

# Elektromobilität:

Jürgen Dispan

Heinz-Rudolf Meißner



Wirkungen auf regionale  
**Wertschöpfungsketten**  
und auf **Beschäftigung**  
**in Baden-Württemberg**



Vorwort von Jörg Hofmann..... 3

**Zusammenfassung der Studie**

**Handlungsfelder für Betriebsräte** ..... 4

**1. Einleitung**..... 8

**2. Automotive-Cluster in Baden-Württemberg** ..... 10

2.1 Strukturen des Automotive-Clusters..... 11

2.2 Beschäftigungsentwicklung..... 13

**3. Elektromobilität – zum Stand der Diskussion** ..... 14

3.1 Elektromobilität – Technologiebruch im Antriebsstrang..... 14

3.2 Antriebskonzepte ..... 17

3.3 Prognosen der Verteilung verschiedener  
 Antriebsstränge am Markt..... 18

Batteriehersteller als Monopolisten?..... 22

3.4 Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität..... 23

3.5 Komponenten des elektrischen Antriebs ..... 25

3.5.1 Elektromotor..... 26

3.5.2 Batteriesystem..... 27

3.5.3 Infrastruktur..... 31

3.6 Beschäftigungseffekte ..... 31

3.7 Qualifikationsanforderungen..... 36

**4. Potenziale und Risiken der Elektromobilität in Ba-Wü**..... 38

4.1 Elektromotor..... 40

4.2 Batteriesysteme..... 41

4.3 Leistungselektronik..... 43

**5. Thesen und Schlussfolgerungen**..... 44

**6. Literaturverzeichnis** ..... 49



Liebe Leserin, lieber Leser,

die Automobilbranche gehört in Deutschland und insbesondere in Baden-Württemberg zu den bedeutendsten Branchen. Darüber hinaus ist eine große Anzahl von Zulieferern anderer Branchen, allen voran der Maschinenbau, und Dienstleistern vom Fahrzeugbau abhängig. Die Beschäftigung in Baden-Württemberg reagiert daher sensibel auf Umsatzentwicklung und strukturelle Veränderungen in diesen Branchen. Der Wettbewerbsdruck auf dem globalen Automobilmarkt ist permanent hoch. Hierzu tragen auch weiter bestehende Überkapazitäten in Teilen der Weltmärkte bei.

Dadurch werden die Unternehmen zu einem kontinuierlichen Innovations- und Kostenwettbewerb getrieben, zusätzlich angefacht durch staatliche Regulation im Bereich von erhöhten Sicherheitsstandards und der CO<sub>2</sub>-Reduktion. Das alles geschieht vor dem Hintergrund versiegender nicht-regenerierbarer Energiequellen. Die politisch vorangetriebene Elektrifizierung der Antriebstechnik hat auch in Deutschland an Dynamik gewonnen, nicht zuletzt durch die Einrichtung einer „Nationalen Plattform für Elektromobilität“ oder der Landesinitiative Elektromobilität Baden-Württemberg.

Es zeichnen sich deutliche technologische Umbrüche im Bereich der Fahrzeugkonzepte ab. Das zieht gravierende Folgewirkungen für die Produktions- und Arbeitsorganisation zur Produktion dieser neuen Fahrzeugkonzepte nach. Dies erfordert die Beantwortung der Frage nach Quantität und Qualifikation der dort Beschäftigten, aber auch in der gesamten Wertschöpfungskette vom Anlagenbau bis zum Werkstatt- und Tankstellenpersonal.

Ungewissheit herrscht in den Unternehmen hinsichtlich der Frage, welches Elektrifizierungskonzept verfolgt wird, in welcher Weise davon die Branchenstruktur beeinflusst wird, wo die Industrialisierung der neuen Antriebskonzepte erfolgt (im In- oder Ausland), damit auch die Frage welche Anteile der Wertschöpfungskette in Baden-Württemberg verbleiben.

Es ist mit erheblichen mittel- und langfristigen Auswirkungen entlang der Wertschöpfungs- beziehungsweise Prozesskette zu rechnen und damit auf Standorte und Beschäftigungsentwicklung. Betriebsräte stehen folglich vor großen Herausforderungen im Kontext der technologischen Innovationsentwicklungen und –wirkungen.

Es war daher unser Anliegen, mit der in dieser Broschüre veröffentlichten Studie zur Elektromobilität aus Beschäftigtensicht für Betriebsräte Orientierung zu geben, damit sie sich rechtzeitig in betriebliche Strategiedebatten einbringen und gut vorbereitet den bevorstehenden Veränderungen begegnen.

Jörg Hofmann

Bezirksleiter  
IG Metall Baden-Württemberg



# Zusammenfassung der Studie

## Handlungsfelder für Betriebsräte

Baden-Württemberg ist einer der weltweit bedeutendsten Automobilstandorte mit rund 375.000 Beschäftigten im „Automotive-Cluster“. Ein technologischer Schwerpunkt im regionalen Automotive-Cluster liegt im Bereich Antriebsstrang, also zum Beispiel bei der Entwicklung und Fertigung von Motoren sowie Getrieben. Dieser Bereich wird in den nächsten Jahren das innovativste Feld in der Fahrzeugentwicklung sein. Dabei spielen unterschiedliche technologische Konzepte eine Rolle – von der Optimierung der Benzin- und Dieselmotoren über die Hybridisierung bis hin zur kompletten Elektrifizierung durch batterieelektrische und/oder Brennstoffzellen-Fahrzeuge (Elektromobilität).

Wichtigste Innovationstreiber für die Elektrifizierung des Antriebsstranges sind Klimaschutzregelungen von der globalen bis zur lokalen Ebene, begrenzte Ölserven sowie Nachfrageverhalten und Image. Elektromobilität könnte einer der Schlüssel sein, die den Weg vom fossilen Verkehr zur postfossilen Mobilität eröffnen. Neben den ökologischen und ökonomischen Chancen der Elektromobilität ist jedoch auch auf Risikofaktoren zu verweisen, insbesondere wenn die Wirkungen auf Zulieferer und auf Beschäftigung betrachtet werden.

Der Technologiewandel beim Automobil hin zur Elektromobilität kann als Systemwechsel bezeichnet werden. Elektromobilität impliziert einen langfristigen Strukturwandel der Automobilindustrie, dessen Folgen für die Wertschöpfungskette und für Beschäftigung höchst ungewiss sind. Eine bedeutende Frage in diesem Zusammenhang ist, ob der technologische Vorsprung, den die deutsche Automobilindustrie beim Verbrennungsmotor zweifellos hat, in ergänzter oder in neuer Form bei der Elektromobilität gehalten werden kann.

Entscheidend für Arbeitsplätze wird zudem sein, ob ein solcher Vorsprung auch in Wertschöpfung und Produktion im Land umgesetzt werden kann. Die entscheidende Frage ist also: Schafft Baden-Württemberg den Systemwechsel zur Elektromobilität als Technologiestandort und als Produktionsstandort? Eine große Herausforderung liegt demnach darin, die Elektromobilität hierzulande zu industrialisieren, also die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass neue Antriebs- und Fahrzeugkonzepte und neue Komponenten nicht nur in Baden-Württemberg entwickelt, sondern auch gefertigt werden.

**In der vorliegenden Studie** werden Wirkungen der Elektromobilität auf regionale Wertschöpfungsketten analysiert und Chancen und Risiken für Beschäftigung diskutiert. Insbesondere wird dabei auf Strukturen und auf Potenziale in Baden-Württemberg eingegangen. Für die Betrachtung von Beschäftigungsperspektiven in der Automobilindustrie ist der Blick auf Elektromobilität nicht hinreichend. Strukturelle Veränderungen sind als Wechselwirkung verschiedener Prozesse, die in unterschiedlichen zeitlichen Dimensionen stattfinden, zu erwarten:

**Marktverschiebungen** in mittelfristiger Perspektive, sowohl geographisch in Richtung Schwellenländer (vor allem China), als auch segmentbezogen zugunsten der Kleinwagen- und Kompaktklasse: Diese Verschiebungen der Märkte sind auch mit einer weiteren Globalisierung der Produktions- und auch der FuE-Strukturen verbunden. Neue Werke und den Ausbau der Kapazitäten gibt es fast nur noch in den ausländischen Wachstumsmärkten. Damit ist vor allem die Beschäftigung in der Produktion, aber auch in Entwicklung und Konstruktion tendenziell von Verlagerung bedroht.

**Neuordnung der Wertschöpfungskette** mit Bereinigung von Überkapazitäten in Folge der Finanz- und Wirtschaftskrise in den nächsten Jahren: Für kleine und mittlere Zulieferer und insbesondere für Ausrüster der Automobilindustrie aus dem Maschinenbau bestehen nicht nur Gefahren des krisenbedingten Abbaus von Arbeitsplätzen infolge von Insolvenzen oder von Restrukturierungen, sondern auch durch Veränderungen in der Wertschöpfungskette.

Fortsetzung der **permanenten Produktivitätssteigerungen** in den nächsten Dekaden: In der Automobilindustrie wird mit jährlichen Produktivitätssteigerungen von drei bis fünf Prozent gerechnet. Es ist davon auszugehen, dass das Rationalisierungstempo höher als das Wachstum ist und es somit zu einer permanenten, rationalisierungsbedingten Verringerung des Arbeitsvolumens kommt. Damit sind Arbeitsplätze in Gefahr.

**Technologiewandel** zur Elektromobilität mit neuen Wertschöpfungsstrukturen in langfristiger Perspektive: Die zunehmende **Elektrifizierung des Antriebsstranges**, an deren Ende ein batteriebetriebenes Elektrofahrzeug stehen kann, hat weitreichende Auswirkungen auf Automobilhersteller und Zulieferer. Beschäftigungsseitig geht sie mit einem tendenziell abnehmenden Arbeitsvolumen bei Produktionstätigkeiten einher. Dies kann daran abgelesen werden, dass für den heutigen, „traditionellen“ Antriebsstrang beim Verbrennungsmotor ca. 1.400 Teile, beim Antriebsstrang des Elektromotors nur noch ca. 210 Teile benötigt werden.

**Gesellschaftlicher Wandel** mit veränderten Einstellungen zum Individualverkehr und dem Aufkommen **neuer Mobilitätskonzepte** in mittel- bis langfristiger Perspektive: Wenn beim Auto zunehmend „Nutzung“ statt „Eigentum“ im Vordergrund steht, wird sich das auf den Pkw-Bestand und damit direkt auf Absatzpotenzial und Produktionsvolumen von Automobilherstellern und von Zulieferern auswirken. Für Automobilhersteller ergeben sich zukünftig durch neue Geschäftsmodelle (Mobilitätsdienstleistungen) auch Chancen.

**Zusammenfassung  
der Studie**  
**Handlungsfelder  
für Betriebsräte**

## Zusammenfassung der Studie Handlungsfelder für Betriebsräte

**Betriebliche und überbetriebliche Politik darf nicht nur den die aktuelle Diskussion beherrschenden Technologiewandel zur Elektromobilität in den Fokus nehmen, wenn auch gerade in diesem Feld viele Ängste bei Belegschaften und Betriebsräten von Zulieferern von Verbrennungsmotoren-Komponenten bestehen, die ernst genommen werden müssen. Gleichwohl sind alle diese fünf Faktoren des strukturellen Wandels bei einer strategischen Auseinandersetzung mit der Zukunft der Automobilindustrie im Blick zu behalten. Daraus ist ein Handlungskonzept für Interessenvertretungen auf betrieblicher und auf gewerkschaftlicher Ebene zu entwickeln. Eckpunkte eines Handlungskonzepts könnten sein:**

### **Frühwarnsystem aufbauen: Gefährdungen erkennen**

Ein wichtiges Handlungsfeld für Betriebsräte ist es, die Entwicklungen in den oben genannten fünf Feldern zu beobachten und bei konkret erkennbaren oder sich abzeichnenden Veränderungen Zusammenhänge herzustellen und vorausschauend mögliche Wirkungen auf das Unternehmen beziehungsweise auf die Arbeitsplätze abzuleiten und abzuschätzen. Es empfiehlt sich, das erlangte Ergebnis im Sinne einer Gefährdungs- und Risikoanalyse zu hinterfragen, Schwerpunkte für das weitere Vorgehen zu setzen sowie Prioritäten für betriebliches Handeln festzulegen. Es ist sinnvoll, eine systematische Stärken-Schwächen-Analyse zur Grundlage für ein Frühwarnsystem zu machen. Eine Plattform für die Diskussion strategischer Positionen des Unternehmens bieten neben den Betriebsratsgremien auf verschiedenen Ebenen (Gesamtbetriebsrat, Konzernbetriebsrat) insbesondere der Wirtschaftsausschuss und ebenso der Aufsichtsrat. Die frühzeitige Einbeziehung der Vertrauensleute in das Frühwarnsystem ist unumgänglich.

### **Betriebsräte steigen in die Strategiedebatte ein**

Betriebsräte steigen in die Strategiedebatte ein und begleiten den Strukturwandel dadurch, dass sie Chancen und Bedingungen herausarbeiten, in die Diskussion einbringen und im Betrieb die Erkenntnisse umsetzen. Zur Strategiedebatte und zur Begleitung des Strukturwandels gehört zum Beispiel, Diversifizierung zu überprüfen und einzufordern. Es sind auch neue Produkte innerhalb der Wertschöpfungskette Automobil, also zum Beispiel im Feld der Elektromobilität, aber auch außerhalb des Automobilbereiches zu fordern.

Zur Strategiedebatte und zur Begleitung des Strukturwandels gehört auch, die vorhandenen Erfahrungen und Kompetenzen zu bilanzieren und sie für neue Produkte als Basis zu nutzen. Wichtig dabei ist, Qualifikationen und Kompetenzen zu komplettieren und weiterzuentwickeln.

### **Qualifizierungskonzepte einfordern und entwickeln**

Ein bedeutsamer Punkt ist die Ermittlung von Qualifizierungsbedarfen, wobei die Ergebnisse in die Strategiedebatte einzubringen sind. Es empfiehlt sich, die Zusammenarbeit mit den Entwicklungsabteilungen auszubauen, denn in diesen Bereichen taucht eigentlich zuerst die Frage: „Was brauchen wir an neuen/veränderten Qualifikationen für geplante Produkte?“ auf. Allerdings konzentrieren sich Entwickler eher auf die technologische Seite von Innovationen. Gerade deshalb ist es wichtig, in der Diskussion mit ihnen ihren Blick auf Qualifikationen und

Kompetenzen zu lenken beziehungsweise zu erweitern. Als Instrument bietet sich ein Kompetenzmanagementsystem an, das vorhandene Qualifikationen erfasst, zukünftige Qualifikationsprofile ermittelt sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen daraus ableitet und umsetzt.

### **Vernetzung der Betriebsräte durch überbetriebliche Plattformen organisieren**

Auf betrieblicher Ebene aktiv zu werden, ist unabdingbar. Aber genauso wichtig ist, gemeinsam die Herausforderung anzunehmen, da spätestens ab dem zweiten Blick klar wird, dass nicht nur OEMs und die Zulieferer von den Entwicklungen betroffen sind. Viele Betriebe, die zunächst vielleicht nur indirekt durch die Veränderungen auf dem Automobilsektor tangiert werden, werden aber Schritt für Schritt in die sich ankündigenden Umwälzungen direkt einbezogen sein. Es empfiehlt sich, auf Bezirks- und auf Verwaltungsstellenebene Betriebsräte-Plattformen für den Informations- und Erfahrungsaustausch zu bilden. Mit den bezirklichen und örtlichen Plattformen werden die Betriebsräte in die Lage versetzt, gemeinsam die Strategiedebatte zu führen. Dazu tauschen sie sich über den technologischen und strukturellen Wandel und die betrieblichen Reaktionen aus und formulieren betriebliche und überbetriebliche Konsequenzen und Forderungen.

### **Branchenrat Automotive-Baden-Württemberg bilden**

Regionales Entwicklungskonzept „Zukunft der Automobilindustrie“ entwickeln

Die Entwicklungen auf dem Automobilsektor sind von struktur- und industriepolitischer Bedeutung. Deshalb ist auf Landesebene ein Dialog zwischen Politik, Gewerkschaften, Unternehmen und Verbänden zu initiieren. Dabei muss es um die Entwicklung von struktur- und industriepolitischen Ansätzen für die Zukunft gehen. Zu erarbeiten sind regionale Entwicklungskonzepte, um den Strukturwandel zu gestalten.

Kernpunkte eines Entwicklungskonzepts, für das von Seiten der IG Metall Impulse gesetzt werden, sind: Voraussetzungen für die Industrialisierung der Elektromobilität schaffen, Sicherstellung der Einheit von Entwicklung und Produktion von E-Fahrzeugen, ihren Komponenten und neuer Produkten fürs Auto und darüber hinaus in Baden-Württemberg und zum Beispiel Verstärkung der Diversifizierungsdiskussion, um Branchenabhängigkeiten und ihre Folgen frühzeitig aufzugreifen.

### **Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) konsequent nutzen**

Die NPE unterstützt die Bundesregierung bei der Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität. Ziel ist es, Deutschland zum Leitmarkt und zum Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln. Die Gewerkschaften sind an der NPE an prominenter Stelle im Koordinierungskreis sowie an zwei Arbeitsgruppen beteiligt. Die NPE eröffnet die Möglichkeit, auf der nationalen Ebene eine beschäftigungsorientierte Industriepolitik mitzugestalten. Dabei geht der Ansatz weit über die Automobilindustrie hinaus und umfasst zum Beispiel die Chemieindustrie sowie die gesamte Elektrizitätswirtschaft. Diese Gestaltungsmöglichkeit gilt es, konsequent zu nutzen und mit regionalen gewerkschaftlichen Ansätzen zu verknüpfen.

**Zusammenfassung  
der Studie**  
**Handlungsfelder  
für Betriebsräte**

## 1 | Einleitung

Die deutsche Automobil- und Zulieferindustrie steht vor einem technologischen Wendepunkt. Zumindest dann, wenn die Prognosen, die politisch vorgegebenen Ziele der Elektromobilität sowie die Einschätzungen vieler Experten zutreffen sollten.

Heute fühlt man sich als Branchenbeobachter gleichsam ca. zehn Jahre zurückversetzt, als der Durchbruch der Brennstoffzelle als emissionsloses Antriebssystem der näheren Zukunft proklamiert wurde. Im Hinblick auf ein rein elektrisches (batteriebasiertes) Fahren mit Personenkraftwagen sind noch so viele organisatorische, technologische und politische Fragen offen, dass eine Prognose für 2020 ebenso dem Blick in die Kugel gleichkommt wie die Perspektive 2050. Sollten die vorliegenden Prognosen jedoch einigermaßen treffsicher Zukunft beschreiben, dann erwartet die Branche durch die schrittweise Ablösung des Verbrennungsmotors durch elektrifizierte Antriebskomponenten eine Revolution im Antriebsstrang.

Anders als vor zehn Jahren bei der Brennstoffzelle steht beim batterieelektrischen Auto die Markteinführung unmittelbar bevor: Japanische und chinesische Hersteller haben angekündigt, Elektro-Fahrzeuge im Jahr 2010 auf den Markt zu bringen, die Europäischen Hersteller spätestens ab 2012/2013. Die Erwartungen der Nutzerinnen und Nutzer sind ob der öffentlichen Debatten hoch. Offenbar sind sie auch bereit, für ein „zero emission vehicle“ einen vergleichsweise hohen Preis zu zahlen, glaubt man den Absatzerwartungen von beispielsweise Nissan und Mitsubishi. Daimler plant den E-Smart in (Klein-)Serie zu produzieren, Volkswagen hat eine Initiative e.Motion gestartet und BMW plant seine megacity-vehicles durch Einsatz von kohlefaserverstärkten Kunststoffen deutlich leichter zu machen.

Wurde hier nur eine riesige Werbekampagne gestartet, um im gleichen Atemzug zum Alltag der schleichenden Weiterentwicklung und Emissionsreduzierung beim traditionellen Antriebsstrang (Verbrennungsmotor) überzugehen, oder stehen wir tatsächlich am Beginn einer Zeitenwende? Skeptiker und Kritiker der Automobilindustrie wie der Bundesgeschäftsführer der Deutschen Umwelthilfe J. Resch hebt in seinem Interview mit dem Tagesspiegel (6. April 2010) hervor, dass die Politik von der Chimäre einer elektromobilen Zukunft träume, dass es wenig Sinn mache, den Kauf von E-Fahrzeugen zu subventionieren, sondern dass die Emissionen der Fahrzeuge als Besteuerungsgrundlage und damit als Steuergröße dienen sollten, um hierüber die Automobilhersteller zu zwingen, heute schon deutlich emissionsärmere Fahrzeuge anzubieten.

Unabhängig von der Antwort auf die Frage ob Chimäre oder nicht, stellt sich für die Interessenvertretungen der Beschäftigten in den Automobilherstellerwerken und bei den Zulieferern die Frage, was ist zu erwarten, wie können wir uns vorausschauend auf die gedanklich vorzustellenden Entwicklungen vorbereiten, was macht die Vielzahl von Unternehmen in Baden-Württemberg angesichts des Einzuges von elektrifizierten Antriebssträngen in den nächsten Jahren?



## Der Hintergrund der Broschüre und die Methodik

Die Bezirksleitung der IG Metall Baden-Württemberg hat im Rahmen des Projektes „Kompetenz & Innovation“ daher im Oktober 2009 den Auftrag für eine Kurzstudie an die Autoren erteilt, die Wirkungen der Elektromobilität auf regionale Wertschöpfungsketten und auf Beschäftigung in Baden-Württemberg soweit wie möglich zu untersuchen.

Den Ergebnissen der Studie liegen einerseits Auswertungen bereits vorliegender Studien zur Elektromobilität und Experteninterviews zu Grunde, vor allem mit Betriebsräten von Systemzulieferern in Baden-Württemberg, mit Leitern der zentralen Forschungs- beziehungsweise der Vorentwicklungsabteilungen aus Zulieferunternehmen sowie mit hauptamtlichen IG Metall-Sekretären aus Verwaltungsstellen, die über fundierte Kenntnisse ihres örtlichen Organisationsbereiches verfügen und vor allem auch Positionen in Aufsichtsräten von Hersteller- und Zulieferunternehmen innehaben.



## 2 | Automotive-Cluster in Baden-Württemberg

Wirtschaftsstruktur und Arbeitsmarkt des Landes Baden-Württemberg sind von verschiedenen Branchen geprägt. Die Automobilwirtschaft – im Folgenden sprechen wir vom Automotive-Cluster<sup>1</sup> – spielt dabei eine herausragende Rolle. In erster Linie wird der Automotive-Cluster mit dem Industriezweig Fahrzeugbau in Verbindung gebracht. Die Verflechtungen gehen jedoch weit über diese Abgrenzung hinaus, wie die Betrachtung der Wertschöpfungskette zeigt.

Die Finanz- und Wirtschaftskrise wirkte sich sehr stark auf den Automotive-Cluster aus. Aufgrund massiver Umsatz- und Produktionsrückgänge bestand bis weit ins Jahr 2010 hinein die Gefahr, dass ein relevanter Anteil von Unternehmen die Krise nicht überleben wird, vor allem KMU-Zulieferer aus verschiedenen Branchen und Ausrüster aus dem Maschinenbau. Es wurden gravierende Auswirkungen auf Beschäftigung befürchtet. Die besondere Brisanz der Entwicklung wird deutlich, wenn die zentrale Bedeutung des Automotive-Clusters für Baden-Württemberg betrachtet wird. Auch in der Krise dürfen die Betriebe des Clusters technischen Fortschritt und Innovationen nicht vernachlässigen. Unternehmen, die nach der Wirtschaftskrise den Anschluss an die wichtigsten Innovationsentwicklungen verpasst haben, geraten dann in Gefahr.

Die größten technischen Herausforderungen für die Automobilwirtschaft im 21. Jahrhundert liegen in der Reduzierung beziehungsweise Vermeidung von Emissionen und im sparsamen beziehungsweise effizienten Energieverbrauch. Die großen Trends und wichtigsten Innovationen in der Kraftfahrzeugtechnik, auf die in den folgenden Kapiteln eingegangen wird, beziehen sich demnach auf die Weiterentwicklung des Antriebsstranges und die Elektrifizierung des Automobils. Alles in allem geht es kurzfristig darum, die aktuelle Krise durchzustehen und mittelfristig darum, neue Produkte zu entwickeln und an den Markt zu bringen, die den gesetzlichen Klimaschutzvorgaben und den gesellschaftlichen Zukunftstrends entsprechen. Im vorliegenden Kapitel werden wirtschaftliche Strukturen und die Entwicklung von Beschäftigung im Automotive-Cluster Baden-Württemberg analysiert.

<sup>1</sup> Ein Cluster wird als räumliche Konzentration von in einer Wertschöpfungskette miteinander verbundenen Unternehmen (vom Endhersteller über spezialisierte Zulieferer bis hin zu Dienstleistungsunternehmen) und zugehörigen unterstützenden Institutionen (von der Forschung bis zur Wirtschaftsförderung) definiert. Das Verhältnis zwischen den Clustern ist durch Kooperation und Konkurrenz gekennzeichnet. Vorteile von Clustern für die Regionalwirtschaft liegen im Angebot eines spezialisierten Arbeitskräftepotenzials, in der Konzentration von Zulieferern und Dienstleistungsunternehmen sowie in guten Bedingungen für den Wissenstransfer. Erst die Vernetzung von Unternehmen, Forschungseinrichtungen und regionalen Akteuren entlang von Wertschöpfungsketten nutzt Synergien zwischen den Beteiligten besonders gut. Regionale Cluster mit einer hohen Vielfalt, starken Ausprägung und enger Vernetzung weisen standortbegünstigende Wettbewerbsvorteile auf und wirken sich positiv auf Beschäftigung aus.

## 2.1 Strukturen des Automotive-Clusters

Baden-Württemberg ist einer der weltweit bedeutendsten Automobilstandorte, in dem sich Fahrzeughersteller, Automobilzulieferer, Engineering-Dienstleister, Forschungsinstitute und Hochschulen mit spezialisierter Forschung und Lehre einzigartig ballen – und somit einen regionalwirtschaftlichen Cluster bilden. In allen Regionen Baden-Württembergs sind Betriebe aus der Automobilwirtschaft vorhanden. Hochburg dieses Automotive-Clusters ist die Region Stuttgart mit einem Umsatzanteil von 52 Prozent im Jahr 2008 (gemessen am Fahrzeugbau-Umsatz Baden-Württembergs), weitere Zentren sind die Regionen Heilbronn-Franken (14 Prozent), Mittlerer Oberrhein (11 Prozent), Donau-Iller (6 Prozent), Rhein-Neckar-Odenwald und Bodensee-Oberschwaben (jeweils 4 Prozent) (Dispan et al. 2009: 96).

Wichtige Elemente des Automotive-Clusters sind zum einen die Automobilhersteller (OEM) Daimler, Porsche, Audi, die sich im Premiumbereich positionieren. Zum anderen ist der Automotive-Cluster durch die Stammhäuser weltweit agierender Zulieferunternehmen charakterisiert, wie beispielsweise dem weltweit größten Autozulieferer Bosch (Platz 1) und den ebenfalls in den Top-100-Automotive-Suppliers 2009 der Zeitschrift Automobil-Produktion gelisteten ZF-Group (Platz 13), Mahle (26), Behr (44), Getrag (56), Eberspächer (60), Kolbenschmidt-Pierburg (65), Freudenberg (78), Mann+Hummel (87), Peguform (94).

Zudem sind Tochterunternehmen anderer internationaler Top-Zulieferer in Baden-Württemberg vertreten, wie beispielsweise Johnson Controls, Magna, Faurecia, TRW und Valeo (alle aus den Top-20 der genannten Liste) (vgl. Automobil-Produktion, Heft 10-2009). Diese großen Zulieferer beliefern die Automobilhersteller häufig direkt und befinden sich somit in einer Tier-1-Position. Tier-Position (Tier (engl.) = Rang) bezeichnet die Stellung in der Wertschöpfungskette.

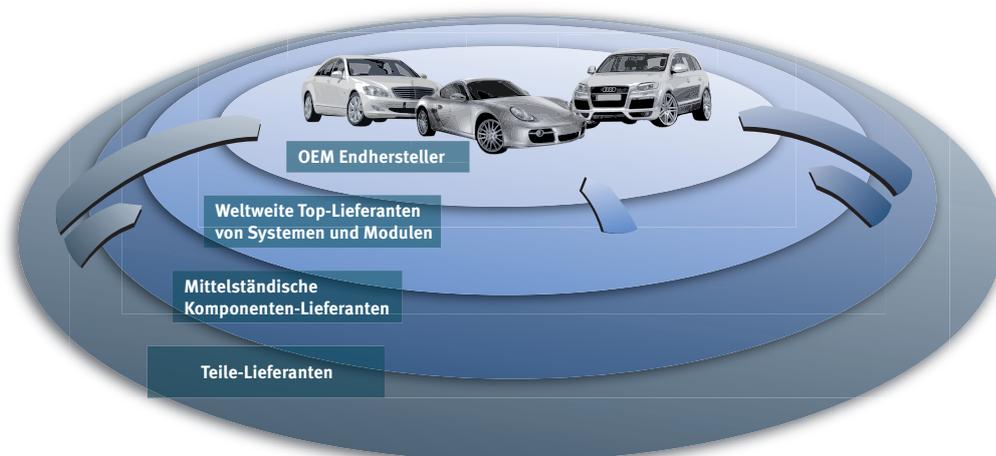


ABBILDUNG 1:

*Lieferantenstruktur und Merkmale der Automobilindustrie in Baden-Württemberg*

*Quelle: IMU Institut Stuttgart; eigene Darstellung*

Dazu kommt eine Vielzahl mittelständischer Zulieferer, die sich häufig in einer vorgelagerten Position in der Wertschöpfungskette befinden (Tier-2 oder Tier-3), also keine Direktlieferanten sind. In Baden-Württemberg finden sich solche weiteren Kfz-Zulieferer aus Industrie und Handwerk, aber auch Ausrüster (zum Beispiel Werkzeugmaschinenbau) und Automotive-Dienstleister. Allein für die Region Stuttgart wird davon ausgegangen, dass über 400 kleine und mittlere Zulieferer-

triebe angesiedelt sind, die ganz oder teilweise für die Automobilindustrie arbeiten. In Baden-Württemberg erhöht sich die Anzahl entsprechend. Daneben nimmt der automobilbezogene Maschinen- und Anlagenbau mit Unternehmen wie Dürr, Heller, Index, Schuler, Trumpf eine zentrale Stellung in Baden-Württemberg ein.

Die Automotive-Unternehmen in Baden-Württemberg können nach ihrer technischen Spezialisierung auf verschiedene Technologiebereiche unterschieden werden: Antrieb/Powertrain (Motor und Aggregate), Ausstattung/InteriEuro (Airbag, Cockpit, Sitze, Klimasystem), Fahrwerk (Lenkung, Bremssystem, Federung, Räder), Karosserie (Rohbau, Anbauteile, Beleuchtung) und Elektronik (Stromversorgung, Motormanagement, Infotainment). Viele der Autozulieferer in Baden-Württemberg sind auf den Antrieb beziehungsweise Powertrain spezialisiert. Nicht zuletzt durch diese starke Orientierung auf den Powertrain hat ein Wandel hin zur Elektromobilität enorme Auswirkungen für das „Autoland Baden-Württemberg“.

Die Unternehmen des Automotive-Clusters können entsprechend ihrer Branchenzugehörigkeit verschiedenen Bereichen zugeordnet werden. Im Zentrum des Clusters steht der „Clusterkern“. Unter Clusterkern wird der direkte Automobilbau verstanden, das heißt die Hersteller von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren (OEM), die Hersteller von Karosserien, Aufbauten und Anhängern sowie die Hersteller von Teilen und Zubehör für Kraftwagen und Kraftwagenmotoren.



ABBILDUNG 2:

*Automotive-Cluster  
 Baden-Württemberg*

*Quelle:  
 IMU Institut Stuttgart;  
 eigene Darstellung*

Der „Produktionscluster“ erfasst neben dem direkten Automobilbau Zulieferunternehmen aus anderen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes, die wesentliche industrielle Verknüpfungen mit der Automobilindustrie aufweisen. Automobilbezogene Produkte anderer Branchen sind beispielsweise Roboter/Produktionsstraßen/Pressen (Maschinenbau), Kabelbäume/Antennen (Elektroindustrie), Stoffbezüge/Cabriodächer (Textilindustrie) oder Lacke/Kühlmittel (Chemieindustrie). Dem „Automotive-Cluster“ insgesamt werden neben dem Produktionscluster noch automobilbezogene Dienstleistungsunternehmen (Hardware, Softwarehäuser, FuE, Ingenieurbüros) und das Kfz-Handwerk zugeordnet.

## 2.2 Beschäftigungsentwicklung

Um einen Eindruck über die Beschäftigungseffekte im Automotive-Cluster zu vermitteln, werden statistische Daten um fundierte Schätzungen ergänzt (vgl. Di-span et al. 2009: 195). Neben den Beschäftigten im direkten Automobilbau gibt es hohe sekundäre Beschäftigungseffekte in weiteren Industrieunternehmen des Produktionsclusters. Immer wichtiger wurden für die Automobilwirtschaft in den letzten Jahren externe Dienstleister wie beispielsweise Entwicklungsdienstleister, die dem Automotive-Cluster zuzuordnen sind. Arbeitsplätze im Kfz-Handwerk, das heißt in Autohäusern, Instandhaltungs- und Reparaturwerkstätten, werden ebenfalls dem erweiterten Automotive-Cluster zugeordnet. Auf Basis der Zahlen der Beschäftigtenstatistik<sup>2</sup> kombiniert mit einer IMU-Schätzung waren im Jahr 2009 rund 375.000 Personen im Automotive-Cluster Baden-Württemberg sozialversicherungspflichtig beschäftigt. Das war knapp jeder zehnte Beschäftigte in Baden-Württemberg.

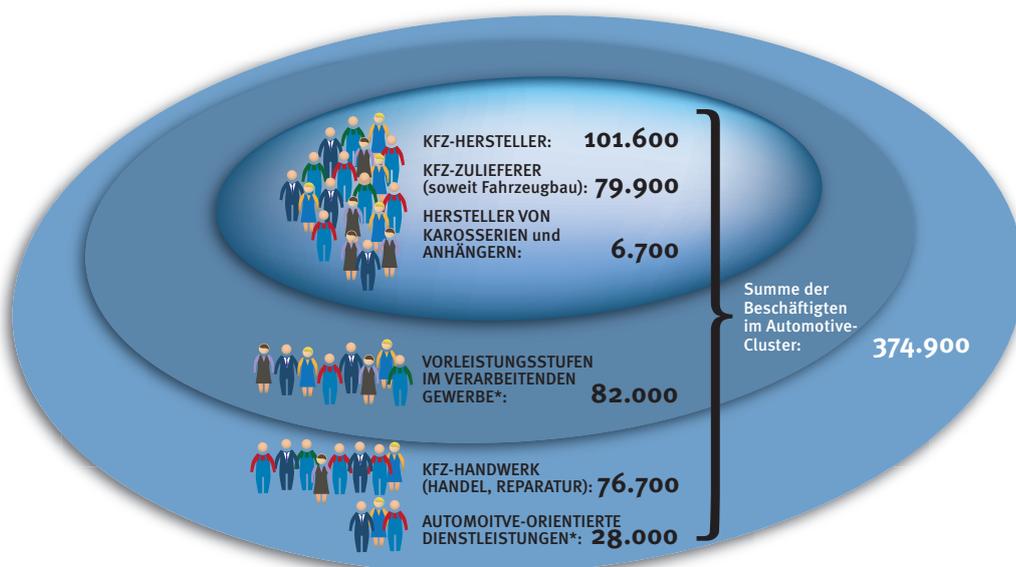


ABBILDUNG 3:

*Beschäftigung im Automotive-Cluster Baden-Württemberg 2009*

*(sozialversicherungspflichtig Beschäftigte)*

*Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit und IMU-Berechnungen; eigene Darstellung*

*\* = IMU-Schätzungen*

Mit rund 188.200 Personen ist die Hälfte der Beschäftigten des Automotive-Clusters im Clusterkern tätig. Neben dem direkten Automobilbau (Clusterkern) umfasst der Fahrzeugbau in der amtlichen Statistik den sonstigen Fahrzeugbau. Im Jahr 2009 waren weniger als fünf Prozent der Fahrzeugbau-Beschäftigten im sonstigen Fahrzeugbau tätig.

<sup>2</sup> Die Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit erfasst die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten unabhängig von der Unternehmensgröße. Erhebungszeitpunkt der hier verwendeten Daten ist jeweils der 30. Juni.

## 3 | Elektromobilität– zum Stand der Diskussion

### 3.1 Elektromobilität – Technologiebruch im Antriebsstrang

Im Zentrum der Innovationsdebatte der Automobilindustrie steht nach wie vor die regulierungsbedingte Senkung von Emissionswerten (CO<sub>2</sub>-Regulierung der EU), die

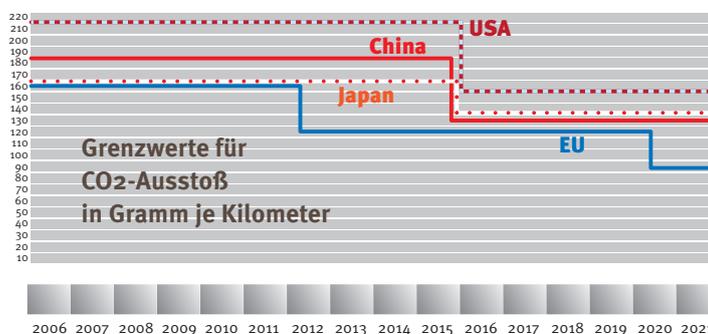
- durch weitere innermotorische Optimierungen der Verbrennungsmotoren (Diesel- und Benzinmotoren),
- durch alternative Antriebstechnologien (insbesondere Hybridkonzepte bislang vor allem bezogen auf Japan und Nordamerika, Einsatz des Startergenerators als sogenannter Mildhybrid sowie die Elektrifizierung des Antriebsstranges)
- aber auch durch Strategien zur Verringerung des Gewichts durch Einsatz von neuen Werkstoffen (Aluminium, Kunststoff, Magnesium, Kohlefaser)

erreicht werden sollen.

Die Festlegung von Grenzwerten für den Schadstoffausstoß für Fahrzeuge hat mit der Festlegung von Grenzwerten bis zum Jahr 2020 durch die EU-Kommission eine neue Dimension und Qualität erreicht. Abgasgrenzwerte sind auch für die anderen großen Weltautomobilmärkte festgelegt – jedoch für unterschiedliche Zeitpunkte und bislang zeitlich begrenzt auf die Perspektive bis 2015/2016. Während für die EU das Ziel 2020 eine CO<sub>2</sub>-Reduzierung von 2006 aus in Höhe von -41 Prozent vorsieht, sind es in China bis 2015 -29 Prozent, in Japan -16 Prozent und in den USA -27 Prozent bis 2016. Damit ist das EU-Ziel das ambitionierteste Ziel im Vergleich der großen Märkte (siehe folgende Abbildung).

ABBILDUNG 4:  
CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für die  
großen Automobilmärkte

Quelle:  
Roland Berger 2009: 13;  
eigene Darstellung



Die festgelegten Grenzwerte stellen für die europäischen Akteure der Automobilindustrie eine erhebliche Herausforderung dar. Zentrale Stellgröße der Regulierung sind die CO<sub>2</sub>-Werte, die für neu zugelassene Personenkraftwagen bis zum Jahr 2015 einen Wert von 120 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer<sup>3</sup> im Flottendurchschnitt des jeweiligen Herstellers nicht überschreiten dürfen. Dieser Wert ist für das Jahr 2020 auf 95 Gramm weiter zu reduzieren. Gleichzeitig mit der Verordnung sind die Strafzahlungen bei Nichterreichen dieser Grenzwerte festgelegt worden. Angesichts eines EU-weiten Durchschnittsausstoßes von ca. 160 Gramm pro Kilometer (Stand des Jahres 2007) zeigt sich die Herausforderung, durch weitere Optimierung und alternative Antriebskonzepte die Ziele zu erreichen.

Eingebettet ist die EU-Regulierung sowie die damit verbundenen nationalen Politiken in die Weltklimadiskussion (Begrenzung der Erderwärmung)<sup>4</sup>, die gesamte Reduzierung des Schadstoffausstoßes und die Abkehr von der Nutzung fossiler Brennstoffe (Begrenztheit der Ölreserven).

Im Hinblick auf die EU-Regulierung, den Empfehlungen der Expertengruppe CARS21 (2008) und in Fortführung beziehungsweise Erweiterung der bisherigen Programme der Bundesregierung (nationales Programm Brennstoffzelle 2006<sup>5</sup>, Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie [Wasserstoff], Kraftstoff- und High-Tech-Strategie sowie Integriertes Energie- und Klimaprogramm [IPEK]) hat die Bundesregierung im November 2008 den nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität im Entwurf vorgelegt und auf einer nationalen Strategiekonferenz präsentiert und diskutieren lassen, um Vorschläge aus der Konferenz in die Weiterentwicklung des Plans mit aufzunehmen. Im Jahr 2009 wurden die ersten Zwischenschritte festgelegt und verabschiedet (siehe weiter unten).

<sup>3</sup> In nebenstehender Abbildung ist für 2012 als Ziel 130 g Grenzwert angegeben. Nach intensiven Verhandlungsprozessen zwischen Politik und Industrie hat man sich letztlich auf 120 g Grenzwert als Ziel verständigt, allerdings können neben den antriebsbedingten Emissionen weitere Werte wie beispielsweise Ökoinnovationen eingerechnet werden. Darüber hinaus gibt es spezifische Ausnahmen (Bagatell-Regelung) (DB Research 2009: 4).

<sup>4</sup> siehe hier auch die schwierige Diskussion in Kopenhagen 2009 beim Weltklimagipfel, sich auf eine Begrenzung von 2 Grad zu verständigen und daraus die geeigneten Maßnahmen abzuleiten. „In einem „zur Kenntnis genommenen“ und völkerrechtlich nicht bindenden politischen Papier, dem Copenhagen Accord, ist das Ziel erwähnt, die Erderwärmung auf weniger als 2 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Konkrete Zielvorgaben zur Verringerung der Treibhausgasemissionen wurden nicht beschlossen. Nachdem ein Nachfolgeabkommen für das 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll in Kopenhagen nicht beschlossen werden konnte, wurde dieses Vorhaben auf die 16. Vertragsstaatenkonferenz in Mexiko-Stadt vom 29. November bis 10. Dezember 2010 verlegt.

<sup>5</sup> im nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologie vom 08.05.2006 ging es vor allem um den Einsatz von Brennstoffzellen für die stationäre (in Haushalt und Industrie) sowie mobile Anwendung für Fahrzeuge – als Reaktion darauf, dass die Brennstoffzellenproduktion vor allem außerhalb Europas stattfand. Mit der „Clean Energy Partnership“/CEP wurde das größte Demonstrationsprojekt in Europa angestoßen (Projekt in Berlin). Mit der CEP war der Aufbau einer flächendeckenden H<sub>2</sub>-Wirtschaft verbunden, die sich wiederum an der EU-Programmatik der European Hydrogen and Fuel Cells Technology Platform/HEP orientierte, die bis 2050 den Aufbau einer H<sub>2</sub>-orientierten Wirtschaft vorsah.

Elektromobilität oder die Elektrifizierung des Antriebsstranges wird als zukunfts-trächtige Technologie angesehen, in der Deutschland und die deutsche Industrie eine Vorreiterrolle übernehmen soll (Lead-Markt). Mit dem Entwicklungsplan wird das Ziel verfolgt, die Markteinführung von Elektrofahrzeugen voran zu bringen (Marktvorbereitung und Markteinführung) und insgesamt bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge im deutschen Fahrzeugbestand zu haben. In der weiteren Per-spektive soll sich der Bestand bis 2030 auf fünf Millionen Fahrzeuge erhöhen und ab 2050 soll der Stadtverkehr ohne fossile Brennstoffe auskommen (BMW 2009: 21 ff).

Das CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial der E-Fahrzeuge wird in Abbildung 5 dargestellt. Danach würde ein E-Fahrzeug, das mit Strom aus erneuerbaren Energien betrie-ben wird, mit fünf Gramm pro Kilometer den mit Abstand geringsten CO<sub>2</sub>-Ausstoß haben. Voraussetzung ist jedoch, dass der Strom aus erneuerbaren Energien ge-wonnen wird. Wie die folgende Abbildung deutlich macht, hat ein E-Fahrzeug un-ter den aktuellen Bedingungen der Stromquellen in Deutschland nur marginale Vorteile bei CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber einem effizienten Dieselmotor.

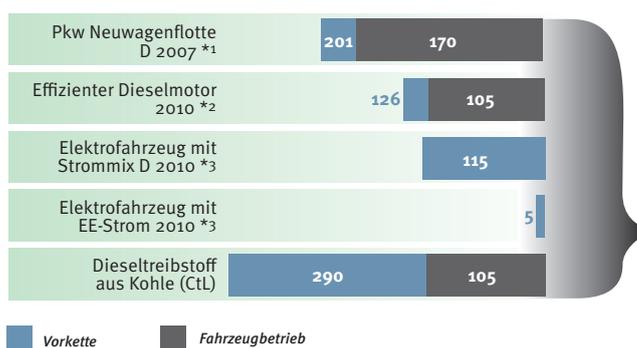
ABBILDUNG 5:  
 CO<sub>2</sub>-Emissionen bei  
 verschiedenen  
 Energiepfaden

Quelle:  
 BMU (Samson) 2009: 7;  
 eigene Darstellung

\* 1 = Quelle: KBA, konv. Kraftstoff

\*2= Verbrauch 4l/100 km,  
 konv. Kraftstoff

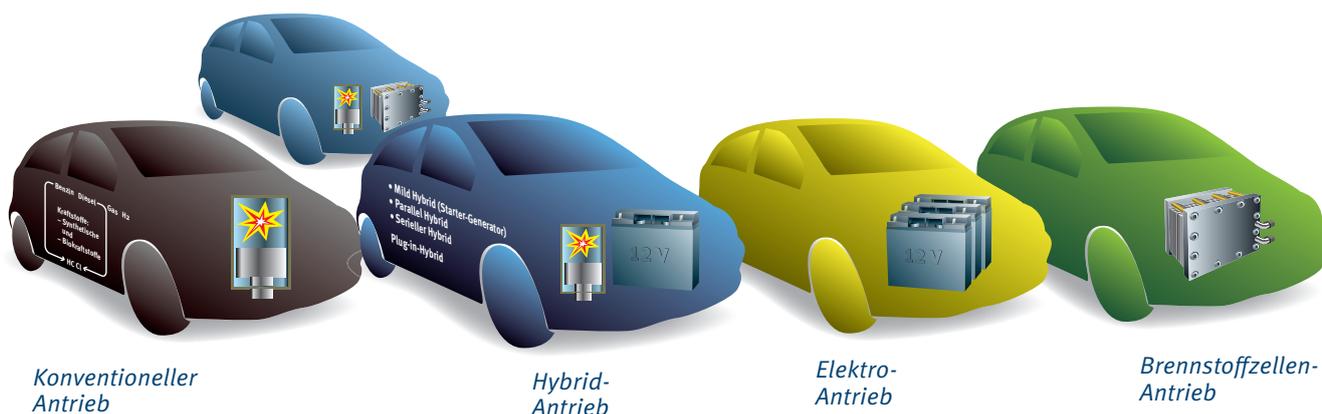
\*3 = Strombedarf 18 kWh/100 km



Dieses zentrale Innovationsfeld für die Automobilindustrie (CO<sub>2</sub>-Reduktion) ist durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet. Es geht mittlerweile nicht mehr nur – wie in der Vergangenheit – um die Weiterentwicklung oder Erneuerung von Komponenten und Subsystemen, sondern um systemische Innovationen mit vie-len Einzelaspekten und ihre Integration zu einer Problemlösung. „Systemisch“ be-deutet, dass die Innovationen nicht mehr nur neue Funktionalitäten in einzelnen Subsystemen des Fahrzeuges integrieren, sondern diese Subsysteme immer stär-ker miteinander vernetzt sind und starke Interdependenzen aufweisen.

### 3.2 Antriebskonzepte

In Abbildung 6 sind zunächst die möglichen Entwicklungspfade im Bereich der Antriebe dargestellt, bevor es zur Erklärung des reinen Elektroantriebes als langfristigem und förderfähigem Entwicklungsziel kam:



Die Elektrifizierung des Antriebes ist seit Ende 2008 der zentrale Diskussionspunkt in der Branche. Nahezu alle Hersteller und Zulieferer thematisieren Elektrofahrzeuge („E-Drive“) als das zukünftige Konzept für den Antriebsstrang, obwohl für einen reinen Elektroantrieb noch viele technische Probleme zu lösen sind. Größter Engpass sind die notwendigen Batterien (Energiespeicher), die zur Zeit wegen der Speicherkapazität, des Gewichts und der Kosten noch nicht für die Serien-/Massenproduktion von Fahrzeugen einsetzbar sind.

ABBILDUNG 6:

Alternative Antriebskonzepte und Elektromobilität

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Nicht zuletzt steht unter ökologischen Gesichtspunkten die Notwendigkeit, dass der Strom, mit dem das Fahrzeug betrieben wird, aus regenerativen Quellen stammt. Bislang verfügbare E-Drive-Technologien erlauben nur eingeschränkte Aktionsradien, befinden sich im Versuchsstadium und sind in Testfahrzeugen verbaut. Hierauf wird in späteren Abschnitten näher eingegangen.

Als Zwischenschritt und zur Erweiterung des begrenzten Aktionsradius wird die Kombination von Elektro- und Verbrennungsmotor angesehen, wobei ein kleindimensionierter Verbrennungsmotor nur noch die Funktion hat, die Batterien zu laden (sogenannte Range Extender).<sup>6</sup> Dem „Plug-in“-Konzept, das die Aufladung der Batterien an der Steckdose vorsieht, werden die größten Marktchancen zugebilligt, wozu jedoch noch ein erheblicher Aufwand im infrastrukturellen Bereich notwendig wäre (DB Research 2009: 11, VDA 2009: 5).

<sup>6</sup> Nach diesem Konzept ist beispielsweise der Opel Ampera, der auf dem Genfer Automobilsalon 2009 vorgestellt wurde, ausgerüstet.

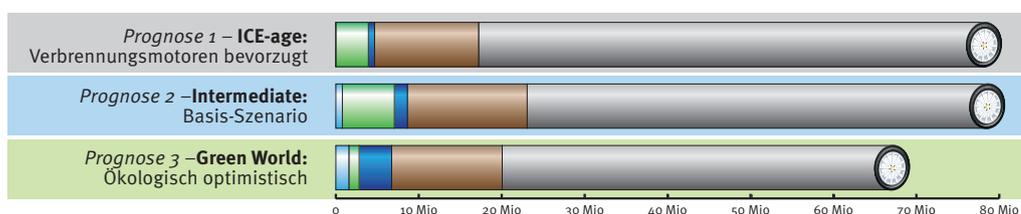
### 3.3 Prognosen der Verteilung verschiedener Antriebsstränge im Markt

Insbesondere internationale Beratungsunternehmen haben in den letzten zwei Jahren Prognosen und Erwartungen zur Marktentwicklung der verschiedenen Antriebsstränge vorgelegt. Da nahezu jede Studie unterschiedliche Zeithorizonte betrachtet, verschiedene Szenarienbedingungen zugrunde legt, gegebenenfalls unterschiedliche Teilmärkte betrachtet, ist ein verlässlicher Vergleich kaum möglich. Insofern können hier nur grob die Einschätzungen wiedergegeben werden, um einen Überblick zu den Erwartungen zu haben – vorweggenommen sei: Alle Prognosen und Einschätzungen haben gemeinsam, dass der Trend zur Elektrifizierung des Antriebsstranges eindeutig ist. Rein elektrisches Fahren bleibt jedoch bei den Neuzulassungen bis ins Jahr 2025/2030 noch im einstelligen Bereich der Weltmarktanteile.

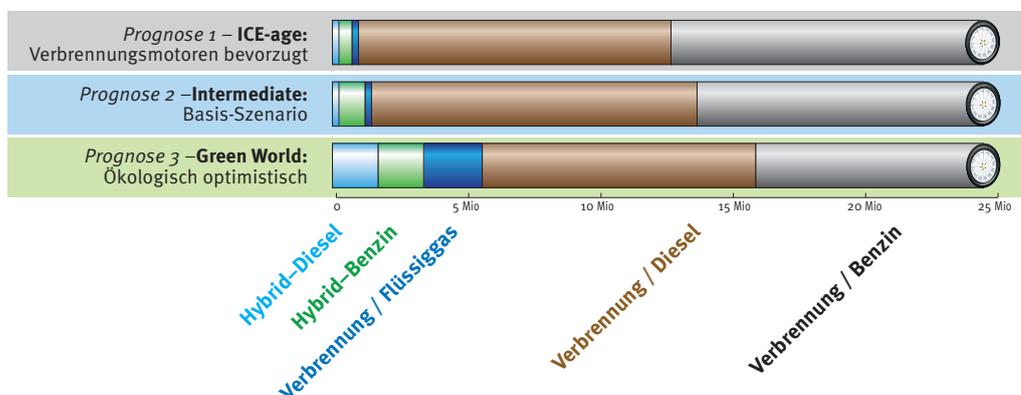
**McKinsey:** In der Studie „DRIVE“ aus dem Jahr 2006 untersucht McKinsey die Perspektiven bestehender und alternativer Antriebskonzepte. Hinterlegt sind drei Szenarien (Basisszenario (intermediate), „Grüne Welt“ (Green world), und Verbrennungsmotor „ICE age“)), die mit den Variablen Ölpreis und Abgassteuern arbeiten. ICE steht dabei für „internal combustion engine“ (= Verbrennungsmotor). Die Perspektive bezieht sich auf das Jahr 2020.

ABBILDUNG 7:  
Prognose für 2020 zu  
Antrieben in Einheiten  
nach drei Szenarien  
Quelle: McKinsey  
2006:9; 10;  
eigene Darstellung

#### Prognose 2020 – weltweit:



#### Prognose 2020 – in Europa:



Bei einem weltweiten Absatz von 78,4 Millionen Fahrzeugen ergibt sich das in Abbildung 7 dargestellte Bild. Verbrennungsmotoren („ICE“) dominieren in allen drei Szenarien noch den Antriebsstrang – selbst im Green world Szenario mit einem Anteil von 77 Prozent. Bezogen auf Europa (21,5 Millionen Fahrzeuge) wird der Anteil der Verbrennungsmotoren ebenfalls auf 77 Prozent in diesem Szenario geschätzt.

Im Fokus der Alternativen stand zum Zeitpunkt (2006) der Studie ein Plug-in-Hybrid – der rein elektrische Antrieb war noch nicht in Sicht. Die zusätzlichen Kosten für die Plug-in Komponenten im Vergleich zum Hybrid-Antrieb werden auf der Basis 2005 mit +2.900 Euro gerechnet, die sich jedoch bis 2020 auf 1.450 Euro reduzieren sollen.<sup>7</sup>

Als Schlussfolgerung wird – auf Basis einer Nutzerbetrachtung und entsprechender Kostenunterschiede – darauf verwiesen, dass ein Durchbruch der Plug-in-Antriebe nur zu erwarten ist, wenn zusätzliche regulatorische Maßnahmen ergriffen werden, wenn die Preise sinken und die Technologie weiter entwickelt wird.

Im Jahr 2009 (McKinsey 2009:1) ging die Unternehmensberatung davon aus, dass ein Plug-in-Hybrid mit 100 Meilen Reichweite im Jahr 2015 den Käufer gut 24.000 Dollar mehr kosten wird als ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

Um die EU-Grenzwerte einhalten zu können, müssen nach Einschätzung von McKinsey die deutschen Hersteller bis 2020 29 Milliarden Euro mehr an Forschung und Entwicklung sowie 85 Milliarden Euro mehr an Produktionskosten aufwenden (Tagesspiegel vom 10.11.2009).

**Oliver Wyman:** Die Consultants von Oliver Wyman (2009) gehen in ihrer Studie „Elektromobilität 2025“ davon aus, dass der Marktanteil von reinen E-Fahrzeugen bei etwa drei Prozent liegen wird. Die Mehrkosten für E-Fahrzeuge (Golf-Klasse) würden aus Sicht des Jahres 2009 bei 20.000 Euro liegen. Weltweit werden die Investitionen in FuE in diesem Jahrzehnt (2010-2020) zur Emissionsreduzierung 300 Milliarden Euro ausmachen – davon werden 50 Milliarden Euro auf die Entwicklung von alternativen Antrieben entfallen.

Für 2025 wird ein Absatz von 3,2 Millionen E-Fahrzeugen erwartet (damit läge der Bestand von E-Fahrzeugen bei 15 Millionen oder 1,5 Prozent des Gesamtbestandes). Mild- oder Vollhybride erreichen zusammen einen Marktanteil von 9 Prozent; Plug-in-Hybride 3,5 Prozent.

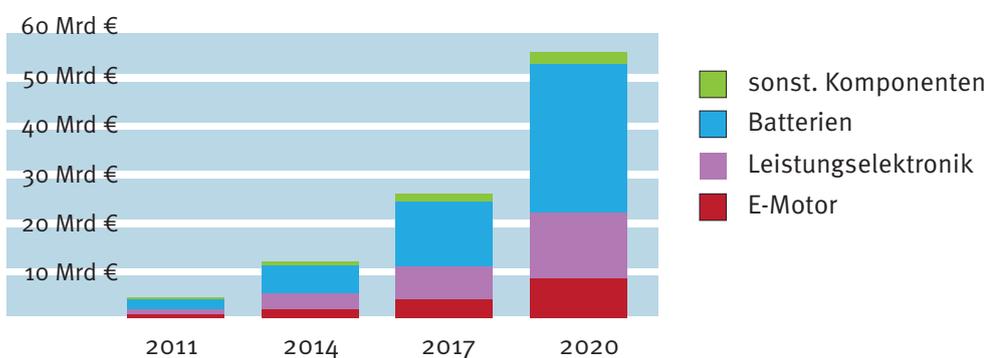
Der neu entstehende Weltmarkt für Komponenten für E-Fahrzeuge wird auf 80 Milliarden Euro im Jahr 2025 geschätzt (Lithium-Ionen-Batterien, E-Maschinen, Hochvolt-Leistungselektronik) – dies entspricht etwa sieben Prozent der gesamten Wertschöpfung im Komponentenbereich.

<sup>7</sup> davon zusätzliche Kosten für größere Batterie = 2.200 Euro; für größeren E-Motor = 400 Euro; für Elektronik, Powermanagement und Kabel = 300 Euro.

**Roland Berger:** Die Entwicklung des Komponentenmarktes hat Roland Berger näher betrachtet. Zeithorizont ist hier 2020 (Roland Berger 2009). Im Jahr 2020 wird sich dieser Markt auf einem Volumen zwischen 21 Milliarden Euro (low-Szenario) und 53 Milliarden Euro (high-Szenario) bewegen.<sup>8</sup>

Die Aufteilung auf die verschiedenen Komponenten ist in Abbildung 8 dargestellt (high-Szenario). Deutlich wird, dass die Batterien zukünftig mehr als die Hälfte des Komponentengeschäftes ausmachen werden – zweiter Kostentreiber ist nicht der E-Motor, sondern die Leistungselektronik, die eingesetzt werden muss.

ABBILDUNG 8:  
 Marktperspektive  
 Komponenten  
 E-Fahrzeuge  
 Quelle:  
 Roland Berger 2009;  
 eigene Darstellung



In der Studie wird darauf hingewiesen, dass die chinesische Automobilindustrie jetzt schon stark auf den Pfad Elektromobilität eingeschwenkt ist. Besonders ausgeprägt ist die Batterieherstellung für E-Fahrzeuge, die nicht zuletzt dank der Rohstoffvorkommen von Lithium in China eine günstige Ausgangsposition verschafft. Chinas Regierung will das Land zum Marktführer in Sachen Elektromobilität entwickeln und hat hierzu umfangreiche Förderprogramme aufgelegt.

Im Jahr 2008 hat Roland Berger (2008) eine Einschätzung zu Antriebsarten in Europa abgegeben. Die Betrachtungsperspektive ist hier 2028. Danach wird der Anteil alternativer Antriebe von 4 Prozent im Jahr 2008 auf 23 Prozent im Jahr 2028 steigen. Zu den alternativen Antrieben gehören mit 7 Prozent Verbrennungsmotoren mit alternativen Kraftstoffen (Biokraftstoffe), mit 6 Prozent E- und Fuel-cell-Fahrzeuge sowie Hybride (Voll- und Plug-in-Hybride). 24 Prozent der Fahrzeuge wird mit fortschrittlichen Verbrennungsmotoren (Direkteinspritzung, Turboaufladung oder HCCI) ausgestattet sein – der Rest von 53 Prozent verteilt sich auf konventionelle Benzin- (18 Prozent) oder Diesel- (35 Prozent) Motoren (Roland Berger 2008: 7).

In der Komponentenbetrachtung wird für die Optimierung der Verbrennungsmotoren eine Perspektive eingenommen, die 2006 und 2012 im Hinblick auf das Europäische Marktpotenzial vergleicht. Dabei stehen drei Technologien im Vordergrund: Direkteinspritzsysteme, Turbolader und Abgasreinigungsanlagen. Das größte Marktvolumen versprechen die Abgasreinigungsanlagen (von 11,4 auf 15,8 Milliarden Dollar), gefolgt von Direkteinspritzsystemen (7,8 auf 12,0 Milliarden Dollar) sowie letztlich die Turbolader (8,4 auf 9,9 Milliarden Dollar) (Roland Berger 2008: 15).

<sup>8</sup> low-Szenario: „downsized mobility“ geht von nur schleppender Entwicklung im Bereich der elektrischen Antriebe, mit geringer staatlicher Unterstützung und stabilen Ölpreisen aus.  
 high-Szenario: „the future drives electric“ geht von steigenden Ölpreisen, Kostenreduzierungen bei Batterien und hoher staatlicher Unterstützung aus (Roland Berger 2009:13).

**A.T. Kearney:** A.T. Kearney (2009) erwartet bis 2020 für die drei großen Automobilregionen Amerika, Europa und Asien, dass die Marktanteile von Plug-in-Hybrid und E-Fahrzeuge sich auf einem Niveau zwischen acht und zehn Prozent bewegen werden. Sehr unterschiedlich werden die Marktchancen im Szenario „Moderate drive for change“ für andere alternative Antriebe (Gas, Full-Hybrid) gesehen (siehe Abbildung 9). Brennstoffzellenantriebe werden – so die Einschätzung – auch 2020 noch zu teuer sein, als dass sie sich im Markt etablieren könnten.

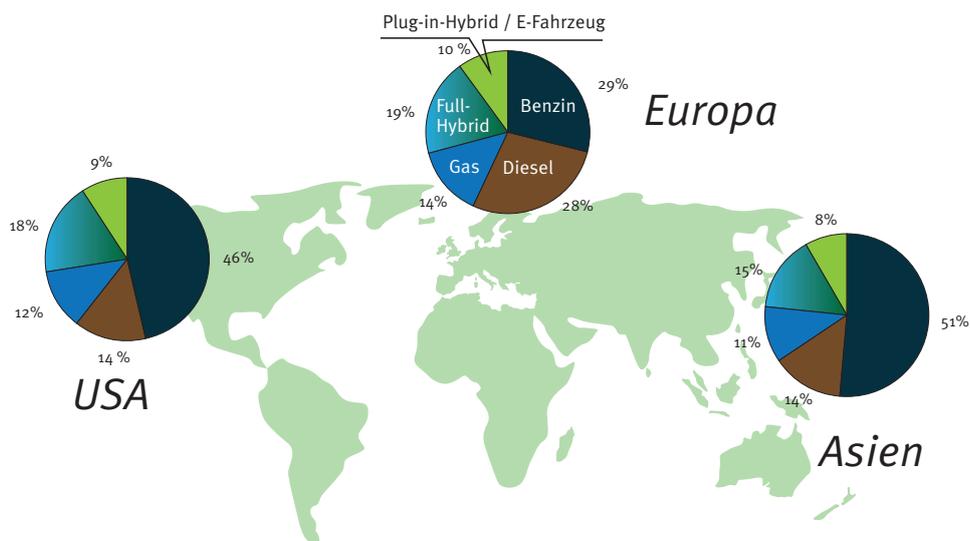


ABBILDUNG 9:  
Antriebslandschaft 2020

(Verteilung nach Regionen in Prozent)

Quelle: A.T. Kearney (2009); eigene Darstellung

Im „moderaten Wandel-Szenario“ wird davon ausgegangen, dass die „Gesetzmäßigkeiten“ der Automobilindustrie weiterhin wirken, das heißt, dass Modellzyklen einen Zeitraum von vier bis fünf Jahren haben, die Entwicklungsbudgets begrenzt sind und vor allem bestehende Strukturen und Prozesse nicht schnell verändert werden (dies betrifft vor allem die Umstellung von Produktionsanlagen). Hinzu komme, dass die Akteure mit einer strategischen Unsicherheit konfrontiert sind, die sie erst die neuen Produkte auf den Märkten testen lassen, in dem sie Pilotprojekte starten und die Reaktionen darauf abwarten.

Im Hinblick auf die Veränderung der Wertschöpfungskette durch den Trend hin zu alternativen Antriebskonzepten wird deutlich, dass die OEMs im Antriebsstrang kaum noch Wertschöpfungsanteile haben werden (siehe Abbildung 10).

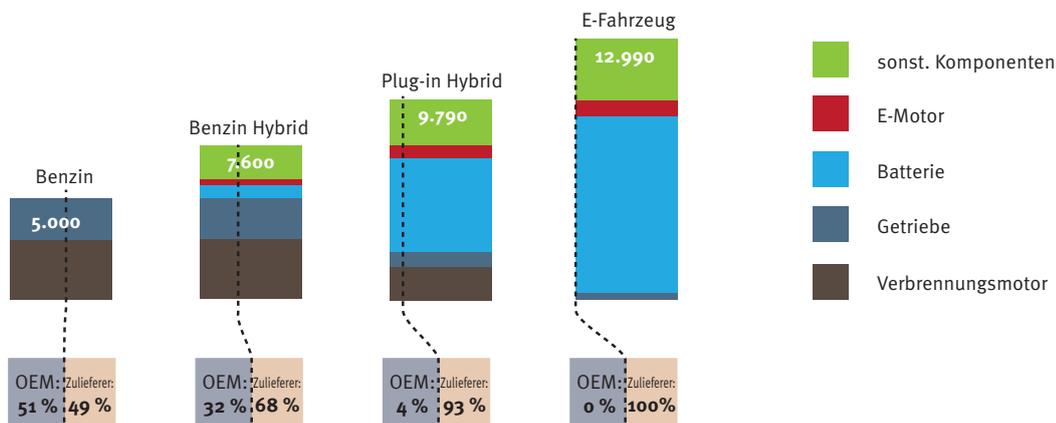


ABBILDUNG 10:  
Heutige Wertschöpfung beim Antriebsstrang von Herstellern und Zulieferern

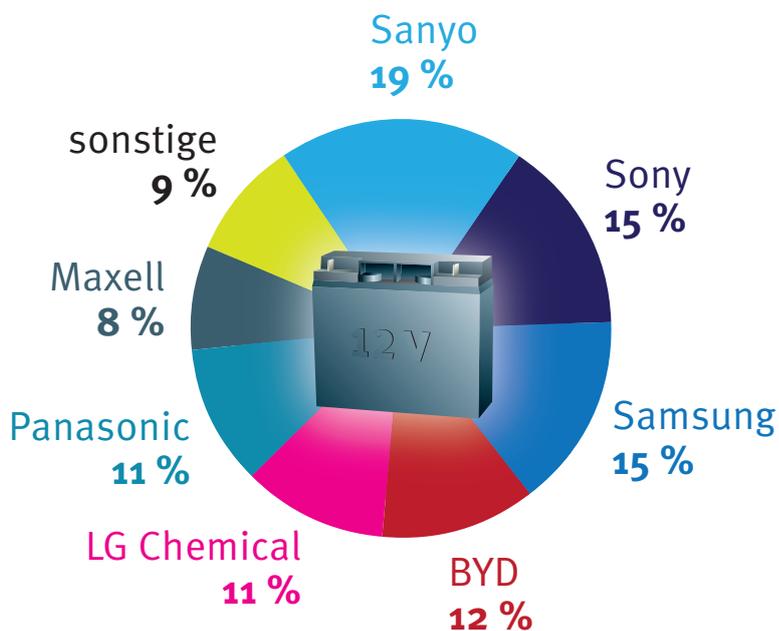
Quelle: A.T. Kearney 2009; eigene Darstellung

## Batteriehersteller als Monopolisten?

Als für die gesamte Wertschöpfungskette problematisch wird die Marktmacht neuer Zulieferer angesehen – insbesondere die der Batteriehersteller. Die Konzentration der Produktion auf diesem Gebiet wird für die drei größten Anbieter auf 60 Prozent des Weltmarktanteiles beziffert. Für den Automobilbereich produzierten im Jahr 2008 Hitachi 195 Millionen Lithium-Ionen-Zellen, NEC 50 Millionen und Toshiba unter 50 Millionen Zellen (BMU 2009:7).

Die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien (im Folgenden LIB) ist - wie oben schon angedeutet - auf die asiatischen Produzenten konzentriert. Abbildung 11 gibt einen Überblick über Hersteller und Marktanteile. Mittlerweile hat der Marktführer Sanyo (Batteriepartner von Volkswagen) den ebenfalls japanischen Hersteller Panasonic (Batteriepartner von Toyota) übernommen und bildet damit den mit Abstand größten Hersteller dieser Batterien. In dieser Betrachtung handelt es sich jedoch nicht um spezifische LIBs für den Antriebsstrang von Automobilen, sondern um die gesamte Bandbreite inklusive der LIBs für die Unterhaltungs- und IT-Elektronik.

ABBILDUNG 11:  
Marktanteile  
Lithium-Ionen-Batterien  
2008  
Quelle:  
Handelsblatt  
vom 1. 12. 2009;  
eigene Darstellung



### 3.4 Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung

Ziel des Nationalen Entwicklungsplans ist, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren. Deutschland soll zum Leitmarkt für Elektromobilität entwickelt werden. Industrieseitig wurde das Ziel dahingehend ergänzt, dass es vor allem auch darum gehe, Deutschland auch zum Leitanbieter von Elektromobilität zu machen, um die technologische Führerschaft der Automobilindustrie auf den Weltmärkten zu erhalten und auszubauen.

Zur Förderung der Elektromobilität und zur Unterstützung der Markteinführung stellt der Bund im Rahmen des Entwicklungsplans für die Jahre 2010 und 2011 Fördermittel in Höhe von 500 Millionen Euro zur Verfügung. Der Plan selbst sieht eine schrittweise Entwicklung vor, die jeweils neue Entwicklungen und neue Erkenntnisse aufnimmt und die weiteren Schritte festlegt. Erste Konkretisierungen des Entwicklungsplans sind erfolgt (BMU 2009):

- Auswahl von acht Modellregionen<sup>9</sup>
- Konzentration der Systemforschung Elektromobilität bei den Fraunhofer-Instituten sowie die Einrichtung eines „Forums Elektromobilität“ durch Fraunhofer,
- „Marktaktivierungsprogramm zur Einführung der ersten 100.000 Elektrofahrzeuge“ und
- Aufbau von Kompetenzclustern „Elektromobilität mit Schwerpunkt auf Batterietechnologie und -fertigung“.



ABBILDUNG 12:

*Lithium-Ionen-Batterie  
Forschung und Produktion  
in Deutschland*

*Quelle: BMU 2009: 9;  
eigene Darstellung*

<sup>9</sup> Modellregionen: Berlin/Potsdam, Bremen/Oldenburg, Hamburg, München, Rhein-Ruhr, Rhein-Main, Sachsen und Stuttgart, in denen bis Ende 2011 Feldversuche unternommen werden.

Aus Sicht der Regierungsberater (McKinsey) gibt es in Deutschland für die Bildung eines Batterie-Kompetenzclusters gute Voraussetzungen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Universitäten, Forschungsinstitute und Forschungszentren. Die bisherigen Produktionskapazitäten in Deutschland sind auf vier kleinere Anbieter beschränkt (siehe vorherige Abbildung): Leclanché mit zwei Produktionsstätten sowie Gaia<sup>10</sup>, Li-Tec und Varta Microbatteries.

Als Koordinierungsstelle zwischen den vier beteiligten Ministerien wurde erst gegen Ende des Jahres 2009 eine Entscheidung getroffen: BMWi und BMVS haben sich auf die Einrichtung einer internen Geschäftsstelle verständigt, die mit jeweils drei Beamten aus dem Wirtschafts- und aus dem Verkehrsministerium besetzt wird. Die Geschäftsstelle Elektromobilität soll das 500 Millionen Euro Förderprogramm betreuen und Aktivitäten koordinieren (Handelsblatt vom 15.12.2009).

Um insbesondere die Industrie in den Nationalen Entwicklungsplan einzubinden, wurde im Mai 2010 die „Nationale Plattform Elektromobilität“ aus der Taufe gehoben. Mit der Etablierung der Nationalen Plattform wurde eine gemeinsame Erklärung von Bundesregierung und deutscher Industrie verabschiedet, in der sich Industrie und Politik auf das gemeinsame Ziel verständigen, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln. Industrie und Energiewirtschaft signalisieren, dass sie das Vorhaben des Nationalen Entwicklungsplans mittragen und unterstützen werden.

Als E-Fahrzeuge werden im nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität nur diejenigen Antriebe betrachtet, die das rein elektrische Fahren ermöglichen, also ohne Verbrennungsmotor auskommen. Nur hier ist gewährleistet, dass eine ausreichende Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes erreicht wird. Damit fallen alle Zwischenschritte über Hybridfahrzeuge oder Fahrzeuge mit Range-Extender aus dieser Betrachtung heraus. Volumenperspektiven, Kostenbetrachtungen sowie Beschäftigungseffekte und anderes mehr werden im Programmkonzept „Marktaktivierung“ auf Basis eines McKinsey-Gutachtens dargestellt (BMU 2009).

McKinsey schätzt für das Jahr 2020 den weltweiten Markt für E-Fahrzeuge und Hybrid-Modelle auf 470 Milliarden Euro ein – dies entspräche etwa einem Drittel des gesamten Umsatzes von Fahrzeugen. 110 Milliarden Euro entfallen auf E-Fahrzeuge und 360 Milliarden Euro auf Hybridfahrzeuge (Szenario gebildet auf Basis eines Ölpreises von 110 Dollar je Barrel). Mit der Markteinführung von E-Fahrzeugen entstehe – so die Bundesregierung – eine neue Wertschöpfungskette in der Automobilindustrie. Ankündigungen von deutschen OEMs lassen erwarten, dass ab 2012 die ersten E-Fahrzeuge angeboten werden (E-Smart, A-Klasse von Mercedes-Benz, E-Mini von BMW, E-Golf von VW, Volt von Opel sowie ein Fuel-Cell Hybrid von Ford).<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Gaia Akkumulatorenwerke GmbH, Nordhausen. Die Konzernmuttergesellschaft LTC - Lithium Technologie Corporation ist in den USA börsennotiert und seit vielen Jahren im Bereich großformatiger Energiespeichersysteme tätig. Die Vorteile der GAIA Lithium-Ionen-Zellen sind höchste Leistungs- und Energiedichten in großformatigen Batterien. Die gewickelten Rundzellen haben Kapazitäten von 7,5Ah bis 500Ah. Die derzeit verwendete Technologie basiert auf Li(NiCoAl)O<sub>2</sub> und LiFePO<sub>4</sub> ([www.gaia-akku.com/08.01.2010](http://www.gaia-akku.com/08.01.2010)).

<sup>11</sup> Beispiel BMW E-Mini: Seit 2009 befinden sich 50 dieser Fahrzeuge in Berlin in einem Testbetrieb. Der Strom wird von Vattenfall (dem Stromversorger der Region) zur Verfügung gestellt. Aus dem viersitzigen Mini wurde durch ein Batteriepack mit 5.000 Li-Ionen-Akkumulatorenzellen ein Zweisitzer, da die Batterie neben dem Platz im Heck die komplette Rücksitzbank in Anspruch nimmt. Das Fahrzeug hat eine Leistung von 204 PS (vgl. Tagesspiegel vom 10.11.2009). Die Testkunden konnten sich beim Stromanbieter Vattenfall um eine Teilnahme bewerben – der monatliche Preis für die Nutzung des Fahrzeuges beträgt 400 Euro.

Diese eher als Pilotprojekte zu charakterisierenden Fahrzeuge werden sogenannte Plug-in Electrical Vehicle sein, die mit großem Batteriespeicher und E-Motor ausgestattet sind und bei denen die Batterie aus dem Stromnetz an Ladestationen aufgeladen wird. Damit sind zwei der Problemfelder angesprochen, die einer klassischen Serienproduktion von E-Fahrzeugen noch entgegen stehen: (1) das Batteriesystem und (2) die Infrastruktur zur Aufladung.

### 3.5 Komponenten des elektrischen Antriebes

Rein elektrische Antriebe benötigen zum Teil völlig andere, zum Teil modifizierte Komponenten als der Verbrennungsmotor. Daher ist je nach Markterfolg von E-Antrieben und Durchsetzung beim Verbraucher sowie Marktakzeptanz der Ablösungsprozess von Verbrennungsmotoren durch E-Motoren und den dazugehörigen Komponenten (phase-in – phase-out) zu bewerten und bringt zu den erwartenden Zeitpunkten und Volumina entsprechende Veränderungen in der Wertschöpfungskette mit sich.

In der folgenden Abbildung sind die wesentlichen Komponenten dargestellt:

Komponente	techn. Reifegrad aktuell	Wertanteil im Jahr 2020	Wertanteil in EUR im Jahr 2020
E-Lenkung	hoch	1,7 %	357,-
Fahrwerk E-spezifisch (Leichtbau)	mittel	4,0 %	840,-
Energieerzeugung Bremse	hoch	0,5 %	105,-
Heizung / Klimatisierung	hoch	3,0 %	630,-
Kühlung E-Komponenten	mittel	0,7 %	147,-
Energiespeicher	niedrig	38,0 %	7.980,-
On-Board-Ladegerät	hoch	0,5 %	105,-
Leistungselektronik + DC/DC-Wandler	hoch	4,5 %	945,-
E-Motor + Getriebe	hoch	5,0 %	1.050,-
Rest		42,1 %	8.841,-
<b>gesamt</b>		<b>100,0 %</b>	<b>21.000,-</b>

ABBILDUNG 13:

Technologischer Reifegrad und Wertanteil eines batterieelektrischen Fahrzeugs

Quelle:  
 nach H. Naunheimer/  
 ZF Friedrichshafen AG  
 2009;  
 eigene Darstellung

Technologisch reif sind demnach folgende Komponenten: Elektromotor (EM) und Getriebe, Leistungselektronik und Gleichstromwandler (LE + DC/DC)<sup>12</sup>, Ladegerät, Kühl- und Heizungssystem, Bremssystem mit Energierückgewinnung (Rekuperation), sowie die Elektrolenkung. Eine etwas geringere technologische Reife liegt beim E-Fahrzeug-spezifischen Leichtbaufahrwerk und bei der Kühlung der E-Komponenten vor. Während für E-Fahrzeuge nutzbare Lenk- und Bremssysteme heute bereits die Funktionalitäten aufweisen und Klima-/Heizungssysteme ebenfalls vorhanden sind und gegebenenfalls leicht modifiziert werden müssen, stellen insbesondere Energiespeicher (Batterien), die gleichzeitig den größten Kostenblock im E-Fahrzeug darstellen, die große Entwicklungsherausforderung dar. Damit verbunden sind auch entsprechende Kühlsysteme für die Batterien sowie die

<sup>12</sup> DC = Direct Current (Gleichstrom)

ebenfalls dazugehörige Leistungselektronik, die Batteriezustände überwacht und regelt.

In Summe – so die Erwartung von ZF – beträgt der Wertanteil an Komponenten für den elektrischen Antrieb 57,9 Prozent am Fahrzeugpreis oder 12.159 Euro – der größte Einzelanteil entfällt mit 38 Prozent auf den Energiespeicher.<sup>13</sup>

ABBILDUNG 14:

Komponenten-Betrachtung – vom Verbrennungsmotor zum E-Antrieb

Quelle:  
Dispan u.a. 2009: 231

Was fällt weg?	Was wird stark verändert?	Was kommt hinzu?
Verbrennungsmotor mit Motorblock, Kolben, Dichtungen, Ventilen, Nockenwelle, Ölwanne, Ölfilter, Lager etc. Einspritzanlage Abgasanlage Tanksystem Kupplung Nebenaggregate wie Ölpumpe, Turbolader, Lichtmaschine	Getriebe Radaufhängung Kraftübertragung Klimaanlage / Heizung Kühlwasserpumpe Wärmedämmung	Elektromotor und weitere Antriebs-elemente Batteriesystem mit Akkumulator, Leistungselektronik, Batteriemanagementsystem, Ladegerät (Plug-in), DC/DC-Wandler

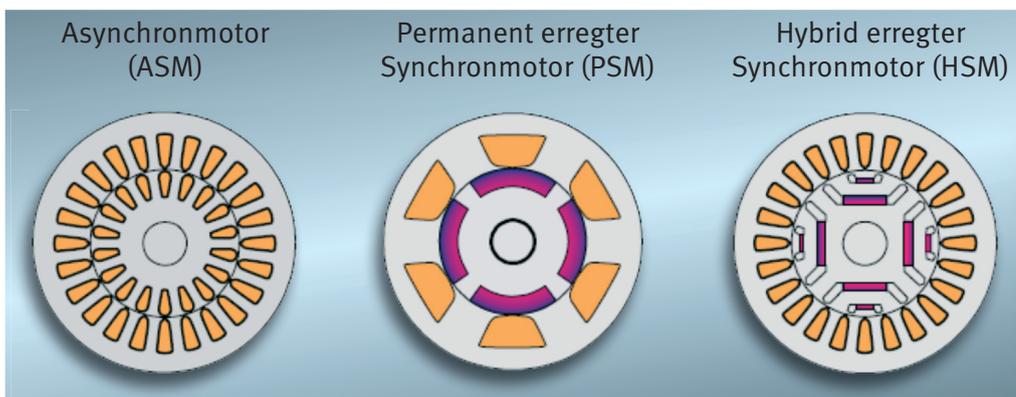
### 3.5.1 Elektromotor

Prinzipiell gibt es zwei Arten von Elektromotoren, wie sie in der folgenden Abbildung dargestellt sind: Asynchron- und Synchron-Motoren. Bei den Synchronmotoren ist vom Typ her entscheidend, ob das Magnetfeld permanent oder hybrid erregt wird. Für E-Fahrzeuge scheint sich der hybrid erregte Synchronmotor (HSM) als geeignetste Variante herauszustellen (Mathoy/Bursa 2008).

ABBILDUNG 15:

Arten von Elektromotoren

Quelle:  
Mathoy (Bursa AG) 2008



Der Asynchronmotor ist heute der am meisten verwendete Elektromotor. Der einzigartige Vorteil gegenüber anderen Elektromotoren ist das Fehlen von Kommutator und Bürsten. Ein Synchronmotor ist eine Maschine, bei der ein konstant magnetisierter Läufer (Rotor) synchron von einem bewegten magnetischen Drehfeld im umgebenden Stator mitgenommen wird. Das Feld im Läufer wird durch Permanentmagnete oder Elektromagnete erzeugt.

Auch im Hinblick auf die Elektromotoren wird die Rohstoffverfügbarkeit thematisiert. Kritische Größe ist Neodymium (als Magnet) für permanent magnetsyn-

<sup>13</sup> Die Kosten und jeweiligen Anteile der Komponenten an den Herstellkosten eines E-Fahrzeuges basieren auf ZF-internen Recherchen und Quellen – der angegebene technologische Reifegrad basiert auf den Einschätzungen der Entwicklungsabteilung ZF Friedrichshafen.

ne Motoren.<sup>14</sup> 80 Prozent des Weltrohstoffvorkommens lagert in China (Roland Berger Insight 2-2009: 1).

### 3.5.2 Batteriesystem

Für den rein elektrischen Fahrbetrieb wird in der derzeitigen Diskussion von einer Reichweite zwischen 100 und 130 Kilometern als Standard ausgegangen. Höhere Reichweiten sind mit heutigen Batteriesystemen nicht erreichbar. Diese Reichweiten werden als ausreichend erachtet, um im Normalgebrauch des motorisierten Individualverkehrs (MIV) (durchschnittliche Tagesstrecke von ca. 40 Kilometern) einsetzbar zu sein.

Die klassische Bleibatterie ist von der Leistungsdichte her nicht für den E-Antrieb geeignet. Die Natrium-Nickelchlorid-Batterie wird nur im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge eingesetzt und ist nur für Kurzstreckenfahrten nutzbar. Als Batterietechnologien, die in E-Fahrzeugen einsetzbar sind, werden vor allem Lithium-Ionen-Batterien (LiB) angesehen, da sie eine deutlich höhere Energiedichte wie auch Leistungsdichte<sup>15</sup> als Nickel-Metallhydrid-Batterien (NiMH) haben.

LiBs für die Energiespeicherung im Fahrzeug werden aus einer Vielzahl von Zellen zu einem Batteriepack zusammengesetzt (siehe beispielsweise E-Mini mit 5.000 Zellen). LiBs werden schon seit Jahren in Produkten der Konsum-/Unterhaltungselektronik eingesetzt (MP3-Player, Videokameras, Digitalkameras, Notebooks, Mobiltelefone bis hin zu Werkzeugen wie Akkuschauber oder drahtlose Bohrmaschinen), haben hier jedoch deutlich geringere Anforderungen zu erfüllen, als sie für den automobilen Einsatz notwendig sind.<sup>16</sup>

Zum Vergleich: Ein Mobiltelefon ist mit einer LiB ausgestattet, die eine Leistung von 750 mAh hat – eine LiB für ein Hybridfahrzeug muss zumindest über eine Leistung von 5,2 Ah verfügen und ist entsprechend groß dimensioniert. Für den batteriebetriebenen elektrischen Antrieb wird eine Leistung von 24 Ah gefordert, um die begrenzte Reichweite von ca. 120 Kilometern zu erreichen. Je nach verwendetem Material liegt die Energiedichte von LiBs bei 95 bis 190 Wh/kg (beziehungsweise 250 bis 500 Wh/l).

Planungen für Elektroantriebe in Sportfahrzeugen verdeutlichen, dass die Leistungsfähigkeit der Batteriesysteme noch deutlich höher ausgelegt wird. Dies soll kurz an zwei Beispielen illustriert werden: Mercedes-Benz SLS AMG und Ruf-Porsche. Darüber hinaus ist mit dem E-Tron von Audi ein weiterer elektrisch angetriebener Sportwagen auf Basis des R8 angekündigt (<http://www.spiegel.de/auto/fahrberichte/0,1518,665818,00.html/08.01.2010>).

<sup>14</sup> Permanent erregte Maschinen haben den Vorteil, dass zur Erzeugung des Magnetfeldes keine Energie benötigt wird. Das verbessert besonders bei kleiner Gesamtleistung den Wirkungsgrad. Der Nachteil besteht darin, dass Feldschwächung unmöglich und damit der mögliche Drehzahlbereich kleiner ist.

<sup>15</sup> **Energiedichte:** Energie pro Raumvolumen (beispielsweise beträgt die Energiedichte eines Lithium-Polymer-Akkus 140–180 Wattstunden pro kg Masse (140–180 Wh/kg) und die eines Nickel-Metallhydrid-Akkus (NiMH) 80 Wh/kg.)

**Leistungsdichte:** Bei Brennstoffzellen, Akkumulatoren oder auch Kondensatoren bestimmt die Volumen-Leistungsdichte die Größe der Zellen, die Masse-Leistungsdichte (W/kg) das Gewicht. Ein Ragone-Diagramm setzt die Leistungsdichte in Beziehung zur Energiedichte.

<sup>16</sup> Dies betrifft z.B. die Sicherheit – im Jahr 2008 gab es einige Rückrufaktionen von spezifischen Produktionschargen von LiBs für Notebooks, da es in mehreren Fällen zur Überhitzung der Batterie und zur Entflammung kam.

### Beispiel: Mercedes-Benz SLS AMG

Die Tuningtochter von Mercedes-Benz plant für 2012/2015 einen Sportwagen (SLS Flügeltürer) mit E-Motor auf den Markt zu bringen. Die E-Motoren sollen eine Leistung von 532 PS erbringen und werden aus drei LIB-Paketen mit Strom versorgt. Die Akkus haben zusammen eine Kapazität von 40 Ah sowie einen Energiegehalt von 48 kWh und werden von Brusa<sup>17</sup> zugeliefert – ebenso wie die vier radnahen E-Motoren. Die Reichweite des Fahrzeugs wird zwischen 150 und 180 Kilometern liegen.

Durch Wegfall von Komponenten für den Verbrennungsmotor (Motor, Kardanwelle, Auspuffanlage, Tank, Getriebe) entfallen 400 Kilogramm Gewicht – die hinzukommenden Elektromodule wiegen rund 600 Kilogramm. Das Fahrwerk bleibt bis auf ein modifiziertes Dämpfersystem (ersetzt den doppelten Querlenker vorn) identisch (Focus online/06.01.2010).

### Beispiel: Ruf-Greenster (Porsche)

Ruf, ein Porsche-Autotuner aus dem schwäbischen Pfaffenhausen, wird 2010 einen elektrisch angetriebenen Porsche auf den Markt bringen, um die Leistungsfähigkeit dieses Antriebskonzeptes zu veranschaulichen. Bereits 2008 hat Ruf einen Elektro-Porsche vorgestellt.

Auf Basis eines Porsche 911 wird in Kooperation mit Siemens ein 80 kg schwerer Porsche für 160.000 Euro angeboten werden, der eine Leistung von 370 PS hat. Die Lithium-Ionen-Batterien werden von Gaia, Nordhausen kommen.

Siemens hat im Bereich der zentralen Forschung (Corporate Technology) eine spezielle Arbeitsgruppe „Elektromobilität“ eingerichtet. Diese Arbeitsgruppe wird die 2008-er Version des E-Porsche weiterentwickeln. Der Greenster wird ein Doppelmotor-Konzept haben (Süddeutsche Zeitung vom 02.06.2009; Siemens AG, Pictures of the Future, Frühjahr 2009, S. 96-101).

Alle bisherigen Publikationen von Unternehmensberatungen gehen davon aus, dass LIB die dominante Batterietechnologie mit dem zur Zeit größten Leistungsniveau ist. Am 29. Januar 2010 verlieh der Parlamentarische Staatssekretär beim Bundesverkehrsminister im Rahmen der Gala „Auto der Vernunft“ den Sonderpreis „Innovation der Vernunft“ an das Berliner Jung-Unternehmen DBM Energy für ihren Kolibri AlphaPolymer-Akku (<http://www.bmvbs.de/-,302.1118802/Mobilitaet-der-Zukunft-Der-Par.htm>).

<sup>17</sup> Brusa: BRUSA Elektronik AG, Sennstadt/CH, beliefert die Automobil-Industrie mit Leistungselektronik. BRUSA Elektronik AG ist unabhängig. Eigentümer sind Management und Mitarbeiter. Die Zahl der Beschäftigten betrug 30 (2007) [http://www.brusa.biz/g\\_company.htm/07.01.2010](http://www.brusa.biz/g_company.htm/07.01.2010). Im Jahr 2009 betrug die Zahl der Beschäftigten 50. Im März 2009 haben Magna und Brusa einen Kooperationsvertrag zur gemeinsamen Weiterentwicklung von Komponenten für Elektroantriebe geschlossen (Magna Pressemitteilung vom 04.03.2009).

## Technologie Kolibri AlphaPolymer-Akku

„Grundlage der Kolibri Akkus ist die von uns entwickelte 4 Layer Technologie, wobei jede Schicht durch die von uns entwickelte Alpha Polymer Membran getrennt wird. Abgestimmte Chemie und umfangreiche praktische Tests machen die Kolibri Technologie zum effizientesten Lithium Energiespeicher auf dem Markt.

Die Kolibri Technologie bildet das magische Dreieck zwischen Wirtschaftlichkeit, Leistung und Handling. Unsere Zellen werden durch aktive Batterie Management Systeme auf die Anforderungen unserer Kunden abgestimmt. Das BMS ermöglicht eine vollständige Überwachung aller Zellen, der Anwender kann bei Bedarf auch Online auf das BMS zugreifen und den Zustand der einzelnen Zellen abfragen und somit seinen Energieverbrauch beziehungsweise Bedarf berechnen. Die Entwicklung und Produktion der Batterie Management Systeme geschieht bei der DBM. Das macht uns unabhängig und sichert Ihnen ein Höchstmaß an Individualität und Sicherheit“ (<http://www.dbm-energy.com/13.02.2010>).

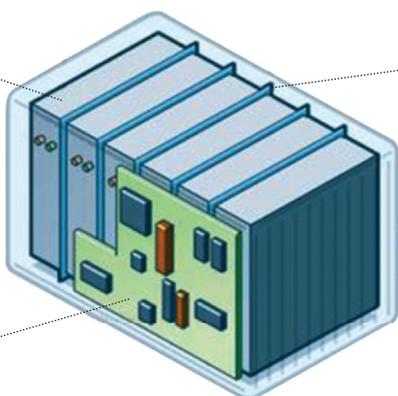
Ursprünglich sollten technische Systeme für den Katastrophenschutz entwickelt werden. 15 Millionen Euro Entwicklungskosten und mehrere Jahre Forschung führten zu einer Batterie, die bisherigen LIBs deutlich überlegen ist: dem LMP (Alpha-Polymer-Akku). Der LMP hat keine Temperaturprobleme und liefert Strom bei Temperaturen von -40 bis +100 Grad Celsius. Der Wirkungsgrad liegt bei 99,7 Prozent (im Vergleich zu 80 Prozent bei LIBs). Bisher wurde diese Batterie als Akku für Gabelstapler in der Praxis getestet – mit deutlichen Vorteilen gegenüber anderen Batterien.

Geplant war, diese Batterie im Ruf-E-Porsche (siehe oben) einzusetzen. Der Elektrik-Ausrüster Siemens stoppte den Einsatz mit dem Argument:

„Es ist nicht im Interesse der Kunden, ein Elektroauto mit einer so großen Reichweite zu präsentieren“ (Handelsblatt vom 09.03.2010).

Vor einem möglichen Einsatz wollten sich Siemens und Ruf die „Kolibri“-Batterie von DBM im Detail anschauen - angesichts des Wettbewerbes und aus Gründen des Know-how-Schutzes wurde dies jedoch vom Erfinder M. Hannemann abgelehnt. Ruf will jedoch den Kontakt zu diesem Start-up aufrecht erhalten.

Der Akku besteht aus reinen Feststoffzellen, aus denen weder Flüssigkeiten noch Gase austreten können. Die Zellen sind zu 100 % recyclebar.



Neu entwickelte Polymer-Membrane trennen die Schichten der Batterie und verbessern den Wirkungsgrad deutlich.

Ein Batterie-Management-System (BMS) überwacht die Zellen. Anwender können online auf das BMS zugreifen und den Zustand der einzelnen Zellen abfragen.

**Ein E-Golf könnte mit einem voll aufgeladenen „Kolibri“-Akku 500 Kilometer rein elektrisch fahren.**

ABBILDUNG 16:

LMP-Akku „Kolibri“ von DBM energy

Quelle: Handelsblatt, 09.03.2010 und eigene Darstellung

Die Leistungsfähigkeit der „Kolibri“-Technologie konnte das DBM Energy bei einer kontrollierten Testfahrt in der Nacht vom 25. auf den 26. Oktober 2010 unter Beweis stellen: Die Strecke zwischen München und Berlin (mehr als 600 Kilometer) wurde mit einer Batterieladung bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 90 km/h zurück gelegt. Diese Testfahrt und die dazu notwendigen Entwicklungsarbeiten an der Batterie wurden im Rahmen des Konjunkturpaketes II unter dem Projektnamen „Liquid Freedom“ mit 275.000 Euro vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert. Das Unternehmen schätzt die Technologie als serienreif ein und hat mit der Planung einer Großserienfertigung im Raum Berlin-Brandenburg begonnen.

### Rohstoff-Frage

Angesichts der erwarteten Dynamik der Nachfrage und der Produktion von LIB wird auch die Frage nach der Verfügbarkeit des Rohstoffes Lithium gestellt. Im Jahr 2008 wurden 27,4 Millionen Tonnen Lithium gefördert – die zur Zeit erreichbaren Reserven belaufen sich auf 4.100 Millionen Tonnen – das umfangreichste Förderreservoir hat zur Zeit Chile. Werden die erschließbaren Reserven mit in die Betrachtung einbezogen (siehe folgende Abbildung), ergibt sich ein Vorrat von 11.000 Millionen Tonnen Lithium (Transport and Environment 2009, Fraunhofer ISI 2009).

ABBILDUNG 17:  
 Weltweite  
 Lithium-Produktion  
 und Reserven  
 in Mio. Tonnen  
 Quelle: Transport and  
 Environment 2009

	Produktion 2008	Reserven	erschließbare Reserven
US		38	410
Argentinien	3,2		
Australien	6,9	170	220
Bolivien			5.400
Brasilien	0,2	190	910
Chile	12,0	3.000	3.000
China	3,5	540	1.100
Kanada	0,7	180	360
Portugal	0,6		
Zimbabwe	0,3	23	27
<b>Welt</b>	<b>27,4</b>	<b>4.100</b>	<b>11.000</b>

In der Betrachtung der erschließbaren Ressourcen taucht dann auch Bolivien als Land mit den größten Vorkommen auf. Etwa die Hälfte dieser erschließbaren Reserven entfallen auf dieses südamerikanische Land, da in der Salzwüste von Uyuni das größte abbaubare Vorkommen liegt (Tagesspiegel vom 10. 11. 2009).

### 3.5.3 Infrastruktur

Im Bereich der infrastrukturellen Ausstattung gibt es zwei grundlegende Varianten. Zum einen eine von Better Place als Geschäftsmodell entwickelte und beispielsweise in Dänemark oder Israel umgesetzte Variante, die vor allem den Austausch des Batteriepacks (leer gegen voll) an entsprechenden Wechselstellen vorsieht. Offen ist hier noch, ob die Batteriepacks angesichts der hohen Kosten/Preise im Eigentum des Fahrzeughalters sind oder ob sie lediglich vermietet werden. Die Wechselstrategie hat den außerordentlichen Nachteil, dass das Batteriepack komplett entnommen und wieder eingesetzt werden muss, was neue Anforderungen an die Anordnung, den Einbaupunkt und die Zugänglichkeit mit sich bringt. Diese Anordnung müsste zudem standardisiert werden, damit die Wechselstationen mit entsprechenden Handhabungsgeräten ausgestattet werden können. Der Vorteil besteht in einer Verlängerung der Reichweite des E-Fahrzeuges, da ein solcher Wechsel der Batterie zeitlich einem Tankvorgang beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor entspricht.

Die Alternative zum Austausch sind Ladestationen, die jedoch ähnlich flächendeckend wie Tankstellen im öffentlichen Raum aufgebaut werden müssten. Hinzu kämen Ladestationen an Orten, wo über längere Zeit geparkt wird (wie zum Beispiel Supermärkten, Arbeitsstätten) sowie an den Wohnorten beziehungsweise Parkplätzen, um die Batterien über Nacht aufladen zu können. Diese Alternative setzt jedoch erhebliche Investitionen in den Ausbau dieser Infrastruktur voraus, der von den Stromanbietern geleistet werden müsste. Entsprechend sind zur Aufladung Standards zu entwickeln und festzulegen (Stromanschlüsse, Stecker, Kabel).

### 3.6 Beschäftigungseffekte

Der Systemwechsel zur Elektromobilität wird die regionale Entwicklung in „Automobilregionen“ wie Baden-Württemberg erheblich beeinflussen. Die beschäftigungspolitische Dimension des bevorstehenden Strukturwandels ist evident, wenn auch Langfrist-Prognosen zur Entwicklung der Arbeitsplatzanzahl in der Automobilindustrie, zur Qualifikationsentwicklung und zur Qualität der Arbeit sehr schwierig sind und entsprechende Wirkungsanalysen des bevorstehenden Strukturwandels bisher nicht vorliegen. In die weite Zukunft geblickt sind Folgen einer Durchsetzung des Elektroantriebes für Arbeitsplätze und Qualifikationen bisher nur nebulös erkennbar.

Was passiert in und mit den bestehenden Motoren- und Getriebewerken und den Beschäftigten? Wer entwickelt und pro-



duziert die Elektromotoren? Wo werden die anderen Komponenten für Elektromobilität wie Batterie, Brennstoffzelle, Leistungselektronik entwickelt und gefertigt? Können die Beschäftigten ihre Kompetenz der Montage von Antrieben auch bei drastisch veränderter Wertschöpfungsstruktur aufrecht erhalten und weiter entwickeln oder kommen beispielsweise klassische Elektromotorenhersteller zum Zuge? Welche Qualifikationen sind gefragt? Was muss bereits in naher Zukunft getan werden, damit diese Qualifikationen rechtzeitig verfügbar sind? Welche Arbeitsbedingungen und mögliche Gefahren am Arbeitsplatz bringen die neuen Technologien mit sich?

Elektromobilität wird jedoch nicht über Nacht kommen, vielmehr ist von einem sukzessiven Wandel hin zu einer immer stärkeren Elektrifizierung des Antriebsstranges auszugehen. Gleichzeitig erlangt das Thema Leichtbau eine immer größere Bedeutung. In den nächsten Jahren ist mit einer weiteren Diversifizierung im Antriebsstrang zu rechnen, die voraussichtlich zunächst keine negativen Beschäftigungseffekte mit sich bringt. In der folgenden Konvergenzphase wird der Verbrennungsmotor zunehmend zugunsten des Elektroantriebes an Bedeutung verlieren, weil die Hybridautos immer stärker elektrifiziert werden (Plug-in-Hybride) und weil die Marktanteile von Elektroautos steigen. Langfristig gesehen könnte es dann zu einer Dominanz von Elektroautos – sowohl batterieelektrischen als auch Brennstoffzellenfahrzeugen kommen.

Für eine langfristig angelegte „Arbeitsplätze-Bilanz“, für einen Vergleich der Beschäftigungseffekte beim Verbrennungsmotor mit dem Elektroantrieb gibt es bisher nur grobe Annäherungen. Fest steht, dass die Beschäftigungseffekte in der Fertigung von einer Komplexitätsreduzierung geprägt sind. Es wird kein komplexer Verbrennungsmotor mehr benötigt, sondern es werden einfachere und in der Regel weniger anspruchsvolle Komponenten für Elektroautos, vielfach hoch automatisiert, gefertigt.

Die Gegenüberstellung von konventionellem und batterieelektrischem Antriebsstrang zeigt, dass das Arbeitsvolumen beim komplexen Verbrennungsmotor mit ca. 1.400 Teilen (Motor und Getriebe) deutlich höher liegt als beim Elektroauto mit gut 200 Teilen im Antriebsstrang. Zudem ist bei den Fertigungsverfahren beim Elektroantrieb von einer stärkeren Automatisierung auszugehen. Experten aus der Automobilindustrie rechnen mit einem um 50 bis 70 Prozent verringerten Arbeitsvolumen in den Motorenwerken, wenn man die Produktion von Elektromotoren mit weit komplexeren Otto- oder Dieselmotoren vergleicht. Bezogen auf die Region Stuttgart gehen sie laut einer Studie des IMU-Instituts in „mittel- bis langfristiger Perspektive von negativen Beschäftigungswirkungen aus“ (Dispan et al. 2009). Bezogen auf Baden-Württemberg geht das Institut für Automobilwirtschaft davon aus, dass der Trend zum Elektroauto baden-württembergische Automobilzulieferer gefährdet: „Betroffen von dieser Entwicklung wären etwa 60.000 Arbeitsplätze in der baden-württembergischen Automobilzulieferindustrie“, so eine IFA-Pressemeldung vom 22.10.2009. Ähnlich schlussfolgert der VDMA für die Bundesebene: Wenn es nicht gelingt, Elektromobilität in Deutschland zu industrialisieren, wenn Glieder aus der automobilen Wertschöpfungskette schwach werden oder herausbrechen, dann werde das zur „Sollbruchstelle für hunderttausende Arbeitsplätze“.

Dagegen konstatiert das Bundeswirtschaftsministerium bei seiner „Potenzial-Analyse Elektromobilität in Deutschland“ positive Beschäftigungseffekte. Bei der Chancen-Risiken-Betrachtung im für die „Potenzial-Analyse“ erstellten SWOT-Dia-

gramm werden die Beschäftigungschancen hervorgehoben: „Schaffung neuer Arbeitsplätze für hochqualifizierte Fachkräfte“. Auf der Risiko-Seite der SWOT-Analyse wird das Thema Beschäftigung interessanterweise nicht aufgegriffen (BMWi 2009: 26).

Die vorliegenden Studien von Unternehmensberatungsgesellschaften gehen wenn, dann nur am Rande auf die Veränderung der Wertschöpfungskette und die damit zusammenhängenden Chancen und Risiken für die Beschäftigung ein.

**McKinsey:** Eine Ausnahme ist die Studie von McKinsey für das BMU. In der Studie wird davon ausgegangen, dass für die Zulieferindustrie ein Komponentenmarkt von etwa 75 Milliarden Euro (2020) entsteht. Durch den Wegfall von klassischen Komponenten bei Verbrennungsmotoren sind etwa 46.000 Arbeitsplätze zum großen Teil bei deutschen Zulieferern (bei 25 Prozent Weltmarktanteil etwa 11.500) negativ betroffen – durch den Markt für neue Komponenten eröffnen sich für deutsche Zulieferer Möglichkeiten, einen Großteil der 250.000 Arbeitsplätze zu schaffen. McKinsey geht davon aus, dass allein 140.000 der weltweit neuen 250.000 Arbeitsplätze bei Batterieherstellern entstehen werden. Deutschland müsse diese Chance nur nutzen, so McKinsey.

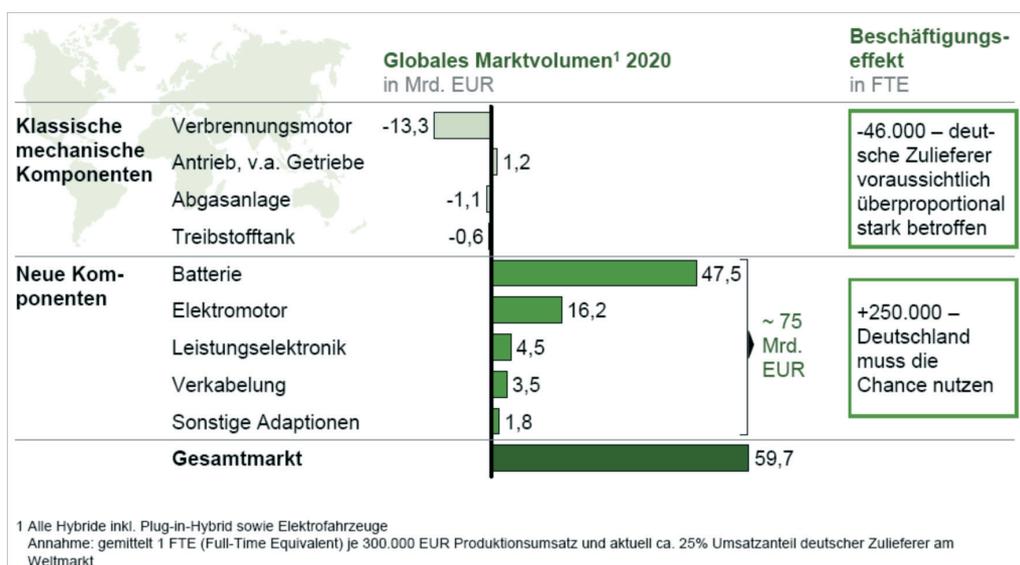


ABBILDUNG 18:

*Beschäftigungseffekte auf der Komponentenebene für deutsche Zulieferer*

Quelle: BMU 2009:5

**Sydney:** Eine rechnerische Betrachtung wurde im Jahre 2009 von Sydney (2009) angestellt, um die potenziellen Risiken und Chancen für die Beschäftigung durch den Wandel zur Elektromobilität näher zu bestimmen.

Ausgangspunkt der Betrachtung sind die Prognosen von PWC zur Weltmarktentwicklung von Fahrzeugen nach Antriebsart (AUTOFACTS Global Automotive Outlook). Für die elektrischen Antriebsarten wurden die Mehrkosten pro Fahrzeug mit dem Marktvolumen multipliziert und daraus Mehrbeschäftigung ermittelt. Für die Fünf-Jahres-Schritte wurden jeweils in drei Varianten (low – medium – high) Annahmen getroffen, die die PWC-Prognose in die Zukunft fortgeschrieben haben.

Letztlich wurden die Ergebnisse auf Basis eines 30-Prozent-Anteils Europas am Weltmarkt auf Europa heruntergebrochen.

Im Ergebnis ergibt sich folgende zusammengefasste Abbildung. Bei der unteren Variante ergibt sich für 2015 ein Risikopotenzial von 168 Arbeitsplätzen und ein Chancenpotenzial von 14.465 Arbeitsplätzen. Bei der mittleren Variante steigt das Chancenpotenzial auf 43.342 Arbeitsplätze; ebenfalls bei der mittleren Variante würde sich demnach für 2030 ein Arbeitsplatzpotenzial von 233.796 durch die Elektromobilität ergeben.

ABBILDUNG 19:  
Beschäftigungsrisiken  
und -chancen  
der Elektromobilität

Quelle: Syndex 2009;  
eigene Darstellung

	2015			2020			2030		
	low	medium	high	low	medium	high	low	medium	high
<b>Verlustpotenzial</b>	168	840	1.680	1.785	4.463	8.925	10.500	15.750	21.000
<b>Gewinnpotenzial</b>	14.465	43.352	70.148	55.011	119.127	201.454	165.970	233.796	331.940

**Continental AG:** Continental hat mit der Integration von Siemens VDO ein Produktspektrum weiterentwickelt, das viele Komponenten für Hybridantriebe enthält. Die in Berlin als Prototypen entwickelten Lithium-Ionen-Batterien werden seit Mitte 2008 in Nürnberg in Serie gefertigt. Mit einem Investitionsaufwand von 3,3 Millionen Euro wurde in Nürnberg die Fertigung von LIB aufgenommen – beschäftigt sind in der Produktion und der Produktion vorgelagerten Bereichen insgesamt 23 Arbeitnehmer (conti intern 6/2008; www.wattgehtab.de/28.12.2009).

Mittlerweile hat Continental den Auftrag erhalten, für eine Großserienfertigung von Elektroautos den vollständigen elektrischen Antriebsstrang inklusive der Steuerung zu liefern. Der Elektromotor wird ein fremd erregter Synchronmotor sein (conti intern 5-2009).

**Daimler/Evonik:** Neben dem Gemeinschaftsunternehmen Li-Tec in Kamenz (Sachsen)<sup>18</sup> ist die Deutsche Accumotive als weiteres Gemeinschaftsunternehmen gegründet worden. Mit einem Investitionsaufwand von 200 Millionen Euro soll unter diesem Dach ab 2010/2011 eine Lithium-Ionen-Batteriezellfabrik entstehen. Der E-Smart befindet sich seit November 2009 in der Produktion im französischen Hambach und wird ab 2012 mit Lithium-Ionen-Batterien ausgerüstet werden (Handelsblatt vom 21.12.2009).

**Fraunhofer IAO – Strukturstudie Baden-Württemberg:** Die Strukturstudie *BW<sup>e</sup> mobil* vom Fraunhofer IAO Stuttgart fasst im Auftrag des Wirtschaftsministeriums des Landes Baden-Württemberg die verschiedenen Consulting-Studien zu den Auswirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstranges im Sinne einer Metastudie zusammen. Die Veränderung in der Wertschöpfung (Produktionsvolumen) wird für die einzelnen Komponenten/Module zunächst weltweit dargestellt. Daraus wird dann für Baden-Württemberg ein je 5prozentiger Anteil ermittelt (für Deutschland wird von einem 25prozentigen Anteil (Quelle McKinsey) auszugehen sein).

<sup>18</sup> Li-Tec wird pro Jahr 300.000 Zellen im sächsischen Kamenz produzieren

Aus den Umsatzveränderungen wird schließlich die Veränderung der Beschäftigung errechnet, die auf einem Produktionsumsatz pro Vollbeschäftigungseinheit in Höhe von 300.000 Euro basiert. Explizit wird darauf hingewiesen, dass die Veränderung der Umsätze nur grob zusammengestellt wurde - eine Überprüfung durch Expertengespräche ergab keine Validierung der Daten, sondern erheblich Differenzen in den Einschätzungen (siehe Abbildung 21 auf Seite 47).

Im Ergebnis dieser „rechnerischen Betrachtung“ ergibt sich für die baden-württembergische Automobilindustrie ein positiver Beschäftigungseffekt im Jahr 2020 in Höhe von knapp 17.000 Arbeitsplätzen. Arbeitsplatzverluste wird es in dieser Betrachtung im Bereich der Verbrennungsmotoren, der Starterbatterien sowie der Anlasser/Lichtmaschinen geben. In allen anderen Komponentenbereichen sind die Arbeitsplatzeffekte positiv – insbesondere im Bereich der Effizienztechnologien sowie der Traktionsbatterien. In diesen beiden Komponentenbereichen spiegeln sich die weitere Optimierung von Verbrennungsmotoren sowie der hohe Aufwand für die industrielle Herstellung von E-Fahrzeug-tauglichen Batterien wider.

Solche Prognosen sind sehr voraussetzungsvoll: Voraussetzung für das Wirksamwerden positiver Beschäftigungseffekte ist, dass die industrielle Produktion dieser Komponenten auch in der jeweiligen Region, das heißt hier konkret im Land Baden-Württemberg, stattfindet. Ob es den heimischen Zulieferunternehmen gelingt, diese Produkte/Komponenten an den bisherigen Standorten zu industrialisieren, ist aus heutiger Sicht offen.

Bislang wird insbesondere im Bereich der Batterie zum Beispiel von Daimler davon ausgegangen, dass die Produktion in Sachsen stattfinden wird. Ende März 2010 ist zumindest die Entscheidung gefallen, dass die Elektromotoren für Hybrid- und E-Antriebe im Berliner Daimlerwerk (Marienfelde) angesiedelt werden.

Bosch steht im Rahmen des joint-ventures mit Samsung vor der Frage, ob die Zellenproduktion in Südostasien/China oder in Europa stattfinden soll. Wenn in Europa, dann in räumlicher Nähe zu den Abnehmerwerken der OEMs oder als für Europa zentrale Fertigung (ob in Baden-Württemberg, Niedersachsen oder im Europäischen Ausland)? Desweiteren stellt sich die Frage, wo die Integration der Zellen in das Batteriesystem stattfinden wird. Geklärt ist, dass das Batteriemangement in Feuerbach entwickelt wird.

Bezogen auf die Optimierungsprozesse der Verbrennungsmotoren wurde für Turbolader ein joint venture zwischen Bosch und Mahle geschlossen. Dies vor dem

### Bosch – Mahle Turbosystems

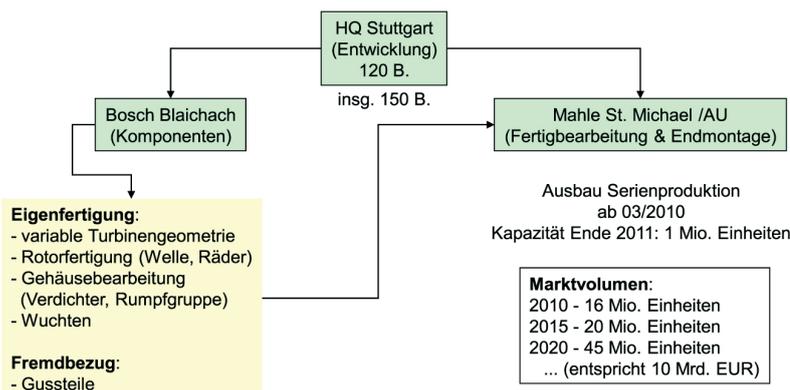


ABBILDUNG 20:

*Bosch Mahle TurboSystems – Struktur des joint ventures*

*Quelle: Handelsblatt 04.02.2008; www.bmturbosystems.com/30.03.2010/ eigene Darstellung der Autoren*

Hintergrund des Wunsches verschiedener OEMs, auch einen Europäischen Anbieter für diese Produkte und Technologien zu haben.

### 3.7 Qualifikationsanforderungen

Mit der Elektrifizierung des Antriebsstranges ergeben sich sowohl an die Entwicklung als auch die Produktion von Komponenten des elektrischen Antriebes und der Nebenaggregate teils gänzlich neue, teils veränderte Anforderungen an Qualifikationen, an verfügbares Wissen sowie an Produktionsprozesse. Der E/E-Anteil (Elektrik/Elektronik) in den Fahrzeugen wird deutlich steigen. Die Wertschöpfung wird sich, so eine Annahme von Bosch, von 40 Prozent E/E-Anteil beim Fahrzeug mit Verbrennungsmotor auf 75 Prozent E/E-Anteil beim Elektroauto erhöhen (Bohr 2010). Darüber hinaus werden die elektronischen Systeme umfassender und aufwändiger über Software gesteuert werden. Gleichzeitig werden die Themen neue Werkstoffe und Leichtbauweise immer wichtiger, woraus sich ebenfalls neue Qualifikationsanforderungen ableiten.

Damit ist ein Wandel bei den Wissensbedarfen verbunden. Verbrennungsmotorspezifisches Wissen über Thermodynamik und Werkstoffe wird zwar über einen langen Zeitraum weiterhin wichtig und notwendig sein, gleichzeitig rückt aber Wissen über elektrische Wirkprinzipien, Elektrotechnik und Elektrochemie zunehmend in den Vordergrund. Aus dem Wandel zur Elektromobilität abgeleitete Qualifikationsanforderungen liegen

- für Ingenieure vor allem in den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik, Mechatronik, Elektrochemie, Energiemanagement, Thermomanagement, Steuerungs-/Regelungstechnik, Leichtbau-Werkstoffe, Faserverbundtechnologie und Systemintegration;
- für Industrie-Facharbeiter vor allem in den Bereichen Mechatronik, Elektrotechnik (Umgang mit Hochvolttechnologie, elektrische Wirkprinzipien), Werkstoffverhalten sowie Prozesssicherheit bei neuen Produktionsprozessen und Qualitätssicherung bei neuen Produkten;
- sowie für Kfz-Techniker in Werkstätten vor allem im Umgang mit Hochvoltanlagen und elektronischen Analysesystemen.

Generell wird für die Automobilindustrie eine Tendenz der Erhöhung des Qualifikationsstandes der Belegschaften gesehen, so die Ergebnisse einer aktuellen Untersuchung in Bayern (Pfäfflin, Ruppert 2010). Ursache sind der Wegfall von Einfacharbeitsplätzen und die Zunahme bei Akademikern. Bei den Facharbeitern wird mit verbreiterten Qualifikationsanforderungen gerechnet: Entweder über das reine Fachwissen/-können hinaus in Richtung Prozesse/Qualität oder in Richtung Verbindung von Mechanik und Elektronik. Die Entwicklungsprozesse in Richtung Elektromobilität – so eine Einschätzung – würden wegen der grundlegenden Fragestellungen noch wissensintensiver, daher würden auch mehr Entwickler (Techniker/Ingenieure) benötigt. Punktuell ergeben sich auch Anforderungen in Richtung Chemie beziehungsweise neue Werkstoffe.



Als eine spezifische Qualifizierungsmaßnahme wird seit kurzem eine Weiterbildung zur Elektrofachkraft Fahrzeugtechnik mit einem anerkannten IHK-Abschluss angeboten, durch die sich Mitarbeiter aus der Automobilindustrie und aus dem Bereich Kfz-Werkstätten für das Arbeiten an Hybrid- und Elektrofahrzeugen qualifizieren können. Im Mittelpunkt dieser Weiterbildung stehen der Umgang mit Hochvolttechnik und der Arbeitsschutz. Auch in die Ausbildung zum Kfz-Mechatroniker wurde bei einem Automobilhersteller ein Technologiebaustein Hochvolttechnik integriert.

Alles in allem zeigen die im Rahmen der Studie durchgeführten Expertengespräche jedoch, dass das Thema zwar erkannt wurde und neue Qualifizierungsbedarfe gesehen werden. Aber eine Konkretisierung und die Entwicklung von umfassenden Qualifizierungskonzepten stecken noch in den Kinderschuhen. Was in einer Studie der IG Metall Gaggenau und der Hans-Böckler-Stiftung für die Umformtechnik, auf die Leichtbau und (langfristig) Elektromobilität einen entscheidenden Einfluss haben, geschrieben steht, gilt auch hier: „Nicht rechtzeitig oder nicht in der richtigen Qualität zur Verfügung stehende Kompetenzen (des Personals) verhindern gegebenenfalls das Ausschöpfen sämtlicher mit der Einführung neuer Technologien und Verfahren beabsichtigter Potenziale. Eine ‚Synchronisation der Personalentwicklungsaktivitäten mit denen der Technologie-Planung ist daher angezeigt‘ (Kleine et al. 2010: 85).



## 4 | Potenziale und Risiken der Elektromobilität in Baden-Württemberg

Um Chancen und Risiken für die Beschäftigung im Automotive-Cluster Baden-Württemberg bEuroteilen zu können, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Potenziale der Elektromobilität in Baden-Württemberg untersucht. Dabei wird auf eigens für das Forschungsprojekt im Jahr 2010 durchgeführte Expertengespräche und Recherchen Bezug genommen. Die Ergebnisse der Strukturstudie *BW<sup>e</sup> mobil* (Fraunhofer IAO 2010), des Strukturberichtes Region Stuttgart 2009, Schwerpunkt „Umbruch in der Automobilregion“ (Dispan et al. 2009) und des EFI-Gutachtens zur Forschung, Innovation und technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands (EFI 2010) sind im Hauptbericht dokumentiert, auf eine Wiedergabe wird an dieser Stelle verzichtet.

Im Folgenden stehen Potenziale und Risiken für die Industrialisierung der Elektromobilität in Baden-Württemberg im Zentrum des Interesses – bezogen auf die Unternehmenslandschaft, also auf bestehende Betriebe im Bereich der automobilen Wertschöpfungskette und auf potenzielle „Wertschöpfungspartner“ im Bereich der Elektromobilität. Auf Grundlage der für die vorliegende Studie durchgeführten Expertengespräche mit Betriebsräten und Managern aus der Automobilindustrie sowie der Auswertung von Pressemitteilungen und der aktuellen Berichterstattung werden Stärken/Potenziale und Schwächen/Risiken für den Aufbau einer „elektromobilen Wertschöpfungskette“ in Baden-Württemberg stichwortartig aufgezeigt – im derzeit dynamischen Umfeld handelt es sich um eine Momentaufnahme, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Im Fokus steht dabei die Landessicht, also der Blick auf Kompetenzen, auf Beschäftigung und auf Wertschöpfungsketten in Baden-Württemberg. Dabei wird nicht nur der Entwicklungs- und Technologiestandort, sondern auch der Produktionsstandort (sprich die Perspektive „Industrialisierung der Elektromobilität in Baden-Württemberg“) ins Blickfeld gerückt. Neuartige Komponenten, die bisher nicht in Automobilen verwendet wurden, müssen entwickelt, auf ihre Alltags-tauglichkeit überprüft und in großer Stückzahl hergestellt werden. Im Folgenden werden die wesentlichen neuen Komponenten für Elektroautos, also elektrische Traktionsantriebe (E-Motor), Hochvolt-Batteriesysteme und Leistungselektronik, differenziert betrachtet. Neben den bestehenden Kenntnissen aus Mechanik, Mechatronik und Metallbearbeitung sind hier neue Kompetenzen aus Bereichen wie der Chemie, der Werkstoffkunde und dem Leichtbau notwendig. Etablierte Zulieferer im Antriebsstrang stehen vor der Herausforderung, neue Produkte und neue Geschäftsfelder entlang oder jenseits der automobilen Wertschöpfungskette zu erschließen. Gleichzeitig entstehen neue Märkte für Anbieter, deren Kunden zuvor nicht aus dem Automotivebereich kamen.

Für Brennstoffzellensysteme als weitere mögliche neue Komponenten liegt bereits eine Untersuchung vor (BzA-BW; WRS 2009), so dass darauf hier nur kurz eingegangen wird. Laut Landesregierung sind im „Bereich der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie im Land, besonders in der Region Stuttgart, gute

Ausgangsbedingungen für eine geschlossene Wertschöpfungskette gegeben“ (Landtags-Drucksache 14/5934). Einen anderen Akzent setzt ein befragter Experte aus der Geschäftsführung eines Zulieferers: „Die Kernentwicklung für die Brennstoffzellentechnologie findet nicht unbedingt in Deutschland statt, sondern zum Beispiel in Kanada, wo die Stacks entwickelt werden. Das macht es nicht gerade einfach für uns Zulieferer, wenn die Anknüpfungspunkte für unsere Produkte in Übersee entwickelt werden“ (Exp.).

Weitere, zumindest in einer längeren Übergangszeit bedeutende Technologiefelder, liegen im Bereich der Hybridtechnologien. Auch auf diese wird im Folgenden nicht explizit eingegangen. Hier positionieren sich neben den Automobilherstellern auch Zulieferer, die aus dem konventionellen Antriebsstrang kommen. Ein Beispiel ist ZF Friedrichshafen, die Lösungen in verschiedenen Hybridleistungsklassen wie „Hybridsysteme für Nutzfahrzeuge“ (in einer Kooperation mit Continental) und einen „Hybridbaukasten für Pkw“ vom Mikro-Hybrid bis zum Vollhybrid entwickeln und anbieten.

Eine entscheidende Frage für den Automobilstandort Baden-Württemberg wird sein, inwieweit die neuen Komponenten entweder als markenprägende Kernkompetenzen oder als standardisierte Produkte ohne Differenzierungspotenziale (die als Commodities (Handelsware) gehandelt werden) definiert werden. Jedoch halten sich die OEMs im Hinblick auf elektrische Antriebe sehr bedeckt gegenüber ihren Zulieferern und signalisieren eher, die Komponenten erst einmal selbst entwickeln zu wollen. „Die OEMs halten heute die Kartenblätter sehr nah an der Brust“ (Exp.). Das Thema Differenzierung im Wettbewerb könnte, so einer der befragten Experten aus dem Management eines Zulieferers, zukünftig weniger über den Antriebsstrang als über Features im Innenraum und Infotainment erfolgen.

Alles in allem gibt es derzeit nur wenig belastbare Hinweise und viel Spekulation: Während die einen großen Automobilunternehmen die Traktionsbatterie als Differenzierungsmerkmal Nr. 1 im elektromobilen Zeitalter ansehen, gehen die anderen davon aus, dass bei Batterien die Skaleneffekte absolut entscheidend sind und hier kaum Spielräume für differenzierte, markenprägende Produkte bestehen. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Batterie als Commodity hierzulande gefertigt wird, ist als gering einzuschätzen. So ist auch die aktuelle Produktion von Lithium-Ionen-Batterien für den Konsumentenbereich in Asien konzentriert. „Die Produktionsstätten für elektrische Energiespeicher und Batterien konzentrieren sich noch auf den asiatischen Raum. Dennoch nimmt die Anzahl an Unternehmen in Baden-Württemberg, die sich dieser Thematik annehmen beziehungsweise in Kooperationen eintreten, stetig zu“ (LT-Drs. 14/5567 vom 9.12.09).

Ähnlich polarisiert wie bei der Traktionsbatterie sind die Ansichten beim Elektromotor: Kommt es zum Standardelektromotor oder zur Differenzierung? Die einen, wie zum Beispiel BMW, entwickeln die Elektromotoren selbst, um vermeintlich entscheidendes Know-how im Haus zu halten („Wir glauben an Differenzierung“, so BMW-Technik-Vorstand Klaus Draeger laut StZ vom 28.04.2010). Andere halten den Elektromotor – etwas vorsichtiger – für „eher unterschätzt“, was Differenzierungsfragen betrifft; hier sei noch sehr viel „Basisarbeit“ für elektrische Autoantriebe erforderlich (Bosch-Kfz-Vorstand Dr. Bernd Bohr beim FKFS-Vortrag am 3.05.2010). Für andere Experten dagegen deutet vieles auf branchenweit einheitliche Elektromotoren ohne große Chance auf Differenzierung hin. „Bei Elektroantrieben wird das Thema Commodity in neue Dimensionen kommen“ (Exp.). Die dritte Schlüsselkomponente Leistungselektronik muss generell möglichst genau

und möglichst klein sein – hier ist kaum eine markenprägende Differenzierung möglich.

In dieser Gemengelage können für Zulieferer (der neuen Komponenten im Antriebsstrang) Chancen entstehen, ihre Rolle in der automobilen Wertschöpfungskette zu stärken. Vorteile durch standardisierte Komponenten und Skaleneffekte können insbesondere Zulieferern aus der Großserienfertigung zugute kommen.

## 4.1 Elektromotor

Innerhalb der bestehenden Zulieferstrukturen im Automotive-Bereich ist auf dem Gebiet des Elektromotors die Robert Bosch GmbH hervorzuheben. Auch die ZF Friedrichshafen AG hat bereits Elektromotoren im Portfolio (bisher vor allem für Parallelhybridantriebe), die jedoch bei ZF Sachs in Schweinfurt (Bayern) produziert werden. Darüber hinaus positionieren sich weitere baden-württembergische Unternehmen im Bereich des Elektromotors für Hybrid- und rein elektrische Fahrzeuge:

- **SEW Eurodrive (Bruchsal)** erklärt das Thema Elektromotoren für Fahrzeuge, das nahe an der Kernkompetenz von SEW („driving the world“) liegt, zu einem strategischen Untersuchungsfeld für die Zukunft und stellt dafür entsprechende Ressourcen bereit.
- **Wittenstein (Igersheim)** präsentiert auf der Leitmesse „MobiliTec“ im Rahmen der Hannover Messe 2010 „High-End-Anwendungen in der Elektromobilität“ (Antriebstechnik, Entwicklung und Fertigung elektromechanischer Hochleistungsantriebe zum Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen) und positioniert sich damit als „neuer Partner“ im Bereich der Elektromobilität. Ziel von Wittenstein ist es, sich „im Leitmarkt der Elektromobilität als Technologieführer im Bereich mechatronischer High-End-Antriebslösungen für die emissionsfreie und hochdynamische Fortbewegung in Fahrzeugen zu positionieren.
- **Stöber Antriebstechnik (Pforzheim)** entwickelt und produziert antriebstechnische Komponenten vom Elektromotor bis zur Leistungselektronik. Mit Systemlösungen und mit neu entwickelten Servomotoren will sich Stöber „auch in Sachen Elektromobilität“ positionieren und den Automotive-Bereich als neuen Abnehmer erschließen.
- **Kienle & Spiess (Sachsenheim)** ist ein bedeutender Hersteller von Stanz- und Druckgussteilen für den Bau elektrischer Maschinen und Generatoren. Mit innovativen Produktionsverfahren (Klebe-Paketiervfahren „glulock“) bietet Kienle & Spiess „Lösungsansätze und Komponenten für die Mobilität der Zukunft“, die auf der Sonderschau „E-Motive“ bei der Hannover Messe 2010 der Fahrzeugindustrie vorgestellt wurden.
- **Heinzmann (Schönau)** bietet gemeinsam mit seiner Tochterfirma Perm Motoren für den Markt der Elektromobilität an und will zu einem führenden Hersteller im Bereich der elektrischen und hybriden Antriebslösungen werden.

Ein Risiko für regionale Wertschöpfung im Bereich der Elektromotoren ist mit der Frage verbunden, ob Elektromotoren für Fahrzeuge als Commodity gehandelt

werden und so potenziell zur Importware werden (siehe oben). Fern dieser entscheidenden Frage gab es Ende März einen Wermutstropfen für den Elektromobilitäts-Standort Baden-Württemberg: Daimler traf seine Standortentscheidung für ein Elektromotorenzentrum in Berlin. Die Entwicklung und Produktion eines Elektromotors für den Hybridantrieb (Investition von 40 Millionen Euro) außerhalb Baden-Württembergs könnte Zeichen setzen, die für den Produktionsstandort von Nachteil sind.

## 4.2 Batteriesysteme

Auf dem Gebiet der Traktionsbatterien beziehungsweise der Batterietechnik sind im Unternehmensbestand beispielsweise die Firmen Varta Microbattery GmbH (Ellwangen), auf die noch näher eingegangen wird, und Leclanché Lithium GmbH (Willstätt) als Tochter der Schweizer Leclanché AG zu nennen. Dazu kommen die in den letzten Jahren gegründeten Joint Ventures mit baden-württembergischer Beteiligung: SB LiMotive (Bosch, Samsung) mit einem FuE-Zentrum für Batteriesysteme in Stuttgart sowie Li-Tec Battery GmbH und Deutsche Accumotive GmbH (jeweils Daimler und Evonik). Für die Batteriefertigung von Daimler (in den Joint Ventures mit Evonik) sind Standortentscheidungen zugunsten von Kamenz/Sachsen gefallen. Dort wird die Lithium-Ionen-Batteriezellen-Fertigung durch Li-Tec Battery und ab 2012 die Produktion kompletter Autobatterien durch die Deutsche Accumotive stattfinden. Sitz und Entwicklungszentrum der Deutschen Accumotive ist jedoch in Nabern im Landkreis Esslingen.

Neben den genannten Unternehmen und Joint Ventures positionieren sich weitere baden-württembergische Unternehmen im Bereich rund um die Batterietechnik und verwandte Systeme für Elektroautos:

- **Atmel (Heilbronn):** Anbieter von Halbleitern für die Automobilindustrie. Mikrochips für das Batteriemangement von Elektrofahrzeugen werden von Atmel in Heilbronn entwickelt.
- **Behr (Stuttgart):** Entwicklung von Thermomanagement (Kühlung, Heizung) für Lithium-Ionen-Batterien.
- **Eberspächer (Esslingen):** Entwicklung von Beheizungskonzepten auf Basis motorunabhängiger Systeme für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben.
- **M+W Group (Stuttgart)** als großer, internationaler Anlagenbauer steigt in die Thematik „Lithium-Ionen-Batteriezellenfertigung“ ein und entwickelt Konzepte für eine wettbewerbsfähige Großserienfertigung (als modulare Fabrik).
- **Varta Microbattery (Ellwangen):** Erforschung leistungsfähiger Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge (in Kooperation mit VW, Joint Venture seit 1. Dezember 2009). Dazu eine Pressemitteilung des Bundeswirtschaftsministeriums vom 3. Mai 2010: Aus dem Förderschwerpunkt „Speicher“ werden rund zwölf Millionen Euro für die Förderung eines für Deutschland besonders bedeutsamen Forschungsprojektes des Unternehmens ‚VW/Varta Microbattery Forschungsgesellschaft‘ bereitgestellt. Ziel dieses Vorhabens ist es, die Entwicklung von Lithium-Ionen Batterien voranzutreiben und die Voraussetzung für eine Produktion und Vermarktung dieser Technologie in Deutschland zu schaffen. ... Die Realisierung einer Großserienfertigung in Deutschland muss jetzt schnell geschehen, um den Schlüsselsektor Automobilproduktion in unserem



Land zu stärken. Hier fügt sich das Forschungsvorhaben der Firma ‚VW/Varta Microbattery Systems‘ gut ein. Das Vorhaben ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg, Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu machen.“ Es scheinen sich neue Optionen auch in Bereichen zu eröffnen, die bis vor kurzem als reine Forschung und Entwicklung zu bezeichnen waren: „In Baden-Württemberg sind Fertigung und Produktionsbeschäftigung im Bereich der Batterien für Elektroautos bestenfalls eine Zukunftsvision. Die Frage nach den Produktionsstandorten ist bestenfalls offen. Man muss sich der Realität stellen und einfach sehen, dass die Batterieindustrie ganz stark in Asien verankert ist“).

Tatsächlich konzentrieren sich die „Produktionsstätten für elektrische Energiespeicher und Batterien noch auf den asiatischen Raum. Dennoch nimmt die Anzahl an Unternehmen in Baden-Württemberg, die sich dieser Thematik annehmen beziehungsweise in Kooperationen eintreten stetig zu“ (Landtags-Drucksache 14/5567). Wie bereits bei den Elektromotoren ist auch bei den Traktionsbatteriesystemen ein großes Risiko für regionale Wertschöpfung mit der Frage verbunden, ob diese als Commodity gehandelt werden und so zur Importware werden (siehe oben). Eine entscheidende Frage hierbei ist, ab welchem Punkt in der Fertigungsabfolge die Batterie zur Kernkompetenz von OEM erhoben wird. Beschäftigungsrisiken für Baden-Württemberg sind absehbar, wenn nur die Systemintegration beim Anbieter (sei es OEM oder Zulieferer) erfolgt und der größte Anteil der Wertschöpfung nicht in Baden-Württemberg verankert ist. Vor allem bei den Batteriezellen besteht ein hohes Risiko, dass der Großteil der Wertschöpfung und damit die Beschäftigungseffekte nicht hierzulande stattfinden, so ein befragter Experte, weil diese ein wenig komplexes Produkt sind, für dessen Herstellung zudem sehr große Automatisierungsmöglichkeiten bestehen.





### 4.3 Leistungselektronik

Im Bereich der Leistungselektronik ist auf Know-how-Potenziale aus anderen in Baden-Württemberg bedeutenden Wirtschaftszweigen, wie zum Beispiel im Werkzeugmaschinenbau und in der Antriebstechnik, zu verweisen. Neue Potenziale für das Gebiet der Leistungselektronik werden mit dem 2010 gegründeten Robert-Bosch-Zentrum für Leistungselektronik mit Standorten in Reutlingen und Stuttgart, einem in Deutschland einzigartigen Forschungs- und Lehrverbund, geschaffen.

Entlang der drei wesentlichen Komponenten Elektromotor, Batteriesystem und Leistungselektronik wurden die Potenziale für Elektromobilität in Baden-Württemberg exemplarisch aufgezeigt. Die produktbezogene Sicht auf diese Schlüsselkomponenten ist jedoch nur die eine Seite der Medaille („Produktkompetenz“). „Produktionskompetenz“ ist die andere Seite der Medaille – Anspruch muss sein, nicht nur kleinere Serien, sondern Groß- und Massenserien fertigen zu können. Und das ist ohne einen leistungsfähigen und gleichzeitig wandlungsfähigen Maschinen- und Anlagenbau nicht möglich. Und ganz wesentlich kommt hinzu, dass sowohl für die Entwicklung neuer Produkte als auch für die Beherrschung der Produktionsprozesse die Kompetenzen der Beschäftigten vom Ingenieur bis zum Facharbeiter einen entscheidenden Schlüsselfaktor darstellen.



## 5 | Thesen und Schlussfolgerungen

Elektromobilität wird als ein entscheidender Beitrag zu Klimaschutz und Abgasreduzierung diskutiert. Es geht um alternative Antriebe, ein Feld, das mit verschiedenen Entwicklungspfaden verbunden ist. Bei den Akteuren aus Politik und Industrie besteht hohe Unsicherheit, welcher Pfad sich als dominant herausstellen wird, zu welchen Zeitpunkten größere Ablösungstendenzen und vor allem in welchem Volumen eintreten werden.

Die industriellen Akteure bereiten sich vor und beschäftigen sich mit der Markteinführung von Elektroautos. Die Zulieferer, von denen die meisten der Komponenten für Elektroantriebe kommen werden, positionieren sich mit entsprechenden Produkten. Die Zulieferer von Komponenten für Verbrennungsmotoren setzen – so scheint es – zunächst auf eine weitere Dominanz des Verbrennungsmotors.

Mit der staatlich unterstützten Orientierung auf Elektromobilität deutet sich eine weitere Strukturveränderung an (ob nun als Technologiebruch oder als Zeitwende tituliert), die zu allen anderen strukturellen Veränderungen der Industrie hinzukommt (Veränderungen der Wachstumszentren, Veränderungen der internationalen Arbeitsteilung/Verlagerung, Veränderungen der Verteilung der Wertschöpfung, Kapazitätsanpassungen). Sie sind verbunden mit neuen Akteuren, neuen technischen Lösungen, neuen Herausforderungen an die Infrastruktur wie auch Chancen und Risiken für Beschäftigung.

Absehbar ist die Restrukturierung von Aggregatewerken der Automobilhersteller ebenso wie von Zulieferern, die Komponenten für den Verbrennungsmotor herstellen. Die Annahme von der Dominanz des Verbrennungsmotors noch über Jahre hinaus ist kein Ruhekitzen, da die Ablösungsmechanismen in den Prognosen mehr oder weniger beschleunigt deutlich werden. Ob und in welcher Intensität Restrukturierung im Rahmen des sozialen Dialoges frühzeitig antizipiert und bearbeitet wird, wird die zukünftige Entwicklung zeigen. Die grundlegenden Strukturen sind dafür gelegt (siehe AoC<sup>19</sup>), sie müssen nur genutzt werden. In Deutschland sind mit der Unternehmensmitbestimmung gute Voraussetzungen vorhanden.

Abschließend werden die Ergebnisse der Studie „Wirkungen der Elektromobilität auf regionale Wertschöpfungsketten und auf Beschäftigung in Baden-Württemberg“ in Form von Thesen zusammengefasst.

- 1. Wandel beim Antriebsstrang und bei Fahrzeugkonzepten beschleunigt sich:** Downsizing und Optimierung des Verbrennungsmotors werden von einer zunehmenden Elektrifizierung des Antriebsstranges begleitet. Der Systemwechsel zur Elektromobilität ist langfristig angelegt, der Verbrennungsmotor wird auch 2020 die dominante Antriebsform sein. Starke Änderungen der Rahmenbedin-

<sup>19</sup> Forschungsprojekt „Anticipation of Change in the Automotive Industrie“ (AoC) für den Europäischen Metallgewerkschaftsbund und den Europäischen Verband der Automobilzulieferer ([www.anticipationofchange.eu](http://www.anticipationofchange.eu)).

gungen können den Diffusionsprozess von Elektroautos jedoch wesentlich beschleunigen.

- 2. Automobilhersteller (OEM) „erfinden das Automobil zum zweiten Mal“:** Die Autohersteller gehen davon aus, dass das Automobil in einer sehr langfristigen Sicht elektrisch fahren wird, dass aber der Verbrennungsmotor für die nächsten 20 Jahre (also auch noch bis 2030) seine dominante Rolle behalten wird.

Die weitere Optimierung des Verbrennungsmotors ist für die OEMs schon allein durch die Treiber CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung und Klimaschutzregelungen erforderlich. Hier greifen vor allem die sogenannten Downsizing-Strategien (kleinere Motoren mit Turboaufladung). Gleichzeitig verfolgen alle großen OEMs eine Hybridisierungs- und Elektrifizierungsstrategie und müssen ihre Entwicklungsbudgets damit auf alle Felder verteilen. Im Zentrum der „reinelektrischen“ Konzepte steht bei den meisten OEMs der batterieelektrische Antrieb. Die Wasserstoff- und Brennstoffzellenantriebe rücken eher in den Hintergrund, ohne dass diese Antriebsvariante jedoch vollständig aufgegeben wird.

Da insbesondere die deutschen OEMs den Hybridantrieb in den letzten Jahren angesichts der Vorteilhaftigkeit des Dieselantriebes vernachlässigt haben, erfolgt derzeit eine aufholende Entwicklung sowie parallel die Entwicklung und Präsentation von Elektroantrieben. Letzteres noch vor allem in Konzeptfahrzeugen im Premiumbereich – es fehlt noch ein eigens für den Elektroantrieb entwickeltes Fahrzeugkonzept im Kleinwagensegment (purpose design).

- 3. Bei Zulieferern ist ein breites Spektrum von proaktiven Konzepten bis zur Zurückhaltung zu erkennen:** Eine differenzierte Betrachtung der Zulieferer ist notwendig. In der Regel steigen eher die großen Systemlieferanten und „neue Spieler“ wie zum Beispiel Siemens aus Non-Automotive-Bereichen (mit Kompetenzen zum Beispiel bei Batterietechnik, Elektromotor, Leistungselektronik) proaktiv in die Thematik ein. Diese Zulieferer zeichnen sich durch hohe Produktkompetenzen aus. KMU-Zulieferer und Tier-2-Lieferanten, die in der Regel weniger über eine hohe Produkt-, sondern meist über eine hohe Prozesskompetenz verfügen, verharren eher in einer zurückhaltenden Position.

- 4. Prozesskompetenz und flexible Fertigungen:** Prozesskompetenz sowie die Flexibilität der Fertigungen bilden einen entscheidenden Aspekt der Wettbewerbsfähigkeit. Das Know-how zu industriellen Produktionsprozessen, ihre Organisation und die flexible Gestaltung der Fertigungs- und Arbeitsprozesse zeichnen insbesondere die deutschen Unternehmen aus. Dieses etablierte Produktionsmodell basiert auf einer sogenannten „high-road“ Strategie, das heißt gute Arbeitsbedingungen, hohe Bezahlung und hochqualifizierte Facharbeiter verbunden mit langfristiger Beschäftigungssicherheit (abgesichert zum Teil auch durch längerfristige Beschäftigungsvereinbarungen).

- 5. Elektroantrieb als disruptive Technologie:** Für viele Automotive-Komponenten vor allem im Antriebsstrang würde der Systemwechsel zur Elektromobilität das Ende ihres Lebenszyklus bedeuten. Zulieferer von Powertrain-Komponenten, die wegfallen oder die sich stark verändern, müssen sich rechtzeitig darauf einstellen und Strategien entwickeln, wie sie im Automotive oder – über ihre bisherige Kundenstruktur hinausgehend – im Nicht-Automotive-Bereich Geschäftsfelder erschließen können.

- 6. Diversifizierung wird zaghafte begonnen:** Die Erschließung von Geschäftsfeldern im Nicht-Automotive-Bereich wird von einigen großen Zulieferern, die

über eine breite Produktpalette verfügen, eher zaghaft in Angriff genommen. Erkannt wurde, dass die alleinige Abhängigkeit vom Automobil hohe Risiken birgt und dass die vorhandenen Kompetenzen (zum Teil auch Produkte) auch für andere Branchen oder Geschäftsfelder nutzbar sind. Als Schwerpunkt dieser neuen Geschäftsfelder kristallisiert sich der Bereich der Umwelttechnologien heraus (Energieerzeugung, Windkraft). Andererseits haben viele hoch spezialisierte Zulieferer Schwierigkeiten, die eng auf den Antriebsstrang zugeschnittenen Kompetenzen und Produkte für andere Geschäftsfelder nutzbar zu machen. Hier fehlen Ideen.

- 7. Wertschöpfungsketten werden neu sortiert:** Der Systemwechsel geht in den nächsten Jahren mit einer Reorganisation der Wertschöpfungsketten einher. Derzeit ist die Situation für Zulieferer schwierig, auch weil die OEMs „sich nicht in die Karten schauen lassen“ – es ist schwer abzuschätzen, welche Kernkompetenzen die OEMs für sich definieren und welche Systeme oder Komponenten zugekauft werden sollen. Dies erschwert die Strategieentwicklung von Tier-1-Zulieferern, vor allem sind jedoch Zulieferer aus den Tier-2 und Tier-3-Bereichen abgeschnitten von Informationen. Dadurch geraten etablierte Zulieferer ins Hintertreffen und Kompetenzen aus der bestehenden Automotive-Wertschöpfungskette können nicht erschlossen werden, weil die entsprechenden Unternehmen vom OEM beziehungsweise Systemlieferanten abgenabelt sind.

Zur Reorganisation der Wertschöpfungsketten gehört auch das Auftreten neuer Akteure als Zulieferer beziehungsweise als Entwicklungs- und Geschäftspartner der Automobilindustrie. Dazu gehören sowohl Start-ups (zum Beispiel aus dem Softwarebereich), dazu gehören aber auch renommierte Unternehmen aus der Energiewirtschaft und der Chemischen Industrie (Batterieherstellung).

- 8. Wirkungen auf Beschäftigung bisher ungewiss:** Die zu erwartenden Beschäftigungswirkungen einer schrittweisen Ablösung des Verbrennungsmotors durch rein elektrische Antriebe sind schwierig abzuschätzen. Beschäftigungswirkungen beziehen sich zum einen auf die Veränderung des quantitativen Arbeitsvolumens (und damit der Zahl der Beschäftigten) sowie zum anderen auf Veränderungen in den Qualifikationsanforderungen und Tätigkeiten in Forschung, Entwicklung und Produktion.

Die zentrale Größe für die Beschäftigungswirkungen ist die Geschwindigkeit des Ablösungsprozesses oder anders formuliert: Zu welchen Zeitpunkten erreichen rein elektrische Antriebe welche Marktanteile in welchen Fahrzeugsegmenten – wie hoch wird 2015, 2020, 2025, 2030 die Anzahl von Fahrzeugen sein, die rein elektrisch (batteriebetrieben oder mit Brennstoffzelle ausgestattet), mit Hybrid- oder auch mit Wasserstoffantrieb ausgestattet sind?

Aus heutiger Sicht und nach Einschätzung verschiedener „Experten“ wird der Verbrennungsmotor über längere Zeit dominante Antriebsart bleiben (siehe oben). Neben dem Verbrennungsmotor werden sich in den nächsten fünf bis zehn Jahren vor allem Hybridantriebe (in unterschiedlicher Form) im Markt etablieren, während gleichzeitig rein elektrische Antriebe beginnen, sich im Markt umzusetzen. Das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 eine Million E-Fahrzeuge auf deutschen Straßen zu haben, wird von vielen Fachleuten als sehr ambitioniert bewertet. Dieses Ziel sei nur zu erreichen, wenn die Rahmenbedingungen stimmen, das heißt eine entsprechende Infrastruktur entstanden ist und vor allem der Kauf von E-Fahrzeugen staatlich subventioniert wird. Bisher hat sich

die Bundesregierung noch zu keiner staatlichen Förderung durchgerungen, so dass hier eine entscheidende Unbekannte liegt.

Erste Einschätzungen der quantitativen Beschäftigungswirkungen wurden in der Metastudie des Fraunhofer IAO (2010) *BW<sup>e</sup> mobil* gerechnet. Für diese Metastudie wurden die vorliegenden Prognosen verschiedener Consulting-Unternehmen ausgewertet und die prognostizierten weltweiten Marktanteile der verschiedenen Antriebsarten im Jahr 2020 zugrunde gelegt. Dann erfolgte die stark vereinfachende Annahme, dass Baden-Württembergs Automobilindustrie 5 Prozent Weltmarktanteil repräsentiert (Deutschland = 25 Prozent) - daraus wurden dann die Beschäftigungseffekte für Baden-Württemberg rechnerisch ermittelt. Beim Versuch, diese Ergebnisse von Experten aus anderen Instituten und Unternehmen bestätigen zu lassen, ergab sich keine eindeutige und bestätigende Rückmeldung.

	Veränd. Umsatz weltweit in Mio. EUR	Veränd. Umsatz bei 5% Anteil	Veränd. Umsatz bei 25% Anteil	Veränd. Arbeitsplätze bei 300 T€ Prod.Umsatz	
	2020	BaWü 2020	DE 2020	BaWü 2020	DE 2020
Verbrennungsmotor	-11.051,5	-552,6	-2.762,9	-1.674	-8.372
Effizienztechnologien	43.385,0	2.169,3	10.846,3	6.573	32.867
Abgasanlage	5.961,2	298,1	1.490,3	903	4.516
Getriebe, Kupplung	5.966,4	298,3	1.491,6	904	4.520
Tanksystem	74,5	3,7	18,6	11	56
Starterbatterie	-76,9	-3,8	-19,2	-12	-58
Lenkung, Klima	7.397,2	369,9	1.849,3	1.121	5.604
Anlasser, Lichtmaschine	-154,0	-7,7	-38,5	-23	-117
E-Maschine	10.636,3	531,8	2.659,1	1.612	8.058
Motor-Controller	7.095,8	354,8	1.773,9	1.075	5.376
Leistungselektronik	3.984,3	199,2	996,1	604	3.018
sonst. Elektronik	3.106,1	155,3	776,5	471	2.353
Traktionsbatterie	33.435,0	1.671,7	8.358,7	5.066	25.330
Ladegerät	2.109,9	105,5	527,5	320	1.598
	111.869,3	5.593,5	27.967,3	16.950	84.749

ABBILDUNG 21:

*Beschäftigungspolitische Auswirkungen der Elektromobilität auf Baden-Württemberg (und Deutschland) im Jahr 2020*

*Quelle: Fraunhofer IAO 2010: 40-46*

Kritisch anzumerken ist an diesen Ergebnissen, dass die aktuelle Struktur der automobilen Weltwirtschaft einfach fortgeschrieben wird, obwohl sich zum Beispiel mit den chinesischen Herstellern im Bereich der E-Antriebe bereits Wettbewerber auf dem Weltmarkt etabliert haben (sowohl Fahrzeuge wie Batterien). Ob die Automobilindustrie Baden-Württembergs im Jahr 2020 noch einen fünfprozentigen Anteil am Weltmarkt haben wird, ist ebenso ungewiss. Aus der Landesperspektive kommt es bei entsprechenden Berechnungen darauf an, die heimischen Strukturen von Herstellern und Zulieferern zur Ausgangsbasis zu nehmen und letztlich auch die Frage zu beantworten, bei welchen Unternehmen welche Komponenten wegfallen werden und bei welchen Unternehmen und an welchen Standorten die neuen Komponenten produziert werden (Stichwort: Industrialisierung von Elektroantriebs-Komponenten).

Das Beispiel Lithium-Ionen-Batterieproduktion in Baden-Württemberg soll diese Fragestellung illustrieren: Positive Arbeitsplatzeffekte wird die industrielle Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien für Baden-Württemberg erst dann ergeben, wenn im Land eine entsprechende Produktion aufgebaut wird. Dabei

stellt sich gleichzeitig die Frage, welche Teile der Produktion im Land überhaupt stattfinden. Umfasst die Produktion die Zellfertigung oder sind es letztlich nur die Endmontage der Zellen, die Batterieelektronik sowie die abschließenden Tests?

Desweiteren spricht aus heutiger Sicht einiges dafür, dass es bei der Batterietechnologie auf den Einsatz von Li-Ion-Batterien hinauslaufen wird. Andererseits gibt es mittlerweile aber auch schon Batterien, die diese Technologie modifiziert haben und im Ergebnis Batterien verfügbar sind, die deutlich leistungsfähiger und deutlich leichter sind – gemeint sind die „Kolibri“-Batterien des Berliner Start-ups DBM Energy GmbH (vgl. Handelsblatt vom 09.03.2010).

**9. Hybridantriebe – eine Brückentechnologie?** Die Meinungen der Branchen- wie auch Unternehmensexperten gehen hier deutlich auseinander. Während die einen davon ausgehen, dass Hybridantriebe keine wesentlichen Vorteile gegenüber dem Dieselantrieb haben (ein wesentlicher Grund, warum die deutschen Hersteller Hybridantriebe lange Zeit nicht verfolgt haben), sehen andere im Hybridantrieb die mittelfristig überlegene Technologie, die es neben Emissionsreduzierungen und dem partiellen rein elektrischen Fahrbetrieb ermöglicht, den Weg zur reinen Elektromobilität zu ebnen, zu erproben (Erfahrungen zu sammeln) und Entwicklungsleistungen voranzutreiben, bis die technologischen sowie politischen Probleme erkennbar als gelöst betrachtet werden können. Technologisch ist – so die herrschende Meinung<sup>20</sup> – das Batterieproblem und damit das Problem der begrenzten Reichweite zu lösen (zu teuer, zu schwer, zu wenig leistungsstark); politisch ist der Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur zu lösen (E-Tankstellen im öffentlichen wie privaten Raum).

Anderer Experten stellen ins Zentrum der Betrachtung die gesamte Elektrifizierung des Fahrzeuges und subsumieren darin alle Arten von elektrischem Antrieb im Fahrzeug – sowohl bezogen auf die E-Maschine wie den elektrischen Antrieb von Komponenten und Aggregaten, die bislang hydraulisch gesteuert werden. Stichwort ist hier: power on demand, das heißt Energieverbrauch nur dann, wenn Energie benötigt wird wie beispielsweise bei der elektrischen Lenkung. Im Rahmen dieser Elektrifizierungsperspektive wird es über einen langen Zeitraum ein Nebeneinander von Antriebsvarianten geben – auch einen langen Lebenszyklus des Hybridantriebes.

Eine sehr langfristige Perspektive zum Beispiel bis zum Jahr 2050 birgt aus heutiger Sicht so viele Unwägbarkeiten, Unsicherheiten und Unschärfen, dass es dem Blick in die gläserne Kugel gleichkommen würde, wollte man hier Konkretes aussagen. Es gibt so viele technologische und politische Einflussfaktoren im Hinblick auf den Antriebsstrang und seine Entwicklung, dass sich mit einer Innovation in der Batterietechnologie, bei Elektromotoren oder durch politische Entscheidungen zur staatlichen Förderung der Kaufpreise alle möglichen Basisannahmen von Prognosen und Szenarien als obsolet erweisen können.

<sup>20</sup> Siehe hierzu die weiter oben gegebenen Hinweise zur Batterietechnologie von DBM Energy, Berlin, die eine Batterie entwickelt haben, die sehr deutliche Vorteile ggü. herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien hat (kleiner, leichter, leistungsstärker) und z.B. einem E-Golf eine Reichweite von 500 km ermöglichen soll.

## 6 | Literaturverzeichnis

- A.T.Kearney (2009): Sparsam, sauber, elektrisch? Das Rennen um den Antrieb der Zukunft. Die Automobilindustrie auf dem Weg zu Nachhaltigkeit und Elektrifizierung. Düsseldorf.
- BMU (2009): Konzept eines Programms zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen – 1. Schritt: Marktaktivierung von 100.000 Elektrofahrzeugen bis 2014, Berlin, 15.09.2009 (Folien und Textbeitrag).
- BMU (2009): Elektromobilität – Aspekte für die Erarbeitung eines nationalen Entwicklungsplans in Deutschland, Mathias Samson, BME, Referat Umwelt und Verkehr, 06.02.2009.
- BMVBS, BMBi, BMWi (2006): Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (16 S.), Bonn/Berlin.
- BMW (2009): Elektromobilität – Fortbewegung der Zukunft in: Monatsbericht 11-2009; S. 21-26.
- BMW, BMBi, BMU, BMBF, BMELV (2009): Auszug aus dem Bericht an den Haushaltsausschuss Konjunkturpaket II, Ziffer 9 Fokus „Elektromobilität“. Berlin (10.03.2009).
- Bohr, Bernd (2010): Vielfalt beherrschen: Der lange Weg zum elektrischen Fahren. Foliensatz vom 3.05.2010. Universität Stuttgart.
- BzA-BW; WRS – Brennstoffzellen-Allianz Baden-Württemberg; Wirtschaftsförderung Region Stuttgart (2009): Die Brennstoffzelle in der Region Stuttgart. Analyse und Ausbau der Wertschöpfungsketten. Stuttgart.
- DB Research (Deutsche Bank Research) (2009): Automobilindustrie am Beginn einer Zeitenwende, Beiträge zur Europäischen Integration (EU-Monitor 62), Frankfurt/Main, 06.02.2009.
- Dispan, Jürgen; Krumm, Raimund; Seibold, Bettina (2009): Strukturbericht Region Stuttgart 2009. Entwicklung von Wirtschaft und Beschäftigung. Schwerpunkt: Umbruch in der Automobilregion. Stuttgart.
- EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2010): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands. Berlin.
- Fraunhofer IAO (2010): Strukturstudie **BW mobil**. Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. Stuttgart.
- Fraunhofer ISI (2009): Lithium für Zukunftstechnologien. Stuttgart 2009.
- Kleine, Oliver; Kinkel, Steffen; Som, Oliver; Bräunlich, Hans; Kräusel, Verena (2010): Zukunftsfähige Technologie- und Innovationsstrategien in hoch spezialisierten Industrierregionen. Eine exemplarische Studie am Beispiel der Umformtechnik in der Region Rastatt/Gaggenau. Stuttgart.
- LT-Drs – Landtag von Baden-Württemberg, verschiedene Drucksachen aus der 14. Wahlperiode.
- McKinsey (2006): Road transport: will electricity take over from oil? EuroELECTRIC Annual Conference, Oslo, 12./13. Juni 2006 (20 Folien).
- McKinsey (2009): Roads toward a low-carbon future: Reducing CO2 emissions from passenger vehicles in the global transportation system, May 2009.
- Naunheimer, Harald (2009): Das Elektrofahrzeug – Chancen für Zulieferer; E-Motive Expertenforum „Elektrische Fahrzeugantriebe“, 09./10.09.09 Hannover.
- O. Wyman (2009) Elektromobilität 2025, Presseinformation, München 09. Sept. 2009.
- Pfäfflin, Heinz; Ruppert, Willi (2010): Herausforderung Technologiewandel Automobil für die Kfz-Zulieferindustrie im Raum Mittelfranken: Einschätzungen der betrieblichen Akteure. Nürnberg.
- Roland Berger (2008): Powertrain 2020 – How future technology will drive supplier opportunities (Juergen Reers), Detroit, 14.04.2008.
- Roland Berger (2009): Powertrain 2020 – China's ambition to become market leader in E-Vehicles, München/Shanghai, April 2009.
- Roland Berger (2009): Powertrain 2020 – The Future Drives Electric; Study by Michael Valentine-Urbschat und Dr. Wolfgang Bernhart, Sept. 2009.
- Roland Berger Insight (2009): A Look Around the World, E-mobility – China wants to lead the world market for electric cars, Automotive Insight 2-2009, München.
- Syndex (2009): Low carbon vehicles: Potential impact on employment by 2030 (Foliensatz). Paris.
- Transport and Environment (2009): How to Avoid an Electric Shock – Electric Cars from Hype to Reality, European Federation for Transport and Environment, Brussels.



*Abbildung 1: Lieferantenstruktur und Merkmale der Automobilindustrie in Ba-Wü ..... 11*

*Abbildung 2: Automotive-Cluster Baden-Württemberg ..... 12*

*Abbildung 3: Beschäftigung im Automotive-Cluster Baden-Württemberg 2009..... 13*

*Abbildung 4: CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für die großen Automobilmärkte ..... 14*

*Abbildung 5: CO<sub>2</sub>-Emissionen bei verschiedenen Energiepfaden ..... 16*

*Abbildung 6: Alternative Antriebskonzepte und Elektromobilität..... 17*

*Abbildung 7: Prognose für 2020 zu Antrieben in Einheiten (in Tsd.) nach drei Szenarien..... 18*

*Abbildung 8: Marktperspektive Komponenten E-Fahrzeuge.....20*

*Abbildung 9: Antriebslandschaft 2020 (Verteilung nach Regionen in Prozent) ..... 21*

*Abbildung 10: Heutige Wertschöpfung beim Antriebsstrang von Herstellern und Zulieferern..... 21*

*Abbildung 11: Marktanteile Lithium-Ionen-Batterien 2008 (in Prozent) ..... 22*

*Abbildung 12: Lithium-Ionen-Batterie Forschung und Produktion in Deutschland ..... 23*

*Abbildung 13: Technolog. Reifegrad und Wertanteil eines batterieelektrischen Fahrzeugs ..... 25*

*Abbildung 14: Komponenten-Betrachtung – vom Verbrennungsmotor zum E-Antrieb ..... 26*

*Abbildung 15: Arten von Elektromotoren ..... 26*

*Abbildung 16: LMP-Akku „Kolibri“ von DBM energy..... 29*

*Abbildung 17: Weltweite Lithium-Produktion und Reserven in Mio. Tonnen ..... 30*

*Abbildung 18: Beschäftigungseffekte auf der Komponentenebene für deutsche Zulieferer..... 33*

*Abbildung 19: Beschäftigungsrisiken und -chancen der Elektromobilität ..... 34*

*Abbildung 20: Bosch-Mahle TurboSystems – Struktur des joint venture..... 35*

*Abbildung 21: Beschäftigungspolitische Auswirkungen der Elektromobilität  
 auf Baden-Württemberg (und Deutschland) im Jahr 2020..... 47*

*Das Titelbild nutzt Bildmaterial der Pressedatenbank der Bosch-Gruppe,  
 auch die Abbildung auf Seite 31 stammt aus diesem Bestand.*





**Herausgeber:** IG Metall Bezirksleitung Baden-Württemberg  
Stuttgarter Straße 23 • 70469 Stuttgart

**Autoren:** Jürgen Dispan IMU-Institut/kompetenz&innovation.bawü  
Heinz-Rudolf Meißner, FAST e.V. Berlin

**Redaktionelle Bearbeitung:** Frank Iwer, Hermann Novak, Beate Scheidt

**Gestaltung:** INFO & IDEE, Ludwigsburg

Die Studie „Wirkungen der Elektromobilität auf regionale Wertschöpfungsketten und auf Beschäftigung in Baden-Württemberg“ und diese Broschüre entstanden im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und des Europäischen Sozialfonds geförderten Projektes „Kompetenz und Innovation – Förderung dynamischer Praxis-Wissenschafts-Beziehungen zur Gestaltung von Arbeit – Bildung – Innovation im Rahmen einer Innovation und damit Beschäftigung sichernden Standortstrategie“.

Bei der hier vorliegenden Fassung handelt es sich um eine deutlich verkürzte Version des von Jürgen Dispan und Rudi Meißner erstellten Gutachtens vom 30. Juni 2010. Umfassendere Informationen können dem Endbericht unter [www.kompetenz-innovation.de](http://www.kompetenz-innovation.de) entnommen werden.

Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

**kompetenz &  
innovation.bawü**

ist ein Projekt der IG Metall  
Bezirksleitung Baden-Württemberg,  
gefördert aus Mitteln von



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**ESF**  
Europäischer Sozialfonds  
für Deutschland





[www.bw.igm.de](http://www.bw.igm.de)

