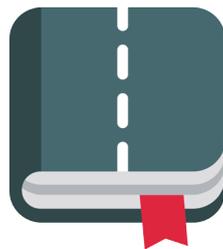


Von der Fahrschule zur Mobilitätsschule

Begleitheft zu den Unterrichtsmaterialien



MOBILITÄTSSCHULE
nachhaltig mobil

Von der Fahrschule zur Mobilitätsschule

Begleitheft zu den Unterrichtsmaterialien

Impressum:

Die Mobilitätsschule ist ein Förderprojekt des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg

Projektkoordinator: Dialogik gGmbH

Praxispartner: Electrify-BW e.V.

DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH

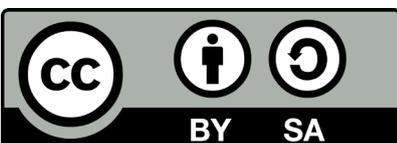
Gerhart-Hauptmann-Str. 22

70176 Stuttgart

Autorin und Layout: Jana Höffner; jana.hoeffner@electrify-bw.de

Grafikdesign der Mobilitätsschule: Jan Lutz

Stand: 28. Juli 2018



DIALOGIK
gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations-
und Kooperationsforschung mbH



Inhaltsverzeichnis:

Mobilitätswende – worum geht es?	1
Was bedeutet Elektroauto?	5
Mild Hybrid	5
Plug-In-Hybrid	5
Rangeextender	6
Batterieelektrisch	6
Wasserstoffelektrisch	6
Was bedeutet die Elektrifizierung unserer Individualmobilität?	8
Die Modellvielfalt	8
Die Technik	8
Das Elektroauto	11
Verkehr und Umwelt	14
CO ₂ und der Klimawandel	14
Stickstoffoxide	15
Ressourcen	16
Feinstaub	16
Lärm	17
Ökologische Folgen eines Elektroautos	18
Warum der Fokus auf den Elektroantrieb?	20
Brennstoffzelle	20
Biofuels	20
eFuels	21
Multimodawas? Warum Mobilität immer mehr zur Dienstleistung wird.	22
Die Klassiker	22
Die neuen Wilden	25
Glossar	30
Wichtige Internetadressen	32
Übersicht Elektrofahrzeuge für Fahrschulen	33

Mobilitätswende – worum geht es?

Schaut man in der Geschichte der Mobilität zurück, dann sieht man, dass für Jahrtausende Mobilität bedeutete, zu Fuß zu gehen, zu Reiten oder eventuell in Booten über Flüsse und Seen zu reisen. Das Fahrrad ist 2017 gerade erstmal 200 Jahre alt geworden. Die dampfbetriebene Eisenbahn transportierte die ersten Menschen vor knapp 200 Jahren. Der erste Personenzug auf deutschem Boden fuhr Ende 1835 von Nürnberg nach Fürth. Dampfschiffe, die Europa mit Amerika verbanden sind kaum älter. Der „Benz Patent-Motorwagen Nummer 1“ erblickte 1886 das Licht der Welt.

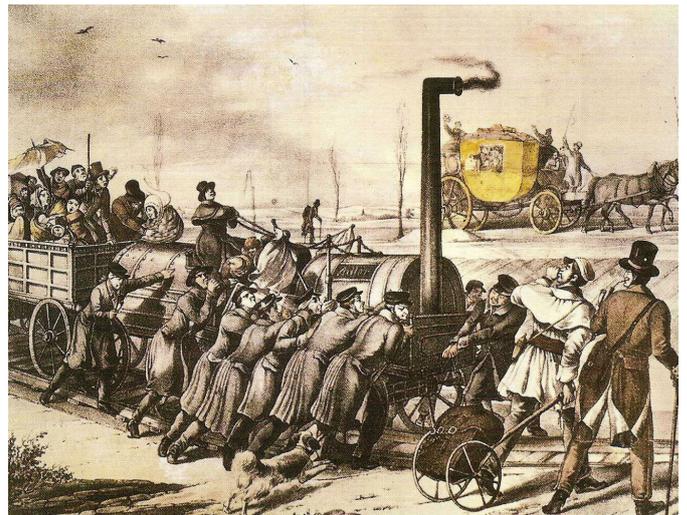
Die Mobilität, wie wir sie heute kennen, ist also noch gar nicht so alt. Und trotzdem hat wohl kaum etwas unsere Welt in den vergangenen 200 Jahren so geformt, wie die Möglichkeit in einem Bruchteil der Zeit von A nach B zu kommen. Zu Orten zu gelangen, von denen man zuvor noch nicht mal gehört hat. Auf einmal war es möglich auch, verderbliche Waren über große Distanzen zu handeln. Alle Barrieren brachen, als das Passagierflugzeug zum Massenphänomen wurde.

Schauen wir auf die vergangenen 200 Jahre sehen wir viele Disruptionen. Eine Disruption ist, wenn ein neues Produkt oder Geschäftsmodell ganze Branchen überwirft und letztlich übernimmt. Die aktuellsten Beispiele aus der Technikgeschichte sind sicher das Apple iPhone, auf das Nokia keine Antwort wusste. Die Digitalfotografie, die aus den Giganten Agfa und Kodak kleine unbedeutende Unternehmen am Rande des Existenzminimums machten. Amazon und Ebay, die die klassischen Versandhändler mit ihren Papierkatalogen vom Markt fegten.

Aber zurück zur Mobilität. Vielen ist es gar nicht bewusst, dass die 200-jährige Geschichte unserer modernen Mobilität eine Geschichte voller Disruptionen ist. Da es sowas wie das Ende der Geschichte nicht gibt, erleben wir auch heute und in Zukunft weitere Disruptionen in unserer Mobilität.

Als die Dampfeisenbahn kam, befürchteten Kutscher nicht zu Unrecht um ihr Einkommen. War der Zug doch schneller, bequemer und sicherer als Pferdekutschen. Seitens der Kutscher behalf man sich damit, vermeintliche Gefahren der Eisenbahn zu propagieren. Auch die Ärzte sahen ihr Einkommen schwinden. Denn die viel sichere Eisenbahn beschnitt ihr Geschäft mit der Behandlung von Verletzten von Kutschunfällen. So kolportierten manche Ärzte zu jener Zeit, dass der Mensch die hohe Geschwindigkeit der Züge per se nicht vertragen könne.

Heute wissen wir es besser. Inzwischen fahren Züge mit über 300 Stundenkilometern, ohne dass es den Menschen die Augen zu den Ohren rausdrückt. Kutscher und Ärzte die nicht mit der Zeit gingen und sich neue Aufgaben und Geschäftsfelder suchten, verloren den Kampf gegen die Eisenbahn. In rasender Schnelle breiteten sich neue Eisenbahnunternehmen mit ihren Strecken in ganz Europa aus. Keine 30 Jahre nach der Jungfernfahrt zwischen Nürnberg und Fürth, war vor allem Westeuropa von einem dichten Schienennetz überzogen, das weiter rapide wuchs.



Eine zeitgenössische Karrikatur zeigt die vermeintliche Überlegenheit der Kutsche gegenüber der ersten Personeneisenbahn auf deutschem Boden.

Kurz darauf trat das Automobil an, um die letzten Kutschen und Pferde zu verdrängen und es auch mit der mächtigen Eisenbahn aufzunehmen. Der bekannte angebliche Ausspruch Kaiser Wilhelms II „Ich glaube an das Pferd. Das Automobil ist eine vorübergehende Erscheinung“, zeigt, wie sehr manche Zeitgenossen die Wucht dieser Erfindung unterschätzt haben. Noch heute wird dieser Satz gerne zitiert, wenn es um disruptive Prozesse geht.

Zwar hat das Automobil die mächtigen Bahnen zumindest in Europa nicht besiegen können, aber die Hochzeit der Bahn war spätestens nach dem Zweiten Weltkrieg vorbei, als das Automobil endgültig zum Massenprodukt wurde. Hier kann man also kaum von einer Disruption sprechen.

Wenn unsere Großeltern nach Amerika reisen wollten, kamen sie nur mit dem Schiff über den Atlantik. Heute, weniger als ein Menschenleben später ist es fast gar nicht mehr möglich, auf regulärem Weg per Schiff von Europa nach Amerika zu kommen. Denn das Düsenflugzeug schafft die Strecke in einer deutlich kürzeren Zeit. Statt mehrerer Tage, dauert die Reise nicht mal mehr einen halben Tag. Mit dem Überschallflugzeug Concorde schrumpfte der Abstand zwischen Paris nach New York auf dreieinhalb Stunden. Erst seit Ende der 1950er Jahre verkehren Düsenflugzeuge im Reiseverkehr über den Atlantik. Bereits in den 1970ern haben die Atlantikliner die Überfahrt über den Atlantik fast vollständig eingestellt. Keine zwanzig Jahre hat es gedauert, um einen ganzen Wirtschaftszweig zu zerstören.

Wir sehen also, dass es immer wieder zu Disruptionen der verschiedenen Verkehrsträger untereinander kommt. Neben den harten Disruptionen sehen wir auch langsamere Prozesse oder Pendelbewegungen, bei denen einzelne Verkehrsträger im „ewigen Wettbewerb“ um Marktanteile kämpfen.

Aber auch innerhalb der Verkehrsträger sehen wir technische Weiterentwicklungen, die disruptive Ausmaße für ganze Branchen annehmen können. Die Dampfmaschine löste auf dem Wasser das Segel ab. Der Dieselmotor machte dann der Dampfmaschine den Gar aus und am Horizont lauern schon neue Techniken, die nichts mehr wollen, als dem Diesel den Hahn abzdrehen. Auf der Schiene sehen wir einen ähnlichen Prozess – vom Dampf zum Diesel zum Strom. In der Luft löste das Strahltriebwerk den Propeller weitgehend ab.

Allein das Auto mit seinem Verbrennungsmotor scheint unverwüstlich. Seit über 130 Jahren sorgt das Verdichten und Zünden eines Luft-Brennstoffgemischs für individuellen Vortrieb. Auch wenn sich die Benzin- und Dieselmotoren in dieser Zeit weiterentwickelt haben, bleibt das Prinzip das gleiche. Die vermeintliche Einfachheit der Technik und der unendlich geglaubte Vorrat an Brennstoff machten den Verbrennungsmotor konkurrenzlos. Nur ganz am Beginn seiner Geschichte Ende des 19. und ganz zu Beginn des 20. Jahrhunderts stand der Elektroantrieb in einer ernstzunehmenden Konkurrenz. Die Erschließung neuer Ölquellen und Erfindungen wie der elektrische Anlasser und die Zündkerze



Der Ozeanriese „Bremen“ tritt seine Jungferreise von Bremerhaven nach New York an.
Bild: Deutsches Bundesarchiv, CC BY-SA

entschieden das Rennen endgültig für den Verbrennungsmotor – zumindest bis heute.

Immer wieder hat man im 20. Jahrhundert versucht, den Verbrennungsmotor durch den Elektromotor zu ersetzen. Während des zweiten Weltkrieges, als Öl für viele Staaten knapp wurde, oder während der Ölkrise in den 1970er Jahren. Doch die Batterietechnik war nicht gut genug, Rohstoffkrisen gingen zu Ende und das Öl floss wieder reichlich.

In den 1980er Jahren entwickelte sich ein Umweltbewusstsein, das auch den Verbrennungsmotor als Übel für viele Umweltprobleme identifizierte. Aber die Batterietechnik war immer noch nicht so weit, um ihn zu ersetzen. Also setzte man auf bessere Technik, um die Abgase sauberer zu bekommen und den Treibstoffverbrauch zu senken. So blieb es bis zu Beginn unseres Jahrtausends bei Nischenanwendungen und Kleinserien. Auch heute treibt der Verbrennungsmotor die allermeisten unserer Fahrzeuge an.

Jetzt stehen wir jedoch an einem Punkt, an dem es für den altgedienten Benzin- und Dieselmotor eng werden könnte. Die Batterietechnik hat gerade in den vergangenen zwei Jahrzehnten enorme Fortschritte gemacht. Die Erfindung und Verbesserung der Lithium-Ionen-Batterien räumte viele Hürden wie hohes Gewicht, geringe Energiedichte und kurze Lebensdauer aus dem Weg. Inzwischen ist das Elektroauto dabei, sich auch jenseits der Nische zu behaupten. Zwar ist sein Anteil am Fuhrpark noch sehr gering, aber in vielen Städten Europas, Amerikas und Chinas gehört das Elektroauto inzwischen zum Stadtbild.

Ist also zu erwarten, dass der Elektroantrieb es im vierten Anlauf schafft, sich für das verlorene Rennen Anfang des 20. Jahrhunderts zu revanchieren? Erwacht eine im Prinzip alte Technologie dank neuer Batterien aus ihrem hundertjährigen Dornröschenschlaf? Und was bedeutet das für unsere individuelle Mobilität?

Wir dürfen aber die Technik unter der Haube eines Autos nicht als alleinigen Punkt betrachten. Die Vernetzung und Digitalisierung der Welt greift das Auto selbst an sich von einer ganz anderen Seite an. Wir verfügen heute über Technologien, von denen wir vor 25 Jahren noch nicht mal träumen konnten. Das erste iPhone kam 2007 auf den Markt. Es ist also gerade mal gut zehn Jahre alt. In dieser Zeit haben das iPhone und andere darauffolgende Smartphones unsere Welt radikal verändert. Wir haben jederzeit das ganze Internet in unserer Tasche. Seitdem haben sich auf dieser Erfindung neue Technologien, Ideen und Geschäftsmodelle entwickelt. Das Smartphone war eine Disruption die selbst viele weitere Disruptionen angestoßen hat und noch anstoßen wird.

Das hat auch Konsequenzen für unsere Mobilität. Individuelle Mobilität bedeutete noch zu Beginn unseres Jahrtausends: Fahrrad oder eigenes Auto. Öffentlicher Verkehr bedeutete Taxi, Zug oder Flugzeug. Nur ganz Verwegene suchten sich vor Schwarzen Brettern in Mitfahrzentralen eine Möglichkeit zur Mitreise.

Genauso wie wir das Internet heute in der Tasche tragen, tragen wir unzählige Möglichkeiten von A nach B zu kommen in der Tasche. Ein eigenes Auto ist heute längst keine Voraussetzung mehr dafür, um individuell und motorisiert mobil zu sein. In immer mehr Städten wird Mobilität vom Produkt zur Dienstleistung. Mit einem Wisch über das Smartphone haben wir Zugriff auf jederzeit verfügbare Car-sharingautos. Weite Strecken lassen sich klassisch mit der Bahn oder dem eigenen Auto zurücklegen, aber auch mit dem Fernbus oder der komfortablen Mitfahrapp. In den Städten kämpfen neben den

Bussen, Bahnen und Taxen neue Konzepte wie die Fahrdienste Uber und Lyft um Fahrgäste. Selbst das eigene Fahrrad wird mancherorts obsolet, da es in immer mehr Städten Mieträder gibt, die man nutzt und nicht besitzt.

Am Horizont wartet schon der nächste große Umbruch: autonomes Fahren. Das Auto ist nur noch Transportmittel, das mich automatisch an den Zielort bringt. Ob es 2020 oder erst 2030 so weit sein wird, kann heute keiner seriös sagen. Die Erfahrungen der vergangenen zehn Jahre zeigen aber, dass es wohl eher schneller als langsamer gehen wird.

Wir stehen also vor vielen neuen Brüchen in unserer Mobilität. Nicht nur die Antriebstechnik und die Nutzung werden sich ändern, auch der Wert von Mobilität wird sich ändern.

Wie bereiten wir heute junge Menschen, die einen Führerschein machen darauf vor? Welche Bedeutung hat dieser Wandel für Fahrschulen überhaupt? Braucht es in Zukunft vielleicht eher Mobilitäts- statt Fahrschulen? Müssen wir bald nicht mehr das Fahren lernen, sondern vielmehr Mobilitätskompetenz? Stehen wir erst am Anfang der Mobilitätswende oder sind wir schon mittendrin?

Dieser Band soll dabei helfen, die neuen Trends zu verstehen und soll mit der neuen Technik vertraut machen.

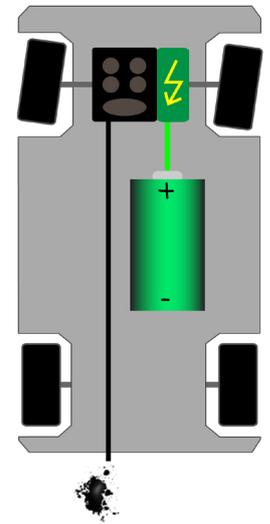
Was bedeutet Elektroauto?

Ist die Rede von Elektroautos ist die Verwirrung mitunter groß. Was zählt eigentlich alles zu dieser Kategorie?

Mild Hybrid

Beim Mild Hybrid unterstützt ein Elektromotor den Benzin- oder Dieselmotor. Der Strom für den Motor kommt aus einem kleinen Akku im Fahrzeug. Der Akku wird über beim Bremsen zurückgewonnene Energie aufgeladen. Beim Bremsen wird der verbaute Elektromotor zu einem Generator. Er wandelt die Bewegungsenergie in elektrische Energie um und speist sie in den Akku. Dieses Verfahren nennt sich Rekuperation. Ist die Batterie bei einem Mild Hybrid vollgeladen, reicht der Strom, um wenige Hundert Meter rein elektrisch fahren zu können, bevor der Verbrennungsmotor wieder zuschaltet.

Der Vorteil ist, dass durch die Unterstützung des Elektromotors der Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsmotors sinkt. Der berühmteste Mild Hybrid der Welt ist sicher der Toyota Prius. Das erste Model kam Ende 1997 in Japan auf den Markt. Inzwischen bieten viele Hersteller Mild Hybrid-Autos an. Bis auf wenige Ausnahmen haben alle Mild Hybrids Benzinmotoren.



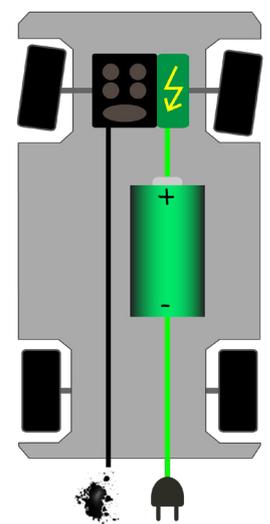
Plug-In Hybrid

Auch beim Plug-In-Hybrid (PHEV, Plug-In-Hybrid Electric Vehicle) unterstützt ein Elektromotor den Verbrennungsmotor. Neben der Rekuperation lässt sich der verbaute Akku zudem über die Steckdose aufladen. Der Akku in einem Plug-In-Hybrid ist daher deutlich größer als beim Mild Hybrid. Zudem hat der Elektromotor mehr Leistung und kann das Fahrzeug ohne Unterstützung des Verbrennungsmotors auf weit über 100 Stundenkilometer beschleunigen.

Ist die Ladung der Batterie aufgebraucht, funktioniert der Plug-In-Hybrid wie ein Mild Hybrid. Es ist aber auch möglich, die Batterie im Fahrbetrieb über den Verbrennungsmotor aufzuladen, was aber zu einem deutlich erhöhten Spritverbrauch führt.

Beim Antriebskonzept verfolgen die Hersteller unterschiedliche Ansätze. Bei manchen Modellen sitzt der Elektromotor direkt im Antriebsstrang. Zum Beispiel beim Audi A3 e-tron zwischen dem Benzinmotor und dem Getriebe. Bei anderen Konzepten, treibt der Benzinmotor die Vorderachse, während der elektrische Antriebsstrang auf der Hinterachse sitzt.

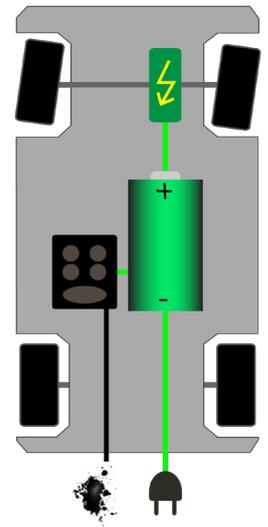
Durch die Kombination aus Verbrennungs- und Elektromotor erhält man die Vorteile beider Systeme. Muss aber auch mit den Nachteilen beider Systeme leben. Mit besonderer Vorsicht sind die Verbrauchswerte bei Plug-In-Hybriden zu betrachten. Der Neue Europäische Fahrzyklus (NEFZ) kommt durch sein Design bedingt zu völlig absurden Ergebnissen. So ist der Audi A3 e-tron mit einem Verbrauch von 1,8 bis 1,6 Litern auf 100 Kilometern angegeben. In der Praxis ist das natürlich nur zu erreichen, wenn man alle gut 30 Kilometer die Fahrbatterie wieder auflädt. Da PHEV in der Regel nicht schnellladefähig sind,



dauert der Ladezyklus etwa drei Stunden. Der reale Verbrauch liegt – je nach Nutzungsszenario – eher bei vier bis sieben Litern.

Range Extender

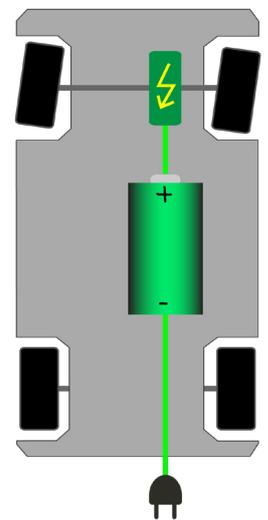
Der Range Extender (REX) verfügt über einen 100 Prozent elektrischen Antriebsstrang. Das bedeutet, das Auto wird ausschließlich von einem Elektromotor angetrieben. Seine Energie erhält der Elektromotor von einer an der Steckdose aufladbaren Batterie. Zusätzlich besitzt der REX aber noch einen kleinen Verbrennungsmotor, der über einen Generator ebenfalls die Batterie aufladen oder im Fahrbetrieb die Batterieladung erhalten kann. Dieser Verbrennungsmotor hat keine mechanische Verbindung zum Antriebsstrang. Der berühmteste Vertreter dieser Art ist der BMW i3, bei dem optional ein REX erhältlich ist. Ein Zweizylinder-Reihenmotor sitzt im Heck des Fahrzeugs. Mit einer Leistung von 28 Kilowatt (38 PS) und seinem neun Liter großen Tank, kann er die Reichweite des BMW i3 um 120 bis 150 Kilometer erhöhen. Der Verbrauch von 7,5 bis 6 Litern auf 100 Kilometern ist für ein Fahrzeug dieser Größe jedoch vergleichsweise hoch.



Durch die steigende Kapazität der Fahrbatterien und höhere Leistungen beim Schnellladen, wird sich dieses Prinzip im Pkw-Bereich bald erübrigen.

Batterieelektrisch

Es gibt Menschen, die sagen, dass ein richtiges Elektroauto keinen Auspuff hat und daher nur rein batterieelektrische Autos (BEV, Battery Electric Vehicle) diese Bezeichnung verdienen. Das BEV bezieht seine gesamte Energie über eine an der Steckdose aufladbare Batterie. Heute gibt es BEV mit Reichweiten von 100 bis 450 Kilometern. Die Benchmark setzt in diesem Segment der kalifornische Autobauer Tesla. Seine Fahrzeuge sind mit einer bis zu 100 Kilowattstunden großen Batterie erhältlich, die reale Reichweiten bis 450 Kilometer ermöglichen.



Aber auch andere Hersteller bieten inzwischen größere Batterien an. So ist der Renault ZOE mit einer 41 Kilowattstunden-Batterie erhältlich, die Reichweiten von 230 bis 300 Kilometer im Alltag ermöglicht. Der BMW i3, der 2017er VW eGolf oder der Hyundai Ioniq electric erreichen ebenfalls im Alltag Reichweiten um 200 Kilometer.

Die meisten modernen BEV lassen sich an speziellen Ladesäulen schnellladen. Ist die Batterie ganz leer stehen in 20 bis 40 Minuten wieder 80 Prozent der Reichweite zur Verfügung. Dank dem sich in Europa rasant verdichtenden Schnellladnetz sind mit diesen Fahrzeugen weitere Strecken kein Problem mehr.

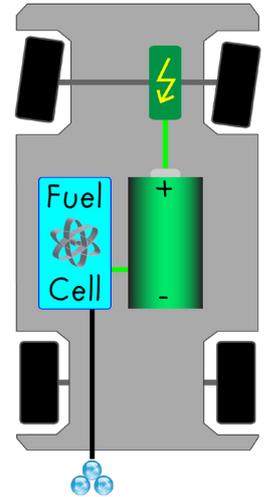
Wasserstoffelektrisch

Wasserstoffelektrische Fahrzeuge (FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle) verbrennen den Wasserstoff nicht in einem Motor. Sie nutzen den mitgeführten Wasserstoff, um in einer Brennstoffzelle Strom zu erzeugen. Dieser Strom treibt dann den Elektromotor an. Das „Abfallprodukt“ der Brennstoffzelle ist Wasser und Wärme.

In der Regel sitzt eine Batterie zwischen Brennstoffzelle und Motor, die die Energie der Brennstoffzelle puffert. So kann die Brennstoffzelle immer im idealen Arbeitsbereich arbeiten und dem Motor stehen höhere Leistungen zur Verfügung, als die Brennstoffzelle auf einmal liefern kann – etwa zum Beschleunigen. Mercedes Benz plant ein FCEV, dessen Batterie auch an der Steckdose geladen werden kann, um ähnlich wie beim PHEV den „Brennstoff“-Verbrauch zu senken.

Der Vorteil des FCEV ist, dass der Wasserstoff ähnlich schnell wie Benzin oder Diesel getankt werden kann. Die Reichweiten liegen bei über 400 Kilometern. Der Nachteil ist, dass der Wasserstoff heute größtenteils aus Fracking gewonnenem Erdgas oder anderen fossilen Quellen stammt. Anlagen, die Wasserstoff mittels Elektrolyse aus Wasser und regenerativen Strom produzieren, existieren bisher nur im kleinen Maßstab. Zudem ist die Elektrolyse sehr energieaufwendig. Um den Wasserstoff zu verdichten und zu transportieren wird nochmal viel Energie benötigt.

Mit Förderung der Bundesregierung errichtet ein Konsortium derzeit mehrere Wasserstofftankstellen in Deutschland.



Was bedeutet die Elektrifizierung unserer Individualmobilität?

Gerade sind Elektroautos wieder in aller Munde. Nur eines zu kaufen, trauen sich die Wenigsten. Wer sich für ein Elektroauto entscheidet, muss mitunter mit langen Lieferzeiten rechnen. In Deutschland lag der Marktanteil in den in der ersten Hälfte des Jahres 2018 bei ungefähr einem Prozent. In Großbritannien sind es lediglich zwei Prozent. In den Niederlanden kommt das Elektroauto etwas besser an. In Norwegen läuft es jedoch langsam aber sicher den Verbrennern den Rang ab. Der Anteil von BEV lag 2017 bei 30 Prozent, der von PHEV bei 20 Prozent. Warum reden alle vom Elektroauto, aber keiner will es kaufen? Das hat verschiedene Gründe.

Das Modellangebot bei Elektroautos ist noch recht überschaubar. Für viele ist einfach noch nicht das passende Auto dabei. Andere schreckt die unbekannte Technik ab, wieder andere haben Angst ob der Reichweiten um 200 bis 400 Kilometer ohne Strom liegen zu bleiben. Auch die Frage, wie und wo ich Strom für das Elektroauto bekomme, lässt viele beim Kauf zögern. Und nicht zuletzt sind viele Elektroautos in der Anschaffung teurer als ein Auto mit Verbrennungsmotor. Aber sind diese Bedenken berechtigt, oder vielmehr was ist an diesen Befürchtungen dran?

Die Modellvielfalt

Die Zahl der verschiedenen Elektroautos ist in der Tat noch sehr überschaubar. Viele Hersteller haben – wenn überhaupt – nur ein oder zwei Modelle aus ihrer breiten Palette elektrifiziert. So gibt es zwar Klein- und Kompaktwagen an einem, und Luxusfahrzeuge am anderen Ende, aber dazwischen klafft eine gewaltige Lücke bei Familienautos, Kombis und Vans. Eine Auswahl der derzeit verfügbaren Fahrzeuge finden



Das Elektroauto-Quartett von Electrify-BW gibt einen Marktüberblick über die verfügbaren Elektroautos. Das Quartett ist auf www.Electrify-BW.de erhältlich.

Sie am Ende dieses Bandes. Für die kommenden Jahre sind aber zahlreiche neue Modelle angekündigt, so dass die Modellvielfalt bis 2020 viel breiter gefächert sein wird.

Die Technik

Elektroauto? Das ist doch alles bestimmt total kompliziert? Im Gegenteil! Derzeit gibt es kein einfacheres Prinzip, um mechanisierten Vortrieb in einem Fahrzeug zu generieren. Der Verbrennungsmotor hat 3.000 bewegliche Teile, der Elektromotor etwa 50 bis 100. Das Elektroauto braucht kein Getriebe, keine Anbauaggregate und keine Abgasreinigung. Für die Nutzerin oder den Nutzer beschränkt sich die Wartung auf das Nachfüllen des Wischwassertanks und der Druckkontrolle der Reifen. Das Elektroauto lässt sich nicht abwürgen und kennt weder Kaltstart noch erhöhten Verschleiß bei Kurzstrecken. Die Kenngrößen beschränken sich auf nur drei Zahlen: Batteriekapazität, Motorleistung und Ladeleistung.

Die Batteriekapazität

Die Kapazität einer Batterie wird in Amperestunden (Ah) angegeben. Öfters wird aber der Energiegehalt der Batterie in Kilowattstunden (kWh) angegeben. Kilowattstunden sind das Produkt aus Amperestunden und der Batteriespannung in Volt (V). Watt ist die elektrische Einheit für Leistung. Ein Kilowatt

sind 1.000 Watt (W). Multipliziert man die Leistung mit einer Zeiteinheit, zum Beispiel Stunden (h), bekommt man Wattstunden (Wh), die Einheit für Arbeit oder Energie. Lässt man eine Glühbirne mit 100 Watt zehn Stunden lang brennen ($100 \text{ W} * 10\text{h}$), hat sie 1.000 Wh oder 1 kWh Arbeit in Form von Licht und Wärme geleistet. Die Batteriekapazität in kWh gibt also an, wie viel Arbeit der Elektromotor mit der mitgeführten Energie leisten kann.

Für ein Rechenbeispiel nehmen wir an, dass der Elektromotor bei konstanter Fahrt mit 100 Kilometern pro Stunde (km/h) 10 Kilowatt (kW) Leistung braucht. Die Batterie hat einen Energiegehalt von 30 kWh. Der Motor kann also drei Stunden arbeiten, bevor die Batterie leer ist ($10 \text{ kW} * 3 \text{ h} = 30 \text{ kWh}$). Dabei hat er das Auto 300 Kilometer weit bewegt. Umgedacht auf die Verbrennerwelt sind die kWh also das Pendant zum Tankinhalt in Litern.

Die Motorleistung

Wie bei herkömmlichen Motoren auch, wird die Leistung eines Elektromotors in Kilowatt (kW) angegeben. Kilo bedeutet 1.000 – also sind $1 \text{ kW} = 1.000 \text{ Watt (W)}$.

Obwohl sich beide Motorenarten der gleichen Einheit bedienen, ist ein direkter Vergleich der Leistung schwer. Denn ein Elektromotor hat über nahezu den gesamten Drehzahlbereich das volle Drehmoment. Er muss also nicht erst auf eine gewisse Umdrehungszahl kommen, um seine volle Kraft zu entfalten. Daher braucht der Elektromotor auch kein Getriebe im klassischen Sinn. Da der Motor schneller als die Achse dreht, setzt ein eingängiges Reduziergetriebe lediglich die Drehzahl herab. Zum Rückwärtsfahren polt die Elektronik einfach den Motor um, so dass er sich in die andere Richtung dreht. Elektronische Begrenzer verhindern dabei, dass das Fahrzeug im „Rückwärtsgang“ die gleiche Beschleunigung und Endgeschwindigkeit wie im „Vorwärtsgang“ erreicht.

Durch das direkt anliegende Drehmoment fährt sich ein Elektroauto mit gerade mal 70 kW Leistung bei Geschwindigkeiten bis 70 Stundenkilometer wie ein Verbrenner mit der nahezu doppelten Leistung. Beim Ampelstart braucht ein Verbrennungsmotor noch höhere Leistungen, um mit dem unmittelbaren Drehmoment des Elektromotors mithalten zu können. Beim Elektroauto braucht es also ein bisschen Umgewöhnung, um zu wissen, was Leistungsangaben des Motors auf der Straße bedeuten.

Die Ladeleistung

Wie schnell kann das Elektroauto aufladen? Hier kommt es auf die maximale Ladeleistung an. Auch diese Leistung wird in Kilowatt angegeben. Dabei ist Kilowatt das Produkt aus Strom (Ampere, A) und Spannung (Volt, V). $\text{Watt} = \text{Volt} * \text{Ampere}$. Jedes Auto kann mit Wechselstrom (AC) aus einer normalen Haushaltssteckdose aufladen. Hier stehen dauerhaft aber nur zwei bis zweieinhalb kW zur Verfügung. Da die Spannung an der normalen Haushaltssteckdose in Europa bei 230 Volt liegt, können wir den Ladestrom einfach ausrechnen: $2.500 \text{ W} / 230 \text{ V} = 10,9 \text{ A}$.

Wie lange dauert es, an einer Haushaltssteckdose ein Elektroauto zu laden? Hierzu brauchen wir die Batteriekapazität in kWh. Hat die Batterie 25 kWh und wird mit 2,5 kW geladen, dauert es zehn Stunden (h) um die Batterie von ganz leer bis ganz voll zu laden ($25 \text{ kWh} / 2,5 \text{ kW} = 10 \text{ h}$). Ist der Durchschnittsverbrauch des Fahrzeugs bekannt, lässt sich ebenfalls ausrechnen, wie viele Kilometer in einer Stunde nachgeladen werden. Der Einfachheit halber gehen wir wieder von 10 kWh pro 100 km aus. Um 10 kWh oder

 *Übrigens: In einem Liter Benzin stecken ungefähr zehn Kilowattstunden Energie. Warum aber kann das Elektroauto mit der gleichen Energie wie drei Liter Benzin 300 Kilometer weit fahren? Die Antwort ist die Energieeffizienz. Während ein Verbrennungsmotor im Idealfall aus der Energie des Kraftstoffs nur 20 bis 30 Prozent in Bewegung verwandelt – der Rest ist Wärme – verwandelt der Elektromotor 90 bis 95 Prozent der Energie in Vortrieb.*

eben 100 Kilometer nachzuladen, bräuchte es in unserem Beispiel vier Stunden. In einer Stunde lädt das Auto genug Strom für ein Viertel von 100 Kilometern, also 25 Kilometer ($100 \text{ km} / 4 \text{ h} = 25 \text{ km/h}$ Ladegeschwindigkeit).

Nun will aber niemand eine Stunde warten, um 25 km weit fahren zu können. Die Haushaltssteckdose ist also nur bedingt geeignet, ein Elektroauto aufzuladen. Zumal mit größeren Batterien mit mehr kWh Energiegehalt die Ladezeit ansteigt. Bei Fahrzeugen mit bis zu 30 kWh-Batterien reicht diese Geschwindigkeit aber zum Laden über Nacht aus.

Viele Autos können daher mit höheren Leistungen oder mit Dreiphasen-Wechselstrom laden. Dreiphasenwechselstrom kennt man im Haushalt vom Herd. Dieser wird nicht einfach in die Steckdose gesteckt, sondern hat einen Anschluss mit fünf Adern. Diese sind eine Erdung, ein Nullleiter und drei mal 230 Volt Wechselstrom. Wobei die Phasen des Wechselstroms untereinander verschoben sind. Hierdurch sind größere Leistungen möglich.

Hat man einen Lader der drei Phasen mit 16 Ampere pro Phase nutzt, kommt man auf rund 11 kW Leistung ($3 * 16 \text{ A} * 230 \text{ V} = 11.040 \text{ W} = 11 \text{ kW}$). Jetzt könnte unser Beispielauto Strom für 110 Kilometer in einer Stunde nachladen. Die Batterie wäre in etwa 2,5 Stunden vollständig aufgeladen. Der Vorteil ist, dass unser Stromnetz mit eben diesem Dreiphasen-Wechselstrom funktioniert. Das heißt, es gibt ihn an jedem Haus, Büro- oder Industriegebäude. Eine Übersicht der Fahrzeuge und ihrer AC-Ladeleistung finden Sie am Ende dieses Bandes.

Aber es geht noch schneller. Fast alle modernen Elektroautos können mit Gleichstrom (DC) schnellladen. Hier stehen derzeit Ladeleistungen von 50 bis 120 Kilowatt zur Verfügung. Perspektivisch wird die Leistung bis auf 350 Kilowatt steigen. Da die Technik, um aus dem netzüblichen Wechselstrom Gleichstrom zu machen, verhältnismäßig teuer ist, finden sich solche Schnellladestationen überwiegend im öffentlichen Raum. Eine private oder gewerbliche Anschaffung lohnt derzeit sich nur bei großen Flotten.

Es gibt drei verschiedene Standards für das Schnellladen mit Gleichstrom. Die europäischen Hersteller und Hyundai benutzen CCS (Combined Charging System, seltener auch „Combo 2“ genannt). Der CCS-Stecker baut auf dem europäischen Standardstecker Typ 2 Mennekes auf.

Asiatische Hersteller sowie Citroen und Peugeot verwenden derzeit CHAdeMO – eine japanische Erfindung. Auch Tesla kann über einen Adapter an CHAdeMO mit Gleichstrom laden. Moderne Schnellladesäulen bieten in der Regel sowohl ein CCS als auch einen CHAdeMO-Anschluss an. So dass man dort

Typ 1 J1772

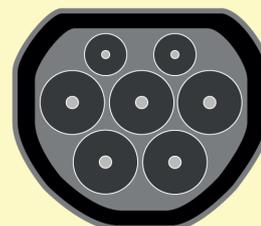
Laden mit Wechselstrom



Citroën, Kia, Mitsubishi, Nissan, Peugeot

Typ 2 Mennekes

Laden an (Drei-Phasen-)Wechselstrom

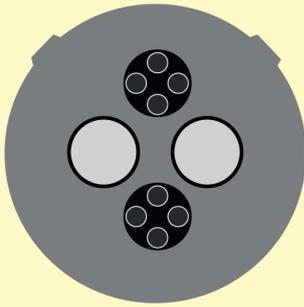


BMW, Hyundai, Mercedes, Opel, Renault, Smart, Tesla*, Volkswagen

* Auch Gleichstrom-Schnellladung am Tesla Supercharger

CHAdeMO

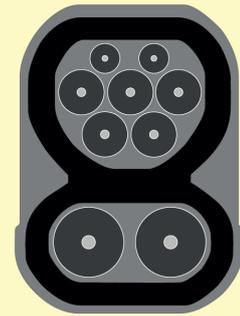
Schnellladung über Gleichstrom.



Citroën, Kia, Mitsubishi, Nissan, Peugeot, Tesla*
* mit Adapter

CCS

Laden an Wechselstrom und Drei-Phasen-Wechselstrom
und Schnellladung über Gleichstrom.



BMW, Hyundai, Opel, Volkswagen

mit allen modernen DC-fähigen Elektrofahrzeugen laden kann. Mittelfristig ist zu erwarten, dass alle in Europa angebotenen Elektroautos mit CCS laden.

Tesla hat mit seinen Superchargern ein eigenes DC-Schnellladesystem. Dies liegt aber nicht daran, dass Tesla sich nicht einer bestehenden Norm anschließen wollte. Zur Markteinführung des Tesla Model S im Jahr 2012 (USA) und 2013 (Europa) gab es schlicht keinen DC-Schnellladestandard, der den Ansprüchen von Tesla in Sachen Leistung entsprach. Daher waren sie gezwungen ein eigenes System zu etablieren. In Europa basieren die Supercharger auf dem Typ2-Mennekes Stecker mit verstärkten Kontakten. So dass das Fahrzeug über den gleichen Anschluss an einer normalen Steckdose mit Wechselstrom (eine oder drei Phasen) und am Supercharger laden kann. Inzwischen hat Tesla ein eigenes europaweites Schnellladenetz, mit dem nahezu jedes Ziel problemlos zu erreichen ist.

Auch das Ladenetz für CCS und CHAdeMO wächst in Deutschland und Europa in einem rasanten Tempo. Damit sind auch mittlere oder gar längere Strecken mit vielen Elektroautos kaum noch ein Problem.

Das Elektroauto

Warum überhaupt ein Elektroauto? Das Elektroauto ist dem Auto mit Verbrennungsmotor bis auf eine Ausnahme in allen Disziplinen überlegen. Der Elektromotor ist energieeffizienter, leistungsfähiger, leiser und lauffruhiger als ein Verbrenner. Phänomene wie Kaltstart oder erhöhter Verschleiß bei vielen Kurzstrecken sind ihm unbekannt. Der Motor selbst braucht keinen Ölwechsel und keine komplizierten Anbauaggregate. Das Getriebe ist ein Untersetzungsgetriebe mit einem festen Gang. Die Rekuperation – also die Umwandlung der Bewegungsenergie in elektrische Energie beim Verzögern – führt zu einem signifikant niedrigeren Bremsenverschleiß und damit zu einer deutlich geringeren Feinstaubproduktion durch Bremsenabrieb. Die zurückgewonnene elektrische Energie wird in der Batterie gespeichert und erhöht damit die Reichweite und Effizienz des Fahrzeugs.

Einige Hersteller setzen auf „One Pedal Drive“ – also das Fahren mit nur einem Pedal. Die Autos haben natürlich weiterhin mechanische Bremsen und das entsprechende Pedal. Beschleunigung und Verzögerung per Rekuperation liegen jedoch komplett auf dem „Fahrpedal“. So ist auch das Fahren im Stadtverkehr deutlich komfortabler und einfacher.

Um den Unterschied zwischen den beiden Antriebstechniken wirklich zu erleben, hilft nur eine Probefahrt in einem elektrisch angetriebenen Auto. Die fehlenden Vibrationen und der fehlende Lärm des

Verbrennungsmotors vermitteln ein völlig neues Fahrgefühl. Die unmittelbare Beschleunigung des Elektromotors über den fast gesamten Drehzahlbereich macht selbst Kleinwagen wie den Smart EQ oder den Renault ZOE so spritzig und agil wie Autos mit einem deutlich stärkeren Verbrennungsmotor.

Das Elektroauto ist also in erster Linie ein Gewinn an Komfort und Fahrspaß für die Insassen. Dabei hat es den positiven Nebeneffekt, dass es die Umweltauswirkungen unserer individuellen Mobilität deutlich verringern kann. Der Elektromotor benötigt noch nicht mal ein Drittel der Energie wie ein Verbrennungsmotor. Dabei ist das Elektroauto lokal emissionsfrei und erzeugt deutlich weniger Verkehrslärm. So können sie Städte deutlich lebenswerter machen. Zwar gibt es ab etwa 30 km/h auch hörbare Wind- und Abrollgeräusche, doch trägt diese Geräuschkulisse nicht annähernd so weit, wie die eines Verbrennungsmotors. Aus einer Entfernung von nur wenigen Metern ist das Elektroauto auch bei höheren Geschwindigkeiten nahezu geräuschlos.

Im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen kann Strom regenerativ gewonnen werden. Ohne dabei mit der Nahrungsmittelproduktion in Konkurrenz zu treten, wie es etwa bei Biokraftstoffen der Fall ist. So wird die Emission eines Elektroautos nicht nur aus der Stadt in ein fossiles Kraftwerk verlagert, sondern entfällt fast komplett.

Der Energieaufwand, um ein Elektroauto herzustellen ist jedoch höher, als die Produktion eines Autos mit Verbrennungsmotor. Da die Herstellung der Zellen und Batterien energieaufwendig ist. Die gute Nachricht ist aber, dass der größte Anteil bei der Produktion elektrische Energie ist, die ebenfalls erneuerbar gewonnen werden kann. Einige Hersteller wie Tesla setzen daher schon heute bei der Produktion ihrer Zellen und Batterien auf erneuerbare Energien um den CO₂-Rucksack bei der Produktion des Fahrzeugs möglichst gering zu halten.

Wer ein Elektroauto fährt, sollte natürlich darauf achten, es möglichst mit Ökostrom aufzuladen. Hier empfiehlt es sich, einen Anbieter zu wählen, der auch aktiv in den Ausbau der erneuerbaren Energien investiert. Die größten Anbieter sind hier Lichtblick, Naturstrom, EWS oder Greenpeace Energy. Aber es gibt zahlreiche weitere Stromanbieter, die echten Ökostrom verkaufen. Bei der öffentlichen Ladeinfrastruktur wird zum überwiegenden Teil Ökostrom geliefert.

Vergleich CO₂-Emissionen Elektroauto und Verbrennerauto

2017 fielen im deutschen Strommix pro erzeugter Kilowattstunde (kWh) 489 Gramm CO₂ an.

Ein Tesla Model S braucht 21 kWh / 100 km. Das entspricht einem CO₂-Ausstoß von 10,269 kg / 100 km.

Ein vergleichbarer Audi A7 3,0 TDI braucht 8 Liter Diesel / 100 km. Das entspricht einem CO₂-Ausstoß von 21,12 kg / 100 km.

Ein vergleichbarer Audi A7 3,0 TSFI braucht 11,8 Liter Benzin / 100 km. Das entspricht einem CO₂-Ausstoß von 27,494 kg / 100 km.

Auch in der Mittelklasse ist diese Rechnung positiv für das Elektroauto:

eGolf (116 PS): 16,64 kWh / 100 km = 8,137 kg CO₂ / 100 km

Golf Diesel (100 bis 130 PS): 5,56 Liter / 100 km = 14,678 kg CO₂ / 100 km

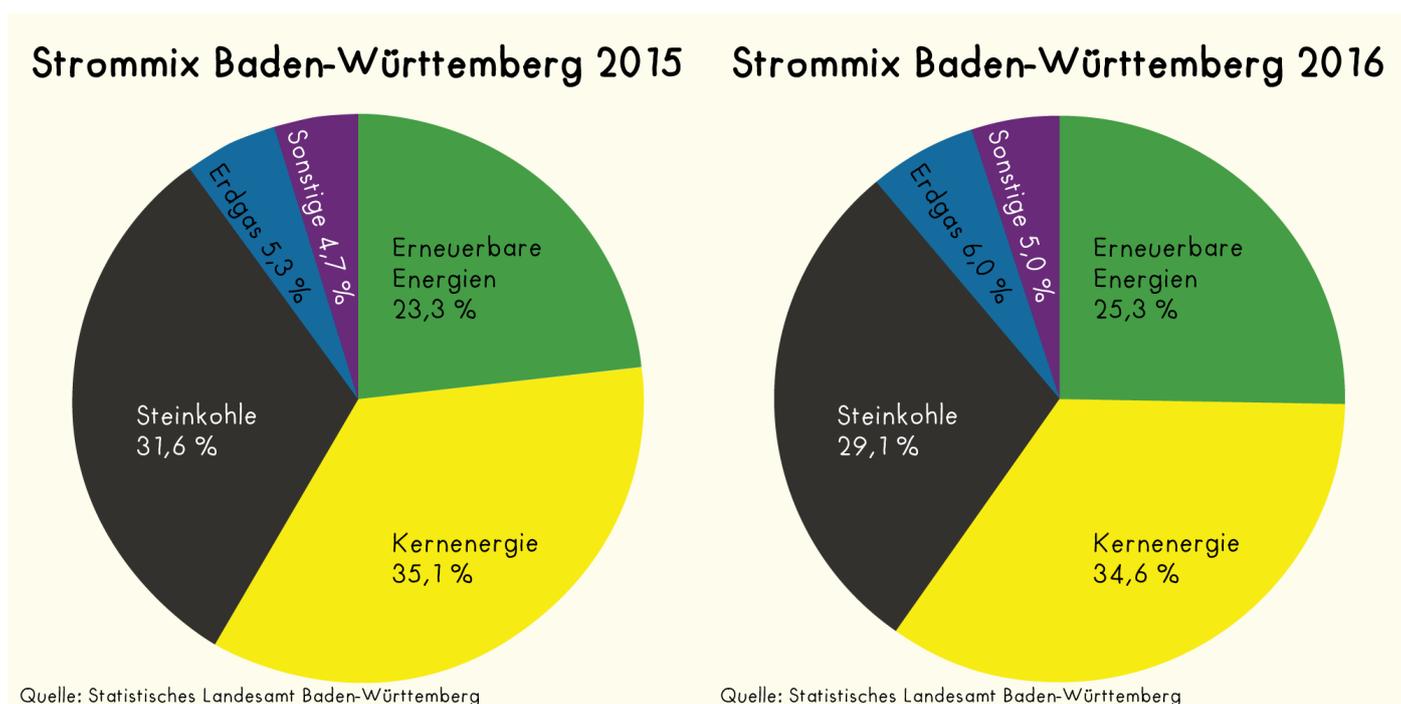
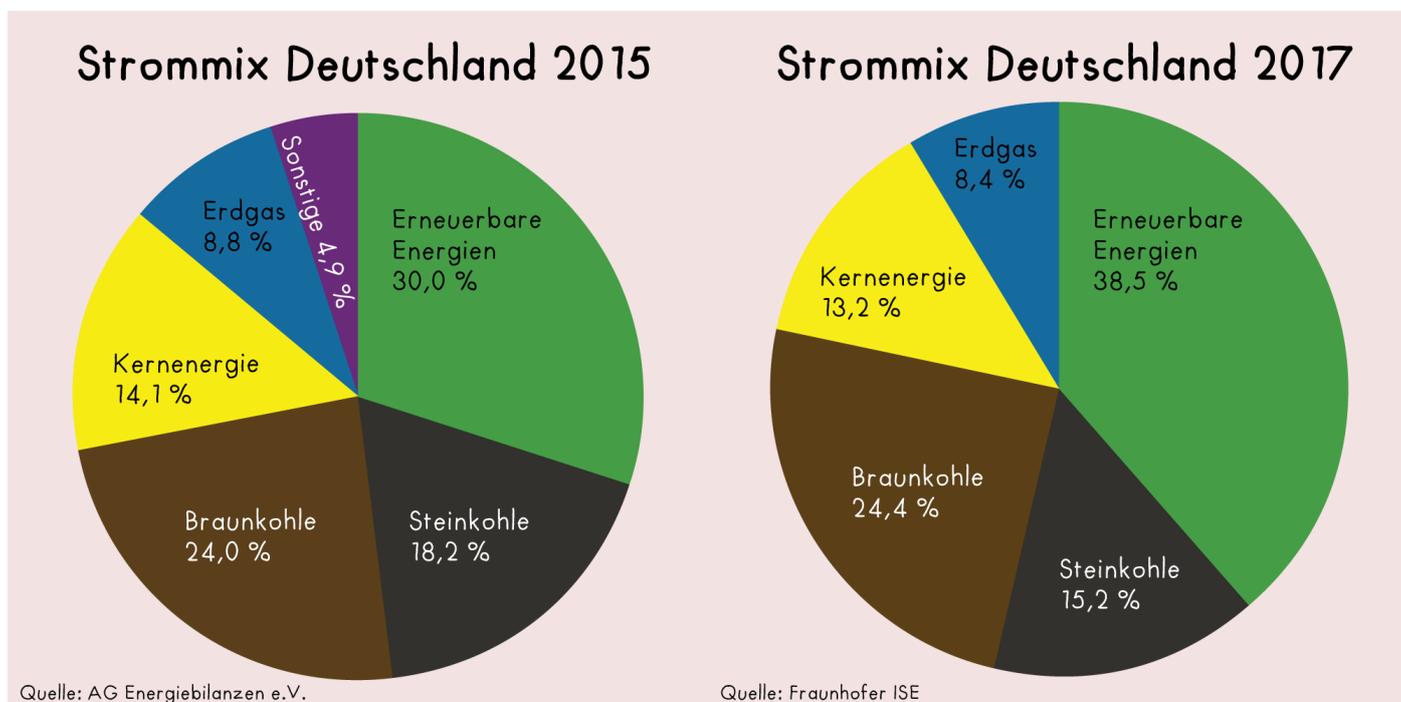
Golf Benzin (100 bis 130 PS): 7,32 Liter / 100 km = 17,056 kg CO₂ / 100 km

(Quellen: Umweltbundesamt, Spritmonitor.de)

Und selbst wenn das Auto mit dem vergleichbar schmutzigen deutschen Strommix geladen wird, erzeugt es deutlich weniger CO₂ als ein vergleichbares Auto mit Verbrennungsmotor. Zwar hatten wir in Deutschland 2017 einen Anteil von 38,5 Prozent Ökostrom im Strommix, die schmutzigen und CO₂-intensiven Braunkohlekraftwerke verschlechtern jedoch die Bilanz.

Der Anteil der erneuerbaren Energien im Strommix steigt aber von Jahr zu Jahr, so dass die Bilanz der Elektroautos mittelfristig noch besser wird. Zudem fallen für die Förderung, den Transport, die Raffinierung und Distribution fossiler Brennstoffe weitere CO₂-Äquivalente an, die in der Beispielrechnung gar nicht aufgeführt sind.

Zwar ist der Anteil der erneuerbaren Energien 2016 im Vergleich zu 2015 leicht zurückgegangen, 2017 stieg der Anteil erneuerbarer Energien aber stark an. Laut Fraunhofer ISE liegt ihr Anteil inzwischen bei 38,5 Prozent.



Verkehr und Umwelt

Es ist unbestreitbar, dass viele Formen unserer motorisierten Mobilität einen negativen Einfluss auf unsere Umwelt haben. Wenn wir Diesel oder Benzin verbrennen, hat das lokale, regionale und globale Auswirkungen auf uns. Dabei geht es nicht darum, Kröten über die Straße zu tragen, sondern es geht hier um existentielle Fragen. Wenn wir so weiter machen, riskieren wir nicht weniger, als unseren Lebensraum Erde. Es sind keine grünen Ökospinnereien verwirrter Baumumarmen. Unsere Anstrengungen bei Klima- und Umweltschutz entscheiden darüber, ob wir in Zukunft noch auf diesem Planeten leben können oder nicht.

CO₂ und der Klimawandel

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein farb- und in niedrigen Konzentrationen geruchsloses Gas. Es ist ein Molekül, das aus einem Kohlenstoff-Atom (C) und zwei Sauerstoffatomen (O₂) besteht. Mit einem Anteil von 0,04 Prozent ist es ein natürlicher Bestandteil der Erdatmosphäre. Für den Menschen gefährlich wird CO₂ erst bei einer Konzentration von etwa drei Prozent in der Atemluft. Pflanzen brauchen CO₂ um zusammen mit Sonnenlicht Energie und Sauerstoff zu produzieren. Warum ist dann aber CO₂ so ein gefährliches Gas?

CO₂ wirkt in unserer Atmosphäre wie eine dicke Daunendecke. Das auf die Erde fallende Sonnenlicht, wird von dunklen Flächen absorbiert, die sich dadurch erwärmen. Je dunkler die Fläche, desto mehr Sonnenlicht wird in Wärme verwandelt. Helle Flächen reflektieren das Sonnenlicht wie einen Spiegel zurück ins Weltall. Den Effekt kennt jeder, der schon mal in ein weißes oder schwarzes Auto gestiegen ist, das eine Weile in der Sonne stand.

Bestimmte Gase in der Atmosphäre verhindern aber, dass die reflektierte Sonnenenergie zurück ins All gestrahlt wird. Moleküle wie CO₂ reflektieren die Energie wieder zurück auf die Erde. Je mehr CO₂ in der Atmosphäre ist, desto weniger Sonnenenergie wird ins All zurück gestrahlt. Und mehr bedeutet nicht, dass der Anteil des CO₂ in der Atmosphäre auf ein oder noch mehr Prozent steigen muss. Ein globaler Anstieg von 0,04 auf 0,05 Prozent hätte bereits katastrophale Auswirkungen. CO₂ entsteht hauptsächlich bei Verbrennungsprozessen. Verbrennen wir Kohle, Öl und Gas setzen wir über Jahrmillionen eingespeichertes CO₂ in die Atmosphäre frei.

Es ist wissenschaftlich unbestritten, dass der menschengemachte CO₂-Ausstoß zu einer signifikanten Erwärmung unserer Atmosphäre führt. Steigt die mittlere Temperatur über einen gewissen Punkt, hätte das beängstigende Auswirkungen. Steigende Meeresspiegel würden viele der am Dichtesten besiedelten Regionen der Welt unbewohnbar machen. Während einige Regionen unter extremen Dürren leiden, gäbe es in anderen Regionen vermehrt verheerende Unwetter. Nur ein Beispiel: Hurrikans gewinnen ihre Energie aus der Temperatur des Atlantiks. Steigt die Temperatur, steigt die Energie, die ein Hurrikan speist.

Es besteht die ernstzunehmende Gefahr, dass die Klimaveränderung einen Tipping-Point erreicht. Also einen Zeitpunkt, von dem aus es kein Zurück gibt und sich verschiedene Effekte gegenseitig aufschaukeln und beschleunigen. Dann würde sich das Klima in einer Kettenreaktion so schnell und radikal verändern, dass sich viele Lebewesen, darunter auch der Mensch, nicht mehr an die Veränderungen anpassen könnten.

Die Gletscher und die Eiskappen der Pole wirken wie Spiegel und reflektieren Sonnenlicht und Wärme

zurück ins All, so senken sie die globale Temperatur. Schmilzt immer mehr Eisfläche, wird weniger Energie zurück ins All reflektiert, die Temperatur steigt weiter, mehr Eisfläche schmilzt. Schon heute beginnen die Permafrostböden im Polarkreis aufzutauen. Permafrostböden sind eigentlich das ganze Jahr über gefroren. In diesen Böden sind sehr große Mengen Methan gespeichert. Methan ist ein vielfach potenteres Klimagas als CO_2 . Tauen die Böden auf, gelangt das bisher gebundene Methan in die Atmosphäre, was zu einer weiteren rapiden Erwärmung führt, mehr Böden tauen auf, mehr Methan wird freigesetzt.

In Deutschland stammen 18 Prozent der CO_2 -Emissionen aus dem Verkehr. Weltweit sind es 23 Prozent. Würden wir von heute auf morgen die CO_2 -Emissionen aus dem Verkehr auf null senken, wären wir dem Klimaschutz schon ein bedeutendes Stück näher. Klar ist, dass das so schnell nicht möglich ist. Genau so klar ist, dass der Verkehrssektor alleine nicht reicht, die Klimaschutzziele zu erreichen. Beim CO_2 müssen wir also an vielen Stellen ansetzen. Bei der Erzeugung von Strom und Wärme – Stichwort Energiewende –, in der Industrie und der Landwirtschaft. Schaffen können wir es nur, wenn alle Sektoren einen signifikanten Beitrag leisten.

Da kommt uns zum Vorteil, das Mobilitäts- und Energiewende Hand in Hand gehen können. Wenn wir immer mehr auf Elektroantriebe setzen, müssen wir auch unsere Stromgewinnung von fossilen Energieträgern entkoppeln. Fortschritte in der Batterietechnologie und auch Elektroautos selbst können helfen, die Stromerzeugung durch Wind, Sonne, Wasser und Erdwärme verlässlicher und vorhersagbarer zu machen und so den Umstieg auf eine CO_2 -freie Energiegewinnung zu beschleunigen.

Stickstoffoxide

Der Ausstoß von Stick(stoff)oxiden (NO und NO_2) wird hauptsächlich von Dieselmotoren erzeugt und ist vor allem ein lokales Umweltproblem. Leittragende einer erhöhten NO_x -Konzentration in der Luft sind die Menschen. Denn das strengriechende farblose Gas hat nicht unerhebliche Auswirkungen auf unsere Gesundheit. Menschen mit Atemwegserkrankungen wie Asthma sowie Kinder und Senioren sind besonders anfällig für Stickoxide. NO_2 reichert sich zudem in Bodennähe an. So dass die Konzentrationen, denen Kinder ausgesetzt sind, deutlich höher als die Messwerte sind, die in zwei bis drei Metern Höhe erhoben werden.



Die Luftmessstation am Neckartor in Stuttgart. Hier werden regelmäßig zu hohe Feinstaub- und Stickoxidbelastungen gemessen.

Stickoxide reizen die Atemwege und Schleimhäute. Langfristig schränkt eine hohe Stickoxidbelastung auch die Leistungsfähigkeit des Herzens ein.

Mit speziellen Katalysatoren lassen sich die Stickoxide in den Dieselaabgasen unschädlich machen. Doch das Verfahren ist aufwendig und teuer. Dabei nutzen die Katalysatoren Harnstoff, um die Stickoxide zu Wasser und Stickstoff zu reagieren. Für eine wirksame Abgasreinigung muss also immer genug Harnstoff mitgeführt werden. Ein Teil des Abgasskandals ist, dass die Tanks in den Diesel-Pkw viel zu klein sind und

gar nicht genug Harnstoff zur Abgasreinigung zur Verfügung steht. Auch wird die Abgasreinigung durch die Motorsteuergeräte teilweise illegal abgeschaltet. Zudem ist es legal erlaubt, die Abgasreinigung bei Pkw nur bei bestimmten Außentemperaturen einzuschalten, wenn der Hersteller ansonsten befürchtet, dass der Motor beschädigt werden könnte. Das sogenannte Thermofenster ging jedoch oft erst bei 17 Grad Celsius los.

Von 1994 bis 2012 hat die durch den Verkehr verursachte Stickoxidbelastung in Baden-Württemberg um 63 Prozent abgenommen. Trotzdem liegt die Belastung der Atemluft mit Stickoxiden in vielen Städten noch weit über dem Grenzwert von 40 µg pro Kubikmeter Luft. In Stuttgart lag sie 2017 im Jahresmittel bei 73 µg pro Kubikmeter Luft.

Ressourcen

Erdöl, aber auch Kohle und Erdgas sind eine begrenzte Ressource. Schon heute wird es immer schwerer an Erdöl zu kommen. Es braucht Fracking, riskante Tiefseebohrungen oder den Abbau von sogenannten Teersanden. Beim Abbau von Teersanden verwandeln sich immer mehr Wälder Kanadas – und damit wichtige CO₂-Senken – in leblose und auf lange Zeit verseuchte Mondlandschaften. Viele globale Konflikte und Kriege entzündeten sich heute um diesen wichtigen Rohstoff.

Aus Erdöl wird nicht nur Schweröl, Diesel, Kerosin und Benzin gewonnen, die die Motoren unserer Welt antreiben. Erdöl ist auch ein wichtiger Bestandteil für Werkstoffe, Medikamente und Kosmetika. Selbst mineralische Dünger, stammen aus Erdöl. Für viele Anwendungen ist dieser endliche Rohstoff heute nicht verzichtbar. Um unsere Autos anzutreiben, haben wir mit der Elektromobilität schon heute eine funktionierende Alternative.

Benzin und Diesel zu verbrennen, um ein Fahrzeug fortzubewegen ist zudem sehr ineffizient. Auf dem Prüfstand erreichen moderne Motoren zwar Wirkungsgrade von etwa 40 Prozent. Im alltäglichen Verkehr liegt der Wirkungsgrad jedoch eher um die 20 Prozent. Das bedeutet, dass von der Energie, die im Treibstoff steckt nur ein Fünftel wirklich in Bewegung umgewandelt wird. Der Rest geht als Wärme verloren.

Natürlich braucht es auch für die Herstellung von Batterien und Elektromotoren Ressourcen. Teilweise sogar sogenannte „Seltene Erden“. So finden sich in Elektroautobatterien Kupfer, Aluminium, Graphen, Lithium und Kobalt. Der Vorteil ist aber, dass die Nutzung der Batterie diese Rohstoffe nicht „verbraucht“. Heutige Fahrbatterien zeigen in der Praxis eine deutlich höhere Lebenszeit, als von den Herstellern zunächst angenommen. Ist eine Batterie nicht mehr leistungsfähig genug, um ein Elektrofahrzeug anzutreiben, hat sie noch lange nicht ihr Lebensende erreicht. Alle namhaften Hersteller arbeiten derzeit an sogenannten „Second Life“ oder „Second Use“ Szenarien für gealterte Elektroautobatterien. So können die Batterien nach ihrem Autoleben in Großspeichern für erneuerbare Energien oder als Puffer für Schnellladestationen noch viele Jahre ihren Dienst verrichten. Sind einzelne Zellen der Batterie defekt, ist es Zeit für das Recycling. Denn die verbauten Rohstoffe wie Aluminium, Kupfer, Lithium, Graphen oder Kobalt sind viel zu wertvoll, um sie ungenutzt zu „entsorgen“.

Daher liegt schon heute ein starker Fokus auf einem effektiven Recycling der Materialien, so dass aus den gewonnenen Rohstoffen neue Batterien entstehen können. Zudem senkt man den Anteil kritischer Rohstoffe wie Kobalt bei der Zellchemie.

Feinstaub

Feinstäube sind Partikel die kleiner als $10\ \mu\text{m}$ groß sind. In der Fachsprache spricht man von PM_{10} . Noch kleinere Partikel sind gerade mal $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) oder $0,1\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{0,1}$) groß. Solch kleine Partikel können über die Lunge bis weit in unseren Organismus vordringen und dort schwere Schäden anrichten. Die Folgen reichen von Atemwegsreizungen bis hin zu Schlaganfällen und Herzinfarkten. $\text{PM}_{2,5}$ und $\text{PM}_{0,1}$ Feinstäube entstehen vor allem durch Verbrennungsprozesse. PM_{10} Feinstäube stammen im Verkehr vorwiegend aus dem Abrieb von Kupplung, Bremsen und Reifen.

Da es im Elektroauto keinen Verbrennungsmotor und auch keine Kupplung gibt, fallen diese Feinstaubquellen weg. Ein Elektrofahrzeug kann zudem weitgehend kontaktlos bremsen. Denn der Motor wird zum Generator. Er verwandelt die Bewegungsenergie des Fahrzeugs in elektrische Energie und speist diese in die Batterie zurück. Dieser Prozess nennt sich Rekuperation oder regeneratives Bremsen. Moderne Elektroautos erzeugen dabei eine Leistung von bis zu 70 Kilowatt. Das reicht, um in den meisten aller Fälle auf die Bremse zu verzichten. Selbst in Städten mit starken Gefällen wie Stuttgart ist die Rekuperationsleistung so stark, dass die mechanische Bremse nicht zum Einsatz kommen muss. So fällt auch ein bedeutender Teil der Feinstaubbelastung durch Bremsenabrieb weg.

Bei den Reifen sind die Hersteller gefragt, neue Gummimischungen zu finden, die weniger Feinstäube produzieren. Schon heute versuchen die Hersteller den Abrieb der Reifen zu verringern. Allerdings nicht um die Feinstäube zu reduzieren, sondern um die Reifen haltbarer zu machen. Jedoch ist die Regelung von Elektromotoren deutlich genauer und schneller, so dass die Traktionskontrolle in einem Elektroauto wesentlich effektiver ist. Dies führt zu einer größeren Laufleistung der Reifen und weniger Reifenabrieb pro gefahrenem Kilometer.

Besonders tückisch ist die Kombination aus Feinstaub und Stickoxiden. Die Stickoxide binden sich an den Feinstaub, und werden so verstärkt vom Körper aufgenommen.

Lärm

Lärm zerstört. Wir leben in einer technisierten und industrialisierten Welt in der wir permanent von einer Kakophonie künstlicher Geräusche umgeben sind. Vor allem entlang von Straßen ist der Verkehrslärm ein bedeutender Teil dieses entnervenden Grundrauschens. Dabei ist der Lärm nicht nur ein nerviges Ärgernis, sondern kann zu einer Gesundheitsgefahr werden. Lärm führt zu einer verringerten Konzentrationsfähigkeit und vermindert die Qualität der Nachtruhe.

Lärm wirkt als Stressfaktor auf den menschlichen Organismus, unabhängig davon, ob der Mensch schläft oder wach ist. Eine chronische Lärmbelastung führt zu einer beschleunigten Alterung des Herz-



Kreislaufsystems. Bei besonders lautem dauerhaftem Lärm – wie er an einer viel befahrenen Hauptstraße entsteht – besteht sogar ein erhöhtes Herzinfarktrisiko. Zudem erhöht er das Risiko an Depressionen zu erkranken.

Bei Fahrzeugen stammen die Fahrgeräusche neben dem Motorlärm, vom Abrollen der Reifen auf dem Fahrbahnbelag und von Windgeräuschen. Ab etwa 30 bis 50 Stundenkilometer dominieren im Nahfeld der Pkw die Abrollgeräusche. Der Motorenlärm trägt aber deutlich weiter und ist durchdringender. Ein Elektroauto ist schon aus wenigen Metern nicht mehr zu hören, während sich die Geräuschemissionen eines Verbrennungsmotors über mehrere Hundert Meter verbreiten können. Legale und illegale Manipulationen an Abgasanlagen, hochtouriges Fahren, Anfahren und schnelles Beschleunigen steigern zudem die Lärmbelastung erheblich.

Elektromobilität in Verbindung mit Flüsterasphalten und Reifen, die leiser abrollen lässt sich die Lärmbelastung entlang von Straßen signifikant reduzieren. Im gleichen Maß steigt die Lebensqualität.

Ökologische Folgen eines Elektroautos

Bei allen Vorteilen, die ein Elektroauto hat, braucht es auch Ressourcen und Energie. Teilweise gibt es sogar Aussagen, dass das Elektroauto deutlich umweltschädlicher als ein Auto mit Verbrennungsmotor sei. Aber wie kann das sein?

Fakt ist, dass derzeit ein Elektroauto mehr Energieaufwand bei der Produktion benötigt, als ein Auto mit Verbrennungsmotor. Denn vor allem die Zell- und Batterieproduktion ist sehr energieaufwendig. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich aber, dass der größte Energieaufwand elektrische Energie ist. So kann allein durch die Verwendung von erneuerbaren Energien bei der Produktion, sich der CO₂-Rucksack signifikant verbessern. Dann kommt das Elektroauto sogar mit einer besseren Bilanz auf die Straße, als ein Auto mit Verbrennungsmotor. Aktuelle Studien nehmen bei der Berechnung des CO₂-Rucksacks in der Regel den regionalen oder nationalen Strommix als Grundlage. Auch bei den Lebenszeitemissionen gehen viele Studien vom Strommix aus. In vielen Ländern wird aber eben dieser Strommix immer sauberer.

Auch im Betrieb sollte ein Elektrofahrzeug natürlich nur mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Auch wenn schon der heutige Strommix das Elektroauto CO₂-effizienter als einen Verbrenner macht.

Die in der Batterie verbauten Rohstoffe sind immer wieder Anlass zur Diskussion. Da stehen teilweise absurde Behauptungen im Raum. Die Batterien seien hochgiftig und müssten am Ende ihrer Lebenszeit ähnlich wie Atommüll endgelagert werden. Das ist natürlich Unfug. In einer heutigen Elektroautobatterie finden sich vor allem Kupfer, Aluminium, Kohlenstoff, Lithium und Kobalt. Alles Elemente, die sich recyceln lassen. So kann die Batterie zu nahezu 100 Prozent wiederverwendet werden.

Kritischer ist allerdings teilweise die Herkunft der Rohstoffe. Kobalt wird nicht selten unter unwürdigsten Bedingungen mithilfe von Kinder- und Sklavenarbeit abgebaut. Traurigstes Beispiel sind hier sicher die Verhältnisse in der Demokratischen Republik Kongo in Zentralafrika. Hier braucht es Druck seitens der Verbraucher und des Gesetzgebers. So dass Unternehmen gezwungen sind, ihre Rohstoffe aus fairen Quellen zu beziehen. Daneben gibt es bereits Ansätze in Batterien ganz auf Kobalt zu verzichten.

Neben der Herkunft der Rohstoffe ist auch deren Verfügbarkeit immer wieder im Gespräch. Im Mittelpunkt steht da sicher das Lithium. Doch das ist mitnichten ein seltenes Element. Es lässt sich quasi

überall auf der Erde finden. Jedoch ist erst bei bestimmten Konzentrationen ein Abbau sinnvoll.

Wir haben gelernt, dass ein Akku im Handy oder Laptop nur wenige Jahre funktioniert und mitunter schnell an Leistung verliert. Ist es also auch zu erwarten, dass die Batterie eines Elektroautos alle zwei Jahre ersetzt werden muss? Das ist glücklicherweise nicht der Fall. Ein intelligentes Batteriemanagementsystem beugt einer vorzeitigen Zellalterung vor. Zudem zeigt sich in der Praxis, dass die Lebensdauer der Traktionsbatterien deutlich die Erwartungen der Hersteller übertreffen. Heute geht man bei den Batterien in Elektroautos von 3.000 bis 5.000 Zyklen aus. Bei einem Auto mit 100 Kilometer Reichweite entspräche das einer Lebensdauer von 300.000 bis 500.000 Kilometern.

Da heute die Batterien mit das teuerste Teil an einem Elektrofahrzeug sind, gibt es berechtigte Ängste, dass eine defekte Batterie ein wirtschaftlicher Totalschaden bedeutet. Hier kommen aber mehrere Faktoren zum Tragen, die diese Ängste nehmen können. Es ist zum einen zu erwarten, dass die Batteriepreise weiter deutlich sinken werden. Wenn in acht Jahren eine Batterie defekt ist, kostet sie bei weitem nicht mehr das, was sie heute kostet. Zum anderen ist eine defekte Batterie kein wertloser Müll. Sie ist vielmehr ein wertvolles Rohstofflager. Denn das Elektroauto verbraucht die Batterie nicht. Es ist immer noch genauso viel Lithium, Aluminium, Kupfer und so weiter drin, wie bei der Produktion. Sie bekommen also noch Geld für ihre alte Batterie.

Ist die Batterie zu schwach für das Auto geworden, geht man davon aus, dass sie noch 80 Prozent der ursprünglichen Energiemenge speichern kann. Eine 40 Kilowattstunden-Batterie könnte so immer noch 32 Kilowattstunden speichern. Und für genau solche gebrauchten Batterien lassen sich vielfältige Anwendungen finden. Die Batterie bekommt nach dem Auto ein zweites Leben oder einen zweiten Nutzen – im Englischen spricht man von Second Life respektive Second Use. Die Energiewende wird nicht ohne Speicher auskommen. Und hier sind gebrauchte Elektroautobatterien ideal. Sie können Strom aus Wind, Wasser und Sonne speichern und dann abgeben, wenn er gebraucht wird. Oder sie können als Puffer für Schnellladestationen dienen. Und wenn sie dann irgendwann wirklich nicht mehr funktionieren, können sie ins Recycling. Hier gilt es jetzt in den kommenden Jahren die Recyclingtechniken so zu verbessern, damit alle zurückgewonnenen Elemente auch wieder in der Produktion neuer Batterien verwendet werden können.

Das zeigt, dass Energiewende und Mobilitätswende nicht getrennt voneinander gedacht werden können. Zum einen braucht es mehr erneuerbare Energien, um die Produktion der Batterien und des „Treibstoffs“ sauberer machen zu können. Zum anderen ist die Energiewende auf die Fortschritte in der Batterietechnologie und eine Verfügbarkeit von Batterien angewiesen.

Warum der Fokus auf den Elektroantrieb?

In der Diskussion um die Antriebe der Zukunft hat die Elektromobilität weltweit die Nase vorne. Trotzdem tauchen auch immer wieder mögliche Alternativen zum Batterieauto auf. Die häufigsten sind die Brennstoffzelle, Biofuels und sogenannte e-Fuels.

Die Brennstoffzelle

Das Brennstoffzellenauto ist im Prinzip ein Elektroauto. Der Strom zum Fahren stammt aber nicht aus einer Batterie, sondern aus der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser und Wärme. Der Wasserstoff muss das Fahrzeug in einem Tank mitgeführt werden. Den Sauerstoff nimmt sich die Brennstoffzelle aus der Luft. Aus dem Auspuff kommt nur Wasser (H_2O). Ein weiteres Nebenprodukt ist Wärme. Und hier sind wir schon bei einem Nachteil der Brennstoffzelle.

Die Brennstoffzelle hat im Vergleich zum batterieelektrischen Auto einen deutlich geringeren Wirkungsgrad. Wasserstoff kommt in der Natur nicht in elementarer Form vor und muss aus anderen Rohstoffen gewonnen werden. Heutzutage gewinnt man den Wasserstoff hauptsächlich aus gefracktem Erdgas und anderen fossilen Energieträgern. Mittels der Elektrolyse lässt sich aus Strom und Wasser, Sauerstoff und Wasserstoff gewinnen. Dabei braucht die Gewinnung des Wasserstoffs nicht nur sehr viel Energie. Um Wasserstoff transportieren zu können, muss man ihn sehr stark verdichten. Da Wasserstoff sehr flüchtig ist, braucht es zur Lagerung und zum Transport spezielle Behältnisse.

Am Ende liegt der Gesamtwirkungsgrad eines Brennstoffzellenfahrzeugs viel zu niedrig. Selbst mit Ökostrom hergestellter Wasserstoff kommt von der Quelle bis zum Rad gerade mal auf 22 Prozent Wirkungsgrad. Beim Elektroauto liegt er mit Ökostrom bei 73 Prozent. Das bedeutet, dass man mit der gleichen Menge Primärenergie mit einem Elektrofahrzeug mehr als die dreifache Strecke zurücklegen kann.

Biofuels

Es klingt verlockend: Biodiesel oder Bioethanol. Keine fossilen Brennstoffe und das CO_2 , das bei der Verbrennung frei wird, haben die Pflanzen bei ihrem Wachstum eingespeichert. Doch bei genauerer Betrachtung spricht ziemlich viel dagegen, aus Pflanzen Brennstoff für unsere Autos zu machen.

Zuallererst ist das Problem der Biokraftstoffe, dass sie aus stärkehaltigen Pflanzen gewonnen werden. Das sind zum Beispiel Zuckerrohr oder Mais – also in erster Linie Lebensmittel. Und genau hier liegt die Krux begraben. Die Gewinnung von Biokraftstoffen steht nämlich in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion. Auf Ackerflächen, auf denen Pflanzen für Biokraftstoffe wachsen, können keine Lebensmittel wachsen. Der enorm hohe Bedarf an mineralischen Düngern und Pestiziden machen die Kraftstoffe alles andere als Bio. Schaut man auf die gesamte CO_2 -Bilanz ist diese durch die landwirtschaftlichen Prozesse rund um Anbau und Ernte negativ. Es entsteht also mehr CO_2 , als die Pflanzen beim Wachsen absorbieren.

In einer zweiten Generation versuchen Biofuels auf Lebensmittel zu verzichten. Statt der Frucht nutzen die Raffinerien die pflanzlichen Abfallprodukte, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion benötigt werden. Alternativ forscht man an der Gewinnung von Kraftstoffen mit Algen und Bakterien.

Das Problem mit dem schlechten Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren bleibt auch beim Biosprit

bestehen. Der Gesamtwirkungsgrad liegt gerade mal um die zehn Prozent und ist damit alles andere als wirtschaftlich oder nachhaltig.

eFuels

Mithilfe von Strom lassen sich gasförmige oder flüssige Kraftstoffe herstellen. Am Beginn des Prozesses steht die Gewinnung von Wasserstoff mittels Elektrolyse. Also dem Aufspalten von Wasser mit Hilfe von elektrischen Strom in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff. Damit hat man einen universellen Rohstoff für Kraftstoffe. Der andere wesentliche Bestandteil ist Kohlenstoff. Bei der Erzeugung von eFuels gewinnt man den Kohlenstoff durch die Aufspaltung von CO_2 in C und O_2 – also Kohlenstoff und Sauerstoff. Dieser Prozess ist wie die Wasserstoffgewinnung sehr energieaufwendig. Nun können Wasserstoff und Kohlenstoff zu CH_4 (Methan) reagieren. Zu Flüssigkraftstoffen wie Benzin und Diesel ist es nur ein paar Schritte weiter.

Leider ist keiner dieser Schritte wirklich energieeffizient. Um einen Liter Benzin aus Strom zu gewinnen braucht es so viel Energie, dass eine Produktion von eFuels für Autos in Deutschland überhaupt nicht möglich wäre. Dabei müssen eFuels zwingend mit regenerativen Strom hergestellt werden. Alles andere hätte eine katastrophale CO_2 -Bilanz, die weit schlechter als bei fossilen Brennstoffen wäre.

Und auch eFuels landen am Ende in einem Verbrennungsmotor mit seinem bescheidenen Wirkungsgrad. Von der Quelle bis zum Rad liegt der Wirkungsgrad bei eFuels – wenn sie aus regenerativen Strom gewonnen werden – bei etwa zehn Prozent. Das bedeutet mit der gleichen Primärenergie kann ein batterieelektrisches Auto mehr als die siebenfache Strecke zurücklegen.

Das ist aber kein Grund, Wasserstoff, Biofuels und eFuels komplett vom Tisch zu wischen. Nur für den Antrieb von normalen Pkw, sind diese Technologien keine wirkliche Alternative. Wenn von Technologieoffenheit gesprochen wird, geht das nur, wenn man den Blick über das Auto hinauswirft. Denn für andere Anwendungen können die drei Alternativen durchaus sinnvoll sein. Gerade bei Anwendungen, die auf absehbare Zeit nicht mit Batterien zu lösen sind.

Wasserstoff: Bei Stromüberschuss gewonnener Wasserstoff lässt sich in unserem Erdgasnetz speichern. Bis zu einer Konzentration von fünf bis zehn Prozent ist das kein Problem. Ansonsten lässt sich der Wasserstoff zu Methan (CH_4) verarbeiten. Das riesige Leitungsnetz und die Kavernenspeicher können riesige Mengen Ökogas aufnehmen. Bei Bedarf lässt sich aus dem Ökogas dann Wärme und Strom gewinnen. Die Brennstoffzelle kann zudem noch ihren Nutzen in Großfahrzeugen beweisen. Etwa in Zügen, Schiffen oder Schwerlastwagen.

Biofuels: Vor allem wenn Biofuels nicht mehr in Konkurrenz zu unserem Teller stehen, können sie fossile Kraftstoffe an vielen Stellen ersetzen. Da die Elektrifizierung der Welt nicht von heute auf morgen von statten geht, können sie als Brückentechnologie noch Verbrennungsmotoren in Entwicklungsländern versorgen. Mit zunehmender Elektrifizierung ist auch zu erwarten, dass der Bedarf an fossilen Kraftstoffen sinkt.

eFuels: Trotz ihrer verherenden Energiebilanz können auch die eFuels ihre Nische finden. Etwa im kommerziellen Flugverkehr. Hier ist die Elektromobilität noch Äonen entfernt. In Wüstenregionen aus Solarenergie gewonnene eFuels könnten daher den Einsatz fossiler Kraftstoffe im Flugverkehr mittelfristig ersetzen.

Multimodawas? Warum Mobilität immer mehr zur Dienstleistung wird.

Seit einigen Jahren taucht bei der Diskussion um Mobilität immer wieder das Wort „Multimodalität“ auf. Was hat es damit auf sich und was bedeutet das mittelfristig für Fahrschulen?

In der Einführung haben wir aufgezeigt, wie sich die moderne Mobilität in ihrer gerade mal 200 Jahre alten Geschichte immer wieder verändert hat. Wir stehen aber keineswegs am Ende einer Entwicklung, sondern befinden uns mittendrin. Nicht nur neue Antriebskonzepte wirbeln den Markt auf. Neue Geschäftsmodelle verändern unser Mobilitätsverhalten in einem immer schnelleren Tempo. Mobilität ist heute viel weiter und diverser als noch vor 20 Jahren. Die Möglichkeiten schnell, einfach und günstig von A nach B zu kommen haben sich vervielfacht. Schon heute denken erste junge Menschen vor allem in Städten darüber nach, ob sie überhaupt noch einen Führerschein brauchen.

Die Effekte dieses Wandels sind derzeit noch kaum in Fahrschulen zu spüren. Gehört der Führerschein doch immer noch für viele zum Ritual des Erwachsenwerdens dazu. Was aber können Fahrschulen machen, wenn sich der Wandel beschleunigt. Wenn autonomes Fahren in fünf oder zehn Jahren gar keinen Führerschein im heutigen Sinn mehr erfordert. Welche Angebote kann eine Fahrschule dann jungen Menschen machen? Wird in zehn Jahren vielleicht nicht mehr das finden des Schleifpunkts beim Kuppeln vermittelt, sondern geht dann es vielmehr um Mobilitätskompetenz?

Natürlich kommt heute kein junger Mensch in die Fahrschule, um dort in den teuren Theoriestunden erzählt zu bekommen, dass er lieber das Fahrrad oder den Bus nehmen sollte. Trotzdem geht schon heute der Fahrschulunterricht über die pure Vermittlung der Straßenverkehrsordnung und dem praktischen Erlernen des Fahrens hinaus. Die Fahrschule sensibilisiert Fahrschülerinnen und Fahrschüler auch für Gefahren und Sicherheit im Straßenverkehr oder das effiziente Fahren. Genauso können Fahrschulen im Rahmen des Unterrichts auch Mobilitätskompetenz vermitteln. So dass die Schülerinnen und Schüler nach bestandener Prüfung nicht nur fähig sind, ein Auto möglichst gefahrlos durch den Verkehr zu bewegen, sondern auch wissen, welche Mobilitätsangebote es sonst noch gibt, und wie sie diese nutzen können.

Das bedeutet natürlich auch, dass sich die Fahrlehrerinnen und Fahrlehrer mit diesen Themen beschäftigen müssen. Die Mobilitätsschule liefert hierfür den didaktischen Ansatz, dieses Begleitheft gibt das nötige Hintergrundwissen.

Es gibt heute mannigfaltige Möglichkeiten von A nach B zu kommen. Da immer den Überblick zu behalten und sich richtig zu entscheiden, ist nicht ganz einfach.

Die Klassiker

Diese Formen der Fortbewegung kennt jeder, die meisten haben im Laufe ihres Lebens die nötigen Techniken erlernt und wenden sie ganz selbstverständlich an.

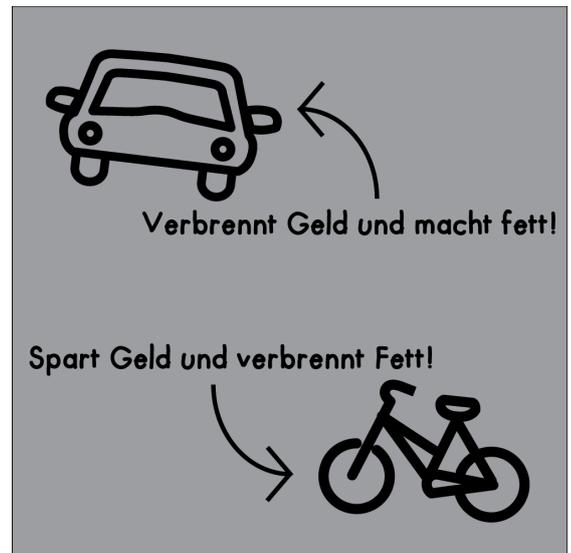
Der Fußverkehr

Die erste Fortbewegungsart, die der Mensch in seinem Leben erlernt ist das Laufen. Auf den eigenen Füßen stehen und laufen zu können, ist ein großer Fortschritt in der Entwicklung eines Kindes. Dabei bedeutet Laufen können Freiheit. Wer einmal aufgrund einer Verletzung oder Krankheit eine Zeitlang

nicht mehr laufen konnte, weiß wie wichtig diese Art der Fortbewegung ist. Wussten Sie, dass in Stuttgart über ein Viertel aller Wege zu Fuß zurückgelegt werden. Der Fußverkehr ist also ein häufig unterschätzter aber wichtiger Bestandteil unserer individuellen Mobilität.

Das Fahrrad

Im Alter von wenigen Jahren lernt der Mensch seine zweite wichtige Mobilitätstechnik: das Fahrradfahren. Mit einem Schlag ist es für Kinder möglich ihr Lebensumfeld freier und schneller erkunden zu können. In der Grundschule steht das Fahrradfahren im Verkehr auf dem Lehrplan. Wer diese Technik beherrscht, erringt ein bedeutendes Stück Freiheit in seinem jungen Leben hinzu. In Stuttgart liegt der Anteil der mit dem Fahrrad zurückgelegten Strecken jedoch bei gerade mal fünf Prozent. Damit gehört die Stadt bundesweit zu den Schlusslichtern. Unter den deutschen Großstädten steigen nur in Essen und Dortmund die Menschen noch seltener auf das Fahrrad.



In Stuttgart gibt es gleich zwei Gründe, warum das Fahrrad so unbeliebt ist. Da ist zum einen die Topographie der Stadt. Außerhalb des Talkessels gibt es wohl keinen Weg, auf dem nicht mehrere Höhenmeter überwunden werden müssen. Zwischen dem Marienplatz und dem Fernsehturm liegen 221 Höhenmeter. Somit ist die gerade mal drei Kilometer lange Strecke nur für trainierte und geübte Radfahrende zu bewältigen.

Ein anderes Manko von Stuttgart ist die Radinfrastruktur. Auf nicht wenigen Strecken müssen sich die Radfahrenden auf dicht befahrenen Straßen fortbewegen. Radwege fehlen, sind zu eng oder enden im Nichts. Autofahrer haben mitunter wenig Verständnis dafür, wenn Fahrräder den ihnen zustehenden Verkehrsraum gleichberechtigt nutzen wollen. Die Infrastruktur lädt also ebenfalls nicht dazu ein, Wege mit dem Fahrrad zurückzulegen. Gerade für Kinder bietet das Fahrrad in Stuttgart ob des hohen Gefährdungspotentials kaum einen Mobilitätszugewinn. So ist es unwahrscheinlich, dass für diese jungen Menschen das Fahrrad zu einer selbstverständlichen Mobilitätstechnik wird.

Gegen die anstrengende Topographie der Stadt ist mit den Pedelecs und E-Bikes ein Kraut gewachsen. Bei der Infrastruktur gibt es dagegen noch viel Nachholbedarf. Der Radentscheid Stuttgart engagiert sich für eine bessere Radinfrastruktur.

Für Fahrschulen in Städten wie Stuttgart ist die Sensibilisierung der Fahranfängerinnen und Fahranfänger für diese meist nicht natürlich erworbene Mobilitätstechnik ein wichtiger Punkt. Zum einen ein Bewusstsein für die Rechte der Radfahrenden im Straßenverkehr zu schaffen. Zum anderen aber auch zu zeigen, wie man sich in Städten wie Stuttgart auf dem (Elektro-)Fahrrad möglichst sicher fortbewegen kann.

Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Mit einem Viertel der Verkehrsleistung tragen Busse und Bahnen einen wichtigen Teil zur Mobilität in Stuttgart bei. Auch diese Mobilitätstechnik erlernen wir in der Regel sehr früh in unserem Leben. Sie ermöglicht Kindern und Jugendlichen einen weiteren Zugewinn an Freiheit und Unabhängigkeit.

Tarifmodelle aus den 1950er Jahren, komplizierte Fahrpreisberechnungen nach Ringen, Waben oder Bezirken machen diesen Verkehrsträger nicht gerade attraktiv. Das kennt bestimmt jeder, der schon einmal in einer fremden Großstadt versucht hat, eine Bus- oder Bahnfahrkarte zu kaufen. Oft kostet eine wenige Kilometer lange Strecke genauso viel, wie die Strecke von einem Ende zum anderen Ende der Stadt. Städte wie Amsterdam haben die Chancen der Digitalisierung für den ÖPNV erkannt und ihre Tarifsysteme angepasst. So zahlen die Fahrgäste dort nur für die tatsächlich zurückgelegte Strecke. Für Vielfahrer errechnet das System automatisch den günstigsten Tarif.

Unsere Zeitkarten

Preisermittlung mit Ringen oder Zonen

IsarCard

Für beliebig viele Fahrten. Für eine Woche oder einen Monat.

Mit flexibler Geltungsdauer.

An Tarifplan erforderte Ringe ermitteln oder direkt am Automaten Fahrkarte auswählen.

	bis 2	3	4	5	6	7	8	
Wochenkarte	15,00 €	18,20 €	21,60 €	24,60 €	28,30 €	31,80 €	34,80 €	
Monatskarte	54,50 €	65,80 €	78,20 €	89,30 €	102,50 €	115,10 €	126,30 €	
Ringe	9	10	11	12	13	14	15	16
Wochenkarte	38,30 €	41,60 €	44,60 €	47,70 €	51,30 €	54,90 €	57,90 €	61,50 €
Monatskarte	138,80 €	150,70 €	161,50 €	173,00 €	185,80 €	198,90 €	210,00 €	222,90 €

IsarCard9Uhr

Für beliebig viele Fahrten ab 9 Uhr. Für einen Monat.

Mit flexibler Geltungsdauer.

An Tarifplan Zonen ermitteln oder direkt am Automaten Fahrkarte auswählen.

Gültig Mo. - Fr. bis 6:00 Uhr und ab 9:00 Uhr, an Sa., So. und Feiertagen sowie am 24.12. und 31.12. ganztags.

Kostenlose Mitnahme von max. 3 Kindern (6 - 14 Jahre), zur Familie gehörende Kinder (6 - 14 Jahre) in unbeschränkter Anzahl.

Zonen	Innenraum	Außenraum	Gesamtnetz
Monatskarte	58,90 €	58,90 €	80,00 €
Erweiterungskarte von Innenraum oder Außenraum auf Gesamtnetz			21,10 €

IsarCard60

Für beliebig viele Fahrten. Für Personen ab 60 Jahren.

Mit flexibler Geltungsdauer.

An Tarifplan Zonen ermitteln oder direkt am Automaten Fahrkarte auswählen.

Gültig Mo. - Fr. bis 6:00 Uhr und ab 9:00 Uhr, an Sa., So. und Feiertagen sowie in den Schullern ganztags, Altersnachweis erforderlich.

Zonen	Innenraum	Außenraum	Gesamtnetz
Monatskarte	47,60 €	47,60 €	68,40 €
Erweiterungskarte von Innenraum oder Außenraum auf Gesamtnetz			20,80 €

Sonderregelung für Fahrten Mo. - Fr. 6:00 - 9:00 Uhr: Im Geltungsbereich der vorhandenen Karte zusätzlich pro befahrenen Zone 1 Streifen der Streifenkarte entwerfen.

Ausbildungstarife

Für Schüler, Studierende und Auszubildende.

Für Kalenderwoche oder -monat.

Für beliebig viele Fahrten im Geltungsbereich der Kundenkarte.

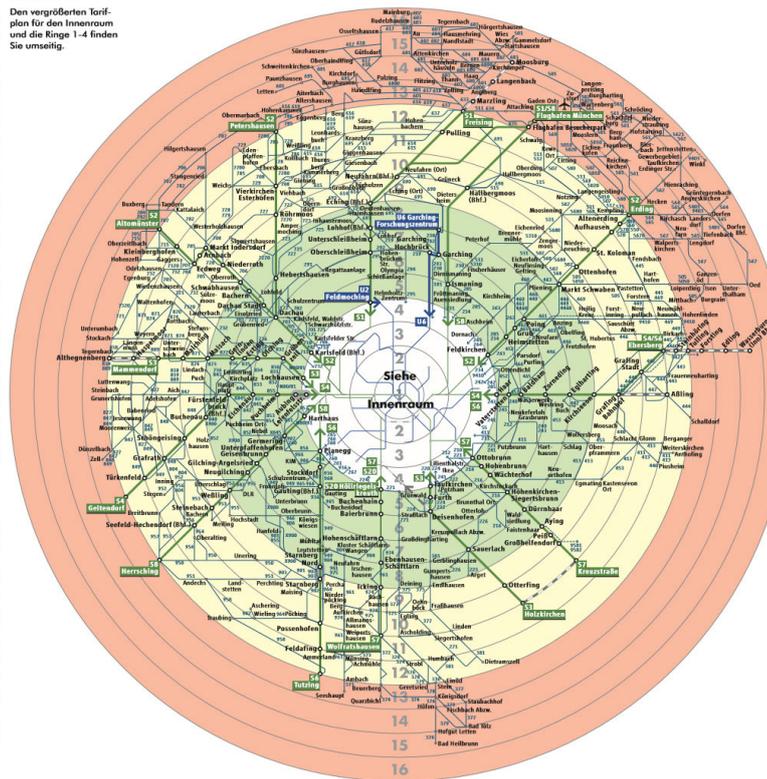
Ausbildungstarif I (bis 14 Jahre)	Ringe	1	2	3	4	5	6	7	8
Wochenkarte	10,50 €	10,50 €	12,60 €	15,10 €	17,50 €	19,80 €	22,20 €	24,40 €	
Monatskarte	38,20 €	38,20 €	45,80 €	54,70 €	63,10 €	71,80 €	80,60 €	88,40 €	
Ringe	9	10	11	12	13	14	15	16	
Wochenkarte	25,80 €	25,80 €	25,80 €	25,80 €	25,80 €	25,80 €	25,80 €	25,80 €	
Monatskarte	93,60 €	93,60 €	93,60 €	93,60 €	93,60 €	93,60 €	93,60 €	93,60 €	

Ausbildungstarif II (ab 15 Jahre)	Ringe	1	2	3	4	5	6	7	8
Wochenkarte	11,30 €	11,30 €	13,50 €	16,20 €	18,50 €	21,20 €	23,80 €	26,10 €	
Monatskarte	40,90 €	40,90 €	49,00 €	58,70 €	67,00 €	76,90 €	86,30 €	94,70 €	
Ringe	9	10	11	12	13	14	15	16	
Wochenkarte	28,70 €	31,20 €	33,40 €	35,80 €	38,50 €	41,20 €	43,40 €	46,10 €	
Monatskarte	104,10 €	113,00 €	121,10 €	129,80 €	139,40 €	149,20 €	157,50 €	167,20 €	

Grüne Jugendkarte	Erweitert den Geltungsbereich der gewählten Wochen- oder Monatskarte.		
Zonen	Innenraum	Außenraum	Gesamtnetz
Ausbildungstarif I	8,90 €	8,90 €	17,80 €
Ausbildungstarif II	14,50 €	14,50 €	29,00 €

Unser Tarifplan Gesamtnetz Ringe 1-16

Den vergrößerten Tarifplan für den Innenraum und die Ringe 1-16 finden Sie unten.



Sie können mit Ihrem MVV-Ticket im MVV-Tarifgebiet folgende Verkehrsmittel benutzen:

- S-Bahn
- Regionalbus
- U-Bahn
- Tram
- Bus

Ringe

Für IsarCard und Ausbildungstarife. Anzahl der befahrenen Ringe von Start- bis Zielhaltestelle zählen:

1	2	3	...	16
---	---	---	-----	----

Ringe, die nach ihrem Verlassen nochmals befahren werden, sind nur einmal zu zählen.

Zonen

Für Einzelkarten und Streifenkarten. Anzahl der befahrenen Zonen von Start- bis Zielhaltestelle zählen:

1	2	3	...	4
---	---	---	-----	---

Zonen, die nach ihrem Verlassen nochmals befahren werden, sind erneut zu zählen (maximal 4 Zonen).

Bitte wählen Sie die Zonenkombinationen

für Tageskarten, IsarCard9Uhr, IsarCard60 und Grüne Jugendkarte zum Ausbildungstarif.

- Innenraum
- München XXL (für Tageskarten)
- Außenraum
- Gesamtnetz

Übergangsbereiche

Stationen in Übergangsbereichen (graue Linien und Flächen) gehören zu beiden angrenzenden Zonen oder Ringen.

1	2	3	...	16
---	---	---	-----	----

Tarifstand: 11.12.2016
 Listenstand: 11/2016
 © MVV

Der Tarifplan des Münchner Verkehrsverbundes steht exemplarisch für die viel zu komplizierten Tarifsysteime im öffentlichen Nahverkehr. Für Ortsfremde ist es nicht einfach, den richtigen Tarif und das richtige Ticket auf Anhieb zu finden.

Zu Stoßzeiten kommen die ÖPNV-Systeme in vielen Städten, wie auch in Stuttgart an ihre Grenzen. Daher muss sich das System permanent anpassen, verändern und vergrößern. Der Bau einer neuen Straßenbahnlinie führt zwar kurzfristig zu mehr Verkehrsbehinderungen. Wenn sie aber fertig ist, macht sie den ÖPNV attraktiver und zieht Verkehr von der Straße ab.

Das eigene Auto

Fast wie ein Naturgesetz steht das eigene Auto seit Jahrzehnten an der Spitze der Mobilitätstechniken. Das zeigt sich auch, wenn man sich den Modal Split – also die Verteilung des Verkehrs auf die einzelnen Verkehrsträger – der Städte anschaut. In fast jeder Stadt, hat das Auto den größten Anteil am Modal Split. In Stuttgart ist es sogar fast die Hälfte, in der Anti-Fahrradstadt Essen sind es gar fast 70 Prozent. Allein in Städten wie Freiburg im Breisgau oder Münster in Westfalen hat das Fahrrad das Auto vom Thron gestoßen.

In der Evolution unser heute erlernten Mobilitätstechniken bietet das Auto vermeintlich den höchsten

Grad an Freiheit und Unabhängigkeit. Immer und jederzeit dahin fahren zu können, wo man möchte. Angriffe auf diese Mobilitätstechnik sind in Deutschland ein Sakrileg. Sei es durch Fußgängerzonen, Durchfahrtsverbote oder Tempolimits. Gegner der Einschränkung des Autoverkehrs warnen vor dem Aussterben ganzer Innenstädte oder gar gleich mit dem Zusammenbruch unserer Wirtschaft. Dabei hat gerade in Städten Autofahren immer weniger mit Freiheit zu tun. Selbst Städte wie Stuttgart, die konsequent um das „heilige Bläuble“ geplant und gebaut wurden, stehen vor einem Verkehrskollaps. Die Durchschnittsgeschwindigkeit liegt in Stuttgart unter 30 Stundenkilometern. Zu Stoßzeiten sinkt sie sogar auf zehn bis 20 Stundenkilometer.

Gerade das Beispiel Stuttgart zeigt, dass wir in eine Sackgasse manövrieren. Die Stadt bietet eigentlich keinen Platz mehr für einen weiteren Aus- oder Zubau von Straßen. Projektideen wie eine Nord-Ost-Umfahrung sind seit Jahrzehnten in der Diskussion. Selbst bei einem morgigen Beschluss sie zu bauen, gingen bis zur Fertigstellung über zehn Jahre ins Land. Zudem zeigen Studien von Verkehrsplanern, dass der Neu- und Ausbau von Straßen nicht zu den erwarteten Entlastungen führt. Oft zeigt sich, dass das Verkehrsaufkommen auf Kosten anderer Verkehrsträger steigt und am Ende alle wieder im Stau stehen.

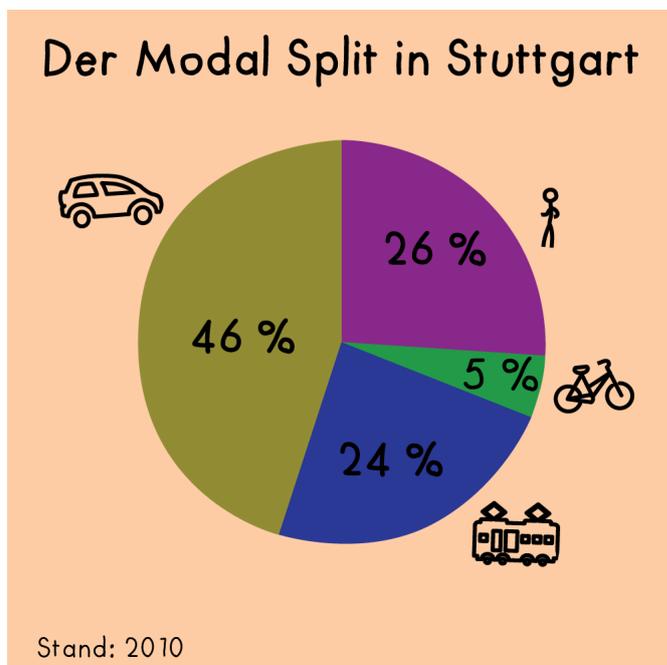
Der hohe Anteil des Autoverkehrs führt in dicht besiedelten Bezirken auch zum notorischen Parkplatzmangel. Parksuchverkehr und Wildparken in zweiter und dritter Reihe spitzen die Verkehrsdichte weiter zu und bringen das System noch schneller an den Rand des Infarkts. Fällt in und um Stuttgart eine wichtige Achse durch einen Unfall oder eine Baustelle aus, kollabiert nicht selten das ganze System.

Schuld am Stau ist aber nicht nur die Infrastruktur. Ein nicht unerheblicher Teil der Staus ist „nutzergeneriert“. Unfälle, rücksichtsloses Verhalten, ignorieren des Reißverschlussverfahrens, unnötige Spurwechsel, das Einfahren in Kreuzungen bei Stau, das nicht zügige Losfahren an grünen Ampeln sind nur einige Faktoren, mit denen die Autofahrerinnen und Autofahrer täglich selbst zu ihrer eigenen Staubelastung beitragen. Auch hier liegt ein Ansatz für Fahrschulen, die Fahrschülerinnen und Fahrschüler schon in der Praxisausbildung für diese Faktoren zu sensibilisieren. Beispiele für Ursache und Wirkung finden sich im Stadtverkehr an jeder Ecke.

Die neuen Wilden

Gibt es einen Ausweg aus dem oben beschriebenen Dilemma des Autoverkehrs in unseren Städten? Da wären die Radikallösungen, wie den Autoverkehr durch Zufahrtsbeschränkungen, Verbote oder City-Mautsysteme einzuschränken oder zu verdrängen. Dass solche Ansätze bei den meisten Menschen auf wenig Begeisterung stoßen, versteht sich von selbst. Nun sind wir Menschen eine erfinderische Spezies und suchen selbst nach Lösungen.

„Vergiss das eigene Auto, vergiss das Fahrrad, vergiss den Zug – ich bin die neue Mobilität. Ich bin



anders, ich bin aufregend. Mit mir reist du komfortabel und ich bringe dich sicher ans Ziel.“ So, oder so ähnlich könnte ein Werbespot für ein autonomes Carsharing klingen. Aber sind wir wirklich schon so weit, dass wir uns vom eigenen Auto, unserem Fahrrad und der Bahn verabschieden können?

Fest steht, dass uns heute viel mehr Möglichkeiten offenstehen, um Mobil zu sein. Kein eigenes Auto – kein Problem. Keine Lust selbst zu fahren – kein Problem. Aber verschaffen wir uns doch mal einen Überblick.

Teilen statt besitzen

Die Idee ist gar nicht so neu. Schon in den 1960er Jahren hat man darüber nachgedacht, Autos der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen. 1974 installierte eine Kooperative das „Witkar“-System in Amsterdam. Etwa zehn Jahre hielten sich die kleinen futuristischen Elektroautos. Ende der 1980er Jahre gründeten sich in Deutschland erste Vereine mit dem Ziel Autos zu teilen.

Aber ohne Smartphones und Internet, stationsgebunden und wenig flexibel fristete das Carsharing lange ein Nischendasein unter Idealisten. Erst mit dem Smartphone und einfachen Apps gelang dem Carsharing der Durchbruch. Heute gibt es keine größere Stadt mehr, in der nicht mindestens eine große Carsharing Flotte unterwegs ist.

Car2go

In Stuttgart ist Car2go mit seiner Flotte von über 500 elektrischen Smarts und 50 elektrischen Mercedes B-Klassen am deutlichsten sichtbar und der Platzhirsch. Die Autos können jederzeit innerhalb des Geschäftsgebiets, das sich von Böblingen/Sindelfingen über den Flughafen bis Esslingen erstreckt angemietet und wieder abgestellt werden. Car2go rechnet nach Minuten ab, eine Grundgebühr gibt es nicht. Car2go hat eine freefloating Flotte. Das bedeutet,



dass es keine festen Stationen gibt, sondern die Fahrzeuge überall auf einem Parkplatz abgestellt werden können. Wer bei Car2go angemeldet ist, kann die Autos in allen europäischen Städten nutzen, in denen Car2go vertreten ist. Wer Car2go nutzen möchte muss mindestens 18 Jahre alt sein und seit mindestens einem Jahr im Besitz eines gültigen Führerscheins sein.

Stadtmobil

Der zweite große Carsharing-Anbieter in Stuttgart ist Stadtmobil. Im Gegensatz zu Car2go sind die Fahrzeuge bei Stadtmobil stationsgebunden. Das heißt sie können nur an über das Stadtgebiet verteilten Stationen angemietet und abgestellt werden. Neben Pkw in verschiedenen Klassen und Größen gibt es bei Stadtmobil auch Kleintransporter. Der Anteil an Elektrofahrzeugen ist dagegen noch ziemlich gering. Hier müssen die Nutzerinnen und Nutzer Stadtmobil anhalten, mehr emissionsfreie Fahrzeuge anzuschaffen.

Eine Wartezeit nach dem Führerscheinwerb gibt es bei Stadtmobil nicht. Im Gegensatz zu Car2go fallen bei Stadtmobil monatliche Grundgebühren an. Dafür sind die Nutzungspreise für die Autos

deutlich günstiger. So ist es auch möglich, kostengünstig ein Fahrzeug über ein Wochenende oder für eine Urlaubsfahrt zu nutzen.

Stadtmobil bietet Tarife für verschiedene Nutzergruppen an. Etwa für Familien, Studierende oder Firmen und Institutionen.

Andere Anbieter

Sowohl beim stationsgebundenen, wie auch beim freefloating Carsharing gibt es noch zahlreiche andere Anbieter.

Beim stationsgebundenen Carsharing gibt es sowohl kleine als Verein organisierte Anbieter, wie Teilauto in Tübingen oder Reutlingen. Aber auch große kommerzielle Anbieter, wie Flinkster der Deutschen Bahn. Daneben gibt es noch touristische Angebote oder geförderte Projekte im Ländlichen Raum.

Neben Car2go ist DriveNow von BMW der größte Anbieter von freefloating Carsharing. In verschiedenen Städten gibt es weitere lokale Anbieter.

144 Carsharing-Anbieter sind im Bundesverband Carsharing (bcs) organisiert. Insgesamt gibt der Bundesverband an, dass es in Deutschland 165 Carsharing-Anbieter gibt. Anfang 2018 waren insgesamt 2,1 Millionen Carsharing-Kunden registriert. Deutschlandweit teilen sie sich 17.950 Fahrzeuge. Damit kommen etwa 117 Fahrberechtigte auf ein Fahrzeug. Anfang 2018 gab es in 677 deutschen Städten und Gemeinden Carsharing-Angebote.

Mein Rad, dein Rad

In noch mehr Städten gibt es inzwischen die Möglichkeit ein Fahrrad zu nutzen statt zu besitzen. Bike-sharing funktioniert derzeit in der Regel stationsgebunden. Pionier war hier sicher Call-a-Bike von der Deutschen Bahn. Die überschaubare Zahl von Stationen in vielen Städten machten das Angebot aber nicht unbedingt attraktiv.

In Deutschland hat die Stadt Mainz als eine der ersten ein stationsgebundenes Bikesharing mit einem sehr dichten Stationsnetz aufgebaut. MVGMeinRad hat sich so schnell in der Stadt etabliert. Heute sind die gelben Fahrräder nicht mehr aus dem Stadtbild wegzudenken. Spezielle Tarife machen das System besonders für die über 40.000 Studierenden in der Stadt attraktiv. So bietet das System eine perfekte Ergänzung zum öffentlichen Nahverkehr.

Der Erfolg des Mainzer Systems hat sich schnell in anderen deutschen Städten herumgesprochen. So gibt es in Karlsruhe etwa das „Fächerrad“. Dabei setzen immer mehr Anbieter auch auf E-Bikes. Die Reichweiten von 50 bis 100 Kilometer sind für die Stadt



absolut ausreichend und die Fahrräder können in der Station zwischen ihren Einsätzen automatisch aufladen.

Inzwischen drängen immer mehr Bikesharing-Anbieter in den Großstädten auf den Markt. Dabei geht der Trend auch hier zu mehr Freefloating-Flotten.

Das neue Taxi?

Taxis sind in Städten weltweit eine Institution. Es gibt wohl keine Stadt auf der Welt, in der nicht Taxis die Menschen von A nach B bringen, Kurier- und Krankenfahrten machen und dabei mancherorts das Stadtbild entscheidend mitprägen. New York ohne seine „Yellow Cabs“ oder London ohne seine „Black Cabs“ sind kaum vorstellbar. Doch das motorisierte Taxigewerbe, das fast so alt wie das Auto selbst ist, wird ebenfalls von der Digitalisierung angegriffen.

In Deutschland und anderen Ländern ist das Taxigewerbe und die Personenbeförderung streng reglementiert. In diesem engen Korsett können kaum neue Geschäftsmodelle entstehen.

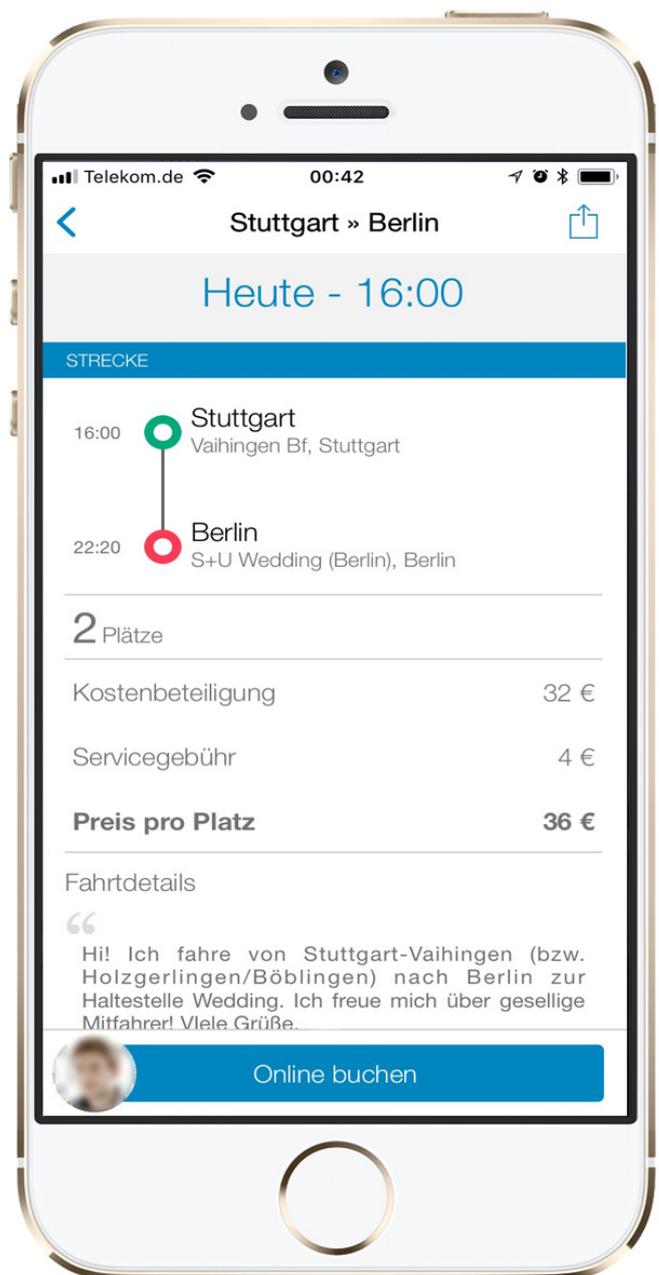
Das amerikanische Unternehmen Uber hat es trotzdem versucht. Uber vermittelt über eine App Fahrten, die von Privatpersonen mit dem eigenen Auto angeboten werden. So ist Uber eine virtuelle Taxizentrale, ohne eigene Autos oder angestellte Fahrerinnen und Fahrer. Da Uber so die teilweise kostspieligen Regularien und die Lohnnebenkosten umgehen kann, sind die Fahrten mit Uber in der Regel günstiger als mit dem herkömmlichen Taxi.

Die deutschen Taxiunternehmer haben sich mit Erfolg vor Gericht dagegen gewehrt, dass Uber ihr Geschäftsmodell untergräbt. Zurzeit ist Uber in Deutschland nur noch in München und Berlin aktiv und hat sich hier weitestgehend den Regularien zur Personenbeförderung unterworfen.

In anderen Ländern – vor allem im Gründungsland USA – ist Uber in vielen Städten aber zwischenzeitlich ein etabliertes Verkehrsmittel. Das Geschäftsmodell von Uber sorgt aber wegen der teilweise prekären Beschäftigungssituation der Fahrerinnen und Fahrer für Kritik.

Daumenexpress 4.0

Wenn das Ziel nicht mehr im eigenen Ort liegt, gibt es auch Alternativen zum eigenen Auto. Früher bedeutete die Suche nach einer Mitfahrgelegenheit, am Schwarzen Brett der Uni oder in der Mitfahrzentrale den Aushang mit der passenden Mitfahrgelegenheit zu finden. Oder man stellte sich an den Straßenrand



und hielt in der Hoffnung, dass jemand mit dem gleichen Ziel anhält, den Daumen raus. Der sogenannte Daumenexpress. Das machte die Mitfahrgelegenheit nicht wirklich komfortabel und auch nicht sehr sicher. Hieß es doch in aller Regel bei wildfremden Menschen mitzufahren.

Heute gibt es den Daumenexpress 4.0. Statt an der Straße den Daumen in die Luft zu halten, reichen ein paar Wischer mit ihm über das Smartphone, um eine Mitfahrtgelegenheit zu finden. Die Nutzer müssen sich registrieren und verifizieren. Bewertungen vorheriger Mitfahrerinnen und Mitfahrer geben eine Einschätzung, mit wem es auf die Reise geht. Für Frauen gibt es die Option ausschließlich Frauen mitzunehmen oder nur bei Frauen mitzufahren.

Mitfahren ist dank Smartphone also nicht nur komfortabler, sondern auch sicherer geworden. Vorher vereinbarte Preise ersparen böse Überraschungen am Ende der Reise.

Der größte Anbieter in Europa ist BlaBlaCar. Andere Anbieter sind Fahrgemeinschaft.de, Besser Mitfahren, Mitfahren.de oder die Mitfahrzentrale.

Umwelt schützen, Bus benützen

Seit wenigen Jahren dürfen Busunternehmen Linienverkehr zwischen deutschen Städten anbieten. Wer also keine Lust auf engen menschlichen Kontakt in der Mitfahrgelegenheit hat und wem die Bahn zu teuer ist, dem steht nun der Fernbus zur Verfügung.

In der Anfangszeit drängten viele Anbieter auf den Markt und lieferten sich eine zerstörerische Preisschlacht. Viele haben es nicht überlebt, andere haben sich zusammengeschlossen. Flixbus Mein Fernbus ist inzwischen der größte Fernbusanbieter in Deutschland. Sie bieten zahlreiche Linienverbindungen innerhalb Deutschlands und ins europäische Ausland an.

In Deutschland hält sich neben dem Branchenprimus derzeit noch Dein Bus, IC-Bus und Eurolines/Touring, die aber deutlich weniger Verbindungen anbieten oder wie Eurolines den Fokus auf den europaweiten Verkehr haben.

Mit speziellen Metasuchmaschinen lassen sich europaweite Verbindungen suchen und vergleichen.

Glossar

AC (alternating current): Wechselstrom, elektrischer Strom, der seine Richtung (Polung) in regelmäßiger Wiederholung ändert. Wechselstrom kommt zum Beispiel aus der Haushaltssteckdose.

Ampere (A): Einheit für den elektrischen Strom.

BEV (Battery Electric Vehicle): Elektroauto, der Antrieb erfolgt ausschließlich durch einen aus einer Batterie gespeisten Elektromotor.

CCS (Combined Charging System): Europäischer Schnellladestandard, der mit *Gleichstrom* arbeitet. Der Stecker baut auf dem Typ 2 Stecker auf. Wird unter anderem von VW, BMW und Hyundai verwendet.

CEE: Umgangssprachlich die gebräuchlichsten Steckverbinder für Starkstrom oder im Campingbereich für die blauen 230 Volt Stecker.

CHAdeMO: Asiatischer Schnellladestandard der mit *Gleichstrom* arbeitet. Wird unter anderem von Kia, Mitsubishi und Nissan verwendet.

Chargeporn: Bilder in sozialen Netzwerken von Elektroautos beim Laden.

DC (direct current): Gleichstrom, elektrischer Strom, dessen Stärke und Richtung sich zeitlich nicht ändert. Batterien liefern Gleichstrom.

Dreiphasenwechselstrom: Drei Leiter führen in untereinander um 120° verschobenen *Phasen Wechselstrom*.

Elektroautogrinsen: Natürliche Reaktion auf den Fahrspaß in einem *Elektroauto*.

Erde/Erdung: Gesamtheit aller Mittel und Maßnahmen zur Ableitung von elektrischen *Strömen* in den Erdboden.

Fahrbatterie: Batterie, die die elektrische Energie für den Elektromotor speichert.

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle): Brennstoffzellenfahrzeug. Eine Brennstoffzelle erzeugt aus mitgeführten *Wasserstoff* und Sauerstoff aus der Luft elektrische Energie, die dann einen Elektromotor antreibt.

FI-Schalter/Fehlerstrom-Schutzschalter/RCD: verhindert gefährlich hohe Fehlerströme gegen *Erde*.

Freefloating Car-Sharing: Frei fließende Flotte von Sharingfahrzeugen ohne feste Stationen. Innerhalb eines definierten Geschäftsgebiet kann das Fahrzeug auf jedem zugelassenen Parkplatz abgestellt werden.

ICCB (In Cable Control Box): Ladekabel, mit dem man an einer Schuko- oder Starkstromsteckdose (CEE) laden kann. Auch mobile *Wallbox* genannt.

ICEed: Von einem Verbrenner zugeparkte Ladesäule, vom englischen „Internal Combustion Engine“.

Inverter: Macht aus dem *Gleichstrom* der *Fahrbatterie* Drehstrom für den Elektromotor.

Kilowatt (kW): Einheit der elektrischen Leistung, Produkt aus *Strom* und *Spannung*. Sie gibt die Leistung des Motors oder der Ladestation an.

Kilowattstunde (kWh): Einheit der elektrischen Arbeit. Produkt aus *kW* und *Zeit*. Gibt die Batteriekapazität und den Verbrauch eines Fahrzeuges an (x kWh/100 km).

Ladekarte: RFID-Karte, mit der man Ladestationen freischalten kann.

Ladeparker: Jemand der mit einem Elektroauto an einer Ladesäule parkt oder nach Ende des Ladevorgangs ewig nicht wegfährt.

Ladeweile: Beschäftigung während des Ladens, etwa essen oder lesen.

Leiterquerschnitt: Der Flächeninhalt des Querschnitts eines Leiters. Wird in mm^2 angegeben. Je mehr *Strom* fließt, desto größer muss der Querschnitt sein.

Mild Hybrid: Das Fahrzeug hat einen Elektro- und Verbrennungsmotor. Die Batterie kann nicht an einer Steckdose sondern nur durch *Rekuperation* aufgeladen werden.

Nullleiter/Neutralleiter: Leiter im Wechselspannungsnetz, der zur Verteilung elektrischer Energie beiträgt.

One Pedal Drive: Möglichkeit ausschließlich mit dem „Fahrpedal“ zu fahren. Beim Loslassen des Pedals wird über die Rekuperation verzögert.

Phase: Gibt die aktuelle Position im Ablauf des periodischen Vorgangs beim *Wechselstrom* an.

PHEV (Plug-In-Hybrid Electric Vehicle): Fahrzeug hat einen Elektro- und Verbrennungsmotor. Die Batterie kann an einer Steckdose aufgeladen werden.

Reichweitenangst: Irrationale Angst davor mit einem *Elektroauto* liegen zu bleiben.

Rekuperation: Die Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie beim Bremsen. Die elektrische Energie wird in der Batterie gespeichert.

REX/Range Extender: Kleiner Verbrennungsmotor der die *Fahrbatterie* über einen Generator während der Fahrt wieder aufladen kann.

Roaming: Anbieter, die das Laden bei verschiedenen Ladestationsbetreibern ermöglichen.

Schnarchlader: *Elektroauto*, das nicht schnellladen kann.

Schnelllader: Ladestation die ein Elektrofahrzeug mit mindestens 50 *Kilowatt* aufladen kann.

Schuko-Steckdose: Haushaltssteckdose.

Sicherung/Leistungsschutzschalter: Trennt bei einer definierten Überbelastung den Stromkreis.

SOC/State of Charge: Ladezustand der Batterie.

SOH/State of Health: Gesundheit der Batterie.

Stinker: Abfällige Bezeichnung für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

Supercharger: Schnellladestation für *Teslas*, arbeitet mit *Gleichstrom*. Verwendet in Europa und Asien den *Typ 2* Stecker.

Tesla: Kalifornischer Elektroautobauer.

Triple-Charger: Ladestation die *Typ 2 AC*, *CHAdeMO* und *CCS* anbietet.

Typ 1/SAE J1772-2009: Asiatischer und amerikanischer Standard-Stecker zum Laden mit *Wechselstrom*.

Typ 2 Mennekes: Europäischer Standardstecker für Elektrofahrzeuge. Wird in der Regel zum Laden mit (Dreiphasen-)Wechselstrom verwendet.

Volt (V): Einheit für die elektrische Spannung.

Wallbox: Einrichtung zum Laden eines Elektrofahrzeuges, in der Regel mit Wechselstrom.

Wasserstoff (H₂): Chemisches Element, bei Raumtemperatur gasförmig. Reagiert mit Sauerstoff zu Wasser.

Wichtige Internetadressen

Elektromobilität

Stromtankstellenverzeichnisse:

www.goingelectric.de/stromtankstellen

www.lemnet.org

Ladekarten und Roaming

www.newmotion.com

www.plugsurfing.com

www.enbw.com/privatkunden/tarife-und-produkte/e-mobilitaet/enbw-mobility-ladekarte/

Informationen und Beratung

www.electrify-bw.de

www.nachhaltigmobil.schule

www.goingelectric.de/forum

www.e-mobilbw.de

www.vm.baden-wuerttemberg.de/de/verkehrspolitik/elektromobilitaet/

Carsharing

Anbieter

www.car2go.de

www.drivenow.de

www.stadtmobil.de

www.teilauto-neckar-alb.de

Bundesverband Carsharing e.V.

www.carsharing.de

Fernbusse

Anbieter

www.meinfernbus.de

www.icbus.de

www.deinbus.de

www.eurolines.de

Suchmaschinen

www.busliniensuche.de

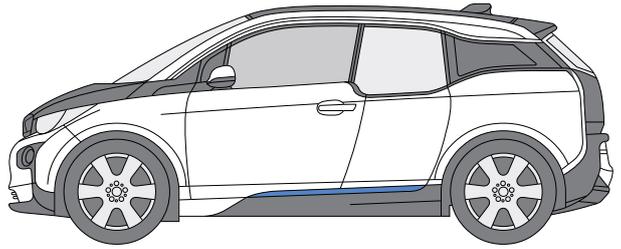
www.checkmybus.de

www.fahrtenfuchs.de

Übersicht Elektrofahrzeuge für Fahrschulen (Auswahl)

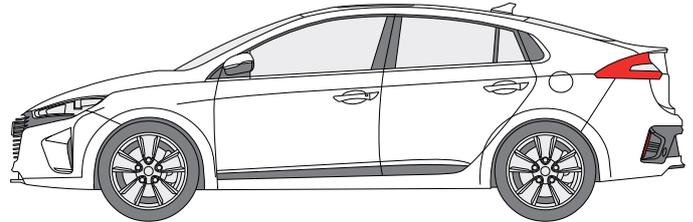
BMW i3

ab 37.550 Euro
Reichweite: 150 bis 200 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 11 kW, CCS 50 kW
Ladedauer: AC min. 2 bis 3 Stunden, DC: 30 Minuten²



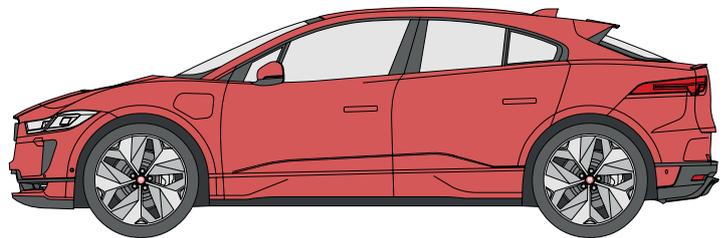
Hyundai Ioniq electric

ab 31.635 Euro
Reichweite: 150 bis 200 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 6,6 kW, CCS 70 kW
Ladedauer: AC min. 4,5 Stunden, DC: 23 Minuten²



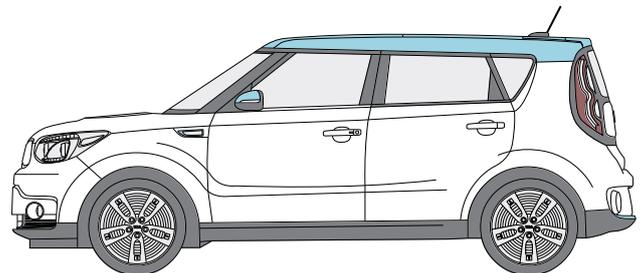
Jaguar I-PACE

ab 77.850 Euro
Reichweite: 300 bis 400 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 7,2 kW, CCS 100 kW
Ladedauer: AC min. 13 Stunden, DC: 40 Minuten²



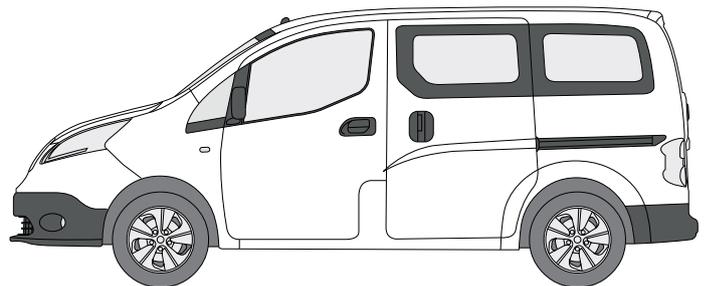
Kia Soul EV

ab 29.490 Euro
Reichweite: 150 bis 190 Kilometer
Ladetechnik: Typ 1 AC bis 6,6 kW, CHAdeMO 62 kW
Ladedauer: AC min. 4,5 Stunden, DC: 30 Minuten²



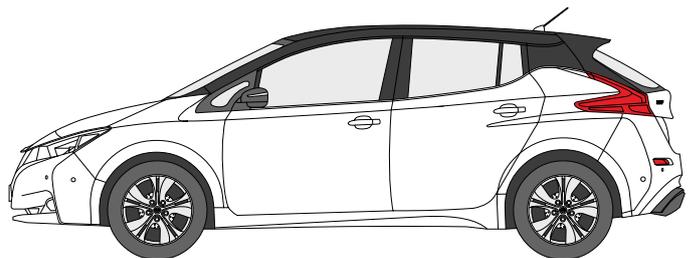
Nissan e-NV 200 Evalia (2018)

ab 43.433 Euro
Reichweite: 180 bis 230 Kilometer
Ladetechnik: Typ 1 AC bis 6,6 kW, CHAdeMO 50 kW
Ladedauer: AC min. 6 Stunden, DC: 50 Minuten²



Nissan Leaf II (ab 2018)

ab 31.950 Euro
Reichweite: 220 bis 300 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 6,6 kW, CHAdeMO 50 kW
Ladedauer: AC min. 6 Stunden, DC: 30 Minuten²



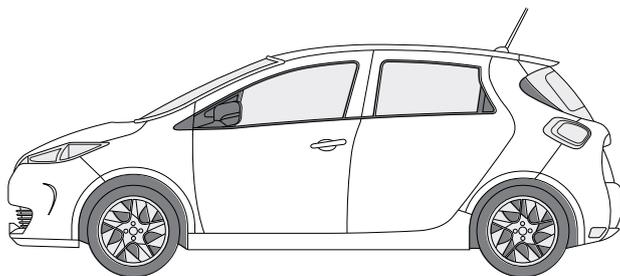
Alle Preise inklusive Mehrwertsteuer und vor Abzug möglicher Förderungen, Stand: Juli 2018.

¹ zzgl. Batteriemiete oder Batteriekaufpreis

² Ladung von 0 auf 80 Prozent

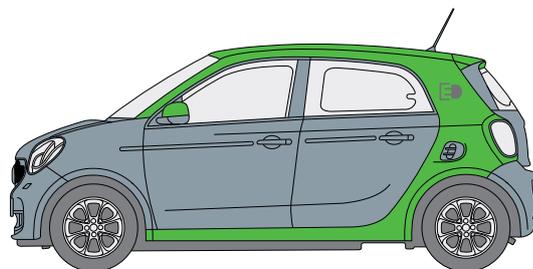
Renault ZOE

ab 26.100 Euro¹
Reichweite: 200 bis 300 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 22 kW
Ladedauer: AC min. 2 Stunden



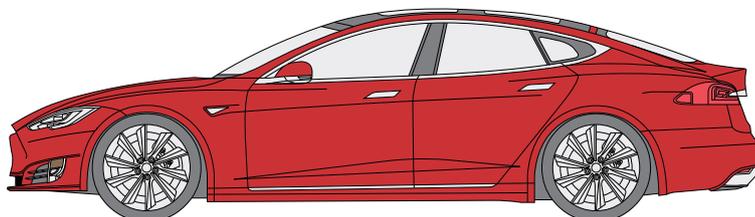
Smart forfour

ab 22.600 Euro
Reichweite: 120 bis 150 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 4,6 kW
Ladedauer: AC min. 4 Stunden



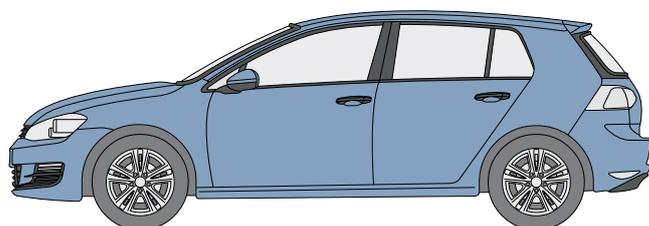
Tesla Model S

ab 69.999 Euro
Reichweite: 250 bis 450 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 16,5 kW,
Supercharger 120 kW, CHAdeMO 45 kW
Ladedauer: AC min. 4 Stunden, DC 40 Minuten²



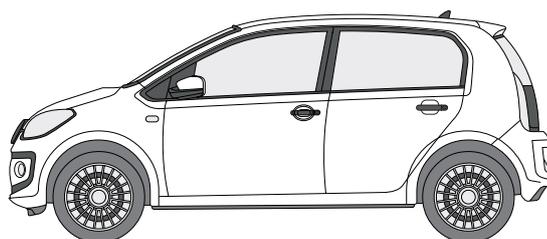
VW eGolf (2017)

ab 35.900 Euro
Reichweite: 180 bis 250 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 7,2 kW, CCS 40 kW
Ladedauer: AC min. 5,5 Stunden, DC 45 Minuten²



VW e-up!

ab 26.900 Euro
Reichweite: 130 bis 160 Kilometer
Ladetechnik: Typ 2 AC bis 3,7 kW, CCS 40 kW
Ladedauer: AC min. 5 Stunden, DC 30 Minuten²



Alle Preise inklusive Mehrwertsteuer und vor Abzug möglicher Förderungen, Stand: Juli 2018

¹ zzgl. Batteriemiete oder Batteriekaufpreis

² Ladung von 0 auf 80 Prozent

Impressum:

Die Mobilitätsschule ist ein Förderprojekt des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg

Projektkoordinator: Dialogik gGmbH

Praxispartner: Electrify-BW e.V.

DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH

Lerchenstraße 22

D-70176 Stuttgart

Stand: 28. Juli 2018