

Dudenhöffer, Ferdinand

**Article**

## Die große Zeit des Autos kommt erst

Wirtschaftsdienst

*Suggested Citation:* Dudenhöffer, Ferdinand (2022) : Die große Zeit des Autos kommt erst, Wirtschaftsdienst, ISSN 1613-978X, Springer, Heidelberg, Vol. 102, Iss. Konferenzheft, pp. 36-39,  
<https://doi.org/10.1007/s10273-022-3171-y>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/262858>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Ferdinand Dudenhöffer

## Die große Zeit des Autos kommt erst

**Der Bestand an Pkw steigt stetig an. Die Nachfrage nach individueller Mobilität ist somit hoch und nimmt weiter zu. Die Herausforderung ist, das Auto klimaneutral zu gestalten. Vollelektrische Autos spielen hier eine zentrale Rolle. Dabei darf der Strombedarf nicht unterschätzt und muss für die Zukunft sichergestellt werden. Daneben wird das autonom fahrende Fahrzeug an Bedeutung gewinnen. China ist hier bereits Vorreiter. Deutschland kann von China lernen, sodass auch künftig das Auto das wichtigste Verkehrsmittel sein wird.**

Es ist kurios. Seit mehr als zehn Jahren verstoßen 57 Mio. Führerscheinbesitzende in Deutschland gegen die Prognosen von Mobilitätsforschenden. Weg vom Auto, die Renaissance des Fahrrads, massiver Ausbau des Schienenverkehrs, Stopp beim Autobahn- und Straßenausbau und Ähnliches wird als Postulat formuliert. Und was machen die Menschen? Mit einer einzigen Variable lässt sich die Realität beschreiben: die Entwicklung des Pkw-Bestands in Deutschland, wie in Abbildung 1a dargestellt. Noch interessanter ist die Entwicklung der Nachfrage und des Bestands an Wohnmobilen, wie Abbildung 1b zeigt. Der Kurvenverlauf ist exponentiell, und mit neuem Konsumierendenverhalten als Folge der Coronapandemie dürfte die geradezu stürmische Nachfrage nach Wohnmobilen in den nächsten Jahren anhalten. Das Auto besitzt Attraktivität, und neue Segmente wie Wohnmobile sind ein Beispiel für das Potenzial an Produktinnovationen, die im Automobil schlummern.

Die Wahrsagungen vom Ende des Autos liegen also weit neben der Realität. Strukturbrüche der in Abbildung 1a und 1b gezeigten Trends sind nicht auszumachen, auch wenn in den Zentren der Großstädte die Pkw-Dichte eher zurückgehen dürfte. Konzepte wie Car-Sharing haben sich auch nach mehr als zehn Jahren nur als Nische in der Nische entwickelt. So waren in Deutschland nach Angaben des Bundesverbands CarSharing (bcs) zum 1.1.2021 lediglich 26.200 Car-Sharing-Fahrzeuge im Einsatz bei 2,87 Mio. Car-Sharing-Kund:innen. Nach diesen Daten würden

© Der/die Autor:in 2022. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht ([creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de)).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

sich 110 Nutzende ein Car-Sharing-Fahrzeug teilen oder jeder Sharing-Kunde für drei Tage im Jahr ein Auto nutzen. Realistisch? 0,05 % aller Pkw in Deutschland sind Car-Sharing-Fahrzeuge, obgleich stationsloses Car-Sharing seit mehr als zehn Jahren im Markt ist. Car-Sharing wurde überinterpretiert. Die Nachfrage nach individueller Mobilität und Fahrzeugverfügbarkeit 24/7, sprich 24 Stunden an sieben Tagen der Woche, steigt eher. Eine große Herausforderung ist daher, das Auto klimaneutral zu gestalten.

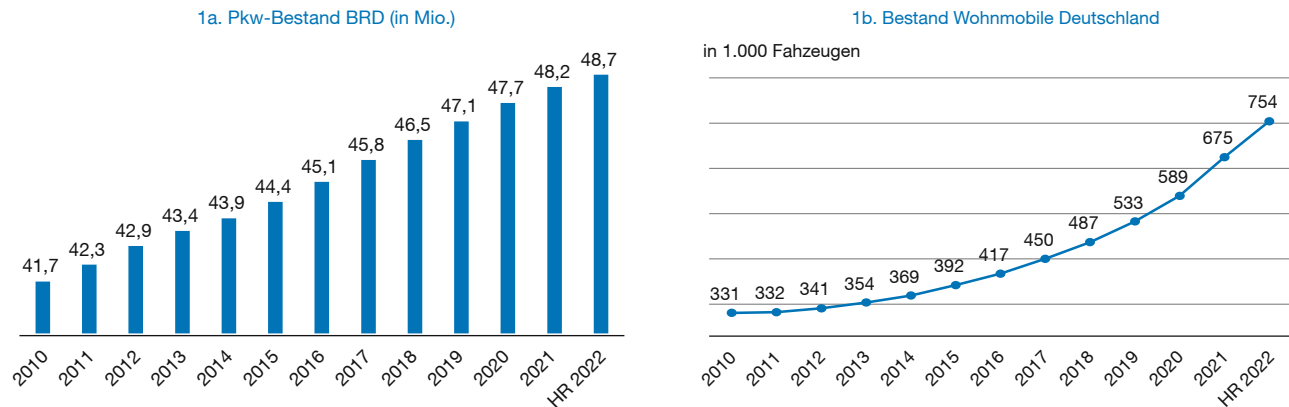
### Das Elektroauto und sein Strombedarf

Das vollelektrische Auto ist eine der wichtigsten Errungenschaften in der Geschichte der Automobilindustrie und bringt die Klimaneutralität. Dabei kamen die großen Innovationen und der größte Impuls von einem Außen-seiter. Elon Musk hat mit Tesla das vollelektrische Auto zur großen Bewegung werden lassen. Schrittweise wird in allen großen Automärkten der Pkw-Bestand in voll-elektrische Fahrzeuge gewandelt. Das dauert, denn Bestandsveränderungen sind zeitraubender als die Strom-größe Neuwagenzulassungen. Fahrzeuge bleiben bis zu 20 Jahren auf der Straße. Geht man also davon aus, dass in Deutschland noch vor 2035 sämtliche Neuwagen als vollelektrische Fahrzeuge verkauft werden, wird erst um 2050 der Pkw-Bestand in Deutschland vollelektrisch sein.

Unterstellen wir, dass 2050 mindestens 95 % der Fahrzeuge auf der Straße vollelektrisch fahren. Gehen wir weiter davon aus, dass sich der Trend zum Auto fortsetzt, wenn auch in deutlich reduzierter Form, so wie in Abbildung 2 unterstellt. Während der Pkw-Bestand in Deutschland zwischen 2010 und 2021 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 1,3 % anstieg, wurde in unserer Modellrechnung für den Zeitraum von 2022 bis 2050 mit einem jährlichen Wachstum von 0,5 % gerechnet, also eine 60 %ige Abflachung des Trends unterstellt. Unter den oben aufgeführten Annahmen wird 2050 in Deutschland ein Pkw-Bestand von 55,756 Mio. Pkw erreicht. Die Pkw-Dichte entspräche bei nahezu konstanter

**Prof. Dr. Ferdinand Dudenhöffer** ist Direktor des CAR – Center Automotive Research in Duisburg.

Abbildung 1  
Bestand Pkw und Wohnmobile in Deutschland



Quelle: CAR, KBA.

Bevölkerung dann 660 Pkw/1.000 Einwohner:innen. Heutige Vergleichszahlen etwa mit den USA (846 Pkw/1.000 Personen), Monaco (846 Pkw/1.000 Personen), Liechtenstein (780 Pkw/1.000 Personen) oder Luxemburg (694 Pkw/1.000 Personen) zeigen, dass die Annahmen der Abbildung 2 nicht abwegig sind. Geht man jetzt von einer jährlichen Fahrleistung von 13.000 Kilometer aus, ebenfalls kein unrealistischer Wert, und einem Stromverbrauch von 20 kW pro 100 km pro Fahrzeug, dann legen 95 % der Fahrzeuge, also 53 Mio. Pkw, jährlich 689 Mrd. km zurück. Damit korrespondiert der Stromverbrauch von 138 TWh (Terawatt). Wohlgedenkt, ein Stromverbrauch von 20 kW/100 km ist bei Berücksichtigung von SUV, Wohnmobilen, Transportern keine unrealistische Annahme.

### Könnte der Platz für Windräder ausgehen?

Die Modellrechnung zeigt den zusätzlichen Stromverbrauch, auf den man sich in Deutschland um 2050 einstellen muss. Gemeinsam hatten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie das Fraunhofer ISI, das Öko-Institut und die Prognos AG im Oktober 2021 eine Stromverbrauchprognose veröffentlicht. Danach errechnet sich ein Stromverbrauch für Elektroautos auf deutschen Straßen 2030 von 44 TWh. Dies ist ein erheblicher Unterschied zu der vorliegenden Modellrechnung, einfach deshalb, weil der Pkw-Bestand 2030 noch zu sehr großen Anteilen aus nicht vollelektrischen Fahrzeugen besteht. Da der Ausbau der Stromerzeugungs- und Stromtransportkapazitäten eine sehr langwierige Angelegenheit ist, mag ein Zwischendatum 2030 interessant sein, aber notwendig ist die Perspektive für den Endzeitpunkt der Transformation. Damit ist der Wert 138 TWh als Strombedarf für Elektroautos 2050 ein entscheidender Politikparameter. Gleichzeitig stellt sich die Frage, ob der zusätzliche Strombedarf von 138 TWh aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen wer-

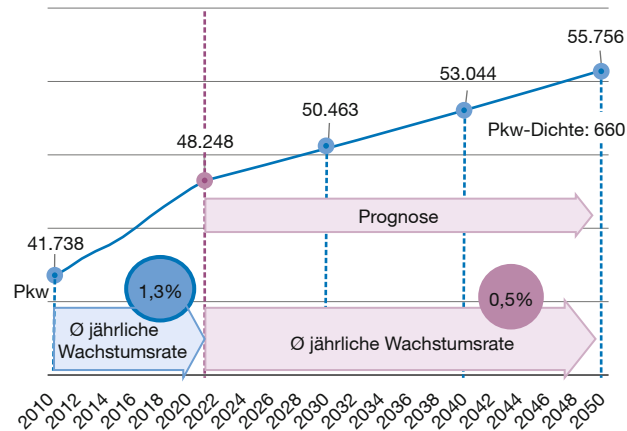
den kann. Dies auch vor dem Hintergrund, dass nicht nur zusätzlicher Strombedarf bei dem Bewegen der Elektroautos, sondern erheblicher zusätzlicher Strombedarf bei der Produktion der Autoindustrie, etwa für Lithium-Ionen-Batterien, grünem Stahl und vieles mehr anfällt. Dabei sind weder der Nutzfahrzeugsektor noch die enormen Zusatzbedarfe anderer Sektoren, wie etwa der chemischen Industrie, der Digitalisierungsinitiativen, der Gebäudeklimatisierung oder von Dienstleistungssektoren berücksichtigt.

### Das deutsche Dogma vom Atomstromverbot

Ein Vergleich erlaubt eine Einschätzung. So haben sämtliche 30.000 On-Shore-Windkraftanlagen 2020 in Deutschland 106 TWh Strom erzeugt. Um den Strom für die Elektroautos auf der Straße 2050 zu liefern, bräuhete man 39.000 zusätzliche Windkraftanlagen des Typs des Jahres 2020. Dieser simple Vergleich zeigt, dass wir Gefahr laufen, uns mit unserer Energiepolitik auf die Quadratur des Kreises zuzubewegen. Während Deutschland 2022 weitere Atomkraftwerke abschaltet und 2023 endgültig die letzten Atomkraftwerke vom Netz gehen, haben Nachbarländer intelligente Verlängerungen der Laufzeiten bestehender Anlagen genehmigt. Die Ampelregierung in Deutschland nimmt bewusst für mehrere Jahre den Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Kauf, um nicht gegen das Dogma „Atomstromverbot“ zu verstoßen. Dabei gelten die deutschen Atommeiler als sicher. Während Deutschland „abschaltet“ haben Frankreich, Niederlande, England, Polen, Tschechien, Ukraine, die Türkei, China, Japan und viele weitere mehr ein Auf- und Ausbauprogramm für Atomenergie in Angriff genommen. Atomstrom ist für die Abdeckung des zukünftigen Strombedarfs von so hoher Bedeutung, dass die EU Atomstrom „undogmatisch“ als klimaneutral einstuft und damit breite private Finanzierungen und Investitionen anregt. Die Windradpläne könnten also nicht nur ein

Abbildung 2  
Pkw-Bestand in Deutschland

in 1.000 Fahrzeugen



Quelle: CAR.

Raumproblem aufwerfen, sondern wegen zurückhaltender privater Investierender zusätzlich auf tönernen Füßen stehen. Die Berliner Ampel konfrontiert Deutschland mit einem nicht unerheblichen energiewirtschaftlichen Risiko ohne einen Gegenwert für das gestiegene Risiko zu bieten.

Hinzu kommt, dass an neuen Generationen der sogenannten Molten-Salt-Reaktoren gearbeitet wird, die per-se Kernschmelzen unmöglich machen. Weder Tschernobyl noch Fukushima sind damit denkbar. Das größte Risiko der Kernenergie wäre damit ausgeschlossen. Zudem erlauben die neuen Atomkraftwerke bessere Wiederaufarbeitung und Recycling von radioaktivem Material. Forschung und Innovationen lassen Kernkraftwerke in neuem Licht erscheinen.

### Next Big Thing: Das Roboterauto

Goldgräberstimmung ist untertrieben. Zahllose Start-ups, Tech-Riesen, Investierende und andere sehen mit großen Erwartungen dem Zeitalter des autonomen Fahrens entgegen. Das gilt insbesondere für US-amerikanische und chinesische High-Tech-Unternehmen. In China sind es Chip-Hersteller wie Horizons Robotics, der Suchmaschinen-Gigant Baidu, Fahrdienstleister wie Didi, der 5G-Riese Huawei, Smartphone-Player Xiaomi, die Tiktok-Mutter Bytedance, Logistik-Schergewichte wie JD, E-Commerce-Riesen wie Alibaba und Autokonzerne wie die FAW Group, Geely, Great Wall, SAIC Motor, BYD oder Dongfeng. Es ist nicht eine Initiative, sondern eine ganze Armee von Organisationen, die das neue Gold der Mobilität schürfen wollen. Und es sind nicht nur Unternehmen, die im Rennen sind, sondern auch Riesenstädte wie Beijing, Hangzhou, Nanjing, Shanghai oder Wuhan. China ist der mit Abstand größte und am dynamischsten wachsende Markt für Mobilität. Wer in China die Systeme zuerst ausrollt, ist am

schnellsten in den Scales und wer die Scales zu Beginn schafft, hat die Chance ein natürliches Monopol aufzubauen. Genau das dürfte Google angetrieben haben, sich frühzeitig für autonom fahrende Fahrzeuge zu engagieren. Dabei wurden beim Rennen um die Robo-Cars bisher viele Erwartungen nicht erfüllt.

Noch vor 2010 startete Google Projekte zu autonom fahrenden Autos. Sebastian Thrun, ein Stanford-Wissenschaftler, wurde Google-Projektleiter. Thrun hatte mit selbstfahrenden Autos experimentiert und mit einem aufgerüsteten VW Touareg mit seinem Stanford-Team die DARPA Grand Challenge gewonnen, eine wichtige, vom US-Verteidigungsministerium gesponserte Wettfahrt für autonomes Fahren. In weniger als sieben Stunden Fahrtzeit hatte das Thrun-Team sein Robo-Car über mehr als 200 Kilometer Wüstengelände ins Ziel gebracht. So richtig marktreif wurde das Konzept allerdings nicht. 2012 machte Google-Mitgründer Sergey Brin noch die Ansage, dass selbst Normalbürger:innen in weniger als fünf Jahren Zugang zu autonomen Fahrzeugen haben würden. Auch die Umbenennung in Waymo brachte bis heute nicht den großen Durchbruch. Dynamisch war auch Elon Musk mit seinem Tesla-Autopiloten gestartet. Der Name Autopilot musste ersetzt werden und die Software ist unter FSD (Full Self Driving) in Fahrzeugen in den USA freigeschaltet worden. Der große Unterschied zu Waymo ist, dass die „Machine-Learning“-Software von Elon Musk riesige Datenmengen aus Echtfahrten sammelt und die AI-Algorithmen an reale Fahrten anpassen kann. Obwohl wichtige Weiterentwicklungen gemacht wurden, kam Tesla aus den Beta-Versionen nicht so richtig zu einem Programm, das jeder beliebig nutzen kann.

Die klassischen Autobauer selbst haben das Thema eher mit spitzen Fingern angefasst und einzelne Assistenzfunktionen aus dem Spektrum der Advanced Driver Assist Systems (ADAS) in ihre Fahrzeuge integriert. Ein Grund waren erwartete hohe Kosten und damit hohe Preise für autonom fahrende Autos. Die sogenannte L4, also Level 4 Automatisierung, die erlaubt, das Fahrzeug eigenständig, ohne menschlichen Eingriff fahren zu lassen, wurde nur für Spezialbereiche wie etwa Autobahnfahrten bis 80 km/h freigegeben.

### Viele Gründe sprechen für das Robo-Car

Woher kommt die neue Goldgräberstimmung? Neu ist, dass es kein isolierter Vorstoß ist, sondern eine Offensive mit einer stattlichen Zahl an Unternehmen und Organisationen:

Die Pkw-Hersteller überzeugen gerade in China ihre extrem software-affine Kundschaft mit Technik. So hat die Automarke AION des chinesischen Autobauers GAC im Januar 2022 den SUV AION LX PLUS vorgestellt. Das Modell verfügt über 35 intelligente Sensoren, darunter drei

LiDAR-Sensoren der zweiten Generation, sechs Millimeterwellenradare, zwölf Ultraschallradare, acht hochauflösende Kameras, vier Panoramakameras, zwei hochpräzise Lokalisierungsmodule und ein Chip, der 200 TOPS unterstützt. TOPS sind Bewertungskriterien für Hochleistungs-Chips. Das Bewertungskriterium lautet Tera-Operationen pro Sekunden, sprich der Rechner im SUV mit Einstiegspreis 45.000 US-\$ besitzt einen Rechner, der 200 Billionen Rechenoperationen/Sekunde schafft. L4 Automatisierung wird für Standardautos in China zum Benchmark.

1. Logistikdienstleister wie JD, aber auch Fahrdienstleistungen wie DIDI, E-Commerce Giganten wie Alibaba oder der riesige Lebensmittellieferant Meituan engagieren sich mit dreistelligen Mio. US-Dollarbeträgen bei Start-ups für autonomes Fahren. Meituan ist in mehr als 2.800 Städten in China vertreten und bearbeitet täglich 43,6 Mio. Lebensmittelaufträge. Bis zum Herbst 2021 hatte Meituan bereits 100 autonom fahrende Robo-Cars im Einsatz, die mehr als 100.000 Aufträge erledigten. Ähnliche Projekte führt Alibaba auf dem Campus der Zhejiang-Universität durch. Dort wurden am Black Friday von 22 Robotern „Xiao Man Lv“ (übersetzt: „robuster Esel“) 50.000 Pakete in die 27 Wohnheimgebäude geliefert. Die letzte Meile in der Logistik ist in China bald eine Robotermeile.
2. Nicht nur die letzte Meile in der Logistik, sondern auch die erste Meile wird in China mit autonom fahrenden Lkw angegangen. So etwa vom US-chinesischen Start-up Plus.ai. Plus.ai testet auf chinesischen Straßen mit Iveco-Schwerlastern seine L4-Software. Das System wurde von Logistikdienstleistern bereits für 10.000 Lkw bestellt und hat die Flottentests von großen Autobauern bestanden. Der Lkw-Hersteller FAW-Jiefang bietet seine Nutzfahrzeuge mit dem L4-System von Plus.ai an.
3. Völlig fahrerlose Robo-Taxen fahren vom Start-up AutoX in Shenzhen. Das von Alibaba unterstützte Start-up ließ als erstes Unternehmen unbemannte Robo-Taxen in Shenzhen auf einer Fläche von 168 Quadratkilometern im Echteininsatz fahren. Ähnliches ist in der Hauptstadt Beijing zu sehen. Baidu Apollo und Pony.ai haben die Lizenz, um auf 350 km Straßen in Beijing zwischen 7 Uhr und 22 Uhr 67 Robo-Taxen fahren zu lassen, die an 600 Haltepunkten ihre Gäste einsammeln. Bis 2025 will Baidu-Apollo in 65 Großstädten die Robo-Taxen im Einsatz haben.

4. Nicht nur Unternehmen sind im Rennen um das neue Gold, auch chinesische Städte stehen im Wettstreit. So hat die Verkehrskommission der Stadt Shanghai im November angekündigt, die kommerzielle Nutzung von intelligenten Taxen, Bussen, Frachtdiensten, unbemannten Letzte-Meile-Lieferungen, Sightseeing-Shuttles und automatischen Straßenreinigungen voranzutreiben. Die Stadtverwaltung von Beijing hat Anfang 2022 mitgeteilt, dass sie mit einem Netz von 1.000 Kilometern öffentlichen und mit 5G ausgestatteten Straßen den weltweit größten Pilot für autonome Fahrzeuge errichtet hat.

Autonome Fahrzeuge verändern schneller die Welt, als es sich mancher vorstellen kann. Kostensprünge, die bisher kaum für möglich gehalten wurden, erlauben eine neue Form der Mobilität. So hat etwa DeepRoute.ai, ein junges chinesisches Unternehmen, angekündigt, komplette L4 autonome Fahrsysteme zum Preis von 10.000 US-\$ zu liefern. China sprüht vor Dynamik. Wir dürfen den Anschluss an die neue Mobilität nicht verpassen. Intensiver Austausch mit den chinesischen Millionenstädten und gemeinsame deutsch-chinesische Projekte könnten Deutschland Tempo bringen.

#### Fazit: Das Auto wird immer wichtiger

Die große Zeit des Autos kommt erst noch. Immer mehr Autos fahren vollelektrisch und damit leise und emissionslos. Finanzdienstleister wie Auto-Abo-Anbieter erlauben das 24/7-Auto mit einer monatlichen Rate und weiter reduzierten Kundenrisiken. Das Robo-Car erlaubt dem achtjährigen Schüler und der 108 Jahre alten Großmutter, eigenständig im Auto unterwegs zu sein. All diese Innovationen machen das Auto zum noch wichtigeren Verkehrsmittel der Zukunft.

#### Literatur

- AutoX, AutoX Operates China's Largest Fully Driverless Robotaxi Service Area (2021), <https://www.youtube.com/watch?v=pXvLOm9mm> (16. November 2021).
- bcs – Bundesverband CarSharing (2021), Aktuelle Zahlen und Fakten zum CarSharing in Deutschland.
- CAR – Center Automotive Research, Daten und Analysen, verschiedene Jahrgänge.
- Dudenhöffer F. (2016), Wer kriegt die Kurve?
- Dudenhöffer F. (2022), China wird zum Vorreiter beim selbstfahrenden Auto, Gastkommentar, *Handelsblatt*, 17. Januar.
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Zulassungs- und Bestandsdaten Pkw-Markt Deutschland, Verschiedene Jahrgänge, [www.kba.de](http://www.kba.de).
- Prognos AG Berlin (2021), Entwicklung des Bruttostromverbrauches bis 2030, [www.prognos.com](http://www.prognos.com).

#### Title: *The Great Age of the Car is on Its Way*

**Abstract:** *Contrary to some transport scientists, we are convinced that the passenger car has a great future ahead of it. On the one hand, economic growth in many countries will boost car density, i. e. more people will be able to afford their own car. For another, strong technological innovations will drive the adaptation of passenger cars to the world of tomorrow. With electric vehicles, the industry is on the way to emission-free cars. The innovation of the intelligent and self-driving car is revolutionary. China, the most important car market in the world, is setting the pace for the introduction of autonomous driving; it is, therefore, important to partner with China.*