

Hessisches Ministerium für  
Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

HESSEN



# Ökonomische Potenziale der Elektromobilität

in der Metropolregion Rhein-Main-Neckar



# Ökonomische Potenziale der Elektromobilität in der Metropolregion Rhein-Main-Neckar

Die Produktion von Batteriematerialien  
als Zukunftsmotor der chemischen Industrie



## Vorwort

Elektromobilität ist die Grundlage eines klimafreundlichen Verkehrssystems. Wie schnell sie sich durchsetzt, hängt wesentlich von der Leistungsfähigkeit der Fahrzeugbatterien ab, und diese Leistungsfähigkeit wiederum basiert auf den verwendeten Materialien. Ihre Herstellung bietet daher große wirtschaftliche Chancen.

Hessen und die Metropolregion Rhein-Main-Neckar haben die Potenziale dazu. Wo genau sie liegen und wie sie sich mobilisieren lassen, ist Thema dieser Ausarbeitung. Wir liefern mit ihr die Faktenbasis für die Diskussion über die weiteren Schritte zu unserem Ziel: Die Batteriematerialproduktion in Hessen zu einem Wirtschaftsfaktor zu machen.

Daran wollen wir gemeinsam mit den Unternehmen und den interessierten Akteuren der Region arbeiten.

A handwritten signature in black ink, reading "Tarek Al-Wazir". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the beginning.

Tarek Al-Wazir,  
Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

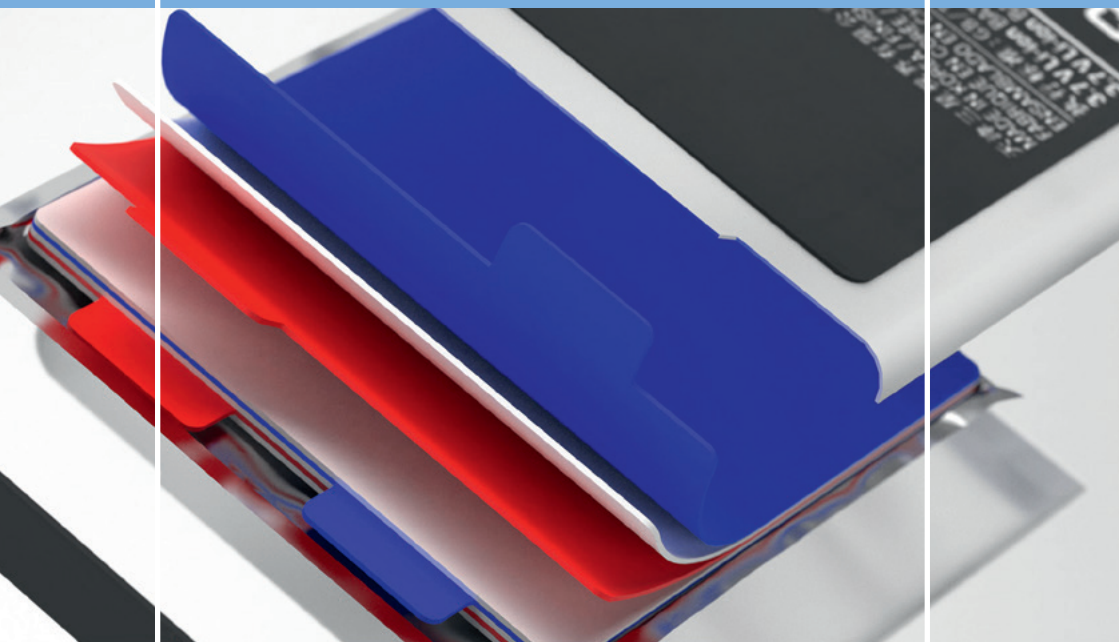


# Inhalt

Vorwort .....	03
Executive Summary .....	07
1. Bedeutungszuwachs der Elektromobilität .....	11
2. Wertschöpfungsfaktor Batteriematerial .....	17
3. Europas Aufholbedarf auf dem Weltmarkt für Batteriematerialien .....	25
4. Aufbau einer europäischen Batteriezellen-Wertschöpfungskette .....	33
5. Potenziale der Metropolregion Rhein-Main-Neckar .....	37
6. Strategie für einen Batteriematerialverbund im Raum Rhein-Main-Neckar .....	43
Quellenverzeichnis .....	46
Impressum .....	50



Auf einen Blick



## Executive Summary

Die energieeffiziente und klimaschonende Ausgestaltung des Mobilitätssektors bildet eine der wichtigsten Herausforderungen der Zukunft. Derzeit stellt die Elektromobilität die einzige Technologie dar, mit der eine solche Verkehrswende gelingen kann. Die Umstellung erfordert von der Automobilindustrie und ihren Zulieferketten eine konsequente strategische Abkehr vom klassischen Verbrennungsmotor und die Hinwendung zu hybriden bis hin zu vollelektrischen Antriebstechnologien. Dies bedeutet nicht weniger als eine Disruption der Branche und diese befindet sich bereits im vollen Gange. Die Folgen für Unternehmen und Beschäftigte sind gravierend. Daher bedarf es einer durchdachten wirtschafts- und industriepolitischen Strategie, um die ökonomischen Chancen und Potenziale dieser Entwicklung für die Rhein-Main-Neckar-Region zu nutzen.

### Standortvorteile der Metropolregion Rhein-Main-Neckar

Der Verkehrssektor und die Automobilbranche nehmen in Hessen und in der Metropolregion Rhein-Main-Neckar eine besondere Bedeutung ein: Zum einen kreuzen sich hier nationale und kontinentale Verkehrswege. Zum anderen konzentrieren sich in der Region die erforderlichen Kompetenzen, um große Waren- und Verkehrsströme lenken zu können. Darüber hinaus ist der Raum Rhein-Main-Neckar traditionell Chemiestandort. Die regionale chemische Industrie verfügt über die Technologien und Kompetenzen, die für das Herzstück der Elektromobilität erforderlich sind: die Batterien. Die Region bringt folglich beste Voraussetzungen mit zur Entwicklung und Herstellung von hochwertigen Materialien und Komponenten, Substanzen und Formulierungen, welche für die Energiespeicherung in Batterien benötigt werden. Diese Standortvorteile prädestinieren sie dazu, bei der Produktion von Batteriematerialien ganz vorne dabei zu sein.

## Technologische Herausforderungen

Leistungsstarke, nachhaltig produzierte und kostengünstige Batterien sind für elektrisch angetriebene Fahrzeuge von entscheidender Bedeutung. Der zukünftige Erfolg, die Akzeptanz der Fahrzeugkäufer sowie die Wettbewerbsfähigkeit deutscher und europäischer Automobilhersteller hängt vor allem von der Kapazität der Stromspeicher ab. Neben der Kapazität bilden Aspekte wie eine kostengünstige Herstellung, Schnellladefähigkeit, Langlebigkeit und Nachhaltigkeit die wichtigsten technologischen Herausforderungen bei der Entwicklung wettbewerbsfähiger Batterien. Zudem sind diese auch für viele andere Anlagen und Geräte relevant, die wiederaufladbare Batterien nutzen – darunter vor allem Smartphones, Tablets und Laptops. Aber auch zahlreiche Geräte in der Medizintechnik oder viele Spezialwerkzeuge und zunehmend Photovoltaik-Anlagen benötigen Energiespeicher, die diese Kriterien erfüllen.

Die Bedeutung der Batteriematerialienproduktion zeigt sich besonders in ihrem Anteil an der gesamten Wertschöpfung der Batterie für ein Elektroauto: Dieser liegt bei etwa 90 Prozent und stellt somit den größten Einzelposten der gesamten Wertschöpfung dar. Das entsprechende Know-how ist entscheidend für die gesamte Technologie der Elektromobilität. Die Ansiedlung einer Batteriezellen- oder Batteriematerialfertigung in Deutschland und Europa bildet daher ein wirtschafts- und industriepolitisches Thema von herausragender Bedeutung. Die Europäische Kommission schätzt das Marktpotenzial für in Europa produzierte automobile Batterien auf bis zu 250 Milliarden Euro bis zum Jahr 2025.<sup>1</sup>





## Fertigung vor Ort nutzt der Umwelt und mindert Abhängigkeiten

Darüber hinaus sprechen umweltpolitische Aspekte für eine Produktion in Deutschland und/oder Europa: Eine hier ansässige Batteriematerialindustrie würde den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Elektromobilität durch wegfallende Transportwege nachhaltig verbessern und somit die Umwelt schonen. Auch schließt eine tragfähige Industrie für Batteriematerialien die gesamte Wertschöpfungskette der Elektromobilität ein und damit auch das Recycling der Zellen. Die Aufbereitung und Wiederverwertung sollte möglichst vor Ort vorgenommen werden, damit die Batteriematerialien direkt wieder in den Produktionsprozess einfließen. Dies trägt auch entscheidend dazu bei, die europäische Versorgung mit Rohstoffen zu sichern sowie bei der Batterie- und Batteriematerialfertigung weniger abhängig von asiatischen Unternehmen zu sein.

## Etablierung der Region als führendes Automotive-Cluster

Hessen und hier vor allem die Region Rhein-Main-Neckar sind durch die vorhandene Chemieindustrie, einschlägige Forschungseinrichtungen sowie entsprechende Industrieparks ideal dafür aufgestellt, eine Vorreiterrolle in Bezug auf eine Schlüsselkomponente der umwelt- und klimafreundlichen Mobilität einzunehmen. Es sollte darauf hingewirkt werden, die Kompetenzen und Qualitätsmerkmale der Region in einem Technologiezentrum für Batteriematerialien zu vereinen und sichtbar zu machen. Auf diesem Weg kann die Region international in die Spitzengruppe der Automotive-Cluster aufschließen.

1

Nachfrage nach  
Batterien steigt stark



# 1. Bedeutungszuwachs der Elektromobilität

In den 2020er Jahren ändern sich die Rahmenbedingungen für die Elektromobilität entscheidend: Erstmals greifen die von der Europäischen Union (EU) vorgegebenen CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für die Automobilhersteller. Jeder Hersteller, der den Grenzwert von 95 g CO<sub>2</sub>/km überschreitet, muss ab 2021 Strafzahlungen an die EU leisten. Je nach Produzent können hierfür insgesamt immense Zahlungen anfallen.

Heise online hat ein Beispiel für den Daimler-Konzern (Marken: Mercedes, Smart) errechnet: Pauschal werden 95 Euro Strafe je Gramm CO<sub>2</sub>-Überschreitung und Auto fällig. Im vergangenen Jahr verfehlte Daimler den gewichtsindividuellen Grenzwert um 31 g. Der Konzern verkauft pro Jahr etwa 1 Million Pkw. Bei 31 g Grenzwertüberschreitung wären nahezu 3 Milliarden Euro Strafe an Brüssel zu leisten.<sup>3</sup>

Darüber hinaus hat das EU-Parlament beschlossen, die Grenzwerte in zwei Stufen weiter zu verschärfen. 2030 muss der CO<sub>2</sub>-Ausstoß (verglichen mit 2021) um weitere 37,5 Prozent reduziert sein.<sup>2</sup> Der Druck, klimafreundliche Fahrzeuge mit hoher Käuferakzeptanz auf den Markt zu bringen, wächst somit insbesondere in Europa beständig.

Schon bei einem Mittelklasse-Pkw mit Verbrennungsmotor ist es technisch kaum möglich, den Kraftstoffverbrauch bzw. Schadstoffausstoß so zu senken, dass der CO<sub>2</sub>-Grenzwert von 95 g CO<sub>2</sub>/km eingehalten oder unterschritten wird. Infolgedessen setzen die Autohersteller zunehmend auf elektrische Antriebsunterstützung oder vollelektrische Antriebskonzepte. Kurz- und mittelfristig werden auch Hybride und Plug-in-Hybride als Übergangslösung akzeptiert sein.

## EU-Vorgaben erfordern Wechsel zu Antrieben auf Elektro-Basis

Einzig eine fundamentale Technologiesprung gewährleistet, dass die strikten Anforderungen der EU kurz- und mittelfristig erfüllt werden können. Dies würde einen Wechsel weg von Verbrennungsmotoren hin zu elektrisch basierten Antriebsaggregaten bedeuten mit den drei Ausprägungen

- vollelektrisch,
- Plug-in-Hybrid mit einem Verbrennungsmotor zur Stromerzeugung
- sowie Fahrzeuge mit Brennstoffzellen.

# Zunahme der Entwicklungsprojekte

der Elektromobilität

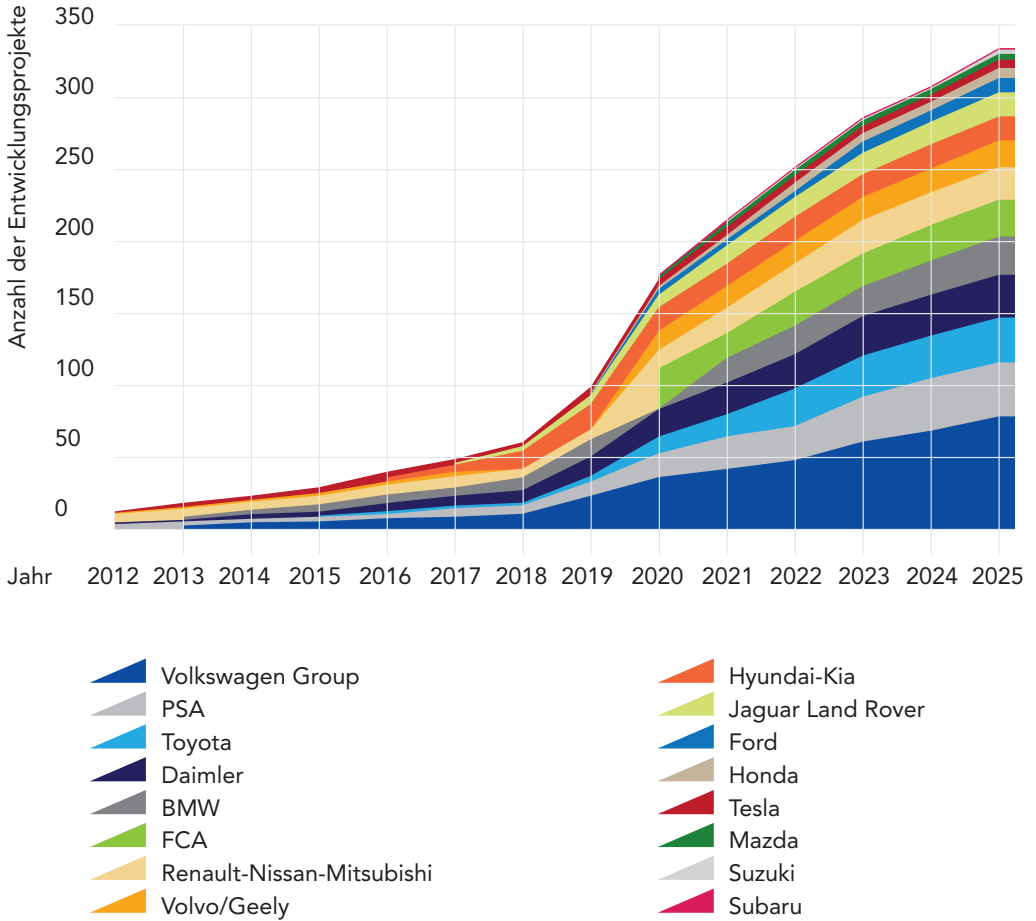


Abb. 1: Zunahme der Entwicklungsprojekte der Elektromobilität von 2012 bis 2025

Quelle: Vesa Koivisto, Finnish Minerals Group<sup>4</sup>

Dieser erforderliche Strategiewechsel hat bei den deutschen und europäischen Automobilherstellern bereits zu einer massiven Anpassung der Modellpolitik geführt. Entsprechende neue Modelle werden in kurzen Zyklen präsentiert, in den Markt eingeführt oder für die nahe Zukunft angekündigt. Damit einher geht der wachsende Wettbewerb mit Herstellern aus dem Ausland, allen voran mit dem US-amerikanischen Unternehmen Tesla.<sup>5</sup>

Abbildung 1 zeigt die signifikante Zunahme von Entwicklungsprojekten in der Elektromobilität.

## Auswirkungen auf den Markt für konventionelle Verbrennungsmotoren

Die Schätzungen hinsichtlich des zukünftigen Marktwachstums für Elektrofahrzeuge differieren. Mit Sicherheit kann jedoch von einer deutlichen Steigerung ausgegangen werden: Die aktuellen Prognosen von führenden Beratungshäusern und Analysten wie McKinsey, Boston Consulting Group oder Bloomberg zeigen für die Elektromobilität übereinstimmend zweistellige Wachstumsraten.

McKinsey schätzt, dass bis zum Jahr 2040 etwa 70 Prozent der gesamten in Europa verkauften Fahrzeuge aller Segmente Elektrofahrzeuge sein werden. Mitte der 2020er Jahre könnten gesunkene Kosten für die Batterien dazu führen, dass sich die gesamten Betriebskosten (Total Cost of Ownership, TCO) für Pkw mit Verbrennungsmotoren und Elektroantrieb angeglichen haben. Viele europäische Länder haben darüber hinaus angekündigt, bis 2030 oder 2040 keine Verkäufe von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren mehr zuzulassen.<sup>6</sup>

Die absehbare Umverteilung hin zu elektrisch basierten Antriebsaggregaten geht somit deutlich zu Lasten der konventionellen Verbrennungsmotoren. Dies hat entsprechende negative Auswirkungen auch auf die Zulieferfirmen, die an konventionellen Technologien ausgerichtet sind. Dagegen profitieren von dieser Perspektive vor allem die Entwicklung und Produktion von Energiespeichern, die bei den elektrisch angetriebenen Fahrzeugen eine zentrale Bedeutung einnehmen.

McKinsey hat errechnet, dass 2040 in Europa bis zu 18 Millionen Elektrofahrzeuge produziert werden könnten. Die Schätzung berücksichtigt batterie-elektrische Fahrzeuge, Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge, Hybrid-Elektrofahrzeuge sowie Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge für Personenkraftwagen und Nutzfahrzeuge.

Selbst das konservativste Szenario geht von 10 Millionen Fahrzeugen aus:

## Produzierte Elektrofahrzeuge in Europa (2040)

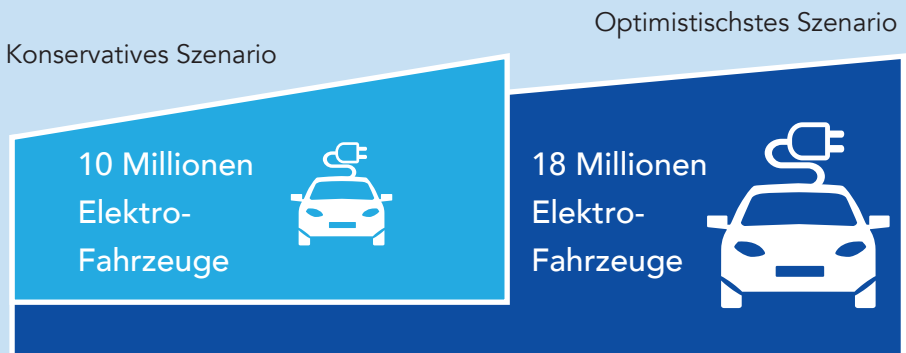


Abb. 2: Schätzungen zur Anzahl der in Europa produzierten Elektrofahrzeuge 2040

Quelle: McKinsey & Company<sup>7</sup>

## Deutscher Anteil am Weltmarkt für Mobilität und Arbeitsplätze gefährdet

Der prognostizierte Rückgang von Verbrennungsmotoren könnte den deutschen Anteil am Weltmarkt für Mobilität enorm reduzieren. Darüber hinaus droht ein Verlust an Arbeitsplätzen, der sich auch auf die gesamte vorgelagerte Wertschöpfungskette bis hin zur chemischen Industrie auswirken würde.

Der Grund hierfür liegt darin, dass mit der Verlagerung der Automobilherstellung nach Asien auch vermehrt dort ansässige Zulieferer in die Wertschöpfungsketten eingebunden werden. Hiervon betroffen sind alle Materialsektoren in den Unternehmensverbunden. Besonders gilt dies für die Vorstufen mit hohem Wertschöpfungsanteil.

Damit sind insbesondere auch die chemische sowie die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, die sogenannten CGK-Sektoren, betroffen. Diese zählen zu den wichtigsten Zuliefersektoren der Automobilindustrie.<sup>8</sup>

Der Wegfall der Vorprodukte für die klassischen Verbrennungsantriebssysteme und die Verlagerung auf neue, lokale Zulieferketten geht folglich mit einer doppelten Hebelwirkung einher.

Durch den Technologiesprung von der Verbrennungsenergie zur elektrochemischen Energiewandlung und zu Elektromotoren wachsen Bedeutung und Wertschöpfungsanteil der chemischen Zulieferindustrie. Dies birgt die Chance, entfallene Arbeitsplätze mehr als zu kompensieren.

# 2

## Der Schlüssel zum Fortschritt in der Elektromobilität





## 2. Wertschöpfungsfaktor Batteriematerial

### Hochleistungsbatterien wichtigster Kostenfaktor in der Fertigung

Die Batterie (Hochleistungsbatterie, Akkumulator, umgangssprachlich: Batterie) macht bei einem Elektrofahrzeug etwa die Hälfte aller Kosten aus. Der Preis der Batterie ist damit maßgeblich für den Erfolg der Elektromobilität. Das gilt auch für andere Antriebskonzepte wie bei den Brennstoffzellenfahrzeugen. Auch zur Speicherung des durch die Brennstoffzelle erzeugten Stroms werden Batterien benötigt.

Die Experten der Boston Consulting Group (BCG) haben die Kosten gegenübergestellt, die für den Antriebsstrang bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor bzw. bei Elektrofahrzeugen anfallen. Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsantrieb entfallen nur 16 Prozent der Produktionskosten auf den Antrieb, während dieser Posten bei Elektrofahrzeugen etwa 50 Prozent ausmacht:

### Kostenvergleich Antriebsstränge

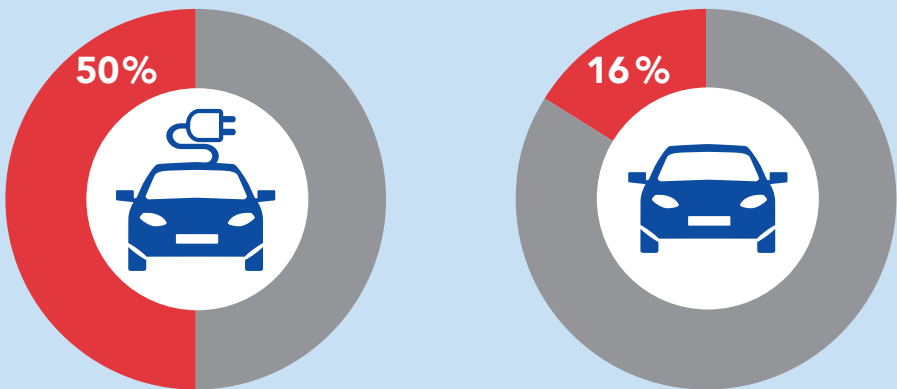


Abb. 3: Kostenvergleich Antriebsstrang Elektrofahrzeug vs. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor

Quelle: Boston Consulting Group<sup>9</sup>

Demnach liegen die Kosten für den Antrieb batteriegetriebener Elektrofahrzeuge (Elektromotor, Leistungselektronik und Batterieblock mit Batteriemanagementsystem) mit einem Anteil von 50 Prozent etwa drei Mal so hoch wie bei einem integrierten Verbrennungsmotor (16 Prozent). 35 Prozent der Kosten des Antriebsstrangs verursacht der Batterieblock.

Die Autohersteller benötigen daher nicht nur höhere Batteriekapazitäten, sondern auch preiswertere Akkus, damit sie die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen befriedigen können.

## Wertschöpfung durch Produktion von Batteriematerialien

Aktuell erwirtschaftet die Automobilindustrie einen Großteil der Wertschöpfung unabhängig vom Antriebsstrang. Zu dessen Schlüsselkomponenten zählt die Batterie. Betrachtet man diese als Ganzes, entfällt auf den Zusammenbau des Endprodukts nur ein Bruchteil der Wertschöpfung. Die Experten vom Center Automotive Research (CAR) der Universität Duisburg-Essen kalkulieren mit fünf Prozent Anteil für die finale Fertigung. Über 90 Prozent der Wertschöpfung entfallen auf die Produktion der Batteriematerialien (Abb. 4).

Die Schlüsselfunktion der Batterien für den Antriebsstrang unterstreicht die strategisch entscheidende Rolle der energiespeichernden, wiederaufladbaren Hochleistungsbatterien im Gesamtkonzept der Elektromobilität. Die Batterie beeinflusst zudem nicht nur die Reichweite, sondern auch das Fahrzeuggewicht maßgeblich.

## Aufbau einer Lithium-Ionen-Akkuzelle

Hochleistungsbatterien basieren vor allem auf der Lithium-Ionen-Batterien-Technologie (LIB). Diese bietet aktuell die höchste Energiedichte und kann bereits in größeren Stückzahlen gefertigt werden. Wichtigste Baugruppen dieser Batterien bilden:

- Kathode
- Anode
- Elektrolyt
- Additive
- Separator
- Einhausung

## Wertschöpfung (Schätzung in Prozent)

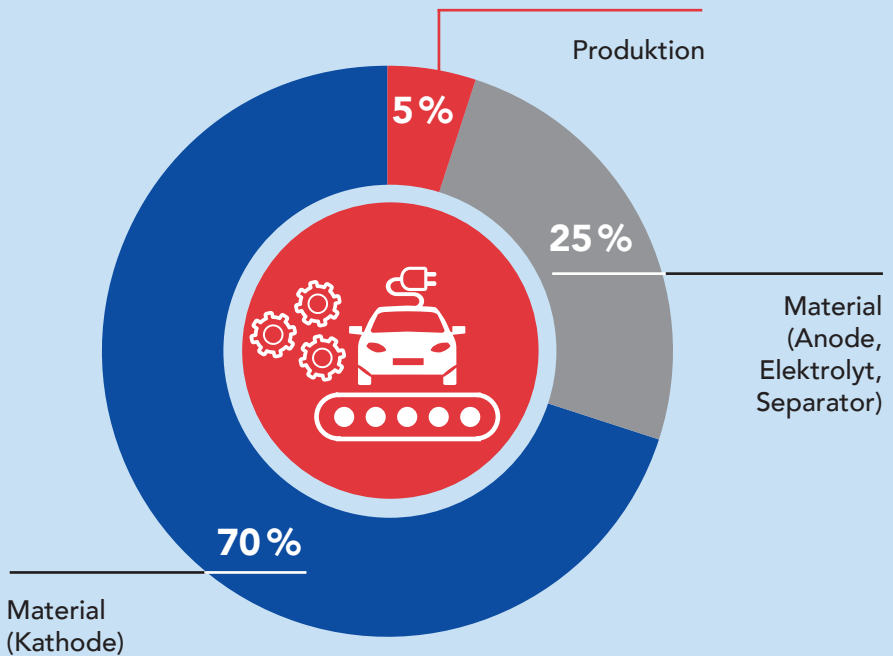


Abb. 4: Quellen der Wertschöpfung bei der Batteriezellenproduktion

Quelle: CAR an der Universität Duisburg-Essen<sup>10</sup>



Auf den Zusammenbau einer Batteriezelle entfällt mit fünf Prozent nur ein Bruchteil der Wertschöpfung. Für etwa 70 Prozent ist die Kathode mit den hierin enthaltenen Materialien verantwortlich. In der Anode stecken zusätzliche 25 Prozent der Wertschöpfung.

# Lithium-Ionen-Batterie: Aufbau und Funktionsprinzip

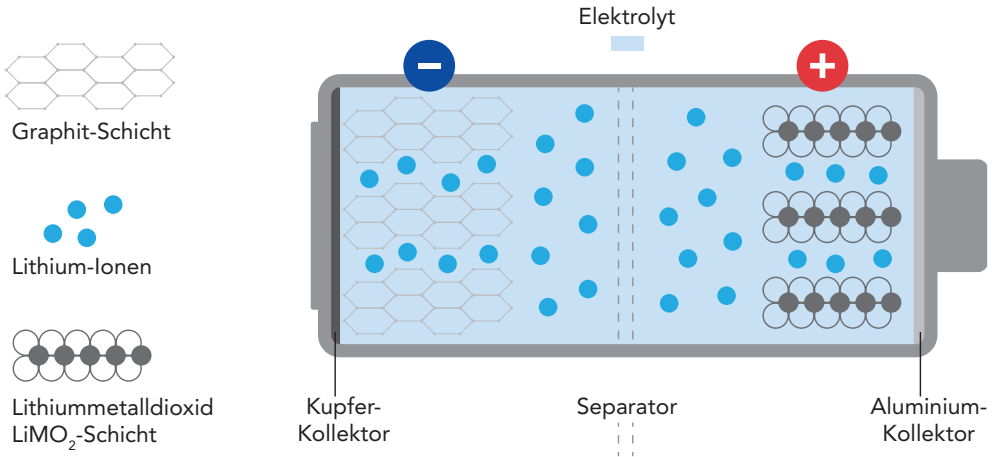


Abb. 5: Struktur einer Lithium-Ionen-Batterie

(Eigene Darstellung)

Eine Lithium-Ionen-Batterie besitzt zwei Elektroden: Die Anode besteht in der Regel aus Graphit und Kupferfolie; die Kathode aus verschiedenen Stoffen, zum Beispiel aus auf Aluminiumfolie aufgebrachtem Lithiummetall-dioxid.

Dazwischen befinden sich ein Separator und ein Elektrolyt. Der Separator trennt die Elektroden elektrochemisch. Er besteht aus einem Material, das zwar Ionen leitet, jedoch keine Elektronen. Dies verhindert Kurzschlüsse. Der Elektrolyt ermöglicht den Fluss von Lithium-Ionen zwischen Anode und Kathode.

Wird die Batterie aufgeladen, wandern die Ionen von der Kathode zur Anode und werden dort eingelagert. Entlädt sich der Akku, zum Beispiel während er den Elektromotor mit Energie versorgt, fließen die Ionen in umgekehrter Richtung.

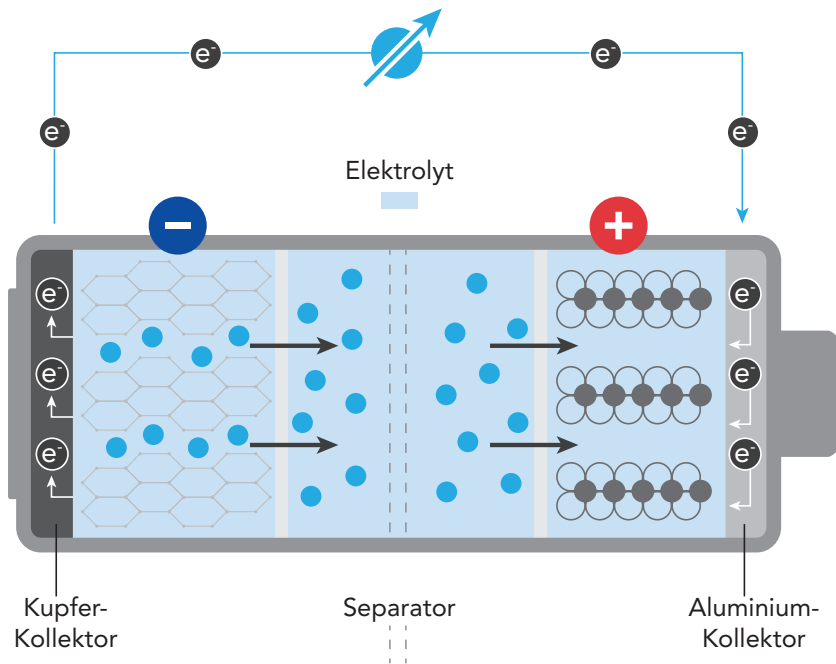


Abb. 6: Entladevorgang bei einer Lithium-Ionen-Batteriezelle

Quelle: VDE / DKE, Kompendium: Li-Ionen-Batterien<sup>11</sup>

Je weiter sich die Lithium-Ionen-Batterie entleert, desto mehr Lithium-Ionen sind in der Kathode eingelagert. Beim Laden der Batterie werden die Lithium-Ionen aus der Kathode herausgezogen und durch den flüssigen Elektrolyten gedrückt. In diesem Prozess stellt der Separator sicher, dass nur die Lithium-Ionen in die Anode gelangen. Ist die Batterie vollständig aufgeladen, befinden sich in der Kathode keine Lithium-Ionen mehr. Diese sind nun in der Anode. Mit Verbrauch der Akku-Kapazität startet dieser Prozess erneut: Die Lithium-Ionen wandern zurück zur Kathode, bis keine mehr übrig sind. Die Batterie muss dann erneut aufgeladen werden.

Die Geschwindigkeit des gesamten Vorgangs bestimmt die Energiekapazität des Akkus. Werden die Lithium-Ionen jedoch zu schnell bewegt, leidet die Struktur und löst sich auf. Darin liegt zurzeit noch der Grund dafür, dass die Akkulaufzeit umso kürzer wird, je häufiger ein Elektrogerät oder -fahrzeug unter Höchstlast genutzt wird.

## Chancen der chemischen Industrie in der Batteriematerialien-Produktion

Zukunftsfelder für die chemische Industrie liegen in der Entwicklung von Materialien für Anoden und Kathoden, Elektrolyten und Separatoren (Metalloxide, Kupfer- und Aluminiumfolien, organische Lösungsmittel, Leitsalze, Additive, mikroporöse Polyolefinmembranen, Keramikbänder etc.) sowie deren Fertigung. Hochwertige Materialien für diese Akku-Komponenten sind geeignet, die Batterien leistungsstärker zu machen. Dies bildet die Voraussetzung dafür, dass sich diese Technologie durchsetzt.

Die Ausführungen verdeutlichen: Die Materialien und Komponenten, aus denen eine moderne Batterie besteht, bilden das wirtschaftliche Herz eines Elektrofahrzeuges.

Damit bilden Batteriematerialien den Schlüssel zum Fortschritt in der Elektromobilität.

Für den Batteriemarkt wird  
ab 2050 ein jährlicher Wert von  
**250 Milliarden Euro**  
prognostiziert.

Bei einem Elektrofahrzeug liegt der Anteil  
der Batteriematerialien an der gesamten  
Wertschöpfung der Batterieproduktion  
bei etwa **90%**.

Die Kosten  
für den Antrieb  
batteriegetriebener  
Elektrofahrzeuge  
machen **50%**  
der Gesamtkosten  
aus.

Weniger als **10%**  
der benötigten aktiven  
Batteriematerialien werden  
derzeit in Europa hergestellt.



3

# Im globalen Wettbewerb Marktanteile sichern





# 3. Europas Aufholbedarf auf dem Weltmarkt für Batteriematerialien

## Verzögerter Start

Die Bedarfs- und Potenzialprognosen für die Produktion von Hochleistungsbatterien oder Batteriekomponenten waren bis 2016 zu restriktiv. Dies verhinderte einen frühzeitigen Aufbau von Forschungs- und Produktionskapazitäten in Deutschland und Europa. Als Folge dominieren asiatische Unternehmen die Herstellung und ebenso die Materialzulieferkette der Batterien. Der technologische Wandel zu Hochleistungsbatterien trifft sowohl die europäischen Automobilhersteller als auch deren historisch gewachsene Zulieferindustrie. Über 90 Prozent der globalen Batterieproduktion befinden sich aktuell in Südostasien, 60 Prozent davon in China.<sup>12</sup>

Auch wenn Hersteller zunehmend die Batteriezellherstellung in Europa ankündigen oder zum Beispiel eine Tesla Giga-Factory in Brandenburg gebaut wird: Der Großteil der Forschungs- & Entwicklungskompetenzen und damit auch der Entwicklung von Verfahren zur kostengünstigen Großproduktion für Batteriezellkomponenten liegt aktuell im Ausland. Damit partizipiert Europa auch kaum an der rasant steigenden Erfahrungskurve der skalierten Produktionsentwicklung.<sup>13</sup> Dies schließt die Entwicklung von alternativen Batteriekonzepten ein, die in Zukunft noch wichtiger werden wird. Dies gilt vor allem in Bezug auf feststoffbasierte Akkumulatoren, die als sicherer gelten, da eine Explosionsgefahr ausgeschlossen ist.<sup>14</sup>

## Wachsende globale Nachfrage nach Batterien erfordert schnelles Handeln

McKinsey prognostiziert eine weltweit steigende Nachfrage nach Batterien für Elektrofahrzeuge, Plug-in-Hybride, hybridelektrische Fahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge für die private und kommerzielle Nutzung. Verglichen mit 2018 erwarten die Experten, dass die globale Nachfrage nach Akkumulatoren von 184 Gigawattstunden (GWh) im Jahr 2018 auf 2.623 GWh 2030 steigt. Dies bedeutet eine Vervierzehnfachung. Der überwiegende Teil hiervon entfällt auf die Elektromobilität mit einer prognostizierten jährlichen Wachstumsrate von 26 Prozent. Weitere große Positionen bilden die Energiespeicherung sowie die Unterhaltungs- und Gebrauchselektronik für Konsumenten (Consumer Electronics).

## Prognostizierter Anstieg des Batteriebedarfs

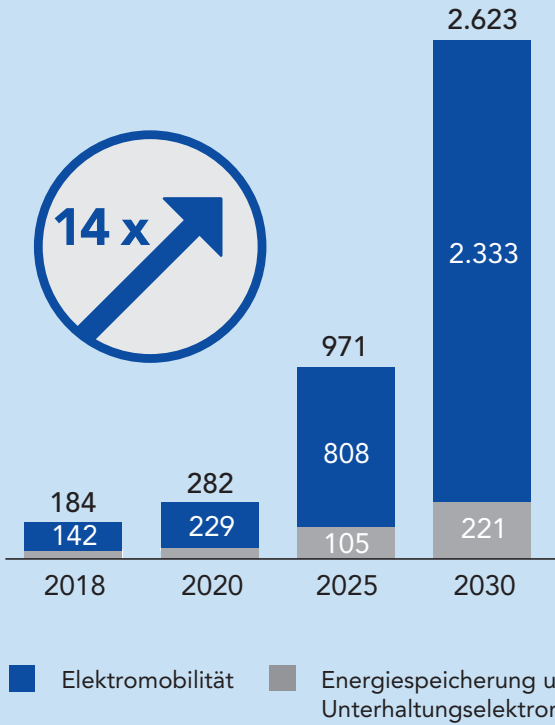


Abb. 7: Prognostizierte weltweite Nachfrage nach Batterien (in GWh nach Anwendung)

Quelle: McKinsey and Global Battery Alliance 2019<sup>15</sup>



## 14-fach erhöhter Energiebedarf bis 2030

Experten gehen davon aus, dass die globale Nachfrage nach Akkumulatoren auf 2.623 GWh im Jahr 2030 steigt.

Ursache hierfür sind vor allem die hohen Wachstumsraten bei der Elektromobilität.

Zur Sicherung europäischer Marktanteile bei der Produktion von Batteriematerialien ist es von herausragender Bedeutung, dass sich die europäische Wirtschaft in diesem Zukunftsfeld engagiert. Ab 2050 wird für den Batteriemarkt ein jährlicher Wert von 250 Milliarden Euro prognostiziert. Um nur die EU-Nachfrage zu befriedigen, sind auch bei zurückhaltender Schätzung zumindest 20 Giga-Fabriken erforderlich, Großanlagen zur Fertigung von Batteriezellen.<sup>16</sup>

Die prognostizierte Nachfrage nach Batterien allein für in Europa produzierte Elektrofahrzeuge ist mehr als fünfmal so groß wie das Volumen der derzeit bestätigten Projekte in Europa.<sup>1</sup> Die Lücke, die auf eine zusätzliche Nachfrage von etwa 1.000 Gigawattstunden pro Jahr bis 2040 gegenüber den heutigen Ankündigungen zurückzuführen ist, muss entweder durch Batterieimporte oder durch zusätzliche Batterie-Herstellungskapazitäten in Europa geschlossen werden.

## Aufholbedarf der europäischen Wirtschaft

Die deutschen und europäischen Hersteller weisen im Vergleich zu außereuropäischen Produzenten einen Erfahrungsverzug auf. Es fehlt eine flächendeckend wettbewerbsfähige, vollintegrierte Lieferantenkette. Vielmehr liefern derzeit China, Korea oder Japan wesentliche Vorstufen und Komponenten für Batteriezellen und Batterien. Hierdurch drohen die bislang führenden europäischen Automobilhersteller und deren Zulieferindustrien von Asien abhängig zu werden.

Die Leistung großer Elektrizitätswerke wird oft in Gigawattstunden (GWh) ausgedrückt. Eine GWh entspricht 1 Milliarde Wattstunden oder 1 Million Kilowattstunden (KWh). Eine KWh bezeichnet die über eine Stunde kontinuierliche Leistung von einem Kilowatt.

<sup>1</sup> Zum Beispiel Northvolt (Schweden), LG Chem (Breslau), Samsung SDI (Göd) und CATL (Erfurt).

Bezogen auf die Entwicklung von Elektrofahrzeug- und Plug-in-Hybrid-Modellen haben europäische Hersteller in den letzten zwei Jahren aufgeholt. Die folgende Grafik stellt die Herkunft dieser Fahrzeuge aus Europa und außereuropäischen Ländern von 2018 bis 2021 gegenüber:

## Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybride

### Herkunft

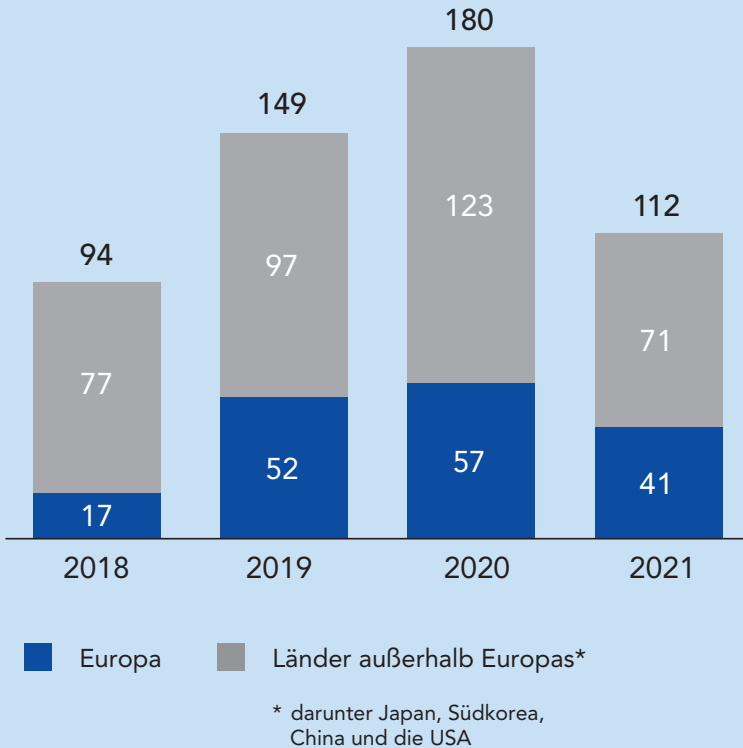


Abb. 8: Entwicklung von batterieelektrischen Fahrzeugmodellen und Plug-in-Hybriden

Quelle: McKinsey & Company<sup>17</sup>

Während 2018 nur 17 von insgesamt 94 dieser Fahrzeugmodelle (dies entspricht 18 Prozent) aus Europa stammten, waren es 2019 mit 52 Modellen bereits 35 Prozent aller Fahrzeugmodelle.

In Europa bringen Volkswagen und Renault-Nissan-Mitsubishi die meisten Modelle auf den Markt, von 2019 bis 2021 sind es bei Volkswagen 41 und bei Renault-Nissan-Mitsubishi 34 Modelle.<sup>18</sup> Volkswagen will sich stärker auf Elektromobilität fokussieren, 70 neue Elektrofahrzeug-Modelle sind bis 2028 vorgesehen; bis 2030 sollen 40 Prozent der Fahrzeugverkäufe aus diesem Segment stammen.<sup>19</sup>

Als Konsequenz aus dieser Entwicklung wird in der Automobilindustrie der klassische Maschinenbau für Antriebsaggregate verdrängt. Ihn ersetzen sowohl elektromagnetische Motoren als auch die auf der Integration von Chemie und Physik basierenden unterschiedlichen elektrochemischen Energiespeichersysteme aus Brennstoffzelle, Batterie und Superkondensatoren.

Bei allen – auch den hybriden Kombinationen – bildet die hochleistungsfähige wiederaufladbare Batterie das Herz der Wertschöpfungskette.



## Europäische Hersteller holen auf

Während 2018 nur 17 von insgesamt 94 dieser Fahrzeugmodelle (dies entspricht 18 Prozent) aus Europa stammten, waren es 2019 mit 52 Modellen bereits 35 Prozent.

## Beschäftigte benötigen für die Elektromobilität andere Qualifikationen

Diese Zusammenhänge zeigen die kommenden disruptiven Umbrüche im seit über 100 Jahren in Deutschland erfolgreichen Automobilbau auf. Die Entwicklung geht mit massiven Auswirkungen auf die Anzahl der Beschäftigten einher – in Deutschland und in Europa. Alternative Antriebsstränge sind weniger arbeitsintensiv als herkömmliche Verbrennungsmotoren. Sie sind weniger komplex und weisen einen höheren Automatisierungsgrad bei Produktion und Montage auf. Auch die Anforderungen an die Qualifikationen der Beschäftigten sind neu zu definieren.

Experten von McKinsey führen die Entwicklung auf die technologiegetriebenen sogenannten **ACES-Megatrends** zurück:

- **Autonomous Driving** (Autonomes Fahren)
- **Connectivity** (Vernetzung der Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur)
- **Electrification** (elektrifizierte Fahrzeuge und deren Vorstufen)
- **Shared and Diverse Mobility** (verschiedene Mobilitätskonzepte,<sup>2</sup> bei welchen Nutzer je nach Bedarf Fahrzeuge mieten, sie aber nicht mehr besitzen).<sup>20</sup>

Diese Trends beeinflussen das Nutzerverhalten der Endkunden und damit auch Geschäftsmodelle und Beschäftigung in der chemischen, gummi- und kunststoffverarbeitenden Industrie.

Die Automobilindustrie stellt in Europa einen der wichtigsten Arbeitgeber mit insgesamt rund 13,3 Millionen Beschäftigten in 2018. Davon entfallen 2,5 Millionen Arbeitsplätze auf die direkte Fahrzeugfertigung und 0,9 Millionen auf die indirekte Fertigung, die hier näher betrachtet werden. McKinsey hat die absehbaren quantitativen Auswirkungen der **ACES-Megatrends** auf diese 3,4 Millionen Arbeitsplätze bis 2030 analysiert.

Das Gesamtbeschäftigungsniveau in der direkten und indirekten Fertigung wird um etwa 10 Prozent sinken von 3,4 auf 3,1 Millionen Beschäftigte. Dieser Nettoeffekt resultiert aus dem Rückgang der Nachfrage nach Arbeitskräften im Maschinenbau und mit mechanischen Qualifikationen um ungefähr 25 Prozent und einem um etwa 15 Prozent gestiegenem Bedarf an Arbeitskräften, die bezogen auf Software, Elektrotechnik und Elektronik qualifiziert sind.

---

<sup>2</sup> Ein Beispiel bildet „Share Now“ von Daimler und BMW mit im Februar 2019 gut 1,7 Millionen Kunden und 7.480 Fahrzeugen.

# Arbeitsplatzverschiebungen und Generierung neuer Beschäftigungen

Zukünftiger Arbeitsplatzzuwachs durch neue Geschäftsmodelle

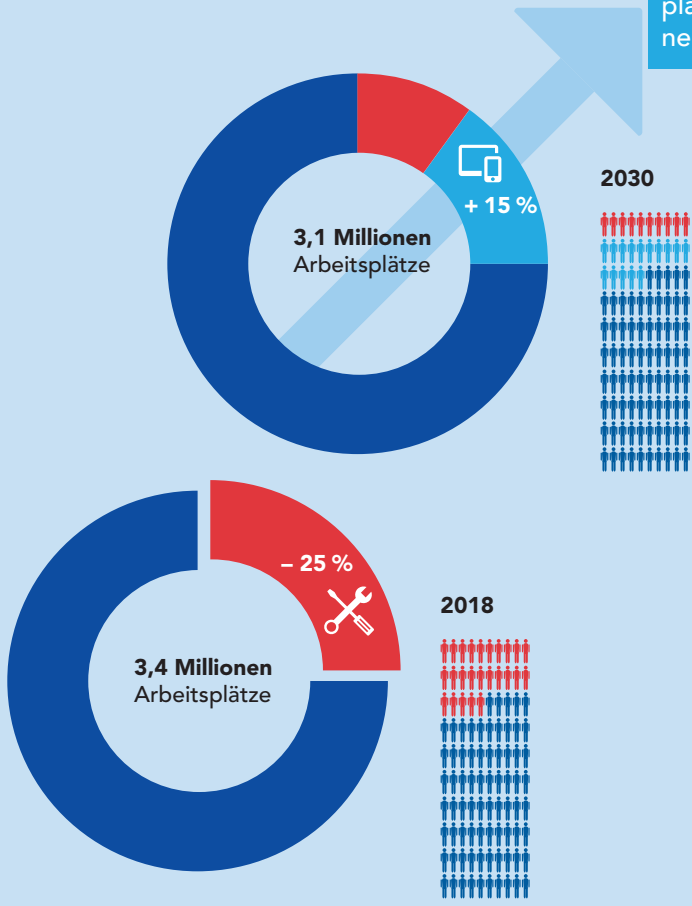


Abb. 9: Erwartete Arbeitsplatzverschiebungen in der europäischen Automobilindustrie von 2018 bis 2030

Quelle: McKinsey & Company<sup>21</sup>

Auch aktuelle Berechnungen des Center Automotive Research (CAR) prognostizieren für Deutschland 2030 eine summarische Negativbilanz von 125.000 der bislang 800.000 Arbeitsplätze allein durch die technologische Umstellung. Die Nationale Plattform Mobilität geht in ihrem 1. Zwischenbericht zur strategischen Personalplanung und -entwicklung im Mobilitätssektor sogar von weit höheren Zahlen aus. Nur durch Schaffung geeigneter Alternativen kann dem entgegengewirkt werden.<sup>22</sup>

# 4

## Vom Rohstoff bis zum Recycling





## 4. Aufbau einer europäischen Batteriezellen-Wertschöpfungskette

Für Europa wird der Batteriebedarf für 2025 bei einer prognostizierten jährlichen Menge von drei bis fünf Millionen Fahrzeugen auf ca. 150 - 300 GWh geschätzt. Dies übersteigt die bisher geplanten Fertigungskapazitäten ausländischer Hersteller in Europa. Die Wachstums- und Bedarfsprognosen werden seit 2018 fast monatlich nach oben korrigiert.

Die Planungsunsicherheiten der europäischen Automobilindustrie führten in der Vergangenheit dazu, dass sich die chemische Industrie beim Aufbau einer europäischen Produktion der erforderlichen Batteriematerialien zurückhielt. Jedoch wäre eine Batteriezellproduktion in Europa und speziell in Deutschland wettbewerbsfähig, sofern die entsprechende Materialzulieferkette vorhanden ist.<sup>23</sup> Das bestätigt Ferdinand Dudenhöffer, Gründer und Direktor des Center Automotive Research (CAR) an der Universität Duisburg-Essen. Auch er betont, dass eine reine Endfertigung von Batteriezellen in Deutschland unzureichend sei, da die wesentliche Wertschöpfung in den Materialien liege: „Wir sollten uns in Deutschland und Europa auf das konzentrieren, was wir können, Materialien zu entwickeln und zu produzieren, die zum Maßstab werden“,<sup>24</sup> so der renommierte Experte.

### Europäische strategische Wertschöpfungskette erforderlich

Nur eine vollintegrierte Vorstufenlieferkette gewährleistet eine erfolgskritische Systemkompetenz der Automobilzulieferer bei der Produktion von Batteriematerialien. Zielführend ist, dass sich diese Automobilzulieferer vor allem im Rhein-Main-Neckar-Raum konzentrieren. Dort können sie sich hinsichtlich einer Systemkompatibilität vernetzen. Basis dieses ökonomisch sinnvollen Vorgehens bildet die wettbewerbsentscheidende Schlüsselbedeutung der Batteriekomponenten im elektrischen Antriebssystem.

Zurzeit werden nach Analysen der EU-Kommission weniger als 10 Prozent der benötigten aktiven und anwendungsfertig verarbeiteten Batteriematerialien in Europa hergestellt. Dies gilt auch für die nahe Zukunft, weshalb auch die EU-Kommission den Aufbau einer strategischen Wertschöpfungskette für Batterien fordert.<sup>25</sup> Der zuständige EU-Kommissar Maroš Šefčovič vergleicht die damit verbundenen Anstrengungen mit dem Aufbau einer europäischen Flugzeugindustrie.<sup>26</sup>

Damit die erforderliche Wertschöpfungskette sowohl in der Automobilindustrie als auch in der chemischen Industrie in Europa erfolgreich entwi-

ckelt werden kann, hat sich unter der Federführung der EU-Kommission die European Battery Alliance (EBA) gebildet. Diese Kooperationsplattform vereint alle wichtigen europäischen Akteure des Zukunftsfeldes aus Industrie und Innovation.<sup>27</sup>

## Recycling erhöht die Nachhaltigkeit und sichert Rohstoffe

Eine vollintegrierte Wertschöpfungskette enthält auch das Recycling der Materialien, um zum Beispiel Rohstoffe wie Kobalt, Mangan, Nickel, Zink oder Kupfer zurückzugewinnen. Hier greift ein weiterer Trend, die Kreislauffähigkeit von Produkten.<sup>28</sup> Gleichzeitig trägt das Recycling dazu bei, Europa die für die Transformation der Automobilindustrie erforderlichen Rohstoffe zu sichern. Die hierdurch erreichte Rohstoffeinsparung leistet zudem einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit der Produktion von Batterien sowie deren Komponenten und Materialien.<sup>29</sup> Eine europäische Batterieindustrie hätte den weiteren Vorteil, dass interkontinentale Transportwege überflüssig würden. Dieser umweltpolitische Aspekt würde den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Elektromobilität positiv beeinflussen.

## Markt- und Beschäftigungspotenziale für die chemische Industrie

Ein von Beginn an mitgedachtes und mitgeplantes Recycling eröffnet auch neue Märkte und Potenziale für die chemische Industrie in der Region Rhein-Main-Neckar: Unter anderem das Recycling birgt für die Chemiebranche die Möglichkeit, die Umbrüche in der Automobilbranche mitzugestalten, hierin liegende Chancen zu nutzen und sich als Technologieführer zu positionieren.<sup>30</sup>

Die absehbaren und kalkulierbaren Mengen an aktiven Materialien, die für die Befüllung der Batteriezellen benötigt werden, bieten große Beschäftigungspotenziale. Diese könnten maßgeblich dazu beitragen, Arbeitsplatzverluste aufzufangen, welche mit den Einbußen bei der konventionellen Mobilität einhergehen. **Die Wachstumsraten liegen schon ab dem Jahr 2020 bei 10 bis 20 Prozent pro Jahr.** Die Bundesregierung unterstützt bereits mit mehreren Initiativen und Ansätzen die Ansiedlung einer Batteriezellen- bzw. Materialienproduktion.<sup>32</sup>

**Aktivmaterial** sind die chemisch aktiven Substanzen, die in Batterien für die Energiespeicherung verantwortlich sind. Sie bilden das Kernstück von Elektroden. Damit sie elektrischen Strom besser leiten, wodurch die Batterie leistungsfähiger wird, werden Aktivmaterialien auf gut leitendes Material (Stromkollektoren) aufgebracht. Dabei handelt es sich meist um äußerst dünne Metallfolien, zum Beispiel aus Kupfer oder Aluminium.<sup>33</sup>

## Recycling für die Rohstoffversorgung

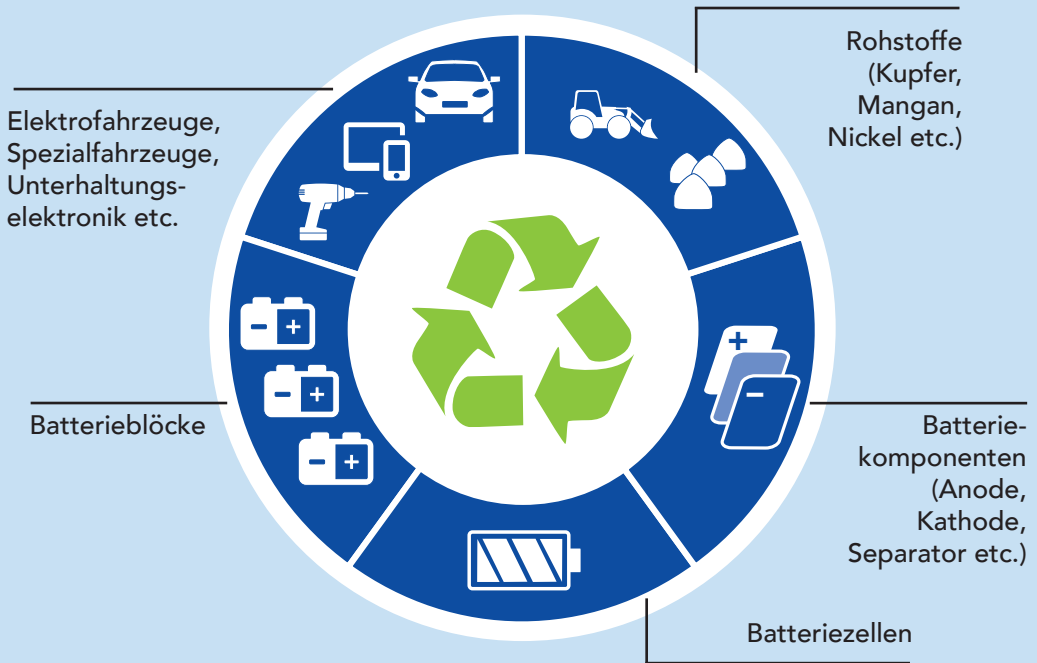


Abb. 10: Wertschöpfungskette und Recycling in der Elektromobilität

Quelle: European Battery Alliance (EBA) Diego Pavía (CEO InnoEnergy)<sup>31</sup>



Ohne den Aufbau einer europäischen Batterieindustrie wird sich dieser bedeutsame Absatzmarkt für die chemische Industrie zurückentwickeln, mit negativen arbeitsmarktpolitischen Auswirkungen.

# 5

## Idealbedingungen für Entwicklung und Produktion von Batteriematerialien



## 5. Potenziale der Metropolregion

### Rhein-Main-Neckar

Mit der diesjährigen Kurskorrektur der europäischen Automobilhersteller ergibt sich auch für die chemische Industrie ein Paradigmenwechsel. Dies betrifft den notwendigen Aufbau einer europäischen Materialproduktion als aktive Vorstufe zur Herstellung der Batteriezellen. Durch die politischen Vorgaben zu drastischen Emissionsminderungen, die nur durch die neuen Antriebssysteme realisiert werden können, verfügt auch die chemische Industrie über die erforderliche Planungssicherheit für Investitionen in die Materialproduktion.

Der wachsende Bedarf an Batteriezellen führt bereits in den nächsten fünf Jahren zu einer starken Nachfrage nach aktiven Materialien. Eine Versorgung durch Importe ist angesichts der globalen Mengen- und Qualitätsanforderungen nicht gesichert. Sollte sich eine außereuropäische Versorgungskette verfestigen, könnte das Chancenfenster für die chemische Zulieferindustrie in der Region bereits geschlossen sein. Daher muss zeitnah gehandelt werden.

#### Infrastruktur ermöglicht zügigen Beginn von Entwicklung und Produktion

Die leistungsfähigen chemischen Industriestandorte und Industrieparks an der Rhein-Main-Schiene sind bezüglich Infrastruktur, Know-how, bestehender Chemieunternehmen und Produktionsanlagen so aufgestellt, dass eine zügige Verfahrensentwicklung und Produktionsaufnahme für die kundenspezifischen Vorstufen der Batteriematerialien unmittelbar erfolgen könnte. Diese deckt die letzte Ebene vor der Zellproduktion ab. Die sich hieraus ergebenden Zukunftschancen sollten zur Etablierung einer zukunftssicheren Industriestruktur in Hessen genutzt werden.

Eine Vielzahl von Unternehmen im Innovationscluster Rhein-Main in Südhessen bietet sich zur konkreten wirtschaftlichen Umsetzung an. Die Betriebe gewährleisten eine lückenlose Vernetzung bezogen auf die integrierte Prozesskette von der Forschung über die Entwicklung und die Produktion bis zum Recycling. Dies gilt umso mehr für das strategische Dreieck im Rhein-Main-Neckar-Raum: Die Gesamtheit der dort vertretenen Unternehmen, Chemiestandorte und Großforschungseinrichtungen erlaubt es, die erforderliche, global wettbewerbsfähige Systemkompetenz aufzubauen und zu erhalten.

## Chemie-Unternehmen in Rhein-Main-Neckar

In Hessen und im angrenzenden Rhein-Main-Neckar-Raum sind über 130 Unternehmen der chemischen Industrie ansässig.<sup>34</sup> Zu den in der Batterieforschung tätigen Firmen gehören u. a. Albemarle, die Allessa GmbH, der Batteriespezialist Akasol, BASF, Cabot, Celanese, Clariant, DuPont, Evonik Industries, Fluorchem, Freudenberg, Friemann & Wolf Batterietechnik GmbH (SAFT S.A.), Heraeus, LyndodellBasell, Kalle GmbH, Merck, Mitsubishi, SGL Carbon, Shin-Etsu, Solvay, Tadiran (SAFT S.A.), Umicore sowie die WeylChem Gruppe.

Weitere besondere Standortvorteile bieten mehrere chemische Industrieparks. Hervorzuheben sind die Chemiestandorte Frankfurt-Höchst, Hanau-Wolfgang und Wiesbaden.

Die Region verfügt des Weiteren über mehrere bedeutende Großforschungseinrichtungen, die auch zu Batteriematerialien forschen:

- Forschungscampus Mittelhessen (FCMH) als gemeinsame Einrichtung der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Philipps-Universität Marburg und der Technischen Hochschule Mittelhessen:  
Materialien und Konzepte für neue elektrochemische Speicher
- Gemeinsames BASF-KIT-Gemeinschaftslabor BELLA am Institut für Nanotechnologie des Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
- Technische Universität Darmstadt: Fachbereiche Ingenieur- und Materialwissenschaften, Fachbereich Chemie, Forschungsgruppe für „Ionenleiter und Li-Ionenbatterien“, Batterie-Kondensator-Forschung
- Goethe Universität Frankfurt:  
Elektrochemie, Fluorchemie, Lithium-, Silizium- und Borchemie

Institute:

- DECHEMA-Forschungsinstitut (DFI), Frankfurt  
Abteilungen Elektrochemie, Chemische Verfahrensentwicklung
- Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategien IWKS, Hanau
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt
- VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH, Offenbach

## Idealer Standort

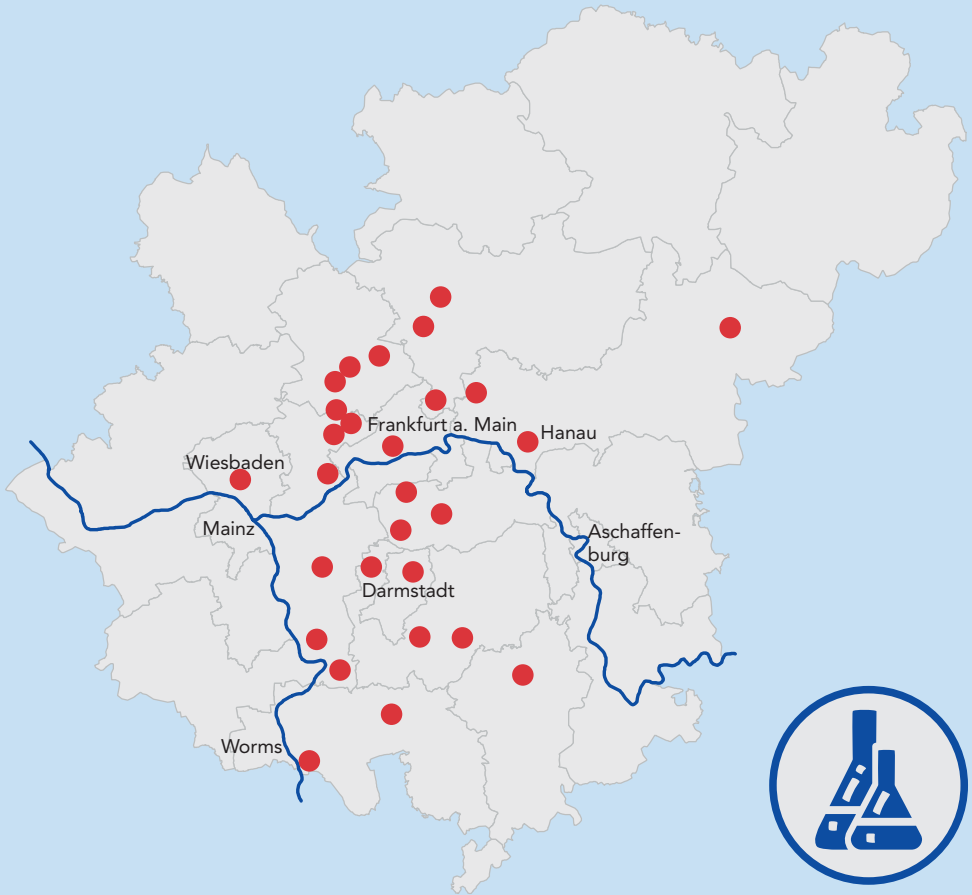
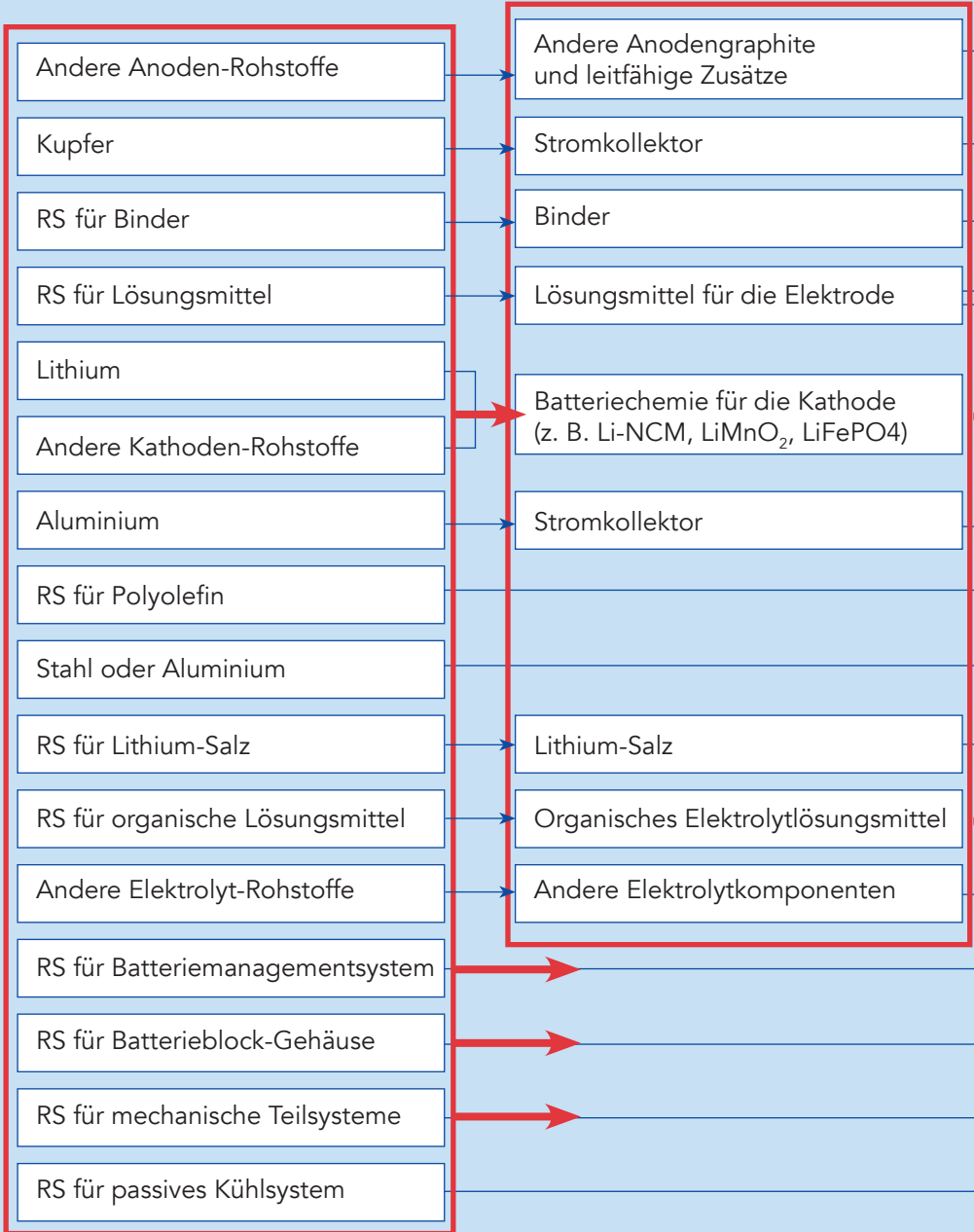


Abb. 11: Chemiestandort Metropolregion Rhein-Main-Neckar

Quelle: Recherchen der Hessen Agentur, Hessen Agentur auf Kartengrundlage der GfK Geomarketing GmbH<sup>35</sup>

In der Region hervorzuheben sind die Chemiestandorte Frankfurt-Höchst, Hanau-Wolfgang und Wiesbaden.

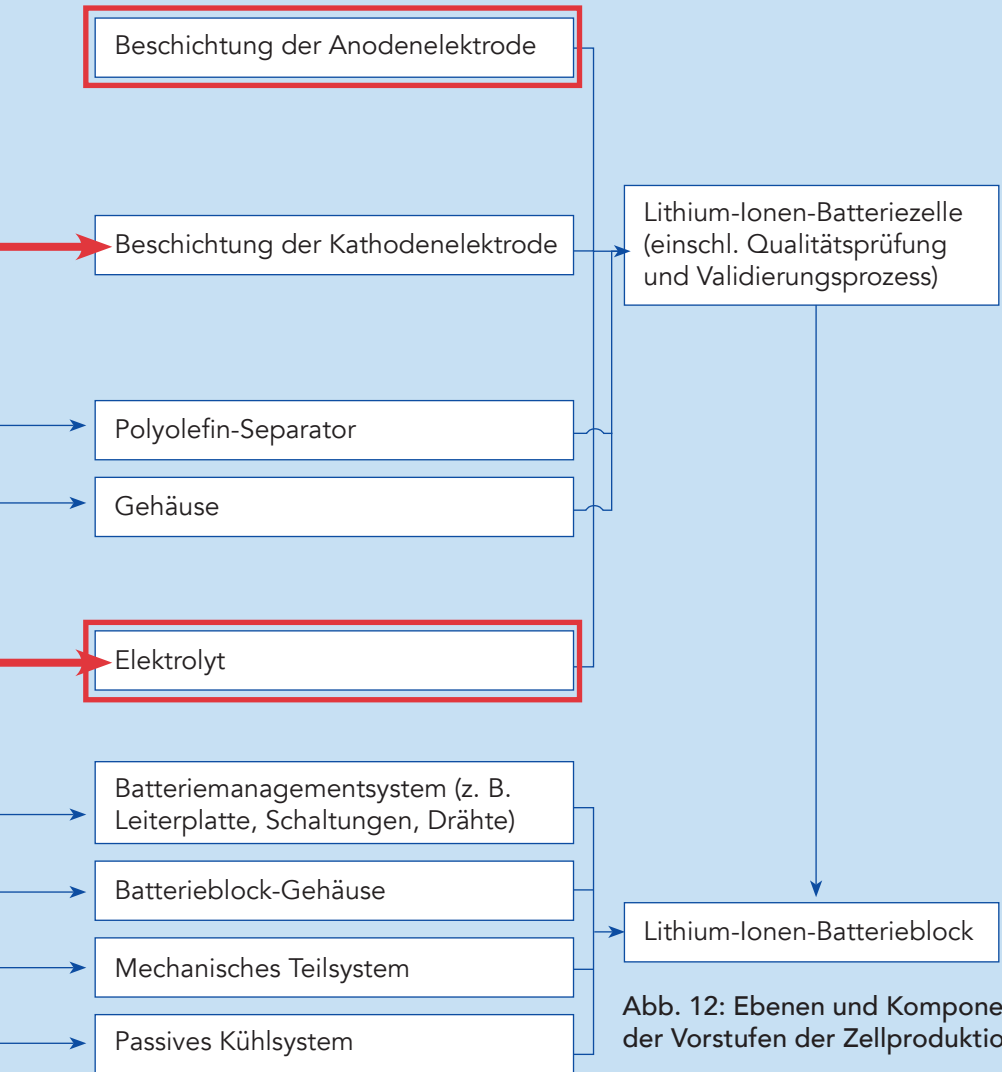
# Vorstufen der Zellproduktion



**RS = Rohstoffe**



Die Ressourcen in der Metropolregion Rhein-Main-Neckar ermöglichen die konkrete Umsetzung einer integrierten Wertschöpfungskette durch eine enge Vernetzung von F&E, Unternehmen, Produktionscluster und innovativen Start-ups. Diese erlaubt es, die Kräfte zu bündeln und zu synchronisieren. In der Abbildung sind die entsprechenden Segmente rot markiert.

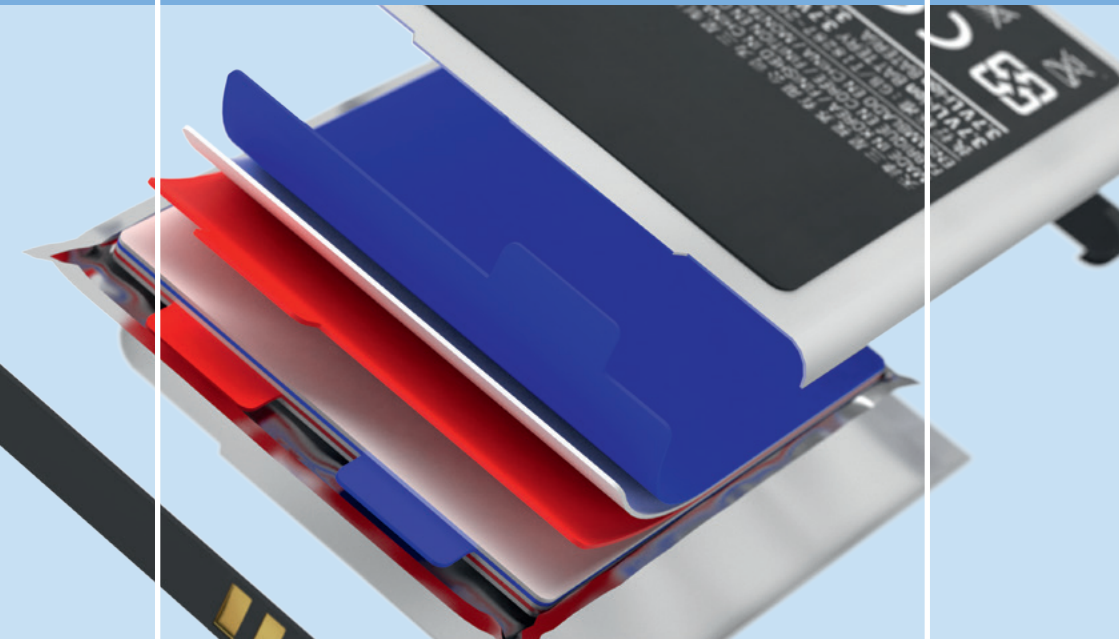


**Abb. 12: Ebenen und Komponenten der Vorstufen der Zellproduktion**

Quelle: Dr. Klaus Brandt,  
Li Battery Consultant, Mainz 2017<sup>36</sup>

6

Gemeinsam  
die Potenziale  
der Region heben



## 6. Strategie für einen Batteriematerialverbund im Raum Rhein-Main-Neckar

Die Metropolregion Rhein-Main-Neckar benötigt unter der Federführung der Landesregierung einen schnellen, moderierten Dialog zur strategischen Aufnahme der sich bietenden Chance. Ziel sollte sein, Unternehmen, Forschung und Universitäten so schnell wie möglich zu verbinden und gemeinsame Kräfte nutzbar zu machen.

Ein Initial-Workshop könnte die Partner zusammenbringen, damit sie ein erstes gemeinsames Konzept erarbeiten. Die schnelle und wirtschaftlich bedeutsame Umsetzung steht dabei im Vordergrund. Als erste Ansprechpartner bieten sich die Mitglieder der südwestdeutschen Abteilung der Europäischen Batterieallianz (EBA), Mitglieder der Plattform Zukunft der Mobilität und weitere Unternehmen sowie Institutionen an, die durch die Landesregierung identifiziert und angesprochen werden sollen.

Unter der Führung von Hessen mit der Metropolregion Rhein-Main-Neckar als Kern könnte dies in einer 4-Länder-Initiative unter der Teilnahme von Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und Bayern zum gemeinsamen Erhalt und Aufbau zukunftssicherer Arbeitsplätze in der Produktionsentwicklung und Produktion von Energiespeichermaterialien und Umwandlungstechnologien erfolgen.

### Schritte zu einem Batteriematerialverbund

Folgende Einzelschritte bieten sich zu einer Konkretisierung an:

1. Etablierung eines „Batteriematerial-Roundtables“ in der Region mit zunächst ca. zehn Teilnehmern aus Industrie, Forschung und Politik.  
  
Schaffen eines Rhein-Main-Neckar-Entwicklungs- und Produktionsverbundes, basierend auf den Batteriezellfabrikationen und Entwicklungsinitiativen in Hessen, Bayern, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg sowie den führenden chemischen Industriestandorten im Rhein-Main-Neckar-Raum.

Vorschlag zur Gründung eines hochkompetitiven anwendungstechnischen Prüfzentrums. Dieses leistet die mit anderen Bestandteilen abgestimmte Materialcharakterisierung in den verschiedenen Batteriezellsystemen der Lieferanten für die verschiedenen Komponenten der Wertschöpfungskette. Hier bietet sich ein Joint-Venture der bestehenden Industrieunternehmen sowie des Forschungsclusters an.

**3.**

Zeitnahe Verzahnung von Forschung, Entwicklung und Produktion. Dies soll erfolgen durch ein zu gründendes Forschungsinstitut der chemischen und komponentenweisen Verfahrensentwicklung und Systemintegration als Kristallisationskeim und Unterstützung des neuen Prüfzentrums. Hier können Fachkräfte bereits frühzeitig dabei unterstützt werden, die zukünftige Ausrichtung der Automotive-Industrie hin zur technologischen Führerschaft in der Batteriematerialfertigung und Entwicklung – Stichwort Feststoffbatterie – zu kanalisieren.

**4.**

Eine zeitnahe Umsetzung eröffnet die Chance, sich zu einem Technologieführer in Deutschland und Europa zu entwickeln. Chemische Industrie und Automobilbranche sind eng miteinander verbunden. Es gilt, die sich bietenden Chancen zu ergreifen, um die Potenziale in der Region Rhein-Main-Neckar bestmöglich zu nutzen.

Wiesbaden, Juni 2020



# Quellenverzeichnis

<sup>1</sup> Vgl. hierzu die Webseite der European Battery Alliance (EBA): <https://www.eba250.com/about-eba250/> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>2</sup> Vgl. <https://www.vcd.org/themen/auto-umwelt/co2-grenzwert/> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>3</sup> Vgl. <https://www.heise.de/autos/artikel/Der-CO2-Flottengrenzwert-2020-4614480.html>, aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>4</sup> Vgl. Vesa Koivisto, Finnish Minerals Group, Cathode material supply chain status in Europe, Battery Materials Europe 2019, Amsterdam September 26, 2019, <https://www.metalbulletin.com/events/presentations/E001854/battery-materials-europe-2019/a011t0000015R0AEAV/day-1-1120-vesa-koivisto-finnish-minerals-group.html>, aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>5</sup> Vgl. <https://www.sueddeutsche.de/auto/elektromobilitaet-die-zellen-der-zukunft-1.4686781>, aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>6</sup> Vgl. McKinsey & Company, Recharging economies: The EV-battery manufacturing outlook for Europe, Juni 2019, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/recharging-economies-the-ev-battery-manufacturing-outlook-for-europe> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>7</sup> Vgl. McKinsey & Company, Recharging economies: The EV-battery manufacturing outlook for Europe, Juni 2019, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/recharging-economies-the-ev-battery-manufacturing-outlook-for-europe> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>8</sup> Vgl. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE (2019), Die beschäftigungspolitischen Implikationen des Automobilssektors für die chemische, die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, S. 10. [https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU\\_CGK-Sektoren-Fraunhofer\\_Web.pdf](https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU_CGK-Sektoren-Fraunhofer_Web.pdf), aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>9</sup> Vgl. Boston Consulting Group <https://www.bcg.com/de-de/publications/2018/future-battery-production-electric-vehicles.aspx> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>10</sup>Vgl. <https://www.welt.de/wirtschaft/article188325239/Elektroautos-Des-halb-ist-eine-Batteriefabrik-in-Deutschland-nicht-sinnvoll.html> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>11</sup>Vgl. VDE Verband der Elektrotechnik / Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hrsg.), Kompendium: Li-Ionen-Batterien im BMWi Förderprogramm IKT für Elektromobilität II: Smart Car – Smart Grid – Smart Traffic, Grundlagen, Bewertungskriterien, Gesetze und Normen, Frankfurt am Main, Juli 2015, S. 3, <https://www.dke.de/resource/blob/933404/3d80f2d93602ef58c6e28ade9be093cf/kompendium-li-ionen-batterien-data.pdf>, aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>12</sup>Vgl. <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/elektromobilitaet-europa-verliert-den-anschluss-an-china-a-1301678.html>, aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>13</sup>Vgl. <https://www.elektroauto-news.net/2019/europa-batterie-grossprojekt-freigabe-deutsche-beteiligung/>, aufgerufen am 21.02.2020.

<sup>14</sup>Vgl. <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/e-mobilitaet/batteriefabriken-europa-vernachlaessigt-innovation/> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>15</sup>Vgl. McKinsey & Company, From mine to car: Fully integrating Europe's supply lines, Presentation von Nicolo Campagnol, McKinsey, Battery Materials Europe 2019, Amsterdam 27.09.2019. <https://www.metalbulletin.com/events/presentations/E001854/battery-materials-europe-2019/a01-1t00000I5R0KEAV/day-1-1150-nicolo-campagnol-mckinsey.html> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>16</sup>Vgl. <https://www.eba250.com/about-eba250/> aufgerufen am 19.06.2020.

<sup>17</sup>Vgl. McKinsey & Company, From mine to car: Fully integrating Europe's supply lines, Presentation von Nicolo Campagnol, McKinsey, Battery Materials Europe 2019, Amsterdam 27.09.2019. <https://www.metalbulletin.com/events/presentations/E001854/battery-materials-europe-2019/a01-1t00000I5R0KEAV/day-1-1150-nicolo-campagnol-mckinsey.html> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>18</sup>Vgl. McKinsey & Company, From mine to car: Fully integrating Europe's supply lines, Presentation von Nicolo Campagnol, McKinsey, Battery Materials Europe 2019, Amsterdam 27.09.2019. <https://www.metalbulletin.com/events/presentations/E001854/battery-materials-europe-2019/a01-1t00000I5R0KEAV/day-1-1150-nicolo-campagnol-mckinsey.html> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>19</sup> Vgl. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE (2019), Die beschäftigungspolitischen Implikationen des Automobilssektors für die chemische, die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, S. 13. [https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU\\_CGK-Sektoren-Fraunhofer\\_Web.pdf](https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU_CGK-Sektoren-Fraunhofer_Web.pdf), aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>20</sup> Vgl. <https://de.statista.com/infografik/13390/groessten-carsharing-anbieter-in-deutschland/> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>21</sup> Vgl. McKinsey Center for Future Mobility, Race 2015 – A Vision for the European Automotive Industrie, 2019, S. 32f. <https://kurzelinks.de/xh3a> aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>22</sup> Vgl. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 1. Zwischenbericht zur strategischen Personalplanung und -entwicklung im Mobilitätssektor, Januar 2020, S. 17-19. <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/berichte/> sowie <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/autoindustrie-elektromobilitaet-101.html> beide aufgerufen am 16.06.2020.

<sup>23</sup> Vgl. <https://www.electrive.net/2020/02/11/sense-projekt-aufbau-von-batteriezell-kompetenz-in-europa/>, aufgerufen am 16.06.2020.

<sup>24</sup> <https://www.welt.de/wirtschaft/article188325239/Elektroautos-Des-halb-ist-eine-Batteriefabrik-in-Deutschland-nicht-sinnvoll.html> aufgerufen am 16.06.2020.

<sup>25</sup> Vgl. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP\\_18\\_6114](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_18_6114), und Strengthening Strategic Value Chains for a future-ready EU Industry - Report, dort S. 12 (<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/37824>) aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>26</sup> Vgl. <https://www.euractiv.de/section/all/news/sefcovic-prophezeit-einen-airbus-fuer-batterien-fuer-5g-ki-und-green-tech/> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>27</sup> Vgl. <https://www.eba250.com/about-eba250/> aufgerufen am 19.06.2020.

<sup>28</sup> Vgl. Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE (2019), Die beschäftigungspolitischen Implikationen des Automobilssektors für die chemische,



die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, S. 12. [https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU\\_CGK-Sektoren-Fraunhofer\\_Web.pdf](https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU_CGK-Sektoren-Fraunhofer_Web.pdf) aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>29</sup> Vgl. <https://www.springerprofessional.de/batterie/recycling/lithium-ionen-akkus-raus-aus-der-rohstofffalle/17201558> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>30</sup> Vgl. auch Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE (2019), Die beschäftigungspolitischen Implikationen des Automobilsektors für die chemische, die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, S. 62. [https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU\\_CGK-Sektoren-Fraunhofer\\_Web.pdf](https://www.arbeit-umwelt.de/wp-content/uploads/20191009-StAuU_CGK-Sektoren-Fraunhofer_Web.pdf) aufgerufen am 20.06.2020.

<sup>31</sup> Vgl. European Battery Alliance (EBA), Diego Pavía (CEO InnoEnergy), 27 Sept. 2019, Recharging economies: The EV-battery manufacturing outlook for Europe <https://www.metalbulletin.com/events/download.ashx/document/speaker/E001854/a011t0000015R11EAV/Presentation> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>32</sup> Vgl. <https://www.bmbf.de/de/batterieforschung-in-deutschland---potenziale-fuer-vielfaeltige-anwendungen-nutzen-662.html> aufgerufen am 10.06.2020.

<sup>33</sup> Vgl. <https://www.batterieforum-deutschland.de/infportal/lexikon/elektrode/> aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>34</sup> Vgl. [www.hessenchemie.de](http://www.hessenchemie.de) aufgerufen am 21.06.2020.

<sup>35</sup> Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (Hrsg.), HA Hessen Agentur GmbH (Bearb.), Branchenprofil Chemische und Pharmazeutische Industrie in Hessen, Wiesbaden 2019 [http://www.industrieplatz-hessen.de/mm/753\\_Chemieprofil\\_komplett.pdf](http://www.industrieplatz-hessen.de/mm/753_Chemieprofil_komplett.pdf) aufgerufen am 24.06.2020.

<sup>36</sup> Vgl. The Impact of CO<sub>2</sub> Emissions and Energy Consumption During Li-Ion Battery Manufacturing on the Environmental Balance Sheet of BEV, [http://cii-resource.com/cet/AABE-03-17/Presentations/BTMT/Brandt\\_Klaus.pdf](http://cii-resource.com/cet/AABE-03-17/Presentations/BTMT/Brandt_Klaus.pdf) aufgerufen am 21.06.2020.

# Impressum

Autor Dr. Klaus-Dieter Franz

Redaktion Alexander Bracht, HA Hessen Agentur GmbH  
und Ulrich Erven, LandesEnergieAgentur Hessen GmbH

Redaktionelle Mitarbeit: Dr. Kerstin Burmeister

Herausgeber  
Landesinitiative Strom bewegt

LandesEnergieAgentur Hessen GmbH  
Mainzer Straße 118  
65189 Wiesbaden

HA Hessen Agentur GmbH  
Hessen Trade & Invest GmbH  
Konradinallee 9  
65189 Wiesbaden  
Telefon 0611 95017-80

[www.strom-bewegt.de](http://www.strom-bewegt.de)  
[www.hessen-agentur.de](http://www.hessen-agentur.de)  
[www.htai.de](http://www.htai.de)  
[www.landesenergieagentur-hessen.de](http://www.landesenergieagentur-hessen.de)

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Verkehr und Wohnen (HMWEVW)  
Kaiser-Friedrich-Ring 75, 65185 Wiesbaden  
[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

Gestaltung: Sabine Schmidt, [das-design-plus.de](http://das-design-plus.de)

Druck [www.a-m-service.de](http://www.a-m-service.de) | Klimaneutraler Druck  
Gedruckt auf RecyStar Natur, hergestellt aus 100 % Altpapier,  
ausgezeichnet mit den Umweltzertifikaten Blauer Engel,  
FSC-Recycling und der EU-Blume.

Bildnachweise: Titelseite, S. 6, S.42: Copyright ©Umicore;  
S.10, S.16, S. 24: [das-design-plus.de](http://das-design-plus.de); S. 32, S. 36: Jan Hosan

#### Anmerkung zur Verwendung

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hessischen Landesregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlkampfveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Die genannten Beschränkungen gelten unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Druckschrift dem Empfänger zugegangen ist. Den Parteien ist es jedoch gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise –  
nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Juni 2020, 1. Auflage

Eventuelle Änderungen oder Ergänzungen werden auf  
unserer Website [www.strom-bewegt.de](http://www.strom-bewegt.de) veröffentlicht.

HESSEN



Hessisches Ministerium  
für Wirtschaft, Energie,  
Verkehr und Wohnen

# Ökonomische Potenziale der Elektromobilität

in der Metropolregion Rhein-Main-Neckar



**HessenAgentur**

HA Hessen Agentur GmbH



LANDES  
**ENERGIE**  
AGENTUR



**HESSEN**

TRADE & INVEST