

HERAUSGEBER

 TÜVRheinland®  
Genau. Richtig.

 INSTITUT FÜR  
INNOVATION UND  
TECHNIK



# TRANSFORMATION DER AUTOMOBILEN WERTSCHÖPFUNGSKETTEN

Ein Impulspapier  
der Begleitforschung Elektro-Mobil



# IMPRESSUM

## Herausgeber

TÜV Rheinland Consulting GmbH

Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Dr. Sören Grawenhoff, Am Grauen Stein, 51105 Köln, soeren.grawenhoff@de.tuv.com

## Autoren

Jan-Hinrich Gieschen (iit – Institut für Innovation und Technik)

Timon Kiriazis (TÜV Rheinland Consulting GmbH)

Matthias Trunk (TÜV Rheinland Consulting GmbH)

## Gestaltung

LHLK Agentur für Kommunikation GmbH

Hauptstraße 28

10827 Berlin

## Kontakt

[begleitforschung-elektro-mobil@de.tuv.com](mailto:begleitforschung-elektro-mobil@de.tuv.com)

[LinkedIn](#)

[Förderprogramm „Elektro-Mobil“](#)

## Disclaimer

An der Ausführung dieses Impulspapiers wirkten verschiedene, im Rahmen des Förderprogramms „Elektro-Mobil“ geförderte Projekte mit. Die Begleitforschung Elektro-Mobil verantwortet die Inhalte dieses Impulspapiers und ist für die redaktionelle Ausarbeitung zuständig. Alle beteiligten Projekte dieses Impulspapiers sind im Folgenden aufgeführt.

## Mitwirkende Projekte

AIMFREE	CoolEV	EMPOWERED	InnoBlech	OneGAforAll
ALaPuN	E ProFIL	eTruckPro	MEGA-LADEN	OptiWiRE
AMELIE 2	E ROAD	HEDIB	MS Tankstelle	SKALE
BDL	eHaul	HPC-Prime	NachLadBaR	SUPPLY
BeNutz LaSa	ELSTA	IDEAL	NEFTON	Trade EVs II

## Titelbild

[BERLINSTOCK](#) – [stock.adobe.com](https://stock.adobe.com)

## Stand

Dezember 2022

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>4</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
1.1 Transformation der Automobilbranche .....	5
1.2 Die Wertschöpfungsketten der Elektromobilität .....	6
1.3 Auswirkungen der Transformation auf den Arbeitsmarkt .....	9
<b>2 EINORDNUNG DER ELEKTRO-MOBIL-PROJEKTE ENTLANG DER BETRACHTETEN WERTSCHÖPFUNGSKETTEN DER ELEKTROMOBILITÄT</b> .....	<b>10</b>
2.1 Kurze Projektbeschreibungen .....	10
AIMFREE .....	10
ALaPun .....	10
AMELIE 2.....	10
BDL .....	11
BeNutz LaSa.....	11
CoolEV .....	11
E ProFIL.....	11
E ROAD.....	11
eHaul .....	12
ELSTA .....	12
EMPOWERED .....	12
eTruckPro .....	12
HEDIB .....	12
HPC-Prime .....	13
IDEAL .....	13
InnoBlech.....	13
MEGA-LADEN .....	13
MS Tankstelle .....	13
NachLadBaR .....	14
NEFTON.....	14
OneGAforAll.....	14
OptiWiRE .....	14
SKALE .....	14
SUPPLY .....	14
Trade EVs II .....	15
2.2 Einordnung der Projekte .....	15
<b>3 FAZIT</b> .....	<b>18</b>



# EXECUTIVE SUMMARY

Der voranschreitende Klimawandel und die Endlichkeit fossiler Brennstoffe bedingen die Dekarbonisierung des Straßenverkehrs. Die einzige marktreife, lokal emissionsfreie Alternative zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor sind derzeit batteriebetriebene Elektrofahrzeuge. Der Umstieg auf diese Antriebstechnologie ist bereits in vollem Gange und erfordert eine Transformation der gesamten automobilen Wertschöpfungskette.

Dabei ist insbesondere eine Stärkung der Wertschöpfungskette der Elektromobilität im Bereich Produktion nötig, um die Wettbewerbsposition nationaler Industriebranchen zu festigen. Weiterhin stellt der Hochlauf der Elektromobilität nie dagewesene Anforderungen an das Stromnetz, während gleichzeitig die Einspeisung von Strom aus dezentralen Energiequellen wie PV- und Windkraftanlagen sowie Stromspeichern beim künftigen Netzausbau berücksichtigt werden müssen. Das Förderprogramm Elektro-Mobil setzt hier an und leistet mit den darin geförderten Forschungsprojekten einen wichtigen Beitrag zur Unterstützung dieses fundamentalen Wandels.

Dieses Impulspapier gibt auf Basis einer Lückenanalyse einen Überblick darüber, welche Themen forschungsseitig im Rahmen des Förderprogramms bereits behandelt werden. Ferner gibt es einen Ausblick darauf, in welchen Themengebieten noch Forschungsbedarf besteht. Um zu visualisieren, welche Teile der automobilen Wertschöpfungskette durch Forschungsprojekte des Förderprogramms Elektro-Mobil abgedeckt werden, wird im Rahmen dieses Impulspapiers eine Unterscheidung zwischen Fahrzeug- und Ladeinf-

rastruktur getroffen, deren individuelle Wertschöpfungsketten jeweils in sechs Schritte unterteilt werden: (1) Gewinnung und Verarbeitung der Rohstoffe, (2) Produktion von Komponenten sowie deren Montage zum Gesamtsystem, (3) Vertrieb/Inbetriebnahme, (4) Nutzung, (5) After-Sales (Wartung und Upgrades) sowie (6) Second-Life und Recycling. Durch Verortung der Forschungs- und Entwicklungsprojekte anhand dieser sechs Stufen sowie der übergeordneten Themen der Normung und Standardisierung wird ein Überblick über die Abdeckung der Stufen durch das gesamte Förderprogramm gegeben.

Der Schwerpunkt der Elektro-Mobil-Projekte liegt dabei vor allem auf Produktion und Montage. Außerdem forschen einige Projekte bereits an Möglichkeiten zur Reduktion der Belastung des Stromnetzes, darunter die Einbindung von Pufferspeichern in Ladeinfrastruktur sowie der Steuerung von Ladevorgängen.

Die Elektro-Mobil-Projekte haben durch ihre Forschung und Entwicklung bereits viele Grundlagen zur Stärkung der Wertschöpfungskette und der Wettbewerbsposition Deutschlands gelegt. Dennoch zeigt sich zusätzlicher Forschungsbedarf in der weiteren Ausgestaltung dieser Themen, wie z. B. bei den Aspekten gesteuertes unidirektionales sowie bidirektionales Laden, die bereits heute im Fokus der Förderrichtlinie stehen. Gemäß den dynamischen Marktveränderungen ist auch eine Weiterentwicklung des Förderprogramms nötig, um den neuen Anforderungen des Rollouts der Elektromobilität gerecht zu werden.

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Transformation der Automobilbranche

Der Europäische „Green Deal“ sieht eine drastische Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen aller Sektoren vor: Bis 2030 soll der jährliche Ausstoß von Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 55 % gesenkt und bis 2050 auf nahezu 0 % reduziert werden. Batteriebetriebene Elektromotoren bieten aktuell die einzige breit verfügbare CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-emissionsfreie Technologie, um die damit verbundene groß angelegte Elektrifizierung des Straßenverkehrs zu ermöglichen. Zur Umsetzung dieser Ziele wird bis 2030 die Installation von einer Million öffentlich zugänglicher Ladepunkte sowie 15 Millionen Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen angestrebt.<sup>1,2,3</sup>

Die Dekarbonisierung des Automobils und der damit verbundene Wandel des Antriebsstranges erfordern grundlegende Veränderungen bekannter Strukturen in der Automobilbranche und den damit einhergehenden Wertschöpfungsketten:

- Entwicklung, Produktion und Bereitstellung von Fahrzeugen und Komponenten ändern sich grundlegend.
- Nicht nur auf Seiten der Fahrzeugtechnologie findet im Zuge der Dekarbonisierung des Automobils eine Veränderung statt – auch die notwendigen Infrastrukturen wandeln sich, denn der Wandel von zentralisierten Tankstellen zu dezentralem Laden am Stromnetz erfordert tiefgreifende Veränderungen.
- Um eine enge Vernetzung der beiden Themenbereiche „Fahrzeug“ und „Energie“

zu realisieren, müssen regulatorische Rahmenbedingungen wie z. B. Normen angepasst und entwickelt sowie die involvierten Prozesse standardisiert werden.

- Da Deutschland kaum über natürliche Vorkommen bzw. Raffination von Rohstoffen verfügt, die für Batterietechnologie zwingend erforderlich sind, gewinnt das Recycling an Bedeutung, um sekundäre Rohstoffquellen zu erschließen und eine effiziente Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen.

Bei all diesen Themen muss die internationale Wettbewerbsfähigkeit gewährleistet werden. Erschwerend zeigen Krisen wie die Corona-Pandemie oder der Krieg in der Ukraine, der zu Ausfällen bei der Zulieferung von Kabelbäumen für die Automobilindustrie führte<sup>4</sup>, die Anfälligkeit etablierter Wertschöpfungsketten auf.

Schon bevor mit dem „Green Deal“ das Ende der Zulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf EU-Ebene ab 2035 anvisiert war haben wir den einsetzenden Wandel des Industrieschwerpunkts vom Verbrennungsmotor zu batterieelektrischen Fahrzeugen erlebt. Diese Verschiebung zieht auch eine umfangreiche Neuausrichtung der Ausbildung sowie die Umschulung von Arbeitskräften mit sich. Eine weitere Herausforderung ist, dass sich aufgrund der neuen technologischen Anforderungen – neben den direkt in der Produktion involvierten Fachkräften – auch die beteiligten Zuliefererketten neu ausrichten müssen.

## Das Förderprogramm Elektro-Mobil

Dieser allumfassende Strukturwandel setzt die Zusammenarbeit von Energie-, Klima- und Wirtschaftspolitik voraus, um energie- und klimapolitische Potenziale der Elektromobilität zu erschließen. Insbesondere eine Stärkung der Wertschöpfungskette der Elektromobilität im Bereich Produktion ist nötig, um die Wettbewerbsposition nationaler Industriebranchen zu festigen.

Die Richtlinie für eine gemeinsamen Initiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität wurde im Dezember 2017 gemeinsam von BMWK und BMUV veröffentlicht. In diesem Rahmen werden innovative Vorhaben gefördert, die dazu beitragen diese Potenziale zu heben, und so die Wettbewerbsposition der deutschen Industrie im internationalen Vergleich weiter zu festigen und auszubauen. Dabei werden im Rahmen des Programms Elektro-Mobil Projekte gefördert, die Produktionsverfahren verbessern und Herstellungskosten durch effiziente, flexible, robuste und skalierbare Produktion senken. Darüber hinaus suchen die Projekte Wege, um die technologische Komplexität beherrschbar zu gestalten - sowie die sichere Nutzung der generierten Daten und Mehrwertdienste zu ermöglichen und zu demonstrieren.<sup>5</sup>

Mit dem Förderprogramm Elektro-Mobil unterstützt das BMWK derzeit 75 Projekte, die mit ihren Aktivitäten und Forschungsergebnissen dazu beitragen, diese Neuausrichtung aktiv mitzugestalten.

### 1.2 Die Wertschöpfungsketten der Elektromobilität

Um die Transformation erfolgreich umzusetzen, muss die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet werden. Zur besseren Veranschaulichung neh-

men wir eine Trennung in zwei separate Wertschöpfungsketten vor – eine fahrzeugseitige und eine energiesystemseitige Wertschöpfungskette – die durch die Nutzung von Fahrzeug und Ladeinfrastruktur ineinandergreifen (Abb. 1).

Neben übergeordneten Themen wie **Normung und Standardisierung** lassen sich beide Wertschöpfungsketten auf sechs Schritte reduzieren: (1) Gewinnung und Verarbeitung der **Rohstoffe**, (2) **Produktion** von Komponenten sowie deren **Montage** zum Gesamtsystem, (3) **Vertrieb/Inbetriebnahme**, (4) **Nutzung**, (5) **After-Sales (Wartung und Upgrades)** sowie (6) **Second-Life** und **Recycling**. Bei näherer Betrachtung ergeben sich allerdings einige fundamentale Unterschiede zwischen den Wertschöpfungsketten auf Fahrzeug- und Energiesystemseite.

**Die fahrzeugseitige Wertschöpfungskette** des Elektrofahrzeugs folgt grundsätzlich dem gleichen Modell wie die Fertigung konventioneller Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und ist stark geprägt durch die Zuliefererindustrie. Eine wesentliche Veränderung der fahrzeugseitigen Wertschöpfungskette ist das Ersetzen des Verbrennungsmotors durch einen Elektromotor. Der resultierende Wegfall von Vibrationen erfordert die Verwendung geräusch- und vibrationsarmer Fahrzeugsysteme (Noise, Vibration, Harshness, kurz: NVH), deren Herstellung sich jedoch nicht grundsätzlich von konventionellen Komponenten unterscheidet.<sup>6</sup> Allerdings werden im Zuge des steigenden Bewusstseins der Treibhausgas-Problematik neue Prozesse hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Neutralität konzipiert und etablierte Prozesse unter Berücksichtigung dieses Aspekts optimiert.

Die größte Veränderung der Wertschöpfungskette stellt das Hinzukommen der Traktionsbatterie dar. Dem Markthochlauf der Elektromobilität entsprechend wird der Bedarf an Produktionskapazitäten für Batterien in den nächsten Jahren stark zunehmen. Während in Europa im Jahr 2020 noch ein Bedarf an Lithiumionenbatterien von 52 GWh bestand, werden für 2030 Bedarfe von bis zu 800 GWh auf europäischer Ebene sowie von über 3 000 GWh auf globaler Ebene prognostiziert.<sup>7,8</sup> Um diesem Bedarf gerecht zu werden,

sind große Mengen von Rohstoffen sowie umfangreiche neuartige Fertigungsanlagen erforderlich.

Für eine ganzheitliche Betrachtung der Wertschöpfungskette müssen über die Produktion hinaus noch die Wartung des Fahrzeugs sowie das Thema Recycling berücksichtigt werden. Besonders dem Recycling der ressourcenintensiven Batterie kommt eine hervorgehobene Rolle zu, weil dadurch wertvolle Rohstoffe in die Wertschöpfungskette zurückgespeist werden können.<sup>9</sup>

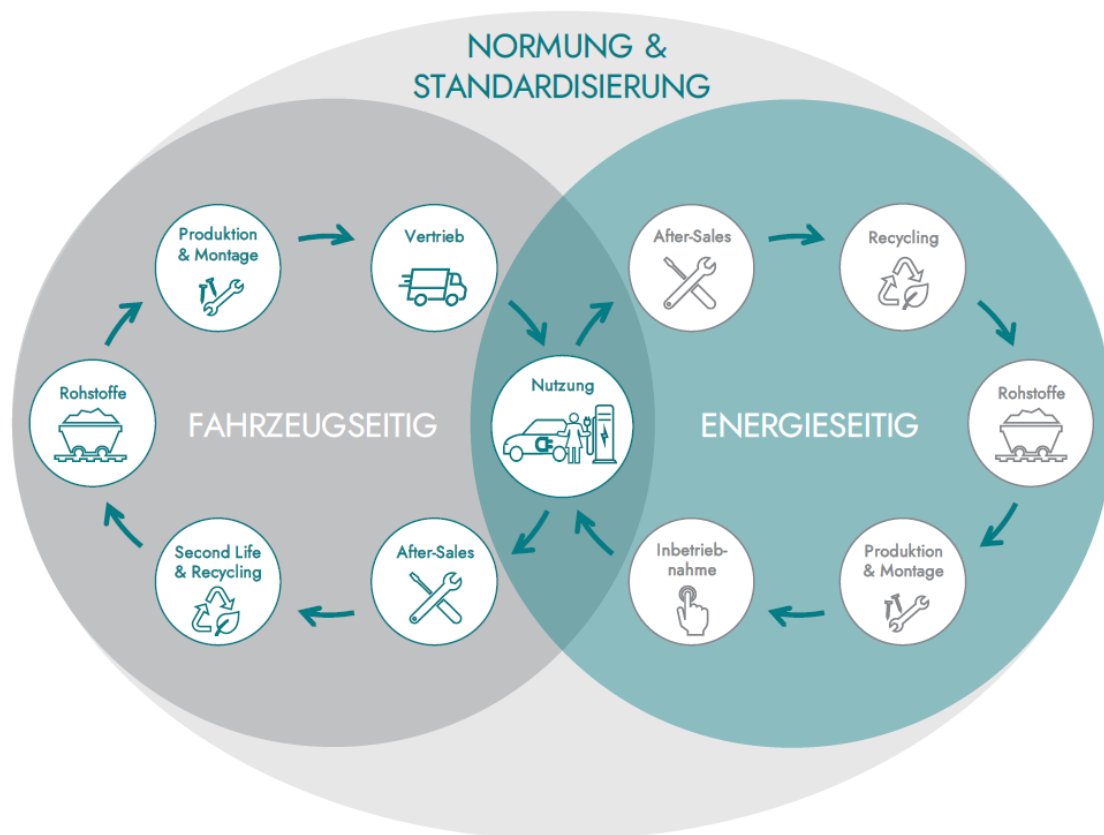


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung der fahrzeug- und energieseitigen Wertschöpfungsketten der Elektromobilität

Eigene Darstellung basierend auf:

ifo Institut, ARC Econ GmbH (2019). Fahrzeugbau. Wie verändert sich die Wertschöpfungskette. ifo-Studie im Auftrag des BIHK. Online verfügbar unter [www.ihk-muenchen.de/ihk/documents/Industrie/BIHK\\_ifo-Studie\\_Fahrzeugbau\\_final.pdf](http://www.ihk-muenchen.de/ihk/documents/Industrie/BIHK_ifo-Studie_Fahrzeugbau_final.pdf), zuletzt 21.09.2022 (fahrzeugseitige Wertschöpfungskette)

sowie

Waxmann, N., Heckmann, J., Pyschny, H. (2021). Wirtschaftsfaktor Ladeinfrastruktur. Potenziale für Wertschöpfung in Baden-Württemberg. Hg. v. e-mobil BW. Online verfügbar unter [www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil\\_BW-Studie-Wirtschaftsfaktor-Ladeinfrastruktur.pdf](http://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW-Studie-Wirtschaftsfaktor-Ladeinfrastruktur.pdf), zuletzt 21.09.2022 (energieseitige Wertschöpfungskette).

Auf Seiten des Energiesystems entsteht seit der Markteinführung von batterieelektrischen Fahrzeugen eine neue Wertschöpfungskette. Im Gegensatz zum Fahrzeug müssen auf Seiten des Energiesystems nicht nur bereits bestehende Komponenten angepasst und durch eine weitere wichtige Komponente – die Traktionsbatterie – ergänzt werden. Stattdessen entsteht neben der existierenden Infrastruktur zur Versorgung mit fossilen Brennstoffen eine elektrische Ladeinfrastruktur. Mit dem weitgehenden Ende der Neuzulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ab 2035 ist spätestens ab diesem Zeitpunkt ein Rückgang der konventionellen Infrastruktur zu erwarten. Einige Ölkonzerne reagieren auf diese Herausforderung mit der Ergänzung ihrer Produktportfolios um elektrische Ladepunkte.<sup>10,11</sup>

**Die energiesystemseitige Wertschöpfungskette** beinhaltet die Inbetriebnahme, den fortlaufenden Betrieb und die regelmäßige Wartung der Ladeinfrastruktur, ebenso wie die Herstellung von Hard- und Software. Letztere wird notwendig, weil elektrische Ladeinfrastrukturen – anders als die klassische Zapfsäule – Teil eines vernetzten, digitalisierten Energiesystems sind. Auch die Aufrüstung zu höheren Ladeleistungen sollte hier berücksichtigt werden. Da in den kommenden Jahren mit kontinuierlichen Fortschritten bei der Energiedichte von Traktionsbatterien zu rechnen ist, werden höhere Ladeleistungen benötigt, um eine Verlängerung der Ladezeiten und eine damit einhergehende sinkende Akzeptanz der Elektromobilität zu vermeiden. Ein modularer Aufbau von Ladepunkten würde eine nachträgliche Aufrüstung auf höhere Ladeleistungen ermöglichen.<sup>12</sup>

Beim Aufbau der Ladeinfrastruktur stellt bereits heute die Vielzahl an möglichen Anwendungsfällen

und die damit verbundenen unterschiedlichen Anforderungen an die benötigte Ladeleistung eine große Herausforderung dar. Anders als Pkw mit niedriger bis mittlerer täglicher Laufleistung, die über mehrere Stunden bei geringer Leistung geladen werden können, müssen schwere Nutzfahrzeuge mit hoher täglicher Laufleistung schnell mit genug Energie zur Bewältigung von Strecken von mehreren hundert Kilometern versorgt werden. Außerdem stellen die hohen erforderlichen Ladeleistungen von Depots, Raststätten und Ladeparks für den Schwerlastverkehr hohe Ansprüche an den Netzanschluss, die nur aus dem Mittel- oder Hochspannungsnetz gespeist werden können.<sup>13</sup>

Da der Grad an technologischer Komplexität eines einzelnen Ladepunkts grundsätzlich deutlich geringer ist als der eines Fahrzeugs, ist zu erwarten, dass die energieseitigen Herausforderungen langfristig eher in der Instandhaltung und Aufrüstung der Ladeinfrastruktur liegen werden.<sup>14</sup>

Speziell für die Abrechnung mit lokal wechselnden Stromanbietern sowie unterschiedlichen Ladezeiträumen werden hier flexible Lösungen entwickelt werden müssen.

Durch die zunehmende Elektrifizierung fließen größere Energiemengen durch die Verteilnetze als bisher. Gleichzeitig werden die klassischen zentralen Erzeuger von Wechselstrom durch viele dezentrale Quellen von Gleichstrom in Form von PV-Anlagen und Batteriespeichern ergänzt. Da von Höchstspannungsleitungen bis zu Verteilnetzen jedoch alle Stromnetze auf Wechselstromtechnik beruhen, sind verlustbehaftete Umrichtprozesse notwendig. Lokale Verteilnetze mit Gleichstromarchitektur verfügen über nur einen zentralen Gleichrichter am Netzanschlusspunkt und erlauben den direkten Anschluss



von sowohl Gleichstromquellen als auch DC-Ladepunkten für Elektrofahrzeuge. Durch das Vermeiden mehrfachen Umrichtens kann eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden. Tabelle 1 fasst die Effekte der Elektromobilität auf die bestehende fahrzeugseitige sowie die entstehende energieseitige Wertschöpfungskette zusammen.

### 1.3 Auswirkungen der Transformation auf den Arbeitsmarkt

In den letzten 130 Jahren hat das Automobil in Deutschland die Industrie grundlegend geprägt. Die Kompetenzen der deutschen Automobilindustrie und deren Erfolg bauen auf der Entwicklung und Herstellung konventioneller Fahrzeuge mit Ver-

brennungsmotor auf, was sich auch in der automobilen Wertschöpfungskette widerspiegelt. Damit einhergehend liegen die Qualifikationen der meisten Beschäftigten sowie die Auslegung der Produktion in diesem Bereich. Durch die Transformation der automobilen Wertschöpfungsketten zugunsten der Elektromobilität müssen sich diese Qualifikationen tiefgreifend ändern. Dadurch ergibt sich für viele Beschäftigte zum einen ein Weiterbildungsbedarf und zum anderen wächst die Nachfrage nach neuen Fachkräften. Diese werden in den neuen wachsenden Industriezweigen wie der Batterieherstellung, der Softwareentwicklung sowie der Bereitstellung von Ladeinfrastruktur benötigt. Somit birgt die Transformation der Automobilindustrie auch eine Chance für Deutschland, sich auf dem Weltmarkt im Bereich der Elektromobilität zu etablieren.<sup>15</sup>

Tabelle 1: Effekte der Elektromobilität auf die bestehende fahrzeugseitige sowie die entstehende energieseitige Wertschöpfungskette (Eigene Darstellung)

STUFE INNERHALB DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE	FAHRZEUGSEITIGE WERTSCHÖPFUNGSKETTE	ENERGIESYSTEMSEITIGE WERTSCHÖPFUNGSKETTE
Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzliche Rohstoffe für Batteriezellherstellung (z. B. Lithium, Nickel)</li> <li>• Zusätzliche Rohstoffe für Leistungselektronik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rohstoffe für Leistungselektronik</li> </ul>
Produktion und Montage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromotor</li> <li>• Traktionsbatterie</li> <li>• NVH (Karosserie, Bordelektronik)*</li> <li>• Bremssysteme, Rekuperation</li> <li>• Radaufhängung, Fahrwerk</li> <li>• Leistungselektronik**</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ladeinfrastruktur</li> <li>• Leistungselektronik (u.a. auf Gleichstrombasis)</li> <li>• Kühlungssysteme</li> </ul>
Vertrieb/Inbetriebnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Veränderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzanschluss</li> </ul>
Nutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Möglichkeit der Nutzung regenerativer Energie</li> <li>• Bidirektionales Laden***</li> </ul>	
After-Sales (Wartung und Upgrades)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Over-the-Air-Updates</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Over-the-Air-)Updates</li> </ul>
Second Life und Recycling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Second Life der Traktionsbatterie als stationärer Energiespeicher</li> <li>• Recycling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recycling</li> </ul>

\* Identisch zu FN vii; \*\* Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) - Arbeitsgruppe 4 „Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung“. (September 2021). Quantifizierung von Beschäftigungseffekten durch Leistungselektronik und Brennstoffzellenfahrzeuge. Berlin. [https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/10/NPM\\_AG4\\_Leistungselektronik-1.pdf](https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/10/NPM_AG4_Leistungselektronik-1.pdf); \*\*\* Dieser Anwendungsfall wird seit 2022 zunehmend mehr von neuen Projekten des Förderprogramms Elektro-Mobil erforscht.

## 2 EINORDNUNG DER ELEKTRO-MOBIL-PROJEKTE ENTLANG DER BETRACHTETEN WERTSCHÖPFUNGSKETTEN DER ELEKTROMOBILITÄT

Im Folgenden werden die Projekte des Förderprogrammes Elektro-Mobil vorgestellt<sup>1</sup>, die einen Beitrag zur Lösung dieser Herausforderungen auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen leisten. Der Fokus in diesem Impulspapier liegt dabei auf den Themen Produktion und Wertschöpfung. Projekte mit Schwerpunkt Netzintegration werden dabei ausgeklammert – wie z. B. die im Rahmen des Förderaufrufs „Errichtung von Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge im engen Zusammenhang mit dem Abbau bestehender Netzhemmnisse sowie dem Aufbau von Low-Cost-Infrastruktur und Mobile-Metering-Ladepunkten“ im Rahmen des „Sofortprogramms Saubere Luft 2017 bis 2020“ geförderten Projekte. Anschließend wird eine Verortung der Projekte innerhalb der beiden beschriebenen Wertschöpfungsketten vorgenommen.

### 2.1 Kurze Projektbeschreibungen

#### AIMFREE

AIMFREE steht für „Agile Montage von Elektrofahrzeugen durch freie Verkettung“. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer Montageumgebung, die unabhängig von starren Montageketten funktioniert. Diese Montageumgebung soll agil und frei verkettet gestaltbar sein, sodass die Integration von

Elektrofahrzeugen mit möglichst geringem zeitlichem und finanziellem Aufwand realisiert werden kann und die Produktion von elektrischen und herkömmlichen Pkw parallel ermöglicht wird. Zu verorten ist das Vorhaben im Bereich der **Fahrzeugmontage**.

#### ALaPun

Das Projekt ist dem Bereich der **energieseitigen Wertschöpfung** und speziell **den konduktiven Ladesystemen** zuzuordnen. Im Rahmen des Projektes wird ein vollständig automatisiertes Ladesystem entwickelt. Dieses trägt zu einem komfortablen, effizienten sowie umweltfreundlichen Ladevorgang bei.

#### AMELIE 2

Das Vorhaben ist in vier Themenbereiche rund um das Hauptthema interoperabler Infrastrukturen elektrischer Oberleitungs-Lkw gegliedert. Diese umfassen die **Finanzierung und Abrechnung**, die Regulierung durch Standardisierung und Normen, die europäische Integration und die Erstellung eines Konzeptpapiers. Mit seiner Forschungsarbeit trägt der Verbund zur Verbreitung elektrifizierter Lkw bei und ist demnach in dem Bereich der **fahrzeugseitigen und energieseitigen Wertschöpfung** sowie der Normung und Standardisierung zu verorten.

---

<sup>1</sup> Im Anhang finden Sie die vollständigen Kurzbeschreibungen zu den Elektro-Mobil-Projekten sowie Kontaktdaten.

## BDL

Das Projekt BDL beschäftigt sich unter anderem mit technischen und wirtschaftlichen Ansätzen zur Versorgung elektrifizierter Fahrzeuge mit erneuerbarer Energie, mit Elektromobilität als Element eines zukünftigen Smart Markets und der Erschließung des Ladeverhaltens/der Speicherkapazität von Elektrofahrzeugen zur Netzstabilisierung. Dazu werden u. a. Serienfahrzeuge um eine Rückspeisefunktion erweitert sowie eine rückspeisefähige Wallbox samt Backend entwickelt. Das Projekt lässt sich somit an verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette verorten - sowohl auf Seiten der **Fahrzeugentwicklung** als auch des **Energiesystems**. Auf Seiten des Fahrzeugs trägt das Projekt zur **Produktion von Modulen und Komponenten** bei. Auf Seiten des Energiesystems trägt es sowohl zur **Erstellung von Komponenten** als auch der **Entwicklung von Mehrwertdienstleistungen** bei. Damit lässt es sich in der Wertschöpfungskette zwischen Kunden und **Bereitstellung von Systemdienstleistungen** bzw. Flexibilitäten verorten.

## BeNutz LaSa

Ziel des Forschungsvorhabens ist die effiziente Nutzung von Ladeinfrastruktur mit Hilfe smarter Anreizsysteme. Diese Anreizsysteme machen die Auslastung steuerbar und sind auf die Nutzer ausgelegt. Sie werden in Feldversuchen erprobt und in den Back-End-Systemen der Partner zur Verfügung gestellt. Das Projekt ist durch seine Arbeit in den Bereich der **energieseitigen Wertschöpfung** und **Betrieb von Ladeinfrastruktur** zu verorten.

## CoolEV

CoolEV untersucht in seinem Vorhaben die Wärmeabfuhr, die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit des Schnellladens und kann demnach in den Wertschöpfungsstufen **Energiebereitstellung und Herstellung von Modulen und Komponenten** verortet werden. Es wird ein Demonstratorfahrzeug mit optimierter Kühlung von Batterie und elektrischen Antriebskomponenten aufgebaut, um die Schnellladezeit und die Leistungsfähigkeit zu verbessern. Außerdem soll im Projekt untersucht werden, wie die beim Laden entstehende Abwärme sinnvoll genutzt werden kann und wie dadurch die Gesamtenergiebilanz von Schnelladevorgängen verbessert wird.

## E|ProFIL

Das Gesamtvorhaben realisiert eine effiziente und automatisierbare Prozesskette zur Fertigung von Spulensystemen für induktive Ladesysteme. Es werden Rahmenbedingungen für die Herstellung ermittelt und über Prüfstände die Grundlagen untersucht. Über diese Erkenntnisse können Fertigungstechnologien entwickelt und Konzepte umgesetzt werden. Das Gesamtvorhaben trägt mit seiner Arbeit zum Bereich der **energieseitigen Wertschöpfung** und speziell zur Bereitstellung **induktiver Ladesysteme** bei.

## E|ROAD

Das Gesamtvorhaben hat drei übergeordnete Ziele zur Entwicklung effizienter Fertigungsprozesse für eine elektrifizierte Straße. Diese beinhalten (1) den prototypischen Bau einer Straße mit Spulenmodulen zum induktiven Laden, (2) die fertigungsge- rechte Auslegung dieser Spulenmodule sowie (3)

die Festlegung automatisierungsgerechter Fertigungsprozesse. Mit seinen Aktivitäten unterstützt das Verbundvorhaben die Marktentwicklung dynamischer induktiver Lademöglichkeiten und verortet sich daher in der **energieseitigen Wertschöpfung** und da speziell in der Produktion **induktiver Ladesysteme**.

### eHaul

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines vollautomatisierten Batteriewechselsystems für schwere elektrische Lkw. Durch die Erprobung unter Alltagsbedingungen können Geschäftsmodelle entwickelt und der Grundstein für die Gründung eines Verwertungsunternehmens gelegt werden. Das Vorhaben trägt damit zur Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs auf Seiten der **energieseitigen Wertschöpfung** bei.

### ELSTA

Das Projekt ELSTA unterstützt den Hochlauf der Elektromobilität durch **Normung und Standardisierung**. Dabei bündelt ELSTA nationale Aktivitäten und entwickelt mit relevanten Stakeholdern Meinungsbilder zu aktuellen Themen, wodurch es die Vertretung nationaler Interessen im internationalen Normungsumfeld sicherstellt. Laufende Normungsarbeiten werden durch begleitende Aktivitäten unterstützt und neue Standardisierungsvorhaben bei Bedarf initiiert. ELSTA deckt dabei unterschiedliche Aspekte der Elektromobilität, wie zum Beispiel Kommunikation, Sicherheit, Interoperabilität sowie Anforderungen an Materialien und Schnittstellen ab. Dadurch leistet ELSTA einen **übergeordneten Beitrag für die Wertschöpfungsketten** der Elektromobilität.

### EMPOWERED

Das Vorhaben erforscht eine weltweit konsensfähige Positionierhilfe und ein einheitliches, genormtes Messverfahren zur Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) für induktive Ladesysteme zur Unterstützung der internationalen Normungsarbeiten bei IEC, ISO und SAE. Weiterhin sollen durch wissenschaftlich fundierte Messreihen systematisch Störpotenziale induktiver Energieübertragungssysteme gegenüber Funkgeräten und AM-Radio erfasst und somit realistische EMV-Grenzwerte für die gleichzeitige Nutzung begründet werden. Das Hauptziel ist ein entsprechender Bericht mit Studiencharakter zur Veröffentlichung in internationalen Gremien. Das Vorhaben ist somit im Bereich der **induktiven Ladesysteme** zu verorten.

### eTruckPro

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung wandlungsfähiger und flexibler Produktionssysteme zur gleichzeitigen Herstellung elektrischer sowie konventioneller Lastkraftwagen. Vorhandene Produktionsanlagen werden angepasst und somit auf die zunehmende Produktion elektrifizierter Lkw optimiert. Zur Unterstützung dieser Anpassung wird ein Tool genutzt, welches die Analyse vorhandener Produktionsanlagen ermöglicht. Damit gliedert sich das Projekt im Bereich der **fahrzeugseitigen Wertschöpfung** ein und speziell in den Unterbereich der **Fahrzeugmontage**.

### HEDIB

Im Vorhaben HEDIB wird für die Optimierung des Elektroblechs in Elektrofahrzeugen durch eine neue Legierungszusammensetzung, um die Effizienz von

Elektromotoren zu verbessern, eine Pilotanlage entwickelt und ein neues Verfahren für die industrielle Herstellung von Elektroblechen erprobt und umgesetzt. Die Prozesssteuerung erfolgt dabei digital unter Nutzung von Methoden der Künstlichen Intelligenz. Das neue Verfahren ist wesentlich umwelt-schonender und erlaubt die Herstellung kleinerer Losgrößen.

Damit trägt das Projekt fahrzeugseitig zur Verbesserung der **Herstellung von Modulen und Komponenten** bei.

### HPC-Prime

Im Projekt HPC-Prime werden neue hocheffiziente und kompakte DC-Ladesäulen entwickelt, wodurch sich dieses in den Bereich der **konduktiven Ladesysteme** einordnet. Durch innovative Schaltungstopologien und gleichstrombasierte Systemlösungen können signifikant Ressourcen sowohl in der Produktion als auch im Betrieb eingespart werden. Konkret wird eine 450 kW Ladesäule (High Power Charging, HPC) entwickelt, die es erlauben soll in nur zehn Minuten 300 - 400 km Reichweite nachzuladen. Durch die Gleichstromkopplung können Elektronik (u. a. Halbleiter) erheblich eingespart, der Wirkungsgrad auf 99 % gesteigert und das Bauvolumen der Ladesäulen signifikant verringert werden.

### IDEAL

Das Vorhaben IDEAL beschäftigt sich mit der Frage, wie die ökologischen und ökonomischen Potenziale einer DC-basierten Schnellladeinfrastruktur durch die Weiterentwicklung von technischen Komponenten, Systemarchitekturen und Geschäftsmodellen optimal erschlossen werden können. Durch

die zu entwickelnde gleichstrombasierte Systemlösung soll - neben einem Mehrwert für das Energiesystem innerhalb der **konduktiven Ladesysteme** - eine Kostenreduktion und Steigerung der Ressourceneffizienz von Ladeinfrastruktur geschaffen werden.

### InnoBlech

Das Projekt InnoBlech zielt auf eine Steigerung der Motorleistung und Effizienz von Elektroantrieben ab. Dadurch wird ein positiver Effekt auf den Stromverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Bilanz im gesamten Lebenszyklus, insbesondere Herstellung und Betrieb, erwartet. Hierfür sollen die Läuferbleche des elektrischen Antriebsmotors verbessert werden. Das Vorhaben adressiert sowohl innovative additive Produktionsprozesse als auch eine Optimierung der verwendeten Materialien bzw. Werkstoffkombinationen (Hybridbleche) und deren magnetischen und mechanischen Eigenschaften. Durch diese Vorhabenziele ordnet es sich auf der **fahrzeugseitigen Wertschöpfungskette** unter der **Herstellung von Fahrzeugkomponenten** ein.

### MEGA-LADEN

Gesamtziel des Verbundvorhabens MEGA-LADEN ist die Entwicklung und Demonstration eines vollautomatischen Schnellladesystems für elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge im Megawatt-Bereich. Hiermit trägt das Projekt zur Elektrifizierung des Schwerlastverkehrs bei und verortet sich entlang der Wertschöpfungskette im **energieseitigen Bereich** unter den **konduktiven Ladesystemen**.

### MS Tankstelle

Das Projekt zielt auf die Entwicklung einer leistungselektronischen Mittelspannungssystemtechnik für



Elektrotankstellen und Parkhäuser ab und trägt somit zur **Entwicklung und Produktion von Infrastruktur-Komponenten** sowie zur **Integration der Elektromobilität in das Energiesystem** bei. Das Kernstück der Entwicklung ist ein kompaktes leistungselektronisches Modul mit 2 kV SiC Leistungshalbleitern und einem MF-Transformator mit einer Leistung von 180 kVA.

### NachLadBaR

Das Projekt ist im Bereich der **Entwicklung und Produktion von Leistungselektronik** zu verorten. Erforscht wird der Einsatz von flexiblen, leistungselektronischen Bausteinen um nachhaltige Leistungselektronik für eine zukunftsfähige Ladeinfrastruktur zu ermöglichen. Über ein Echtzeit-Monitoring können diese Bausteine überwacht und den Anforderungen entsprechend belastet oder ausgetauscht werden.

### NEFTON

Gesamtziel des Verbundvorhabens ist die Untersuchung der Synergien aus elektrifizierten Nutzfahrzeugen und der erforderlichen Ladeinfrastruktur im Megawatt-Bereich. Untersucht wird die gesamte Wirkkette von der Leistungselektronik bis hin zum Betrieb und den netzseitigen Anforderungen. Hiermit trägt man zur Elektrifizierung des Schwerlastverkehrs bei und verortet sich entlang der Wertschöpfungskette im **energieseitigen Bereich**.

### OneGAforAll

Das Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung eines induktiven Ladesystems für Elektrofahrzeuge für die Installation auf Parkflächen. Der Fokus liegt neben der Entwicklung einer interoperablen Bodeneinheit auf deren Integration in die Infrastruktur.

Das Projekt trägt zur **Entwicklung und Produktion von Infrastruktur-Komponenten** sowie zur Integration der Elektromobilität in das Energiesystem bei.

### OptiWiRE

Das Projekt befasst sich mit der Verbesserung der Prozesskette bei der Herstellung von Elektromotoren und ordnet sich in den Bereich der **Entwicklung und Herstellung von Fahrzeugkomponenten** ein. Es sollen Optimierungspotenziale bei der Wicklungsherstellung am Stator und bei der Magnetmontage am Rotor mit Hinblick auf eine verbesserte Recyclingfähigkeit entwickelt werden. Ein wesentliches Projektziel ist es zudem, einen Beitrag zum Übergang von der Prototypen-Fertigung zur Vorserienproduktion zu leisten.

### SKALE

Das Vorhaben SKALE zielt auf eine zukunftsweisende skalierbare neue Ladeinfrastruktur ab, die neben den Errichtern und Betreibern auch den Fahrzeugherstellern deutliche Kostenvorteile bieten soll. Dies soll durch eine Neugestaltung der Energieflussskette realisiert werden, u. a. durch Zentralisierung der netzseitigen Leistungselektronik, Einsatz eines Pufferspeichers, intelligenter Steuerung von Lastflüssen sowie Verteilung der Energie in einem Gleichspannungsnetz. Mit diesen Zielen liefert das Vorhaben einen Beitrag zur **Entwicklung von Leistungselektronik** innerhalb der **energieseitigen Wertschöpfungskette**.

### SUPPLY

Das Vorhaben SUPPLY befasst sich mit der Entwicklung automatisierungsgerechter Komponenten für Ladestationen. Zusätzlich werden Konzepte für eine



automatisierte Herstellung entwickelt. Es sollen Software und Hardware für ein modulares Ladestation-Outlet-Modul entwickelt werden, welches für eine automatisierte (Serien-)Fertigung geeignet ist. Durch einen höheren Automatisierungsgrad soll eine wirtschaftliche Herstellung von Ladesäulen am Standort Deutschland gesichert werden, wodurch sich das Vorhaben bei der **Entwicklung sowie Herstellung von Leistungselektronik** verortet.

### Trade EVs II

Ziel des Vorhabens TradeEVs II ist es, die Grundlagen für die Nutzung von Elektrofahrzeug-Pools als Flottenkraftwerke zu legen. Mit den Projektergebnissen soll dabei nachgewiesen werden, dass durch die Mitwirkung am Strommarkt große Kostenanteile der Elektromobilität zurückgewonnen werden können. Das Projekt trägt somit dazu bei, die **Elektromobilität als Teil des Energiesystems** zu etablieren, sodass ein wichtiger **Mehrwertdienst** generiert wird. Somit lässt sich der Beitrag des Projekts in dem hier aufgezeigten Verständnis der Wertschöpfungskette zwischen dem energiebezogenen Schwerpunkt der Wertschöpfungskette (Bereitstellung von Flexibilitäten bzw. Systemdienstleistungen) und dem Kunden (Erlöse aus dem Verkauf von Flexibilitäten) einordnen.

## 2.2 Einordnung der Projekte

Die Verortung der Projekte aus dem Förderprogramm Elektro-Mobil entlang der betrachteten automobilen Wertschöpfungsketten zeigt, dass ein

Schwerpunkt der geförderten Projekte des Programms im Bereich der Entwicklung neuer Prozesse der **Produktion und Montage** liegt (Tabelle 2). Zudem eröffnet die Einordnung einen Blick auf Wertschöpfungsstufen, welche derzeit noch nicht durch die Forschung und Entwicklung im Rahmen des Programms tiefergehend betrachtet werden.<sup>16</sup>

Die zu behandelnden Themen in diesen Wertschöpfungsstufen können späteren Förderaufrufen vorbehalten sein oder werden im Rahmen anderer Förderprogramme behandelt. Beispielsweise werden durch das Förderprogramm IPCEI in der Batteriezellfertigung viele Stufen der batterie-seitigen Wertschöpfungskette betrachtet, womit ein ergänzender Beitrag zum gesamten Ökosystem der Elektromobilität geleistet wird.

Die hier erbrachte Analyse bezieht sich jedoch explizit auf das Förderprogramm Elektro-Mobil. Die Wertschöpfungsstufe **Rohstoffe** wird nicht durch die Elektro-Mobil-Projekte abgedeckt. Durch die zunehmende Elektrifizierung steigt der Bedarf an häufig verwendeten Rohstoffen wie Lithium, Nickel, Mangan, Kobalt und Graphit für Batterien sowie Seltener Erden für Leistungselektronik. Somit ist diese Wertschöpfungsstufe für beide Seiten der elektromobilen Wertschöpfungskette von grundlegender Wichtigkeit. Der Bereich Rohstoffe wird innerhalb des Programms Elektro-Mobil nicht behandelt, allerdings wird das Thema in der Förderrichtlinie unter „Ressourcenverfügbarkeit und Recycling“ aufgeführt und im Rahmen des Programms „Erneuerbar mobil“ behandelt.<sup>17</sup>

Tabelle 2: Verortung der Elektro-Mobil-Projekte entlang der beiden betrachteten Wertschöpfungsketten (Eigene Darstellung)

STUFE INNERHALB DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE	FAHRZEUGSEITIG	ENERGIESEITIG
Rohstoffe		
Produktion und Montage	AIMFREE, eTruckPro, BDL, CoolEV, InnoBlech, Opti-WiRE, HEDIB	BDL, ALaPuN, CoolEV, HPC-Prime, MEGALADEN, E ROAD, E ProFIL, EMPOWERED, OneGAforAll, CoolEV, IDEAL, MS Tankstelle, NachLadBaR, SKALE, SUPPLY
Vertrieb/Inbetriebnahme		BDL, BeNutzLaSa, MS Tankstelle
Nutzung	BDL	BDL, BeNutzLaSa, MS Tankstelle
After-Sales (Wartung und Upgrades)		NachLadBaR
Second Life und Recycling		OptiWiRE, NEFTON
Normung und Standardisierung	AMELIE 2, ELSTA	

= Projekte in EM beschäftigen sich derzeit nicht mit der Stufe  
 = Projekte in EM decken Stufe teilweise ab  
 = Projekte in EM haben einen oder mehrere Schwerpunkte in der Stufe

## Weitere Bereiche der Wertschöpfungskette

Der Bereich **Vertrieb** von elektrifizierten Fahrzeugen stellt ebenfalls eine nicht abgedeckte Stufe innerhalb der fahrzeugseitigen Wertschöpfungskette dar, da er nicht im Bereich der Forschung und Entwicklung und daher nicht im Fokus der Förderrichtlinie liegt.

Die **Inbetriebnahme** von Ladeinfrastruktur hingegen wird von einigen energieseitigen Projekten abgedeckt und kann Aufschluss über etwaige Optimierungsmöglichkeiten beim Aufbau sowie bei der Vernetzung von Fahrzeug und Ladeinfrastruktur bieten. Forschungsvorhaben, welche die **Nutzung** von Elektrofahrzeugen untersuchen, ermöglichen weitere Einblicke in das Nutzungsverhalten und damit auch in die Synergien, die sich durch die Verbindung der beiden Wertschöpfungsketten ergeben. Diese Synergien bergen großes Optimierungspotenzial – insbesondere im Bereich der Verbrauchsoptimierung – und könnten tiefergehend untersucht werden.

Die Wertschöpfungsstufe **After-Sales (Wartung und Upgrades)** auf Fahrzeug- sowie Energiesystemseite wird von den Projekten nicht abgedeckt. Dieser Teil befasst sich mit dem Marketing sowie der Kundenbetreuung und stellt keinen Bereich der Forschung und Entwicklung dar, wodurch er ebenfalls nicht im Rahmen des Förderprogrammes betrachtet wird.

**Recycling** spielt sowohl in der fahrzeugseitigen als auch in der energieseitigen Wertschöpfungskette eine große Rolle. Rohstoffe und Materialien können effizienter genutzt werden, wodurch ein geschlossener Wertstoffkreislauf entsteht. Dabei wird auch der Aspekt der **Second-Life-Nutzung** von alten Fahrzeugbatterien als stationäre Speicher betrachtet, welche die Lebensdauer von Speichern verlängern und so zu einer effizienteren Nutzung von Rohstoffen sowie für eine Einbindung als Energiespeicher in das Stromnetz sorgen. Dies bietet neben dem recyclingspezifischen Aspekt auch Vorteile für das Energiesystem.



Im Programm Elektro-Mobil beschäftigen sich mit diesen Themen bislang nur wenige Vorhaben, welche aber sowohl das Recycling als auch das Thema Second-Life-Nutzung betrachten. Während auf Seite des Fahrzeugs vor allem das Recycling der Batterie und damit die Wiedergewinnung von wertvollen Rohstoffen im Vordergrund stehen, liegt der Fokus auf Seite des Energiesystems auf der Recyclingfähigkeit einzelner Komponenten.

Weiterhin ergibt sich eine **Vernetzungsmöglichkeit** zwischen den beiden betrachteten Wertschöpfungsketten, welche durch Forschungsvorhaben bereits teilweise erschlossen wird. Dieser Bereich birgt mit Hinblick auf die **Rohstoffknappheit**, welche durch die hohe Nutzung von Elektronik in beiden Seiten der Wertschöpfungskette intensiviert wird, noch weitere Potenziale für Forschung und Entwicklung. Die Relevanz dieses Themas wird in Zukunft weiter steigen, da die Menge an erforderlicher Ladeinfrastruktur und der Einsatz von Elektronik in Fahrzeugen stetig zunehmen werden. Um die fahrzeug- sowie die energieseitige Wertschöpfungskette genauer analysieren, Synergien erkennen und dadurch bessere Angebote entwickeln zu können, muss ein grundlegendes Verständnis des Zusammenhangs zwischen beiden Seiten der Wertschöpfungskette geschaffen werden.

Batterieelektrische Fahrzeuge sind heutzutage bereits in der Lage **bidirektionales Laden** auszuführen. Das bedeutet, dass Fahrzeuge nicht nur Energie aus dem Stromnetz ziehen, sondern auch wieder einspeisen können. Daraus können positive Effekte für Fahrzeugnutzende sowie die Stabilität des Stromnetzes resultieren. Dieser Anwendungsfall stellt eine Perspektive zur Kombination beider Wertschöpfungsketten dar und ist bereits Gegenstand des sechsten Förderaufrufs von Elektro-Mobil.<sup>18</sup>

Die Förderung einiger Projekte, die in dieser Publikation jedoch nicht berücksichtigt wurden, läuft seit

2022 und wird 2023 um weitere Projekte ergänzt. Im Hinblick auf die vielversprechenden Einsatzmöglichkeiten und positiven Effekte auf die gesamte Wertschöpfungskette wird der Aspekt des bidirektionalen Ladens in zukünftigen Forschungsprojekten intensiver betrachtet werden.

### 3 FAZIT

Die Transformation zur Elektromobilität ist in Europa bereits in vollem Gange, allerdings ist abzusehen, dass die gesamte Energiewende und die Dekarbonisierung der Industrie tiefgreifende Prozesse sind, deren Verlauf sich über Jahrzehnte erstrecken wird. Um die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland in der Automobilindustrie über das Ende der fossilen Brennstoffe hinaus aufrechtzuerhalten, müssen sich die automobilen Wertschöpfungsketten wandeln.

Die vorhergehenden Erläuterungen zeigen auf, dass das Förderprogramm Elektro-Mobil diesen Wandel mit seinen Projekten bereits auf mehreren Stufen teilweise intensiv unterstützt:

- Ein großer Schwerpunkt des Programms liegt auf Produktion und Montage von Elektrofahrzeugen sowie Ladeinfrastruktur.
- Einige Projekte forschen an der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Energiesystem und tragen dort durch verstärkte Verknüpfung dieser beiden Bereiche zur Schaffung von Wertschöpfung bei.
- Das Thema Recycling und Second-Life wird im Programm bislang nur von wenigen Projekten und momentan nur auf Energiesystemseite betrachtet.
- Im Bereich der Normung setzen die Elektro-Mobil-Projekte Impulse, um die technische und rechtliche Kopplung der Sektoren Verkehr und Energie zu beschleunigen.

Das Förderprogramm Elektro-Mobil leistet somit schon heute auf vielen für die Bewältigung der Transformation wichtigen Themenfeldern einen Beitrag. Ebenso trägt es zur Verschränkung der beiden betrachteten Seiten der automobilen Wertschöpfungskette bei, allerdings besteht insbesondere in diesem Bereich weiterer Forschungsbedarf.

Manche Aspekte der Verknüpfung von Fahrzeug und Energie – wie zum Beispiel das bidirektionale Laden – werden von neuen Projekten abgedeckt. Indem es den Trends der Transformation folgt und ihre Weiterentwicklung fördert, entwickelt sich mit der fortschreitenden Transformation auch das Förderprogramm stetig weiter.

- 
- <sup>1</sup> Koalitionsvertrag der Bundesregierung 2021. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/rsource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>, zuletzt 21.09.2022.
- <sup>2</sup> Masterplan Ladeinfrastruktur II, 1. Regierungsentwurf vom 08.07.2022. Online verfügbar unter [https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Anlage/K/presse/pm-048-anlage.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Anlage/K/presse/pm-048-anlage.pdf?__blob=publicationFile), zuletzt 21.09.2022.
- <sup>3</sup> Klimaschutz Sofortprogramm 2022. Online verfügbar unter [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Klimaschutz/klimaschutz-sofortprogramm-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Klimaschutz/klimaschutz-sofortprogramm-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt 21.09.2022.
- <sup>4</sup> electrive.net (2022, 1. März). Ukraine-Krieg sorgt für Produktionsausfälle bei E-Autos. Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2022/03/01/ukraine-krieg-sorgt-fuer-produktionsausfaellen-bei-e-autos/>, zuletzt 08.08.2022
- <sup>5</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie & Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Richtlinie zu einer gemeinsamen Förderinitiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität: Vom 22. Februar 2021 (Bundesanzeiger). Online verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-elektromobilitaet.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/foerderrichtlinie-elektromobilitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=4), zuletzt 21.09.2022
- <sup>6</sup> Goppelt, G. & Prawitz, S. (6. Mai 2020). NVH: So werden E-Autos leise. Automobil Industrie. Online verfügbar unter <https://www.automobil-industrie.vogel.de/nvh-so-werden-e-autos-leise-a-929993/>, zuletzt 08.08.2022 <https://www.automobil-industrie.vogel.de/nvh-so-werden-e-autos-leise-a-929993>
- <sup>7</sup> International Energy Agency (2021, 27. April). Annual EV battery demand projections by region and scenario, 2020-2030. Online verfügbar unter <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-ev-battery-demand-projections-by-region-and-scenario-2020-2030>, zuletzt 08.08.2022
- <sup>8</sup> Beermann, V., & Vorholt, F. (2022). Marktanalyse Q2 2022. Online verfügbar unter [https://www.ipcei-batteries.eu/fileadmin/Images/accompanying-research/publications/2022-05-BZF\\_Kurzinfo\\_Marktanalyse\\_Q2.pdf](https://www.ipcei-batteries.eu/fileadmin/Images/accompanying-research/publications/2022-05-BZF_Kurzinfo_Marktanalyse_Q2.pdf), zuletzt 08.08.2022
- <sup>9</sup> [https://www.ipcei-batteries.eu/fileadmin/Images/accompanying-research/publications/20210705\\_BZF\\_Studie\\_Nachhaltigkeit\\_DTS.pdf](https://www.ipcei-batteries.eu/fileadmin/Images/accompanying-research/publications/20210705_BZF_Studie_Nachhaltigkeit_DTS.pdf)
- <sup>10</sup> Shell in Deutschland. (19. August, 2022). Shell übernimmt SBRS GmbH und erweitert damit das Angebot für E-Mobilitätslösungen. Online verfügbar unter <https://www.shell.de/ueber-uns/newsroom/pressemitteilungen-2022/shell-uebernimmt-sbrs-gmbh-and-erweitert-damit-das-angebot-fuer-e-mobilitaetloesungen.html>, zuletzt am 21.09.2022.
- <sup>11</sup> TotalEnergies.com. (31. August, 2022). Belgium: TotalEnergies selected to install 4,400 EV charging stations for electric vehicles in Flanders. Online verfügbar unter <https://totalenergies.com/media/news/press-releases/belgium-totalenergies-selected-install-4400-ev-charging-stations-electric>, zuletzt am 21.09.2022.
- <sup>12</sup> RWTH Aachen - Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe. (2022). NachLadBar - Projektwebseite. Online verfügbar unter <https://www.isea.rwth-aachen.de/go/id/stqdj#aaaaaaaaaaswkze>, zuletzt am 21.09.2022.
- <sup>13</sup> K. Burges, S. Kippelt, "Grid-related challenges of high-power and megawatt charging stations for battery-electric long-haul trucks", study on behalf of Transport & Environment, 2021
- <sup>14</sup> Jastram, M. (2021, 17. Juni). Autos brauchen neue Architekturen! System Engineering Trends. Online verfügbar unter <https://www.se-trends.de/autos-brauchen-neue-architekturen/>, zuletzt 08.08.2022
- <sup>15</sup> Agora Verkehrswende: Autojobs unter Strom (2021). Online verfügbar unter: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/BCG-Jobstudie/64\\_Jobeffekte.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2021/BCG-Jobstudie/64_Jobeffekte.pdf)
- <sup>16</sup> Die im Rahmen des Programms Elektro-Mobil behandelten Punkte 2.3 und 2.6 der Förderrichtlinie behandeln vornehmlich die Themen Netzintegration sowie der „produktionsübergreifenden Integration in eine komplette Wertschöpfungskette, idealerweise unter Nutzung einer durchgängigen Digitalisierung des Prozesses im Sinne von „Industrie 4.0““ (BMW, 2021, Förderrichtlinie). Projekte mit Fokus auf einzelne Prozessschritte werden nur berücksichtigt, wenn Innovationen zu erwarten sind, die zu größeren Fortschritten in einem Themengebiet führen.
- <sup>17</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022). Erneuerbar Mobil – Webseite. Online verfügbar unter <https://www.erneuerbar-mobil.de/>, zuletzt am 21.09.2022.
- <sup>18</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Förderaufruf Forschung und Entwicklung für eine erfolgreiche Transformation zur Elektromobilität und Systemintegration: Vom 24. Juni 2022 (Bundesanzeiger BAnz AT 01.07.2022 B3). Online verfügbar unter <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/LODg3BC2te6aNjv7LGL/content/LODg3BC2te6aNjv7LGL/BAnz%20AT%2001.07.2022%20B3.pdf?inline>, zuletzt am 08.09.2022.

---

# Anhang

## AIMFREE

### **Agile Montage von Elektrofahrzeugen durch freie Verkettung**

Der Wandel hin zur Elektromobilität hat tiefgreifende Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungskette der Automobilindustrie. Das Projekt „AIMFREE“ befasst sich mit zukunftsfähigen Ansätzen für die Fahrzeugmontage. Um schnell auf veränderte Marktanforderungen reagieren zu können, soll die bisher etablierte starre Verkettung einzelner Montagestationen zugunsten einer agilen, frei verketteten Montageumgebung aufgelöst werden. Dies ermöglicht die schnelle und kosteneffiziente Umgestaltung der Montageumgebung und die Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende Montagelinien. Forschungsgegenstand sind die technische Ausgestaltung, die Initial- bzw. Integrationsplanung, die Umplanung und die Steuerung des Montagesystems.

Weitere Informationen finden Sie auf der [Website von AIMFREE](#).

#### **Ansprechpartner**

Amon Göppert, RWTH Aachen

[A.Goeppert@wzl.rwth-aachen.de](mailto:A.Goeppert@wzl.rwth-aachen.de)

## ALaPun

### **Automatisches Ladesystem für Pkws und leichte Nutzfahrzeuge**

Der Erfolg der Elektromobilität steht und fällt mit deren nahtloser Integration in den Alltag sowie die Versorgungsinfrastruktur. Das Projekt „ALaPuN“ entwickelt ein automatisches Ladesystem, bestehend aus einer speziellen Ladesäule, einem Laderoboter und angepassten Ladebuchsen. Elektrofahrzeuge können damit schnell, sicher und zugleich komfortabel geladen werden. Für autonom fahrende Fahrzeuge eröffnet es zudem neue Möglichkeiten und Geschäftsmodelle, da die Ladeplätze selbstständig angesteuert und verlassen werden können. Das verbessert die Auslastung bestehender Ladekapazitäten und trägt über steuerbare Ladevorgänge sowie innovative Batterienutzung zur Netzstabilität bei.

Weitere Informationen finden Sie auf der [Website der TU Dortmund](#).

#### **Ansprechpartner**

Prof. Dr. Bernd Künne, Technische Universität Dortmund

[bernd.kuenne@tu-dortmund.de](mailto:bernd.kuenne@tu-dortmund.de)

## AMELIE 2

### **Abrechnungssysteme und -methoden für elektrisch betriebene Lkw sowie deren interoperable Infrastrukturen im europäischen Kontext**

Der Einsatz elektrischer Nutzfahrzeuge ist vor allem aufgrund langer Ladezeiten und hohen Energieverbrauchs auf dem Transportweg eine Herausforderung. Das Forschungsprojekt „AMELIE 2“ entwickelt des-

---

halb ein technisch, rechtlich und organisatorisch umsetzbares Modell für den Betrieb von Oberleitungssystemen im Straßennetz. Durch ein solches System können E-Lkw über Oberleitungen angeschlossen und über die gesamte Tour hinweg mit Strom versorgt werden.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem Vorgängerprojekt AMELIE steht im Vorhaben AMELIE 2 die Erarbeitung eines Modells im Fokus, das Lösungen für Abrechnungs- und Regulierungsfragen eines elektrischen Straßensystems findet. Zudem werden Hemmnisse, die im Vorgängerprojekt identifiziert wurden, aufgelöst. Dazu gehört unter anderem die Erarbeitung eines praxistauglichen rechtlichen Rahmens. Gleichzeitig bietet das Modell ein Szenario dafür, wie sich das elektrische Straßensystem in die vorhandenen Strukturen von Energiewirtschaft und Autobahnen einfügen lässt.

#### **Ansprechpartner**

Bernhard Mayer, Siemens Mobility GmbH

[bernhard.mayer@siemens.com](mailto:bernhard.mayer@siemens.com)

## BDL

### **Bidirektionales Lademanagement**

Die intelligent gesteuerte Integration von E-Fahrzeugen in das Stromnetz ist für das Gelingen der Energiewende von zentraler Bedeutung. Das Forschungsprojekt „BDL“ – Bidirektionales Lademanagement – nähert sich diesem Thema mit einem ganzheitlichen Ansatz, der Fahrzeuge, Ladeinfrastruktur und Stromnetze verknüpft. Schwerpunkt ist die Entwicklung und Erprobung von Systemen für Fahrzeuge und Ladestationen, mit denen zum Laden angesteckte E-Fahrzeuge nicht nur Energie aufnehmen und speichern, sondern auch wieder abgeben können. Die Steuerung der Ladevorgänge erfolgt über entsprechende Hard- und Software. Auch rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen für einen späteren regulären Betrieb finden Berücksichtigung.

#### **Ansprechpartner**

Xaver Pfab, BMW Group

[Xaver.Pfab@bmw.de](mailto:Xaver.Pfab@bmw.de)

## BeNutz LaSa

### **Bessere Nutzung von Ladeinfrastruktur durch Smarte Anreizsysteme**

Im Projekt „BeNutz LaSA“ werden Ansätze zur optimierten Nutzung von Ladeinfrastruktur entwickelt. Ladepunkte werden teilweise zum Parken statt zum Laden genutzt, da sie über die eigentliche Ladezeit hinaus angeschlossen bleiben. Darüber hinaus richten E-Fahrzeugbesitzer ihre Ladezeiten vorzugsweise an individuellen Gewohnheiten aus. Die dadurch entstehenden Auslastungsspitzen führen dazu, dass das Angebot an Ladesäulen unter der Woche und tagsüber zum Teil nicht ausreicht, es zu Engpässen im elektrischen Verteilnetz kommt und die Wirtschaftlichkeit der Ladeinfrastruktur beeinträchtigt wird. Durch die im Projekt erprobten smarten Anreizsysteme werden die Besitzer von Elektrofahrzeugen gezielt dazu animiert, freie

---

Lademöglichkeiten außerhalb der Spitzenzeiten zu nutzen. Die Projektlösungen zielen darauf ab, Endkunden trotz steigender E-Fahrzeugzahlen ein bequemes und preiswertes Laden zu ermöglichen, das zugleich auch den Interessen der Ladeinfrastruktur- und Verteilnetzbetreiber dient.

Weitere Informationen finden Sie auf der [Website von BeNutz LaSa](#).

#### **Ansprechpartner**

Christopher Hecht, RWTH Aachen

[Christopher.Hecht@isea.rwth-aachen.de](mailto:Christopher.Hecht@isea.rwth-aachen.de)

### CoolEV

#### **Elektroautos auf langen Strecken schneller laden: Kühlsystem zur Optimierung der Energieeffizienz, Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit von Schnellladevorgängen und Antrieben in Elektrofahrzeugen**

Wer ein Elektroauto kauft, möchte sicher sein, dass er beim Laden auf langen Strecken möglichst wenig Zeit verliert. Die Schnellladefähigkeit stellt deshalb ein zentrales Element auf dem Weg zur Langstreckentauglichkeit und somit zur Kundenakzeptanz von Elektrofahrzeugen dar. Das Projekt „CoolEV“ leistet hier durch die Entwicklung eines innovativen Kühlsystems für Ultraschnellladeprozesse einen wesentlichen Beitrag. Der Fokus liegt auf der Entwicklung eines ganzheitlichen Systems, das eine system- und fahrzeugseitige Kühlung vorsieht und gleichzeitig eine Verwertung der beim Schnellladen entstandenen Abwärme ermöglicht. Hierdurch soll ein nutzergerechtes Schnellladen von bis zu 400 kW Gleichstrom möglich und die Gesamtenergiebilanz von Elektrofahrzeugen deutlich gesteigert werden.

#### **Ansprechpartner**

Michael Dimitrov, Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG

[dimitrov@porsche.de](mailto:dimitrov@porsche.de)

### E|ProFIL

#### **Effiziente Prozesse zur Fertigung induktiver Ladesysteme**

Die E-Mobilität braucht größere Reichweiten und Ladekomfort, um sich gegenüber den konventionellen Verbrennungstechnologien durchsetzen zu können. Das Projekt „E|ProFIL“ setzt deshalb auf induktive Ladetechnologien, die kontaktlos funktionieren und perspektivisch auch während der Fahrt genutzt werden können. Der Forschungsschwerpunkt liegt dabei auf Produktionstechnologien, die eine serientaugliche Herstellung solcher induktiver Ladesysteme ermöglichen. Darüber hinaus sollen Konzepte zur Automatisierung und Verkettung der einzelnen Fertigungsschritte erarbeitet werden.

Dadurch werden wesentliche Voraussetzungen zur Verbreitung geschaffen, denn aktuell ist der Produktionsprozess von kostenintensiven manuellen Tätigkeiten geprägt.

Weitere Informationen finden Sie auf der [Website der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg](#).

#### **Ansprechpartner**

---

Dr. Alexander Kühl, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
[alexander.kuehl@faps.fau.de](mailto:alexander.kuehl@faps.fau.de)

## E|ROAD

### **Effiziente Fertigungsprozesse für eine elektrifizierte Straße**

Das Projekt E|ROAD entwickelt Produktionslösungen für elektrifizierte Straßen, um Elektrofahrzeuge während der Fahrt mit Energie versorgen zu können. Vorgesehen ist die Integration von Spulensystemen in Betonfertigteile für den Straßenbau. Damit können Straßenabschnitte einfach und kostengünstig elektrifiziert werden. Die entwickelte Technologie soll sowohl für privat genutzte Pkw als auch für gewerblich genutzte Fahrzeuge im Warentransport und Schwerlastverkehr zur Verfügung stehen.

#### **Ansprechpartner**

Dr.-Ing. Alexander Kühl, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
[alexander.kuehl@fau.de](mailto:alexander.kuehl@fau.de)

## eHaul

### **Entwicklung eines vollautomatischen Batteriewechselsystems für E-Lkw**

Das Projekt „eHaul“ lässt e-LKW binnen Minuten vollladen. Hierfür entwickelt es ein vollautomatisches Batteriewechselsystem für E-Lkw bis 40 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht. Durch die automatische Auswechslung der Batterien an speziell konzipierten, befahrbaren Batteriewechselstationen können auch schwere E-Lkw lange Distanzen ohne unnötige Verzögerungen zurücklegen. Der Wechsel der Batterien erfolgt über Roboter innerhalb der Station, die mit einer optischen Sensorik ausgestattet sind. So werden die Batterien vollkommen ohne Zutun des Fahrenden oder anderen Personals ausgewechselt und die Fahrt muss nur kurz unterbrochen werden.

Weitere Informationen finden Sie auf der [Website von eHaul](#).

#### **Ansprechpartner**

Jens-Olav Jerratsch, Technische Universität Berlin  
[Jerratsch@tu-berlin.de](mailto:Jerratsch@tu-berlin.de)

## ELSTA

### **Förderung der Elektromobilität durch Normung und Standardisierung**

Normen und Standards tragen nicht nur zur Sicherheit elektromobiler Lösungen und künftiger Produkte bei, sie erleichtern auch deren Vertrieb und sorgen für die reibungslose Nutzung von Elektromobilität, was letztlich die Akzeptanz derselben stärkt. Außerdem beugen sie der Entwicklung von Insellösungen vor. Normen und Standards ermöglichen es zudem, neben dem Ladekomfort auch die Verfügbarkeit sowie Auslastung der Ladeinfrastruktur zu verbessern, indem etwa technische Spezifikationen frühzeitig hersteller-

---

übergreifend auf internationaler Ebene eingebracht werden. Im Projekt ELSTA werden wegweisende Spezifikationen erarbeitet, die als Grundlage für nationale und internationale Normungs- und Standardisierungsaktivitäten wie die nationalen Normungsstrategie Elektromobilität dienen.

ELSTA ist fokussiert auf Normen und Standards für die Integration von E-Fahrzeugen in das nationale und europäische Stromnetz, die Kommunikation zwischen Ladeinfrastruktur und Fahrzeug sowie die automatische Kontaktherstellung im Steckerbereich bei verschiedenen Ladevorgängen.

Weitere Informationen finden Sie auf der Website von ELSTA.

#### **Ansprechpartner**

Mario Beier, DIN e. V.

[mario.beier@din.de](mailto:mario.beier@din.de)

## EMPOWERED

### **Electro Magnetic Power Optimization for Wireless Energy and Radio Emission Directives**

Durch das kontaktlose Laden von Elektrofahrzeugen über induktive Ladesysteme lässt sich eine barriere- und nahezu wartungsfreie Ladeinfrastruktur für Elektromobile realisieren. Die Entwicklung induktiver Ladesysteme für den Massenmarkt steht derzeit jedoch noch vor zwei wesentlichen Herausforderungen: Zum einen fehlt eine Norm für die Positionierhilfe, mit der die Fahrzeuge in eine für den Ladevorgang optimale Position gebracht werden. Zum anderen gibt es noch kein weltweit einheitlich genormtes Messverfahren für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) induktiver Energieübertragungssysteme. Die bereits existierende und praktizierte Koexistenz von induktiven Systemen und anderen technischen Geräten wie Funkanwendungen soll validiert werden. Zur Lösung dieser Herausforderungen entwickelt EMPOWERED einerseits einen internationalen Vorschlag für ein Positionierungssystem sowie andererseits ein international einheitliches Messverfahren zur EMV-Prüfung, auf deren Basis das tatsächliche Störpotenzial induktiver Ladesysteme ermittelt werden soll.

#### **Ansprechpartner**

Axel Hoppe, ifak Institut für Automation und Kommunikation e.V.

[axel.hoppe@ifak.eu](mailto:axel.hoppe@ifak.eu)

## eTruckPro

### **Wandlungsfähige und flexible Produktionssysteme zur symbiotischen Herstellung elektrifizierter und konventioneller Lastkraftwagen**

Will Deutschland in der Herstellung von elektrifizierten Nutzfahrzeugen eine Vorreiterrolle einnehmen, muss die Produktion kleiner Stückzahlen bei möglichst geringen Kosten möglich sein. Das Forschungsprojekt „eTruckPro“ befasst sich deshalb mit der Entwicklung wandlungsfähiger und flexibler Produktionssysteme, die sowohl für die Fertigung konventioneller als auch elektrifizierter Lastkraftwagen eingesetzt wer-



---

den können. Durch die Nutzung vorhandener Produktionsanlagen und durch eine angepasste Linienausstattung werden Mehrkosten, wie die Anschaffung zusätzlicher Betriebsmittel und Produktionsflächen, vermieden. So lassen sich kleine Stückzahlen bauen, testen und sukzessive zur Serienreife ausbauen.

#### **Ansprechpartner**

Michael Neukam, MAN Truck & Bus SE

[Michael.Neukam@man.eu](mailto:Michael.Neukam@man.eu)

## HEDIB

### **Höchsteffiziente Elektrobleche für Elektromobilität durch den digitalisierten und intelligenten Bandgussprozess**

In Elektrofahrzeugen wird über einen Elektromotor elektrische Energie aus der Batterie in mechanische Energie für den Antrieb umgewandelt. Wie effizient diese Umwandlung gelingt, hängt u. a. davon ab, aus welchen Bauteilen Elektromotoren bestehen. Von großer Bedeutung ist dabei das sogenannte Elektroblech. Dieser Werkstoff macht über ein Drittel der Masse des Motors aus und bestimmt aufgrund seiner elektromagnetischen und mechanischen Eigenschaften den Wirkungsgrad der Energieerzeugung und -umwandlung maßgeblich mit. Bislang gehen rund sechzig Prozent der Gesamtenergieverluste im Motor auf die dort verbauten Elektrobleche zurück. Damit bietet die Optimierung des Werkstoffs durch eine neue Legierungszusammensetzung viel Potenzial, die Effizienz von Elektromotoren zu verbessern. Im Projekt wird dafür eine Pilotanlage entwickelt und ein neues Verfahren für die industrielle Herstellung von Elektroblechen erprobt und umgesetzt. Die Prozesssteuerung erfolgt dabei digital unter Nutzung von Methoden der Künstlichen Intelligenz. Das neue Verfahren ist wesentlich umweltschonender und erlaubt die Herstellung kleinerer Losgrößen.

#### **Ansprechpartner**

Ilka Steiner, RWTH Aachen University

[ilka.steiner@ibf.rwth-aachen.de](mailto:ilka.steiner@ibf.rwth-aachen.de)

## HPC-Prime

### **Hocheffiziente DC-Schnellladesäule mit 450 kW Ladeleistung**

Mangelnde Reichweite und lange Ladezeiten sind für die meisten Verbraucher zentrale Argumente gegen die Anschaffung eines E-Mobils. Hier will das Projekt „HPC-prime“ mit der Entwicklung einer hocheffizienten Schnellladesäule Abhilfe schaffen. Die Technologie ermöglicht bei einer Ladeleistung von bis zu 450 kW in nur zehn Minuten eine Reichweite von 300 bis 400 Kilometern nachzuladen. Der verbesserte Wirkungsgrad reduziert den Strombedarf um rund fünf Prozent und verkürzt somit die Amortisationszeit. Die innovative Leistungselektronik soll das Bauvolumen um mehr als 80 Prozent verkleinern, wodurch die Schnellladetechnologie auch in bestehende Parkplätze in Innenstädten integriert werden kann.

#### **Ansprechpartner**

Bernd Wunder, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

[bernd.wunder@iisb.fraunhofer.de](mailto:bernd.wunder@iisb.fraunhofer.de)

---

## IDEAL

### **Innovative DC-Technologie zur nachhaltigen Integration moderner Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität**

Im Projekt IDEAL werden neuartige, gleichstrombasierte Ladelösungen für die Elektromobilität erforscht, um zuverlässige Schnellladeinfrastrukturen zu vertretbaren Kosten und Aufwänden zu ermöglichen. Ziel sind Ladestationen, die mit einer kompakten und kostengünstigen Leistungselektronik ausgestattet werden können, ohne die Stabilität des Stromnetzes zu beeinträchtigen. Dabei kann die bereits vorhandene Infrastruktur optimal ausgenutzt werden, sodass neue Installationen elektrischer Betriebsmittel reduziert werden können. Entwickelt werden Technologien für das Hochleistungsladen und urbane Ladesysteme im mittleren Kilowattbereich.

#### **Ansprechpartner**

Benedict Mortimer, RWTH Aachen

[post\\_pgs@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:post_pgs@eonerc.rwth-aachen.de)

## InnoBlech

### **Bleche und Komponenten aus magnetischen und Struktur-Werkstoffen für hocheffiziente E-Antriebe**

In Elektrofahrzeugen und Industriemotoren werden spezielle Synchronreluktanz- und Permanentmagnetmotoren eingesetzt. Wie effizient diese Motoren arbeiten, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Eine Schlüsselrolle kommt dabei den Elektroblechen zu. Durch sie werden Magnetfelder erzeugt, die letztlich den Motor durch Anziehungs- und Abstoßungskräfte in Bewegung setzen. Dabei gilt: Je dünner das Elektroblech, desto geringer sind die bei hohen Frequenzen auftretenden Wirbelstromverluste und desto höher fällt die Effizienz des Motors aus. Zur Steigerung der Effizienz von E-Motoren entwickelt das Projekt InnoBlech daher neuartige Hybridbleche. Diese steigern die Leistungsfähigkeit von E-Motoren und lassen sich obendrein wirtschaftlicher herstellen als bislang zum Einsatz kommende Bleche. Die höhere Leistung des E-Motors führt zu einem geringeren Stromverbrauch und folglich zu längeren Strecken, die mit dem Motor zurückgelegt werden können – ein großer Vorteil, insbesondere mit Blick auf die Verbraucherakzeptanz.

#### **Ansprechpartner**

Dr. Gotthard Rieger, Siemens AG

[gotthard.rieger@siemens.com](mailto:gotthard.rieger@siemens.com)

## MEGA-LADEN

### **Ein vollautomatisches Schnellladesystem für E-Lkw im Megawatt-Bereich**

Die Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen hat das Potenzial, die Lärm- und Kohlenstoffdioxidbelastung zu verringern. Bisher verhindern lange Ladezeiten jedoch die Einführung von elektrisch angetriebenen Lkw. Ziel des Projektes „MEGA-LADEN“ ist die Entwicklung und Demonstration eines vollautomatischen Schnellladesystems für E-Lkw im Megawatt-Bereich. Damit können große Lkw-Batterien problemlos während des

---

Be- und Entladens oder der gesetzlichen Pausenzeiten geladen werden. Möglich macht das eine automatische Schnellladeschnittstelle mit einer Ladeleistung von mehr als einem Megawatt. Der automatische Ladevorgang mit hoher Ladeleistung bedeutet für die Nutzer und Nutzerinnen einen großen Komfortgewinn, steigert die Akzeptanz von E-Mobilität im Logistikbereich und erlaubt elektrisches Nachladen auch für Menschen ohne Spezialkenntnisse.

#### **Ansprechpartner**

Matthias Breitkopf, Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI

[matthias.breitkopf@ivi.fraunhofer.de](mailto:matthias.breitkopf@ivi.fraunhofer.de)

### MS Tankstelle

#### **HV-SiC-Umrichter für leistungsstarke Elektro-Tankstellen am Mittelspannungsnetz zur Schnellladung von Pkw und Transportern**

Die Ladeleistung von Elektrofahrzeugen steigt ständig. Deshalb müssen Ladestationen an Autobahnen oder in Parkhäusern künftig ein Vielfaches an Leistung liefern und können nicht ohne weiteres wie bisher an das Niederspannungsnetz angeschlossen werden.

Das Projekt „MSTankstelle“ entwickelt deshalb kosteneffiziente leistungselektronische Technik für Hochleistungsladesysteme im Megawattbereich. Das Projekt forscht zum einen an DC-Wandlern (sogenannten Gleichstromstellern), die Gleichspannung mit höherem, niedrigerem oder invertiertem Spannungsniveau umwandeln. Der zweite Schwerpunkt sind Hochvolt-Siliciumkarbid-Halbleiterschalter (HV-SiC-Transistoren), die den Aufbau von kompakten und effizienten Wandlerstufen ermöglichen. So können Schnelladetankstellen sicher und kosteneffizient an das Mittelspannungsnetz angeschlossen werden.

#### **Ansprechpartner**

Andreas Hensel, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

[andreas.hensel@ise.fraunhofer.de](mailto:andreas.hensel@ise.fraunhofer.de)

### NachLadBaR

#### **Nachhaltige Ladeelektronik auf Basis flexibler leistungselektronischer Bausteine und Recyclingstrategien**

Eine wichtige Voraussetzung für den verstärkten Einsatz von Elektrofahrzeugen ist der bedarfsgerechte und für Nutzer ebenso wie für Hersteller kosteneffiziente Ausbau von Ladeinfrastruktur. Heutige Ladelösungen adressieren mit maßgeschneiderten Systemen verschiedenste Anwendungsfälle, was auf Herstellerseite zu hohen Entwicklungskosten führt. Nutzer wiederum sind mit dem Kauf eines E-Fahrzeugs an ein bestimmtes System gebunden und müssen bei defekten Komponenten meist die gesamte Ladeelektronik austauschen. Um Ladeinfrastruktur zukünftig flexibler und nachhaltiger nutzbar zu gestalten, entwickelt das Projekt „NachLadBaR“ flexible leistungselektronische Bausteine, die hersteller-, technologie- und generationenunabhängig zu Ladesystemen zusammengeschlossen werden können. Der modulare Aufbau stellt sicher, dass Einzelbauteile getauscht werden können. Sensorbasierte Monitoring-Lösungen innerhalb der neuartigen

---

Ladelösungen übermitteln zudem rechtzeitig Wartungsbedarf, sodass die Lebensdauer der elektronischen Komponenten erhöht werden kann.

**Ansprechpartner**

Dr. Kai Kriegel, Siemens AG

[kai.kriegel@siemens.com](mailto:kai.kriegel@siemens.com)

## NEFTON

### **Nutzfahrzeugelektrifizierung für Transportsektor-optimierte Netzanbindung**

Das Projekt NEFTON entwickelt ein prototypisches Gesamtkonzept für elektrische Nutzfahrzeuge sowie eine Schnellladeinfrastruktur mit Leistungen im Megawattbereich, um den Grundstein für die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs in Deutschland zu legen. Dieses Megawatt Charging System (MCS) wird im Rahmen des Projekts in einem MCS-Nutzerhandbuch mit Handlungsempfehlungen für z. B. Fahrzeughersteller und Ladeinfrastrukturbetreiber festgehalten. Das Konzept wird zudem prototypisch anhand eines entwickelten Lkw sowie einer Ladestation erprobt.

**Ansprechpartner**

Prof. Markus Lienkamp, Technische Universität München

[nefton.ftm@ed.tum.de](mailto:nefton.ftm@ed.tum.de)

## OneGAforAll

### **OneGroundAssemblyforAll**

Mit jedem elektrisch gefahrenen Kilometer kann der Anteil regenerativ erzeugter Energie im Verkehr erhöht werden. Um das Laden der Batterien von Elektrofahrzeugen gegenüber üblichen kabelgebundenen Ladesystemen noch komfortabler zu gestalten, bieten sich induktive Energieübertragungssysteme an. Bei diesen wird die Energie durch eine Bodeneinheit (engl. „Ground Assembly“, GA) über einen Luftspalt an eine Einheit im Fahrzeug („Vehicle Assembly“, VA) übertragen. Derzeit sind GA und VA jedoch nicht herstellerübergreifend einsetzbar, was der Bildung eines Massenmarkts für induktive Ladesysteme entgegensteht. Im Projekt wird daher eine standardisierte Bodeneinheit entwickelt, mit der sich herstellerübergreifend die Fahrzeugbatterie mittels des VA-Moduls aufladen lässt.

Zudem wird strategisch überprüft, wie ein interoperables, induktives Ladesystem aufgebaut sein muss, damit die Authentifizierung im IT-System, die Einbindung ins lokale Energiemanagement und die Abrechnung des Ladevorgangs im Privatsektor automatisiert gelingen. Die so betrachtete massenmarktcompatiblen induktiven Ladesysteme zielen darauf ab, die Attraktivität der Elektromobilität durch das komfortable Laden in unterschiedlichsten Parksituationen zu erhöhen.

**Ansprechpartner**

Dr. Christopher Lämmle, MAHLE International GmbH

[christopher.laemmler@mahle.com](mailto:christopher.laemmler@mahle.com)



---

## OptiWiRE

### **Optimierte Wickel- und Montageverfahren für Recyclinggerechte Elektromotoren**

Der Elektromotor eines E-Fahrzeuges besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Komponenten. Indem die Bauteile und Produktionsprozesse optimiert und in der Materialauswahl neue Ansätze erprobt werden, steigert das Projekt „OptiWiRE“ für den langfristigen und flächendeckenden Hochlauf der Elektromobilität die Leistungsdichte, Lebensdauer und die Produktionsgeschwindigkeit von Elektromotoren ebenso wie deren Recyclingfähigkeit.

#### **Ansprechpartner**

Dr. Stefan Hornauer, ElringKlinger AG

[stefan.hornauer@elringklinger.com](mailto:stefan.hornauer@elringklinger.com)

## SKALE

### **Skalierbares Ladesystem für Elektrofahrzeuge**

Der schnelle und kosteneffiziente Ausbau von Ladeinfrastruktur ist für die Verbreitung der Elektromobilität unerlässlich. Das Projekt „SKALE“ betrachtet deshalb die gesamte Energieflusskette, um Ladeleistung und Wirkungsgrad zu steigern und Kosten zu senken. Alle Anforderungen von der netzseitigen Bereitstellung der Energie über bedarfsgerechte Zwischenspeicherung, Verteilung und Wandlung bis hin zur Fahrzeugbatterie und Rückspeisung ins Netz finden Berücksichtigung. So soll ein gänzlich neuer Ansatz entstehen, der eine zukunftsweisende Infrastrukturlösung für beliebige Parkflächen mit einer Vielzahl an Ladepunkten bietet und dezentrale Energiequellen effizient einbindet.

#### **Ansprechpartner:**

Daniel Meyer

[Daniel.Meyer3@de.bosch.com](mailto:Daniel.Meyer3@de.bosch.com)

## SUPPLY

### **Simultane Produkt- und Prozessentwicklung eines automatisierungsgerechten Ladestation-Outlet-Moduls**

Für die Verbreitung der Elektromobilität ist eine flächendeckende Ladeinfrastruktur erfolgskritisch. Um die dafür erforderlichen Ladesäulen zu attraktiven Konditionen bereitstellen zu können, arbeitet das Forschungsprojekt „SUPPLY“ an der Entwicklung automatisierter und somit großserientauglicher Fertigungsprozesse. Dabei werden sowohl das Produktdesign als auch der Produktionsprozess hinsichtlich möglicher Anpassungen geprüft, um bei der Montage eine höhere Automatisierung und eine flexible Mengensteigerung realisieren zu können. Als Ergebnis sollen Richtlinien für eine automatisierungsgerechte Produktgestaltung ausgearbeitet und durch praktische Anwendungen evaluiert werden.

#### **Ansprechpartner**

Dr. Yusuf Günel, Compleo Charging Solutions GmbH

[Y.Guenel@compleo-cs.de](mailto:Y.Guenel@compleo-cs.de)

---

## Trade EVs II

### **Subaggregation von Elektrofahrzeugflotten zur Einbindung in virtuelle Kraftwerke**

Elektrofahrzeuge werden sich in Zukunft insgesamt betrachtet zum größten Stromverbraucher entwickeln. Die schnell steigende Zahl elektrifizierter Pkw und Nutzfahrzeuge stellt immer höhere Anforderungen an die Ladeinfrastruktur und das Stromnetz – verbunden mit erheblichen Ausbaurkosten. Zugleich bietet die Speicherkapazität der Fahrzeugbatterien – insbesondere in Flotten – die Möglichkeit, Erlöse am Energiemarkt zu erzielen und so die Kosten teilweise auszugleichen. Das Projekt „TRADE EVs II“ entwickelt eine Lösung für die Anbindung von E-Flotten an den Strommarkt. Die Flottenfahrzeuge sollen über Leitwarten so zusammengefasst werden, dass aus ihnen Flottenkraftwerke entstehen, deren gespeicherte Energie bei Bedarf kostenpflichtig in das Stromnetz zurückgespeist wird.

#### **Ansprechpartner**

Robin Schneider, SAP SE

[robin.schneider@sap.com](mailto:robin.schneider@sap.com)