

Ressourcenschonende Batteriekreisläufe

Mit Circular Economy die Elektromobilität antreiben



Circular Economy
Initiative
Deutschland

Kurzfassung und
Handlungsempfehlungen

acatech/Circular Economy Initiative
Deutschland/SYSTEMIQ (Hrsg.)



SYSTEMIQ

 **acatech**
DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Elektromobilität und die Relevanz einer Circular Economy

Der Verkehrssektor trägt heute global circa 24 Prozent aller CO₂-Emissionen bei, in Deutschland sind es 19 Prozent¹. Um die Pariser Klimaziele zu erreichen, ist die rechtzeitige Dekarbonisierung des Transportsektors unabdingbar. Dazu ist – neben einer allgemeinen Reduktion des Verkehrsaufkommens und einer Erhöhung von multi-modalen Mobilitätsangeboten – die schnelle Skalierung der Anzahl batterieelektrischer Fahrzeuge für den Individualverkehr von zentraler Bedeutung. Schon unter den heutigen Rahmenbedingungen können Elektroautos bereits nach 50.000 bis 80.000 gefahrenen Kilometern eine bessere Klimabilanz aufweisen als Fahrzeuge mit klassischen Verbrennungsmotoren. Das gesetzte Ziel Deutschlands ist – gemäß Szenarien der nationalen Plattform Mobilität –, dass 2030 circa sieben bis zehn Millionen Elektrofahrzeuge in Deutschland fahren werden; batterieelektrische Fahrzeuge, also Fahrzeuge mit Traktionsbatterien, werden voraussichtlich langfristig die überwiegende Mehrheit des PKW-Bestands ausmachen. Es ist also nötig, ihren Marktdurchbruch zu beschleunigen sowie sozialverträglich und umweltfreundlich zu gestalten.

Durch dieses zu erwartende rapide Wachstum der Marktanteile von batteriebetriebenen und Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen wird die Jahresproduktion von Lithium-Ionen-(Traktions-)Batterien im kommenden Jahrzehnt voraussichtlich stark ansteigen. Damit einhergehend würde sich die jährliche Nachfrage nach zentralen Batteriematerialien vervielfachen – insbesondere für Kobalt, Lithium und Nickel.

Einerseits verspricht diese Marktexpansion weltweit große Potenziale für eine neue wirtschaftliche Wertschöpfung und Wohlstandssteigerung. Dies könnte somit der Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele zugutekommen, nicht zuletzt in den beteiligten rohstofffördernden und produzierenden Ländern. Andererseits gilt es, die ökosozialen Herausforderungen, die hierdurch entstehen können – Umweltbelastungen, Herausforderungen der Arbeitssicherheit, Menschenrechtsverletzungen –, von Anfang an entlang der Lieferkette vom Abbau der Rohmaterialien bis zum Recycling zu minimieren.

Nicht zuletzt deshalb ist es nötig, die Produktivität der eingesetzten Materialien während der Lebenszeit der Batterien zu maximieren und eine sichere Verwertung am Ende der nützlichen Lebenszeit zu garantieren: So könnte eine „Entkopplung“ von Wertschöpfung und Ressourcenaufwand einschließlich assoziierter Umwelteinflüsse erreicht werden.

Die Circular Economy hat hierzu große Potenziale beizutragen, indem sie durch die Steigerung der Ressourcenproduktivität, die Minimierung systemischer Verluste und die sichere Wiedernutzung von Materialien am Ende der nützlichen Lebenszeit von Produkten ökosoziale und ökonomische Effekte vereinen soll.

Circular Economy für Traktionsbatterien

Die *Circular Economy Initiative Deutschland* hat eine **Arbeitsgruppe zum Thema Traktionsbatterien** aufgestellt. Deren **21 Mitgliedsorganisationen aus Wissenschaft, Industrie und Zivilgesellschaft** haben ein gemeinsames **Zielbild 2030 für eine Circular Economy für Traktionsbatterien** entwickelt. Es entstand dabei das Bild eines attraktiven Wachstumssektors „Batterie-Lebenszyklusmanagement“ mit Potenzialen für unternehmerischen Mehrwert, Innovation und Arbeitsplätze sowie mit kritischen Impulsen für die Energie- und Mobilitätswende. Um dieses Bild Realität werden zu lassen, legt die Arbeitsgruppe in ihrem Gesamtbericht eine **Roadmap** und drei themenspezifische Detailbetrachtungen (**Pilotsteckbriefe**) vor. Die Mitglieder der Arbeitsgruppe unterstützen dabei die zehn **Prinzipien für nachhaltige Batterien** der Global Battery Alliance.

Zu den wichtigsten Aussagen der Arbeitsgruppe zum Thema Traktionsbatterien gehören:

- Die Circular Economy für Traktionsbatterien ist entscheidend, um die angestrebten Wirtschaftlichkeits-, Ressourcen- und Klimaziele zu erreichen. Denn Circular-Economy-Maßnahmen für Antriebsbatterien in Elektroautos versprechen nicht nur eine deutliche Verbesserung der Umweltbilanz von Traktionsbatterien (zum Beispiel in Gestalt von bis zu vierzig Prozent reduzierten CO₂-Emissionen über deren Lebenszeit hinweg) und einen Beitrag zur Ressourcenentkopplung, sondern kurz- und mittelfristig auch die Sicherung und Beschleunigung des Markthochlaufs der Elektromobilität: Mit einer Circular Economy können bis zu circa zehn Prozent der Nachfrage wichtiger Batteriematerialien im Jahr 2030 (bis zu 40 Prozent bis 2050) bereitgestellt werden und bis zu etwa 20 Prozent Nettokosten über den Lebenszyklus der Batterien hinweg gesenkt werden. Die Circular Economy leistet weiterhin einen Beitrag zu einer resilienteren Ökonomie und einer geringeren Abhängigkeit von Materialimporten, indem nicht nur die sekundären Materialquellen im eigenen Land erschlossen werden, sondern auch exportfähige Wirtschaftsmodelle unterstützt werden. Somit ist

1 | Die Literaturangaben sind dem Gesamtbericht zu entnehmen.

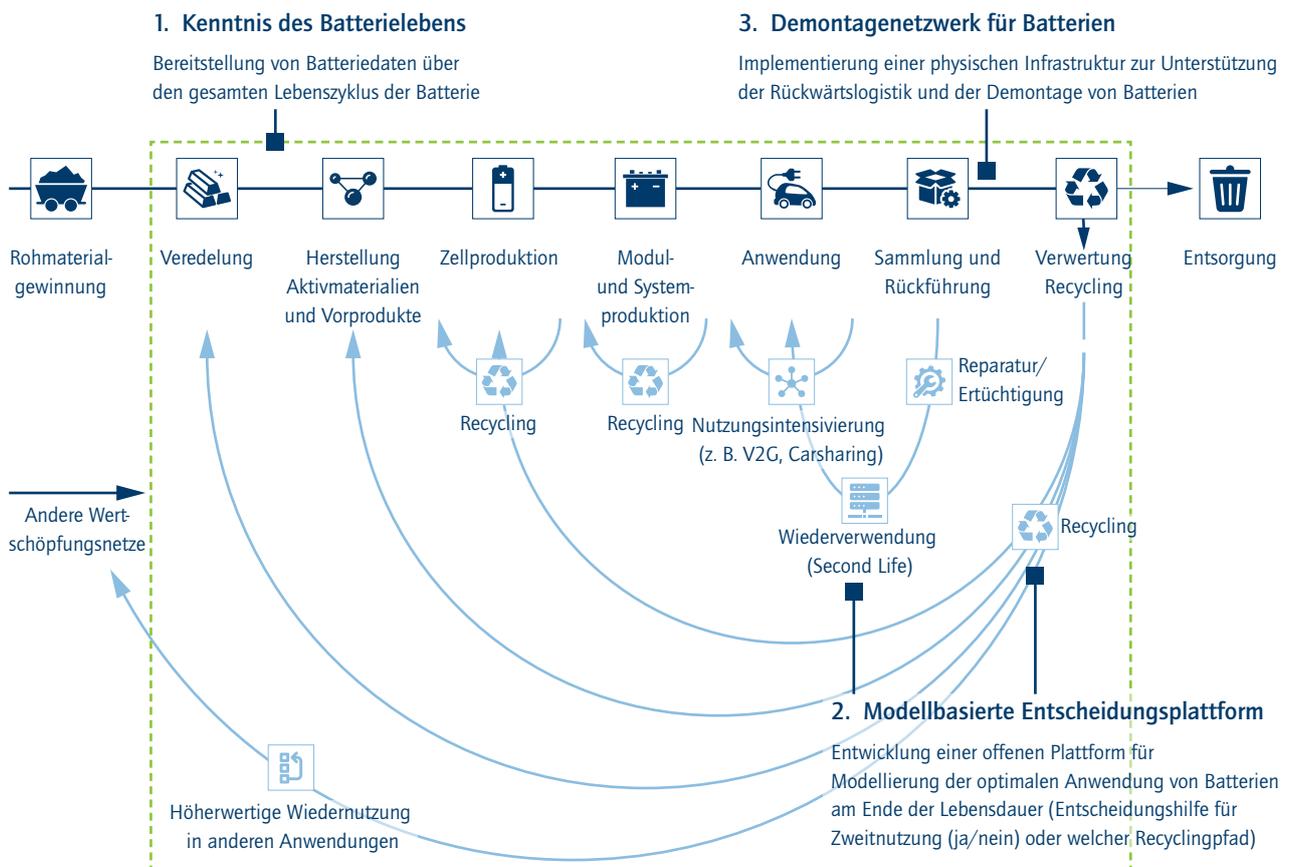


eine Circular Economy für Traktionsbatterien sowohl für die Gesellschaft als auch für Unternehmen erstrebenswert. Der Gesamtbericht zeigt konkret Anreize für die Unternehmen auf, selbstmotiviert tätig zu werden.

- Circular Economy bedeutet einen fundamentalen Transformationsprozess in der gesamten Wirtschaft. Derzeitige regulatorische Maßnahmen und Rahmenbedingungen (zum Beispiel niedrige, nicht nach Materialien differenzierte Rückgewinnungsquoten und unklare Definitionen) sind jedoch nicht geeignet, um eine effektive Kreislaufführung von wichtigen Batteriematerialien zu unterstützen – sie müssen adjustiert werden. Auch neue Kollaborationen zwischen den Akteuren sowie ein „Business-as-Unusual“-Denken sind nötig. Circular Economy für Traktionsbatterien umfasst neben produktivitätssteigernden Maßnahmen während des Batterielebens (Smart Charging und Vehicle to Grid, Ride Pooling) auch eine effektive Einsammlung, eine Lebenszeitverlängerung

durch Instandsetzung und gegebenenfalls ein „Second Life“ in anderen, vor allem stationären Anwendungen sowie in jedem Fall ein hochwertiges Recycling. Der umfassende Einsatz digitaler Technologien (Batteriepässe, Data Spaces, Industrial Internet of Things) ermöglicht die Transformation von derzeitiger zirkulärer Abfallwirtschaft (geringer Werterhalt durch Downcycling) hin zu produktiver Kreislaufwirtschaft (hoher Werterhalt und systemischer Produktivitätsgewinn).

- Regulatorische und anreizsetzende Maßnahmen durch die deutsche Regierung und die Institutionen der Europäischen Union sowie durch transnationale Unternehmenskooperationen und aktive Förderung der wissenschaftlichen Forschung sind unabdingbar, um einen effektiven Markt für die Circular Economy von Traktionsbatterien zu schaffen.
- Für die Bewältigung von Zukunftsthemen wie dem ambitionierten Ausbau erneuerbarer Energien, der Harmonisierung europäischer Elektrizitätsmärkte und dem



Darstellung der Circular Economy für Traktionsbatterien und Fokus der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien. Die Ziffern 1. bis 3. verorten die bearbeiteten Pilotthemen entlang der Wertschöpfungskette (Quelle: eigene Darstellung, angelehnt an die Darstellung des World Economic Forum 2019)

Ausbau multimodaler Elektromobilität ist eine systemische und europäische Integration des Circular-Economy-Transformationsprozesses wichtig.

- Es bedarf eines fundamentalen Wandels bei Design, Nutzung und Verwertung von Batterien und einer umfassenden Weiterentwicklung von Regulatorik und Geschäftsmodellen, um den systemischen Wandel hin zur Ressourcenproduktivität durch eine physische Circular Economy zu ermöglichen. Der Auftrag geht an alle beteiligten Akteure in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, die gemeinsame Weiterentwicklung und Umsetzung der hier aufgezeigten Handlungsoptionen unmittelbar zu starten.
- Ohne die Etablierung eines zirkulären Modells werden die Batterie und somit die Elektromobilität die hohen Erwartungen der Gesellschaft nicht erfüllen können. Es besteht die Gefahr, dass Vorbehalte artikuliert werden – mit schädlichen Folgen für die Mobilitäts- und Energiewende. Die Einführung der Zirkularität hingegen verstärkt die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile. Es geht um den schnellen Aufbau eines über den Lebenszyklus integrierten Produkt-Dienstleistungssystems, nicht zuletzt auch als Vorbild für andere Systeme.

Ziel und Vision der Circular Economy für Traktionsbatterien

Traktionsbatterien stellen eine große Chance für die Dekarbonisierung dar. Sie müssen dafür jedoch im Sinne einer smarten Circular Economy gemanagt werden. Bis 2030 müssen Traktionsbatterien für eine Kreislaufwirtschaft gestaltet, höchst produktiv und so lange wie möglich eingesetzt, vollständig

eingesammelt und in hoher Qualität recycled werden. So können sie langfristig ein zentrales Element einer weitgehend zirkulären und dadurch ressourcenproduktiven, dekarbonisierten Wirtschaft mit minimierten Systemverlusten und maximierter Rohstoffproduktivität sein. Die hier vorgestellten Empfehlungen einschließlich Roadmap zeichnen einen Weg hin zu diesem Zielbild, für das Entscheider aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft kurz-, mittel-, und langfristig Maßnahmen umsetzen müssen.

Die Pilotthemen auf einen Blick

Durch die Arbeit an drei Pilotsteckbriefen konkretisiert die Arbeitsgruppe Traktionsbatterien Themen von zentraler Wichtigkeit und skizziert mögliche Schritte für die Umsetzung, um den Transformationsprozess im Sinne einer Circular Economy zu beschleunigen.

- **Pilotsteckbrief 1 „Kenntnis des Batterielebens“:** Da grundsätzlich bereits viele Daten über den Zustand einer Batterie vorhanden, aber meist nicht verfügbar sind, müssen verstärkt Anreize für Fahrzeughersteller und Nutzerinnen und Nutzer beziehungsweise Eigentümerinnen und Eigentümer geschaffen werden, Betriebsdaten unter Berücksichtigung des Datenschutzes insbesondere durch Batteriepässe bereitzustellen.
- **Pilotsteckbrief 2 „Modellbasierte Entscheidungsplattform“:** Inhalt ist hier die Modellierung der optimalen Anwendung von Batterien am Ende der Lebensdauer.
- Die modellbasierte Entscheidungsunterstützung muss auf reale, validierte Daten zurückgreifen und insbesondere auftretende Exergieverluste und erzielbare Outputqualitäten in den verschiedenen Optionen für das Management von Traktionsbatterien nach Ende ihres ersten Lebens im Fahrzeug transparent berücksichtigen
- **Pilotsteckbrief 3 „Demontagenetzwerk für Traktionsbatterien“:** Erfolgskritisch für die Implementierung eines Demontagenetzwerks ist es, Investitionsentscheidungen für neue Demontageanlagen auf einer validen Datengrundlage zu treffen, um die Recyclinginfrastruktur passgenau entsprechend der Marktentwicklung zu entwickeln und zu verbessern. Wichtig für die Planung neuer Anlagen sind vor allem die Wahl des Zeitpunkts und des Anlagenstandorts innerhalb der Europäischen Union, die Dimensionierung der Anlagengröße und die Konkretisierung der Anlagenausstattung (Grad der Automatisierung etc.).



Die Handlungsempfehlungen der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien im Überblick

Um das Zielbild zu erreichen und die Transformation hin zur Circular Economy im Allgemeinen zu unterstützen, entwickelte die Arbeitsgruppe Traktionsbatterien Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Handlungsempfehlungen für die Politik betreffen schwerpunktmäßig die Dimension der „Regulatorik“. Gleichzeitig verstärken sie außerdem die Möglichkeit zu kollaborativem Handeln zwischen Akteuren (Wertschöpfungsnetzwerke), indem sie einheitliche Wettbewerbsbedingungen (Level Playing Fields) schaffen sowie Planungssicherheit bei der Initiierung und Umsetzung neuer Geschäftsmodelle bieten. Die Handlungsempfehlungen für die Wirtschaft sind darauf ausgerichtet, Circular-Economy-Technologien und -Geschäftsmodelle zur Marktreife zu bringen und innerhalb kollaborativer Wertschöpfungsnetzwerke zu skalieren. Die Handlungsempfehlungen für die Wissenschaft zielen insbesondere darauf ab, deren fundierte Expertise auf die Anwendung in Politik und Wirtschaft zu übertragen und Entscheider dort zu befähigen, sachlich und durch den Stand der technischen Entwicklung begründete Entscheidungen zu treffen.

Für die Politik:

Auf EU-Ebene in Kooperation mit den Mitgliedsstaaten zu gestalten und durch den jeweiligen nationalen Gesetzgeber zu unterstützen und umzusetzen:

1. **Schaffen von klaren Definitionen**, beispielsweise rechtlichen Definitionen von Fahrzeugbatterien, Zielwerten für Recycling und Rückgewinnungsraten für jedes wichtige Batteriematerial, und **Festsetzen von Standards** für die Berechnung von CO₂-Fußabdrücken für relevante Elemente wie Rezyklate, Primärmaterialien und Batteriesysteme.
2. **Entwickeln von Anreizen für die Rückführung und hochwertige Weiternutzung** (Stichwort: „Second Life“) **beziehungsweise das Recycling** von Traktionsbatterien: Diese sind für alle Marktteilnehmer **unabhängig von ihrer Herkunft** zu berücksichtigen, damit faire Geschäftsbedingungen (Level Playing Fields) unterstützt werden.
3. Erarbeiten von regulatorischen **Anforderungen, damit relevante Informationen über den Lebenszyklus hinweg** (zum Beispiel zu Herkunft, Rezyklatanteil,

CO₂-Fußabdruck, Zustand der Batterie etc.) **bereitgestellt werden** – etwa durch Batteriepässe und Data Spaces – sowie von entsprechenden Anreizen für relevante Akteure, solche Informationen zu teilen.

4. Harmonisieren der nationalen Umsetzungen relevanter transnationaler (EU)Regulierungen, sodass konsistente Interpretationen und Umsetzungen im EU-Binnenmarkt ermöglicht werden.

Sowohl auf Ebene der Europäischen Union als auch durch nationale Gesetzgeber (Bund und Länder) zu gestalten:

5. **Einbettung der Traktionsbatterien in ressourcenproduktive Ökosysteme** (inklusive Sektorkopplung, Ride Pooling, hohe Anteile erneuerbarer Energien) während der Nutzung.
6. Förderung **der nötigen Ausbildung** für Circular Economy, insbesondere bei relevanten technischen **Ausbildungsberufen** (zum Beispiel für die sichere Handhabung der Hochvoltsysteme), sowie der **wirtschaftlichen und akademischen Aus- und Fortbildung** (zum Beispiel durch eigene **Studiengänge mit Fokus auf Circular Economy und Studiengangvertiefungen**).
7. Stärkung von **Forschung und Entwicklung** durch Verankerung in Forschungsrahmenplänen, Circular Economy bezogene Förderbekanntmachungen und Verbundprojektförderungen; Einrichtung von Circular Economy bezogenen Professuren und Nachwuchsgruppen sowie Ausbau der notwendigen Forschungsinfrastruktur.
8. Schaffung eines zentralen institutionellen Trägers zur Sicherstellung der Transformation, dessen Kompetenzen (beispielsweise Monitoring und Nachverfolgen) noch zu definieren sind.

Der deutsche Gesetzgeber ist als zentraler Akteur aufgerufen, im europäischen Prozess ambitionierte Impulse zu setzen. Sowohl im europäischen als auch nationalen Kontext sollte die Bandbreite ressourcenpolitischer Instrumente (das heißt ökonomische, ordnungsrechtliche, informatorische sowie Bildung und Forschung) genutzt werden, um den Transformationsprozess hin zur Circular Economy zu beschleunigen.

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien und die Geschäftsstelle der *Circular Economy Initiative Deutschland* bieten an, diesen Prozess durch ihre Expertise zu unterstützen.

Für die Wirtschaft:

1. Etablierung **industrieweiter Vereinbarungen**, unter anderem zu Indikatoren für die **Messung von Zirkularität** und **(Mindest-)Standards** für Prozessketten- und Systemdesign im Sinne des systemischen **Designs for Circularity**.
2. Bereitstellung **relevanter Informationen** und Daten zwischen relevanten Akteuren unter anderem durch **digitale Technologien** und Produktpässe.
3. Entwicklung **zirkulärer Geschäftsmodelle**, die über das Recycling der Altbatterien hinaus die Produktivität steigern, und Skalierung von **Investitionen** für eine Circular Economy
4. Aufbau einer europaweiten **Infrastruktur zur Demontage und zum Recycling** der zum Ende ihres Lebens rücklaufenden Traktionsbatterien.
5. Entwicklung und Sicherstellung der **Ausbildung** von Fachkräften für das End-of-Life-Management von Traktionsbatterien (zum Beispiel durch spezifische Ausbildungsinhalte für Fachkräfte für Kreislauf und Abfallwirtschaft, aber auch durch die Öffnung anderer Ausbildungsberufe, beispielsweise Produktionstechnologie, für das Thema).
6. **Planung unter Berücksichtigung systemischer Ressourcen- und Energieeffizienz**, gemessen über den Wertschöpfungsprozess hinweg (langfristig: basierend auf der thermodynamisch fundierten Messung des Effekts von Maßnahmen auf die systemische Entropie beziehungsweise Exergie) als Maß der Zirkularität.

Für die Wissenschaft:

1. Etablieren von wissenschaftlich fundierten und allgemein akzeptierten **Kennzahlen, Messgrößen und -methoden**, beispielsweise zur Bestimmung der Zirkularität, des CO₂-Fußabdrucks sowie der Material- und Energieeffizienz.
2. Aufbau einer technischen und transdisziplinären **Grundlagenforschung**, insbesondere um die Optimierung der gesamtsystemischen Effekte zu unterstützen.
3. Einrichtung von Circular Economy bezogenen **Professuren und Nachwuchsgruppen** sowie Aufnahme von fachbezogenen Vorlesungen und Studienvertiefungen zur Circular Economy in technische, naturwissenschaftliche und wirtschaftliche Studiengänge.
4. **Stärkung anwendungsrelevanter interdisziplinärer Forschung und Entwicklung** für Circular Economy, zum Beispiel in Hinblick auf lebenszeitverlängernde Maßnahmen für **Batterien, auf eine demontagerechte Auslegung von Batteriesystemen** und deren Integration ins Fahrzeug sowie mögliche stationäre Anwendungen nach der ersten Nutzungsphase, die **Einführung neuer Batterie- und Fertigungstechnologien sowie die Optimierung der Materialzusammensetzungen etc.**
5. Bereitstellung von **Methoden und Werkzeugen** (die auch ohne technisches Fachwissen genutzt werden können), unter anderem für die Bewertung von Energie- und Stoffströmen und ihrer Effekte sowie von Geschäftsmodellen.
6. Entwicklung und Begleitung der **industriellen Implementierung ganzheitlicher Prozessketten** unter Berücksichtigung der technologischen Weiterentwicklungen sowie ökonomischer und ökologischer Faktoren.



Analyse und Vorgehen

Zwischen Oktober 2019 und Mai 2020 hat die Arbeitsgruppe Traktionsbatterien der *Circular Economy Initiative Deutschland* einen Fahrplan ausgearbeitet, um eine Circular Economy für Traktionsbatterien zu erreichen. **Die Mitglieder der Arbeitsgruppe sind Vertreterinnen und Vertreter aus führenden akademischen Institutionen, deutschen Unternehmen und Vereinigungen mit ausgewiesenen Expertisen zu Traktionsbatterien – und zwar decken diese die gesamte Wertschöpfungskette von Traktionsbatterien ab:** von der Herstellung von Batteriematerial, Fertigungsanlagen, Batterien und Fahrzeugen bis hin zur Logistik, zum Recycling, zur Metallurgie, zu Softwareanwendungen und zur

systemischen Integration. Damit wird eine möglichst gesamtgesellschaftliche Betrachtung des Themas gewährleistet.

Der Gesamtbericht ist das zentrale Ergebnis der Arbeitsgruppe, er umfasst die Diskussion über **Potenziale, Hürden und mögliche Zielkonflikte** einer Circular Economy für Traktionsbatterien, die Skizzierung eines **Zielbilds**, die Erarbeitung **dreier Pilotsteckbriefe** zur Beschleunigung des Transformationsprozesses und die Ableitung von **Handlungsoptionen** für die zentralen Akteure. Diese Kurzfassung bietet einen Überblick über die wichtigsten Hintergründe, Maßnahmen und Impulse für eine Roadmap 2030. Alle Literaturangaben sind dem Gesamtbericht zu entnehmen.

Leitung der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien: Prof. Dr.-Ing. Arno Kwade und Dr.-Ing. Christian Hagelüken

Mitglieder der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien: Dr. Matthias Buchert, Dr. Matteo Carrara, Steven Daelemans, Prof. Dr. Helmut Ehrenberg, Dr. Sarah Fluchs, Prof. Dr.-Ing. Daniel Goldmann, Georg Henneboel, Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Dr.-Ing. Julia Hobohm, Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl, Dr. Michael Krausa, Johanna Lettgen, Kerstin Meyer, Manuel Michel, Marcel Rakowski, Prof. Dr. Markus Reuter, Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer, Michael Schnell, Magnus Schulz, Dr. Paul Spurk, Sebastian Taubensee, Wassilij Weber, Dr.-Ing. Hartmut Zefferer,

Inhaltliche Unterstützung der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien: Steffen Blömeke, Dr. Christian Bussar, Juan Felipe Cerdas, Laura Gottschalk, Alexander Hahn, Elisa Reker-Gluhić, Dr. Jörn Kobus, Bernd Muschard, Wolf Christian Schliephack, Dr. Florian Sigel, Philipp Stöcker, Dr.-Ing. Moritz Teuber, Tilmann Vahle, Dr. Reinhard von Wittken, Dr. Susanne Kadner

Koordination der Arbeitsgruppe Traktionsbatterien und Redaktion: Tilmann Vahle, Dr. Reinhard von Wittken, Dr. Jörn Kobus, Yvonne Turzer, Dr. Susanne Kadner

Herausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der
Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4
80333 München

Circular Economy Initiative
Deutschland
Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München

SYSTEMIQ Ltd
69 Carter Lane
London EC4V | United Kingdom

Reihenherausgeber:

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2020

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel | Belgien
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

info@acatech.de
www.acatech.de

Vorstand i.S.v. § 26 BGB: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Karl-Heinz Streibich, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl, Dr. Stefan Oschmann, Prof. Dr.-Ing. Thomas Weber, Manfred Rauhmeier, Prof. Dr. Martina Schraudner

Diese Kurzfassung entstand auf Grundlage von: Circular Economy Initiative Deutschland (Hrsg.): *Ressourcenschonende Batteriekreisläufe – mit Circular Economy die Elektromobilität antreiben*, *Kwade, A., Hagelüken, C., Kohl, H., Buchert, M., Herrmann, C., Vahle, T., von Wittken, R., Carrara, M., Daelemans, S., Ehrenberg, H., Fluchs, S., Goldmann, D., Henneboel, G., Hobohm, J., Krausa, M., Lettgen, J., Meyer, K., Michel, M., Rakowski, M., Reuter, M., Sauer, D.U., Schnell, M., Schulz, M., Spurk, P., Weber, W., Zefferer, H., Blömeke, S., Bussar, C., Cerdas, J., Gottschalk, L., Hahn, A., Reker-Gluhić, E., Kobus, J., Muschard, B., Schliephack, W., Sigel, F., Stöcker, P., Teuber, M. und Kadner, S., acatech/SYSTEMIQ, München/London 2020.

* Alle Mitglieder außer AK, CH, HK, MB und CH sowie alle inhaltlichen Unterstützer/innen außer TV, RvW und SK werden in alphabetischer Reihenfolge gelistet.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften • 2020

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.circular-economy-initiative.de und www.acatech.de.

