

# Gemeinsam stark in der Transformation: Probleme, Lösungen und Partnerschaften in der Technik

10. April 2024, 15:30 - 16:20 Uhr

Zukunftswerkstatt Automotive 2024

Amberger Congress Centrum (ACC)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Agenda

1. Begrüßung
2. Interaktive Workshops zu Fokusthemen
3. Zusammenfassung der Workshop-Ergebnisse
4. Möglichkeit zum Networking

# 1. Begrüßung

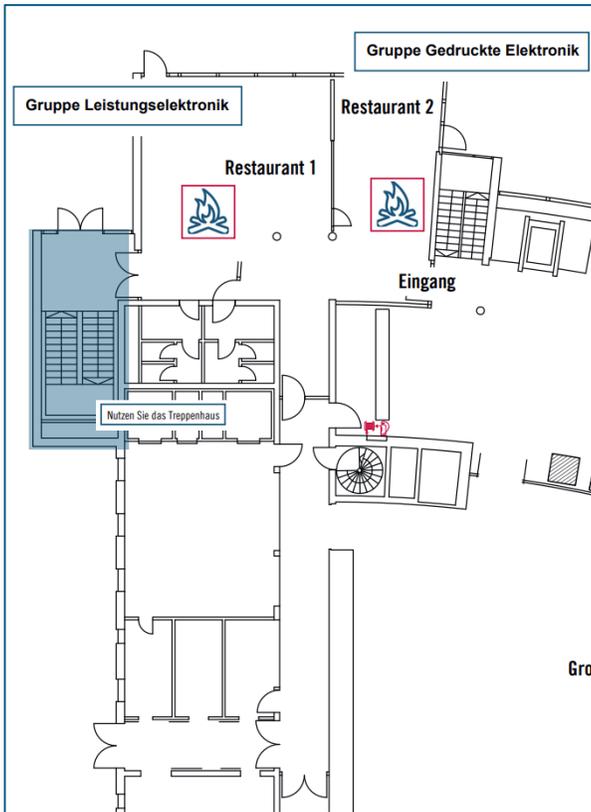
# Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS)



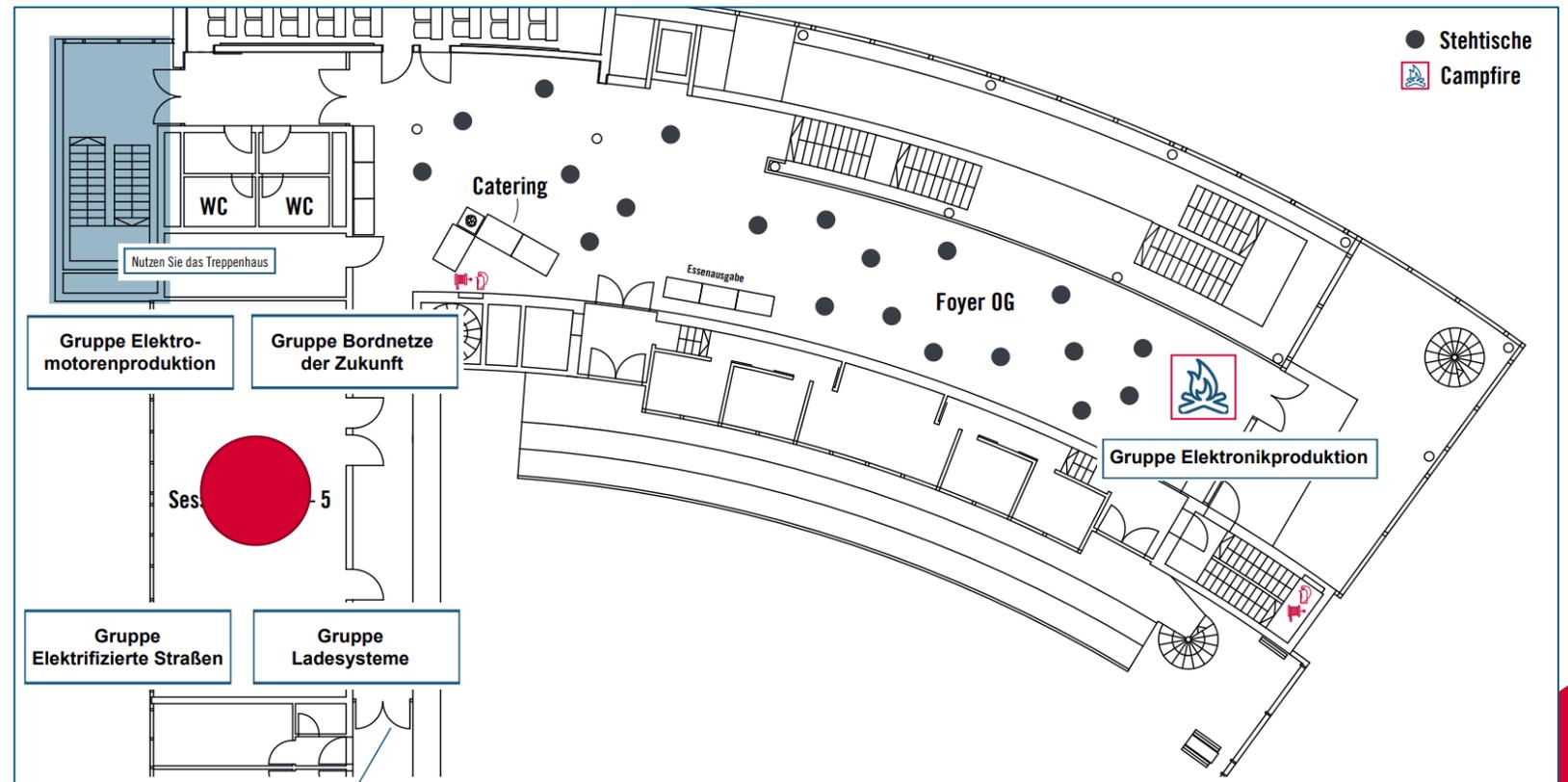
## 2. Interaktive Workshops zu Fokusthemen

# Raumaufteilung

EG



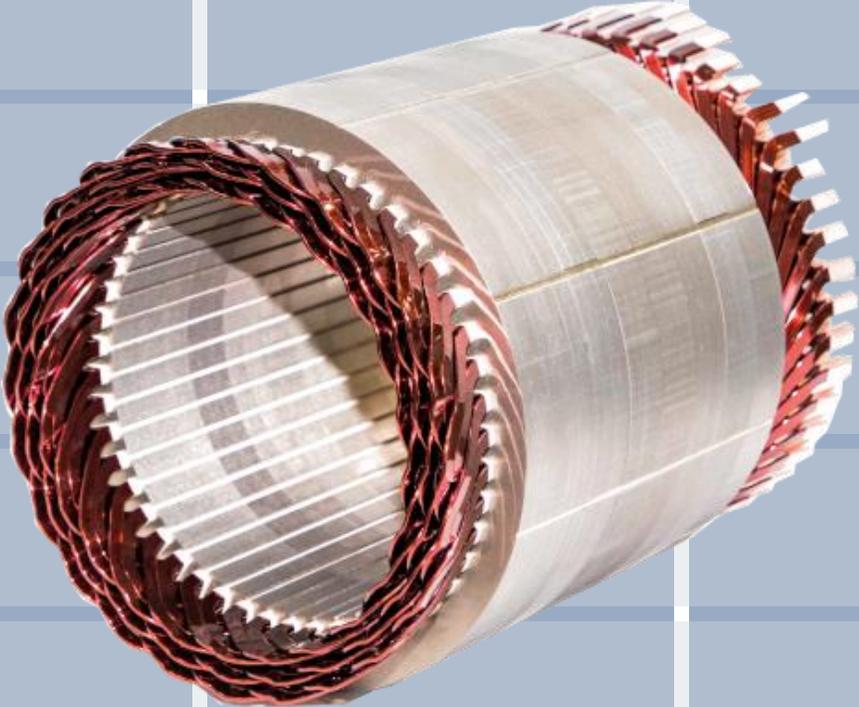
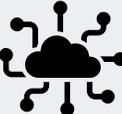
OG



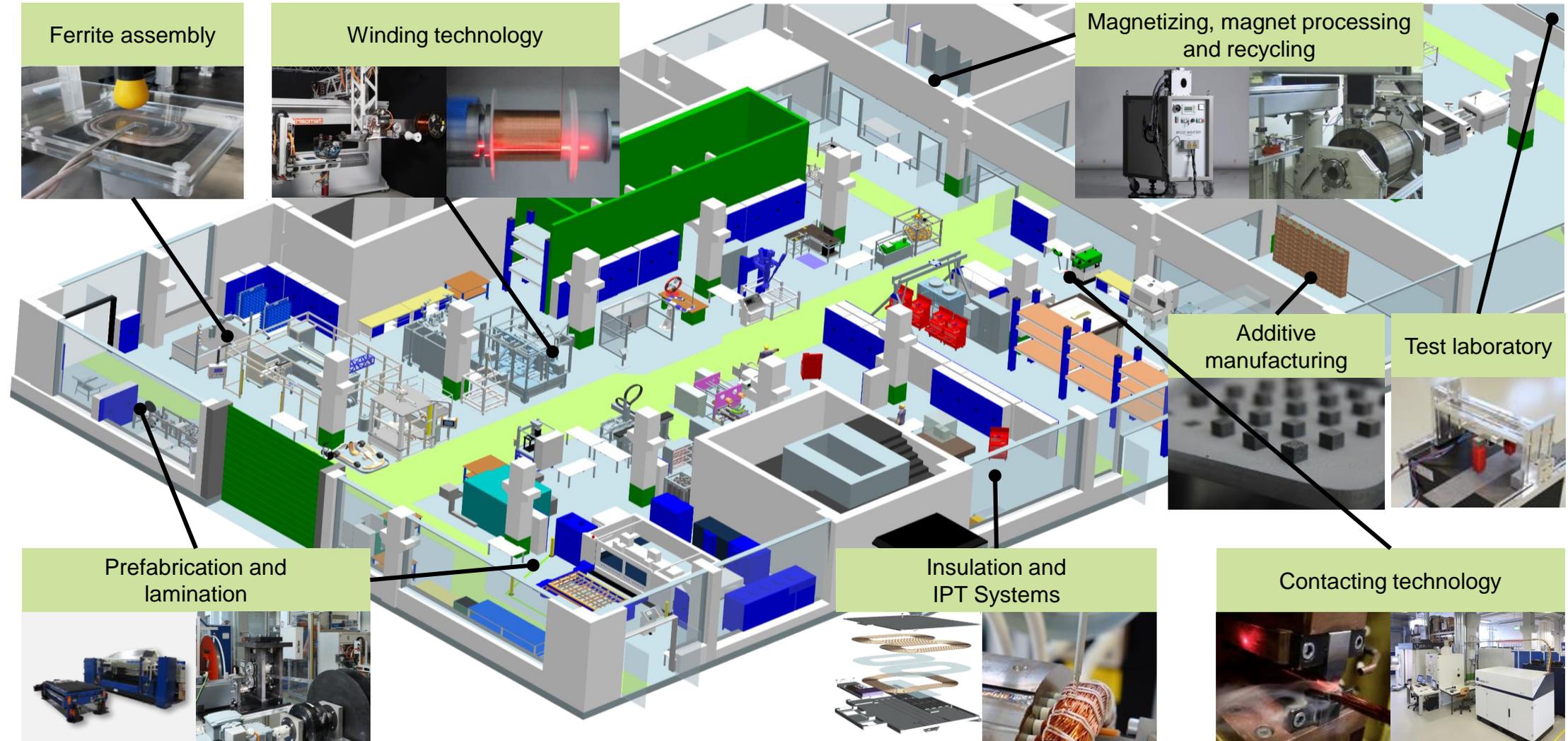
# 3. Zusammenfassung der Workshop-Ergebnisse

# Elektromotorenproduktion

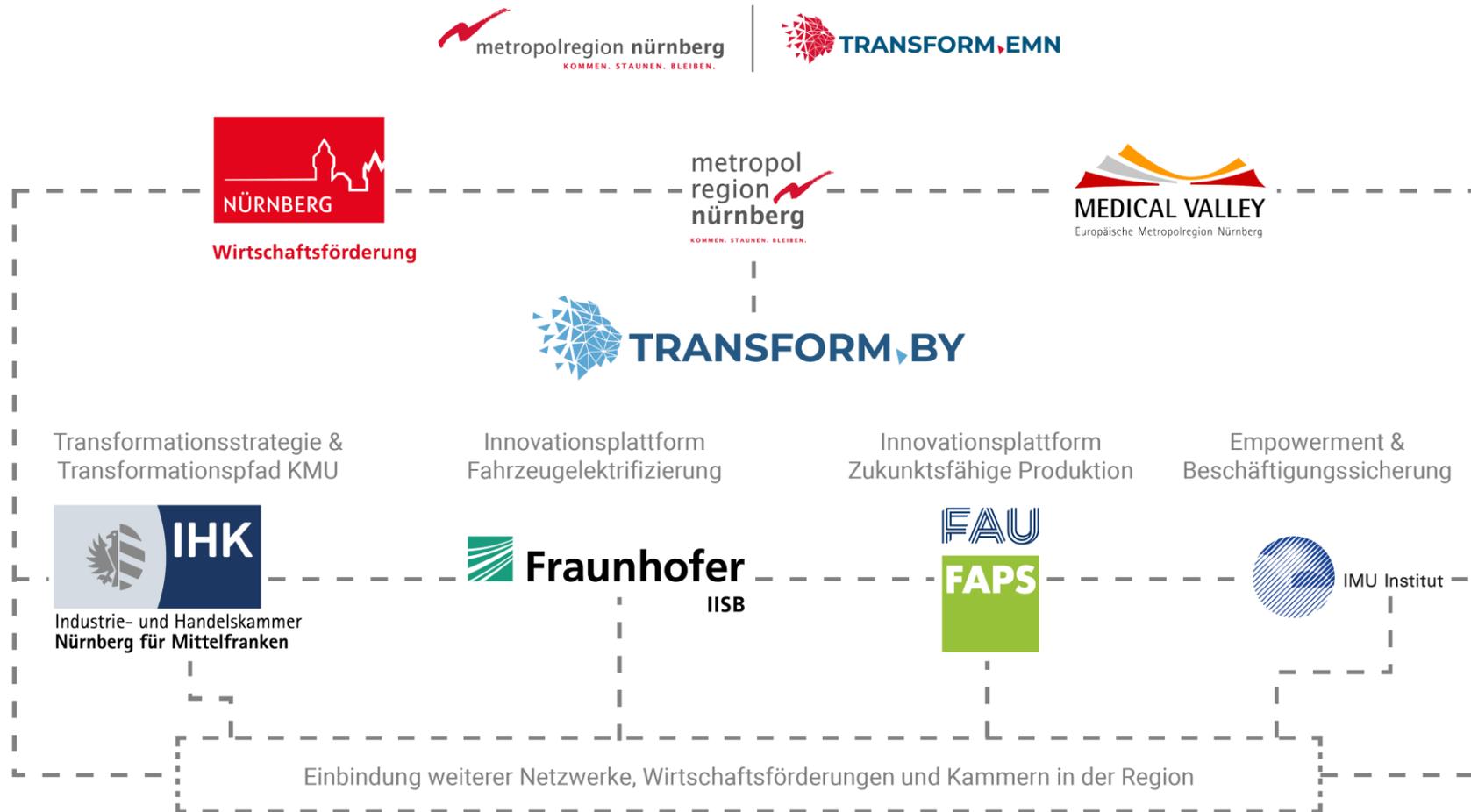
Im Forschungsbereich Elektromotorenproduktion werden innovative Produktionstechniken für verschiedene Technologien zur Herstellung von Elektromotoren erforscht.

|  |   | Conductor materials for flux generation ⚡  | Magnetic materials for flux guidance ↻ | Dielectric & insulation materials ⚡ |
|--|---|--|--|-------------------------------------|
| <b>Production technologies</b><br>(e.g. assembly, joining and forming processes) |    |  |  |                                     |
| <b>Data-driven process optimization</b>  |    |  |  |                                     |
| <b>Process simulation &amp; development</b>                                      |    |  |  |                                     |
| <b>Circular economy &amp; recycling</b>  |  |  |  |                                     |
| <b>Measurement technologies and quality assurance</b>                            |  |  |  |                                     |

# Das Labor des E|Drive-Center in Nürnberg deckt verschiedene Verfahren zur Herstellung von elektrischen Antrieben ab.



# Der Lehrstuhl FAPS ist im Projekt transform\_EMN für die Innovationsplattform Zukunftsfähige Produktion verantwortlich.



Die Teilnehmenden des Workshops zum Fokusthema Elektromotorenproduktion waren in Bezug auf Branche und Position breit gestreut.

# Was ist Ihr Hintergrund (Branche/Position)?

11 responses

A word cloud of 11 responses, with words of varying sizes and colors. The words are: 'innovationsmanagement' (pink), 'entwicklung' (red), 'szellvertr landrat' (blue), 'ingenieur' (green), 'innovation' (red), 'hersteller blechpakete' (blue), 'brv automobil' (yellow), 'ihk' (pink), 'maschinenbau ingenieur' (blue), 'beratung informieren' (yellow), and 'automobilzulieferer' (orange).

Der Stand der Digitalisierung in der Produktion wird von den Teilnehmenden des Workshops zum Fokusthema Elektromotorenproduktion eher positiv bewertet.

# Wie ist der Stand der Digitalisierung in der Produktion?

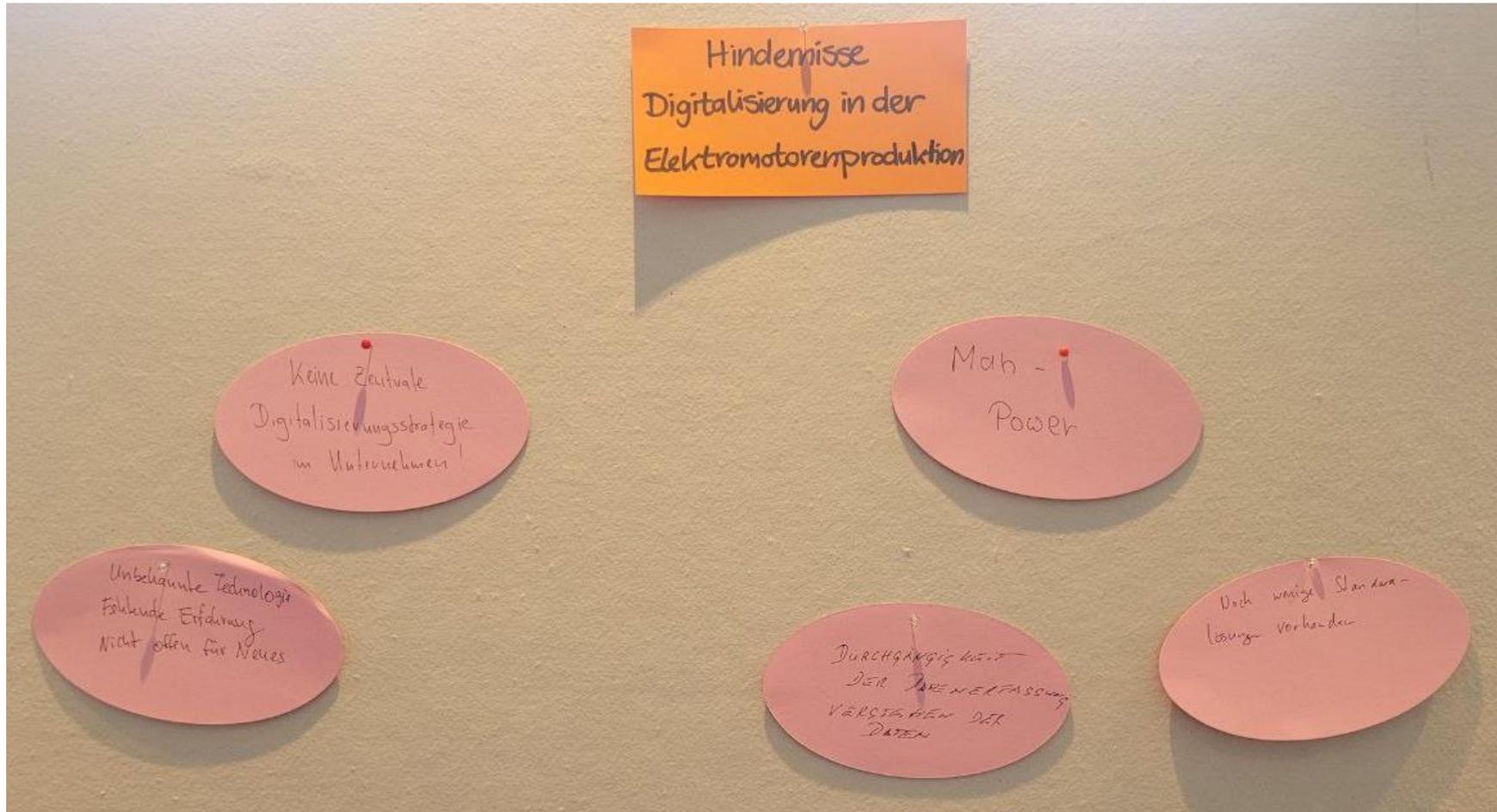


Als größtes Hindernis für die Digitalisierung der Produktion sehen die Teilnehmenden den Widerstand gegen Veränderungen.

# Was ist das größte Hindernis für die Digitalisierung der Produktion?

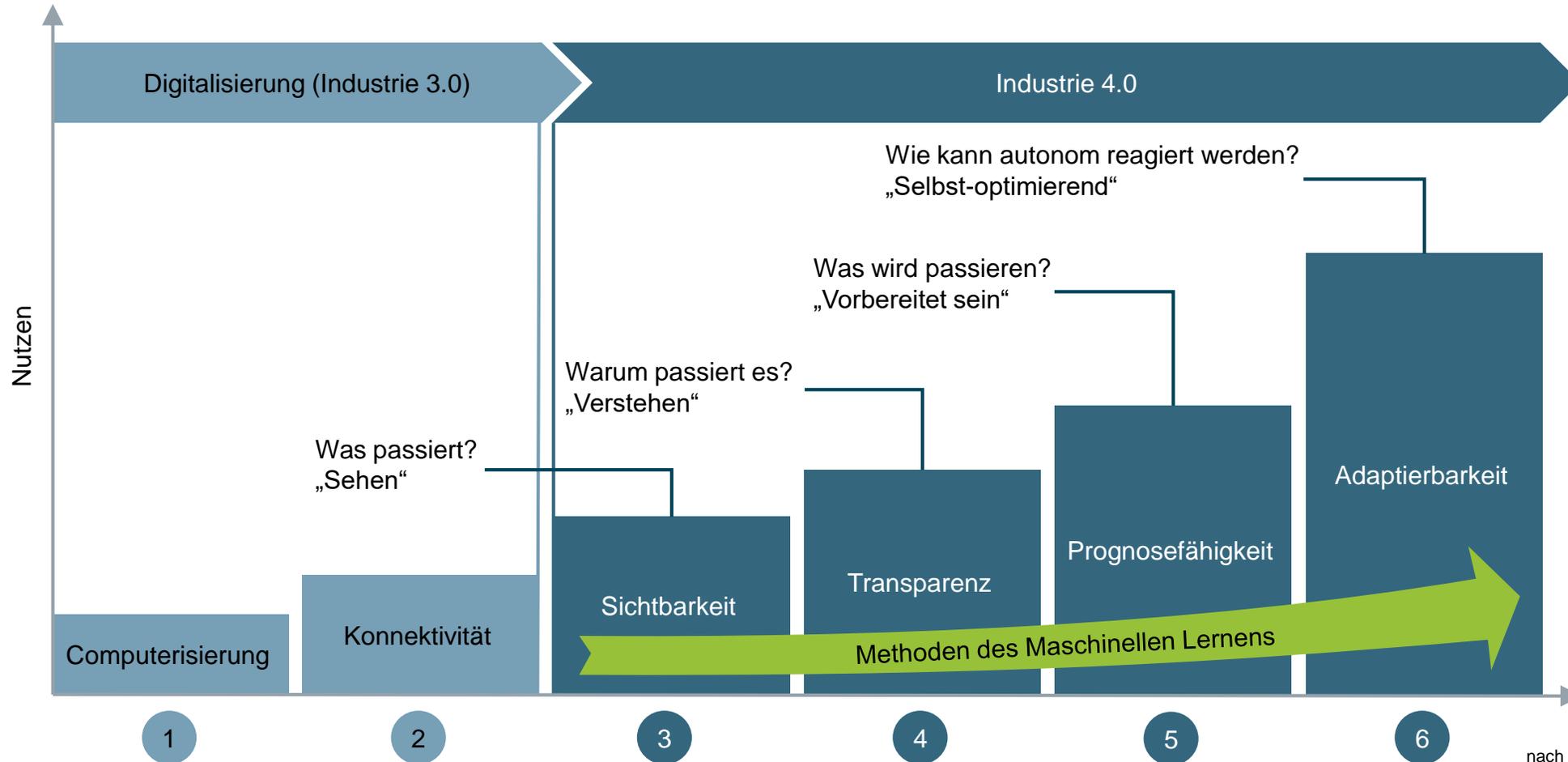


In einem Brainstorming wurden von den Teilnehmenden Hindernisse für die Digitalisierung der Elektromotorenproduktion gesammelt und diskutiert.



Im Rahmen der Innovationsplattform am Lehrstuhl FAPS sollen den Netzwerkmitgliedern die Potenziale der Digitalisierung der Produktion aufgezeigt werden.

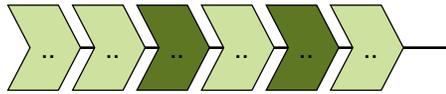
Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfad



Quelle: modifiziert nach Schuh et al. (2020)

**Ziel des Projekts KIKoSA ist es, die Qualität von Schweißverbindungen auf Basis von Material- und Prozessdaten sowie einfach zu integrierender Sensorik vorherzusagen und zu optimieren.**

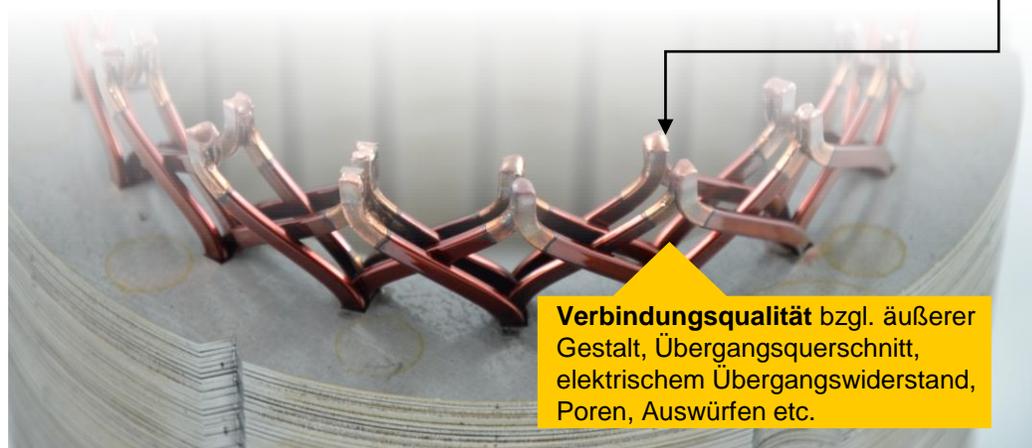
## KIKoSA – Künstliche Intelligenz zum prozesssicheren laserbasierten Kontaktieren von Statorn für elektrische Antriebe



Material- und Prozessdaten von Vorprozessen mit Einfluss auf das Laserschweißen

### Laserbasiertes Kontaktieren der Hairpin-Enden

Pre-Process    In-Process    Post-Process



**Verbindungsqualität** bzgl. äußerer Gestalt, Übergangsquerschnitt, elektrischem Übergangswiderstand, Poren, Auswürfen etc.

### Motivation

- Aufgrund der hohen Anzahl an Kontaktstellen nimmt das laserbasierte Kontaktieren der Hairpin-Enden eine Schlüsselrolle in der Hairpin-Statorproduktion ein.
- Um einen stabilen Laserschweißprozess zu realisieren, müssen sämtliche Einflussgrößen innerhalb des Laserschweißprozesses selbst, aber auch die teils signifikanten Wirkzusammenhänge mit vorgelagerten Prozessschritten berücksichtigt werden.

### Zielsetzung

- Es soll untersucht werden, inwiefern sich mittels KI die Qualität der Schweißverbindungen auf Basis von bestehenden Material- und Prozessdaten sowie einfach zu integrierender Sensorik überwachen lässt.
- Die KI-Lösung soll es zudem erlauben, Abweichungen in vorgelagerten Prozessschritten frühzeitig zu erkennen und durch intelligente Anpassung des Schweißprozesses zu kompensieren.

### Ansatz

- Integration zusätzlicher Sensorik, insb. optische Kohärenztomographie
- Einsatz multimodaler maschineller Lernverfahren

# Am Lehrstuhl FAPS ist eines der vom Bund geförderten Demonstrations- und Transferzentren zum Einsatz von KI in der Produktion verortet, wobei der Schwerpunkt auf dem Fügen liegt.

## Demonstrations- und Transfernetzwerk KI in der Produktion (ProKI-Netz)

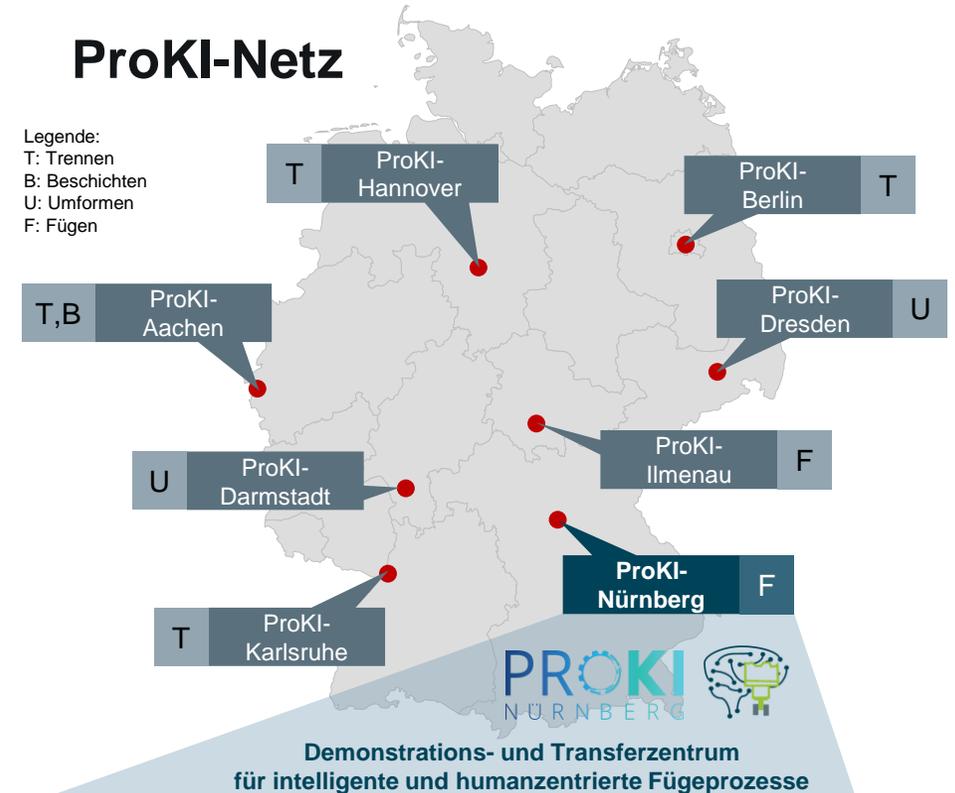
- Ziel des deutschlandweiten, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten **ProKI-Netzes** ist die Entwicklung von Konzepten zur Übertragung von forschungstechnisch erprobten KI-Ansätzen in die industrielle Praxis.
- Von den **insgesamt acht Zentren** des ProKI-Netzes werden gemeinsam Vorgehensweisen zur Einführung von KI-Applikationen bei Unternehmen entworfen und Beratungs- und Qualifizierungsmaßnahmen, insb. für KMU, durchgeführt.

## ProKI-Nürnberg mit dem Schwerpunkt auf KI beim Fügen

- Das am FAPS verortete Demonstrations- und Transferzentrum **ProKI-Nürnberg** wird Anwendungen der **KI in ausgewählten Füge- und Montageprozessen** demonstrieren.
- Der Schwerpunkt liegt auf Füge- und Montageverfahren, die in der Herstellung **elektronischer Baugruppen und mechatronischer Produkte** Verwendung finden.
- Anhand von lehrstuhleigenen **Demonstratoren** können Unternehmen die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten der KI kennenlernen, z.B. in der SMT-Fertigung oder dem Laserschweißen.
- Durch adressatengerechte **Leitfäden** und **Beratungsleistungen** werden Unternehmen dazu befähigt, KI-Potentiale im eigenen Unternehmen zu identifizieren und erste KI-Anwendungen zu implementieren.
- Durch eine enge Zusammenarbeit mit den Partnern aus der **Arbeitswissenschaft**, dem Institut für Soziologie (IFS) der FAU, wird sichergestellt, dass auch die betroffenen Mitarbeitenden bei der Einführung von KI-Anwendungen einbezogen werden.

## ProKI-Netz

Legende:  
T: Trennen  
B: Beschichten  
U: Umformen  
F: Fügen



# Elektrifizierte Straßen

## Ziel des Workshops ist es, konkrete Projektvorschläge zur Verstetigung der Aktivitäten im Bereich transform\_EMN zu erarbeiten.

- Einführung in elektrifizierte Straßen
- Vorstellung mechatronisches System und Handlungsfelder
- Vorstellung möglicher Fördertöpfe
- Durchführung eines Brainstormings mit anschließender Kategorisierung
- Interaktive Diskussion über die mögliche Verstetigung und Projektinitiierung



## Wäre es nicht schön...

**...wenn wir völlig emissionsfrei und ausschließlich mit regenerativer Energie fahren könnten?**

**...wenn Elektroautos durch die Verwendung kleinerer Batterien leichter und billiger würden und einfach aufgeladen werden könnten?**

**...wenn wir eine unbegrenzte Reichweite hätten und unser Auto nie mehr betanken oder aufladen müssten?**

**...wenn selbst schwere Lkw elektrisch, emissionsfrei und leise fahren würden - auch im Fernverkehr?**

**...wenn autonomes Fahren und hocheffizientes Fahren durch sensorische Straßen erleichtert werden könnten?**

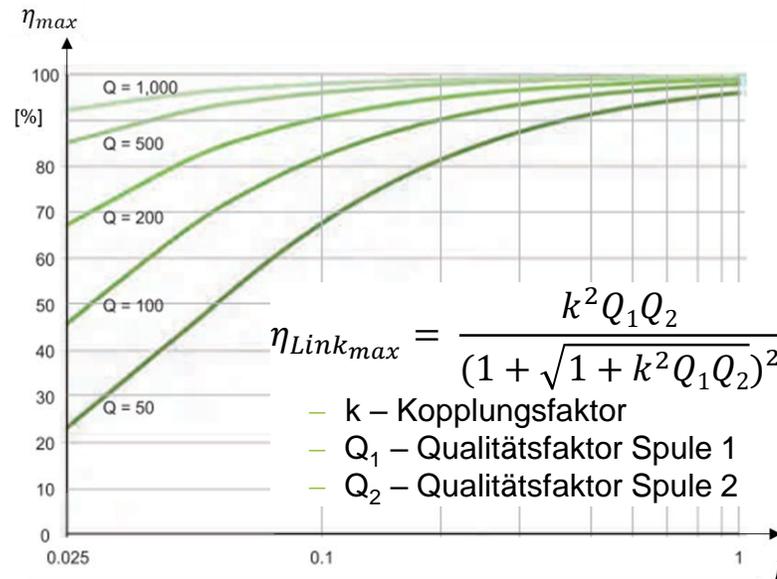
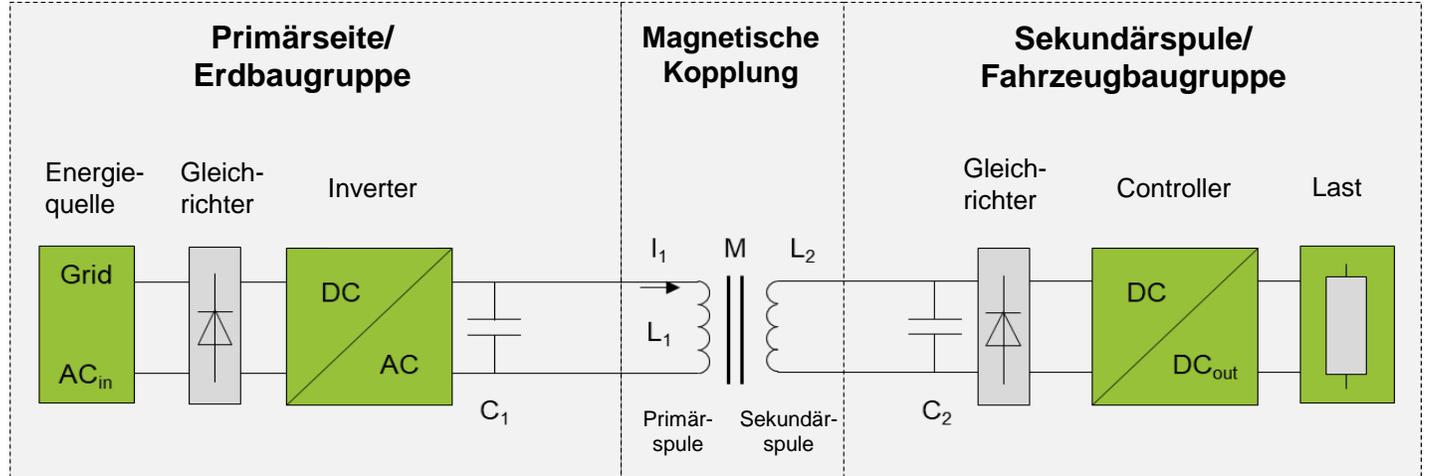
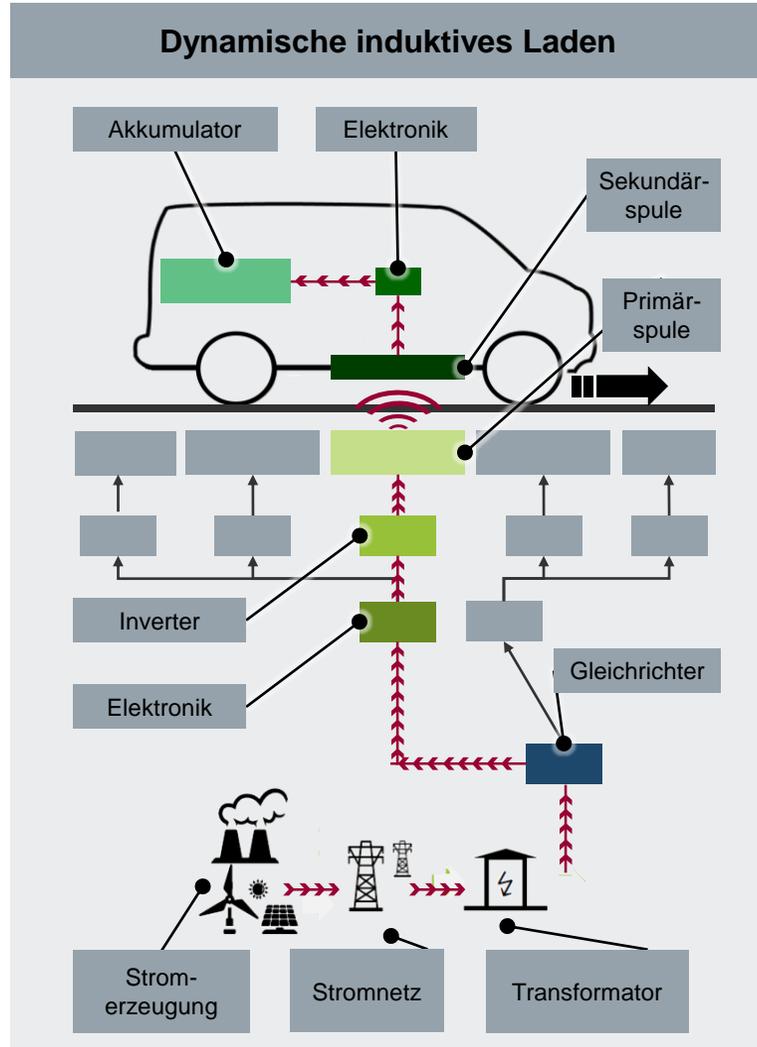


# Die Vorteile der induktiven Energieübertragung während der Fahrt konnten bereits auf verschiedenen Teststrecken in verschiedenen Szenarios weltweit demonstriert werden.

The central image is a world map with black lines connecting to ten different inductive charging test tracks and vehicles. Each connection point is marked with a black dot on the map.

- ORNL (2016), Knoxville**  
10 m, 20 kW,  $\eta = 90 \%$
- FABRIC (2017), Versailles**  
100 m, 20 kW,  $\eta = 70 \%$
- Israel (202x), Tel Aviv**
- USA (202x), Orlando, Florida**
- IPT Tech. (2015), Mannheim**  
80 m, 200 kW
- EnBW (2019), Karlsruhe, 100 m**
- duraBast (2022), Köln, 100 m**
- E|MPower (2024), Bavaria, 1 km**
- KAIST OLEV (2010), Seoul**  
370 m, 100 kW,  $\eta = 74 \%$
- Electreon (2019), Gotland, 1600 m; 70 kW**
- Auckland (2013)**  
10 m, 30 kW,  $\eta = 85 \%$

# Induktive Energieübertragung basiert auf einer resonanten Kopplung über hochfrequente Magnetfelder.



### Einflüsse auf den Kopplungsfaktor k

- Geometrische Bedingungen (Spulengröße, Luftschlitz) der Spulen
- Qualität des Magnetfeldes

### Einflüsse auf den Qualitätsfaktor Q

- Magnetische Feldstärke im Luftschlitz (abhängig von Spulengröße und -form)
- Umfeld der Spulen (Ferrite zur Führung des Magnetfeldes, Abschirmung)
- Ohmscher Widerstand der Spulen

Die einzelnen Forschungsschwerpunkte sind in acht Teilbereiche gegliedert und umfassen die folgenden, beispielhaft genannten Entwicklungsthemen:

### Elektrifizierte Straße (E-Road)

- Gestaltung der elektrischen Topologie
- Regelung des Energiefeldes
- Erkennung von Objekten
- Technische-wirtschaftliche Bewertung
- Integration von Funktionen
- Erforschung alternativer Ansätze zum Energie-transfer in bewegte Fahrzeuge
- Konzeption der Infrastruktur für Energieversorgung
- Entwicklung von Fertigungsverfahren

### Kontaktlose Energieübertragung in Elektro-Fahrzeuge

- Weiterentwicklung Übertragungsverfahren und mechatronischer Kompon.
- Optimierung der Leistung und des Wirkungsgrades der Energieübertragung
- Konzeption eines angepassten Bordnetzes
- Integration der Kommunikations- und Lokalisierungsfunktionalität
- Synchrone Entwicklung von Fertigungsverfahren der neu entstehenden Komponenten

### Autonomes Fahren (Autonomous Driving)

- Entwicklung von automatisierten Funktionen zum autonomen Fahren
- Realisieren neuartiger Kommunikationskonzepte (insb. Fahrzeug-Fahrzeug, Fahrzeug-Infrastruktur,...)
- Konzeption neuer Sicherheitssysteme auf Basis o.g. Kommunikationst. und der in die elektrifizierte Straße integrierten Sensoren
- Strategien zum energieeffizienten Fahren

### Geschäftsmodell-Innovationen (Services)

- Erarbeitung von Vorschlägen zur Finanzierung (ggf. ppp)
- Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Vermarktung neuer Dienstleistungen,
- Einbindung der in das Energienetz (Smart Grid)
- Anbindung der Elektromobile an ein schnelles Kommunikationsnetz
- Verschmelzen der Vorteile von kollektivem und individuellem Verkehr über einen elektronischen Markt für Fahrgelegenheiten und deren Verrechnung

Die einzelnen Forschungsschwerpunkte sind in acht Teilbereiche gegliedert und umfassen die folgenden, beispielhaft genannten Entwicklungsthemen:

### Technologien für den Bau elektrifizierter Straßen

- Serienfertigung von elektrifizierten Betonelem.
- Hochproduktive Verlegung der Spulensysteme in Straßen mit Asphalt- oder Betondecke
- Rolle-zu-Rolle-Verarbeitung von Spulen-Systemen
- Sichere und zuverlässige elektromechanische Verbindungstechnologien auf der Baustelle
- Reparatur-Konzepte
- Automatisierte Montage der straßenseitigen Schaltschränke

### Produktions- und Montagetechnologien für IPT Systeme

- Verseiltechnologie für HF-Litzen
- Neue Materialien
- Wickel- und Verlege-Technologien für Primär- und Sekundär-Spulen
- Verbindungstechnologien für, lackisolierte HF-Litzen
- Verguss-Materialien und Systeme
- Kontaktierungstechnologien zur Integration der Elektronik in Spulengeometrie
- Handhabungs- und Montagetechnologien für die automatisierte Fertigung

### Synchrone Weiterentwicklung von Fahrzeugen

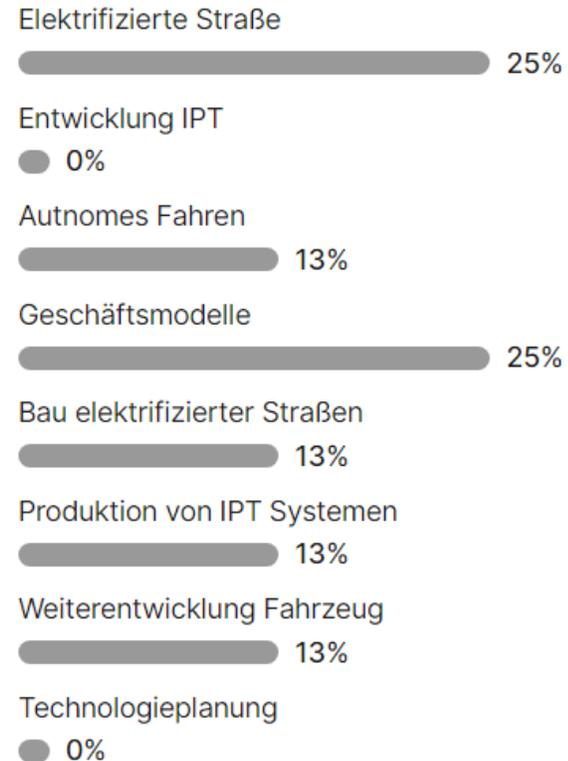
- Grundlegende Neukonzeption von Elektromobilen
- Entwicklung angepasster Energiespeichersysteme (Akkumulatoren, Ultracaps etc.)
- Integration der o.g. Technologien zur kontaktlosen Energieübertragung und zum autonomen Fahren
- Synchrone Entwicklung von Fertigungsverfahren der neu entstehenden Komponenten

### Technologieplanung und Koordination

- Durchführung von Analysen zu Kosten, Risiken und Wirtschaftlichkeit
- Technologieplanung und -bewertung und Ableitung von Handlungsstrategien
- Durchführung von Simulation zu Infrastrukturkapazitäten
- Entwicklung eines Migrationskonzeptes für Fahrzeuge und Infrastruktur
- Öffentlichkeitsarbeit
- Studien zur gesundheitlichen Unbedenklichkeit



## Welche Handlungsfelder sind für Sie von Interesse?



① Start presenting to display the poll results on this slide.

# Für die Durchführung von Forschungsprojekten stehen verschiedene Fördermöglichkeiten der EU, des Bundes und des Landes zur Verfügung.

## Bund

z.B.:

- BMWK: IKT für Elektromobilität: wirtschaftliche E-Nutzfahrzeug-Anwendungen und Infrastrukturen
- BMDV: Förderrichtlinie Elektromobilität
- BMDV: Modernitätsfonds (mFUND)
- BMWK: Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien
- BMDV: Zukunft Schienengüterverkehr zur Förderung von Innovationen (Z-SGV)
- BMWK: Entwicklung digitaler Technologien“
- BMBF: KMU Innovativ
- BMBF: Innovationsprogramm Straße



## Europa

z.B.:

- Horizon Europe
- Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)
- Important Projects of Common European Interest (IPCEI)



Bilder: Pexels

## Bayern

z.B.:

- Förderlinie "Mobilität" des Bayerischen Verbundforschungsprogramms (BayVFP)
- Elektronische Systeme und Prozesstechnologien
- Kommunikationsnetze der Zukunft



# Ladesysteme

**Energiesensitive Produktionsplanung und -steuerung**  
Ganzheitliche Erfassung, Modellierung und Simulation des Energiehaushaltes von produzierenden Unternehmen in der Automobilindustrie zur Optimierung des Energieeinsatzes sowie der Reduzierung von Energiekosten.

*Forschungsvorhaben „Simflexergy“*



**FAPS** Lehrstuhl für  
Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

**FAU** Friedrich-Alexander  
Universität  
Erlangen-Nürnberg

 Cluster  
**Mobility & Logistics**

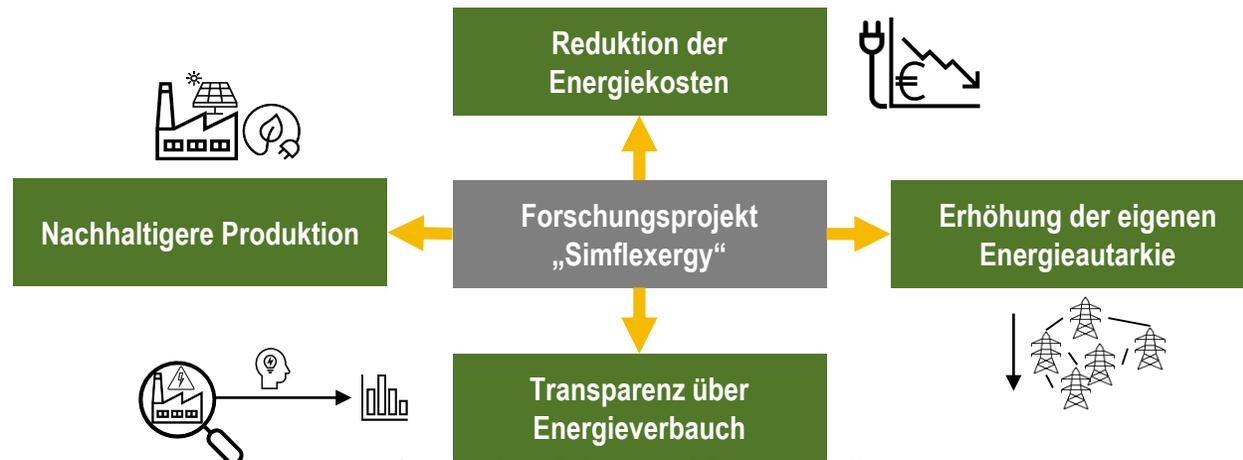
Innovationszentrum   
für Produktion und Logistik

**OTH** REGENSBURG

# Zielsetzung des Forschungsprojekts „Simflexergy“

*Energie als immer wichtigerer Produktionsfaktor am Industriestandort Deutschland*

Hohe Energiekosten, sich stetig ändernde rechtliche Rahmenbedingungen, die Verankerung von Nachhaltigkeitsaspekten in Unternehmensphilosophien erfordern ein besseres Management des eigenen Energiebedarfes. Die Berücksichtigung des Energiebedarfes bei der Produktionsplanung und -steuerung ermöglicht die bessere Nutzung der eigenen Energiequellen und hilft die **Energiekosten** beim Bezug aus dem Stromnetz zu **reduzieren**. Im Forschungsprojekt „**Simflexergy**“ sollen innovative Ansätze zur energiesensitiven Produktionsplanung und -steuerung im Bereich der **Automobilindustrie** entwickelt und erprobt werden. Klassische Zielsetzung der Produktionsplanung und -steuerung wie Termintreue, Auslastung und kurze Durchlaufzeiten werden weiterhin berücksichtigt.

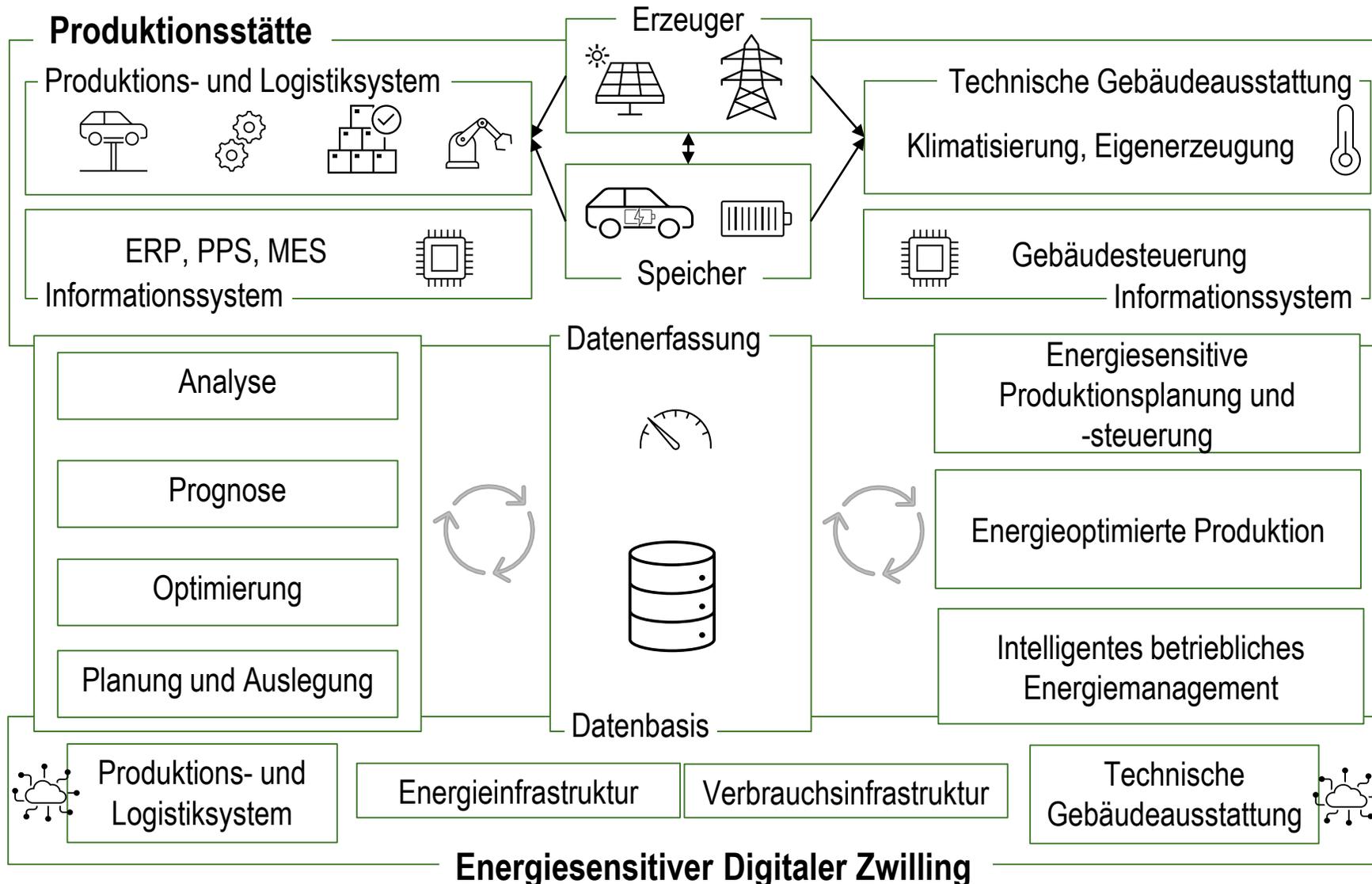


**Die Erreichung dieser Ziele soll durch angewandte Forschung in folgenden Arbeitsgebieten gewährleistet werden:**

- Nutzung von Potenzialen zur Netzlastspitzenglättung
- Zeitliche Verschiebung energieintensiver Prozesse in sinnvolle Zeiträume (Kosten, Verfügbarkeit eigener Energie)
- Effiziente Nutzung von multimodalen Speichersystemen
- Ausbau und Nutzung von hybriden AC-DC Netzen
- Abstimmung von Energiebedarfen der Technischer-Gebäude-Ausstattung und des Produktionssystems
- Energiesimulation und Nutzung von Messtechnik zur Verbrauchsidentifikation

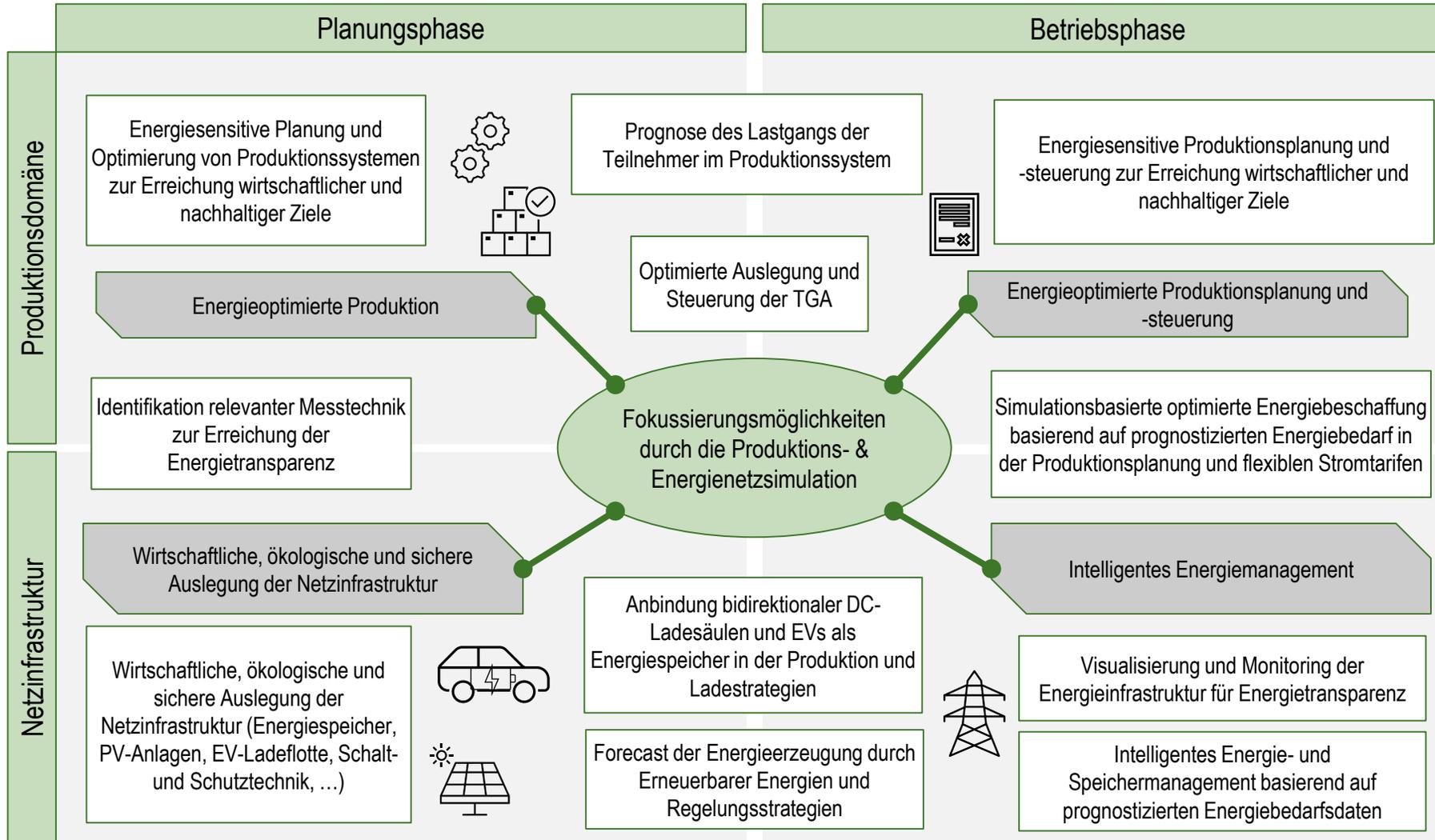
# Schaubild zum Forschungsprojekt Simflexergy

Berücksichtigung energetischer Einflussfaktoren in Produktionsstätten



# Projektziele und Fokussierungsmöglichkeiten

Anwendungsmöglichkeiten des Frameworks anhand Ziele des Konsortiums



# Einbringung in das Projekt und Zeitplan

Ist dieses Thema relevant für Sie? Kontaktieren Sie uns gerne!

## Zeitplan



## Projektrollen

**Anwender:** Produzierende Unternehmen, die in ihrer Fertigung die Potenziale einer energiesensitiven Produktionsplanung und -steuerung nutzen möchten.

**Aufgaben:** Definition der Anforderungen, Bereitstellung von Verbrauchsdaten, Unterstützung bei der Modellierung (Einbringen von Domänenwissen), Test und Validierung der entwickelten Ansätze, Nutzbarmachung für späteren Betrieb.

**Entwickler:** Softwaredienstleister, die ihr Produktportfolio um Funktionalitäten im Kontext einer energiesensitiven Produktionsplanung und -steuerung erweitern möchten.

**Aufgaben:** Unterstützung bei der Konzeption, Entwicklung und Modellierung. Implementierung der entwickelten Ansätze, Test und Validierung der entwickelten Ansätze, Nutzbarmachung für späteren Betrieb.

**Wissenschaft:** Forschungseinrichtungen mit entsprechenden Schwerpunkten.

**Aufgaben:** Konzeptionelle Entwicklung, Untersuchung von Teilfunktionalitäten, Modellierung der unterschiedlichen Systemebenen, Unterstützung bei der Implementierung, Test und Validierung.

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg  
Innovationszentrum für Produktion und Logistik  
Fakultät Maschinenbau  
Galgenbergstr. 30  
93053 Regensburg

Innovationszentrum  
für Produktion und Logistik 

 OTH REGENSBURG

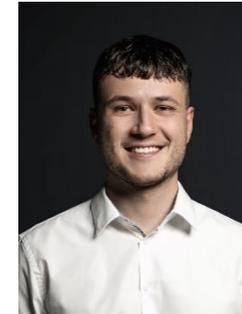
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke  
Egerlandstraße 7-9  
91058 Erlangen

 Lehrstuhl für  
Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

 Friedrich-Alexander  
Universität  
Erlangen-Nürnberg



Prof. Stefan Galka  
+49 (0) 179 4739829  
stefan.galka@oth-regensburg.de



Alexander Weigert (M.A.)  
+49 (0) 171 8662887  
Alexander.weigert@oth-regensburg.de



Martin Barth (M.Eng)  
+49 (0) 172 1843637  
Martin.Barth@faps.fau.de



Barış Albayrak (M.Sc.)  
+49 (0) 176 7222 1774  
Baris.Albayrak@faps.fau.de

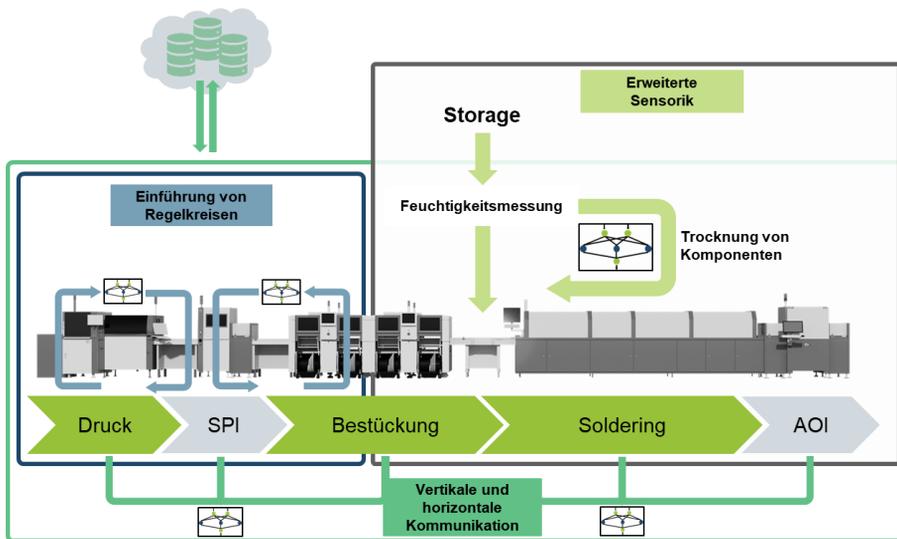
# Elektronikproduktion

# Zukunftswerkstatt Automotive 2024 Workshop Elektronikproduktion

## Vision

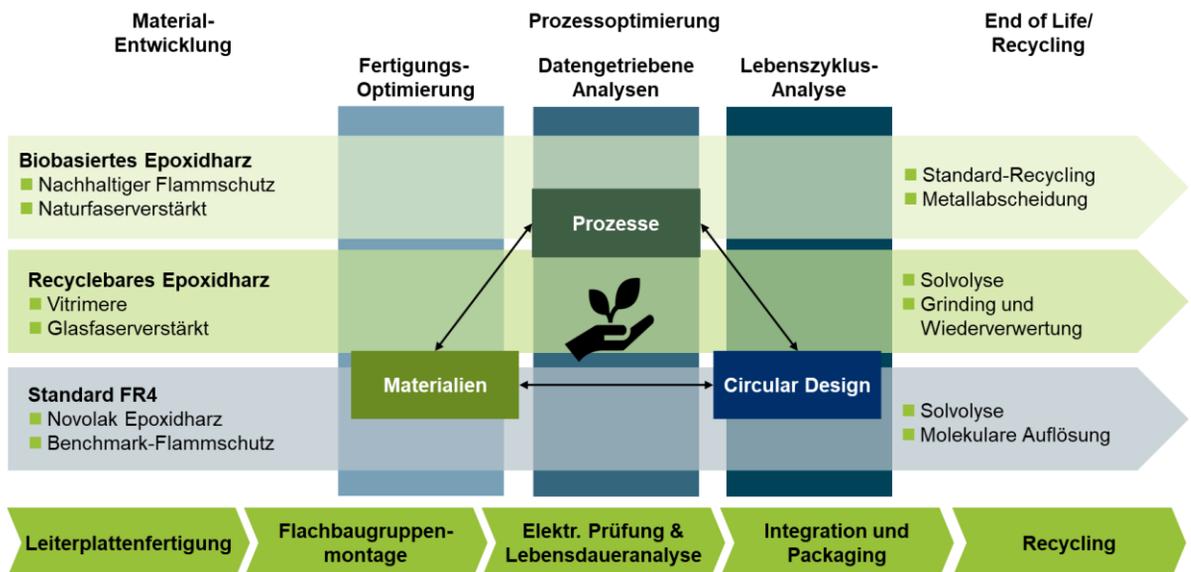
Der Forschungsbereich Elektronikproduktion beschäftigt sich neben der Aufbau- und Verbindungstechnik der Leistungselektronik und gedruckten Elektronik insbesondere mit der Verwertung von Daten in der Flachbaugruppenfertigung, um den CO2-Fußabdruck zu reduzieren, KI-Anwendungen für die Verbesserung der Wertschöpfung zu entwickeln und Resilienzen in Lieferketten zu erhöhen.

### Digitalisierung der Produktion



- Erweiterte Sensorik**
  - Feuchtemessungen für Bauteile durch neue Sensorsysteme
  - Integration von neuen Sensordaten
- Einführung von Regelkreisen**
  - Automatisierte Regelung von Prozessen
  - Verknüpfung von Prozess und Prüfung
- Vertikale und horizontale Kommunikation**
  - Einstellung/Überwachung von Prozess-/Maschinenparametern in Echtzeit
  - Linienübergreifende datengetriebene Anwendungen

### Nachhaltige Elektronikfertigung



M.Sc.  
**Nils Thielen**  
Forschungsbereichsleiter Elektronikproduktion  
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke  
Fürther Straße 246b, D-90429 Nürnberg  
Email: Nils.Thielen@faps.fau.de  
Tel: +49 1725167308

**Digitalisierung, Künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit und die Resilienz von Lieferketten nehmen eine entscheidende Rolle in der Fertigung elektronischer Baugruppen ein.**

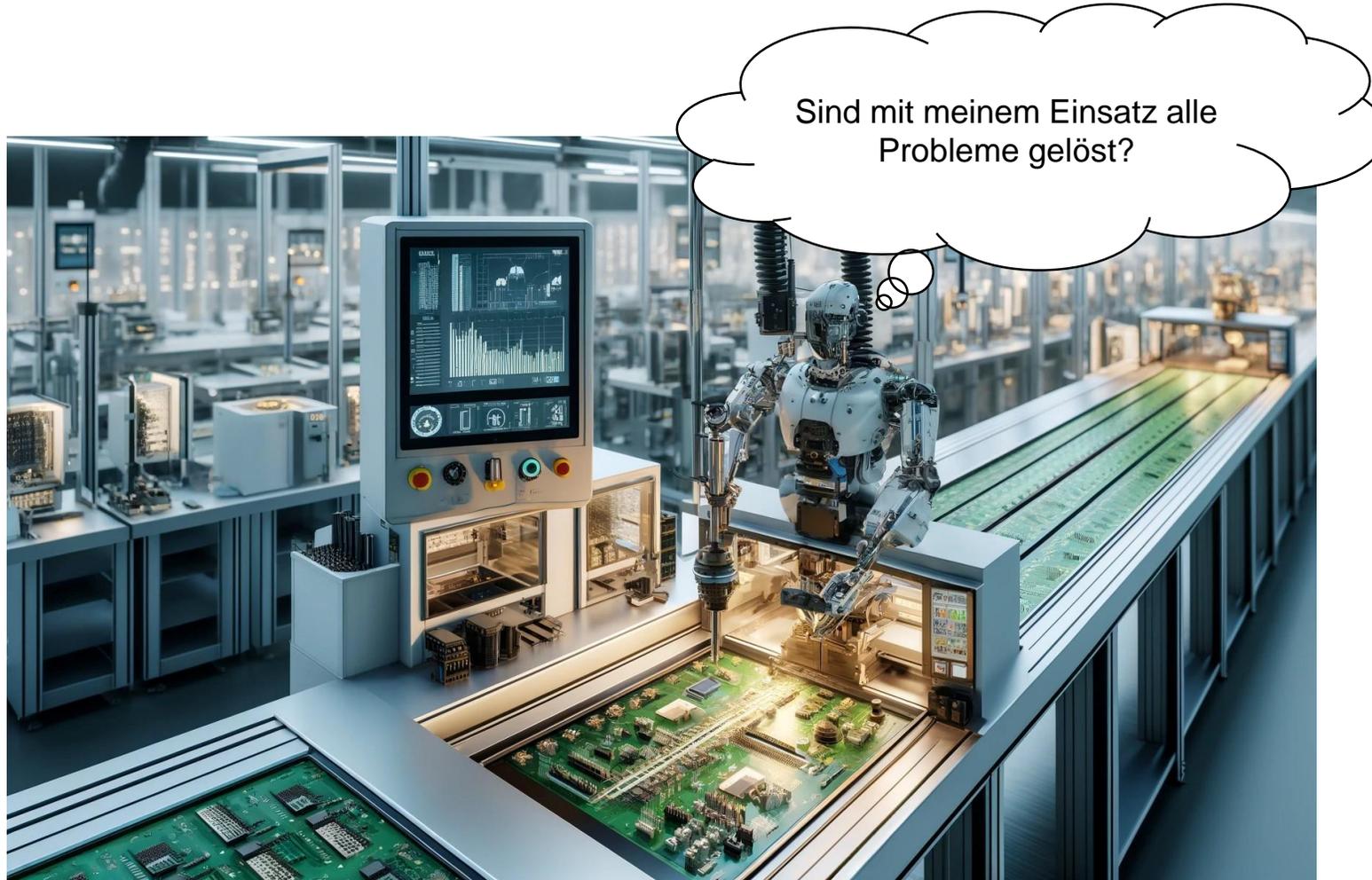


Bild generiert mit DALL E

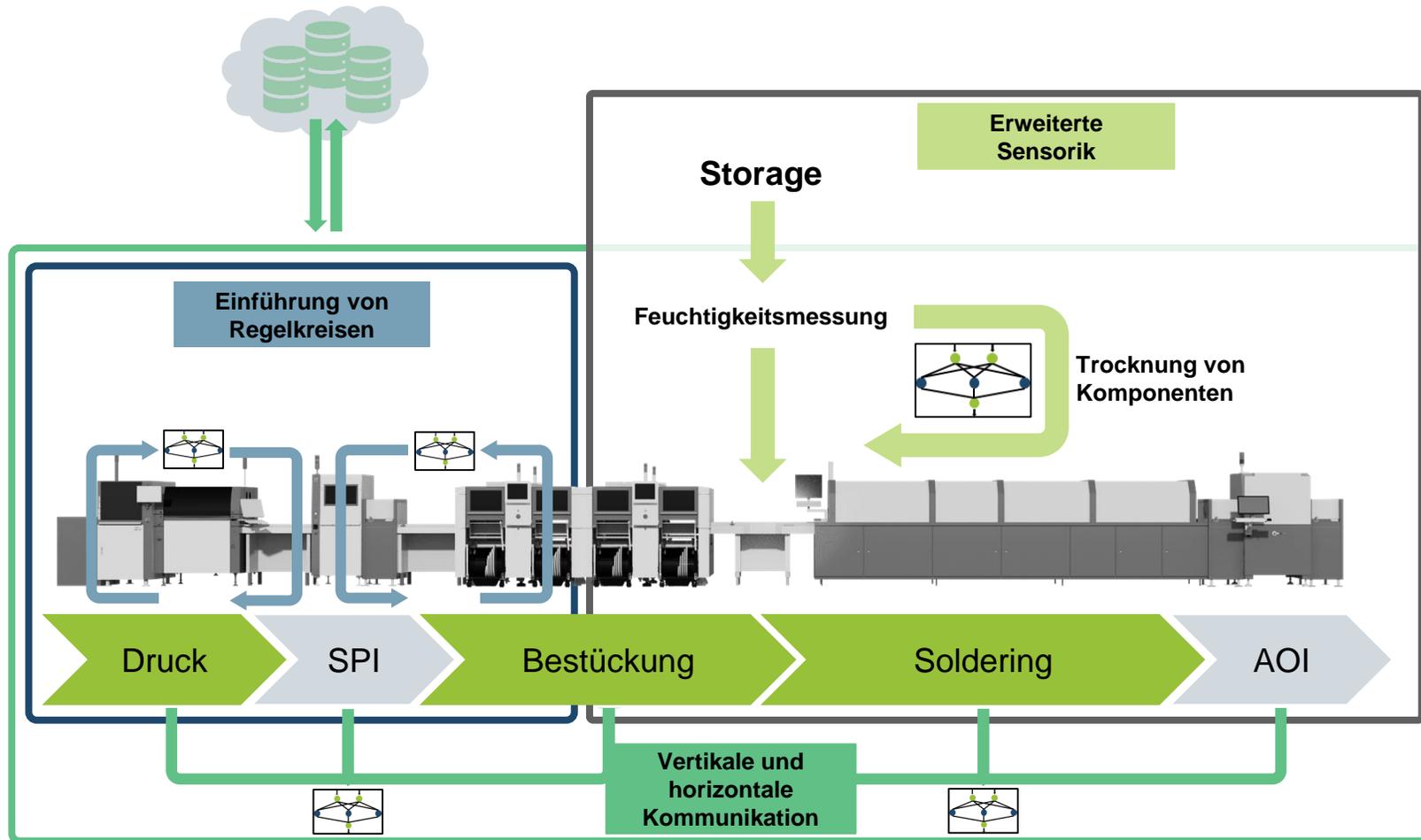
# slido



**Mit welchen Aspekten beschäftigen Sie sich bereits in Ihrem Unternehmen in der SMT- und THT-Fertigung?**

① Start presenting to display the poll results on this slide.

Die Vernetzung von Anlagen und Erfassung von Daten im Sinne von Industrie 4.0 soll die Elektronikfertigung effizienter gestalten und den Einsatz von KI unterstützen.



**Erweiterte Sensorik**

- Feuchtemessungen für Bauteile durch neue Sensorsysteme
- Integration von neuen Sensordaten

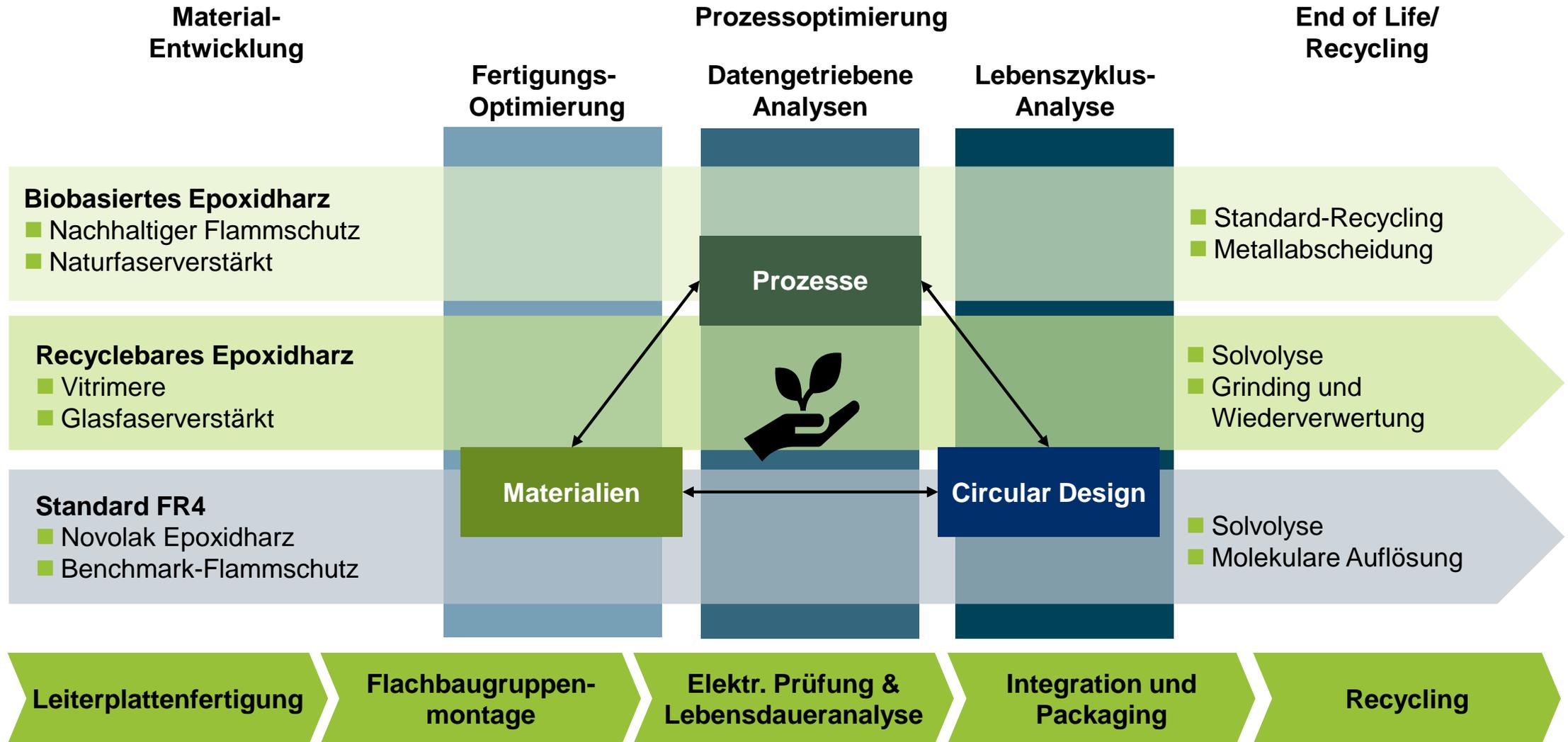
**Einführung von Regelkreisen**

- Automatisierte Regelung von Prozessen
- Verknüpfung von Prozess und Prüfung

**Vertikale und horizontale Kommunikation**

- Einstellung/Überwachung von Prozess-/Maschinenparametern in Echtzeit
- Linienübergreifende datengetriebene Anwendungen

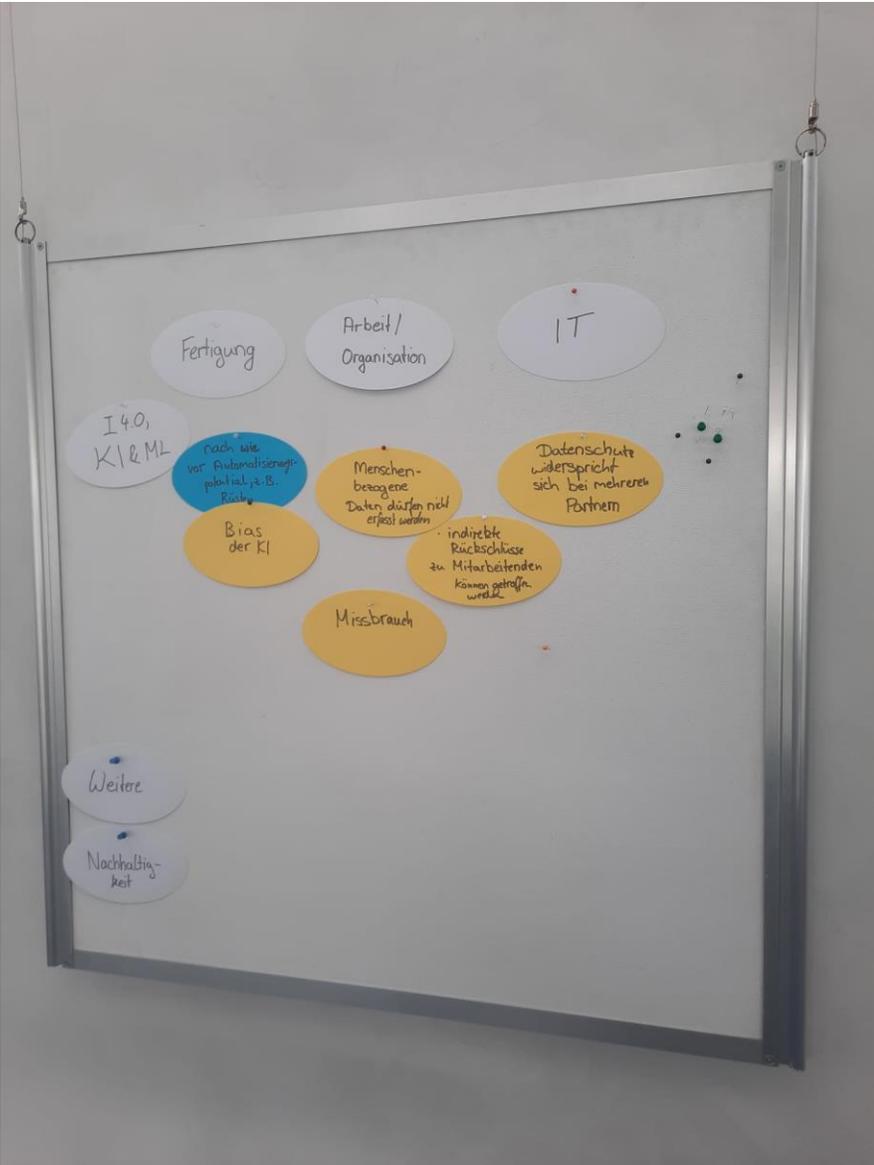
Auch für ein umfangreiches Life Cycle Assessment sowie die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks ist nicht nur ein Blick auf die Prozesskette notwendig.



# Welche Herausforderungen sehen Sie im Kontext Industrie 4.0, Künstliche Intelligenz & Maschinelles Lernen und Nachhaltige Fertigung in der Elektronikproduktion...?

... oder überwiegen die „alten“ Probleme?

|  | Produktion | Arbeitsumfeld/<br>Organisation | IT | Weitere |
|--|------------|--------------------------------|----|---------|
| Industrie 4.0                                |            |                                |    |         |
| Künstliche Intelligenz & Maschinelles Lernen |            |                                |    |         |
| Nachhaltige Fertigung                        |            |                                |    |         |
| Weitere                                      |            |                                |    |         |



# Leistungselektronik

# Leistungselektronik

## Forschungsthemen für die Zukunft

### KI für optimiertes thermisches Management im Leistungsmodul

- Effizienter Wärmetransport ist aktuell ausschlaggebend
- Digitaler Zwilling, angepasst auf Betrieb

### Hochqualitative AVT

- Für idealen Wärmetransport
- bei gleichzeitig hoher Stückzahlfertigung

### Technologien der AVT für Massenproduktion qualifizieren

- Teilweise noch manufakturähnliche Ansätze vorhanden
- Hoher Automatisierungsgrad notwendig für preiswerte Module
- Erstellung von digitalen Zwillingen



### Reparaturmöglichkeiten

- Intelligente Module um Ausfälle zu erkennen od. identifizieren
- Ist Reparatur überhaupt möglich? Problematik Verguss

### Circular Design Rules

- Für nachhaltige, recyclingfähige Leistungselektronik frühzeitig beginnen
- Nachhaltige Materialien mit adäquater Lebensdauer testen



# Gedruckte Elektronik

# Agenda

- Grobe Einführung in die gedruckte Elektronik
- Vorstellung der Forschungsgruppe Additive Mechatronics
- Durchführung eines Brainstormings mit anschließender Kategorisierung
- Interaktive Diskussion über die mögliche Verstetigung und Projektinitiierung

# Allgemeine Informationen über gedruckte Elektronik

## Allgemein.

- Additive Abscheidung oder Musterung von funktionaler Tinte auf starrem oder flexiblem Substrat
- Tinte: organische, funktionale Polymer-, metallische Tinte
- Substrat: Papier, Glas, Polymer und Keramik

## Vorteile:

- Vergleichsweise einfache und kurze Fertigungsketten Fähigkeit,
- große Flächen abzudecken
- Anpassbarkeit und Personalisierung
- Skalierbarkeit

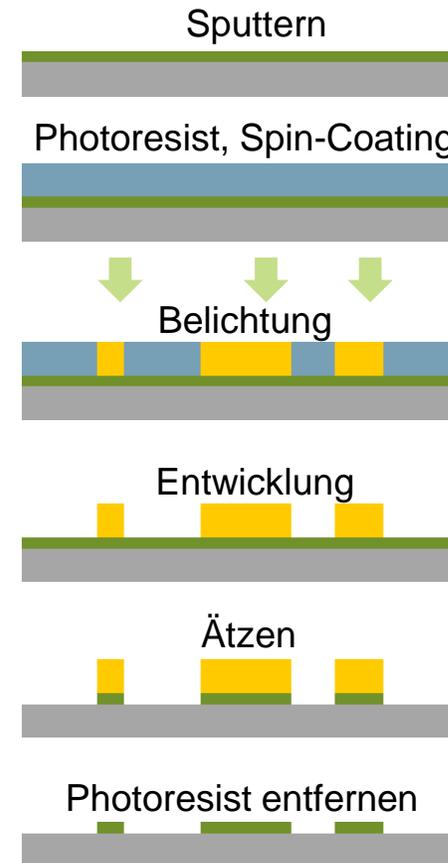
## Lücken:

- Auflösungsbeschränkungen begrenzt die Funktionalität der Anwendung
- Mangel an standardisierten Prozessen und Qualitätskontrolle
- Herausforderungen bezüglich der Zuverlässigkeit (bei selektiven Druckverfahren wie Aerosol Jet Verfahren)

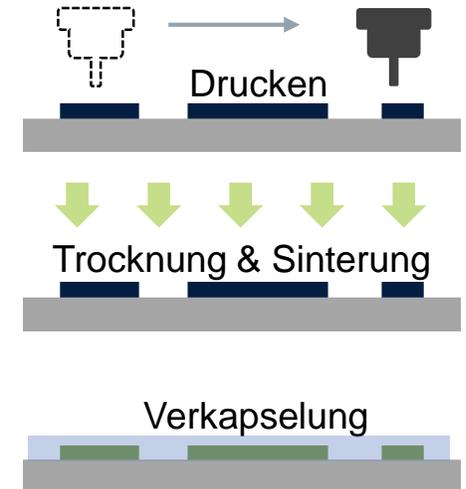
## Anwendungsgebiete:

- Automobilindustrie, Konsumgüter, Verpackung, Gesundheitswesen und IoT-Produkte
- Photovoltaik, Transistoren, Displays und großflächige Beleuchtung, Sensoren

## Photolithographie



## Drucken



Quelle: Kim, Kwang-Seok et al. "Electrical Characteristics of Copper Circuit using Inkjet Printing." (2010).

# Gedruckte Elektronik impliziert nicht zwangsläufig flexible Elektronik.

| starr & nicht gedruckt  |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Herkömmliche Leiterplatte (PCB)</li> <li>3D Mechatronic Integrated Devices (3D-MID)</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Photolithographie</li> <li>Laser-Direktstrukturierung (LDS)</li> </ul>                                |
| starr & gedruckt  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mehrschichtleiterplatte</li> <li>Additiv gefertigtes Bauteil mit Funktionalisierung</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mehrkomponente Inkjet-Druck</li> <li>Aerosol Jet-, Inkjet-Druck, Dispensen</li> </ul>                 |
| flexibel & nicht gedruckt   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Flexible PCB</li> <li>Flexible OLEDs, TFTs, Sensor</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Photolithographie</li> <li>Physical Vapor Deposition (PVD) / Atomic Layer Deposition (ALD)</li> </ul> |
| flexibel & gedruckt   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Flexible organische Photovoltaik (OPV)</li> <li>Polymere OLED</li> <li>Wearable-Textil-Elektronik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rolle zu Rolle: Sieb-, Tiefdruck</li> <li>Aerosol Jet-, Inkjet-Druck, Dispensen</li> </ul>            |



Herkömmliche Leiterplatte



3D-MID  
Quelle: 3DMID



Mehrschichtleiterplatte  
Quelle: Nano Dimension



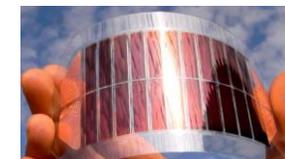
LUNEO – AM Lighting Concept  
Quelle: Neotech



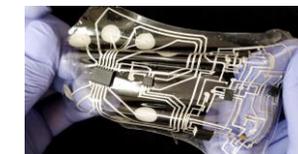
Flex PCB  
Quelle: All Flex Solution



Flexible OLED  
Quelle: OSRAM



Flexible OPV  
Quelle: SciTechDaily

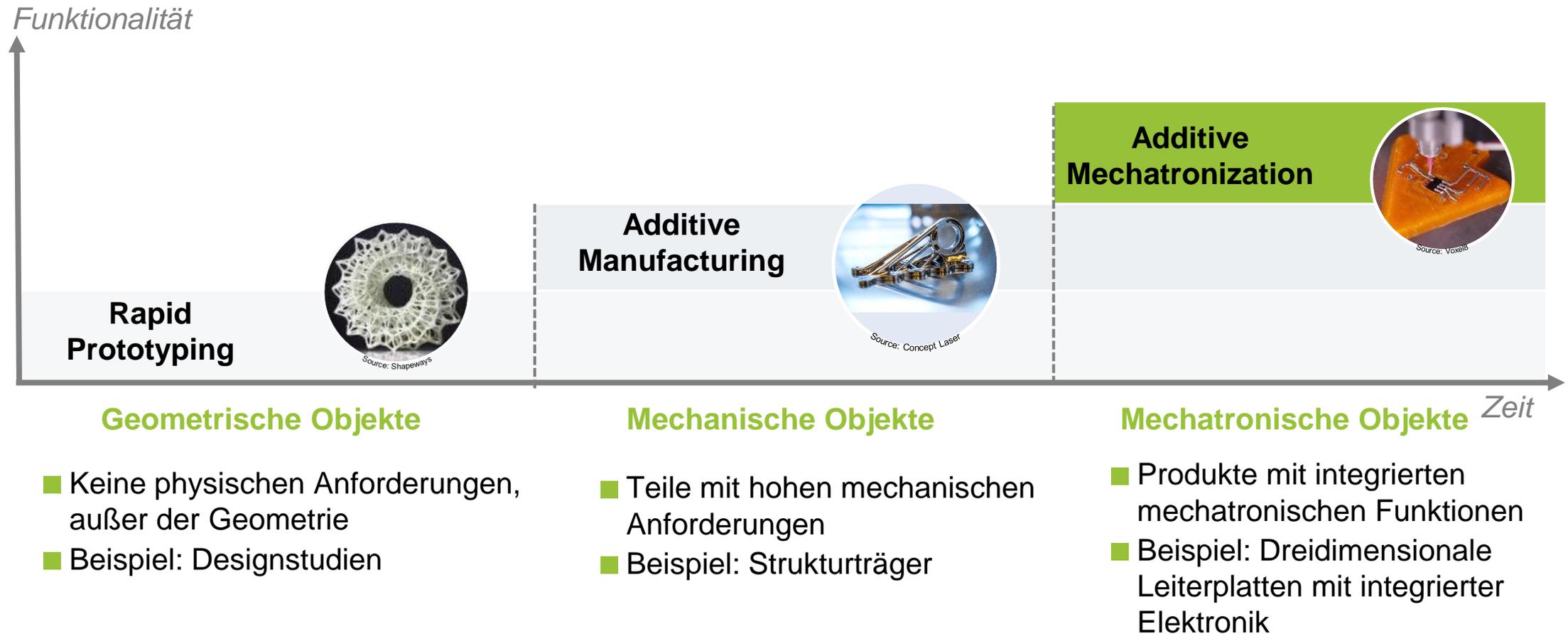


Flexible dehnbare Schaltungen  
Quelle: Universität Coimbra

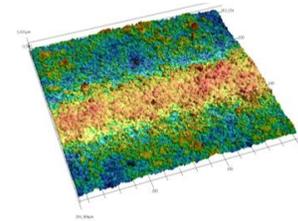
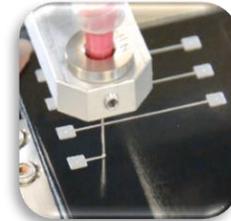
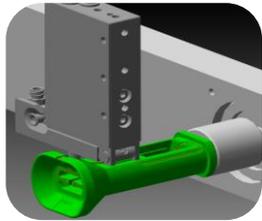
# Wissenstransfer findet in technologischen Bereichen über einzelne Forschungsbereiche hinweg statt.



Konventionelle additive Fertigungsprozesse sind nur ein Schritt hin zur additiven Fertigung integrierter mechatronischer Anwendungen.



# FAPS hat umfassende Erfahrung in der Erforschung gedruckter Elektronik, einschließlich Konzeptualisierung, Fertigungsprozessen und Charakterisierung.



| Konzeptualisierung  | Additive Fertigung  | Gedruckte Elektronik   | Charakterisierung   | Zuverlässigkeit   |
|---|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl des Prozesses</li> <li>Auswahl der Materialien (Substrate und Tinte)</li> <li>Entwicklung von Druckstrategien</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Plasma-Beschichtung</li> <li>Selektives Laserschmelzen</li> <li>Fused Deposition Modeling (FDM)</li> <li>Stereolithographie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Aerosoljet</li> <li>Nanojet</li> <li>Piezojet</li> <li>Dispensen</li> <li>(LDS-3D-MID)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>NIR-Module</li> <li>UV-LED Cube</li> <li>REM, X-Ray</li> <li>Laser-Scanning-Mikroskope</li> <li>Scher- und Zugtester</li> <li>Kontaktwinkel-messung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Langzeittests: Temperaturschock- und Feuchtigkeitstests</li> </ul> |

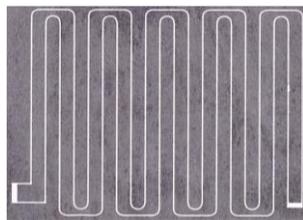
500 µm

Auflösung der gedruckten Struktur

50 µm



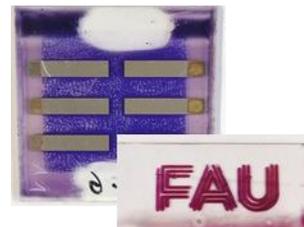
Keramiksubstrate (Piezo-Jet)



Radomheizstruktur (Piezo-Jet)



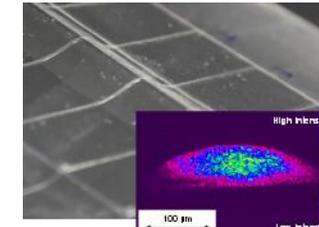
Egg timer (Piezo-Jet)



Hermetische Verkapselung (AJP)



Antenne (AJP)



Polymere Wellenleiter (AJP)



Dehnungsmessstreifen (AJP)

## Brainstorming Session (Code: FAPSGE)



<https://wall.sli.do/event/tfzLXNL94qQzyyg7bVBAu?section=c5b48451-824a-4179-a188-dc8f7ee193e4>

## Brainstorming Session (Code: FAPSGE)

### Offenes Thema zum Brainstorming:

- Sehen Sie Potenziale, gedruckte Elektronik in Ihr Unternehmen oder Produkt zu integrieren?
- Welche konkreten Forschungsthemen könnten wir gemeinsam erkunden, um die Integration von gedruckter Elektronik voranzutreiben?
- Allgemeine Fragen



Code: FAPSGE

# Dokumentation von Diskussion:



Code: FAPSGE

## Brainstorming Session (Code: FAPSGE)

### Brainstorming:

- Selektive gedruckte organische Photovoltaik (OPV) auf freiförmigen Oberflächen.
- Was könnte ein sinnvoller Demonstrator sein, der im Zusammenhang mit gedruckten OPV entwickelt werden könnte?



Code: FAPSGE

# Bordnetze der Zukunft

## Kontaktperson: Bordnetze der Zukunft



Jan Fröhlich, M.Sc.

[jan.froehlich@faps.fau.de](mailto:jan.froehlich@faps.fau.de)

# 4. Möglichkeit zum Networking

# Umfrage zu digitalen Technologien in der Produktion



# Vielen Dank für Ihre Teilnahme

Weitere Informationen unter:  
[www.transform-emn.de](http://www.transform-emn.de)  
[www.faps.fau.de](http://www.faps.fau.de)



# JETZT: Get-together & Campfires



Wir wünschen Ihnen viel  
Freude  
beim Netzwerken an  
Campfires und Ständen !

# SAVE THE DATE

**Mittwoch, 2. April 2025 in  
COBURG**

**Zukunftswerkstatt Automotive  
Metropolregion Nürnberg 2025**

