



TÜV
AUSTRIA

AKADEMIE

Oliver Hrazdera

Praxishandbuch Elektromobilität

Kompodium zur OVE-Richtlinie R 19

TÜV AUSTRIA Fachverlag

Impressum

Praxishandbuch Elektromobilität

Kompodium zur OVE-Richtlinie R 19

Für Werkstätten, Ausbildungsstätten, Hersteller,
Blaulichorganisationen, Abschleppdienste, Behörden
und allgemeine Nutzer der E-Mobilität

1. Auflage

ISBN 978-3-903255-10-4

Autor: Dipl.-Ing. Oliver Hrazdera

Review: DI Klaus Alberer, TÜV AUSTRIA AUTOMOTIVE GMBH

Medieninhaber

TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, Rob Bekkers, MSc BSc

2345 Brunn am Gebirge, TÜV AUSTRIA-Platz 1

Tel.: +43 5 0454-8000

E-Mail: akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at



Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska

Layout: Markus Rothbauer, office@studio02.at

Abbildungen und Grafiken (sofern keine andere Quelle angegeben):

Dipl.-Ing. Oliver Hrazdera; Lukas Drechsel-Burkhard, luc@luc.at

Herstellung: druckwelten.at

Cover: iStockphoto LP, 3alexnd

© 2019 TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, des Nachdrucks und der Wiedergabe bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwertung – dem Verlag vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Medieninhabers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers oder der Autoren ist ausgeschlossen.

Zur leichteren Lesbarkeit wurde die männliche Form gewählt. Selbstverständlich gelten alle Formulierungen für Männer und Frauen in gleicher Weise.

E-Mobility – mehr drin!



Ob es sich langfristig lohnen wird, sich mit Elektromobilität – der „alternativen Antriebsform“ – überhaupt zu beschäftigen? Ich als ehemaliger bekennender Benzinbruder sage: JA!

Ein Elektrofahrzeug hat bei vielen – nicht allen – Einsatzbedingungen Vorteile!

Der einzige echte Nachteil ist derzeit noch der Energiespeicher – aufgrund der Kosten und des aufwändigen Herstellprozesses mit dem Bedarf nach seltenen Erden.

Aber die Zeit des modernen Elektro-PKW hat eigentlich erst vor vier bis fünf Jahren mit einigen wenigen Modellen in geringer Stückzahl begonnen – economies of scale konnten sich deshalb ebenso wenig ausbilden wie eine Akkutechnologie neuer Prägung.

Die Entscheidung für ein neues Fahrzeug – zumindest beim PKW – fällt meistens aus einer Kombination aus rationalen wie emotionalen Gründen; beim Nutzfahrzeug und anderen Einsatzgebieten dominieren dagegen meist die logischen, betriebswirtschaftlich getriebenen Überlegungen.

Ähnliches gilt auf Seite der Hersteller – diese verfügen über etablierte Fertigungsstraßen, welche mit Milliardenbeträgen errichtet wurden, auch eine Fahrzeugplattform

mit Motoren und Antriebsstrang verschlingt meist mindestens eine Milliarde an Entwicklungskosten. Dass ein etablierter Hersteller diese Kosten nicht ohne Not „in den Wind“ schreibt, ist nachvollziehbar, zumal Vorstandsvorsitzende meist auf Verträgen bestellt werden, welche bei Misserfolgen – oder bei weniger Gewinn als „üblich“ – meist von den Aktionären bzw. dem Aufsichtsrat beendet werden; ohne einen komplett anderen Ansatz – oder exogene Faktoren wie gesetzliche Rahmenbedingungen, welche eine neue Technologie fördern, bleibt es eher bei den tradierten Verbrennungsmotoren. Gleichzeitig gibt es mit Inseraten und Lobbying auf unterschiedlichen Ebenen veritable Verzögerungsmöglichkeiten für etablierte Hersteller – und im Zweifel zieht dann noch das Argument der Arbeitsplätze, welche ja in Gefahr kommen könnten.

Der Eigenversuch – ich habe sowohl persönlich auf ein Elektrofahrzeug umgestellt als auch den Fuhrpark des Unternehmens, in Österreich alleine doch einige hundert Fahrzeuge, ebenfalls bereits mit einem guten Dutzend E-Fahrzeugen und einer Handvoll Hybriden durchmischt – undogmatisch und vor allem auf die TCO (total cost of ownership) bezogen, zeigt: Es funktioniert bereits! Natürlich nicht überall und im Zweifel raten wir bei extrem hoher Jahreskilometerleistung eher von einem E-Fahrzeug ab.

Und natürlich ist das Elektrofahrzeug auch nicht die Antwort auf alle Probleme – auch dieses benötigt Platz in der Stadt, bei seiner Herstellung entsteht noch mindestens ebenso viel CO₂ wie bei den konventionellen usw. Es ist wie mit der Avocado für den Vegetarier – sehr gesund, aber mittlerweile haben wir gelernt, dass ein Kilo der grünen Wunderfrucht mindestens 1 000 Liter Wasser verbraucht.

Aber es gibt wohl bis auf Weiteres keine Alternative zur Alternative – und weil die Ladeinfrastruktur sich notwendigerweise auch auf Firmen- und Privatgelände etablieren muss, ist es wichtig, dass dies mit Sicherheit geschieht.

Und getreu unserem Slogan „Da ist mehr für Sie drin“ haben wir einen ausgewiesenen Experten, Herrn DI Hrazdera, gebeten, ein umfassendes Werk für den TÜV AUSTRIA Fachverlag zu entwickeln.

Viel Freude beim Lesen – aber vor allem auch danach beim Genuss der Vorteile der E-Mobilität – der Geräuschlosigkeit, dem enormen Drehmoment beim Antritt und Überholen und auch dem Gefühl, früh bei revolutionären Veränderungen aktiv dabei zu sein!

Ing. Mag. Christian Rötzer
TÜV AUSTRIA AUTOMOTIVE GMBH
Geschäftsführung

Die Mobilität von morgen

Die Mobilität von morgen wird eine vielfältige sein. Es wird ein gleichberechtigtes Nebeneinander der verschiedensten Antriebstechnologien geben, vom Verbrennungsmotor über Hybridfahrzeuge bis hin zum rein elektrischen Fahren – und die Menschen werden sich abgestimmt auf ihre persönlichen Bedürfnisse jeweils für die passendste Technologie entscheiden. Auch wenn sich die Entwicklung noch schwer abschätzen lässt, so wird die Elektromobilität jedenfalls künftig eine größere Rolle spielen als heute. Mit Hybrid-Autos, die einen elektrischen Antrieb mit einem Verbrennungsmotor verbinden, genauso wie mit rein elektrischen Fahrzeugen.



Diese Entwicklung wird vom Wunsch vieler Menschen nach mehr Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit getrieben. Ein schonender Umgang mit Ressourcen und die Frage, wie wir gerade auch im Interesse der nächsten Generationen eine lebenswerte, saubere Umwelt erhalten, sind uns heute wichtiger denn je. Wir suchen nach Lösungen, wie wir den CO₂-Ausstoß nachhaltig und weltweit reduzieren und so dem Klimawandel begegnen können. Die Elektromobilität kann dazu einen wichtigen Beitrag leisten, wenn sie breit gedacht wird und den gesamten ökologischen Fußabdruck eines E-Fahrzeugs betrachtet. Dabei spielt es eine wesentliche Rolle, dass der Strom für die Autos aus erneuerbaren Energiequellen wie Wasser- und Windkraft oder aus Solarenergie erzeugt wird. Wichtig ist auch, wie wir die für die Batterien benötigten Rohstoffe gewinnen und wie wir sie nach dem Ende ihrer Funktionszeit wiederverwerten – und wie ressourcenschonend der Produktionsprozess für die Fahrzeuge ist.

Die Automobilindustrie bietet schon heute eine Reihe an Hybrid- und rein elektrischen Fahrzeugen an. Und sie entwickelt gemeinsam mit ihren Zulieferern viel neue innovative Technologien für die Fahrzeuge, die schon bald mit höheren Reichweiten und zu geringeren Anschaffungskosten auf unseren Straßen unterwegs sein werden. Wenn diese Fahrzeuge nachhaltig produziert, mit sauberer Energie betrieben und optimal wiederverwertet werden, dann werden sie einen wichtigen Beitrag zur CO₂-Reduktion und zum Klimaschutz leisten können.

F. Peter Mitterbauer
Vorstandsvorsitzender Miba AG

Vorwort des Autors

Vor beinahe 150 Jahren wurden die ersten Schritte in Richtung einer durch Maschinenkraft realisierten individuellen Fortbewegung gemacht und ich wage zu behaupten, dass es in dieser Zeit keine Situation gegeben hat, wie sie sich gegenwärtig für die Fahrzeughersteller, aber auch für uns Nutzer darstellt.

Viele Jahre war die Entwicklung in der Automobiltechnik ein durchaus rasanter, aber immerhin stetiger Prozess, nun ist die Technologie und damit auch die Branche im Umbruch.

Getrieben durch Umweltauflagen wurden viele Lösungen entwickelt, um die Schadstoffemissionen der Fahrzeuge zu reduzieren, bisher hat sich aber keine davon als die einzig heilbringende durchgesetzt.

Seitens der Fahrzeughersteller werden Unsummen in unterschiedliche Techniken investiert, obwohl klar ist, dass sich am Ende nur wenige Lösungen durchsetzen werden.

Neue Technologien machen beim Kraftfahrzeug selbst nicht halt, je nach verwendeter Technologie sind hohe Steuergelder in den Ausbau der elektrischen Netze oder in neue Tankstelleninfrastrukturen zu investieren – Veränderungen, die nur in mehreren Jahrzehnten möglich sind.

Und auch wir als Konsumenten möchten auf den Komfort nicht verzichten, mit demselben PKW sowohl täglich die wenigen Kilometer bis zur Arbeitsstelle zurückzulegen, auf der anderen Seite aber auch möglichst zeitsparend an einen weit entfernten Urlaubsort zu fahren. Dazu kommen noch alle Besitzer von Wohnwägen, Bootsanhänger u. Ä., die auch bei einem Elektroauto entsprechende Anhängelasten bei sinnvoller Reichweite benötigen.

Der Reichtum und die Infrastruktur in den einzelnen Ländern ist weltweit extrem diversitär. Man kann davon ausgehen, dass die Verwendbarkeit von Elektro- oder Wasserstofffahrzeugen in den weniger entwickelten Staaten der Welt um viele Jahre hinter den Industrienationen nachhängen wird.

All das sind genug Gründe, warum uns die Verbrennungskraftmaschine im Fahrzeug noch viele Jahre begleiten wird. Trotzdem ist es jetzt an der Zeit, sich mit der neuen Technik zu beschäftigen, denn eines ist klar: Die automobilen Zukunft gestaltet jeder von uns mit seiner ganz persönlichen Kaufentscheidung.

Der Autor

Dipl.-Ing. Oliver Hrazdera ist Jahrgang 1970, wohnhaft in der Nähe von Linz (OÖ) und beschäftigt sich seit nunmehr 30 Jahren mit Elektrik, Elektronik und Software, wobei der Fokus klar auf Anwendungen im automotiven und maritimen Sektor liegt.



Nach dem Besuch der HTBLA Steyr in der Fachrichtung Elektronik-Nachrichtentechnik erfolgte das Studium an der Technischen Universität Graz im Bereich Elektrik-Elektronik. Der Berufseinstieg bei CNH (Case New Holland), einer der größten Sparten von FIAT, führte über mehrere Jahre zur Leitung der Elektrik-Elektronik-Entwicklung am Standort.

Berufsbegleitend absolvierte er den Postgraduierten Studienlehrgang „Internationales Projektmanagement“ an der Wirtschaftsuniversität Graz.

2003 erfolgte der Wechsel zu Rosenbauer International, wo er 16 Jahre die Entwicklung der Elektrik-Elektronik und Software verantwortete. Durch die steigenden Anforderungen im Bereich der Fahrzeugsicherheit (ISO 26262) erfolgte 2018 der Wechsel in die Abteilung „Technologietransfer“ als Safetymanager.

Mitte 2019 erfolgte der Wechsel als Senior Manager zum Entwicklungsdienstleister AKKA Austria mit dem Ziel, die Verstärkung der Entwicklungskompetenz der Gruppe im nördlichen Österreich durch einen eigenen Standort zu realisieren. AKKA ist ein Unternehmen mit über 21 000 Mitarbeitern und ein wesentlicher Entwicklungspartner für die Automobilindustrie.

Im Laufe seiner bisherigen Entwicklungstätigkeit realisierte der Autor an die 15 Patente aus den Bereichen Fahrzeug- und Regelungstechnik sowie Generatorsysteme.

Oliver Hrazdera ist Mitglied der TÜV AUSTRIA Ingenieur-Zertifizierungskommission und gerichtlich beedeter Sachverständiger.

Im Nebenerwerb führt er das Elektrounternehmen OH-electric-electronic-consulting, welches sich auf Beratung, Schulung und Installation im Bereich der Elektromobilität, Elektrik im Fahrzeug- und Schiffsbau sowie Generatorsysteme spezialisiert hat.

Durch die Mitarbeit in mehreren nationalen und internationalen Normengremien in den Fachgebieten Safety, Elektrotechnik, Fahrzeug- und Schiffstechnik, Elektromobilität sowie elektrische Betriebsmittel ist der Autor in der Branche sehr gut vernetzt.

Inhalt

1	Einleitung	11
2	Situation der E-Mobilität	13
2.1	Ursprünge	13
2.2	Gegenwärtige Situation – Treiber der Elektromobilität	14
2.3	Verwandte Anwendungen außerhalb der KFZ-Technik	16
3	Rechtliche Grundsätze	19
3.1	Das Elektrotechnikgesetz	19
3.2	Die Elektrotechnikverordnung	21
3.3	Die Elektroschutzverordnung	21
3.4	Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz	23
3.5	OVE E 8101 Elektrische Niederspannungsanlagen (bzw. VDE 0100 für Deutschland)	23
3.6	EN 50110-1 Betrieb von elektrischen Anlagen	24
3.7	OVE-Richtlinie R 16 Ausbildungsrichtlinie für Arbeiten unter Spannung	26
3.8	OVE-Richtlinie R 19 Sicheres Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-Systemen	27
3.9	DGUV 200-005 Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystem	30
3.10	OVE E 8101-7-722 Stromversorgung für Elektrofahrzeuge (bzw. VDE 0100-7-722 für Deutschland)	32
3.11	ECE R 100 Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge	32
3.12	ECE R 136 Krafträder mit Elektroantrieb	35
4	Elektrotechnische Grundlagen	36
4.1	Strom	36
4.2	Spannung	37
4.3	Wechselspannung versus Gleichspannung	38
4.4	Widerstand	39
4.5	Das Ohmsche Gesetz	40
4.6	Die elektrische Leistung	40
4.7	Die elektrische Arbeit	41
5	Wesentliche passive und aktive Bauteile	42
5.1	Passive Bauteile	42
5.2	Aktive Bauteile	54
6	Gefahren des Elektrischen Stromes	71
6.1	Gleichspannung	73
6.2	Wechselspannung	73
6.3	Elektrounfälle in Österreich	74
6.4	Erste-Hilfe-Maßnahmen	75

7	Mögliche Fehler und Schutzeinrichtungen	77
7.1	Fehlerarten	77
7.2	Dreistufiges Schutzkonzept der Elektrotechnik	78
7.3	Schutzelemente	79
7.4	Unterschiedliche Netzformen	84
7.5	Potentialausgleich	87
7.6	Elektrofahrzeug an einer Ladestation angeschlossen	87
8	Antriebskonzepte in der E-Mobilität	91
8.1	Fahrzeug ausschließlich mit Verbrennungskraftmaschine	91
8.2	Hybridfahrzeuge	92
8.3	Batterieelektrisches Fahrzeug	102
8.4	Brennstoffzellen-Fahrzeug	104
9	Grundsätzlicher Aufbau HV-System	106
10	Energiespeicher	107
10.1	Batterien und Akkus	107
10.2	Brennstoffzelle mit Wasserstoff	126
10.3	SuperCAP	129
10.4	Alternative Kraftstoffe (E-Fuels)	130
11	Elektrische Maschinen	131
11.1	Gleichstrommaschine	131
11.2	Asynchron-Drehstrommaschine (ASM)	134
11.3	Synchron-Drehstrommaschine (SM)	136
12	Umrichter – Inverter – DC/DC-Wandler	138
13	Ladegeräte im Fahrzeug	139
14	Externe Ladeinfrastruktur	141
14.1	Ladestecker	142
14.2	Lademodus	148
14.3	Ladekabel	151
14.4	Funktion CP, PP	152
14.5	Woher kommt der Strom für die Ladestationen?	153
15	Notwendige Werkzeuge und Persönliche Schutzausrüstung	158
15.1	Persönliche Schutzausrüstung	158
15.2	Werkzeuge	159
15.3	Sonstiges	160

16 Messen und Messgeräte	161
16.1 Spannungsprüfer	161
16.2 Installationsmessgerät	162
17 Arbeiten an HV-Systemen	163
17.1 Wie erkennt man ein Fahrzeug mit HV-Komponenten?	163
17.2 HV-eigensicheres Fahrzeug	163
17.3 Sicheres Arbeiten – die fünf Sicherheitsregeln	163
18 Mögliche Gefährdungen bei HV-Systemen	173
18.1 Elektrische Gefährdungen	173
18.2 Toxische Gefährdungen	174
18.3 Thermische Gefährdungen	174
19 Anforderungen an die KFZ-Werkstätte	175
20 Anforderungen an die Pannendienste	176
21 Anforderungen an die Blaulichtorganisationen	178
21.1 Feuerwehr-Einsatz-Szenarien	178
21.2 Rettungsdatenblatt	180
22 Ausblick – Wie entwickelt sich die E-Mobilität weiter?	184
23 Abkürzungen und Begriffe	186
24 Literaturverzeichnis	189

1 Einleitung

Das Interesse an E-Mobilität ist in den letzten Jahren aufgrund wirtschaftlicher, aber vor allem ökologischer Gründe signifikant angestiegen.

Die europäische Automobilindustrie muss den Flottenverbrauch ihrer Fahrzeuge bis 2020 auf 95 Gramm CO₂ je Kilometer reduzieren und weitere Reduktionen sind bereits beschlossen.

Hersteller, die hauptsächlich kleinere Fahrzeuge verkaufen, haben hier sicher Vorteile, denn durch Effizienzsteigerungen der Motortechnologie wird es möglich sein, die obigen Grenzwerte mit herkömmlichen Verbrennungskraftmaschinen noch zu erreichen. Generell rechnet man mit einem weiteren möglichen Einsparungspotential von 15–20 %.

Der Beitrag von E-Mobilität zu Klimaschutz & Effizienz

Energiebedarf

Wie hoch ist der Energieverbrauch auf 100 km?

Diesel-PKW 7 l ≈ 70 kWh
E-Mobil 15 kWh

CO₂-Bilanz

Wie hoch sind die CO₂-Emissionen auf 100 km?

Diesel-PKW 19,3 kg CO₂
E-Mobil 4–5 kg CO₂

Energieeffizienz

Wie viel Prozent der eingesetzten Energie werden zur Fortbewegung genutzt?

Diesel-PKW 20 %
E-Mobil 95 %

Abbildung 1.1: Vergleich unterschiedlicher Antriebskonzepte
(Datenquelle: Umweltbundesamt)

Luxusmarken mit Fahrzeugen im oberen Leistungsbereich haben dieses Potential nicht und müssen massive Anstrengungen unternehmen, um die gesetzten Ziele zu erreichen, ansonsten drohen hohe Strafzahlungen. Das wird nur gelingen, wenn innerhalb der Flotte ein signifikanter Anteil an „Zero-Emission-Fahrzeugen“ verkauft wird.

Durch den vor einigen Jahren ausgelösten Dieselskandal, der vor allem in der deutschen Automobilindustrie sehr viel Glaubwürdigkeit vernichtet hat, gibt es mittlerweile im wichtigsten europäischen Automarkt mehrere Gerichtsurteile, die die Kommunen verpflichten, partielle Fahrverbote für Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen zu erlassen.

Die gegenwärtige Diskussion in den Medien führt natürlich zu einer Verunsicherung der Konsumenten, diese wenden sich verstärkt neuen, umweltfreundlicheren Technologien zu oder, was leider eher kontraproduktiv ist, verschieben Ersatzbeschaffungen zeitlich nach hinten.

Man sieht an einigen ausgewählten Ländern, wie z. B. Norwegen, dass entsprechende Förderungen der E-Mobilität durch die jeweiligen Regierungen sehr gut greifen, in manchen Ländern werden bereits 10–15 % des KFZ-Bestandes durch elektrifizierte Fahrzeuge abgedeckt. In den letzten ein bis zwei Jahren merkt man auch in vielen anderen Ländern eine verstärkte finanzielle oder steuerliche Förderung beim Ankauf von Elektrofahrzeugen.

Was man als Europäer nicht aus dem Auge verlieren darf, ist die verstärkte Marktpräsenz asiatischer Fahrzeughersteller. Diese „überspringen“ quasi die Technologie der Verbrennungskraftmaschinen und starten ihre neu gegründeten Produktionen und Marken ohne historischen Ballast ausschließlich in elektrischer Ausführung.

Wollen wir hier nicht den Anschluss verlieren, muss in Europa mit verstärktem Einsatz in Richtung Elektromobilität gearbeitet werden.

Die Elektromobilität umfasst dabei nicht nur batterieelektrische Fahrzeuge, sondern auch alle Arten an Hybridfahrzeugen, ja selbst die zukunftsweisenden Brennstoffzellen-Fahrzeuge fallen unter diese Gruppe.

Bei Fahrzeugen mit elektrischen Antriebskomponenten werden gegenwärtig Spannungen bis 700 V verwendet, hier scheint aber die Reise noch nicht abgeschlossen zu sein. Auch die Spitzenströme steigen, hier ist die 500 A-Grenze bereits überschritten.

Spannungen und Ströme in dieser Höhe sind absolut lebensgefährlich!

Um die neuen Technologien auch sicher in den Markt bringen und die Fahrzeuge auch wie bisher in normalen KFZ-Werkstätten servicieren zu können, muss in die Ausbildung der Mitarbeiter investiert werden.

Dieses Buch soll dazu dienen, Personen, die mit Elektromobilität in Berührung kommen – sei es als Mitarbeiter in einer KFZ-Werkstatt oder eines Abschleppunternehmens, als Mitglied einer Blaulichtorganisation, die auf ein verunfalltes Auto trifft, als Mitarbeiter in der Entwicklung von KFZ-Elektrikkomponenten oder auch einfach nur als interessierter Anwender von Elektrofahrzeugen – das nötige Rüstzeug mitzugeben.

Das Buch ist so geschrieben, dass es sowohl für den elektrotechnischen Laien als auch für die Elektrofachkraft lesbar und verständlich ist und auch für jeden etwas Wissenswertes beinhaltet. Darüber hinaus stellt dieses Buch den gesamten Stoffinhalt für die Ausbildung zur Arbeit an Elektrofahrzeugen basierend auf der OVE-Richtlinie R 19 zur Verfügung.

2 Situation der E-Mobilität

2.1 Ursprünge

Die Elektromobilität ist seit der ersten Stunde mit der Entwicklung der Kraftfahrzeuge verbunden. Ende des 19. Jahrhunderts war es noch nicht absehbar, welche Antriebsart sich schlussendlich durchsetzen wird. Schon 1882 stellte Werner Siemens seinen elektrisch angetriebenen Kutschenwagen in Berlin vor. Das berühmteste Elektrofahrzeug war in den Anfängen sicher der „Lohner-Porsche“, dieser wurde vom damals 25-jährigen Ferdinand Porsche in der „k. u. k. Hofwagenfabrik Jacob Lohner, Wien“ entwickelt und auf der Weltausstellung 1900 in Paris der Öffentlichkeit präsentiert.

Das Fahrzeug hatte je einen Radnarbenmotor für ein Rad der Vorderachse und schaffte mit ca. 400 kg Bleibatterien an Bord eine Geschwindigkeit von knapp 50 km/h. Auch damals war das Problem der Elektrofahrzeuge die geringe Reichweite; durch die technischen Fortschritte der Verbrennungskraftmaschinen geriet die E-Mobilität für mehr als hundert Jahre in Vergessenheit.



Abbildung 2.1: Lohner-Porsche 1901 (<https://de.wikipedia.org/wiki/Lohner-Porsche>)

Im 2. Weltkrieg gab es erneut Versuche, Fahrzeuge mit einem Elektromotor anzutreiben. Erneut war Ferdinand Porsche beteiligt und schuf im Panzerwerk St. Valentin den Jagdpanzer „Ferdinand“.

Zwei Generatoren, an Verbrennungskraftmaschinen angeflanscht, produzierten stets im optimalen Drehzahlbereich den notwendigen Strom, um mehrere Elektromotoren anzutreiben. Das Fahrzeug fiel aufgrund technischer Probleme bei mehreren Vorführungen aus, trotzdem war es aus heutiger Sicht ein sehr fortschrittliches Konzept.

2.2 Gegenwärtige Situation – Treiber der Elektromobilität

Die Anzahl unserer Fahrzeuge steigt mit der Weltbevölkerung massiv an und der Anteil des durch Verbrennungskraftmaschinen entstehenden Treibhausgases CO_2 ist signifikant. Die Auswirkungen auf unsere Umwelt lassen sich nicht mehr verleugnen. Daher wurden durch die Europäische Union entsprechende Maßnahmen eingeleitet, um das globale Ziel der max. Erderwärmung erreichen zu können.

2009 wurde die Verordnung zur Reduzierung der CO_2 -Emissionen bei neuen PKW verabschiedet. Die Fahrzeughersteller sind damit angehalten, einen CO_2 -Ausstoß von 95 g CO_2 je km ab 2020 nicht zu überschreiten. Europa hat hier sehr ambitionierte Ziele, die anderen Weltregionen hinken deutlich hinterher.

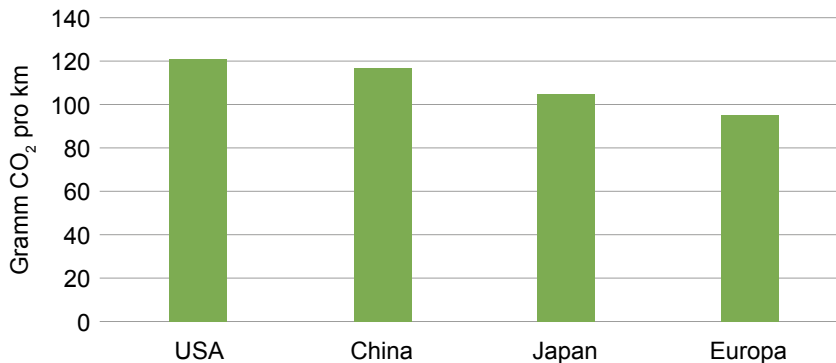


Abbildung 2.2: Internationale CO_2 -Ziele (Gramm pro km)

Der CO_2 -Verbrauch korreliert mit dem Verbrauch an Kraftstoffen, 95 g entsprechen in etwa einem Benzinverbrauch von 4,4 l/100 km bzw. einem Dieselverbrauch von 3,6 l/100 km.

Wird die festgelegte Grenze überschritten, drohen den Fahrzeugherstellern drakonische Strafzahlungen. Ein Unterschreiten der 95 g CO_2 /km ist nur möglich, wenn innerhalb der Herstellerflotte eine signifikante Menge an reinen Elektrofahrzeugen verkauft wird, denn diese werden mit 0 g CO_2 /km berechnet. Auch für Plug-In-Hybride gibt es entsprechende Reduktionen.

Gegenwärtig ist die Menge an Elektro- oder Hybridfahrzeugen in Österreich noch sehr überschaubar, die prozentuellen Zunahmen sind vor allem aufgrund der eingeführten Förderungen und des starken Anstiegs an öffentlichen Ladestationen aber bereits massiv.

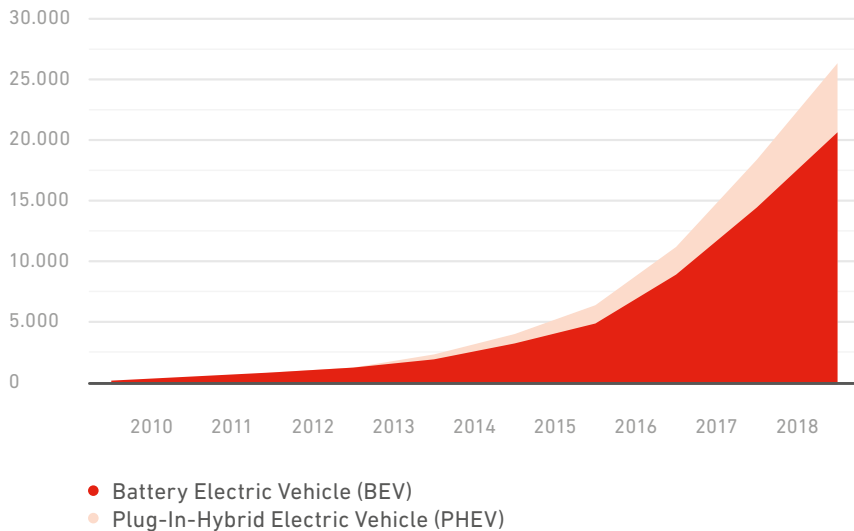


Abbildung 2.3: Bestand an Elektro- und Hybridfahrzeugen (PKW) in Österreich (Austria Tech)

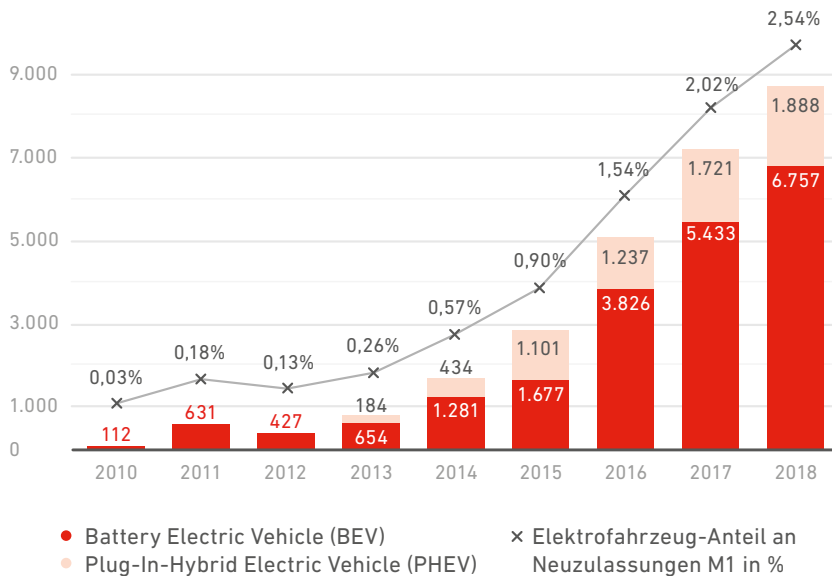


Abbildung 2.4: Neuzulassungen Elektro- und Hybridfahrzeuge (PKW) in Österreich (Austria Tech)

2.3 Verwandte Anwendungen außerhalb der KFZ-Technik

Auch wenn der Fokus dieses Buches auf der Elektromobilität von Fahrzeugen nach OVE-RL R 19 liegt, gibt es auch viele Entwicklungen in parallelen Bereichen.

Hier stehen vor allem Elektrofahrräder, Elektromotorräder und Elektroboote mit ähnlichen Komponenten aus der breiten Masse hervor.

2.3.1 Elektrofahrräder/Pedelecs

Elektrofahrräder/Pedelecs erleben gegenwärtig einen wahren Boom, egal ob als City- oder Mountainbike, die Produkte treffen offensichtlich den Geschmack der Anwender.

Das typische Pedelec in Österreich unterstützt den Fahrer mittels max. 250 W starkem Elektromotor bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h. Der Motor ist dabei nur aktiv, wenn die Pedale getreten werden.

Im Gegensatz zum Pedelec wird unter einem E-Bike ein Fahrrad verstanden, dessen Elektromotor mittels Taster/Handgriff wahlweise zugeschaltet werden kann, somit nicht zwingend mit dem Treten der Pedale verbunden ist.

In der Praxis hat sich dieser Unterschied aber verwischt und man bezeichnet beide Versionen unrichtigerweise als E-Bike. Die Antriebe gibt es als Frontmotor (ähnlich einem Radnaben-Dynamo in der Vorderachse), Heckmotor (ein Radnabenmotor in der Hinterachse) oder, in der häufigsten Form, Mittelmotor. Dabei sitzt der Motor auf der Tretachse und wirkt parallel zum Antritt des Fahrers.



Abbildung 2.5: Fahrrad mit Mittelmotor und Lithium-Akku extern am Holm

2.3.2 Elektromotorräder

Unter die Gruppe der Elektromotorräder fallen sowohl die Mopeds als auch die wesentlich stärkeren Motorräder.

Die Beschleunigungswerte der Maschinen sind sehr hoch, die Reichweite aber gegenwärtig noch problematisch wenig, sodass sich in Europa noch kein großer Markt dafür gebildet hat. Problematisch ist hier zusätzlich, dass das leise Elektromotorrad von anderen Verkehrsteilnehmern sehr leicht übersehen werden kann.



*Abbildung 2.6: Elektromotorrad Freeride E-XC von KTM
(KTM SPORTMOTORCYCLE GMBH)*

In nichteuropäischen Märkten ist die Situation konträr, China hat sich mittlerweile z. B. als größter Markt von Elektrorollern manifestiert.

In einzelnen Nischen findet man aber auch in Österreich interessante Anwendungen, eines dieser Trendsetter ist das Freeride E-XC von KTM.

Hier liegt der Fokus vor allem auf der geringen Lautstärke, da mit Motorrädern dieser Art häufig im Gelände gefahren und geübt werden muss. Auch das Drehmoment im unteren Drehzahlbereich ist für die artistischen Kunststücke, die mit diesen Bikes ausgeführt werden, von hohem Nutzen.

Am unverkleideten Motorrad sieht man Umrichter, Motor und Akkupack, welche sehr platzsparend integriert sind.



Abbildung 2.7: Elektromotorrad Freeride E-XC von KTM ohne Verkleidung (KTM SPORTMOTORCYCLE GMBH)

2.3.3 Marineanwendungen

Auch im maritimen Bereich gibt es gegenwärtigen einen starken Trend in Richtung Elektromobilität. Treiber dieser Entwicklung sind die mannigfachen Fahrverbote für Boote mit Verbrennungskraftmaschinen auf Binnenseen. Diese können gegenwärtig durch Umstieg auf Elektroantriebe umgangen werden.

Je nach Leistung werden entweder spezielle Komponenten aus dem Marinebereich verwendet oder, wie im Fall der österreichischen Firma Frauscher, auf bewährte Teile aus der Automobilindustrie zurückgegriffen. Für Anwendungen im Bootsbereich gibt es seit kurzem die ÖNORM EN ISO 16315 – Kleine Wasserfahrzeuge – Elektrische Antriebssysteme.



Abbildung 2.8: Li-Akku vom BMW i3 in einem Boot der Firma Frauscher (BMW Group)

3 Rechtliche Grundsätze

3.1 Das Elektrotechnikgesetz

Das *Elektrotechnikgesetz* hat zum Ziel, dass sämtliche elektrische Anlagen und Betriebsmittel innerhalb des Bundesgebietes nach einheitlichen Standards ausgeführt sind.

Es gilt sowohl für feste Anlagen, wozu auch die Elektrik auf Fahrzeugen zählt, und für elektrische Betriebsmittel.

Die wesentlichen Inhalte sind:

§ 1: Unterscheidung elektrisches Betriebsmittel und elektrische Anlage

§ 2: Normalisierung und Typisierung auf dem Gebiet der Elektrotechnik:

Das ist sichergestellt durch die Einhaltung der SNT-Regeln (Sicherheit, Normung, Typisierung). Die dafür notwendigen Normen sind in der Elektrotechnikverordnung (ETV) verbindlich erklärt.

§ 3: Sicherheitsmaßnahmen auf dem Gebiet der Elektrotechnik

§ 4: Bestandsschutz

Grundsätzlich genießen Betriebsmittel und Anlagen, die vor Jahren nach älteren Standards erbaut wurden, einen Bestandsschutz, falls dieser nicht bewusst seitens Regierung außer Kraft gesetzt wurde (z. B. zwingende Verwendung eines Fehlerstromschutzschalters bei Mietwohnungen).

§ 5: Übergangsfristen

Elektrische Betriebsmittel und Anlagen dürfen normalerweise noch 5 Jahre nach Veränderung der SNT-Vorschriften nach den vorhergehenden SNT-Vorschriften gebaut werden. Diese Übergangsfrist kann seitens Regierung verändert werden.

§ 6: Veränderungen an alten Anlagen bzw. Betriebsmitteln

Bei wesentlichen Änderungen und Erweiterungen müssen die Produkte auf neuesten Stand der Sicherheitsvorschriften gebracht werden und der Bestandsschutz wird damit aufgehoben.

§ 7: Nachweis der Erfüllung der Sicherheitsanforderungen

Der Bundesminister kann durch Verordnung elektr. Betriebsmittel bestimmen, für die ein Nachweis vor der ersten Inverkehrbringung zu erbringen ist (z. B. Schutzklasse-II-Geräte).

§ 8: Verfassungsbestimmungen

Elektrische Betriebsmittel und Anlagen sind so zu realisieren, dass sie mit minimalem Energieverbrauch auskommen. Der Bundesminister kann die Zulassung zur Inverkehrbringung davon abhängig machen, dass der Energieverbrauch ausgedeutert ist und eventuell auch festgesetzte Grenzwerte unterschreitet (z. B. Kühlschränke).

§ 9: Überwachung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Der Inverkehrbringer bzw. der Betreiber der Anlage muss der Behörde Zugang gewähren und entsprechende Unterlagen aushändigen.

§ 10: Überwachungstätigkeit der Behörde:

Diese muss im angemessenen Verhältnis zur Stückzahl der elektr. Betriebsmittel diese auch kontrollieren.

§ 13: zuständige Behörden:

Anlagen fallen in die Verantwortung des jeweiligen Landeshauptmanns. Die Inverkehrbringung von elektrischen Betriebsmitteln verantwortet der Bundesminister.

§ 14: Sonderbestimmungen

Das Elektrotechnikgesetz gilt für Flugzeuge, Züge, Boote und militärische Einrichtungen nur soweit, dass es in diesen Bereichen keine speziellen Sonderbestimmungen gibt.

§ 15: Zentralstatistik für Elektrounfälle:

Elektrounfälle sind zu melden (Anlagenbetreiber, Inverkehrbringer, Krankenhaus, Sozialversicherungsträger etc.). Jährlich gibt es eine öffentlich zugängliche Statistik.

§ 17: Strafbestimmungen

Bei Nichteinhaltung des Elektrotechnikgesetzes werden entsprechende Strafen verhängt.