

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/341670568>

# Status Elektromobilität 2020: Das Endspiel nach der Corona-Krise

Book · May 2020

---

CITATIONS

0

5 authors, including:



**Markus Lienkamp**

Technische Universität München

476 PUBLICATIONS 1,285 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



EEBatt - Distributed stationary battery storage systems for the efficient use of renewable energies and support of grid stability [View project](#)



Anthropomorphism in driver-vehicle interaction [View project](#)



# STATUS ELEKTROMOBILITÄT 2020: DAS ENDSPIEL NACH DER CORONA-KRISE

Mit einem Ausblick für Investoren von Dr. h. c. Florian Homm  
und Moritz Hessel

Die Corona-Krise wird den Wandel  
in der Automobilindustrie beschleunigen und der Elektromobilität noch  
schneller zum Durchbruch verhelfen. Wer früh begonnen hat, erntet  
nun die Früchte. Leider wird es  
aber viele Verlierer geben.

Markus Lienkamp  
Werner Schmid  
Sebastian Wolff

## Vorwort

Vor gut zwei Jahren habe ich das Buch „Status Elektromobilität 2018“ veröffentlicht. Ich hatte eigentlich vor, erst Ende dieses Jahres ein neues Buch herauszugeben und es am besten als Status 2021 zu deklarieren, sodass ich in meinem üblichen Zweijahresturnus ein Jahr spare. Nun sitze ich zwangsweise im Homeoffice, viele Besprechungen und Tagungen sind abgesagt und ich habe das Wertvollste überhaupt: Zeit.

Zudem haben wir das Jahrhundertereignis der Corona-Krise, welche die, von mir schon immer recht dramatisch geschilderte, Situation der Automobilindustrie nochmals deutlich verschärft. In meinem letzten Buch hatte ich das Szenario beschrieben, dass die Kunden warten, wenn sie die hochgepriesenen Elektrofahrzeuge (Battery Electric Vehicle: BEV) nicht kaufen können, weil die Infrastruktur (Ladestationen) noch nicht gut genug ausgebaut ist, die Fahrzeuge noch zu teuer sind oder die Automobilhersteller (Original Equipment Manufacturer: OEM) nicht liefern können. Genau dieses Warten findet derzeit wegen Corona statt: Die Kunden kaufen nicht, weil sie derzeit zum einen andere Sorgen und zum anderen auch kein Geld mehr haben. Insoweit ist es aus Absatzsicht gar nicht schlimm, dass die OEM derzeit nicht produzieren können, weil die Lieferketten zusammengebrochen sind und auch die rechtlichen Vorgaben in den meisten Ländern die Produktion gar nicht zulassen. Somit schmilzt – trotz Rettungspaketen – das Eigenkapital der OEM dahin. Und das gerade in einer Zeit, in der Investitionen in die neuen Technologien dringend erforderlich wären. Dennoch bleibe ich derzeit noch Optimist: Bisher führte eine mehrwöchige Werkschließung im Sommerurlaub (meistens verbunden mit einer Produktionsumstellung auf das neue Modell) oder eine dreiwöchige Betriebsruhe über Weihnachten noch nicht zu irgendeiner Firmenpleite. Wenn bald der Lockdown nach Pfingsten wieder vorbei ist, werden die OEM sicher in der Lage sein, einen Teil der Ausfälle bis Ende des Jahres aufzufangen. Der vorhandene Bedarf an Fahrzeugen wird in den nächsten Jahren nachgeholt und erhöht somit den Absatz und die Gewinne der Folgejahre. Dies gilt aber nur, wenn die Käufer nicht aufgrund der derzeit kollabierenden

Anlagewerte (Aktien, evtl. auch im Nachzug Immobilien und ggf. Anleihen, wenn die Staaten sich nun enorm verschulden und es zu einem Zinsanstieg kommt) oder Einkommenseinbußen durch Jobverlust, Kurzarbeit oder bei Selbstständigen massiven Umsatzausfällen kein Geld mehr zum Autokauf haben.

Aus Geheimhaltungsgründen werde ich wieder stark verallgemeinern oder mich nur auf die frei zugänglichen Informationen beziehen, diese aber versuchen, sinnvoll einzuordnen und zu interpretieren. Vieles ist meine Sicht auf die Daten, somit meine Einschätzung und persönliche Meinung. Ich erhebe nicht den Anspruch auf Wahrheit, sondern möchte mit diesem Buch wieder zu einer Diskussion anregen.

Das Buch wird wieder online auf ResearchGate publiziert, um eine große Verbreitung zu ermöglichen und es unseren Studenten kostenlos zur Verfügung zu stellen. Eine englische Übersetzung wird dank DeepL auch recht schnell nach der deutschen Version zur Verfügung stehen.

Wir Autoren wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen und freuen uns über Ihre Rückmeldungen.

Gestartet im März 2020 während der Ausgangsbeschränkung in Bayern

Fertiggestellt im Mai 2020,

Markus Lienkamp

Das Kapitel 2 „Mit welchem Antrieb fährt die Kompaktklasse 2030?“ haben maßgeblich meine Doktoranden Sebastian Wolff und Werner Schmid geschrieben.

Das Kapitel „Ratschlag für Investoren“ haben Dr. h. c. Florian Homm und Moritz Hessel gestaltet, die sich in den letzten Jahren mit den Auswirkungen der Elektromobilität auf die Finanzmärkte beschäftigt und dieses Thema regelmäßig den gemeinsamen Finanzbriefen aufgegriffen haben. Sie arbeiten für das „K2 Success Long & Short Research Team“.

Jeder ist für seinen Teil selbst verantwortlich und besitzt auch nur in seinem Bereich relevante Kompetenz. Natürlich haben wir die Kapitel aufeinander abgestimmt und gegengelesen, sodass wir hoffen, dass wir Ihnen mit diesem Buch ein konsistentes Werk vorlegen können.

Im Mai 2020,

Moritz Hessel, Florian Homm, Markus Lienkamp, Werner Schmid, Sebastian Wolff

## Danksagung

Meiner Frau Annette danke ich für die Geduld, das Schreiben dieses Buches wieder zu begleiten. Sie hat mit ihrer Liebe zu Büchern und ihrer unerbittlichen Korrektur meinen Schreibstil auf das hier vorliegende Niveau angehoben. Der regelmäßige Besuch der Eisdielen im Sommer ist wieder gesichert, weil ich ihr für jeden gefundenen Rechtschreibfehler 1 € zahlen muss.

Einigen meiner Doktoranden danke ich für das Gegenlesen von einigen Kapiteln und zahlreiche Anmerkungen, die zur Verbesserung des vorliegenden Buches geführt haben.

ResearchGate danke ich für die Bereitstellung des Portals und damit der Möglichkeit, Ihnen als Leser dieses Buch kostenfrei zur Verfügung zu stellen. Sie finden das Buch als Download unter:

[https://www.researchgate.net/profile/Markus\\_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf\\_pubs\\_book](https://www.researchgate.net/profile/Markus_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf_pubs_book)

Die Registrierung bei ResearchGate und der Download sind kostenlos. Über den Download erlangen wir Forscher über das Portal wissenschaftliche Reputation.

Dieses Werk ist ohne finanzielle Unterstützung eines externen Geldgebers entstanden und spiegelt jeweils unsere persönliche Meinung wider.

## International übliche Abkürzungen

a	Jahr
AC	Alternating Current: Wechselstrom
AdBlue	Harnstofflösung zur Reduktion von NO <sub>x</sub> bei Dieselmotoren
AV	Autonomous Vehicle: autonom fahrendes Fahrzeug
BEV	Battery Electric Vehicle: Elektrofahrzeug
CFK	Carbon (Kohlenstoff) Faser verstärkter Kunststoff
CNG	Compressed Natural Gas: Erdgas
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO <sub>2</sub> äq.	CO <sub>2</sub> -Äquivalent
DeNO <sub>x</sub>	Speicherkatalysator zur Reduzierung der Stickoxide
EE	Erneuerbare Energien
E-Fuels	Flüssige oder gasförmige Kraftstoffe, die aus CO <sub>2</sub> und elektrischer Energie hergestellt werden. Auch als Power-to-Liquid oder synthetische Kraftstoffe bezeichnet.
eRoad	Induktives dynamisches Laden durch Spulen in der Fahrbahn
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle: mit Brennstoffzelle betriebenes Fahrzeug
GSM	Global System for Mobile Communications: Standard für volldigitale Mobilfunknetze
HAF	Hochautomatisiertes Fahren
HC	unverbrannte Kohlenwasserstoffe
HEV	Hybrid Electric Vehicle: Hybridfahrzeug (ein Elektromotor und eine kleine Batterie können Energie beim Bremsen rekuperieren). Die Energiequelle ist ausschließlich Benzin/Diesel oder Erdgas.
IMaaS	Individual Mobility as a Service: Individuelle Mobilität als Service
ICE	Internal Combustion Engine: Verbrennungsmotor
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle: verbrennungsmotorisch angetriebenes Fahrzeug
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LNG	Liquified Natural Gas: verflüssigtes Erdgas
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carriers: an organische Substanzen angebundener Wasserstoff
LPG	Liquified Petrol Gas: Flüssiggas
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NO <sub>x</sub>	Stickoxide bestehend aus NO und NO <sub>2</sub>
ODM	On Demand Mobility: Mobilität bei Bedarf
OEM	Original Equipment Manufacturer: Erstausrüster – hier gemeint Automobilhersteller
OME	Polyoxymethylendimethylether: aus CO <sub>2</sub> und elektrischer Energie hergestellter Flüssigkraftstoff
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle: 20 – 50 km Reichweite werden mit elektrischer Energie abgedeckt. Darüber hinaus fährt das Fahrzeug mit Flüssigkraftstoff weiter.
PtLB	Power to Liquid Benzin

PtLD	Power to Liquid Diesel
PV	Photovoltaik
RDE	Real Driving Emission: Reale Emissionen auf der Straße
SCR	Selective Catalytic Reduction: Selektive katalytische Reduktion
SiC	Siliziumcarbid
TCO	Total Cost of Ownership: Gesamtbetriebskosten inklusive aller Nebenkosten
THP	Treibhausgaspotential
WLTP	Worldwide Harmonized Light Duty Testing Procedure: zukünftiger Emissions- und Verbrauchszyklus in der EU
WTW	Well to wheel: Von der Quelle bis zum Rad – die gesamten Emissionen im Betrieb

## Inhalt

1	Trends .....	1
1.1	Verfügbarkeit fossiler Energieträger .....	3
1.2	Lokale Abgas- und Lärmemissionen.....	4
1.3	CO <sub>2</sub> .....	5
1.4	CO <sub>2</sub> -Bilanz der Energieträger .....	10
1.5	Mögliche CO <sub>2</sub> -freie Energieträger .....	11
1.5.1	BEV .....	13
1.5.2	PHEV .....	14
1.5.3	Wasserstoff .....	17
1.5.4	E-Fuels.....	18
1.6	Resümee .....	19
2	Mit welchem Antrieb fährt die Kompaktklasse 2030? 21	
2.1	Vorgehen .....	22
2.2	Datenbasis.....	23
2.3	Ergebnisse.....	25
2.3.1	Referenz-Szenario 2020 .....	26
2.3.2	Realistisches Szenario 2030.....	29
2.3.3	Optimistisches Szenario 2030.....	31
2.3.4	CO <sub>2</sub> -Preise – Der Einfluss der Politik .....	33
2.4	Zusammenfassung .....	34
3	Technologieoffenheit .....	36
4	Flottenmix.....	40
5	Hidden Agenda .....	42
6	Wofür die Corona-Krise genutzt wird?.....	46
7	Wofür die Corona-Krise genutzt werden sollte? .....	49
8	Autonomes Fahren.....	53
9	Konsequenzen und notwendige Maßnahmen .....	62
9.1	OEM .....	62
9.2	Zulieferer .....	62
9.3	Kunden .....	62

9.4	Politik .....	63
10	Wer wird überleben? .....	65
10.1	OEM .....	65
10.1.1	VW-Konzern .....	68
10.1.2	Tesla .....	69
10.1.3	BYD/Geely .....	71
10.1.4	Toyota .....	72
10.1.5	Daimler .....	73
10.1.6	Renault-Nissan/Mitsubishi .....	74
10.1.7	BMW .....	75
10.1.8	Hyundai/Kia .....	77
10.2	Zulieferer .....	77
11	Wer wird vom Markt verschwinden?.....	79
11.1	FCA/PSA/Opel .....	79
11.2	Ford .....	80
11.3	GM.....	80
11.4	Honda.....	81
11.5	Alle kleinen OEM/Start-ups .....	81
11.6	Zulieferer .....	82
11.7	Händler.....	82
12	Fazit und Prinzip Hoffnung .....	84
13	Ratschlag für Investoren .....	86
13.1	Autonomes Fahren – der Gewinner von morgen baut keine Autos.....	89
13.2	Gewinner und Verlierer bis Ende 2021 .....	93
13.3	Basket Trading .....	96
13.4	Reifen .....	97
14	Quellen.....	102
15	Autoren.....	105
A	Anhang.....	109

## 1 Trends

Besonders wir Europäer scheinen gern darin zu verfallen, ausschließlich einzelne temporäre Aspekte zu betrachten und auf dieser Basis unsere Entscheidungen zu treffen. So haben immer wieder einzelne Ereignisse dazu geführt, dass die Politik Gesetze beschlossen hat, die massive Auswirkungen auf die Automobilindustrie gehabt haben:

Im Jahr 2000 erschien die Werbung von Peugeot mit einem durch den Rußpartikelfilter sauberen Taschentuch am Auspuff. Der Grund für diesen Filter war ein altes Einspritzsystem, das ohne diese Nachbehandlung nicht die gesetzlich vorgeschriebenen Emissionen EU4 schaffte. Die deutsche Automobilindustrie hatte als Maßnahme zur Erfüllung von EU4 auf Einspritzanlagen mit höheren Drücken gesetzt. Die Politik überreagierte und beschloss viel zu kurzfristig eine so drastische Verschärfung der Emissionsgrenzwerte, dass die deutschen Automobilhersteller mit milliardenhohen Investitionen die Nachfolgemodelle für den Partikelfilter umkonstruieren mussten.

Im Jahr 2008 sorgte der hohe Kraftstoffpreis für einen weiteren Aufstieg des Dieselmotors.

2013 führte Tesla besonders die deutsche Automobilindustrie mit dem Model S als langstreckentauglichem Elektrofahrzeug vor, was unter anderem zu den Beschlüssen der EU zum Flottenverbrauch und damit de facto zu einer Quote für BEV führte.

2015/2016 wurde durch Dieselgate klar, dass die Fahrzeuge im Realbetrieb nicht so sauber waren wie eigentlich gesetzlich gefordert. Diese Schwäche der OEM nutzte die EU, um die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte nochmals zu verschärfen, indem sie zum einen die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für 2021 auf den dafür ungünstigeren WLTP änderte und zum anderen die CO<sub>2</sub>-Emissionsgrenzwerte bis 2030 nochmals drastisch verschärfte.

2019 war das Jahr von Greta Thunberg. Das Thema Erderwärmung und somit CO<sub>2</sub> rückte ganz oben auf die Agenda der Staatschefs und notgedrungen der Firmen und Investoren. Die EU beschloss bereits 2011, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß bis 2050 um mindestens 80 % zu reduzieren. Somit könnte man meinen, das wesentliche Kriterium bei der Wahl des zukünftig richtigen Energiespeichers und zugehörigen Antriebsstrangs sei der CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Ich glaube das nicht!

Die CO<sub>2</sub>-Neutralität wird ein notwendiges Kriterium sein und alle fossilen Optionen verbieten. Dann werden für die Wahl des Energieträgers die Kosten für den Kunden entscheidend sein – und die hängen essentiell vom Primärenergiebedarf zur Erzeugung des Energieträgers ab. Insofern werde ich mich in den folgenden Kapiteln im Wesentlichen auf diese beiden Punkte konzentrieren.

2020 wird wohl weitgehend von der Corona-Krise bestimmt werden: Hierdurch kommt es zu Produktions- und Nachfrageausfällen, die dazu führen, dass schwache Unternehmen kaum überleben werden. Diese Marktberreinigung der in Finanzkreisen so genannten „Zombieunternehmen“ wäre volkswirtschaftlich eigentlich gut, weil dann gesunde Unternehmen wieder wachsen könnten und Arbeitskräfte freigespielt werden. Die Staaten werden aber Arbeitslosigkeit und damit verbundene schlimme Einzelschicksale oder auch regionale Probleme verhindern wollen und somit versuchen, die strauchelnden Unternehmen zu retten.

Des Weiteren ist nicht abzusehen, welche Auswirkungen die Corona-Krise auf das zukünftige Konsumverhalten haben wird:

Werden die Menschen sich auf das eigentlich wirklich Wichtige im Leben besinnen? – Damit würden Luxusgegenstände wie (zu große) Autos, sprich SUV, ihre Bedeutung als Statussymbol verlieren.

Kommt es zu einer Vermögensdeflation bei Aktien, Immobilien und später Anleihen, sodass die Kaufkraft für Luxusgüter zurückgeht?

Kommt es zu einer Inflation, die dazu führt, dass Geldvermögen entwertet werden?

Oder geht die Party noch heftiger weiter als zuvor, weil alle nach monatelangem Verzicht alles nachholen und endlich wieder konsumieren?

Das kann niemand seriös vorhersagen. Wir müssen hier in allen möglichen kurzfristigen Szenarien denken, ohne den langfristigen Megatrend der CO<sub>2</sub>-Reduktion auf null aus den Augen zu verlieren.

Als Megatrend lässt sich schon erkennen, dass das Tempo zur Reduzierung von CO<sub>2</sub> im Verkehr massiv zugenommen hat:

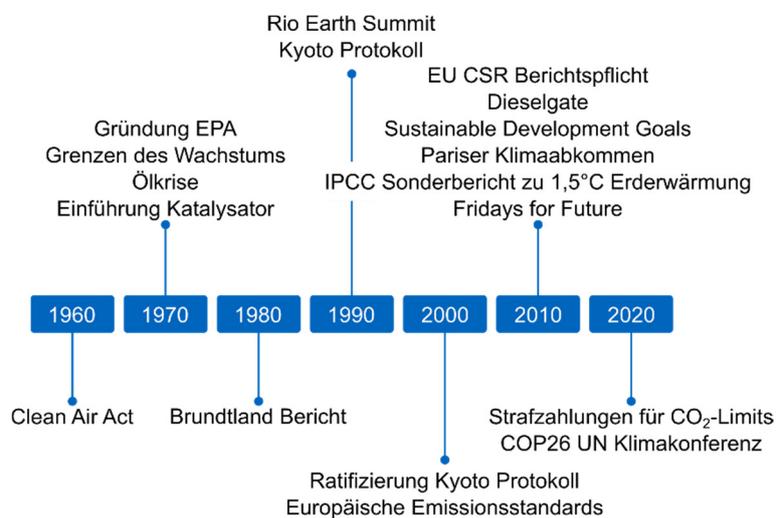


Abbildung 1.1: Wichtige Ereignisse, die zur Entwicklung der Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung beigetragen haben oder beitragen werden [Wolff2020].

Entsprechend kann die CO<sub>2</sub>-Reduzierung damit als Haupttreiber für die Einführung alternativer Antriebe gesehen werden. Weitere Aspekte, wie lokale Abgas- und Lärmemissionen und die Verfügbarkeit fossiler Energieträger, spielen eine untergeordnete Rolle.

### 1.1 Verfügbarkeit fossiler Energieträger

Ich kann mich, in Übereinstimmung mit meinen vorherigen Büchern, nur wiederholen: Wir haben bei den fossilen Energieträgern keine wirkliche Knappheit. Es gibt genug Öl, sei es durch Tiefseebohrungen, Fracking oder Teer-

sande. Der Abbau ist ökologisch bedenklich und die Förderkosten steigen immer weiter. Aus Erdgas ließen sich ebenfalls flüssige Kraftstoffe herstellen. Die Kosten sind entsprechend höher als bei konventioneller Förderung.

Durch die aktuelle Krise sehen wir, wieviel Öl wirklich lebensnotwendig ist und wie viel eigentlich „nur“ für Luxus ausgegeben wird. Wird einmal nicht so viel konsumiert, sinkt sogar der Ölpreis temporär in den noch nie dagewesenen negativen Bereich. Ich gehe davon aus, dass im geschäftlichen Bereich in Zukunft mehr Treffen virtuell abgehalten werden und die Reisetätigkeit zurückgeht. Im privaten Bereich würde bei endlichen Ressourcen der Preis die nach oben offenen Wünsche deckeln. Zur Not wäre Erdgas noch sehr lange verfügbar, sodass der automobiler Verkehr darauf umgestellt werden könnte.

Die Knappheit von fossilen Energieträgern wird also nicht das entscheidende Argument für das Ende des Verbrennungsmotors sein.

## 1.2 Lokale Abgas- und Lärmemissionen

Auch dieses Thema sehe ich nach Dieselgate als weitgehend gelöst: Heutige Fahrzeuge, sowohl Benzin- als auch Diesel, sind nach der Euro 6d-Temp-Abgasnorm entwickelt und damit „quasi sauber“. Die Lärmemissionen sinken ebenfalls bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren (ICEV). Natürlich sind Elektrofahrzeuge (BEV) nochmals deutlich leiser, unterscheiden sich aber von modernen Fahrzeugen nicht mehr signifikant.

Der Altbestand ist sowohl bei Abgas- als auch Lärmemissionen immer noch ein Problem, was sich aber im Laufe der Zeit durch den Austausch der Flotte von allein lösen wird. Ich rate der deutschen Politik, den Aspekt der lokalen Emissionen nicht für eine strategisch langfristige Entscheidung zu benutzen.

### 1.3 CO<sub>2</sub>

Die strikten Vorgaben zur CO<sub>2</sub>-Emission der Flotte seitens der EU werden den Automarkt bis zum Jahr 2030 bestimmen. Bis dahin muss der Verbrauch der Neuwagenflotte im Schnitt um 37,5 % also auf knapp 60 gCO<sub>2</sub>/km gesenkt werden. China hinkt den CO<sub>2</sub>-Vorgaben in der EU zeitlich hinterher, versucht aber, BEV direkt zu fördern, weil deren Wertschöpfung in China deutlich höher ist als die von ICEV. Japan hat ebenfalls schwächere Ziele als die EU. In den USA sind die Flottengrenzwerte deutlich höher; zudem sind SUV und Pickup als leichte Nutzfahrzeuge eingestuft und zählen damit nicht in die Pkw-Regelung hinein.

Im letzten Jahr wurde an den CO<sub>2</sub>-Vorgaben der EU massiv kritisiert, dass diese für BEV fälschlicherweise zu null definiert seien, diese aber im Betrieb (wenn nicht 100 % Erneuerbare Energien (EE) genutzt werden) große Mengen CO<sub>2</sub> ausstoßen.

Weiterhin wird – zu Recht – an der EU-Regelung kritisiert, dass die Produktionsemissionen nicht berücksichtigt werden. Bei beschränkter Lebensdauer der Batterien und geringerer Fahrleistung kann ein BEV beim gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß schlechter abschneiden als ein ICEV.

Aufgrund der vielen Argumente aus CO<sub>2</sub>-Sicht gegen das BEV möchte ich hier einen Exkurs einschieben und die vielen aufgebauten Hürden bis zur ersten Diskussion um das BEV beiseite räumen. Sollten Sie schon davon überzeugt sein, dass CO<sub>2</sub> ein Problem ist, können Sie diesen Exkurs gern überspringen. Die nachfolgenden Argumente sind leider nicht von Verschwörungstheoretikern oder Trumps Twitteraccount abgeschrieben, sondern wurden mir gegenüber von durchaus seriösen Fachleuten vorgebracht. Die meisten forschen an, oder verdienen Geld mit fossilen Kraftstoffen, Verbrennungsmotoren oder Wasserstoff und sind somit nicht ganz unvoreingenommen. Vielleicht sind deren Argumente ja auch richtig und ich irre mich – aber urteilen Sie gern selbst. Ich fange ganz am Beginn an:

*„CO<sub>2</sub> stellt gar kein Problem dar. Es führt nicht zur Erderwärmung, sondern ist sogar gut, weil es zur Pflanzendüngung beiträgt.“*

Ich bin kein Klimaexperte, sondern höre auf zigtausend Experten des IPCC, die den klaren Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub> und Erderwärmung bewiesen haben.

*„Die Vögel zwitschern, die Bäume sind grün und meine Heimat ist doch so ein schöner Platz.“*

Das ist in der Regel gar nicht böse gemeint, sondern nur der aktuelle Blick auf die eigene Scholle. Diese Leute bekommen vor Ort nichts vom Klimawandel mit und sind der Meinung, dass sich nichts verändert (hat) und alles ist, wie es schon immer war.

*„CO<sub>2</sub> mag ja zur Klimaerwärmung führen, aber es ist nicht menschengemacht. Der Mensch trägt ja nur wenige Prozent pro Jahr dazu bei.“*

Selbst wenn der Mensch pro Jahr nur 4 % Beitrag leistet, so reicht dies über Jahrzehnte wohl offensichtlich aus, um den CO<sub>2</sub>-Anteil entscheidend zu erhöhen. Das IPCC hat auch diesen Punkt klar nachgewiesen.

*„Selbst, wenn es zur Klimaerwärmung kommt, so hat dies ja auch positive Seiten. In Warmzeiten gab es in der Vergangenheit immer Hochkulturen.“*

Richtig ist, dass es sicher Klimagewinner gibt. So werden die nordischen Staaten und Russland mehr landwirtschaftliche Flächen nutzen können; Schifffahrtswege und andere Verkehrswege werden länger passierbar sein. Ungleich schwerer wiegt allerdings das Los der Verlierer: Dürren, Hitzewellen, sterbende Meere und der steigende Meeresspiegel, der viele Landstriche unbewohnbar macht, können wir nicht akzeptieren.

Aus meinem nahen Umfeld höre ich auch folgende Argumentation:

*„Ich bin ja schon Vegetarierin. Damit spare ich so viel CO<sub>2</sub> ein, dass ich damit nach Neuseeland in Urlaub fliegen kann.“*

Der Natur ist es leider ziemlich egal, wieviel ich spare. Entscheidend ist nur, wieviel CO<sub>2</sub> ich ausstoße. Konsequenterweise müssten wir aus CO<sub>2</sub>-Sicht fast wie ein Mönch le-

ben: Wenig Fleisch essen, keine längeren Reisen unternehmen, wenig Konsum genießen und in einer kleinen Wohnung leben. Die Erde erträgt nur einen Ausstoß von im Schnitt 2 Tonnen pro Person und Jahr. In Deutschland stoßen wir ca. 9 Tonnen aus. Das zeigt den krassen Gegensatz zwischen unserem derzeitigen Leben und dem, was wir eigentlich nur dürften. Viele Bürger sind der Meinung, es würde ausreichen, eine bestimmte politische Partei zu wählen. Diese würde dann dafür sorgen, dass wir weiterhin wie bisher leben können, ohne etwas ändern zu müssen. Das ist aus physikalischer Sicht natürlich eine Illusion: Jeder könnte schon heute viel ändern, wenn er denn nur wollte.

Im Folgenden habe ich Argumente aufgeführt, die Ihnen vielleicht abstrus erscheinen, zum Teil aber von hochkarätigen Professoren stammen. Sie beruhen teilweise auf veralteten Zahlen der neuen Technologien oder einer besonders optimistischen Einschätzung bestimmter Technologien. Manche Argumente bewerten nebensächliche Effekte als sehr relevant. Urteilen Sie gern selbst:

*„Die Alternativen zum ICEV sind ja auch nicht besser: Das BEV emittiert wegen der Batterieproduktion in Summe mehr CO<sub>2</sub> als ein Diesel.“*

Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Batterieproduktion hat sich im Laufe der Jahre gedrittelt. Zudem kann man die Batterien mit immer mehr EE herstellen.

*„Die Batterien von BEV halten nur 150.000 km.“*

Schon die ersten Batterien hielten mindestens 700 Zyklen, was bei kleinen Batterien und geringen Reichweiten wirklich den 150.000 km entspricht. Inzwischen erreichen Batterien eher 1500 Zyklen und die Fahrzeuge 400 km Reichweite, was dann schon 600.000 km Lebensdauer bedeutet.

*„Beim Betrieb von Elektroautos nutzen wir PV-Energie, deren Produktion sich ja erst nach 10 Jahren energetisch amortisiert.“*

PV-Zellen amortisieren sich inzwischen energetisch innerhalb von weniger als 3 Jahren.

*„Die Windkraft führt dazu, dass der Wind gebremst wird und die Erde sich langsamer dreht.“*

Im Verhältnis zur gesamten Energie des Windes bremsen die Windkraftanlagen nur einen Bruchteil dessen ab, so dass der Effekt lokal vorhanden ist, global aber keine Rolle spielt.

*„Die Produktion von E-Fuels (Kraftstoffen aus CO<sub>2</sub> und viel Energie) könnte so viel CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entfernen, dass die Erde zu stark abkühlt.“*

Die E-Fuels werden irgendwann auch wieder verbrannt, sodass die CO<sub>2</sub>-Bilanz bei null liegt.

*„Die Herstellung von Wasserstoff aus EE aus Überschussstrom ist kostenlos, sodass sich das schon bald lohnt.“*

Wasserstoff kann man natürlich immer gesund rechnen, wenn man mit Kosten für EE von 1 ct/kWh rechnet, gleichzeitig aber die Ladeenergie des BEV mit 30 ct/kWh aus dem Netz annimmt.

Das nächste und schönste Argument lautet dann:

*„Weist uns doch erst einmal nach, dass das mit dem CO<sub>2</sub> alles wirklich so schädlich ist. Vorher ändern wir gar nichts.“*

Ein fairer und gewissenhafter Ingenieur würde so nie argumentieren. Er würde eine Technologie erst in Betrieb nehmen oder fortführen, wenn sicher nachgewiesen ist, dass diese unschädlich ist. Es gibt aber faktisch den Beweis der Treibhausgaswirkung von CO<sub>2</sub> und die katastrophalen Prognosen über dessen Auswirkungen. Somit ist für jeden Ingenieur und Wissenschaftler hinreichend belegt, dass CO<sub>2</sub> schädlich ist.

Dann gibt es auch die nächste Gruppe von Menschen, die sagt:

*„Das stimmt ja alles mit dem CO<sub>2</sub> und der Erderwärmung und den Schäden. Es ist aber eine Abwägung zwischen Ökologie und Ökonomie. Wir müssen warten, bis die neuen Technologien so weit sind.“*

Tja – da kann man halt manchmal bis zum „Sankt-Nimmerleins-Tag“ warten. Neue Technologien werden erst dann ökonomisch, wenn sie in große Stückzahl gehen – und sie gehen erst in große Stückzahl, wenn sie ökonomisch sind: Das klassische Henne-Ei-Problem. Die Politik muss also erfolgversprechende Technologien über Gesetzgebung erzwingen oder subventionieren, um über den sogenannten „Enthalpieberg“ (eine Mindestenergie zur Aktivierung der Reaktion) zu kommen.

Die nächste Gruppe an Menschen macht mir aber eher Kummer:

*„Es mag ja sein, dass es zur Erderwärmung kommt und dass das schlimme Folgen hat. Aber mich betrifft das nicht oder bis dahin bin ich schon tot. Das Problem soll die nachfolgende Generation lösen.“*

Dies ist eine klassische „Nach mir die Sintflut“-Argumentation, gegen die ich dann auch nicht mehr ankomme. Meiner Meinung nach kritisiert Greta Thunberg genau diesen Punkt stark.

Oder wie ein Jugendlied von Deichkind das schön zum Ausdruck bringt:

„Autos machen Dreck,  
Umwelt geht kaputt  
Doch 'ne fette neue Karre is'  
Leider geil.“

Wenn Sie mit mir all' diese argumentativen Hürden überwunden haben und davon überzeugt sind, dass wir CO<sub>2</sub> massiv reduzieren müssen, lade ich Sie ein, die nachfolgenden Kapitel zu lesen. Wenn nicht, hören Sie am besten hier auf zu lesen und verschwenden Sie nicht Ihre Zeit.

Die EU ist übrigens davon überzeugt und möchte bis zum Jahr 2050 möglichst CO<sub>2</sub>-frei werden. Dazu ist eine weitgehende Umstellung aller Bereiche auf EE erforderlich. Das geht sogar so weit, dass Länder daran interessiert sein könnten, elektrische Speicher aus strategischen Gründen innerhalb der Staatsgrenzen zu halten.

Wie dieser Weg der Elektrifizierung der Pkw aussehen kann, versuche ich in den nachfolgenden Kapiteln zu schildern. Nur nochmal als Randbemerkung: Autos werden nach dem ersten Leben in Deutschland in weniger reichen Ländern noch lange genutzt und haben Lebensdauern von teilweise 20 Jahren. Wir dürfen demnach schon 2030 nur noch Fahrzeuge neu in den Markt bringen, die potentiell (also zumindest in naher Zukunft) komplett CO<sub>2</sub>-frei sind.

#### 1.4 CO<sub>2</sub>-Bilanz der Energieträger

Recht anschaulich zeigt das nachfolgende Diagramm den CO<sub>2</sub>-Ausstoß verschiedener Kraftstoffe auf der y-Achse. Aufgetragen sind die äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Betrieb des Fahrzeugs von der Quelle (z.B. Rohölförderung) bis zum Rad. Die Produktion ist hier noch nicht berücksichtigt. Wenn bereits im Betrieb eine CO<sub>2</sub>-Freiheit schon nicht möglich ist, so eignet sich diese Antriebsform langfristig nicht für einen CO<sub>2</sub>-emissionsfreien Antrieb. Die Produktion wird in nachfolgenden Kapiteln mit eingerechnet.

Fossile Kraftstoffe wie Benzin und Diesel eignen sich nicht für eine CO<sub>2</sub>-freie Mobilität. Die noch zu erwartenden Einsparungen beim ICE sind nur durch umfangreiche Vollhybridisierung (HEV) zu erreichen. Ein weiterer Schritt ist dann der Plug-In Hybrid (PHEV). Selbst damit kommt man unter realen Bedingungen nur in den Bereich von 100 gCO<sub>2</sub>/km. FCEV, die Wasserstoff aus Erdgasreformierung nutzen und BEV, die mit dem heutigen Strom-Mix geladen werden, sind besser als die vorgenannten Energieträger. Erst mit der Nutzung von 100 % EE wird der Betrieb von FCEV, BEV und ICEV mit E-Fuels (Power to Liquid: PtL oder auch Synthetische Kraftstoffe genannt) fast komplett CO<sub>2</sub>-frei.

Dann ist es aber wichtig, wieviel Primärenergie für die Herstellung aufgewandt werden muss. Das ist auf der x-Achse aufgetragen. Die Kraftstoffe im linken unteren Bereich sind also am besten für zukünftige Fahrzeuge geeignet, weil sie CO<sub>2</sub>-frei sind und wenig Primärenergie, d.h. wenig Investitionen für EE, benötigen.

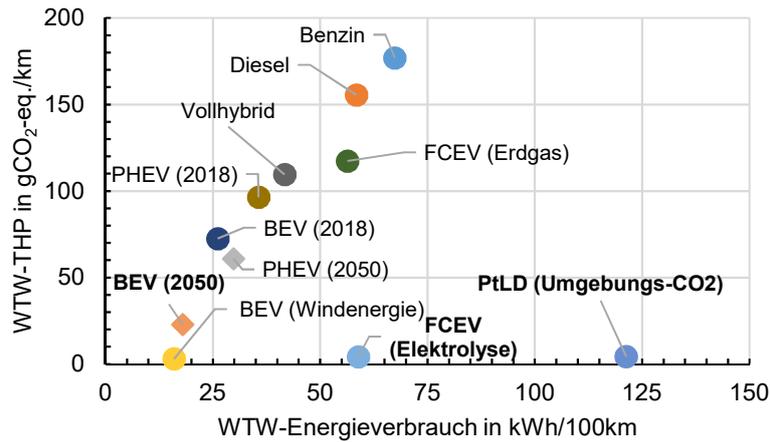


Abbildung 1.2: Well-to-Wheel (WTW)-CO<sub>2</sub>-Emissionen und -Primärenergiebedarf verschiedener Antriebsformen für ein Fahrzeug der Kompaktklasse [Meral2019]. THP: Treibhausgaspotential.

Prinzipiell kommen natürlich alle Energieträger für Fahrzeuge mit null CO<sub>2</sub>-Emissionen in Frage. Es geht dann nur noch darum, wie praktikabel (z.B. beim Tanken oder Laden) und wie teuer diese Energieträger sind. Die Kosten hängen unmittelbar mit den Kosten für die Erzeugung der benötigten Primärenergie zusammen.

Im folgenden Kapitel beleuchten wir diese noch verbleibenden möglichen Energieträger.

### 1.5 Mögliche CO<sub>2</sub>-freie Energieträger

Unter der Prämisse, dass bis 2050 sowieso die Mobilität CO<sub>2</sub>-frei sein muss, stellt sich eigentlich nur noch die Frage, was das dann kosten wird. Und das führt recht schnell auf die Frage nach dem Primärenergiebedarf für die Produktion der verschiedenen Kraftstoffe bzw. des Antriebstrangs. Ginge man davon aus, dass Primärenergie keine Rolle spielt, dann landet man bei Raumschiff Enterprise, bei dem mit Antimaterie-Reaktoren Warpfelder erzeugt werden oder Quantensingularitäten als Energiequelle genutzt werden. Leider müssen wir wohl noch lange damit leben, dass Energie nicht im Überfluss zur Verfügung stehen wird und somit Geld kostet.

Exkurs: Wozu Fehleinschätzungen beim Primärenergiebedarf führen, zeigt am besten der Einsatz von Kohlenstoff-faser-verstärkten Kunststoffen (CFK). Die Produktion ist

extrem energieintensiv, was dazu führt, dass sich die, durch das geringere Gewicht eingesparte Antriebsenergie, im Fahrzeugleben nur bei extrem hohen Laufleistungen amortisiert. Die hohen Kosten von CFK haben dazu geführt, dass es nach einer anfänglichen Euphorie inzwischen fast vollständig aus Pkw-Massenprodukten verschwunden ist. Den gleichen Fehler kann man natürlich auch bei der Batterieproduktion von BEV machen. Werden zu große Batterien für kleine Laufleistungen eingesetzt, ergibt das weder ökologisch noch ökonomisch Sinn.

Wir schauen uns also hier nur noch die Energieträger an, die prinzipiell bis 2050 CO<sub>2</sub>-neutral herzustellen sind. Dann bleiben nach heutigem Stand der Technik nur noch E-Fuels, Wasserstoff und das BEV übrig. Biokraftstoffe kommen bis 2050 nicht in Frage, weil der Bedarf an Energie damit schlicht nicht zu decken ist. Zumindest bis zum Jahr 2030 ist der Anteil von Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse, die vor Allem durch die Teller-oder-Tank-Diskussion in Erinnerung geblieben sind, in der EU auf 7 % gedeckelt. Zwar kommen noch fortschrittliche Biokraftstoffe aus Pflanzenresten oder Altöl dazu, jedoch gehen selbst Optimisten davon aus, dass sich der Anteil von Biokraftstoffen bis 2030 von heute 5 % auf höchstens 12 % steigern lässt.

Ich gehe davon aus, dass die Produktion der elektrischen Energie 2050 in der EU zu 90 % aus EE kommen wird. Diese wird zum Großteil durch PV und Windkraft erzeugt, die leider stark fluktuieren. Deshalb sind die Energieträger im Vorteil, die bei Überangebot schnell die überschüssige Energie aufnehmen können, besonders diejenigen, die sogar in sogenannten Dunkelflauten wieder Energie ins Netz zurückspeisen können: Wasserstoff, Gas und in Batterien gespeicherte elektrische Energie.

Zu Recht kritisieren viele, dass diese Energieträger heute noch nicht CO<sub>2</sub>-frei hergestellt werden. Das kommt daher, dass sie im Strom-Mix erzeugt werden oder zusätzliche Kraftwerke erfordern, die dann sogar die Verbrennung von Kohle zur Folge haben können. Mit der Perspektive 2050 sollte das aber keine Rolle mehr spielen und wir dürfen

hoffentlich von 90 % EE bei der Stromproduktion ausgehen – sonst haben wir realistisch betrachtet sowieso keine Chance, das CO<sub>2</sub>-Problem zu lösen. Für Deutschland bedeutet dies zum Beispiel, dass wir die Erzeugung von elektrischer Energie verdoppeln und die Erzeugung von EE verfünffachen müssen. Nur so können wir die Wärmeversorgung auf elektrisch betriebene Wärmepumpen umstellen und Verkehr und Industrie auf CO<sub>2</sub>-freie Energieträger. Das werden wir in Deutschland wahrscheinlich lokal nicht leisten können, sondern müssen mindestens europäisch, vielleicht sogar global denken. Windkraftanlagen gehören an die Küsten, Solaranlagen in die sonnenreichen Gebiete und alles muss mit leistungsfähigen Netzen verbunden werden. Zur Glättung der Tagesganglinie der Sonne ist der Vorstoß von China zu begrüßen, durch Hochspannungsgleichstromübertragungs-Netze (sehr verlustarme Form der Energieübertragung über weite Strecken) ein weltumspannendes Stromnetz zu schaffen. Lokale Lösungen sind sicher nötig und sinnvoll, werden aber das Problem der Dunkelflauten nicht lösen.

Ich empfehle der Politik, jegliche Ausbaudeckel zu beseitigen. Wir werden enorm viel billigen Strom benötigen, um den Umstieg in eine CO<sub>2</sub>-freie Welt zu schaffen. Und wenn zu bestimmten Zeiten überschüssiger Strom vorhanden ist, müssen wir den zur Not „wegwerfen“, damit wir zu normalen Zeiten genügend Strom aus EE zur Verfügung haben. Nutzer dafür werden sich schon finden, wenn endlich der Verbrauch minutengenau bepreist wird.

Ich werde nun auf die Wirkungsgrade und damit Kosten, die sinnvollen Anwendungen und die Eignung für die Netzstabilisierung der verschiedenen Energieträger eingehen.

### 1.5.1 BEV

Das BEV kann prinzipiell CO<sub>2</sub>-frei produziert und betrieben werden. Dazu muss die energieintensive Batterieproduktion weiter optimiert werden und so weit wie möglich mit EE erfolgen. Dies geht bei der Zellproduktion in den Batteriefabriken prinzipiell gut, bei den Produkten der Vorkette ist das schwieriger, weil z.B. Minenfahrzeuge (zwar teil-

weise schon durch Oberleitungen betrieben) zur Gewinnung der Rohstoffe oder Schiffe zum Transport dieser noch längerfristig mit fossilen Kraftstoffen betrieben werden.

#### 1.5.1.1 Wirkungsgrad/Kosten

Der elektrische Wirkungsgrad bis zum Rad liegt beim BEV bei etwa 80 % und damit vier- bis sechsmal höher als bei den E-Fuels und bei Wasserstoff. Das macht es beim Betrieb unschlagbar günstig. Ein hohes Netzentgelt, Stromsteuern, etc. haben wir, ähnlich wie bei den anderen Energieträgern, zur Vergleichbarkeit herausgerechnet.

#### 1.5.1.2 Anwendung

Das BEV rechnet sich schon heute gegenüber dem ICEV bei hohen Laufleistungen im Kurzstreckenverkehr, also z.B. bei Taxis. Bei großer Batterie und geringen Laufleistungen ergibt das BEV jedoch ökologisch und ökonomisch wenig Sinn. Je schwerer Fahrzeuge werden und je größer die zurückgelegten Einzelstrecken, desto ungünstiger wird das BEV.

#### 1.5.1.3 Netzstabilisierung

Das BEV steht häufig mehrere Stunden ungenutzt herum und kann in den meisten Fällen währenddessen zu beliebiger Zeit geladen werden. Die Batterie des BEV ist mit entsprechender Wallbox (AC 11 kW) beim Anschluss an das Netz in der Lage, dieses durch Rückspeisung mit der angegebenen Leistung über mehrere Stunden zu stabilisieren.

Damit ist das BEV der schnelle, flexible und damit ideale Verbraucher und Speicher für das Netz, um Angebotschwankungen über wenige Tage hinweg auszugleichen. Jahreszeitlich bedingte Schwankungen kann das BEV natürlich nicht ausgleichen.

### 1.5.2 PHEV

Ich möchte doch noch auf das Plug-In-Hybridfahrzeug (PHEV) eingehen, obwohl dieser Antrieb nur dann CO<sub>2</sub>-frei wäre, wenn der verbrennungsmotorische Antrieb mit E-Fuels erfolgen würde. Das Konzept klingt zuerst einmal überzeugend: In einem PHEV wird nur eine kleine Batterie

mit ca. 20 kWh verbaut, die für etwa 50 km elektrische Reichweite, und somit für die Mehrzahl der Fahrten, ausreicht. Bei (seltenen) längeren Fahrten wird dann der Verbrennungsmotor, quasi als Range Extender, genutzt. Somit spart man gegenüber einem BEV die große Batterie ein. Der Kunde erhält ein universell einsetzbares Fahrzeug ohne jeglichen Verzicht. Die Logik scheint bestechend, weist aber etliche Schwächen auf:

- Das PHEV benötigt ebenso einen kompletten elektrischen Antriebsstrang, vergleichbar mit dem eines BEV. Zusätzlich hat das PHEV einen vollständigen verbrennungsmotorischen Antriebsstrang und dazu noch ein aufwendiges Automatikgetriebe, um die elektrische Traktionsmaschine zu integrieren. Die Mehrkosten dafür belaufen sich, je nach Fahrzeugkategorie, auf ca. 4000 €.
- Die Batterie ist zwar kleiner, benötigt aber prinzipiell sämtliche Bauteile, die auch ein BEV enthält, wie (Batteriemanagementsystem, Sicherungen, etc.). Zudem müssen die kleineren PHEV-Batterien für spezifisch höhere Leistungen ausgelegt werden als beim BEV mit der größeren Batterie. Die Batterie wird damit pro kWh schwerer und teurer als beim BEV. Man spart also maximal die Zellkosten von etwa 4000 € bei etwa 40 kWh weniger Batteriekapazität als beim BEV. Somit wird ein PHEV kaum billiger als ein BEV.
- Viele Kunden laden das PHEV gar nicht, sondern fahren ausschließlich verbrennungsmotorisch. Das wurde in vielen Feldversuchen schon nachgewiesen. Gründe hierfür sind nicht vorhandene Lademöglichkeiten, Bequemlichkeit oder der mangelnde Wille, weil man beispielsweise bei Dienstwagen den Strom zu Hause selbst bezahlt, während die Tankrechnung vom Arbeitgeber übernommen wird.
- Die Verbräuche von PHEV und Hybridfahrzeug (HEV) werden anhand des WLTP ermittelt. Es bietet sich daher an, sowohl Batteriegröße als auch Betriebsstrategie der Fahrzeuge auf den Zyklus hin zu optimieren, was natürlich nur bedingt dem realen Betrieb entspricht. Außerdem berücksichtigen die

Zyklen nicht, dass die Kunden die Fahrzeuge nicht laden.

- PHEV sind schwerer als ICEV, weil sie mehrere hundert Kilogramm Mehrgewicht durch den Elektroantrieb und die Batterie mitschleppen. Somit weisen sie einen generell höheren Verbrauch als ICEV auf. Hinzu kommt, dass aus Kosten- und Gewichtsgründen PHEV eher in Verbindung mit Ottomotoren angeboten werden. Diese weisen bauartbedingt einen höheren Verbrauch als Dieselmotoren auf. So wundern sich viele Kunden, dass sie im Realbetrieb mit einem Ottomotor-HEV einen höheren Verbrauch haben als mit einem ICEV-Dieselmotor.
- Fraglich ist auch die Dauerfestigkeit der Batterie. Diese wird im Gegensatz zum BEV viel häufiger zyklisiert. Wenn die Batterie nur für die gesetzlichen Anforderungen im Zyklus ausgelegt wird, kann sie im Realbetrieb recht schnell altern, was hohe Kosten zur Folge hat oder dazu führt, dass sie nicht mehr benutzt wird. Dieses Problem stellt sich ebenso bei HEV – auch hier kann eine rein gesetzeskonforme Auslegung zu verminderter Einsparung im Realbetrieb führen.

PHEV werden dennoch in Deutschland gerne gekauft, weil sie hier, aufgrund des massiven Lobbyismus der Premiumhersteller, als Dienstwagen stark subventioniert sind. Zudem dürfen PHEV Innenstadtparkplätze für BEV benutzen – alles nur Vorteile aus Sicht eines Dienstwagenfahrers.

Ich sage das zum wiederholten Male klar und deutlich: Der Umwelt bringt das PHEV nichts. Deutschland spielt beim PHEV eine weltweite Sonderrolle, während der Rest der Welt auf BEV setzt. In den Niederlanden wurde die Förderung von HEV und PHEV 2020 abgeschafft. Damit wird das PHEV in wenigen Jahren als Übergangslösung vom Markt verschwinden. Alle Hersteller, die in die Entwicklung und Serienfertigung viel Geld investiert haben, werden daraus keine Rendite mehr ziehen.

### 1.5.3 Wasserstoff

Ich betrachte hier nur den Weg des durch EE aus Wasser gespaltenen Wasserstoffs und die Umsetzung in einer Brennstoffzelle. Die Synthese aus Erdgas ist kein CO<sub>2</sub>-freier Weg, Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC) werden sich aus verschiedenen Gründen (komplett neue Infrastruktur, schlechterer Wirkungsgrad als Brennstoffzelle, hoher Aufwand im Fahrzeug, um LOHC in Wasserstoff umzuwandeln) nicht durchsetzen. Die Verbrennung von Wasserstoff in einem ICEV, hat zwar den Vorteil, dass keine neue Technologie entwickelt werden muss, ist aber energetisch noch schlechter als der ohnehin schon verlustreiche Weg über die Brennstoffzelle.

In dem oben geschilderten Umwandlungsweg ist Wasserstoff wirklich CO<sub>2</sub>-frei. Er wird deshalb derzeit wieder massiv gefördert. Der Hauptgrund, warum er sich aber immer noch nicht in der Masse durchsetzt, sind die Kosten.

#### 1.5.3.1 Wirkungsgrad/Kosten

Der Wirkungsgrad von Wasserstoff in der gesamten Produktionskette beträgt etwa 40 %. Fachleute rechnen deshalb im optimistischen Fall 2030 mit Kosten von 3,50 - 5,00 €/kg Wasserstoff zzgl. Steuern und Abgaben an der Tankstelle (entspricht 1,00 – 1,44 €/l Diesel). Dazu müsste der Wasserstoff in sonnen- und windreichen Gegenden erzeugt und dann per Schiff und Lkw oder Pipeline zu den Verbrauchern transportiert werden. Derzeit wird Wasserstoff noch für ca. 9,50 €/kg angeboten, ist dann aber aus Erdgas reformiert und nicht CO<sub>2</sub>-frei. 1 kg Wasserstoff kostet an der Tankstelle entsprechend 2,80 €/l Diesel. Das ist schon sehr hoch, unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades sind die zusätzlichen Kosten gegenüber fossilen Kraftstoffen allerdings geringer. Die Kosten für das Fahrzeug sind aber noch erheblich aufwendiger als bei einem ICEV: Der Hochdrucktank aus CFK, ein kompletter elektrischer Antriebsstrang, eine Pufferbatterie und der Brennstoffzellen-Stack sind und bleiben erheblich teurer als die Komponenten eines BEV. Gegenüber dem BEV muss der Kunde somit einen erheblich höheren Kaufpreis bezahlen und zusätzlich noch höhere Betriebskosten tragen.

### 1.5.3.2 Anwendung

Aus Kostengründen scheidet Wasserstoff derzeit und auch mittelfristig beim Pkw aus. Eine Chance hat der Wasserstoff möglicherweise beim Langstrecken-Lkw, wo das BEV aufgrund des hohen Gewichts erhebliche Nachteile verursacht. Die Anwendung in anderen Sektoren wie der Stahlindustrie zeigt auf der einen Seite, dass Wasserstoff ein wichtiger Bestandteil der Energiewende ist, auf der anderen Seite auch ein harter (Preis-)Kampf um den Rohstoff entstehen wird.

### 1.5.3.3 Netzstabilisierung

Bei der Energieabnahme kann Wasserstoff in Gasturbinen verbrannt oder in Brennstoffzellen in elektrische Energie mit Verlusten von etwa 40-50 % umgewandelt werden. Diese Anlagen benötigen zudem hohe Investitionen.

## 1.5.4 E-Fuels

Mit E-Fuels sind synthetische Kraftstoffe gemeint, die aus CO<sub>2</sub> mithilfe von elektrischer Energie produziert werden. Das CO<sub>2</sub> wird bei großen CO<sub>2</sub>-Emittenten, wie beispielsweise Kohlekraftwerken, aus dem Abgas entnommen. In einer CO<sub>2</sub>-freien Welt stehen diese Quellen nicht mehr zur Verfügung. Dann müsste das CO<sub>2</sub> aus der Luft extrahiert werden, was deutlich energieaufwendiger ist.

Gasförmige E-Fuels haben gegenüber flüssigen E-Fuels Nachteile und werden sich daher nicht durchsetzen, weil die Wirkungsgradketten vergleichbar, der Altbestand an Erdgasfahrzeugen gering und die Neuentwicklung und Produktion von Erdgasfahrzeugen durch die Tanks teuer sind. Folglich wird diese Technologie durch keine Regierung und keinen OEM weiterverfolgt.

### 1.5.4.1 Wirkungsgrad/Kosten

In der Bilanz sind E-Fuels fast CO<sub>2</sub>-neutral, weil sie genauso viel CO<sub>2</sub> aus der Luft entnehmen wie sie nachher bei der Verbrennung im ICEV abgeben. Das Ganze hat jedoch einen Haken: Die Wirkungsgradketten führen zu sehr hohen Verlusten, sodass nur ca. 15 % der hineingesteckten elektrischen Energie genutzt wird. Dies führt in der Konsequenz zu enorm hohen Kosten. Derzeit werden deswegen knapp 2 €/l Kraftstoff (zzgl. Steuern) genannt.

#### 1.5.4.2 Anwendung

Das beste Argument für E-Fuels ist, dass sie im gesamten Altbestand genutzt werden können und somit sofort den CO<sub>2</sub>-Ausstoß reduzieren. ICEV können beibehalten werden, sodass keine Investitionen in neue Fahrzeugtechnologien erforderlich sind. Das eingesparte Geld kann zum Aufbau der Produktionsanlagen von E-Fuels eingesetzt werden.

Die E-Fuels werden sicher eine Bedeutung bei Flugzeugen erlangen, weil dort sowohl Batterie als auch Wasserstoff aus Gewichts- und Package-Gründen nur mit unzureichenden Reichweiten realisiert werden können.

#### 1.5.4.3 Netzstabilisierung

E-Fuels können nur dort kostengünstig hergestellt werden, wo EE extrem günstig sind. Das sind sonnen- und gleichzeitig windreiche Regionen (z.B. Afrika), die sich aber nicht in der Nähe von Ballungszentren befinden. Somit können die Anlagen keinen überschüssigen Strom der üblichen industriellen und privaten Energieverbraucher abnehmen oder zurückspeisen. Zudem können die Anlagen aus Prozess- und Wirtschaftlichkeitsgründen auch nicht beliebig fluktuierend betrieben werden. Die Anlagen sind reine Verbraucher und können das Netz nicht bei Dunkelflauten stabilisieren. Natürlich könnte man in Dunkelflauten E-Fuels in Dieselgeneratoren verbrennen. Das wäre aber energetisch gesehen der Super-GAU (10 % Gesamtwirkungsgrad). Außerdem kommt hinzu, dass sich auch sonnenreiche Regionen Klimaziele gesetzt haben, die sie mit erneuerbaren Energien erreichen wollen. Erst, wenn dieser Bedarf gedeckt ist, stünde der überschüssige Strom für Kraftstoff zum Export zur Verfügung.

### 1.6 Resümee

E-Fuels eignen sich vor allem bei Flugzeugen und für Fahrzeuge im Altbestand mit sehr geringen Laufleistungen. Bei Pkw und Lkw sind die E-Fuels aufgrund des schlechten Wirkungsgrades und dadurch hohen Kosten in der Breite derzeit unbezahlbar. Dies wird voraussichtlich langfristig, sprich mit sinkenden Kosten von EE, so bleiben.

Wasserstoff ist ebenso in absehbarer Zukunft wegen hoher Kosten im Pkw nicht einsetzbar, könnte aber bei Langstrecken-Lkw in Zukunft eine Option darstellen.

Das BEV entwickelt sich aus Kostengründen für Pkw und teilweise Lkw zu einer immer besseren Option.

Diese eher generellen Aussagen haben sich am Lehrstuhl in vielen Untersuchungen entwickelt und belegt. Dabei haben wir untersucht, in welchem Jahr welcher Energieträger die geringsten Kosten im Betrieb verursacht. Dies muss man natürlich der Fahrleistung entsprechend bewerten. Eine weitere Rolle spielt beim BEV die Größe der Batterie und damit die Reichweite, weil die Batterieproduktion in die Kosten eingeht.

Erst im Jahr 2050 können wir von einer CO<sub>2</sub>-freien Stromproduktion ausgehen. Bis dahin haben wir den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in verschiedenen Szenarien berechnet. Die Annahmen, Berechnungen und Ergebnisse zeigt das folgende Kapitel.

## 2 Mit welchem Antrieb fährt die Kompaktklasse 2030?

Werner Schmid & Sebastian Wolff

Wir möchten in diesem Kapitel die Daten sprechen lassen, weshalb wir viele technische Details und Diagramme verwenden. Am Ende des Kapitels fassen wir die Ergebnisse und die Kernaussagen noch einmal zusammen, sodass der eilige Leser Zeit sparen kann.

Jeder Energieträger gewinnt, wenn das Betrachtungsszenario günstig gewählt ist! Deshalb ist es umso wichtiger, Transparenz zu schaffen und einheitliche Szenarien für alle Kraftstoffe zu vergleichen. In diesem Kapitel wollen wir unterschiedliche Szenarien aufspannen, in denen wir die möglichen Antriebstechnologien hinsichtlich der drei Zielgrößen CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent, CO<sub>2</sub>-eq.), Kosten und Primärenergieverbrauch vergleichen. Wir verstehen unter einem Szenario einen bestimmten Zeitpunkt inklusive der dann geltenden Bedingungen für die Produktion und den Betrieb von Fahrzeugen. In der Produktion berücksichtigen wir die relevanten Komponenten des Fahrzeugs, im Betrieb die Energieträger selbst.

Zukunftsszenarien lassen sich über Wertebereiche für die einzelnen Parameter aufspannen, in deren Grenzen sich die Entwicklung mit großer Wahrscheinlichkeit bewegen wird. Der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit wegen beziehen wir uns für die folgenden Aussagen und Darstellungen allerdings nur auf den Mittelwert der Wertebereiche. Eine vollständige Beschreibung der Szenarien erfolgt in Anhang A.1 bis A.3.

Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit haben wir zunächst ein Referenz-Szenario definiert, das dem Stand der Technik im Jahr 2020 entspricht. Für das Jahr 2030 betrachten wir zwei Möglichkeiten: Zum einen ein realistisches Szenario, das die aktuellen Entwicklungen für alle

Antriebe gleichermaßen fortschreibt. Zum anderen ein Best-Case-Szenario, in dem für jede Antriebstechnologie der beste zu erwartende Einsatz (hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kosten und Primärenergie) angenommen wird. Mit diesem zeigen wir das Potential der einzelnen Antriebe auf, um eine langfristige Perspektive zu ermöglichen.

## 2.1 Vorgehen

Zur Berechnung der Zielgrößen CO<sub>2</sub>, Kosten und Primärenergie für die verschiedenen Antriebe reduzieren wir das Fahrzeug zunächst zu einem Basisfahrzeug ohne Antriebsstrang. Dieser sogenannte „Glider“ kann für alle Antriebe gleich eingesetzt werden. Anschließend wird dieser in der Produktion durch die entsprechenden Antriebskomponenten ergänzt, indem deren CO<sub>2</sub>-, Kosten- und Primärenergie-Werte zu denen des Gliders addiert werden. Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor kommen Diesel- oder Benzinmotor hinzu. Das BEV wird mit einer Batterie, Leistungselektronik sowie einer elektrischen Maschine für den Antrieb ausgestattet. FCEV benötigen neben der Brennstoffzelle, dem Wasserstofftank und der elektrischen Antriebsmaschine noch eine kleine Pufferbatterie (ca. 1,5 kWh), um die Trägheit der Brennstoffzelle zu kompensieren und die Möglichkeit zur Rekuperation zu schaffen. Die beschriebenen Komponenten werden skalierbar hinsichtlich der Leistung (kgCO<sub>2</sub>-eq./kW, €/kW, kWh/kW) und der Reichweite der Fahrzeuge (kgCO<sub>2</sub>-eq./kWh, €/kWh, kWh/kWh) parametrisiert. Mit diesem modularen Ansatz lassen sich beliebige Fahrzeuge konfigurieren und die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kosten und Primärenergie für die Fahrzeugproduktion berechnen.

Für unsere Untersuchung haben wir uns für den Vergleich von Fahrzeugen der Kompaktklasse entschieden. Zum einen werden in dieser Klasse Fahrzeuge aller Antriebstechnologien am Markt angeboten, zum anderen sind die Fahrzeuge, Verbräuche und Dimensionen geläufig und somit einfach nachvollziehbar. Die verwendeten Verbräuche entsprechen den Herstellerangaben im WLTP-Zyklus. Der VW Golf VIII (2,0 TDI und 1,5 TSI) ist hierbei unsere Refe-

renz, weil er trotz SUV-Boom immer noch das meistverkaufte Auto in Deutschland ist. Als vergleichbares Elektroauto nehmen wir den VW ID.3, den es in drei Varianten mit unterschiedlichen Batteriegrößen und somit Reichweiten gibt. Der Toyota Mirai (2014 – 2019) wird als Vergleichsfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb herangezogen. Dessen Entwicklung liegt zwar bereits einige Jahren zurück, dennoch stellt das Fahrzeug aufgrund seiner Größe den besten Vergleich zu Golf und Co. dar.

Die Ergebnisse für CO<sub>2</sub>, Kosten und Primärenergie stellen wir in Abhängigkeit der Reichweite der Fahrzeuge und der jährlichen Fahrleistung auf. Diese beiden Größen wurden von uns gewählt, weil sie jedem Autofahrer geläufig sind und somit eine kundennahe Einordnung in den Ergebnissen möglich ist.

Die Ergebnisse werden jeweils für eine Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren berechnet, was ungefähr dem durchschnittlichen Alter deutscher Fahrzeuge (9,5 Jahre) entspricht. Daten von Tesla-Fahrern haben gezeigt, dass moderne Lithium-Ionen-Batterien problemlos Laufleistungen von über 400.000 km erreichen. Wir gehen daher davon aus, dass ein Tausch der Batterie innerhalb der betrachteten 10 Jahre nicht notwendig ist. Wartungskosten haben wir nicht berücksichtigt, weil hierzu keine exakten Zahlen vorliegen. Eine Berücksichtigung dieser Kosten würde zu einem Vorteil für BEV und FCEV führen, weil diese im Vergleich zu ICEV wartungsärmer sind.

Wir haben beim BEV mögliche Vergütungen beim Einsatz zur Netzstabilisierung vernachlässigt. Diese würden aktuell 25 €/kW p.a. für kurzfristige Regelleistung ausmachen, d.h. bei einer zur Verfügung gestellten Lade-/Entladeleistung von 11 kW ließen sich 275 € p.a. einsparen.

## 2.2 Datenbasis

Welche Annahmen haben wir bei der Berechnung der drei Zielgrößen CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kosten und Primärenergie getroffen? Einerseits gehen wir davon aus, dass sich einige Parameter in den nächsten 10 Jahren nicht grund-

sätzlich verändern werden: Dazu gehören die Fahrzeuglebensdauer sowie die Produktion von Glidern, Verbrennungsmotoren, Elektromotoren (ASM/PSM) und Leistungselektronik. Andererseits beobachten wir bei anderen Parametern eine dynamische Entwicklung und einen erheblichen Einfluss auf unsere drei Zielgrößen. Dazu zählen bei BEV der Strom-Mix und somit der Ort der Batterie-Produktion sowie der Strom-Mix für den Betrieb der Fahrzeuge. Im Fall von FCEV spielen die Produktion der Brennstoffzelle, des Wasserstofftanks sowie der Pufferbatterie eine entscheidende Rolle. Hinsichtlich des Betriebs von FCEV ist die Art der Wasserstoffproduktion (Dampfreformierung, Elektrolyse) und der Ort (im Hinblick auf den dort geltenden Strom-Mix) essenziell. Analog steht für den Betrieb von ICEV die Herstellung von Benzin, Diesel und E-Fuels (PtLB, Power to Liquid Benzin; PtLD, Power to Liquid Diesel) im Mittelpunkt.

Den Primärenergiebedarf aus der Glider-Produktion brauchen wir nicht zu betrachten, weil er bei allen Antriebskonzepten gleich ist. Zudem macht er nur ca. 15 % des gesamten Primärenergiebedarfs über die Lebensdauer des Fahrzeugs aus.

Für das Referenz-Szenario im Jahr 2020 nehmen wir an, dass die Batteriezellen für BEV überwiegend in China hergestellt werden und die Fahrzeuge mit dem deutschen Strom-Mix betrieben werden. Bei FCEV gehen wir von Kleinserien in der Produktion und damit vergleichsweise hohen Kosten für Fuel-Cell-Stack und Tank aus. Der Wasserstoff, den es aktuell an Tankstellen zu kaufen gibt, wird zumeist mittels Dampfreformierung aus Erdgas hergestellt. Für E-Fuels existieren heute nur Pilotanlagen, die keine für den Pkw-Verkehr relevanten Mengen bereitstellen können. Aus diesem Grund spielen E-Fuels im Referenz-Szenario keine Rolle.

Im realistischen Szenario für 2030 erfolgt die Batterieproduktion und der Betrieb der Fahrzeuge in Deutschland mit dem dann vorherrschenden Strom-Mix, was sich im Vergleich zum heutigen Zeitpunkt positiv auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen auswirkt. Durch die geplante Giga-Factory von Tesla machen sich deutliche Skaleneffekte bemerkbar, sodass

die Herstellkosten gesenkt werden können. Die Kosten für Strom bleiben nahezu unverändert und entsprechen dem Preis an der Strombörse zuzüglich der Kosten der Netzinfrastruktur. Für FCEV gehen wir von einem Bestand von ca. einer halben Million Fahrzeugen aus. Dazu sind Kapazitäten einer mittleren Großserie erforderlich. Der Wasserstoff wird mittels Elektrolyse und einem Mix aus Wind- und Solarenergie hergestellt und per Lkw an die Tankstellen verteilt. Gleiches gilt für E-Fuels, für deren Herstellung das CO<sub>2</sub> aus der Luft entnommen wird. Wir gehen im realistischen Szenario davon aus, dass im Jahr 2030 der Großteil des Wasserstoffs und der E-Fuels innerhalb Europas produziert wird.

Das Best-Case-Szenario geht von Batteriekosten nahe den Materialkosten aus. Die Fahrzeuge werden ausschließlich mit erneuerbaren Energien betrieben, der Strompreis entspricht dabei den Selbstkosten für EE, beispielsweise einer privaten PV-Anlage. FCEV werden in Großserie produziert und der Wasserstoff über Pipelines, beispielsweise aus dem Nahen Osten oder Nordafrika, importiert. Dort sinken, im Vergleich zu Europa, die Stromkosten zur Elektrolyse und E-Fuels durch starke Skaleneffekte und höhere Energieerträge aus PV-Anlagen.

## 2.3 Ergebnisse

Fahrzeugkäufer lassen sich in ihrem Nutzungsverhalten anhand der zwei Freiheitsgrade Jahresfahrleistung und Reichweite charakterisieren. Aus diesem Grund zeigen wir für die verschiedenen Kombinationen der beiden Größen, welcher Antrieb hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kosten und Primärenergie der Beste ist.

Die Darstellung erfolgt je Zielgröße (CO<sub>2</sub>-Emissionen, Kosten und Primärenergie) in einem flächigen 2D-Diagramm, in dem der Antrieb, der für die jeweilige Kombination aus Reichweite und Laufleistung optimal ist, die farblich markierte Fläche einnimmt. Da aus dieser Darstellung jedoch nur das jeweilige Optimum unabhängig von den nächstbesseren Optionen hervorgeht, haben wir eine weitere Visualisierung gewählt: Zur Veranschaulichung der absoluten Verhältnisse stellen wir die Zielgrößenverläufe

der verschiedenen Antriebe über der Reichweite in einem Liniendiagramm dar. Die Jahresfahrleistung für diese Schnitt-Darstellung beträgt 15.000 km und entspricht der durchschnittlichen Jahresfahrleistung der Kompaktklasse in Deutschland.

Aufgrund der großen Anzahl an Darstellungen (drei Szenarien, drei Zielgrößen, zwei Darstellungen) können wir in diesem Kapitel nicht auf alle Einzelergebnisse eingehen und fokussieren uns daher auf die relevanten Erkenntnisse. Für den interessierten Leser findet sich im Anhang eine vollständige Zusammenstellung der Abbildungen.

### 2.3.1 Referenz-Szenario 2020

Der Vergleich von CO<sub>2</sub>-Ausstößen zwischen ICEV und BEV wird kontrovers in der Öffentlichkeit und in den Medien diskutiert. Einen zentralen Punkt stellt in dieser Debatte der CO<sub>2</sub>-Ausstoß dar, der bei der Batterieproduktion von BEV entsteht. Die Fahrzeuge starten bereits mit einem deutlich höheren CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Betriebsphase, was häufig als „CO<sub>2</sub>-Rucksack“ bezeichnet wird. ICEV hingegen stoßen das CO<sub>2</sub> vor allem während der Nutzungsphase aus, sodass sich die Frage stellt, ab welcher Gesamtfahrleistung BEV und ICEV „gleichauf“ sind. Dieser Punkt wird auch als „Break Even“ bezeichnet und definiert die Fahrleistung, die ein BEV in seiner Betriebsphase mindestens gefahren werden muss, um in Summe weniger CO<sub>2</sub> auszustoßen als dies bei einem ICEV der Fall gewesen wäre.

Im Referenz-Szenario befindet sich der Break Even zwischen Benzin-ICEV und BEV bei ca. 6.000 km/a (entspricht 60.000 km für 10 Jahre) für ein Fahrzeug mit 300 km Reichweite und für ein Fahrzeug mit 400 km Reichweite bei ca. 8.000 km/a (entspricht 80.000 km) (Abbildung 2.1). Folglich sind BEV bereits ab den genannten Fahrleistungen im Vorteil und erreichen mit steigender Laufleistungen noch größere Vorteile. Für niedrigere Laufleistungen und hohe Reichweiten hingegen ist das Benzin-ICEV bzw. FCEV geeignet.

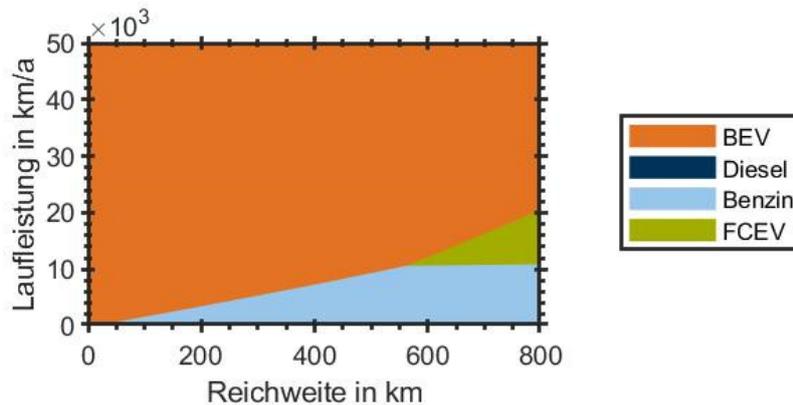


Abbildung 2.1: Bereiche minimaler Well-to-Wheel-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im Referenz-Szenario 2020 und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren.

Bei einer Fahrleistung von 15.000 km/a bewegen sich Benzin, Diesel und FCEV in einem Bereich von etwa 30 tCO<sub>2</sub>-eq. ± 5%. Das FCEV rangiert in diesem vergleichsweise hohen Bereich aufgrund der Wasserstoffherstellung durch Dampfreformierung. Um an dieser Stelle eine Größenordnung für die Absolutwerte der Emissionen zu geben: Deutsche Staatsbürger stoßen durchschnittlich pro Jahr und Kopf 8,7 tCO<sub>2</sub> aus, der indische Durchschnitt liegt bei nur 1,6 tCO<sub>2</sub>. Das BEV emittiert, in Abhängigkeit der installierten Reichweite, zwischen 20 und 30 tCO<sub>2</sub>-eq., sodass sich bei den derzeit gängigen BEV-Reichweiten (ca. 300 - 400 km) bereits 20 % der Emissionen gegenüber ICEV einsparen lassen. BEV mit großen Reichweiten (>600 km) bringen nur einen Vorteil, wenn sie für große Laufleistungen eingesetzt werden (>20.000 km/a).

In Abbildung 2.2 zeigt sich, dass die Kosten für Fahrzeuge zum heutigen Zeitpunkt je nach Laufleistung ab 150 - 250 km Reichweite für den Einsatz der fossilen Kraftstoffe sprechen. Das FCEV ist in allen Bereichen teurer und dementsprechend im Flächendiagramm nicht sichtbar.

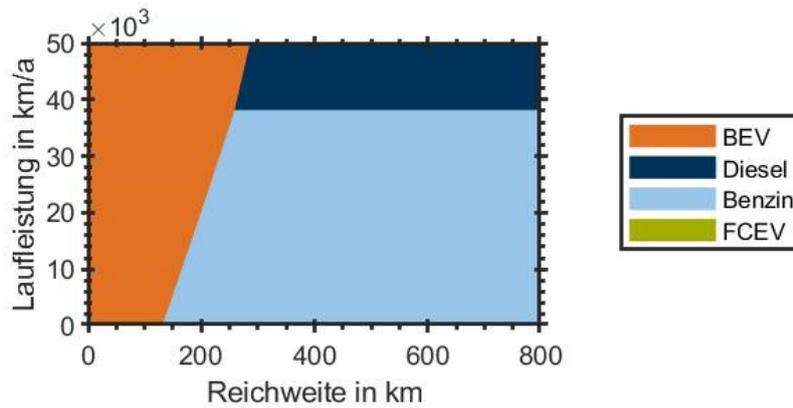


Abbildung 2.2: Bereiche minimaler Kosten im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im Referenz-Szenario 2020 und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren.

Aus der Schnittdarstellung in Abbildung 2.3 geht hervor, dass die Kosten für ICEV erwartungsgemäß unabhängig von der möglichen Reichweite sind, während sich für BEV eine deutliche Steigung aufgrund der größeren Batterie zeigt. FCEV verursachen in etwa die dreifachen Kosten von ICEV, sodass deren Einsatz unwirtschaftlich ist.

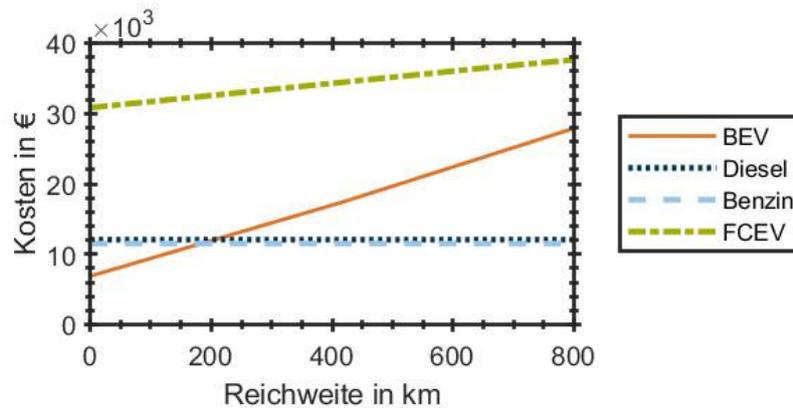


Abbildung 2.3: Direkter Vergleich der Kosten im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im Referenz-Szenario 2020 und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren.

Das flächige 2D-Diagramm der Primärenergie in Abbildung 2.4 zeigt die deutlichen Wirkungsgradvorteile des BEV: Außer für Fahrzeuge mit sehr geringer Laufleistung (<4.000 km/a) und großen Reichweiten (>500 km) ist das BEV im gesamten Laufleistung-Reichweite-Spektrum die beste Wahl. Zudem ist fraglich, wie ein sinnvoller Einsatz von Fahrzeugen mit hohen Reichweiten und geringen Laufleistungen aussehen würde – ein Fahrzeug, das vor allem zur jährlichen Fahrt in den Urlaub vorgehalten, sonst

aber kaum verwendet wird, wäre denkbar. Dieses Diagramm sieht bei den weiteren Szenarien nahezu identisch aus, daher werden wir nicht mehr weiter darauf eingehen. Derzeit weisen ICEV und FCEV vergleichbare Primärenergiebedarfe auf, die etwa doppelt bis dreimal so groß sind wie die der BEV.

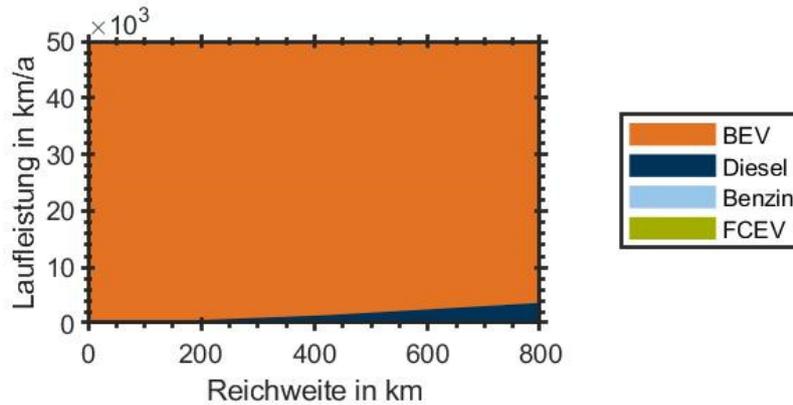


Abbildung 2.4: Bereiche minimaler Primärenergie im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im Referenz-Szenario 2020 und einer Fahrzeulebensdauer von 10 Jahren.

### 2.3.2 Realistisches Szenario 2030

Im realistischen Szenario 2030 (mit europäischer Kraftstoffproduktion) zeigt sich deutlich, dass E-Fuels einen Vorteil bei den  $\text{CO}_2$ -Emissionen haben, weil der „Rucksack“ der Batterie noch einen großen negativen Einfluss hat (Abbildung 2.5). Dennoch sinken die Emissionen im Vergleich zu fossilen Energieträgern bei allen Alternativen.

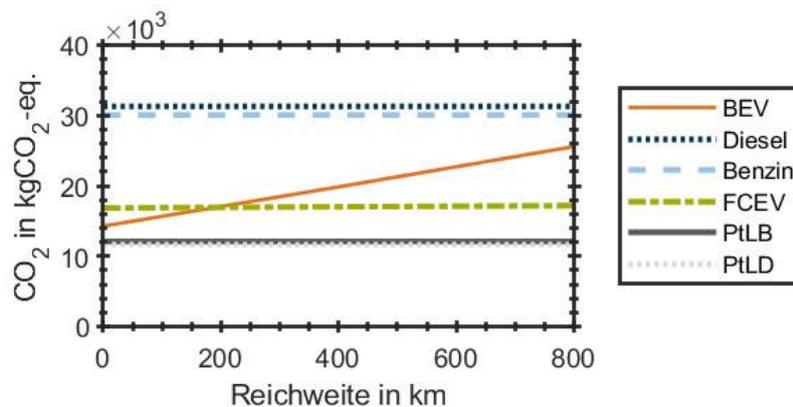


Abbildung 2.5: Direkter Vergleich der Well-to-Wheel- $\text{CO}_2$ -Emissionen im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im Szenario 2030 ohne Kraftstoffimporte und einer Fahrzeulebensdauer von 10 Jahren. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

Für das Flächendiagramm der minimalen Kosten (Abbildung 2.6) haben wir fossile Kraftstoffe weggelassen, weil sich dort ein ähnliches Bild wie für das Referenz-Szenario zeigt. Stattdessen nehmen E-Fuels den Platz der fossilen ein. Es zeigt sich, dass die relativ hohen Kosten der E-Fuels nur bei geringen Laufleistungen aber hohen Reichweiten wirtschaftlicher sind.

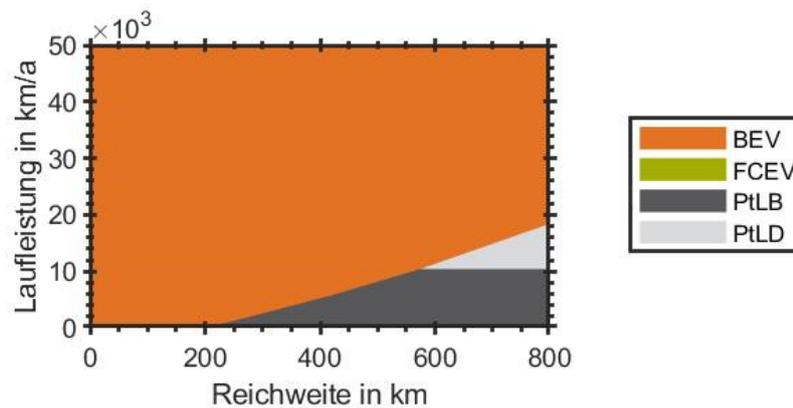


Abbildung 2.6: Bereiche minimaler Kosten im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im Szenario 2030 ohne Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

Während CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kosten sinnvolle Bereiche für E-Fuels aufweisen, wird deren Nachteil bei Betrachtung der Primärenergie deutlich (Abbildung 2.7). Das FCEV schneidet mit dem zwei- bis dreifachen Primärenergiebedarf im Vergleich zum BEV noch vergleichsweise gut ab. Die langen Prozessketten führen bei den E-Fuels jedoch zu einem fünf- bis siebenfachen Energiebedarf.

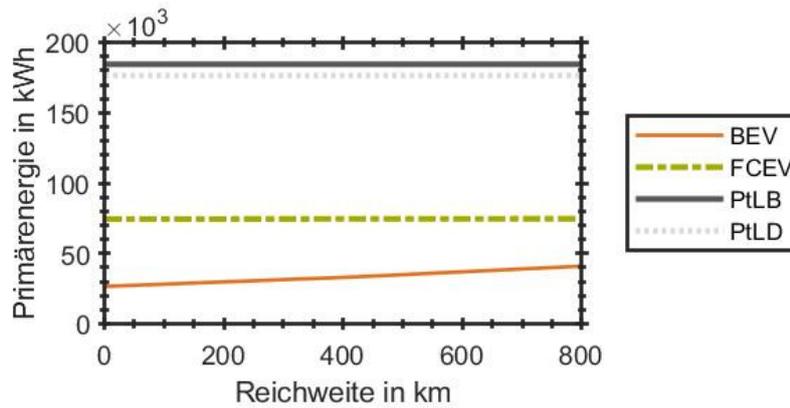


Abbildung 2.7: Direkter Vergleich der Primärenergie im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im Szenario 2030 ohne Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

### 2.3.3 Optimistisches Szenario 2030

Im optimistischen Szenario 2030 holt das BEV durch die angenommene, optimierte Batterieproduktion in bestimmten Bereichen auf (Abbildung 2.8). In Bereichen mit höheren Reichweiten und niedrigeren Laufleistungen sind die E-Fuels weiterhin besser.

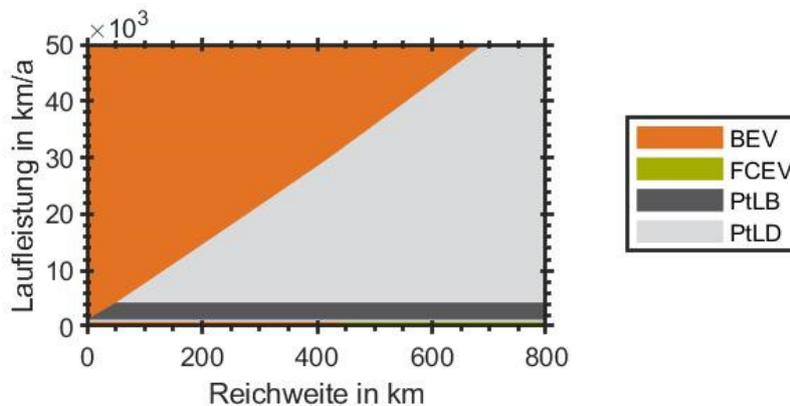


Abbildung 2.8 Bereiche minimaler Well-to-Wheel-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im optimistischen Szenario 2030 inkl. Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

Beim Blick in die Schnittansicht (Abbildung 2.9) wird allerdings deutlich, dass alle vier alternativen Antriebe relativ nahe beieinander liegen (12 tCO<sub>2</sub>-eq. ± 20%) und deutliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen gegenüber fossilen Kraftstoffen ermöglichen.

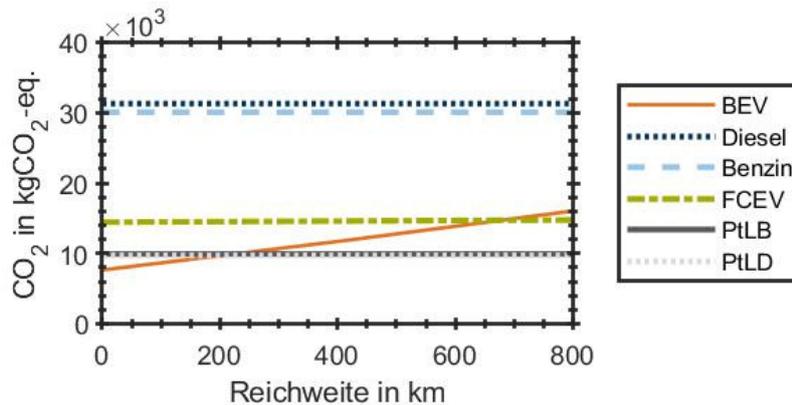


Abbildung 2.9: Direkter Vergleich der Well-to-Wheel-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im optimistischen Szenario 2030 inkl. Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

Auch im optimistischen Szenario 2030 haben wir die Kostenbetrachtung konventioneller Kraftstoffe weggelassen. Zwar werden im optimistischen Szenario die E-Fuels günstiger, dennoch bleibt das BEV in den meisten Anwendungsbereichen preiswerter (Abbildung 2.10).

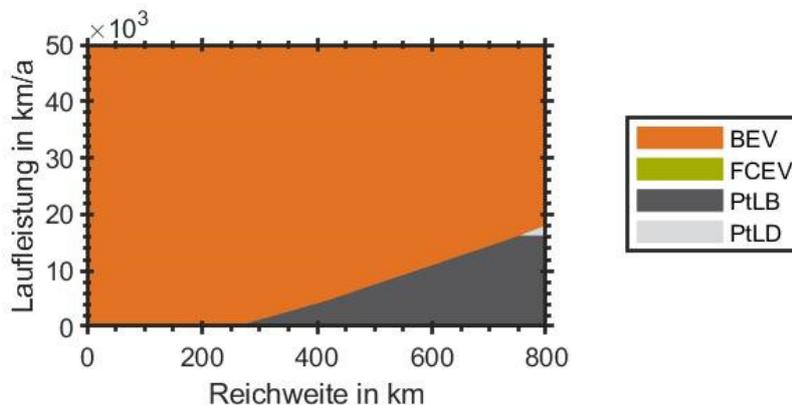


Abbildung 2.10: Bereiche minimaler Kosten im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im optimistischen Szenario 2030 inkl. Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

Die Schnittansicht bei 15.000 km verdeutlicht diesen Vorteil (Abbildung 2.11): Erst bei Reichweiten ab 650 km werden die Alternativen günstiger, wobei die Kosten für Wasserstoff und E-Fuels sehr ähnlich sind. Für den Primärenergiebedarf zeigt sich das gleiche Bild, wie im vorherigen Szenario.

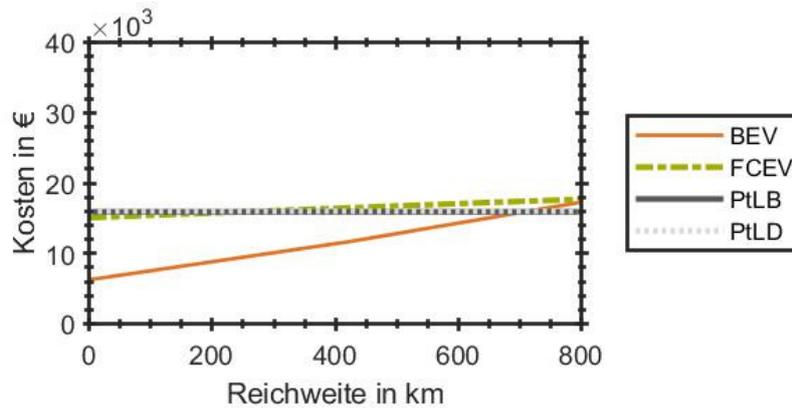


Abbildung 2.11: Direkter Vergleich der Kosten im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im optimistischen Szenario 2030 inkl. Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

### 2.3.4 CO<sub>2</sub>-Preise – Der Einfluss der Politik

Bei einer wirtschaftlichen Betrachtung stellt sich natürlich sofort die Frage nach dem Einfluss einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Im Jahr 2018 wurde William D. Nordhaus mit dem Wirtschaftsnobelpreis für ein Modell zur Berechnung von CO<sub>2</sub>-Preisen ausgezeichnet. Außerdem hat sich die Wirksamkeit dieser Maßnahme bereits in anderen Ländern, wie Schweden, der Schweiz und Frankreich, gezeigt.

Im Klimaschutzgesetz der Bundesregierung wurde ab 2021 ein Mindestpreis für fossile Energieträger von 25 €/tCO<sub>2</sub> eingeführt, der schrittweise bis zum Jahr 2025 auf 55 €/tCO<sub>2</sub> gesteigert wird. Ab dem Jahr 2026 gilt ein Korridor von 55 - 65 €/tCO<sub>2</sub>. Die Umsetzung der Bundesregierung liegt damit deutlich unter der Forderung des Bundesumweltministeriums von 180 €/tCO<sub>2</sub>, die auch von Fridays for Future übernommen wurde.

In Abbildung 2.12 haben wir den Einfluss dieser verschiedenen CO<sub>2</sub>-Preise auf unser Referenz-Szenario abgebildet. Es wird zum einen deutlich, dass ein CO<sub>2</sub>-Preis ein wirksames Mittel ist, um BEV wirtschaftlicher zu machen – genauer genommen werden ICEV teurer. Zum anderen zeigt sich, dass die niedrigen Preise kaum einen Effekt haben. Die Reichweite, unterhalb derer ein BEV wirtschaftlich ist, verschiebt sich um 15 - 50 km. Erst bei einem Preis

von 180 €/tCO<sub>2</sub> steigt die Reichweite, ab der ein BEV wirtschaftlicher ist als ein ICEV, um ca. 100 km.

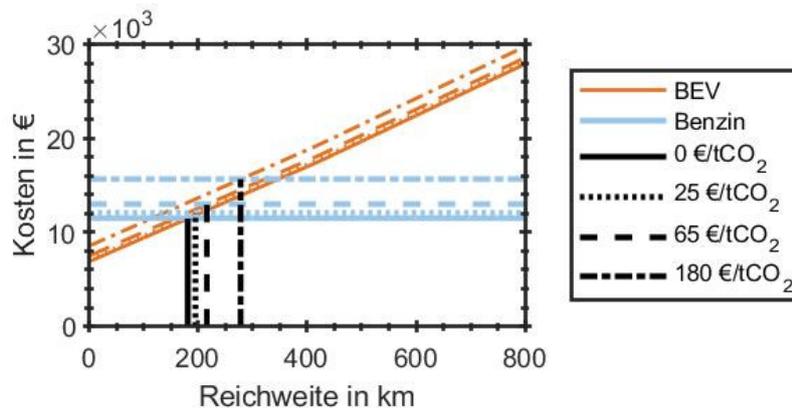


Abbildung 2.12: Einfluss der CO<sub>2</sub>-Preise des Klimaschutzgesetzes (25 €/tCO<sub>2</sub> und 65 €/tCO<sub>2</sub>) und der Forderung des Bundesumweltministeriums (180 €/tCO<sub>2</sub>) auf die maximale, wirtschaftliche Reichweite im Referenz-Szenario 2020.

Im optimistischen Szenario wird deutlich, dass der CO<sub>2</sub>-Preis bei BEV keinen Einfluss mehr auf die Kosten hat, weil dieses mit erneuerbaren Energien produziert und betrieben wird (Abbildung 2.13). Der Einfluss der niedrigeren CO<sub>2</sub>-Preise nimmt in diesem Szenario leicht zu und verschiebt den Break Even um 50-100 km.

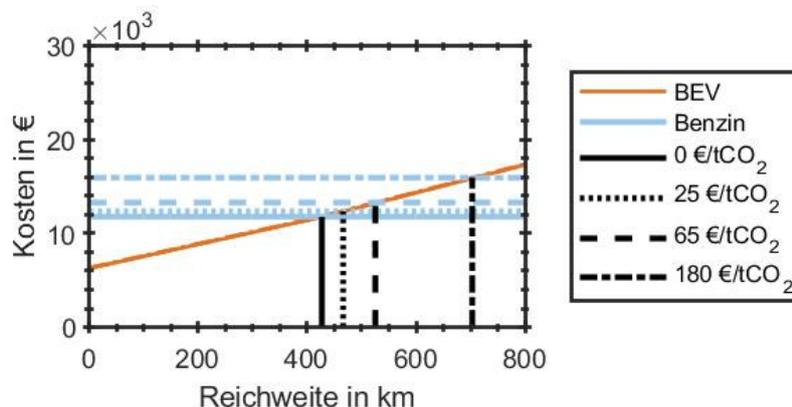


Abbildung 2.13: Einfluss der CO<sub>2</sub>-Preise des Klimaschutzgesetzes (25 €/tCO<sub>2</sub> und 65 €/tCO<sub>2</sub>) und der Forderung des Bundesumweltministeriums (180 €/tCO<sub>2</sub>) auf die maximale, wirtschaftliche Reichweite im optimistischen Szenario 2030.

## 2.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass perspektivisch BEV für Laufleistungen ab 10.000 km/a die wirtschaftlichste Lösung zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind, wenn installierte Reichweiten von 300-500 km nicht überschritten werden.

Im Rahmen der Studie Mobilität in Deutschland wurden in Metropolregionen durchschnittlich 20 - 25 km/Tag und ca. 37 km/Tag in ländlichen Regionen zurückgelegt. Bei einer Reichweite von 300 km müsste man also einmal pro Woche laden.

FCEV haben, wenn überhaupt, Vorteile bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen, wenn große Reichweiten erforderlich sind. Hier stellt sich allerdings die Frage, ob nicht die E-Fuels dort die bessere Alternative sind, weil keine zusätzliche Infrastruktur aufgebaut werden muss. Das Potential der E-Fuels in Bezug auf niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen setzt allerdings voraus, dass das CO<sub>2</sub> zur Herstellung der Kraftstoffe ausschließlich aus der Luft gewonnen wird. Unserer Meinung nach lässt sich der enorm hohe Primärenergiebedarf sonst einfach nicht rechtfertigen. Ob und wie sich das umsetzen lässt, müssen gerade errichtete Versuchsanlagen erst noch zeigen.

Zu guter Letzt zeigt die Betrachtung unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Preise, dass die Politik durchaus geeignete Mittel hat, einen Antriebswechsel (egal zu welchem Antrieb) zu befördern. Es wird allerdings auch deutlich, dass die Lenkungswirkung der beschlossenen CO<sub>2</sub>-Preise relativ gering ist. Sie sind dennoch ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung, wenn die generierten Mehreinnahmen für Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung eingesetzt werden.

### 3 Technologieoffenheit

Im vorherigen Kapitel haben wir gesehen, dass BEV schon aus wirtschaftlichen Gründen den Massenmarkt erobern werden, wenn die CO<sub>2</sub>-Neutralität immer härter von den Regierungen gefordert wird. Es ist von den verbleibenden Optionen E-Fuels, Wasserstoff und BEV die günstigste Variante.

Lediglich für alte verbrennungsmotorische Fahrzeuge im Bestand wären die E-Fuels sinnvoll. Für sehr große Fahrzeuge, die regelmäßig lange Tagesstrecken zurücklegen und nicht gut geladen werden können (Langstrecken-Lkw) ist der Wasserstoff ähnlich teuer wie die E Fuels, vorausgesetzt ausreichend erneuerbare Energien stehen zur Verfügung.

Insoweit ist der Ruf nach einer Technologieoffenheit durchaus verständlich. Es gibt lediglich eine Schwierigkeit:

Das Henne-Ei-Problem!

Skaleneffekte der Massenproduktion kommen, unabhängig von der Technologie, erst zum Tragen, wenn massiv investiert wird. Die Kosten bleiben andernfalls sehr lange hoch, sodass die Technologie keine Verbreitung erfährt. Wenn Politik und Industrie gegenüber allen potentiellen Technologien offen bleiben, wird sich keine durchsetzen, weil nicht genug in diese investiert wird.

Insoweit ist die Entscheidung von einigen Firmen (Tesla, VW-Konzern) richtig, sich auf eine Technologie – in dem Fall das BEV – zu beschränken und diese mit aller Macht voranzutreiben. Toyota hat sich vor etlichen Jahren für den Hybridantrieb entschieden und diesen mit Erfolg massenmarktfähig gemacht. Die deutschen OEM haben vergleichbar den Diesel in die Verbreitung getrieben. Alle Technologiedurchbrüche haben nur funktioniert, wenn die Massenfertigung die Kosten gedrückt hat.

Nun gibt es aber aktuell OEM, die alle Technologien parallel verfolgen: PHEV, BEV, Wasserstoff und vielleicht sogar noch Erdgasfahrzeuge. Das kann aufgrund der Skaleneffekte einfach nicht funktionieren. Und den Regierungen kann man bald auch nicht mehr erklären, warum sie mehrere verschiedene Infrastrukturen für Erdgastankstellen, Ladestationen für BEV, Wasserstofftankstellen und darüber hinaus auf allen europäischen Autobahnen Oberleitungen für Lkw bauen sollen. Das ist zu kostenintensiv und führt dazu, dass wir weiter beim konventionellen Verbrenner bleiben. Ökologisch und ökonomisch ist das BEV die einzig sinnvolle Option.

Warum stellen sich so viele Gruppen dagegen?

Cui bono – wem nutzt es?

Die Fragen muss man bei solchen Konstellationen immer stellen. Und da bietet es sich an, darauf zu schauen, wer die Gewinner und vor allem Verlierer beim Umstieg auf das BEV sind.

Wie ich schon in meinen vorherigen Büchern geschrieben habe, gibt es von den alten „Playern“ nur wenige Gewinner:

Die OEM müssen gewaltige Summen in die Elektromobilität investieren. Wenn sich BEV durchsetzen, werden die Gewinne eher sinken, weil die Autos teurer werden und damit die Margen zurückgehen. Zudem brechen die Gewinne bei den Ersatzteilen ein, weil die BEV kaum noch Verschleißteile aufweisen. Der Ersatzteilverkauf ist aber für den OEM ein ganz wesentlicher Beitrag zum Gesamtgewinn. Sollte das BEV hingegen nicht in große Stückzahl gehen, sind die Investitionen verloren. Der OEM verliert also in beiden Fällen.

Die „alten“ Lieferanten haben kaum eine Chance, auf die neuen Komponenten umzustellen. Die Elektromaschine stellen viele OEM selbst her. Zudem beinhaltet diese wenig Wertschöpfung. Die Leistungselektronik wird von Spezialfirmen (Infineon, Samsung, LG, etc.) hergestellt. Die aktuellen Lieferanten können diese gar nicht fertigen. Die größte Wertschöpfung entsteht bei den Batterien. Auch dafür haben die alten Lieferanten weder die Kompetenz noch die notwendigen Fertigungseinrichtungen. Zudem ist

die Batterieproduktion sehr kapitalintensiv. Die notwendigen Investitionen hat sich noch nicht einmal ein solch solides, finanziell gut aufgestelltes und von Aktionären unabhängiges Unternehmen wie die Robert Bosch GmbH zgetraut. Wie sollen das dann gebeutelte Zulieferer aktuell stemmen?

Die Ölindustrie hat verständlicherweise auch überhaupt kein Interesse am Umstieg auf das BEV und fördert, wenn überhaupt, den Umstieg auf E-Fuels.

In der wissenschaftlichen Gemeinde gibt es zahlreiche Lehrstühle, die Verbrennungskraftmaschinen im automobilen Bereich beforschen. Da gehört es quasi zum Überleben, Drittmittel, sprich Fördergelder, zu akquirieren. Dies gelingt nur, wenn die Politik diese bewilligt. Also versuchen diese Lehrstühle mit dem Schlagwort der Technologieoffenheit, den Verbrennungsmotor weiterhin auf der Agenda zu halten. Dies kann man durchaus argumentieren mit dem Hinweis, dass sich Verbrennungsprozesse für E-Fuels ändern, vielleicht der Wasserstoff doch im Verbrennungsmotor umgesetzt werden soll, Lkw nur schwierig umgestellt werden können, Flugzeuge demnächst aus Effizienzgründen langsamer fliegen und dann Kolbenmaschinen wieder in Frage kommen, etc. Ziel ist immer, die Forschung dafür am Laufen zu halten.

Zudem ist auch die Ausbildung von zukünftigen Ingenieuren ein wichtiges Argument. In den meisten Firmen sind aber in diesem Bereich schon die Entscheidungen gefallen: Es werden kaum noch Ingenieure in der Verbrennungsmotoren- und Getriebeentwicklung eingestellt. Die vorhandenen Mitarbeiter werden, wenn irgendwie möglich, auf Elektroantriebe umgeschult.

Somit ist ersichtlich, dass viele Gruppen kein Interesse am Umstieg auf das BEV haben und mit der Forderung nach Technologieoffenheit den Umstieg verhindern oder zumindest verzögern wollen.

Ähnlich sind die Versuche einzuordnen, Politik, Presse und Öffentlichkeit zu verwirren: Dazu werden Studien lanciert, die immer nur Teilwahrheiten verkünden und Eingä-

Parameter so gestalten, dass die gewünschten Ergebnisse herauskommen. So konnten wir im Kapitel 2 aufzeigen, dass viele Studien in Teilbereichen Recht haben, weil sie sich nur auf sehr eingeschränkte Szenarien beziehen. Erstaunlich ist auch, dass bei den Studien in der Regel derjenige als bester Energieträger herauskommt, an dem man gerade selbst forscht.

Diesen Vorwurf kann der geneigte Leser auch gern uns mit diesem Buch machen. Wir werden deshalb alle unsere Annahmen, Parameter und Modelle Open Source zur Verfügung stellen, sodass Sie unsere Ergebnisse vollständig überprüfen können.

## 4 Flottenmix

Nachdem sich durch das Mantra der Technologieoffenheit verschiedene Optionen zur Erreichung der Grenzwerte ergeben, möchte ich hier zunächst überschlägig betrachten, welcher Flottenmix sich in der EU mit der gesetzlichen Regelung von 60 gCO<sub>2</sub>/km aus rein ökonomischer Sicht einstellen wird. Ich gehe davon aus, dass ICEV im Schnitt nicht wesentlich unter 120 gCO<sub>2</sub>/km kommen, weil überwiegend große und schwere Fahrzeuge zuerst weiterhin mit Verbrennungsmotoren fahren werden. Dann gibt es prinzipiell, gesetzlich zugelassen, zwei Optionen, um 2030 die 60 gCO<sub>2</sub>/km zu erreichen:

- 1.) Zu jedem ICEV muss gleichzeitig ein BEV mit 0 gCO<sub>2</sub>/km verkauft werden (2 ICEV + 2 BEV)
- 2.) Zu jedem ICEV müssen drei PHEV, die etwa bei 40 gCO<sub>2</sub>/km liegen, verkauft werden (1 ICEV + 3 PHEV).

Stellen wir die beiden Optionen wirtschaftlich einmal nebeneinander:

	2 ICEV + 2 BEV	Kos- ten in €	1 ICEV + 3 PHEV	Kos- ten in €
Anzahl ICE	2	6000	4	12000
Elektromaschinen /Leistungselektronik	2	6000	3	9000
Zellkapazität Batterie	2*60 kWh = 120 kWh	12000	3*20 kWh = 60 kWh	6000
Gesamtkosten		24000		27000

Das sind für die Option 2.) ein ICEV und drei PHEV 3.000 € für 4 Fahrzeuge, also 750 € je Fahrzeug mehr als für die Option 1.) zwei ICEV und zwei BEV. Das sind allerdings nur die Herstellungskosten. Vor Kunde (inklusive Händlermarge, Garantie, Mehrwertsteuer, Gewinn, etc.) sind das je nach Hersteller der Faktor 1,7 bis 2 Mehrkosten, also

knapp 1500 € je Fahrzeug. Das ist mehr als die meisten OEM derzeit je Fahrzeug verdienen. Das PHEV ist also mit Abstand die teuerste Option, die EU-Grenzwerte zu erfüllen. Hinzu kommt, dass PHEV in der Realität erheblich höhere Verbräuche aufweisen als im Zyklus angegeben (40 gCO<sub>2</sub>/km entspricht unter 2 l/100 km). Das kommt von der „nicht artgerechten Haltung“. Das PHEV wird realistisch Weise nicht nur rein elektrisch gefahren, weil der Fahrer das Fahrzeug beispielsweise gar nicht lädt.

Hinweis: Reine ICEV werden in Zukunft kaum noch neu zugelassen werden. Die meisten werden eine leichte Hybridisierung (Mild-Hybrid) erfahren. Diese wird aber nicht zum elektrischen Fahren von mehr als 1 - 2 km ausreichen. Mit dieser Maßnahme kann man den Verbrauch der ICEV kostengünstig senken und muss somit einen geringeren Anteil an BEV verkaufen.

## 5 Hidden Agenda

Ich möchte nun die verschiedenen Strategien der OEM beleuchten. Diese werden zum Teil offen kommuniziert, zum Teil aber auch verdeckt gehalten. Ich habe deshalb dieses Kapitel Hidden Agenda benannt.

In den letzten Jahren haben fast alle OEM mit Lobbyismus oder auch offenen Drohungen mit Arbeitsplatzverlusten versucht, die Politik zu beeinflussen. Ziel war es, die CO<sub>2</sub>-Emissionen erst so spät wie möglich zu begrenzen, so dass weiterhin möglichst lange heutige ICEV verkauft werden können. Damit muss nicht für BEV neu investiert werden und die Gewinne der OEM bleiben erhalten. Dies ist den OEM aber nicht gelungen. Die EU und auch China haben strenge Grenzwerte mit drakonischen Strafen eingeführt.

Tesla, wie auch die chinesische Firma Build Your Dreams (BYD), verfolgen eine 100 % BEV Strategie und kommunizieren diese auch offen. Das ergibt Sinn, weil beide neu am Markt sind und sich vom Start weg ausschließlich auf BEV konzentriert haben.

Der VW-Konzern muss nach dem Dieselgate die weltweiten Gesetze besonders genau und rechtzeitig erfüllen. Es gibt hier den schönen Spruch: „Die Gesetze zu erfüllen ist teuer, sie nicht zu erfüllen noch teurer.“ Wie ich im vorigen Kapitel aufgezeigt habe, ist die günstigste Variante, das EU-Gesetz zu erfüllen, die BEV-Option in Verbindung mit reinen ICEV. Zudem ist der CEO Herbert Diess von der reinen BEV-Strategie persönlich überzeugt. Die Agenda ist offen kommuniziert und wird umgesetzt. Anders ginge das im VW-Konzern auch gar nicht, weil alles Interne in der Regel sofort an die Presse durchgestochen wird.

Toyota kann durch seine jahrzehntelange Hybridstrategie und damit niedrigen Kosten durch Skaleneffekte die Ge-

setze noch einige Zeit gut erfüllen. Dazu wird es einen maximal möglichen Anteil an HEV produzieren. Aufgrund der jahrzehntelangen Erfahrung und der enormen Stückzahl ist dies bei Toyota kostengünstig möglich. Den verbleibenden Anteil wird Toyota mit BEV und PHEV ergänzen. Toyota hat das BEV erst recht spät als Option betrachtet, weil das Unternehmen lange auf das HEV gesetzt hat. Auch hier gilt wieder, dass jede Firma die getätigten Investitionen möglichst lange gewinnbringend nutzen möchte. Die Wasserstoffstrategie mit dem Toyota Mirai ist möglicherweise auch unter dem Aspekt der langen Nutzung von getätigten Investitionen einzuordnen. So kann ein OEM der Politik die Aussicht auf diese Technologie schmackhaft machen, um zu erreichen, dass das BEV als Brückentechnologie erscheint, die man nicht so stark fördern sollte. Wahrscheinlicher ist aber, dass Toyota die Wasserstoffstrategie von Japan unterstützt. Japan möchte vom Energieimport unabhängiger werden und sieht diese Technologie als eine Option dafür an.

Daimler und BMW wollen und müssen die Gesetze erfüllen. Alles andere wäre dem Image eines Technologieführers komplett abträglich. Allerdings werden beide versuchen, zum einen ihren Kunden so wenig wie möglich Einschränkungen, wie beispielsweise geringe Reichweite, zuzumuten und zum anderen mit möglichst geringen Investitionen und so spät wie möglich die Gesetze zu erfüllen. Bei Daimler ist das Problem, dass Kuwait, Geely und BAIC nur 22 % der Aktienanteile besitzen und deshalb latent die Übernahme Sorge durch einen der jetzigen Großaktionäre oder aber auch durch einen neuen Aktionär vorhanden ist. Somit können größere, langfristige Investitionen, die jahrelange Durststrecken auf der Gewinnseite bedeuten, kaum getätigt werden. BMW hat mit der Familie Quandt einen Ankeraktionär und könnte deutlich langfristiger denken, hat dies aber in den letzten Jahren nicht gemacht: Dass nach dem i3 im Jahr 2013 kein weiteres BEV auf den Markt gebracht wurde, spricht eine eindeutige Sprache.

Sowohl Daimler als auch BMW fahren eine Mischstrategie mit geplanten hohen Stückzahlen von PHEV und zur Gesetzeserfüllung notwendigen Stückzahlen von BEV, diese vorrangig bei kleinen Fahrzeugen wie Smart oder Mini. So

richtig glauben beide nicht an das BEV im Luxussegment. Beide wollen ihren Kunden die Einschränkungen bei Reichweite und Laden nicht zumuten. Das passt durchaus bei Langstreckenfahrzeugen, mit denen regelmäßig weite Strecken mit hohen Geschwindigkeiten gefahren werden. Zusätzlich stellen SUV für die Ausrüstung als BEV ein Problem dar: Sie werden zu schwer und zu teuer. Aber davon verkauft gerade BMW einen Anteil von über 40 % seiner Modellpalette und erzielt damit derzeit auch den höchsten Gewinn.

Renault-Nissan/Mitsubishi setzen schon seit Jahren auf das BEV. Dies kommt vor allem durch Renault. In dessen Heimatmarkt wird der Strom weitgehend aus Kernkraft erzeugt und die Importunabhängigkeit von Öl und Gas spielt dabei eine große Rolle, weshalb das BEV Sinn ergibt. Die EU-CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung wurde stark von Frankreich beeinflusst, sodass angenommen werden darf, dass der Staat die Philosophie von Renault mit vertreten hat.

FCA (Fiat Chrysler Automobiles) und in weiten Zügen PSA/Opel fahren nach meiner Einschätzung eine andere Strategie. Sie werden nach aller Voraussicht die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte der EU mittelfristig nicht einhalten, weil sie ihren Kunden nicht genügend BEV zu entsprechenden Preisen verkaufen können. Grund ist die mangelnde Preisbereitschaft im niedrigen Preissegment für die Mehrkosten des BEV beim Verkaufspreis. Da diese Firmen bisher kaum in BEV-Stückzahl investiert haben, können sie zudem die BEV nur zu einem höheren Preis anbieten als Renault, die schon sehr früh in diese Technologie investiert hat. FCA/PSA/Opel werden also die CO<sub>2</sub>-Vorgabe der EU nicht erfüllen. Es würden Strafzahlungen fällig, deren Erfüllung die Firmen an den Rand des Ruins bringen würde. Dann werden die Unternehmen den Staat vor die Wahl stellen, diese Pleite mit entsprechenden Arbeitsplatzverlusten zu akzeptieren oder die Zahlungen zu erlassen. Diese Drohung ist natürlich umso wirkungsvoller, je mehr Arbeitsplätze betroffen sind, sprich, je größer die Firma ist. Unter dem Aspekt ergibt der jüngste Vorstoß eines Zusammenschlusses von FCA mit PSA Sinn: Er verschafft einfach mehr Verhandlungsmacht gegenüber der Politik: Too big to fail.

Ford und GM können beide die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte der EU langfristig nicht erfüllen und scheinen sich deshalb auf den amerikanischen Markt zurückzuziehen. In China wirkt sich zudem der Handelskrieg negativ aus. Das bedeutet aber in Summe sinkende Stückzahlen und somit den Verlust des Skaleneffekts. Dies führt dazu, dass beide Firmen noch unprofitabler werden und Investitionen in die Zukunft kaum noch stemmen können. Beide lobbyieren deshalb kaum in Brüssel.

Die Corona-Krise nutzen die OEM und auch Zulieferer als Chance, ihre Hidden Agenda, wie Lockerung der CO<sub>2</sub>-Grenzwerte, zu verfolgen. Dies ist Thema des folgenden Kapitels.

## 6 Wofür die Corona-Krise genutzt wird?

Während ich dieses Buch schreibe, erreicht mich folgende Meldung: „*Berlin, 02.04.2020. Der ehemalige EU-Kommissar Günther Oettinger (CDU) macht den Vorstoß, die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für Neuwagen in der EU zu lockern.*“ Genau das hatte ich erwartet und hätte das heute auch so prognostiziert. Dass diese Forderung so schnell kommt, hatte ich nicht erwartet.

In den USA sollte der Flottenverbrauch bis 2026 auf umgerechnet 4,3 l/100 km (101 gCO<sub>2</sub>/km) gesenkt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, hätten die Hersteller die Effizienz ihrer Fahrzeuge jährlich um fünf Prozent steigern müssen, was nur mit einem hohen Anteil von BEV und PHEV möglich gewesen wäre.

Präsident Trump hat nun die neuen Verbrauchsgrenzwerte auf 5,9 l/100 km (136 gCO<sub>2</sub>/km) angehoben. Damit wird die Einführung von BEV in den USA massiv ausgebremst, weil diese Grenzen durch ICEV mit milder Hybridisierung noch gut zu erreichen sind.

Die Krise wird also dafür genutzt, der Politik Vorteile abzurufen. „Follow the Money!“ – letztlich geht es nur ums Geld. So versuchen die Firmen, über Lobbyarbeit mittelfristig die störende CO<sub>2</sub>-Gesetzgebung aufzuweichen. Diese schlägt erstmals im Jahr 2020 zu, indem hohe Strafzahlungen bei Nichterfüllung fällig werden. Kurzfristig geht es um Staatshilfen zur Erhöhung der Liquidität und auch zur Erhaltung der Gewinne.

Die in Deutschland mögliche Kurzarbeit nutzen die Firmen aus verschiedenen Gründen:

- 1.) Die Mitarbeiter müssen vor Inanspruchnahme des Kurzarbeitergeldes Überstunden abbauen. Manche Firmen schicken die Mitarbeiter in Minusstunden. Zudem muss zum Teil Alturlaub genommen werden,

Urlaub des aktuellen Jahres und unbezahlter Urlaub. Alle Maßnahmen summieren sich locker auf 4 - 6 Wochen, ohne dass der OEM Mehrkosten auf der Personalseite zu verkraften hat. Bei BMW gilt schon jahrelang die Doppel-Null (kein Urlaub und keine Überstunden Ende des Jahres). Dort gehen viele Mitarbeiter schon Anfang Dezember in Urlaub und kommen Mitte Januar wieder – und das Unternehmen lebt immer noch.

- 2.) Der Staat beteiligt sich über das Kurzarbeitergeld an den Kosten des Stillstands. In der Firma kann man endlich unbequeme Sparmaßnahmen, wie z.B. Zusammenlegung Abteilungen, Streichen von Projekten oder Lohnkürzungen umsetzen, die in guten Zeiten zu viel Widerstand hervorrufen.
- 3.) Bonus- und Dividendenkürzungen sind leicht vermittelbar. Werden aber allem Anschein nach nur aktionärs- und managementschonend umgesetzt.
- 4.) Die auch vor der Krise schon niedrige Nachfrage und daher leere Auftragsbücher können sich mit Kurzarbeitergeld staatlich abmildern lassen.

In anderen Ländern, wie den USA, gibt es weder diese Arbeitszeitflexibilisierung noch Kurzarbeitergeld. Die Firmen lösen das Liquiditätsproblem über Entlassungen. Nach der Krise kann man die dann noch notwendigen Mitarbeiter wieder einstellen und spart sich viele Diskussionen mit den Gewerkschaften, wer entlassen werden soll. Lohnsteigerungen kann man die nächsten Jahre leicht wegargumentieren.

Im Allgemeinen ist noch kein Unternehmen aufgrund von geschlossenem Werksurlaub von vier Wochen oder wegen der jährlichen Ruhephase über Weihnachten insolvent geworden. Allerdings muss auch bedacht werden, dass Stillstände wie Weihnachten oder Werksurlaub in die Planungen der OEM und somit in die Budgets einfließen. Diese Zeiten werden außerdem immer für Umstellungen auf neue Modelle und Derivate genutzt und bedeuten somit keinen vollständigen Lockdown der Tätigkeiten, wie das bei Corona der Fall war.

Abgesehen vom Produktionsstillstand steht derzeit auch der gesamte Absatzmarkt still, sodass ein Weiterlaufen der Produktion überhaupt nichts bringen würde. Der daraus entstehende Absatzausfall konnte von den OEM ebenfalls nicht eingeplant werden und verursacht massive Lücken im Budget.

Eine gesunde Firma sollte allerdings über Liquidität für mehrere Monate verfügen. Solange noch Dividenden und Boni ausgeschüttet werden, kann die Not bei diesen Firmen noch nicht so groß sein.

Die schwachen OEM werden einen langen Lockdown nicht überleben, die starken werden nach einer Marktbereinigung langfristig gestärkt aus der Krise hervorgehen, weil sie dann einen größeren Markt vorfinden.

## 7 Wofür die Corona-Krise genutzt werden sollte?

Die Corona-Krise kann auf verschiedenen Ebenen extreme Folgen haben. Zum einen könnte es zu den im Mittelalter bekannten „Pestparties“ kommen: Die Menschen haben eine lange Zeit der Entbehrung hinter sich, danach bricht sich der Wunsch Bahn, alles nachzuholen, ausgiebig zu feiern und wieder zu konsumieren.

Zum anderen könnten manche Menschen in der erzwungenen Fastenzeit (so nannte man die Zeit vor Ostern früher: keine Partys, Verzicht, Besinnung auf das Wesentliche) gemerkt haben, was ihnen wirklich wichtig ist:

- saubere Luft, sodass in manchen asiatischen Großstädten die Kinder zum ersten Mal den blauen Himmel sehen konnten
- die Erkenntnis, dass Dienstreisen und auch der Weg zur Arbeit – aus Produktionssicht gesehen – Verschwendung sind
- die Einsicht, dass viele Besprechungen, Veranstaltungen, Tagungen etc. zwar ganz schön, aber für das eigentliche Ziel des Unternehmens kurzfristig eher entbehrlich sind
- wie viele Dinge eigentlich überflüssiger Konsum sind und mit wie wenig man glücklich sein kann

Auf der einen Seite gibt es Krisengewinner mit voll bezahltem Homeoffice. Diese Menschen haben in den Monaten des Verzichts wenig Geld ausgegeben und nun Reserven zum Konsumieren. Auf der anderen Seite werden viele Menschen in finanzielle Schwierigkeiten geraten, weil deren Gehalt nicht oder nur verringert weiterbezahlt wird. Manche Selbstständige, Künstler, Restaurant- und Freizeitbetriebe werden diese Krise nur schwerlich überdauern. Diese Gruppen werden gegebenenfalls jahrelang nur wenig konsumieren können.

Es gibt (alleinerziehende) Eltern, die mit der Situation völlig überfordert und alleingelassen sind, Selbstständige, die ihre Lebensgrundlage verlieren, psychische Krankheiten verstärken sich, (ältere) Leute vereinsamen. Viele haben Todesangst für sich oder ihre Lieben. Andere hingegen sind vielleicht jung und gesund und haben keine Angst vor der Erkrankung.

Angst wird dazu führen, dass Menschen sich weniger einer Ansteckungsgefahr aussetzen möchten und somit öffentliche Verkehrsmittel meiden und auf das Auto umsteigen. Die Angst kann aber auch zur vermehrten Homeoffice-Nutzung führen, was das Auto wieder tendenziell überflüssiger macht. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass viele ihr Auto vorrangig für Freizeitaktivitäten nutzen und die Fahrt zur Arbeit nicht der Hauptgrund für den Autobesitz ist.

Zwischen diesen Auswirkungen und Sichtweisen wird sich die kurzfristige Zukunft abspielen. Ich fände es schön, wenn die Menschen eher aus dieser Zeit lernen und ihr Leben überdenken würden, fürchte aber, dass viele Menschen doch schnell wieder in die alten Konsummuster verfallen. Alle Szenarien werden wahrscheinlich dazu führen, dass weniger Autos gekauft werden: Selbst, wenn die Menschen wieder konsumieren wollen, werden viele nicht genügend Geld zur Verfügung haben. Von denen, die genügend finanziellen Spielraum haben, werden manche ihren Konsum freiwillig einschränken. Umweltfreundlichkeit wird weiterhin eine große Rolle spielen.

Was ich mir von den verschiedenen Interessensgruppen wünschen würde:

Die Kunden sollten ehrlich überdenken, was sie wirklich zum Leben benötigen. Dann würde der SUV-Wahn recht schnell aufhören, was der Umwelt, egal ob ICEV, PHEV oder BEV am meisten nutzen würde. Die Menschen könnten feststellen, dass viele Fahrten unnötig sind und die vielen Reisen vielleicht auch nicht glücklicher machen.

Die OEM sollten diesen Trend vorwegnehmen und auf wirklich nachhaltige Fahrzeuge und Mobilitätsangebote

umstellen. Dazu gehören BEV und vor allem wieder kleinere Fahrzeuge statt SUV und Pick-up. Die OEM könnten den Trend aufgreifen, dass viele Menschen, inzwischen durchaus aus hygienischen Gründen, lieber in kleineren Transportgefäßen fahren. Den Innenstädten würden individuell geroutete Kleinbusse mit 6 – 10 Sitzplätzen helfen, um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen darzustellen. Das würde Taxis und Busse nicht ersetzen, sicher aber ergänzen können.

Die Arbeitgeber sollten und werden wahrscheinlich mehr Optionen für flexibleres Arbeiten und Homeoffice anbieten. Dies wäre sicher ein Schub für die notwendige Digitalisierung. Mir ist bewusst, dass Homeoffice in vielen Bereichen nicht möglich ist. Mit fortschreitender Automatisierung möchte ich diese Option allerdings in bestimmten Bereichen nicht grundsätzlich ausschließen. Homeoffice wird zu einem geringeren Absatz von Pkw führen, weil zum einen in manchen Fällen gar kein Fahrzeug mehr erforderlich ist. Zum anderen nutzen Fahrzeuge wegen weniger Laufleistung nicht mehr so schnell ab und müssen somit schon alleine aufgrund hoher Laufleistung nicht so häufig ersetzt werden.

Die Politik sollte noch mehr Wert auf Umweltschutz und die Erhaltung unserer Lebensgrundlagen legen. Somit sollte die Politik die bestehenden Gesetze (gerade in Bezug auf CO<sub>2</sub>) nicht aufweichen, sondern daran festhalten. Die Erfüllung hängt meiner Einschätzung nach auch nicht von der Corona-Krise ab. Rettungsschirme sollten nur Investitionen in Umweltschutz und nachhaltige Produkte fördern.

Die Regierungen sollten ihre Hilfgelder ausschließlich in Investitionen für langfristig nachhaltige Produkte lenken und nicht in Konsum, wobei Privat-Pkw nach meiner Ansicht zum Konsum zählen. Somit wäre die Förderung der Ladeinfrastruktur eine der wesentlichen Aufgaben der Politik. Die mangelnde Versorgung mit Ladesäulen, der schlechte Zugang zu diesen und stellenweise abstrus hohe Preise für die Ladung halten Kunden vom Kauf eines BEV ab. Der Staat könnte den OEM 2.000 € für jede installierte 11 kW-AC-Ladesäule als direkte (steuerfreie) Förde-

rung geben. Das würde einen großen Schub für die Elektromobilität bedeuten. Eine weitere Option wäre, Batteriefabriken mit Standorten in Europa zu investieren, um die Abhängigkeit von asiatischen Firmen zu brechen. Davon reden Politik und Automobilindustrie seit Jahren, ohne dass echte Fortschritte zu erkennen sind.

Nach der Finanzkrise 2009 hat sich gezeigt, dass Abwrackprämien vermehrt ausländische OEM mit einfachen Fahrzeugen gefördert haben, also der deutschen Automobilindustrie nicht besonders entgegenkamen. Aktuell wäre es der Bevölkerung meines Erachtens kaum klarzumachen, dass Berufsgruppen, die sich einem hohen persönlichen Risiko aussetzen, gerade einmal einen abendlichen Applaus und 1.500 € Prämie bekommen, während Mitarbeiter der OEM, die kaum Einkommenseinbußen hatten, zum Teil im Homeoffice risikolos die Zeit überstehen konnten und einen hohen Bonus für das sehr erfolgreiche Jahr 2019 bekommen, nun durch eine Abwrackprämie unterstützt werden sollen.

Eine flächendeckende Rettung aller Firmen wäre in der jetzigen Phase des Umbruchs nicht zielführend. Nur heute gesunde Unternehmen zu retten, die in der Vergangenheit Gewinne erzielt haben, würde die aufstrebenden Unternehmen in den neuen Themenfeldern benachteiligen. Hier das richtige Maß zu finden, ist schwierig. Seitens der Forschungsgemeinschaft könnten wir uns vorstellen, neu aufgelegte Fördermittel zur Hälfte an kleinere Unternehmen in Form von wettbewerblich ausgeschriebenen Aufträgen weiterreichen zu müssen. Damit würden die Universitäten und Forschungseinrichtungen indirekt eine Qualitätskontrolle vornehmen und das Geld bei erfolgsversprechenden Firmen ankommen.

## 8 Autonomes Fahren

Dieses Kapitel ist eine aktualisierte und überarbeitete Fassung des in Kürze in der ATZ erscheinenden Artikels [ATZ2020].

Derzeit forschen viele OEM und auch Softwarefirmen am autonom fahrenden Fahrzeug (Autonomous Vehicle: AV). Dabei verfolgen viele das Ziel, autonom fahrende Taxis, sogenannte Robotaxis, in den Verkehr zu bringen. Davon versprechen sich die Anbieter ein Geschäftsmodell, das gegenüber heutigen Taxis deutlich günstiger ist, weil die Kosten für den Taxifahrer und Einschränkungen durch z.B. Ruhepausen und Arbeitszeitbegrenzung wegfallen.

So sehr ich technisch von dem Thema autonomes Fahren begeistert bin, weiß ich nicht, ob wir da den richtigen Weg einschlagen. Es sieht alles sehr verlockend aus, ich glaube aber, dass es noch einen eleganteren und schnelleren Weg gibt, den gleichen Kundennutzen – und um den geht es doch eigentlich – zu erreichen.

Wir haben uns den technologischen Fortschritt in verschiedenen Branchen angeschaut [Fries2016] und dabei zeigt sich immer wieder das gleiche Muster:

Im Maschinenbau (Werkstoffe, Verbrennungstechnik, etc.) erreichen wir jährliche Technologiefortschritte von 1 %. Böse Zungen behaupten, Maschinenbauer seien nun mal so langsam. Ich halte dem entgegen, dass wir es lediglich gleich richtig machen. Der Verbrennungsmotor folgt leider auch in etwa diesem Wachstumsprinzip.

Elektrotechniker (Leistungselektronik, Batterien) schaffen technologische Wachstumsraten von 7 % p.a. Somit hat das Elektrofahrzeug – selbst wenn es derzeit noch hinter den Eigenschaften eines verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugs liegt - ein großes Entwicklungspotential vor sich. Und bei den Informatikern kennen wir das berühmte „Moore´s Law“ mit einem Wachstum von 35 % p.a.

Das autonome Fahren, so sehr wir das auch vor einigen Jahren noch für unerreichbar gehalten haben, ist nun technologisch scheinbar in greifbare Nähe gerückt.

Da spricht also eigentlich von der Fortschritts-Geschwindigkeit alles für das autonome Fahren. Es gibt jedoch noch einen Effekt, der Moore's Law schlägt, und das ist das Metcalfe'sche Gesetz, nämlich, dass der Nutzen quadratisch mit der Anzahl der Nutzer steigt. Das gilt zum Beispiel für das Telefon, Ebay, Internet, Facebook und meiner Einschätzung nach auch für Mobilität. Damit sind Wachstumsraten weit über die 70 % p.a. vorstellbar. Es ist die Erkenntnis von Yuval Noah Harari in „Eine kurze Geschichte der Menschheit“ [Harari2015], dass die Menschheit so erfolgreich ist, weil sie kooperiert.

Diesen Effekt nutzen Mobilitätsdienstleister wie beispielsweise BlaBlaCar. Meine Kinder fahren damit aktuell quasi kostenlos Auto. Sie nehmen bei ihren eigenen Fahrten drei Mitfahrer mit, bekommen das Spritgeld bezahlt und können zusätzlich noch eine weitere Fahrt selbst mitfahren. Die Kosten haben sich bei ca. 6 €/100 km je Mitfahrer eingependelt. Es ist auch in Deutschland legal, weil nur eine Kostenbeteiligung bei sowieso stattfindenden Fahrten gezahlt wird. Viele Studenten nutzen das Portal für Langstreckenfahrten. Es ließe sich aber auch auf den Pendler oder Kurzstreckenverkehr erweitern, wie es Start-ups wie RideBee in München bereits versuchen. Dazu müssten die Städte nur konsequent die Einfahrt von Fahrzeugen, die mit nur einer Person belegt sind, erschweren, indem sie für Einzelfahrer hohe Mautgebühren verlangen oder Spuren ausschließlich für Fahrgemeinschaften einrichten. Dann würden sich rasch Fahrgemeinschaften bilden. Das hat bisher meiner Einschätzung nach nur deswegen nicht funktioniert, weil zum einen die technischen Möglichkeiten noch nicht da waren und zum zweiten keine Stadt dies bisher konsequent durchgesetzt hat.

Als Rahmenbedingung gehe ich davon aus, dass beim Robotaxi die Fahrten geteilt werden, weil sonst, nach unseren Berechnungen, bis zu 40 % Leerfahrten gegenüber dem heutigen Individualverkehr auftreten würden. Erst mit zwei Mitfahrern sinkt die Gesamtfahrstrecke. Städte würden

deshalb Robotaxis mit nur einem Passagier kaum zulassen. Diesen Effekt könnte man auch heute schon bei konventionellen Taxis erreichen, wenn nur der Wille dazu da wäre – technisch gelöst ist das Problem durch entsprechende Routingalgorithmen. Start-ups, wie Clevershuttle und Moia, aber auch Verkehrsbetriebe (MVG Isartiger) betreiben bereits solche Konzepte.

Ich hatte die letzten Jahre große Erwartungen in Google als Mobilitätsanbieter gesetzt. Diese hat Google meiner Einschätzung nach nicht erfüllt, was ich in einem kurzen Exkurs näher erläutern möchte:

Google hatte zunächst probiert, ein eigenes Fahrzeug zum autonomen Fahren auf die Straße zu bringen. Nun hat Google mit dem Chrysler Voyager einen zugekauften Van mit extrem teurer Sensorik umgerüstet, um Felderfahrung zu sammeln. Das Thema autonomes Fahren (Stichwort Robotaxi) war mit großer Euphorie für 2020 angekündigt worden. Das Knowhow von Google in der Tochter Waymo wurde von Banken mit 120 Mrd.\$ bewertet. Das ist aus meiner Sicht abstrus hoch und nicht gerechtfertigt. Sollte das Thema dennoch schneller Fahrt aufnehmen, ist Waymo natürlich sehr gut positioniert.

Bei den Mobilitätsangeboten hatte ich Google auch deutlich mehr zugetraut. Das Geschäft gestalten jetzt Firmen wie BlaBlaCar oder natürlich Uber, Didi oder Grab. Die Chance, aus den vorhandenen Mobilitätsdaten Gewinn zu erzielen, hat Google bisher nicht genutzt. Dennoch kann Google diese Daten immer noch für Mobilitätsangebote nutzen.

Schauen wir uns die Unterschiede der beiden Philosophien AV-Robotaxi und geteilte Fahrten mit menschlichem Fahrer an:

Die Sicherheit im Straßenverkehr dürfte mit AV steigen, weil menschliches Versagen oder Verkehrsverstöße nicht mehr stattfinden. Leider wehren sich die OEM schon immer gegen Geschwindigkeitsbegrenzer oder ähnliche Maßnahmen, die Verkehrsvergehen unterbinden; erstaunlicherweise haben sie bei AV kein Problem damit. Mit mo-

deren Fahrerassistenzsystemen wäre das gleiche Niveau an Sicherheit aber auch bei zukünftigen selbst gefahrenen Autos erreichbar, wobei die Kosten dann auch nicht wesentlich unter denen von AV liegen würden. In niedrig entwickelten Ländern ist die Infrastruktur schwach entwickelt und der Verkehr unstrukturierter, sodass es dort häufiger zu unbekanntem und vorab nicht testbaren Situationen kommen wird. Die Unfallgefahr könnte dadurch ggf. deutlich steigen.

Im Fahrzeug selbst sehe ich das Sicherheitsniveau bei beiden Konzepten (Robotaxi und geteilte Fahrt mit menschlichem Fahrer) ähnlich, weil jeweils unbekannte Personen mitfahren. Diese können durch Anmeldung bei dem Anbieter und Ranking der Erfahrungen von bisherigen Fahrten als vertrauenswürdig eingestuft werden. Sie stellen somit erst einmal kein offensichtliches Sicherheitsrisiko dar, obwohl Konten und Bewertungen gefälscht werden könnten. Natürlich bietet so ein System keine absolute Sicherheit. Es ist aber schon erstaunlich, dass bewertete Fahrer bei Uber in unsicheren Ländern, wie z.B. Mexiko, schon heute mehr Vertrauen genießen als offizielle städtische Taxifahrer. In solchen Ländern wäre das subjektive Sicherheitsempfinden bei einem menschlichen Fahrer sicher sogar höher, weil ein Robotaxi überfallen werden kann und auch beim Ausstieg der ggf. kritische Weg zur Haustür nicht überwacht werden könnte. Ebenso könnten beim Robotaxi Mitfahrer übergriffig werden. Für viele sind das alles Argumente für den menschlichen Fahrer.

AV, wie auch moderne Fahrzeuge, können gehackt und dann missbraucht werden. Forschungsgruppen haben heutige Fahrzeuge bereits gehackt. Für zukünftige Schreckensszenarien können Sie den Film „Fast and Furious 8“ anschauen, in dem Autos gehackt und für Attentate genutzt werden. Aber gerade weil AV stärker vernetzt sein müssen, um z.B. die neuesten Karten herunterzuladen oder aktuelle Verkehrsinformationen zu bekommen, bieten sie ein mannigfaltiges Einfallstor für solche Angriffe. Der Phantasie der Manipulation sind keine Grenzen gesetzt. Nicht nachweisbare Morde durch Fahrten in den Gegenverkehr oder gegen den Baum wären denkbar. Nur ein Fall

würde genügen, um das Vertrauen in diese Technologie zu erschüttern.

Personen, die Hilfe beim Ein- und Ausstieg benötigen, könnten diese nur bei einem menschlichen Fahrer bekommen. Robotaxis sind dafür nicht geeignet. Beim Taxi stellen aber genau diese Transporte einen signifikanten Anteil der Beförderungsleistung dar.

Der Energieverbrauch pro 100 km von Robotaxis liegt mit derzeitiger Sensor- und Rechnertechnologie einige Kilowattstunden über dem eines konventionellen Fahrzeugs. Dies kommt zum einen durch das Mehrgewicht, im Wesentlichen aber durch den Stromverbrauch der Geräte zustande. Das kann beim BEV die Reichweite um ein Drittel reduzieren [Koenig2019]. Dies bedeutet also für das Robotaxi einen erheblich höheren Energieverbrauch, einhergehend mit höheren Kosten und höherer Umweltbelastung.

Bei der Anzahl der Plätze könnte man argumentieren, dass das Robotaxi einen Platz mehr zur Verfügung hat, weil der Fahrer wegfällt. Bei dem Mitfahreransatz möchte der Fahrer die Strecke sowieso zurücklegen, sodass das Argument für das Robotaxi nicht trägt. Hat man natürlich Uber im Hinterkopf, was eigentlich ein Taxiersatz ist, so trifft das Argument zu. Da der frei werdende Fahrerplatz selbst bei einem geteilten Robotaxi nicht immer genutzt wird, ist der Vorteil dort nicht entscheidend.

Erste Reaktionen des Taxigewerbes auf Robotaxis in München fallen nach meiner persönlichen Erfahrung negativ aus. Das Taxigewerbe schafft Arbeitsplätze, die bei der Einführung von Robotaxis zum Großteil wegfallen würden. Besonders in niedrig entwickelten Ländern würde der Wegfall von Arbeitsplätzen sicher nicht akzeptiert werden. In höher entwickelten Ländern, wie z.B. Singapur, existiert zum Teil ein Fahrermangel, sodass dieser Punkt auch für das Robotaxi sprechen kann. In diesen Ländern hat das Robotaxi deswegen einen besonderen Nutzen. Diese Knappheit gibt es allerdings nur in wenigen Ländern.

Sollten die Städte bei Robotaxis nicht einen geteilten Ansatz vorschreiben, würden bis zu 40 % Leerfahrten zustande kommen. Bei der Mitfahroption ist die eigentliche

Fahrt selbstredend frei von Leerfahrten. Einen weiteren Passagier wird der Fahrer nur mitnehmen, wenn er keinen allzu großen Umweg in Kauf nehmen muss. Somit sind zusätzliche Fahrten systemimmanent quasi ausgeschlossen.

Die Anschaffungskosten eines AV liegen nach heutigem Stand um ca. 20 t€ über denen eines „normalen“ Pkw. Hinzu kommt das Risiko des Vandalismus oder Diebstahls der teuren Sensoren oder Rechner. Zudem muss man davon ausgehen, dass Robotaxis zusätzliche Fahrzeuge darstellen und viele Bürger weiterhin ein Auto besitzen. Ich kann mir derzeit nicht vorstellen, dass Städte konsequent die ganze Innenstadt leerräumen und den gesamten Verkehr nur noch mit Robotaxis abdecken.

Die Betriebskosten von Robotaxis sind niedrig, sofern sie – was zu erwarten ist – über Elektroautos realisiert werden. Der Energieverbrauch liegt durch die Sensorik und Rechner in Summe höher, obwohl etwas energieeffizientere Fahrprofile gefahren werden können. Die Privatfahrzeuge werden im Schnitt ältere Fahrzeuge sein, die von Verbrennungsmotoren betrieben werden. Diese haben besonders im innerstädtischen Einsatz mit dem Serieneinsatz von modernen und kostengünstigen Elektroautos bald höhere Betriebskosten als ein Robotaxi.

Das Einführungsszenario für Robotaxis ist vergleichbar mit Carsharing-Diensten und folgt dem Metcalfe'schen Gesetz. Somit erfordert es eine Mindestgröße der Flotte, damit das Geschäftsmodell überhaupt angenommen wird. Weiterhin ist die Technik immer noch nicht ausgereift, dass sie in allen Ländern/Städten funktioniert. Waymo selbst erklärt, dass die Software auf jede Stadt individuell angepasst werden muss. Die rechtlichen Bedingungen sind noch unklar, und nur wenige Städte erlauben derzeit einen Testbetrieb. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Vor- und Nachteile.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von Robotaxis gegenüber Shared Mobility, wie beispielsweise geteilte private Fahrten oder Ride Pooling.

	Robotaxi	Shared Mobility
<b>Sicherheit im Straßenverkehr</b>	Gleichstand	
<b>Sicherheit im Auto</b>	Hackerangriffe	Fremde Personen
<b>Komfort</b>	Keine Hilfe	Hilfe durch Fahrer
<b>Energieverbrauch</b>	Eco-Driving senkt Verbrauch	Geringerer Verbrauch pro Kopf
<b>Betriebskosten</b>	Gleichstand	
<b>Zusätzlicher Verkehr</b>	Höher durch Leerfahrten	Höhere Auslastung
<b>Anschaffungskosten</b>	Teure Sensorik, Rechner	Standard-Fahrzeuge
<b>Einführungsszenario</b>	Technologiereife und Gesetze kritisch	entfällt
<b>Fahrzeugauslastung</b>	Mehrere Stunden täglich	Durchschnittlich 1 Std. am Tag

Das automatisierte Fahren ergibt aus meiner Sicht zu Beginn mehr Sinn für Anwendungen wie Stadtbusse (Level 4) auf festen Strecken. Damit könnten hohe Personalkosten eingespart werden und somit die Busse kleiner und somit flexibler werden. Bei Langstrecken-Lkw (Level 3) kommt es zum einem zu einer Entlastung der Fahrer. Die Laufleistungen sind erheblich höher als bei Taxis, sodass sich die Investitionen, die am Anfang noch sehr hoch sind, rascher auszahlen. Außerdem stellen geschlossene Gelände, wie Häfen oder Werkshöfe, ein sehr gutes Einführungsszenario für autonome Nutzfahrzeuge dar. Die Technologie kann hier früher eingesetzt werden, als bei Pkw in unübersichtlichem innerstädtischen Verkehr.

Waymo ist derzeit allen anderen beim Robotaxi mehrere Jahre voraus und fördert dieses Thema. Ich habe aber den Eindruck, dass eine ehrliche und alle Aspekte umfassende Diskussion über das Robotaxi mit einer Technikfolgenabschätzung bisher noch nicht erfolgt ist. Zum Abschluss möchte ich noch anmerken, dass es auch einfach schön wäre, wenn es wieder mehr soziales Miteinander geben würde und wir nicht alles der Technik überlassen.

Resümee:

Inzwischen hat sich in der Automobilindustrie Ernüchterung breitgemacht, weil sich die Technologie doch nicht so schnell entwickelt, wie vor wenigen Jahren in aller Euphorie angenommen wurde. Während noch vor einigen Jahren angenommen wurde, dass die „alten gesetzlichen Regelungen der Einführung von AV im Wege stehen, müssen die Entwickler heute erkennen, dass die Technologie und Entwicklungsprozesse einen Einsatz im gewünschten Funktionsausmaß noch nicht erlauben: Alle Entwickler haben große Probleme, robuste Funktionen zu entwickeln. Diese dann noch abzutesten ist mit hohem Simulations- und Testaufwand verbunden. Die Sensoren sind noch sehr teuer und kosten zusammen mit der erforderlichen Rechenleistung mehrere tausend Euro pro Fahrzeug. Hersteller wie Tesla versuchen, mit kostengünstiger Sensorik (also im wesentlichen Kameras und ein Radarsensor zur Plausibilisierung nach vorne), die Umgebung zu erfassen. Grundthese ist, dass der Mensch ja auch nur mit den Augen den Verkehr und das Umfeld wahrnimmt und die Verkehrsinfrastruktur (zum Beispiel Ampeln und Verkehrszeichen) auf der menschlichen Wahrnehmung basiert. Waymo setzte zu Beginn vorwiegend auf einen aufwendigen Laser, hat aber dann auch Radarsensoren und Kameras ergänzt.

Die deutschen OEM und Zulieferer setzen auf eine zweifach redundante Lösung mit 360°-Umfelderfassung mit Laser, Kamera und Radar. Das ist die sicherste, aber auch gleichzeitig teuerste Lösung. Der Kunde wird diese Lösung aber wahrscheinlich nur in der oberen Luxusklasse bezahlen, sodass die Technologie nicht in die Massenfertigung kommt und auf lange Zeit kaum bezahlbar sein wird. Viele OEM und Zulieferer haben in der Euphorie zu große Entwicklungsmannschaften für Level 5-Systeme aufgebaut.

So haben sich viele Hersteller vom Level 5-Fahren abgewandt und versuchen, mit dem sogenannten Level 2+ hochautomatisierte Kundenfunktionen umzusetzen, die dem Fahrer einen großen Funktionsumfang bieten, ihn aber immer noch in der Verantwortung belassen. Ich halte das für riskant, weil sich die Fahrer dann sicher fühlen, die

erforderliche Überwachung des Systems vernachlässigen und bei Systemausfall nicht mehr rechtzeitig eingreifen. Tesla musste solche Funktionen ändern, weil die Fahrer diese missbraucht haben. Videos von Tesla-Fahrern, die im Autopiloten-Modus auf der Rückbank saßen, zeugen von solchen Risiken. Inzwischen musste Tesla den Begriff „Autopilot“ zurücknehmen.

Ich plädiere weiterhin für den Einsatz von Assistenzsystemen zur Erhöhung der Sicherheit wie beispielsweise durch Notbremssysteme, Spurverlassenswarner und Fußgängerwarnungen. Stauassistenten bei niedrigen Geschwindigkeiten können ein erster Schritt zur vollständigen Fahrerentlastung sein.

## 9 Konsequenzen und notwendige Maßnahmen

Ich möchte nun beleuchten, welche Interessensgruppen zeitnah in welcher Form agieren müssten.

### 9.1 OEM

Alle OEM müssen das Ziel der CO<sub>2</sub>-Freiheit der Neufahrzeuge bis 2030 (!) konsequent verfolgen. Politik, Gesellschaft und auch Kunden werden zunehmend kein Herumlavieren, Taktieren und Verzögern mehr akzeptieren. Zumindest nicht in China und Europa. In Amerika mag es auch mal wieder einen anderen Präsidenten geben, der den Umweltschutz zurück auf die Agenda setzt.

### 9.2 Zulieferer

Die Zulieferer von Komponenten heutiger ICEV müssen sich auf das Auslaufen der Produktion bis 2030 einrichten. Das kann im günstigsten Fall eine Umstellung der Produktion bedeuten. Im schlimmsten Fall bedeutet das ein erhebliches Schrumpfen bis hin zur Insolvenz mancher Firmen.

### 9.3 Kunden

Von den Kunden wünsche ich mir, dass sie schon in den nächsten Jahren auf das BEV umsteigen und die damit verbundenen (für viele Menschen in der Regel nur kleinen) Einschränkungen akzeptieren. Die Menschen sollten zudem ihr Konsumverhalten erheblich überdenken und sich von Großteils überdimensionierten Fahrzeugen wie SUV abwenden.

## 9.4 Politik

Zuerst möchte ich hier lobend erwähnen, dass die EU mit dem vorgeschriebenen Flottenverbrauch eigentlich schon fast alles Notwendige entschieden hat, um bis 2030 die Antriebe auf potentiell langfristig CO<sub>2</sub>-freie Optionen (nämlich das BEV) umzustellen. Mit EE wäre auch die Laufleistung in Hinblick auf CO<sub>2</sub> unerheblich. In Zukunft sollte die Gesetzgebung allerdings schwere Fahrzeuge (SUV) nicht durch gesetzliche Vorteile beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß begünstigen, sondern beispielsweise auf die Bodenfläche als Referenz für die Größe von Fahrzeugen setzen.

Leider hat die EU bisher keine Regelung getroffen, um die Kilometerleistung oder den vom Fahrstil abhängigen Verbrauch bei ICEV zu reduzieren. Dazu wäre eine merkbare CO<sub>2</sub>-Steuer auf fossile Kraftstoffe erforderlich. Diese müsste den Fahrer auch persönlich treffen, was bei Dienstwagen und freier Tankregelung leider ohne Effekt bleibt. Hier würde kurzfristig eigentlich nur eine Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen wirken. Homöopathische CO<sub>2</sub>-Steuern auf fossile Kraftstoffe, wie derzeit von der Bundesregierung in Deutschland beschlossen, werden das Kauf- und Fahrverhalten überhaupt nicht ändern.

Dazu eine eigene Erfahrung: Wir haben mit unseren Kindern „vereinbart“ (so nennt man von Eltern für die Kinder vorgegebene Regelungen), dass jeder bei Benutzung des Familienautos eine Strafzahlung von 180 €/tCO<sub>2</sub> entrichten muss. Dies entspricht bei einem Mittelklasse-Dieselfahrzeug 2 €/100 km. Wir spenden diese Summe, um Bäume zu pflanzen. Unsere Kinder sind Studenten, die vom BAföG-Satz, den wir Ihnen bezahlen, leben müssen. Dennoch fahren sie weiterhin munter durch die Gegend. Es ist meiner Einschätzung nach schon heute kein Problem, diesen Satz von 180 €/tCO<sub>2</sub> auf den Verkehr anzuwenden. Bei dem immer noch luxuriösem Kaufverhalten mit zu großen Fahrzeugen, wie SUV und üppiger Motorisierung, wäre solch eine CO<sub>2</sub>-Steuer kein ernsthaftes Problem.

Die Versuche der Bundesregierung, über Subventionen den Absatz von BEV und PHEV anzukurbeln, bringen nach meiner Einschätzung für die Umwelt leider gar nichts.

Durch die vorgeschriebenen EU-Flottenverbräuche wird jedes zusätzliche BEV/PHEV, das in Deutschland verkauft wird, dazu führen, dass dieses in einem anderen EU-Staat weniger Absatz findet, weil die OEM die Gesetze aus Kostengründen nicht übererfüllen werden – ein Nullsummenspiel. Sinnvoll wäre es gewesen, die wahren Hinderungsgründe für den Kauf von BEV zu beseitigen. Das ist die immer noch schlechte Ladeinfrastruktur, die dringend erweitert werden und diskriminierungsfrei zugänglich sein muss. Zudem würde eine Höchstgeschwindigkeit den Nachteil des BEV, bei hohen Geschwindigkeiten eine unzureichende Reichweite zu bieten, gegenüber dem ICEV reduzieren. Zusätzlich würde dadurch der Umstieg auf die Bahn gefördert.

## 10 Wer wird überleben?

Ich überschreibe dieses Kapitel nicht, wie in der Vergangenheit, mit „Wer wird gewinnen?“, weil es nach der Corona-Krise, die ausgerechnet in der EU in die Zeit fällt, in der die harten CO<sub>2</sub>-Grenzen greifen, eher darum geht, wer überhaupt überleben wird. Diese Firmen werden dann mittelfristig die Gewinner sein, weil nach der Marktbereinigung die überlebenden Firmen mehr Platz zum Wachstum haben.

### 10.1 OEM

Bei den OEM basiere ich meine Einschätzung auf folgenden drei Kriterien:

In meinem letzten Buch habe ich das Szenario beschrieben, dass der Umbruch zur Elektromobilität schnell und disruptiv erfolgen könnte. Das würde zu einer Kaufzurückhaltung bei ICEV führen. Damit könnten einige OEM innerhalb weniger Jahre insolvent werden. Die deutlich heftigere Konsequenz erfahren aktuell manche Firmen durch die Corona-Krise: Menschen kaufen kaum noch Autos. Und nach der Krise werden viele potentielle Kunden und Firmen so viel Geld verloren haben, dass sie den Autokauf hinausschieben müssen. Dies dürfte prinzipiell alle Fahrzeughersteller gleichermaßen treffen und kann manche Firmen sogar innerhalb weniger Monate in die Insolvenz treiben.

In meinem vorherigen Buch habe ich ein eigentlich anderes Szenario beschrieben, das aber zu den gleichen Konsequenzen wie die Corona-Krise geführt hätte: *„Wenn der Umbruch [zur Elektromobilität] sehr schnell erfolgt, werden die meisten Firmen nicht folgen können. Dann muss der Staat ggf. unterstützend eingreifen. Würde die Firma notfalls genügend lang durch das Land, in dem sie beheimatet*

*ist, in irgendeiner Form protegirt?“* Ich habe die Einschätzungen zu den OEM von 2018 weitgehend übernehmen können, weil sie meiner Einschätzung nach immer noch zutreffen.

Zuerst möchte ich eine Einschätzung zu der Situation in den verschiedenen Weltregionen abgeben:

Deutsche OEM haben den enormen Vorteil, dass der deutsche Staat im weltweiten Vergleich wenig verschuldet ist und einen riesigen Rettungsschirm aufspannen kann, um der Industrie das Überleben zu ermöglichen. Zudem scheint die Corona-Krise Deutschland nur schwach zu betreffen. Derzeit sind viele Mitarbeiter in Kurzarbeit, sodass zuerst Überstunden abgebaut werden müssen und anschließend der Staat einen Großteil der Kosten übernimmt. Das ist hilfreich, um die eigene Liquidität zu erhalten und den Kapitalstock, der für zukünftige Investitionen in neue Technologien erforderlich ist, nicht aufzuzehren. Diese Möglichkeit bieten viele andere Länder ihren Firmen nicht, sodass damit die deutschen OEM, meiner Einschätzung nach, gegenüber der Konkurrenz weniger geschwächt aus der Krise hervorgehen werden.

China hat die Krise wohl einigermaßen gut überstanden und wird seine Industrie schützen. Die Krise wird China nutzen, um den schwelenden Handelsstreit für sich zu entscheiden. Somit wird China versuchen, den amerikanischen Unternehmen (Ford, GM, Chrysler) weiterhin den Rang abzulaufen. Die deutschen OEM sind in China sehr stark in Joint Ventures engagiert. China wird auch diese schützen, um die lokalen Arbeitsplätze zu erhalten.

Die USA sind erheblich stärker von der Krise betroffen. Die Kaufzurückhaltung wird erheblich stärker ausfallen, Massenentlassungen finden durch die schwachen Sozialsysteme in riesigem Ausmaß statt und werden die Kaufkraft mittelfristig weit mehr schwächen als in China und Europa. Die US-Regierung wird Unternehmen nicht so stark unterstützen wie Deutschland oder China, eher ins Chapter 11 (amerikanische Insolvenzregelung) schicken und somit einen Neustart auf niedrigem Niveau erzwingen.

Japan wird ebenfalls versuchen, seine Industrie zu schützen. Inwieweit Japan bei der enorm hohen Staatsverschuldung dafür noch Mittel aktivieren kann, ist fraglich.

Somit ist mein erstes Kriterium:

1. Überlebt das Unternehmen überhaupt die Krise? Dies hängt zum einen vom Eigenkapital ab. Zum anderen vom Willen und Vermögen der jeweiligen Regierungen, die Firmen in ihren Ländern zu unterstützen.

Es gibt aktuell in folgender Reihenfolge vier relevante Märkte: China (20 Mio. Pkw p.a.), EU/Europa (17 Mio. Pkw p.a.), USA (17 Mio. Pkw p.a.), Japan (5 Mio. Pkw p.a.). Ich gehe davon aus, dass die Krise die USA am härtesten treffen wird, sodass dieser Markt an Bedeutung verliert. Die wesentlichen Hersteller mit Stärken in den USA sind GM, Ford, Toyota, Tesla und BMW. Der Markt in China wird sich als erstes erholen. Dort sind VW, lokale chinesische Hersteller, Daimler und BMW gut vertreten. Europa dürfte rasch folgen. Daraus ergibt sich das zweite Kriterium:

2. Ist der OEM gut in Märkten vertreten, die mittelfristig weniger Absatzeinbrüche durch die Corona-Krise zu erwarten haben?

Die EU und China geben den Takt bei der Einführung von BEV vor. Wer in diesen Märkten in den nächsten Jahren nicht genügend BEV kostengünstig produzieren kann, muss auch das Volumen an ICEV proportional zurücknehmen, um Strafzahlungen zu vermeiden. Somit ist mein weiteres Kriterium für den Erfolg eines OEM:

3. Hat die Firma in BEV bereits genügend investiert? Hat die Firma eine eigene Plattform entwickelt, damit die Vorteile bei Package und Kosten genutzt werden können? Ist sie somit nach der Krise in der Lage, mit geschwächtem Investitionsvermögen die zur Erfüllung der Gesetze in China und der EU notwendige Stückzahl an BEV kostengünstig zu produzieren?

Anhand dieser drei Kriterien habe ich eine Reihung der OEM vorgenommen.

### 10.1.1 VW-Konzern

#### 1.) Überleben nach der Krise

Mit den (großen) Marken VW Pkw (Niedersachsen/China/Brasilien), Audi (Bayern/China), Skoda (Tschechien/Indien) und SEAT (Spanien), VW Nutzfahrzeuge (Niedersachsen), MAN (Bayern) und Scania (Schweden) hat der VW-Konzern Standbeine in der ganzen Welt. Da in manchen Ländern der Anteil an Arbeitsplätzen enorm hoch ist (in Niedersachsen ist VW so groß wie die nächsten 50 Firmen zusammen), wird das jeweilige Land die Firma in Krisen sicherlich stützen. Der VW-Konzern gehört zu 12 % dem Land Niedersachsen, sodass dieses dafür sorgen wird, dass VW genügend Unterstützung vom deutschen Staat erhalten wird.

Die kleineren Luxusmarken Bentley, Bugatti, Lamborghini und Porsche können auch in extremen Szenarien überleben, weil der Absatz der Luxusfahrzeuge meistens nur temporär einbricht. Zudem haben Luxushersteller eine geringe Fertigungstiefe, sodass sie die Umstellung auf BEV leicht auf die Lieferanten abwälzen können.

#### 2.) Marktpositionierung

VW ist in China mit einem extrem hohen Anteil des eigenen Fahrzeugabsatzes vertreten. Unter anderem wegen der Strategie der chinesischen Regierung, einen hohen Anteil an BEV in den Markt zu bringen, musste VW deshalb massiv in die Produktion von BEV einsteigen. Das zweite große Standbein ist die EU, in der ebenfalls hohe BEV-Quoten gefordert sind. In den USA sind VW (durch die jahrelange falsche Modellpolitik) und Audi (aufgrund des Imageverlustes durch die angeblichen Selbstbeschleuniger vor 35 Jahren) verhältnismäßig schwach vertreten, was mit Dieselgate noch verstärkt wurde. Insoweit ist der VW-Konzern in zwei wesentlichen, großen Märkten, die einen hohen Anteil BEV fordern, sehr gut vertreten. In den USA, die durch die Corona-Krise nach meiner Einschätzung am stärksten betroffen sind, hat der VW-Konzern (außer Porsche) einen geringen Marktanteil.

### 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Der VW-Konzern hat bisher mit hohen zweistelligen Milliardeninvestitionen die höchsten Summen aller OEM in die Elektromobilität investiert. Die Entscheidung für den Modularen Elektrobaukasten (MEB) zahlt sich in Zukunft aus.

In Summe sehe ich somit den VW-Konzern am besten für die Zukunft positioniert.

Man könnte mir nun vorhalten, ich würde meinen ehemaligen Arbeitsgeber zu positiv darstellen und einschätzen. Ich habe gegenüber dem VW-Konzern, den ich vor 10 Jahren verlassen habe, keinerlei Verpflichtungen mehr. Ich habe VW damals u.a. den Rücken gekehrt, weil ich die reine Volumenstrategie nicht mehr mittragen wollte. Und als Wissenschaftler bemühe ich mich, meine höchsten Güter, nämlich Unabhängigkeit und Neutralität, zu bewahren.

## 10.1.2 Tesla

### 1.) Überleben nach der Krise

Ob Tesla vom amerikanischen Staat unter einem Präsidenten Trump oder von Kalifornien unterstützt wird, ist fraglich. Allerdings hat Tesla immer noch kapitalstarke Investoren des Silicon Valley, die ihren bisher getätigten Einsatz kaum verlieren wollen und deshalb mit dem Prinzip Hoffnung Geld nachschießen würden.

Der Aktienkurs hat sich zuletzt so rasant entwickelt, dass Tesla genügend Finanzkraft haben dürfte, um die Krise zu überleben. Die Marktbewertung von teilweise 150 Mrd.\$, also in der Größenordnung von Toyota, ließe sich nur mit Welteroberungsplänen erklären. Dazu müsste Tesla mittelfristig 10 Mio. Fahrzeuge absetzen. Das geht aber nur, wenn Tesla ins Massensegment vorstößt. Dazu müsste Tesla in entsprechende Fabriken investieren und wird damit die nächsten 10 Jahre keine dem Kurs entsprechende Profitabilität aufweisen. VW und Toyota haben bereits in Fabriken investiert und diese abgeschlossen, sodass sie eine höhere Profitabilität als Tesla aufweisen werden.

Elon Musk hat in der Krise versucht, die Produktion aufrecht zu erhalten. Er hat sein Unternehmen als systemrelevant eingestuft und Autos zu einem essentiellen Produkt erklärt. Das ist schon recht fragwürdig, aber damit konnte Tesla einige Wochen länger produzieren, was ihm einen Vorteil beim Absatz verschafft.

## 2.) Marktpositionierung

Tesla ist bisher am stärksten in den USA positioniert. Es hat jetzt in China eine Produktionsstätte errichtet und versucht, in Deutschland ein drittes Werk zu bauen. Mit dem Silicon Valley und Deutschland hat Tesla somit zwei extreme Hochlohnländer ausgewählt.

Der größte Gegner für Tesla ist der VW-Konzern: Porsche hat beschlossen, 50 % des Absatzes als BEV zu tätigen und greift Tesla beim Model S, X und einem potentiellen Roadster an. Audi positioniert den e-tron gegen das Model X und wird in Kürze ähnliche Fahrzeuge wie das Model 3 und Y herausbringen. Tesla muss dann zeigen, dass es im Premiumsegment eine vergleichbare Qualität bieten kann. Die Komplexität hält Tesla bewusst sehr niedrig und kann somit die Qualität und Kosten verbessern. Fraglich ist, ob die bisher von den deutschen OEM gesetzten Qualitätsmaßstäbe wie kleine und gleichmäßige Spaltmaße in Zukunft beim Kunden noch eine große Rolle spielen.

## 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Tesla hat ausschließlich in BEV und seit dem Model 3 in eine dedizierte Plattform investiert und ist damit perfekt für einen hohen Anteil an BEV in China und der EU aufgestellt. Zudem verwendet Tesla die gleichen Komponenten für alle Fahrzeuge: Die Plattform ist ähnlich, der Antriebsstrang identisch, das Infotainment, die Steuergeräte und Software für die Assistenzsysteme sind ebenfalls gleich. Außerdem schafft es Tesla, für alle Fahrzeuge exakt die gleiche Batteriezelle zu verwenden. Tesla ist durch diese Spezialisierung bei der Entwicklung von Steuergeräten und Batteriezellen der Konkurrenz teilweise Jahre voraus. Es stellt sich dann nur noch die Frage, wie schnell Tesla im Vergleich zur Konkurrenz die mögliche Stückzahl in entsprechender Qualität und niedrigen Kosten produzieren

kann. Bei Schnellladestation hat Tesla ein eigenes weltweites Netz ausgerollt, sodass viele Kunden sich schon alleine aus diesem Grund für einen Tesla entscheiden. Das ist für viele Kunden offensichtlich ein relevanter Verkaufsaspekt, mit dem Tesla viele Kunden einfängt, die aufgrund ihrer Reichweitenangst sonst nicht auf Elektrofahrzeuge umsteigen würden. Auch die kostenlose Nutzung der Supercharger, die Tesla lange Zeit „inklusive“ mit dem Auto verkauft hat, stellte ein schlagendes Kaufargument dar, wenn man die anderen Anbieter von Schnellladesäulen und deren Preispolitik betrachtet.

Wie sehr Tesla vor dem VW-Konzern Respekt hat, zeigen die Reaktionen auf die neuen Modelle: Zeitlich exakt zur Pressevorstellung des ID3 platzierte Tesla die Nachricht, dass sie eine Fabrik in Deutschland bauen wollen. Das stahl VW natürlich die Aufmerksamkeit der Presse und damit der Kunden. Den neuen Taycan von Porsche hat Tesla versucht, durch Meldungen von besseren Rundenzeiten des Model S auf dem Nürburgring zu diskreditieren. Dass das Model S mit Slicks fuhr, liegengeblieben ist und die Rundenzeiten nur abgeschätzt wurde, spricht Bände.

### 10.1.3 BYD/Geely

Ich bleibe weiterhin bei meiner These, dass nur die großen OEM eine Chance haben. Ich nenne deshalb nur die zwei größten chinesischen OEM. Es gibt viele weitere kleinere und in Europa unbekannte Hersteller, denen ich aber global wenig Chancen einräume.

#### 1.) Überleben nach der Krise

China hat die Corona-Krise gut überstanden und fährt die Produktion wieder hoch, was den lokalen Herstellern helfen dürfte. Die Firmen sind ein leuchtendes Beispiel für China, sich aus der technologischen Abhängigkeit der internationalen Automobilunternehmen zu befreien, sodass der Staat BYD/Geely sicher unterstützen wird. Somit ist das Überleben dieser Firmen nach der Corona-Krise wahrscheinlich.

## 2.) Marktpositionierung

Die Firmen sind vorwiegend in China aktiv, wobei eine Expansion zu erwarten ist, sobald die Produkte soweit auf dem Heimatmarkt erprobt sind, dass die Qualität für internationale Märkte ausreicht. So werden jetzt schon elektrische Taxis und Busse angeboten.

## 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Beide Unternehmen setzen fast exklusive auf BEV und haben somit keine Altlasten der ICEV zu tragen. BYD hat durch die eigene Batterieproduktion Zugriff auf ausreichend Zellen.

### 10.1.4 Toyota

#### 1.) Überleben nach der Krise

Toyota schreibt seit Jahren hohe Gewinne und hat eine prall gefüllte Kasse. Als marktbeherrschender OEM in Japan wird der Staat Toyota im Krisenfall zur Seite stehen. Zur japanischen Unternehmenskultur gehört es, keine Mitarbeiter zu entlassen. Somit wird Toyota diese finanzielle Belastung über viele Jahre mit sich herumschleppen.

#### 2.) Marktpositionierung

Toyota ist in den USA recht stark, was durch die Corona-Krise negativ zu bewerten ist. Dafür beherrscht Toyota den Heimatmarkt in Japan und ist weltweit überall vertreten. In Japan und USA ist das HEV politisch gesetzt, sodass Toyota mit seiner Antriebsstrategie genau richtig aufgestellt ist. In China und der EU kann Toyota damit noch bis 2025 erfolgreich sein. Danach steigt der Anteil an BEV so weit, dass Toyota immer mehr BEV in den Markt bringen muss, was eine eigene Plattform erfordert. Da Toyota eher langfristig und iterativ neue Produkte entwickelt, könnte das zu spät sein, um den Hauptwettbewerber VW, mit dann fünf Jahren Vorsprung bei massenmarkttauglichen BEV, einzuholen.

### 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Da sich Toyota komplett auf den HEV konzentriert hat, fehlen die Investitionen in BEV. Jedoch sind die Antriebsstränge ähnlich ausgelegt, sodass Toyota recht schnell den Umstieg auf BEV umsetzen könnte.

## 10.1.5 Daimler

### 1.) Überleben nach der Krise

Daimler erzielte hohe Renditen und investierte große Beträge in den Umstieg zu BEV. Offensichtlich waren dies aber zum Abschluss der Ära Zetsche zu positiv berichtete Zahlen. Derzeit kämpft Daimler mit der Profitabilität. Die Firma hat Geely (10 %), Katar (7 %) und die chinesische BAIC (5 %) als Ankeraktionäre. Somit ist Daimler wohl bald in chinesischer Hand. Selbst wenn dies ein gewisser Ausverkauf deutscher Technologie ist, so erleichtert es den Marktzugang in China.

Als Hauptarbeitgeber in Baden-Württemberg, einem finanzstarken Bundesland, kann sich das Unternehmen Daimler der Unterstützung der Landesregierung sicher sein, wenn es in Schwierigkeiten gerät.

### 2.) Marktpositionierung

Daimler ist weltweit in allen Märkten sehr gut positioniert. Die Firma hat immer noch ein extrem hochwertiges Image. Wenn Daimler seine Profitabilität wieder in den Griff bekommt, steht einem Wachstum nichts im Wege.

### 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Daimler hat über eine eigene Batteriefabrik und als einer der früheren Hauptaktionäre bei Tesla viel Knowhow gesammelt. Eine gewisse Ironie der Geschichte ist es, dass nach Verkauf des Tesla-Anteils der Firmenwert von Daimler zeitweise nur ein Drittel dessen von Tesla betrug.

Daimler hatte zwischenzeitlich Versorgungsprobleme bei Batterien. Dies könnte durch schlechte Verträge, zu hohen Qualitätsansprüchen seitens Daimler oder zu schlechter

Qualität der Lieferanten hervorgerufen sein. Es ist auf jeden Fall ein schlechtes Zeichen, wenn Daimler die geplante Stückzahl nicht liefern kann.

Daimler hat aktuell mit dem EQC nur ein BEV, mit A-, C- und E-Klasse allerdings eine Vielzahl an Hybriden auf dem Markt. Der EQC ist aus einer ICEV-Plattform abgeleitet. Der Smart wird immerhin nur noch rein elektrisch angeboten. Damit ist die Strategie erkennbar: Die kleinen Fahrzeuge als BEV, die großen als ICEV oder PHEV. Diese Strategie wird spätestens 2025 nicht mehr aufgehen. Daimler müsste jetzt dringend Purpose-BEV, also speziell für elektrische Antriebe entwickelte Fahrzeuge, im Kernsegment auf den Markt bringen, d.h. Produkte, die Model 3, Y und S angreifen.

## 10.1.6 Renault-Nissan/Mitsubishi

### 1.) Überleben nach der Krise

Der französische Staat wird das ehemalige Staatsunternehmen Renault, an dem er noch 15 % der Anteile hält, in Notlagen unterstützen, sodass es dadurch einigermaßen krisenfest ist. Japan wird die heimischen Unternehmen Nissan und Mitsubishi ebenso retten wollen. Damit ist der Konzern noch gut aufgestellt. Jedoch wird Renault-Nissan nicht so umfangreich geschützt wie die deutsche Automobilindustrie, weil Deutschland und China wirtschaftlich kräftiger als Frankreich sind.

### 2.) Marktpositionierung

Der Konzern ist im unteren Preisbereich positioniert. Sollte die untere Mittelschicht in der Krise stark leiden, so ist dies ein Nachteil für den Konzern. Seine Hauptmärkte sind Europa, USA, China, Japan und Südamerika. Somit ist der Konzern weltweit einigermaßen gut aufgestellt.

### 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Der Konzern war im Massensegment bisher der Vorreiter bei BEV und hat somit bereits einen Teil der erforderlichen Investitionen getätigt. Da jedoch BEV – aufgrund des höheren Verkaufspreises – eher aus dem Premiumsegment kommen, wird sich Renault-Nissan schwertun, mit seiner

Markenpositionierung gegen VW anzukommen, weil sich die Herstellungskosten prozentual nicht so stark unterscheiden. Der derzeitige erhebliche Vorsprung des Renault Zoe bei den Verkaufszahlen gegenüber dem VW eGolf wird sich sofort umkehren, wenn in Kürze VW mit dem ID3 ein vergleichbar teures Fahrzeug in ausreichender Stückzahl auf den Markt bringt.

### 10.1.7 BMW

Hier betrete ich natürlich wieder aufgrund der räumlichen Nähe zu BMW ein heißes Pflaster. Ich habe in der Vergangenheit schon viel Kritik geübt, was mir nicht immer verziehen wurde. Wie sich im Laufe der Zeit herausgestellt hat, war diese immer berechtigt. Ein Beispiel war meine Kritik an dem massiven Einsatz von CFK, der den i3 hochgradig unwirtschaftlich machte. Nun hat BMW schon beim 7er den Anteil auf gerade noch werbewirksame wenige Prozent heruntersetzt. Zukünftige Fahrzeuge werden ebenso kaum noch CFK enthalten. Ich werde hier nun ein weiteres Mal die Geschäftspolitik von BMW kritisch beleuchten.

#### 1.) Überleben nach der Krise

BMW ist das kleinste unabhängige Unternehmen in der Automobilindustrie und befindet sich überwiegend in Privatbesitz. Es wäre im Notfall schwer, den Bürgern zu vermitteln, dass ein seit Jahrzehnten sehr erfolgreiches Unternehmen, in dem die Beschäftigten Stargehälter verdienen, mit staatlichen Mitteln gerettet werden müsste. Abwrackprämien, die gerade diskutiert werden, helfen kaum den Premium-OEM, wie sich 2009 gezeigt hat. Die Eigentümer werden möglicherweise auch nicht bereit sein, große Summen nachzuschießen. Dennoch wird Bayern alles tun, um seine Vorzeigefirma zu schützen. BMW hat zudem, aufgrund hoher Gewinne der Vergangenheit, genügend Rücklagen, um die Krise zu meistern.

#### 2.) Marktpositionierung

BMW ist in allen Märkten vertreten, Hauptmärkte sind Europa, Asien und USA. Leider baut BMW einen SUV-Anteil von über 40 %. Das ist weder nachhaltig noch förderlich

beim Umstieg auf BEV und den wahrscheinlichen Kaufkraftverlust durch die Corona-Krise. Der hohe Anteil an SUV ist auch der Grund, warum BMW den PHEV so stark fördert: Große Langstreckenfahrzeuge bräuchten aus ökologischen Gründen derzeit noch einen Dieselmotor. Damit würde BMW aber den Flottenverbrauch nicht schaffen und muss somit aus gesetzlichen Gründen den eigentlich für SUV unsinnigen PHEV (leider dann auch noch mit Benzinmotor) einsetzen.

### 3.) Bisherige Investitionen in BEV

BMW hat mit dem i3 einen Reifall erlebt: Das Fahrzeug war durch CFK viel zu teuer, hatte eine zu geringe Reichweite, weil die Ingenieure die Batterie trotz riesigem Bauraum viel zu konservativ ausgelegt haben. Zudem gleicht der i3 durch ein ungünstiges Höhe-Breite-Verhältnis einem Lieferwagen und wird bei Abfragen in meinen Vorlesungen von der Hälfte der Studenten vom Design als unattraktiv eingestuft. Durch den finanziellen Misserfolg des i3 schien BMW lange Jahre der Mut verlassen zu haben, neue BEV-Modelle zu entwickeln. Jetzt wurde der i4 angekündigt, und der Mini ist als Elektroversion erhältlich. BMW fährt jedoch eine Conversion-Design-Strategie, das heißt die bestehenden Plattformen für ICEV werden auf BEV umgerüstet. Das hat den Vorteil, dass die Investitionen geringer sind und die bestehenden Produktionslinien ohne aufwendigen Umbau weiter genutzt werden können. Nachteil sind die geringere Reichweite, weil weniger Bauraum für die Batterie zur Verfügung steht, ein kleinerer Innenraum durch den Vorhalt des ICEV und höhere Einzelkosten, weil z.B. Bauteile, wie die Batterie, komplizierter ausgeführt werden müssen, um die zerklüfteten Bauräume zu nutzen. Der Mini-E hat wegen all dieser Gründe nur eine kurze, meiner Einschätzung nach nicht wettbewerbsfähige, Reichweite und ist zudem vergleichsweise teuer. In Summe fährt BMW eine recht halbherzige BEV-Strategie.

### 10.1.8 Hyundai/Kia

#### 1.) Überleben nach der Krise

Das Unternehmen macht Gewinne, wird vom Staat gut geschützt und kann durch das weitverzweigte Firmenkonglomerat finanzielle Probleme abfedern. Südkorea wird alles daransetzen, die eigene Automobilindustrie zu schützen.

#### 2.) Marktpositionierung

Hyundai/Kia ist vorwiegend in China, USA und Indien vertreten. USA und Indien sind stark von der Corona-Krise betroffen, sodass Hyundai/Kia die Auswirkungen stark spüren dürften.

#### 3.) Bisherige Investitionen in BEV

Hyundai/Kia hat als Mischplattform den Ionic auf den Markt gebracht. Dieser kann sowohl als BEV, als auch als ICEV und PHEV ausgerüstet werden. Eine dedizierte BEV-Plattform ist das allerdings nicht. Durch die Nähe zu den südkoreanischen Batterielieferanten dürfte die Batterieversorgung gesichert sein.

## 10.2 Zulieferer

Zulieferer, die Komponenten für BEV herstellen, sind die Gewinner. Dieses sind Zellhersteller wie Panasonic, Samsung, Sony, LG, CATL und BYD. Ebenso aber auch die Rohmateriallieferanten wie Minen und die Zulieferer von Vorprodukten wie Separatorfolien und Elektrolyt. Hersteller von Komponenten für Batteriesysteme, wie beispielsweise Kabel, Stecker, Schütze, Battery Junction Box, etc. werden profitieren.

Lieferanten von Leistungselektronik und deren Komponenten werden ebenso ein rasantes Wachstum erleben. Dazu gehören LG, Samsung, Infineon, Rohm (SiC-Leistungselektronik) aber ggf. auch Bosch.

Elektromaschinen werden zum Teil von den OEM selbst hergestellt. Komponenten wie Lager oder Gussteile für das Gehäuse spielen für die Wertschöpfung keine große Rolle; Kupfer für die Wicklungen nur als Vorprodukte. Die Metalle der Seltenen Erden und die daraus hergestellten Magnete

werden wichtiger, weil die meisten Hersteller aus Effizienzgründen die permanenterregte Synchronmaschine einsetzen, die Magnete benötigt. Magnethersteller, die diese mit einem geringen Einsatz Seltener Erden herstellen können, werden besonders gefragt sein.

Mit Ladestationen und deren Installation zeichnet sich ein weiteres Geschäftsfeld ab: Sowohl die Beratung und Auslegung im Vorfeld, als auch die Begleitung der Umsetzung und die Betreuung im Betrieb von Ladeinfrastruktur stehen hierbei im Fokus. Somit sind Unternehmen, die sich in diesen Bereichen positionieren, wie zum Beispiel Innogy oder Mennekes, bereits jetzt zentrale Akteure im Wandel hin zur Elektromobilität.

## 11 Wer wird vom Markt verschwinden?

Im vorausgegangenen Kapitel habe ich die wahrscheinlich überlebenden Firmen vorgestellt. Alle anderen Firmen hatte ich schon 2018 sehr kritisch gesehen und deshalb nicht aufgeführt. Besonders für die amerikanischen Firmen GM, Ford und Chrysler sehe ich in Summe keine Chance zu überleben: Sie haben in China Probleme wegen des Handelskriegs zwischen USA und China. Und zusätzlich trifft die Corona-Krise die USA besonders hart. Technologisch sind diese Firmen komplett hinten dran. Natürlich können diese Firmen, politisch gewollt, irgendwie gerettet werden, obwohl ich nicht glaube, dass die Finanzkraft der betroffenen Länder ausreichen wird. Ich spreche in diesem Kapitel nur von der betriebswirtschaftlichen Überlebensfähigkeit aus eigener Kraft.

### 11.1 FCA/PSA/Opel

Italien ist stark von Corona betroffen, zudem stark verschuldet und wird kaum die Kraft haben, FCA (insbesondere Fiat) zu retten. PSA könnte von Frankreich unterstützt werden. Opel hat keine richtige Heimat mehr und wird von den betroffenen Ländern eher fallen gelassen. Eine BEV-Strategie ist kaum zu erkennen, und die notwendigen Investitionen, um in die Massenfertigung zu kommen, können jetzt kaum noch getroffen werden. In Summe ist es ein Konzernverbund, der kaum eine Überlebenschance hat. Die Firmen wollen sich zusammenschließen, um einerseits noch einen gewissen Skalierungseffekt zu erzielen, aber noch viel entscheidender, um andererseits Druck auf die EU im Besonderen ausüben zu können. Die Unternehmen werden die CO<sub>2</sub>-Grenzwerte nicht erreichen und können die resultierenden Strafzahlung nicht leisten, ohne zahlungsunfähig zu werden. Zur Marktberreinigung wäre ein

Ausscheiden dieses Konzernverbundes eigentlich erforderlich, wobei ich nicht glaube, dass dies politisch durchzuhalten ist.

## 11.2 Ford

Ford hat offensichtlich massive Probleme, die neuen Technologien wie BEV in den Markt zu bringen. So hat Ford beispielsweise keine eigene BEV-Plattform geplant, verlässt sich auf Rivian (ein mir bisher komplett unbekannter Newcomer) und kauft bei VW deren Plattform ein. Das war schon vor Corona eine Bankrotterklärung.

Ford wird sich also wegen Nichterfüllung des CO<sub>2</sub>-Grenzwerte aus der EU zurückziehen, in China politisch aus dem Markt gedrängt und kann dann nur noch auf dem amerikanischen Markt Pick-ups, SUV und MPV verkaufen. Das reicht nicht aus, um die nötigen Skaleneffekte zu erreichen. In den USA wird Ford zudem permanent von Toyota angegriffen.

Ford kann aufgrund der Gewinnschwäche und den Auswirkungen durch die Corona-Krise kaum noch Geld in BEV investieren und hat eigentlich keine Chance mehr, in China und Europa Fuß zu fassen. Somit wird Ford immer mehr in die Enge getrieben.

## 11.3 GM

GM steht ähnlich schlecht da wie Ford. Zudem hat GM mit Opel sein technologisches Standbein in Europa verkauft. Das bedeutet somit einen aktiven Rückzug aus dem europäischen Markt, einen schweren Stand in China und nur noch eine gute Position in den Märkten der USA, Süd- und Mittelamerika.

Das reicht aber nicht, um den Umstieg in die Elektromobilität hinzubekommen. GM zählt damit auch zu den Firmen, die vom Markt verschwinden könnten.

## 11.4 Honda

Honda erreicht hohe Pkw-Absatzzahlen in Nordamerika, China und Asien. Die große Stärke sind jedoch die 20 Mio. weltweit verkauften Motorräder und 6 Mio. Motoren. Dennoch sind 5 Mio. Autos zu wenig, um die Investitionen in die neuen Themen wie BEV und autonomes Fahren zu stemmen. Honda wird sicher noch am längsten im Markt bestehen – gerade, wenn vorher Ford, GM und FCA in Schwierigkeiten geraten.

## 11.5 Alle kleinen OEM/Start-ups

Den kleinen OEM und Start-ups gebe ich erneut keine Chance, im direkten Wettbewerb mit den großen OEM zu bestehen. Dazu sind die Einmalaufwendungen für die Entwicklung, den Aufbau einer BEV-Produktion, Kundendienst, Händlernetz, etc. zu hoch. Im Luxussegment muss ein OEM mit 2 Mio. abgesetzten Fahrzeugen (BMW, Audi, Daimler, demnächst Tesla) p.a. konkurrieren; im Massensegment mit VW und Toyota (über 6 Mio. Fahrzeuge p.a.). Die Daumenregel lautet, dass die doppelte Produktionsstückzahl eine Kostenreduzierung von 10 % bedeutet. Das heißt, ein Unternehmen, das nur die Hälfte der Stückzahl des Wettbewerbers fertigt, macht (bei einer optimistisch gerechneten Gewinnmarge von 10 %) keinen Gewinn. Die Eintrittshürde in den Automobilmarkt beträgt also zweistellige Milliardenbeträge.

Hier meine Aussage aus meinem vorigen Buch: *„Sollten nicht ganze Staaten oder superreiche Firmen wie Apple über Jahre hinweg zweistellige Milliardenbeträge investieren, wird ein neues Unternehmen nicht erfolgreich sein. In kleinen Nischen, wie bei Streetscooter, das der Post gehört und deren eigene Flotte ausstattet, kann ein OEM Erfolg haben. In der Breite sehe ich das nicht.“*

Die Post hat den Streetscooter nun vom Markt genommen, obwohl ich diesem sogar eine Chance gegeben hatte. Ich wollte hier nicht Recht haben – es ist aber genauso gekommen, wie ich es prognostiziert habe. Die Kleinen, die mit den OEM konkurrieren wollen, haben einfach keine

Chance. Für Start-ups geht zudem mit der Corona-Krise die Zeit des scheinbar unbeschränkten Geldes zu Ende.

## 11.6 Zulieferer

Alle Zulieferer, die dedizierte Komponenten für ICEV herstellen, werden mit dem Anstieg des BEV-Volumens und damit Rückgang des ICEV massive Probleme bekommen. Zu den kritischen Komponenten zählen der Verbrennungsmotor und dessen Bauteile: Gussteile für Motorgehäuse, Kolben, Pleuel, Lager, Einspritzanlagen, Abgasanlage, aufwendige schaltbare Getriebe oder Automatikgetriebe, Tanksystem, etc. Diese Komponenten benötigen zum Großteil teure, spanende Maschinen, die bei der Fertigung von BEV keine Verwendung mehr finden.

Schon ein leichter Rückgang des ICEV-Volumens reicht für einen Preiskampf unter den Zulieferern aus, weil alle mit weltweit steigenden Fahrzeugabsätzen gerechnet haben. Wenn dann noch der Absatzrückgang durch die Corona-Krise hinzukommt, bekommen die Zulieferer solcher Komponenten erhebliche Probleme.

## 11.7 Händler

Die OEM versuchen schon seit Jahren, die Händlermarge zu eliminieren. Tesla macht das vor: Die Autos können nur noch beim OEM und ohne Rabatte bestellt werden. Es gibt keine echten Händler, sondern nur Showrooms. Bei VW können Kunden den ID3 nur noch online bestellen.

Viele Händler sind schon durch die Rücknahmegarantien bei Leasingfahrzeugen in Schieflage geraten, weil die Gebrauchtwagenpreise gerade bei Dieselfahrzeugen zusammengebrochen sind (Ich hatte darauf auch in meinem Buch von 2018 hingewiesen). Das Händlersterben wird weitergehen und die Händler werden zu Showrooms und Werkstätten degradiert.

Aber auch die Werkstätten werden ein schweres Los haben, weil BEV kaum noch Wartungsaufwand benötigen: Kein Ölwechsel, kaum Bremsenverschleiß, kein Zahnrie-

menwechsel, keine Kupplung, Auspuff, etc. Fahrerassistenzsysteme sorgen für weniger Unfälle und entsprechend weniger Reparaturen. Viele Werkstätten werden mit der Elektromobilität immer weniger Umsatzvolumen zu erwarten haben.

## 12 Fazit und Prinzip Hoffnung

Die Corona-Krise beschleunigt den Wandel in der Automobilindustrie:

Kunden werden weniger Autos kaufen (können) als bisher. Dies liegt an der allgemein zurückgehenden Kaufkraft, einem Sinneswandel in Richtung Notwendigkeit und dem geringeren Mobilitätsbedarf durch mehr Homeoffice und weniger Dienstreisen.

Die Staaten werden ihre Rettungspakete auf nachhaltige Investitionen konzentrieren und weniger auf Konsumgüter. Elektrofahrzeuge und die dafür nötige Ladeinfrastruktur werden als nachhaltig angesehen und somit von den Staaten noch stärker gefördert als bisher.

Nur noch China und Deutschland haben eine geringe Staatsverschuldung und können große Rettungspakete schnüren. Beide Länder setzen auf Elektromobilität als Zukunftstechnologie und werden diese fördern.

Schwache Unternehmen wie FCA, PSA, GM und Ford, die jetzt schon technologisch abgeschlagen sind und nicht auf Elektromobilität gesetzt haben, werden vom Markt verschwinden oder zumindest erheblich an Bedeutung verlieren. Starke Unternehmen werden die Krise weniger geschwächt überleben als die jetzt schon schwachen OEM. Viele starke Unternehmen, wie der VW-Konzern, Tesla, BYD/Geely und Hyundai setzen auf Elektromobilität und werden nach einer Marktbereinigung gestärkt aus der Krise hervorgehen. Diese geschilderten Entwicklungen werden dazu führen, dass deutlich weniger verbrennungsmotorische Fahrzeuge verkauft werden und der Absatz von Elektrofahrzeugen massiv steigen wird.

Für Deutschland hege ich die Hoffnung, dass die OEM mittelfristig gestärkt aus der Krise hervorgehen werden. Viele Zulieferer, die sich auf Komponenten für Verbrennungsmotoren konzentriert haben, werden diesen Wandel leider

nicht überstehen. Dafür wird es neue Firmen und Arbeitsplätze im Bereich der Antriebskomponenten für Elektrofahrzeuge, bei der Ladeinfrastruktur, bei den Erneuerbaren Energien und beim Netzausbau geben. Die Wertschöpfung in Summe wird eher steigen und den Verlust überkompensieren, weil die Ölimporte wegfallen und mehr lokale Wertschöpfung stattfindet.

Ich bin sehr zuversichtlich, dass die deutsche Automobilindustrie langfristig wieder einmal als Gewinner hervorgehen kann, wenn sie den notwendigen Wandel aktiv gestaltet und nicht verhindert. Dazu braucht es ein gemeinsames Narrativ, ein gemeinsames Ziel und endlich einen Schulterschluss von Politik, Industrie und Kunden. Ich wünsche mir, dass dieses Buch dazu beiträgt, aufzuklären und Sie zu ermutigen, diesen notwendigen Weg jetzt gemeinsam zu gehen.

## 13 Ratschlag für Investoren

Dr. h.c. Florian Homm, MBA & Moritz Hessel

Im Februar 2018 hatte ich (Dr. h.c. Florian Homm) die Ehre, ein E-Book zum Thema Elektromobilität („Status Elektromobilität 2018: der Kunde wird entscheiden“) zusammen mit Professor Markus Lienkamp von der TU München zu veröffentlichen. Die Akzeptanz und die Resonanz der Leser haben unsere Erwartungen damals deutlich übertroffen. Einen Monat nach der Veröffentlichung hat Professor Lienkamp dieses Erstwerk mit Dr. Thomas Pöck – einem hoch angesehenen Berater, Unternehmer und Automobil-Experten – durch eine Analyse des Käuferverhaltens ergänzt. Auch diese zweite Buchversion wurde gut aufgenommen.

Aus meiner Sicht wird es in den kommenden Jahren wesentlich mehr Verlierer als Gewinner beim BEV-Paradigmenwechsel geben. Etliche zukünftige Verlierer befinden sich bei uns in Deutschland. Die OEM und Zulieferer werden nicht nur mit der E-Mobilität-Thematik konfrontiert. Sie müssen sich auch dem autonomen Fahren, dem Carsharing, sowie einer ganz neuen Generation von Zulieferern aus Asien stellen. Auch aus volkswirtschaftlicher Sicht kann die BEV-Thematik mittelschwere Konsequenzen für unsere Wirtschaftsleistung und den Beschäftigungsgrad in Deutschland haben.

Seit unsere Recherchen im Februar und März 2018 veröffentlicht wurden, hat sich in den vergangenen 25 Monaten viel ereignet. Mittlerweile scheint kein führender Automobilhersteller mehr den Trend zur Elektromobilität zu hinterfragen. Der Automobilhersteller FCA (Fiat Chrysler Automobiles), der in diesem Bereich bestenfalls mittelmäßig positioniert ist, befand sich in Fusionsgesprächen mit der Allianz Nissan, Renault und Mitsubishi, dem Marktführer im mittleren Preissegment bei Elektrofahrzeugen. Die Re-

gierungen und damit verbundene Machtinteressen machten diesem Vorhaben vorerst allerdings einen Strich durch die Rechnung. Die geplatzten Fusionsgespräche zwischen der Renault/Mitsubishi/Nissan-Allianz und dem Fiat/Chrysler-Konzern deuten darauf hin, dass sich technologisch schwächer aufgestellte Unternehmen eventuell mit besser positionierten Herstellern zusammenschließen müssen.

Eine solche Fusion würde die Stückzahlen von Unternehmen wie VW oder Toyota um 50 % übersteigen.

Solche Mega-Zusammenschlüsse, die zu enormen Skaleneffekten bei der Produktion, im Vertrieb, bei den Gemeinkosten und in Forschung und Entwicklung führen können, erhöhen den Druck auf kleinere Autohersteller. Ein weiterer Erfolgsfaktor bei der Elektromobilität ist die Verfügbarkeit von Batteriezellen. Dieser Markt wird von den chinesischen, japanischen und koreanischen Herstellern dominiert. Kleinere Hersteller müssen in Tokyo, Seoul oder Ginghai betteln gehen, um die dringend notwendigen Batteriezellen zu bekommen. Der stark nachgefragte I-Pace-Pkw von Jaguar hätte sich noch besser verkaufen können, wäre man an mehr Batteriezellen gekommen.

Um sich dieser neuen Welt stellen zu können, müssen sich die deutschen Autobauer ernsthaft überlegen, ob sie eine ähnliche Allianz wie die Franzosen, Japaner und Amerikaner eingehen sollten. Eine Annäherung zwischen Mazda und Toyota in der Elektromobilität ist mittlerweile unverkennbar. Hier könnte sich eine weitere potente Allianz bilden, eventuell sogar noch mit Subaru oder Honda als weitere Mitglieder einer rein japanischen Allianz.

Wir gehen davon aus, dass es in wenigen Jahren nur noch eine Handvoll Automobilhersteller am Markt geben wird. Die Zeit bis dahin wird mit Fusionen und Übernahmen verbunden sein.

Auch die von uns prognostizierte Kaufzurückhaltung beim Erwerb von Verbrennungsmotoren hat sich vollends bestätigt. Die Gründe hierfür waren bereits vor der COVID-19-Pandemie zu erkennen und lassen sich somit nicht einzig darauf zurückführen.

Möglicherweise hängt die Kaufzurückhaltung mit dem Dieselskandal oder mit den prognostizierten Preisrückgängen bei Elektrofahrzeugen zusammen. So sollen, laut Prognosen, Elektroautos in fünf Jahren günstiger sein als vergleichbare Verbrenner. Tesla hat z.B. den Kobaltgehalt seiner Batterien gemeinsam mit Technologie-Partner Panasonic auf 2,8 % reduziert; mittel- bis langfristig wollen die Kalifornier komplett ohne diese Komponente auskommen. Dies verdeutlicht das Einsparungspotenzial bei umkämpften Rohstoffen. Deutsche Automobilhersteller liegen hier noch im zweistelligen Prozentbereich. Zudem dürfte Tesla seinen Wettbewerbsvorteil durch die Corona-Krise weiter ausgebaut haben. Die klassischen Automobilhersteller sind in der aktuellen Situation darauf angewiesen, die Verluste zu begrenzen und müssen daher ihre Cash-Cow-Modelle weiter in den Vordergrund rücken. Die kapitalintensive Entwicklung neuer E-Auto-Modelle dürfte vorerst etwas vernachlässigt werden. Zudem profitiert Tesla von einem weiteren Faktor, nämlich seiner vertikalen Integration.

Da Tesla weitestgehend auf Inhouse-Produktion setzt, werden die Lieferketten, anders als bei den klassischen Automobilherstellern, nicht über Monate hinweg gestört sein. Denn bei diesen läuft die komplette Fertigung in einer Just-in-time-Produktion ab und kann durch das Fehlen eines einzigen Teiles komplett aus der Bahn geworfen werden.

Jedoch gilt es bei diesen Erwägungen, auch den Ölpreis einzubeziehen, der eine gewaltige Rolle spielt. Eine schwache Wirtschaft und ein schlechtes Finanzumfeld führten zum Rekordtief des Ölpreises. Dies könnte die Revolution hin zu Elektroautos zeitlich etwas nach hinten verlagern und deutschen Autobauern vorübergehend Luft verschaffen. Außereuropäische Länder mit großen Ölressourcen werden die Verlierer sein. Länder, welche die neu erforderlichen Rohstoffe beherbergen, gehen als Gewinner hervor.

In unserer Funktion als Finanzanalyst und Investment Manager beschäftigen wir uns primär mit wirtschaftlichen und

finanziellen Prognosen. In dieser Rolle ist es wichtig, bedeutende technologische Veränderungen und Herausforderungen zumindest so gut zu verstehen, dass wir intelligente Anlageentscheidungen treffen können.

Wer von Februar bis Ende April 2020 unseren 19 Verkauf- bzw. Short-Empfehlungen gefolgt wäre, hätte eine durchschnittliche Rendite von über 50 % erwirtschaftet. Im selben Zeitfenster lag die Performance des MSCI World Aktien Index bei minus 1 %. Somit haben unsere Shorts (die Leerverkauf-Kandidaten) deutlich besser performed als der globale MSCI World Index.

Die Top drei Verlierer haben sogar durchschnittlich über 70 % an Wert verloren. In Hinblick auf diese Analyse erwies sich die Anfrage von Herrn Dr. Pöck und Professor Lienkamp als sehr hilfreich. Ich war sehr erfreut, als man mich darum bat, ein gemeinsames Update zu unseren Büchern zu veröffentlichen und meine Empfehlungen zu überprüfen.

### 13.1 Autonomes Fahren – der Gewinner von morgen baut keine Autos

Hier scheint Deutschland zunehmend Konkurrenz zu bekommen. Vor einigen Jahren waren Daimler-Benz und Continental in diesem Bereich noch führend. In der höchsten Entwicklungsstufe, der sogenannten Level 5, haben sich mittlerweile Tesla, Baidu, Yandex, Nvidia, Uber, Denso, Intel/Mobileye, Delphi, Google mit seiner Tochter Waymo und weitere Anbieter als ernst zu nehmende Konkurrenten entpuppt.

Diese Entwicklung wird durch die „Cars-on-Demand“-Debatte weiter gestützt: selbstfahrende Taxis mit entsprechend geringer Kostenstruktur.

Das bedeutet selbstfahrende Fahrzeuge, die ihren Fahrgast absetzen, danach selbständig zur Ladestation rollen und sich dann auf einem freien Parkplatz abstellen, um rechtzeitig morgens vor der Tür des Passagiers auf dessen Einsteigen zu warten. Sollte eine Umstellung auf au-

tonomes Fahren möglich werden, brauchen wir gemäß jetzigem Stand nur noch 30 % der weltweit 1,3 Milliarden Autos, zumal sich ein Großteil der Mobilität ohnehin in Ballungszentren abspielt. Als Gewinner vom Platz gehen werden daher die Unternehmen, die es als erste schaffen, beim autonomen Fahren und dem digitalen Auto von morgen die Weltmarktführerschaft zu beanspruchen. Unternehmen, die allerdings in keiner der „neuen“ Antriebsformen vertreten sind, werden im kommenden Jahrzehnt von der Bildfläche verschwinden und überhaupt gar nicht erst die Möglichkeit bekommen, am Rennen um das autonome Fahren teilzuhaben.

**Baidu Inc (ADR)**

**ISIN: US0567521085**

**Symbol: BIDU**

**Börse: Nasdaq**

In Deutschland rückte das Unternehmen *Baidu* vor allem durch seine Kooperationen mit deutschen Automobilherstellern in den Fokus. Mitte vergangenen Jahres etwa erfolgte die Vereinbarung zu einer Ausweitung der Zusammenarbeit mit der Daimler AG. Gemeinsam waren beide Partner auch Mitgründer der Entwicklungsplattform „Apollo“ im Jahr 2017. Interessant finden wir übrigens auch die anderen Partner dieser Plattform: <http://apollo.auto/>

Apollo hat mittlerweile mehr als 130 Partner. Vergangenes Jahr stieg Volkswagen in die Kooperation ein. Auch BMW zählt mittlerweile zum Konsortium. Zwar handelt es sich bei diesem Programm, das neben der Entwicklung von Sensortechnik auch die notwendigen Algorithmen hervorbringen soll, um ein Open-Source-Projekt. Die Zusammenarbeit mit den unterschiedlichsten Automobilproduzenten und Zulieferern könnte Baidu dennoch einen erheblichen Knowhow-Zuwachs und potenzielle spätere Geschäftsbeziehungen bescheren. Der Testbetrieb innerhalb Chinas ist für Automobilproduzenten nur möglich, wenn sie eine Kooperation mit einem einheimischen Unternehmen eingehen, das über eine Kartenlizenz verfügt. Baidu scheint als Kooperationspartner aktuell nahezu alternativlos. Das heißt, der Markt für autonomes Fahren in China ist nach aktuellem Stand nur über Baidu zugänglich. Damit sind die

Eintrittsbarrieren, ähnlich wie bei Yandex in Russland, extrem hoch. Es gibt Gerüchte, dass Baidu aktuell ein Spin-Off von Apollo – unter Einbeziehung externer Partner – anstrebt. Bei einem so langen Investitionszyklus und hohen Anlaufverlusten ergibt das durchaus Sinn. Mit insgesamt 45 Fahrzeugen konnten im vergangenen Jahr knapp 140.000 Kilometer zurückgelegt werden. Hier sehen wir noch deutliches Potenzial. Die Anzahl der zurückgelegten Kilometer ist für den realen Fortschritt enorm wichtig. Dennoch hat Baidu zehnmal so viele Testkilometer zurückgelegt wie der nächstbeste Wettbewerber in China. Allerdings hat das Unternehmen keine Störfälle oder ähnliches veröffentlicht, da Baidus Testergebnisse lediglich von staatlicher Seite veröffentlicht werden. Auf YouTube gibt es zahlreiche Clips von autonomen Baidu-Fahrzeugen. Baidu ist schon viel weiter bei der Diversifikation seiner Umsatzquellen als zum Beispiel Alphabet. Wir meinen daher, dass Baidu eine gute Möglichkeit ist, um in autonomes Fahren zu investieren.

### **Yandex**

**ISIN: NL0009805522**

**Symbol: YNDX**

**Börse: Nasdaq**

Das russische Google betreibt unter dem Namen *Yandex.Taxi* eine Plattform, die ähnlich funktioniert wie die der US-Rivalen Lyft und Uber. Allerdings fahren für Yandex.Taxi keine Privatleute, sondern Taxiunternehmen. Rund 300.000 Taxis lassen sich in aktuell 15 Ländern buchen. In Russland ist Yandex.Taxi bereits der mit Abstand größte Anbieter. Das Yandex-Taxi fährt voll autonom, lediglich auf dem Beifahrersitz befindet sich noch ein Aufpasser. Anders ist es bei Lyft und Uber. Hier sind zwei Aufpasser mit an Bord. Einer davon sitzt sogar am Steuer. Sowohl in Russland als auch in den USA wird noch einige Zeit vergehen, bis das Straßenbild von autonom fahrenden Fahrzeugen bestimmt wird. Im Ballungsraum Moskau betreibt der Konzern jedoch bereits einen Robotaxi-Dienst. Nutzer können die Fahrzeuge per App rufen und werden dann autonom zu ihrem Ziel gebracht. Ein Sicherheitsingenieur ist noch mit an Bord, aber lediglich auf dem Bei-

fahrersitz. Yandex lässt seine Autos auch im strengen russischen Winter auf die Straße. Auf diese Erfahrung muss die Konkurrenz um Tesla im sonnigen Palo Alto (Kalifornien) verzichten. Ein Grund, warum derzeitige Pilotprojekte in sonnigen Staaten wie Kalifornien und Nevada durchgeführt werden, ist die gute und stabile Wetterlage. Bei Licht und trockener Fahrbahn sehen Kameras und Sensoren besser. Spiegelungen auf dem Asphalt oder Markierungen irritieren die Systeme. Trotzdem kommt Yandex damit zurecht. Seine Testfahrten in den USA (Las Vegas) bezeichneten die Yandex-Ingenieure als „Spazierfahrt“. Ein kurzer Eindruck dieser Testfahrten wird Ihnen in folgenden Videos vermittelt:

<https://www.youtube.com/watch?v=uRyTEW2OuWw>

Ab Minute 1:50:

<https://www.youtube.com/watch?v=gfWjsKsEry0>

Aktuell fährt Yandex noch mit einem Sicherheitsingenieur, der eingreifen kann, sollte die Software versagen. Vor knapp anderthalb Jahren tötete ein autonom fahrendes Fahrzeug von Uber eine Frau. Zwar wurden Vertreter von Uber vom Strafgericht freigesprochen, jedoch tragen solche Ereignisse nicht zur Akzeptanz der Technologie bei – und auch nicht zur Lockerung der Gesetze. Wohl kaum ein Land ist besser geeignet, um autonome Autos zu erforschen, als Russland. Die Bedingungen sind überaus hart: Kälte, schlechte Sicht, Schneestürme. Menschen laufen häufiger bei Rot über die Straße, man nimmt die Regeln weniger genau als in den USA, es wird häufiger gedrängt. Mit alledem kommen die Fahrzeuge von Yandex zumindest im Grundsatz schon zurecht. Probleme bereiten bisher noch Starkregen, Nebel und Schneefall: Kameras, Sensoren und Lidar sehen dann nichts mehr oder nur wenig. Mit sehr genauen Karten könnten die Fahrzeuge zwar die Strecke erkennen, nicht aber andere, vielleicht steckengebliebene Verkehrsteilnehmer. Eine Lösung für das Problem ist bislang nicht in Sicht. Daher kann es auch in ein paar Jahren sein, dass das Roboterfahrzeug nach Level 3 oder Level 4 den Fahrer bei schlechtem Wetter auffordert, das Lenkrad eigenverantwortlich zu übernehmen. Im Ge-

gensatz zu Uber und Lyft kann Yandex seine Expansionspläne aus dem Cashflow finanzieren, der aus dem klassischen Suchmaschinengeschäft kommt. Die Entwicklung eines autonom fahrenden Fahrzeugs ist kostenintensiv und ein Wettlauf gegen die Zeit. Zwar gehen wir nicht davon aus, dass es sich hierbei um einen „The winner takes all“- Markt handelt, jedoch wird es mutmaßlich nicht mehr als eine Handvoll Anbieter geben, die sich in den kommenden Jahrzehnten den Kuchen untereinander aufteilen. Ob Yandex dazu gehört, kann aktuell niemand seriös prognostizieren. Die Stärke am heimischen Markt und die extrem harten Testbedingungen, unter denen Yandex aktuell seine Software entwickeln muss, stimmen uns allerdings positiv, dass Yandex zu den Gewinnern zählen kann. Wir werden die weitere Entwicklung des Unternehmens mit Argusaugen verfolgen.

### 13.2 Gewinner und Verlierer bis Ende 2021

Die amerikanische Handelsoffensive gegen den Rest der Welt könnte verheerende Konsequenzen für führende Hersteller in Deutschland, Korea, Japan und den USA haben. Tesla dürfte in einem weiteren prolongierten Handelsstreit wesentlich weniger Fahrzeuge in China verkaufen. Da Deutschland und die EU allgemein als amerikahörig gelten, könnte sich der Handelskrieg nicht nur in Amerika, sondern auch in China negativ auf die deutschen Automobilexporte auswirken.

Die Verschuldung der amerikanischen Unternehmen hat sich seit 2016 fast verdreifacht, dem globalen Börsenboom liegt der schwächste wirtschaftliche Zeitraum seit Datenerfassung im Jahre 1857 zu Grunde. Handelsdefizite und Haushaltsdefizite steigen auf breiter Front. „America First“ schadet dem globalen Handelsvolumen und führt zu einer Zurückhaltung bei Investitionen und Konsum. Zudem stehen tsunamiartige Finanzierungsphasen in den kommenden 36 Monaten bevor. Eine globale Rezession halten wir für unausweichlich. Als Investor sollte man aus unserer Sicht diesen zyklischen Bereich entweder vermeiden oder

untergewichten. Agile, intelligente Investoren finden trotzdem attraktive Aktien oder exzellente Baisse-Kandidaten aus diesem Segment.

### **Pair Trade – Rohstoff der Zukunft (Lithium) gegen Metall der Vergangenheit (Palladium):**

#### **Long:**

**Sociedad Quimica y Minera de Chile SA**

**Kürzel: SQM**

**ISIN: US8336351056**

**Börse: NYSE**

#### **Short:**

**Palladium**

**iShares Physical Palladium ETC (ETF)**

**ISIN: IE00B4556L06**

**Symbol: IPDM**

**Börse: London**

### **Direktinvestitionen**

Ohne Zweifel ist der Lithium-Markt ein kontroverses, aber sehr spannendes Anlagethema. Da sich ein Future-Kontrakt für diesen Rohstoff erst in Planung befindet, muss man den Weg über den Aktienmarkt suchen. Der Lithium-Markt ist ein Oligopol und wird von vier Unternehmen beherrscht - Albermarle, Livent, Tianqi Group und SQM. Gemeinsam verfügen diese Unternehmen über einen Marktanteil von 85 %.

Bei der Aktienanalyse haben wir auf folgende Faktoren geachtet:

- Qualität der Vermögenswerte: Welche Kapazitäten haben Minen-Projekte bzw. Solevorkommen?
- Jurisdiktion: In welchen Ländern befinden sich die Projekte und wie sieht die Rechtssicherheit dort aus?
- Fähigkeit, seine Projekte zu finanzieren, idealerweise aus dem eigenen Cash-Flow
- Technologische Fähigkeiten, dies beinhaltet auch die Höhe der Produktionskosten
- Qualität der Kunden: Wer sind die Kunden? Im optimalen Fall sind das führende Automobilhersteller im Bereich E-Autos sowie Batteriehersteller.

Nicht nur aufgrund des makroökonomischen Umfeldes erscheinen uns Lithium-Aktien als empfehlenswerte Anlage. Hinzu kommt, dass 2018/19 für Lithium-Aktien – von Batterie-Herstellern bis zu Fördergesellschaften und Explorern – ein schlechtes Jahr war. Nach anfänglich starken Kursanstiegen korrigierten die Kurse. Nachdem es charttechnisch zu einer Bodenbildung im Aktienkurs kam, erscheint uns der Zeitpunkt für langfristige Investoren günstig, um eine Position in SQM aufzubauen. Kurzfristig wird das Überangebot an Lithium wohl auch noch 2020 bestehen. Folglich bleibt der Lithium-Preis auch weiterhin unter Druck. Doch genau diese Situation kann für die großen Anbieter wie SQM vorteilhaft sein. Denn durch den niedrigen Rohstoffpreis steigen die Markteintrittsbarrieren aufgrund der gesunkenen Profitabilität. In einem solchen Marktumfeld können nur die kapitalstärksten und kostengünstigsten Anbieter bestehen. Die Unternehmen SQM und ALB erfüllen beide Eigenschaften. Demnach ist es sinnvoll, die Produktion trotz des Überangebots zu erhöhen, um seine Marktposition auf Kosten kurzfristiger Gewinne auszubauen. Risikofaktoren wie Technologie, Subventionen (z.B. in Form von steuerlichen Anreizen) sowie Veränderungen in der Lieferkette sollten bei dieser Anlage im Auge behalten werden. Mittel- und langfristig gehen wir davon aus, dass das Überangebot auf dem Lithium-Markt durch die massive Nachfrage im Automobilmarkt und der Alternativlosigkeit zu Lithium abgebaut wird. Aus unserer Sicht sind die meisten schlechten Nachrichten bereits eingepreist. Trotzdem sollte man mit anhaltender Volatilität rechnen und einen langen Atem haben. Als Pair Trade bietet sich ein Short auf Palladium an: Bei Platin liegt die Nachfrage allein für Autokatalysatoren bei 44,5 % der Gesamtnachfrage und bei Palladium waren es laut Johnson Matthey sogar stolze 79,5 %, nämlich 7,5 Millionen Feinunzen bei einer Gesamtnachfrage von 9,4 Millionen Feinunzen. Seit 2016 befindet sich Palladium in einer Boom-Phase. Während sich andere Edelmetalle kaum bewegten, ging der Palladiumpreis durch die Decke. Die aktuell starke Nachfrage ist teilweise auf den Dieselskandal und die damit verbundenen Umrüstungen zurückzuführen. Was geschieht beispielsweise, wenn der Verbrennungsmotor weitestgehend durch Elektrofahrzeuge ersetzt werden würde?

### 13.3 Basket Trading

Unter dem Oberbegriff Basket Trading werden meist Anlagekonzepte zusammengefasst, die viele Long- und Short-Positionen umfassen. Für Hedgefonds-Manager gehört diese Art des Handelns zum Tagesgeschäft. Unser Basket folgt der Strategie, dass wir mittelfristig in stabile Wertschöpfer investieren und riskante Wertzerstörer mit Gegenwind leerverkaufen wollen. Meist wird der Long-Short-Basket mit Titeln einer einzelnen Branche bestückt. Das heißt, man kauft die Aktien der attraktiven Unternehmen und verkauft die unattraktivsten desselben Sektors leer.

Yandex und Baidu sind beispielsweise zwei technologische Plattformen, die in ihren jeweiligen Heimatmärkten eine monopolartige Stellung haben und ausreichend Cashflow generieren, um Zukunftstrends wie autonomes Fahren oder Carsharing aktiv zu gestalten. Ein herkömmlicher Automobilhersteller/-zulieferer ist hingegen sehr konjunkturabhängig und mit hohen Investitionsausgaben, Fixkosten und niedrigen Margen konfrontiert. Die globalen Zinsen steigen. Löhne und Zinskosten legen zu. Ein permanenter Abwärtstrend ist das Beste, was einem Shortseller bei einem Pair-Trade passieren kann. Insbesondere in der zyklischen Automobilbranche stellt sich die Frage, wie lange noch genug Cashflow aus dem traditionellen Verbrenner-Bereich kommt, um in die Zukunft zu investieren.

Der Zeitraum, für den eine solche Strategie aufgesetzt wird, kann von wenigen Wochen bis zu mehreren Jahren reichen. In unserem spezifischen Beispiel rechnen wir mit einer Zeitdauer von bis zu 60 Monaten. In dieser Zeit können einzelne Positionen auch aufgestockt oder aufgelöst werden, um die Renditeerwartung zu erhöhen.

Bevor die Strategie aufgesetzt wird, sind einige Fragen in Bezug auf die einzelnen Titel zu klären:

- Wie hätte sich der Gesamtwert dieses Baskets in der Vergangenheit entwickelt?
- Wie würde sich die Performance bei guter Konjunktur, bei Stagnation oder bei einer Rezession/Depression mutmaßlich entwickeln?

- Wie entwickeln sich Dividenden-Rendite, Eigenkapital-Rendite, Verschuldungsgrad, Zinsabdeckung etc. in einem Crash?
- Wie entwickelt sich der Wert der Titel mutmaßlich bei fallenden Zinsen?
- Wie verhalten sich die Betas der Longs gegenüber den Betas der Shorts? (Beta ist die Volatilität einer Aktie zum Gesamtmarkt beziehungsweise dem entsprechenden Aktienindex):

<b>Gewinner</b>	<b>Verlierer</b>
Air Liquide (FR0000120073)	Automotive (AU000000AHG5)
Baidu Inc (US0567521085)	Basler (DE0005102008)
Continental AG (DE0005439004) - eher neutral	Bertrandt AG (DE0005232805)
First Sensor (DE0007201907)	BMW (DE0005190003)
Garmin. (CH0114405324)	Borg Warner (US0997241064)
Hyundai Motors (USY38472125)	Carmax (US1431301027)
LG Chem (KR7051910008)	CACC (ISIN: US2253101016)
Samsung SDI (US7960542030)	Faurecia (FR0000121147)
TE Connectivity (H0102993182)	Ford (US345370860)
Toyota (JP3633400001)	GM (US37045V1008)
Yandex (NL0009805522)	Johnson Matthey (GB00BZ4BQC70)

### 13.4 Reifen

Ein wesentliches Potenzial zur Energieeinsparung liegt bei Elektroautos im Bereich der Reifen. Die Minimierung des Rollwiderstands nimmt in der heutigen Entwicklungsarbeit von Reifenherstellern eine noch elementarere Rolle ein als in der Vergangenheit. Der Rollwiderstand ist bei Elektroautos für etwa 25 bis 30 % des Gesamtenergieverbrauchs

verantwortlich. Die größte Herausforderung stellt dabei die Balance zwischen Rollwiderstand und dem Grip der Reifen, insbesondere bei nassen Straßen, dar. Diese neue Anforderung an die Eigenschaften eines Reifens könnten für Bewegung in der Branche sorgen, die in den zurückliegenden Jahrzehnten durch eine vergleichsweise geringe Wettbewerbsintensität und eine geringe Anzahl an grundlegenden Innovationen gekennzeichnet war. Zusätzlich dürfte bei Elektroantrieben durch höhere Beschleunigungswerte ein deutlich höherer Abrieb bei den Reifen einsetzen. Das heißt im Umkehrschluss: Der Reifenverbrauch wird überproportional steigen. So beschleunigt der Tesla „Model S Performance“ als fünfsitzige Familienlimousine mit 2,7 Sekunden ähnlich brachial wie der Supersportwagen Bugatti Veyron, kostet aber im Vergleich dazu weniger als ein Zehntel. Damit könnte es durch die Elektromobilität zu einem deutlich höheren Reifenverschleiß kommen. Laut einer Studie von PricewaterhouseCoopers soll der Anteil der Elektroautos – gemessen an der Zahl der Neuzulassungen – weltweit bis zum Jahr 2030 auf rund 30 % steigen. Daher erscheint eine frühzeitige Positionierung in diesem Marktsegment für Reifenhersteller und Zulieferer notwendig, sofern die momentane Marktposition gehalten oder gar ausgebaut werden soll. Folgende Unternehmen könnten dadurch profitieren:

**Bridgestone (JP3830800003)**

**Goodyear Tire & Rubber Co (US3825501014)**

**Continental AG (DE0005439004)**

**Cie Generale des Etablissements Michelin SA (FR0000121261)**

**Pirelli & C.SPA (IT0004623051)**

Allerdings sind auch die vermeintlichen Gewinner relativ zyklisch. Ein Pair Trade „Long Reifenhersteller“ und „Short Automobilzulieferer“ könnte aber Sinn ergeben.

Wir erachten es als möglich, mit Long- und Short-Strategien über viele Jahre attraktive Gewinne in diesem Bereich (Hersteller und Zulieferer) zu erwirtschaften. Unsere bisherigen Analysen, Anlageideen und Performance spricht für diese Aussage.

Selbstverständlich verfügen wir über ausführliche, gut dokumentierte Research-Berichte und Listen der Unternehmen, die voraussichtlich von den aktuellen Trends profitieren werden oder scheitern dürften. Da wir mittlerweile einen eigenen Investmentbrief veröffentlichen, der sich unter anderem ausführlich mit diesem Thema beschäftigt, können wir uns hier nur noch sehr begrenzt zu den denkbaren Verlierern und Gewinnern äußern.

Generell gilt es, die stark verschuldeten Wertzerstörer (geringe Eigenkapitalrendite relativ zu den Marktführern, wenig überzeugender Ausblick, bestenfalls MeToo-Technologie) zu vermeiden oder leer zu verkaufen. Wer will schon mit einem bilanziell schlecht positionierten Hersteller fusionieren oder diesen übernehmen? Ein für Deutschland strategisch wichtiges Automobilunternehmen forderte von seinem beauftragten Consulting-Unternehmen eine Rückvergütung der bereits gezahlten Honorare, um die Geschäftsbeziehung auch in Zukunft weiter aufrecht erhalten zu können. Dieser Vorgang ist symptomatisch für die deutsche Automobilindustrie und macht deutlich, dass es auf jeden Euro in der Kriegskasse ankommen wird. Es ist uns an dieser Stelle nicht möglich, einen Namen zu nennen, allerdings sind wir uns sicher, dass diese von Brancheninsidern stammenden Informationen wahrheitsgetreu sind.

Im Bereich Automobilzulieferer rechnen wir mit einer harten, teilweise gnadenlosen Marktberreinigung. Aber es sollte auch in diesem risikobehafteten Segment eine Handvoll klarer Gewinner geben.

Wir erachten eine mögliche Mega-Allianz von Renault/Nissan/Fiat-Chrysler/Mitsubishi als potenziellen Gewinner. Auch Toyota ist nach wie vor gut positioniert und sehr aktiv bei Nutzfahrzeugen mit Wasserstoffantrieb. Ebenfalls scheint Hyundai gut aufgestellt zu sein. Der bereits zum Verkauf zugelassene elektrische Hyundai Kona schaffte bereits bei einem Test der Zeitschrift „Auto Bild“ 613 Kilometer Reichweite, zudem hat das Unternehmen schon ein in Serie produziertes Brennstoffzellenauto und mit Yandex einen starken Kooperationspartner im Bereich autonomes Fahren gewonnen.

Bei Ford, BMW und der Rheinmetall-Gruppe (Militärgüter und Zulieferer für herkömmliche Verbrenner-Technologie) wären wir äußerst skeptisch.

BMW könnte ein Fusionspartner oder alternativ übernommen werden. Ford, mit einer ungesunden Eigenkapitalquote von rund 10 % und der höchsten Verschuldung innerhalb der Top 10 Hersteller, ist aus unserer Sicht mittelfristig nicht überlebensfähig, die Anleihen des traditionsreichen Autobauers sind mittlerweile auf „Schrott-Niveau“ abgewertet worden und könnten ohne Aufkäufe der amerikanischen Notenbank nicht überleben. Auch mit einer Gesamtkapital-Rentabilität von unter 1 % ist Ford das Branchenschlusslicht. Aktuell verdient Ford pro Auto knapp 150 USD; lediglich im Segment der Pick-ups und der verbundenen Kooperation mit VW sehen wir hier eine Zukunftschance. Das Gleiche gilt bei der Zinsabdeckung. GM geht es aber nicht wesentlich besser, die Eigenkapitalquote beträgt mickrige 15 %.

Fakt ist allerdings: In einer komplexeren und vielfältigeren Landschaft der Mobilitätsbranche werden etablierte Akteure gezwungen sein, gleichzeitig an mehreren Fronten zu konkurrieren und mit Wettbewerbern zusammenzuarbeiten.

Die Wette auf das Automobil der Zukunft erfordert einen enorm hohen Einsatz. Und dieses Rennen wird in einer spätzyklischen Phase entschieden. Wir befinden uns nach zehn Jahren einer globalen Wirtschaftserholung aktuell in der schwersten Rezession seit der Nachkriegsgeschichte. China traf es als größten Abnehmer deutscher Karossen besonders hart. Bis Ende Februar stürzten dort Produktion und Verkäufe um 80 % ab. Seither geht es wieder steil bergauf. Minus 50 % waren es noch in der ersten Märzwoche gegenüber dem Vorjahreszeitraum, in der zweiten Woche noch minus 44 %. Geht die Entwicklung so weiter, ist China dieses Jahr wieder auf Vorkrisenniveau. Global rechnen wir allerdings erst 2022 wieder mit einem Vorkrisenniveau – wenn überhaupt. In Europa wird es aufgrund unterschiedlicher Verläufe der COVID-19-Pandemie in den einzelnen Ländern wohl noch Monate dauern bis die länderübergreifenden Lieferketten wieder funktionieren.

Anfang Januar wurde dieses Szenario noch von der deutschen Automobilindustrie belächelt, auch wir haben diesen Faktor bis Mitte Februar unterschätzt. Hinzu kommen weitere Kapitalmarktprobleme: Die Zinsen steigen. Löhne und Zinskosten legen zu. Wie lang kann man dann noch den Cashflow aus dem traditionellen Verbrenner-Bereich nutzen, um in die Zukunft zu investieren?

## 14 Quellen

### *Im Text zitierte Quellen:*

[ATZ2020] Wolfgang Siebenpfeiffer (Hrsg.); Mobilität der Zukunft; Intermodale Verkehrskonzepte; Reihe: ATZ/MTZ-Fachbuch, 2020 (im Druck).

[Fries2016] M. Fries und M. Lienkamp, "Technology assessment based on growth functions for prediction of future development trends and the maximum achievable potential," in IEEM 2016: International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management: Dez. 2016.

[Harari2015] Harari, Y.N., „Eine kurze Geschichte der Menschheit,“ Pantheon Verlag, 2015, ISBN-10: 357055269.

[Koenig2019] A. Koenig, F. Schockenhoff, A. Koch, und M. Lienkamp, "Concept Design Optimization of Autonomous and Electric Vehicles," in 2019 8th International Conference on Power Science and Engineering (ICPSE): IEEE, Dez 2019.

[Meral2019] Y. Meral, „Analyse, Modellierung und Evaluation der Wirkungsgradketten von elektrischen und konventionellen Antriebssträngen“ Bachelorarbeit, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München, München, 2020.

[Wolff2020] S. Wolff, M. Brönnner, S. Held und M. Lienkamp, „Transforming Automotive Companies into Sustainability Leaders: A Concept for Managing Current Challenges“, 2020, Preprint eingereicht in Journal of Cleaner Production.

### *Weiterführende Quellen:*

In den folgenden, bereits erschienenen Büchern wurden wesentliche Grundlagen und Themen angesprochen:

Elektromobilität – Hype oder Revolution?; Markus Lienkamp, Springer., ISBN: 978-3-642-28548-6; 2012

Status Elektromobilität 2014, Markus Lienkamp; 2014:  
[https://www.researchgate.net/profile/Markus\\_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf\\_pubs\\_book](https://www.researchgate.net/profile/Markus_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf_pubs_book)

Status Elektromobilität 2016, Markus Lienkamp; 2016:  
[https://www.researchgate.net/profile/Markus\\_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf\\_pubs\\_book](https://www.researchgate.net/profile/Markus_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf_pubs_book)

Status Elektromobilität 2018, Markus Lienkamp; 2018:  
[https://www.researchgate.net/profile/Markus\\_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf\\_pubs\\_book](https://www.researchgate.net/profile/Markus_Lienkamp/publications?pubType=book&ev=prf_pubs_book)

*In den folgenden, bereits erschienenen Artikeln sind viele Annahmen und Parametrierungsdaten aufgeführt:*

S. Matz *et al*, “Description of the modelling style and parameters for electric vehicles in the concept phase,” Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München, München, 2016.

<https://www.researchgate.net/publication/301517196> Description of the modelling style and parameters for electric vehicles in the concept phase

R. Kochhan und *et. al*, “An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels and Greenhouse Gas Emissions,” Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München, München, 2014.

<https://www.researchgate.net/publication/260339436> An Overview of Costs for Vehicle Components Fuels and Greenhouse Gas Emissions

M. Fries *et al*, "An Overview of Costs for Vehicle Components, Fuels, Greenhouse Gas Emissions and Total Cost of Ownership Update 2017," Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München, München, 2017.

[https://www.researchgate.net/publication/318701035\\_An\\_Overview\\_of\\_Costs\\_for\\_Vehicle\\_Components\\_Fuels\\_Greenhouse\\_Gas\\_Emissions\\_and\\_Total\\_Cost\\_of\\_Ownership\\_Update\\_2017](https://www.researchgate.net/publication/318701035_An_Overview_of_Costs_for_Vehicle_Components_Fuels_Greenhouse_Gas_Emissions_and_Total_Cost_of_Ownership_Update_2017)

Verfahren zur parameterbasierten Gewichtsabschätzung neuer Fahrzeugkonzepte, Stephan Fuchs, Dissertation TU München; 2014

<https://mediatum.ub.tum.de/1207264>

## 15 Autoren

### **Markus Lienkamp**

Prof. Dr. Ing Markus Lienkamp, Jahrgang 1967, studierte Maschinenbau an der TU Darmstadt und der Cornell University, USA. 1995 wurde er im Bereich Materialwissenschaft an der TU Darmstadt promoviert. 1995 begann er seine berufliche Laufbahn in einem Traineeprogramm bei VW. Von 2002 bis 2009 war er in verschiedenen Positionen für die Volkswagen Konzernforschung tätig; zuletzt als Hauptabteilungsleiter Elektronik und Fahrzeug. Seit Ende 2009 leitet er den Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik an der TU München. Dort sind Elektromobilität, Automatisiertes Fahren und Mobilität seine Forschungsschwerpunkte.

Mit ihm entstand das Elektrofahrzeug MUTE, das auf der IAA 2011 vorgestellt, das Elektrotaxi EVA, das 2013 auf der Tokyo Motorshow gezeigt und Visio.M, das Ende 2014 als fahrfähiger Prototyp mit Straßenzulassung gezeigt wurde. Auf der IAA 2017 hat er mit Partnerlehrstühlen das Elektrofahrzeug aCar für Afrika vorgestellt. Daraus ist die Firma EVUM Motors entstanden, die das Fahrzeug aktuell industrialisiert.

Er ist involviert in das Forschungsprojekt „Towards the ultimate public transport system“ in Kooperation von NTU und TUM im Projekt TUMcreate in Singapur.

Markus Lienkamp ist Mitgründer und Miteigentümer der Firmen Malibu GmbH und Talos Labs GmbH.

## **Dr. h.c. Florian Homm**

Florian Homm, MBA (geboren 1959), ist Deutschlands bekanntester Hedgefonds Manager. Homm ist Absolvent BA Economics cum Laude, Jahrgang 1982 der Harvard University und erhielt seinen MBA von der Harvard Business School, Jahrgang 1987. Er arbeitete in den Bereichen Investment Banking, Securities Research und Sales bei Merrill Lynch (1982/85). Bei Fidelity Management and Research als Fonds Manager und Analyst, sowie als Direktor und Leiter des Bereiches Institutionelles Asset Management bei Bank Julius Bär (Deutschland) AG. Bei Tweedy Browne war er geschäftsführender Gesellschafter in Europa. Von 1993 bis 2001 war Homm Gründer und Vorstandssprecher der Value Management and Research AG (Börse Frankfurt) und von 2002 bis 2007 Gründer und Chief Investment Officer der ACMH Gruppe (Börse London, Frankfurt). Aktuell arbeitet er für Die Zweite Meinung GmbH im Bereich Business Development, Research und Investment Coaching.

Homm verfügt über vier Jahrzehnte Erfahrung als Nostro Händler, VC Investor, Fonds / Hedge Fonds Manager, Multi Unternehmer und Investment Banker. In seiner Karriere wurde Herr Homm unter anderem dreimal als Europas Hedge-Fonds Manager des Jahres ausgezeichnet, war bester US Spezialfonds Manager, mehrmals bester Europafonds und Deutschlandfonds Manager (Quellen: Lipper Analytical Services, Hedge Fund Review, Finanzen, Banque Sy AAA Foundation, Micropal).

Seine testierte Performance in den Börsencrashes 1987, 2002 sowie in den Korrekturen 1990 und 1994 ist in Europa einzigartig. Seine erfolgreichen Baisse Spekulationen bei Bremer Vulkan, MLP und WCM sind bestens dokumentiert. Homm spricht sechs Sprachen, ist ehemaliger Botschafter Liberias und ehemaliger UNESCO Delegierter, ehemals Basketball Junioren Nationalspieler, Harvard College und Harvard Business School Absolvent und war zum Höhepunkt seiner Karriere auf der Manager Magazin Liste der reichsten Deutschen. Als Finanzunternehmer und Hedge-Fonds Manager wurde Homm 2006 US Dollar Milliardär. Bekannt wurde er einem breiten Publikum durch

die erfolgreiche Sanierung von BVB Borussia Dortmund sowie als mehrfacher Spiegel und Manager Magazin Best-seller Autor.

Homm ist keineswegs unumstritten und polarisiert stark. Seit Jahren verteidigt er sich gegen diverse Anschuldigungen.

## **Moritz Hessel**

"Mit einem erfolgreichen Langfristinvestor verhält es sich wie mit einem gewissenhaften Eigentümer. Er erkennt, zu welchem Zeitpunkt Risiken eingegangen werden sollten und wann es notwendig ist, das Kapital zu schützen."

Bevor sich Moritz Hessel, Jahrgang 1993, als Research Analyst selbständig machte, absolvierte er ein duales Studium und arbeitete für einen Versicherer in der Bankbranche. Seine Leidenschaft für die Börse begleitet ihn bereits seit seiner frühen Jugend. In den vergangenen Jahren konnte er mit seinen privaten Depots über mehrere Jahre Überrenditen im Vergleich zum Markt erzielen und in neue Arbeitsgebiete hineinwachsen.

Zu seinen Kernaufgaben zählen Value Investing, Total-Return-Strategie und Corporate Finance. Moritz Hessel strebt, geleitet von einer rationalen und langfristigen Denkweise, danach, Über- und Untertreibungen am Markt zu erkennen und gleichzeitig den fairen Wert einer Anlage einzuschätzen. In allen Marktphasen Rendite zu erzielen, hat für ihn höchste Priorität.

Im Frühjahr 2019 war Moritz Hessel in Zusammenarbeit mit Florian Homm und Dr. Markus Krall als Autor am SPIEGEL-Bestseller-Buch «Der Crash ist da» beteiligt. Ab Sommer 2020 wird er sich neuen Projekten widmen und als Hedgefonds-Manager tätig werden.

## **Werner Schmid**

Werner Schmid, M.Sc. (geboren 1989) ist Absolvent der Technischen Universität München im Bereich Maschinenbau mit Schwerpunkt Fahrzeugtechnik. Bereits in seinem Studium vertiefte er seine Kenntnisse in der Simulation von elektrischen Antriebssträngen. Heute ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München. Im Rahmen seiner Dissertation forscht er an alternativen Antriebstechnologien sowie deren optimaler Einsatz in Fahrzeugflotten. Im Fokus steht dabei die Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Bilanz im gesamten Fahrzeuglebenszyklus. In 2017/2018 untersuchte Herr Schmid eine Flotte von Brennstoffzellenfahrzeugen in Hinblick auf hohe Flottenauslastungen bei gleichzeitig großen Reichweiten. Seit 2018 arbeitet er an der Auslegung von teilelektrifizierten Flotten mit batterieelektrischen Fahrzeugen und deren zugehöriger Ladeinfrastruktur unter Einsatz neuartiger Ansätze des Lade- und Lastmanagements.

## **Sebastian Wolff**

Sebastian Wolff, M.Sc. (geboren 1991) absolvierte seinen Abschluss an der Technischen Universität München im Bereich Maschinenbau mit Schwerpunkt Fahrzeugtechnik und -simulation. Nach einem Auslandsstudium in Schweden beschäftigte er sich mit der Wirtschaftlichkeit und Emissionsreduzierung schwerer Nutzfahrzeuge. Seit 2017 ist er Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik. Dort stellte er gemeinsam mit Forschungs- und Industriepartnern das Projekt „Truck 2030“ auf der IAA Nutzfahrzeuge 2018 in Hannover vor. Seit 2019 leitet er die Forschungsgruppe Fahrzeugkonzepte am Lehrstuhl. Seine aktuelle Forschung konzentriert sich weiterhin auf schwere Nutzfahrzeuge, wobei er sich mit den Umweltauswirkungen verschiedener Fahrzeugkonzepte sowie deren Optimierung befasst. Neben der Betrachtung einzelner Fahrzeuge, arbeitet er an einer langfristigen Strategie, die Emissionen im Güterverkehr zu reduzieren.

## A Anhang

### A.1 Parameter: Referenz-Szenario 2020

Parameter	Mittelwert	Von	Bis
<b>Batterie</b>		<b>China</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	110.8	110.8	
kWh/kWh	48	48	
€/kWh	160	135	185
<b>FC-Stack</b>		<b>Pilotanlagen / Kleinserie</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kW	31.5	26	37
kWh/kW	Daten nicht vorhanden		
€/kW	130	100	160
<b>H2-Tank</b>		<b>Pilotanlagen / Kleinserie</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	1.905	1.660	2.150
kWh/kWh	0.995	0.830	1.160
€/kWh	32.5	30	35
<b>Strommix</b>		<b>DE20</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.478	0.478	
kWh/kWh	0.420	0.420	0.420
€/kWh	0.105	0.100	0.110
<b>Wasserstoff-Produktion</b>		<b>SMR Deutschland</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.438	0.390	0.486
kWh/kWh	0.869	0.789	0.948
€/kWh	0.260	0.240	0.280
<b>Diesel-Herstellung</b>		<b>konventionell</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.052	0.052	0.052
kWh/kWh	0.204	0.204	0.204
€/kWh	0.048	0.045	0.050
<b>Benzin-Herstellung</b>		<b>konventionell</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.058	0.058	0.058
kWh/kWh	0.204	0.204	0.204
€/kWh	0.048	0.045	0.050
<b>PtLD-Herstellung</b>		<b>Versuchsanlage</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.072	0.054	0.090
kWh/kWh	1.601	1.526	1.676
€/kWh	0.855	0.800	0.910
<b>PtLB-Herstellung</b>		<b>Versuchsanlage</b>	
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.072	0.054	0.090
kWh/kWh	1.787	1.703	1.871
€/kWh	0.855	0.800	0.910

## A.2 Parameter: Realistisches Szenario 2030

Parameter	Mittelwert	Von	Bis
<b>Batterie</b>	<b>Deutschland</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	84.610	84.610	
kWh/kWh	48.000	48.000	
€/kWh	102.500	90.000	115.000
<b>FC-Stack</b>	<b>mittlere Großserie (500.000 FCEV in DE)</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kW	31.5	26.0	37.0
kWh/kW	Daten nicht vorhanden		
€/kW	87.5	75.0	100.0
<b>H2-Tank</b>	<b>mittlere Großserie (500.000 FCEV in DE)</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	1.530	1.400	1.660
kWh/kWh	0.995	0.830	1.160
€/kWh	25	20	30
<b>Strommix</b>	<b>DE30</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.366	0.366	
kWh/kWh	0.320	0.320	0.320
€/kWh	0.125	0.120	0.130
<b>Wasserstoff-Produktion</b>	<b>Elektrolyse EE2030</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.144	0.093	0.195
kWh/kWh	0.869	0.819	0.918
€/kWh	0.135	0.108	0.162
<b>Diesel-Herstellung</b>	<b>konventionell</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.052	0.052	0.052
kWh/kWh	0.204	0.204	0.204
€/kWh	0.048	0.045	0.050
<b>Benzin-Herstellung</b>	<b>konventionell</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.058	0.058	0.058
kWh/kWh	0.204	0.204	0.204
€/kWh	0.048	0.045	0.050
<b>PtLD-Herstellung</b>	<b>DE30 inkl. Überschussstrom</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.072	0.054	0.090
kWh/kWh	1.601	1.526	1.676
€/kWh	0.169	0.122	0.216
<b>PtLB-Herstellung</b>	<b>DE30 inkl. Überschussstrom</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.072	0.054	0.090
kWh/kWh	1.787	1.703	1.871
€/kWh	0.169	0.122	0.216

### A.3 Parameter: Optimistisches Szenario 2030

Parameter	Mittelwert	Von	Bis
<b>Batterie</b>	<b>DE m. erneuerbaren Energien</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	66.21	66.21	
kWh/kWh	48	48	
€/kWh	75	60	90
<b>FC-Stack</b>	<b>Großserie</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kW	31.5	26	37
kWh/kW	Daten nicht vorhanden		
€/kW	33.5	29	38
<b>H<sub>2</sub>-Tank</b>	<b>Großserie</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	1.53	1.4	1.66
kWh/kWh	0.995	0.83	1.16
€/kWh	12.5	10	15
<b>Strommix</b>	<b>Erneuerbare Energien 2030</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.020	0.020	
kWh/kWh	0.150	0.150	0.150
€/kWh	0.061	0.047	0.075
<b>Wasserstoff-Produktion</b>	<b>Elektrolyse mit EE</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.081	0.081	
kWh/kWh	0.869	0.819	0.918
€/kWh	0.135	0.108	0.162
<b>Diesel-Herstellung</b>	<b>konventionell</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.052	0.052	0.052
kWh/kWh	0.204	0.204	0.204
€/kWh	0.048	0.045	0.050
<b>Benzin-Herstellung</b>	<b>konventionell</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.058	0.058	0.058
kWh/kWh	0.204	0.204	0.204
€/kWh	0.048	0.045	0.050
<b>PtLD-Herstellung</b>	<b>EE in Nordafrika, Naher Osten</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.041	0.036	0.047
kWh/kWh	1.601	1.526	1.676
€/kWh	0.110	0.090	0.130
<b>PtLB-Herstellung</b>	<b>EE in Nordafrika, Naher Osten</b>		
kgCO <sub>2</sub> /kWh	0.041	0.036	0.047
kWh/kWh	1.787	1.703	1.871
€/kWh	0.110	0.090	0.130

### A.4 Ergebnis-Abbildungen: Referenz-Szenario 2020

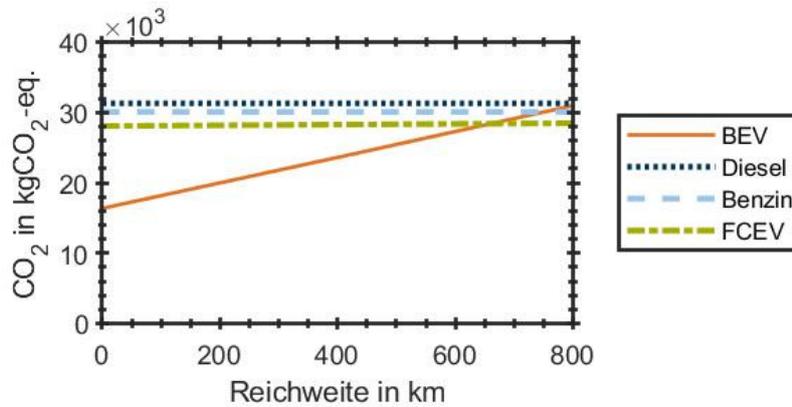


Abbildung A.1: Direkter Vergleich der Well-to-Wheel-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im Referenz-Szenario 2020 und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren.

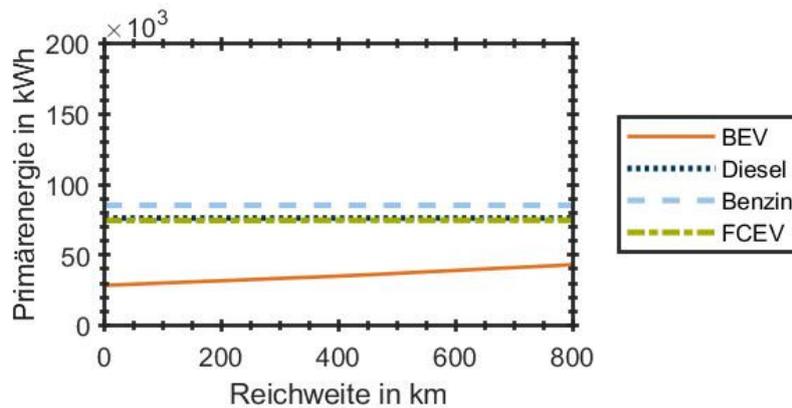


Abbildung A.2: Direkter Vergleich der Primärenergie im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im Referenz-Szenario 2020 und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren.

### A.5 Ergebnis-Abbildungen: Realistisches Szenario 2030 (mit europäischer Kraftstoffproduktion)

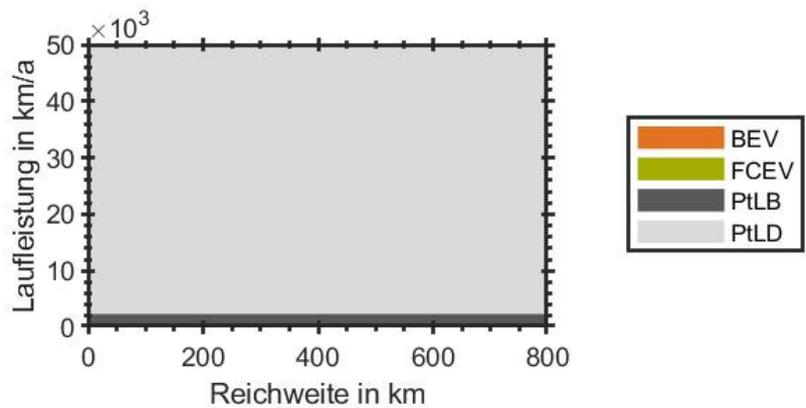


Abbildung A.3: Bereiche minimaler Well-to-Wheel-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im Szenario 2030 ohne Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

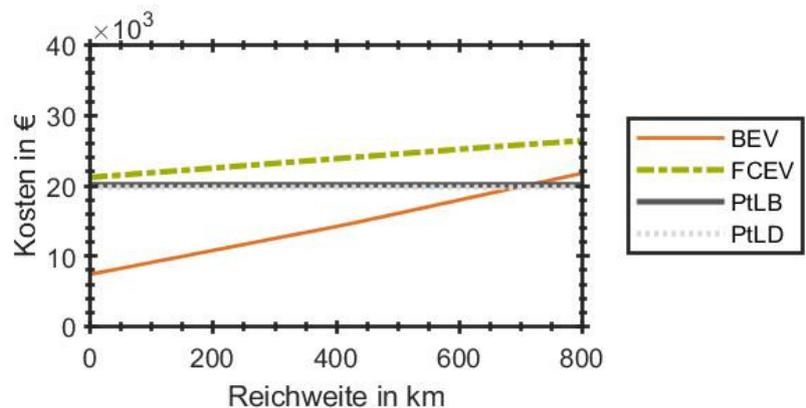


Abbildung A.4: Direkter Vergleich der Kosten im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im Szenario 2030 ohne Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

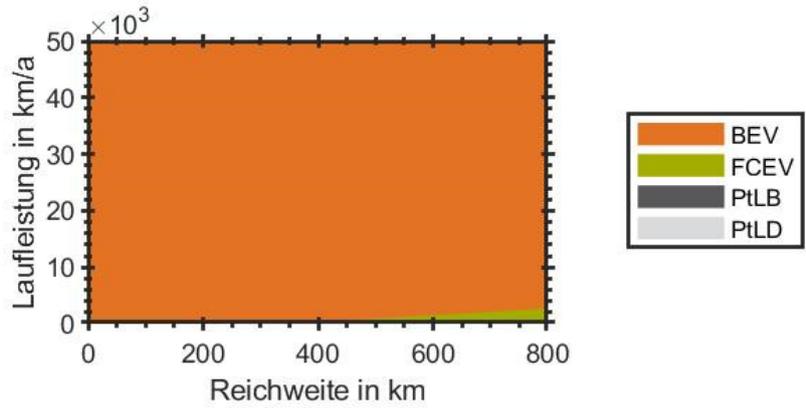


Abbildung A.5: Bereiche minimaler Primärenergie im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im Szenario 2030 ohne Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

### A.6 Ergebnis-Abbildungen: Optimistisches Szenario 2030 (mit Kraftstoffimporten)

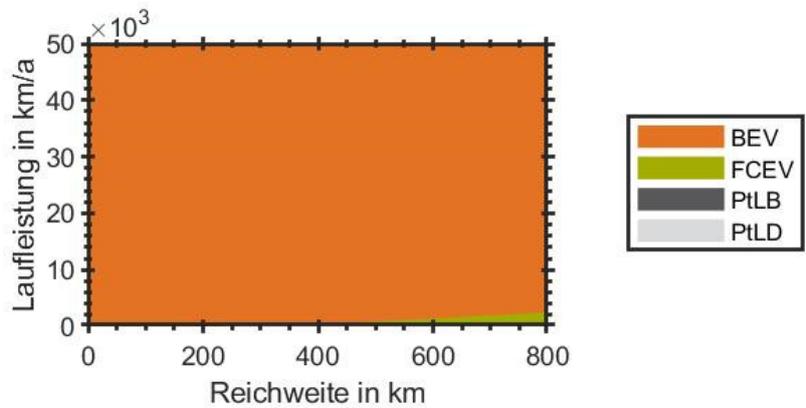


Abbildung A.6 Bereiche minimaler Primärenergie im Verhältnis zu Reichweite und jährlicher Laufleistung im optimistischen Szenario 2030 inkl. Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)

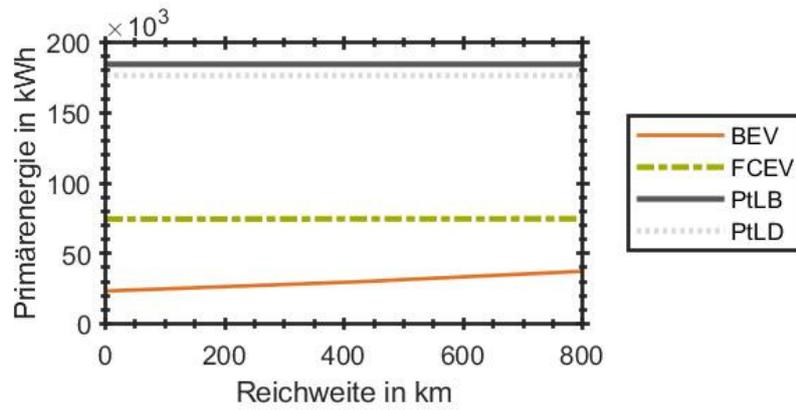


Abbildung A.7: Direkter Vergleich der Primärenergie im Verhältnis zur Reichweite bei einer jährlichen Laufleistung von 15.000 km/a im optimistischen Szenario 2030 inkl. Kraftstoffimporte und einer Fahrzeuglebensdauer von 10 Jahren. Konventionelle Kraftstoffe sind nicht abgebildet. (Anm.: PtLB: Power to Liquid Benzin; PtLD: Power to Liquid Diesel)