

## Verkehrswende (Teil 3)



**Eine sinnvolle Verkehrswende muss künftig sowohl in den zentralen städtischen Bereichen, als auch in den teilweise nur dünn besiedelten ländlichen Bereichen greifen. Daher wird es immer mehr erforderlich sein, die verschiedenen Verkehrsmittel miteinander zu verknüpfen. Ein Beispiel kann die im Bild erkennbare denkbare Verknüpfung zwischen den Straßenverkehrsmitteln, Zügen und Schiffen sein. Wer derart verknüpfte Verkehrswege nutzt, muss künftig auch darauf achten, ohne viel Gepäck oder ohne große Einkaufstaschen nach Hause zu reisen.**

Der Verkehrssektor trägt in Deutschland etwa 30 % zu den Treibhausgasemissionen bei. Wenn man die Klimaerwärmung auf maximal 2°C begrenzen möchte, kommt man nicht umhin, die heute überwiegend mit fossilen Kraftstoffen arbeitenden Antriebssysteme der Verkehrsträger auf elektrische Energie umzustellen, oder qualitativ gleichwertige, neue Kraftstoffe in genügender Menge herzustellen, die keinen fossilen Kohlenstoff mehr enthalten. Beide Anforderungen stellen riesige Herausforderungen dar, zumal sich Deutschland verpflichtet hat, bis 2050 nahezu klimaneutral zu sein. Dieser Kraftakt kann nur gelingen, wenn zugleich die parallel erforderliche „Energiewende“ wirklich grundlegend und tatkräftig angegangen wird. Außerdem muss eine deutliche Effizienzsteigerung der bisherigen Systeme mit einer Verringerung der heutigen Mobilität Hand in Hand gehen. Im Personen- und Güterverkehr muss zudem eine Veränderung des gegenwärtigen Modal-Split durchgesetzt und mehr Güterverkehr auf die Schiene verlagert werden. Zugleich muss dem Rad- und Fußgängerverkehr – vor allem im städtischen Raum und des-

sen Umland – eine deutlich höhere Bedeutung als bisher beigemessen werden. Zudem müssen künftig neue Fahrzeugentwicklungen und die damit verknüpften Anforderungen so in die bestehenden Verkehrsflüsse integriert werden können, dass dabei keine Nachteile oder Gefahren für die Verkehrsteilnehmer entstehen.

Dieser Beitrag stellt die aktuelle Situation dar, versucht absehbare Entwicklungen zu skizzieren, behandelt die verschiedenen Verkehrsträger und ihre Bedeutung und spricht mögliche technologische Weiterentwicklungen der verschiedenen Antriebssysteme unter dem Aspekt an, wie eine „Verkehrswende“, die diesen Namen verdient, ermöglicht werden kann. Abschließend werden die für diesen vielfältigen Prozess wichtigsten Gesichtspunkte und Notwendigkeiten zusammengefasst. Die folgenden technischen Möglichkeiten werden diskutiert: Weiterentwicklung konventioneller Antriebe und Kraftstoffe, batteriebasierte und hybrid-elektrische Antriebssysteme sowie Antriebssysteme mit Brennstoffzellen-Technik. Dabei werden die batteriebasierten Systeme aus technischen, ökologischen und sozialen Gründen sowie wegen der Abhängigkeit von wenigen Staaten in Übersee durchaus kritisch gesehen. Dieser Beitrag sieht daher bereits auf mittlere Sicht in der Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie eine zukunftsweisendere Lösung. Unbedingt erforderlich ist ein Kulturwandel, der die ökologischen und sozialen Notwendigkeiten zusammendenkt und dabei die für den Industriestandort Deutschland wichtigen ökonomischen Grundlagen und Bedingungen berücksichtigt. Das System „Straße“ muss in jeder Hinsicht neu und möglichst vorurteilsfrei neu gedacht werden.

## **Inhalt: Verkehrswende - Teil 3**

<b>Antriebssysteme mit Brennstoffzellen-Technik</b>	<b>Seite 45</b>
<b>Personenverkehr mit der Bahn</b>	<b>Seite 47</b>
<b>Güterverkehr auf der Bahn</b>	<b>Seite 48</b>
<b>Öffentlicher Personen-Nahverkehr (ÖPNV)</b>	<b>Seite 51</b>
<b>Schiffstransport</b>	<b>Seite 52</b>
<b>Flugverkehr</b>	<b>Seite 55</b>
<b>Fußgänger und Radverkehr</b>	<b>Seite 56</b>
<b>Beurteilung und Ausblick</b>	<b>Seite 60</b>
<b>Literaturhinweise</b>	<b>Seite 63</b>

**Verkehrswende – Teil 1**      bitte auf folgender Seite unten öffnen:

<https://www.fiwiso-allianz.de/162>

**Verkehrswende – Teil 2**      bitte auf folgender Seite unten öffnen:

<https://www.fiwiso-allianz.de/162>

## **Antriebssysteme mit Brennstoffzellen-Technik**

Die Brennstoffzelle gilt weithin als das Antriebssystem der Zukunft. In der Zeitung „Die Zeit“ wurden am 14. 10. 2017 in einem Artikel mit der Überschrift „Der Strom, der aus der Zelle kommt“ Funktion und Bedeutung dieser Technologie beschrieben.

Prof. Dr. Christian Mohrdieck (Geschäftsführer der Daimler-Tochter Mercedes Benz Fuel Cell GmbH und Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung „Brennstoffzelle“) meint: „Die Brennstoffzellentechnologie besticht neben ihrer hohen Reichweite und hohen Energie- und Leistungsdichte vor allem durch die kurzen Betankungszeiten und die Tatsache, dass sie sich auch für größere Fahrzeuge wie Trucks und Busse eignet. ... Bis heute haben die Brennstoffzellenfahrzeuge von Mercedes-Benz insgesamt über 18 Mio. Kilometer zurückgelegt und so die Marktreife des Antriebskonzepts unter Beweis gestellt. ... Jetzt steht der nächste Technologiesprung bevor: Der Mercedes-Benz „GLC F-CELL“. Erstmals werden hier Batterie und Brennstoffzelle zu einem rein elektrischen Plug-in-Hybrid kombiniert“. Aber auch ohne diese Weiterentwicklung ist die bisher sowohl von der Daimler AG, als auch von anderen Herstellern entwickelte Brennstoffzellentechnologie für die Umsetzung der E-Mobilität voll einsatzbereit. Leider hat der Daimler-Konzern gerade dieses Fahrzeug auf der Internationalen Automobil Ausstellung IAA 2019 in Frankfurt nur dem Fachpublikum gezeigt und nicht für die interessierten „normalen“ Messebesucher ausgestellt.

Auch für diese Technologie fehlt eine mindestens erforderliche Infrastruktur für die Wasserstoffherstellung, -speicherung und -betankung. Es gibt derzeit 72 Tankstellen mit Wasserstoffzapfsäulen in Deutschland. Bis zum Ende des Jahres 2019 sollen bundesweit 100 Tankstellen zur Verfügung stehen. Mit einem Förderprogramm des Bundes sollen bis Ende 2024 etwa 400 Tankstellen öffentlich zugänglich sein. Ein Bau solcher Zapfstellen ist aufgrund der erforderlichen Hochdrucktechnik teuer und kostet derzeit etwa 1 Mio. € je Tankstelle. Gleichzeitig hat Christine Herntier - die Bürgermeisterin von Spremberg in der Lausitz - angekündigt, mit Hilfe der von der Bundesregierung bereitgestellten Unterstützung zum Umbau der Braunkohlereviere ein Werk zum Herstellen von Wasserstoff und entsprechenden Folgeprodukten aufzubauen.

Das Vorbild für den Verkehr, bei dem der benötigte Strom im jeweiligen Fahrzeug erzeugt wird, ist Japan, wo bereits mehr als 3000 Brennstoffzellen-Fahrzeuge unterwegs sind. In Deutschland gab es am 1. 1. 2017 erst 230 Fahrzeuge, darunter auch 15 Busse und 3 Lkw – zu Beginn des Jahres 2019 waren in Deutschland 392 Brennstoffzellenfahrzeuge angemeldet. Aber: Mit einem stetig wachsenden Anteil erneuerbarer Energien wird Wasserstoff eine immer wichtigere Rolle für das Gesamtenergiesystem spielen und damit auch für den Mobilitätsbereich zunehmend attraktiver.

Brennstoffzellenfahrzeuge weisen die höchste Energieeffizienz auf. Allerdings gilt diese Aussage nicht für den gesamten Zyklus. Das Gas für die Tankstelle muss komprimiert, transportiert und zum Betanken bereitgestellt werden. In der Brennstoffzelle wird es wiederum in Strom zurückverwandelt. Daher sind auf den Gesamtprozess bezogen nur etwa 20 % der ursprünglich aufgewandten Energie verfügbar. Man geht allerdings da-

von aus, dass durch die rasante Weiterentwicklung dieser Wirkungsgrad auf etwa 40 % gesteigert werden kann. Dies bedeutet, dass diese Technologie vor allem dann interessant ist, wenn regenerative Energie im Überschuss produziert wird. Bereits heute gehen beispielsweise in Deutschland mehr als 2 % dieser Energiemenge allein durch Abschaltung verloren, da die Netze durch konventionell erzeugten Strom blockiert sind. Dies sind in Schleswig-Holstein sogar 15 %. Mit dieser Strommenge könnte man auch Wasserstoff vor Ort produzieren.

Wissenschaftler haben einen Weg gefunden, um Wasserstoff über eine chemische Reaktion in großer Menge chemisch an eine Trägerflüssigkeit zu binden. Diese Reaktion ist umkehrbar und kann jederzeit dort, wo der Wasserstoff wieder gebraucht wird, aus der Trägerflüssigkeit zurückgewonnen werden. Die Trägerflüssigkeit kann daher immer wieder mit Wasserstoff „befüllt“ und wieder „entleert“ werden. Diese neue Technologie war im Jahr 2018 für den Deutschen Zukunftspreis nominiert und gewann dabei den zweiten Platz. Sie ist von den Erfindern bereits zur Marktreife weiterentwickelt worden. Der Wasserstofftransport ist dabei mit der bereits bestehenden Transporttechnik über Tanklastwagen gefahrlos möglich.

Auch die Tank- und die Speichertechnologie wurden inzwischen weiterentwickelt, so dass das Diffusionsproblem mit den modernen Wasserstofftanks gelöst ist. Wasserstoff kann in großen Speichern vergleichsweise günstig und relativ problemlos gespeichert werden. Nach einer Aussage von Klaus Froehlich, Entwicklungschef bei BMW, eignet sich die Wasserstofftechnologie besonders für große und schwere Autos mit einer hohen Anforderung an die Reichweite, aber auch für Busse und Lkw.

Besonders positiv ist im Hinblick auf das Thema „Ökologie“ der Umstand zu bewerten, dass Kfz mit einer Energieversorgung via Brennstoffzellen im Fahrbetrieb kein CO<sub>2</sub> emittieren. Sie fahren außerdem praktisch geräuschlos. Ein geringer CO<sub>2</sub>-Anteil könnte – je nach Verfahren - nur beim Gewinnen des Wasserstoffs auftreten. Diese Technik gilt daher als das aus ökologischer Sicht als am besten zu beurteilende Antriebssystem für Kraftfahrzeuge. Es werden zudem auch keine Seltenen Erden oder andere, entweder nur mit dem Einsatz giftiger Chemikalien oder durch das Abpumpen großer Grundwassermengen zu gewinnenden Rohstoffe benötigt.

Zur Zeit sind vor allem die Anschaffungskosten von Autos mit Antrieb durch Elektromotor und mit dem Erzeugen des erforderlichen Fahrstroms „an Bord“ noch sehr hoch. Sie können jedoch durch die laufende Weiterentwicklung und mit dem Übergang zur Massenfertigung deutlich gesenkt werden. Leider wird diese zukunftsweisende Technik zur Zeit immer wieder durch die intensiven Darstellungen aller in Vergleichen als nachteilig bewerteten Eigenschaften als uninteressante Variante für die Kunden negativ beworben. Nach dem Willen der Automobilhersteller sollen zunächst die überwiegend für den chinesischen Markt gebauten batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge auch in Europa gekauft werden, um die Produktionsstätten noch besser auslasten zu können. Später sollen die Kunden dann mit einer weiteren „neuen“ und dann noch umweltfreundlicher darstellbaren Technik davon überzeugt werden, abermals neue Autos zu kaufen oder zu mieten.

## **Personenverkehr mit der Bahn**

**Auch die Bahn hat die Zeichen erkannt und investiert inzwischen mit neuen Investitionsprogrammen in erheblichem Umfang in ihre Infrastruktur und hier vor allem in das Schienennetz und den Einsatz von „grünem“ Strom. Wenn die Verkehrswende gelingen soll, müssen nicht nur mehr Personen vom Auto auf die Bahn umsteigen, sondern vor allem auch mehr Güter von der Straße auf die Schiene verlagert und dort transportiert werden. Gleichzeitig sollte die Bevölkerung in übermäßig stark lärmbelasteten Streckenabschnitten durch den Neubau von Tunnelprojekten gezielt entlastet werden. Zudem könnten solche Projekte zu einer wesentlich besseren Nutzung der dann stark verbesserten Streckenkapazitäten führen.**

**Beim Personenverkehr werden immer wieder die Pünktlichkeit der Züge, ihre Attraktivität, die technische Zuverlässigkeit und der Zustand vieler Bahnhöfe moniert. Außerdem wird der Personenverkehr als zu teuer und vom Preis her nicht konkurrenzfähig empfunden. Betrachtet man diese Situation und stellt ihr die Bequemlichkeit der Fahrt im eigenen Auto gegenüber, ergibt sich von selbst, woran die Bahn zu arbeiten hat. Aber auch die Unternehmen sollten sich in diesem Bereich stärker als bisher engagieren. In der Schweiz finanzieren sehr viele Unternehmen ihren Mitarbeitern die Jahresfahrkarten. Dies könnte vielleicht auch in Deutschland möglich sein.**

**Aus ökologischer Sicht wird als eine große Leistung der Bahn anerkannt, dass sie bereits in großen Teilen ihres Netzes von konventionell auf regenerativ erzeugten Strom umgestiegen ist. So fährt die Bahn nach eigenen Angaben im gesamten Fernverkehr von Anfang 2018 an mit Ökostrom, doch stellt dies nur 45% des gesamten Strombedarfs der Bahn dar. So gesehen bleibt auf den übrigen Strecken und in den verbleibenden Transportbereichen noch viel zu tun.**

**Allerdings will sich die Bahn mit der Umstellung auf eine vollständige Klimaneutralität Zeit lassen. So soll der Ausstoß von Kohlendioxid über alle Verkehrsmittel des gesamten Konzerns hinweg bis 2030 gegenüber dem Stand von 2006 lediglich halbiert werden. Bis dahin soll der Anteil von Ökostrom am Bahnstrom-Mix auf 70 % steigen. Erst von 2050 an will die Deutsche Bahn dann klimaneutral arbeiten. Dies scheint aus ökologischer Sicht ein nur wenig ambitioniertes Programm zu sein.**

**Einige der derzeit noch nicht elektrifizierten Bahnstrecken, auf denen meist private Gesellschaften den Zugverkehr betreiben, werden inzwischen ebenfalls mit E-Zügen bedient, die ihren Fahrstrom im Zug über Brennstoffzellen erzeugen.**

**Auch müsste ernsthafter als bisher darüber nachgedacht werden, wenigstens die größeren Kommunen im ländlichen Raum wieder ans Schienennetz anzuschließen, wie dies vor 50 Jahren ja noch weitestgehend der Fall gewesen ist – und dies natürlich nicht nur zwei Mal am Tage, sondern in einem vernünftigen Takt. Ansonsten wird es schwerfallen, die Menschen zum Umsteigen vom Pkw auf die Bahn zu bewegen. Hier sollte volkswirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten ein höherer Stellenwert als betriebswirtschaftlichen Betrachtungen eingeräumt werden. In diesem Zusammenhang müssten**

auch das bisherige System der Streckenvergabe an andere Bahnunternehmen und die sogenannten Trassenpreise neu betrachtet werden, die derzeit Wettbewerber diskriminieren sollen.

Ein ausgesprochen schwieriges Problem stellt der Lärmschutz der Anrainer an vielbefahrenen Bahnstrecken dar. Dies wird zur Zeit besonders im Zusammenhang mit den Überlegungen deutlich, die vielbefahrenen Rheintalstrecken durch Gleisusbau oder gar den Ausbau von Entlastungsstrecken wie beispielsweise zwischen Hagen/Westfalen und Hanau/Hessen über Siegen und Gießen zu entlasten. Die Rheintalstrecken stellen das Kernstück der europäischen Nord-Süd-Magistralen Rotterdam-Basel-Genua dar. Auch im Bundesverkehrswegeplan 2030 sind sie als zentrale Vorhaben eingestuft. Hier sind sehr schwierige Probleme zu lösen, da diese Regionen ja auch zu den am dichtesten besiedelten der Bundesrepublik zählen, und zahlreiche sonstige Probleme wie beispielsweise der weitere Ausbau des im Rhein-Main-Gebiet besonders wichtigen Verkehrsnetzes zu berücksichtigen sind. Doch diese Maßnahmen sind notwendig, wenn man sowohl den Personen- wie auch vor allem den Güterverkehr steigern möchte. So soll die Zahl der Güterzüge, die durch das Rheintal fahren, von heute 400 auf mindestens 475 pro Tag gesteigert werden. Und diese Steigerung wird als Untergrenze betrachtet! Daraus allein wird deutlich, welche planerischen, vor allem aber auch finanziellen Probleme zu bewältigen sind.

Aus verkehrstechnischer Sicht unter dem Aspekt der Gesundheit der Anwohner sollte für derartig verkehrsreiche Verbindungen wie der „Rheinschiene“ eine Tunnellösung, der „Schiefergebirgs-Basistunnel“, vorgesehen werden, denn dann könnten Züge in kurzen Abständen und mit entsprechend hoher Geschwindigkeit zwischen dem Rhein-Main-Gebiet und dem Großraum Köln fahren, ohne Anwohner zu belasten. Dieser Tunnel könnte auch ein entscheidendes Teilstück für regelmäßig fahrende Züge aus einem noch einzurichtendes Zugsystem zum Transport von LKWs im Gütertransitverkehr durch Deutschland sein, womit die Autobahnen erheblich vom Güterverkehr entlastet werden könnten.

## **Güterverkehr auf der Bahn**

Wie bereits ausgeführt darf angenommen werden, dass der Güterverkehr mit wachsender Globalisierung auch weiter zunehmen wird. Nach der Prognose der Bundesregierung soll er bis 2030 um 38 % steigen! Da dieser Verkehr wegen des hohen Anteils des Gütertransportes auf der Straße mit etwa einem Drittel für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland verantwortlich ist, muss ein möglichst großer Teil dieses Verkehrs unbedingt von der Straße auf die Schiene verlagert werden. Ein wichtiger Schritt dabei wäre es, den gesamten Transitgüterverkehr, der Deutschland nur auf den Autobahnen durchqueren will, auf die Schiene zu verlagern. Dazu wäre es einerseits erforderlich, ein entsprechendes System an Verladestationen an den Fernverkehrs-Grenzübergängen, und andererseits ein System an Rangierbahnhöfen an den Knotenpunkten einzurichten, die auf einem Gütertransportring in Deutschland liegen könnten. Ein solches System und einen erfolversprechenden Betriebsansatz haben wir auf der FIWISO-Webseite im The-

menbereich Technologie im Aufsatz „Transitland ohne entsprechende Infrastruktur“ beschrieben.



*Eine Verlagerung des Transitgüterverkehrs auf die Bahn könnte eine erhebliche Entlastung für den Verkehr auf den Autobahnen bringen. Hierzu wäre es – wie in den Alpenländern Österreich und Schweiz – erforderlich, die entsprechende Verlade- und Entladeinfrastruktur an den Grenzübergängen aufzubauen. Gleichzeitig müssten die jeweiligen Angebote ermöglicht werden, den LKW-Transitverkehr oder die entsprechenden Container in höchstens 12 Stunden zum jeweils gewünschten Bahnhof am Zielgrenzübergang zu transportieren.*

**Aus verschiedenen Gründen ist es derzeit leider eher wahrscheinlich, dass eine Verlagerung von Gütertransporten auf die Schiene nur in verhältnismäßig bescheidenem Umfang geschehen wird. So wird man realistischerweise davon ausgehen müssen, dass der Straßen-Güterverkehr weiterwachsen wird. Dies dürfte die heute schon auf vielen Autobahnabschnitten in den Hauptverkehrszeiten gegebene Überlastung mit entsprechenden Staus und verstopften Rastplätzen weiter ansteigen lassen.**

**Da auch und gerade im Stauverkehr massiv Treibhausgase emittiert werden, muss aus ökologischer Sicht der Straßenverkehr unbedingt „dekarbonisiert“ werden. Dies ist allerdings nur dann möglich, wenn der Energiebedarf pro transportiertem Tonnenkilometer deutlich gesenkt und zugleich konsequent auf erneuerbare Energien oder entsprechende Antriebssysteme umgestellt wird. Auch muss den mehrgliedrigen Transportket-**

ten mehr Aufmerksamkeit als bisher geschenkt werden. Das Stichwort lautet: **Intermodaler Verkehr** zwischen Schiff, Bahn und Lkw. Durch die mögliche **Sektorenkopplung** bieten sich hier noch erhebliche, bisher noch nicht ausgeschöpfte Potenziale. Hier ist eine **kollaborative Mobilität** gefragt, die durch kluge Vernetzung der Transportakteure den Kraftstoffverbrauch und damit die Emissionen senkt, zu verringertem Fahrzeugbestand führt und die **Mobilitätskosten** generell senkt. Dies sollte allerdings nicht durch **Lohndumping** zu Lasten der im Mobilitätssektor angestellten Menschen erreicht werden. Ein wesentlicher Beitrag zur **Effizienz** und **Klimaverträglichkeit** des Verkehrs ist dabei von allen **Verkehrsträgern** zu fordern.

Da der **Güterfernverkehr** auf der Straße in Deutschland auch die **Landesgrenzen** überschreitet, sollte an einem europaweit einheitlichen **Güterfernverkehrskonzept** – möglichst auch auf der Schiene – gearbeitet werden, da die **Güterfernverkehre** durch die **Alpen** in der Schweiz und in Österreich bereits auf die Schiene verlagert sind. Eine **Kleinstaaterei** auf diesem Gebiet wäre absolut fatal. Gleichzeitig wäre es ebenso wichtig, für den **grenzüberschreitenden Güterverkehr** an einem europäischen **Antriebskonzept** für Lkw zu arbeiten, denn diese Entwicklungen müssen auch **länderübergreifend** angegangen werden. Man wird dabei an **einheitlichen, intelligenten Verkehrssystemen** nicht mehr vorbeikommen.

Diese **Herkulesaufgabe** muss von allen möglichen Seiten in **Angriff** genommen werden, wenn sie gelöst werden soll. Zunächst geht es darum, bei Lkws die **Effizienz** zu erhöhen. Die **Antriebssysteme** könnten durchaus in erheblichem Umfang auf die **synthetischen Kraftstoffe** der oben beschriebenen **E-Fuels** umgestellt werden. Auch gibt es bereits **Serienfahrzeuge**, die mit **Batteriesystemen**, **Hybridantrieben** oder gar mit **Brennstoffzelle** betrieben werden. In diesem Zusammenhang könnten **Oberleitungs-Hybrid-Lkw** - nach den bisherigen Erfahrungen – aus **ökologischer Sicht** deutlich günstiger als **batteriegetriebene Lkw** sein. Diese **Oberleitungs-LKW** sind mit einer **Zusatzbatterie** kombiniert und dürften wesentlich **energieeffizienter** als die rein **batteriegetriebenen „E-Lkw“** sein. Derzeit werden die **ersten Teststrecken** gebaut und auch auf schon **einsatzfähigen Abschnitten** erste **Testfahrten** mit solchen Fahrzeugen durchgeführt. Ein **Nachteil** dieser Technik ist der **teure Ausbau** der **Autobahnen** mit **Oberleitungen**, die ähnlich wie bei den **elektrifizierten Bahnstrecken** auch entsprechend **wetteranfällig** bei **Stürmen** sind und so auch die **gesamte Infrastruktur** für den **Automobilverkehr** lahmlegen könnten.

Für die **Versorgung** der **regionalen** und hier vor allem auch **ländlichen Räume** können **Elektro-Kleintransporter**, wie sie von der **Deutschen Post (DHL)** bereits betrieben werden, durchaus zur **interessanten Lösung** werden – und dies übrigens auch in **städtebaulicher Hinsicht**. Nach allen bisherigen Erfahrungen lässt sich die **E-Mobilität** für **Nutzfahrzeuge** leichter im **Kurzstreckenbetrieb** erreichen, zumal inzwischen selbst für **größere Lkw-Typen** inzwischen ein **reines Elektro-Antriebssystem** vorliegt. Außerdem wird derzeit auch ein **Elektro-Kleintransporter** mit **Brennstoffzellenantrieb** entwickelt. Für die **letzte Transportmeile** könnte auch zunehmend das **E-Transportrad** in **Betracht** kommen, dass für diese **Verteilungsaufgabe** in den **Großstädten Deutschlands** heute schon in **nicht unerheblichem Umfang** bei **kleinerem Stückgut** verwendet wird.

Die benötigte Verkehrsinfrastruktur muss zunächst völlig neu überdacht und entwickelt werden. In eine adäquate Lade- und Tankstelleninfrastruktur sollte möglichst rasch und im erforderlichen Umfang investiert und dabei auch und vor allem die vorhandenen Straßen und Brücken in den erforderlichen Zustand versetzt werden. Notwendig ist es auch, die erforderliche digitale Infrastruktur mit einem flächendeckend verfügbaren schnellen Internet möglichst rasch und komplett aufzubauen. Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, inwieweit der steigende Energiebedarf des Internets die erzielten Vorteile wieder „verbraucht“. Möglicherweise sollte für diesen Bereich des Internets keine energieverwendende Werbung erlaubt werden.

Die hier skizzierten Aufgaben werden enorme Investitionsmittel erfordern. Dabei wird es eine besonders große Herausforderung sein, die anfallenden Kosten nach sozialen und ökologischen Kriterien gerecht zu verteilen. Dagegen sollte von einem weiteren Ausbau des Straßenverkehrsnetzes Abstand genommen werden. Die jetzt noch verbliebene freie Fläche ist zu wertvoll, um sie dem „Moloch“ nichtöffentlicher Verkehr weiter zu opfern. Dagegen sollte man in begründeten Fällen durchaus Optimierungen des Netzes oder vor allem den Ausbau bestehender Straßen zulassen. Allerdings muss für diese weiteren Eingriffe tatsächlich eine gesellschaftlich-volkswirtschaftlich dringend gebotene Notwendigkeit gegeben sein.

Manche Verbesserungen könnten jedoch sofort und ohne großen Aufwand vorgenommen werden. An erster Stelle wäre hier an eine generell zugelassene Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen zu denken. Im Stadtverkehr müßte sie der jeweiligen Verkehrsdichte zu verschiedenen Tageszeiten lokal angepaßt werden. Auch müssten die tatsächlichen Kosten für den Verkehr – von den weitaus höheren Belastungen der Infrastruktur durch den Güterverkehr bis hin zu den vielfältigen externen Kosten, die bisher überhaupt noch nicht wahrgenommen werden, dem Verkehr zugeordnet werden. Direkte Möglichkeiten werden in einer Ausweitung des Lkw-Mautsystems und einer deutlichen Erhöhung der Mautgebühren gesehen. Es bieten sich aber auch an, die steuerliche Begünstigung von Dieselmotoren und sonstige einschlägige Subventionen abzuschaffen. Auch hier sollten die Preise die „Kosten-Wahrheit“ zum Ausdruck bringen, sonst bleibt die Bahn auch weiterhin erheblich benachteiligt.

Gigaliner scheiden aus dieser Betrachtung – nicht zuletzt wegen der dieses Kapitel dominierenden ökologischen und sozialen Sichtweise – aus. Sie können unter den deutschen Verkehrsverhältnissen nicht als Lösung für die Probleme des Gütertransports angesehen werden.

## **Öffentlicher Personen-Nahverkehr (ÖPNV)**

In sehr vielen regionalen Verkehrsverbänden wird derzeit in das Busnetz und hier sowohl in batteriebetriebene als auch in brennstoffzellenbetriebene Elektrobusse investiert. Interessanterweise setzt man dabei nicht mehr auf Oberleitungsbusse, wie sie vielfach noch bis in die 80er und 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts zu sehen waren, obwohl doch diese Lösung naheliegen dürfte. Gründe für dieses Verhalten dürf-

ten in der inzwischen erfolgten enormen Steigerung des städtischen Verkehrs und der damit zusammenhängenden Verkehrsprobleme, sowie in den hohen Kosten für ein neues Oberleitungsnetz zu sehen sein. Die alten Netze wurden nahezu ausschließlich abgebaut. Von daher werden die E-Busse auch eher als Erschließungsmittel für abgelegene Teile des städtischen Umlandes und des ländlichen Raums sowie als Zubringer und Ergänzung zu Straßenbahn, U- und S-Bahn gesehen. Übrigens ist eine deutliche Wiederbelebung der Straßenbahn festzustellen, nachdem sie vor 30 bis 40 Jahren stiefmütterlich behandelt und teilweise - wie in Frankfurt - sogar zurückgebaut wurde. Ihr Potenzial gerade für den innerstädtischen Nahverkehr ist ja erheblich, war lange verkannt und wird nun wieder zunehmend – auch unter Kostengesichtspunkten – wertgeschätzt.

Am 15. März 2017 berichtete die Frankfurter Rundschau darüber, dass die Nachfrage nach Stadtseilbahnen weltweit wachse. Es wird darauf verwiesen, dass derartige Seilbahnen eine attraktive und kostengünstige Alternative zu Bussen in Städten mit Hanglage sein könnten. Es existieren bereits in mehreren südamerikanischen Metropolen Stadtseilbahnen, die sehr gerne vom Publikum angenommen werden. In Ankara baut Leitner Ropeways derzeit das „größte urbane Seilbahnprojekt auf dem eurasischen Kontinent“. Vor allem unter ökologischem Aspekt ist dieser Verkehrsträger ausgesprochen interessant.

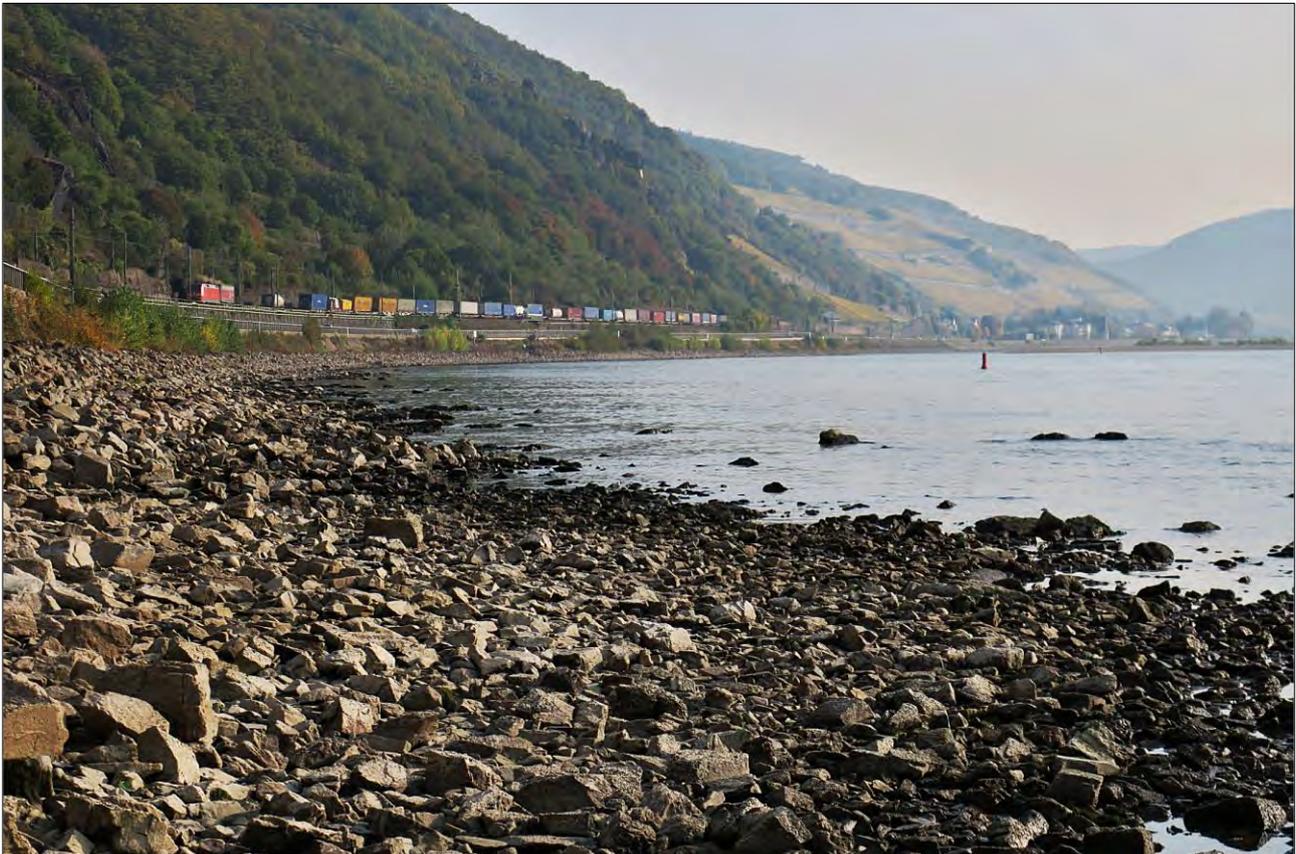
Was die enorme Vielzahl an Fernbussen anbelangt, so müssten an diesen Verkehrsträger vergleichbare Anforderungen wie an die bereits erwähnten Lkw gestellt werden. Insbesondere müssten die Busse auch Mautgebühren entrichten, um Waffengleichheit mit der Bahn herzustellen, die ja auch Trassengebühren entrichtet.

## Schiffstransport

Die See- und Binnenschifffahrt gelten als verhältnismäßig CO<sub>2</sub>-intensiv, obwohl sie im Vergleich mit dem Lkw bedeutend günstiger abschneiden. Beim Gütertransport per Lkw wird für das Jahr 2014 mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 101 g/tkm (Tonnenkilometer), beim Binnenschiff dagegen mit nur 32 g/tkm gerechnet. Der Hafen von Rotterdam hat deshalb einen Modal-Split für die „Hinterlandsverkehrsträger“ festgelegt. So soll der Lkw-Anteil im Güterverkehr von 47 % auf 35 % vermindert, derjenige der Bahn dafür von 13 % auf 20 % und der des Binnenschiffs von 40 % auf 45 % gesteigert werden. Durch die zunehmende Containerisierung der Transporte wird dieses Vorhaben erheblich erleichtert. Nach diesen Vorstellungen sollte der Lkw in diesem multimodalen oder kombinierten Verkehr nur noch den Transport vom Binnenhafen zum Kunden übernehmen.

Diese Planungen sollten jedoch auch berücksichtigen, dass Binnenschiffstransporte nur in Gewässern mit durch Schleusen kontrollierbaren Wasserständen fest geplant werden können, um den Schiffen den erforderlichen Tiefgang und die entsprechende Ladekapazität zu ermöglichen. Leider scheint der Klimawandel inzwischen in Mitteleuropa für einige Flüsse auch eine trockene Jahreszeit bereit zu halten, während der aufgrund eines zu geringen Wasserstands der Schiffstransport auf bestimmten Wasserstraßen auch für unbestimmte Zeiträume ausfallen kann. Wie Sommer und Herbst in den letzten Jahren

mehrfach gezeigt haben, reicht inzwischen bei einigen Flußläufen der Schmelzwasseranteil von den immer stärker abschmelzenden Alpengletschern nicht mehr aus, für die Binnenschiffe entsprechende Wasserstände bereit zu stellen.



*In den letzten Jahren war die Transportsituation auf den Flüssen ohne Staustufen sehr wetterabhängig. In trockenen Sommern mussten – wie hier im Mittelrheintal – viele Transportgüter auf die Bahn verlagert werden, da die Schiffe die Frachtraten aufgrund des fehlenden Tiefgangs nicht mehr laden konnten. Die Kapazität der Schienenverbindung durch das Rheintal ist aufgrund der dortigen Lärmbelastung für die Anwohner sowieso begrenzt. Um diese Wetter- und möglicherweise auch Klimaabhängigkeit des Schiffstransports auszugleichen, wäre es sinnvoll für die europäische Nord-Süd-Verbindung Rotterdam-Basel-Genua mit einem „Schiefergebirgs-Basistunnel“ auch das stark belastete Rheintal zu entlasten.*

Unter dem Druck der Öffentlichkeit beginnt man, allmählich auch in diesem Transportsektor in alternative Antriebstechnologien zu investieren. Zwar wird die Schifffahrt noch auf absehbare Zeit vorrangig flüssige oder gasförmige Kraftstoffe benötigen, doch ein Umdenken ist angesagt. Diese synthetischen Treibstoffe sollten aber sukzessive klimaneutral erzeugt werden.

Grundsätzlich kommen im Schiffsbereich eine ganze Reihe verschiedener weiterentwickelter und angepasster Antriebstechnologien infrage:

- Dieselelektrische Hybridantriebe
- Hydrodynamische Optimierungen, wie sie beispielsweise mit drei spezifischen Optimierungen in der „Rhenus Duisburg“ verwirklicht worden sind
- Kraftstoff-Wasser-Emulsionseinspritzung

- **SRC-Katalysatoren:** Technik zur Reduktion von Stickoxiden. Dem Abgas wird Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zugeführt
- **Partikelfilter**
- **Synthetische Kraftstoffe** als „Gas-to-Liquid“-Kraftstoffe (GtL)
- **Liquified Natural Gas“ (LNG)** oder verflüssigtes Erdgas ( $\text{CH}_4$ ), das sich wie GtL auch zur Nachrüstung bestehender Systeme eignet
- **DF-Motoren (Dual-Fuel-Motoren)** um – je nach Tankmöglichkeit - zwei verschiedenartige Treibstoffe verwenden zu können
- **Dieselelektrische Hybridantriebe**
- **Vollelektrische Antriebe** mit Solartechnik zum ständigen Nachladen der Batterien, die im Ladezustand solar oder im Hafen mit Stromanschluß geladen werden.
- **Vollelektische Antriebe** die ihren Fahrstrom via Brennstoffzellen erzeugen. Als Treibstoff kann je nach Brennstoffzellentyp Wasserstoff oder auch Methan verwendet werden.

**Auf die technische Auslegung der verschiedenen Systeme kann im Rahmen dieses Aufsatzes nicht eingegangen werden.**



*Der Seeschiffsverkehr emittiert immer noch große Mengen an Treibhausgasen. Inzwischen wurde von einer Reederei bei einem Schiffsneubau in modernere, Schiffsantriebe mit geringeren Emissionen investiert. Leider sind solche Investitionen immer noch zu selten und betreffen viel zu wenig auch den Frachterbereich.*

**Die Bundesregierung unterstützt die Binnenschifffahrt bei diesen Umstellungsbemühungen mit einem spezifischen Motorenförderprogramm beim Einbau und der Nach-**

**rüstung schadstoffarmer Motoren oder sonstiger emissionsreduzierender Technologien. Im Rahmen dieses Programms soll auch die Aus- und Umrüstung bei der Umstellung auf LNG (flüssiges Erdgas) als „Schiffskraftstoff“ gefördert werden. Im Gegensatz zu den herkömmlichen, ölbasierten Schiffskraftstoffen verursacht dies keinerlei Schwefeloxid-Emissionen (SO<sub>x</sub>). Zudem wird der Ausstoß von Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) um bis zu 90 % und derjenige von Feinpartikeln sogar um bis zu 98 % reduziert. Die Förderquote kann in diesem Programm bis zu 70 % betragen und ist daher als ungewöhnlich hoch zu beurteilen.**

**Auch werden Umschlagsanlagen für den kombinierten Verkehr gefördert. Die Bundesregierung möchte dadurch die Verlagerung des Gütertransports vom Lkw auf die Bahn und auf das Binnenschiff beschleunigen. Bisher allerdings sind die entsprechenden Erwartungen an diesen Modal-Split nicht oder bestenfalls nur teilweise erfüllt worden. Die Hauptgründe dafür werden in zu langen Wartezeiten am Container-Bahnhof und vor allem in vergleichsweise hohen Kosten gesehen. Hier muss allerdings angemerkt werden, dass der heutige Gütertransport in Teilen ein ruinöses Wettbewerbsgeschäft ist, bei dem die Fahrer, welche häufig auch aus Osteuropa stammen, ausgebeutet werden. Im Interesse eines fairen Wettbewerbs der Verkehrsträger sollte diesen Entwicklungen Einhalt geboten werden.**

**Ein Kapitel für sich stellen die immer größer werdenden Kreuzfahrtschiffe dar. Ihr Gesamtverbrauch an Elektroenergie liegt im Bereich einer Kleinstadt. Da der Antrieb der Schiffe wie auch die Energieerzeugung auf Dieselbasis und/oder einer außerordentlich schmutzigen Schwerölbasis mit einem hohen Schwefelanteil von bis zu 3 % erfolgt, stellen sie aus ökologischer Sicht - und wie die Frankfurter Rundschau vom 26. 9. 2017 es beschreibt - einen „kolossalen Umweltfrevel“ dar. Dass dies auch anders gehen könnte, beweist die Rostocker Reederei Aida Cruises. Sie lässt nach eigenen Angaben derzeit das erste Mega-Schiff bauen, das mit emissionsarmem Flüssiggas angetrieben werden kann. Hierfür werden vier Dual-Fuel-Motoren eingesetzt, die der Motorenhersteller Caterpillar in Rostock gefertigt hat. Die 337 m lange „Aidanova“ mit 2600 Kabinen wurde im Dezember 2018 als erstes von drei Schiffen gleicher Bauart in Dienst gestellt.**

## **Flugverkehr**

**Auch beim Flugverkehr könnte der Treibstoffverbrauch durch neue Triebwerksentwicklungen vor allem für Großflugzeuge mit vielen Sitzplätzen erheblich reduziert werden. Solche Großflugzeuge sind auf stark nachgefragten langen Strecken sinnvoll, um die Anzahl an Flügen zu minimieren und eventuell zwei tägliche Flüge mit kleineren Flugzeugen zum gleichen Ziel unnötig zu machen. Leider versuchen derzeit die Fluggesellschaften eher kleinere Flugzeuge zu bestellen und es wird absehbar, dass die Kapazitäten dieser Geräte bei weiter anhaltendem Wachstum des interkontinentalen Luftverkehrs zu klein sein werden. Die Flugzeugbauer stellen sich auf dieses – eher dem inneramerikanischen Markt angepasste – Vorgehen ein und nehmen die Produktion von Großflugzeugen aus dem Programm, da sie aufgrund fehlender Triebwerksneuentwicklungen in den Augen der Fluggesellschaften nicht mehr wirtschaftlich genug betrieben werden kön-**

nen. Die Triebwerkshersteller wollen die Entwicklungskosten für solche neuen Großtriebwerke nicht investieren. Auf diese Weise kann es dazu kommen, dass durch diese Vernetzung verschiedenartiger Industriekomplexe die Marktentwicklungen dafür sorgen, dass unnötigerweise zusätzliche Flugverbindungen und zusätzliche Flüge angeboten und dann auch durchgeführt werden.



*Aufgrund der hohen Entwicklungskosten und des begrenzten Marktes für neue sparsamere Triebwerke werden diese für die großen Flugzeuge nicht entwickelt. Dies führt dazu, dass diese großen Flugzeuge auch bei steigenden Passagierzahlen nicht mehr bestellt werden. Dies kann auch dazu führen, dass ein interkontinentales Ziel mit sparsameren und kleineren Flugzeugen auch mehrfach täglich angefliegen wird.*

Gleichzeitig könnte eine genügend große Produktion von synthetischen Treibstoffen dafür sorgen, dass auch im Luftverkehr kein Treibstoff mit fossilem Kohlenstoffgehalt mehr getankt werden müßte. Auch hier könnte eine entsprechend strukturierte und für den Aufbau der Produktion angepasste Förderung dafür sorgen, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre durch das Fliegen mit sauberen synthetischen Treibstoffen nicht mehr erhöht würde. Dies dürfte in der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit für die Atmosphäre wesentlich wirkungsvoller sein, als eine noch so hohe und wahrscheinlich für viele Jahrzehnte bestehende Bepreisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen mit rezentem Kohlenstoffanteil.

## Fußgänger- und Radverkehr

Der Fußgänger und das Fahrrad wurden in der Vergangenheit verkehrspolitisch stiefmütterlich behandelt. Inzwischen beginnt man jedoch, auf breiter Front umzudenken.

Man hat erkannt, dass für die Stadt der Zukunft aus verschiedenen Gründen die Fußgänger- wie auch die Radfahrerfreundlichkeit ausgesprochen wichtig sind. Heute wird sogar von einem „New Pedestrianism“ gesprochen, der von einer umfassenden Steigerung dieser Fußgängerfreundlichkeit bis hin zum Wohnen in autofreien Stadtteilen mit kostengünstigen Großgaragen in ihrem Eingangsbereich reicht. Allerdings ist man in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle noch von auch nur halbwegs befriedigenden Lösungen für beide genannten Bereiche weit entfernt. Außerdem betreffen diese Überlegungen nur den Verkehr in Städten oder in dicht besiedelten Industriegebieten – sie sind für die Bewohner ländlicher Gebiete und Siedlungsstrukturen so nicht anwendbar.

In solchen dicht besiedelten Gebieten ist für Fußgänger in erster Linie eine logische und kurze Wegführung wichtig. Auf Unter- oder Überführungen sollte verzichtet werden. Dafür müsste in den Bereichen, die noch vom Auto befahren werden dürfen, vermehrt in ampelgesicherte Zebrastreifen in kurzen Abständen investiert werden. Auch müsste die Ampelschaltung nicht mehr vom Autoverkehr dominiert werden, sondern verstärkt auch die Bedürfnisse der Fußgänger berücksichtigen. Dass die Strecken und Zugänge grundsätzlich barrierefrei sein sollten, ist heute eigentlich selbstverständlich. Dennoch sind sie es weithin noch nicht. Auf der anderen Seite ist von den Fußgängern wiederum auch eine höhere Disziplin als Verkehrsteilnehmer gefordert. Diese hat im Zeitalter des Smartphones und mit der Gewohnheit, sich ganztägig musikalisch beschallen zu lassen, besonders nachgelassen. Die Aufmerksamkeit wird nicht mehr dem immer dichteren Verkehr gewidmet. Hier müssen geeignete Maßnahmen bis hin zu einer besseren Überwachung mit Sanktionen ergriffen werden und dies selbst dann, wenn sie unpopulär sind.

Die Forderung nach einer Verstärkung des Radverkehrs wurde schon 1992 ausgerechnet in den USA – in San Francisco - mit einer Aktion namens „Critical Mass“ erhoben. Inzwischen haben sich diese Vorstellungen und Aktivitäten weltweit verbreitet. Für die meisten innerstädtischen Strecken sind Fahrräder das geeignete Verkehrsmittel. Im Beispiel des eher flach liegenden Kopenhagen werden über Radschnellwege auch einige naheliegende Umlandbereiche der City mit angeschlossen. Für die von den Innenstädten weiter entfernt liegenden und eher ländlich strukturierten Bereiche müssen dagegen andere Konzepte entwickelt werden.

Allerdings ist die innerstädtische Verkehrsinfrastruktur in den allermeisten Fällen in Deutschland noch unbefriedigend. „Leuchttürme“ wie Münster, Erlangen oder Greifswald können nicht über die reale Situation hinwegtäuschen. Verschärft wird diese Situation durch den stark zunehmenden und differenzierteren Radverkehr. Auf beides sind die bisher schon unzureichenden Netze nicht ausgelegt. Außerdem muss in dieses Verkehrskonzept auch der Verkehr von älteren Bewohnern, die nur noch wenig oder gar nicht mehr Radfahren, integriert werden.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes steigt seit 2010 die Zahl der Unfälle mit Fahrradbeteiligten an, nachdem sie vorher über Jahrzehnte rückläufig gewesen war. Während vor sieben Jahren noch 44.808 derartige Unfälle registriert worden sind, stieg ihre Anzahl bis 2016 bereits auf 53.870 und bis 2018 auf 88.880 an. Die Zahl der tödli-

chen Unfälle im Jahr 2010 war 381 und 406 im Jahr 2012. Im Jahre 2016 verunglückten 393 Menschen tödlich mit dem Rad und im Jahr 2018 waren es 445 Tote bei Unfällen mit dem Fahrrad und dem Pedelec. Bei den Unfallursachen wurden allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen den Radfahrern und Pedelec-Nutzern festgestellt: Beide Gruppen ignorieren Rotlicht etwa gleich häufig und tummeln sich gerne auf normalen Radwegen. Während in den jüngeren Altersgruppen häufiger das Fahren ohne Licht, riskantes Fahren und vor allem Fahren gegen die Fahrtrichtung vorkommen, nahmen In der Altersgruppe 40 bis 60 vor allem die folgenden Unfallgründe zu: Überhöhte Geschwindigkeit, Alkohol, falsches Abbiegen und Wenden. Bei den über 60-jährigen Pedelec-Fahrern kommt relativ häufig das Nehmen der Vorfahrt als Unfallgrund hinzu.

Zu fordern ist daher zunächst in den dicht besiedelten Gebieten mehr Platz für den nichtmotorisierten Verkehr. Der Allgemeine Deutsche Fahrradclub (ADFC) sieht in sicheren und auch legalen Wegen das Hauptproblem. Der wachsende Fahrradverkehr macht spezifische gesetzliche Regelungen, die Radfahrern mehr Rechte als heute ermöglichen, aber auch die Pflichten und Sanktionierungsmöglichkeiten klarer regeln, erforderlich. Berlin hat als erstes Bundesland ein derartiges „Rad-Gesetz“ erlassen.

Vordringlich ist eine wesentlich bessere Fahrradinfrastruktur. Nach dem Beispiel Kopenhagens sollten sehr breite Fahrradwege oder gar ausschließliche Fahrradstraßen vorgesehen werden. Dort muss dann auch mit hoher - von der Geschwindigkeit abhängigen - Disziplin gefahren werden. Attraktive, durchgängige Radwegenetze, Rad-Schnellwege“ und sichere Abstellanlagen sind die wichtigsten Stichworte.

Bisher waren in Frankfurt nur Leihräder von zwei Leihradanbietern zu leihen. Inzwischen haben auch eine Reihe weiterer Unternehmen, die größtenteils chinesischer Herkunft sind, die wachsende Bedeutung des Radverkehrs in den europäischen Großstädten erkannt. Sie setzen auf die vor allem bei der jüngeren bis mittleren Generation wachsende Bereitschaft, Dinge zu teilen und nur vorübergehend zu nutzen. So bieten sie auch Autofahrern die Möglichkeit, die „letzte Meile“ in das ohnehin zugeparkte Stadtzentrum per Fahrrad zurückzulegen. Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Geschäftsmodelle, die alle erst auf der Grundlage der fortgeschrittenen Digitalisierung möglich geworden sind. Dieses „Bike-Sharing“ erfordert in jedem Fall strenge kommunale Vorschriften, die beispielsweise die Abstellmöglichkeiten für die Räder sowie deren Wartung und Kontrolle eindeutig regeln. Auf jeden Fall erfordern diese Kundendienste vom Bürger die Investition in ein Smartphone und erhöhen den Bedarf an elektrischer Energie für das Internet in den Ballungszentren. Aus Platzgründen kann hier nicht weiter auf diese aus ökologischer Sicht zweischneidige Entwicklung eingegangen werden. Die jetzigen Verkehrs- und vor allem Umweltprobleme des Verkehrs in den Städten und ihrem Umland könnten erheblich verringert werden, wenn das Fahrrad auch ohne Smartphones in stärkerem Maße, als dies bisher der Fall ist, benutzt werden könnte.

Dass dies möglich ist, beweisen eine Reihe von Städten im In- und Ausland. In Deutschland werden als „Fahrradstädte“ Kommunen bezeichnet, in denen ein überdurchschnittlich hoher Anteil der Wege pro Einwohner mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Als

Deutschlands „Fahrradhauptstadt“ gilt Münster, dicht gefolgt von den Städten Erlangen, Bremen, Oldenburg, Freiburg und Bochum. Berücksichtigt man als Hauptkriterium den Radverkehrsanteil am Verkehrsmix, so sind auch noch Karlsruhe, Kiel und vor allem Greifswald, das mit 44 % den höchsten Radverkehrsanteil in Deutschland aufweisen kann, zu erwähnen.



*In den Großstädten und in den größeren dicht besiedelten Industriegebieten wird auch immer mehr mit dem Fahrrad gefahren. Dies führt dazu, dass dort der für den gesamten Verkehr zur Verfügung stehende Raum künftig anders aufgeteilt werden muss.*

In Münster, einer morphologisch eher flach strukturierten Stadt mit hohem Anteil an Studenten, werden heute dank des großen Fahrradwegenetzes und mehr als 10 km reine Fahrradstraßen etwa 40 % des städtischen Gesamtverkehrs per Rad bewältigt. Günstig hat sich auch ausgewirkt, dass Busspuren in gewissem Umfang (auf 3 km Länge) von Radfahrern benutzt werden dürfen. Auch gibt es in dieser Stadt das größte Fahrradparkhaus Deutschlands mit 3.300 Stellplätzen. Diese Entwicklung hat zum höchsten Fahrradbestand (1.700 je 1.000 Einwohner) und niedrigsten Autoanteil (374 je 1.000 Einwohner) geführt. Allerdings hält Münster auch den Rekord beim Fahrraddiebstahl. 77 % der Einwohner nutzen das Fahrrad täglich oder mehrmals pro Woche. Die strenge Kontrolle des Radverkehrs wird von der Mehrzahl der Radfahrer befürwortet. So stehen ausgesprochen hohe Bußgelder auf Fahren unter Alkohol und Drogen. Auf die vielfältigen Ansätze in vielen deutschen Städten kann hier nicht weiter eingegangen werden. In jedem Fall ist auf diesem Gebiet eine weitreichende, starke Entwicklung festzustellen.

Im Ausland sind vor allem Städte in Dänemark und in den Niederlanden den deutschen Städten aufs Ganze gesehen deutlich voraus. Besonders zu erwähnen sind Kopenhagen und in den Niederlanden Groningen, Utrecht und vor allem Amsterdam. Aber auch San-

ders in Norwegen, Bozen in Italien oder sogar auch Portland im Autoland USA, das dort als „Fahrradhauptstadt“ betrachtet wird, haben in starkem Maße den Radverkehr mit großem Erfolg gefördert.

In aller Kürze soll auf die Situation in Portland und Amsterdam eingegangen werden, bevor das aus ökologischer Sicht hervorragende Kopenhagener Modell etwas eingehender vorgestellt wird. In Portland, eine der wenigen Städte in den USA, die Straßenbahn nicht abgeschafft haben, ist die Nutzung von Bus und Straßenbahn wie auch das Mitnehmen von Fahrrädern in der Innenstadt kostenlos. Ein gutes, weiträumiges Wegenetz steht zur Verfügung.

In Amsterdam sind 60 % der Einwohner täglich mit dem Fahrrad unterwegs, obwohl die Stadt einen engmaschigen öffentlichen Personennahverkehr mit aus deutscher Sicht sehr günstigen Tarifen anbietet. Es wird ständig weiter in die Fahrradfreundlichkeit investiert. Beispiele sind vorrangig auf den Radverkehr abgestellte Ampelschaltungen, die Umwidmung von Straßen zu reinen Fahrradstraßen, Radschnellwege, 50.000 Stellplätze für Räder in Parkhäusern, Tiefgaragen und auf Pontons, die für einen Tag Parken kostenlos sind, aber auch die notwendige Verkehrserziehung, Kontrolle und Sanktionierung. Gegen den hohen Fahrraddiebstahl hat die Stadt ein interessantes und vor allem wirksames Konzept entwickelt: Die jährlich von der Polizei konfiszierten Zehntausende von Rädern werden zu denselben Preisen verkauft, wie sie die Fahrraddiebe anbieten. Diese finanzieren auf diese Weise häufig ihren Drogenkonsum. So ist es gelungen, die Zahl der Diebstähle seit 2008 um 50 % zu senken. Ein unerwarteter, positiver Nebeneffekt ist dabei, dass die Anzahl der Drogenabhängigen, die über Fahrraddiebstahl ihre Droge beschafft haben – zufälligerweise – ebenfalls um die Hälfte zurückgegangen ist.

Kopenhagen wird gemeinhin als die Fahrradstadt bezeichnet. Ein Beschreiben des dortigen Radverkehrsystems würde allerdings den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen.

## **Beurteilung und Ausblick**

Unübersehbar ist, dass die überwiegende Anzahl der Experten davon ausgeht, dass die Mobilität in absehbarer Zeit auf elektrisch basierte Antriebssysteme umgestellt werden muss. Differenzen bestehen vorwiegend hinsichtlich der Geschwindigkeit dieser „Verkehrswende“.

Desgleichen sind sich die mit diesem Themenkreis befassten Stellen, Institutionen und Unternehmen in der Gesellschaft, in der Wirtschaft und in der Politik darin einig, dass die Wende in der Mobilität nur im Zusammenhang mit einer umfassenden „Energiewende“ zu erreichen sein wird, welche mit einer erheblichen Effizienzsteigerung beim Einsatz von elektrischem Strom und damit zugleich mit einem deutlichen Reduzieren des bisherigen Stromverbrauchs einhergehen muss. Man hat den Eindruck, dass die gewaltige Dimension dieses Vorhabens noch gar nicht richtig begriffen wird. Gegenüber den Problemen, die sich mit dieser – aus ökologischer Sicht dringend erforderlichen – „Verkehrswende“ ergeben werden, sind die im Zusammenhang mit der „Energiewende“ zu bewältigenden Probleme vergleichsweise als gering zu bewerten.

**Dieses Vorhaben, das wegen des Klimawandels stetig dringlicher wird und daher in den nächsten 40 Jahren nach allgemeiner Ansicht befriedigend gelöst werden muss, erfordert zunächst eine grundsätzlich andere Einstellung zur Mobilität: Einen umfassenden kulturellen und mentalen Wandel. Und es ist bekannt, dass nichts schwerer zu bewerkstelligen ist. In diesem Zusammenhang muss daher eine grundsätzliche, möglichst vorurteilsfreie Neubesinnung auf die möglichen Träger der künftigen Mobilität gefordert werden. Das „System Straße“ sowie auch der Individualverkehr müssen völlig neu bewertet werden.**

**Dabei müssen sich die Gewichte des Modal-Split in Deutschland im Personen-, wie im Güterverkehr sehr deutlich weg vom Individualfahrzeug hin zum Massentransportmittel verschieben. Einer dieser Verkehrswege kann die Schiene sein, die jahrzehntelang vernachlässigt wurde. Daher müssen sehr viele Bereiche dieser Infrastruktur dringend überholt oder angepasst, sowie ausgebaut und ergänzt werden. In diesem Bereich zeichnet sich ein ungeheurer finanzieller Nachholbedarf ab und es wird ein gigantischer Investitionsstau zu bewältigen sein.**

**Daneben wird vor allem im städtischen Bereich und im näheren Umland der größeren Stadtzentren dem Rad- und dem Personenverkehr eine größere, in vielen Stadt- und Flächenbereichen sogar vorrangige Bedeutung zugemessen werden muss. Die Bereitschaft der jüngeren und mittleren Generationen, auf das eigene Auto zu verzichten und sich auf gemeinsame Nutzungsformen einzulassen, kommt diesem Megatrend entgegen. In diesem Zusammenhang darf man sich vom demografischen Wandel auch einen gewissen Rückgang des Pkw-Verkehrs – vor allem im Bereich der Innenstädte – erhoffen.**

**Die Möglichkeiten der bisher nur sehr unzulänglich im Verkehr genutzten Digitalisierung werden in sehr vielen Verkehrsbereichen zu erheblichen Veränderungen führen. In den obigen Ausführungen wurde bereits auf diese Chancen eingegangen. Das Stichwort lautet „Kollaborative Mobilität durch Vernetzung“. Gleichzeitig muss aber ebenso darauf geachtet werden, dass über zunehmende Netzanwendungen des Verkehrs auf den Datenetzen nicht die eingesparten Emissionen über einen gesteigerten Energiebedarf von Rechenzentren, Kommunikationsgeräten oder elektrifizierten Fahrzeugen wieder eliminiert werden. Hierzu könnte es hilfreich sein, für den Verkehr einen werbefreien Netzbereich zu schaffen, um so den Energiebedarf durch den Verkehr besser kontrollieren zu können.**

**Für eine wahrscheinlich längere Zeitspanne, als viele Menschen dies bisher gedacht haben, werden die verschiedenen Systeme noch nebeneinander her betrieben werden. Wichtig ist, dass die Schwerpunktverlagerungen permanent und so zügig wie nur möglich vorgenommen werden. Natürlich steht einerseits der Industriestandort Deutschland mit seiner Schlüsselindustrie „Autobau“ im Brennpunkt der Überlegungen. Eine plötzliche Umstellung kann und darf es daher nicht geben. Andererseits darf Deutschland auf keinen Fall den Anschluss an diese Entwicklungen, die die Mobilität der Zukunft prägen werden, verlieren. Hier ist von allen Bereichen eine enorme Doppelanstrengung gefordert – von Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Diese Wende muss vorrangig unter**

ökologischen Vorzeichen umgesetzt werden, denn die Auswirkungen des Klimawandels lassen sich nicht auf die lange Bank schieben. Es ist dabei allerdings ebenso erforderlich, die sozialen Auswirkungen zu berücksichtigen. Dieser Umstellungsprozess dürfte vor allem für sozial schwächere Schichten erhebliche Veränderungen mit sich bringen. Hier ist eine faire Lastenaufteilung zu fordern.

In diesem Zusammenhang muss der Blick überall dort, wo es ohne größere Risiken und Probleme notwendig ist, nach vorne gerichtet werden. So sind beispielsweise die hohen Subventionen aller Schattierungen, die heute noch das „alte fossile Imperium“ stützen, möglichst kurzfristig und planbar zurückzufahren. Es sei hier nur an die drei Beispiele, die für unzählige andere stehen, erinnert: die Energiegewinnung aus Kohle wird weltweit noch jedes Jahr mit etwa 500 Mrd. US \$ subventioniert; der Luftverkehr wird nach wie vor massiv direkt und indirekt gefördert – diese Fördergelder sollten besser sofort in den Aufbau einer Industrie zum Herstellen synthetischer Treibstoffe fließen; keine Branche wird so hoch subventioniert wie ausgerechnet die maritime Schifffahrt. Diese rückwärtsgewandten Zuwendungen erschweren natürlich das Wachsen zukunftsorientierter Entwicklungen, die jedoch für das Überleben im Angesicht des Klimawandels notwendig und für den Industriestandort Deutschland im besonderen überlebenswichtig sein dürften.

In den obigen Ausführungen wurde auf die verschiedenen Verkehrsträger, ihre heutige und wohl zukünftige Bedeutung und auf ihr Entwicklungspotenzial eingegangen. Auch wurden die Grundtypen der verschiedenen im Raum stehenden Antriebstechnologien behandelt. Wenn auch momentan noch keine grundlegende Entscheidung möglich sein wird, so räumt dieser Aufsatz doch für den Individualverkehr der Wasserstoff-Brennstoffzelle auf lange Sicht die größten Chancen ein. Für den Luftverkehr und den Schiffsverkehr wird dagegen eher der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen ohne Anteil an fossilem Kohlenstoff als schnellstmöglich erreichbare Umstellung erkannt.

Gefragt sind daher alle gesellschaftlich wichtigen Kräfte und hier vor allem die Politik, durch schmerzhaft, aber noch zu verkraftende bindende Regeln und Regulierungen die erforderliche „Verkehrswende“ noch rechtzeitig zu schaffen. Ein besonderes Gewicht muss dabei auf ein mindestens Europa umfassendes, möglichst jedoch globales Vorgehen gelegt werden. Die zukünftigen Verkehrsträger mit elektrischen Antriebssystemen müssen in den wichtigen Punkten wie beispielsweise das Betanken kompatibel sein.

Zum Abschluss sei auf die „Berliner Erklärung“ (2017) hingewiesen, in der die Ziele und auch die Richtung der künftigen Vorgehensweise auf diesem Gebiet angesprochen werden. Mit den wichtigsten Auszügen aus diesem Papier sollen die Ausführungen dieses Artikels zusammengefasst werden: „Die Mobilität muss als ein System gesehen werden, ... um die intelligente und effiziente Vernetzung ... im Personen- und Güterverkehr voranzubringen oder auch um Verkehre gezielt zu vermeiden. Hierfür werden neue Ideen und Lösungsansätze gebraucht.... Neue Technologien und Dienstleistungen sind nur dann ... erfolgreich, wenn sie auf die Bedürfnisse der Menschen zugeschnitten sind.... Es

bedarf neuer gesamtstädtischer Modellvorhaben, wie wir vom Wissen zum Handeln, von der Planung zur Umsetzung kommen.“

## Hinweise auf Literaturquellen

Agentur für Erneuerbare Energien – AEE (2019): Sektorenkopplung. – online Publikation: <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/strom/sektorenkopplung>

Agora Verkehrswende (2017): Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. – online Publikation: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12\\_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf)

Bathke, R. (2019): Wirtschaftsministerium lässt Anrechnung synthetischer Kraftstoffe prüfen. – online Publikation: <https://www.energatemessenger.de/news/192510/wirtschaftsministerium-laesst-anrechnung-synthetischer-kraftstoffe-pruefen>

Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF (2017): Mobil bleiben: Forschung bereit für Anwendung. – online Publikation: <https://www.fona.de/de/mobil-bleiben-forschung-bereit-fuer-anwendung>

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - BMVI (2017): Mobilität in Deutschland MID. – online Publikation: <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2017.html>

Dierig, C. (2019): Diese Fabrik soll Europas Batterieproblem lösen. – online Publikation: <https://www.welt.de/wirtschaft/article189350193/Northvolt-Schwedisches-Start-up-plant-Batteriefabriken-in-Europa.html>

Elektro-Auto News (2019): Elektroauto Versicherung – auf diese Punkte sollte man achten! . – online Publikation: [https://www.elektroauto-news.net/elektroauto-versicherung/#Warum\\_es\\_Sinn\\_ergibt\\_den\\_Akku\\_des\\_Elektroautos\\_mitzuversichern](https://www.elektroauto-news.net/elektroauto-versicherung/#Warum_es_Sinn_ergibt_den_Akku_des_Elektroautos_mitzuversichern)

FIWISO-Allianz\_rnl (2018a): Transitland ohne entsprechende Infrastruktur. – online Publikation: <https://www.fiwiso-allianz.de/files/361/technologie-transitland-ohne-entsprechende-infrastruktur.pdf>

FIWISO-Allianz\_rnl (2018b): Wasserstoff aus der „LOHC-Pfandflasche“!. – online Publikation: <https://www.fiwiso-allianz.de/files/351/technologie-wasserstoff-aus-der-pfandflasche.pdf>

Gomoll, W. (2019): Wettlauf um Rohstoffe für E-Mobility: Rohstoff-Imperialismus. – online Publikation: <https://www.automobil-produktion.de/hersteller/neue-modelle/wettlauf-um-rohstoffe-fuer-e-mobility-rohstoff-imperialismus-371.html>

- Haas, M. (2018): Da brennt die Luft. – online publikation: <https://sz-magazin.sueddeutsche.de/die-loesung-fuer-alles/klimaschutz-co2-filter-benzin-85859>
- Ippen, H. (2019): Fünf Mal E-Mobilität im Überblick – online Publikation: <https://www.autozeitung.de/hybrid-phev-elektroautos-bev-vorteile-nachteile-196028.html>
- Lau, D. (2018): Kopenhagen: So geht Fahrradstadt. – ADFC-HH online Publikation: <https://hamburg.adfc.de/verkehr/themen-a-z/radverkehrsstrategie/kopenhagen-so-geht-fahrradstadt/>
- Leiva, L. (2017): Wie stark belastet die Batterieherstellung die Ökobilanz von Elektroautos? – . online Publikation: <https://www.energie-experten.ch/de/mobilitaet/detail/wie-stark-belastet-die-batterieherstellung-die-oekobilanz-von-elektroautos.html>
- Lossau, N. (2019): Die Klimaanlage liefert künftig Benzin. – online Publikation: <https://www.welt.de/wissenschaft/article193859477/Energie-Klimaanlage-wandelt-CO2-in-Treibstoff.html>
- Lubbadeh, J. (2019): Eine Luftwaschmaschine für die Rettung vor dem Klimakollaps. – online Publikation: <https://www.welt.de/wissenschaft/plus200223414/Klimawandel-Diese-Luftwaschanlage-filtert-CO2-aus-der-Atmosphaere.html>
- Lütkehus, R. (2019): EU segnet CO2-Normen für schwere LKW ab. – online Publikation: <https://www.energiate-messenger.de/news/192421/eu-segnet-co2-normen-fuer-schwere-lkw-ab>
- Mattke, S. (2018): E-Auto-Ladeelektronik: Intelligenz von unten. – Technology Review – online Publikation: <https://www.heise.de/tr/artikel/E-Auto-Ladeelektronik-Intelligenz-von-unten-4174874.html>
- Meyer Werft (2018): AIDAnova heißt das erste Schiff der Helios-Klasse. – online Publikation: [https://www.meyerwerft.de/de/meyerwerft\\_de/schiffe/kreuzfahrtschiffe/aida\\_cruises/n\\_n\\_\\_1/AIDAnova.jsp](https://www.meyerwerft.de/de/meyerwerft_de/schiffe/kreuzfahrtschiffe/aida_cruises/n_n__1/AIDAnova.jsp)
- Müller-Görnert, M., Hilgenberg, J., Oeliger, D., Saar, D. (2018): Klimaschutz braucht ambitionierte Grenzwerte für PKW. – online Publikation: [https://www.vcd.org/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/Themen/Auto\\_Umwelt/CO2-Grenzwert/2018-04-13\\_CO2-Grenzwerte\\_Positionspapier\\_final.pdf](https://www.vcd.org/fileadmin/user_upload/Redaktion/Themen/Auto_Umwelt/CO2-Grenzwert/2018-04-13_CO2-Grenzwerte_Positionspapier_final.pdf)
- ÖKO-Institut (2017): Wissenschaftlich analysiert: Der Klimavorteil der Elektromobilität. – online Publikation: <https://www.oeko.de/presse/archiv->

[pressemeldungen/2017/wissenschaftlich-analysiert-der-klimavorteil-der-elektromobilitaet/](#)

**ÖKO-Institut (2018a): Energie- und Ressourcenverbräuche der Digitalisierung – Kurzgutachten. – online Publikation:**

[https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Energie-und\\_Ressourcenverbraeuche\\_Digitalisierung.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Energie-und_Ressourcenverbraeuche_Digitalisierung.pdf)

**ÖKO-Institut (2018b): Alternative Antriebe und Kraftstoffe im Straßengüterverkehr – Handlungsempfehlungen für Deutschland. – online Publikation:**

<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Thesen-Zukunft-StrGueterverkehr.pdf>

**ÖKO-Institut (2018c): Oberleitungs-LKW im Klima- und Kosten-Check. – online**

**Publikation:** <https://www.oeko.de/presse/archiv-pressemeldungen/2018/oberleitungs-lkw-im-klima-und-kosten-check/>

**ÖKO-Institut (2018d): Elektromobilität –Faktencheck Fragen und Antworten. – online Publikation:**

[https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/FAQ\\_Elektromobilitaet\\_Oeko-Institut\\_2017.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/FAQ_Elektromobilitaet_Oeko-Institut_2017.pdf)

**ÖKO-Institut (2019): Positionen zur Nutzung strombasierter Flüssigkraftstoffe (efuels) im Verkehr. – online Publikation:**

<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Stakeholder-Positionen-e-fuels.pdf>

**Peuker, A. (2017): EMBATT – Die Batterie für Elektroautos der nächsten Generation. – Fraunhofer-IKTS - online Publikation:**

[https://www.ikts.fraunhofer.de/de/blog/embatt\\_batterie\\_fuer\\_elektroautos\\_der\\_zukunft.html](https://www.ikts.fraunhofer.de/de/blog/embatt_batterie_fuer_elektroautos_der_zukunft.html)

**Reintjes, D. (2019): Wie Politiker und andere Autohersteller zum Wasserstoff-Antrieb**

**stehen. – online Publikation:** [https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/nach-deutlicher-kritik-von-vw-chef-diess-wie-politiker-und-andere-autohersteller-zum-wasserstoff-antrieb-stehen/25024184.html?utm\\_source=pocket-newtab](https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/nach-deutlicher-kritik-von-vw-chef-diess-wie-politiker-und-andere-autohersteller-zum-wasserstoff-antrieb-stehen/25024184.html?utm_source=pocket-newtab)<https://m.spiegel.de/auto/aktuell/brennstoffzellen-autos-in-der-krise-das-problem-mit-dem-wasserstoff-antrieb-a-1288193.html>

**Statistisches Bundesamt – DESTATIS (2019): Wissen nutzen – Suchbegriff Güterverkehr.**

**– online Abfrageseite:** [https://www.destatis.de/DE/Home/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html)

**Trautermann, L. (2018): Die passende E-Auto-Versicherung finden. – online Publikation:**

<https://www.autobild.de/artikel/elektroauto-versicherung-13429369.html>

**Umweltbundesamt – UBA (2016): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. – online Publikationen:**

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutzbeitrag-des-verkehrs-bis-2050>

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/texte\\_56\\_2016\\_klimaschutzbeitrag\\_des\\_verkehrs\\_2050\\_getagged.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/texte_56_2016_klimaschutzbeitrag_des_verkehrs_2050_getagged.pdf)

**Verkehrsklub Deutschland – VCD (2018): EU setzt Vorgaben für PKW. – online  
Publikation: <https://www.vcd.org/themen/auto-umwelt/co2-grenzwert/>**

**Wenzel, T. (2018): Die grüne Mär der Bahn. – Frankfurter Rundschau - online Publikation:  
<https://www.fr.de/wirtschaft/gruene-bahn-10991713.html>**

**FiWiSo-Allianz  
sle im Juli 2019**

Bilder: copyright rnl

---

**Anfang siehe in: Verkehrswende – Teil 1**      *(bitte auf folgender Seite unten öffnen)*  
<https://www.fiwiso-allianz.de/162>

**fortgesetzt siehe in: Verkehrswende – Teil 2**      *(bitte auf folgender Seite unten öffnen)*  
<https://www.fiwiso-allianz.de/162>

---