

Schriftenreihe
des Instituts für
Fahrzeugtechnik
TU Braunschweig



Nr: 82

M.Sc.
Salah-Addin Fatim Scheikh Elard
2024

Verlustreduktion in nassen Lamellenkupplungen und -bremsen durch magnetische Lamellentrenneinheiten

Herausgegeben von:
Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay

Verlustreduktion in nassen Lamellenkupplungen und -bremsen durch magnetische Lamellentrenneinheiten

Von der Fakultät für Maschinenbau
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

von
Salah-Addin Fatim Scheikh Elard
geboren in
Hannover

eingereicht am: 13.07.2023
mündliche Prüfung am: 05.07.2024

Vorsitz: Prof. Dr.-Ing. L. Frerichs
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. F. Küçükay
Prof. Dr.-Ing. P. Eilts

Schriftenreihe des Instituts für Fahrzeugtechnik
TU Braunschweig

Band 82

Salah-Addin Fatim Scheikh Elard

**Verlustreduktion in nassen Lamellenkupplungen und
-bremsen durch magnetische Lamellentrenneinheiten**

Shaker Verlag
Düren 2024

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2024

Copyright Shaker Verlag 2024

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-9661-3

ISSN 1619-6325

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität Braunschweig.

An dieser Stelle möchte ich mich ausdrücklich bei meinem Doktorvater Prof. Dr.-Ing. Ferit Küçükay, Leiter des Instituts für Fahrzeugtechnik, der mir großes Vertrauen entgegengebracht und mit zahlreichen fachlichen Anregungen zum Gelingen dieser Arbeit maßgeblich beigetragen hat, bedanken. Das breite Aufgabenspektrum von der Lehre über Forschungsarbeiten und Industrieprojekten bis hin zu Tagungen und Reisen im In- und Ausland haben mich sowohl persönlich als auch beruflich sehr weiterentwickelt.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. P. Eilts, Leiter des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen der Technischen Universität Braunschweig, für die Betreuung als Mitberichtersteratter sowie Prof. Dr.-Ing. Ludger Frerichs, Leiter des Instituts für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der Technischen Universität Braunschweig, für die Übernahme des Vorsitzes im Promotionsausschuss.

Mein Dank gilt allen aktiven und ehemaligen Mitarbeitern des Instituts für Fahrzeugtechnik sowie von Volkswagen für ihre Hilfsbereitschaft, die gute Zusammenarbeit und die Freundschaften, die entstanden sind. Besonders zu nennen sind an dieser Stelle Dr. Gunther Alvermann, Gerrit Brandes, Dr. Luke Gaylor, Lukas Hartmann, Dr. Martin Jaensch, Sebastian Kemper, Leon Ohms, Marijan Paun, Ron Rebesberger und Christian Sieg. Die Zeit mit euch wird mir stets in Erinnerung bleiben. Weiterer Dank gebührt allen Studierenden und wissenschaftlichen Hilfskräften, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt meiner Mutter Elfriede, meinem Bruder Ilaf und den wichtigsten Menschen, die ich darüber hinaus kennenlernen durfte: Annabell Bajerke, Lisa Behrendt, Philipp Herber, Marcel Metzke, Natalie Prümmer und Philipp Wartemann für die unglaubliche Unterstützung bei allen Vorhaben und die mir entgegen gebrachte Zuneigung, die einen erheblichen Betrag zu meinem, nicht nur beruflichen, Werdegang geleistet und so auch zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Braunschweig, im Juli 2023

Fatim Scheikh Elard

Verlustreduktion in nassen Lamellenkupplungen und -bremsen durch magnetische Lamellentrenneinheiten

von Salah-Addin Fatim Scheikh Elard

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der Aufbau einer prototypischen, magnetischen Lamellentrenneinheit für eine nasse Serienlamellenbremse dargestellt, die im Antriebsstrang eines Pkws zum Einsatz kommen kann, um eine Kraftstoffverbrauchs- und CO₂-Emissionsreduktion zu erzielen. Es werden verschiedene Konstruktionsmerkmale diskutiert, die einen zentralen Einfluss auf die erzielbare Separationswirkung besitzen. Besonderes Augenmerk wird auf das Temperaturverhalten magnetischer Werkstoffe sowie die toleranzbehaf-tete Positionierung der eingesetzten Magnete gelegt.

Zur Bestimmung des Verlustverhaltens der nassen Lamellenbremse wurde ein spezieller Prüfstand entwickelt, dessen Aufbau ebenfalls dargestellt wird. Für den quantitativen Vergleich der Verlustreduktion werden drei Konfigurationen der nassen Lamellenbremse in einem Drehzahlstufenversuch untersucht: eine Serienkonfiguration ohne Lamellenseparation, eine Torsionsfederkonfiguration und eine magnetische Lamellenseparation. Die (nicht selbst entwickelte) Torsionsfederkonfiguration dient hierbei als aktueller Benchmark für die Verlustreduktion in der betrachteten Lamellenbremse. Die Messergebnisse zeigen, dass die magnetische Lamellenseparation im Durchschnitt über alle gemessenen Differenzdrehzahlen eine höhere Verlustreduktion gegenüber dem Serienzustand als die Torsionsfederkonfiguration erzielt.

Um das Verbrauchs- und Emissionseinsparpotential zu quantifizieren, wird ein Rückwärtssimulationsmodell aufgebaut, das in der Lage ist, die reduzierte Verlustleistung in den verschiedenen nassen Lamellenkupplungen und -bremsen eines beispielhaften Antriebsstrangs mit konventionellen Wandlerautomatikgetriebe in einem vorgegebenen Geschwindigkeits-Zeit-Profil, wie dem WLTP, zu berechnen. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die magnetische Lamellenseparation im Gesamtgetriebe zu einer Verbesserung gegenüber der Serien- und Torsionsfederkonfiguration führt. Die Analyse der Zeitanteile im jeweiligen Differenzdrehzahlbereich der einzelnen Schaltelemente zeigt, dass die differenzdrehzahlabhängige Schleppverlustleistungsreduktion der betrachteten Lamellenseparationsarten auf das jeweilige Schaltelement abgestimmt werden muss, um die optimale Verbrauchs- und Emissionsreduktion zu erreichen.

Loss reduction of wet multi-disk clutches and brakes by magnetic disk separation units

by Salah-Addin Fatim Scheikh Elard

Abstract

In this thesis, a prototype magnetic disk separation unit for a series-produced wet disc brake is developed and investigated with regard to its loss behavior. Various design features are discussed which have a central influence on the achievable separation effect. It is found that the temperature behavior of magnetic materials as well as the tolerance-related positioning of the magnets used are particularly relevant.

To determine the drag torque, a special clutch test rig has been constructed. For the quantitative comparison of the loss reduction, three configurations of the wet multi-disc brake are investigated in a differential-speed-step test: First, the basic condition, without disc separation. Second, a torsional spring configuration and third, the magnetic disk separation unit. The torsional spring configuration was chosen because it is the current benchmark for loss reduction in the multi-disk brake under consideration. The measurement results show that the magnetic disk separation unit achieves a higher loss reduction on average than the torsional spring configuration.

To quantify the potential fuel consumption and emission savings, a backwards simulation model is built that includes the kinematic structure of a series automatic transmission. The model can be used to calculate the differential speeds in open shift elements in a speed-time profile such as the WLTC (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle) and then determine the resulting power loss using drag torque measurement data and dimensioning factors. Using the average specific fuel consumption of an exemplary internal combustion engine and the corresponding CO₂-equivalent, the potential fuel consumption and emission reduction is estimated. The results show that the different differential-speed-dependent drag reduction of the disk separation types considered must be matched to the respective switching element in order to achieve optimal reduction values.

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	iii
1 Einführung	1
1.1 Zielsetzung	3
1.2 Aufbau der Arbeit	4
2 Grundlagen und Stand der Technik	7
2.1 Fahrwiderstände, Energiebedarf und Antriebsstrangwirkungsgrad von Fahrzeugen	7
2.2 Nasse Lamellenkupplungen und -bremsen	11
2.3 Ursachen des Schleppmoments in nassen Lamellenkupplungen	16
2.3.1 Differenzwinkelgeschwindigkeit (Differenzdrehzahl)	17
2.3.2 Betriebsart	20
2.3.3 Lüftspiel	22
2.3.4 Beölung	28
2.3.5 Reibflächenanzahl	29
2.3.6 Lamellen	30
2.4 Schleppmomentreduktion durch Lamellenseparation	31
2.4.1 Wellfedern	31
2.4.2 Torsionsfedern	33
2.4.3 Magnetische Trennelemente	34
2.4.4 Weitere Separationsarten	35
2.5 Anwendungsgebiete der Schleppmomentreduktionsmaßnahmen	37
2.6 Zusammenfassung des Stands der Technik	38
3 Versuch	39
3.1 Prüfstand und Prüfling	39
3.1.1 Lamellenbremse	41
3.1.2 Ölkonditionierung	43
3.1.3 Aktuierung	44
3.1.4 Ansteuerung und Messdatenerfassung	46
3.2 Versuchsmethodik	46
3.2.1 Einlauf und Versuchsvorbereitung	46

3.2.2	Durchführung der Schleppmomentmessung	48
3.2.3	Versuchsablauf und Automatisierung der Messung	50
3.3	Aufbau einer magnetischen Kupplungslamellentrenneinheit	51
3.3.1	Magnetismus von Werkstoffen	51
3.3.2	Vereinfachte Berechnung magnetischer Feldgrößen von Permanentmagneten	54
3.3.3	Magnetostatische FEM-Berechnung	55
3.3.4	Auswahl von Permanentmagnetwerkstoffen	58
3.3.5	Konstruktionsmerkmale magnetischer Lamellenseparationseinheiten .	64
4	Simulation des Verbrauchs- und Emissionseinsparpotentials	81
4.1	Grundaufbau des Simulationsmodells	81
4.2	Antriebsstrangkinematik des betrachteten Getriebes	82
4.3	Übertragung der Schleppmomentmessdaten auf Verlustleistungen der Schaltelemente	85
4.4	Berechnung der Verbrauchs- und Emissionseinsparpotentiale	86
5	Ergebnisse und Diskussion	89
5.1	Schleppmomentmessdaten	89
5.1.1	Variation der Magnetanzahl	90
5.1.2	Vergleich zwischen magnetischer Lamellenseparation und Torsionsfedern	95
5.2	Verbrauchs- und Emissionseinsparpotentiale	100
6	Zusammenfassung und Ausblick	105
	Literaturverzeichnis	109
	Anhang	117

Formelzeichen und Abkürzungen

Lateinische Buchstaben

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
a_{Fzg}	$\frac{m}{s^2}$	Fahrzeugbeschleunigung
A_{Kolben}	m^2	hydraulische Wirkfläche des Kupplungskolbens
A_{quer}	m^2	Querspanntfläche
$A_{reib, netto}$	m^2	Netto-Reibfläche der Reibbeläge einer Kupplung oder Bremse
$A_{Zyl.}$	m^2	Kreisfläche eines Zylindermagneten
b_{Ring}	m	Ringbreite der Wellfeder
B	T	magnetische Flussdichte
B_r	T	Remanenzflussdichte
B_{Einzel}	T	magnetische Flussdichte eines Einzelmagneten
c_w	–	Luftwiderstandsbeiwert
d_L	m	Dicke des Lamellenpakets
d_m	m	mittlerer Reibdurchmesser einer Kupplung oder Bremse
$d_{Draht, Tors.}$	m	Durchmesser des Torsionsfederdrahts
$rel. d_{Mag.}$	m	relativer Achsabstand zweier Magnete
$d_{Zyl.}$	m	Höhe eines Zylindermagneten
e_{r_m}	-	Anpassungsfaktor mittlerer Reibradius
e_z	-	Anpassungsfaktor Reibflächenanzahl
E_{Rad}	J	Radenergie
f_0	N	Vorspannkraft des Separationselements
f_{Roll}	N	Rollwiderstandskoeffizient (Vereinfachung)
$f_{Roll, 0}$	N	konstanter Anteil des Rollwiderstandskoeffizienten
$f_{Roll, 1}$	N	Geschwindigkeitsabhängiger Anteil des Rollwiderstandskoeffizienten
$F_{axial, Kol.}$	N	Axialkraft des Kupplungskolbens
$F_{axial, Sep.}$	N	Axialkraft des Separationselements
F_L	N	Luftwiderstand

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
F_B	N	Beschleunigungswiderstand
F_{Kurven}	N	Kurvenwiderstand
F_{Lager}	N	Reibwiderstände aller Radlager
$F_{Vorspur}$	N	Vorspurwiderstand
$F_{Mag.}$	N	Magnetkraft
F_N	N	Normalkraft
F_R	N	Gesamtfahrwiderstand
F_{Reib}	N	Reibungswiderstand
$F_{Reib, Kolben}$	N	Reibkraft zwischen Kupplungskolben und seiner Dichtung
F_{Roll}	N	Rollwiderstand
$F_{Restbrems}$	N	Restbremsmoment aller Betriebsbremsen
$F_{Rückstell}$	N	Rückstellkraft der Kupplungsfeder
F_{St}	N	Steigungswiderstand
F_Z	N	Aufstandskraft des gesamten Fahrzeugs
<i>rel. $F_{Mag.}$</i>	-	relative Magnetkraft
g	$\frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung
h_i	m	Lüftspiel zweier benachbarter Lamellen nummeriert nach i
$h_{einzel, konstr.}$	m	konstruktives Einzellüftspiel
$h_{einzel, exp.}$	m	experimentell bestimmtes Einzellüftspiel
$h_i, einzel, mom.$	m	momentanes Einzellüftspiel der i.ten Lamelle im offenen Betrieb
$h_{ges., konstr.}$	m	konstruktives Gesamtlüftspiel
$h_{ges., exp.}$	m	experimentell bestimmtes Gesamtlüftspiel
$h_{ges., mom.}$	m	momentanes Gesamtlüftspiel im offenen Betrieb
$h_{L, 1}$	m	Abstand zwischen kolbenseitigem Lamellenanschlag und erster Lamelle
$h_{L, z}$	m	Abstand zwischen sicherungsringsseitigem Lamellenanschlag und letzter Lamelle
h_{Zahn}	m	Zahnhöhe der Lamellenverzahnung
H	$\frac{A}{m}$	magnetische Feldstärke
H_{ci}	$\frac{A}{m}$	Koerzitivfeldstärke
i	-	Übersetzung

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
i_0	-	Standgetriebeübersetzung
i_{AG}	-	Achsgetriebeübersetzung
\vec{j}	$\frac{A}{m^2}$	elektrische Stromdichte
$k_{Schalte.}$	-	Differenzdrehzahlverhältnis eines offenen Schaltelements
m_{Fzg}	kg	Fahrzeugmasse
\dot{m}_{CO_2}	$\frac{g}{km}$	ausgestoßene Masse an CO ₂ pro km
M_K	Nm	Kupplungsmoment
M_{An}	Nm	Antriebsmoment
M_{Ab}	Nm	Abtriebsmoment
$M_{Brems, max}$	Nm	maximales Bremsmoment in der Lamellenbremse
M_r	T	Remanenz
M_S	Nm	Schleppmoment
$M_S, Getr., ges$	Nm	Schleppmoment des Gesamtgetriebes
$M_S, Bremse$	Nm	Schleppmoment der Lamellenbremse
$M_S, Lager$	Nm	Schleppmoment der Lager
$M_S, Dicht$	Nm	Schleppmoment der Dichtungen
$M_S, Vers., norm.$	-	normiertes Schleppmoment
M_{Offset}	Nm	Offsetmoment des Drehmomentsensors
n	$\frac{1}{min}$	Drehzahl
n_H	$\frac{1}{min}$	Hohlradrehzahl
n_S	$\frac{1}{min}$	Sonnenradrehzahl
n_{St}	$\frac{1}{min}$	Stegdrehzahl
p_{Kolben}	$\frac{N}{m^2}$	wirksamer hydraulischer Druck auf den Kupplungskolben
$P_S, Vers.$	%	prozentuale Schleppmomentreduktion
P_{Ab}	W	abgeführte Leistung
P_{chem}	W	chemische Leistungsaufnahme
P_{Rad}	W	Radleistung
P_S	W	Schleppleistung
$P_S, Vers., norm.$	-	normierte Schleppverlustleistung
P_V	W	Verlustleistung
$P_{Verl., VKM}$	W	Verlustleistung der Verbrennungskraftmaschine

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
$P_{Verl., Getriebe}$	W	Verlustleistung des Hauptgetriebes
P_{Zu}	W	zugeführte Leistung
q_{Benzin}	$\frac{l}{100km}$	Kraftstoffvolumenstrom auf 100 km
$q_{spez., Öl}$	$\frac{l}{min \cdot m^2}$	spezifischer Ölvolumenstrom
$q_{Öl, ab}$	$\frac{l}{min}$	abgeführter Ölvolumenstrom
$q_{Öl, zu}$	$\frac{l}{min}$	zugeführter Ölvolumenstrom
Q_V	J	Wärmeenergie beim Einkuppeln
\dot{Q}_V	W	Wärmeleistung bzw. Wärmestrom beim Einkuppeln
r_a	m	Außenradius
r_{Basis}	m	Innenradius des Außenlamellenträgers im Seriengetriebe
r_{dyn}	m	dynamischer Reifenradius
$r_{Fräser, Kopf}$	m	Fräskopfradius
r_i	m	Innenradius
r_m	m	mittlerer Reibradius einer Kupplung oder Bremse
$r_{Torsionsfeder}$	m	aufgeweiteter Innenradius des Außenlamellenträgers für die Torsionsfederkonfiguration
$r_{Wellfeder}$	m	aufgeweiteter Innenradius des Außenlamellenträgers für die Wellfederkonfiguration
R_a	μm	Mittenrauwert (Rauheitskennparameter)
R_m	μm	Materialanteil (Rauheitskennparameter)
R_{max}	μm	maximale Rautiefe (Rauheitskennparameter)
$s_{Federv.}$	$\frac{N}{m^2}$	Gesamtelastizität der Kupplungs- bzw. Bremsbauteile in axialer Richtung
$s_{Fahrprofil}$	m	Fahrstrecke im Fahrprofil
S	-	Schlupf
S_{radial}	m	Radialspiel der Lamellen
$t_{0-100 \frac{km}{h}}$	s	Beschleunigungszeit von 0 auf 100 $\frac{km}{h}$
T_C	$^{\circ}C$	Curietemperatur
$T_{Einsatz, max}$	$^{\circ}C$	maximale Einsatztemperatur magnetischer Werkstoffe
TK	$\frac{\%}{^{\circ}C}$	Temperaturkoeffizient der Remanenz
$T_{Mag.}$	$^{\circ}C$	Magnettemperatur
$t_{öffnen}$	s	Öffnungszeit der Kupplung

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
$T_{\text{Öl}}$	$^{\circ}\text{C}$	Öltemperatur
$T_{\text{Öl, Soll}}$	$^{\circ}\text{C}$	Sollöltemperatur
t_{Rampe}	s	Rampenzeit zur Einstellung einer Drehzahl
$t_{\text{schlie\ss}}$	s	Schließzeit der Kupplung
T_{Start}	$^{\circ}\text{C}$	Starttemperatur
T_{Stahl}	$^{\circ}\text{C}$	Stahllamellentemperatur
v_{Fzg}	$\frac{m}{s}$	Fahrzeuggeschwindigkeit
v_w	$\frac{m}{s}$	Windgeschwindigkeit
v_{sync}	$\frac{m}{s}$	Fahrzeuggeschwindigkeit bei vollständig geschlossener Kupplung im 1. Gang
x_0, LP	m	gemessene x-Koordinate des kolbenseitigen Lamellenanschlags
$x_{LA, K}$	m	konstruktiv bestimmte x-Koordinate des kolbenseitigen Lamellenanschlags
$x_{LA, stütz}$	m	konstruktiv bestimmte x-Koordinate des sicherungsringseitigen Lamellenanschlags
$x_{\text{max}, LP}$	m	gemessene x-Koordinate des Lamellenanschlags bei vollständig geschlossener Kupplung oder Bremse
z	-	Reibflächenanzahl
Z	N	Zugkraft

Griechische Buchstaben

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
α	-	Steigungswinkel der Fahrbahn in Fahrzeuglängsrichtung
α_{ideal}	$^{\circ}$	idealer mittlerer Winkelabstand
$\alpha_{\text{Mag., wirk.}}$	$^{\circ}$	Wirkwinkel zweier Magneten
$\alpha_{\text{Stahl, Öl}}$	$\frac{W}{m^2K}$	Wärmeübergangskoeffizient Stahl-Öl
$\beta_{\text{Verdr.}}$	$^{\circ}$	Verdrehspiel einer magnetischer Lamellentrenneinheit
η_{Antrieb}	-	Wirkungsgrad des Antriebs
η_T	-	Wirkungsgrad des Triebstrangs
$\eta_{\text{Öl-Luft-Gemisch}}$	-	Ersatzviskosität für Öl-Luft-Gemisch

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
$\eta_{\dot{O}l}$	$Pa\ s$	dynamische Viskosität von Öl
$\bar{\eta}_{AT, WLTP}$	-	durchschnittlicher Wirkungsgrad eines AT im WLTP
$\bar{\eta}_{DTC, WLTP}$	-	durchschnittlicher Wirkungsgrad eines DCT im WLTP
λ_{Dreh}	-	Drehmassenzuschlagsfaktor
λ_K	-	Drehzahlverhältnis einer Kupplung oder Bremse
μ_r	-	Gleitreibungkoeffizient
$\mu_r, 0$	$\frac{N}{A^2}$	magnetische Feldkonstante
μ_r, mag	$\frac{Vs}{Am}$	magnetische Permeabilität
ρ_L	$\frac{kg}{m^3}$	Luftdichte
ρ_m, max	$\frac{J}{m^3}$	magnetische Energiedichte
$\Psi_{\dot{O}l}$	-	Ölspaltfüllungsgrad
ω_{Ab}	$\frac{rad}{s}$	Winkelgeschwindigkeit des Abtriebs
ω_{An}	$\frac{rad}{s}$	Winkelgeschwindigkeit des Antriebs
$\omega_{au\beta en}$	$\frac{rad}{s}$	Winkelgeschwindigkeit der Außenlamellen
ω_{innen}	$\frac{rad}{s}$	Winkelgeschwindigkeit der Innenlamellen

Abkürzungen

Zeichen	Bedeutung
AT	Automatic Transmission (konventionelles Wandlerautomatikgetriebe)
BEV	Battery Electric Vehicle (batterieelektrisches Fahrzeug)
CAN	Controller Area Network (serielles Feldbusssystem)
CVT	Continous Variable Transmission
DCT	Double Clutch Transmission (Doppelkupplungsgetriebe)
DHT	Dedicated Hybrid Transmission (dediziertes Hybridgetriebe)
EM	Elektrische Maschine
HEV	Hybrid Electric Vehicle (Hybrid Fahrzeug)
HVAC	Heating, Ventilation and Air Condition
ICCT	International Council on Clean Transportation
ICV	Internal Combustion Engine
MT	Manual Transmission (Handschaltgetriebe)

Zeichen	Bedeutung
PRS	Planetenradsatz
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle (Plug-In Hybrid Fahrzeug)
TtW	Tank to Wheel
TCO	Total Cost of Ownership
VKM	Verbrennungskraftmaschine
WtT	Well to Tank
WLTP	Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure