

Inhalt

Einleitung: Warum dieses Buch?	15
--------------------------------------	----

TEIL I Grundlagen der Elektromobilität

Kapitel 1 Mythen und Fakten rund um E-Autos	21
--	-----------

1.1	E-Autos schaden der Umwelt – Wahrheit und Legende	21
1.2	Unzuverlässigkeit und Reparaturprobleme – was stimmt wirklich?	23
1.3	Brandgefahr bei E-Autos: Fakten statt Panikmache	23
1.4	Stromnetz-Kollaps durch E-Autos	24
1.5	Mehr Feinstaub durch E-Autos	25
1.6	»Hybrids are winning!« – die Realität hinter den Schlagzeilen	25
1.7	Das Problem mit der Reichweite: berechtigt oder übertrieben?	26
1.8	Mit dem Verbrenner war alles einfacher!	27

Kapitel 2 Laden leicht gemacht – Ihre ersten Schritte	33
--	-----------

2.1	Ladesäulen finden und bedienen	33
2.2	Bezahlung und Abrechnung einfach erklärt	37
2.3	Ladekarten, Apps und Plug & Charge	38
2.4	Ad-hoc-Laden	38
2.4.1	Die Verbrenner-Mentalität	39
2.4.2	Die Realität im E-Auto-Alltag	40
2.5	Ihre erste Ladung – Schritt für Schritt	40
2.6	Ladeetikette und typische Anfängerfehler	42
2.7	Was tun bei Problemen an der Ladesäule?	43

Kapitel 3 Von der Verbrennung zum Elektromotor	45
---	-----------

3.1	Verschiedene Antriebsarten im Vergleich (BEV, PHEV, FCEV)	47
3.1.1	Das reine Elektroauto (BEV – Battery Electric Vehicle)	47
3.1.2	Der Plug-in-Hybrid (PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle)	47
3.1.3	Das Wasserstoffauto (FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle)	48
3.1.4	Welche Antriebsart passt zu Ihnen?	49
3.2	Elektromobilität im Vergleich zu Wasserstoffantrieb und Biotreibstoffen	50

3.2.1	Biotreibstoffe	50
3.2.2	Wasserstoff	50
3.2.3	E-Fuels	51
3.2.4	Wo diese Alternativen eingesetzt werden könnten	51
3.2.5	Die Effizienz entscheidet	52
3.3	Effizienzvorteile der Elektromobilität	53

Kapitel 4 Die Batterie – das Herzstück des Elektroautos **57**

4.1	Batterietechnologien und ihre Eigenschaften	58
4.1.1	NCA- und NMC-Batterien: Die Reichweiten-Champions	58
4.1.2	LFP-Batterien: Der aufstrebende Favorit	59
4.2	Energiedichte und Reichweite	59
4.3	Lebensdauer und Alterung	61
4.3.1	Das Batterie-Management-System macht den Unterschied	61
4.3.2	Eine clevere Ladestrategie schützt die Batterie	61
4.3.3	Aktuelle Studienergebnisse zur Lebensdauer	61
4.4	Batterietypen von heute und morgen	62
4.4.1	4680-Zellen: Teslas nächste Generation	62
4.4.2	Festkörperbatterien: Der große Hoffnungsträger	62
4.5	Lohnt sich das Warten auf die Wunderbatterie?	63
4.6	Recycling und Rohstoffgewinnung	63
4.6.1	Aktuelle Recyclingverfahren	64
4.6.2	Neue Gesetzgebung treibt das Recycling voran	64
4.6.3	Die Rohstoff-Herausforderung	64
4.6.4	Wirtschaftliche Aspekte des Recyclings	65

TEIL II Technik im Detail

Kapitel 5 Antriebstechnik **69**

5.1	Motortypen und Leistungsklassen	69
5.1.1	Warum E-Autos oft hohe Leistungswerte haben	69
5.1.2	Die zentrale Rolle der Batterie	70
5.1.3	Motortypen im technischen Detail	71
5.1.4	Leistungsklassen und ihre Batterieanforderungen	71
5.1.5	Direkter Einfluss auf die Ladetechnik	72
5.1.6	Die Batterie als systemisches Bindeglied	72
5.1.7	Wechselwirkungen im Gesamtsystem	73
5.2	Ein-, Zwei- und Mehrmotorenkonzepte	73

5.2.1	Einmotorenkonzepte – klassisch und effizient	73
5.2.2	Zweimotorenkonzepte – Allrad mit Intelligenz	74
5.2.3	Drei- und Mehrmotorenkonzepte – maximale Performance	74
5.2.4	Radnabenantriebe – Zukunftstechnologie mit Hürden	75
5.2.5	Antriebssteuerung und Systemintegration	75
5.2.6	Herstellerspezifische Ansätze	76
5.3	Getriebe bei Elektrofahrzeugen	76
5.3.1	Warum Elektromotoren meist ohne Schaltgetriebe auskommen	76
5.3.2	Konstruktion und Funktion von Reduktionsgetrieben	77
5.3.3	Sonderfälle: Mehrganggetriebe bei Elektrofahrzeugen	78
5.3.4	Integrierte Bauweise und Packaging	78
5.3.5	Schmierung und Wartung	78
5.3.6	Akustik und NVH-Optimierung	79
5.3.7	Zukünftige Entwicklungen	79
5.4	Thermalmanagement und Wärmepumpe	80
5.4.1	Die Herausforderungen der Temperaturkontrolle	80
5.4.2	Kühlsysteme für Batterie und Leistungselektronik	81
5.4.3	Wärmepumpentechnologie – Effizienz durch Physik	81
5.4.4	Multiquellen-Wärmequellen für maximale Effizienz	82
5.4.5	Thermisches Preconditioning – Vorbereitung ist alles	82
5.4.6	Rapidgate und Coldgate – die Grenzen der Physik	82
5.4.7	Zukunftsmusik: Effizienzoptimierung durch intelligente Steuerung und weitere Innovationen	83
5.5	Angemessener Verbrauch in kWh/100 km	84
5.5.1	Was gilt als sparsamer Verbrauch?	85
5.5.2	Faktoren, die den Verbrauch beeinflussen	86
5.5.3	Klimatisierung als Verbrauchsfaktor	86
5.5.4	Realverbrauch vs. Normverbrauch	87
5.6	E-Autos im Nahverkehr	88
5.6.1	Die Kaltstartphase bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor	89
5.6.2	Die Kaltstartphase bei einem E-Auto	89
5.6.3	Die Kaltstartphase bei Hybrid-Fahrzeugen	89
5.7	400 V vs. 800 V und neue 1-kV-Systeme	90
5.7.1	Die Physik hinter den Spannungsebenen	91
5.7.2	Vorteile von 800-V-Systemen	91
5.7.3	Die 400-V-Realität und ihre Berechtigung	91
5.7.4	Herausforderungen der 800-V-Technologie	92
5.7.5	Technische Umsetzung von 800-V-Systemen	92
5.7.6	1000-V-Systeme: Der nächste Evolutionsschritt	93
5.7.7	Systemkompatibilität und Übergangstechnologien	93
5.7.8	Marktausblick und Herstellerstrategien	94

Kapitel 6 Das Batterie-Management-System (BMS) und das Thermalmanagement	95
6.1 Warum die Temperaturkontrolle bei Elektroautos so wichtig ist	95
6.2 Das Batterie-Management-System – die Schaltzentrale der Batterie	96
6.2.1 Zellüberwachung auf drei Ebenen	96
6.2.2 Cell Balancing sorgt für ausgeglichene Zellen	97
6.2.3 State of Charge und State of Health	97
6.2.4 Sicherheitsstrategien mit mehrfacher Redundanz	98
6.3 Thermalmanagement-Systeme im Detail	98
6.3.1 Flüssigkeitsgekühlte Systeme – der Standard bei modernen E-Autos ...	98
6.3.2 Temperatursensoren – die Augen des Systems	99
6.3.3 Wärmepumpen – Effizienz durch clevere Physik	99
6.4 Das Zusammenspiel – wie BMS und Thermalmanagement kooperieren	100
6.4.1 Der Regelkreis in Echtzeit	100
6.4.2 Schnellladen und Thermalmanagement – ein kritischer Tanz	100
6.5 Praxisbeispiele – was passiert wirklich?	101
6.5.1 Ein Wintermorgen bei -10°C	101
6.5.2 Sommerliche Autobahn bei 35°C Außentemperatur	101
6.5.3 Rapidgate – mehrfaches Schnellladen hintereinander	102
6.5.4 Coldgate im Winter	102
6.6 Unterschiede zwischen Herstellern	102
Kapitel 7 Ladetechnik und -infrastruktur	105
7.1 Ladestandards und Steckertypen (CCS, Typ2 usw.)	105
7.2 AC- und DC-Laden im Vergleich	107
7.3 Schnellladetechnologien	109
7.4 Das öffentliche Ladenetz in Deutschland und Europa	109
7.5 Payment und Abrechnung an Ladesäulen	111
7.6 Plug & Charge vs. Ad-hoc-Laden	111
Kapitel 8 Intelligente Systeme	113
8.1 Vernetzung und Software-Updates	113
8.2 Autonomes Fahren und Assistenzsysteme	115
8.3 Sensoren	116

TEIL III Kaufberatung

Kapitel 9 Marktüberblick nach Fahrzeugklassen 119

9.1	Vollelektrisch oder Hybrid?	119
9.1.1	China: Hybride sind dort E-Autos mit Notfall-Motor	121
9.1.2	USA: Infrastruktur-Angst treibt die Verkäufe	121
9.1.3	Nordeuropa: E-Autos dominieren	121
9.1.4	Deutschland und Frankreich: Förder-Ende und Rezession bremsen ...	122
9.1.5	Europa in der Rezession: Alle Hersteller leiden	122
9.1.6	Das Gesamtbild: Infrastruktur schlägt Technologie	123
9.1.7	Das Gedankenexperiment: Wenn die Infrastruktur anders wäre	123
9.2	Kleinwagen	124
9.3	Limousinen und Kombis	124
9.4	SUVs und Crossover	125
9.5	Transporter	126
9.6	Vor- und Nachteile verschiedener Bauformen	128
9.7	Welches Auto passt zu meinem Nutzungsprofil?	129
9.7.1	Entscheidungshilfe: Welches Profil passt zu mir?	130

Kapitel 10 Das richtige E-Auto für Ihren Bedarf 131

10.1	Ihr Weg zum richtigen E-Auto	131
10.1.1	Der Stadt-Pendler: kompakt, effizient, günstig	132
10.1.2	Die junge Familie: Platz, Sicherheit, Alltagstauglichkeit	134
10.1.3	Großfamilie und Hundebesitzer: maximaler Raum	136
10.1.4	Der Vielfahrer: Autobahn-Longstrecke	138
10.1.5	Der Handwerker: Transporter für den Alltag	140
10.1.6	Der Budget-Bewusste: Gebrauchtwagen-Einstieg	141
10.1.7	Der Technik-Enthusiast: Cutting Edge	142
10.1.8	Aufgeschlossen für Exoten: chinesische Hersteller als Chance für Budget-Bewusste	144

Kapitel 11 Der Neuwagenkauf 147

11.1	Vorüberlegungen zum Kauf	147
11.2	Wichtige Kaufkriterien im Überblick	148
11.3	Probefahrt	148
11.4	Garantieleistungen	149
11.5	Versicherungskosten	149
11.6	Laufende Kosten	150

Kapitel 12 Der Gebrauchtwagenkauf 153

12.1	Gewährleistung und Garantie bei Gebrauchten	153
12.1.1	Batteriezustand und Dokumentation	153
12.1.2	Preisverhandlung und Finanzierung	154
12.1.3	Rückgaberecht und Widerruf	155
12.1.4	Unfälle und Vorschäden	155
12.2	Wichtige Kaufkriterien im Überblick	155
12.3	Probefahrt und Fahrzeugcheck	158
12.3.1	Der Innenraum und das Entertainment-System	158
12.3.2	Das Fahrwerk und der Unterboden	159
12.3.3	Der Motor und das Getriebe	160
12.4	Die Traktionsbatterie überprüfen	161
12.4.1	Diagnose und Fehlerspeicher auslesen mithilfe von Dongle und App ...	163

Kapitel 13 Kosten und Wirtschaftlichkeit 165

13.1	Anschaffungskosten	165
13.1.1	Die aktuelle Preislandschaft	165
13.2	Staatliche Förderung und steuerliche Vorteile	166
13.2.1	Steuerliche Vorteile und Dienstwagen-Privileg für Elektroautos	166
13.2.2	Förderprogramme für Privatpersonen	166
13.2.3	Staatliche Förderung auch für gebrauchte E-Autos?	168
13.3	Laufende Kosten: Strom, Wartung, Versicherung	169
13.3.1	Reduzierte Wartungskosten	169
13.3.2	Besonderheiten beim Versicherungsschutz (Batterie, Brandfall)	171
13.3.3	Erweiterte Versicherungsleistungen für E-Auto-spezifische Risiken ...	172
13.4	Wertentwicklung und Wiederverkaufswert	172
13.4.1	Faktoren der Wertstabilität	173
13.5	Kostenvergleich mit Verbrennerfahrzeugen	173
13.5.1	Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Gesamtkostenbetrachtung	174
13.5.2	Aktuelle Marktvergleiche	174

TEIL IV Praxis und Alltag

Kapitel 14 Effizientes Fahren 177

14.1	Sparsames Fahren steigert die Reichweite	177
14.2	Fahrstil und Effizienz	178
14.3	Umstellung von Gewohnheiten und der Fahrweise	179

14.3.1	One-Pedal-Driving	179
14.3.2	Abstand halten statt dicht auffahren	180
14.3.3	Vorausschauende Fahrweise entwickeln	181
14.3.4	Der Reifendruck macht einen Unterschied	181
14.4	Die alltäglichen Basics	182

Kapitel 15 Batterie-Management und Pflege **185**

15.1	Wie Sie für eine lange Lebensdauer der Batterie sorgen	185
15.1.1	Optimaler Ladezustand bei Nichtbenutzung	185
15.1.2	Warum entlädt sich die Batterie während des Parkens?	187
15.1.3	Batterieschonend laden	187
15.2	Winterbetrieb und Wintermodus	189
15.3	Besonderheiten der Elektroautowartung	190
15.4	Typische Verschleißteile	192
15.5	Brand bei Elektroautos – was Sie wissen sollten	193
15.5.1	Warum E-Auto-Brände anders sind	194
15.5.2	Wie die Feuerwehr E-Autos löscht	194
15.5.3	Die Sicherheitssysteme moderner E-Autos	195
15.5.4	Was bedeutet das für Sie als Fahrer?	196
15.5.5	Tiefgaragen und Parkhäuser sind sicher	196
15.5.6	Ausblick: Die Technik wird besser	198

Kapitel 16 Das Elektroauto im Alltag **199**

16.1	Reichweitenplanung und -optimierung	200
16.2	Was tun, wenn der Saft auszugehen droht?	201
16.3	Wenn Sie wirklich einmal liegen bleiben	202
16.3.1	Was passiert, wenn die Fahrbatterie wirklich leer wird?	203
16.3.2	Hilfe im Notfall	203
16.3.3	Die 12-Volt-Batterie – der wahre Schwachpunkt	205
16.3.4	So vermeiden Sie Pannen	205
16.4	Laden unterwegs und Ladestrategien	206
16.5	Reisen mit dem Elektroauto (ins Ausland)	207

Kapitel 17 Ladekarten, Netze und Roaming **209**

17.1	Wie Ladenetze funktionieren	209
17.2	Ladekarten-Vergleich	210
17.3	Wann lohnt sich welche Karte?	212
17.4	Roaming-Kosten verstehen	213
17.5	Laden in Europa: Länder-Guide	214
17.6	Praktische Reisetipps	216

Kapitel 18 Die eigene Ladeinfrastruktur 219

18.1	Wallbox-Varianten und ihre Funktionen	219
18.2	Smart vs. einfache Wallboxen – was braucht man wirklich?	220
18.3	Installation, Kosten und Förderung	221
18.4	Anschluss der Wallbox ans Hausnetz	222
18.5	Meldepflicht beim Netzbetreiber	223
18.6	Die 3,6-kW-Wallbox	224
18.7	Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle in Wallboxen	225
18.8	Sicherheit beim Laden (Gewitter, Überspannung)	226

Kapitel 19 Ihr Elektroauto und erneuerbare Energien 229

19.1	Kopplung von Wallbox mit PV-Anlage	229
19.2	Integration mit Heimspeichersystemen	230
19.2.1	Intelligente Energieflüsse	231
19.2.2	Notstromfunktion und Langlebigkeit	231
19.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung der Kombination	232
19.3.1	Investitionskosten im Überblick	232
19.3.2	Einsparungen und Amortisation	232
19.3.3	Förderungen und steuerliche Vorteile	233
19.3.4	Variable Stromtarife als zusätzlicher Hebel	233
19.4	Technische Voraussetzungen und Steuerungsoptionen	233
19.4.1	Energie-Management und Hausanschluss	234
19.4.2	Smart Meter und variable Tarife	234
19.4.3	Notstromfunktion	234
19.4.4	Cloud- vs. lokale Steuerung	234
19.5	Bidirektionales Laden (V2H, V2G, V2V)	235
19.5.1	Technische Anforderungen und Kosten	235
19.5.2	Regulatorische Situation	235
19.6	Ihr Auto als Stromspeicher für Ihr Haus	236
19.6.1	Funktionsprinzip und praktische Anwendungen	236
19.7	Vor- und Nachteile verschiedener Setups	236
19.8	Das Stromnetz und die Elektromobilität	237
19.8.1	Die Ausgangslage: Wie viel Strom brauchen Elektroautos wirklich? ...	238
19.8.2	Die E.on-Studie: Frühzeitige Entwarnung	238
19.8.3	Die Praxis: Erkenntnisse aus Feldversuchen	238
19.8.4	Die Infrastruktur: Rasanter Ausbau der Lademöglichkeiten	239
19.8.5	Die Technik: Intelligente Netze als Lösung	239
19.8.6	Die Kosten: Positive Effekte für Strompreise	240
19.8.7	Fazit: Keine Gefahr für das Stromnetz	240

Kapitel 20 Die Nachteile eines E-Autos 241

20.1	Die echten Nachteile	241
20.1.1	Der höhere Anschaffungspreis	241
20.1.2	Der Anhängerbetrieb ist wirklich problematisch	242
20.1.3	Langstrecken brauchen Planung, Spontanität ist schwierig	242
20.1.4	Extrembedingungen addieren sich	243
20.1.5	Begrenzte Modellauswahl in Nischen	243
20.2	Die vermeintlichen Nachteile	244
20.2.1	Laden dauert viel länger als Tanken	244
20.2.2	Die 12-Volt-Batterie ist ein Schwachpunkt	244
20.2.3	Höheres Gewicht belastet die Reifen	244
20.2.4	Die Abhängigkeit von der Software ist gefährlich	244
20.2.5	Der Wertverlust ist höher	245
20.2.6	Batteriedegradation ist ein Problem	245

Kapitel 21 Ökobilanz und ethische Aspekte 247

21.1	CO ₂ -Bilanz im Lebenszyklus	247
21.1.1	Aktuelle Studienlage	247
21.1.2	Die Herstellung	248
21.1.3	Die Nutzungsphase	248
21.1.4	Nicht in den Studien berücksichtigt: ein wichtiger Faktor zu Fahrzeuggröße und Platzangebot	248
21.2	Die Herstellungsemissionen: Was wird wirklich berücksichtigt?	249
21.3	Stromproduktion und Erneuerbaren-Mix	250
21.4	Ressourcenverbrauch und kritische Rohstoffe	251
21.5	Umweltauswirkungen beim Rohstoffabbau	251
21.6	Soziale und ethische Aspekte der Rohstoffgewinnung	252
21.6.1	Kobaltgewinnung im Kongo	252
21.6.2	Lithiumgewinnung in Chile	252
21.6.3	Die Umweltbilanz der Lithiumgewinnung	253
21.6.4	Lieferkettentransparenz und Zertifizierungen	254
21.6.5	Entwicklungen zu faireren Rohstoffen	254
21.6.6	Ein Vergleich mit den Umweltauswirkungen der konventionellen Autoherstellung	255
21.7	Der Rebound-Effekt und die Mobilitätswende	255

Kapitel 22 Die Zukunft der Elektromobilität 257

22.1	Kommende Batterietechnologien mit reduziertem Rohstoffbedarf	257
22.2	Entwicklung der Ladeinfrastruktur	257
22.3	Recycling und Kreislaufwirtschaft	258

22.4	Integration ins Stromnetz	258
22.5	Politische und gesellschaftliche Perspektiven	259

Kapitel 23 Gestern, heute, morgen	261
--	------------

23.1	Die Zahlen: Eine stille Verschiebung	262
23.2	Die Informationslücke: Was Sie nicht erfahren sollen	262
23.2.1	Drei Märkte, drei Realitäten	263
23.2.2	Was das für Sie bedeutet	264
23.3	Technologie im Praxistest: Was heute möglich ist	264
23.3.1	Software und Updates	264
23.3.2	Integration und Alltag	265
23.3.3	Lade-Geschwindigkeit	265
23.3.4	Trickle-Down – Technologie-Transfer nach unten	265
23.3.5	Die nächste Generation entscheidet	267
23.4	Können unseren hiesigen Autobauer weitermachen wie bisher?	268
23.4.1	Wie westliche Hersteller reagieren	268
23.5	Was das für Sie als deutschen Käufer bedeutet	269

Kapitel 24 Danke fürs Lesen	271
------------------------------------	------------

Anhang A	Glossar der Fachbegriffe	273
Anhang B	Weiterführende Studien und Quellen	281
Anhang C	Abbildungsverzeichnis	295
Index		297