

Aktualisierung der Studie zu den möglichen Auswirkungen der Elektromobilität auf die Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen

B.Eng. Dennis Golombek
B.Eng. Philip Lemcke
Prof. Dr.-Ing. Andreas Nevoigt
Dipl.-Wirt.-Ing. Sonja Pfaff
B.Eng. Nils-Hendrik Ziegler

Labor für Fahrwerktechnik
FH Südwestfalen

10.12.2020

Studie zu den Auswirkungen der Elektromobilität

Übersicht

Vorbemerkungen und Methodik

- 1 *Aktualisierung:*
Politische Rahmenbedingungen
- 2 *Aktualisierung:*
Strategien der OEM
- 3 *Aktualisierung:* Technologische Trends
Downsizing und Plattformstrategien
- 4 *Aktualisierung:* Zulassungszahlen in 2020
- 5 *Neu:* Forschungsaktivitäten bei den Batterien
- 6 *Neu:* Wasserstoffmobilität
- 7 *Neu:* Zukunftstrends



Studie zu den Auswirkungen der Elektromobilität

Vorbemerkungen

- Die Studie knüpft an die Ergebnisse der „Studie zu den Auswirkungen der Elektromobilität auf die Zulieferindustrie in Südwestfalen“ vom März 2019 an. [Link zur Vorgängerstudie vom Februar 2020](#)
- Die Studie liefert in den Abschnitten 1 - 4 Aktualisierungen zu ausgewählten Inhalten der Vorgängerstudie.
- Sie greift mit den Themen „Batterieforschung“ und „Wasserstoffmobilität“ neue Inhalte auf, die in der Vorgängerstudie nur am Rande betrachtet wurden.
- Auswirkungen der Corona-Pandemie spiegeln sich in veränderten Förderanreizen und damit verbundenen Auswirkungen auf Zulassungszahlen wieder.
- Auswirkungen von Corona auf die wirtschaftliche Situation der Zulieferindustrie wurden in dieser Aktualisierung noch nicht gezielt untersucht. (geplant für März 2021)

Studie zu den Auswirkungen der Elektromobilität

Methodik

- Review / Meta-Studie durch Auswertung von externen Quellen:
 - veröffentlichte Studienergebnisse,
 - Fachbeiträge aus Wissenschaft, Industrie und von Verbänden,
 - Mitteilungen aus Politik und Verwaltung,
 - öffentlich zugängliche Statistiken,
 - Pressemitteilungen, etc.
- Links zu ausführlichen Fließtextversionen zu den Abschnitten
 - 5 (Batterieforschung)
[Ausführliche Textfassung zum Abschnitt Batterieforschung](#)
 - 6 (Wasserstoffmobilität)
[Ausführliche Textfassung zum Abschnitt Wasserstoffmobilität](#)
mit Angaben zu den Quellen in den ausführlichen Textversionen.
- Erhebungsstand ist der **31.10.2020**

1 Aktualisierung Politische Rahmenbedingungen

Investitionsprogramme pushen Nachfrage

China

- Subventionen für E-Fahrzeuge, die Ende 2020 auslaufen sollten, wurden bis Ende 2022 verlängert
- Kaufsteuer (10 %) wurde bis Ende 2022 ausgesetzt (BEV, Plug-in, Brennstoffzelle)
- alternative Antriebe sollen bis 2025 25 % der Neuwagenverkäufe darstellen

Europa

- vernetzte, saubere und autonome Fahrzeuge sind explizit Bestandteil der europäischen Industriestrategie
- höhere Förderungen für Elektrofahrzeuge in vielen europäischen Ländern (z.B. Frankreich, Italien, Spanien): deutlich höhere Zuschüsse bis Ende 2020 oder Verlängerung von Programmen, die eigentlich auslaufen sollten

USA

- Lage bleibt unklar, bei Wahlsieg von Biden Rückkehr zum Übereinkommen von Paris (2015) denkbar

1 Aktualisierung Politische Rahmenbedingungen

Deutschland: Konjunkturpaket als Treiber von Elektromobilität

Marktanreize

- Innovationsprämie: Verdopplung der bestehenden Umweltprämie bis 31.12.2021 auf 6.000 €
- Dienstwagen: Kaufpreisgrenze steigt bei BEV von 40.000 auf 60.000 €, Besteuerung sinkt auf 0,25%
- Bund investiert zusätzliche 2,5 Mrd. Euro in Ladeinfrastruktur mit einheitlichem Bezahlungssystem
- ab 01.01.2021 wird die Kfz-Steuer für PKW schrittweise an die CO₂-Emissionen angepasst
- Steuerbefreiung für BEV wird bis Ende 2030 verlängert (bisher 2025)
- Flottenaustauschprogramm „Sozial & Mobil“: bis Ende 2021 200 Mio. € für den Umstieg z.B. sozialer Dienstleister und Handwerksbetriebe

1 Aktualisierung Politische Rahmenbedingungen

Deutschland: Konjunkturpaket als Treiber von Elektromobilität

Industrie

- Bonusprogramm in Höhe von 2 Mrd. Euro von 2021 - 2024 für OEM und Zulieferer
- Vorschlag von Minister Altmeier über Fördermaßnahmen liegt vor:
 1. Investitionen in neue Anlagen, Industrie 4.0 und Umweltschutz zum Wandel der Produktion
 - kürzere Innovationszyklen benötigen flexiblere Anlagen
 - klimaneutrale Produktion
 2. Erforschung und Entwicklung neuer Antriebe
 3. Aufbau neuer Innovationscluster
- derzeit Abstimmung innerhalb der Regierung, Start für Januar 2021 geplant

2 Aktualisierung Strategien der OEM

Umstellung auf alternative Antriebe ungebrochen

Hersteller setzen Umstellung auf alternative Antriebe fort:

- Opel: von jeder Baureihe soll bis 2024 ein Elektromodell existieren
- Smart nur noch elektrisch
- Honda: erster vollelektrischer Civic
- BMW stockt Kapazitäten für Elektroantriebe deutlich auf (im Werk Dingolfing Expansion von 600 auf 2000 Mitarbeiter geplant)
- Citroën: Präsentiert Ami als extrem günstigen Kleinwagen mit E-Antrieb
- selbst Bentley plant für 2026 sein erstes BEV – mit Motoren in den Achsen

Viele Hersteller werden im Bereich Batterie(-zellen) aktiv

(siehe Kapitel 5)

2 Aktualisierung Strategien der OEM

Fokus auf Software

Neue Partnerschaften:

- Ford setzt nun auch auf die MEB-Plattform von VW
- Polestar (Volvo) nutzt Google/Android für sein Infotainmentsystem
- Daimler und Volvo kooperieren bei Brennstoffzellen für LKW
- VW und E.ON arbeiten an einer mobilen Schnellladesäule

Starker Fokus auf Softwareentwicklung:

- VW investiert bis 2024 14 Mrd. € in die IT-Kompetenz
- Bosch gründet neue Einheit „Cross-Domain Computing Solutions“ für Software und Elektronik mit 17.000 Mitarbeitern weltweit
- Daimler, VW und BMW entwickeln eigene Betriebssysteme

„Der Anteil deutscher Hersteller an der weltweiten E-Auto-Produktion wird von 18% im vergangenen Jahr auf 29 % im Jahr 2024 ansteigen. Damit könnte Deutschland mit über 1,7 Mio. produzierten E-Fahrzeugen bereits 2021 zum Weltmarktführer für E-Autos aufsteigen – knapp vor China.“ (McKinsey)

3 Aktualisierung Technologische Trends

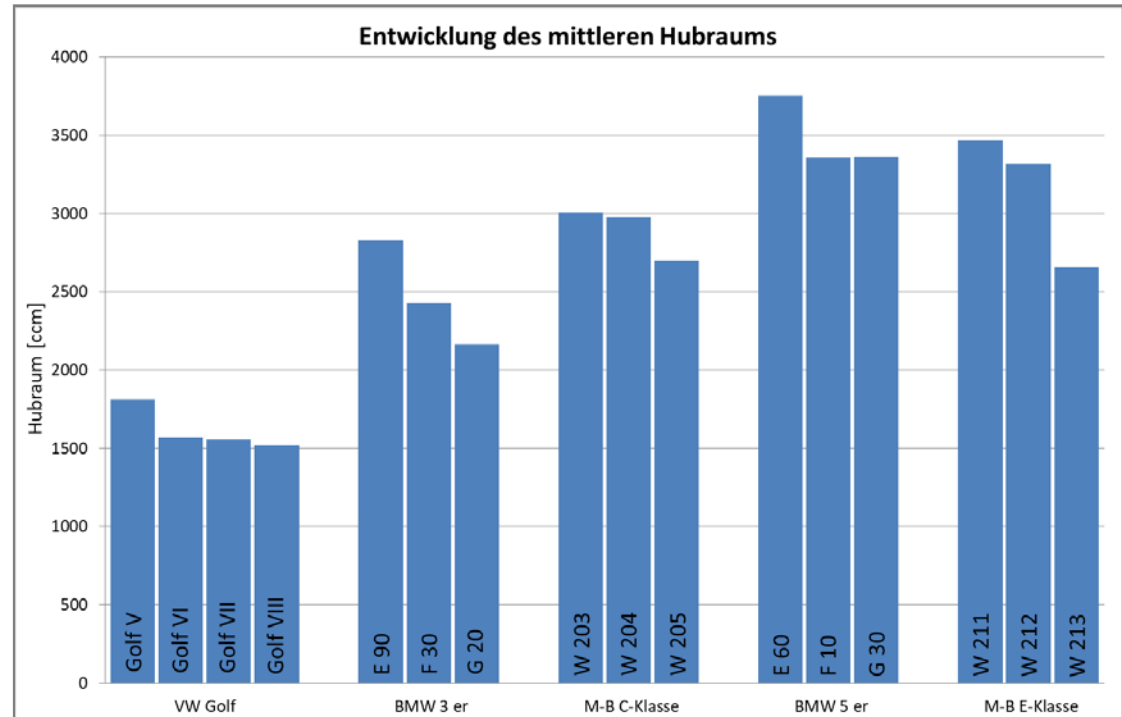
Strategien der OEM beim Downsizing von Otto-Motoren

- Um die Verbrauchswerte und die damit einhergehenden Schadstoffausstöße zu senken, setzten die Hersteller besonders auf Downsizing. Dies beinhaltet eine Reduktion des Hubraumes, häufig in Verbindung mit dem Wegfall von Zylindern. Damit die Leistung darunter nicht leidet und um die Effizienz zu erhöhen, wurde sich der Abgasturboladeraufladung, der Mehrventiltechnik und der Direkteinspritzung bei Ottomotoren bedient.
- Betrachtet man die aktuellen Modellpflegen deutscher Hersteller, so wird deutlich, dass Downsizing bezogen auf die Gesamtflotte aktuell immer noch ein Thema ist.
- Die 48 Volt-Technik bietet zudem neue Möglichkeiten, die Effizienz von Ottomotoren weiter zu steigern. So erlaubt die 48 Volt-Technik den Einsatz von elektrischen Verdichtern (laut Hersteller bald auch in Kombination mit 12 Volt-Technik), mit denen grundsätzlich das Thema Downsizing weiter vorangetrieben werden könnte. Die elektrischen Verdichter haben eine deutlich schnellere Reaktionszeit als Abgasturbolader, wodurch kein Turboloch entsteht. Somit kann dem Motor effizienter Luft zugeführt werden, sodass für sparsamere Motoren der Hubraum weiter reduziert werden könnte als bisher.

3 Aktualisierung Technologische Trends

Strategien der OEM beim Downsizing von Otto-Motoren

- Das Diagramm zeigt die Entwicklung des mittleren Hubraums ausgewählter Modellgenerationen. Bei allen Modellen ist über die Generationen eine deutliche Reduktion des mittleren Hubraums zu erkennen. Dies resultiert vor allem aus dem Wegfall von Zylindern.
- Bei VW hat eine deutliche Reduktion des mittleren Hubraums mit dem Golf VI stattgefunden. Der kleinste angebotene Motor hatte beim Golf V 1,4 Liter Hubraum, beim Golf VI dann 1,2 Liter. Zudem fiel ab dem Golf VI der 6-Zylinder-Motor aus dem R32 weg und wurde durch einen 2 Liter 4-Zylinder-Motor ersetzt.
- Beim Golf VIII konzentriert sich VW verstärkt auf den 1 Liter 3 Zylinder-Motor (der 1.2 Liter 4-Zylinder-Motor aus dem Golf 7 ist aktuell nicht mehr im Programm) und den 1,5 Liter 4-Zylinder, welche die einzigen beiden Motoren sind, die mit 48 Volt Technik angeboten werden.



Datenbasis: Fahrzeughersteller, Wikipedia

3 Aktualisierung Technologische Trends

Strategien der OEM beim Downsizing von Otto-Motoren

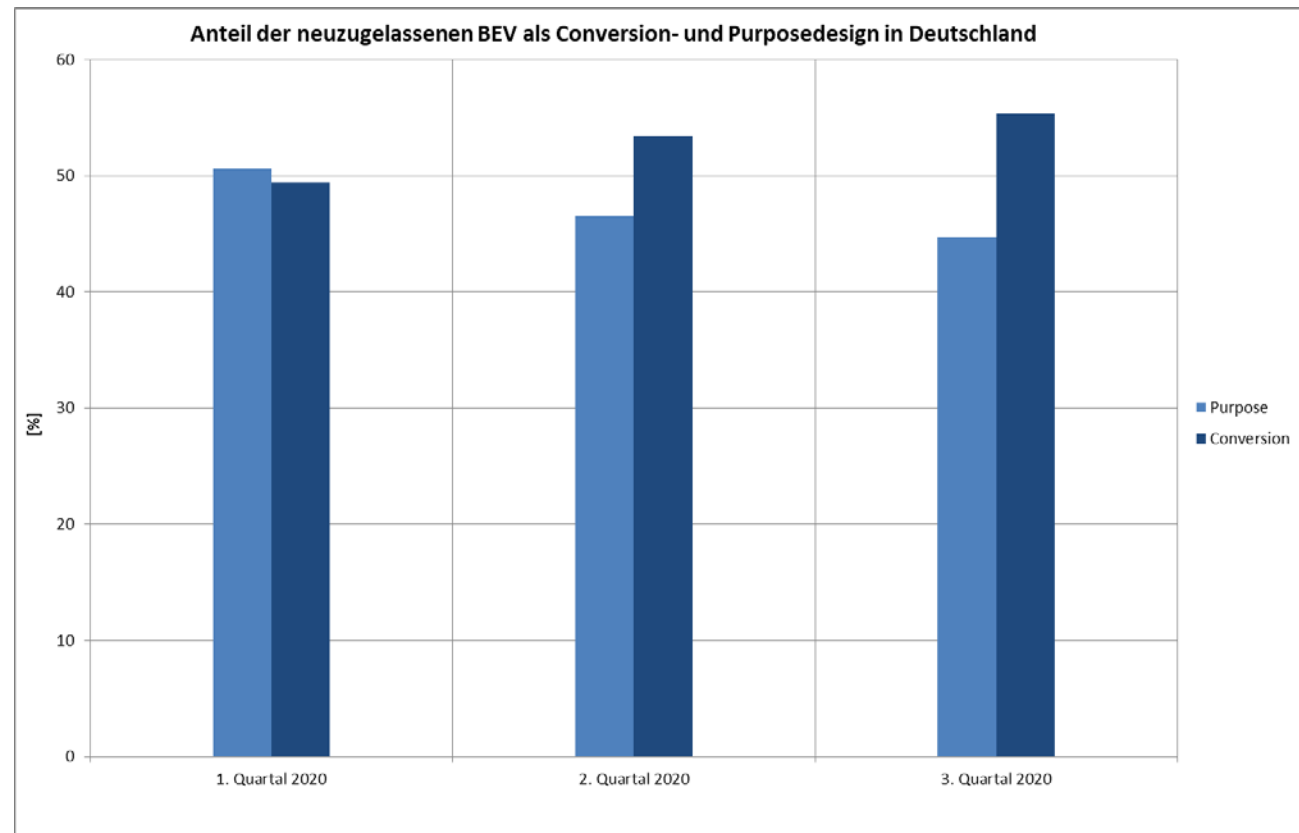
- Beim 3er BMW wurde sowohl beim vorletzten, als auch beim letzten Modellwechsel der mittlere Hubraum deutlich reduziert. Aktuell sind nur zwei 6-Zylinder-, dafür fünf 4-Zylindervarianten erhältlich. Beim Vorgänger gab es kurz vor dem Modellwechsel noch vier 6-Zylindervarianten und drei 4-Zylindervarianten. Dafür war für das Einstiegsmodell ein 3-Zylinder verfügbar.
- Auch beim 5er BMW fand ein Downsizing des mittleren Hubraums statt. Dies geschah allerdings, anders als beim 3er, beim vorletzten Modellwechsel. Beim E60 waren mehr 6-Zylinder-Varianten im Angebot als beim F10 und nur ein 4-Zylinder. Zudem war im M-Modell ein 10-Zylinder-Motor verbaut, der in den Nachfolgemodellen durch einen 8-Zylinder-Turbo-Motor ersetzt wurde.
- Bei Mercedes-Benz fand besonders beim letzten Modellwechsel, sowohl bei der C- als auch bei der E-Klasse eine Verkleinerung des mittleren Hubraumes statt. So wurde der Hubraum des 8-Zylinder AMG-Motors um ganze 2,2 Liter verkleinert und dafür mit einem Turbolader versehen. Der Einstiegsmotor wurde zunächst von 1,8 auf 1,6 Liter und mittlerweile auf 1,5 Liter reduziert. Bei der E-Klasse wurde die Motorenvielfalt im Vergleich zum Vorgängermodell eingeschränkt. Auch hier wurde der V8 AMG Motor verkleinert. Der Fokus bei den Einstiegs- und Volumenmodellen liegt aktuell auf 2 Liter 4-Zylinder-Motoren.

3 Aktualisierung Technologische Trends

Plattformstrategien der OEM – Conversion- vs. Purpose-Design

Trendbewertung auf der Grundlage von Zulassungszahlen für BEV in 2020

- 2020 ist ein leichter Trend hin zum Conversion-Design erkennbar
- Strategien der Hersteller, die ein BEV im Conversion-Design vorsehen, werden nach und nach umgesetzt

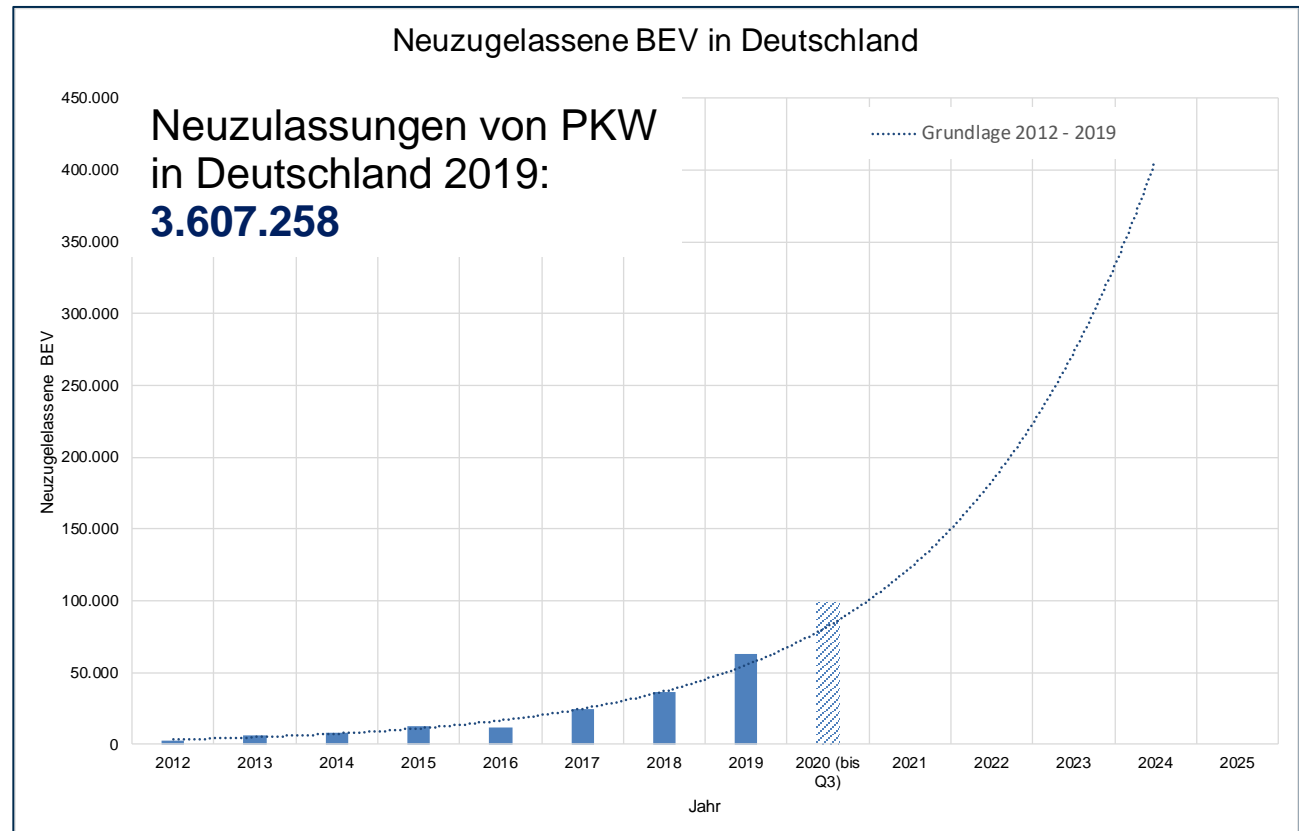


Datenbasis: KBA

4 Zulassungszahlen bis 3. Quartal 2020

Neuzugelassene BEV in Deutschland

- die auf der Datenbasis von 2012 – 2019 erstellte Trendlinie wird für 2020 bereits nach dem dritten Quartal übertroffen
- der starke Anstieg der Zulassungszahlen von BEV lässt sich auf die im Abschnitt 1 genannten Prämien zurückführen



Datenbasis: KBA

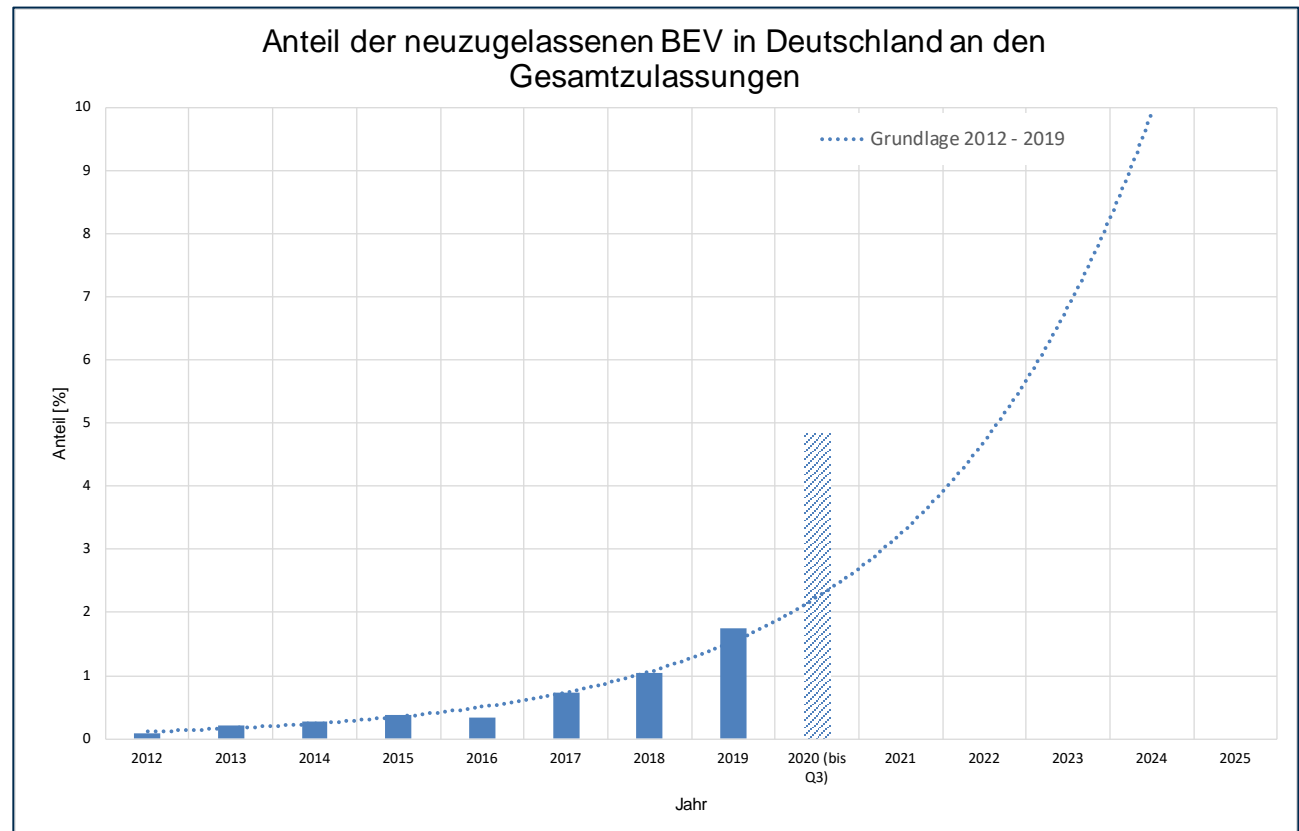
4 Zulassungszahlen bis 3. Quartal 2020

Anteil der neuzugelassenen BEV in Deutschland an den Gesamtzulassungen

- prozentual ein starker Zuwachs in 2020 bereits nach dem 3. Quartal
- gleichzeitige Zunahme der Zulassungen von BEV und Rückgang der Gesamtzulassungen

Q1 – Q3 2020:

- ca. 700.000 (-25 %) weniger Neuzulassungen als im Vorjahreszeitraum
- über 50.000 (+100 %) mehr neuzugelassene BEV

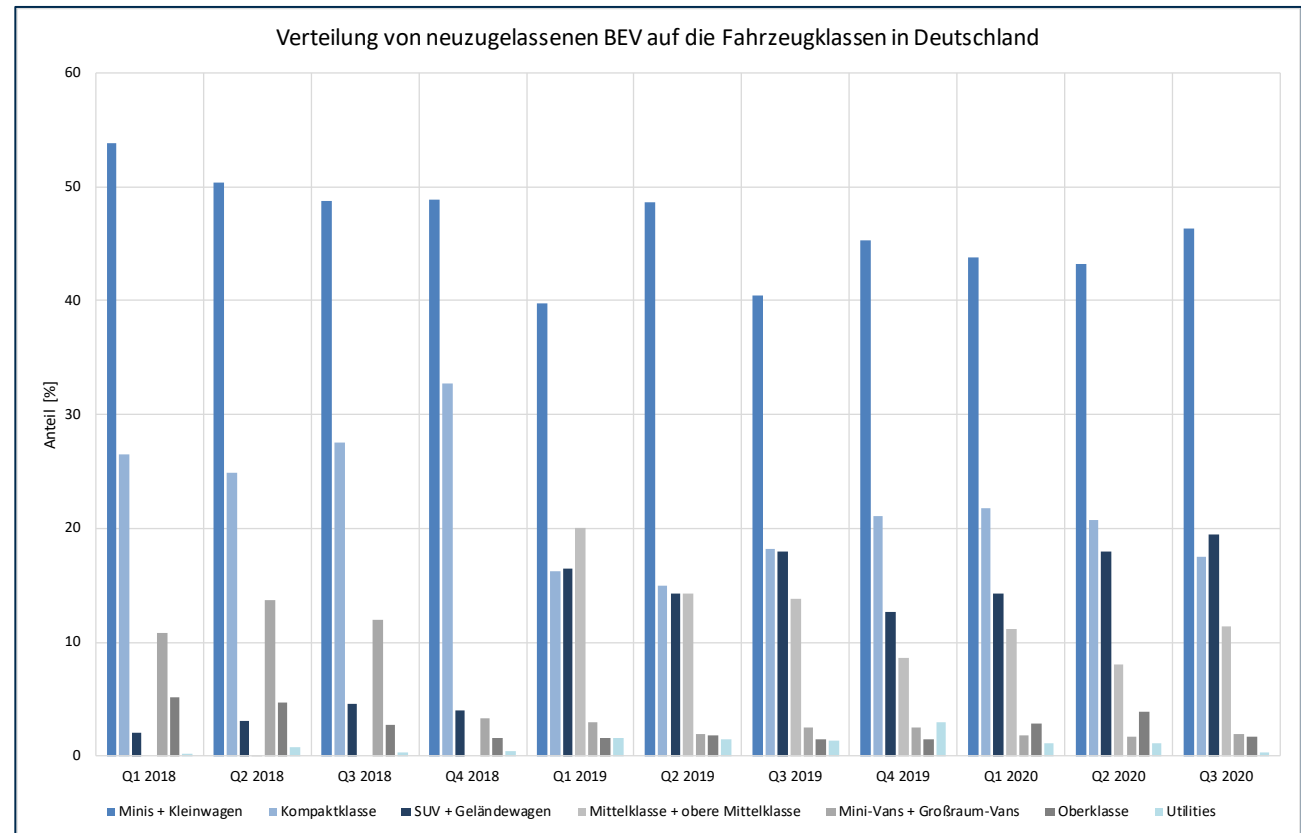


Datenbasis: KBA

4 Zulassungszahlen bis 3. Quartal 2020

Verteilung von neuzugelassenen BEV auf die Fahrzeugklassen in Deutschland

- weiterhin zeigt sich bei den BEV eine große Marktakzeptanz im Bereich der Kleinst- und Kleinwagen
- erst mit Abstand folgen die Kompaktwagen sowie SUV / Geländewagen

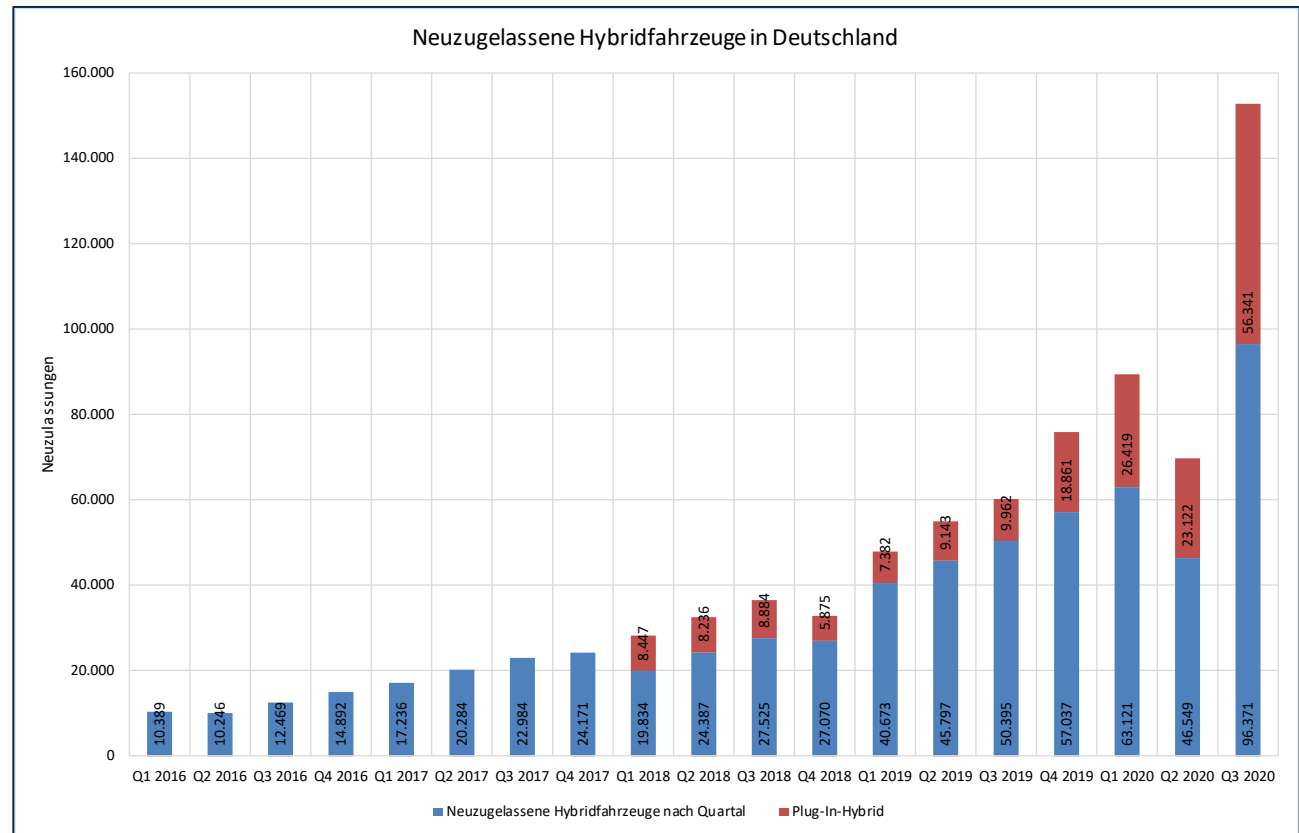


Datenbasis: KBA

4 Zulassungszahlen bis 3. Quartal 2020

Neuzugelassene Hybridfahrzeuge in Deutschland

- deutlicher Anstieg der neuzugelassenen Hybridfahrzeuge in den letzten Jahren
- Aufschlüsselung zwischen PHEV und HEV (inkl. MHEV) seit 2018 möglich

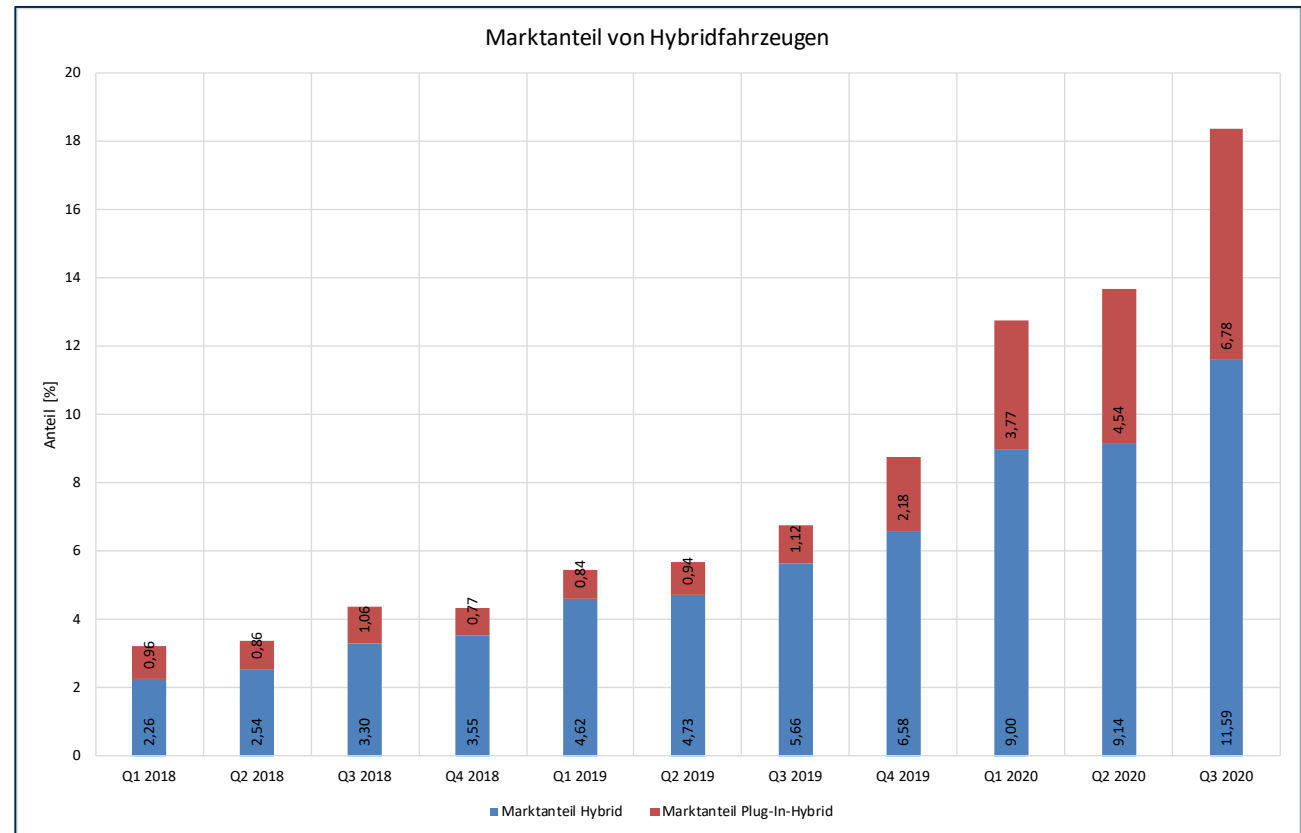


Datenbasis: KBA

4 Zulassungszahlen bis 3. Quartal 2020

Anteil der neuzugelassene Hybridfahrzeuge in Deutschland an den Gesamtzulassungen

- auch prozentual an den Neuzulassungen ein zunehmender Anteil an Hybridfahrzeugen sichtbar
- in Q3 2020 ist fast jedes fünfte neuzugelassene Fahrzeug mit einem Hybridantrieb ausgestattet

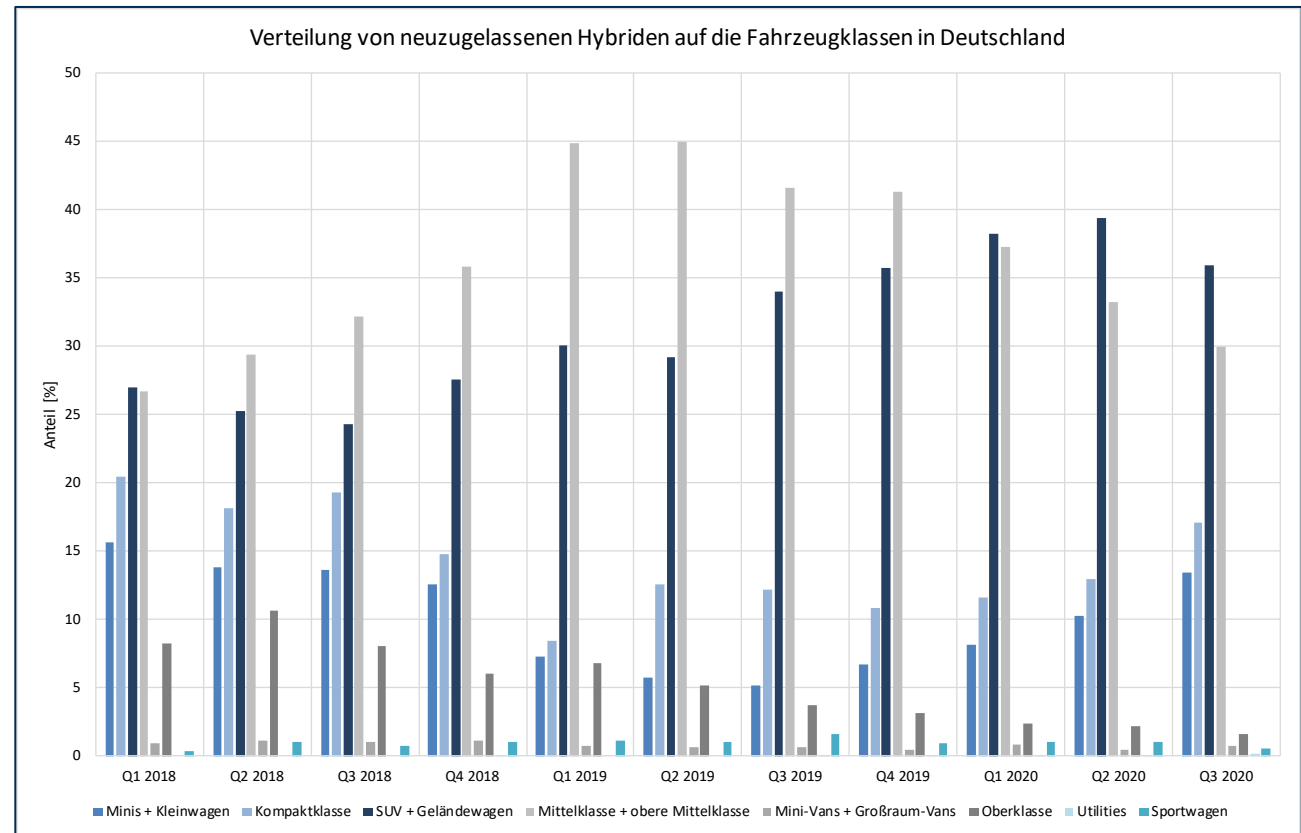


Datenbasis: KBA

4 Zulassungszahlen bis 3. Quartal 2020

Verteilung von neuzugelassenen Hybriden auf die Fahrzeugklassen in Deutschland

- weiterhin zeigt sich, dass die Hybridantriebe vorrangig in den größeren Fahrzeugklassen zum Einsatz kommen
- nachdem im Jahr 2019 noch die meisten neuzugelassenen Hybridfahrzeuge aus dem Bereich der Mittelklasse kamen, wurden diese in 2020 von den SUV und Geländewagen überholt



Datenbasis: KBA

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Motivation

Motivation zur genaueren Betrachtung der Batteriezellen

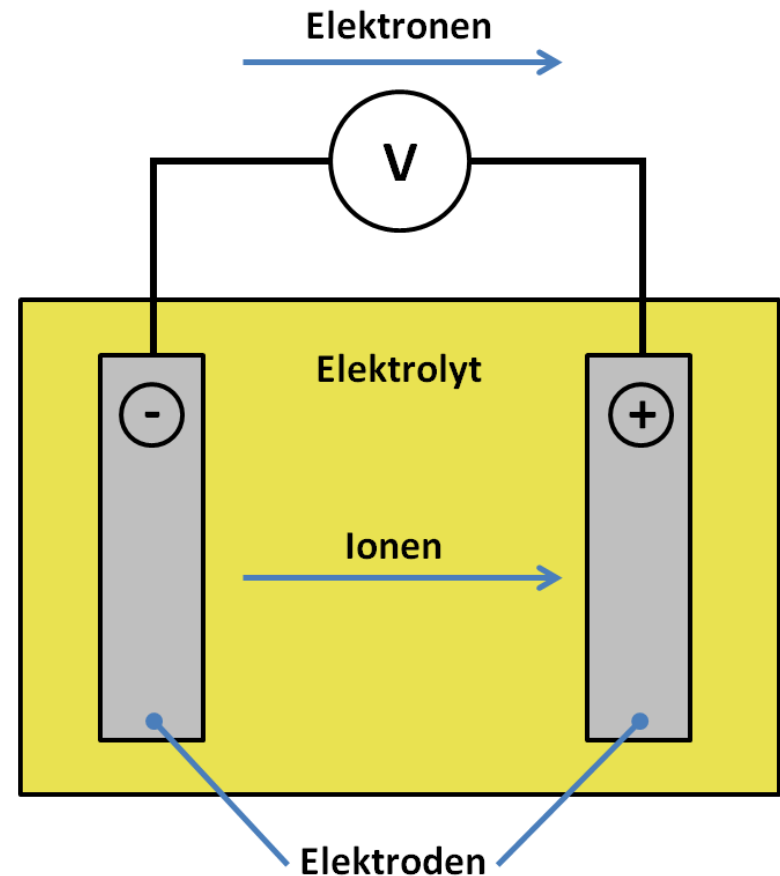
- Die Batteriezellenentwicklung ist technologisch die treibende Kraft der Elektromobilität.
 - Anders formuliert: Technische Begrenzungen bei der Batterie sind das größte Hindernis zur weitgehenden Marktdurchdringung.
- Ein Verständnis ist zur Abschätzung von Entwicklungspotenzialen und der zukünftigen Marktdurchdringung unabdingbar.
- Das Ziel dieses Kapitels soll es sein, ein Verständnis der zukünftigen Bedürfnisse der OEM anhand ihrer momentanen Forschungsanstrengungen in Richtung der E-Mobilität, speziell der Akkutechnologie, zu schaffen.

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Technologie

Akkumulator

- eine Batterie, die wiederaufladbar ist (=Sekundärbatterie)
- Energie wird in chemischer Form gespeichert und bei Bedarf in elektrischer Form abgegeben
 - Akkumulator => kann auch elektrische Energie für die spätere Nutzung in chemische Energie umwandeln
- Grundprinzip: Ionen wandern zwischen negativer und positiver Elektrode durch den Elektrolyten, Elektronen durch den Verbraucher



Hier dargestellt: Entladevorgang

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Technologie

Bleiakku

- in fast jedem Fahrzeug zur Versorgung des Bordnetzes vorhanden
- Aufbau
 - Bleiplatten werden in eine 37-prozentige Lösung von Schwefelsäure getaucht.
 - Zwei Bleiplatten haben zueinander im Mittel eine Spannungsdifferenz von 2 V, weshalb stets sechs dieser Zellen in Reihe geschaltet werden müssen, um eine Nennspannung von 12 V zu erreichen.
 - Um physischen Kontakt zwischen den Elektroden zu vermeiden, wodurch ein Kurzschluss entstehen würde, werden die Elektroden durch Separatortaschen getrennt.

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Technologie

Bleiakku

- Vorteile
 - günstig
 - kein Lademanagementsystem notwendig
- Nachteile
 - hohes Gewicht durch die Bleiplatten (Bleielektroden)

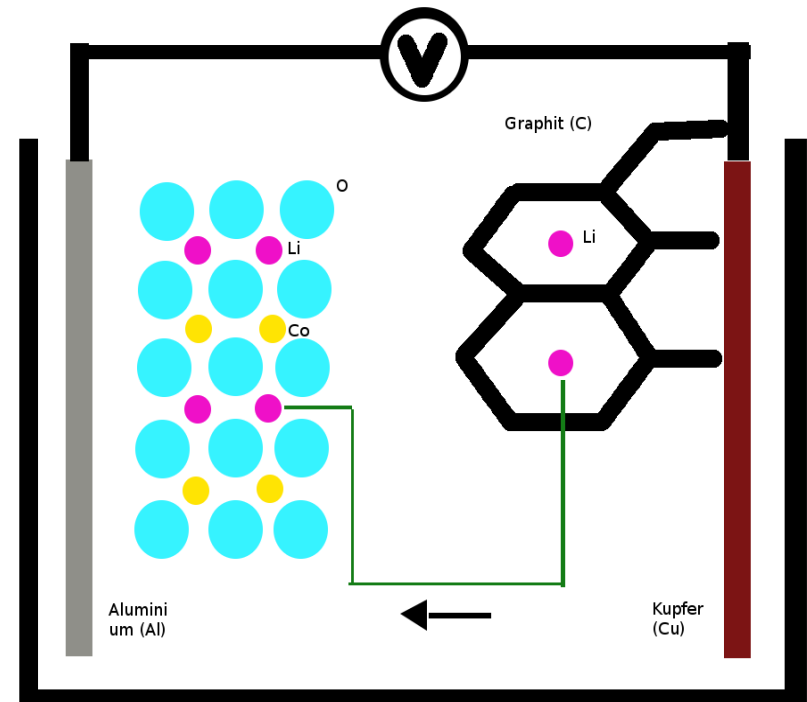
Lithium-Ion-Akku

- in fast allen BEV als Antriebsbatterie vorhanden
- günstigeres Verhältnis von Gewicht zu Kapazität, trotzdem hoher Anteil am Fahrzeuggesamtgewicht
- viele Varianten existieren, im Folgenden werden die Lithium-Cobaltdioxid-Zelle und darauf aufbauend die in BEV zumeist verwendete Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt-Zelle (Lithium-NMC-Zelle) erklärt

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien Technologie

Lithium-Ion-Akku (Cobaltdioxid-Zelle)

- Funktion ähnlich zu Bleiakku, statt Blei wandern Lithium-Ionen
- flüssiger nichtwässriger Elektrolyt, wie Lithiumsalze, oder Gelpolymer
- Bei der Entladung der Lithium-Cobaltdioxidzelle wandern die Lithium-Ionen (Li^+) vom Graphitgitter (C) der Kupferelektrode durch den Elektrolyten zur Aluminiumelektrode, welche das Lithium-Ion und das Elektron (e^-) in einem Metalloxid ($LiCoO_2$) aufnimmt.



Quelle: https://chemie.osz-biv.de/LK1_2012_2013/ref/li-ionen_akku.php

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Technologie

Lithium-Ion-Akku (NMC-Zelle)

- Beim Lithium-NMC-Akku unterscheidet sich nur die Aluminiumelektrode im Vergleich zur Cobaltdioxidzelle.
- Hier wird das Lithium an Nickel (N), Mangan (M), Cobalt (C) und Sauerstoff gebunden.
- Das NMC-Verhältnis kann variiert werden, um die Zelleigenschaften zu verändern.
- Vorteile
 - aktuell höchste Energiedichte im Bezug auf Gewicht
 - Variabilität in den Eigenschaften durch Variation des NMC-Verhältnisses
- Nachteile
 - Brennbarkeit
 - externe Steuerung notwendig
 - Cobaltförderung teils unter fragwürdigen Bedingungen

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Technologie

Feststoffakku

- prinzipiell bestehend aus Li-Ion-Zellen, bei denen der Elektrolyt nicht mehr flüssig, sondern fest ist
- Vorteile
 - der Elektrolyt ist nicht brennbar
 - keine Graphitstruktur mehr notwendig, dadurch wesentlich geringeres Volumen sowie geringere Masse bei gleicher Kapazität realisierbar
- Nachteile
 - momentan geringe Zyklenfestigkeit, d.h. die Anzahl an ertragbaren Ent- und Wiederaufladungen ist niedrig
 - momentan geringe entnehmbare Strommenge

=> Markteinführung mittel- bis langfristig wahrscheinlich

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEMs

Übersicht

	Daimler	Volkswagen	Toyota/ BMW	Renault- Nissan/ Mitsubishi	PSA	Tesla
Li-Ion	x	x	x		x	x
Feststoff	x	x	x	x		x

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEM

Nähere Informationen zu ausgewählten OEM

- Daimler
 - bisher werden die verwendeten Li-Ion-Batterien zugeliefert, es wird jedoch in entsprechende Unternehmen investiert
 - massive Aktivitäten in Richtung der Feststoffbatterie
 - Serieneinsatz in einem Stadtbus wahrscheinlich 2025
 - Serieneinsatz in PKWs erst im Jahr 2030, da erst dann eine ausreichende Energiedichte für diesen Anwendungsfall erwartet wird
 - daneben Forschung zu anderen Technologien, wie manganbasierten Akkus oder Lithium-Schwefel-Akkus, hier befindet man sich nach eigenen Angaben jedoch in einem frühen Forschungsstadium

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEM

Nähere Informationen zu ausgewählten OEM

- Volkswagen
 - Im Bereich der Li-Ion-Akkus wird an einer Senkung des Kobalt-Anteils von aktuell 12 % - 14 % auf mittelfristig 5 % hingearbeitet.
 - Es existiert eine experimentelle Fertigung in Salzgitter, um Erfahrung mit Zellfertigung zu sammeln
 - Daneben sind Gigafactories in Kooperation mit dem Unternehmen Northvolt geplant. Durch eine Produktion in Skandinavien auf Basis von erneuerbaren Energien soll die CO₂-Bilanz der Zellfertigung stark verbessert werden.
 - Durch massive Investitionen in das US-Unternehmen QuantumSpace beteiligt sich Volkswagen daneben an der Forschung zu Feststoffbatterien.

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEM

Nähere Informationen zu ausgewählten OEM

- Toyota/BMW
 - Die beiden Unternehmen kooperieren bei der Batteriezellenforschung.
 - BMW plant eine experimentelle Li-Ion-Zellfertigung in Deutschland; die hier gewonnenen Erkenntnisse sollen bei der Auftragsvergabe genutzt werden.
 - Es wird darüber hinaus an der Feststoffbatterie geforscht, wobei eine Serienreife hier für das Jahr 2025 prognostiziert wird.
- Renault-Nissan-Mitsubishi
 - Der Konzern investiert in das US-Unternehmen Ionic, welches im Bereich der Feststoffbatterie forscht.

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEM

Nähere Informationen zu ausgewählten OEM

- PSA
 - Es besteht eine Kooperation mit dem Total-Tochterunternehmen Saft zur Batterieproduktion für den F&E-Bereich.
- Tesla
 - Die Li-Ion-Forschung konzentriert sich unter anderem auf die Reduktion des Cobalt-Anteils auf 0 %. Bis dies erreicht wird, sollen neue Strategien der Lithiumgewinnung die Nachhaltigkeit der Rohstoffförderung erhöhen
 - Daneben soll durch eine neue Konstruktion der Zelle die Kapazität gesteigert sowie die Schnellladefähigkeit um den Faktor 6 erhöht werden

Anmerkung zur Einordnung:

In der Vergangenheit wurden Ankündigungen zu Entwicklungssprüngen seitens Tesla wiederholt gar nicht oder mit großer zeitlicher Verzögerung in die Produktion überführt

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEM

Nähere Informationen zu ausgewählten OEM

- Darüber hinaus hat Tesla die Batterieeinheit so modifiziert, dass sie zusammen mit jeweils nur einem Vorder- und Heckmodul die Karosserie trägt. Hieraus ergibt sich neben der Kostenreduktion eine signifikante Verringerung der notwendigen Bauteile sowie ein geringeres Gewicht und eine höhere Steifigkeit.
- Die Fertigungskapazität soll von aktuell 30 GWh auf mittelfristig 3 TWh ausgeweitet werden. Hierfür kooperiert Tesla mit Panasonic und CATL.
- Daneben wird intensiv an der Feststoffbatterie geforscht.

Anmerkung zur Einordnung:

In der Vergangenheit wurden Ankündigungen zu Entwicklungssprüngen seitens Tesla wiederholt gar nicht oder mit großer zeitlicher Verzögerung in die Produktion überführt

5 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten Batterien

Aktivitäten der OEM

Fazit

- Oftmals ist eine Detailoptimierung an Li-Ion-Zellen beobachtbar, daneben steht die Reduktion des teilweise unter menschenunwürdigen Bedingungen geförderten Cobalts im Fokus.
- In die Forschung an der Feststoffbatterie wird bei fast allen OEM investiert, wobei entweder selber geforscht wird oder das Engagement durch eine Unternehmensbeteiligung realisiert wird.
 - Ein denkbare Ziel ist, eine Unabhängigkeit von asiatischen Batteriezulieferern zu erreichen, indem das Know-how dieser disruptiven Entwicklung bei den OEM liegen wird.
- Trotz der aktuellen Krise werden die Aktivitäten im Bereich der Batterieforschung massiv verfolgt. Dies kann als klares Bekenntnis zur E-Mobilität interpretiert werden.

6 Wasserstoffmobilität

Motivation

Motivation zur ausführlichen Datenerhebung zum Thema Wasserstoffmobilität

- viele Rückfragen und Diskussionen zum Thema Brennstoffzelle und Wasserstoffmobilität aus dem ersten Teil der Studie
- Tenor in vielen Diskussionsbeiträgen:
 - Ist die Brennstoffzelle nicht doch das bessere System im Vergleich zum batterieelektrischen Antrieb?
 - Wenn synthetische Kraftstoffe marktreif sind, „lebt der Verbrennungsmotor weiter“!
- klarere Perspektiven für Wasserstoffmobilität durch die Veröffentlichung der nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung im Juni 2020

6 Wasserstoffmobilität

Eigenschaften von Wasserstoff als Energieträger

- - anteilmäßig häufigstes Element im Universum (ca. 75 % Masseanteil)
- Masseanteil in Erdoberfläche und Atmosphäre der Erde weniger als 1 %
- auf der Erde kommt Wasserstoff fast ausschließlich chemisch gebunden vor, größtenteils mit Sauerstoff und mit kleinerem Anteil mit Kohlenstoff
- im Vergleich mit anderen Brennstoffen außergewöhnlich hoher auf die Masse bezogener Brennwert
Wasserstoff: 33,3 kWh/kg (zum Vergleich: Benzin 11,9 kWh/kg), aber vergleichsweise kleiner volumenbezogener Brennwert bei Normaldruck
- Speichermöglichkeiten:
 - in flüssiger Form (bei extrem niedriger Temperatur, Siedepunkt – 253 °C)
 - gasförmig unter hohen Drücken (je nach Anwendung 350 – 1.000 bar)
- die Speicherung (tiefgekühlt flüssig oder gasförmig unter hohem Druck) gilt technisch auch unter Sicherheitsaspekten als gelöst

6 Wasserstoffmobilität

Herstellungspfade und Nutzungsrouten

- für die energetische Nutzung muss Wasserstoff zunächst hergestellt werden, weil er auf der Erde fast nur in chemisch gebundener Form vorkommt
- konventionelle Verfahren zur Herstellung von reinem Wasserstoff:
 - aus den fossilen Energieträgern Kohle, Öl und Gas
 - Dampfreformation von Erdgas als zurzeit häufigstes Verfahren
- Wasserstoff aus konventionellen Herstellverfahren (grauer Wasserstoff) ist aufgrund der fossilen Energieträger nicht klimaneutral
- durch Elektrolyse von Wasser hergestellter Wasserstoff (grüner Wasserstoff) ist klimaneutral, wenn für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt wird
- mit Blick auf eine klimaneutrale Energieversorgung kommt als Verfahren zur Wasserstoffherstellung ausschließlich die Elektrolyse von Wasser unter ausschließlichem Einsatz von regenerativ erzeugtem Strom in Frage

6 Wasserstoffmobilität

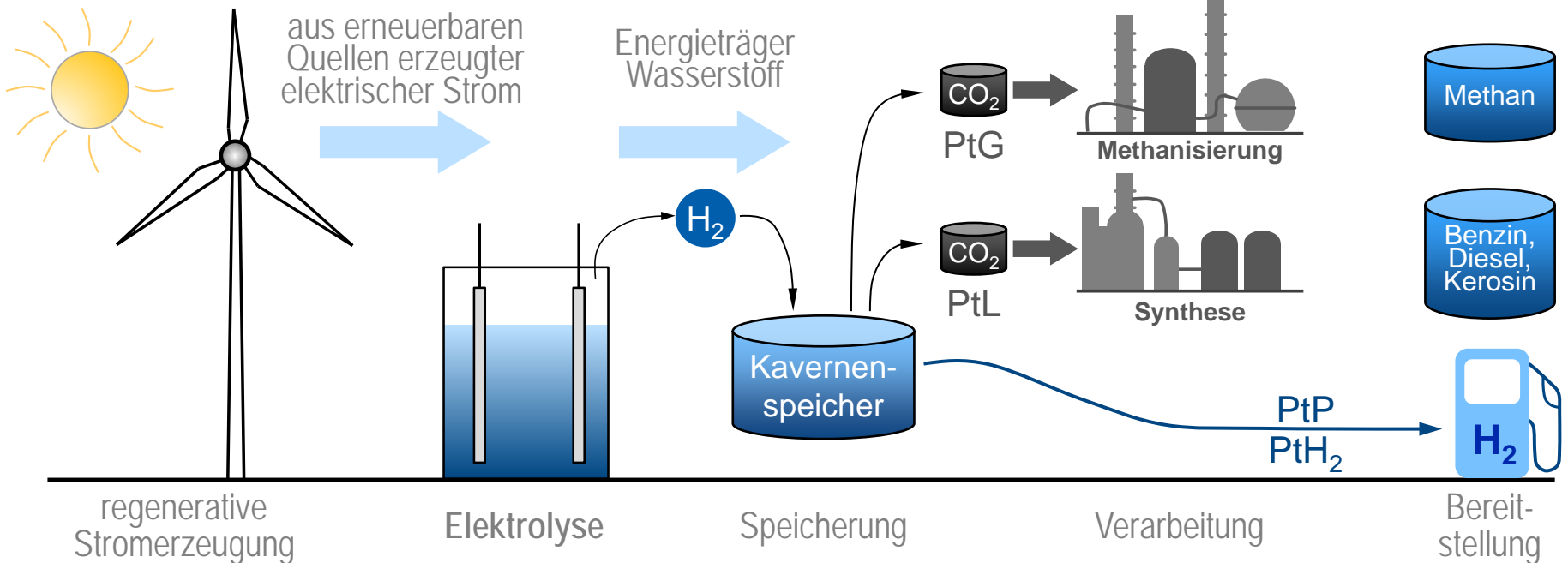
Herstellungspfade und Nutzungsrouten

- Erzeugung von Wasserstoff

- direkte Energieerzeugung durch Verbrennung (Power-to-H₂)
- Rückumwandlung in elektrischen Strom in einer Brennstoffzelle (Power-to-Power)

- Erzeugung von Folgeprodukten

- Herstellung gasförmiger synthetischer Kraftstoffe (Power-to-Gas)
- Herstellung flüssiger synthetischer Kraftstoffe (Power-to-Liquid)



6 Wasserstoffmobilität

Betrachtungen zum Wirkungsgrad unterschiedlicher Technologien

Umwandlungsschritte und Wirkungsgrade

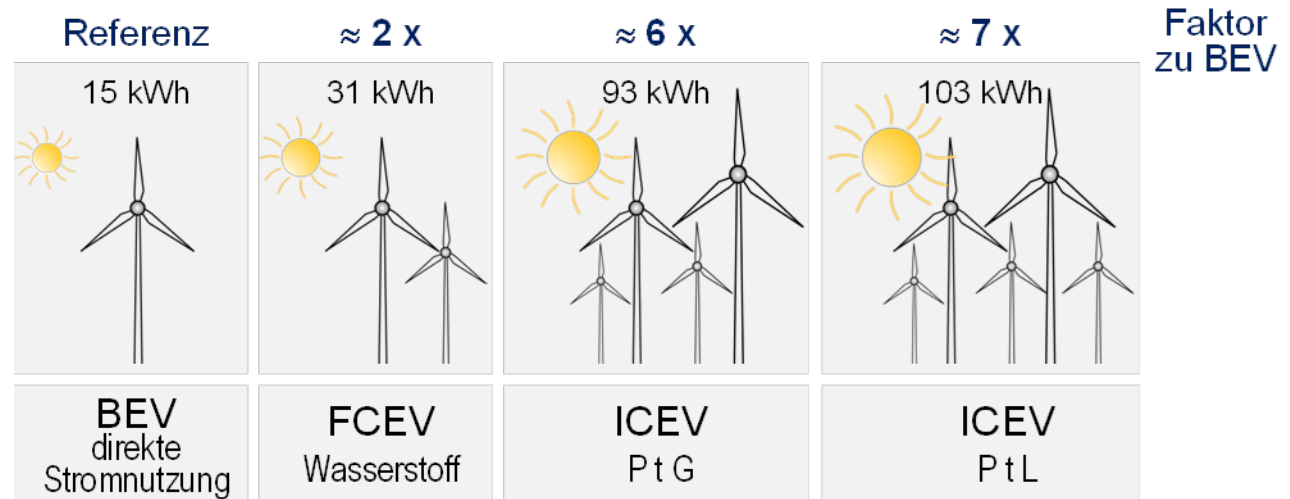
Wasserstoffnutzung



Nutzung von Folgeprodukten



Strombedarf unterschiedlicher Antriebskonzepte im Vergleich um BEV



6 Wasserstoffmobilität

Betrachtungen zum Wirkungsgrad unterschiedlicher Technologien

Schlussfolgerungen

- Die Wasserstoffherstellung in Elektrolyseuren ist mit einem vergleichsweise hohen Einsatz an elektrischem Strom verbunden.
- Bei der direkten Nutzung von Wasserstoff ergeben sich hinsichtlich des Wirkungsgrades Vorteile für den Einsatz einer Brennstoffzelle (PtP) im Vergleich zu einem Wasserstoff-Verbrennungsmotor (PtH₂).
- Der hohe Energieaufwand für die Synthese (bei PtL) und für die Methanisierung (bei PtG) unter Entnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre führt in Verbindung mit dem schlechten Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren zu einem extrem hohen Bedarf an regenerativ erzeugtem Strom.
- **Vor dem Hintergrund eines möglichst geringen Einsatzes an regenerativ erzeugtem Strom sollte überall dort, wo es möglich ist, der direkte Einsatz von Strom für den Fahrzeugantrieb genutzt werden (=> BEV).**

6 Wasserstoffmobilität

Potenzialbewertung von Wasserstoff in unterschiedlichen Verkehrsmitteln

Abgeleitete Potenziale unterschiedlicher Antriebskonzepte

- Batterieelektrische Antriebe besitzen bei PKW das größte Potenzial (BEV).
- Nur dort, wo sehr große Reichweiten gefordert sind, ist der Brennstoffzellenantrieb (FCEV) eine sinnvolle Alternative, weil aufgrund des „CO₂-Rucksacks“ aus der Batterieproduktion der Vorteil des BEV gegenüber dem FCEV verloren geht.
- Für leichte Nutzfahrzeuge mit geringen Reichweitenanforderungen sind ebenfalls batterieelektrische Antriebe das effizienteste System.
- Mit zunehmender Nutzlast und steigender Reichweitenanforderung wird der Einsatz eines Brennstoffzellenantriebs oder die Verwendung externer Energiezuführsysteme (z.B. Oberleitung) sinnvoll.
- Der Einsatz synthetischer Kraftstoffe aus PtL und PtG beschränkt sich auf Anwendungsfälle, in denen die direkte Stromnutzung oder Brennstoffzellen technologisch nicht möglich sind.

6 Wasserstoffmobilität

Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung

Prämissen und Ziele (in für den Bereich Verkehr relevanten Ausschnitten)

- Wasserstoff ist mit seiner Fähigkeit zur Energiespeicherung ein wichtiger Baustein der Energiewende und gleichzeitig ein wesentliches Element zur Sektorkopplung.
- Um die für die Energiewende benötigten Wasserstoffmengen bereit zu stellen, wird Deutschland auch in der Zukunft ein großer Energie- (Wasserstoff-) Importeur bleiben müssen.
- Wesentliche Handlungsfelder
 - Kostendegression zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit von Wasserstofftechnologien
 - Aufbau eines Heimatmarktes für Wasserstoffproduktion und –verwendung
 - Erschließung des Wertschöpfungspotenzials bei Komponenten für Erzeugung, Transport, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff
 - Aus- und Zubau von Infrastruktur unter Nutzung des vorhandenen Erdgasnetzes
 - Aufbau von Bildungs- und Forschungskapazitäten

6 Wasserstoffmobilität

Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung

Aussagen der Wasserstoffstrategie zum Handlungsfeld Verkehr

- Die Wasserstoff und PtX-basierte Mobilität ist für solche Anwendungen eine Alternative, bei denen der direkte Einsatz von Elektrizität nicht sinnvoll oder technisch nicht machbar ist.
- Vor allem im Luft- und Seeverkehr wird langfristig ein Bedarf nach klimaneutralen Treibstoffen bestehen, der durch die wasserstoffbasierten Energieträger aus PtX-Verfahren gedeckt werden kann.
- Brennstoffzellen stellen insbesondere im ÖPNV (Busse, Züge), in Teilen des Schwerlastverkehrs (LKW), bei Nutzfahrzeugen (Einsatz auf Baustellen oder in Land- und Forstwirtschaft) und in der Logistik (z.B. Gabelstapler) eine Option dar.
- In bestimmten Bereichen (nicht näher spezifiziert) bei PKW kann der Einsatz von Wasserstoff eine Alternative sein.

6 Wasserstoffmobilität

Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung

Aktionsplan zur Umsetzung der Strategie im Handlungsfeld Verkehr

- Anwendungsbereiche
als prioritär zu betrachten sind kurz- und mittelfristig die Bereiche, in denen der Einsatz von Wasserstoff nah an der Wirtschaftlichkeit ist oder in denen keine alternativen Dekarbonisierungsoptionen bestehen
- **Verkehr**
 - Einsatz von grünem Wasserstoff bei der Herstellung von konventionellen Kraftstoffen, insbesondere im Luftverkehr
 - Investitionen in Elektrolyseanlagen
 - Unterstützung von Investitionen in Wasserstoff-Fahrzeuge (FCEx), insbes. leichte und schwere LKW, Busse, Züge, Binnen- und Küstenschiffe, PKW in Flottenanwendungen
 - Aufbau einer wettbewerbsfähigen Zulieferindustrie für Brennstoffzellen und deren Komponenten, einschließlich der Schaffung einer industriellen Basis für eine großskalige Brennstoffzellen-Stack-Produktion für Fahrzeuganwendungen
 - Aufbau einer bedarfsgerechten Tankinfrastruktur zur Versorgung von Fahrzeugen insbes. im schweren Güterverkehr, im ÖPNV und im Schienenverkehr

6 Wasserstoffmobilität

Internationale Wasserstoffstrategien

- Eine Wasserstoffstrategie der EU ist in der Bearbeitung, aber bislang noch nicht veröffentlicht.
- Einige asiatische Staaten (Japan, Korea) haben eine Wasserstoffstrategie, die sich von der deutschen nicht grundlegend unterscheidet.

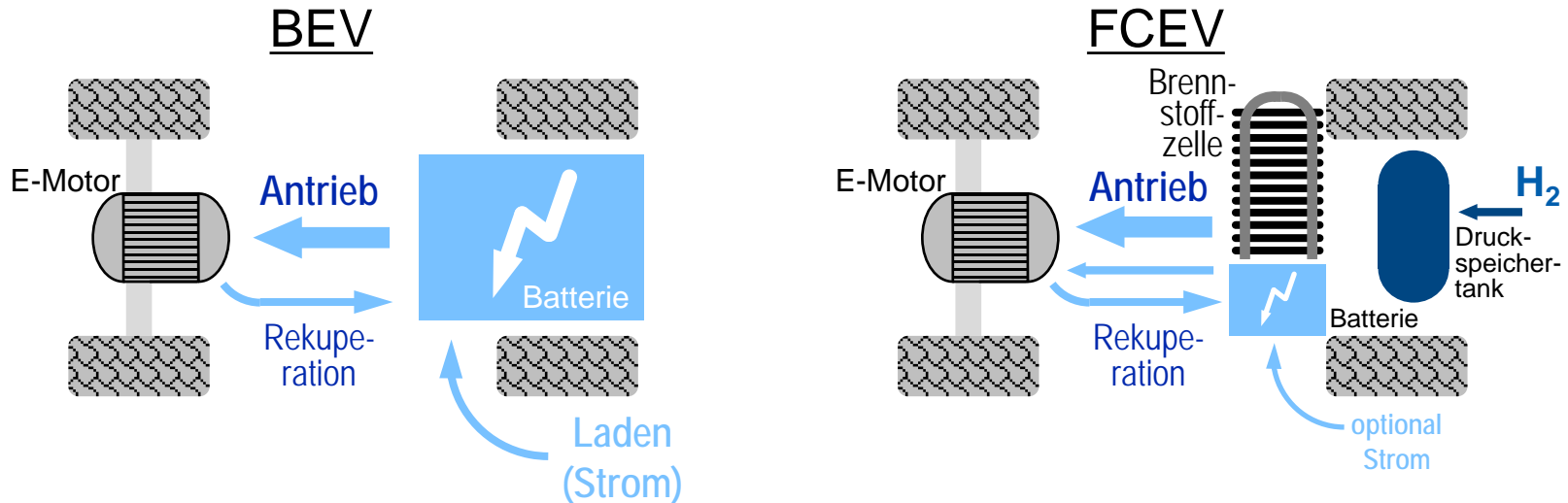
Schwerpunktsetzung der japanischen Strategie im Bereich Verkehr

- Nutzung von Wasserstoff als Energieträger für mobile Anwendungen
- Erhöhung der Zahl von FCEV in Japan auf 40.000 (Bestands-) Fahrzeuge in 2020, 200.000 (Bestands-) Fahrzeuge in 2025 und 800.000 Fahrzeuge in 2030
- Ausbau der Wasserstoff-Infrastruktur und der Tankstellentechnologie
- Erhöhung der Zahl von mit Brennstoffzellen betriebenen Bussen
- Einsatz von Brennstoffzellen bei Gabelstaplern
- Einsatz von Brennstoffzellen im LKW-Sektor
- Einsatz von Brennstoffzellen in kleineren Schiffen

6 Wasserstoffmobilität

Technologie des Brennstoffzellenantriebs

Antriebsarchitektur BEV vs. FCEV

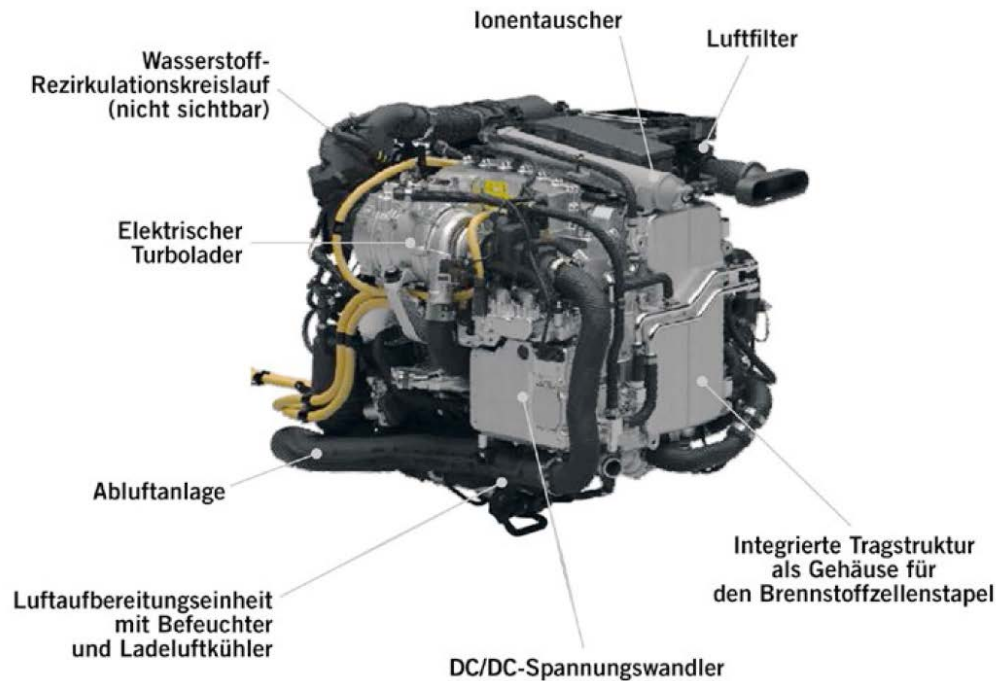


- Wasserstoff erlaubt schnelles Tanken bei weltweit einheitlichen Tanksystemen
- die Wasserstoffbetankung von FCEV ist mit 3 – 5 min vergleichbar mit der heutigen Fahrzeugbetankung, sie erfolgt in der Regel gasförmig bei Drücken bis 700 bar
- bei BEV dauert das Nachladen mit Schnellladestationen ca. 20 min bei einer Begrenzung der Ladung auf 80 % der Batteriekapazität
- FCEV verfügen nach aktuellem Entwicklungsstand gegenüber BEV über eine größere Reichweite bei gleichzeitig größerer Nutzlast
- BEV nutzen die eingesetzte Primärenergie etwa um den Faktor 2 effizienter als FCEV

6 Wasserstoffmobilität

Technologie des Brennstoffzellenantriebs

Brennstoffzelle als Kompaktaggregat am Beispiel des Mercedes GLC-F-Cell



- Wesentliche Baugruppen des Antriebssystems von FCEV:
 - Kompaktaggregat
 - Druckspeicher und Tanksystem
 - Hochvolt-Batterie mit optionaler On-Board-Ladeeinrichtung
 - Leistungselektronik
 - Elektroantrieb
- Wesentliche Optimierungspotenziale bei Brennstoffzellenantrieben:
 - Kostenreduktion der Komponenten
 - Erhöhung von Kompaktheit und Wirkungsgrad des Aggregates

6 Wasserstoffmobilität

Zusammenfassung und Prognosen

- Die ausgewerteten Studien zeigen, dass auf absehbare Zeit die Brennstoffzellentechnologie nicht als stückzahlrelevante Alternative zu batterieelektrischen Antrieben zu sehen ist.
- Diese Aussage gilt in noch konsequenterer Form für den Einsatz synthetischer Kraftstoffe in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor.
- Ein gutes Marktpotenzial für Brennstoffzellenantrieben wird bei großen Nutzfahrzeugen mit langen Reichweiten, in Bussen, bei Gabelstaplern und in Schiffen für den Binnen- und Küstenbereich gesehen.
- Synthetische Kraftstoffe werden überall dort eine Rolle spielen, wo batterieelektrische Antriebe und Brennstoffzellen keine technisch sinnvolle Alternative darstellen, wie z.B. bei Flugzeugantrieben und Überseeschiffen.
- Grüner Wasserstoff wird als Energieträger eine wesentliche Rolle im Zusammenhang mit dem Wandel zu einer treibhausgasneutralen Energieversorgung spielen.

7 Zukunftstrends

Neue Spielregeln: Vernetzte Lieferketten

- Lieferantenportale, auf die sich Zulieferbetriebe einlassen müssen
- Automatisierung von Bestell- und Logistikvorgängen wird Technologien wie Blockchain voran treiben

Neue Sichtweisen: Mobilität statt Fahrzeuge

- Mit „Your Now“ bündeln BMW und Daimler ihr Geschäft für Mitfahrdienste, Carsharing oder Parkplatzsuche.
- E-Bikes und Lastenfahrräder übernehmen Marktanteile im urbanen Bereich.

Neue Werte: Gesellschaftliche Verantwortung

- nachhaltige, faire Produktion (z.B. Gewinnung von Rohstoffen)
- klimaneutrale Produktion

7 Zukunftstrends

Neuer Gesamtkontext: E-Fahrzeuge als Teil des Ganzen

- vernetzte Ladeinfrastruktur/intelligente Ladekonzepte, um Stromnetze stabil zu halten
- smart Grid, virtuelle Kraftwerke – E-Fahrzeuge als Speicher
- smart Cities: Verkehrslenkung, Parkraumbewirtschaftung benötigen u.U. 5G-Netze

Neuer Energieträger: Grüner Wasserstoff

- in Erdöl-exportierenden Ländern wird bereits an der Herstellung von Wasserstoff durch regenerative Energien geforscht
- politische Konsequenzen durch neue/wegfallende Abhängigkeiten im Bereich Energie

Automatisierte Fahrzeuge: die nächste Mobilitätswende kommt!

- Effekte auf Stückzahlen, Dienstleister wie Taxiunternehmen und ÖPNV, neue Geschäftsmodelle