



BERICHT OKTOBER 2019

1. ZWISCHENBERICHT ZUR WERTSCHÖPFUNG

ARBEITSGRUPPE 4

SICHERUNG DES MOBILITÄTS-
UND PRODUKTIONSSTANDORTES,
BATTERIEZELLPRODUKTION,
ROHSTOFFE UND RECYCLING,
BILDUNG UND QUALIFIZIERUNG



NPM

Nationale Plattform
Zukunft der Mobilität



INHALT

1 EXECUTIVE SUMMARY	4
2 EINLEITUNG: die Vielfalt der Antriebe und ihre Auswirkungen auf die Wertschöpfung	6
3 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE IM FOKUS: Lithium-Ionen-Batteriezelle, Leistungselektronik und verbrennungsmotorische Antriebe	10
3.1 Wertschöpfungsnetzwerk Lithium-Ionen-Batteriezelle	12
3.2 Wertschöpfungsnetzwerk Leistungselektronik	18
3.3 Wertschöpfungsnetzwerk verbrennungsmotorische Antriebe	21
4 ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG	24
5 AUSBLICK	27
6 ANHANG	28
Literaturverzeichnis	28
Glossar und Abkürzungsverzeichnis	29

1 EXECUTIVE SUMMARY

Für die Automobilindustrie bedeutet die Transformation des Mobilitätssystems, insbesondere die zunehmende Elektrifizierung und Digitalisierung von Fahrzeugen, einen tiefgreifenden Strukturwandel: Verkehrsträger wie Straße, Schiene, Wasser oder Luft sind ebenso betroffen wie die dazugehörigen Mobilitätsdienstleistungen und die Produktion. Im Hinblick auf die prognostizierten zukünftigen Marktanteile elektrischer, hybrider und verbrennungsmotorischer Fahrzeuge, sind für die internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen und europäischen Produktionsstandortes zunächst insbesondere der Aufbau einer bedarfssichernden Batteriezellfertigung in Europa und die Industrialisierung von neuen Komponenten im Bereich Leistungselektronik von entscheidender Bedeutung. Gleichzeitig müssen die Kompetenzen zur Herstellung von verbrennungsmotorischen Antrieben trotz des prognostizierten Markthochlaufes der Elektromobilität erhalten werden.

Batteriezellen

Ein Wertschöpfungsnetzwerk, das die gesamte Produktion der Batterie für batterieelektrische Fahrzeuge im großindustriellen Maßstab abbildet, besteht in Europa bisher nicht. Europäische Unternehmen sind heute stark von Batteriezellimporten abhängig. Durch den Markthochlauf batterieelektrischer Fahrzeuge steigt weltweit die Nachfrage nach Batteriezellen. Um die Versorgung für die europäische Automobilindustrie weiterhin sicherzustellen, ist es notwendig, in Zukunft einen bedeutenden Anteil der Batteriematerialien, -zellen und -module in Europa zu fertigen. Wichtig ist, vor allem die Versorgung mit kritischen Primär- und perspektivisch auch Sekundärrohstoffen zu sichern sowie die Wettbewerbsfähigkeit durch die weitere Förderung von Forschung und Entwicklung herzustellen und Investitionshürden abzubauen.

- Die Erforschung von Alternativen zu knappen Rohstoffen bei der Entwicklung neuer Batteriegenerationen ist ebenso zentral wie die Erschließung von Potentialen für europäische Primärrohstoffe.
- Es bedarf ressortübergreifender Strategien zum verantwortungsvollen Bezug und zum Recycling wesentlicher Rohstoffe mit hoher strategischer Bedeutung für die Produktion von Batteriezellen.
- Staatliche Forschungsförderung ist essentiell: Sie sollte effizienter gestaltet werden als die der asiatischen Wettbewerber, dem internationalen Benchmark entsprechen, berechenbar und zuverlässig sein. Von der Bundesregierung geförderte Projekte sind mit europäischen Förderprojekten abzustimmen, um effektiv mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umzugehen.
- Forschung und Entwicklung müssen sich insbesondere auf die Skalierung der Batteriezellproduktion vom Labor in den industriellen Maßstab fokussieren, um den Vorsprung der asiatischen Länder aufzuholen und eine kompetitive europäische Fertigung zu realisieren.
- Investitionen in eine Batteriezellfertigung hängen im Wesentlichen von längerfristigen Lieferverträgen und damit einhergehender Planungs- und Investitionssicherheit ab. Politische Unterstützung ist hier ebenso wünschenswert wie verbindliche Fördervorgaben, der Abbau bürokratischer Hürden und eine klare und transparente Strategie für Europa.
- Um das volle Potential der Batterien beim Klimaschutz zu heben, müssen erneuerbare Energien für die Produktion in ausreichendem Maße und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Reallabore können geeignete forschungspolitische Instrumente sein, um passende Rahmenbedingungen zu identifizieren und zu gestalten, und sollten zu diesem Zweck vermehrt eingesetzt werden.

- Innovative Geschäftsmodelle für eine effiziente Kreislaufführung von Batteriematerialien müssen entwickelt und eingeführt werden. Materialien müssen so zurückgewonnen werden, dass sie wieder zur Herstellung von Batterieprodukten in Primärqualität eingesetzt werden können. Zurückgewonnene Batteriematerialien aus Altprodukten sind mittel- und langfristig eine essentielle Rohstoffquelle für Europa. Es gilt, das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk zu betrachten und gemeinsame europäische Strategien zum Umgang mit Sekundärrohstoffen zu erarbeiten.

Leistungselektronik

Leistungselektronik und Elektronik stellen zentrale Komponenten des elektrischen Antriebsstranges dar und werden in der zunehmend vernetzten und automatisierten Mobilität an Bedeutung gewinnen. Die deutsche Industrie verfügt über Kompetenzen entlang des gesamten Wertschöpfungsnetzwerkes der Leistungselektronik. Jedoch nimmt sie nur in wenigen Bereichen bereits Spitzenpositionen ein. Darüber hinaus besteht beispielsweise bei der Produktionstechnologie und im Bereich Software ein erheblicher Nachholbedarf zum internationalen Benchmark. Entwicklung und Fertigung einzelner Komponenten sind aufgrund geringer Profitabilität bereits ins Ausland abgewandert.

- Um die bestehende Wertschöpfung in Deutschland zu halten und Marktanteile aus Asien zurückzugewinnen, muss insbesondere das systemübergreifende Wissen hinsichtlich integrierter Systemtechnik und Systemlösungen, inklusive Software, ausgebaut werden. Starke Wertschöpfungspotentiale bestehen auch in der Adressierung von Forschungs- und -Entwicklung (F&E)-Fragestellungen, die über das Fahrzeug hinausgehen, beispielsweise bei der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur.
- Forschungs- und Entwicklungsprogramme zu aktiven Bauteilen der zweiten und dritten Generation sind erforderlich, um die Wettbewerbsfähigkeit auch bei zukünftigen und disruptiven Technologien zu sichern.
- Um den steigenden Bedarf an qualifiziertem Personal in der Leistungselektronik zu decken, muss die Attraktivität des klassischen Ingenieurfachs Elektrotechnik öffentlichkeitswirksam vermittelt und beworben werden.

Verbrennungsmotorische Antriebe

Im Wertschöpfungsnetzwerk verbrennungsmotorische Antriebe verfügt der Produktionsstandort Deutschland über eine breite wissenschaftliche Basis, ausgeprägtes anwendungs- und grundlagenorientiertes Entwicklungs-Know-how sowie eine quantitativ und qualitativ höchst wettbewerbsfähige industrielle Basis mit entsprechend ausgebildetem Personal. Er nimmt damit aktuell eine internationale Spitzenposition ein. Im Hinblick auf die zunehmende Elektrifizierung, Hybridisierung und Digitalisierung der Fahrzeuge stehen die Wertschöpfungsnetzwerke für verbrennungsmotorische Antriebe jedoch vor einer zweifachen Herausforderung: Der Rückgang der Stückzahlen für Verbrennungsmotoren erfordert eine gesteuerte Anpassung der Ressourcen. Gleichzeitig werden auf absehbare Zeit substantielle Anteile der Antriebe Verbrennungsmotoren sein.

- Investitionen in Technologie, Forschungs- und Entwicklungsressourcen für verbrennungsmotorische Antriebe sind weiterhin erforderlich.
- Um einem drohenden Verlust der Kompetenzbasis durch demographische Entwicklungen und die Umsteuerung von Ressourcen entgegenzuwirken, muss die Attraktivität von Ausbildung und Studium im Bereich des Verbrenners sichergestellt und vermittelt werden.
- Den Auswirkungen auf die bestehende Personalbasis, insbesondere in der Produktion, muss durch Neuqualifizierungs- und Anpassungsprogramme begegnet werden.
- Die Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Technologiebedarfe bei Zulieferern, die bei sinkenden Auftragsvolumen nicht mehr über die erforderlichen Investitionsmittel verfügen, ist zu gewährleisten. Durch eine gesteuerte Restrukturierung können Lieferketten erhalten werden.

2 EINLEITUNG:

Die Vielfalt der Antriebe und ihre Auswirkungen auf die Wertschöpfung

Transformation des Mobilitätssystems

Der Mobilitätssektor befindet sich im Umbruch: Dekarbonisierung und Digitalisierung stellen Gesellschaft, Wirtschaft und Politik gleichermaßen vor eine gemeinsame Herausforderung. In der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität beraten deshalb Expertinnen und Experten aus Politik, Industrie, Verbänden, Forschungseinrichtungen und NGOs in sechs Arbeitsgruppen über die strategischen Weichenstellungen für eine ökologisch, wirtschaftlich und sozial nachhaltige Mobilität der Zukunft. Im März 2019 legte die Arbeitsgruppe 1 der NPM, *Klimaschutz im Verkehr*, ihren Zwischenbericht *Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor* vor. Dieser identifizierte sechs Handlungsfelder mit einem hohen Potential, zur Reduzierung der CO₂-Emissionen wirksam beizutragen und die klimafreundliche Transformation des Verkehrssystems in Deutschland voranzutreiben. Darunter sind der Wechsel auf Antriebstechnologien, die erneuerbare Energien besonders effizient nutzen, und Effizienzsteigerungen bei Pkw und Lkw. Als eine zentrale Technologie wurde die Elektromobilität beschrieben, insbesondere der Wechsel zu batterieelektrischen Fahrzeugen, da diese den Strom direkt nutzen und daher den höchsten Wirkungsgrad aufweisen. Bezüglich der erforderlichen Anzahl elektrisch betriebener Fahrzeuge gab es je nach Gutachten unterschiedlichste Aussagen – als Zielkorridor für das Jahr 2030 wurden schließlich 7 bis 10,5 Millionen rein batterieelektrische Pkw (BEV) und Plug-in-Hybrid-Pkw (PHEV) diskutiert, und zusätzlich Brennstoffzellenfahrzeuge. Die Industrie erachtet diese Zahlen als ambitioniert, aber möglich.¹

Neben den internationalen und nationalen Klimaschutzzielen treiben insbesondere aktuelle Regulierungen der EU und einzelner Staaten, die wichtige Exportmärkte für die deutsche Automobilindustrie darstellen, die Elektrifizierung der Mobilität weiter voran: Seit 2018 gelten in einigen Bundesstaaten der USA verbindliche Absatzquoten für batterieelektrische Fahrzeuge. Eine chinesische Quotenregelung sieht vor, dass seit 2019 jeder Autohersteller in China mindestens 10 % elektrifizierte Fahrzeuge verkaufen muss, ab 2020 sollen es 12 % sein. Die größte Herausforderung für die Automobilindustrie stellen jedoch die EU-CO₂-Flottengrenzwerte dar: Diese verlangen eine Reduktion der CO₂-Emissionen bei neu zugelassenen Fahrzeugflotten der Hersteller auf 95 g/km bis 2021 sowie eine weitere schrittweise Reduzierung um 37,5 % bis 2030. Um diese Ziele zu erreichen und Strafzahlungen zu vermeiden, wird ein deutlicher Hochlauf elektrisch angetriebener Pkw erforderlich sein, unterstützt durch eine zunehmende Hybridisierung des Antriebs sowie durch die Elektrifizierung weiterer Fahrzeugfunktionen bei Verbrennern, die den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen auch bei Benziner- und Dieselfahrzeugen weiter senken werden.

Hintergrund und Zielsetzung der Arbeitsgruppe 4 der NPM und der Fokusgruppe Wertschöpfung

Für die Automobilindustrie bedeutet die Transformation des Mobilitätssystems, insbesondere im Hinblick auf die zunehmende Elektrifizierung und Digitalisierung der Fahrzeuge, einen tiefgreifenden Strukturwandel. Die AG 4

¹ Vgl. NPM: Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor, 2019.

der NPM, *Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung*, analysiert systematisch in den beiden Fokusgruppen *Wertschöpfung* und *Strategische Personalplanung und -entwicklung* die Auswirkungen und Anforderungen des Strukturwandels für die bestehenden Wertschöpfungsnetzwerke und die Beschäftigungsstrukturen im Mobilitätssektor. Sie ist sozialpartnerschaftlich organisiert, denn der Mobilitätssektor gehört mit etwa 10 bis 11 % aller Erwerbstätigen² in verkehrsbezogenen Wirtschaftsbereichen zu den Sektoren mit der größten Beschäftigungswirkung.

Die Automobilindustrie ist Deutschlands wichtigster Industriezweig. Aufgrund ihrer Größe und ihrer starken Verflechtung mit anderen Branchen, die Vorleistungsgüter für die Kfz-Produktion herstellen, sowie mit der Dienstleistungsbranche hat sie erhebliche Bedeutung für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung und Wertschöpfung. Zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Mobilitäts- und Produktionsstandortes während und nach der Transformation der Mobilität ist die Beherrschung der wichtigsten Wertschöpfungsnetzwerke essentiell.

Die Fokusgruppe *Wertschöpfung* der AG4 hat es sich deshalb zu Aufgabe gemacht, Potentiale und Risiken der Transformation für bestehende wie neu entstehende Wertschöpfungsnetzwerke zu analysieren, mit einem Fokus auf neue Technologien wie zum Beispiel das „Ökosystem Batterie“. Es werden Wertschöpfungsnetzwerke in ihrer Gesamtheit betrachtet, die sich jeweils aus unterschiedlichen, miteinander verknüpften Wertschöpfungsketten zusammensetzen. In ihrer ersten Arbeitsphase definierte die Fokusgruppe zunächst zentrale Netzwerke des Mobilitätssektors und bewertete sie in einem ersten Ansatz qualitativ.

Vorgehensweise bei der Analyse zentraler Wertschöpfungsnetzwerke

Der Betrachtungsrahmen wurde hierbei in zwei Ebenen aufgespannt. Die erste Ebene umfasst die Elemente der Wertschöpfungstiefe, von den Rohstoffen bis zum Endprodukt. Diese sind spezifisch für jedes der betrachteten Netzwerke.

In der zweiten Ebene werden die Wertschöpfungsinhalte betrachtet. Im Einzelnen sind dies

- die wissenschaftliche Basis und das existierende Forschungsnetzwerk,
- das Entwicklungs-Know-how für Grundlagenentwicklung und anwendungsorientierte Entwicklung,
- die zur Verfügung stehende Personalbasis in Quantität und Kompetenz, einschließlich des zukünftigen Entwicklungspotentials,
- die bestehende Investitionsbasis und Standortkonzepte,
- die aufzubauende Investitionsbasis bei geänderten und neuen Technologien,
- Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit (Kreislaufwirtschaft, CO₂-Relevanz),
- regionale Verfügbarkeit erneuerbarer Energien zu wettbewerbsfähigen Preisen,
- die Investitionsbereitschaft für neue Technologien und zugehörige Geschäftsmodelle, die unternehmerisches Handeln rechtfertigen.

Im speziellen Fall der Rohstoffe für die Batterie wurden zusätzlich die Verfügbarkeit und die Kritikalität diskutiert.

² Wagner, U., Schade, W., Sievers, L., Berthold, D., Doll, C., Hartwig, J., Mader, S. (2018): Statusquo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe.

Analyse der Wertschöpfungsnetzwerke

- Batteriezele
- Leistungselektronik
- Verbrennungsmotorische Antriebe



Abbildung 1: Vorgehensweise bei der Analyse der Wertschöpfungsnetzwerke

Für die Wertschöpfungsinhalte und die Elemente eines Wertschöpfungsnetzwerkes wurden die aktuell in Deutschland und Europa vorliegenden Fähigkeiten mit dem weltweiten Wettbewerb verglichen. Da die verschiedenen Netzwerke unterschiedliche Reifegrade aufweisen, ist eine zeitliche Betrachtung hierbei notwendig. Deshalb wurde die aktuelle Sicht auf die Wettbewerbsfähigkeit im jeweiligen Segment um Annahmen dazu ergänzt, wie sich Fähigkeiten in Deutschland und Europa entwickeln und in welchen Feldern potentielle Defizite bestehen oder neu entstehen können.

Im Hinblick auf die prognostizierten zukünftigen Marktanteile elektrischer, hybrider und verbrennungsmotorischer Fahrzeuge sind für die internationale Wettbewerbsfähigkeit insbesondere der Aufbau einer bedarfssichernden Zellfertigung in Europa und die Industrialisierung von neuen elektrischen Komponenten von entscheidender Bedeutung sowie trotz des Markthochlaufes der Elektromobilität weiterhin der Erhalt der Kompetenzen zur Herstellung von Verbrennungsmotoren.

Im Rahmen dieses ersten Zwischenberichtes werden somit die folgenden Wertschöpfungsnetzwerke in den Fokus gestellt:

- die Produktion von Batteriezelelen und Batteriesystemen, basierend auf der aktuell im Fahrzeugbereich genutzten Li-Ionen-Batterietechnologie,
- die Wertschöpfungsnetzwerke für die Herstellung von verbrennungsmotorischen Antrieben einschließlich der Einzelteile und Anbaukomponenten,
- die Wertschöpfungsnetzwerke der Leistungselektronik für Fahrzeuge.

Zum aktuellen Stand werden hierbei nur qualitative Aussagen getroffen. Eine Quantifizierung bzw. Modellierung der Wertschöpfungsentwicklung auf Basis der in den übrigen Arbeitsgruppen der NPM erarbeiteten Daten zur Marktentwicklung der verschiedenen Antriebstechnologien wird in den folgenden Berichten durch die Arbeitsgruppe vorgenommen. In einer nächsten Arbeitsphase wird die Fokusgruppe *Wertschöpfung* zudem weitere für die Mobilität der



Zukunft relevante Wertschöpfungsnetzwerke, beispielsweise weitere Systeme und Komponente für batterieelektrische Fahrzeuge, Brennstoffzellenfahrzeuge sowie synthetische Kraftstoffe, betrachten.

Die folgenden Kapitel charakterisieren die betrachteten Wertschöpfungsnetzwerke. Hierbei werden der Fokus der bisherigen AG-Arbeit auf die jeweiligen Themen erläutert, zentrale Handlungsfelder innerhalb der Netzwerke aufgespannt sowie Handlungsoptionen und -empfehlungen abgeleitet.



3 WERTSCHÖPFUNGS- NETZWERKE IM FOKUS:

Lithium-Ionen-Batteriezelle, Leistungselektronik und verbrennungsmotorische Antriebe

Die Notwendigkeit der Dekarbonisierung im Verkehrssektor im Hinblick auf die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele und die Einhaltung der EU-Flottengrenzwerte macht eine zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstranges sowie weitere Verbrauchsoptimierungen und Effizienzsteigerungen verbrennungsmotorischer Fahrzeuge, etwa über Downsizing sowie Elektrifizierung zusätzlicher Fahrzeugfunktionen, erforderlich. Markthochlaufszszenarien gehen mehrheitlich davon aus, dass es nicht zuletzt aufgrund der beschriebenen Regularien in den kommenden Jahren zu einer Verschiebung von Marktanteilen zwischen den verschiedenen Antriebsstrangtechnologien von den konventionellen hin zu hybriden und batterieelektrischen Antriebssträngen kommen wird. Der Antriebsstrang von batterieelektrischen Fahrzeugen setzt sich dabei aus gänzlich unterschiedlichen Komponenten zusammen und ist zudem weniger komplex als der konventionelle Antriebsstrang. Hieraus ergibt sich eine zukünftige Verschiebung der Schlüsselkomponenten und somit der Wertschöpfung im Bereich der Fahrzeugproduktion und in der anknüpfenden Branchen in andere, teils neue Wertschöpfungsnetzwerke.

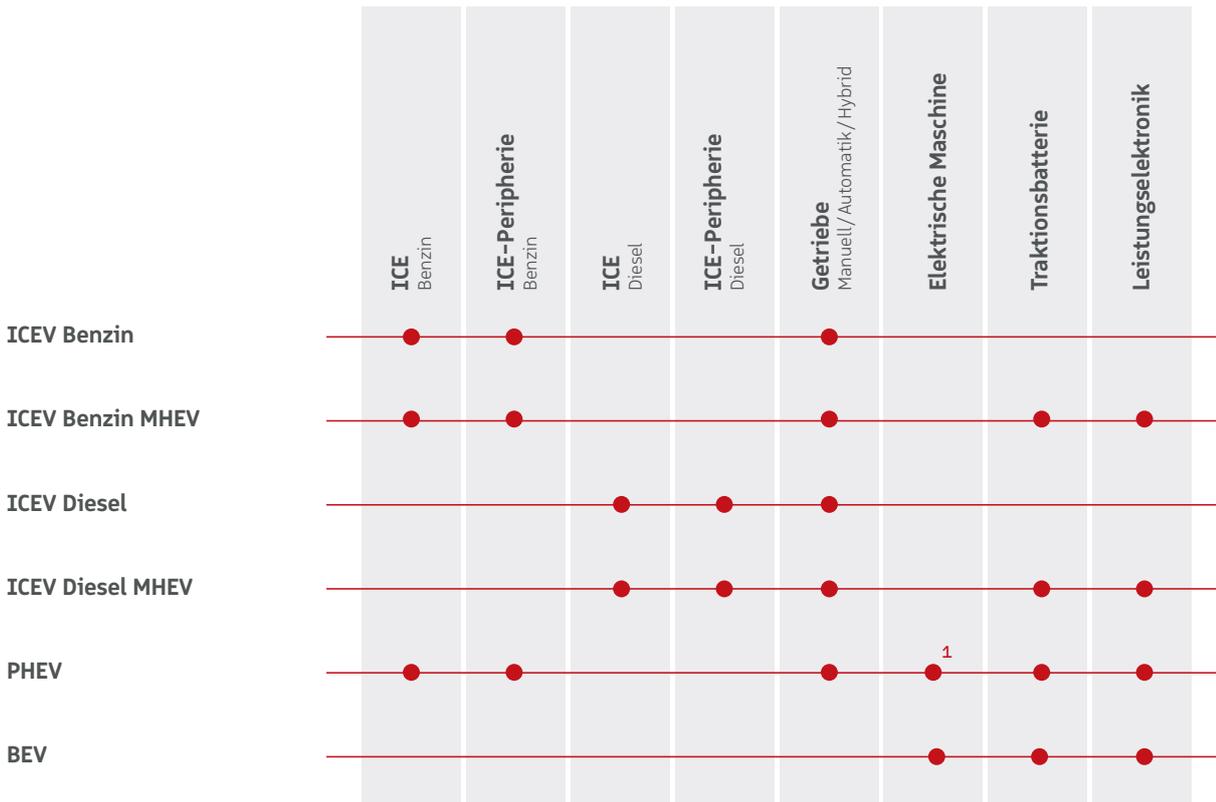
Batterieelektrische Fahrzeuge nutzen für den Vortrieb ein rein elektrisches Antriebssystem, bestehend aus Elektromotor, Leistungselektronik und Batteriesystem. Hybridfahrzeuge, mit und ohne externe Lademöglichkeit, besitzen sowohl einen verbrennungsmotorischen Antrieb als auch einen elektrischen, der je nach Leistung von Elektromotor und Batteriegröße zur Unterstützung des Verbrennungsmotors dient oder streckenweise rein elektrisches Fahren ermöglicht. Abbildung 2 zeigt eine Übersicht über die beschriebenen Antriebskonzepte.

Konventionelles Fahrzeug	Hybridfahrzeug (ohne externe Lademöglichkeit)	Hybrid- / Elektrofahrzeug (mit externer Lademöglichkeit)	Brennstoffzellen-fahrzeug
ICE Internal Combustion Engine	Mild-HEV Mild Hybrid Electric Vehicle	PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle	FCEV Fuel Cell Electric Vehicle
Mikro-Hybrid ICE mit Start-Stopp-Funktion	Full-HEV Full Hybrid Electric Vehicle	REEV Range-extended Electric Vehicle	
ICE efficient ICE mit elektr. Nebenaggregaten		BEV Battery Electric Vehicle	

Abbildung 2: Übersicht verschiedener Antriebskonzepte
Eigene Darstellung in Anlehnung an emobil BW: Strukturstudie BW^e mobil 2019



Abbildung 3 veranschaulicht daran anschließend, welche Komponenten für die genannten Antriebskonzepte benötigt werden bzw. in elektrifizierten Fahrzeugen wegfallen. Insbesondere die Batterie als zentraler Wertschöpfungsfaktor von batterieelektrischen Fahrzeugen rückt in den Fokus. Zudem gewinnt die Leistungselektronik, sowohl für den Einsatz im Fahrzeug als auch in der Ladeinfrastruktur, mit der zunehmenden Elektrifizierung der Fahrzeuge an Relevanz. Trotz des Markthochlaufes alternativer Antriebe wird es jedoch auf absehbare Zeit auch weiterhin erforderlich sein, einen substantiellen Anteil konventionell angetriebener Fahrzeuge zu produzieren.



¹ Bei PHEV kann die elektrische Maschine im Hybridgetriebe enthalten sein.

Abbildung 3: Übersicht der Komponenten bei verschiedenen Antriebskonzepten
Eigene Darstellung in Anlehnung an ELAB 2.0

3.1 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERK LITHIUM-IONEN-BATTERIEZELLE

- Eine bedarfssichernde Batteriezellproduktion ist für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie entscheidend. In Zukunft muss ein bedeutender Anteil der Batteriematerialien, -zellen und -module in Europa gefertigt werden.
- Den größten Teil der Gesamtkosten einer Batterie zelle machen die Materialkosten aus. Der Zugang zu Rohstoffen und Vormaterialien ist für den Aufbau einer Produktion deshalb elementar.
- Neben den Materialkosten bestimmen die Produktionskosten maßgeblich die Gesamtkosten einer Batterie zelle. Entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit ist die Innovationskraft Deutschlands und Europas: Innovation und Skalierung in der Produktion können ein Hebel für eine Differenzierung im internationalen Wettbewerb sein. Forschung und Entwicklung zum Ersatz kritischer Rohstoffe und zur Skalierung der Produktion müssen weiterhin vorangetrieben werden.
- Um das volle Potential der Batterien für den Klimaschutz zu heben, müssen erneuerbare Energien für Produktion und Betrieb in ausreichendem Maße und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Stromnetze muss insbesondere auch im Hinblick auf eine europäische Batterie zellproduktion konsequent vorangetrieben werden.
- Mittel- und langfristig werden auch zurückgewonnene Batteriematerialien aus Altprodukten eine essenzielle Rohstoffquelle für Europa sein. Innovative Geschäftsmodelle für eine effiziente Kreislaufführung und europäische Strategien zum Umgang mit Sekundärrohstoffen müssen entwickelt und eingeführt werden. Es werden hierbei Fachkräfte mit Kenntnissen der Elektrochemie und Kreislaufwirtschaft benötigt, die über ein Gesamtverständnis für die Handhabung von Batterien verfügen.

Das Herz batterieelektrischer Fahrzeuge ist eine leistungsfähige Batterie. Sie ist ausschlaggebend für Kosten, Performance und Reichweite von BEV und PHEV und bestimmt damit maßgeblich ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber konventionellen Fahrzeugen. Etwa ein Drittel der Wertschöpfung beim Elektroauto entfällt aktuell auf die Batterie. Batteriemodule und -systeme werden in Deutschland und Europa bereits erfolgreich entwickelt und gefertigt. Eine Produktion von Batterie zellen, die mit einem Anteil von etwa 60 bis 70 % eine hohe Bedeutung für die Wertschöpfung des Batteriepacks haben,³ gibt es im großindustriellen Maßstab durch deutsche oder europäische Hersteller jedoch bisher nicht. Das Know-how und die Aktivitäten deutscher und europäischer Chemieunternehmen reichen von der weltweiten Beschaffung und Aufbereitung der Rohstoffe über die Herstellung von Anoden und Kathodenmaterialien, Separatoren und Elektrolyten für die Batterie zelle bis hin zum Recycling. Die Herstellung dieser Batteriematerialien erfolgt heute jedoch überwiegend außerhalb Europas. Ebenso werden Batterie zellen aktuell zumeist aus Asien zugekauft, europäische Unternehmen sind stark von Batterie zellimporten abhängig. Die zu erwartende steigende Nachfrage nach batterieelektrischen Fahrzeugen wird weltweit zu einem riesigen Investitionsbedarf in die Wertschöpfungsnetzwerke für Batterien führen. In einer Welt, die zunehmend von Handelskonflikten und politischen Unsicherheiten geprägt ist, ist es für die europäische Automobilindustrie notwendig, dass in Zukunft ein bedeutender Anteil der Batteriematerialien, -zellen und -module in Europa gefertigt wird. Zur Sicherung der

³ Vgl. NPE: Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, Berlin 2016.

zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit ist es deshalb entscheidend, das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk für die Produktion der Batterie in Europa abzubilden, beginnend mit der aktuell in batterieelektrischen Fahrzeugen eingesetzten Lithium-Ionen-Technologie. Die Gesamtkosten einer Batteriezelle werden größtenteils durch die Materialkosten bestimmt. Der Zugang zu Rohstoffen und Vormaterialien ist für den Aufbau einer Produktion deshalb elementar. Entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit ist jedoch die Innovationskraft Deutschlands und Europas, da ein Großteil der Wertschöpfung von Batteriezellen, -modulen und Batteriepacks in der Produktion entsteht.

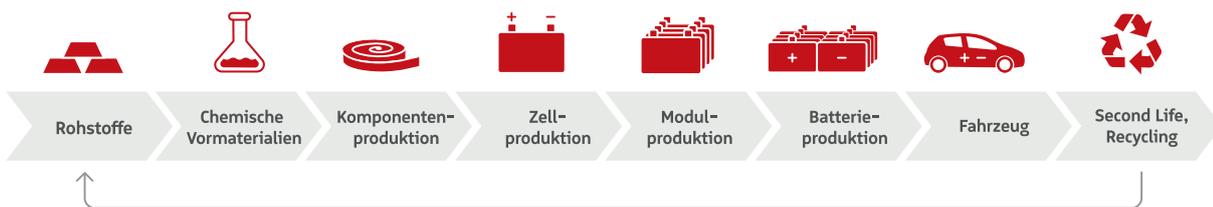


Abbildung 4: Wertschöpfung im Bereich Fahrzeugbatterie

Eigene Darstellung in Anlehnung an NPE: Fortschrittsbericht 2018

Sicherung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe

Nicht nur für die chemische Industrie, sondern für die gesamte Wertschöpfungskette sind Fragen des verantwortlichen und nachhaltigen Rohstoffbezugs von höchster Bedeutung. Europa ist arm an Rohstoffen, insbesondere an strategischen Rohstoffen für die Elektromobilität. Zu diesen Materialien zählen wertvolle und teilweise sogar versorgungskritische Metalle wie Kupfer, Kobalt, Nickel oder Lithium: Die Kritikalität dieser Rohstoffe muss stärker als bisher berücksichtigt und in Bezug auf Europa regelmäßig neu bewertet werden. Hierzu ist das Monitoring der relevanten Rohstoffmärkte und Lieferketten durch die Deutsche Rohstoffagentur (DERA) fortzusetzen und auszubauen. Für europäische Unternehmen muss ein langfristiger Zugang zu allen wichtigen Rohstoffquellen vorhanden sein und gesichert werden: Der Bezug der Rohstoffe aus zertifizierten Quellen ist sicherzustellen und politisch zu flankieren. Hierbei ist auch eine Erweiterung der Betrachtung auf Alternativen zu knappen Rohstoffen sinnvoll und die Förderung aller Maßnahmen, die die Abhängigkeit von knappen Rohstoffen – vor allem im Rahmen von F&E bei der Entwicklung neuer Batteriegenerationen – reduzieren. Insbesondere sollten auch die Potentiale für europäische Primärrohstoffe sowie sekundäre Rohstoffe aus dem Batterierecycling erschlossen werden. Im Bereich der Forschungsförderung sind ressortübergreifende Strategien zum verantwortungsvollen Bezug und zum Recycling wesentlicher Rohstoffe mit hoher strategischer Bedeutung für die Produktion von Batteriezellmaterialien zu entwickeln. Dem Batterierecycling wird vor allem in einer späteren Phase eine signifikante Bedeutung zukommen, wenn gebrauchte Batteriesysteme ihr Nutzungsende erreicht haben.

Produktion von Kathoden- und Anodenmaterialien

Zu den wichtigsten Bestandteilen der Lithium-Ionen-Batterien zählen Kathodenmaterialien. Sie bestimmen wesentlich die Effizienz, die Zuverlässigkeit, Kosten, Lebensdauer und letztendlich auch die Größe der Batterie. Damit spielen diese Materialien eine Schlüsselrolle für eine zuverlässige europäische Wertschöpfungskette. Kathodenmaterialien machen ungefähr 70 % der Materialkosten einer Batteriezelle aus, wobei die reinen Metallrohstoffkosten daran den größten Anteil ausmachen. Der Rest entfällt auf die Anode, den Separator, Elektrolyten und Materialien für das Gehäuse. Rechnet man weitere Faktoren wie die Zellherstellung und damit verbundene Kosten ein, kommt man auf einen Wert von circa 30 % an den Kosten der Gesamtzelle.

Nach den Kathodenmaterialien stellen die Anodenmaterialien den nächstgrößten Wertanteil dar. Die Besonderheit ist hierbei, dass die dafür essentiellen Produkte sowohl auf natürlicher als auch synthetischer Graphitbasis durch ein Oligopol weniger asiatischer Lieferanten dominiert werden. Hier spielen insbesondere marktbeherrschende chinesische Naturgraphitminenbetreiber und Anodenmaterialhersteller eine wesentliche Rolle. In Europa gibt es derzeit lediglich vereinzelte Anbieter. Nur über den Aufbau eines EU-Gegengewichts dazu, insbesondere mit dem weniger rohstoffabhängigen und besser skalierbaren Synthesegraphit, können Verfügbarkeit und konkurrenzfähige Konditionen für Zellhersteller sichergestellt werden. Naturgraphit wurde von der DERA versorgungskritischer als Kobalt bewertet.

Überwiegend außerhalb Europas betreibt die chemische Industrie heute schon Produktionsanlagen, um Kunden weltweit mit diesen Produkten zu versorgen. Die europäischen Chemieunternehmen haben signalisiert, dass sie die Ziele der EU-Kommission und vieler Mitgliedstaaten, eine nachhaltige Wertschöpfung in Europa zu etablieren, mit Investitionen unterstützen werden. So haben führende europäische Chemieunternehmen bereits ihre Absicht erklärt, eine Produktion von Kathodenmaterialien mit erneuerbaren Energien in Europa aufzubauen und bestehende Produktionskapazitäten mit CO₂-optimierter Stromversorgung auszubauen. Eine der weltweit größten Recyclinganlagen für Batteriezellen wird zudem bereits in Belgien betrieben. Diese im Jahre 2011 in Betrieb genommene industrielle Pilotanlage hat eine Jahreskapazität von 7.000 Tonnen und kann somit Batterien von ungefähr 35.000 vollelektrischen Fahrzeugen recyceln und die notwendigen Funktionsmetalle Kupfer, Kobalt, Nickel und Lithium in Batteriequalität zurückgewinnen. Eine signifikante Erweiterung dieser Anlage ist in Planung.

Darüber hinaus überprüfen verschiedene Unternehmen Investitionen auch mit Unterstützung von staatlichen Förderungen im Rahmen eines sogenannten „wichtigen Projekts gemeinsamen europäischen Interesses“ („Important Project of Common European Interest“, IPCEI). Das wirtschaftspolitische Ziel dieser Projekte ist es, den Vorsprung der asiatischen Länder bei der Batteriezellprodukten aufzuholen und Investitionshemmnisse in Europa zu überwinden, um eine nachhaltige Produktion von innovativen und wettbewerbsfähigen Batterien in Europa aufzubauen.

Forschungsförderung zur Produktionsskalierung, zu neuen Batteriegenerationen und innovativen Batteriesystemen

Aufgrund des riesigen Marktpotentials wird der weltweite Wettbewerb um Innovationen zur Verbesserung existierender Batteriesysteme und die Entwicklung neuer Batteriegenerationen immens bleiben. Dies hat Folgen für die Innovationsanstrengungen der Unternehmen auf der einen Seite und für die Maßnahmen der staatlichen Forschungsförderung auf der anderen Seite. Die Entwicklung von Batterien, Batteriezellen und Batteriematerialien funktioniert effektiv im Rahmen eines eingespielten innovativen Wertschöpfungsnetzwerkes. Hier liegt die Stärke des Industriestandorts Deutschland mit seinem funktionierenden Zusammenspiel von Forschungseinrichtungen, Maschinen- und Gerätebau, Materialentwicklung und Produktions-Know-how. Insbesondere adäquates Produktions-Know-how ist eine dringend erforderliche Grundlage bei der Massenfertigung großformatiger Batteriezellen für mobile Anwendungen. Regionale und nationale Wertschöpfungscluster mit internationaler Vernetzung sind die

Basis frühzeitiger Produktivität und Profitabilität und somit zum Markterfolg neuer Automobilwertschöpfungsketten und zum Erhalt zentraler Wertschöpfungsnetzwerke in Deutschland.

Aktuell haben deutsche und europäische Unternehmen im Vergleich zu den außereuropäischen Wettbewerbern einen Nachholbedarf auf den Gebieten Forschung, Entwicklung und Produktion von Batteriezellen und Zellmaterialien. Eine staatliche Forschungsförderung sollte zunächst so gestaltet werden, dass Europa zu den internationalen Marktführern aufschließen kann. Im Fokus der Förderung von Forschung und Entwicklung muss insbesondere die Hochskalierung der Stückzahlen vom Labor in den industriellen Maßstab stehen, da die asiatischen Hersteller hier aufgrund der langen Produktionserfahrung einen Vorsprung haben. Dies schafft eine Basis, von der ausgehend mittel- und längerfristig neue Batterietechnologien und -generationen entwickelt werden können, mit denen eine führende Position bei den zukünftigen disruptiven Technologien eingenommen werden kann. Die Simulation elektrochemischer Prozesse einschließlich des reversiblen und irreversiblen Druckaufbaus in der Zelle sowie struktureller Änderungen der Elektroden kann dabei für F&E in den Bereichen Zellchemie und Produktion gleichermaßen eine wichtige Rolle spielen.

Eine kontinuierliche F&E-Förderung muss weiterhin einen hohen Stellenwert haben. Sie sollte effizienter gestaltet sein als die der asiatischen Wettbewerber. Um erfolgreich zu sein, muss sich die Geschwindigkeit der Umsetzung der Forschungsförderung sich an den Marktanforderungen orientieren und nicht umgekehrt. Darüber hinaus muss die Effektivität der Antragstellung und die der Administration von Forschungsprojekten weiter erhöht werden. Die Bereitstellung der Mittel muss berechenbar und zuverlässig sein. Das bestehende Cluster ProZell und die Forschungsproduktionslinien in Ulm und Braunschweig sowie die zukünftige Forschungsfertigung Batteriezelle der Fraunhofer-Gesellschaft müssen verstärkt und ergänzt werden.

Die einzelnen Förderprojekte (von BMBF und BMWi) müssen stärker aufeinander abgestimmt und besser miteinander verzahnt werden. Von der Bundesregierung geförderte Projekte sind mit europäisch geförderten Projekten abzustimmen, um effizient mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umzugehen. Deutschland braucht eine übergeordnete Strategie, die im europäischen Umfeld vorangetrieben wird. Die bestehenden Aktivitäten von BMBF und BMWi im Rahmen des Dachkonzepts Forschungsfabrik Batterie, des 7. Energieforschungsprogramms sowie im Rahmen der IPCEI und deren enge Verzahnung müssen fortgesetzt werden.

Etablierung einer Europäischen Batteriezellfertigung

Europa hat im Bereich der Batteriemodul- und Batteriesystemmontage eine kompetitive Stellung. Bei den Batteriezellen reichen die Erfahrungen allerdings nicht über eine Kleinserienproduktion hinaus. Europäische Unternehmen sind somit stark von Batteriezellimporten abhängig. Es zeichnet sich bereits ab, dass die überwiegend asiatischen Zellhersteller künftig den Markt diktieren wollen und zudem anstreben werden, weitere Anteile in der Wertschöpfungskette, etwa im Bereich der Modulfertigung, abzudecken. Weiterhin zeigen die aktuellen Handelsstreitigkeiten zwischen den USA und China, dass ein lokales Sourcing von Komponenten notwendig werden kann, wenn protektionistische Regulierungen in den Regionen eingesetzt werden würden. Unabhängig von solchen Restriktionen wird eine kompetitive europäische Batteriezellproduktion im großindustriellen Maßstab dringend benötigt und sollte idealerweise von europäischen bzw. deutschen Unternehmen umgesetzt werden. Entsprechende Technologien müssen kostengünstig realisiert, rechtzeitig hochskaliert und unter Betriebsbedingungen getestet werden. Ein umfangreiches Scale-up wird aber nur auf Basis von langfristigen Lieferverträgen in einem für Hersteller transparenten europäischen Markt erfolgen. Andererseits ist aber ein rechtzeitiges Scale-up unerlässlich, um Economy-of-Scale-Effekte mitzunehmen und niedrige Produktionskosten bei gleichzeitig hoher Qualität zu realisieren. Für eine Standortwahl pro Europa ist dabei vor allem ein hoher Automatisierungsgrad entscheidend. Dieser Ansatz wird durch das Dachkonzept Forschungsfabrik Batterie und die Forschungsfertigung Batteriezelle durch das BMBF nachhaltig unterstützt.

Auf europäischer Ebene wird im Rahmen der „European Battery Alliance“ seit geraumer Zeit der Aufbau einer europäischen Zellproduktion vorangetrieben und politisch flankiert. Mehrere europäische Staaten, darunter Deutschland, haben sich zu dem Ziel bekannt, diesen Aufbau industriepolitisch sowie durch geeignete Förderinstrumente zu unterstützen. Das BMWi hat dafür im Energie- und Klimafonds (EKF) 1 Milliarde Euro bereitgestellt. Die Förderungen der beteiligten europäischen Staaten sollen beihilferechtlich als „Important Project of Common European Interest“ ausgestaltet werden. Aktuell sind auf europäischer Ebene zwei IPCEIs zur Batterieproduktion in Anbahnung, die auch die Industrialisierung einer europäischen Zellfertigung in Angriff nehmen sollen. Eine beihilferechtliche Genehmigung durch die Europäische Kommission steht derzeit noch aus.

Damit eine Batterie(material)produktion langfristig in Europa bestehen kann, müssen sich Bundesregierung und EU-Kommission zudem für chancengleiche Wettbewerbsbedingungen einsetzen. Dies muss durch entsprechende handelspolitische Maßnahmen, unter anderem auch in der Zollpolitik, und deren konsequente Umsetzung, zum Beispiel im Rahmen von bi- und multilateralen Handelsabkommen, flankiert werden.

Zusätzlich unterstützen globale Initiativen wie die Global Battery Alliance des World Economic Forums den Dialog zwischen allen Akteuren weltweit und tragen zu einer vorwettbewerblichen Verständigung über eine nachhaltige Batteriewertschöpfung bei. Dieser von allen Akteuren geachtete Rahmen wird von entscheidender Bedeutung für die breite Akzeptanz der E-Mobilität bei europäischen Verbrauchern sein.

Planungssicherheit durch klare und transparente Strategien

Europäische Materialhersteller zeigen die nötige Investitionsbereitschaft, wohingegen Investitionen in eine Batteriezellfertigung im Wesentlichen von entsprechenden längerfristigen Lieferverträgen und damit einhergehender Planungssicherheit abhängen. In beiden Bereichen stehen die großen Investitionsentscheidungen noch aus: Für einen erfolgreichen Markteintritt ist es insbesondere bei der Batteriezellfertigung entscheidend, dass diese Investitionen sehr zeitnah erfolgen. Politische Unterstützung ist ebenso wünschenswert wie verbindliche Vorgaben (zu Förderungen), der Abbau bürokratischer Hürden und eine klare und transparente Strategie für Europa, um Planungssicherheit für Investoren zu schaffen.

Referenzen und Marktzugang für Europäische Unternehmen

Für viele europäische Anlagenbauer und Zulieferer ist der Zugang zum globalen Markt eingeschränkt, da die Batteriezellen größtenteils in Asien produziert werden. Eine eigene europäische Batteriezellproduktion ist insofern auch von enormer Bedeutung, um den gerade in Deutschland leistungsfähigen Anlagenbau zu stärken und wichtige Referenzen aufzubauen. Die verbesserte Marktnähe würde sich zusätzlich positiv auf die anwendungsorientierte F&E und die Personalentwicklung in Europa auswirken.

Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit

Die europäische Politik, Industrie, Forschung und die Verbraucher legen großen Wert auf nachhaltige, faire und umweltfreundliche Produkte. Auf nationaler und europäischer Ebene wird diskutiert, ob sich für nachhaltige „grüne“ Batterieprodukte und Lithium-Ionen-Batterien aus Europa Alleinstellungsmerkmale und Marktvorteile herausarbeiten lassen und wie die Themen CO₂-arme und faire Produktion bei der Vermarktung genutzt werden könnten.

Zu diesen Fragen besteht in der AG4 weiterer Diskussionsbedarf. Die Diskussion könnte vertieft und quantifiziert werden durch die Anhörung und Einbindung von Experten aus dem Bereich der Lebenszyklusanalysen.

Bezahlbare Energiepreise für Unternehmen und Verbraucher

Europäische Produktions- und Recyclingtechnologien sind vergleichsweise energieeffizient. Dieselbe Energieeffizienz sollte sich auch in der Batteriezellproduktion umsetzen lassen. Batterien können ihr volles Potential zum Klimaschutz nur leisten, wenn nicht nur für den Betrieb der Elektrofahrzeuge, sondern auch für die Produktion der Batterien erneuerbare Energien verwendet werden. Deswegen muss der Ausbau der erneuerbaren Energien und der Stromnetze konsequent vorangetrieben werden. Erneuerbare Energie muss der Industrie in ausreichendem Maße und zu wettbewerbsfähigen Preisen zur Verfügung stehen, um treibhausgasarme Produkte herstellen zu können. In einigen EU-Ländern und insbesondere in Deutschland sind die Strompreise im internationalen Vergleich allerdings sehr hoch: Finanzielle Erleichterungen wären für eine erfolgreiche Mobilitätswende und eine konkurrenzfähige Batterieindustrie in Europa hilfreich und würden die bestehenden Investitionshürden reduzieren. Strompreise und die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien werden in vielen Ländern, in besonderem Maße in Deutschland, durch regulatorische Vorgaben bestimmt. Reallabore können geeignete forschungspolitische Instrumente sein, um passende Rahmenbedingungen zu identifizieren und zu gestalten und sollen zu diesem Zweck vermehrt eingesetzt werden. Ziel sollte sowohl die weitere Integration erneuerbarer Energien in den Markt als auch die Integration in die industrielle Energieversorgung und Wertschöpfung sein.

Effiziente Kreislaufführung von Batteriematerialien

Zusätzlich zur Verwendung von erneuerbaren Energien bei der Herstellung der Batteriematerialien sind weitere Nachhaltigkeitsgewinne durch das Recycling von Batteriematerialien und der darin enthaltenen Funktionsmetalle zu erreichen. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf. Die Themen Re-Use und Re-Manufacturing müssen zukünftig an Bedeutung gewinnen. Beispielsweise sollten Batterien zukünftig so konstruiert werden, dass Reparatur, Second-Life und effektives Recycling der knappen Funktionsmaterialien am Ende möglich werden. Gleichzeitig sind durch die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle umfassende Kreislaufsysteme aufzubauen: Ein effektives Batterie- und Batteriezellrecycling sowie dazugehörige Logistiklösungen (die auch neue Vermarktungskonzepte umfassen können) müssen weiterentwickelt und auf die künftigen Hochvolumenströme ausgelegt werden (sicherer Batterietransport auch von beschädigten Systemen, automatisierte Demontageverfahren, energie- und ressourcen-effiziente Recyclingprozesse). Dabei müssen das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk betrachtet und gemeinsame europäische Strategien zum Umgang mit Sekundärrohstoffen erarbeitet werden.

Auch wenn ein großer Rücklauf von automobilen Antriebsbatterien erst ab 2025 zu erwarten ist, müssen bereits heute die notwendigen Strukturen aufgebaut werden. Es werden hierbei Fachkräfte mit Kenntnissen der Elektrochemie und Kreislaufwirtschaft benötigt, die über ein Gesamtverständnis für die Handhabung von Batterien verfügen. Zusätzlich muss das Potential aus heute kaum recycelten portablen Lithium-Ionen-Batterien genutzt werden, wodurch bestehende Recyclingkapazitäten schon heute gefüllt und dem Markt signifikante Mengen an benötigten Funktionsmetallen zur Verfügung gestellt werden können. Zurückgewonnene Batteriematerialien aus Altprodukten sind mittel- und langfristig eine essentielle Rohstoffquelle für Europa. Idealerweise sollten die Sekundärrohstoffe deshalb in Zukunft so zurückgewonnen werden, dass sie wieder zur Herstellung von Batterieprodukten in Primärqualität eingesetzt werden können.

3.2 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERK LEISTUNGSELEKTRONIK

- In einigen Bereichen der Leistungselektronik, beispielsweise Software und Produktionstechnologie, weist die deutsche Industrie erheblichen Nachholbedarf zum internationalen Benchmark auf. Um die bestehende Wertschöpfung in Deutschland zu halten und Marktanteile aus Asien zurückzugewinnen, muss insbesondere das systemübergreifende Wissen für integrierte Systemtechnik und Systemlösungen ausgebaut werden. Der Aufbau von Software-Kompetenz ist über alle Teilbereiche der Leistungselektronik hinweg notwendig. Forschungs- und Entwicklungsprogramme zu aktiven Bauteilen der zweiten und dritten Generation sind erforderlich, um die Wettbewerbsfähigkeit auch bei zukünftigen und disruptiven Technologien zu sichern.
- Starke Wertschöpfungspotentiale bestehen auch in der Adressierung von F&E-Fragestellungen, die über das Fahrzeug hinausgehen, beispielsweise bei der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur.
- Steigende Personalbedarfe erfordern eine verstärkte öffentlichkeitswirksame Vermittlung der Attraktivität des klassischen Ingenieurfachs Elektrotechnik.

Die Leistungselektronik ist neben der Batterie und dem Elektromotor eine zentrale Komponente jedes elektrischen Antriebsstrangs in Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Auch in verbrennungsmotorischen Fahrzeugen werden vermehrt Hilfsaggregate durch elektrische Maschinen angetrieben, um die Systemeffizienz zu steigern und den Kraftstoffverbrauch zu senken. Vernetzung und Automatisierung eröffnen darüber hinaus neue Applikationsfelder für die Leistungselektronik. Damit erfährt der Markt für Leistungselektronik insbesondere in der Automobilindustrie ein starkes Wachstum und gewinnt damit an Bedeutung für den Produktionsstandort Deutschland.

Deutschland und Europa stehen hier im Wettbewerb zu asiatischen Regionen. Aufgrund der frühen Elektrifizierung von Antriebssträngen, insbesondere getrieben durch japanische Hersteller und die Nähe zur Konsumelektronik, existieren in Asien hochkomplexe Wertschöpfungsketten mit spezialisierten Teilnehmern. Entlang der Wertschöpfungsketten werden alle relevanten Kompetenzen abgedeckt. Sowohl von Seiten der Wissenschaft als auch im Bereich der grundlagen- und anwendungsbezogenen Entwicklungskompetenz und insbesondere aufgrund jahrzehntelanger Produktionserfahrung wird hier ein internationaler Maßstab gesetzt, an dem sich Europa und Deutschland messen lassen müssen.

In China, dem größten Markt für Elektromobilität, baut die chinesische Industrie aktuell alle erforderlichen Kompetenzen strategisch aus und wird damit ebenso in Konkurrenz zu deutschen und europäischen Herstellern treten. Darüber hinaus sind auch in den USA partiell hohe Kompetenzen vorhanden.

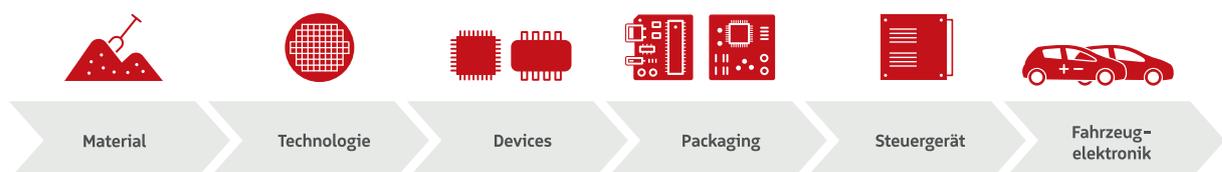


Abbildung 5: Wertschöpfung im Bereich Leistungselektronik

Die Wertschöpfung bei der Leistungselektronik lässt sich grob einteilen in:

- Werkstoffe
- Bauelemente (aktiv, passiv, Logik-Bauelemente) und Schaltungsträger
- Grundfunktionen wie Schaltungstopologien, Thermomanagement, Aufbau- und Verbindungstechnik
- Gerätenahe Funktionen wie Montagen, Software, NVH (Noise, Harshness, Vibration) und EMV (elektromagnetische Verträglichkeit)
- System/Anwendung mit Systemintegration, E/E-Architektur, Schnittstellen zur Ladeinfrastruktur

Dringende Bedarfe bei Forschung und Entwicklung

Die Wertschöpfungsinhalte Wissenschaft und Forschungsnetzwerke sowie grundlagen- und anwendungsorientierte Entwicklung werden durch deutsche Institutionen und Unternehmen grundsätzlich abgedeckt. Kritisch anzumerken ist, dass die bestehenden Kompetenzen in vielen Bereichen nur als „State of the Art“ bezeichnet werden können und erhebliche Anstrengungen unternommen werden müssen, um einen weltweiten Benchmark darzustellen. Einzig in den Bereichen Thermomanagement und Schaltungstopologien ist sowohl die wissenschaftliche Basis als auch die Entwicklungskompetenz als hervorragend zu bezeichnen.

Zur Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit sind weiterhin starke F&E-Programme erforderlich – auch um zu asiatischen Technologieführern im Bereich der Elektromobilität aufzuschließen.

Damit die Basis für eine nachhaltige Fertigungslandschaft in Deutschland erhalten und weiter gefestigt werden kann, sind weitere Anstrengungen im Bereich F&E notwendig, denn herausragende Forschung und Entwicklung bildet die Grundlage für wettbewerbsfähige Fertigungen.

Die Gefahr von Lücken ist für die Zukunft im Bereich der aktiven Bauteile der zweiten und dritten Generation (unter anderem GaN-Leistungshalbleiter) erkennbar. Entsprechende Fertigungs- und Entwicklungskapazitäten werden zunehmend in Asien aufgebaut. Bei aktiven Leistungsbaulementen sind deshalb verstärkte Investitionen in Anlagen und wissenschaftliche Grundlagen vor allem im Bereich Leistungselektronikkomponenten erforderlich, um die Wettbewerbsfähigkeit bei zukünftigen und disruptiven Technologien zu sichern.

Die Entwicklung von Technologien für neuartige Leistungshalbleiter hinsichtlich Auslegung, Materialien und Fertigung sollte beispielsweise im Bereich von Halbleitern der dritten Generation als disruptive Technologie gefördert werden. Hierbei können Synergien zu den aktuell durch das BMBF unterstützten Projekten FMD (Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (Fraunhofer)) und ForLab (Universitäten) gehoben werden, indem die im Rahmen der beiden Projekte aufgebauten Halbleiterfertigungsanlagen in weiteren hochwertigen länderübergreifenden Verbundprojekten gemeinsam mit der Industrie genutzt werden. Zudem ist eine ganzheitliche Verstärkung von F&E entlang der Wertschöpfungsketten durch Leuchtturmprojekte mit starker Beteiligung von Industrie und Wissenschaft erforderlich. Ein zentraler Fokus sollte dabei auf die Integrationsfähigkeit der Halbleiter der dritten Generation im System, inklusive der Aufbau- und Verbindungstechnik, gelegt werden.

Im Wertschöpfungsinhalt Produktionstechnologie sind ähnliche Defizite zu verzeichnen. Über die gesamte Wertschöpfungskette ist Know-how vorhanden. Es kann im Weltmaßstab allerdings nicht als hervorragend bezeichnet werden. Insbesondere im Hinblick auf die zukünftige Bedeutung der Leistungselektronik besteht erheblicher Bedarf. Einzig im Teilgebiet „Gehäuse“, also der Montagetechnologie, sind auch im Weltmaßstab hervorragende Kompetenzen zu verzeichnen.

Wertschöpfungspotentiale durch den Ausbau interdisziplinären Systemwissens

Zum Erhalt und Ausbau der Wertschöpfung in Deutschland ist ein starkes interdisziplinäres Systemwissen im Hinblick sowohl auf Geräteintegration und das Zusammenspiel von Komponenten und Systemen (inklusive Software und EMV/NVH) als auch auf die erfolgreiche Anwendung dieses Wissens wichtig. Integrative, ganzheitliche und systemübergreifende Projekte entlang der Wertschöpfungskette bieten die ideale Gelegenheit, um Kompetenzen zu erhalten, neue Kompetenzen auszubilden und Kompetenzlücken zu schließen. Bereits im Rahmen der Nationalen Plattform Elektromobilität wurde deshalb ein besonderer Fokus der F&E-Aktivitäten auf Systemintegration gelegt und als wesentliches Thema für die Leistungselektronik beschrieben. So liegt, auch aufgrund erfolgreicher Forschungsprojekte wie EMiLE und ProPower⁴, in vielen Bereichen interdisziplinäres Systemwissen vor. Um dieses Wissen zu erhalten und besonders in zukünftig zentralen Bereichen wie Systeminteraktion, Ausfallsicherheit und Datensicherheit für die zunehmend vernetzte und automatisierte Mobilität weiter zu vertiefen, sind weiterhin vorwettbewerbliche Forschungsprojekte notwendig.

Insbesondere im Bereich Software sind in vielen Wertschöpfungsbereichen explizite Schwächen zu verzeichnen. Gerade in diesem entscheidenden Feld der Leistungselektronik hat Deutschland einen signifikanten Bedarf, vor allem bei der Bereitstellung hochwertig ausgebildeter Informatiker und Software-Architekten.

Starke Wertschöpfungspotentiale bestehen zudem in der Adressierung von F&E-Fragestellungen, die über das Fahrzeug hinausgehen, zum Beispiel im Bereich der Ladeinfrastruktur. Die technische Realisierung der Verbindung zwischen batterieelektrischen Fahrzeugen und Netzanschluss, das heißt die Integration und Interaktion von On- und Offboard-Ladegeräten sowie den beteiligten Bordnetzen, sind nur unzureichend erforscht. Innovative Forschungsaktivitäten zur Kompatibilität und Modularität von leistungselektronischen Ladeelektroniken, welche auf die Einführung eines technik- und generationenübergreifenden Standards abzielen, sind für die zukünftige Wertschöpfung im Rahmen des weltweiten Ausbaus von Ladeinfrastruktur von erheblicher Bedeutung. Durch die Erschließung von Skalierungspotentialen im Bereich der Automobilelektronik und die zusätzliche Nutzung im Bereich der Ladeinfrastruktur lassen sich Wettbewerbsfähigkeit und Kundennutzen erhöhen. Effizienzsteigerungen durch die intelligente Auslegung des Ladesystems tragen positiv zur CO₂-Bilanz bei. Darüber hinaus müssen neben einer zügigen Schaffung des regulatorischen Rahmens im Bereich gesteuerter und bidirektionaler Ladeverfahren mit entsprechenden Netzdienstleistungen neue Technologien gefördert werden, um in diesem Innovationsfeld systemübergreifend, im Hinblick auf die Netzintegration von Ladetechnologien und auf netzstützende Technologien eine starke Wertschöpfung in Deutschland abzubilden.

Steigende Personalbedarfe im Bereich Leistungselektronik

Personalakquise und -weiterbildung sind ausschlaggebende Faktoren für die Wertschöpfung bei der Leistungselektronik. Es werden Fachkräfte im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk der Leistungselektronik benötigt, angefangen bei Systemdesignern, Entwicklern für Embedded-Systeme und Antriebstechnologien bis hin zu Prüfstandstechnikern. Die Interaktion mit der IKT-Welt wird ebenfalls eine wichtige Aufgabe sein. Diese Tätigkeiten werden vornehmlich von Ingenieuren und Informatikern bearbeitet. So wird besonders der Anteil an Informatikern und Ingenieuren aus dem Bereich Elektrotechnik in Zukunft erhöht sein. Die Wertigkeit einer soliden Grundausbildung im Bereich Elektrotechnik wird daher weiter zunehmen. Um den Anreiz für das klassische Ingenieurfach Elektrotechnik zu steigern, ist eine klare Positionierung in der Öffentlichkeitsarbeit aller beteiligten NPM-Partner erforderlich.

⁴ Vgl. NPE: Fortschrittsbericht 2018, Berlin 2018.

3.3 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERK VERBRENNUNGSMOTORISCHE ANTRIEBE

- Mit dem Hochlauf batterieelektrischer Fahrzeuge wird eine Verschiebung von Entwicklungs- und Personalressourcen aus den Bereichen des Verbrenners in Richtung Elektromobilität stattfinden. Auswirkungen auf die bestehende Personalbasis, insbesondere in der Produktion, muss durch Neuqualifizierungs- und Anpassungsprogramme begegnet werden.
- Auf absehbare Zeit werden substantielle Anteile der Antriebe weiterhin verbrennungsmotorisch bleiben. Die Kompetenzen zur Herstellung verbrennungsmotorischer Antriebe müssen trotz des Markthochlaufes der Elektromobilität erhalten bleiben. Um einem drohenden Abschmelzen der Kompetenzbasis entgegenzuwirken, muss die Attraktivität von Ausbildung und Studium im Bereich des Verbrenners sichergestellt und vermittelt werden. Es sind weiterhin Investitionen in Technologien sowie in Forschungs- und Entwicklungsressourcen erforderlich.
- Mit sinkenden Produktionsvolumina für verbrennungsmotorische Antriebe werden einige Zulieferer nicht mehr über die notwendigen Investitionsmittel für eine Anpassung an die veränderten Technologiebedarfe verfügen. Um Lieferketten zu erhalten, kann eine gesteuerte Restrukturierung erforderlich werden.

Die Wertschöpfungsnetzwerke für verbrennungsmotorische Antriebe stehen vor einer zweifachen Herausforderung: Der Rückgang der Stückzahlen für Verbrennungsmotoren erfordert eine gesteuerte Anpassung der Ressourcen. Der auf absehbare Zeit immer noch substantielle Bedarf an Verbrennungsmotoren verlangt jedoch gleichzeitig Investitionen in Technologien, sowie Forschungs- und Entwicklungsressourcen. In der öffentlichen Diskussion wird der Eindruck vermittelt, Verbrennungsmotoren würden in kürzester Zeit obsolet werden. Dies erscheint jedoch, insbesondere im Hinblick auf Anwendungen im Güterverkehr und auf der Langstrecke, selbst in aggressiven Elektrifizierungsplanungen nicht umsetzbar. Zukünftigen Studierenden und Auszubildenden ist deshalb die Zukunftsperspektive von Technologien des Verbrenners zu vermitteln.

Das Wertschöpfungsnetzwerk für verbrennungsmotorische Antriebe umfasst von den Fahrzeugherstellern bis zu den Zulieferern in der fünften und sechsten Wertschöpfungsstufe eine große Vielfalt von Einzelteilen und Subsystemen, die in einer breitgefächerten Industrie mit Schwerpunkt in Deutschland und Europa dargestellt werden. Alle bekannten Fertigungstechnologien kommen zum Einsatz und wurden in jahrzehntelanger Arbeit konsequent im Hinblick auf Qualität und Produktivität optimiert. Einzig bei Elektronikkomponenten besteht eine Abhängigkeit von anderen Regionen der Welt. Das Wertschöpfungsnetzwerk fächert sich dabei von Rohstoffen bis zum Endprodukt in mehr als fünf Stufen auf. Es umfasst eine Vielzahl unterschiedlichster Unternehmen – von multinationalen Konzernen bis zu kleinen und Mittlere Unternehmen. Insbesondere der Mittelstand bildet ein wichtiges Rückgrat dieser Industrie.

Fahrzeughersteller, aber auch Zulieferer bis hin zu mittelständischen Unternehmen sind global aufgestellt.

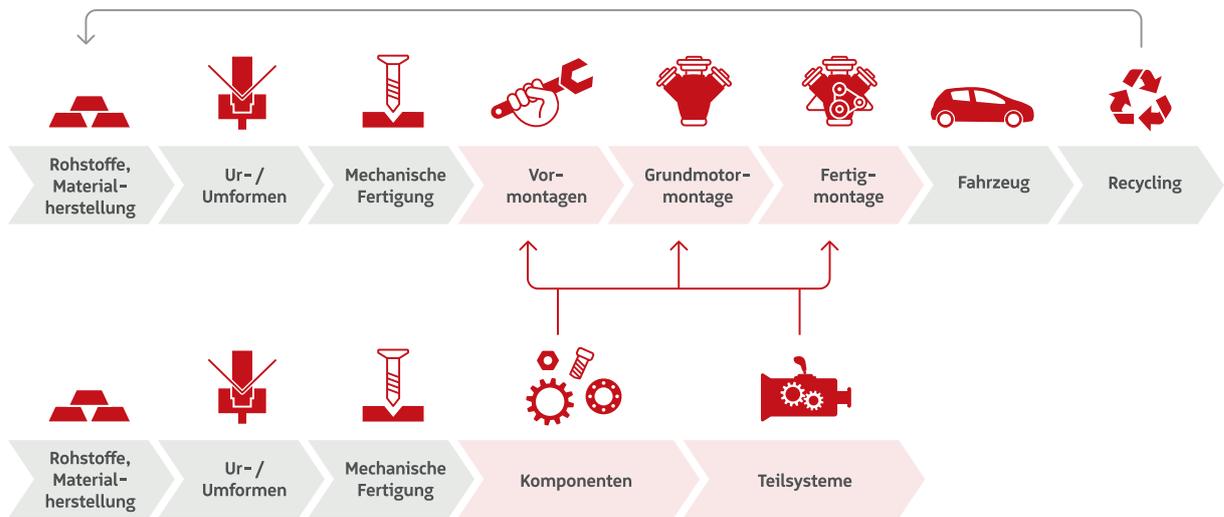


Abbildung 6: Wertschöpfung im Bereich verbrennungsmotorischer Antriebe

Aus Vereinfachungsgründen werden die unterschiedlichen, teilweise sehr komplexen Wertschöpfungsstufen, unabhängig davon, ob bei Fahrzeugherstellern oder bei Zulieferern ausgeführt, in die drei Ebenen Rohstoffe, Einzelteile und Subsysteme sowie Montage eingeteilt.

Für alle Wertschöpfungsstufen der Verbrennungsmotoren gilt: Die wissenschaftliche Basis, die existierenden Forschungsnetzwerke in Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie das in Unternehmen zur Verfügung stehende Entwicklungs-Know-how bezüglich Grundlagenentwicklung und auch für die anwendungsorientierte Entwicklung sind in Deutschland besonders stark ausgeprägt. Die zur Verfügung stehende Personalbasis ist sowohl in ihrer Quantität als auch insbesondere in ihrer Kompetenz zum aktuellen Zeitpunkt höchst wettbewerbsfähig. Die deutsche Industrie stellt an dieser Stelle sicherlich einen internationalen Benchmark dar.

Erhalt der Kompetenzbasis

Im Hinblick auf die Entwicklung der nächsten zehn Jahre sind jedoch signifikante Veränderungen zu erwarten: Sowohl bei Fahrzeugherstellern als auch bei Zulieferern in allen Wertschöpfungsstufen wird durch die Verrentung geburtenreicher Jahrgänge ein signifikantes Abschmelzen der Kompetenzbasis eintreten. Darüber hinaus erfordert der Aufbau an Know-how für die Elektromobilität eine Umsteuerung von Entwicklungsressourcen aus den Bereichen des Verbrenners. Beide Effekte führen mit großer Wahrscheinlichkeit dazu, dass im Bereich der technologischen Entwicklung für Verbrennungsmotoren in Zukunft kein Überangebot, sondern vielmehr eine Unterdeckung an hochwertig ausgebildetem Personal bestehen wird.

Es ist deshalb mit einer großen Nachfrage nach qualifiziertem Personal für alle technischen Disziplinen des Verbrennungsmotors zu rechnen, sowohl aus Universitäten und Forschungseinrichtungen als auch aus der innerbetrieblichen Ausbildung. Inwieweit diese Nachfrage durch Ausbildungen an Universitäten und Forschungseinrichtungen

gedeckt werden kann, hängt von der Attraktivität des Produktes Verbrennungsmotor für die Studierenden sowie von der finanziellen Ausstattung und Förderung entsprechender Forschungsvorhaben an Instituten und Forschungseinrichtungen ab. Auch bei aggressivem Hochfahren der Stückzahlen für batterieelektrische Fahrzeuge werden mittel- und längerfristig substantielle Anteile der Antriebe durch Verbrennungsmotoren dargestellt werden, an die höchste Anforderungen bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit und Technologie gestellt werden. Um die führende Position Deutschlands und Europas auf diesem Gebiet nicht zu gefährden, muss die Ausbildung entsprechender Fachkräfte gerade an Universitäten, aber ebenso in Betrieben im Fokus bleiben. Die Attraktivität der Studiengänge, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz regenerativ erzeugter Kraftstoffe, ist zwingend zu erhalten.

Eine ähnliche Entwicklung ist im Hinblick auf das Produktions-Know-how zu verzeichnen. Bei Fahrzeugherstellern und Zulieferern stehen in diesem Bereich größte Kompetenzen zur Verfügung, sowohl aus universitärer Ausbildung, insbesondere aber auch aus Fachhochschulen und Lehrberufen. Diese industrielle Basis, die einen wichtigen Teil des Markenkerns des „Made in Germany“ bildet, muss im Zuge der Transformationsprozesse erhalten bleiben.

Anpassungsbedarfe für die Personalbasis in der Produktion

Die Wirkung der Transformation der Mobilität im Hinblick auf die Beschäftigung wurde unter anderem in der ELAB-Studie bereits dargelegt. Fahrzeughersteller werden einem zurückgehenden Wertschöpfungsbedarf bei Verbrennungsmotoren in den unterschiedlichen Disziplinen durch Neuqualifizierung ihrer Ingenieure begegnen können. Da die Wertschöpfungsinhalte bei Elektroantrieben gegenüber dem Verbrenner signifikant sinken, müssen für das Personal im Produktionsbereich entsprechende Anpassungsprogramme vorgesehen werden. Die Anpassungsbedarfe in diesem Bereich können allerdings durch den demographischen Wandel abgefedert werden, zumal Fahrzeughersteller aufgrund ihrer breitgefächerten Wertschöpfung des Gesamtfahrzeugs größere Flexibilität besitzen.

Zulieferer sind – abhängig von ihrem Spezialisierungsgrad – vom Wandel der Mobilität stärker betroffen. Beispielsweise hat ein hoch spezialisiertes mittelständisches Unternehmen, für dessen Technologie der Bedarf sinkt, ein geringes Flexibilisierungspotential. Der Personalanpassungsbedarf kann hier signifikant höher sein. Die regionale Abhängigkeit vom Verbrennungsmotor ist dabei sehr unterschiedlich und in langer Industrietradition gewachsen.

Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Zulieferer, Erhalt von Lieferketten

Die bestehende Investitionsbasis ist ausgeprägt und kann bezüglich Know-how und Kapazitäten den Marktbedarf erfüllen. Problematisch ist hingegen die finanzielle Ausstattung etlicher Zuliefererbetriebe. Mit zurückgehenden Volumina für verbrennungsmotorische Antriebe werden die Renditen in verschiedenen Industriebereichen derart gering, dass die Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Technologiebedarfe und die damit einhergehende erforderliche Investitionsfähigkeit in neue Technologien hochgradig gefährdet ist. Es ist mit einem erheblichen Konsolidierungsdruck zu rechnen, da andernfalls ganze Lieferketten für einzelne Technologien nicht weiterhin gesichert werden können. Dies macht tendenziell einen gesteuerten Umbau, zumindest in Teilbereichen, erforderlich, bis hin zu Standortschließungen, zur Zusammenfassung von Firmen und weiteren Maßnahmen. Der Leitgedanke hierbei muss sein, die Zuliefererbasis auch bei zurückgehenden Stückzahlen wettbewerbsfähig zu halten.

4 ZUSAMMENFASSENDE EINSCHÄTZUNG

Im vorliegenden Bericht wurden die Wertschöpfungsnetzwerke Lithium-Ionen-Batterie zelle für batterieelektrische Fahrzeuge, Leistungselektronik für die Mobilität und Produktion von verbrennungsmotorischen Antrieben in einem ersten Schritt qualitativ analysiert. Hierzu wurden die aktuell in Deutschland und Europa vorliegenden Fähigkeiten mit dem internationalen Wettbewerb verglichen. Um die unterschiedlichen Reifegrade der jeweiligen Netzwerke miteinzubeziehen, wurde die aktuelle Bewertung zudem um Annahmen dazu ergänzt, wie sich Fähigkeiten in Deutschland und Europa entwickeln und in welchen Feldern potentielle Defizite bestehen oder neu entstehen können.

Für die betrachteten Wertschöpfungsnetzwerke liegt jeweils eine unterschiedliche Ausgangslage vor. Hieraus ergeben sich jeweils spezifische Potentiale und Risiken, die teils spezieller Maßnahmen bedürfen. Es ergeben sich jedoch auch übergeordnete Handlungsempfehlungen, die für alle betrachteten Wertschöpfungsnetzwerke von zentraler Bedeutung sind.

Zentrale Handlungsfelder für die betrachteten Wertschöpfungsnetzwerke

Das Wertschöpfungsnetzwerk Batterie zellproduktion Lithium-Ionen-Zelle ist bisher am wenigsten ausgebaut. Obgleich Kompetenzen für eine Vielzahl von Wertschöpfungsprozessen – von der Herstellung von Anoden- und Kathodenmaterial über die Batteriemodulentwicklung und -fertigung bis hin zum Recycling – vorliegen, wird bisher nicht das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk für die Produktion einer Batterie in Europa abgebildet. Insbesondere eine Batterie zellfertigung im großindustriellen Maßstab durch deutsche oder europäische Unternehmen gibt es bisher nicht. Stattdessen sind europäische Unternehmen aktuell von Batterie zellimporten, die überwiegend von asiatischen Herstellern stammen, abhängig. Die weltweit steigende Nachfrage nach Batterie zellen im Rahmen des Markthochlaufes batterieelektrischer Fahrzeuge sowie potentielle Handelsbeschränkungen bergen das Risiko, zukünftig die Versorgungssicherheit und damit die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Automobilindustrie zu gefährden. Es ist deshalb erforderlich, eine bedarfssichernde, kompetitive europäische Batterie zellproduktion im großindustriellen Maßstab aufzubauen und perspektivisch einen bedeutenden Anteil der Batteriematerialien, -zellen und -module in Europa zu fertigen. Zentrale Handlungsfelder liegen vor allem in der Sicherung der Versorgung mit kritischen Primär- und langfristig auch Sekundärrohstoffen (aus effektivem Recycling), in der Herstellung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit durch die weitere Förderung von Forschung und Entwicklung sowie im Abbau bestehender Investitionshürden.

Im Bereich der Leistungselektronik sind in Summe Kompetenzen entlang des gesamten Wertschöpfungsnetzwerkes vorhanden. In wenigen Bereichen nimmt die deutsche Industrie bereits Spitzenpositionen ein, jedoch werden nicht alle Kompetenzen entlang der Wertschöpfungsketten abgedeckt und es besteht zum Teil beträchtlicher Nachholbedarf auf den internationalen Maßstab. Die Entwicklung und die Fertigung mancher Komponenten sind bereits ins Ausland abgewandert, da sie nicht mehr profitabel sind. Ein zentrales Handlungsfeld im Hinblick auf das Ziel, bestehende Wertschöpfung in Deutschland zu sichern und Marktanteile aus Asien zurückzugewinnen, liegt hier insbesondere im Ausbau von systemübergreifendem Wissen für integrierte Systemtechnik und Systemlösungen, in der Adressierung bestehender technologischer Defizite (beispielsweise bei der Schnittstelle Fahrzeug-Ladeinfrastruktur) sowie in Forschung und Entwicklung disruptiver Technologien wie Halbleiter der dritten Generation einschließlich Software.

Im Wertschöpfungsnetzwerk verbrennungsmotorische Antriebe gilt es, die bestehende Spitzenposition deutscher Hersteller auch bei sinkenden Stückzahlen beizubehalten. Zentrale Handlungsfelder sind der Erhalt von Know-how und Personalbasis sowie die Sicherung der Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Technologiebedarfe bei den Zulieferern, die bei geringeren Auftragsvolumina und sinkenden Renditen nicht über die erforderlichen Investitionsmittel verfügen. Ein eventuell notwendiger Restrukturierungsbedarf muss so gestaltet werden, dass Lieferketten erhalten bleiben.

Übergeordnete Handlungsempfehlungen

Ein starker Fokus auf Forschung und Entwicklung sowie auf den Transfer von Forschungsergebnissen in die industrielle Anwendung ist in allen betrachteten Wertschöpfungsnetzwerken weiterhin erforderlich, insbesondere zur Erlangung und Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit im Bereich disruptiver Technologien und des systemischen Wissens sowie um den Vorsprung des internationalen Maßstabs, beispielsweise der asiatischen Länder beim Einsatz der Leistungselektronik im elektrifizierten Antriebsstrang und bei der Skalierung der Batteriezellproduktion, aufzuholen.

Gemeinsame Forschungs-, Innovations- und Technologietransferprojekte sind weiterhin von größter Bedeutung:

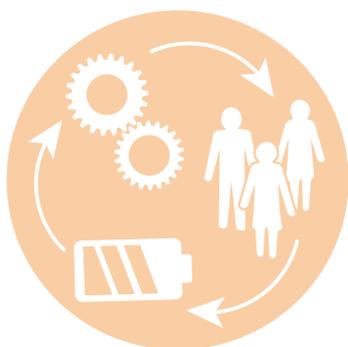
- Leuchtturmprojekte mit Strahlkraft – im Gegensatz zu einer kleinteiligen Budgetverteilung nach dem Prinzip Gießkanne – werden empfohlen. Die Leuchtturmprojekte sollten komplette Wertschöpfungsketten bis hin zur Demonstration abdecken und können von separaten Technologieprojekten flankiert werden.
- Um die erforderliche Forschungsbasis sicherzustellen, sollten vermehrt Verbundprojekte von Bund und Ländern genutzt werden.
- Auch Förderinstrumente wie Spitzencluster können strategisch genutzt werden, um einen Sockelbetrag für kontinuierliche Forschung zu etablieren.
- Von der Bundesregierung geförderte Projekte sind mit europäisch geförderten Projekten abzustimmen, um effizient mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umzugehen. Ebenso wichtig ist weiterhin eine ressortübergreifende Abstimmung der Förderung von Forschungsvorhaben innerhalb Deutschlands.
- Vorwettbewerbliche Forschungsprojekte bieten eine Möglichkeit zur Ausbildung der erforderlichen Kompetenzen bei der Personalbasis und zum Erhalt der Attraktivität von klassischen Studiengängen in den Bereichen Elektrotechnik, Fahrzeugtechnik und Technologie des Verbrennungsmotors.

Die Attraktivität von Ausbildung und Beruf in den beschriebenen Wertschöpfungsnetzwerken, insbesondere in den Bereichen Elektrotechnik, Elektrochemie und Kreislaufwirtschaft sowie verbrennungsmotorischer Antriebsstrang, sollte stärker vermittelt und durch Angebote für lebenslange Weiterbildung gestärkt werden. Zudem besteht die Möglichkeit eines Re-Skillings von Ingenieuren, IT-Spezialisten und Naturwissenschaftlern anderer Fachrichtungen in diese Bereiche hinein. Welche Maßnahmen es ermöglichen, die bestehenden Fachkompetenzen entsprechend zu erweitern, betrachtet die Fokusgruppe *Strategische Personalplanung und -entwicklung* der AG4 weitergehend.

Planungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit sollten durch klare und transparente Strategien und Regularien erhöht werden

- im Bereich der Sicherung von Rohstoffen,
- durch gemeinsame europäische Strategien zum Umgang mit Sekundärrohstoffen
- und um geeignete Rahmenbedingungen für umweltfreundliche Herstellung von Batterien zu schaffen, beispielsweise durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und des Stromnetzes.

Die betrachteten Wertschöpfungsnetzwerke sind im Hinblick auf den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des deutschen und europäischen Produktions- und Mobilitätsstandortes von zentraler Bedeutung. In Anbetracht der zunehmenden Elektrifizierung des Antriebsstranges liegen in allen drei Netzwerken dringende Handlungsbedarfe vor. Diese sollten zeitnah und in gemeinsamer, vorwettbewerblicher Abstimmung von Industrie, Politik und Wissenschaft adressiert werden.



5 AUSBLICK

Im Rahmen ihrer bisherigen Arbeit hat die Fokusgruppe *Wertschöpfung* der AG4 *Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes, Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung* der NPM zunächst die drei Wertschöpfungsnetzwerke mit der höchsten Dringlichkeit für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Produktions- und Mobilitätsstandortes Deutschland qualitativ betrachtet. Anschließend an den vorliegenden Bericht sollen in einer folgenden Arbeitsphase weitere Wertschöpfungsnetzwerke, die mittel oder langfristig an Bedeutung gewinnen können, in den Fokus gestellt werden. Hierzu zählen beispielsweise die Wertschöpfungsnetzwerke zur Produktion von Brennstoffzellen und synthetischen Kraftstoffen sowie weiteren Systeme und Komponenten für batterieelektrische Fahrzeuge. Die Betrachtung soll in Abstimmung mit den weiteren Arbeitsgruppen der NPM vorgenommen werden – der AG2 *Alternative Antriebe und Kraftstoffe für die Mobilität der Zukunft*, die für alle Verkehrsträger technologieoffen alternative Antriebe und Kraftstoffe im Hinblick auf ihren Beitrag zu nachhaltiger Mobilität analysiert, und der AG 5 *Verknüpfung der Verkehrs- und Energienetze, Sektorkopplung*, die untersucht, welche Infrastruktur für alternative Antriebe zur Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor in 2030 erforderlich ist und welche Maßnahmen für den weiteren Ausbau ergriffen werden sollten.

Ebenso soll eine quantitative Analyse der Veränderungen der Wertschöpfung im Mobilitätssektor über die verschiedenen Wertschöpfungsnetzwerke hinweg in zukünftigen Berichten erfolgen.

An die Analyse der Wertschöpfungsnetzwerke knüpft die Fokusgruppe *Strategische Personalplanung und -entwicklung* der AG4 mit einer Betrachtung der zu erwartenden Beschäftigungsentwicklung an. Welche Beschäftigungseffekte infolge des Strukturwandels im Mobilitätssektor zu erwarten sind und mit welchen Konzepten Wirtschaft, Politik und Bildungsträger gemeinsam die notwendige (Um)Qualifizierung der Beschäftigten erreichen können, wird sie in ihrem ersten Zwischenbericht in Kürze beleuchten.

6 ANHANG

Literaturverzeichnis

e-Mobil BW GmbH – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg (Hrsg.) (2019): Strukturstudie BW^e mobil 2019. Transformation durch Elektromobilität und Perspektiven der Digitalisierung, Stuttgart.

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2019): ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland, Stuttgart.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) (Hrsg.) (2016): Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, Berlin.

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) (Hrsg.) (2018): Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase, Berlin.

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“ (2019): Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor, Berlin.

Wagner U., Schade W., Sievers L., Berthold D., Doll C., Hartwig J., Mader S. (2018): Status-quo von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe.

Glossar und Abkürzungsverzeichnis

BEV	Battery Electric Vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)
Bidirektionales Ladeverfahren	Ladeverfahren, bei dem Strom sowohl vom Stromnetz in das Fahrzeug, als auch vom Fahrzeug in das Stromnetz fließen kann, sodass ein Ladefluss in beide Richtungen möglich ist, auch genannt: Vehicle-to-Grid-Technologie (V2G-Technology)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CO2	Kohlenstoffdioxid
Cluster ProZell	Kompetenzcluster zur Batteriezellproduktion, Forschungsreihe (gefördert durch das BMBF)
Downsizing	Verkleinerung, Verschlankung
DERA	Deutsche Rohstoffagentur
E/E-Architektur	Elektrik/Elektronik-Architektur
Economy-of-Scale-Effekte	Skaleneffekte, Skalenerträge
EMiE	Elektro-Motor integrierte Leistungs-Elektronik, Forschungsprojekt zur Erprobung nutzfahrzeugspezifischer Elektromobilität (gefördert durch das BMBF), Laufzeit: 2013 - 2016
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
Embedded System	In technischen Kontext eingebettetes Computer- bzw. Rechnersystem
European Battery Alliance	Europäische Batterieallianz, Kooperative Plattform zur Batterieproduktion innerhalb der Europäischen Union, aktiv seit 2017
EKF	Energie- und Klimafonds, Sondervermögen des BMWi im Haushaltsplan 2019 der Bundesregierung
F&E	Forschung und Entwicklung
FMD	Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland, Kooperation des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik mit den Leibniz-Instituten FBH und IHP (gefördert durch das BMBF)

ForLab	Forschungslabore Mikroelektronik Deutschland (gefördert durch das BMBF)
GaN	Galliumnitrid
Global Battery Alliance	Allianz innerhalb des Weltwirtschaftsforums zur Batterieproduktion, aktiv seit 2017
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IPCEI	Important Project of Common European Interest (Projekt gemeinsamen europäischen Interesses), Europäische Förderinitiative, aktiv seit 2017
Kfz	Kraftfahrzeug
Lkw	Lastkraftwagen
NGO	Non-governmental Organization (Nichtregierungsorganisation)
NVH	Noise-Vibration-Harshness (Geräusche und Vibrationen von Kraftfahrzeugen)
NPE	Nationale Plattform Elektromobilität, Von der Bundesregierung eingesetzte Plattform zur Begleitung der Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland, Vorgängerplattform der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität
On-Board Ladegerät	Gerät, das den extern bereitgestellten Strom einer Ladestation für das Batteriemanagement-System des Fahrzeugs aufbereitet und an jenes weiterleitet
Off-Board Ladegerät	Gerät, das den extern bereitgestellten Strom direkt in das Batteriemanagement-System des Fahrzeuges einspeist
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Plug-in-Hybrid-elektrisches Fahrzeug)
Pkw	Personenkraftwagen
ProPower	Forschungsprojekt zu Leistungselektroniksystemen (gefördert durch das BMBF), Laufzeit: 2012 - 2014
Re-Use	Wiederverwendung
Re-Manufacturing	Wiederaufbereitung
Re-Skilling	Umschulung
Second-Life	Weiterverwendung gealterter Batterien in sekundären Speicheranwendungen
World Economic Forum	Weltwirtschaftsforum

IMPRESSUM

Verfasser

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
Arbeitsgruppe 4 – „Sicherung des Mobilitäts- und Produktionsstandortes,
Batteriezellproduktion, Rohstoffe und Recycling, Bildung und Qualifizierung“,
Fokusgruppe Wertschöpfung

Berlin, Oktober 2019

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Redaktionelle Unterstützung

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
IFOK GmbH

Satz und Gestaltung

IFOK GmbH

Lektorat

Wort für Wort GmbH & Co. KG

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ist per Kabinettsbeschluss von der Bundesregierung eingesetzt und wird vom Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur federführend koordiniert.

Sie arbeitet unabhängig, überparteilich und neutral. Alle Berichte spiegeln ausschließlich die Meinungen der in der NPM beteiligten Expertinnen und Experten wider.

NPM

**Nationale Plattform
Zukunft der Mobilität**

