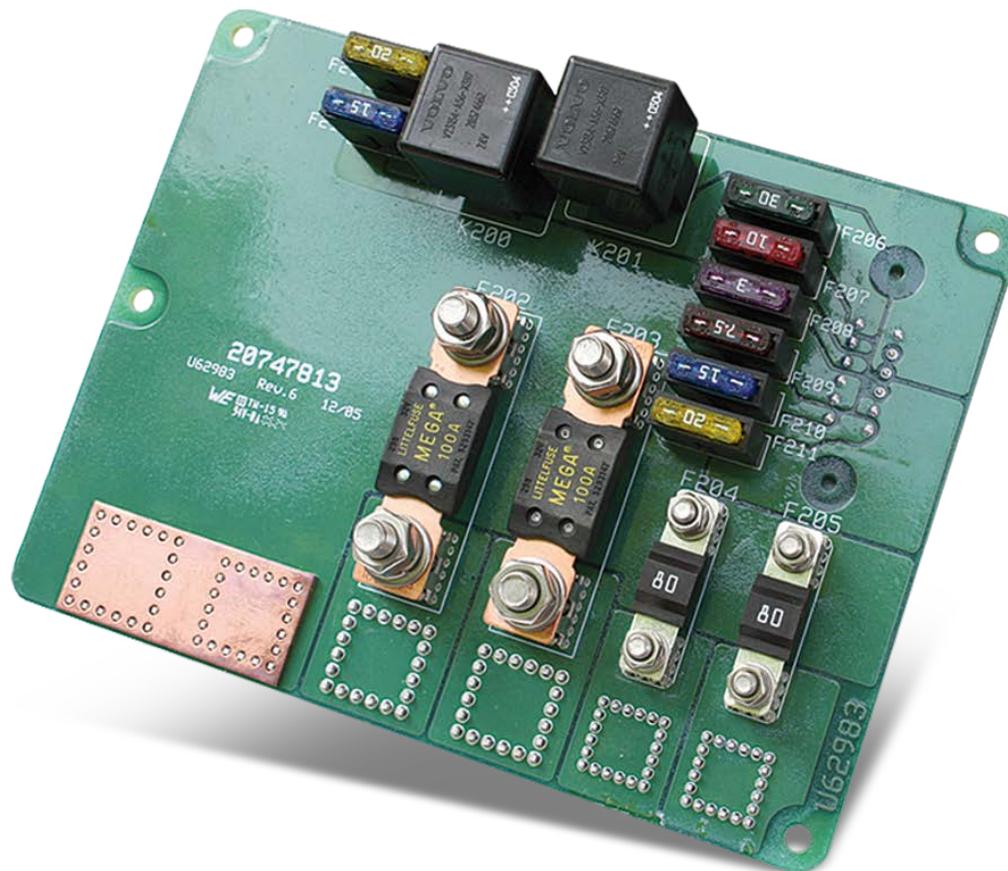


# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### Verpressen der Stromschiene mit der Leiterplatte zur Verarbeitung hoher Ströme

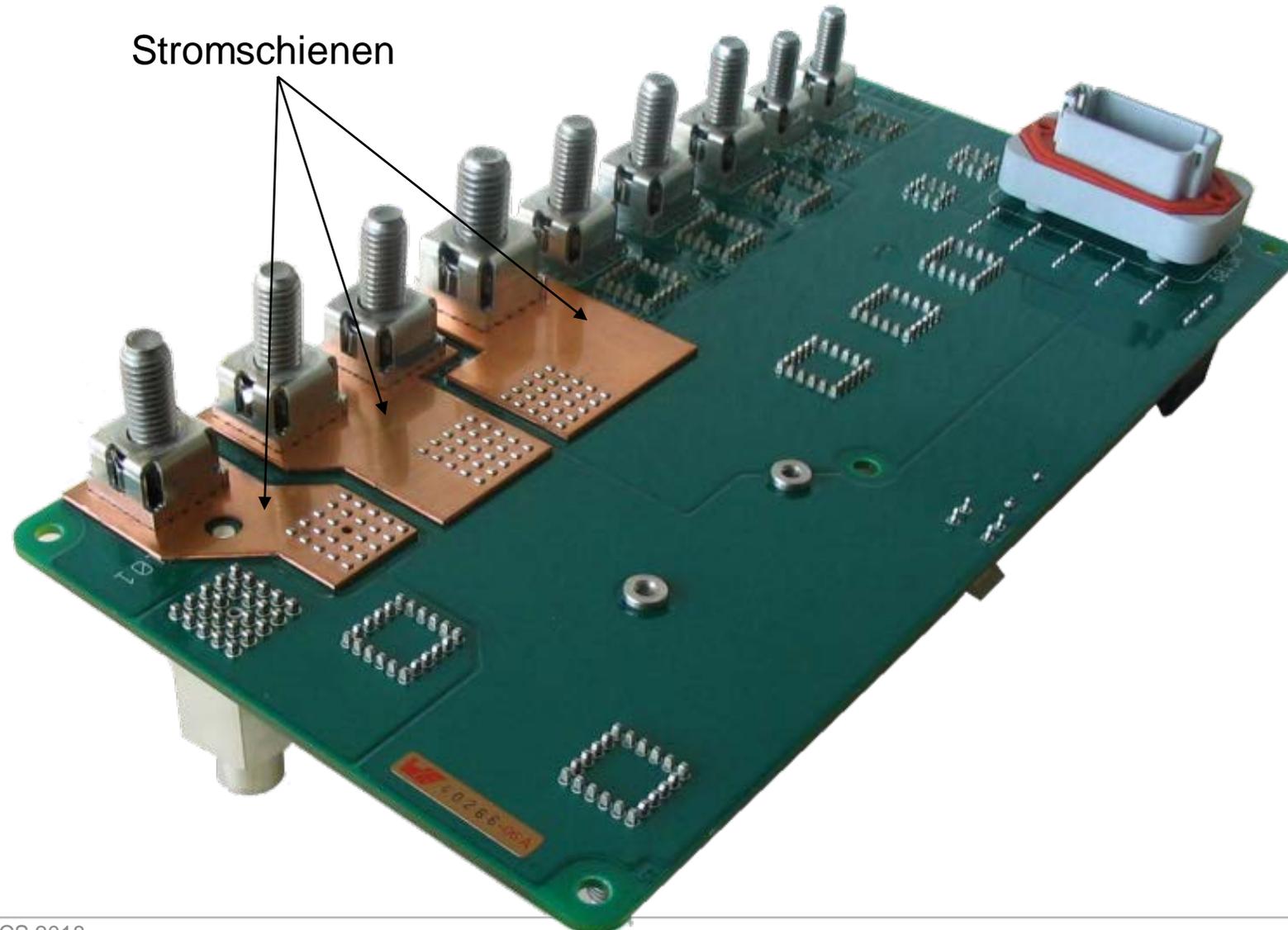


# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### Stromschienen funktionieren nebenbei auch als Wärmeableiter

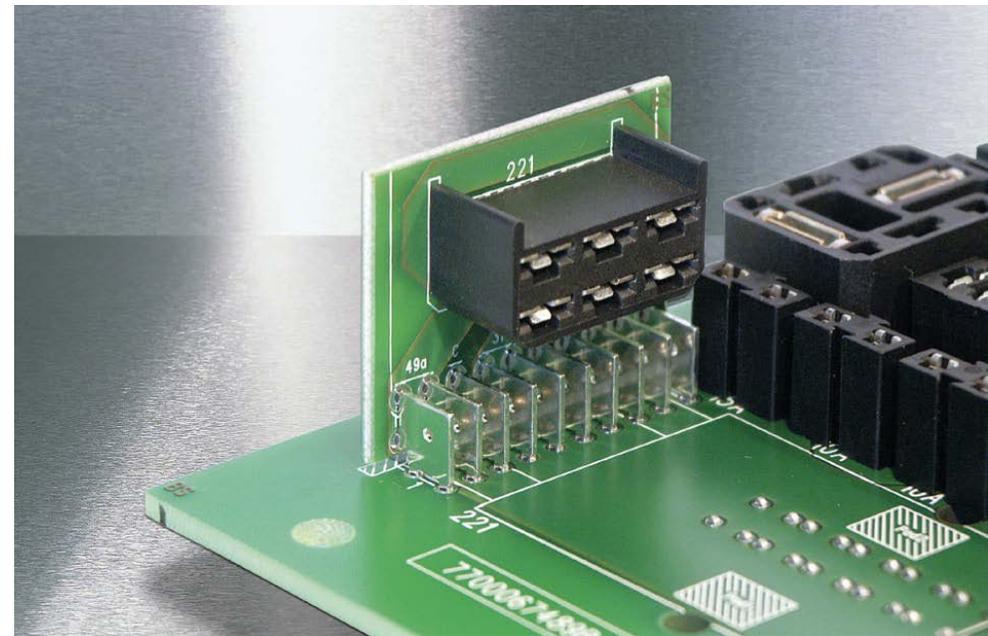
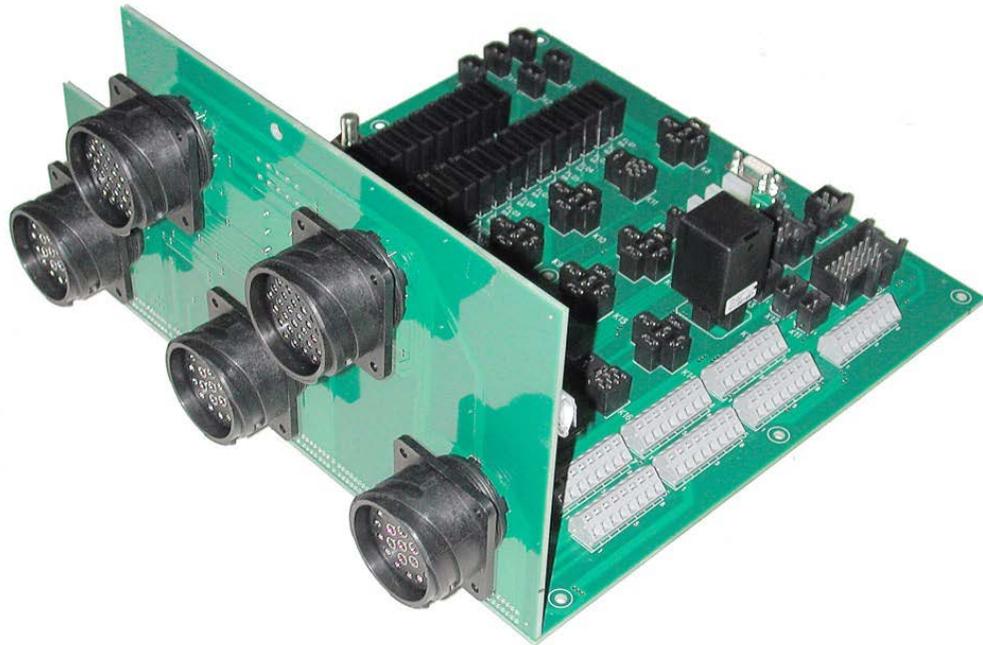


# Anwendungsbereiche

## Praktische Anwendungen



### Einfache Realisierung dreidimensionaler Anordnungen durch gewinkelte Einpressverbinder



# Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und  
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



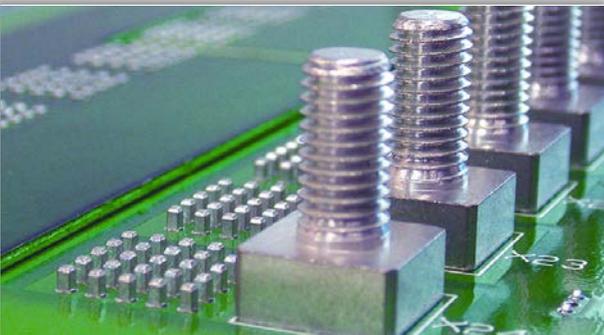
Grundlagen der  
Einpresstechnik



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



PowerOne

*konfigurierbar · configurable*



PowerTwo

*konfigurierbar · configurable*



PowerPlus



PowerOne SMD



PowerBasket



PowerLamella



PowerRadSok



PowerFlex



PowerCover



PowerSupplies

*Original*  
**POWER  
ELEMENT**  
Intelligent Systems

[www.we-online.com/pe](http://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**

[www.we-online.com/pe](http://www.we-online.com/pe)

### PowerLamella:

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



### PowerPlus:

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



# 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](http://www.we-online.com/pe)



# Würth Elektronik ICS Agenda



Würth und  
Würth Elektronik



Würth Elektronik ICS



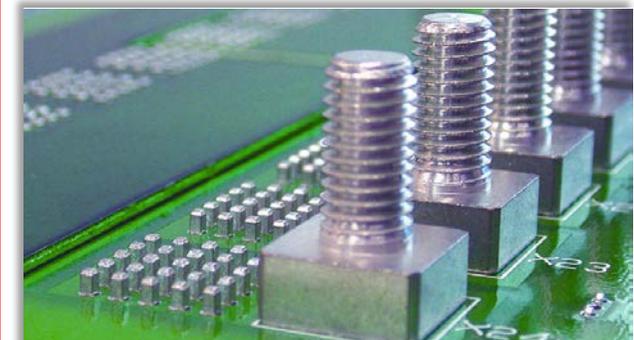
Grundlagen der  
Einpresstechnik



Anwendungsbereiche



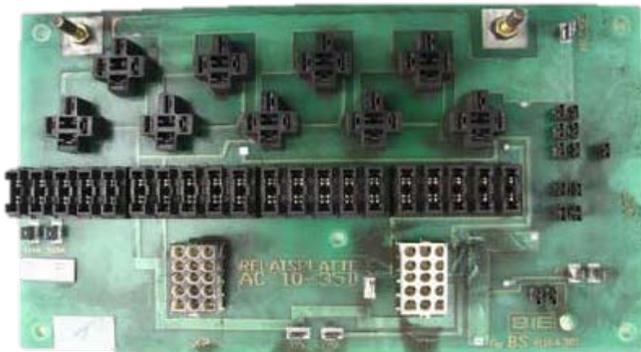
Produktlösungen



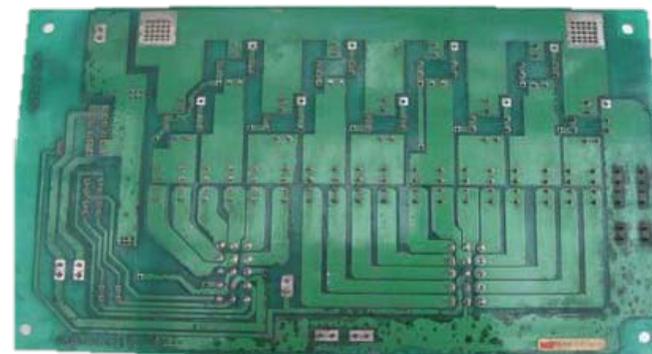
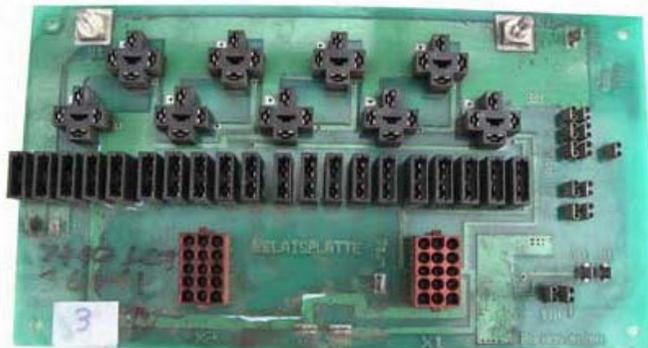
Praxiserfahrungen

# Praxiserfahrung Tests

## Gelötete Baugruppe



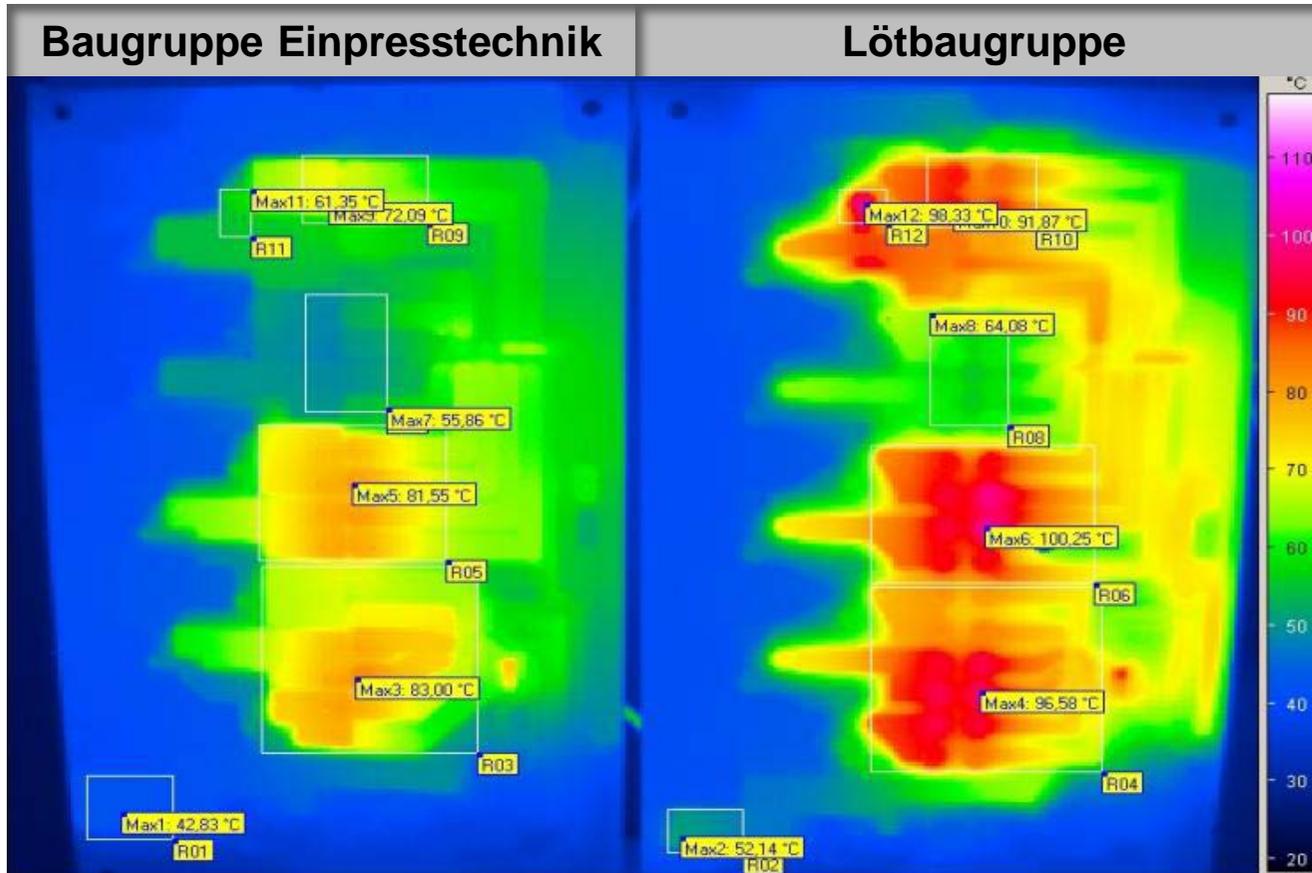
## Baugruppe in Einpresstechnik



## 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

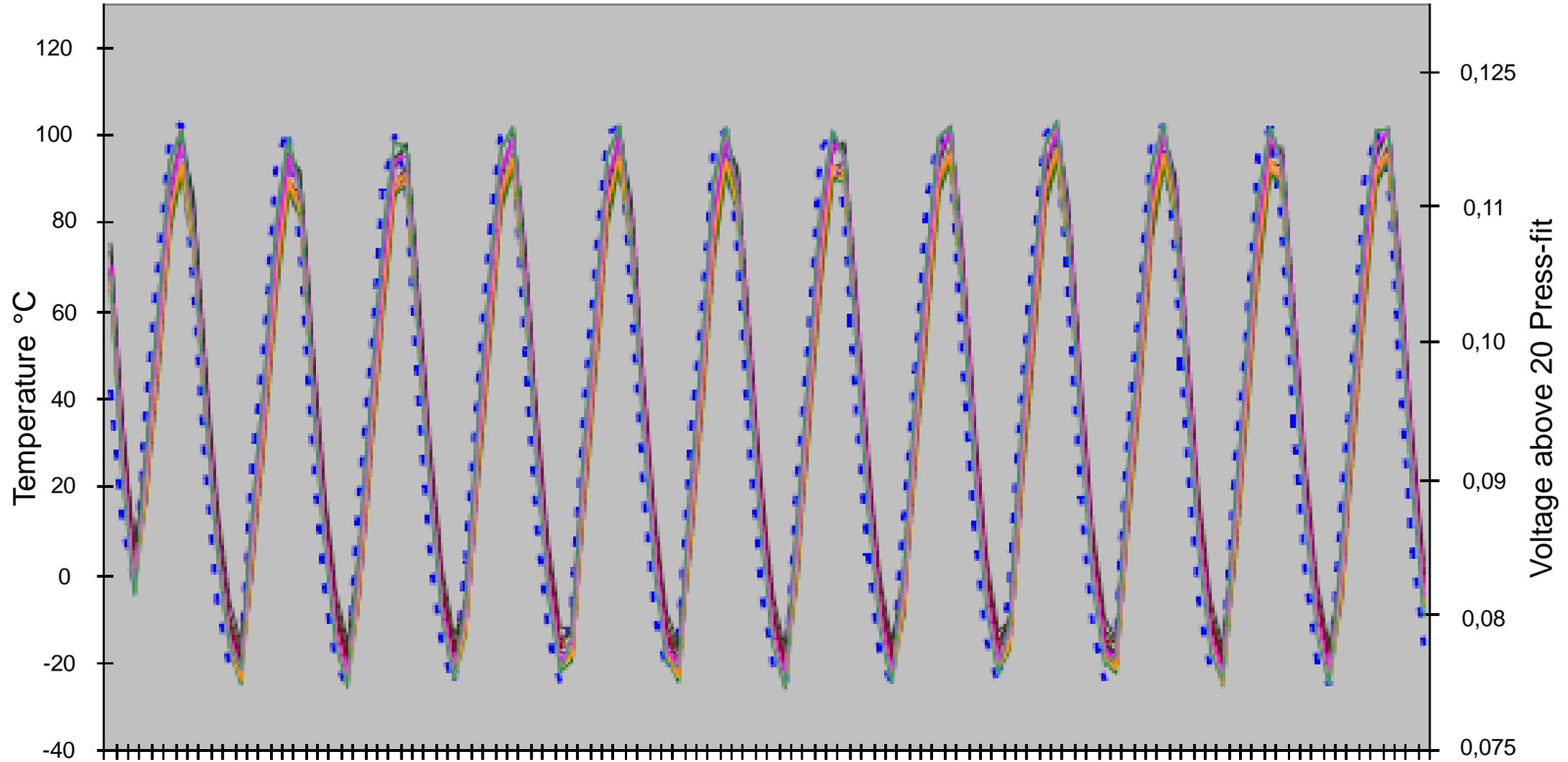
## Langzeitstabilität



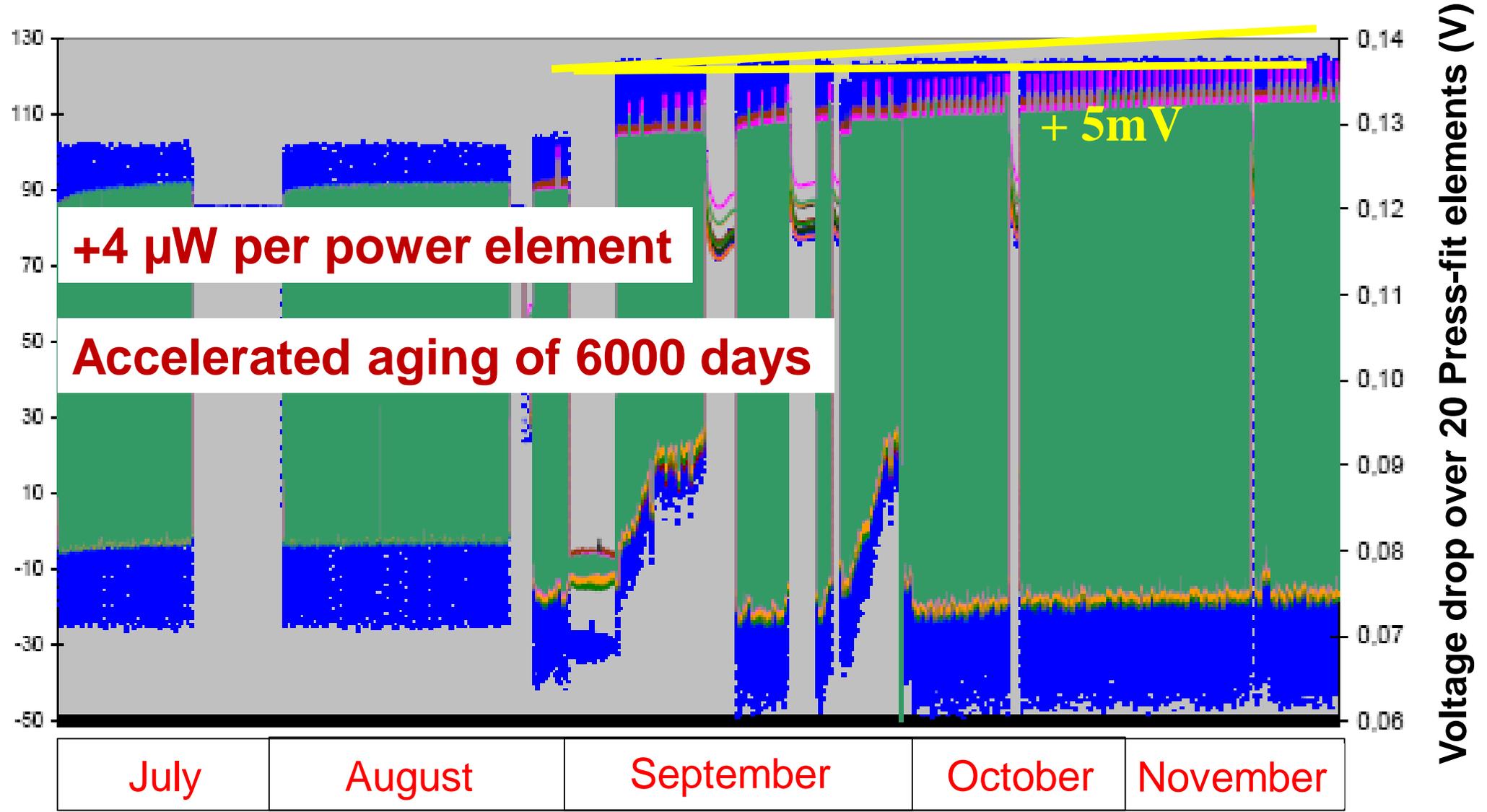
### Testprogramm

- 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

