

# SZENARIOS ZUR ELEKTROMOBILITÄT 2025



# EINFÜHRUNG

## Impressum

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart  
Redaktion: Marius Brand, Martha Loleit, Steffen Braun  
Illustrationen: Pirmin Buchenberg  
Layout: Susanne Ilg  
© Fraunhofer IAO  
August 2012

Wohin entwickelt sich die Automobilindustrie angesichts des anstehenden Paradigmenwechsels von fossil betriebener zu elektrischer Mobilität? Politik und Forschung gehen bereits davon aus, dass sich im Jahr 2050 der Verkehr auf unseren Straßen und in unseren Städten vollständig emissionsfrei gestalten wird. Auf dem Weg dorthin sollen Meilensteine wie bis zu Million Elektrofahrzeuge in 2020 und ca. sechs Millionen Elektrofahrzeuge in 2030 erreicht werden. Elektromobilität, betrieben mit Energie aus erneuerbaren Quellen, ist dabei der Schlüssel zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Individualverkehrs.

Dieser von der Bundesregierung vorgegebene politische und strategische Zielkorridor generiert einen direkten Handlungsbedarf für die deutsche Automobilindustrie. Gleichzeitig haben die Entwicklung globaler Märkte und deren sich verschiebende Machtzentren Auswirkungen auf den deutschen Automobilmarkt. Denn gerade auf den deutschen Automobilherstellern und Zulieferern ruhen hohe Erwartungen, den Wandel zur Elektromobilität aktiv mitzugestalten und eine führende Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung entscheidender Schlüsselinnovationen und -technologien einzunehmen.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Mobilität sind eine Vielzahl von fahrzeugspezifischen Technologiebereichen wie Antriebsaggregate, Speicher- und Batteriesysteme, Produktionssysteme, Schnittstellen zur Ladeinfrastruktur, Leistungselektronik, Klimatisierungstechnik und Leichtbaukonzepte/Bauweise von Bedeutung. Diese Aspekte sind eingebettet in ein übergeordnetes Umfeld aus Wertschöpfungsstrukturen, Geschäfts- und Finanzierungsmodellen, politischen Förderverhältnissen, Anreizsystemen, Nutzerbedürfnissen und Akzeptanzfragen. Dadurch gestaltet es sich schwierig, langfristige Aussagen über zukünftige Entwicklungen in der Elektromobilität zu treffen.

Für die Teilnehmer am Markt ist es unerlässlich, die entscheidenden Trends und Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, einzuschätzen und daraus die notwendigen Konsequenzen für die eigenen Unternehmensstrategien abzuleiten. Aus diesem Grund hat das Fraunhofer IAO zusammen mit externen Partnern und dem Expertenwissen aus dem FutureCar-Netzwerk wissenschaftliche Zukunftsbilder entwickelt, die mögliche Szenarios der Elektromobilität im Jahr 2025 beschreiben.



Marius Brand, Martha Loleit und Steffen Braun (v.l.n.r.) sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich Mobility Innovation des Fraunhofer IAO.

# SZENARIOPROZESS

Planung ist die gedankliche Gestaltung der Zukunft. Um eine effektive Planung durchführen zu können, ist daher Wissen über die Zukunft nötig. Die Szenariotechnik ist ein mächtiges Werkzeug, um Aussagen über die Zukunft treffen zu können. Im Rahmen des FutureCar-Netzwerks wurde die Szenariotechnik als bevorzugtes Mittel ausgewählt und eingesetzt.

## VORTEILE VON SZENARIOS

### Abbau von Wissenslücken

Liegt eine szenariobasierte Analyse der Stärken und Schwächen vor, so kann diese Betrachtung zum Abbau von Lücken zwischen Anforderungen und Potentialen genutzt werden.

### Beitrag für Ziele und Strategien

Szenarios bieten die notwendige Plattform für die Entwicklung von zukunftsorientierten Zielen und abgeleiteten Strategien.

### Vernetztes Denken fördern

Der Einfluss der sich verändernden Schlüsselfaktoren aufeinander sorgt für ein immer komplexeres Beziehungsgeflecht. Szenarios unterstützen das Verständnis dieser vielschichtigen Interdependenzen.

### Antizipation von Veränderungen

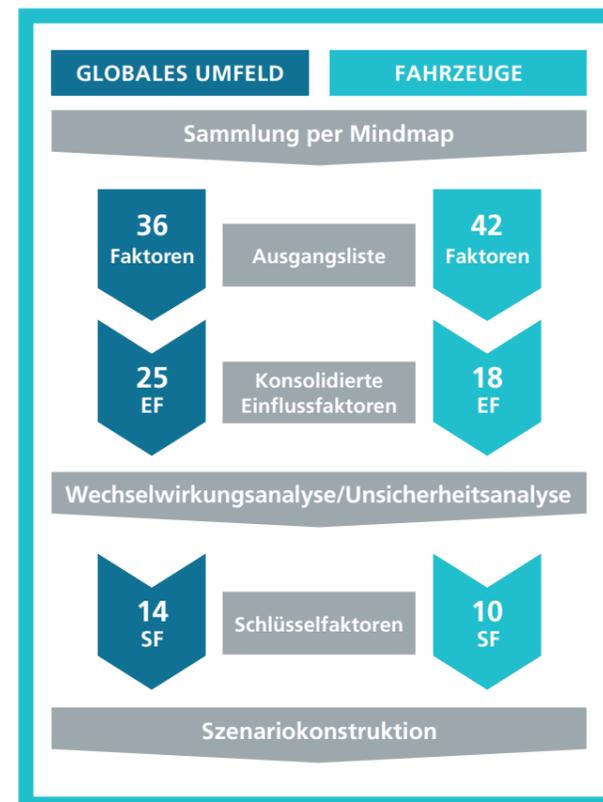
Wenngleich Szenarios nicht mit genauen Wahrscheinlichkeitswerten hervorgesagt werden können, ermöglichen sie dennoch, sich auf mögliche Veränderungen der Unternehmensumwelt einstellen zu können.

Um einen größtmöglichen Entscheidungsraum abzudecken, wurde innerhalb der Szenarioerstellung neben sehr wahrscheinlichen Szenarios auch ein extremer Wandel unterstellt.

Die Szenariobildung stützt sich auf die vorhandene Wissensbasis aus dem FutureCar-Netzwerk des Fraunhofer IAO und wird erweitert durch Inputs von externen Experten sowie Projektpartnern. In einem ersten Schritt wurden im Rahmen einer Umfeldanalyse für die Zukunftsszenarios relevante Einflussfaktoren erarbeitet.

Aus Strukturierungsgründen wurden diese in zwei Dimensionen – Globales Umfeld und Fahrzeuge – unterteilt. Vor einer ersten Konsolidierung ergaben sich pro Dimension ca. 40 Faktoren. Da diese Anzahl einer übersichtlichen Szenariobearbeitung entgegensteht, wurde die Faktoranzahl reduziert. Das Ziel war hierbei, möglichst individuelle und voneinander unabhängige, sogenannte konsolidierte Einflussfaktoren nutzen zu können.

ABB.1 Schlüsselfaktorenanalyse – Ablaufdiagramm.



Die konsolidierten Einflussfaktoren wurden dann einer Wechselwirkungsanalyse (1) und einer Unsicherheitsanalyse (2) unterzogen.

- 1 Die Wechselwirkungsanalyse identifiziert aktive (treibende) und passive (getriebene) Faktoren. Von diesen werden erstere für die Szenarioentwicklung weiterverfolgt, letztere in diesem Projekt nicht mehr berücksichtigt.
- 2 Mit der Unsicherheitsanalyse wird das Ziel verfolgt, kritische und Basis-Faktoren zu trennen. Dafür wurden sämtliche Einflussgrößen in den Dimensionen Unsicherheit und Wirkungsstärke (Einbeziehung der Ergebnisse der Wechselwirkungsanalyse) bewertet.

Als Ergebnis der beiden Analysen kristallisieren sich Schlüsselfaktoren heraus. Im Vergleich zur Ausgangssituation mit ca. 80 Faktoren wurde die Komplexität deutlich reduziert. Die Schlüsselfaktoren repräsentieren das Fundament, auf welchem die Szenarios konstruiert werden.

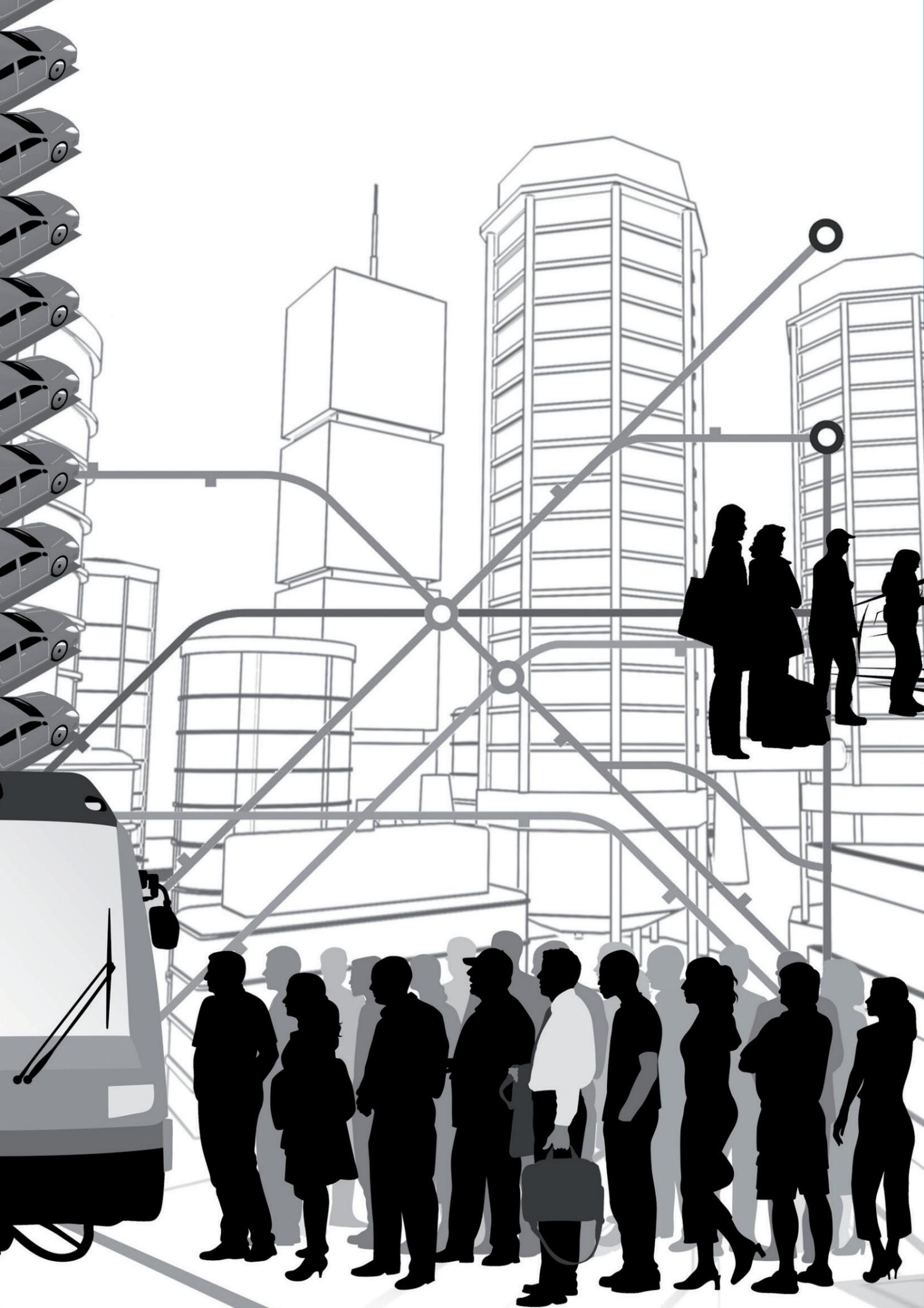
Durch die diversen Pfade pro Schlüsselfaktor ergeben sich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten. Offensichtlich sind viele von diesen nicht realistisch bzw. inkonsistent. Aus diesem Grund ist eine Konsistenzanalyse zielführend.

Für jede mögliche Faktorkombination wird dabei eine Konsistenzbewertung abgegeben. Mit dieser Methode wird garantiert, dass wenig sinnhafte Szenarios ausgeschlossen werden. Weiterhin können als besonders konsistent identifizierte Kombinationen zu Szenarios zusammengefügt werden.



Um die Ergebnisse der Szenariobildung möglichst einprägsam darzustellen, wurde für jedes der sich ergebenden vier Szenarios eine profilabhängige Beschreibungsmethode gewählt. Bei dieser Methode wird die Szenario-Welt aus der Sicht eines persönlich Beteiligten geschildert. Dies eröffnet die Möglichkeit einer verbesserten Identifikation.

ABB.2 Szenariokonstruktion – Konsistenzanalyse.



## BESCHREIBUNG DES SZENARIO 1

Als erstes Szenario wurde eine Welt definiert, in der die Verbrenner noch immer stark dominant sind und Elektromobilität vorwiegend als komplementäre Antriebsunterstützung existiert.

## HYBRIDE ELEKTROMOBILITÄT

### GLOBALES UMFELD

Deutliche Verteuerung der individuellen Mobilität durch hohe Kraftstoffpreise

Weniger PKW-Nutzung

Elektromobilität spielt nur eine marginale Rolle, da die Fahrzeuge zu teuer sind

ÖPNV und Mobilitätsdienstleistungen profitieren vom Rückgang des Individualverkehrs

Keine neue Regulierung

### FAHRZEUGE

Nur vereinzelte Pilotprojekte zu Mobilitätsdienstleistungen im Bereich Elektromobilität

Keine ausreichenden Entwicklungsfortschritte bei Batterie- und Brennstoffzellentechnologien

OEMs behalten ihre dominante Rolle

Entwicklungskompetenz bleibt beim OEM

Hohe Modularisierung, hohe Wertschöpfungstiefe der OEM, plattformbasierte Komponenten, geringer Zuliefergrad

### Das Szenario aus Sicht eines Beteiligten

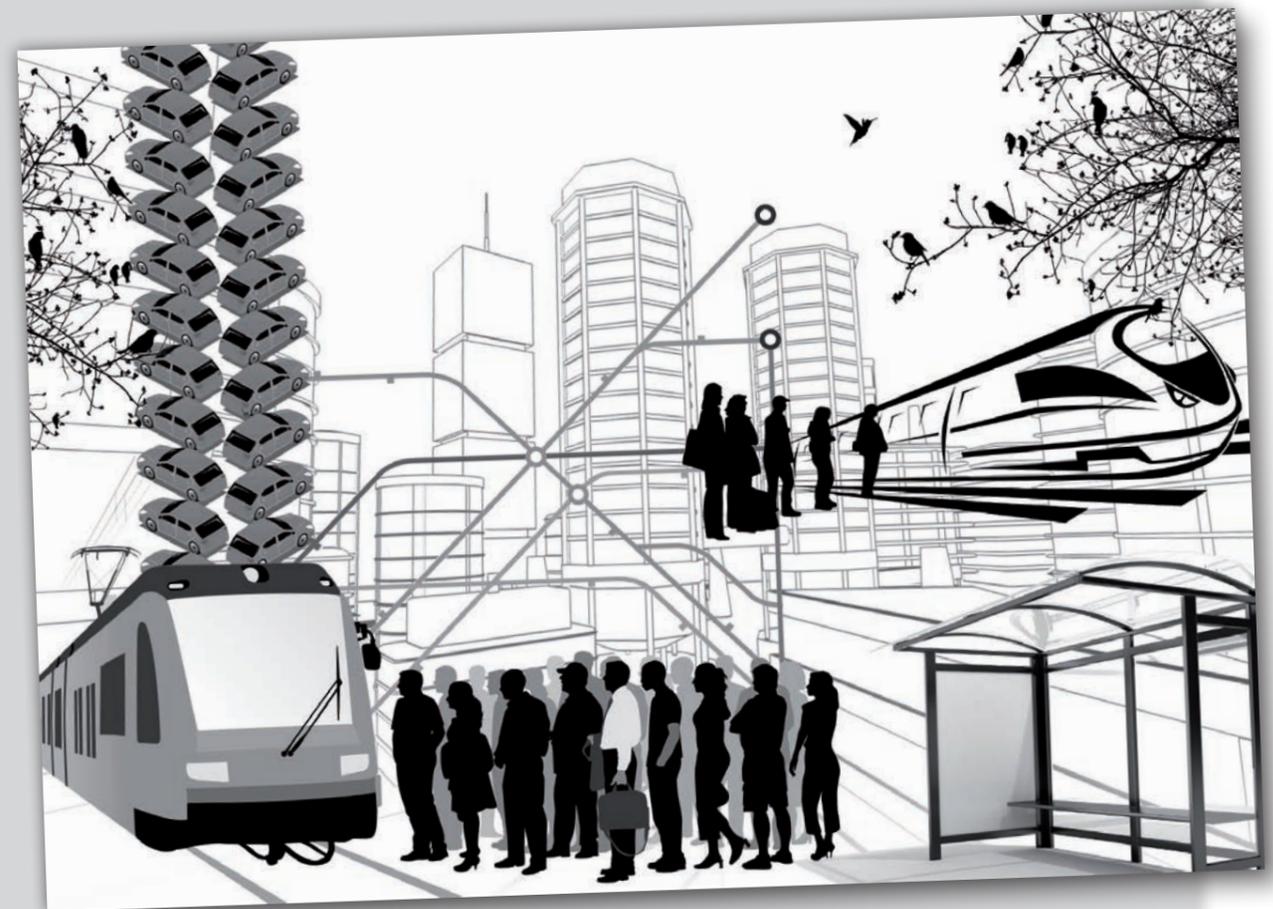
Herr Weiß steht, wie so häufig in diesen Tagen, vor neuen Herausforderungen. Soeben musste er als Sprecher eines großen Automobilherstellers in Baden-Württemberg weitere Arbeitsplatzverluste bekannt geben. Durch die exzessiv gestiegenen Kraftstoffkosten wird der Privat-PKW immer mehr zum Luxusprodukt. Als Folge leiden Hersteller wie Zulieferer unter massiven Absatzproblemen. Während sich Zulieferer durch Umorientierungen in den wachsenden ÖPNV-Markt und zum Maschinenbau abfedern konnten, sind die OEMs in einer problematischen Situation. Die in den letzten Jahren durchgeführten Konsolidierungen im Sinne von vertikaler Integration konnten zwar die Kosten senken. Dennoch ist die effizienteste Produktion gegenüber hohen Benzinpreisen machtlos.

Herr Weiß' Tochter, gerade 10 Jahre alt, kennt die früher als gegeben angenommene grenzenlose individuelle Mobilität nur noch aus Geschichten. Heute ist es für sie selbstverständlich, zu jeglichen Terminen mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zu kommen – mit der entsprechenden Wartezeit und den sonstigen Unannehmlichkeiten.

Als sich Herr Weiß an die vergangene Ära der günstigen Mobilität erinnert, kommt ihm ebenfalls wieder das Elektroauto in den Sinn. Hoch gepriesen und massiv gefördert sollte es die Lösung des Mobilitätsengpasses darstellen. Allerdings ließen Entwicklungsfortschritte auf sich warten; die Technologie blieb zu teuer und wurde letztlich zum Flop.

Neben den öffentlichen Verkehrsmitteln profitieren nur Car-Sharing-Angebote von der Reduktion des Individualverkehrs: Da manche Tätigkeiten, insbesondere der Transport schwerer oder gekühlter Güter, nur schwer mit Bus und Bahn realisierbar sind, schließen sich heute Fahrgemeinschaften zusammen und teilen sich die noch immer hohen Kosten eines Mietwagens, um beispielsweise den Wocheneinkauf zu erledigen.

Ein positiver Aspekt ergab sich dennoch aus dem dramatischen Mobilitätsrückgang: Herr Weiß macht sich um die Gesundheit seiner Kinder wesentlich weniger Sorgen als früher. Der Einbruch der privaten Automobilnutzung hat zu einer wesentlich saubereren Luft und zu zumindest stagnierenden CO<sub>2</sub>-Werten in der Atmosphäre geführt.





## BESCHREIBUNG DES SZENARIO 2

Im zweiten Szenario geht man von einer Welt aus, die stark von ökologischen Gesichtspunkten geprägt ist. Im Zuge dessen hat sich die intermodale Mobilität vor allem in Städten und urbanisierten Regionen stark entwickelt.

### STADTGERECHTE ELEKTROMOBILITÄT

#### Globales Umfeld

Individualverkehr wird teurer

Elektromobilität mit steigenden Marktanteilen

»Grüne« Mobilität: Hohes Umweltbewusstsein, starke ökologische Regulierung, weniger Individualverkehr, intermodal vernetzte (Mikro-)Mobilität, stark genutzte Mobilitätsdienstleistungen

Umbau der urbanen Verkehrsorganisation

Umbau der Stromnetze zum »Smart Grid«

Hoher Anteil erneuerbarer Stromerzeugung

#### Fahrzeuge

Moderate Verbesserungen und Preisdegression bei Batterien

Entwicklung von Elektrofahrzeugen durch Nicht-OEMs, Revolution durch branchenfremde Konzepte (Materialien, Prozess, Kosten)

Hohe Standardisierung bei Elektrofahrzeugen

Geringe Modularisierung und Wertschöpfungstiefe der OEMs

### Das Szenario aus Sicht eines Beteiligten

Als Frau Grün in den fabrikneuen E-2 des ansässigen ehemaligen Automobilzulieferers einsteigt, blendet sie das Blitzlichtgewitter. Frau Grün ist Bürgermeisterin von Friedrichshafen und daher Ehrengast bei der Präsentation des neuen Elektroautos. Dessen Vorgänger, der E-1, hatte weltweit für Aufsehen gesorgt: Es war das erste Elektroauto, welches direkt von einem ehemaligen Automobilzulieferer hergestellt und unter eigener Marke vertrieben wurde. Allerdings war der Schritt überfällig. Möglich wurde dies durch die Entwicklung der Batterien. Zuvor hatten die OEMs versucht, ihre Marktmacht bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren auf weitere Märkte auszudehnen. Dieser Versuch scheiterte jedoch, da bei Elektroautos zu viel Kompetenz vonnöten war, über welche die OEMs nicht verfügten. Daher nutzten ehemalige Zulieferer und neue Marktakteure (insbesondere Energieunternehmen) die Chance und offerierten ihre Produkte den Endkunden direkt. Traditionelle Automobilmarken treten heute nur noch als Reseller oder Designer auf. Besonders offensichtlich wurde diese Entwicklung im Bereich der Standardisierung. Während noch vor wenigen Jahren Fahrzeuge sehr spezifisch waren und insbesondere OEM-abhängig konstruiert, wird heute das Auto (weitgehend standardisiert) um die wettbewerbskritische Batterie und den Lademechanismus aufgebaut. Frau Grün erinnert sich allerdings auch an die anfänglichen Fehlschläge. Zu Beginn der E-1-Vermarktung drohte dessen Hersteller die Zahlungsunfähigkeit, da das Unternehmen im direkten Endkundenkontakt schlicht unerfahren war und erst eine Kommunikationspolitik aufbauen musste.

Als Frau Grün den E-2 mit einer Stadtrundfahrt einweicht, wird ihr wieder bewusst, wie tiefgreifend das Stadtbild sich durch die neuartige Mobilität verändert hat. Durch den sehr hohen Benzinpreis und stets steigende Kosten für CO<sub>2</sub>-Zertifikate waren die Bürger gezwungen, Alternativen zum bisherigen Individualverkehr zu suchen. Schnell entwickelten sich günstige Car-Sharing-Anbieter mit Elektroautos, welche nach und nach zu Mobilitätsanbietern wuchsen. Diese verstanden es, verschiedene Verkehrsmittel zu einem Gesamtkonzept zu integrieren. Aufgrund regulatorischer Maßnahmen konnten sie überdies damit rechnen, von der öffentlichen Hand bevorzugt behandelt zu werden. So gibt es nun in deutschen Innenstädten ein weitgehendes Fahrverbot lediglich privat genutzter Fahrzeuge. Überdies wurden die Fahrradwege zu Elektroroller- und Pedelec-Wegen ausgebaut. Die merkliche Beruhigung der Städte war ein positiver Nebeneffekt. Außerdem können die Fahrzeugflotten der Mobilitätsanbieter systemisch betrachtet werden, was die Staubbildung durch moderne Verkehrskonzepte deutlich verringert hat und die Einbindung der noch immer wachsenden erneuerbaren Energien in den Energiekreislauf vereinfacht. Im Moment wird in Friedrichshafen ein »Smart Grid« aufgebaut, welches nach Fertigstellung das Gesamtsystem noch effizienter machen soll.

All dies erscheint sehr positiv. Frau Grün hörte auf der anderen Seite von Kollegen, die vom Missbrauch der in ihrer Region tätigen Mobilitätsanbieter berichteten. So bildeten sich Monopole, welche nach anfänglich mode-

raten Preisen ihre Marktstellung ausnutzten und ihre Angebote stark verteuerten. Darüber hinaus entlassen die (ehemaligen) OEMs mehr und mehr Angestellte, welche nicht alle bei den schnell wachsenden Mobilitätsanbietern neue Arbeit finden. Außerdem wurde ein Teil der Wertschöpfung aufgrund des höheren Standardisierungsgrads in Billiglohnländer verschoben.

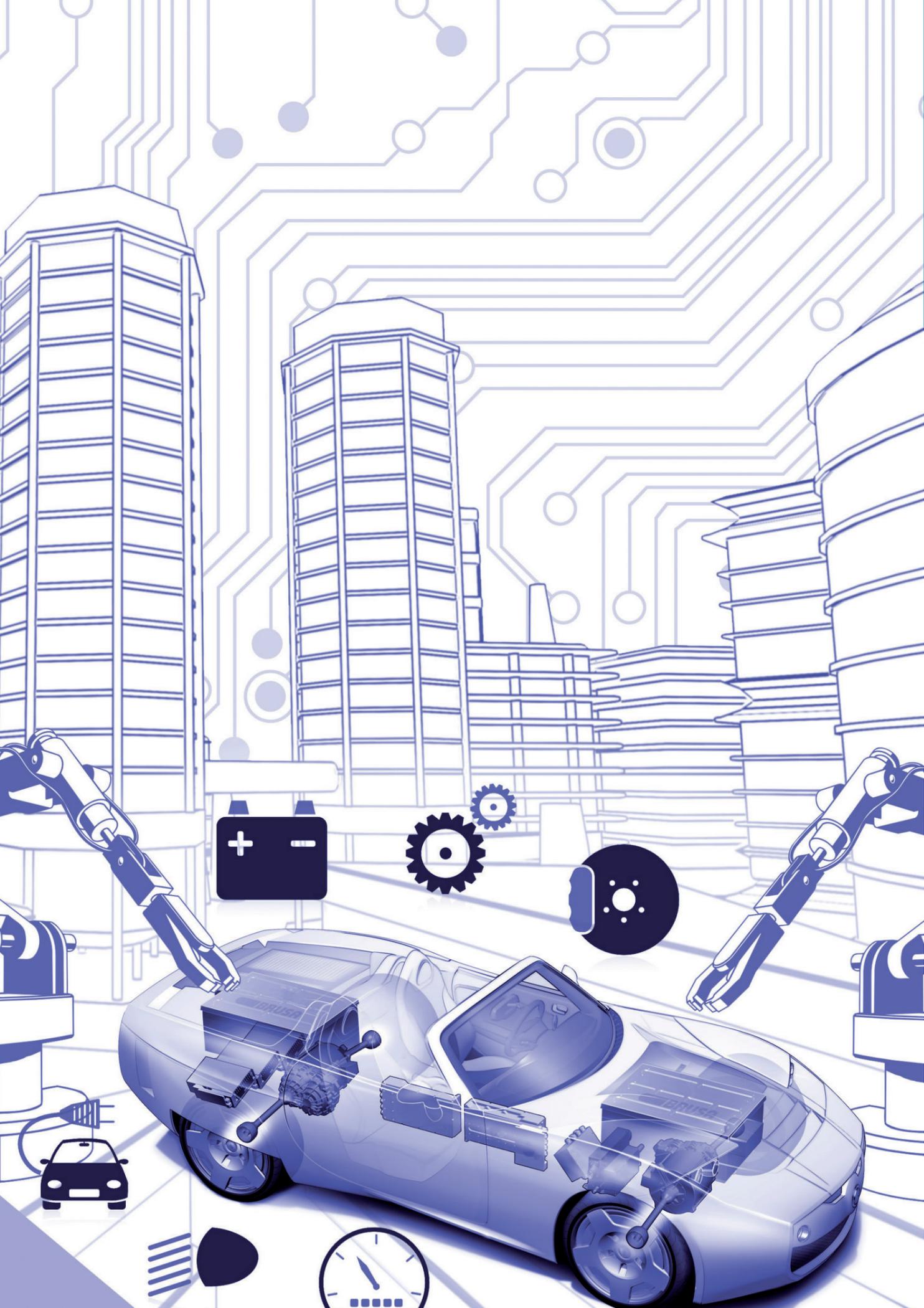
Der Paradigmenwechsel zur geteilten Nutzung kam den Zulieferern auch anderweitig zu Gute. Während sich Autokäufer noch früher sehr stark mit der Automarke identifizierten, nutzen sie nun die vom Mobilitätsanbieter bereitgestellten Fahrzeuge. Diese werden eher funktional betrachtet; mit Ausnahme der im Auto vorhandenen Informations- und Kommunikationstechnologie.

Je nach Nutzerwünschen werden Treffpunkte (und damit auch Destinationen) über soziale Netzwerke im Wagen verabredet und das Autoradio auf den bevorzugten Web-Sender geschaltet.

Insgesamt sieht Bürgermeisterin Grün für Friedrichshafen positiv in die Zukunft. Die urbanen Mobilitätskonzepte sind ausgereift und geschickt mit Bahnangeboten für längere Strecken verwoben. Mehr Sorgen macht sich Frau Grün um die umliegenden Gemeinden. Durch den stark abnehmenden Marktanteil von Verbrennern werden diese nicht nur im Betrieb, sondern auch in der Anschaffung teurer. Als Resultat wird der Zustrom jener, die in die Städte ziehen, noch stärker beschleunigt. Zurück bleiben die älteren Generationen, die für

solch tiefgreifende Verhaltensänderungen nicht mehr bereit sind.





## BESCHREIBUNG DES SZENARIO 3

Das dritte Szenario ist durch eine starke Modularisierung und von einem gewandelten Branchenverhältnis zwischen OEM und Zulieferern gekennzeichnet. Überdies hat sich die Elektromobilität zu einem Massenphänomen entwickelt.

## MODULARE ELEKTROMOBILITÄT

### Globales Umfeld

Durchbruch der Elektromobilität: hohe Akzeptanz, hohe Nutzung, starke Kostendegression

Hohe staatliche Förderung (Deutschland als Leitmarkt mit Leitanbietern)

Umbau der urbanen Verkehrsorganisation

Umbau der Stromnetze zum »Smart Grid«

Hoher Anteil erneuerbarer Stromerzeugung

### Fahrzeuge

Fokus auf »nicht-elektrischem« Laden: Redox-Flow (»Tanken von Ionen«) und Batteriewechsel

Brennstoffzelle wird als Nischentechnologie genutzt

Entwicklung von Elektrofahrzeugen durch Nicht-OEMs, Revolution durch branchenfremde Konzepte (Materialien, Prozesse, Kosten)

Offene Schnittstellen und daher große Designfreiheit bei technischer Umsetzung

Hohe Modularisierung, niedrige Wertschöpfungstiefe der OEMs

Konstruktion beim OEM orientiert sich an den Komponenten

### Das Szenario aus Sicht eines Beteiligten

Die Mitarbeiterin der Firma New Energy AG aus Baden-Württemberg, Frau Blau, betrachtet zufrieden die Bilanz ihres Unternehmens (ein Spin-off eines regionalen Energieanbieters). Dieses stellt Batteriemodule für Elektrofahrzeuge her, die Privatkunden und Firmen selbst aus einer großen Auswahl vorhandener Angebote zusammenstellen können. Diese Entwicklung nahm ihren Gang, nachdem auch für die Automobilbranche offene Schnittstellen gefordert wurden. Um keine Kompetenzen bei den traditionellen Verbrennern zu verlieren, wurden jedoch nur bei elektrisch betriebenen Fahrzeugen die Schnittstellen geöffnet.

Spezialisierte Anbieter wie die New Energy AG entstehen in einem Rekordtempo. Aus dem fertigen Produkt Automobil ist in den letzten Jahren ein Markt Automobil geworden, in dem die Endkäufer eine größere Machtposition haben. Denn es sind sie, welche die Produkte der ehemaligen Zulieferer auswählen und danach die ehemaligen OEMs beauftragen, sie montieren lassen. Die Kunden sparen sich somit einen Teil der Marge. Zwar gab es in der Anfangszeit Widerstände bei den Kunden aufgrund der erhöhten Komplexität. Diese konnten jedoch durch innovative Geschäftsmodelle minimiert werden, bei denen beispielsweise subventionierte Elektrofahrzeuge verkauft wurden, die durch eine Kilometergebühr amortisiert werden. Dadurch verbleibt das Defektrisiko bei den Herstellern – und die Kunden kauften in Massen. Die OEMs selbst erreichen gerade Rekordgewinne, die auch aus einem neu entstandenen Geschäftsbereich stammen – der Modul-

zertifizierung. Da durch die modulare Zusammenstellung des Fahrzeugs sehr viele Kombinationsmöglichkeiten entstanden sind, wird die wichtige Frage der Produkthaftung über einen Service der Monteure geregelt: Sie garantieren, dass die genutzten Komponenten einzeln und im Set betriebssicher sind.

Frau Blau blickt aus dem Fenster und sieht die neu eingeweihte Elektrotankstelle, bei der Kunden neben Hochleistungssteckdosen auch die Möglichkeit haben, ihre leere Batterie gegen eine geladene auszutauschen. Die Tankstelle nimmt außerdem an einem Feldversuch teil, bei dem die »Redox Flow«-Technologie erprobt werden soll. Dabei kann die Batterie mit einer energiehaltigen Lösung betankt werden.

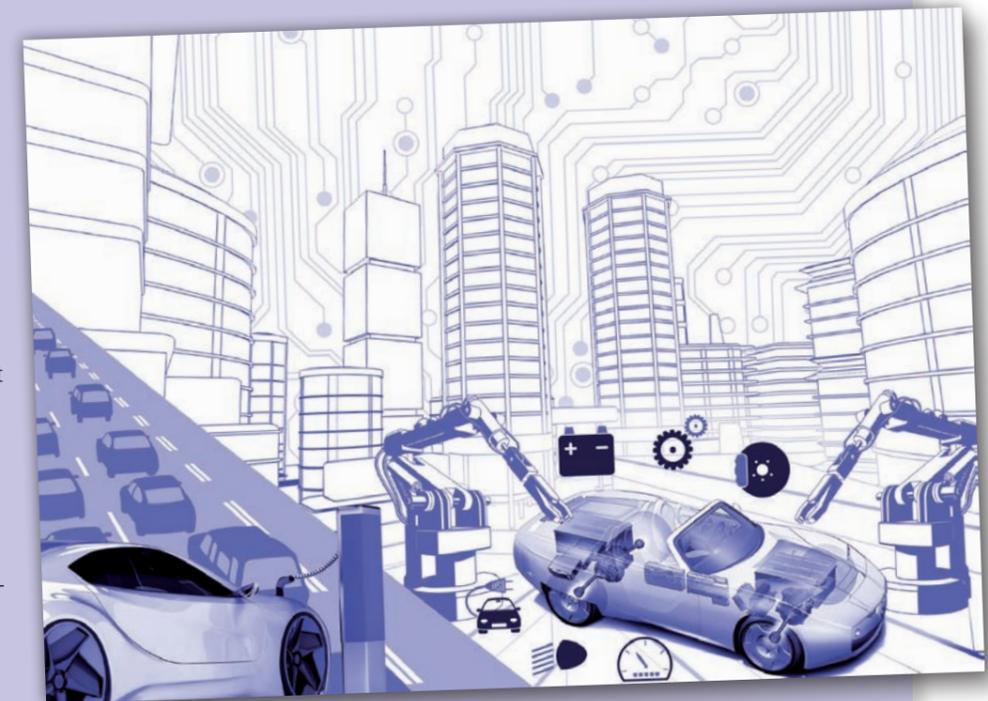
Der deutschen Wirtschaft kommt weiterhin zu Gute, dass die vielen ehemaligen Champions im Mittelstand durch ihre geringe Größe flexibel – und wesentlich schneller als zuvor vermutet – auf die neue Herausforderung reagieren und Teile ihrer Geschäftsfelder vom stagnierenden Markt für Verbrenner auf die wachsenden Elektromobilitätsmärkte umstellen konnten. Zwar ist der traditionelle Verbrennermarkt noch in dominanter Stellung, was den Marktanteil angeht; dennoch verzeichnet er kein Wachstum mehr. Frau Blau arbeitete selbst noch vor 15 Jahren bei einem global agierenden Verbrennungsmotorhersteller. Heute ist dieser Hersteller selbst Kunde von der New Energy AG, da er seine Firmenflotte mit modular aufgebauten Elektrofahrzeugen erweitern möchte. Gerade Firmenflotten profitieren vom modula-

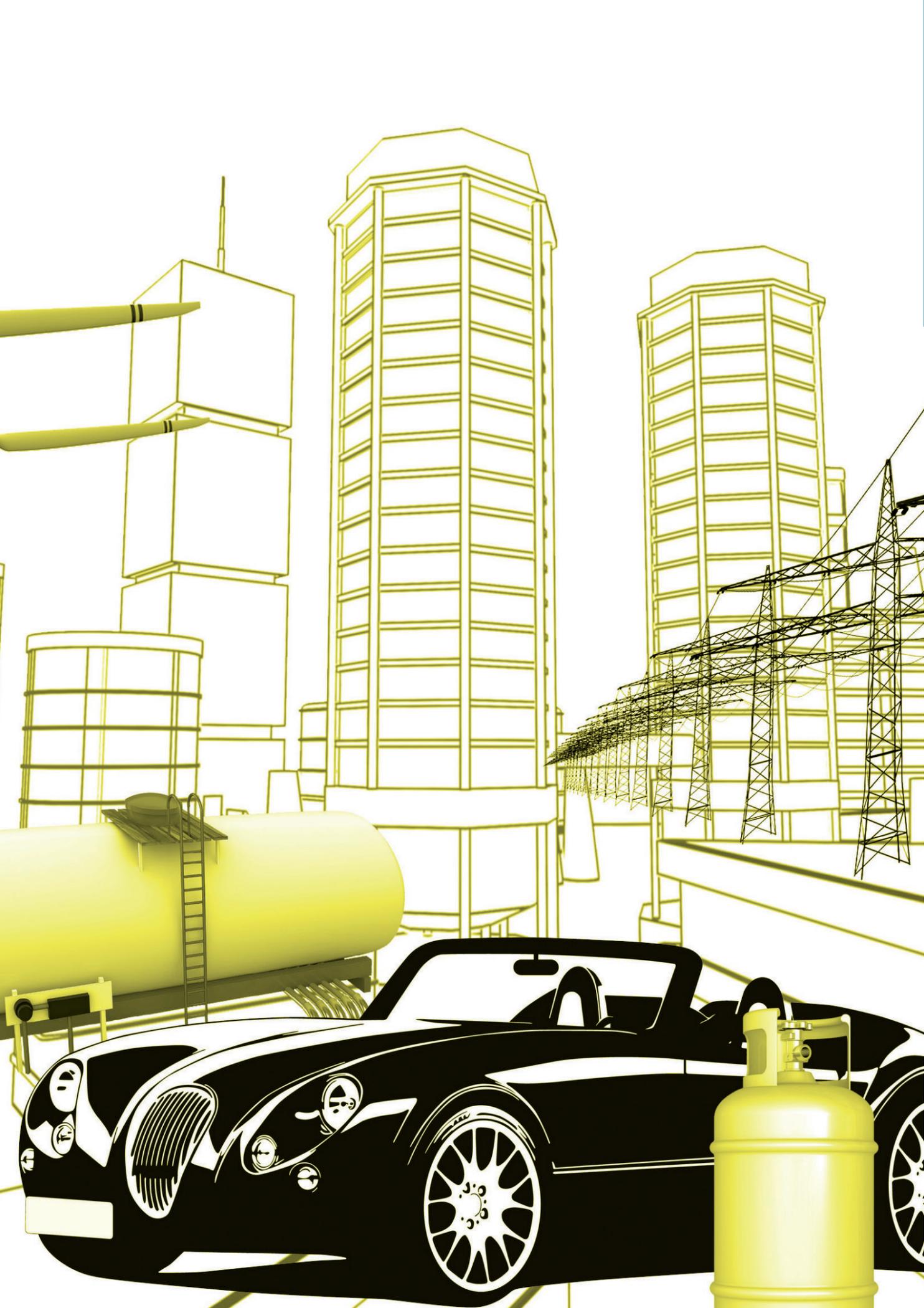
ren Konzept, da sie zweckabhängig Elektrofahrzeuge nutzen können.

Sorge bereitet Frau Blau jedoch die Konkurrenz aus Asien. Dort haben immer mehr IT-Anbieter erkannt, dass ein Elektroauto mehr Elektronik als Motorentechnik enthält. Gefördert von staatlichen Programmen haben sie begonnen, sehr günstige und hoch standardisierte Elektroautos herzustellen, die den deutschen Automarkt mit Kampfpreisen erobern sollen. Frau Blau hörte bereits von ehemaligen Kunden, dass diese sich für den Stadtverkehr mit den asiatischen Massenprodukten begnügten und für sonstige Anlässe ein Autovermietungssystem nutzen.

Die Strategie des kürzlich gegründeten Deutschen Verbandes für Hersteller von Elektromobilitätsmodulen, dieser Problematik zu begegnen, ist ein Herausstellen des ökologischen Images von Elektroautos. Dieses soll durch nachhaltige Produktion,

Leichtbaumaterialien, effizienten Materialeinsatz und nicht zuletzt einer Einbindung in das im Aufbau befindliche Smart Grid geprägt sein. Die asiatische Konkurrenz setzt dagegen nur auf den Preisvorteil.





## BESCHREIBUNG DES SZENARIO 4

Im letzten Szenario wurde angenommen, dass die Brennstoffzelle einen Boom erfährt. Aufgrund des gesellschaftlichen und technischen Wandels hin zu Wasserstoff mit lokalem Elektrolyseur und erneuerbaren Energien spielt im Jahr 2025 auch der Brennstoffzellenantrieb eine bedeutende Rolle mit steigender Tendenz.

## BIONISCHE H<sub>2</sub>-MOBILITÄT

### GLOBALES UMFELD

Intermodale Angebote werden kaum genutzt

Elektromobilität setzt sich aufgrund ihres Preisvorteils durch – aber mit Brennstoffzelle als Antriebstechnologie

Langsamer, lokaler Umbau der Stromnetze

Hohe Nutzerakzeptanz von Elektromobilität aufgrund des guten PreisLeistungsverhältnisses

### FAHRZEUGE

Durchbruch bei der Brennstoffzellen-Technologie

Batterien spielen aufgrund nur unzureichender Entwicklungsfortschritte eine untergeordnete Rolle

OEMs behalten ihre dominante Rolle im Markt

Entwicklungskompetenz liegt weiterhin beim OEM

Hohe Modularisierung mit hoher Wertschöpfungstiefe der OEM

Plattformbasierte Komponenten

### Das Szenario aus Sicht eines Beteiligten

Herr Gelb sitzt in seiner Tankstelle. Vor 13 Jahren war sie die erste in Baden-Württemberg, die komplett von Benzin auf Wasserstoff umgestellt wurde. Herrn Gelbs zum damaligen Zeitpunkt kühne Markteinschätzung zahlte sich aus. Heute ist der Marktanteil von Fahrzeugen mit Brennstoffzellenantrieb erheblich.

Der Durchbruch zur von den Medien titulierten H<sub>2</sub>-Gesellschaft kam zum einen mit einer Kette von technischen Innovationen (durch Forschungsförderung initiiert), und zum anderen durch strikte staatliche Emissionsziele, welche Brennstoffzellenfahrzeuge und rein elektrisch betriebene Batteriefahrzeuge leicht einhalten konnten. Letztere bilden jedoch noch immer eine Nische für die urbane Kurzstreckennutzung.

Als Nebeneffekt halfen Brennstoffzellenfahrzeuge dabei, die durch die Energiewende hervorgerufenen Fragestellungen der kurz- und mittelfristigen Energiespeicherung zu beantworten. Während den Spannungsspitzen in der regenerativen Energieerzeugung wird nun lokal per Elektrolyse Wasserstoff erzeugt und durch das ausgebaute Gasversorgungsnetz entweder an große Speichereinheiten oder direkt an Tankstellen geliefert. Im Endeffekt sanken Strom- und Wasserstoffpreise, da das Gesamtsystem wesentlich effizienter wurde. Durch die hohe Komplexität dieses Systems ergaben sich außerdem neue Beschäftigungsfelder für bis dato Branchenfremde. Selbst Herr Gelb beauftragt für seine Tankstelle ein spezialisiertes Unternehmen, welches früher Gasheizungen in Privatwohnungen wartete.

Bei einem Blick auf im Moment tankende Kunden bemerkt Herr Gelb, dass trotz all des Wandels die Automarken die gleichen geblieben sind. Zwar gibt es eine dedizierte Mercedes-Benz F-Klasse für Brennstoffzellenfahrzeuge (sowie ähnliche Benennungen bei anderen Herstellern). Dennoch ist – bis auf wenige Billiganbieter aus Fernost – die Markenlandschaft im Automobilbereich dieselbe geblieben. Asiatische Premiumanbieter, die den chinesischen Markt dominieren, konnten sich in Europa nicht durchsetzen. Mehrere erfolglose Versuche von Automobilzulieferern, eigene Marken zu etablieren, scheiterten an der Qualität der Produkte. Die Zulieferer hatten die Komplexität des Wasserstoffantriebs unterschätzt.

Dennoch konnten sich insbesondere die großen Zulieferer ausreichend Marktnischen im Subsystembereich des Wasserstoffantriebs sichern. Problematischer war die Situation für Mittelständler: hoch spezialisiert auf Teile der Wertschöpfungskette der Verbrenner, wurden sie von den fallenden Verkaufszahlen der Verbrennungsmotorfahrzeuge überrascht und konnten zum Teil nicht schnell genug neue Kompetenzen aufbauen. Auch Herr Gelbs Ehefrau verlor ihren Arbeitsplatz bei einem dieser mittelständischen ehemaligen Champions. Heute überwacht sie für das Bundesumweltministerium die Einhaltung der sehr strengen CO<sub>2</sub>-Grenzen für deutsche Automobilhersteller.

Ähnlich der Markenlandschaft waren ebenso die Änderungen am Fahrzeugdesign spärlich: Obwohl die Brenn-

stoffzellentechnologie neuartiges Aussehen ermöglicht hätte, belieben die meisten Hersteller die typische Form der Verbrenner-Autos bei. Für Herrn Gelb war diese Tendenz existenzsichernd; verbinden die Autokäufer doch auch mit der Form die traditionelle Einfachheit des Ladevorgangs aus dem Ölzeitalter. Auch führte dies dazu, dass sich Brennstoffzellenfahrzeuge etablierten, während Batterieelektrofahrzeuge sich – mit zum Teil sehr futuristischen Designs – nicht durchsetzten.

Herr Gelb profitiert übrigens auch nach Dienstschluss von den technologischen Umwälzungen im Automobil-

sektor. Innovative Firmen erkannten, dass der Lebenszyklus einer Brennstoffzelle mit der Verschrottung des Fahrzeugs nicht beendet sein muss. Vielmehr werden nun Behausungen mit Brennstoffzellen ausrangierter PKWs beheizt und mit Strom versorgt.

In die Zukunft blickt Herr Gelb optimistisch: sein Sohn studiert erfolgreich Chemie und arbeitet studienbegleitend für einen Flugzeugbauer. Dieser plant, in wenigen Jahren das erste wasserstoffbetriebene Passagierflugzeug auszuliefern.



## MOBILITÄT DER ZUKUNFT

Die vier Szenarios ermöglichen es Entscheidern, neue Möglichkeiten bei der Zukunftsplanung zu berücksichtigen. Dabei unterscheiden sich diese zum Teil stark voneinander und stellen Unternehmen vor unterschiedliche Herausforderungen. Der Bereich Mobility Innovation des Fraunhofer IAO unterstützt Unternehmen individuell, sich auf die Mobilität der Zukunft vorzubereiten.

Mehrere Projekte und Innovationsnetzwerke sind im Themenbereich Mobilität relevant:

### Innovationsnetzwerk FutureCar



Das Innovationsnetzwerk FutureCar unter der Leitung des Fraunhofer IAO ermöglicht Unternehmen, bereits heute gemeinsam mit anderen Zulieferunternehmen voraus zu denken, wie sich die Wertschöpfungs- und Kompetenzgefüge in der Automobilindustrie durch die Elektromobilität verändern werden. Entwickeln Sie mit uns Strategien und Produktkonzepte, die Ihrem Unternehmen auch in einer elektromobilen Gesellschaft Wertschöpfung sichern. Das Innovationsnetzwerk FutureCar basiert auf der Zielsetzung, Zulieferbetriebe bezüglich der Positionierung in einer elektromobilen Wertschöpfungsarchitektur zu unterstützen. Die methodische Kompetenz und die Erfahrung des Fraunhofer IAO als neutrale wissenschaftliche Instanz werden genutzt, um zukünftige Trends und Entwicklungen im Umfeld Elektromobilität zu identifizieren, analysieren und für die Netzwerkpartnern nutzbar zu machen.



### Innovationsnetzwerk Elektromobile Stadt

Ziel des Innovationsnetzwerkes Elektromobile Stadt ist es, die Grundlage für die Entwicklung von tragfähigen Konzepten und Produkten für die Elektromobile Stadt der Zukunft zu entwickeln. Die Anforderungen und Interessenlagen von Akteuren aus verschiedenen Branchen sowie der Städte und Kommunen sollen zusammengeführt werden, um Dienstleistungen und Produkte abgestimmt auf die städtischen und kommunalen Anforderungen entwickeln zu können. Ebenso sollen Konzepte für die Förderung und den Einsatz von Elektromobilität auf Stadtebene entwickelt werden, um Städte und Kommunen in die Lage zu versetzen, als Katalysator für die Elektromobilität zu dienen.



### elektromobilisiert.de

Gemeinsam mit Partnern aus der Industrie sowie Kommunen und Stadtverwaltungen erarbeitet und erprobt das Fraunhofer IAO schon seit Anfang 2011 unter der Überschrift »elektromobilisiert.de« einen Service, der die komplette Integration von Elektrofahrzeugen in bestehende Fuhrparks umfasst. Ziel des Service ist es, den Elektromobilisierungsgrad Ihrer Flotte auf die speziellen Mobilitätsanforderungen Ihres Unternehmens abzustimmen. Durch eine professionelle, softwaregestützte Analyse und dem Testeinsatz mit vorhandenen Fahrzeugen können kostspielige Fehlinvestitionen vermieden und ein optimales Ergebnis erzielt werden.



## Kontakt

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO  
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart

**Marius Brand** | [marius.brand@iao.fraunhofer.de](mailto:marius.brand@iao.fraunhofer.de)  
Telefon +49 711 970-2306

**Martha Loleit** | [martha.loleit@iao.fraunhofer.de](mailto:martha.loleit@iao.fraunhofer.de)  
Telefon +49 711 970-2316

**Steffen Braun** | [steffen.braun@iao.fraunhofer.de](mailto:steffen.braun@iao.fraunhofer.de)  
Telefon +49 711 970-2022

[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)