



ELECTRIFYING A MOVEMENT

BESCHLEUNIGUNG DER HYBRID- UND ELEKTROMOBILITÄT
IM GEWERBLICHEN TRANSPORTWESEN

EINLEITUNG: DER WEG ZUR ELEKTRIFIZIERUNG

Die Gesellschaft fordert sauberere und geräuschärmere Alternativen zu Benzin- und Dieselmotoren – und die Transportindustrie reagiert. Seit Jahren arbeiten Wissenschaftler und Ingenieure an umweltfreundlicheren Verfahren zum Betrieb von Autos und Nutzfahrzeugen. Alternative Kraftstoffe, wie Ethanol, Biodiesel, Erdgas, Wasserstoff und Propan, wurden entwickelt und für den Transport von Menschen und Gütern von Ort zu Ort eingesetzt. Die Zukunft des Transportwesens wird zweifellos auch den Elektroantrieb umfassen, auch wenn dieser nicht die einzige Form sauberer Energiequellen sein wird. Anfangs belächelt, dann immer häufiger anzutreffen und schließlich Normalität: Elektrofahrzeuge (EV) sind aus unserem Alltag wohl schon bald nicht mehr wegzudenken.

FAHRZEUGELEKTRIFIZIERUNG



VORTEILE



SAUBERER.

Reduzierte/keine Abgasemissionen. Geräuschreduzierung/geräuscharmer Betrieb.



UMWELTFREUNDLICHER.

Reduzierung von CO₂, Methan und anderen Treibhausgasen. Reduzierung des Verbrauchs fossiler Kraftstoffe. Energieerzeugung auf Basis von Wind- und Sonnenenergie.



SPARSAMER.

Senkung der Gesamtkosten (im Zeitverlauf). Fahrzeug- und Batteriekosten sinken rapide. Geringere Wartungskosten. Wegfall von Ölwechseln. Weniger bewegliche Teile führen zu geringerem Verschleiß. Kurzfristig stehen Kaufanreize zur Verfügung.



LEISTUNGSSTÄRKER.

Bessere Leistung und höherer Komfort. Sofortiges Anzugsmoment verfügbar. Ein niedriger Schwerpunkt verbessert die Fahreigenschaften. Nutzbremsung. Geräuscharmer Betrieb. Wenig Vibrationen. Direktantrieb – kommt ohne Gangschaltung aus.



BEDENKEN



REICHWEITENPROBLEME UND ZUGANG ZU LADESTATIONEN.

Bedenken hinsichtlich des Zugangs zu schnellen, zuverlässigen und verfügbaren Ladestationen. Ist das Energienetz weltweit auf den zu erwartenden Bedarf eingestellt? Lassen sich die Fahrzeuge einfach aufrüsten, um bei verbesserten Batterietechnologien mit mehr Energie zu laufen?



BATTERIELEBENSDAUER UND NACHHALTIGKEIT.

Auch wenn die Technologie rasch voranschreitet – wie lange werden die Batterien halten und was tun wir mit ihnen am Ende ihrer Lebensdauer?



MÖGLICHE GEFAHREN VON ELEKTRIZITÄT.

Angst vor einem Stromschlag. Wie steht es um meine Sicherheit bei einem Unfall? Ist das Laden des Fahrzeugs bei Regen oder nassem Kabel sicher?



ANSCHAFFUNGSKOSTEN.

Auch wenn die Lebenszykluskosten der Elektrifizierung langfristig zu geringeren Betriebskosten führen, können sich die Anschaffungskosten als unüberwindbare Hürde erweisen.

In den meisten städtischen Umgebungen kann man kaum vor die Tür gehen, ohne auf ein Elektroauto zu treffen, das an eine öffentliche Ladesäule angeschlossen ist. Beim Einkaufszentrum, in der Nähe eines Hotels oder in einem öffentlichen Parkhaus – es ist offensichtlich, dass es immer mehr Ladesäulen gibt. Was wir heute erleben, ist aber eindeutig erst der Anfang. Heute sind erst zwei Prozent der Autos Plug-in-Elektrofahrzeuge, und bei Lkw und Bussen sogar noch weniger. Es ist erst zirka 20 Jahre her, dass die Elektroautoindustrie einen furiosen Start hinlegte, aber danach anscheinend noch schneller wieder ins Stocken geriet. Seitdem hat sich viel verändert. Heute kann man mit Sicherheit sagen, dass der elektrische Antrieb aus der Zukunft nicht mehr wegzudenken ist.

Doch wie sieht es mit Nutzfahrzeugen für den industriellen und gewerblichen Transport (ICT) aus? Mit Lkw und Bussen? Mit Fahrzeugen für das Bauwesen, die Landwirtschaft und den Bergbau? Diese Branchen reduzieren durch die Elektrifizierung derzeit rasant ihren Kraftstoffverbrauch und ihre Emissionen, während sie gleichzeitig noch die Effizienz und Produktivität steigern. Fachleute rechnen damit, dass die meisten Transportarten bis zum Jahre 2040 bereits Elektromotoren und/oder umweltfreundlichere Energiequellen einsetzen werden, um die verschärften Normen zu erfüllen.

Der Grund für das zwanzig Jahre währende Auf und Ab ist kompliziert. Die Wettbewerbslandschaft besteht aus vielfältigen Anwendungen und Anwendungsfällen, die einer Fahrzeugelektrifizierung unter den heutigen Bedingungen förderlich sein können ... oder auch nicht. Überall in dieser Landschaft trifft man auf Vorschriften, Gesetze sowie soziale, ökonomische und technische Hindernisse, die buchstäblich an jeder Straßenecke die Machbarkeit untergraben. Auf die Transportbedürfnisse ausgerichtete Stromnetz-Infrastrukturen stehen erst am Anfang. Weltweit setzen Großstädte und Ballungszentren komplette Fahrverbote für Fahrzeuge mit fossilen Kraftstoffen in Kraft, erwarten aber dennoch, dass Waren geliefert und Dienstleistungen erbracht werden. Die Lärmbelastigung, insbesondere rund um Schulen und Krankenhäuser, wird immer besorgniserregender. Diese Faktoren tragen im Zusammenhang mit den sinkenden Kosten für die Batterietechnik und einer verbesserten Batterietechnologie dazu bei, dass sich Elektroantriebe auch außerhalb der Stadtzentren für solche Off-Highway-Branchen, wie Bergbau, Bauwesen und Landwirtschaft, als Alternative herauskristallisieren.

Weitere Informationen sind auf [te.com/ictHEMS](https://www.te.com/ictHEMS) zu finden.

DAS BREITE SPEKTRUM VON ANWENDUNGSFÄLLEN FÜHRT ZU VIELFÄLTIGEN ELEKTRIFIZIERUNGSWEGEN FÜR DEN INDUSTRIELLEN UND GEWERBLICHEN TRANSPORT

Die ICT-Landschaft ist recht komplexer Natur. Der Übergang von „schmutzigen“ Verbrennungsmotoren (ICE) zu umweltfreundlicheren Antriebsverfahren ist hier nicht so einfach wie beim Pkw. Dabei ist die Geschichte des Pkw selbst bis heute alles andere als einfach. Es gibt viele verschiedene Anwendungen und Anwendungsfälle, und jeder von diesen bietet mehrere Möglichkeiten mit unterschiedlichen (optimierten) Lösungen. Der Übergang zu elektrifizierten Antriebssträngen wird sich je nach der Aufgabe des Fahrzeugs unterscheiden.

Lkw können Ferntransporte durchführen, Waren über Land oder im Nahverkehr liefern oder lokal und innerhalb kurzer Strecken Waren liefern und

Dienstleistungen erbringen. Dabei kann es sich um schwere Nutzfahrzeuge handeln, die große und massive Güter transportieren, oder auch um mittlere bzw. leichte Nutzfahrzeuge, die kleinere Güter liefern. Bei Bussen kann es sich um Reisebusse handeln, die Menschen über große Entfernungen transportieren. Es können aber auch Stadt- oder Schulbusse sein, die während ihrer festgelegten Einsatzzeiten auf kürzeren, feststehenden Strecken Personen befördern. Weitere Anwendungen sind unter anderem Industriemaschinen für das Bauwesen, den Bergbau oder die Land- und Forstwirtschaft. Diese breite Vielfalt an Anwendungsfällen macht den Übergang von Verbrennungsmotoren zu Elektroantrieben komplizierter.

EINZELNE ANWENDUNGSFÄLLE TREIBEN DIE ELEKTRIFIZIERUNG VORAN

Für Elektro-Lkw könnte es mehrere verschiedene Einführungszenarien geben.

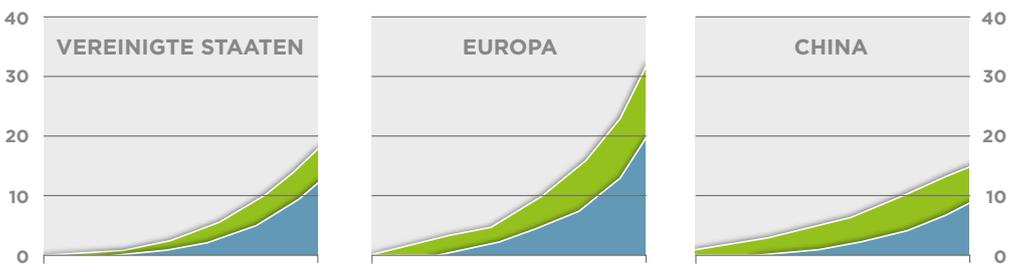
Szenarien mit frühzeitiger¹ und späterer Einführung, nach Gewichtsklasse² und prozentualem Anteil am Lieferverkehr.

- Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge, frühzeitige Einführung
- Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge, spätere Einführung
- Fossile Kraftstoffe (hauptsächlich Diesel)

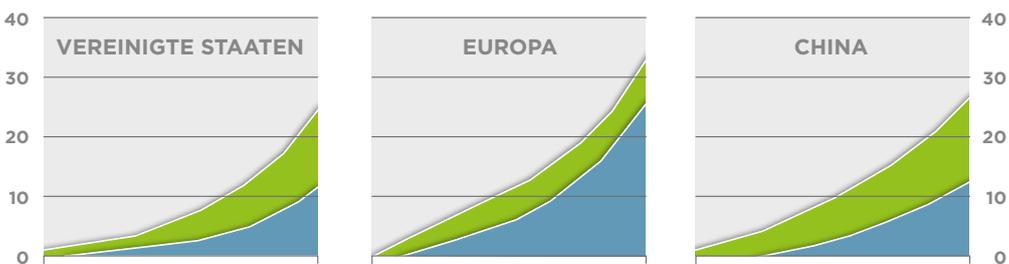
SCHWERLAST-NUTZFAHRZEUGE (HDT)³



MITTLERE NUTZFAHRZEUGE (MDT)



LEICHTE NUTZFAHRZEUGE (LDT)



1 Basierend auf optimistischeren Annahmen (z. B. stärkere Auswirkungen der Gesetzgebung).
 2 Gewichtsklassendefinitionen: Vereinigte Staaten: HDT: Klasse 8 (>15 Tonnen), MDT: Klasse 4 bis 7 (6,4 bis 15 Tonnen); LDT: Klasse 2 bis 3 (3,5 bis 6,4 Tonnen);
 Europa: HDT > 16 Tonnen, MDT: 7,5 bis 16 Tonnen, LDT: 3,5 bis 7,5 Tonnen; China: HDT > 14 Tonnen, MDT: 6 bis 14 Tonnen, LDT: 1,8 bis 6 Tonnen.
 3 Stadtbusse nicht inbegriffen.

Bild 1: Quelle: McKinsey Center for Future Mobility II

EINZELNE ANWENDUNGSFÄLLE TREIBEN DIE ELEKTRIFIZIERUNG VORAN

Unterschiedliche Anwendungen und Gewichtsklassen weisen unterschiedliche Amortisierung für die Gesamtbetriebskosten (TCO) auf.

Zeitpunkt des Erreichens der Amortisierung bei den Gesamtbetriebskosten (TCO) für batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (BEV) im Vergleich zu Dieselfahrzeugen; dargestellt ist der Jahresbereich, in dem die Rentabilität eintritt.

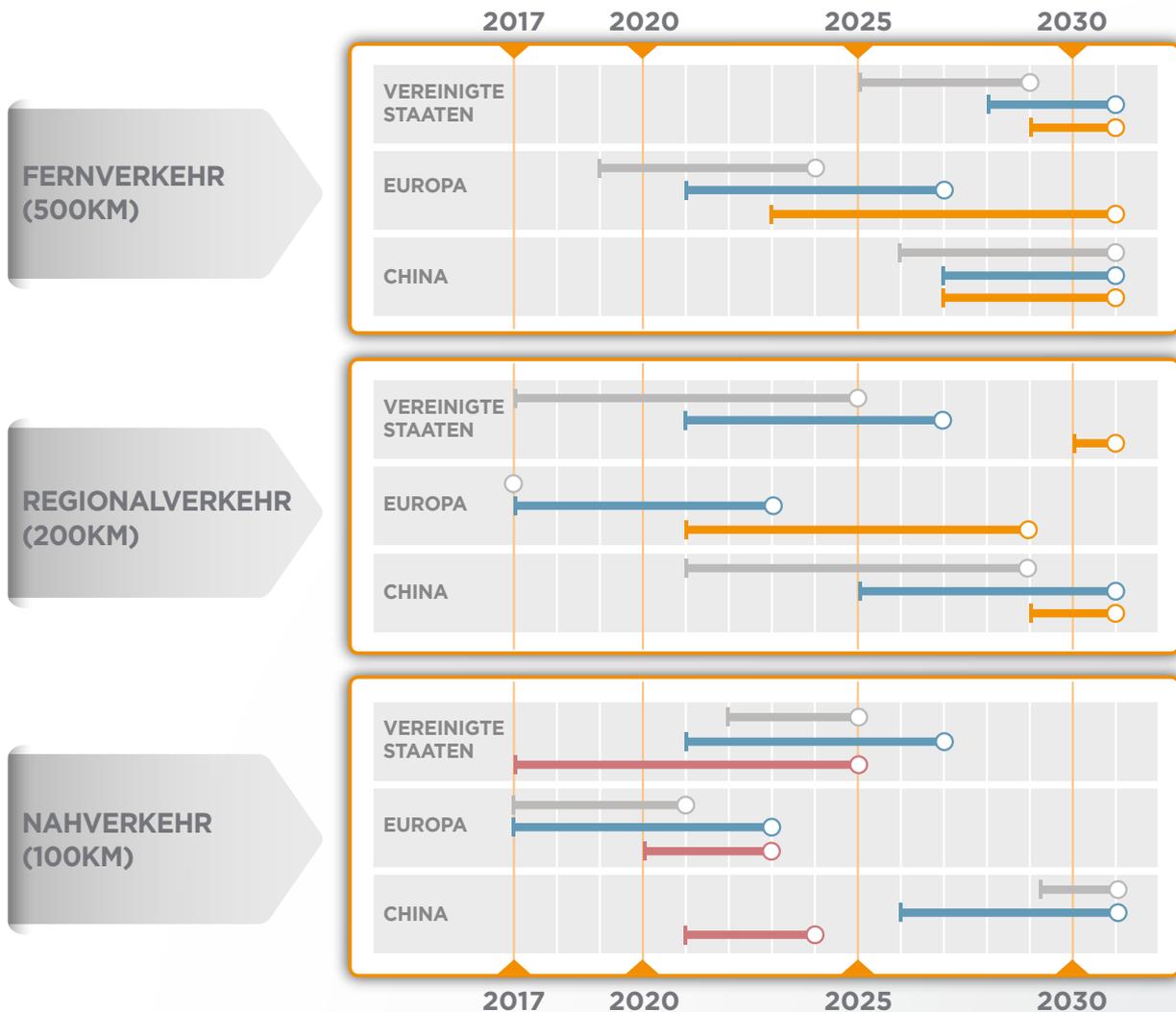


Bild 2: Quelle: McKinsey Center for Future Mobility II

VIELE WEGE FÜHREN ZUR ELEKTRIFIZIERUNG

Nicht nur die Anwendungsfälle für schwere Nutzfahrzeuge und Maschinen sind komplex und vielfältig, sondern auch die möglichen Fahrzeugarchitekturen, die zur Realisierung eines umweltfreundlicheren Transports für diese Anwendungen entwickelt werden. Die heutigen Lkw und Maschinen werden normalerweise mit Verbrennungsmotoren betrieben, die über ein Getriebe zwei oder mehr Räder antreiben.

Sie nutzen hauptsächlich Benzin, Diesel oder in einigen Fällen Erdgas (CNG). Es gibt noch viel zu tun, obwohl die Industriehersteller bereits Maßnahmen zur Optimie-

rung des Kraftstoffverbrauches und zur Minimierung von Emissionen ergriffen haben – unter anderem durch die Einführung von 48-V-Mild-Hybrid-Antrieben.

Die gesetzlichen Vorschriften und die Ausweitung der Dieselfahrverbote verstärken den Bedarf nach geringeren Emissionen noch. Deshalb beschleunigen die Fahrzeughersteller eine Entwicklung, die sich immer stärker von Verbrennungsmotoren abwendet, und konzentrieren sich stärker auf Architekturen, die Elektromotoren einbeziehen. Die von ihnen aktiv verfolgten Konzepte lassen sich in vier Kategorien zusammenfassen:

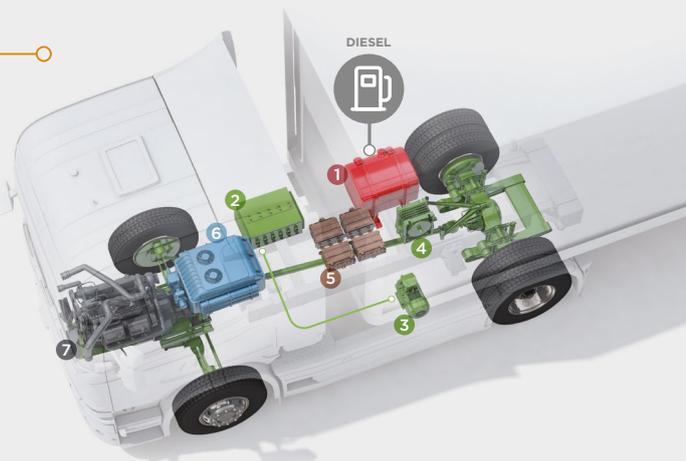
UNTERSCHIEDLICHE ARCHITEKTUREN

LV - Niederspannung. HV - Hochspannung. PDU - Stromverteilereinheit.

KONVENTIONELLE HYBRIDE Diese Hybrid-Architekturen verfügen über herkömmliche Motoren und Elektromotoren sowie Batterien, können jedoch nicht an eine Steckdose angeschlossen werden. Sie beziehen ihre Leistung aus Benzin und Diesel und werden daher nicht als Elektrofahrzeuge eingestuft. Ein Mild-Hybrid nutzt in der Regel einen kleinen Elektromotor und eine 48-V-Batterie in Kombination mit einem Verbrennungsmotor, was eine unterstützte Beschleunigung und Verzögerung/Bremmung ermöglicht. Ein Voll- bzw. Parallel-Hybrid besteht in der Regel aus einem größeren Elektromotor und einer Batterie in Kombination mit einem kleineren Verbrennungsmotor, bei dem Verzögerung/Bremmung und Elektromotorantrieb genutzt werden.

KONVENTIONELLER HYBRID

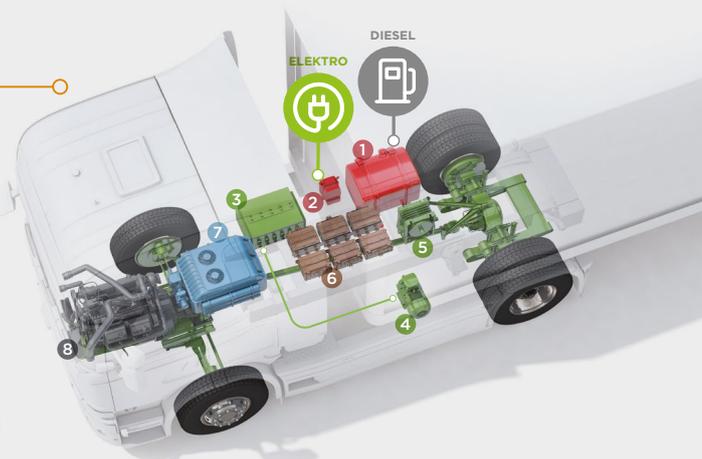
- | | |
|----------------------|--|
| 1 KRAFTSTOFFTANK | 5 BATTERIE |
| 2 LV-PDU | 6 KLEINAGGREGATE:
- AC-SYSTEM
- PUMPEN
- HEIZUNG
- GEBLÄSE |
| 3 ELEKTROMOTOR | 7 VERBRENNUNGSMOTOR |
| 4 GETRIEBE-GENERATOR | |



PLUG-IN-HYBRIDE Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge (PHEV) sind batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen ähnlich. Sie sind normalerweise mit einer kleineren Batterie ausgerüstet, verfügen aber auch über einen herkömmlichen Benzin- oder Dieselmotor. Obwohl sie nicht so umweltfreundlich sind wie batteriebetriebene Elektroautos oder Fahrzeuge mit Brennstoffzellen, verursachen Plug-in-Hybride eine deutlich geringere Umweltverschmutzung als ihre konventionellen Entsprechungen. Serienmäßige PHEV werden in der Regel auch als „Range Extender“ (EV mit verbesserter Reichweite) bezeichnet, wobei der Hauptzweck des Verbrennungsmotors darin besteht, unterwegs die Batterie zu laden.

PLUG-IN-HYBRID (PHEV)

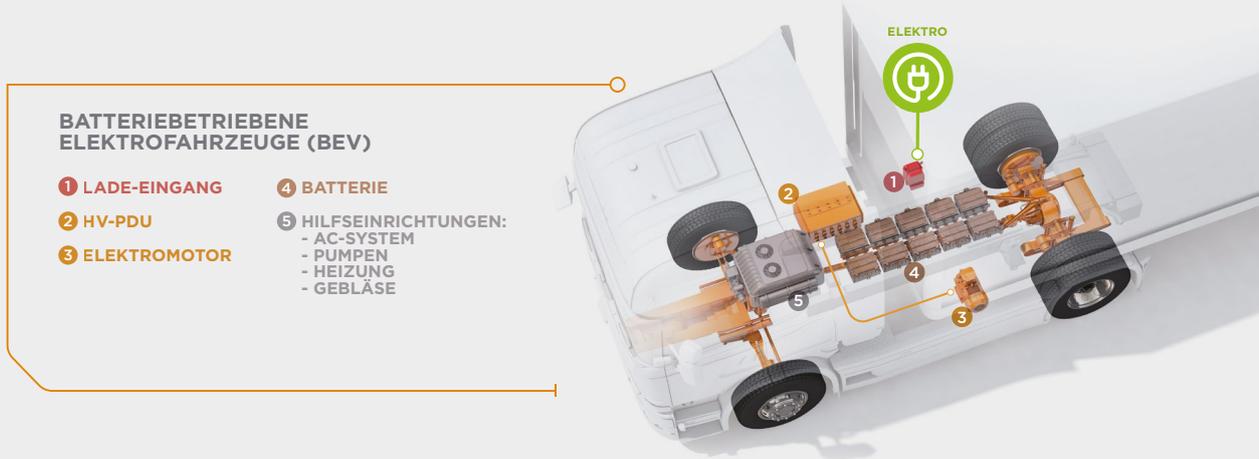
- | | |
|----------------------|--|
| 1 KRAFTSTOFFTANK | 6 BATTERIE |
| 2 LADE-EINGANG | 7 HILFSEINRICHTUNGEN:
- AC-SYSTEM
- PUMPEN
- HEIZUNG
- GEBLÄSE |
| 3 LV-PDU | 8 VERBRENNUNGSMOTOR |
| 4 ELEKTRO-MOTOR | |
| 5 GETRIEBE-GENERATOR | |



UNTERSCHIEDLICHE ARCHITEKTUREN Fortsetzung

LV - Niederspannung. HV - Hochspannung. PDU - Stromverteilereinheit.

BATTERIEBETRIEBENE ELEKTROFAHRZEUGE (BEV) BEV nutzen gespeicherte Energie aus einer Batterie zum Antrieb von Elektromotoren. Die Betriebsspannung kann je nach Anwendung in einem Bereich von 48 V bis 850 V liegen. Dies ermöglicht diesen Fahrzeugen eine höhere Effizienz und, wie bei Antrieben mit Brennstoffzellen, ein emissionsfreies Fahren, solange die Elektrizität aus erneuerbaren Quellen stammt. BEV nutzen die bestehende Infrastruktur zum Aufladen und erhöhen den Strombedarf im Stromnetz.



ELEKTROFAHRZEUGE MIT WASSERSTOFF-BRENNSTOFFZELLE (FCEV) Als Energiequelle wird eine an Bord befindliche Brennstoffzelle eingesetzt, die zum Laden einer Batterie oder zum Antrieb von Elektromotoren Elektrizität aus Wasserstoff erzeugt. FCEV verlangen eine Infrastruktur zum Nachfüllen von Wasserstoff, die nicht immer emissionsfrei und heute nicht allgemein verfügbar ist.



Welche Technologie wird voraussichtlich in naher Zukunft eine dieser Architekturen für Elektrofahrzeuge einführen?

Der zeitliche Verlauf der Einführung wird je nach Technologie und Anwendungsfall variieren. Zum Beispiel sind die Busse in Shenzhen in China heute im Wesentlichen zu 100 Prozent BEV. Diese Fahrzeuge konnten die Umstellung sehr schnell realisieren.



CHINAS ANHALTENDE VORHERRSCHAFT

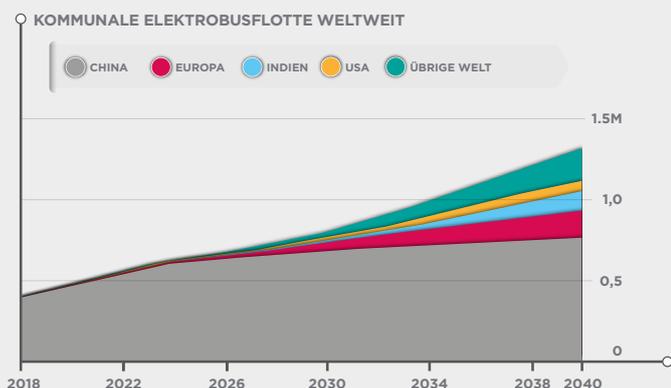


Bild 3: Quelle: BloombergNEFs „Electric Vehicle Outlook 2019“ |

Es kann zehn oder gar zwanzig Jahre dauern, bis ein hoher Anteil schwerer Nutzfahrzeuge, die Güter über Kontinente und Ländergrenzen hinweg befördern, den Übergang zum vollen Elektroantrieb vollziehen kann, weil eine hochleistungsfähige Infrastruktur zum Laden dieser Fahrzeuge fehlt. Es gibt zahlreiche Erstausrüster (OEM), die über Vorführmodelle von Elektro-Lkw verfügen. Einige davon haben auch bereits einen Zeitpunkt für die Produktionsaufnahme dieser Fahrzeuge in den nächsten Jahren angekündigt. Bevor jedoch eine umfassende Einführung umgesetzt werden kann, müssen die Infrastrukturen zum Aufladen beziehungsweise zum Nachfüllen von Wasserstoff allgemein breiter verfügbar gemacht werden.

Schulbusse wiederum werden nur für einen kurzen Teil des Tages genutzt und fahren auf klar definierten Routen. Diese Art von Anwendungsfall erleichtert die Einführung einer Ladeinfrastruktur per Steckdose, kabellos oder über Stromabnehmer. Dadurch eignen sich diese Busse hervorragend für eine schnelle Umstellung vom Diesel- auf den Elektroantrieb. Ähnlich verhält es sich mit Baumaschinen – sie können zur Baustelle gebracht und anschließend tagelang dort zurückgelassen werden, bis die Arbeiten abgeschlossen sind. Sie können einen halben Tag lang genutzt und danach über Nacht aufgeladen werden, wenn eine geeignete Ladesäule bereitgestellt wird. Im Bergbau mit seinem Rund-um-die-Uhr-Betrieb kann ein voll elektrischer Antrieb ebenfalls kontinuierlich betrieben werden, ohne dass eine regelmäßige Luftreinigung erforderlich ist.

Obwohl hier ein leiserer Betrieb und eine Arbeitsumgebung mit höherer Arbeitssicherheit gewünscht sind, erzielen die Minenbetreiber auch erhebliche Kosteneinsparungen bei Diesel, Propan und Elektrizität. Außerdem erreichen sie bei der höheren Betriebszeit der Elektrofahrzeuge im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen mit Verbrennungsmotoren, die mehr Bauteile und höhere Wartungskosten haben, Produktivitätssteigerungen. Bei Lkw, Bussen oder Industriemaschinen kann der jeweilige Anwendungsfall die Schnelligkeit der Einführung elektrischer Alternativen bestimmen. Aber ungeachtet dessen, wann die Elektrifizierung stattfindet und ob voll elektrische Fahrzeuge oder Hybride eingeführt werden: Die Fahrzeugelektrifizierung ist aus dem industriellen und gewerblichen Transport künftig nicht mehr wegzudenken.

VERBINDUNGSTECHNOLOGIEN ZUR ELEKTRIFIZIERUNG DES ANTRIEBSSTRANGS IM INDUSTRIELLEN UND GEWERBLICHEN TRANSPORTWESEN ERFORDERN ZUVERLÄSSIGE, ROBUSTE UND INNOVATIVE LÖSUNGEN

Im Bereich der industriellen und gewerblichen Transportfahrzeuge und Maschinen erleben wir eine Umstellung auf voll elektrische Konzepte. Viele Faktoren führen die Gesellschaft auf dem Weg der Antriebsumstellung – von eigenständigen internen Verbrennungsmotoren über Teil- und Vollhybridlösungen hin zu intelligenten, voll elektrifizierten Antriebsarchitekturen. Neben den bestehenden gesellschaftlichen Herausforderungen gilt es jedoch auch technische Hürden zu meistern. Industrielle und gewerbliche Transportanwendungen verlangen eine hohe Leistung UND einen störungsfreien Betrieb in äußerst rauen Umgebungen, in denen Ausfälle nicht vertretbar sind. Es ist ein Muss, robuste Verbindungssysteme für diese geschäftskritische Branche sicherzustellen, um dem weltweiten Bedarf gerecht zu werden.

Industrielle und gewerbliche Transportanwendungen verlangen eine hohe Leistung UND einen störungsfreien Betrieb in äußerst rauen Umgebungen, in denen Ausfälle nicht vertretbar sind.

Wann genau die verschiedenen Konzepte für die Antriebsarchitektur schwerer Nutzfahrzeuge eingeführt und wie sie im Detail weiterentwickelt werden, ist derzeit unklar.

Unterschiedliche Anwendungen, Vorschriften und branchenspezifische Herausforderungen (gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und technischer Natur) tragen insgesamt zu einer mangelnden Klarheit in der Branche bei. Auch wenn der zeitliche Ablauf unsicher ist, wissen wir mit hoher Sicherheit, dass für die Fahrzeuge – unabhängig davon, ob sie Hybridarchitekturen oder voll elektrische Antriebsstränge nutzen werden – die folgenden drei Komponenten notwendig sind:

- 1 Eine elektrische Energiequelle.** Die Quelle kann ein externer Stecker, ein kabelloses Ladegerät oder eine im Fahrzeug untergebrachte Brennstoffzelle sein.
- 2 Eine Möglichkeit zum Speichern der elektrischen Energie.** Die Speicherung könnte in einem umfangreichen Akkublock, wie bei voll elektrischen Fahrzeugen, oder in einer kleineren Batterielösung erfolgen.
- 3 Eine intelligente Anwendung und eine Steuerung der elektrischen Leistung.** Strom kann Elektromotoren zur Fortbewegung antreiben, die Arbeit eines Laderlöffels ermöglichen oder für die Klimatisierung der Kabine sorgen.

VIelfältige ICT-ANWENDUNGSFÄLLE STELLEN UNTERSCHIEDLICHE HERAUSFORDERUNGEN DAR

LKW

Funktion	Beschreibung des Anwendungsfalls
 Fernverkehr/ grenzüberschreitender Lieferverkehr	Schwere Nutzfahrzeuge. Große Betankungsabstände. Das Auftanken muss schnell erfolgen. Dauerbetrieb des Fahrzeugs rund um die Uhr wird erwartet.
Regionaler Lieferverkehr	Mittlere Nutzfahrzeuge. Transport zwischen regionalen Distributionszentren.
Innerstädtischer Lieferverkehr	Eher kleiner geografischer Lieferbereich.
Umfuhr, Hafen-/Frachtlogistik	Schwere Lasten, schwere Nutzfahrzeuge, kontrollierte Standardrouten.

BUS

Funktion	Beschreibung des Anwendungsfalls
 Langstrecken-/Reisebusse	Großer Betankungsabstand. Das Auftanken muss schnell erfolgen.
Stadtbusse	Vorgeschriebene Routen. Relativ kurze Strecken.
Schulbusse	Vorgeschriebene Routen. Relativ kurze Strecken.

INDUSTRIEMASCHINEN

Funktion	Beschreibung des Anwendungsfalls
 Bauwesen, Bergbau, Erdbau - Schaufellader, Bagger	Abgelegene Einsatzorte. Schwerlast-/Hochleistungsbetrieb.
 Land- und Forstwirtschaft - Traktoren, Mähdrescher, Baumschnitt	Abgelegene Einsatzorte. Mittlere Beanspruchung.
Materialumschlagmaschinen - Gabelstapler, kleinere Lademaschinen	Normalerweise kleinere Aufträge. Kontrollierte Einsatzorte.
Maschinen und Fahrzeuge im kommunalen Einsatz - Gartenbau, Reinigung, Müllabfuhr	Betrieb durch Kommunen, die Routen, lokalen Einsatz und Betankung kontrollieren können.
Kleinmaschinen - Golfwagen, Rasenmäher, Laubbläser	Leichte Anwendungen. Weniger Energieverbrauch. Normalerweise an einem Drittel des Tages ungenutzt.

Bild 4. Verschiedene Anwendungsfälle im industriellen und gewerblichen Transport (ICT) stellen unterschiedliche Herausforderungen dar.

VERBINDUNGSSYSTEME FÜR DEN HOCHLEISTUNGSBETRIEB

Für Plug-in-Elektrofahrzeuge entwickelt die Industrie gegenwärtig Hochleistungs-ladesäulen (HPC) – diese streben Leistungen von bis zu 500 Kilowatt an und für gewerbliche Transportanwendungen bestehen sogar Entwicklungsziele von bis zu einem Megawatt. Aufgrund dieser Anforderungen konzentriert sich die Branche auf eine breite Palette von Lösungen, um auf die beispiellosen Herausforderungen in der Transportbranche zu reagieren. Es werden Ladedosen benötigt, die das Zehn- bis Fünfzigfache der Leistung der aktuellen Generation von Elektroautos bewältigen können. Die Anschlüsse, Kabel, Schalter und Schütze, allesamt Bestandteile der Stromverteilung, sind komplexer als Niederspannungsanschlüsse. Wir müssen diese Energieübertragung auf intelligente Weise steuern und Wärme-, Lichtbogen- und Sicherheitsprobleme lösen können. Neue Techniken zur thermischen Modellierung und Simulation müssen entwickelt werden, um eine optimierte Auslegung der Komponenten und Untersysteme zu ermöglichen, die mit den hohen Ladespannungen und dem erhöhten Strombedarf belastet werden können.



Enorme Leistungen werden stets von einer hohen Wärmeentwicklung begleitet. Eine passive Konvektionskühlung reicht möglicherweise nicht aus, um genug Wärme abzuführen. Dies treibt den Bedarf nach aktiven Kühlkonzepten an den Anschlüssen und Kabeln voran. Dadurch werden reduzierte Kabelstärken möglich, die zu Gewichts-, Platz- und Kosteneinsparungen führen. Neue Sensortechniken sind erforderlich, um Echtzeitdaten zur Steuerung sicherer und intelligenter Ladefunktionen bereitzustellen. Für gut isolierte Gehäuse und höchst leitfähige Anschlussklemmen müssen anspruchsvolle neue Materialien entwickelt werden.

Wir müssen die Energieübertragung auf intelligente Weise steuern und Wärme-, Lichtbogen- und Sicherheitsprobleme lösen können

Eine der dringendsten Herausforderungen der Branche ist die Frage, wie die Anforderungen der Kunden hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) am besten erfüllt werden können. Zu ihnen gehören die Hochfrequenzstörfestigkeit (RFI), die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Einflüsse (EMI) und die Minimierung der eigenen Störaussendungen. Aufgrund der sinusförmigen Leistungscharakteristik ist dies für AC-Hochleistungssysteme besonders wichtig. Für DC-Systeme gilt dies auch – in der Abschirmung eines Elektrokabels können Induktionsströme auftreten, die bis zu 35 Prozent der Stromstärke in der Hauptstromleitung betragen. Bei einem elektrifizierten Antriebssystem können sich diese, je nach Systemleistungsbedarf, zum Beispiel bis auf mehrere hundert Ampere belaufen. Die Fahrzeug- und Anlagenhersteller benötigen kostengünstige und effiziente innovative Anschlusstechnologien, um einen geringen Widerstand bei weitestgehend reduzierter Korrosion zwischen Abschirmgeflecht und Stromleitung zu gewährleisten.

VERBINDUNGSSYSTEME FÜR ENERGIESPEICHERSYSTEME

Bei einem Lkw oder Bus geht es vor allem um die Reichweite, und bei schweren Nutzfahrzeugen um die Betriebszeit und die Ladeanforderungen. All diese Aspekte sind eine Funktion der Energiemenge, die in den Batterien gespeichert oder durch die Brennstoffzellen erzeugt werden kann. EV-Batterien sind aufgrund ihrer Betriebsspannungen und Stromstärken recht komplex. Erschwerend kommt hinzu, dass die Akkupacks in die Fahrzeugabmessungen passen und in einer äußerst rauen Umgebung sicher betrieben werden müssen. Dank der hohen Nachfrage nach immer mehr batteriebetriebenen Geräten und grünen Energieträgern werden enorme Investitionen getätigt, um die Batterietechnologie drastisch zu verbessern und dadurch die Energie, die für einen kostengünstigen Betrieb von Fahrzeugen und Geräten erforderlich ist, effizient zu speichern. Die Herausforderungen bestehen darin, die Energiespeicherung sicher, zuverlässig und in kleinen Akkupacks durchzuführen. Batterie- und Service-Trennsysteme sind wichtige Faktoren in der Sicherheitsgleichung. Sie alle treiben den Bedarf nach äußerst zuverlässigen, höchst flexiblen Kontakt- und Verbindungssystemen in Zelle-zu-Zelle- und Modul-zu-Modul-Verbindungs-lösungen voran, die eine Skalierbarkeit der Akkupacks ermöglichen. Zur Größenbeschränkung befinden sich Teilgruppen mit integrierten Sensorfunktionen in der Entwicklung. Diese sollen die intelligenten Steuerfunktionen für das Batteriemangement ermöglichen (Lade- und Funktionszustand). Die Hersteller von Nutzfahrzeugen und -anlagen sowie die Systemanbieter benötigen miniaturisierte, konforme Technologielösungen für die Verbindungselemente. Dies ermöglicht die Herstellung kleiner, robuster Module für Akkus mit hoher Kapazität.



VERBINDUNGSSYSTEME FÜR ELEKTRIFIZIERTE, GESTEUERTE ANTRIEBSELEKTROMOTOREN

Die Fahrreichweite mit einer einzigen Ladung zu maximieren, ist entscheidend. Eine Hälfte der Herausforderung haben wir bereits diskutiert – die Batteriekapazität. Die zweite und genau so wichtige Hälfte des Problems ist der effiziente Betrieb des Fahrzeugs bzw. der Maschine. Die intelligente Steuerung des Elektromotors (weder unter-, noch obertouriger Betrieb) und die Nutzbremmung (Energierückgewinnung und -speicherung bei einer Verlangsamung des Fahrzeugs) sind Schlüsselkonzepte für einen energieeffizienten Betrieb.

Solche anspruchsvollen Steuerfunktionen bedingen ein hohes Niveau an integrierten Elektroniklösungen

Darüber hinaus suchen die Fahrzeughersteller zur Effizienzsteigerung nach Möglichkeiten, um immer mehr Außendaten in das Fahrzeug zu integrieren. Dies macht eine neue Reihe von Sensoren erforderlich, mit deren Hilfe die Steuerung der Elektrofahrzeuge ein optimales Energie- und Leistungsmanagement ermöglicht. Solche anspruchsvollen Steuerfunktionen bedingen ein hohes Niveau an integrierten Elektroniklösungen – bei gleichzeitiger Minimierung ihrer Größe (und ihres Gewichts) sowie mit maximaler Designflexibilität für unsere Kunden. Neue EV-Architekturen benötigen eine einzige Komponente, die Sensoren, intelligente Datenverarbeitung und Kommunikation sowie eine robuste Verbindung in einem Paket vereint. Diese Architekturen erfordern robuste Aktuatoren und Stromverteilungselemente, die zum Schalten unterschiedlicher Lasten, zur Steuerung und zur bestmöglichen Vermeidung von Energieverlusten eingesetzt werden können. Darüber hinaus benötigen sie kabelgebundene wie auch kabellose Hochgeschwindigkeits-Datenverbindungen, die eine Kommunikation der Fahrzeuge untereinander und zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sowie eine intelligente Fahrzeugsteuerung ermöglichen.

HOCHSPANNUNGS-VERBINDUNGSSYSTEME FÜR RAUE UMGEBUNGEN, IN DENEN AUSFÄLLE KEINE OPTION SIND

Lkw, Busse oder Erdbaugeräte mit Elektroantrieb sind wesentlich härteren Betriebsbedingungen unterworfen als Elektroautos. Regen, Schnee, Staub, Wüstensonne, arktische Kälte, schlechte Straßen und andere harte Umgebungsbedingungen dürfen sie nicht an der Durchführung ihrer Aufgabe hindern. Hochspannungsschaltvorgänge können elektromagnetische Störungen (EMI) verursachen, die Kommunikationsverbindungen und Signale in Niederspannungsstromkreisen stören. Der Ausfall eines Telefons oder Laptops ist zwar eine große Unannehmlichkeit. Doch der Ausfall eines Fahrzeugs oder einer schweren Maschine kann nicht nur zu Produktivitätsverlusten führen – sondern auch zu Konsequenzen für das Unternehmen oder im schlimmsten Fall zu schweren Verletzungen oder gar Todesfällen. Ein sicherer Betrieb ist entscheidend. Ladung, Wartung und Unfallverhütung müssen allesamt auf sichere Weise durchgeführt werden. Die Komplexität der Architektur von Elektrofahrzeugen und ihrer grundlegenden Betriebsprinzipien ähnelt eher der von Flugzeugen, Energienetzen und Geräten der Unterhaltungselektronik als den Konzepten von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Entscheidend ist, dass die ICT-Branche mit Unternehmen anderer Branchen zusammenarbeitet, um neue, anwendungsspezifische Lösungen für ihre Kunden zu entwickeln. Materialwissenschaftler und Kontaktphysiker müssen zusammenarbeiten, um neue umsetzbare und robuste Lösungen für den schnell wachsenden EV-Markt zu entwickeln, in dem ein Plug-in-Ladeanschluss im Verlauf seiner gesamten Lebensdauer Tausende von Steckzyklen aushalten muss. Die Prüf- und Validierungstechniken werden bis an ihre physikalischen und sicherheitskritischen Grenzen ausgeschöpft, die normalerweise der Luft- und Raumfahrt sowie Industrieanwendungen vorbehalten sind. Die zusätzliche Komplexität bei Herstellung und Kundendienst verlangt die Entwicklung innovativer Werkzeuge und Verfahren.

TE CONNECTIVITY ALS DER PARTNER IHRER WAHL

TE Connectivity (TE) ist voll und ganz dabei, wenn es um Verbindungstechnologien für raue Umgebungen und den Erfolg Ihrer Fahrzeugelektrifizierung geht. Unser Team aus Ingenieuren und Wissenschaftlern arbeitet eng mit unseren Kunden zusammen, um ihnen zum Erfolg zu verhelfen, indem es robuste Lösungen bereitstellt, die auf spezielle Bedürfnisse und Fahrzeugarchitekturen zugeschnitten sind.

Unser Team aus Ingenieuren und Wissenschaftlern arbeitet eng mit unseren Kunden zusammen, um ihren Erfolg zu garantieren, indem es robuste Lösungen bereitstellt, die auf ihre speziellen Bedürfnisse und Fahrzeugarchitekturen zugeschnitten sind

Wir erreichen dies, indem wir drei Hauptstärken ausnutzen:

- **Wir nutzen die gesamte Breite und Tiefe unserer Fachkompetenz im gesamten Unternehmen aus.** Wir verfügen über ein starkes Portfolio an Steckverbindern, Schützen, Sensoren, Relais, Stromverteilungseinheiten (PDUs) und drahtlosen Lösungen für verschiedene Branchen. Unsere Produkte für die Hybrid- und Elektromobilität (HEMS) werden seit ihren Anfängen in Elektrofahrzeugen eingesetzt. Wir nutzen unsere globale Präsenz, um Entwicklungs- und Prototypenkapazitäten zu garantieren, mit deren Hilfe unsere Kunden ihre Produkte entwickeln. Wir investieren ausgiebig in Forschung und Entwicklung und suchen nach Lösungen für Herausforderungen in der Industrie, bevor diese zu Problemen werden. Unsere Ingenieure und Wissenschaftler engagieren sich aktiv in verschiedenen Normungsgremien und Industriekonsortien. Wir verfügen weltweit über ein umfangreiches Netz an Prüf- und Validierungslabors, um zu gewährleisten, dass wir die Anforderungen unserer Kunden erfüllen.



- **Wir verfügen über mehr als 75 Jahre Erfahrung im Bereich der physikalischen Verbindungstechnologien.** Als Komponentenanbieter investieren wir in Systemkompetenz, um die technische Sprache unserer Kunden zu sprechen. Mithilfe der von uns entwickelten Werkzeuge zur Wärmefluss-, EMV- und HF-Störungsmodellierung arbeiten wir eng mit unseren Kunden zusammen und lösen alle Probleme auf Systemebene, um das Design unserer Komponenten zu optimieren. Unser Team für Anwendungswerkzeuge stellt sicher, dass wir unsere Verbindungssysteme gemäß den Herstellungsverfahren unserer Kunden optimieren. Wir haben ein einzigartiges Anschlusskonzept für Hochleistungskabelsätze entwickelt, das eine robuste Verbindung bietet und die Elektrifizierungspläne unserer Kunden unterstützt. Wir verfügen über Erfahrung im Leistungsmanagement und über Know-how in vielen verschiedenen Branchen und können diese Fähigkeiten auch dem Automobilmarkt zugutekommen lassen. Wir nutzen die Miniaturisierungsfähigkeiten unserer Kollegen aus den Bereichen Halbleitertechnik und Unterhaltungselektronik sowie die Hochleistungstechnik-Kompetenzen unserer Kollegen aus der Luft- und Raumfahrt bzw. dem Energiewesen, um ähnlich gelagerte Herausforderungen bezüglich der Fahrzeugvernetzung zu lösen und Ladeinfrastruktur außerhalb des Fahrzeugs zu entwickeln. Unser aus Wissenschaftlern und Kontaktphysikern bestehendes TE-Team ist weltweit für die Entwicklung von Verbindungstechnologien bekannt.
- **Wir nutzen unsere Expertise in den Bereichen Elektronikarchitektur und Funktionsintegration.** Wir arbeiten mit unseren Kunden zusammen und stellen ihnen unseren Anwendungssupport zur Verfügung, um ihre Systeme durch die Bereitstellung der richtigen Komponenten für eine optimale integrierte Komponentenlösung zu optimieren. Häufig bieten wir Komponenten an, bei denen es sich um Teilsysteme handelt. Wir können Sensorcluster mit lokalisierter Datenverarbeitung und serieller Datenverbindung anbieten, die es unseren Kunden ermöglichen, ihre Systeme einfacher herzustellen und diese flexibler und skalierbarer zu gestalten. Zu unserem Angebot gehören komplette Eingangsbaugruppen mit Hochleistungsanschluss zum Laden, Aktuatoren zur Verriegelung des Ladekabels am Fahrzeug, Sensoren zur Bereitstellung von Temperatur- und Strommesswerten an das Batteriemodul zur Ladungsregelung sowie LEDs zur Anzeige des Lade- und Funktionszustands des Fahrzeugs an den Fahrzeugführer. Während unsere Kunden neue, verbesserte Fahrzeugarchitekturen entwickeln, verbünden wir uns mit ihnen, um ein optimiertes Design skalierbarer Teilsysteme und Komponenten bereitzustellen.



Unsere technischen Experten erreichen Sie unter te.com/ictHEMS

LITERATUR

- I) <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-05-15/in-shift-to-electric-bus-it-s-china-ahead-of-u-s-421-000-to-300>. Bloomberg; Mai 2019
- II) What's Sparking Electric - Vehicle Adoption In The Truck Industry?. McKinsey & Co; September 2017
- These 9 Countries Want to Ban Diesel Cars Very Soon. Interestingengineering.com; 28. September 2019
- An ICE-y Road to an Electric Future. Automotive World; 4. Februar 2020
- Electric Trucks - Where They Make Sense. National American Council for Freight Efficiency. NACFE.org; Mai 2018
- A Dead End for Fossil Fuel in Europe's City Centers. Bloomberg; 26. Juli 2019
- Pathway 2045. Clean Power and Electrification Pathway. Southern California Edison; November 2019
- Battery Electric vs. Fuel Cell: Truck Makers Must Place Their Bets. Mobility Magazine; Q3 2019
- Electrification and Automation Will Transform the Future of Trucking. Automotive World; 9. September 2019
- <https://insideevs.com/news/343058/charin-starts-development-of-fast-charging-beyond-1-mw>. 27. Februar 2019
- <https://www.automotiveworld.com/articles/electrification-and-automation-will-transform-the-future-of-trucking>. 9. September 2019

ÜBER TE CONNECTIVITY

TE Connectivity ist ein global führendes industrielles Technologieunternehmen mit einem Umsatz von 13 Milliarden Dollar, das eine sichere, nachhaltige, produktive und vernetzte Zukunft schafft. Unsere breite Auswahl an Verbindungstechnologien und Sensorlösungen, die unter härtesten Bedingungen getestet wurden, ermöglicht Fortschritte in den Bereichen Transport, Industrie- und Heimanwendungen, Medizintechnik, Energie und Datenkommunikation. Mit fast 80.000 Mitarbeitern, darunter mehr als 8.000 Ingenieuren, die in rund 150 Ländern mit Kunden zusammenarbeiten, gewährleistet TE, dass JEDE VERBINDUNG ZÄHLT – EVERY CONNECTION COUNTS. Erfahren Sie mehr auf www.te.com sowie auf [LinkedIn](#), [Facebook](#), [WeChat](#) und [Twitter](#).

www.TE.com

© 2020 TE Connectivity. Alle Rechte vorbehalten.

EVERY CONNECTION COUNTS, TE, TE Connectivity und TE connectivity (Logo) sind Handelsmarken. Andere hier verwendete Logos, Produktnamen und Unternehmensnamen sind möglicherweise Handelsmarken ihrer jeweiligen Inhaber.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS Dieses Dokument beschreibt den aktuellen Stand der Arbeitsergebnisse von TE Connectivity (TE). Obwohl TE alle angemessenen Anstrengungen unternommen hat, die Richtigkeit der Informationen in diesem Dokument sicherzustellen, gewährleistet TE nicht dessen Fehlerfreiheit und gibt auch sonst keine Zusicherungen, Gewährleistungen oder Garantien in Bezug auf die Richtigkeit, Genauigkeit, Fehlerfreiheit, Zuverlässigkeit oder Aktualität der Informationen ab. TE weist ausdrücklich jegliche implizierte Gewährleistungen hinsichtlich der hierin enthaltenen Informationen zurück, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf stillschweigende Gewährleistungen der Gebrauchstauglichkeit oder Marktgängigkeit. Änderungen an diesem Dokument sind vorbehalten. Erkundigen Sie sich bei TE nach den aktuellen Daten und Designspezifikationen.

China:	+86 21 339 809 65
Deutschland:	+49 898 991 570
Niederlande:	+31 736 246 246
USA:	+1 888 441 9982
	+1 800 223 1236