

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Elektrifizierte Kraftfahrzeuge.....</b>	<b>3</b>
2.1	Plug-In-Hybrid Kraftfahrzeuge (PHEV).....	3
2.2	Batterieelektrische Kraftfahrzeuge mit Range-Extender (REX).....	5
2.3	Batterieelektrische Kraftfahrzeuge (BEV).....	7
2.4	Strom tanken.....	9
2.4.1	Konduktives und induktives Laden.....	10
2.4.2	Redox-Flow-Batteriesystem.....	12
2.4.3	Batteriewechselsysteme .....	12
2.4.4	Ladestellenverfügbarkeit.....	12
2.4.5	Entwicklung der Energiedichte von Traktionsbatterien.....	13
<b>3</b>	<b>Elektromobilität – Erwartung und Realität.....</b>	<b>15</b>
3.1	Nachhaltigkeit und Klimaschutz.....	15
3.2	Umweltschutz .....	20
3.3	Kosten.....	22
3.4	Benutzerfreundlichkeit .....	25
3.5	Fazit .....	28
<b>4</b>	<b>Analyse von batterieelektrischen Kraftfahrzeugen .....</b>	<b>29</b>
4.1	Untersuchte Fahrzeuge .....	30
4.1.1	Volkswagen Polo BlueMotion .....	30
4.1.2	Mitsubishi i-MiEV .....	30
4.1.3	Mercedes-Benz A-Klasse E-Cell .....	31
4.1.4	Smart Fortwo Electric Drive .....	31
4.1.5	Nissan Leaf .....	32
4.1.6	Citroën Berlingo.....	32
4.2	Messprogramm und Messtechnik .....	32
4.3	Fahrzeugspezifische Ergebnisse .....	38
4.3.1	Volkswagen Polo BlueMotion .....	38
4.3.2	Mitsubishi i-MiEV .....	40
4.3.2.1	Energiebedarf .....	40

4.3.2.2	Wirkungsgrade .....	42
4.3.2.3	Ladevorgang .....	44
4.3.2.4	Niedervoltverbraucher .....	44
4.3.2.5	Reichweite .....	45
4.3.3	Mercedes-Benz A-Klasse E-Cell.....	45
4.3.3.1	Energiebedarf.....	45
4.3.3.2	Wirkungsgrade.....	47
4.3.3.3	Ladevorgang .....	49
4.3.3.4	Niedervoltverbraucher .....	49
4.3.3.5	Reichweite .....	49
4.3.4	Smart Fortwo Electric Drive .....	50
4.3.4.1	Energiebedarf.....	50
4.3.4.2	Wirkungsgrade.....	52
4.3.4.3	Ladevorgang .....	53
4.3.4.4	Niedervoltverbraucher .....	53
4.3.4.5	Reichweite .....	54
4.3.5	Nissan Leaf.....	55
4.3.5.1	Energiebedarf.....	55
4.3.5.2	Wirkungsgrade.....	57
4.3.5.3	Ladevorgang .....	58
4.3.5.4	Niedervoltverbraucher .....	58
4.3.5.5	Reichweite .....	59
4.3.6	Citroën Berlingo .....	60
4.3.6.1	Energiebedarf.....	60
4.3.6.2	Wirkungsgrade.....	62
4.3.6.3	Ladevorgang .....	64
4.3.6.4	Niedervoltverbraucher .....	64
4.3.6.5	Reichweite .....	65
4.3.6.6	Sondermessung .....	66
4.4	Durchschnittliches E-Fahrzeug .....	68

4.5	Vergleich der Fahrzeugkonzepte und realen Betriebsbedingungen .....	69
4.5.1	Rahmenbedingungen.....	70
4.5.2	Vergleich des jährlichen Energiebedarfs.....	72
4.5.3	Vergleich der jährlichen Treibhausgasemissionen.....	76
4.5.4	Vergleich der jährlichen Energiekosten .....	79
4.6	Fazit .....	80
<b>5</b>	<b>Analyse eines batterieelektrischen Kraftfahrzeuges mit Range-Extender .....</b>	<b>83</b>
5.1	Untersuchtes Fahrzeug.....	84
5.2	Messprogramm und Messaufbau .....	85
5.3	Analyseergebnisse .....	89
5.3.1	Fahren und Laden .....	89
5.3.1.1	Umgebungstemperatur +20 °C .....	89
5.3.1.2	Umgebungstemperatur -10 °C .....	93
5.3.1.3	Umgebungstemperatur +40 °C mit Sonnensimulation von 1.000 W/m <sup>2</sup> ..	98
5.3.1.4	Fahrbahnneigung .....	102
5.3.1.5	Fahrstil.....	103
5.3.1.6	Zwischenfazit .....	106
5.3.2	Zusammenwirken von Verbrennungskraftmaschine und Elektro-Einheit ..	107
5.3.2.1	Betriebsmodi.....	107
5.3.2.2	Betriebsstrategie .....	109
5.3.2.3	Betriebspunkte.....	111
5.3.3	Rekuperation .....	112
5.3.4	Kühlen und Heizen .....	112
5.3.4.1	Kühl-/Heizkreislauf .....	112
5.3.4.2	Heizstrategie .....	113
5.3.4.3	Temperaturentwicklung im Fahrzeuginnenraum .....	115
5.4	Fazit .....	117
<b>6</b>	<b>Analyse von Plug-In-Hybrid Kraftfahrzeugen .....</b>	<b>121</b>
6.1	Untersuchte Fahrzeuge .....	123
6.1.1	Audi A3 etron .....	124
6.1.2	Mitsubishi Outlander PHEV .....	125
6.1.3	Toyota Prius Plug-In .....	126

6.1.4	Volvo V60 PHEV.....	127
6.2	Fahrzeugspezifische Ergebnisse.....	128
6.2.1	Audi A3 etron.....	128
6.2.1.1	Elektrische Reichweite und Zustartbedingung.....	128
6.2.1.2	Elektrischer Energie- und Kraftstoffbedarf.....	130
6.2.1.3	Ladevorgang .....	138
6.2.1.4	Wirkungsgrade.....	138
6.2.1.5	Sondermessung .....	138
6.2.2	Mitsubishi Outlander PHEV.....	139
6.2.2.1	Elektrische Reichweite und Zustartbedingung.....	139
6.2.2.2	Elektrischer Energie- und Kraftstoffbedarf.....	142
6.2.2.3	Ladevorgang .....	149
6.2.2.4	Wirkungsgrade.....	149
6.2.2.5	Sondermessung .....	150
6.2.3	Toyota Prius Plug-In .....	151
6.2.3.1	Elektrische Reichweite und Zustartbedingung.....	151
6.2.3.2	Elektrischer Energie- und Kraftstoffbedarf.....	154
6.2.3.3	Ladevorgang .....	161
6.2.3.4	Wirkungsgrade.....	161
6.2.3.5	Sondermessung .....	161
6.2.4	Volvo V60 PHEV.....	162
6.2.4.1	Elektrische Reichweite und Zustartbedingung.....	162
6.2.4.2	Elektrischer Energie- und Kraftstoffbedarf.....	165
6.2.4.3	Ladevorgang .....	172
6.2.4.4	Wirkungsgrade.....	172
6.2.4.5	Sondermessung .....	172
6.3	Fazit .....	173
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>177</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>181</b>