

**FAPS**

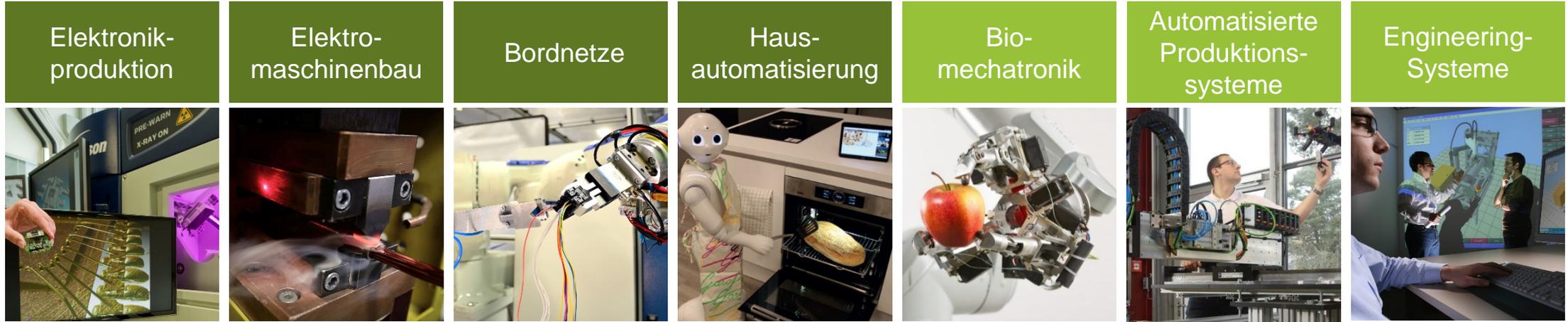
Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

## Forschungsbereich Bordnetze

# Der Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik konzentriert sich auf die Fertigung mechatronischer Produkte.



# Im engagierten kreativen Team des Forschungsbereiches Bordnetze sind interdisziplinäre Kompetenzen vorhanden.



Matthias Friedlein,  
M.Sc.

Zuverlässigkeit von  
Kontaktteilen



Jan Fröhlich, M.Sc.

Ink-Jet gedruckte  
HF-Strukturen im  
Flugzeugbau



Simon Fröhlig, M.Sc.

Automatisierte  
Verdrahtung im  
Starkstrombereich



Daniel Gräf,  
M.Sc.

Aerosol-Jet-Printing  
im Flugzeugbau



Florian Hefner,  
Dipl.-Ing.

Automatisierung im  
Schaltschrankbau



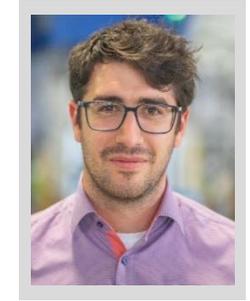
Paul Heisler,  
M.Sc.

Automatisierung  
Bordnetze



Marlene Kuhn,  
M.Sc.

Traceability & Daten-  
durchgängigkeit der  
Kabelsatzfertigung



Moritz Meiners,  
M.Sc.

ML-Anwendungen in  
Prozessketten



Huong Nguyen,  
M.Sc.

Bordnetzdesign und  
funktionale  
Sicherheit



Niklas Piechulek,  
M.Eng.

Zukünftige E/E-  
systeme und deren  
Produktion



Lorenz Schmidt  
Dipl.-Ing.

Digital Twin im  
Leitungssatzdesign



Lisbeth Silva  
Dipl.-Ing. (FH)

Chemisches Labor  
und Analytik;  
Kabelkonfektion



Robert Süß-Wolf  
Dipl.-Ing.

FBL Bordnetze;  
E| Connect



Li Wang,  
M.Sc.

Neue LDS  
Werkstoffe; 3D-MID  
in HF-Anwendungen



Iris Wittl,  
M.Sc.

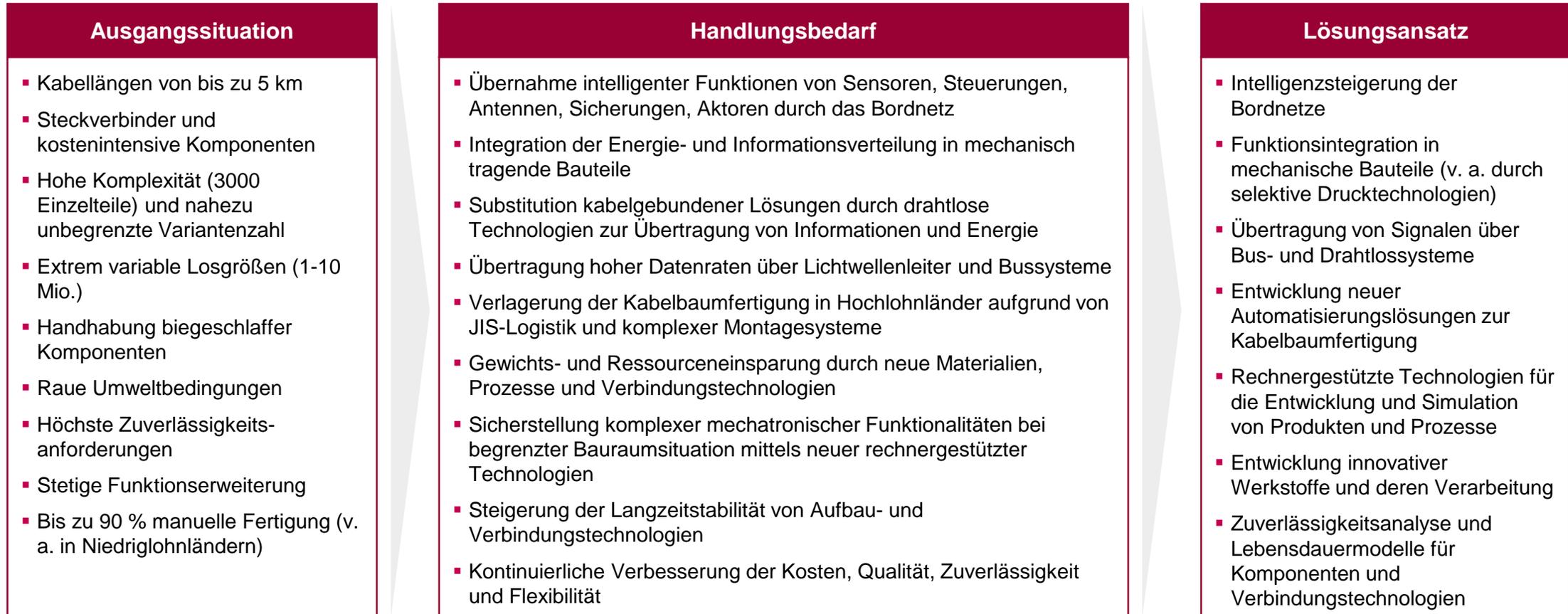
Projekt-  
Administration  
Digitaler Wandel



Jean Phillip Buttler  
ab Feb 2020

Technik im Bereich  
Bordnetze

# Das E|Connect-Projekt entwickelt Lösungen zur Intelligenzsteigerung und Automatisierung der Bordnetze.

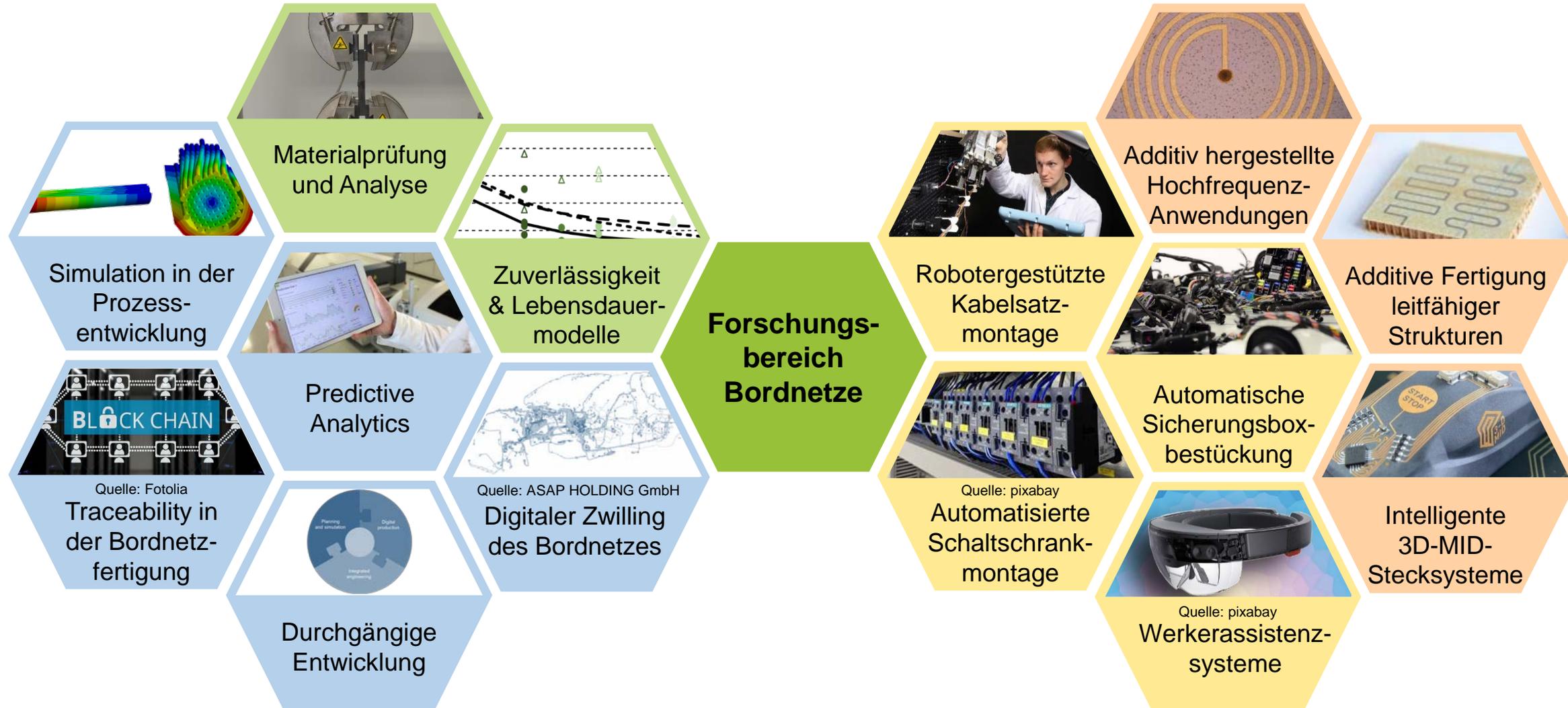


<p><b>Projektvolumen:</b> <b>Ziel:</b> <b>Laufzeit:</b> <b>Personaleinsatz Hochschule:</b></p>	<p>4,4 Mio. € Wissenstransfer Hochschule - &gt; Industrie 04/2017 - 04/2021 3 Techniker, 1 Verwaltungskraft, 12 Wissenschaftler (4 Lehrstühle)</p>	
--	--	---

Im Forschungsbereich Bordnetze arbeiten 14 wissenschaftliche Mitarbeiter an innovativen Lösungen für die Signal- und Leistungsvernetzung.



Europäische Union  
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



# Die Komplexität des Bordnetzes und dessen vorwiegend manuelle Fertigung erfordern die Entwicklung neuer Automatisierungslösungen.

## Ausgangssituation:

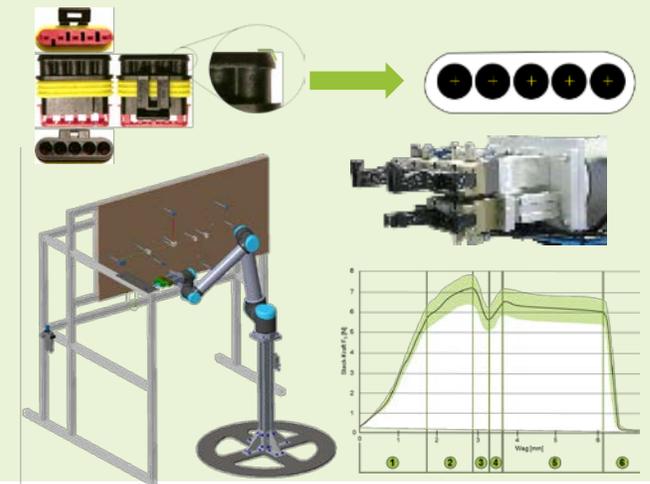
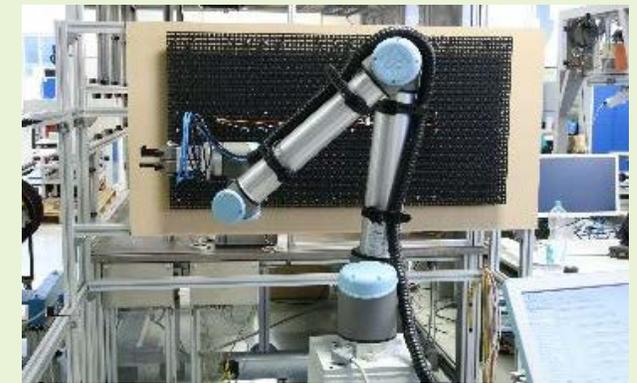
- Komplexe Montagevorgänge aufgrund hoher Variantenvielfalt
- Steigende Lohnkosten bei gleichzeitiger Abnahme verfügbarer Werker
- Politische Krisen in Best-Cost-Countries

## Handlungsfelder:

- Intelligente Steigerung des Automatisierungsgrades
- Manuelle Montage sicherheitsrelevanter Elemente ist keine Option für Hochautomatisiertes Fahren
- Prozessoptimierung sowie schrittweise Implementierung von Industrie 4.0 Aspekten

## Lösungsansätze:

- Simulationsbasierte Validierung von Automatisierungskonzepten
- Einsatz von Cobots und additiver Fertigung zur schrittweisen Automatisierung
- Implementierung von Sensorsystemen sowie künstlicher Intelligenz



# Die Bestückung von Sicherungsboxen kann durch die Automatisierung optimiert sowie ökonomischer gestaltet werden.

## Ausgangssituation:

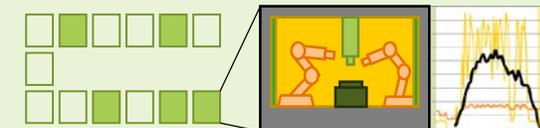
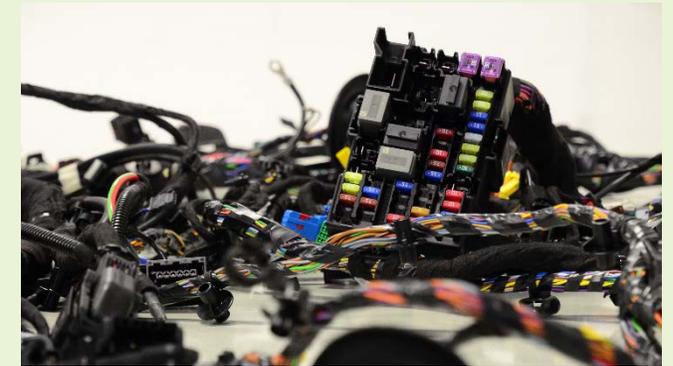
- Mehrere Sicherungsboxen mit einer großen Anzahl an Sicherungen und Relais bei größeren KSK
- Hohe Personalkosten für das manuelle Bestücken der Sicherungen und Relais bei hart-verdrahteten Sicherungsboxen

## Handlungsfelder:

- Starke Beanspruchung der Hände aufgrund hoher Fügekräfte
- Steckfehler möglich, da keine Kraft-Weg-Aufzeichnung

## Lösungsansätze:

- Steckkraft-Weg-Monitoring beim orientierungsgerechten Fügen
- Automatisierung mit High-Speed-Robotersystemen
- Prozessdokumentation und Datenverarbeitung für Predictive Maintenance, Traceability sowie weitere Anwendungen



# Das autonome Fahren führt zu erhöhten Qualitätsanforderungen für die Fertigung von Kabelsätzen, sodass die Einführung einer 100% Traceability von immer größerer Bedeutung ist.

## Ausgangssituation:

- Das autonome Fahren und die zunehmende Elektrifizierung führen zu erhöhten Prozessanforderungen für die Bordnetzherstellung
- Die Herstellungsprozesse müssen so gestaltet werden, dass sie rückverfolgbar und digital durchgängig sind, um den Forderungen nach Transparenz, Qualität und Sicherheit nachzukommen



## Handlungsfelder:

- Die Etablierung eines datendurchgängigen Prozessflusses, der die Rückverfolgbarkeit des Kabelsatzes ermöglicht

## Lösungsansätze:

- Messung der Prozessreife in der Kabelsatzherstellung bzgl. Rückverfolgbarkeit
- Bestimmung der nötigen Prozessveränderungen bezogen auf die neuen Anforderungen
- Auswahl der rückzuverfolgenden Produkt- und Prozessdaten sowie der nötigen Traceability Technologien
- Untersuchung innovativer Traceability Technologien, wie Digital Twin und Blockchain



**Kontakt:**  
 Marlene Kuhn  
 FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
 marlene.kuhn@faps.fau.de



# Simulation und virtuelle Absicherung bieten viel Potenzial bei der Entwicklung und Planung neuer Produktionsprozesse.

## Ausgangssituation:

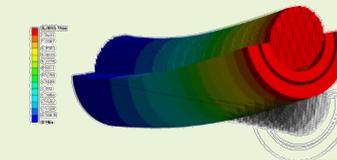
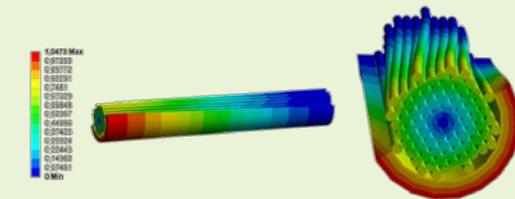
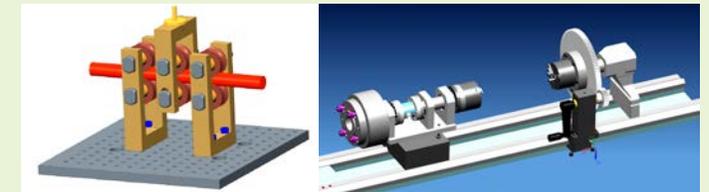
- Trend hin zur Elektromobilität
- Aufbau von Hochvoltleitungen zu komplex für analytische Kenndatenbestimmung
- Experimentelle Ermittlung zeit- und kostenintensiv
- Hochgradig nichtlineares Materialverhalten

## Handlungsfelder:

- Erforschung des Materialverhaltens von HV-Leitungen
- Simulative Abbildung des Materialverhaltens

## Lösungsansätze:

- Strukturmechanische Simulation der komplexen Struktur
- Bestimmung von Materialersatzparametern



**Kontakt:**  
 Florian Hefner  
 FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
 Florian.Hefner@faps.fau.de



# Die sich rasant entwickelnden Trends in Richtung des autonomen Fahrens erfordern aussagekräftige Analysen zu Zuverlässigkeit und Modelle für die Lebensdauer.

## Ausgangssituation:

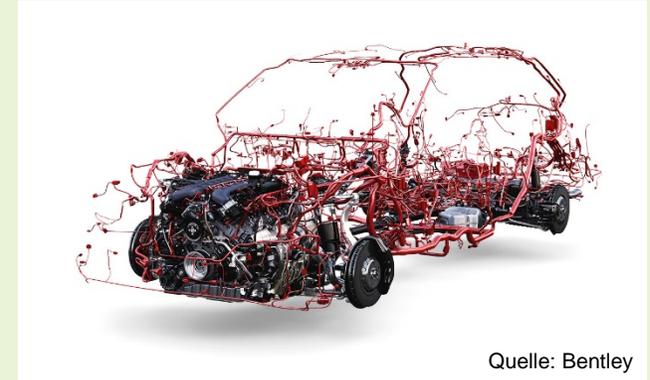
- Bereits komplexe Bordnetzstrukturen
- Hoher Anteil manueller Arbeit
- Qualifizierung neuer E/E-Komponenten ist langwieriger und teurer Prozess

## Handlungsfelder:

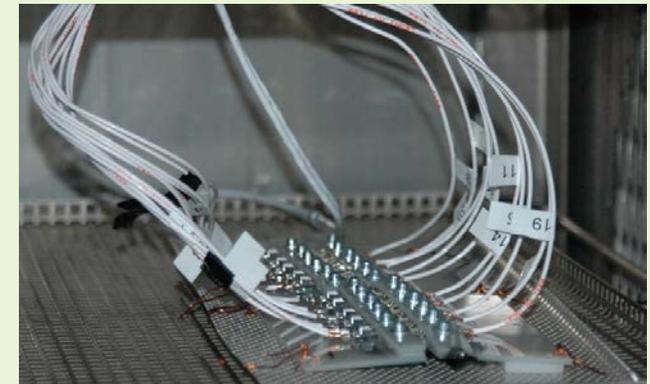
- Genaue Kenntnisse über auftretende Schädigungsmechanismen
- Beschleunigung thermischer und medialer Lebensdauerests
- Lebensdauerbeschreibung und -vorhersage

## Lösungsansätze:

- Lebensdaueranalysen automobile Klemmkontakte
- Charakterisierung und Quantifizierung von Schädigungsmechanismen
- Anwendung analytischer Methoden



Quelle: Bentley



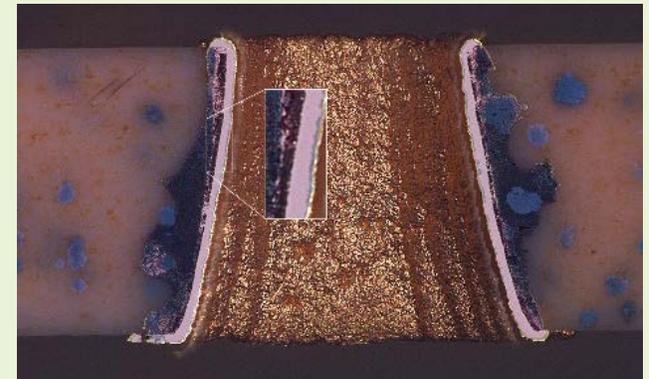
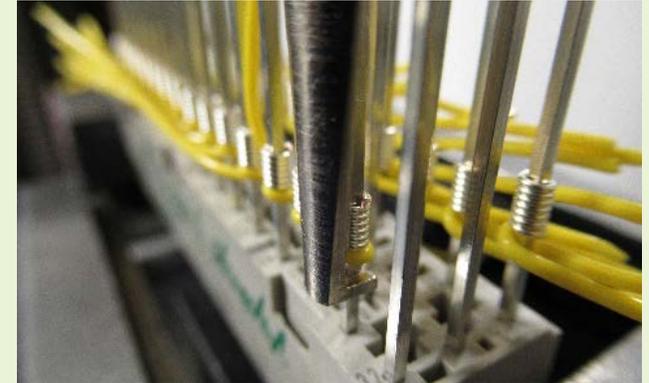
**Kontakt:**  
Matthias Friedlein  
FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
Matthias.Friedlein@faps.fau.de



In den FAPS-Laboren kann eine Vielzahl an Eigenschaften von prototypischen Musterbauteilen charakterisiert, analysiert und dokumentiert werden.

### Materialprüfung / Analyse:

- Metallographie zur Strukturanalyse (Schliffbilder)
- Digitalmikroskop zur Darstellung und Vermessung von Proben
- Röntgenfluoreszenzanalyse zur Schichtdickenmessung
- Temperatur und Klimatest
- Chemische Beständigkeit
- Leitfähigkeits- und pH-Wertbestimmung
- Zug- und Dehnungsprüfung bis 10kN
- Viskositätsbestimmung
- Rauigkeitsanalyse mit Hilfe des 3D Laserscan-Mikroskops
- Lichtmikroskop



**Kontakt:**  
Lisbeth Silva  
FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
Lisbeth.Silva@faps.fau.de

# Funktionserweiterung von Verkleidungselementen durch integrierte Stromversorgung sind neue Anwendungsfelder additiver Fertigungstechnologien in der Luftfahrtindustrie.

## Ausgangssituation:

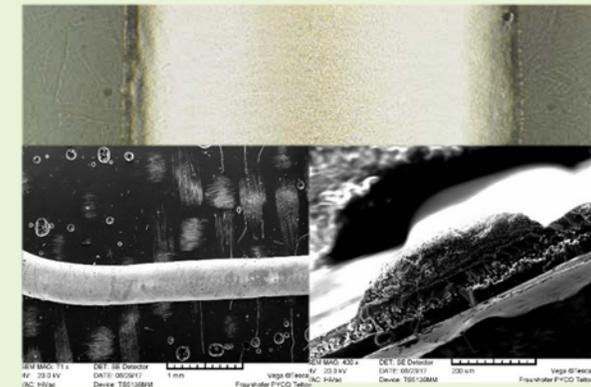
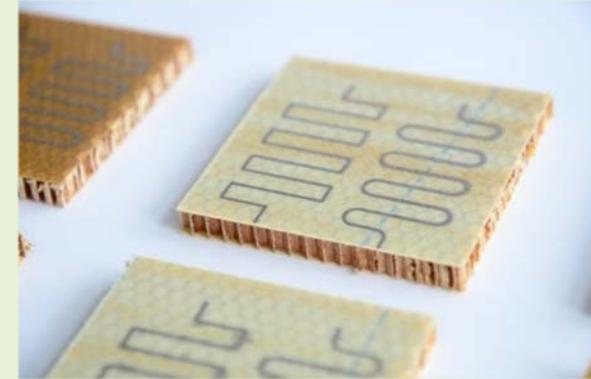
- Hoher manueller Aufwand zur Integration von Kabelbäumen in der Luftfahrt
- Starke Auswirkungen auf Gewicht und Treibstoffverbrauch
- Inanspruchnahme eines großen Bauraumes für Kabelbäume

## Handlungsfelder:

- Identifikation relevanter Substratmaterialien in der Luftfahrtindustrie
- Elektrische und optische Signalübertragung via digitaler Drucktechnologien
- Additive Fertigungsverfahren für den strukturellen Aufbau von Teilkomponenten

## Lösungsansätze:

- Anwendung und Analyse digitaler Drucktechnologien zur selektiven Metallisierung
- Validierung insbesondere von Aerosol-Jet und Piezo-Jet gedruckten Strukturen
- Erprobung von Fused Filament Fabrication Prozessen in der Luftfahrtindustrie



**Kontakt:**  
Daniel Gräf  
FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
daniel.graef@faps.fau.de



# Entwicklung additiver Verfahren ermöglicht die Herstellung keramischer Sensoren für Hochfrequenz-Anwendungen.

## Ausgangssituation:

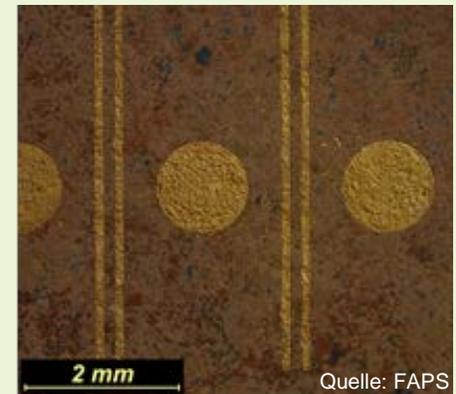
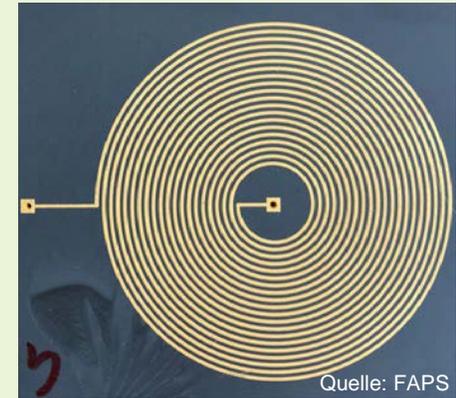
- Miniaturisierung der Komponenten mit Integration unterschiedlicher Funktionen in das Bordnetz
- Komponenten im Bordnetz unter Belastung von Hochtemperatur, Druck und Chemikalien
- Aktuelle Herstellungsverfahren sind kompliziert und kostenaufwendig

## Handlungsfelder:

- Herstellung der keramischen induktiven Sensoren
- Optimierung durch Laser gestützte selektive Metallisierung

## Lösungsansätze:

- Evaluierung der induktiven Sensoren
- Entwicklung der innovativen Keramik
- Anpassung der Laser gestützten selektiven Metallisierung
- Validierung der hergestellten Sensoren



# Die 3D-MID-Technologie ermöglicht die Erstellung von integrativen automotiven Stromverteilern mit galvanischer Metallisierung auf duroplastischen Substraten.

## Ausgangssituation:

- Stromverteiler und Sicherungsdosen sind passive Komponenten mit großem Volumen
- E/E-Architekturen für die zukünftige Mobilität streben nach Effizienzsteigerung in der Bauraumnutzung
- Passive Komponenten sind erweiterbare Systembestandteile in Leitungssätzen

## Handlungsfelder:

- Integration von elektronischen Funktionen in passive Bauteile durch 3-MID Technologien
- Flexibilität im Design und den Komponenten

## Lösungsansätze:

- Integration von intelligenten Funktionen in Stromverteilern
- Optimale Ausnutzung des Bauraumes und Designfreiheit (dreidimensional)
- Ermöglichung innovativer Lösungen für automatisiert hergestellte Leitungssätze
- Durchgängige Datensätze durch spezielle Designtools bereits verfügbar



# Die Verdrahtung und die mechanische Bestückung auf die knapp 72 % der Arbeitszeit bei der Fertigung und Montage von Schaltschränken entfallen bergen große Optimierungspotenziale.

## Ausgangssituation:

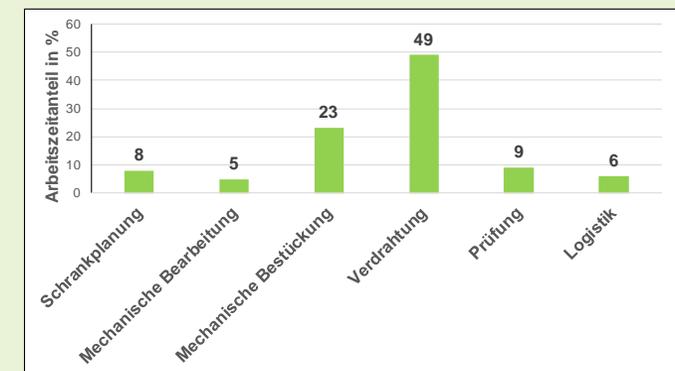
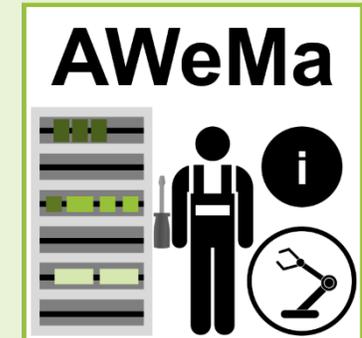
- Anstieg der Anzahl, Vielfalt und Komplexität der im Schaltschrank verbauten Komponenten
- Personalintensive, überwiegend manuelle Werkstattfertigung im Schaltschrankbau
- Medienbrüche verbunden mit mangelndem Einsatz von IT-Systemen und fehlende Skaleneffekte erschweren eine wirtschaftliche Fertigung

## Handlungsfelder:

- Entwicklung wirtschaftlicher Produktionslösungen gerade für kleinere und mittlere Unternehmen
- Möglichkeit der späten Individualisierung bei gleichzeitiger Fehlerfreiheit der Produkte
- Verkürzung der Lieferzeit

## Lösungsansätze:

- Nutzerzentrierung und Steigerung der Akzeptanz gegenüber innovativen Technologien
- Konzeptionierung einer digitalen Werkerassistenz
- Entwicklung des Assistenzrobotersystems



**Kontakt:**  
 Florian Hefner  
 FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
 Florian.Hefner@faps.fau.de



# Maschinelle Lernverfahren erlauben ein detaillierte, holistische Analyse der Prozesskurven von An- und Einpressverfahren und erlauben ein optimiertes Prozess-Monitoring.

## Ausgangssituation:

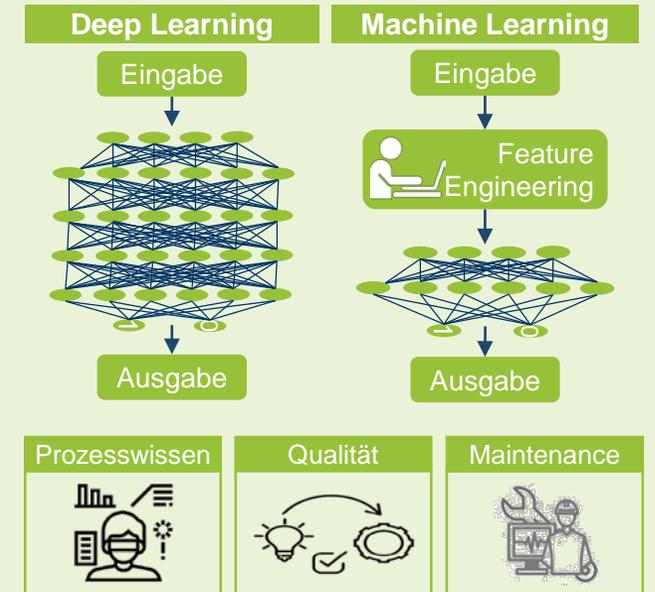
- Viele An- und Einpressverfahren (DIN 8593-3: Crimpverbindungen, Schraubverbindungen, Klemmen, ...) sind wesentlicher Bestandteil in der Kabelsatzkonfektionierung
- Automobile Kabelbäume müssen hohe Qualitätsstandards nachweisen. Dafür ist die mechanische Stabilität durch ein Prozess-Monitoring nachzuweisen, welche ansonsten nur durch zerstörende Prüfung überprüfbar ist.
- State-of-the-Art Monitoringsysteme verwenden Hüllkurven und einzelne Merkmale (z.B. Maximalwert) zur Überwachung

## Handlungsfelder:

- Prozesskurven weisen einen Informationsgehalt auf, welcher aktuell nicht verwertet wird
- Optimierte Analysen erlauben durch Wissensgenerierung eine Prozessoptimierung, die Vermeidung von Folgekosten und Fehlern im Feld

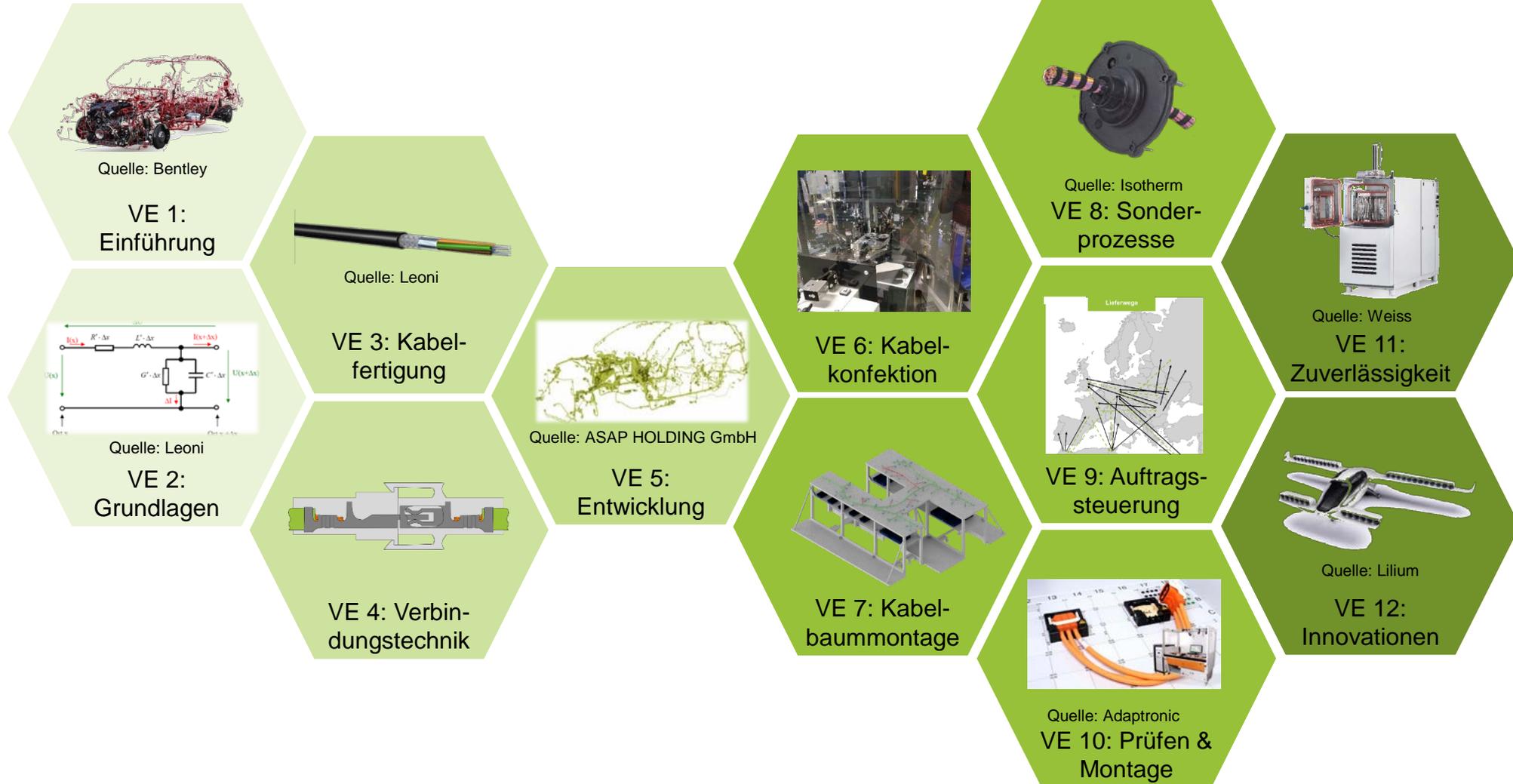
## Lösungsansätze:

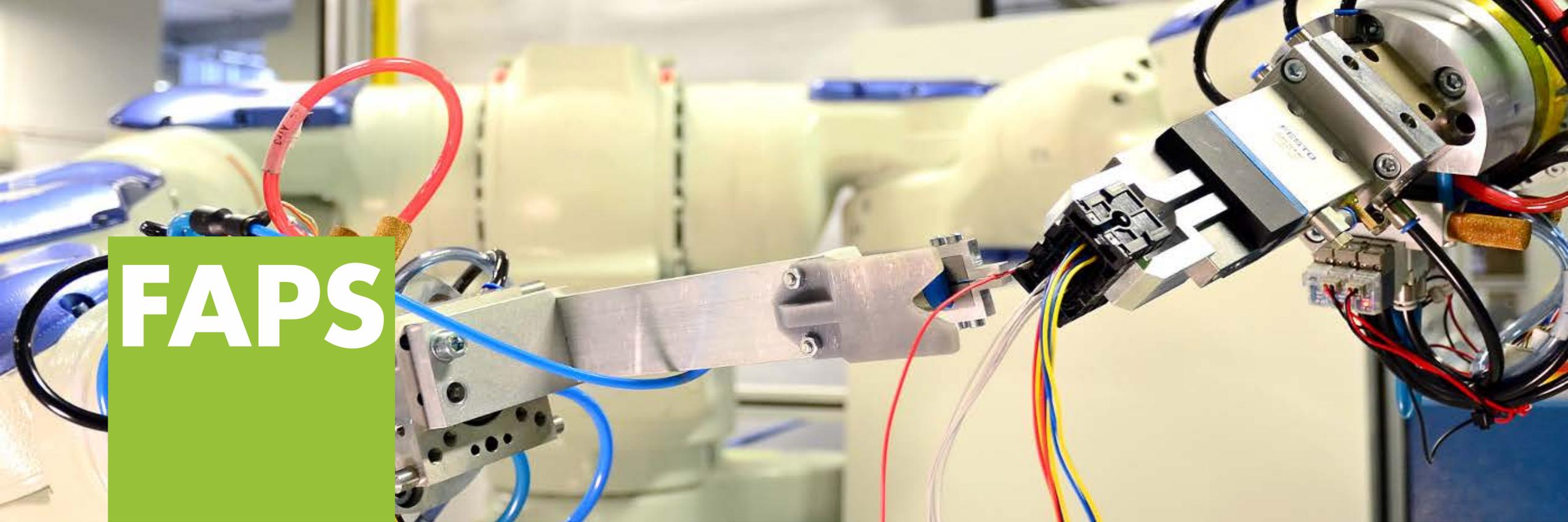
- Berücksichtigung der gesamten Prozesskurve zur Analyse
- Verwendung von maschinellen Lernverfahren mit integriertem Lernen der Repräsentation um ein möglichst optimales Prozess-Monitoring zu erreichen



**Kontakt:**  
 Moritz Meiners, M.Sc. M.Sc.  
 FAU Erlangen-Nürnberg, FAPS  
 Moritz.meiners@faps.fau.de

Die Vorlesung „Wertschöpfungskette von Kabelsystemen für die zukünftige Mobilität“ findet seit WS 2018 statt und wurde vom FB Bordnetze entwickelt.





**FAPS**

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

**Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



**DANKE**