

# KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

## Zukunft durch Innovation und Forschung

### Technologien und Prozesse für die flexible robotergestützte Montage von Wicklungen in Elektromotor-Statoren – RobStatMont

Die wirtschaftliche Fertigung kundenspezifischer Elektromotoren am Standort Deutschland erfordert neue Ansätze in der Prozessgestaltung. Hierzu werden im Projekt RobStatMont Technologien und Prozesse für die flexible robotergestützte Montage von Wicklungen in Elektromotor-Statoren entwickelt.

#### Problemstellung

Elektrische Antriebssysteme sind die Schlüsselkomponenten für die Mega-Trends der modernen Gesellschaft. Herausforderungen wie Energieeinsparung, CO<sub>2</sub>-Reduzierung, zunehmende Mobilität oder fortschreitende Automatisierung können nur durch den Einsatz leistungsfähiger elektrischer Antriebe gelöst werden. Für Bayern hat die Branche der elektrischen Antriebe größte Bedeutung und aufgrund der geschilderten Punkte besonders erfreuliche Wachstumsaussichten. Zur Stärkung der Marktposition fordern bayerische Hersteller, Anwender und Technologieanbieter Unterstützung bei der innovativen Gestaltung von Produkten, Prozessen und Applikationen.

Im Bereich der elektrischen Antriebstechnik für Industrieanwendungen ist ein Trend von standardisierten Motoren zu kundenspezifischen Lösungen erkennbar. Da für eine flexibel automatisierte Fertigung aktuell keine geeigneten Lösungen verfügbar sind, wird die erforderliche Flexibilität in der Fertigung durch den Einsatz kostenintensiver personeller Arbeit realisiert. Besonders hohe manuelle Arbeitsinhalte hat hierbei die Montage der Statorwicklungen sowie die zugehörigen Fertigungsschritte wie das Schalten oder Bandagieren. Da für bayerische Unternehmen mit dem Einsatz des hochqualifizierten Fachpersonals im Bereich Elektromaschinenbau hohe Personalkosten verbunden sind, sind diese oftmals gezwungen, manuelle Arbeitsinhalte in das Ausland zu verlagern. Hierdurch gehen für Bayern sowohl das fertigungstechnische Know-how als auch die Wertschöpfung unweigerlich verloren.

#### Zielsetzung

Ziel dieses Projektes RobStatMont ist es, bayerischen Unternehmen durch die Entwicklung von Technologien und Prozessen für eine flexibel automatisierte Montage von Elektromotor-Statoren die Möglichkeit zu geben, weiterhin kundenspezifische Motoren am Standort Deutschland wirtschaftlich und gleichzeitig in höherer Qualität zu fertigen. Hierzu soll eine durchgängige Prozesskette entwickelt und in eine Demonstratoranlage überführt werden. Kernprozess ist hierbei die Montage der Wicklungen in den Stator, die durch einen Industrieroboter automatisiert erfolgen soll. Die zu entwickelnden Prozesse sollen hierbei für die Fertigung von Motoren der Baugröße 112 bis 300 geeignet sein. Durch die unternehmens-

übergreifende Thematik des Projekts soll es kleinen und mittelständischen Unternehmen in Bayern ermöglicht werden, Know-how zusammenzuführen und durch die Bildung neuer Netzwerke und Allianzen die Unsicherheiten bei Technologieentwicklungen im Bereich des Elektromaschinenbaus zu reduzieren.

#### Vorgehensweise

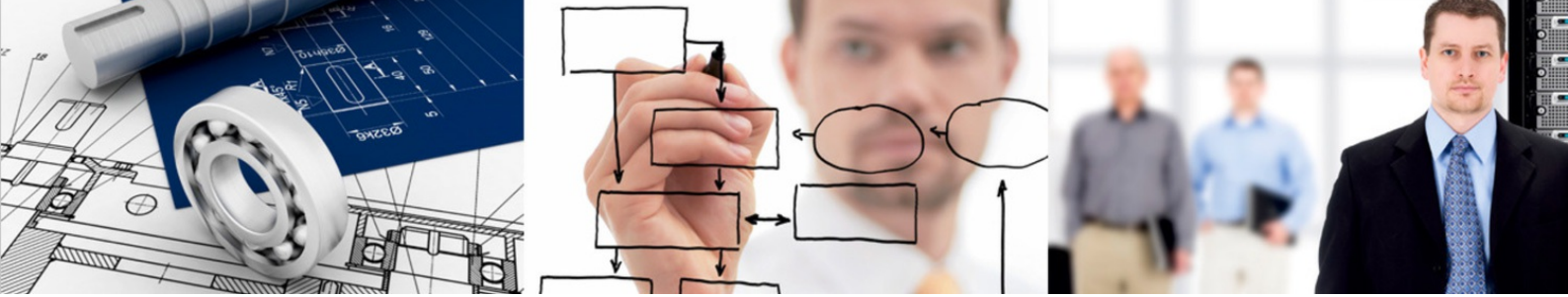
**Analysephase** – Als Grundlagen für den Aufbau der RobStatMont-Demonstratoranlage werden in der Analysephase des Projekts die relevanten Randbedingungen erarbeitet. Dies beinhaltet eine detaillierte wissenschaftliche Analyse der Arbeitsinhalte und Prozessschritte bei der manuellen Montage von Wicklungen. Parallel dazu sind eine Funktionsanalyse durchzuführen sowie ein Morphologischer Kasten für die einzelnen Prozessschritte zu erarbeiten. Zusätzlich sind vorhandene Statorkonzepte hinsichtlich einer fertigungs- und automatisierungsgerechten Gestaltung zu untersuchen und Optimierungspotentiale zu identifizieren.

**Prozessentwicklungsphase** – Auf Grundlage der Ergebnisse der Analysephase werden die einzelnen Kernprozesse vertieft analysiert und Prozessprototypen entwickelt. Hierzu zählen:

- Wickelkonzept für die Vorfertigung der Einzelspulen,
- Einlegegreifer für die Handhabung der Spulen,
- Einlegeprozess,
- Montage der Deckschieber,
- sensorgestützte Prozessüberwachung und
- Kontaktierungskonzept.

Für die einzelnen Kernprozesse werden jeweils Prozessprototypen konzipiert, konstruiert, gefertigt und anhand von Versuchen und in engem Austausch mit den Projektpartnern optimiert.

**Projektierungsphase** – Die entwickelten Prozessprototypen werden im weiteren Projektverlauf in ein Gesamtkonzept für eine Prozesskette überführt. Dies umfasst die Entwicklung alternativer Anlagenkonzepte sowie deren wirtschaftliche und



technologische Bewertung unter Einbeziehung simulativer Optimierungswerkzeuge (Kinematik- und diskrete Ablaufsimulation). Nach der rechnergestützten Aufbereitung der Daten in einer 3D-Umgebung und einer Ablaufsimulation werden die Aufbauvarianten einer kompletten betriebswirtschaftlichen Betrachtung unterzogen, um Aussagen über das notwendige Investitionsvolumen treffen zu können. Dazu werden alle zu Beginn des Projektes spezifizierten Anforderungen mit einbezogen. Anhand der spezifizierten Stückzahlen werden anschließend technisch-wirtschaftliche Analysen erstellt, die unter anderem notwendige Taktzeiten, Kapazitätsberechnungen, Maschinenstundensätze oder den notwendigen Personalbedarf der betreffenden Demonstratoranlage beinhalten. Zusammen mit den Projektpartnern werden die alternativen Anlagenkonzepte diskutiert und optimiert sowie hinsichtlich der Umsetzung in die Demonstratoranlage bewertet.

**Integrationsphase** - Das favorisierte Anlagenkonzept wird anschließend konstruktiv ausgearbeitet und in einer Demonstratoranlage prototypisch umgesetzt. Dies umfasst den Aufbau der einzelnen Komponenten, deren steuerungs- und informationstechnische Integration zu einer Gesamtanlage, die Programmierung des Handhabungsroboters, Funktionstest, Prozess-Ramp-Up und Demo-Produktion. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit der Einzelkomponenten sowie der gesamten Anlage wird anhand von Demonstrationsmotoren erbracht, deren Fertigung derzeit manuell erfolgt. Auf Basis der Versuchsergebnisse erfolgt die iterative Optimierung der Einzelprozesse sowie der gesamten Demonstratoranlage. Abschließend erfolgt die Aufbereitung und Dokumentation der Versuchsergebnisse sowie deren Zusammenfassung in einem Abschlussbericht.

### Ergebnisse / Nutzen

Im Projekt RobStatMont erfolgt die fokussierte Entwicklung von Prozessen und Technologien für die flexible Automatisierung in der Statorfertigung. Hierdurch soll es bayerischen Unternehmen ermöglicht werden, weiterhin kundenspezifische Motoren am Standort Deutschland wirtschaftlich zu fertigen.

Vor diesem Hintergrund sind die angestrebten Hauptergebnisse des Projektes:

- Konzepte für den prozesssicheren Einsatz von Robotern im Elektromaschinenbau.
- Automatisierte, robotergestützte Prozesse für die Montage von Stator-Wicklungen.
- Mechatronische Greifsysteme für das Greifen, Fixieren, Formen und Einlegen der Spulen in das Statorpaket.
- Lösungen zur Prozessüberwachung mittels 3D-Kamera (Detektion Stator, Überwachung Einlegeprozess, Detektion Drahtenden, Prüfung Spulenposition etc.)
- Variantenflexible Prozesse für das Abisolieren und Kontaktieren sowie deren Integration in eine automatisierte Prozesskette

### Forschungspartner

Prof. Dr.-Ing. J. Franke  
Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

### Projektpartner

- ABM Greiffenberger Antriebstechnik
- IWT Industrielle Wickeltechnik GmbH
- Schabmüller GmbH
- WILO SE