

## Schlussbericht

# UNICARagil

*Disruptive modulare Architektur für vielfältige, agile Fahrzeugkonzepte  
Teilprojekt Adaptierter Radnabenantrieb für Dynamikmodul*

## Schaeffler Industrial Drives AG & Co. KG

Ansprechpartner (Schaeffler):

Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Industriestraße 1-3  
91074 Herzogenaurach

Sven Brandt  
Telefon: +499132827806  
Email: brandsen@schaeffler.com

Gesamtprojektleitung

RWTH Aachen University  
Institut für Kraftfahrzeuge

Dipl.-Ing Torben Dittmar  
Telefon: +49 241 80 25620  
Email: torben.dittmar@ika.rwth-aachen.de

Administrative Ansprechperson:

Schaeffler Technologies AG & Co. KG  
Industriestraße 1-3  
91074 Herzogenaurach

Philipp Dangl  
Telefon: +49 9132 82 5660  
Email: philipp.dangl@schaeffler.com

## 1. Ziel des Projektes

Zielsetzung des Projektes UNICAR*agil* war die Konzeption, Realisierung und Absicherung einer neuartigen disruptiven modularen sowie skalierbaren Fahrzeugarchitektur und Fahrzeugplattform, die den Ausgangspunkt für eine spätere effiziente nutzerorientierte Darstellung vielfältiger automatisierter Fahrzeugkonzepte darstellt. Kernelemente der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten waren ein modularer, mechatronischer Baukasten, eine vollständig dienste-orientierte und damit update-fähige Software-Architektur sowie eine leistungsfähige, funktional sichere E/E-Architektur. Zudem wurde das Potential elektrischer Antriebsmodule hinsichtlich der funktionalen Gestaltung in Form sehr wendiger und agiler Fahrzeuge systematisch erforscht und dargestellt. Die bereits bei der Konzeption berücksichtigten Anforderungen von Funktionaler Sicherheit, IT-Sicherheit und Privacy sowie die modulare Absicherbarkeit von Software und Hardware stellten ein weiteres wichtiges disruptives Element des Gesamtvorhabens dar.

Auf dieser Grundlage wurden vier elementare Anwendungsfälle und Ausprägungen in Form von automatisierten, modular aufgebauten Fahrzeugen prototypisch realisiert, die alle dieselbe Architektur sowie die gleichen mechatronischen und digitalen Module nutzen. Zur Entwicklung und Absicherung wurden sowohl vorhandene Methoden und Versuchsfahrzeuge eingesetzt als auch neue, disruptive Methoden zur Entwicklung und Absicherung von Funktionen und Fahrzeugen zum automatisierten Fahren konzipiert und exemplarisch demonstriert.

Das Vorhaben zielte nicht nur darauf ab, einen substantiellen Beitrag zu neuen Technologien, Wertschöpfungs- und Beschäftigungschancen zu leisten, die das automatisierte und vernetzte Fahren eröffnet, sondern auch, die interdisziplinäre Forschung und Entwicklung an mehreren Wissenschaftsstandorten in Deutschland systematisch zu verzahnen sowie nachhaltig zu stärken und zu gestalten. Darüber hinaus wurde zur Sicherung der Nachhaltigkeit der Ergebnisse eine Kommerzialisierung einzelner Module sowie der automatisierbaren Bewegungsplattform durchgeführt. Dies bewirkt kurzfristig weitere Innovations- und Entwicklungsschübe für die deutsche Digitalindustrie und macht das Ergebnis langfristig und in weiteren Evolutionsstufen verfügbar.

Zur Erreichung dieses Gesamtzieles wurden im Schaeffler Teilvorhaben konkret folgende Aspekte erforscht, entwickelt und realisiert:

- Anforderungsanalyse von 48V-Radnabenantrieben
- Entwicklung und Konstruktion eines adaptierten Radnabenantriebs
- Montage und Inbetriebnahme des adaptierten Radnabenantriebs in Dynamikmodul

Der Inhalt dieser Aspekte wird in Punkt 2 (Inhalt des Projektes) genauer beschrieben.

## 2. Inhalt des Projektes, insbesondere für Schaeffler

Im Umfang des gesamten Projektes gab es 6 große Arbeitspakete, welche sich in verschiedenen kleinere Unterarbeitspakete aufgliedern ließen. Schaefflers Hauptbeteiligungsbereich lag im AP 2. Innerhalb dieses Arbeitspunktes wurden die Dynamikmodule samt zugehörigem Steuergerät (Rückenmark) umgesetzt. Die Dynamikmodule wurden hierbei durch das Institut für Kraftfahrzeuge aufgebaut, Schaeffler lieferte die benötigten Radnabenantriebe, der assoziierte Partner Continental unterstützte bei der Realisierung der elektromechanischen Bremse. Kernanforderungen an das Modul waren die Umsetzung der Dienste Lenken, Antreiben und Bremsen. Hierbei kamen jeweils sogenannte by-Wire Systeme zum Einsatz. Vor allem die Hochintegration dieser genannten Dienste in ein kompaktes Modul stellte eine technische Herausforderung dar. Zusätzlich übernahm das Dynamikmodul die Aufgaben der Radführung und Fahrzeugfederung. Das Arbeitspaket untergliedert sich in die folgenden acht Schritte von denen die AP 2.1.2, AP 2.1.3 und AP 2.1.7 mit Schaeffler-Beteiligung beschrieben werden:

- AP 2.1.1 – Leitung

- AP 2.1.2 – Konzeption
- AP 2.1.3 – Konstruktion
- AP 2.1.4 – Steuergeräteentwicklung
- AP 2.1.5 – Absicherung & Testing
- AP 2.1.6 – Beschaffung & Montage
- AP 2.1.7 – Inbetriebnahme
- AP 2.1.8 – Support

Im AP 2.1.2 (Konzeption) war eine Anforderungsanalyse von Radnabenantrieben auf 48V-Basis durchzuführen. Durch gemeinsame Definition der Anforderungen wurden die Grundlagen für die Entwicklung eines adaptierten, elektrischen Radnabenantriebs für das Dynamikmodul gelegt. Im Rahmen der Antriebsentwicklung brachte Schaeffler zusätzlich seine Sichtweise und Expertise zur Konzepterstellung der Dynamikmodule ins Konsortium ein. Im Rahmen des AP 2.1.3 (Konstruktion) wurde das zuvor erstellte Konzept umgesetzt. Basierend auf den Anforderungen und dem mechanischen Grundkonzept wurden zunächst die erforderlichen Leistungsdaten der einzelnen Aktuatoren (Antrieb, Bremse, Lenkung) ermittelt und daraus die erforderlichen Bauraumanforderungen abgeleitet. Seitens Schaeffler wurde ein an das Dynamikmodul adaptierter, elektrischer Radnabenantrieb konstruiert. Kernaufgabe war es sämtliche Dienste auf minimalem Bauraum zu vereinen. Eine Herausforderung hierbei war die Kühlung von elektrischer Maschine, Leistungselektronik und Bremse. In Kombination mit den hohen Radlenkwinkeln mussten auch die Führung der elektrischen und informatorischen Verkabelung mit dem Restfahrzeug sowie die Kühlleitungen betrachtet werden. Dies musste im Rahmen der Fahrzeugintegration so erfolgen, dass die Relativbewegung zwischen Rad, Fahrwerk und Aufbau sowie Umwelteinflüsse keine Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit des Antriebs haben.

Nach erfolgreicher Montage erfolgte in AP 2.1.7 eine Erstinbetriebnahme durch Schaeffler bereits vor Aushändigung an das ika. Bei der anschließenden Integration der Antriebe in das Dynamikmodul war Schaeffler unterstützend tätig.

### **3. Überblick der wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse**

Das Arbeitspaket 2.1.2 Konzeption konnte im Projektjahr 2018 fertig gestellt werden. Aufgrund seiner guten Eignung wurde ein Elektromotor ausgewählt, der bereits in Hybridanwendungen erprobt wurde. Dieser 48V Motor musste zwar noch an die Anforderungen angepasst werden, wichtige Werkzeuge (Stanzwerkzeuge, Spritzwerkzeuge, etc.) konnten jedoch weiterverwendet werden, was den finanziellen Aufwand reduzierte. Die Anpassung der Systemschnittstellen (Kontaktierung, Sensorik etc.) wurde abgestimmt und ein 3D-Modell des Motors erstellt. Darauf folgte die finale Zeichnungserstellung. Im Laufe des zweiten Halbjahres 2019 konnte das in der Konzeption entwickelte Design des 48V Antriebs inkl. der Leistungselektronik umgesetzt werden. Hierzu wurden die benötigten Rotoren und Statoren nach der Auslegung durch Schaeffler IDAM zur Montage nach China versandt. Die montierten Antriebe sind unter Berücksichtigung der abgestimmten Schnittstellen auf den Prüfstand getestet, die Ergebnisse dokumentiert und zum Versand nach Deutschland vorbereitet worden.

Noch im Dezember 2019 konnten die ersten 10 Antriebe über den Luftweg nach Deutschland verschickt und an die RTWH Aachen zur Montage in die Dynamikmodule weitergeleitet werden. Im Zuge der Zusammenarbeit mit den Konsortialpartnern hatte sich herausgestellt, dass die Dynamikmodule gesamtheitlich ein höheres Gewicht erreichen als ursprünglich angenommen. Dies hat jedoch keine Auswirkung auf die Leistungsgröße der hierfür vorgesehenen Radnabenantriebe.

Schaeffler unterstützte beratend die Universitäten bei der Montage der Antriebe und stand als Partner zur Seite. Schaeffler China war hierzu im direkten Austausch mit der RTWH Aachen.

Die 10 im Dezember 2019 gelieferten Antriebe wurden im Februar 2020 an die Universität geschickt und konnten dort in die weiteren Dynamikmodule verbaut werden.

#### **4. Nutzen bzw. Anwendungsmöglichkeiten des Projekts bzw. der Projektergebnisse**

Zukünftige Mobilität ist elektrisch, vernetzt und automatisiert. Dies führt zu einer umfassenden Transformation des motorisierten Straßenverkehrs, wie wir ihn heute kennen. Damit gehen nicht nur große Chancen für neuartige Mobilitäts- und Transportkonzepte einher, sondern auch Verbesserungen der Verkehrssicherheit sowie der Lebensqualität in urbanen Räumen. Diese Chancen gilt es auch im Sinne des Wirtschafts- und Technologiestandorts Deutschland schnell und umfassend zu nutzen, was eine Abkehr von den heutigen konventionellen, evolutionären Entwicklungsprozessen in der Fahrzeugtechnik erfordert. Neuartige disruptive Fahrzeugkonzepte, die gleichermaßen für den auch fahrerlosen Transport von Personen und Gütern konzipiert sind, ermöglichen eine kontinuierliche Verbesserung und Transformation des Mobilitätssystems. In dem Projekt UNICARagil gelang es, die Entwicklung der zukünftigen Mobilität zu voranzutreiben. Es wurden Grundlagen geschaffen auf denen zukünftig aufgebaut werden kann, um eine Revolution des motorisierten Straßenverkehrs zu bewirken.