

# Inhalt

Vorwort ..... 9

**1.   Hybridfahrzeuge – Definition** ..... 11

1.1   Merkmale eines Hybrid-Vehicle (HV) ..... 11

1.2   Merkmale eines Hybrid-Electric-Vehicle ..... 12

1.3   Was ist ein Hochvoltfahrzeug? ..... 13

**2.   Meilensteine in der Geschichte von  
Hybrid- und Elektrofahrzeugen** ..... 15

2.1   Die ersten elektrischen Antriebe ..... 15

2.2   Der Hybrid-Pionier ..... 15

2.3   Die Vorreiter ..... 16

**3.   Charakteristik und Betriebsstrategien  
der verschiedenen Hybridkonzepte/Elektrofahrzeuge** ..... 19

3.1   Mikrohybrid (engl. Microhybrid) ..... 19

3.2   Mildhybrid ..... 20

3.3   Vollhybrid ..... 23

3.4   Plug-in-Hybrid (PEHV – Plug-in-Electric-Hybrid-Verhicle) ..... 24

3.5   Elektrofahrzeug (EV – Electric-Vehicle, BEV – Battery-Electric-Vehicle) ..... 28

3.6   Fahrzeug mit Brennstoffzelle (FCV, FCEV, FCHV) ..... 31

3.7   Die verschiedenen Fahrmodi von Hybrid- und Elektrofahrzeugen ..... 32

3.7.1   Kraftfluss und Regelstrategie beim Hybridbetrieb ..... 33

3.7.2   Kraftfluss beim rein elektrischen Fahren ..... 35

3.7.3   Rekuperation (Bremsenergie-Rückgewinnung, regeneratives Bremsen) ..... 36

**4.   Die verschiedenen Antriebskonzepte  
von Hybridfahrzeugen** ..... 39

4.1   Der Parallelhybrid ..... 39

4.1.1   Hauptmerkmale und grundsätzliche Arbeitsweise ..... 39

4.1.2   Parallelhybrid-Antriebsstrang mit Trennkupplung ..... 41

4.1.3	Parallelhybrid-Antriebsstrang ohne Trennkupplung .....	43
4.2	Serieller Hybrid (Range-Extender) .....	44
4.2.1	Hauptmerkmale und grundsätzliche Arbeitsweise .....	44
4.2.2	Fahrmodi und Kraftfluss eines seriellen Hybridantriebs am Beispiel des Opel Ampera .....	48
4.3	Leistungsverzweigter Hybrid (auch Power-Split- oder parallel-serieller Hybrid) .....	52
4.3.1	Hauptmerkmale und grundsätzliche Arbeitsweise .....	52
4.3.2	Fahrmodi und Kraftfluss eines leistungverzweigten Hybridsystems am Beispiel des HSD von Toyota .....	55
4.3.3	Aufbau und Arbeitsweise eines leistungverzweigten Hybridsystems mit zusätzlichem elektrischem Hinterachsantrieb am Beispiel des Antriebsstrangs von Lexus .....	59
4.4	Axle-Split-Hybrid .....	61
4.4.1	Hauptmerkmale und Arbeitsweise .....	61
4.4.2	Fahrmodi sowie Kraft- und Energiefluss am Beispiel des Hyrid4-Konzepts (PSA) .....	64
4.5	Alle Hybrid-Antriebskonzepte in einem Fahrzeug – am Beispiel des Mitsubishi Outlander Plug-in-Hybrid .....	68
4.5.1	Aufbau und Arbeitsweise des Hybridantriebs des Outlander Plug-in-Hybrid .....	69
4.5.2	Energie- und Kraftfluss des Hybridsystems des Outlander Plug-in-Hybrid während der verschiedenen Fahrmodi .....	70
<b>5.</b>	<b>Die Hochvoltanlage (HV-Anlage) .....</b>	<b>75</b>
5.1	Definition des Begriffs Hochvolt und Aufgaben des Hochvoltsystems .....	75
5.2	Erklärung: Eigensichere Hochvoltfahrzeuge .....	76
5.3	Aufbau und Grundsätzliches zur Arbeitsweise eines HV-Systems .....	77
5.3.1	Hauptsteuergrößen .....	78
5.3.2	Zusammenspiel der Komponenten, elektrische Schaltung und Netzstruktur .....	80
5.3.3	Aufgabe und Funktion von Isolationsüberwachung, HV-Interlock (Pilot- bzw. Sicherheitslinie) und Potenzialausgleich .....	84
5.4	HV-Komponenten für den elektrischen Antrieb: Beschreibung zu Funktion und Aufbau .....	92
5.4.1	E-Maschine(n) – Funktionsbeschreibung und Motortypen .....	92
5.4.2	Leistungselektronik (Power-Control-Unit) .....	96
5.4.3	Hochvoltbatterie – die verschiedenen HV-Batterietypen .....	99
5.4.4	Druckausgleich und Überdrucksicherung an Hochvoltbatterien .....	104

5.4.5 Batteriemanagementsystem (BMS) – Sensorik und Aufgaben .....	107
5.4.6 Zwischenkreis-Kondensatoren .....	110
5.4.7 Fahrzeuginternes Ladegerät (On-Board-Charger), die verschiedenen Ladestandards und Ladeanschlüsse .....	111
5.5 HV-Komponenten und Konzepte für das Innenraum- und Batterie-Thermomanagement .....	115
5.5.1 Der elektrische Klimakompressor – Aufbau, Funktionsweise, Steuerung .....	116
5.5.2 Die Batteriekühlung und die verschiedenen Kühlkonzepte .....	119
5.5.3 Elektrische HV-Heizer – verschiedene Typen und Innenraum-Heizkonzepte .....	125
<b>6. Modifizierte Systeme .....</b>	<b>135</b>
6.1 Betrachtungen zu Lenkung, Getriebe/Kupplung und Riementrieb .....	135
6.2 Bremsmanagement – Arbeitsweise vakuumbasierter und vakuumunabhängiger regenerativer Bremssysteme .....	138
6.2.1 Bremssystem mit elektrischer Unterdruckpumpe/Sensorik .....	138
6.2.2 Regeneratives Bremssystem mit Bremskraftaufteilung am Beispiel des ‚ESP hev‘ .....	139
6.2.3 Vakuumunabhängiges Bremssystem mit elektromechanischem Bremskraftverstärker .....	141
<b>7. Fachgerechtes Arbeiten am Hochvoltssystem – Wichtiges für die Werkstattpraxis .....</b>	<b>143</b>
7.1 Notwendige Voraussetzungen und Qualifikationen .....	144
7.1.1 Die drei Qualifikationsstufen der BGI 8686 .....	144
7.1.2 Häufig gestellte Fragen – wer darf was? .....	147
7.2 Freischalten einer HV-Anlage/Mess- und Arbeitsschutz-Equipment .....	149
7.3 Die Isolationsmessung .....	155
7.3.1 Hinweise zum Prüfequipment (auch für Potenzialausgleichsmessung) .....	155
7.3.2 Die Isolationsmessung: wann und warum .....	157
7.3.3 Der Prüfablauf .....	158
7.3.4 Isolationsfehler eingrenzen .....	160
7.4 Die Potenzialausgleichsmessung .....	161
7.4.1 Wie, warum, wann? .....	162
7.5 Grenzen für den HV-Fachkundigen – am Beispiel Austausch der Batterie(-module) .....	164

<b>8. Fachgerechter Umgang mit Hochvoltbatterien im Kfz-Betrieb .....</b>	<b>167</b>
8.1. Dichtheitsprüfung an der HV-Batterie – wann, warum, wie .....	167
8.2. Laden und Entladen, Fremdstarten und Testen der HV-Batterie .....	170
8.3. Lagern einer HV-Batterie .....	172
8.4. Transportieren einer HV-Batterie .....	172
<b>9. Tipps zu Motorwäsche, Lackierarbeiten, Abschleppen/Abstellen von HV-Fahrzeugen .....</b>	<b>175</b>
<b>10. Achtung beim Klimatechnikservice – die besondere Bedeutung bei HV-Fahrzeugen .....</b>	<b>181</b>
10.1 Welches Kompressoröl für HV-Fahrzeuge? .....	182
10.2 Ölvermischung von PAG- und POE-Öle vermeiden.....	184
<b>11. 48-V-Hybridfahrzeuge .....</b>	<b>187</b>
11.1 Das 48-V-Hybridsystem (Mild-/Smarthybrid) – von der Idee bis zur Serienreife .....	187
11.2 Der 48-V-Hybridantrieb und die verschiedenen Architekturen .....	188
<b>12. Das Brennstoffzellenauto .....</b>	<b>191</b>
12.1 Vor- und Nachteile .....	192
12.2 Prinzipielles zum Energie- und Kraftfluss .....	193
12.3 H <sub>2</sub> -Speicherung und Sicherheit .....	195
12.4 Arbeitsweise, Aufbau und Anbaukomponenten einer Brennstoffzelle .....	197
 Der Autor .....	 201
Glossar .....	202
Stichwortverzeichnis .....	205