



TÜV
AUSTRIA

AKADEMIE

Oliver Hrazdera

Praxishandbuch Elektromobilität

Kompodium zur OVE-Richtlinie R 19

TÜV AUSTRIA Fachverlag

Impressum

Praxishandbuch Elektromobilität

Kompendium zur OVE-Richtlinie R 19

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

2. Auflage 2023

ISBN 978-3-903255-54-8

Autor: Dipl.-Ing. Oliver Hrazdera

Medieninhaber: TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, DI (FH) Andreas Dvorak, MSc

2345 Brunn am Gebirge, TÜV AUSTRIA-Platz 1

+43 5 0454-8000

akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at



Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska, TÜV AUSTRIA Akademie

Layout: Markus Rothbauer, office@druckwelten.at

Grafiken: lucdesign

Fotos (sofern keine andere Quelle angegeben): Dipl.-Ing. Oliver Hrazdera

Herstellung: druckwelten.at, 1180 Wien

Cover: Markus Rothbauer, Motiv: © Petair – stock.adobe.com

© 2023 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.

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit und eines erleichterten Verständnisses verzichten wir in unseren Publikationen auf eine geschlechterspezifische Differenzierung und verwenden für Personenbezeichnungen das generische Maskulinum. Wir verstehen dieses als neutrale grammatikalische Ausdrucksweise, mit der wir ohne jegliche Diskriminierung alle Menschen gleichermaßen ansprechen.

Die (E-)Mobilität der Zukunft

Der Boom zum E-Auto hält weiterhin an. Nach dem Rekord im Jahr 2022 dürften die Verkäufe von E-Autos in diesem Jahr um weitere 35 Prozent steigen, so ein Bericht der Internationalen Energieagentur (IEA). Für China, Europa und die USA wird bis 2030 sogar ein E-Auto-Anteil von 60 Prozent prognostiziert.

In Österreich sind derzeit rund 130 000 rein batterieelektrische PKW unterwegs. Entsprechend schnell wird die Ladeinfrastruktur ausgebaut. Mehr als 20 000 öffentliche Ladepunkte verteilen sich über das ganze Land. Das bedeutet, dass rein rechnerisch auf sieben E-Autos eine öffentliche Ladestelle kommt. Darüber hinaus wird für fast jedes neu angemeldete E-Auto eine Ladestelle zu Hause oder am Firmenstandort installiert.

Gerade flächendeckende öffentliche wie private Ladeinfrastrukturen sind wichtige Schritte auf dem Weg zum Gelingen der Mobilitätswende. Voraussetzung für das Erreichen der nationalen und internationalen Klimaziele ist die Reduktion des Energiebedarfs, mehr Energieeffizienz sowie der Einsatz erneuerbarer Energie, alle diese Ziele werden mit dem Umstieg auf rein elektrische Antriebe unterstützt.

Dieser Weg wird von der Politik durch steuerliche Erleichterungen und finanzielle Vorteile (Sachzugsbefreiung, Wegfall der NoVA und motorbezogenen Versicherungssteuer) begleitet, es gibt Förderungen zur Anschaffung von E-Autos, Nutzfahrzeugen, Fahrrädern und Wallboxen. Und mit der Novellierung des Wohnungseigentumsgesetz (WEG) kann man nun leichter eine Ladestation im Mehrparteienhaus errichten.

Ab 2035 nur mehr emissionsfreie Fahrzeuge

Elektrofahrzeuge verbrauchen dreimal weniger Energie, fahren emissionsfrei und leiser. Mit Strom aus erneuerbaren Energien schneiden rein elektrisch betriebene Fahrzeuge in der Klimabilanz deutlich besser ab als Benziner oder Dieselfahrzeuge. Bei LKW, Bussen und im Fernverkehr ist das Rennen noch nicht ganz entschieden. Neueste Studien zeigen jedoch, dass vor allem im Nah- und Güterverkehr eine Umstellung auf erneuerbare Energie auch bei schweren Nutzfahrzeugen gelingen wird. Geht es nach den Plänen der EU, werden bereits ab 2035 nur mehr emissionsfreie PKW, Zweiräder sowie leichte und schwere Nutzfahrzeuge neu zugelassen.

Wie sicher ist das Fahren mit dem Elektroauto?

Sicherheitsbedenken bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen betreffen meist das niedrige Fahrgeräusch, die rasche Beschleunigung sowie das Brandverhalten. Um Verkehrsunfälle zu vermeiden, müssen E-Fahrzeuge bei niedrigen Geschwindigkeiten ein Warngeräusch aussenden. Im Gegensatz zum Eindruck, der aus Medienberichten entstanden ist, zeigen statistische Daten, dass E-Fahrzeuge deutlich seltener von Fahrzeugbränden betroffen sind als Verbrenner. Diese statistischen Daten wurden bereits mehrfach durch Studien und Untersuchungen von Brandschutzsachverständigen bestätigt. Grundsätzlich weist ein Elektroauto keine höheren Sicherheitsrisiken auf als ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

Oft stellt man mir die Frage: Was passiert, wenn alle Autos in Österreich mit Strom fahren würden? Meine Antwort: Zuerst könnten die Bewohner:innen von Wien, Linz und Graz die Fenster weit aufmachen, sich über die Ruhe freuen und die unbelastete Luft einatmen. Die Tankstellen haben PV-Anlagen am Dach und bieten Ladestellen an. Unsere Abhängigkeit von Öl wäre zurückgegangen, da wir den Strom in Österreich ausreichend aus erneuerbaren Quellen produzieren.

Aus- und Weiterbildung ist notwendig

Die Elektromobilität stellt einen wirksamen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele dar und birgt darüber hinaus ein großes Potenzial für den Wirtschaftsstandort Österreich. Umso wichtiger wird künftig auch eine fundierte Aus- und Weiterbildung sowie die Vernetzung von Personen und Unternehmen aus unterschiedlichen Bereichen sein. Ich denke hier an Kfz-Werkstätten, Pannendienste, Fuhrparkbetreiber, Logistikunternehmen und Blaulichtorganisationen. Neueste Ergebnisse aus Wissenschaft und Forschung müssen hier das gesamtgesellschaftliche Bild der Elektromobilität abbilden: von der Antriebstechnik bis zur Infrastruktur, von der Elektrotechnik bis zu den rechtlichen und sicherheitstechnischen Aspekten.

Ist der Umstieg auf Elektromobilität alleine ausreichend? Nein. Ich denke, die Bedeutung der öffentlichen Verkehrsmittel (Bahn, Bus, Bim) wird in den nächsten Jahren weiter steigen. Darüber hinaus wird auch die geteilte Mobilität (Shared Mobility) die neue (E-)Mobilität stark beeinflussen und maßgeblich die Mobilität der Zukunft mitgestalten.



Foto: © BEÖ/TomSom

Andreas Reinhardt ist Vorsitzender des Bundesverband Elektromobilität Österreich (BEÖ) und leitet den Bereich Energiedienstleistungen bei der LINZ AG. Reinhardt studierte Elektrotechnik an der TU Graz und lehrt an der FH Hagenberg.

Der Bundesverband Elektromobilität Österreich (BEÖ) vertritt die Interessen von elf Energieunternehmen in Österreich und setzt sich für den flächendeckenden Ausbau mit Elektromobilität unter Verwendung von 100 Prozent Erneuerbarer Energie in Österreich ein. www.beoe.at

Elektrifizierung konsequent zu Ende denken

Die Elektrifizierung der Mobilität nimmt weiter an Fahrt auf. Rund 12 Prozent aller im Jahr 2022 in der Europäischen Union neu zugelassenen PKW hatten einen rein batterieelektrischen Antrieb, rund 23 Prozent waren Plug-In-Hybridfahrzeuge. Daneben werden künftig auch immer mehr LKW elektrisch fahren, auf der Langstrecke wohl vor allem mit direkt im Fahrzeug mittels Brennstoffzellen aus Wasserstoff produzierter Energie. Und auch Busse, Bahnen oder Boote werden künftig noch viel stärker als heute elektrisch betrieben sein.

Wichtiger Beitrag zum Klimaschutz

Diese Umstellung auf elektrifizierte Antriebe verfolgt vor allem ein Ziel: Verkehr und Mobilität sollen einen Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes und damit zum Klimaschutz leisten. Ein wichtiges Ziel, das aber nur dann erreicht werden kann, wenn man die Elektrifizierung konsequent und ohne Scheuklappen zu Ende denkt.

Es geht nicht nur darum, aus Wind- und Wasserkraft oder Solarenergie grünen Strom zu gewinnen. Es geht auch darum, die Netze massiv auszubauen, um diesen Strom möglichst verlustfrei zum Endverbraucher zu bringen. Beides scheitert oft an überlangen Verfahren, unzähligen Einsprüchen und massivem Widerstand der Bevölkerung, die sich bei den Plänen nicht ausreichend abgeholt fühlt. Und nicht zuletzt fehlen auch beim Ausbau der Speicherkapazitäten für den benötigten grünen Strom die Lösungsansätze. Diese sind aber dringend nötig, denn gerade Wind- oder Solarenergie stehen nicht jederzeit zur Verfügung. Das ist etwa für die Verbrauchsspitzen ein Problem.

Unser gemeinsamer Auftrag

Wir müssen eine unangenehme Wahrheit aussprechen: Wenn diese Themen nicht gelöst werden, dann wird die Elektrifizierung nicht gelingen. Daher sollten gerade wir als Expertinnen und Experten bei jeder sich bietenden Gelegenheit die Politik, die Medien und sonstige Meinungsbildner und Entscheidungsträger auf die Problematik aufmerksam machen. Sehen wir das als unseren gemeinsamen Auftrag.



F. Peter Mitterbauer, Vorstandsvorsitzender, Miba AG

F. Peter Mitterbauer ist Vorstandsvorsitzender der Miba AG.

Miba entwickelt und produziert funktionskritische Komponenten für Anwendungen entlang der gesamten Energie-Wertschöpfungskette, u. a. auch E-Mobility-Komponenten.

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 wechselte er als Senior Manager zum Entwicklungsdienstleister AKKODIS Austria mit dem Ziel, die Verstärkung der Entwicklungskompetenz der Gruppe im nördlichen Österreich durch einen eigenen Standort zu realisieren. AKKODIS ist ein Unternehmen mit über 50 000 Mitarbeitern und einer der wesentlichsten Entwicklungspartner für die Automobilindustrie.

Im Laufe seiner bisherigen Entwicklungstätigkeiten 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 GmbH, welches sich auf Beratung, Schulung und Installation im Bereich der Elektromobilität, Elektrik im Fahrzeug- und Schiffsbau sowie Generatorsysteme spezialisiert hat. Der Autor ist auch Lektor an der FH Wels in der Fachrichtung „Automotive Management“.

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	15
2 Situation der E-Mobilität	17
2.1 Ursprünge	17
2.2 Gegenwärtige Situation – Treiber der Elektromobilität	18
2.3 Verwandte Anwendungen außerhalb der Kfz-Technik	23
2.3.1 <i>Elektrofahrräder/Pedelecs</i>	24
2.3.2 <i>Elektromotorräder</i>	25
2.3.3 <i>Marineanwendungen</i>	26
3 Rechtliche Grundsätze	29
3.1 Das Elektrotechnikgesetz (ETG)	29
3.2 Die Elektrotechnikverordnung (ETV)	30
3.3 Die Elektroschutzverordnung (ESV)	31
3.4 Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)	32
3.5 OVE E 8101 – Elektrische Niederspannungsanlagen (bzw. VDE 0100 für Deutschland)	33
3.6 EN 50110-1 – Betrieb von elektrischen Anlagen	33
3.7 OVE-Richtlinie R 16 – Ausbildungsrichtlinie für Arbeiten unter Spannung	36
3.8 OVE-Richtlinie R 19 – Sicheres Arbeiten an Fahrzeugen mit HV-Systemen	40
3.9 DGUV 209-093 – Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystem	48
3.10 OVE E 8101-7-722 – Stromversorgung für Elektrofahrzeuge (bzw. VDE 0100-7-722 für Deutschland)	49
3.11 ECE R 100 – Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge	50
3.12 ECE R 136 – Krafträder mit Elektroantrieb	52

4 Elektrotechnische Grundlagen	53
4.1 Strom	53
4.2 Spannung	54
4.3 Widerstand	56
4.4 Das Ohmsche Gesetz	57
4.5 Die elektrische Arbeit	58
5 Wesentliche passive und aktive Bauteile	59
5.1 Passive Bauteile	59
5.1.1 <i>Widerstände und deren Verschaltung.</i>	59
5.1.2 <i>Kondensator</i>	62
5.1.3 <i>Spule.</i>	64
5.1.4 <i>Relais</i>	65
5.1.5 <i>Sicherungen.</i>	66
5.1.6 <i>Schalter und Taster</i>	67
5.1.7 <i>Kabel und Leitungsarten im Kfz.</i>	68
5.1.8 <i>Stecksysteme.</i>	70
5.2 Aktive Bauteile	71
5.2.1 <i>Halbleiterdioden</i>	71
5.2.2 <i>Gleichrichter</i>	75
5.2.3 <i>Thyristoren</i>	82
5.2.4 <i>Feldeffekttransistoren (MOS-FET)</i>	83
5.2.5 <i>DC/DC-Wandler.</i>	85
5.2.6 <i>Wechselrichter (1-phasig)</i>	87
6 Gefahren des elektrischen Stroms	89
6.1 Gleichspannung	91
6.2 Wechselspannung	91
6.3 Elektrounfälle in Österreich	94
6.4 Erste-Hilfe-Maßnahmen	95
6.4.1 <i>Ablauf der Erste-Hilfe-Maßnahmen</i>	95
6.4.2 <i>Maßnahmen bei Verbrennungen.</i>	96
6.4.3 <i>Einsatz des Defibrillators</i>	97

7	Mögliche Fehler und Schutzeinrichtungen	99
7.1	Fehlerarten	99
7.2	Dreistufiges Schutzkonzept der Elektrotechnik	100
7.2.1	<i>Basisschutz</i>	100
7.2.2	<i>Fehlerschutz</i>	100
7.2.3	<i>Zusatzschutz</i>	101
7.3	Schutzelemente	101
7.3.1	<i>Leitungsschutzschalter</i>	101
7.3.2	<i>Fehlerstromschutzschalter</i>	103
7.3.3	<i>Isolationswächter</i>	106
7.4	Unterschiedliche Netzformen	107
7.4.1	<i>TN-Netz (Terre Neutre = Neutrale Erde)</i>	107
7.4.2	<i>IT-Netz (Isole Terre = Isoliert von Erde)</i>	108
7.5	Potentialausgleich	110
7.6	Netzformen von Elektrofahrzeugen, die an einer Ladestation angeschlossen sind	110
8	Antriebskonzepte in der E-Mobilität	111
8.1	Fahrzeug ausschließlich mit Verbrennungskraftmaschine	111
8.2	Hybridfahrzeuge	112
8.2.1	<i>Einteilung der Hybridfahrzeuge nach elektrischer Leistung</i>	113
8.2.2	<i>Einteilung der Hybridfahrzeuge nach dem Energiefluss</i>	117
8.2.3	<i>Zusatzvarianten</i>	121
8.3	Batterieelektrisches Fahrzeug	123
8.4	Brennstoffzellen-Fahrzeug	127
9	Grundsätzlicher Aufbau HV-System	131
10	Energiespeicher	133
10.1	Akkumulator-Typen	133
10.1.1	<i>Unterschiedliche Verwendung</i>	133
10.1.2	<i>Blei-Akkus</i>	134
10.1.3	<i>Nickel-Metallhydrid-Batterie</i>	137
10.1.4	<i>Lithium-Ionen-Akku (Li-Ion-Akku)</i>	139
10.1.5	<i>Transportbestimmungen</i>	162
10.1.6	<i>Reparatur, Entsorgung und Recycling</i>	164
10.2	Brennstoffzelle mit Wasserstoff	168
10.3	SuperCAP	172
10.4	Alternative Kraftstoffe (E-Fuels)	173

11 Wirkungsgrade unterschiedlicher Energieformen	175
12 Elektrische Maschinen	177
12.1 Gleichstrommaschine	177
12.2 Drehstrommaschinen	180
12.2.1 <i>Asynchron-Drehstrommaschine (ASM)</i>	180
12.2.2 <i>Synchron-Drehstrommaschine (SM)</i>	182
13 Wechselrichter	185
14 HV-Heizer	189
15 AC-Ladegerät im Fahrzeug	191
16 Externe Ladeinfrastruktur	193
16.1 Ladestecker	194
16.1.1 <i>230-V-Schuko-Haushaltsstecker</i>	194
16.1.2 <i>230-V-/400-V-CEE-Stecker</i>	195
16.1.3 <i>Typ-1-Stecker (SAE J 1772-2009)</i>	196
16.1.4 <i>Typ-2-Stecker (EU-Standard nach IEC 62196)</i>	196
16.1.5 <i>CCS-Stecker – Combo 2 (EU-Standard IEC 62196-3)</i>	197
16.1.6 <i>Tesla Supercharger</i>	198
16.1.7 <i>CHAdeMO-Stecker (Japanischer Standard)</i>	199
16.1.8 <i>ChaoJi DC-Stecker (zukünftige Steckermöglichkeit?)</i>	199
16.2 Lademodus	200
16.2.1 <i>Mode 1: 230 V/16 A ohne ICCB (In Cable Control Box)</i>	200
16.2.2 <i>Mode 2: 230 V/16 A mit ICCB (In Cable Control Box)</i>	201
16.2.3 <i>Mode 3: 400 V/63 A an externen Ladestationen</i>	202
16.2.4 <i>Mode 4: DC-Ladung an externen Ladestationen</i>	203
16.3 Ladekabel	205
16.4 AC- und DC-Ladung	207
16.4.1 <i>AC-Ladung</i>	207
16.4.2 <i>DC-Ladung</i>	207
16.5 Funktion der Diagnosekontakte CP, PP	208
16.6 Woher kommt der Strom für die Ladestationen?	211
16.6.1 <i>Energie und Stromerzeugungsmix in Österreich</i>	211
16.6.2 <i>Strombedarf für die Elektromobilität</i>	213

17	Notwendige Werkzeuge und Persönliche Schutzausrüstung	215
17.1	Persönliche Schutzausrüstung (PSA)	215
17.1.1	<i>Sicherheitshandschuhe der Klasse 0</i>	215
17.1.2	<i>Schutzbrillen</i>	216
17.2	Werkzeuge	217
17.3	Sonstiges	217
17.3.1	<i>Warn- und Gefahrenschilder</i>	217
17.3.2	<i>Feuerlöscher</i>	218
18	Messen und Messgeräte	219
18.1	Spannungsprüfer	219
18.2	Installationsmessgerät	220
19	Arbeiten an HV-Systemen	223
19.1	Wie erkennt man ein Fahrzeug mit HV-Komponenten?	223
19.2	Fahrzeuge nach ECE 100	223
19.3	Sicheres Arbeiten – die fünf Sicherheitsregeln (5S)	224
19.3.1	<i>Sicheres Freischalten</i>	225
19.3.2	<i>Gegen Wiedereinschalten sichern</i>	231
19.3.3	<i>Auf Spannungsfreiheit prüfen</i>	232
19.3.4	<i>Überprüfung vor Wiederinbetriebnahme</i>	233
20	Mögliche Gefährdungen bei HV-Systemen	237
20.1	Elektrische Gefährdungen	237
20.2	Toxische Gefährdungen	238
20.3	Thermische Gefährdungen	238
21	Anforderungen an die Kfz-Werkstätte	239
22	Anforderungen an die Pannendienste	243
23	Anforderungen an die Blaulichtorganisationen	245
23.1	Feuerwehr-Einsatz-Szenarien	245
23.1.1	<i>Technische Hilfsleistung</i>	245
23.1.2	<i>Fahrzeugbrand</i>	246
23.1.3	<i>Fahrzeugbergung im Wasser</i>	247
23.1.4	<i>Austreten von Elektrolyten</i>	247
23.2	Rettungsdatenblatt	247
24	Ausblick – Wie entwickelt sich die E-Mobilität weiter?	251

1 Einleitung

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

Die europäische Automobilindustrie musste den Flottenverbrauch ihrer Fahrzeuge bis 2020 auf 95 g CO₂ je Kilometer reduzieren und die weitere Reduktion auf 60 g CO₂ je Kilometer ab 2030 ist bereits beschlossen.

Diese Ziele können nur erreicht werden, wenn innerhalb der jeweiligen Fahrzeugflotte ein signifikanter Anteil an „Zero-Emission-Fahrzeugen“ in den Markt gebracht wird.

Zusätzlich plant die EU ein Zulassungsverbot von Neu-PKW mit Verbrennungskraftmaschine ab 2035.

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)

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 Diskussionen in den Medien führen natürlich zu einer Verunsicherung der Konsumenten. Manche wenden sich verstärkt neuen, umweltfreundlichen Technologien zu, andere verschieben aber leider den Neukauf eines umweltfreundlicheren Fahrzeuges 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 Österreich eine verstärkte finanzielle oder steuerliche Förderung beim Ankauf von Elektrofahrzeugen. Diese greift aber gegenwärtig eher für den Fuhrpark von Betrieben, die Unterstützung für Privatpersonen ist dagegen überschaubar. Das führt dazu, dass von den gegenwärtigen Fahrzeugneuzulassungen ca. 20 % bereits mit reinen Elektroantrieben ausgestattet sind, wobei ein Großteil davon Firmenfahrzeuge sind.

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 modernen PKW mit elektrischen Antriebskomponenten werden gegenwärtig Spannungen bis 800 V erreicht, hier scheint aber die Reise noch nicht abgeschlossen zu sein. Auch die Spitzenströme steigen, die 500-A-Grenze ist 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.

Diese Lektüre ist so geschrieben, dass sie 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“, diese 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.

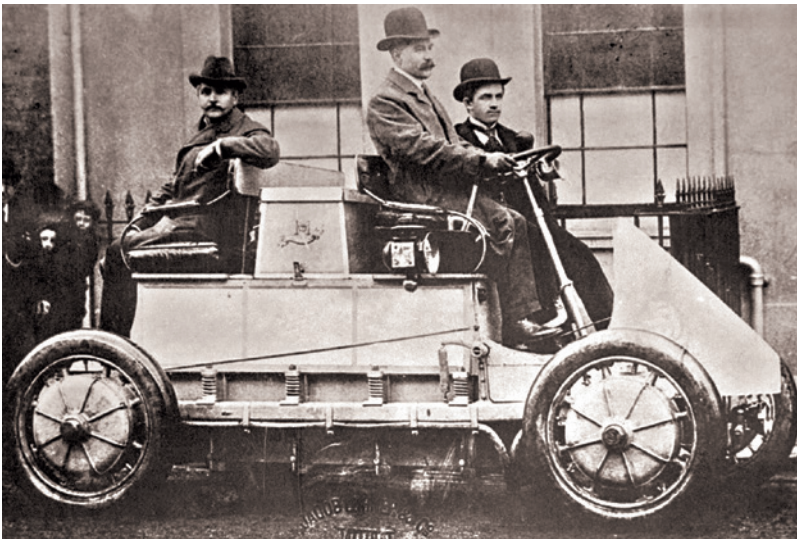


Abbildung 2.1: Lohner-Porsche 1901
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lohner_Porsche.jpg)

Das Fahrzeug hatte je einen Radnabenmotor 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 lange Zeit wieder in Vergessenheit.

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 mit mehreren Elektromotoren die beiden Panzerketten 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. Die verstärkte CO_2 -Anreicherung in unserer Atmosphäre führt zu einem massiven Anstieg der mittleren Temperatur mit entsprechenden Auswirkungen auf unsere Umwelt. Abschmelzen der Gletscher, Reduktion der Niederschläge, aber auf der anderen Seite vermehrt Starkregen-Ereignisse sind nur einige Auswirkungen.

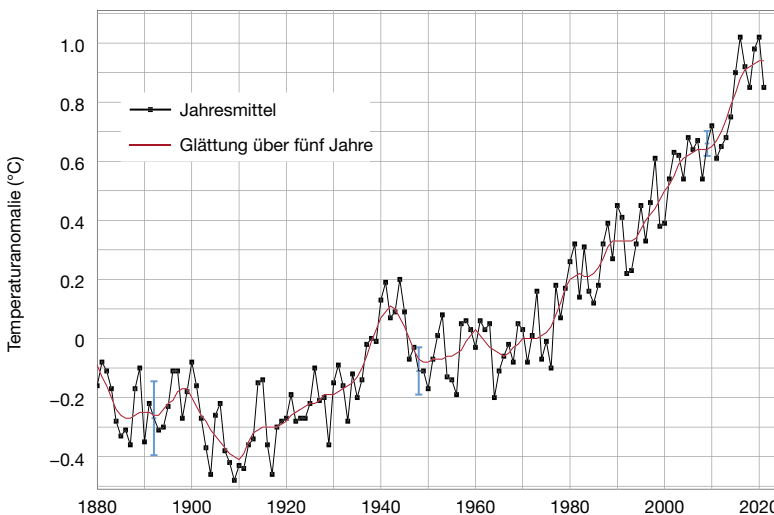


Abbildung 2.2: Globaler Land-Ozean-Temperaturindex, 1880 bis heute (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_Temperature_Anomaly.svg)

Zu den größten internationalen Verursachern von Treibhausgasen zählen China und die USA, gefolgt von der EU, Indien und Russland. Österreich liegt bei knapp 80 000 Kilotonnen CO_2 -Ausstoß im Jahr.

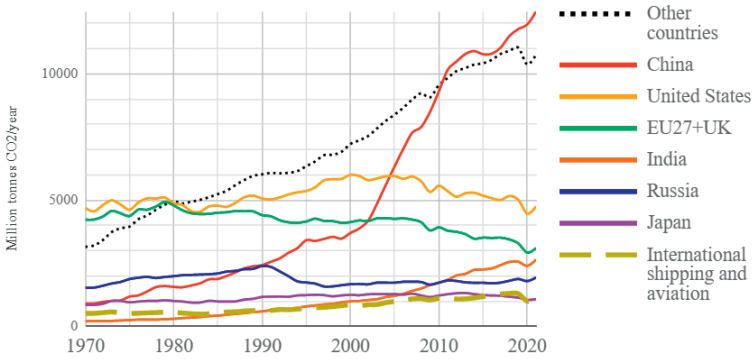


Abbildung 2.3: Die größten Treibhausgasemittenten weltweit
 (https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:World_fossil_carbon_dioxide_emissions_six_top_countries_and_confederations.png)

Aufgeteilt auf die unterschiedlichen Sektoren ergibt sich folgendes Bild der CO₂-Emittenten:

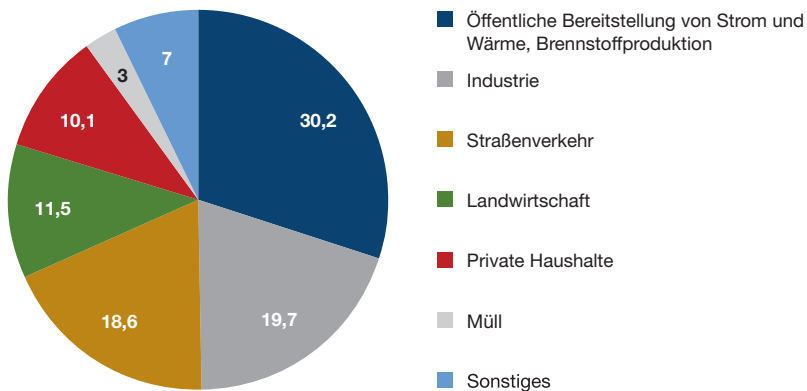


Abbildung 2.4: CO₂-Emissionen in der EU nach Sektoren, in Prozent der Gesamtemissionen (Quelle: UNFCCC)

Der Straßenverkehr ist mit ca. 20 % eine wesentliche Quelle für den vermehrten CO₂-Ausstoß, noch dazu steigt in diesem Bereich der CO₂-Ausstoß seit Jahren stark an. Aus der Grafik ist aber auch sehr klar zu entnehmen, dass es in den anderen Sektoren (80 % Emissionen) ebenfalls zu verstärkten Anstrengungen kommen muss. Hier sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Anstrengungen und Vorgaben im Vergleich zum Straßenverkehr teilweise noch sehr verhalten.

Um die CO₂-Emissionen im Bereich des Straßenverkehrs massiv abzusenken, wurden durch die Europäische Union entsprechende Maßnahmen eingeleitet, um das globale Ziel der max. Erderwärmung mit 1,5 °C erreichen zu können.

Im Jahr 2009 wurde daher die Verordnung zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei neuen PKW verabschiedet. Die Fahrzeughersteller waren damit angehalten, innerhalb der EU einen CO₂-Ausstoß von 95 g CO₂ je km ab 2020 nicht zu überschreiten. Europa hatte hier sehr ambitionierte Ziele, die anderen Weltregionen hinkten deutlich hinterher.

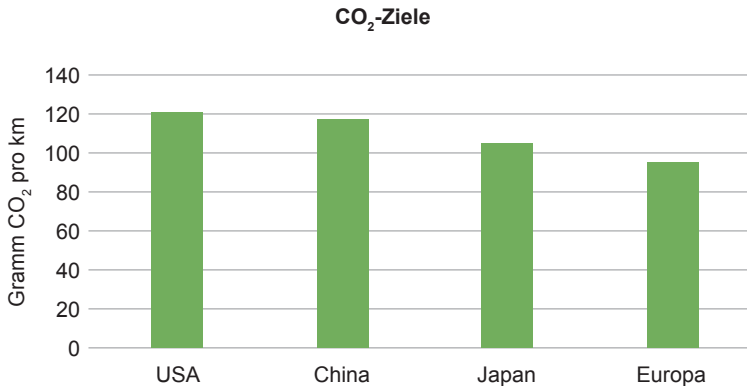


Abbildung 2.5: Internationale CO₂-Grenzwerte (Gramm pro km) 2020

Der CO₂-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.

Bei Überschreitung der festgelegten CO₂-Grenzen drohten den Fahrzeugherstellern drakonische Strafzahlungen. Ein Unterschreiten der 95 g CO₂/km war nur möglich, wenn innerhalb der Herstellerflotte eine signifikante Menge an reinen Elektrofahrzeugen verkauft wurde, denn diese werden mit 0 g CO₂/km berechnet. Auch für Plug-In-Hybride gibt es entsprechende Reduktionen.

Die 95 g CO₂/km sind ein Mittelwert der Fahrzeugflotten, je nach Fahrzeughersteller gibt es ein individuelles Ziel, abhängig vom Gewicht der in den EU-Markt gebrachten Fahrzeuge. Luxusmarken mit schweren Fahrzeugen und höherem Verbrauch haben damit ein Ziel über 95 g, Marken mit vielen Kleinfahrzeugen im Produktmix liegen signifikant darunter.

Gegenwärtig werden im Zuge des EU-Programms „Fit für 55“ weitere Verschärfungen beim CO₂-Ausstoß diskutiert, aus heutiger Sicht könnte das in Abbildung 2.6 dargestellte Szenario künftig schlagend werden.

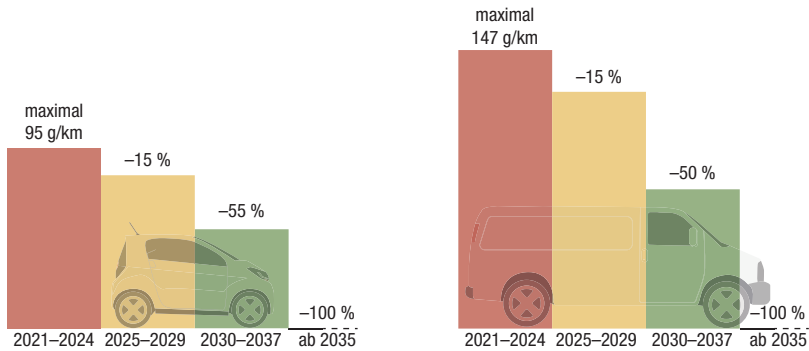


Abbildung 2.6: Geschätzte CO₂-Emissionsreduktionen für neue PKW und leichte Nutzfahrzeuge im Vergleich zu den Zielvorgaben für 2021 (Daten: Europäische Kommission)

Mit Stand 2023 ist die Menge an Elektro- oder Hybridfahrzeugen in Österreich noch überschaubar, die prozentuellen Zunahmen sind vor allem aufgrund der eingeführten Förderungen und des starken Anstiegs an öffentlichen Ladestationen aber bereits massiv. Bei den Neuanmeldungen finden sich in Österreich mittlerweile ca. 20 % Elektrofahrzeuge, beim Fahrzeuggesamtbestand ist mit ca. 2 % der Wert an 0-Emissionsfahrzeugen aber noch gering. Problematisch ist hier natürlich die lange Lebenszeit der bestehenden Verbrennungsfahrzeugflotte von ca. 15 Jahren.

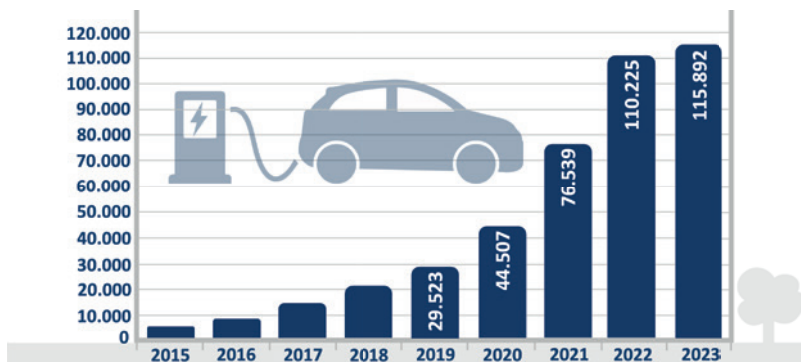


Abbildung 2.7: Bestand an BEV (Batterie-Elektrische Fahrzeuge) in Österreich (Bundesverband Elektromobilität Österreich; Daten: Statistik Austria)