

Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen

HESSEN



Wasserstoff in der Logistik

für einen zukunftsfähigen und nachhaltigen Warentransport



Inhalt



3

Grußwort

Logistikland Hessen **5**



6

Logistik im Zeichen der Energie- und Verkehrswende

Grüne Logistik **7**

Im Zeichen des Klimaschutzes: Mautgebühr und Schadstoffklassen **10**

Anwendung: Güter- und Verteilerverkehr auf der Straße **12**

Aus der Praxis: Lkw mit Brennstoffzellenantrieb **14**

Anwendung: Intralogistik **16**

Aus der Praxis: Flurförderzeuge mit Brennstoffzellenantrieb **17**



18

Zukunftsfähige Logistik mit Wasserstoff und Brennstoffzelle

Wasserstoff als Schlüssel der Energiezukunft **19**

Partner des Wasserstoffs: Brennstoffzellen **20**

H₂BZ in der Logistik: zuverlässig – flexibel – leistungsfähig – wirtschaftlich – nachhaltig **21**

Wasserstoffinfrastruktur: Der Anfang ist gemacht, der Aufbau läuft **22**

Partnerschaften für Wasserstoff: Interessen bündeln – Mehrwert schaffen **23**



24

Förderprogramme, Initiativen, Kontakte

Impressum **25**



Sehr geehrte Leserschaft,

Hessen lebt zu einem beträchtlichen Teil von Mobilität und Logistik. Die Lufthansa, die Deutsche Bahn, Fraport, das VW-Werk Kassel und Opel in Rüsselsheim gehören zu unseren größten Arbeitgebern. Wir kennen aber auch die Kehrseite der Medaille, gerade im Ballungsraum Rhein-Main mit Deutschlands verkehrsreichstem Autobahnkreuz. Hier kreuzen sich nationale und kontinentale Verkehrswege, Schienen und Straßen sind weit überdurchschnittlich belastet. Mobilität hat großen Anteil am Ausstoß von Schadstoffen und vor allem von Treibhausgasen. In Hessen beträgt der Anteil sogar ein Drittel.



Fossile Antriebstechnologien, auf denen unser Verkehrssystem nach wie vor basiert, werden angesichts von Klimawandel und Luftverschmutzung immer weniger tragbar. Wenn wir unsere Mobilität auf Dauer sichern wollen, muss sie nachhaltig werden. Daran wird auch die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit ihren vielfältigen Einsatzmöglichkeiten ihren Anteil haben.

Hessen hat früh damit begonnen, Erfahrungen mit Brennstoffzellenfahrzeugen zu sammeln. Bereits 2004 beteiligte sich die Region RheinMain an dem europäischen Flottenprojekt ZeroRegion, woraus die erste hessische Wasserstofftankstelle in Frankfurt-Höchst hervorging. Seit 2017 läuft im Industriepark Hanau-Wolfgang das Projekt „H2anau“ mit sieben Nutzfahrzeugen.

Wasserstoff und Brennstoffzelle bieten für viele Glieder der Logistikkette marktreife Lösungen an, stoßen aber immer noch auf Vorbehalte. Diese Broschüre soll Ihnen zeigen, wie und wo sich diese Technologie schon heute zuverlässig und wirtschaftlich einsetzen lässt. Ich wünsche eine anregende Lektüre.

*Tarek Al-Wazir,
Hessischer Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen*



Logistikland Hessen

Die Logistikbranche hat einen großen Anteil an Hessens wirtschaftlichem Erfolg. So ist der Frankfurter Flughafen Deutschlands größte Drehscheibe sowohl für Passagiere als auch für Güter. Die durch Hessen führenden Straßen- und Schienenwege sind Hauptverkehrsadern eines immer enger vernetzten Europas. Dies gilt auch für die Binnenwasserstraßen Rhein und Main. Die in Hessen ansässigen Speditionen und Transporteure, Flughafen- und Hafenbetreiber, Reedereien, Fluggesellschaften, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Bus- und Taxiunternehmen, Kurier-, Express- und Paketdienste sowie eine Vielzahl weiterer Dienstleister für die Logistikbranche beschäftigen fast eine Viertel Million Menschen. Die Deutsche Lufthansa, die Deutsche Bahn, die Deutsche Post und Fraport zählen in Hessen zu den umsatzstärksten Unternehmen.

Das Rhein-Main-Gebiet mit dem Frankfurter Flughafen bildet im südlichen Hessen das Zentrum für Logistik und Mobilität. Im Frachtmanagement hat sich Frankfurt an der Spitze der europäischen Flughäfen etabliert. Zudem sind in der Region viele Beratungs- und Dienstleistungsunternehmen angesiedelt, die sich auf die Logistikbranche und ihre speziellen Anforderungen bezüglich Organisation, Transport, Lagerhaltung und Warenumschlag spezialisiert haben. Mit dem House of Logistics & Mobility (HOLM) am Frankfurter Flughafen hat Hessen eine Plattform geschaffen, die Wissenschaft, Wirtschaft und Politik einzigartig und eng vernetzt.

Nordhessen ist einer der wichtigen deutschen Standorte der Distributionslogistik mit großen Umschlagzentren in der Region Fulda, Bad Hersfeld und Kassel. Nirgendwo sonst können Sendungen noch so spät angenommen und zuverlässig am nächsten Tag an jedem Ort in Deutschland zugestellt werden. Die in der Region ansässigen Hochschulen bieten verschiedene Studien- und Ausbildungsgänge mit dem Schwerpunkt Logistik und Mobilität an.

LOGISTIKBRANCHE HESSEN



225.000

Beschäftigte



2 Mio. Tonnen

Luftfracht



1.300

Speditionenunternehmen



Logistik im Zeichen der Energie- und Verkehrswende

Grüne Logistik

Ein Schwerpunkt des Gesamtsystems Logistik bildet die physische Bewegung – befördern, lagern, umschlagen – von Waren und Gütern über unterschiedliche Distanzen mit verschiedenen Verkehrsmitteln zu Land, zu Wasser und in der Luft. Dazu gehören Schiffe und Flugzeuge, Nutzfahrzeuge, Autos und Züge ebenso wie Flurförderzeuge vom einfachen Hubwagen bis zum vollautomatischen Transport- und Lagersystem.

Global werden die meisten Waren und Güter auf dem Wasser befördert. In Deutschland dagegen ist der wichtigste Verkehrsträger für den Gütertransport die Straße, gefolgt von der Schiene und der Binnenschifffahrt. Der Straßengüterverkehr hat in Deutschland den höchsten Anteil am insgesamt erbrachten Transportaufkommen – so werden über 80 Prozent der Beförderungsmenge auf den Straßen gezählt. Grund dafür ist die Flexibilität, mit der Lkw noch immer schnell und preiswert eingesetzt werden können.

Auch wenn der global weiter wachsende Waren- und Güterverkehr durch die Digitalisierung und das Supply Chain Management

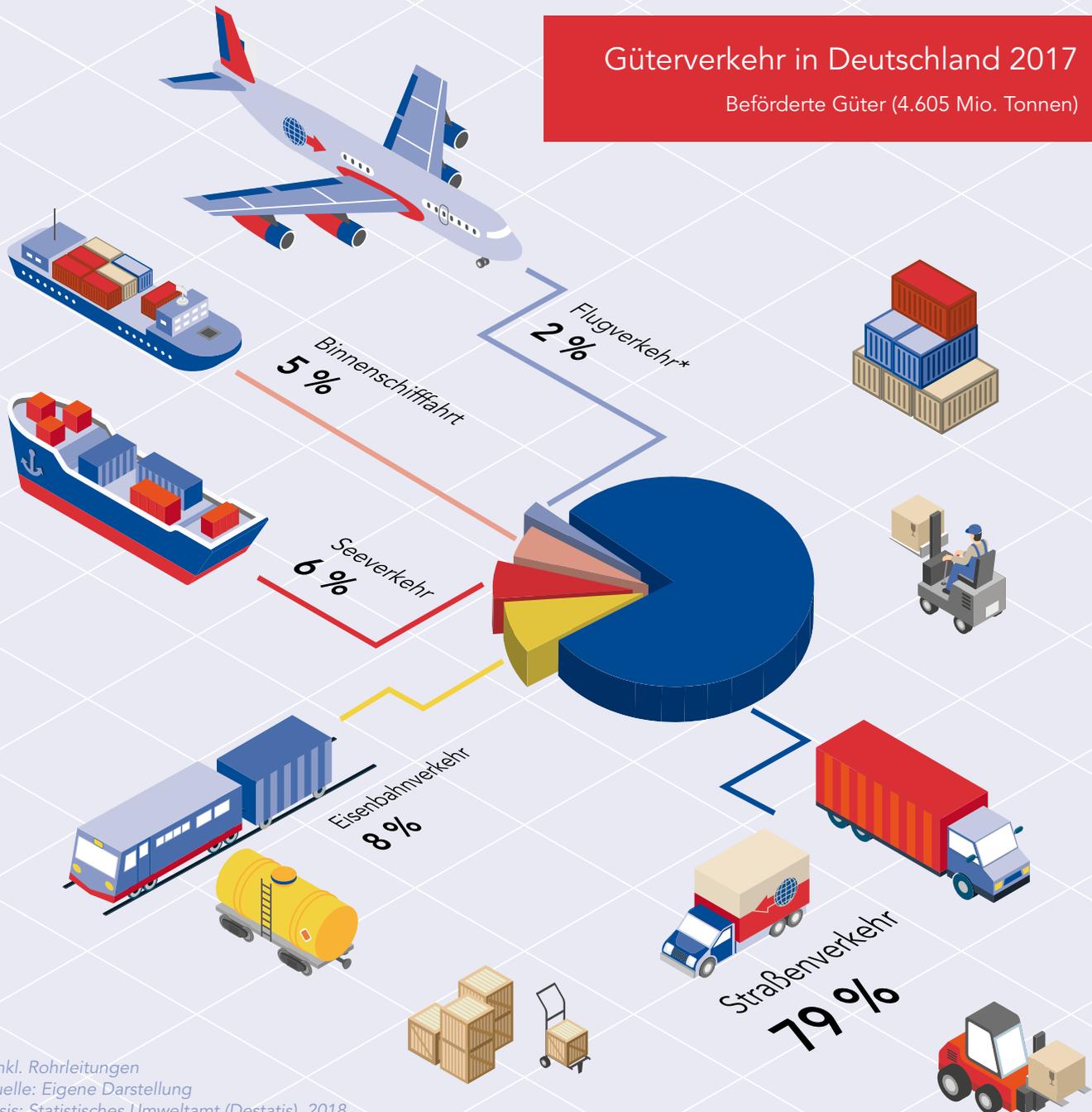
auf vielfache Art und Weise optimiert ist, geraten der Transport und Umschlag durch die Anforderungen an den Klimaschutz wie der gesamte Mobilitätssektor zunehmend unter Druck. Zudem sind immer mehr Unternehmen, die das Thema Nachhaltigkeit ernst nehmen, daran interessiert, dass Emissionen über alle Unternehmensprozesse hinweg nachvollziehbar sind. Dies schließt auch den CO₂-Fußabdruck aller Warentransporte und -umschläge ein. Mit der DIN EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen“ wurde bereits 2013 eine Norm verabschiedet, die den Energieverbrauch und

die Treibhausgasemissionen der Transporte nach einem einheitlichen europäischen Standard erhebt und vergleichbar macht.

Um die Klimaziele zu erreichen, muss der Verkehr (aber auch die Energiesektoren Strom und Wärme) die Verbrennung fossiler Energieträger drastisch reduzieren und letztendlich einstellen. Kraft- und Brennstoffe müssen entsprechend aus erneuerbaren Energien und damit aus Strom erzeugt werden (Stichwort strombasierte Kraftstoffe). Dies gilt – wenn auch nicht im gleichen Maßstab – für alle Industrien, die als energieintensiv gelten und heute vorwiegend fossile Energie verbrauchen.

Güterverkehr in Deutschland 2017

Beförderte Güter (4.605 Mio. Tonnen)

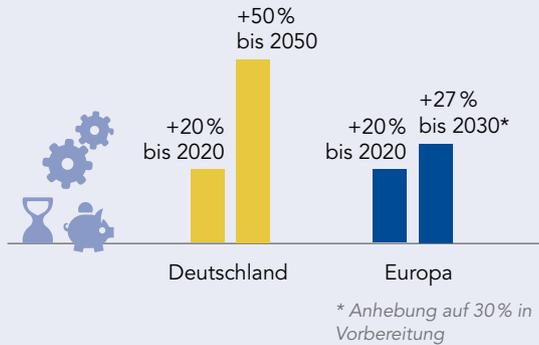


* inkl. Rohrleitungen
Quelle: Eigene Darstellung
Basis: Statistisches Umweltamt (Destatis), 2018

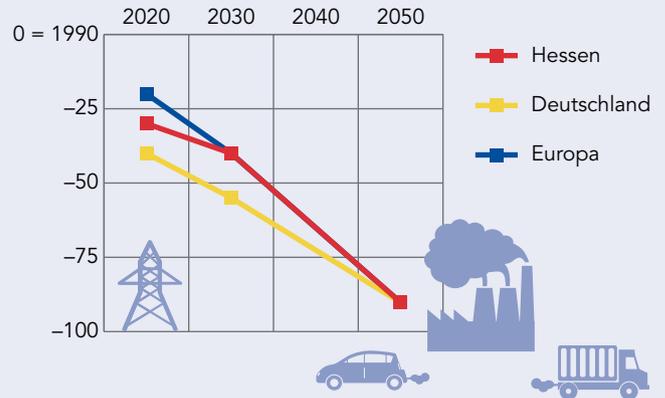
Energie- und Klimaziele

2020–2050

Effizienzsteigerungen



Verminderung der Treibhausgasemissionen (THG)



Treibhausgasziele verschiedener Sektoren

	Deutschland	Europa
Stromsektor 	Anteil von 61–62% am Gesamtziel 2030*	
Verkehrssektor 	Anteil von 40–42% am Gesamtziel 2030	-20% bis 2030 (ggü. 2008) -60% bis 2050 (ggü. 1990)
anteilig Nutzfahrzeuge 	55–60% am Gesamtziel 2030	Ab 2030 neue Lkw (über 7,5t) -30% gegenüber 2019, bis 2025 Zwischenziel von -15%
Gebäudesektor (Wärme) 	Anteil von 66–67% am Gesamtziel 2030	

* Gesamtziel 2030: -55 % THG-Emissionen gegenüber 1990

Quelle: Eigene Darstellung
Basis: Klimaschutz in Zahlen: Klimaschutzziele Deutschland und EU und Klimaschutzplan 2050, herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Im Zeichen des Klimaschutzes: Mautgebühr und Schadstoffklassen

Die Ausdehnung der Mautgebühren auf Bundes- und Landstraßen in Deutschland seit Sommer 2018 sowie die Einführung einer lärm- und schadstoffabhängigen Mautkomponente seit Anfang 2019 führen bei Spediteuren und Transporteuren zu steigenden Kosten. Dies betrifft besonders ältere Fahrzeuge der niedrigeren Schadstoffklassen, die zunehmend benachteiligt werden. Von der gültigen Lkw-Maut zunächst unbefristet befreit sind Elektro-Lkw (inkl. reine Batterie-, Plug-in-Hybride sowie Brennstoffzellenfahrzeuge) und bis Ende 2020 erdgasbetriebene Lkw (inkl. Fahrzeuge mit bivalenten Antrieben). Fahrzeuge mit Flüssiggasantrieb (LPG) fallen nicht unter die Ausnahme von der Maut.

Aufgrund der Stickoxid- und Feinstaubbelastung kommt es in immer mehr deutschen und europäischen Städten zu Einfahrsperrungen und sogar zu Nachtsperungen für laute Fahrzeuge wie Diesel-Lkw. Dies führt dazu, dass Betreiber ihre Fahrzeugflotten auf- und umrüsten oder gar erneuern müssen, um weiterhin die Umweltzonen oder gesperrte Gebiete anfahren zu können.

Anteil der Schadstoffklassen

an der Gesamtfahrleistung Lkw

S1/Euro I bis S4/Euro IV

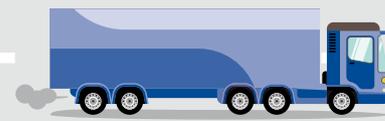
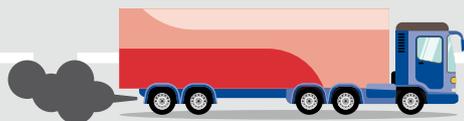
4,5%

S5/Euro V

28,3%

S6/EURO VI

67,2%



Emissionsgrenzwerte für Diesel-Lkw und -Busse ab 3,5 t

Euro-Norm



Testzyklus*	ESC R-49		ESC & ELR/ETC		WHSC/WHTC	
						**
Kohlenmonoxid (CO) [mg/kWh]	4.500	4.000	2.100/5.450	1.500/4.000	1.500/4.000	1.500/4.000
Alle Kohlenwasserstoffe (THC) [mg/kWh]	1.100	1.100	660/380	460/1.650	460/1.650	130/160
Nichtmethankohlenwasserstoffe (NMHC) [mg/kWh]	–	–	–/780	–/550	–/550	–/–
Methan [mg/kWh]	–	–	–/1.600	–/1.100	–/1.100	–/–
Stickoxide (NO _x) [mg/kWh]	8.000	7.000	5.000/5.000	3.500/3.500	2.000/2.000	400/460
Ammoniak (NH ₃) [ppm]	–	–	–/–		–	10/10
Feinstaub (PM) [mg/kWh]	612/360	250/150	100/160	20/30	20/30	10/10

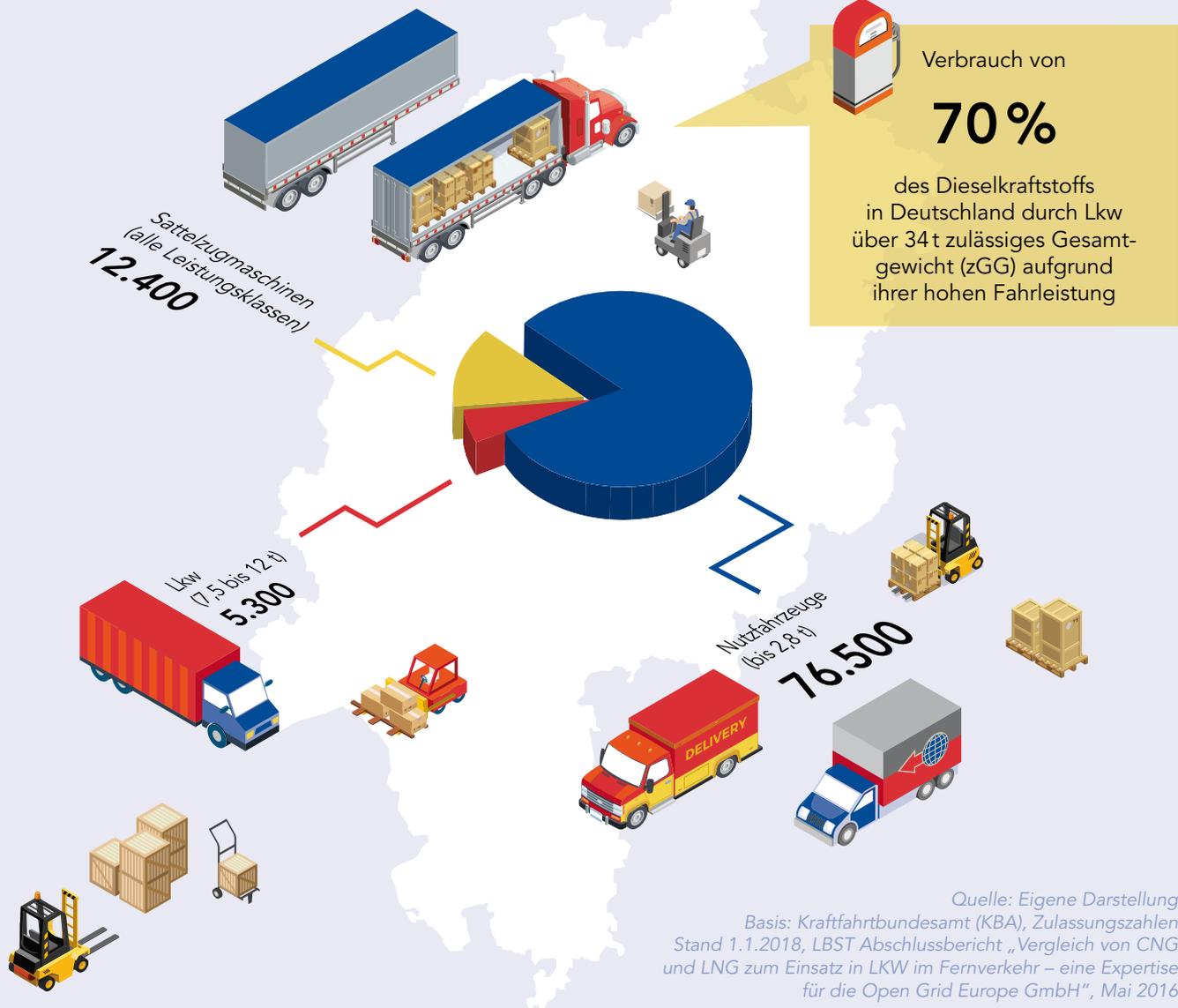
* Die Abkürzungen der Testzyklen stehen für:
 ESC European Stationary Cycle
 ELR European Load Response Test
 ETC European Transient Cycle
 WHSC World Harmonized Stationary Cycle
 WHTC World Harmonized Transient Cycle

** Emissionen im praktischen Fahrbetrieb (Konformitätsfaktor 1,5)



Güterverkehr in Hessen

Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge



Aus der Praxis: Lkw mit Brennstoffzellenantrieb



Streetscooter Work L H2

Geschwindigkeit: 120 km/h

Reichweite: über 540 km

Streetscooter, Aachen – Model Work L mit Brennstoffzelle

Das im Jahr 2010 aus der Zusammenarbeit der RWTH Aachen mit der Deutschen Post gegründete Unternehmen ist seit 2014 Teil der DPDHL Group, entwickelt und produziert leichte und mittlere Nutzfahrzeuge mit Elektroantrieb. Bis zum Jahr 2020 will Streetscooter sein Model Work L auch als brennstoffzellenbetriebene Variante anbieten, das im Bereich DHL Express zum Einsatz kommen soll. Die Innogy-Tochter Westnetz beteiligt sich im Rahmen einer Kooperation an der Entwicklung der Brennstoffzellenvariante.



Nikola Tre

Leistung
Brennstoffzelle: 120 kW

Reichweite: 500 bis 1.200 km

Fahrzeugzulieferer Bosch und Nikola bauen BZ-Lkw/Sattelschlepper

Nikola Motors hat 2016 die Elektro-Schwerlastler „Nikola One“ und „Nikola Two“ mit Wasserstoffantrieb für den amerikanischen Markt angekündigt. Für den europäischen Markt wurde 2018 das Modell Nikola Tre vorgestellt. Das Unternehmen gibt für den Nikola Tre je nach Konfiguration eine Leistung von 500 bis 1.000 PS an. Projektpartner ist Bosch, der seine eAchse – Motor, Antriebselektronik und Getriebe in einer Einheit – sowie Steuerungs- und Sicherheitstechnik einbringt.

Hyundai, Schweiz

Hyundai Motor und H2 Energy AG (Wasserstoffhersteller aus der Schweiz) bereiten gemeinsam die Einführung von 1.000 schweren Nutzfahrzeugen für den Schweizer Markt vor. Die ersten Einheiten der umweltfreundlichen Nutzfahrzeuge werden 2019 auf die Straße kommen. Das Fahrzeug mit 18 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht (zGG) soll in sieben Minuten fast 33 Kilogramm Wasserstoff nachtanken können. Dieser wird dann in zwei Brennstoffzellen in Strom umgewandelt. Der Elektromotor bringt es auf maximal 350 Kilowatt. Eine dreiachsige Version mit 26 Tonnen zGG ist in Planung. Beide Versionen werden einen Anhänger mit einem zGG von 16 Tonnen ziehen können.



Hyundai FCEV Cargo Truck

Leistung Brennstoffzelle:	190 kW
---------------------------	--------

Reichweite:	400 km
-------------	--------

Clean Logistics GmbH, Hamburg

Die Unternehmen Proton Power Systems, Hary AG und Höpen GmbH haben Anfang 2019 das Joint-Venture-Unternehmen Clean Logistics gegründet, das beabsichtigt, schwere Lkw mit Brennstoffzellen-Hybrid-Antrieben aufzubauen und zu testen. Das Ziel des Unternehmens ist es, bis Ende 2021 ein Auftragsvolumen von bis zu 1.000 Fahrzeugen abwickeln zu können.



Clean Logistics

Leistung Brennstoffzelle:	75–150 kW
---------------------------	-----------

Reichweite:	über 500 km
-------------	-------------

Einsatz:	Nfz bis 40 t zGG
----------	------------------

Weitere Entwicklungsaktivitäten

In Deutschland und Europa laufen derzeit verschiedene national oder europäisch geförderte Entwicklungsaktivitäten für Schwerlastkraftwagen mit Wasserstoff als Kraftstoff und Brennstoffzellen als Energiewandler. Dazu gehören beispielsweise das französische CATHyOPé-Projekt (Lkw, 26 t zGG + Anhänger, 18 t zGG) oder das europäische Interreg-Vorhaben H2Share (Dreiachser mit 28 t zGG). Müllfahrzeuge mit H2BZ-Antrieb werden im europäischen FCH JU-Vorhaben REVIVE (15 Fahrzeuge), im holländischen Projekt Duwaal (bis zu 100 Fahrzeugen) sowie im Rahmen des deutschen NIP entwickelt und erprobt.

Anwendung: Intralogistik

Für den innerbetrieblichen Transport und Warenumschlag sind auf Flug- und Schiffshäfen, in Fabriken, Lagerhallen, Verteiler- und Logistikzentren unterschiedliche Flurförderzeuge im Einsatz.

Die steigenden Anforderungen an lokale Emissionsgrenzwerte am Arbeitsplatz und in geschlossenen Räumen führen dazu, dass Elektrofahrzeuge (mit Batterie oder Brennstoffzelle) im Bereich der Intralogistik immer wichtiger werden. Da elektrische Flurförderzeuge im Betrieb keine Emissionen verursachen, bieten sie den großen Vorteil, dass sie sowohl im Innen- als auch im Außenbereich eingesetzt werden können.

In Deutschland wird der Einsatz von elektrischen Flurförderzeugen vor allem durch die Automobilindustrie betrieben, die ihre Fertigungsprozesse CO₂-frei gestalten möchte. Auf europäischer Ebene sind es insbesondere der Lebensmittelhandel und die Logistikunternehmen.

Vergleich konventionelle und elektrische Antriebe in Flurförderzeugen

	Diesel	Batterie	H ₂ BZ
Leistung	Green	Yellow	Yellow
Reichweite	Green	Yellow	Green
Flexibilität	Yellow	Yellow	Green
Kraftstoff/ Infrastruktur	Green	Yellow	Yellow
Verbrauch	Yellow	Yellow	Yellow
Emissionen (Tank-to-Wheel)*	Red	Green	Green
Kosten Anschaffung	Green	Yellow	Yellow

* Tank-to-Wheel: Tank → Rad

	Diesel	Batterie	H ₂ BZ
Kosten TCO	Yellow	Yellow	Yellow
Wartung	Yellow	Green	Green
Lebensdauer	Green	Yellow	Yellow
Dreischicht- betrieb	Green	Bei Batterie- wechsel	Green
Einsatz Innen-/ Außenbereich	Red	Green	Green
Einsatz Kühl- räume	Red	Yellow	Green



Aus der Praxis: Flurförderzeuge mit Brennstoffzellenantrieb

H2Ready – BMW Group

Seit 2013 hat BMW in Leipzig in einem ersten Forschungsprojekt elf wasserstoffbetriebene Schlepper und Gabelstapler im Testbetrieb. Das Konsortium aus Fronius, Linde Material Handling, Günsel und der TU München erprobt unter der Förderung des Bundesverkehrsministeriums den wirtschaftlichen Flotteneinsatz der nachhaltigen Technologie im Arbeitsalltag. Seit Dezember 2018 werden wasserstoffbetriebene Routenzüge (Indoor-Schlepper) im BMW Group Werk Leipzig eingesetzt. Diese kommen in der Produktion zur Versorgung der Montagebänder mit Zulieferteilen zum Einsatz.

Brennstoffzellenstapler im Mercedes-Benz-Werk in Düsseldorf

Das Vorhaben führt die Evaluierung von Flurförderzeugen in der Betriebslogistik des Daimler-Produktionsstandorts Düsseldorf fort. Bis 2021 werden Flurförderzeuge unterschiedlicher Größen- und Leistungsklassen in die betrieblichen Abläufe des Dreischichtbetriebs integriert sowie die Betankungsinfrastruktur ausgeweitet. Im direkten Vergleich mit einem diesel- und batterieelektrisch betriebenen Fünf-Tonnen-Staplers soll die technische Eignung demonstriert und evaluiert werden.

HyLIFT-EUROPE: größtes Förderprojekt für Flurförderzeuge mit H₂BZ

Im Projekt HyLIFT-EUROPE wurden bis Ende 2018 unter anderem an zwei großen Logistikstandorten in Frankreich (Prélocentre in Saint-Cyr-en-Val und Carrefour in Vendin-Le-Vieil) mehr als 200 Flurförderzeuge von STILL in verschiedenen Fahrzeugklassen (Schubmaststapler, Horizontalkommissionierer, Hoch- und Niederhubwagen) eingesetzt und die dazugehörige Wasserstoffinfrastruktur von Air Liquide aufgebaut. Das Brennstoffzellensystem wurde von Plug-Power entwickelt.



Indoor-Schlepper

Flottengröße: 70

Betriebsstunden: > 20.000



Stapler

Größenklasse: 2–5t

Leistungsklasse: 24–80V





Zukunftsfähige Logistik mit Wasserstoff und Brennstoffzelle

Wasserstoff als Schlüssel der Energiezukunft

Wasserstoff wird als Schlüssel für die Energiezukunft diskutiert, denn er lässt sich sauber aus erneuerbaren Energien erzeugen und ist langfristig und in großen Mengen speicherbar. Darüber hinaus könnte Wasserstoff der Energieträger für ein integriertes und nachhaltiges Versorgungssystem werden, das die Energiesektoren Mobilität, Wärme und Strom miteinander verknüpft.

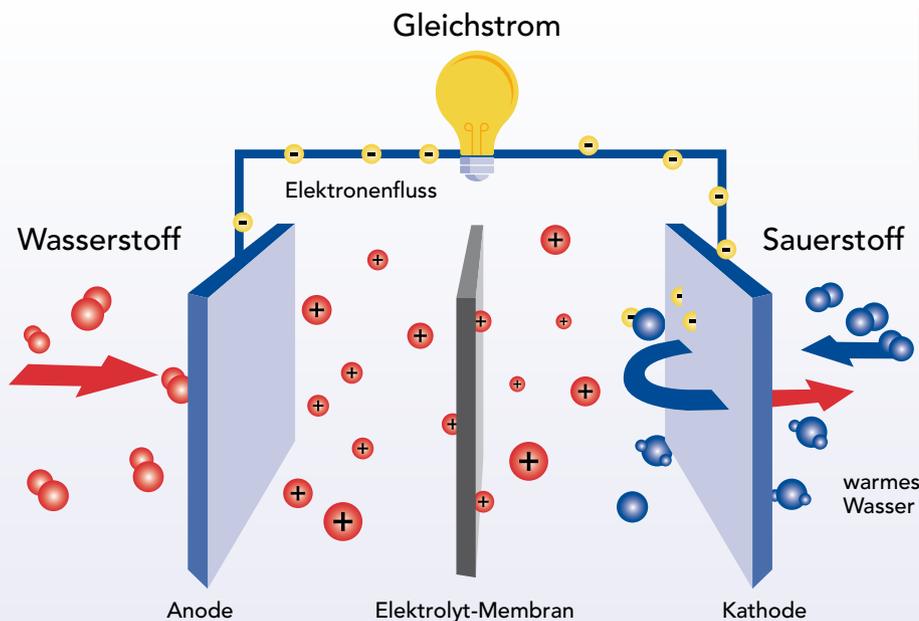
Verschiedene Entwicklungen begünstigen den Einsatz von Wasserstoff:

1. Für das Gelingen der deutschen Energiewende, aber auch um die internationalen Klimaschutzziele erreichen zu können, muss der Anteil der fossilen Energieträger Öl, Gas und Kohle an der Energieversorgung drastisch reduziert und der Anteil der erneuerbaren Energien weiter ausgebaut werden. Strom aus erneuerbaren Energien wird zum Hauptenergieträger.

cher wie Wasserstoff erforderlich, um dennoch jederzeit Angebot und Nachfrage ausgleichen zu können. Wasserstoff könnte – wenn die Stromnachfrage größer als das Angebot ist – über Brennstoffzellensysteme oder bei größeren Leistungsklassen über Gasturbinen verstromt und ins Stromnetz gespeist werden.
 2. Da die Stromproduktion aus Wind und Sonne vom Wetter und den Jahreszeiten abhängt, egal, wie groß oder gering der eigentliche Bedarf ist, sind flexible Stromspei-
 3. Wasserstoff ist ein Grundstoff in verschiedenen Industrien, der seit Jahrzehnten großtechnisch per Dampfreformierung aus Erdgas hergestellt wird. Mit seiner Nutzung als Kraftstoff in der Mobilität und für die Wärmegewinnung
- steigen die erforderlichen Wasserstoffmengen weltweit stark an. Damit dies nicht zu weiteren Klimabelastungen führt, braucht es strombasierte Erzeugungspfade wie die Wasserelektrolyse. Für die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen (eFuels) wie synthetisches Erd- und Flüssiggas, Diesel oder Kerosin ist Wasserstoff das Ausgangsmaterial. Elektrolyseure zur Wasserstofferzeugung können immer dann betrieben werden, wenn erneuerbarer Strom zeitgleich nicht abgenommen werden kann und zudem das Stromnetz entlastet werden muss.

Partner des Wasserstoffs: Brennstoffzellen

Wasserstoff ist der ideale Kraft- und Brennstoff für Antriebssysteme auf Basis von PEM-Brennstoffzellen². Dieser Brennstoffzellentyp gilt heute als Maßstab für mobile Anwendungen im Individualverkehr (Autos), im Güterverkehr (Nutzfahr- und Flurförderzeuge) sowie im öffentlichen Personenverkehr (Stadtbusse, Fernreisebusse, Regionalzüge). Ergänzt mit einem Batteriesystem kann ein Brennstoffzellen-Antriebsstrang so ausgelegt werden, dass er die Leistungsprofile und Reichweitenanforderungen der unterschiedlichen Fahrzeugkategorien hoch effizient abdeckt, und das ohne Emissionen zu verursachen.



Prinzip einer
Brennstoffzelle

² PEM-Brennstoffzelle: engl. Proton Exchange Membrane, deutsch: Polymer-Elektrolyt-BZ oder Protonen-Austausch-Membran-BZ

H₂BZ in der Logistik: zuverlässig – flexibel – leistungsfähig – wirtschaftlich – nachhaltig

In Logistikanwendungen bieten brennstoffzellen-elektrische Fahrzeuge, die mit Wasserstoff betrieben werden, eine Reihe von Vorteilen.

In einer PEM-Brennstoffzelle wird, anders als der Name vermuten lässt, kein Kraftstoff verbrannt, sondern Wasserstoff elektrochemisch in Strom umgewandelt. Folglich entstehen keinerlei schädliche Emissionen. Feinstaub, der durch Reifen- und Bremsabrieb entsteht, ist geringer als bei Dieselfahrzeugen, da durch Bremskraftrückgewinnung (Rekuperation) das klassische Bremssystem weniger genutzt wird. Brennstoffzellen-elektrische Fahrzeuge in der Intralogistik haben zudem den großen Vorteil, dass sie im Innenbereich und unter extremen Temperaturen – wie beispielsweise in Kühlräumen – eingesetzt werden können.

Neben der Einsatzflexibilität haben Brennstoffzellenantriebe einen hohen Wirkungsgrad. Seit vielen Jahren sind Pkw und Busse in Demonstrationsprojekten im Alltag im Einsatz. Sie haben sich dabei als zuverlässig, sicher, robust und wartungsarm erwiesen. Brennstoffzellensysteme verfügen in den meisten Anwendungsfeldern über die erforderliche Lebensdauer und geben ihre Leistung konstant bis zur vollständigen Entleerung des Wasserstofftanks ab.

Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien werden leistungsfähiger, und gleichzeitig sinken die Kosten. Dadurch erweisen sich H₂BZ-Anwendungen mit verschiedenen Geschäftsmodellen als trag- und wettbewerbsfähig gegenüber anderen Nullemissions- und konventionellen Technologien.

Für die wettbewerbsintensive und kostensensible Logistikbranche sind H₂BZ-Technologien auf den ersten Blick keine Alternative, weil die Anschaffungskosten heute höher, die Produktauswahl geringer und die Betriebskosten mangels Erfahrung nicht genau kalkulierbar sind. Fahrzeuge und Fuhrparks, die heute angeschafft werden, sind allerdings zehn Jahre und länger im Einsatz, auch dann, wenn sich Emissionsvorschriften und Abgasnormen weiter verschärft haben und zu höheren Betriebskosten führen.

Investitionen in Umwelt- und Klimaschutz sind der Grundstein für unternehmerischen Erfolg in der Zukunft. Sie stärken ein positives Unternehmensimage, mit dem sich Firmen einen Wettbewerbsvorteil sichern, auch um das knappe Fachpersonal.



Wasserstoffinfrastruktur: Der Anfang ist gemacht, der Aufbau läuft

Mit Anschaffung und Nutzung von brennstoffzellen-elektrischen Fahrzeugen muss die Betankung von Wasserstoff mitgedacht werden, weil Wasserstoff als Fahrzeugkraftstoff noch nicht überall zur Verfügung steht. Insbesondere der Güterfernverkehr auf der Straße ist auf ein flächendeckendes Tankstellennetz angewiesen, das es bisher für keine der in Europa diskutierten Kraftstoffalternativen wie Erdgas, E-Laden oder H₂ gibt.

Das öffentliche Wasserstofftankstellennetz für Pkw und Lieferfahrzeuge in Deutschland und Europa befindet sich im Aufbau, und derzeit werden in kurzen Abständen neue Wasserstofftankstellen in Betrieb genommen. In Deutschland umfasst das Wasserstofftankstellennetz inzwischen über 70 öffentliche Tankstellen (siehe www.h2.live). Bis 2021 soll es auf 100 wachsen. Die Standorte der Tankstellen sind so definiert, dass sie alle Großstädte und Ballungszentren mit einem Abstand von 90 Kilometern

entlang der Hauptverkehrsachsen verknüpfen sollen.

Für Flurförderzeuge in der Intralogistik ist die Installation einer innerbetrieblichen Wasserstofftankstelle in Betracht zu ziehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn nicht einzelne Fahrzeuge, sondern größere Flotten im Einsatz sind. Durch die bekannten Einsatz- und Umlaufprofile der Fahrzeuge innerhalb eines begrenzten Gebiets kann der Energiebedarf kalkuliert und Tankstellen

sowie Ladepunkte entsprechend dimensioniert werden.

Bereits 2015 hat der Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (fml) der Technischen Universität München basierend auf dem Förderprojekt H2IntraDrive einen Leitfaden³ entwickelt, der eine schnelle und kostengünstige Inbetriebnahme von wasserstoffbetriebenen Flurförderzeugen aufzeigt.

³ www.fml.mw.tum.de/fml/images/Publikationen/Zusammenfassung%20H2-Leitfaden.pdf

Partnerschaften für Wasserstoff: Interessen bündeln – Mehrwert schaffen

Derzeit entstehen deutschland- und europaweit geförderte, regionale Wasserstoff-Cluster. In diesen Clustern schließen sich unterschiedliche Akteure zusammen, um gemeinschaftlich Wasserstoffinfrastrukturen aufzubauen, Brennstoffzellenfahrzeuge einzuführen und den geltenden Rechts- und Ordnungsrahmen (Antrags- und Genehmigungsverfahren, Normen, Anpassung geltender Vorschriften etc.) auf seine Praxistauglichkeit hin auszuloten.

- Nahverkehrsbetreiber möchten ihr Liniennetz auf schadstofffreie Busse und Dieselszüge auf Elektroantriebe umstellen.
- Kommunen sind bereit, ihre Energieversorgung durch die Einbindung von Wasserstoff und Brennstoffzellen nachhaltig auszulegen.
- Unternehmen mit einem großen Energiebedarf, z. B. Chemie-, Stahl- und Zementwerke oder Rechenzentren, haben großes Interesse, erneuerbare Energien und Wasserstoff zu nutzen.
- Betreiber von kritischen Infrastrukturen wie Mobil- und Behördenfunkanlagen sowie Leitwarten von Versorgungsnetzen (Schiene- und Flugverkehr, Stromübertragung) sind auf eine netzunabhängige Energieversorgung bei Stromausfall angewiesen.
- Betreiber von Binnen- und Flughäfen wollen über eine verstärkte Elektrifizierung ihre lokalen Abfertigungsprozesse umweltfreundlicher gestalten.

So kann nicht nur der Einsatz fossiler Energieträger bei der Herstellung von Strom, Wärme und Mobilität verringert werden, auch die Emissionsbelastungen der Städte mit Luftschadstoffen und Lärm gehen durch die Nutzung von Wasserstoff und Brennstoffzellen drastisch zurück.

- Überall dort, wo neue Wohnquartiere entstehen, wird mit nachhaltigen Energiekonzepten geworben und die Einbindung von Wasserstoff für die Strom- und Wärmeversorgung angedacht.
- Zahlreiche Industrieunternehmen und Gewerbetreibende benötigen für ihre Produktions- und Geschäftsprozesse Wasserstoff, der heute zumeist per Lkw angeliefert wird.

Durch die Bündelung der Wasserstoffbedarfe könnte sich die lokale Erzeugung von Elektrolysewasserstoff lohnen, gerade dann, wenn in der Region Betreiber von Windkraft- und Fotovoltaikanlagen ansässig sind. Sie sind auf der Suche nach neuen Abnehmern für ihren grünen Strom, insbesondere nach Förderungsende durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Der bei der Elektrolyse anfallende Sauerstoff kann ebenfalls in vielen industriellen Prozessen oder in der Medizin weiterverwendet werden.

Förderprogramme, Initiativen, Kontakte

Förderprogramme und laufende Ausschreibungen

	Innovationsförderung Hessen Zielgruppe: kleine und mittlere Unternehmen aus Hessen, die mit Partnern (Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen) angewandte und innovative Forschungs- und Entwicklungsprojekte realisieren. Weitere Informationen: www.innovationsfoerderung-hessen.de
Hessen	Förderprogramm Elektrobusse Hessen fördert die Anschaffung von Elektrobussen und den Aufbau der Ladeinfrastruktur. Antragsberechtigt sind die hessischen Landkreise, die hessischen kreisfreien Städte, Kommunen sowie öffentliche und private Verkehrsunternehmen, die Aufgaben des ÖPNV erfüllen. Weitere Informationen: www.innovationsfoerderung-hessen.de/elektrobusse
	Energetische Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes (HEG) Weitere Informationen: www.energieland.hessen.de/foerderung
Bund	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) Förderfähig: Forschung & Entwicklung, Beschaffung Fahrzeuge, Aufbau Wasserstoffinfrastruktur Weitere Informationen: www.now-gmbh.de Sonderprojekt: HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland
	Innovationscluster Clean Intralogistics Net (CIN) Ein Zusammenschluss von Unternehmen, die sich zum Ziel gesetzt haben, Fördertechniken und ihre Infrastruktur in der Industrie und an Flughäfen mithilfe von H ₂ BZ emissionsärmer und langfristig wirtschaftlicher zu gestalten. Weitere Informationen: www.cleanintralogistics.net
Europa	Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) unter Horizon 2020 Aktuelle Ausschreibung mit dem Schwerpunkt „Hydrogen Valley“. Ziel ist, lokale und regionale Wertschöpfungsketten zu entwickeln und H ₂ BZ-Technologien sektor- und anwendungsübergreifend zu integrieren. Weitere Informationen: www.fch.europa.eu

Initiativen

H2BZ-Initiative Hessen e. V.

Das hessische Kompetenznetzwerk bietet eine Plattform für Vernetzung und Austausch rund um das Thema Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.

Mehr Informationen: www.H2BZ-Hessen.de

Kontakt für weiterführende Informationen

HA Hessen Agentur GmbH

Hessische LandesEnergieAgentur (LEA)

Konradinerallee 9

65189 Wiesbaden

www.lea-hessen.de



IMPRESSUM

Redaktion:

Alina Riepshoff | Markus Lämmer | Oliver Eich
HA Hessen Agentur GmbH
Hessische LandesEnergieAgentur (LEA)
Konradinerallee 9 | 65189 Wiesbaden

Alexandra Huss
AKOMBE Technologiekommunikation, Berlin
www.akombe.de

Herausgeber:

HA Hessen Agentur GmbH im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Hessische LandesEnergieAgentur (LEA)
Konradinerallee 9 | 65189 Wiesbaden | info@hessen-agentur.de

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW)

Vervielfältigung und Nachdruck – auch auszugsweise – nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Fotos:

Umschlag: kamonrat, AdobeStock
Innenteil: Seite 1, v.l.n.r.: Branko Srot, AdobeStock; onlyyouqj, freepik.com; lovelyday12, AdobeStock; fox17, AdobeStock | Seite 2: industrieblick, AdobeStock | Seite 3: Oliver Rüter, HMWEVW | Seite 6: candy1812, AdobeStock | Seite 14, v.o.n.u.: StreetScooter; Nikola Motor Company | Seite 15, v.o.n.u.: Hyundai Motor Company; jotily, AdobeStock | Seite 17, v.o.n.u.: BMW Group; Linde Material Handling | Seite 18: BMW Group | Seite 22: Clean Energy Partnership

Gestaltung, Satz & Grafiken:

VorSprung Design & Kommunikation, Berlin
www.werbe-vorsprung.de

Lektorat:

textperlen.de, Jena
www.textperlen.de

Druck:

A&M Service GmbH, Elz
www.a-m-service.de

Auflage: 1.500 Exemplare

ClimatePartner^o
klimateutral

Gedruckt auf RecyStar Natur, hergestellt aus 100% Altpapier, ausgezeichnet mit den Umweltzertifikaten **Blauer Engel**, **FSC-Recycling** und der **EU-Blume**.

Juli 2019



www.LEA-Hessen.de



www.H2BZ-Hessen.de

