

## ELEKTROMOBILITÄT – KURZ ERKLÄRT

Die Zeit ist reif für Elektromobilität!





## Impressum

**Herausgeber:** ElektroMobilität NRW  
EnergieAgentur.NRW GmbH | Roßstraße 92 | 40476 Düsseldorf  
Kompetenzzentrum ElektroMobilität NRW GbR | Karl-Heinz-Beckurts-Str 13 | 52428 Jülich  
Mail: [info@elektromobilitaet.nrw](mailto:info@elektromobilitaet.nrw)

**Text und Redaktion:** Kompetenzzentrum ElektroMobilität NRW GbR **Gestaltung:** Forschungszentrum Jülich GmbH **Bildnachweis:** S. 1, 2, 10, 18, 19, 21, 23, 33, 35: © ElektroMobilität NRW | S. 5: © Frankix/fotolia.com | S. 7: © Stadtwerke Münster | S. 11: © Stephanie Olschefski | S. 13: © Dan Race/fotolia.com | S. 9, 17, 31: © Petair/fotolia.com | S. 15: © Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University | S. 20: © Forschungszentrum Jülich | S. 22: 2. © innogy SE | S. 22: 3. Bild: © CBG Compleo GmbH | S. 29: © EnBW (EnBW Energie Baden-Württemberg AG) | S. 19, 22 1. Bild, 24 – 28, 30: © Menekes Elektrotechnik GmbH & Co. KG **Stand:** April 2020/EA609

# INHALT

<i>Was ist Elektromobilität und wie funktioniert sie?</i>	4
<i>Elektromobilität ist vielfältig</i>	7
<i>Vom Hybrid zum vollelektrischen Batteriefahrzeug – der Antrieb</i>	10
<i>Wie weit reicht die Elektromobilität?</i>	12
<i>Die Sache mit der Batterie</i>	13
<i>Und die Kosten?</i>	17
<i>Ladeinfrastruktur: Möglichkeiten der Aufladung</i>	18
- <i>Wechsel- vs. Gleichspannung</i>	18
- <i>etablierte Ladearten</i>	20
- <i>Stecksysteme</i>	22
- <i>Ladeort</i>	25
- <i>Herausforderungen an die Ladeinfrastruktur: Eichrecht und intelligentes Laden</i>	27
- <i>Laden und Abrechnen aus Sicht der Endverbraucher</i>	30
<i>NRW ist Elektromobilitätsland</i>	32



## WAS IST ELEKTROMOBILITÄT UND WIE FUNKTIONIERT SIE?

Elektrofahrzeuge werden ganz oder teilweise elektrisch angetrieben. Bei Schienenfahrzeugen ist das Prinzip schon lange bekannt und auch Elektroautos gab es bereits Ende des 19. Jahrhunderts. In den letzten Jahren hat sich die Entwicklung rund um die Elektromobilität stark beschleunigt. Fahrräder mit elektrischer Unterstützung, also Pedelecs, erfreuen sich größter Beliebtheit und gehören mittlerweile zum alltäglichen Straßenbild.

## Ein Beispiel für erfolgreiche Elektromobilität – Pedelecs sind Normalität

Zudem gibt es immer mehr Elektroautos und auch im Bereich der Nutzfahrzeuge und sogar Motorräder geht der Trend immer stärker in Richtung Elektromobilität. Die Palette reicht dabei von vollelektrischen bis hin zu Hybrid-Fahrzeugen, bei denen der Elektromotor nur einen Teil zum Antrieb beisteuert. Alle diese Fahrzeuge haben eins gemeinsam: Im elektrischen Fahrbetrieb sind sie effizient, leise und stoßen vor Ort keine Schadstoffe aus. Das sind speziell in stark belasteten Innenstädten große Vorteile.

## Rein elektrischer Antrieb oder Hybrid – effizient und leise

Die von der Elektromobilität bewirkten Veränderungen in der alltäglichen Mobilität werden mittlerweile immer stärker sichtbar. Auf den Straßen sieht man immer mehr Elektroautos und die Zahl der öffentlich nutzbaren Ladesäulen steigt und steigt. Große Einzelhandelsketten bieten ihren Kundinnen und Kunden das Laden ihres Elektrofahrzeugs als kostenlosen Service während des Einkaufs an und immer mehr Fahrerinnen und Fahrer, die elektrisch unterwegs sind, richten sich auch zuhause eine Lademöglichkeit für ihr E-Auto ein.

## Intensive Fördermaßnahmen von Bund und Land

Intensive Fördermaßnahmen von Bund und Land unterstützen diese Entwicklung. Es gibt Förderprogramme für Fahrzeuge, Lade-Infrastruktur und zahlreiche weitere Bereiche der Elektromobilität – für Privatleute, für Unternehmen und auch für Kommunen. Auch Beratung für Unternehmen, die ihre Fahrzeugflotte elektrifizieren möchten, wird gefördert.

## Elektrischer ÖPNV – Mobilität wandelt sich

Auch der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) befindet sich im Wandel. In immer mehr Städten werden Hybrid- oder auch vollelektrische Busse eingesetzt. Fachleute sagen voraus, dass die individuelle Mobilität zukünftig weniger vom eigenen Auto abhängig sein wird und immer mehr Menschen – insbesondere in großen Städten – auf andere Mobilitätslösungen zurückgreifen werden. Elektrobusse, Züge, Elektroautos im CarSharing und Pedelecs können immer häufiger kombiniert werden, um den individuellen Mobilitätsbedarf komfortabel zu decken.



## Fahrspaß und sofort volles Drehmoment

Elektrisch fahren schont nicht nur die Umwelt sondern macht zudem auch noch einfach Spaß. Benziner und Diesel belasten die Innenstädte mit ihren Emissionen und sind speziell im Stop-and-Go-Verkehr extrem ineffizient. E-Fahrzeuge hingegen verfügen in einem großen Last- und Drehzahlbereich über einen hohen Wirkungsgrad. Kurzum: Elektrisches Fahren bietet ein tolles, neues Fahrgefühl bei gutem Gewissen.

---

*Laut Elektromobilitätsgesetz (EmoG) sind alle reinen Batterieelektrofahrzeuge, Brennstoffzellenfahrzeuge sowie Plug-in-Hybride, die maximal 50 g/km CO<sub>2</sub> ausstoßen oder im reinen Elektro-Antrieb eine Mindestreichweite von 40 km erreichen, elektrisch betriebene Fahrzeuge.*

---

# ELEKTROMOBILITÄT IST VIELFÄLTIG

Elektromobilität ist schon lange alltäglich – sei es elektrischer Bahnverkehr, S-Bahnen, U-Bahnen, Straßenbahnen oder auch Oberleitungsbusse. Diese leitungsgebundene Elektromobilität wird für die Mobilität der Menschen auch in Zukunft eine bedeutende Rolle spielen. Mit klar definierten Fahrtrouten und Haltestellen bietet der bestehende Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) gute Voraussetzungen für den Einsatz elektrischer Fahrzeuge. Neue, batterieelektrische Busse, Brennstoffzellen- und Hybridbusse oder neue Trolley-Busse an elektrischen Oberleitungen werden vielerorts zunehmend eingesetzt. So werden Schadstoff- und Lärm-Emissionen in den Innenstädten stark reduziert.

## Fahrzeuge für nahezu jeden Bedarf

Bei Elektroautos gibt es mittlerweile für jeden Bedarf das richtige Fahrzeug mit den genau passenden Reichweiten: Von kleinen günstigen Flitzern mit Akku-Ausdauer für die Pendelstrecke zur Arbeit, Fahrten zum Einkaufen in die Stadt oder für Ausflüge ins Umland bis hin zu Reisefahrzeugen mit Reichweiten von über 500 Kilometern. Ein mittlerweile rasant wachsendes Netz an (Schnell-)Ladesäulen sorgt zudem dafür, dass der Akku auch auf längeren Fahrten zügig wieder ausreichend aufgeladen ist.

## Neue, elektrische Mobilität als echte Alternative für beinahe jeden Anspruch

In Ergänzung dazu haben sich Pedelecs, also Fahrräder mit elektrischer Treithilfe, schon lange etabliert. 2018 gab es in der deutschsprachigen Bevölkerung ab 14 Jahren rund 4,76 Millionen Personen, die ein Elektrofahrrad bzw. Pedelec im Haushalt besaßen – und Jahr für Jahr kommen Hunderttausende hinzu und auch die Zahl der E-Roller und E-Scooter steigt kontinuierlich. Zudem nutzen immer mehr Menschen CarSharing-Angebote und auch hier sind Elektroautos immer weiter auf dem Vormarsch. Die Vielfalt der Möglichkeiten im Bereich des elektrischen Fahrens ist sehr groß. Nutzerinnen und Nutzer können die verschiedenen Verkehrsmittel – jeweils individuell auf ihre jeweiligen Bedürfnisse zugeschnitten – kombinieren. Integrierte Mobilitätsangebote decken dabei nahezu alle Ansprüche ab.



## Neue Mobilitätsangebote, All-in-one-Apps und Lasten-Pedelecs

Elektromobilität kann auch für Pendlerinnen und Pendler eine echte Alternative zu Diesel und Benzin sein. Radschnellwege und öffentliche Lade-Infrastruktur helfen dabei. Das Angebot an Mobilitätsmöglichkeiten wird zudem ständig erweitert. Bike Sharing-Modelle ermöglichen das Finden des nächsten freien Pedelecs über eine App. Sie kann gleichzeitig dazu genutzt werden, das elektronische Fahrradschloss zu entsperren und für die Nutzung des Mobilitätsangebots bezahlen. Der innerstädtische Lieferverkehr kann mit Hilfe von Lastenpedelecs unterstützt werden. Sie ermöglichen die schnelle und dennoch klimafreundliche Zustellung von Waren und auch die Anreise für die Erbringung von Dienstleistungen – unbeeinflusst von Einfahr-Verboten für Verbrennerfahrzeuge im Allgemeinen und Diesel-Fahrverboten im Speziellen.

## Keine Probleme mit Fahrverboten und große Angebotsvielfalt

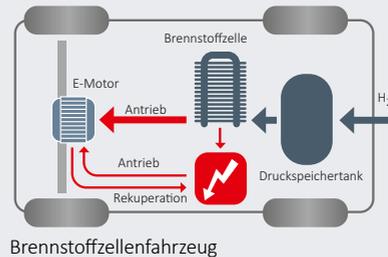
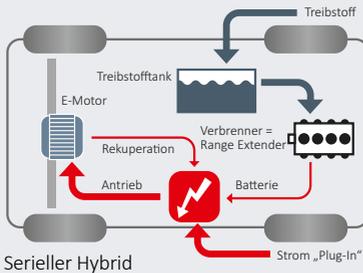
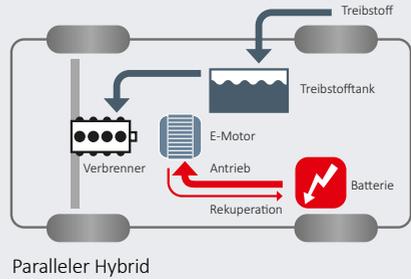
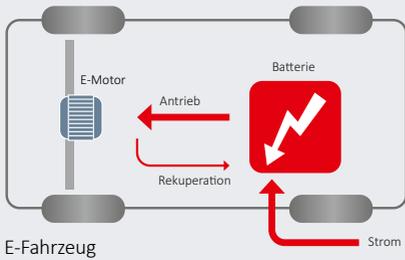
Elektro-Leichtfahrzeuge mit einem Gewicht von max. 400 kg haben einen geringeren Energieverbrauch als ein normaler Pkw. Sie sind vor allem innerstädtisch eine günstige und praktische Alternative.

## Elektrische Nutzfahrzeuge für Handwerk und Gewerbe

Auch die Palette elektrischer Nutzfahrzeuge wird ständig erweitert. Sie eignen sich ganz hervorragend für städtische Aufgaben wie das Sammeln von Müll, Kurierfahrten oder die Landschaftspflege. Insbesondere bei einer hohen Anzahl von Stopps und Starts während der Einsatzfahrten kann mit einem lokal emissionsfreien und extrem leisen Elektrofahrzeug viel Energie eingespart werden.

Als Fazit bleibt: Elektromobilität ist schon heute für beinahe jeden Anspruch eine echte Alternative. Für welche Variante auch immer Sie sich entscheiden: Wer elektrisch unterwegs ist, trägt dazu bei, die Luft- und Lebensqualität in seinem Umfeld zu verbessern, da vor Ort kein schädliches CO<sub>2</sub> oder Stickoxid ausgestoßen wird. Wer dann auch noch Grünstrom tankt, trägt zudem aktiv zum Klimaschutz bei.





## VOM HYBRID ZUM VOLLELEKTRISCHEN BATTERIEFAHRZEUG – DER ANTRIEB

Es gibt unterschiedliche Antriebskonzepte für Elektrofahrzeuge – je nach Bauart und Grad der Elektrifizierung. Das Prinzip ist einfach: Ein Elektromotor treibt die Räder an und die dazu nötige Energie wird in einer wieder aufladbaren Batterie gespeichert. Der einfache Aufbau macht flexible Varianten möglich. So können statt eines zentralen Elektromotors auch mehrere Radnabenmotoren direkt in den Rädern verbaut oder eine Achse mittels radnaher Elektromotoren angetrieben werden.

## Ein Hybrid kombiniert Verbrennungs- und Elektromotor

Ein Hybridantrieb verbindet zwei unterschiedliche Antriebssysteme: Das Fahrzeug hat einen Verbrennungs- und einen Elektromotor und kombiniert somit die Reichweite eines Verbrenners mit der Effizienz eines Elektrofahrzeugs. Die Batterie eines Hybridfahrzeugs kann von extern über das Stromnetz aufgeladen werden – z. B. an einer Wallbox oder einer Ladesäule. Moderne Hybridfahrzeuge können auch rein elektrisch fahren. Die dabei erzielten Reichweiten genügen oft bereits, um die durchschnittliche deutsche Tagesfahrleistung eines Pkws zurückzulegen.

## Partieller Hybrid – serieller Hybrid

Je nach Bauart unterscheidet man parallele und serielle Hybride. Ein paralleler Hybrid kann sowohl vom Verbrenner- als auch vom Elektromotor angetrieben werden. Beide Motoren wirken zusammen oder unabhängig voneinander auf den Antrieb. So kann der Elektromotor beim Anfahren zugeschaltet werden, um die optimale Effizienz zu erreichen. Bei einem seriellen Hybrid hat der Verbrenner keine Verbindung zur Antriebsachse. Das bedeutet, dass nur der Elektromotor das Fahrzeug antreibt. Der Verbrennungsmotor treibt im optimalen Drehzahl- und Lastbereich einen Generator an, der als Stromlieferant die Batterie speist oder den Elektromotor direkt versorgt.

## Ein besonderes Elektrofahrzeug mit einer Brennstoffzelle als Kraftwerk

Ein Brennstoffzellenfahrzeug erzeugt seinen Strom direkt an Bord. In der Brennstoffzelle (BSZ) wird chemisch gebundene Energie unter Zugabe von Luftsauerstoff in elektrische Energie umgewandelt. Der Energieträger ist in den allermeisten Fällen Wasserstoff. Ein BSZ-Fahrzeug lässt sich fast genauso schnell mit Wasserstoff betanken, wie ein Verbrenner mit Benzin – und eine Tankfüllung reicht für 500 – 600 Kilometer. Wie auch für alle anderen Formen der Elektromobilität, so sollten für eine bessere Umweltbilanz auch zur Gewinnung des Wasserstoffs vor allem Erneuerbare Energien genutzt werden. Das Tankstellennetz wird stetig ausgebaut. Ende 2019 wird es bundesweit 100 zugängliche Wasserstofftankstellen geben. Bis 2025 soll diese Zahl auf 400 Tankstellen steigen.



## WIE WEIT REICHT DIE ELEKTROMOBILITÄT?

Über die Reichweite von Elektrofahrzeugen wird viel diskutiert – überflüssigerweise. Sieben von zehn Autos in Deutschland werden pro Tag nicht weiter als 50 Kilometer gefahren und weitere zwei nicht mehr als 100 Kilometer. Das alles sind Strecken, die jedes heutzutage angebotene Elektroauto vollkommen problemlos schafft. Deutsche Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer wohnen im Durchschnitt 16 Kilometer von ihrem Arbeitsplatz entfernt. Das sind 32 Kilometer für den Weg zur Arbeit und wieder nach Hause. Einkaufen, zum Sport fahren und die Kinder herumkutschieren kommen noch hinzu, aber auch das ist überhaupt kein Problem.

## Durchschnittlich 16 Kilometer zur Arbeit und zurück

Am Ende bleibt die Erkenntnis: Keine normale Nutzerin und kein normaler Nutzer muss Angst davor haben, im E-Fahrzeug mit leerem Akku liegenzubleiben. Diese Angst resultiert aus falschen oder gänzlich fehlenden Informationen und entspricht in keiner Weise mehr den heutigen Tatsachen.

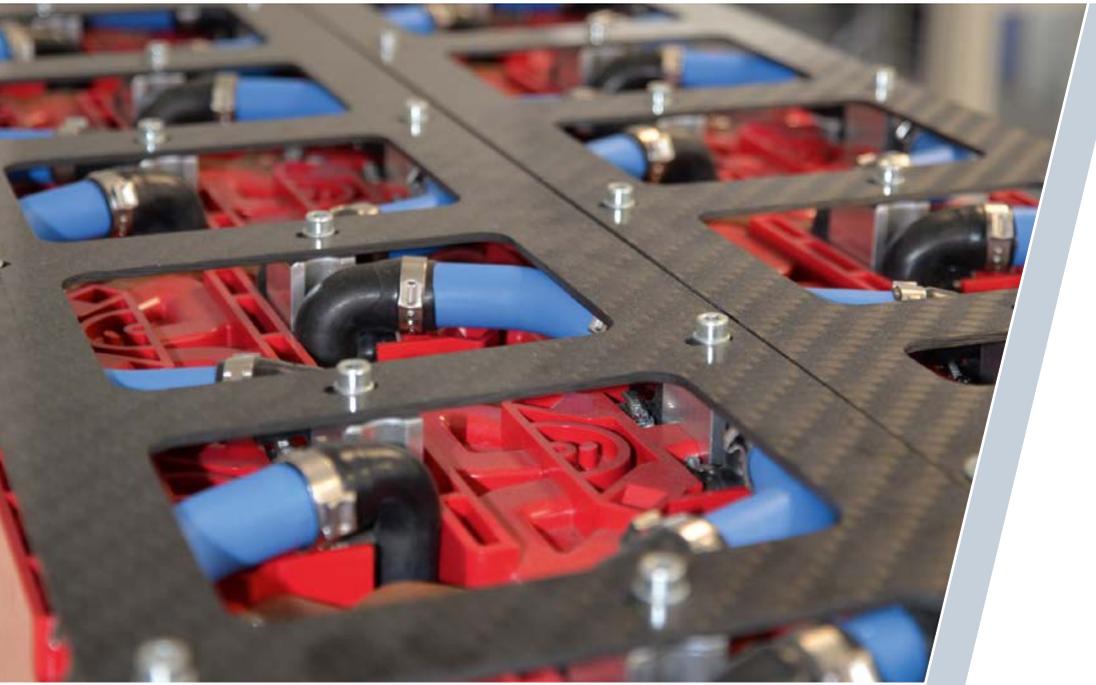
## Die Angst vor zu wenig Reichweite ist unbegründet!

Die Automobilhersteller haben die Zeichen der Zeit erkannt und bringen in kurzen Abständen neue Elektro-Modelle mit immer mehr Reichweite auf den Markt, so dass es mittlerweile E-Fahrzeuge für jeden Geschmack, Anspruch und Geldbeutel gibt – auch für Handwerker und Gewerbetreibende.

# DIE SACHE MIT DER BATTERIE

Die Batterie eines Elektrofahrzeugs ist die Energiequelle für dessen Antrieb. Sie beeinflusst sowohl die Reichweite als auch die Fahrzeugkosten und wird als Traktionsbatterie bezeichnet. Eine Traktionsbatterie besteht aus miteinander verbundenen Batteriemodulen, die ihrerseits aus Zellen bestehen. Diese Zellen basieren auf der Lithium-Ionen-Technologie, verfügen über eine hohe Energiedichte und hohe Lebensdauer und gewährleisten eine Vielzahl von Ladezyklen.

Die Batterien in aktuellen Elektro-Pkw haben eine Kapazität von 30 – 60 kWh (bis zu Mittelklasse) und wiegen ca. 300 – 600 Kilogramm. Für 100 km Fahrt benötigt man – abhängig vom Fahrzeugtyp – meist weniger als 20 kWh. Das entspricht ungefähr dem Energiegehalt von zwei Litern Benzin. Grund dafür ist der im Vergleich zum Verbrennungsantrieb dreimal höhere Wirkungsgrad des Elektromotors.



## Wie lange hält die Batterie im Elektrofahrzeug?

Die Lebensdauer einer Lithium-Ionen-Batterie ist ein wichtiges Kriterium beim Kauf eines Elektrofahrzeugs. Das Ende der Lebensdauer einer Traktionsbatterie wird definiert als der Zeitpunkt, an dem ihre Leistungsfähigkeit auf 70 bzw. 80 % der ursprünglich vorhandenen Kapazität reduziert ist. Die Betriebstemperatur sowie die Häufigkeit und Intensität des Ladens beeinflussen die Haltbarkeit der Batterie. Die Hersteller garantieren Laufleistungen bis zu 200.000 km oder bis zu acht Jahren sowie mehrere Tausend Lade- und Entladezyklen.

## Elektroautos genauso sicher wie herkömmliche Autos

Mittlerweile haben Lithium-Ionen-Batterien durch Standards und Normen eine hohe Sicherheitsstufe erreicht. Ein intelligentes Batteriemanagementsystem (BMS) überwacht und reguliert Stromstärke, Spannung, Temperatur und Ladezustand auf Zell- und Systemebene. Dadurch halten die Batterien auch den Belastungen des ständigen Wechsels zwischen Laden und Entladen (beim Fahren) stand.

Crash- und Durchschlagtests mit Batteriesystemen gewährleisten zudem, dass Fahrer von Elektrofahrzeugen keinen höheren Risiken ausgesetzt sind, als Fahrer konventioneller Autos.

## Die Batterie-Kosten errechnen sich pro Kilowattstunde Kapazität, das heißt je mehr Reichweite der Akku bringt, desto teurer wird er.

Die Preise von Traktionsbatterien sinken deutlich schneller, als noch vor einigen Jahren erwartet. 60 bis 80 % der Wertschöpfung am Batteriesystem wird durch die Zellen und bis zu 40 % der Wertschöpfung am Elektrofahrzeug durch die Batterie bestimmt.

Gegenwärtig wird der Markt für Lithium-Ionen-Zellen im Transportsektor von den asiatischen Herstellern Panasonic (Japan), BYD (China) und LG Chem (Südkorea) dominiert.

Mehrere Unternehmen entwickeln Recyclingverfahren für Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge. Der steigende Bedarf und das begrenzte Vorkommen einiger verwendeter Ressourcen wie bspw. Lithium, Kobalt, Mangan oder Nickel erfordert Recyclingkonzepte.

Bestehende Prozesse werden zudem auf das Recycling der Traktionsbatterien angepasst.

Neben dem komplexen Recycling erwartet viele „gealterte“ Lithium-Ionen-Batterien ein sogenanntes „Second-Life“. Die Zweitverwendung von Hochvoltbatterien in stationären Stromspeichern ist ein wichtiger Aspekt nachhaltiger Ressourcennutzung und hat großes ökologisches und ökonomisches Potenzial.



## Wie umweltfreundlich ist die Herstellung einer Batterie?

Elektrofahrzeuge sind schon heute klimafreundlicher als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor – trotz der Fahrzeugproduktion und der Nutzung des deutschen Strommixes.

Die Herstellung von Batterien für Elektroautos ist energieintensiv, worunter die Klimabilanz leidet. Laut jüngsten Forschungsergebnissen sind Elektroautos während ihrer gesamten Lebensdauer trotzdem viel sauberer als Autos mit Verbrennungsmotor. Umweltwirkungen der Elektrofahrzeuge in der Herstellungsphase können durch die Nutzung regenerativ erzeugten Stroms deutlich und schneller wieder ausgeglichen werden.

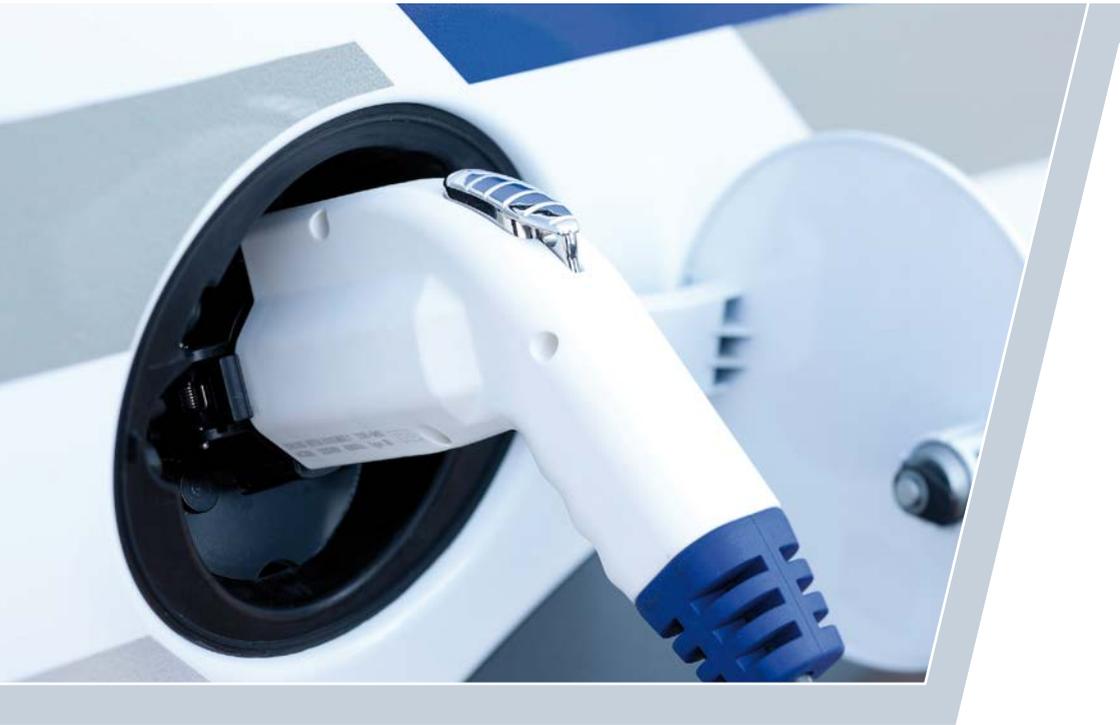
## UND DIE KOSTEN?

Elektrofahrzeuge sind in der Anschaffung immer noch teurer als vergleichbare Diesel oder Benzinere. Dieser Unterschied wird durch bestehende Förderprogramme wie dem Umweltbonus aber deutlich kleiner. Die Betriebs- und Wartungskosten von Elektrofahrzeugen liegen zudem klar unter denen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Zudem sind die Kosten für das „Betanken“ der Fahrzeuge mit Strom niedriger und werden sich bei steigendem Rohölpreis im Verhältnis noch weiter verringern. In Ergänzung dazu sind mittel- und langfristig sinkende Fahrzeug- und Batteriepreise zu erwarten.

### Sinkende Fahrzeug- und Batteriepreise

Die Batterie ist der größte Kostenfaktor eines vollelektrischen Fahrzeugs. Bezogen auf den Gesamtpreis beträgt ihr Anteil bis zu 40%. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese Kosten in den nächsten Jahren weiter fallen. Und bei der täglichen Nutzung? Für 100 km benötigt man zwischen 10 und 20 kWh je nach Fahrzeugtyp, Fahrstil und Streckenprofil. Das ergibt bei einem Strompreis von 30 Cent pro kWh ca. 3–6 € – bis zu 60 % weniger als bei einem Benzinere. Zusätzlich verfügen Elektromotoren über viel weniger Verschleißteile, was die Wartungs- und Reparaturkosten deutlich senkt. Kurzum: Elektroauto fahren ist günstiger, als Verbrenner zu fahren.





## INFRASTRUKTUR: MÖGLICHKEITEN DER AUFLADUNG

### **Wechsel- vs. Gleichstrom**

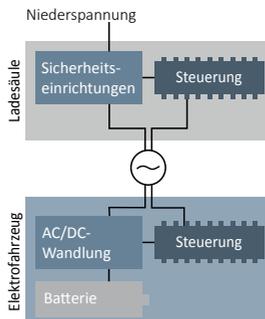
Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Elektrofahrzeuge aufzuladen.

Beim Wechselstrom (engl. alternating current, kurz: AC) wird die Polarität in einer bestimmten Frequenz kontinuierlich geändert. Diese Frequenz beträgt in europäischen Ländern 50 Hertz (Hz), also 50 Perioden pro Sekunde. Generell unterscheidet man zwischen dem Einphasenwechselstrom, der in Haushaltssteckdosen (230 Volt) vorkommt und dem Dreiphasenwechselstrom, auch Starkstrom bzw. Drehstrom genannt (400 Volt).

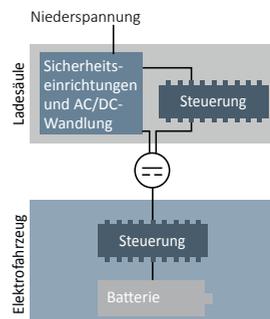
Neben Wechselstrom gibt es als weitere Stromart den sogenannten Gleichstrom (engl. direct current, kurz: DC). Hier findet kein Wechsel der Polarität statt. Für die Übertragung werden lediglich zwei Stromleiter benötigt, wie es zum Beispiel Photovoltaikanlagen der Fall ist. Im Haushalt wird sie in Rechnern, Verstärkern und videotechnischen Geräten verwendet. Der Gleichstrom muss mithilfe sogenannter Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt werden, um ins Stromnetz eingespeist werden zu können. Umgekehrt wird der Wechselstrom beim Verbraucher mithilfe von Gleichrichtern in Gleichstrom gewandelt.

Um die Energieverluste beim Transport im Stromnetz möglichst gering zu halten, wird der Strom bei einer hohen Spannung (bis zu 380.000 Volt) eingespeist und übertragen, der anschließend beim Verbraucher wieder auf eine niedrigere Spannung (230/400 Volt) reduziert wird. Im Gegensatz zum Gleichstrom ist die Änderung des Spannungsniveaus beim Wechselstrom relativ einfach mit Transformatoren zu realisieren. Aus diesem Grund hat sich der Wechselstrom im europäischen Stromnetz gegenüber dem Gleichstrom durchgesetzt. Für die Auslegung von Ladesäulen bedeutet dies, dass das Laden zu Hause sowie im öffentlichen Raum meistens mit Wechselstrom erfolgt. Jedoch werden Akkumulatoren jedoch werden grundsätzlich mit Gleichstrom geladen. Man unterscheidet daher beim Ladevorgang Gleich- und Wechselstromladen – je nachdem, in welcher Form der Strom in das Fahrzeug gelangt. Beim Wechselstromladen wird der Strom also im Fahrzeug gleichgerichtet. Beim Gleichstromladen findet die Gleichrichtung außerhalb des Fahrzeugs in der entsprechenden Ladesäule statt.

Laden mit Wechselfspannung (Ladeelektronik innerhalb des Fahrzeugs):



Laden mit Gleichspannung (Ladeelektronik außerhalb des Fahrzeugs):





## Etablierte Ladearten

Beim Laden unterscheidet man – abhängig von der Ladeleistung – zwei Arten.

Unter Normalladen versteht man das Laden mit Wechselstrom (ein- oder dreiphasig) bei einer Ladeleistung von bis zu 22 Kilowatt (kW). Je nach Ladeleistung des Fahrzeuges beträgt der Ladevorgang dann nur wenige Stunden. Im Tagesmittel stehen 95 % aller Fahrzeuge still, weshalb der Ausbau von Normalladestationen an öffentlich zugänglichen Parkplätzen ein hohes Nutzungspotenzial hat.

Als Schnellladen werden Ladevorgänge mit Wechselstrom- oder Gleichstrom bezeichnet, die eine höhere Ladeleistung als 22 kW aufweisen. In der Regel werden beim Schnellladen Ladeleistungen von bis zu 150 kW genutzt, sodass sich die Ladezeit je nach Batteriegröße auf deutlich unter eine Stunde verkürzt. Dadurch wird den Nutzern die Chance geboten, ihr E-Fahrzeug auch bei kurzen Standzeiten (z. B. beim Einkaufen) aufzuladen.

Das Schnellladenetz gewährt eine höhere Versorgungssicherheit als das Normal-ladenetz, da durch den schnelleren Ladevorgang auch ungeplante Fahrten ermöglicht werden. Darüber hinaus ermöglicht es den Nutzern auch längere Strecken mit dem Elektrofahrzeug zu bewältigen und während der empfohlenen Pausen-zeiten das Elektrofahrzeug wieder vollladen zu können.

	Normalladen		Schnellladen
<b>Ladeeinrichtung</b>	Haushaltssteckdose	Wallbox, Ladesäule	Wallbox, Ladesäule
<b>Stecker</b>	SchuKo	Typ 2	CCS, CHAdeMO
<b>Ladeleistung</b>	bis 2,3 kW	bis 22 kW	bis 150 kW
<b>Stromart</b>	Wechselstrom	Wechselstrom oder Drehstrom („Starkstrom“)	Gleichstrom
<b>Ladezeit*</b>	30 Stunden	ca. 3 Stunden	ca. 30 Minuten

\* bei einer  
Batteriekapazität  
von 60 kWh





## Stecksysteme – Stand der Technik

### Typ-2-Stecker

In Deutschland und in der EU hat man für das Normalladen (Wechselstrom bis 22 kW) den Typ 2-Stecker, auch Mennekes Typ 2-Stecker genannt, als Standard festgesetzt.

Der Typ 2-Stecker besteht aus drei Außenleiterkontakten (L1, L2, L3), einem Kontakt für den Neutraleiter (N) und einem Kontakt für den Schutzleiter (engl. protective earth, kurz: PE). Die zusätzlichen Kontakte PP (engl. Proximity-Pilot) und CP (engl. Control-Pilot) dienen der Kommunikation mit der Ladesäule. Der PP-Kontakt dient dazu, die Anwesenheit des Steckers und die Stromtragfähigkeit des Kabels festzustellen. Der CP-Kontakt ermöglicht die Steuerung des Ladestroms und kann dazu genutzt werden, netzdienliches Laden oder das Laden mit der eigenen PV-Anlage zu ermöglichen.

## CCS-Stecker

Bei der Schnellladung, für die Gleichstrom mit einer Ladeleistung von 22 bis zu 150 kW verwendet wird, kommt EU-weit das Combined Charging System (CCS) zum Einsatz. Es entspricht dem mit zwei Gleichstromkontakten (+, -) ergänzten Typ 2-Stecker und wird in der Regel als Standardausstattung in den Fahrzeugmodellen installiert. Der CCS-Stecker besitzt neben dem PP-Kontakt und dem CP-Kontakt ebenfalls einen Kontakt für den Schutzleiter.

Konkurrenz zu den in der EU standardisierten Stecksystemen kommt aus der ganzen Welt. Das in Japan entwickelte Stecksystem CHAdeMO (Charge de Move) wird in japanischen Fahrzeugen verwendet und erreicht ebenfalls eine Ladeleistung von bis zu 150 kW bei Gleichstromladung. Das Stecksystem ist mit CCS nicht kompatibel.

Es gibt darüber hinaus mit den „Superchargern“ ein herstellereigenes Ladesystem des Fahrzeugherstellers Tesla. Während bis 2018 auch für das Schnellladen der Typ-2-Stecker genutzt wurde, kommt in Europa seit 2019 ebenfalls der CCS-Stecker

**Das Stecksystem wird der Aufladeart entsprechend ausgewählt.**



Stecksysteme	Typ-2	CCS	CHAdeMo	Tesla Supercharger (CCS)
Stromart	AC	DC	DC	DC
Ladeleistung	bis 22 kW	bis 150 kW	bis 150 kW	bis 250 kW



zum Einsatz. Gemein haben alle Gleichstrom-Stecksysteme, dass perspektivisch mit deutlich höheren Ladeleistungen zu rechnen ist, wodurch die Ladezeit weiter reduziert wird.

---

*Das fahrzeugseitige CCS-Stecksystem besteht aus bis zu drei Wechselstromkontakten für das Normalladen und zwei Gleichstromkontakten für das Schnellladen. Damit können verschiedene Ladeleistungen erreicht werden:*

- *Anschluss mittels ICCB-Kabel an einfache Haushaltssteckdose: bis zu 2,3 kW*
  - *Anschluss mittels Typ-2-Kabel an eine Wallbox/ (Normal-)Ladesäule: bis zu 22 kW*
  - *Anschluss mittels angeschlagenem CC-Kabel an eine Schnellladesäule: bis zu 150 kW*
-

## Ladeort

*Man unterscheidet – je nach Ladeort – zwischen nicht-öffentlich zugänglichen und öffentliche zugänglichen Bereichen.*

### Laden zu Hause und am Arbeitsplatz

Privat genutzte Elektrofahrzeuge haben oft lange Standzeiten. Zu Hause reicht hier eine geringe Ladeleistung von 11 kW (AC, Normalladung) aus. Dafür wird eine so genannte Wallbox verwendet. Die übliche 230-V-Haushaltsteckdose lässt keine separate Kontrolle zu und besitzt keine Schutzvorrichtung. Die Wallbox mit Typ-2-Stecker bietet dagegen ein kontrolliertes, sicheres und schnelles Laden.

Manche Arbeitgeber ermöglichen ihren Mitarbeitern das Aufladen ihres Fahrzeugs während der Arbeitszeit und stellen ihnen den Strom kostenlos zur Verfügung. Durch die Novellierung des Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) ist dies ohne rechtliche Folgen für den Arbeitgeber möglich (siehe § 3, Nr. 25 EnWG).

- Garage, Privatparkplatz oder Arbeitgeber
- Aufladen bei langer Standzeit
- Normalladung zu Hause oder beim Arbeitgeber





## Laden unterwegs

Im öffentlich zugänglichen Raum werden aufgrund geringerer Standzeiten höhere Ladeleistungen verlangt. Hier verwendet man sowohl das Normal- als auch das Schnellladen, das von öffentlichen Ladesäulen oder Wallboxen bereitgestellt wird. Dabei bezeichnet man eine Ladestation als öffentliche zugänglich, wenn sich diese im öffentlichen Straßenraum, auf kommunalen Parkplätzen oder auf privatem Grund befindet, der von jedem befahren werden kann (z.B. Parkhäuser/Tiefgaragen, Kundenparkplätze, Auto-/Rasthöfe, Autobahnraststätte).

Im Zusammenhang mit dem betreffenden Förderprogramm werden die Lademöglichkeiten nach besonderen Verbraucher- und Ladeprofilen bedarfsorientiert sowie nach ihren technischen Eigenschaften unterteilt.

### **Öffentlich zugänglich im privaten Raum (eingeschränkter Zeitraum)**

- z. B. Einkaufszentrum, Supermärkte etc.
- Aufladen bei kurzer Standzeit
- Normal- oder Schnellladen

## Öffentlich zugänglich im öffentlichen Raum (24 Stunden pro Tag befahrbar)

- Autobahnen: Aufladen nach Bedarf, Schnellladung z. B. an Raststätten
- innerstädtisch: Aufladen nach Bedarf, Normal- oder Schnellladen

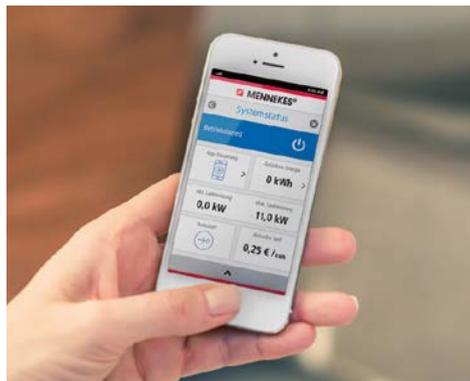
## Herausforderungen an die Ladeinfrastruktur: Eichrecht und intelligentes Laden

Hinter der Ladeinfrastruktur, sei es die kompakte Wallbox für Zuhause oder die Ladesäule am Straßenrand, steckt mehr als nur eine große Steckdose. Selbstverständlich ist der Hauptzweck der Ladeinfrastruktur die Abgabe von Strom an Elektrofahrzeuge, gleichzeitig bestehen jedoch weitere Anforderungen für einen sicheren, gesteuerten Ladevorgang und eine faire Abrechnung.

### Intelligentes Laden

Mit dem Begriff „Intelligentes Laden“ wird die aktive Steuerung der Ladeleistung beschrieben. Diese kann entweder lokal oder über das Internet erfolgen – letzteres ist Teil der Fähigkeit zur Fernsteuerung einer Ladestation („Remotefähigkeit“). Die einfachste Umsetzung des intelligenten Ladens besteht in Verbindung mit einer PV-Anlage. Durch eine Kommunikationsleitung zwischen Wechselrichter und Steuereinheit (teilweise auch bereits in der Ladestation integriert) kann die aktuelle Leistung der PV-Anlage an die Ladestation übertragen werden, die den Ladestrom dann entsprechend anpasst.

Komplexere Energiemanagementsysteme können auch den aktuellen Leistungsbedarf des Gebäudes bzw. des Betriebes und auch zusätzliche Batteriespeichersysteme mit einbeziehen um den erzeugten Strom der PV-Anlage optimal zu nutzen.





Ein ähnlicher Anwendungsfall besteht bei der Anpassung der Ladeleistung aufgrund eines begrenzten Netzanschlusses (Lastmanagement). Da jede Erhöhung der notwendigen Netzanschlussleistung weitere Kosten verursacht, kann ein Lastmanagementsystem die Ladeleistung auch entsprechend der Gebäudelast steuern. werden. So kann der Netzanschluss kleiner dimensioniert werden und die Stromkosten für vorzuhaltende Leistung sind ebenfalls geringer.

Anwendungsfälle sind Orte an denen mehrere Fahrzeuge gleichzeitig geladen werden, z.B. Betriebshöfe auf denen der elektrifizierte Fuhrpark und/oder die Mitarbeiterfahrzeuge geladen werden oder private oder öffentliche Parkhäuser und Tiefgaragen.

## Eichrecht

Die Herausforderung bei der Abrechnung an Ladesäulen besteht darin, dass nicht direkt vor Ort bezahlt wird, sondern die Abrechnung über ein webbasiertes System funktioniert. Damit muss der komplette Informationsweg von Ladesäule zu Backend-Betreiber zu Abrechnungsdienstleister eichrechtskonform, d.h. manipulationssicher und eine eindeutige Zuordnung des Messwertes zu einem Kunden gewährleistet sein.

Eine Möglichkeit des eichrechtskonformen Ladens ist die lokale Speicherung des Messwertes mit der verknüpften Kunden-ID über einen langen Zeitraum. Damit besteht die Möglichkeit auch später noch den Wert auf der Rechnung mit dem Messwert an der Ladesäule vergleichen und so die Richtigkeit feststellen zu können.

Alternativ besteht die Möglichkeit einen Zähler mit Signaturfähigkeit einzusetzen, welche Uhrzeit, Zählerstand, Kunden-ID und Zählernummer signiert und dessen intakte Signatur jederzeit überprüft werden kann. Aufgrund der Signatur können die Daten auch in der Cloud gespeichert werden und müssen nicht direkt an der Ladesäule an der geladen wurde, überprüft werden.





## Laden und Abrechnen aus Sicht der Endverbraucher

*Das Aufladen der Elektrofahrzeuge soll einfacher werden. Politisches Ziel ist es daher, schnellstmöglich eine deutschland- sowie auch europaweit einfache Lösung zu finden.*

Mit dem Beschluss der Ladesäulenverordnung (LSV) wurden die technischen Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten (z. B. intelligente Zähler, punktuell Aufladen, Diskriminierungsfreiheit) für Elektromobile geregelt.

Die Interoperabilität ermöglicht dem Nutzer ein europaweit betreiberübergreifendes Laden. E-Mobil-Fahrer können deutschlandweit jede neuere Ladestation im öffentlichen Raum nutzen, ohne einen Abnahmevertrag mit dem Betreiber der Ladesäule und Energieversorgungsunternehmen abgeschlossen zu haben.

An der Ladesäule können Sie sich mittels Smartphone (App, QR-Code, NFC - Near Field Communication) oder RFID-Karte authentifizieren. Die Zahlungsinformationen (PayPal, Kreditkarte, Lastschrift o.ä.) für die webbasierte Abrechnung des Ladestroms wurden entweder im Vorfeld bereits in der App gespeichert oder können direkt auf der mobilen Internetseite eingegeben werden.

Bei punktuellm Aufladen besteht in einigen Fällen auch die Möglichkeit, eine Abrechnung ohne Authentifizierung ohne Gegenleistung (z.B. Kundenparkplätze) oder gegen Bezahlung mit Bargeld in unmittelbarer Nähe zum Ladepunkt (z. B. Geldautomat im Parkhaus, Parkplatz, Kassenhäuschen o.ä.) vorzunehmen. Hier wird keine Remotefähigkeit vorausgesetzt.

## Roaming

Eine weit verbreitete Methode ist die Authentifizierung per RFID-Karte oder -Schlüsselanhänger. Die Identifikation mittels personalisiertem Transponder in einer Karte oder in einem Schlüsselanhänger wird von den meisten Betreibern unterstützt.

Viele Betreiber bieten auch eine eigene App an, anhand derer sich Lade- und Zahlvorgänge, aktuelle Strompreise und Standorte von Ladestationen etc. überblicken lassen. Um nicht von jedem einzelnen Anbieter eine RFID-Karte zu benötigen, gibt es Dienstleister, die die Angebote verschiedener Ladesäulenbetreiber bündeln.

Eine Lösung aus NRW bietet ladenetz.de. Zum Einen werden hier Ladesäulen deutschlandweit vernetzt und zum Anderen werden Kooperationen mit anderen Infrastrukturanbietern geschlossen, um dem Kunden das Auftanken in fremden Lade-Netzwerken zu ermöglichen – ähnlich dem Mobilfunk-Roaming im Ausland.

GERMANY  
AT ITS  
BEST



NORDRHEIN

## NRW IST ELEKTROMOBILITÄTSLAND

### Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum Elektromobilitätsland Nummer 1

NRW bietet mit dem Ruhrgebiet den größten Ballungsraum Deutschlands. Verkehr und Mobilität sind hier ein Dauerthema. An zahlreichen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und in forschenden Unternehmen wird hier in allen Teilbereichen der Elektromobilität geforscht und entwickelt.

Nach Baden-Württemberg ist Nordrhein-Westfalen schon heute das stärkste Bundesland im Bereich Fahrzeugbau. Ein Drittel der deutschen Zuliefererindustrie ist hier angesiedelt und rund 200.000 Menschen sind im gesamten Automotive-Sektor beschäftigt. Dazu kommt eine Reihe neuer Elektromobilitätsunternehmen, die NRW als ihre wirtschaftlich starke und automobil-affine Heimstätte zu schätzen

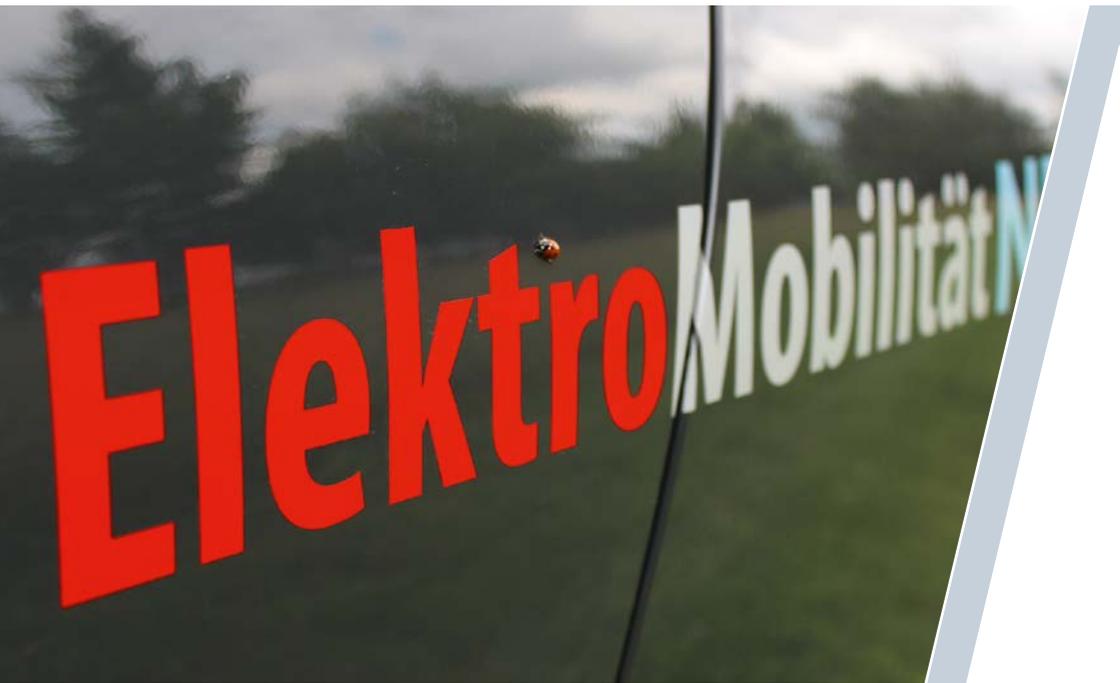
wissen. Zukunftsweisende Mobilitätskonzepte bieten vielversprechende wirtschaftliche Chancen. Um diese konsequent zu nutzen, beteiligen sich in NRW zahlreiche Unternehmen, Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen an den korrespondierenden Förderprogrammen der Bundes- und Landesregierung.

## Elektromobilität als politisches Ziel und starker Wirtschaftsfaktor

Nordrhein-Westfalen verfolgt das Ziel, Vorreiter in Sachen Elektromobilität zu sein. Ein Viertel der bundesweit zugelassenen Elektrofahrzeuge soll hierzulande fahren. Um den Wirtschaftsstandort weiter zu stärken, soll zudem ein Großteil der relevanten Systeme und Komponenten in unserem Bundesland entwickelt und produziert werden. Die Unterstützung der Elektromobilität erfolgt auch durch die Zahlung von Prämien beim Fahrzeugkauf, über Vergünstigungen bei Steuern und Versicherungen oder auch dem Einräumen von Sonderrechten bei der Nutzung von Parkplätzen, bei Zufahrtverboten oder der Nutzung von Busspuren.

## Förderung der Elektromobilität auf vielen Ebenen

Um Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben zügig auf die Straße zu bekommen und die noch bestehenden Hürden bei der Anschaffung eines E-Fahrzeugs abzubauen, hat das Land Nordrhein-Westfalen zudem im Rahmen des Programms „progres. nrw – emissionsarme Mobilität“ eine Reihe von Förderungen für Unternehmen, Kommunen und Privatnutzer geschaffen. Zuschüsse gibt es unter anderem bei Anschaffung von Elektro-Kfz (Unternehmen und Kommunen) und E-Lastenrädern, für die Installation von Ladeinfrastruktur in der eigenen Garage, im öffentlichen Raum oder auf dem Firmengelände sowie bei Inanspruchnahme von Beratungsleistungen zum Thema E-Mobilität. In Ergänzung dazu vergibt die NRW.Bank zinslose Darlehen für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Elektromobilität sowie zum Erwerb von E-Fahrzeugflotten.



## ElektroMobilität NRW als erster Ansprechpartner für Elektromobilität in NRW

Diese Broschüre wurde von ElektroMobilität NRW erstellt – dem ersten Ansprechpartner in Sachen Elektromobilität in NRW. Hier erhalten Unternehmen, Kommunen und Privatleute Informationen zu Fördermöglichkeiten, technischen Entwicklungen in der Elektromobilität oder dem Ausbau der Ladeinfrastruktur im Land.

ElektroMobilität NRW ist die Dachmarke des NRW-Wirtschaftsministeriums unter der sämtliche Aktivitäten des Landes Nordrhein-Westfalen in Sachen Elektromobilität gebündelt werden. Unter diesem Dach arbeiten das Kompetenzzentrum ElektroMobilität NRW und die EnergieAgentur.NRW im Auftrag des NRW-Wirtschaftsministeriums an der Fortentwicklung der Elektromobilität in Nordrhein-Westfalen – gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung.

Elektromobilität ist im Koalitionsvertrag der Landesregierung NRW ein explizites Fokusthema. Nordrhein-Westfalen hat das Ziel, Vorreiter der Elektromobilität in Deutschland zu werden.

---

*Auf [www.elektromobilitaet.nrw](http://www.elektromobilitaet.nrw), Facebook, Twitter (@elektromob\_nrw) und dem YouTube-Channel ElektroMobilität NRW können Sie sich im Detail informieren – und Ihre Fragen direkt per E-Mail an [info@elektromobilitaet.nrw](mailto:info@elektromobilitaet.nrw) richten.*

---

**Weitere Informationen zu Elektromobilität und  
Ansprechpartner finden Sie hier:**

[www.elektromobilitaet.nrw](http://www.elektromobilitaet.nrw)



# ElektroMobilität NRW

Partner:



Gefördert durch:

Die Landesregierung  
Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung