

O PRÄAMBEL	1
1 STRAßENVERKEHR VON MORGEN	3
1.1 Übersicht 1.2 Ausblick 2020: Emissionen bei steigender Verkehrsnachfrage	5
2 FAHRZEUGANTRIEBE MIT BRENNSTOFFZELLEN IN DER ENTWICKLUNG	11
2.1 Übersicht	1
2.2 Entwicklungsstand	14
2.2.1 Basisbegriffe und Funktionsprinzip eines Brennstoffzellen-Antriebssystems	16
2.2.2 PEFC-Stack- Technik	19
2.2.3 Brenngas-Erzeugungssysteme	21
2.2.4 Systemintegration 2.2.5 Akteure und Aktionen	24
2.3 Studienvergleich	28
2.4 Busse 3 ANALYSEN VON BRENNSTOFFZELLENANTRIEBEN	36
3.1 Leistungsparameter für Brennstoffzellenantriebe	37
3.2 Verfahrensanalyse von Brennstoffzellensystemen zur Stromerzeugung für Elektroantriebe bei Nutzung unterschiedlicher Kraftstoffe	40
3.2.1 Einleitung 3.2.2 Wasserstoffherstellung aus flüssigen Kraftstoffen	41
3.2.2.1 Wasserstoffherstellung im autothermen Reformierungsreaktor Kraftstoffe: Ethanol, Methanol, DME, Octan (Benzin)	41
3.2.2.2 Wasserstoffherstellung im beheizten Reformierungsreaktor Kraftstoffe: Ethanol, Methanol, DME	43
3.2.3 Stromerzeugung in Brennstoffzellen	45
3.2.3.1 Stromerzeugung auf Basis gasförmigen Wasserstoffs	48
3.2.3.2 Stromerzeugung auf Basis flüssiger Kraftstoffe Ethanol, Methanol, DME, Octan (Benzin)	50
3.2.4 Zusammenfassung der Verfahrensanalyse	64
3.3 Dynamisches Betriebsverhalten von Pkw mit Brennstoffzellen auf der Basis von Wasserstoff und Methanol	73
3.3.1 Einführung 3.3.2 Fahrzeugparameter und Fahrzeugdefinition	75
3.3.2.1 Elektroantrieb	79
3.3.2.2 Brennstoffzellensystem 3.3.2.3 Kaltstartbewertung	
3.3.3 Dynamische Antriebssimulation	85
3.3.4 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	86

3.3.4.1	Energiebedarf in den Fahrzyklen	87
3.3.4.2	Wirkungsgrade der Systemkomponenten	89
3.3.5	Zusammenfassung und Bewertung	93
3.4	Edelmetallbilanzen: Wasserstoff- / Methanol-betriebener Antrieb	97
3.4.1	Einführung	
3.4.2	Zellen- und Leistungsparameter	101
3.4.3	Edelmetallbedarf Brennstoffzellenantrieb	102
3.4.3.1	Brennstoffzellen	102
3.4.3.2	Autothermer Reformier	103
3.4.3.3	Katalyt-Konverter	103
3.4.3.4	Pd/Ag-Gastrennmembranen	104
3.4.3.5	Partielle CO-Oxidation PROX	105
3.4.4	Bilanzen und Bewertung	105
3.5	Spezifische Emissionen von Pkw	111
3.6	Wirtschaftlichkeit des Brennstoffzellenantriebs	115
3.7	Mögliche Einführungsstrategie für Brennstoffzellen-Fahrzeuge und erzielbare Wirkungen	124
4	KRAFTSTOFFE FÜR DEN VERKEHR -INFRASTRUKTUR	130
4.1	Neue Kraftstoffe in der Verteilungsinfrastruktur	130
4.2	Neue Kraftstoffe	131
4.2.1	Kraftstoffinfrastruktur	132
4.2.2	Otto- und Dieselmotoren	133
4.2.3	Methanol	134
4.2.4	Planzöl methylester	135
4.2.5	Liquid Petroleum Gas	136
4.2.6	Dimethylether	136
4.2.7	Erdgas	137
4.2.8	Wasserstoff	138
4.3	Erfordernisse der Infrastruktur	140
5	BLICK IN DIE ZUKUNFT	147
5.1	Antriebe: Herausforderungen und Potentiale	148
5.1.1	Randbedingungen	148
5.1.2	Brennstoffzellenantriebe	149
5.2	Mögliche Einführungsstrategien und erzielbare Wirkungen	154
5.3	Handlungsrelevante Empfehlungen, F & E- Bedarf	155
5.4	Ausrichtung und Option	156
	ANHANG A	159
	ANHANG B	178