

An overview

Smart Connector - F. Ansorge, E. Meltzer, C. Dorn, A. Hagelauer

27.09.2023

Kontakt:

Dr.-Ing. Frank Ansorge
frank.Ansorge@emft.fraunhofer.de

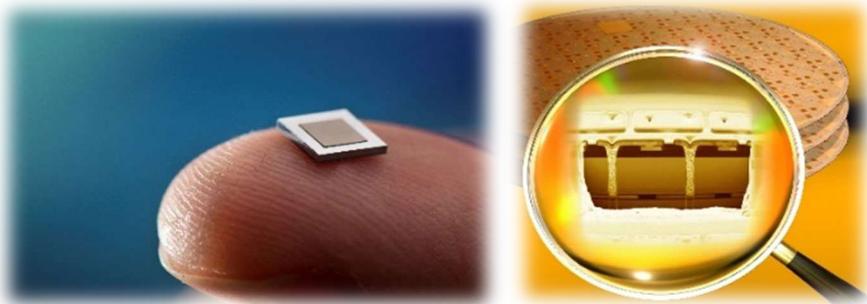
Aufnahmen in Bild und Ton sind nicht gestattet

Agenda

- Motivation
- Systemanalyse oder welche Effekte können überwacht werden
- Bewertung von Messergebnissen
- Miniaturisierung und Packaging
- Beitrag zur Nachhaltigkeit ?
- Zusammenfassung und Ausblick

Kompetenzfelder

- Optische Sensoren: Medien, Gase, Umgebung, ...
- Mechanische Sensoren: Kraft, Weg, ...
- Elektrische Sensoren: Strom, Spannung, Feuchtigkeit, ...
- Chemische Sensoren: Medien, Gase, Umgebung, Feuchte, ..



Praktische Trainings an unserer ESA auditierten Schule in Oberpfaffenhofen

WWW.ZVE-KURSE.DE



Eintauchen in ein **digitales Umfeld** ermöglicht Perspektiven, die in konventionellen
Lernumgebungen nicht möglich sind
Neue Möglichkeiten der **Interaktion**
Verbesserte Motivation und **Lernerfolge**



Herausforderungen bei der Entwicklung von elektrischen Verbindungselementen

- Zunehmende **Komplexität künftiger Bordnetze** durch Elektrifizierung und Funktionserweiterung
- **Steigender Energieverbrauch** durch zunehmende Anzahl an Verbrauchern im Bordnetz
- **Miniaturisierung** führt zu **erhöhter Leistungsdichte**
- Besondere Anforderungen an Zuverlässigkeit und Funktionssicherheit aufgrund **teil- und vollautomatisierten Fahrens**



Bordnetz (orange) und Elektronikkomponenten (blau) eines Oberklasse-Fahrzeugs [1]

Ein zufälliger Ausfall von nur einer Versorgungsleitung kann weitreichende Auswirkungen haben

Motivation aus Rückrufaktionen für Steckverbinder im Automobil

Rückruf bei Tesla

Tausende Ladeadapter müssen wegen Überhitzungsgefahr ausgetauscht werden

07.12.2016, 07:43 Uhr | dpa



Teilen



Twittern



Drucken



Mailen



Redaktion

Ärger für den Elektroautobauer Tesla: Rund 7000 Adapter, die zum Aufladen der batteriebetriebenen Fahrzeuge benutzt werden, müssen ausgetauscht werden. Als Grund gab die Firma Überhitzungsgefahr an.

MEHR ZUM THEMA

- **Autonomes Fahren:** Tesla - in Zukunft noch mehr "Autopilot"
- **Aktuelle Rückrufaktionen:** KBA warnt vor gefährlichem Motorradhelm

Im November hätte man entsprechende Berichte von zwei Kunden erhalten. Im Internet wird das Thema allerdings schon länger von Tesla-Besitzern diskutiert und mit Fotos von verschmorten Plastiksteckern dokumentiert. Bereits 2014 hatte das Unternehmen deshalb eine Reihe Adapter ausgetauscht.

http://www.t-online.de/auto/news/id_79755616/rueckruf-bei-tesla-ladeadaptern-droht-ueberhitzung.html

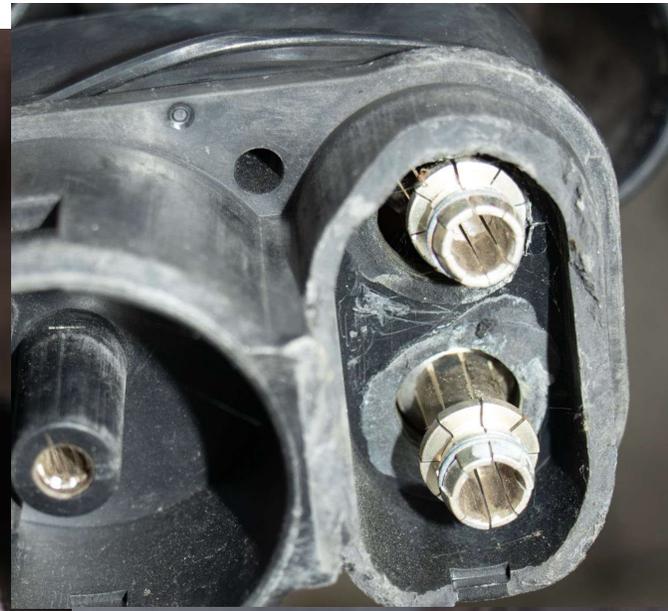


Ford ruft sein Modell Kuga Plug-in-Hybrid (PHEV) aus dem Produktionszeitraum 1. Juli 2019 bis 25. Juni 2020 zurück in die Werkstätten. Dieses Fahrzeug ist mit einem Batterielademodul ausgestattet, das zur Kontrolle des Ladezustands der Hochvolt-Batterie beiträgt. Das Modul befindet sich an der Unterseite des Fahrzeugs und ist durch eine Abdeckung geschützt.

<https://www.autoservicepraxis.de/rueckrufe/artikel/ford-rueckruf-stecker-muss-ueberprueft-werden-2646060>



Insgesamt sind von diesem Rückruf rund 27.819 Fahrzeuge betroffen, davon 6.337 in Deutschland. Die entsprechenden Fahrzeuge wurden im Werk Valencia/Spain produziert. (tm)

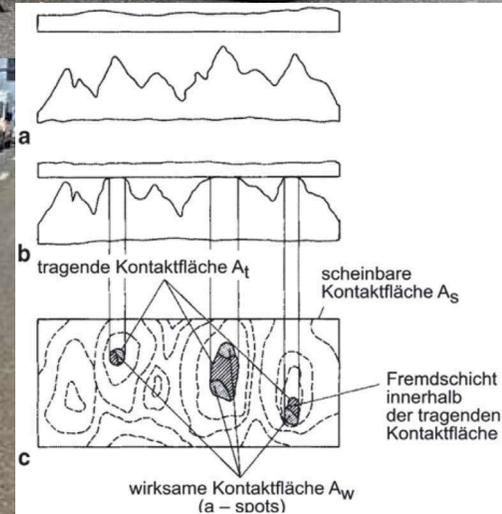


Mögliche Folgen von Fehlern im Bordnetz und den Komponenten



Gründe beim E-Fahrzeug (nur eine Auswahl):

- Batterie/Akku
- Verbindungstechnik:
Schrauben, Stecker, etc.
- Korrosion/Umweltbeanspruchung



5 - 8 % der scheinbaren
Kontaktfläche

<https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/mainz/pkw-brand-a61-bornheim-a66-wiesbaden-100.html>

<https://www.bild.de/regional/hamburg/hamburg-aktuell/e-droschke-fackelt-nieder-tiefe-trauer-um-mannis-tesla-81718020.bild.html>

Überwachung der Leistungsübertragung

Unterteilung der Verbraucher im Bordnetz nach /Gehring/:

- Widerstandsbasierte Verbraucher
- Strombasierte Verbraucher
- Leistungsbasierte Verbraucher

Leistungsbasierte Verbraucher sind besonders kritisch:

- Degradation führt zu erhöhten Widerständen (Spannungsabfall)
- Zunehmender Stromfluss
- Steigende thermische Belastung des Systems und einzelner Komponenten

Leistungsübertragende Komponenten wie Steckverbindungen oder elektrische Leitungen werden derzeit kaum überwacht

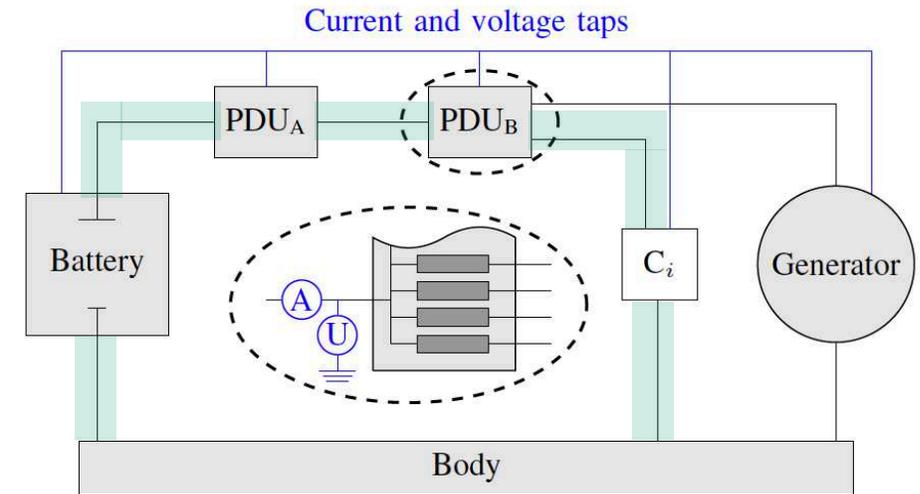


Fig. 1. Simplified structure of a low-voltage energy system with current and voltage taps on the individual system components [3]

Unüberwachte Komponenten der Leistungsvernetzung
(Leitungen, Steckverbinder, Schraubverbindungen etc.)

Mögliche Ausfallursachen leistungsübertragender Komponenten

1. Leitung

- Äußere Umwelteinflüsse oberhalb der Auslegungsgrenze (Temperatur der Verbraucher, Dichtheit, Chemikalien, Luftfeuchtigkeit etc.)
- Schädigung durch mechanische Einflüsse (Scheuern, Vibration, Torsion)
- Kann eine Leitung ein 2nd Life bekommen?

2. Elektrische Verbindungstechnik (am Beispiel einer Steckverbindung)

- Systematische Fehler durch **extrinsische** Mechanismen (Verunreinigungen, ungünstige Einbaulage etc.)
- Zufällige Fehler durch **intrinsische** Mechanismen (Korrosion, Spannungsrelaxation)

Tabelle 7-5: Verteilung der Ausfallart bei Steckverbinderkontakten in verschiedenen Zeiträumen [4]

Fehlerart/ Zeitraum [mon]	0-12	12-24	24-36	zu-fällig	sys-t. Ursache
Connector Disconnect	50%	48%	58%		X
Terminal Open	16,70%	19%	19%		X
Terminal Unseated	9,10%	7%	4%		X
Terminal Bent / Damaged	5,30%	3%	3%		X
Connector Damaged	4,00%	5%	3%		X
Fretting Corrosion	10,30%	11%	8%	X	
Terminal Corrosion	2,50%	5%	4%	X	
Connector Corrosion	1,20%	1%	0%	X	
Terminal Poor Crimp	0,80%	1%	0%	X	
Summe zufälliger Ursachen	14,80%	18,40%	12,20%	X	
Summe systematische Ursachen	85,20%	81,60%	87,80%		X

Fretting Corrosion - Reibkorrosion

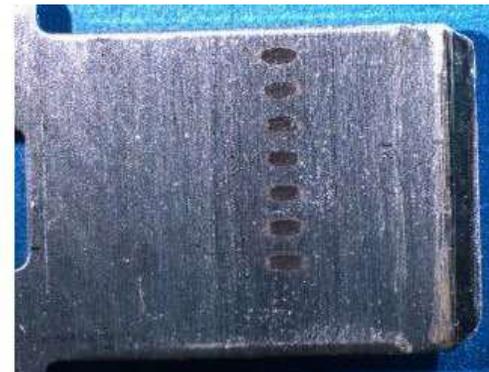
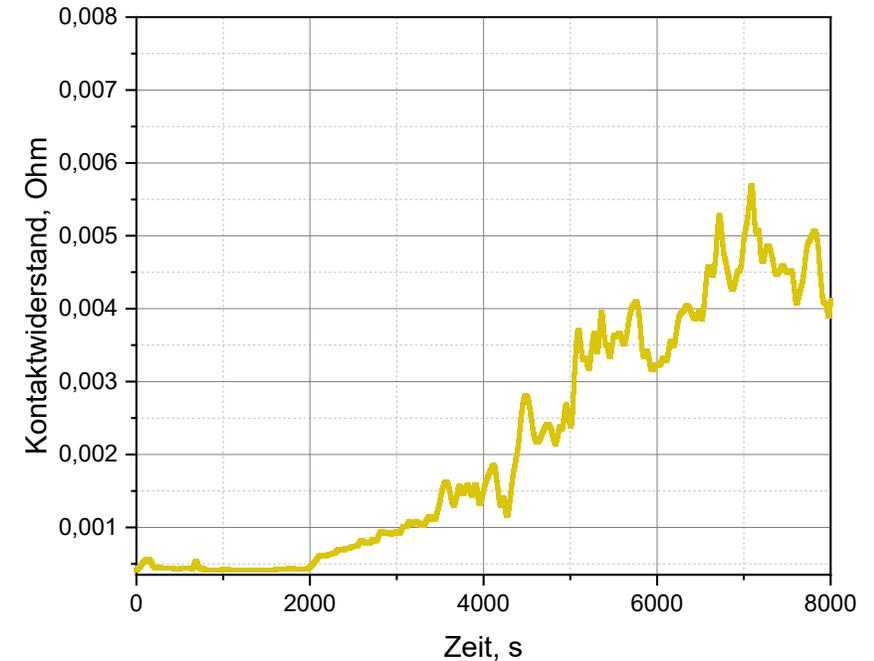
- Vibrationen im Fahrzeug führen häufig zu Relativbewegungen zwischen den Kontaktpartnern einer Steckverbindung

➔ lokaler Abrieb der korrosionsbeständigen Oberflächenbeschichtung

- Freigelegte unedlere Materialschichten (bspw. Nickel, Kupfer) oxidieren

➔ Kontaktwiderstand steigt mit zunehmender Reibkorrosion

- Ausprägung der Reibkorrosion von zahlreichen Faktoren abhängig
 - Temperatur
 - Kontaktkraft
 - Umweltbedingung
 - Oberflächenbeschichtung
 - Etc.



Ausfallkriterium von Steckverbindungen

Definition eines Grenzwertes als Basis der prädikativen Diagnose:

- kritischer Widerstandswert bei dem die Leistungsversorgung unterbrochen wird
- Direkter Zusammenhang zwischen Widerstand und Temperatur

Als Ausfallkriterium gilt das Erreichen eines Widerstands $R_{failure}$ bei dem die max. zulässige Temperatur überschritten wird

Ansatz zur online-Überwachung elektrischer Komponenten

- Berechnung der erwarteten Temperatur durch thermisches Modell (thermische Ersatznetzwerke)
- Deutliches Überschreiten der erwarteten Temperatur weist auf Degradation hin
- Kenntnis von Widerständen weiteren Daten „direkt“ aus dem Steckverbinder

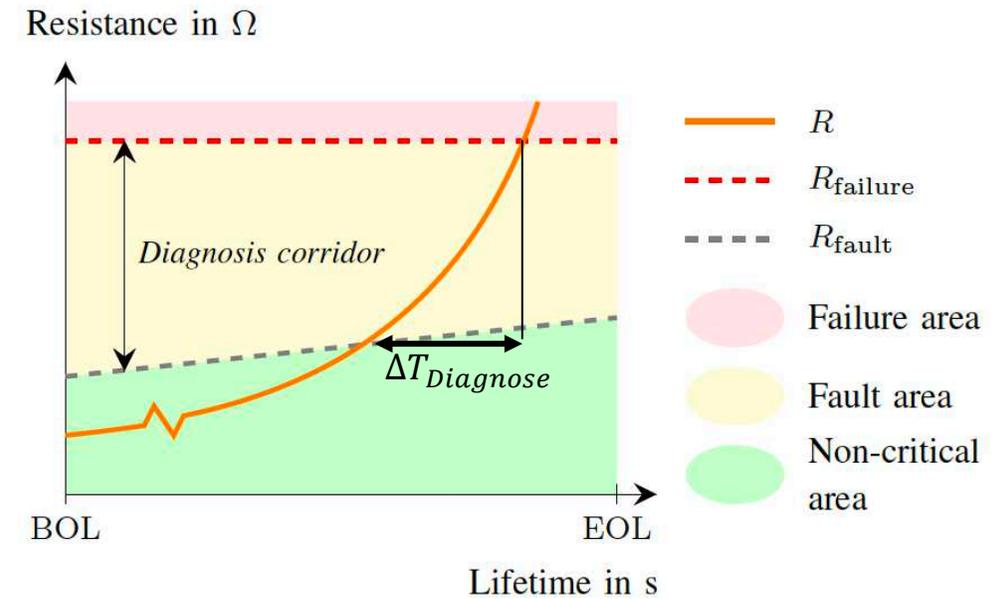
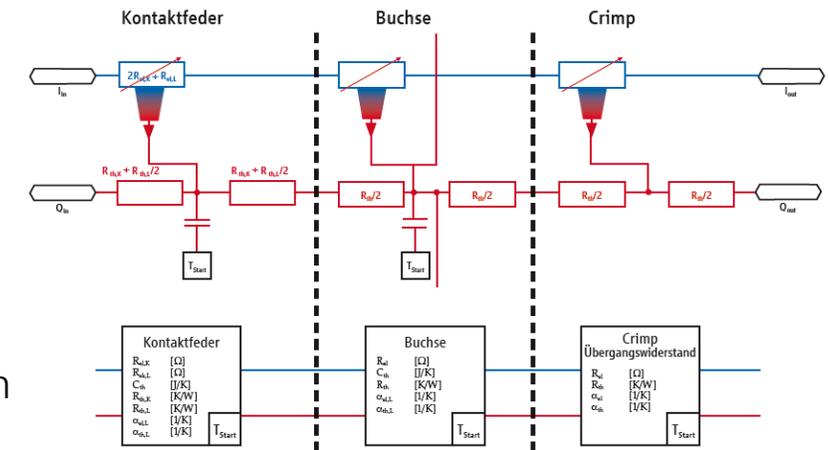


Fig. 1. Schematic diagnosis corridor over connector's lifetime [5]



Quelle: ZVEI [6]

Ausfallkriterium von Steckverbindungen

Definition eines Grenzwertes als Basis der prädikativen Diagnose

Wann wird der kritische Widerstand überschritten?

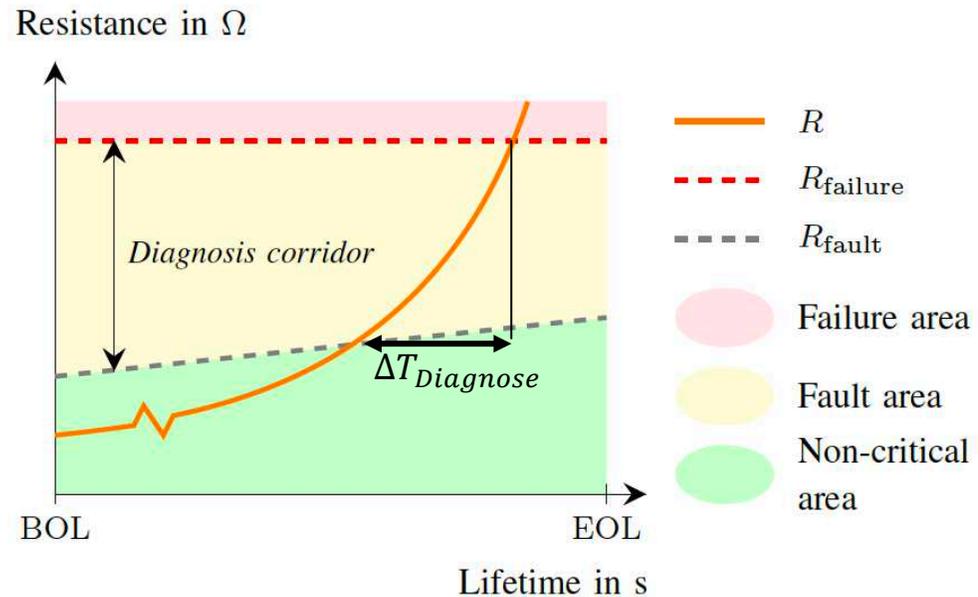
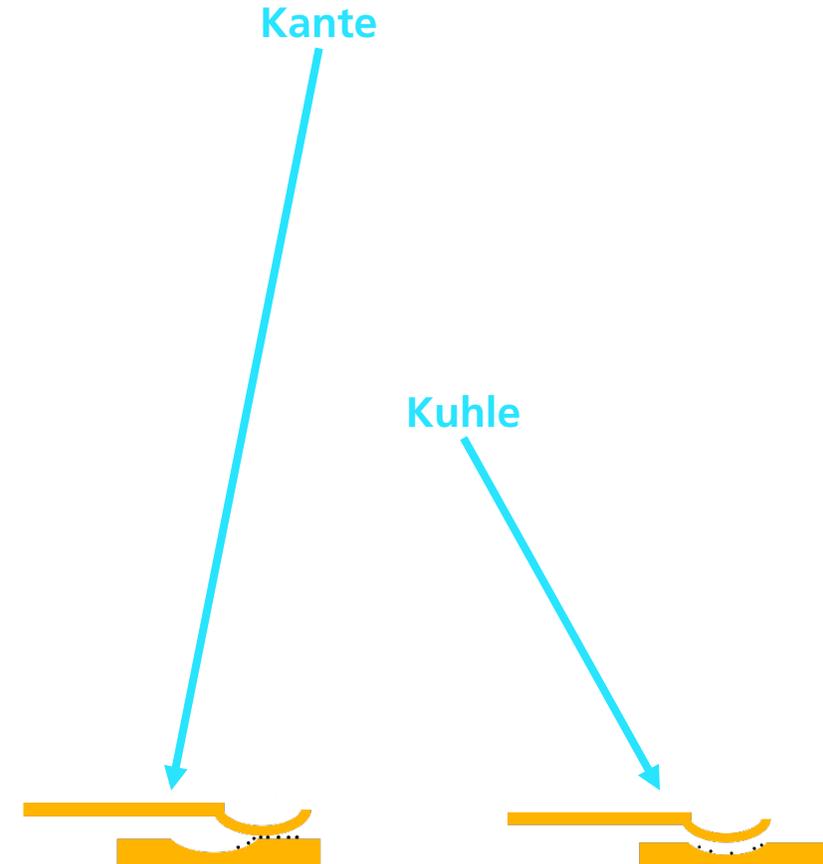


Fig. 1. Schematic diagnosis corridor over connector's lifetime [5]



Ausfallkriterium von Steckverbindungen

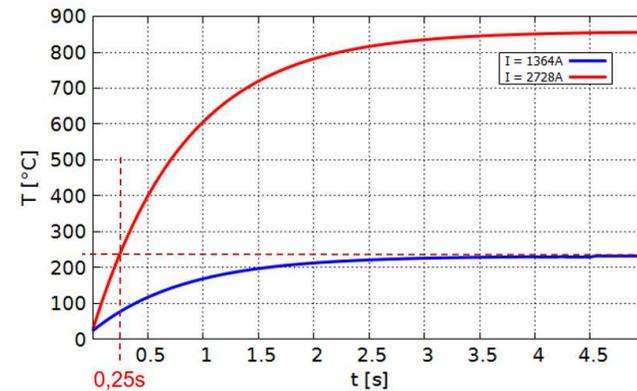
- Stromwärmegesetz stellt direkten Zusammenhang zwischen Strom I , Widerstand R und erzeugter Wärme Q her

$$Q = I^2 * R * t \quad \text{und:} \quad T(t) = P_v \cdot R_{th} \cdot \left(1 - e^{-t/\tau}\right) + T_A$$

- Zunehmend degradierte elektrische Verbindungen wirken so als Wärmequelle



Umliegende Komponenten und Baugruppen werden zusätzlich thermisch belastet (infolge der Wärmeübertragung)

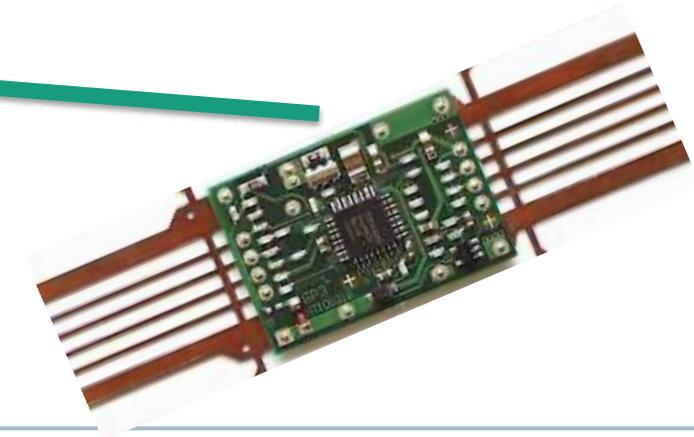
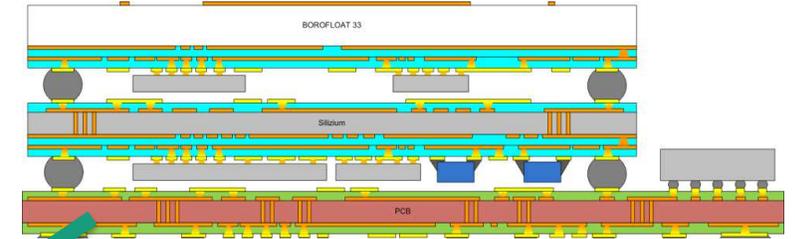
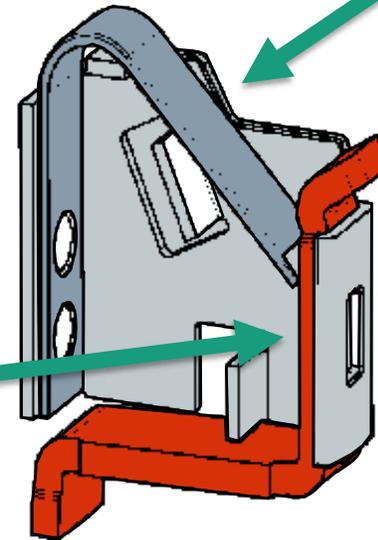
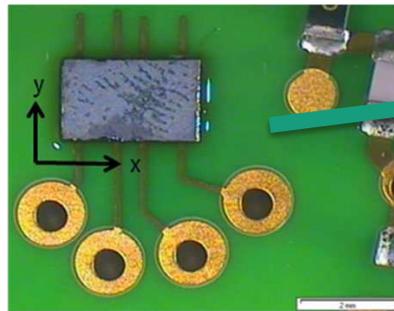


Video guter und nicht-zulässiger Kontakte

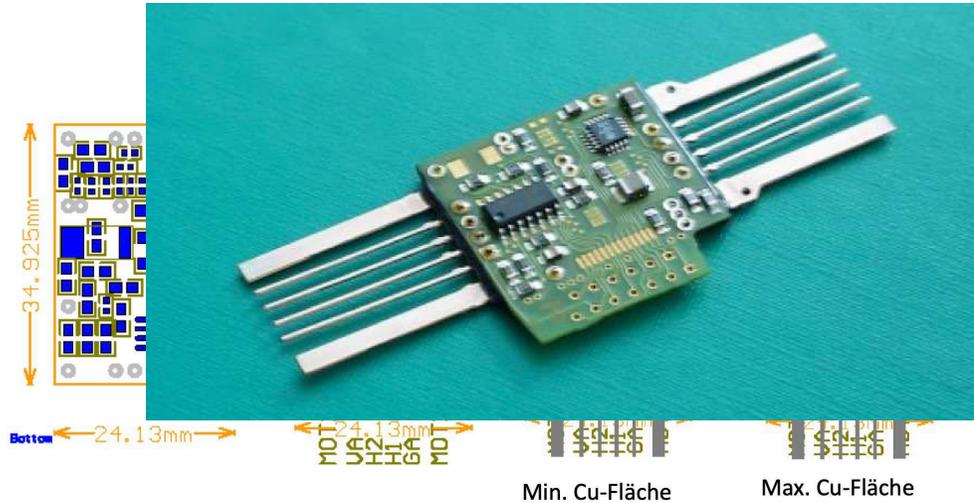
Überwachung der Verbindungstechnik: Methoden

- 3D Steckverbinder benötigen **spezifische Aufbau und Verbindungstechnik**

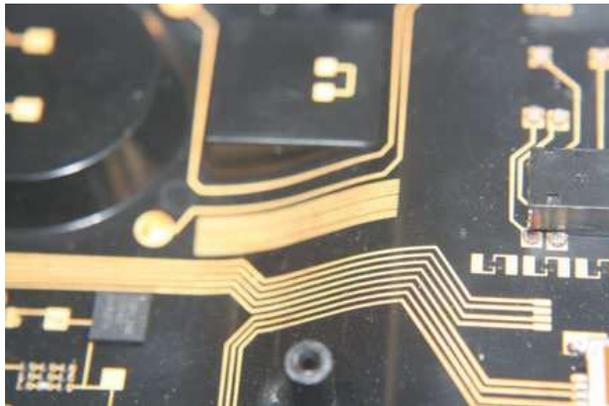
- Formfaktor, Kompakter
- Miniaturisierung statt 3D?
- Sensorik



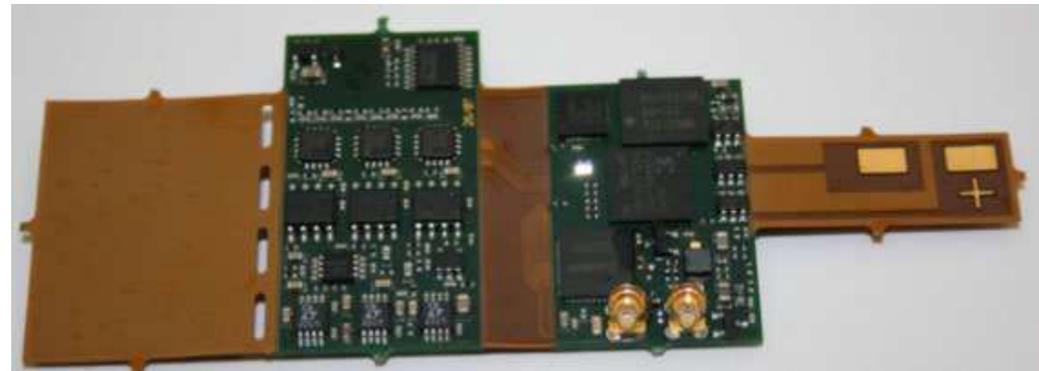
Lösung 1: Packaging Technologien - Auswahl



100% 3D printed substrate



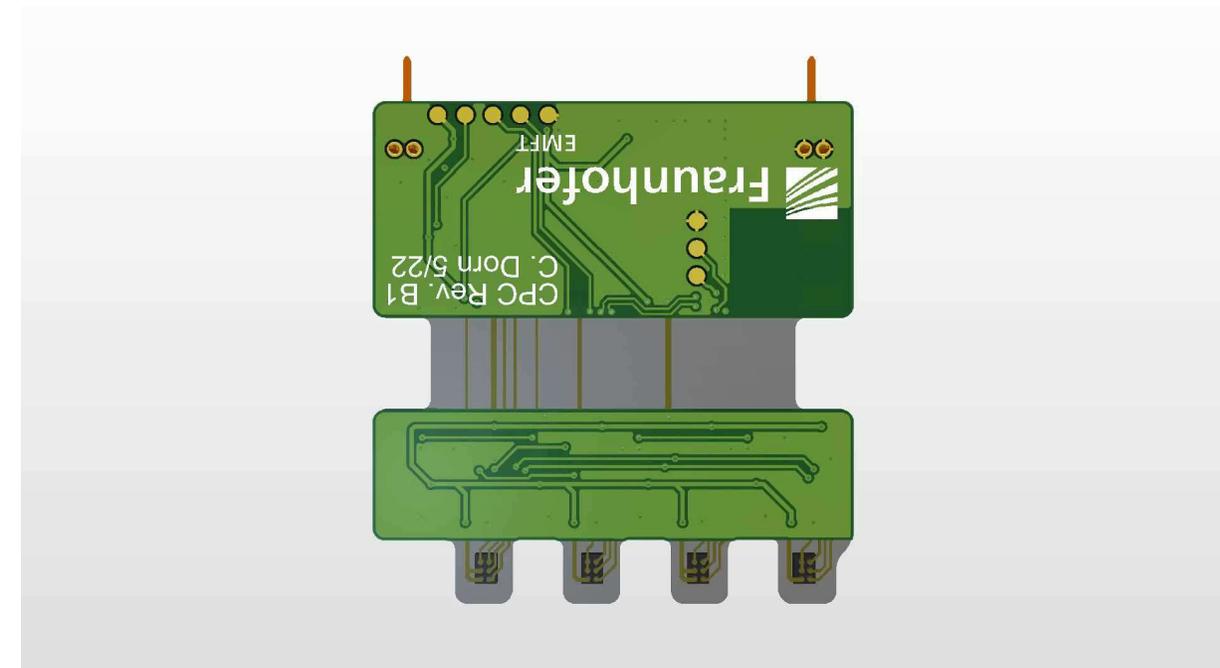
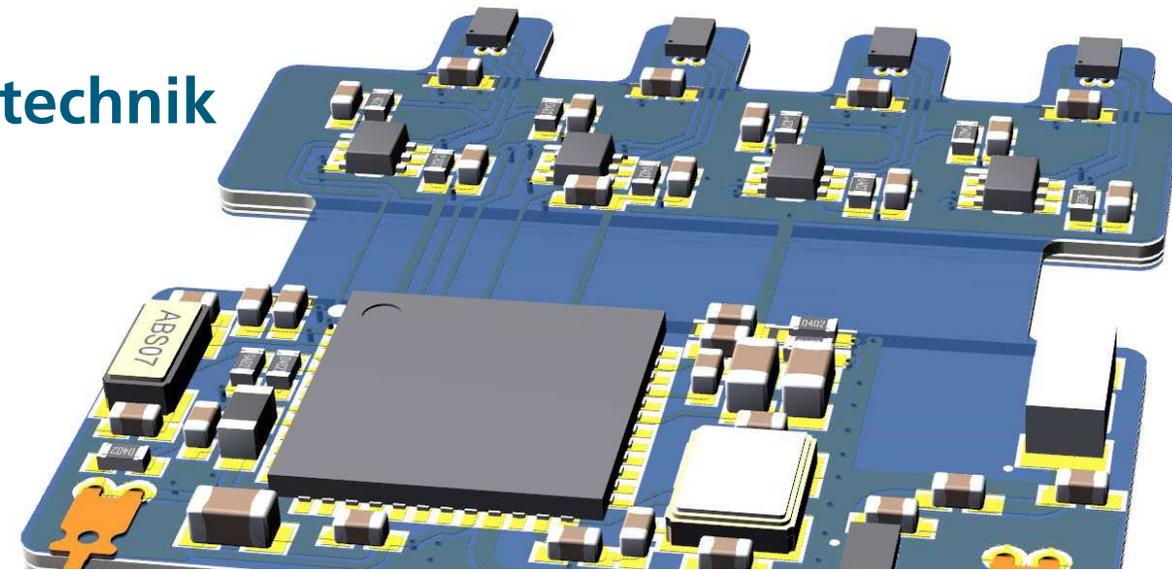
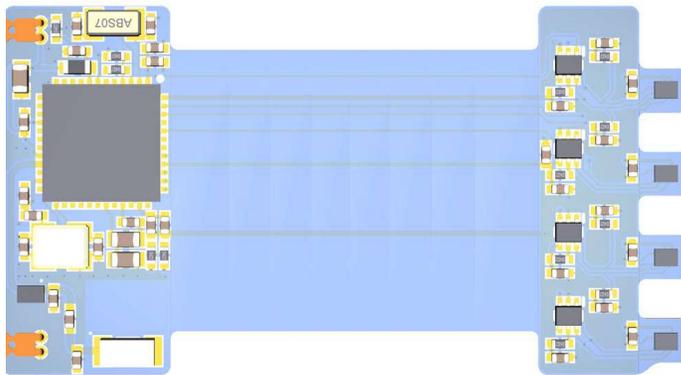
3D MID mit LDS Verfahren



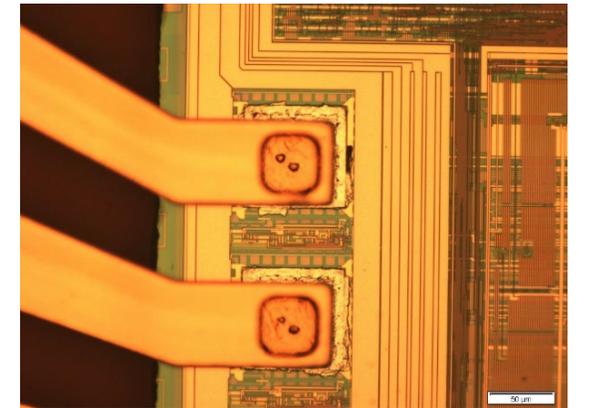
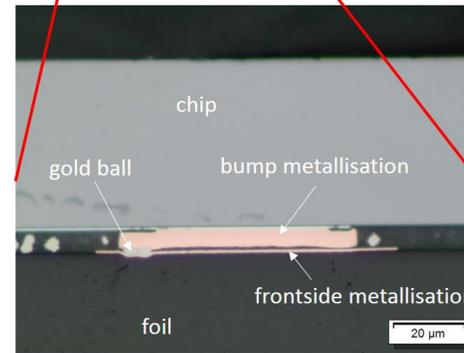
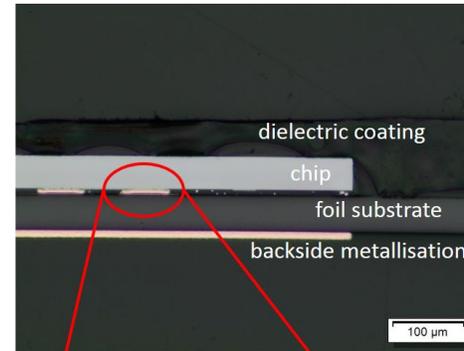
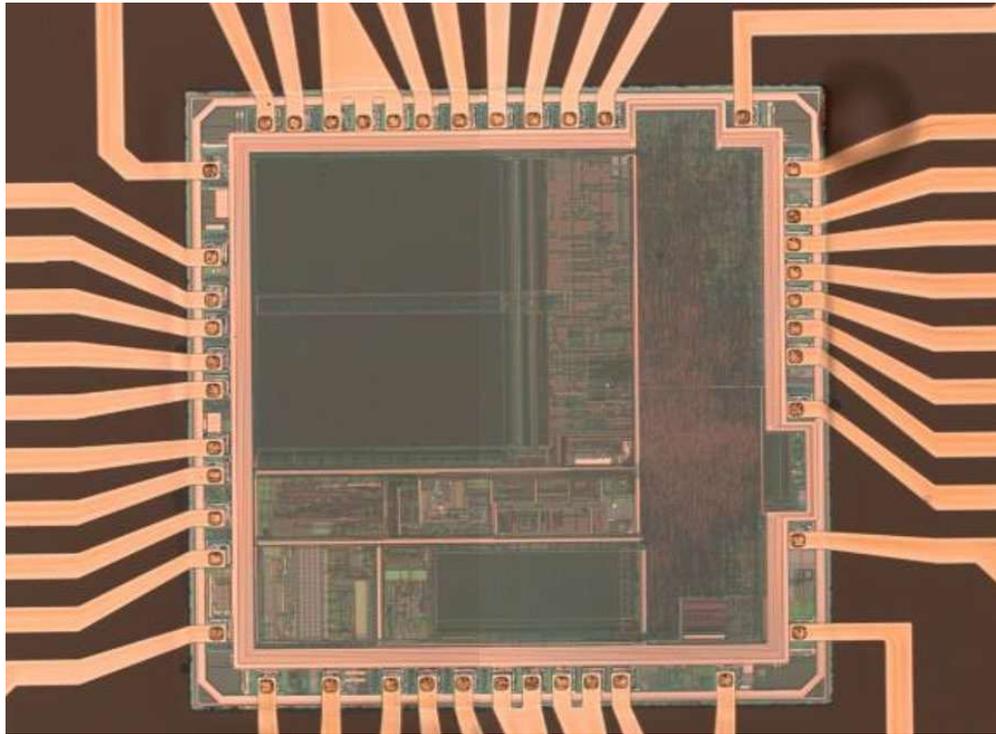
Lösung 2: Überwachung der Verbindungstechnik

(2/2)

- Ausschließlich SMD – montierte Bauelemente
- Zweilagiges Substrat auch aus flexibler Leiterplatte leicht möglich (nicht dargestellt)
- Skalierbar und an verschiedenste Stecksysteme anpassbar
- Beliebige zusätzliche Sensoren leicht integrierbar



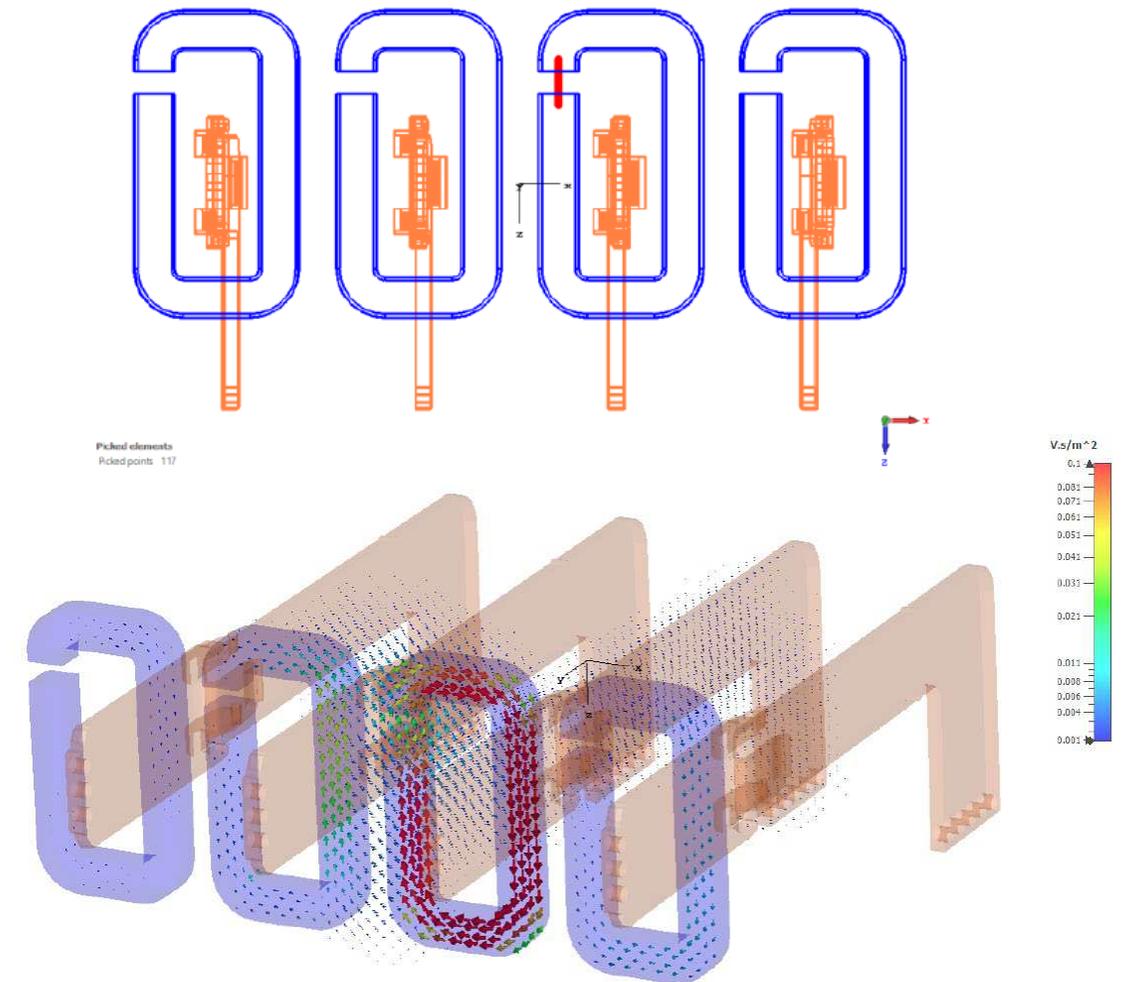
Lösung 4: Microscopic view onto ultra-thin micro-controller IC after embedding and electrical interconnection



µC: Microchip „PIC series“, pad size: 80 µm, via diameter 50 µm, embedding: 10 µm

Lösung 5: Reduktion von Komponenten durch mechatronischen Ansatz - Nachhaltigkeitsförderung

- Entwicklung von Verbindungstechnik und Packaging Prozessen, für extreme Miniaturisierung
- **Reduktion** der Komponenten durch Dual-Use
- **Verkapselungsmaterialien** für extreme Umwelteinflüsse und niedrigen thermischen Widerstand
- **Kompatibilität** mit Materialien der **Verbindungstechnik**
- **Absicherung der Eigenschaften durch Simulation und Messtechnik**
- **Verbesserung** der **Lebensdauer** durch Optimierung der Materialauswahl



Einsatz-Szenarien Steckverbinder

- Industrie 4.0 Anwendungen in der Daten- und Leistungsvernetzung
- Überwachung der Stromverteilung auch bei komplizierten Leitungsstrukturen
- Condition-Monitoring von Schnellladesäulen
- Vermeidung missbräuchlicher Anwendungen
- Kabellose Überwachung funktionskritischer Leitungen im Fahrzeug
- Smart Interconnects schaffen Vertrauen
- (Früh)ausfälle können zuverlässig erkannt werden



Offen

Es wird vom unbekanntem Kunden gesteckt, der keine Ausbildung zum richtigen Stecken hat.



Foto: SWM

Stilleben mit Hackfleisch:
Zur Herstellung von
Hamburgern eignen sich E-
Ladesäulen schon mal nicht. [7]

Was machen da andere

Wo sitzt die Intelligenz?

Smart wird die Verbindung über die Sensoren und Aktoren, die im Sockel verbaut sind. Die Sensoren merken, ob sich ein Stecker dem Sockel nähert (in diesem Fall über den RFID-Reader im Sockel), identifizieren das Modul und senden die Information seiner Verwaltungsschale zu. Dort wird die

Kompatibilitätsprüfung durchgeführt und entschieden, ob der Stecker gesteckt werden darf. Die Information aus der Verwaltungsschale sieht auch der Werker auf seinem Tablet, das ihn so durch den Installationsvorgang führt. Zu dem SmEC gehört selbstverständlich auch die Software-Komponente, die die Ansteuerung der Sensorik und Aktorik übernimmt. Dieses Steckverbindersystem ist die Voraussetzung für den weltweit ersten Production-Level-4-Demonstrator der Welt.

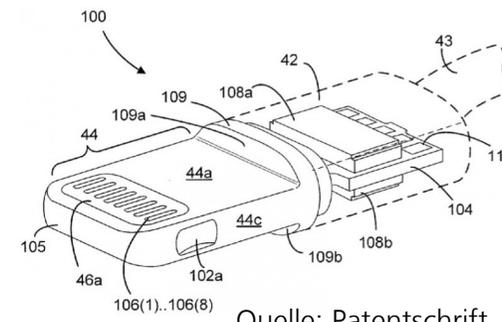
<https://www.elektroniknet.de/e-mechanik-passive/verbindungstechnik/sieht-aus-wie-ein-steckverbinder-ist-aber-viel-mehr.184848.html>



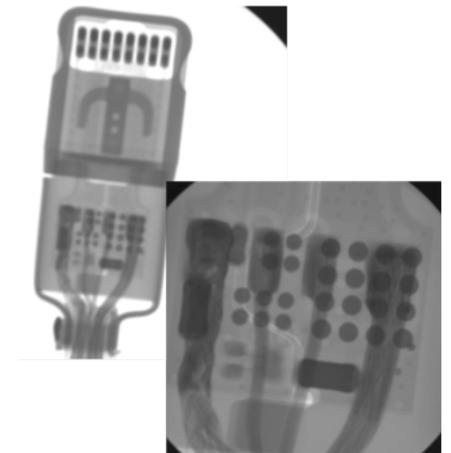
Zusammenfassung

- **Elektrische Anslusstechologien** spielen eine **zentrale Rolle** in der Vernetzung von Sensoren im Produktion und Bordnetz, auch für Leistungshalbleiter
- **Steckverbinder und Schrauben** sind ein elementarer Baustein für Funktionalität, Handhabung und **Zuverlässigkeit** der Übertragung von Leistung und Information
- Die **Integration von Intelligenz in die Verbindungstechnik** weist eine Reihe von Innovationspotentialen auf. **Low Cost Lösungen** sind möglich
- Das **Versagen von Kontakten** kann **elektronisch vorhergesagt/ überwacht** werden.

Connector Integrated Components



Quelle: Patentschrift



Ausblick: Intelligente Steckverbinder und Sensorintegration Materialien für moderne Verbindungstechnologien

AVATAR



Bei Interesse an Connector Integrated Components

Kontakt: Dr.-Ing. Frank Ansorge
frank.Ansorge@emft.fraunhofer.de

Fragen, Anmerkungen, Kommentare?

Dank an den

Studiengang Bordnetzentwicklung an der Hochschule für angewandte Wissenschaften in Landshut

Literatur, wenn nicht im Text anders beschrieben

- [1] Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. Wiesbaden 2013.
- [2] Vinaricky: Elektrische Kontakte, Werkstoffe und Anwendungen
- [3] Florian Bierwirth et al: Statistical Method for Health Monitoring of Power Supply Paths in Vehicles
- [4] ZVEI: Ausfallraten von Bordnetzkomponenten im Automobil
- [5] Florian Bierwirth et al.: Approach for predictive diagnosis of highly available automotive energy systems
- [6] ZVEI: Thermosimulationsmodelle
- [7] <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/muenchen-elektroladesaeule-vandalismus-1.5277226>
- [8] Holm: Die technische Physik der elektrischen Kontakte
- [9] <https://www.ad.nl/auto/tesla-batterijen-vloggen-vijf-dagen-na-ongeval-opnieuw-in-brand~a654f595/> vom 22.03.21