

 SpringerWienNewYork

Peter Hofmann

Hybridfahrzeuge

SpringerWienNewYork

Assoc. Prof. Dr. Peter Hofmann
Institut für Fahrzeugantriebe und Automobiltechnik
Technische Universität Wien, Österreich

Abbildungsrechte: Autoren, Herausgeber und Verlag haben größtmögliche Bemühungen bei der Abklärung der Urheberrechte für die enthaltenen Abbildungen (und Tabellen) angestrebt und bitten um Verständnis, sollten diese in Einzelfällen ohne Ergebnis geblieben sein. Gegebenenfalls bitten wir den Leser, sich mit dem Verlag in Verbindung zu setzen.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Produkthaftung: Sämtliche Angaben in diesem Fachbuch/wissenschaftlichen Werk erfolgen trotz sorgfältiger Bearbeitung und Kontrolle ohne Gewähr. Insbesondere Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Eine Haftung des Autors oder des Verlages aus dem Inhalt dieses Werkes ist ausgeschlossen.

© 2010 Springer-Verlag/Wien
Printed in Germany

SpringerWienNewYork ist ein Unternehmen von
Springer Science + Business Media
springer.at

Satz: Jung Crossmedia Publishing GmbH, 35633 Lahnau, Deutschland
Druck und Bindung: Strauss GmbH, 69509 Mörlenbach, Deutschland

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier
SPIN 12560684

Mit 381 Abbildungen

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.

ISBN 978-3-211-89190-2 SpringerWienNewYork

Vorwort

Hybridfahrzeuge erfahren derzeit einen enormen Aufschwung – gegenwärtig arbeiten alle Fahrzeughersteller an derartigen Konzepten. Dabei ist die Technik grundsätzlich nicht neu, sondern beinahe so alt wie das Automobil selbst. Waren es in der Anfangsphase Probleme bei der Regelung der Verbrennungsmotoren und der Kraftübertragung (Schaltgetriebe und Kupplung), die eine Kombination mit einem Elektroantrieb begründeten, so sind es heute vor allem Kraftstoffverbrauch und Emissionen, die die Entwicklung von Hybridantriebssystemen forcieren. Neben diesen Aspekten ermöglicht der Hybridantrieb zusätzliche Funktionalitäten, die teilweise von rein elektrischem Fahren bis zu Torque-Vectoring-Systemen oder mobilen Stromversorgungsaggregaten reichen.

Die Hybridtechnik wird oft als Brückentechnologie zu Brennstoffzellenantrieben angesehen, wobei zu erwarten ist, dass Brennstoffzellenfahrzeuge zweckmäßigerweise mit elektrischen Energiespeichern ausgestattet werden und damit ebenfalls als Hybridfahrzeuge gelten. Auch für Elektrofahrzeuge werden Hybridkonzepte zur Einführung und Erreichen einer breiten Akzeptanz wesentlich beitragen. Durch die geringe Speicherkapazität der Batterien und die damit verbundenen unzureichenden rein elektrischen Reichweiten werden sich E-Fahrzeug-Konzepte mit zusätzlichem Verbrennungsmotor, die als Range Extender dienen, etablieren.

Derzeit zeichnet sich ein breiter Einsatzbereich, der von ersten Hybridmotorrädern (Rollern) über PKW-Anwendungen bis zu Nutzfahrzeugen und Bussen reicht, ab. Besonders wenn das Anforderungs- bzw. Fahrprofil genau definiert werden kann, wie es beispielsweise bei Bussen und Verteilernutzfahrzeugen der Fall ist, kann die Hybridtechnologie entsprechend angepasst und die Betriebsstrategien optimiert werden. Damit können maximale Verbrauchseinsparpotentiale erschlossen werden.

Mit zunehmender Hybridisierung steigen auch die Herstellkosten des Fahrzeuges an. Um langfristig Erfolg zu haben, müssen sich die höheren Kosten entweder durch das Kraftstoffeinsparpotential amortisieren oder ein entsprechender Mehrwert in Form von Fahrspaß bzw. zusätzlicher Funktionalität gegeben sein. Auch der Gesetzgeber wird zukünftig verstärkt durch Steuerungs- und Mautsysteme sowie Fahr- oder Einfahrverbote in bestimmte Zonen die Einführung von neuen Technologien beeinflussen.

Damit Hybridfahrzeuge erfolgreich entwickelt und produziert werden können, müssen alle Komponenten optimal aufeinander abgestimmt werden. Dazu ist eine fachübergreifende Zusammenarbeit erforderlich. Die Stärken und Schwächen der einzelnen Systeme müssen so kombiniert werden, dass sich Synergien und ideale Ergänzungen ergeben. Darin liegt die größte Herausforderung bei der Entwicklung, da deutlich mehr Ingenieure als bisher aus verschiedenen Bereichen, beginnend von der Verbrennungskraftmaschine über das Getriebe, die Elektro-Maschinen und den Energiespeicher bis zum Gesamtfahrzeug kooperieren müssen. Dafür ist mehr Verständnis und Basiswissen

aus anderen Fachbereichen notwendig sowie eine forcierte Kommunikation und Austausch von Wissen.

Beim Verfassen dieses Buches haben mich viele Fachleute durch Diskussion, Korrekturlesen des Textes und Anregungen wesentlich unterstützt, wofür ihnen herzlicher Dank gebührt. Besonders zu erwähnen sind an dieser Stelle Dr. Andreas Schmidhofer für die aktive Mitarbeit bei der Erstellung des Kapitels Elektromotoren, Dr. Hochgatterer bei der Erstellung des Kapitels elektrische Energiespeicher, DI Bernhard Schneeweiss bei der Erstellung des Kapitels Antriebsstrangmanagement sowie DI Wolfgang Kriegler für Anregungen zum Aufbau und der Struktur des Buches.

Zu erwähnen sind weiters: Prof. Hans Peter Lenz, Prof. Ernst Fiala, Prof. Jürgen Stockmar, Prof. Fritz Indra und Prof. Bernhard Geringer für Anregungen und Korrekturlesen.

Weiters danken möchte ich Herrn Jaroslav Richter, meiner Frau Tatjana sowie den vielen nicht genannten Kollegen und Freunden für deren Unterstützung zum Gelingen des Buches.

Nicht unerwähnt sollen auch die vielen Beiträge von OEMs, Zulieferern, Forschungsstellen, usw. bleiben, die wesentlich zur Erstellung des Buches beigetragen haben. Gerade bei der Hybridfahrzeugtechnik, die derart viele Bereiche umfasst, ist es essentiell, dass das Wissen von vielen Fachleuten herangezogen wird.

Im vorliegenden Buch werden die Grundlagen von Hybridfahrzeugen an sich, die verschiedenen Komponenten und Technologien sowie deren Vernetzung behandelt. Auch auf die Rahmenbedingungen, die wesentlich die Einführung von Hybridfahrzeugen beeinflussen, wird eingegangen. Auf Grund der großen Vielfalt an Fachbereichen ist es nicht möglich, bei jeder Komponente die Grundlagen ausführlich zu behandeln. Hier wird auf Spezialliteratur verwiesen. Mit dem Werk soll grundsätzlich das Verständnis der Funktionen sowie die Interaktionen zwischen den Systemen vermittelt werden. Bei verschiedenen System-Varianten werden die spezifischen Eigenschaften verglichen und daraus prädestinierte Einsatzbereiche aufgezeigt.

Hybridfahrzeugtechnik ist ein sehr innovativer Bereich, in welchem laufend Neuentwicklungen und Technologiesprünge vollzogen werden. Das Buch zeigt den gegenwärtigen Stand der Technik, sowie Entwicklungsziele und einen Ausblick über Potentiale auf.

Dieses Werk wendet sich an Studierende und Ingenieure in Forschung und Entwicklung, aber auch interessierte Praktiker. Diesen soll es als Lern- und Arbeitshilfe sowie als Nachschlagewerk dienen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Verkehr und seine Auswirkungen auf die Umwelt	1
1.2 Historie von Hybridfahrzeugen	6
1.3 Prognosen für Hybridfahrzeuge	12
2 Definitionen und Klassifizierung der Hybridkonzepte	17
2.1 Serieller Hybrid	18
2.2 Parallelhybrid	21
2.3 Leistungsverzweigter Hybrid	23
2.4 Micro-Hybrid	42
2.5 Mild-Hybrid	44
2.6 Full-Hybrid	45
2.7 Plug-In-Hybrid	46
2.8 Zusammenfassung – Hybridsysteme	52
3 Motivation zum Bau von Hybridantriebssystemen	55
3.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen	55
3.1.1 Situation in Kalifornien/USA	57
3.1.2 Situation in Europa	65
3.1.3 Zusammenfassung	70
3.2 Kraftstoffverbrauch	71
3.2.1 Lastpunktanhebung	72
3.2.2 Start/Stop	75
3.2.3 Elektrisches Fahren	77
3.2.4 Rekuperation	82
3.2.5 Zusammenfassung Kraftstoffverbrauchseinsparungspotenzial	87
3.3 Emissionen und Lärm	89
3.3.1 Elektrisch emissionsfrei fahren	89
3.3.2 Lastpunktverschiebung	89
3.3.3 Start/Stop	93
3.4 Funktionalität	94
3.4.1 E4WD – Elektrischer Allradantrieb	94
3.4.2 Torque Vectoring	94
3.4.3 Spannungsversorgung – Power Station	99
4 Hybridkomponenten	101
4.1 Verbrennungskraftmaschinen	101
4.1.1 Ottomotoren	101

4.1.2	Dieselmotoren	102
4.1.3	Zweitaktmotoren	102
4.1.4	Rotationskolbenmotoren	104
4.1.5	Stirlingmotor	106
4.1.6	Gasturbinen	109
4.1.7	Brennstoffzellen	110
4.2	Elektromaschinen	113
4.2.1	Betriebsgrenzen und Kennlinien	114
4.2.2	Gleichstrommaschinen	118
4.2.3	Drehstrommaschinen	119
4.2.4	Asynchronmaschine	121
4.2.5	Synchronmaschinen	122
4.2.6	Permanenterregte Synchronmaschinen	122
4.2.7	Geschaltete Reluktanzmaschine	124
4.2.8	Permanenterregte Transversalfeldmaschinen	126
4.2.9	Vergleich der verschiedenen Elektromaschinen	129
4.2.10	Ausführungsformen	130
4.2.11	Getriebeintegration	132
4.3	Leistungselektronik (Stromrichter)	139
4.3.1	Halbleiter-Elemente	141
4.3.2	Leistungselektronische Schaltungen	142
4.4	Energiespeicher	146
4.4.1	Allgemeines	146
4.4.2	Sekundärelemente	151
4.4.3	Blei-Batterien (Pb/PbO ₂)	157
4.4.4	Nickel-Cadmium-Batterien	160
4.4.5	Nickel-Metallhydrid-Batteriesysteme	160
4.4.6	Lithium-Ionen-Batterien (Li-Ion)	164
4.4.7	Na-NiCl-Batterie (Zebra)	168
4.4.8	Natrium-Schwefel-Batterie	168
4.4.9	Superkondensatoren	168
4.4.10	Schwungradspeicher	173
4.4.11	Hydropneumatische Speicher	176
4.4.12	Vergleich der Energiespeichersysteme	190
4.5	Nebenaggregate	195
4.5.1	Hydraulische Impulsspeicher HIS®	196
4.5.2	Elektrische Servolenkung	199
4.5.3	Heizung und Klimatisierung	202
5	Antriebsstrangmanagement	207
5.1	Betriebszustände von Hybridfahrzeugen	208
5.2	Betriebsstrategien	209
5.2.1	Einteilung von Betriebsstrategien	210
5.3	Simulation von Hybridfahrzeugen	213
5.3.1	Modellierung eines Hybridfahrzeugs	214
5.3.2	Beispiel Betriebsstrategie	223

5.3.3	Beispiel für Dimensionierung der E-Komponenten	233
5.3.4	Betriebsstrategien unter Einbeziehung des Thermomanagements	237
5.4	Betriebsstrategien mit Prognosefunktionen	243
6	Ausgeführte Pkw- und Motorrad-Hybridkonzepte	249
6.1	Toyota Prius	249
6.2	Lexus RX400h und RX450h	261
6.3	Lexus GS450h	266
6.4	Lexus LS600h	270
6.5	Integrated Motor Assist (IMA)-Hybridsystem von Honda	275
6.6	Mercedes-Benz S 400 HYBRID	285
6.7	Mercedes-Benz ML 450 Hybrid	292
6.8	BMW X6 ActiveHybrid	297
6.9	Magna HYSUV	303
6.10	VW Touareg Hybrid	305
6.11	AVL ECO Target	315
6.12	AVL Turbohybrid	318
6.13	Opel Flextreame und Ampera	325
6.14	VW twinDrive	328
6.15	Toyota Supra HV-R (Hybrid)	333
6.16	Piaggio MP3 Hybrid	334
7	Ausgeführte Lkw- und Bus-Hybridkonzepte	339
7.1	Hybridbusse	344
7.1.1	Orion VII HybriDrive	344
7.1.2	Mitsubishi Fuso Aero	346
7.1.3	Mercedes-Benz Citaro G BlueTec Hybrid	347
7.1.4	MAN Hybridbusse	349
7.1.5	Hess Doppelgelenk-Hybridbus	354
7.1.6	7700 parallel Hybrid Volvo I-SAM	355
7.1.7	IVECO – Irisbus Hynovis	357
7.1.8	Solaris Urbino 18	358
7.1.9	Scania Hybrid Concept Bus	359
7.2	Hybrid-Lkw	362
7.2.1	Mercedes-Benz Sprinter Plug-In-Hybrid	362
7.2.2	MAN Verteiler-Lkw	365
7.2.3	Mitsubishi Fuso Canter Eco Hybrid	369
7.2.4	Mercedes-Benz Freightliner M2	372
7.2.5	Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid	373
7.2.6	Volvo FE Abfallentsorgungsfahrzeug	375
7.2.7	Abfallsammelfahrzeug mit hydrostatisch-regenerativem Bremsystem (HRB)	376
8	Ausblick	379
9	Literatur	381
	Sachverzeichnis	391

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Antiblockiersystem
AC	Alternating Current (Wechselstrom)
ACC	Adaptive Cruise Control (Adaptive Geschwindigkeitsregelung)
ACEA	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (Europäische Vereinigung der Automobilhersteller)
AG	Achsgetriebe
AGM	Absorbent Glass Mat (Bauform des Bleiakкумуляtors, bei der der Elektrolyt in einem Glasfaservlies gebunden ist)
AGR	Abgasrückführung
AHS-C	Advanced Hybrid System
APU	Auxiliary Power Unit (Hilfstriebwerk)
ASG	Automatisiertes Schaltgetriebe
ASM	Asynchronmaschine
AT	Automated Transmission (Automatikgetriebe)
ATF	Automatic Transmission Fluid (Automatikgetriebeöl)
AT-PZEV	Advanced Technology Partial Zero Emission Vehicle
Bat	Batterie
Batt.	Batterie
BMEP	Brake Mean Effective Pressure (effektiver Mitteldruck)
BMS	Batteriemanagementsystem
CAFE	Corporate Average Fuel Economy
CAGR	Compound Annual Growth Rate (durchschnittliche Wachstumsrate)
CAN	Controller Area Network
CARB	California Air Resources Board
CCU	Clutch Control Unit
CNG	Compressed Natural Gas (Komprimiertes Erdgas)
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ e	Kohlendioxid Einsparung
CRT	Continuous Regenerating Trap (kontinuierlich regenerierendes Partikelfiltersystem)
CVS	Constant-Volume-Sampler
CVT	Continuously Variable Transmission (stufenloses Getriebe)
DC	Direct Current (Gleichstrom)
DE	Diesel-elektrisch
DKG	Doppelkupplungsgetriebe
DLC	Double Layer Capacitor (Doppelschichtkondensator)
DOD	Depth of discharge (Entladetiefe)

DOHC	Double Overhead Camshaft (Zwei obenliegende Nockenwellen)
EAER	Equivalent All-Electric Range
ECE	Economic Commission for Europe
ECOSOC	United Nations Economic and Social Council (Wirtschafts- und Sozialrat der Vereinten Nationen)
ECU	Engine Control Unit (Motorsteuergerät)
E-CVT	Electrical Continuously Variable Transmission (elektrisches stufenloses Getriebe)
EEV	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle (europäischer Abgasstandard für Busse und LKW)
EMCU	Electric Machine Control Unit (E-Maschinen Steuergerät)
EPHS	Electrically Powered Hydraulic Steering (elektrisch angetriebene hydraulische Servolenkung)
EPS	Electric Power Steering (elektrische Servolenkung)
ELR	European Load Response Test (Test zur Typprüfung von LKWs)
EM	Elektromaschine
EPA	Environmental Protection Agency
EPAAct	Energy Policy Act
ES	Elektrischer Energiespeicher
ESC	European Stationary Cycle (stationärer Test zur Typprüfung von LKW-Motoren)
ESP	Elektronisches Stabilitätsprogramm
ETC	European Transient Cycle (Test zur Typprüfung von LKW-Motoren)
EU	Europäische Union
EUDC	Extra Urban Driving Cycle (Außerortsteil des Europäischen Fahrzyklus)
EU-15	Mitgliedstaaten der Europäischen Union bis 2004
EV	Electric Vehicle
EVT	Electrically Variable Transmission (elektrisches stufenloses Getriebe)
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EZEV	Equivalent Zero Emission Vehicle (Emissionsfreies Fahrzeug)
FE	Finite Elemente
FET	Feldeffekt-Transistor
FTP	Federal Test Procedure (Fahrzyklus in USA)
G	Getriebe
GBCU	Gear Box Control Unit (Getriebesteuergerät)
GDI-tc	Gasoline Direct Injection – turbo compound (abgasturboaufgeladener, direktinspritzender Ottomotor)
GM	Gleichstrommaschine
GVW	Gross Vehicle Weight (zulässiges Gesamtgewicht)
H	Hohlrad (Zahnrad bei Planetenradgetriebe)
HC	Kohlenwasserstoffe
HCCI	Homogeneous Charge Compression Ignition (Homogene Kompressionszündung)
HCHO	Formaldehyd
HCU	Hybrid Control Unit (Hybridsteuergerät)
HEV	Hybrid Electric Vehicle (elektrisches Hybridfahrzeug)

HIS	Hydraulische Impulsspeicher
HLDT	Heavy Light-Duty Truck (LKW zwischen 6.001 lbs und 8.500 lbs bzw. 2,72 t und 3,86 t)
HPS	Hydraulic Power Steering (hydraulische Servolenkung)
HRB	Hydrostatisch-Regeneratives-Bremssystem
HSDI	High Speed Direct Injection
HV	Hoch Volt
IAA	Internationale Automobil Ausstellung
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
IMA	Integrated Motor Assist
INV	Inverter (Umrichter)
IPM-Motor	Interior Permanent Magnet Synchronos Motor (permanenterregter Synchronmotor mit vergrabenen Magneten)
IPU	Intelligent Power Unit (Leistungseinheit)
ISG	Integrierter Starter-Generator
i-VTEC	Variable Valve Timing and Lift, Electronic Control (variable elektronisch gesteuerte Ventilsteuerung)
K	Kupplung
Kat	Katalysator
KERS	Kinetic Energy Recovery System (Rekuperationssystem in der Formel 1)
KSG	Kurbelwellen-Starter-Generator
LDT	Light-Duty Truck (Leichte Nutzfahrzeuge)
LE	Leistungselektronik
LEV	Low Emission Vehicle
LLDT	Light Light-Duty Truck (LKW unter 6000 lbs bzw. 2,72 t = leichtes Nutzfahrzeug)
Li-Ion	Lithium-Ionen (Batterie)
LKW	Lastkraftwagen
LL	Leerlauf
LPA	Lastpunktanhebung
LPG	Liquefied Petroleum/Propane Gas (Flüssiggas)
MDPV	Medium-Duty Passenger Vehicle (Fahrzeugkategorie)
MFTBC	Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation
MJ	Modelljahr
MOS-FET	Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor
MPFI	Multi Point Fuel Injection
mpg	Meilen pro Gallone Kraftstoff
MT	Manual Transmission (manuelles Schaltgetriebe)
MVEG	Motor Vehicle Emission Group (Neuer Europäischer Fahrzyklus)
NA	Natural Aspirated (frei ansaugend)
NEDC	New European Driving Cycle (Neuer Europäischer Fahrzyklus)
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NEV	Neighborhood Electric Vehicle (Nahverkehrs-Elektro-Fahrzeug)
NiMH	Nickel Metallhydrid (Batterie)
NK	Nennkapazität (von Batterien)
NMOG	Non Methane Organic Gases

NOx	Stickoxide
NV	Nieder Volt
OBD	On Board Diagnose
OEM	Original-Equipment-Manufacturer (Originalausrüstungshersteller)
PCU	Power Control Unit (Leistungseinheit)
PEM	Polymer-Elektrolytmembran
PHEF	Plug-In-hybridelektrisches Fahrzeug
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
PKW	Personenkraftwagen
PM	Particulate Matter (Feinstaub)
POB	Power Optimized Battery
PSA	Peugeot Société Anonyme (französischer Hersteller von PKW und Nutzfahrzeugen mit den Marken Peugeot und Citroën)
psi	pound per square inch (Pfund pro Quadratzoll – Druckeinheit: 1 psi \approx 69 mbar)
PSM	Permanenterregte Synchronmaschine
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulsweitenmodulation
PZEV	Partial Zero Emission Vehicle
S	Sonnenrad
SCR	Selective-Catalytic-Reduction
Shed	Sealed Housing for Evaporative Emission Determination
SM	Synchronmaschine
SOC	State of Charge (Ladezustand der Batterie)
SOF	State of Function (Funktionsfähigkeit bzw. Leistungszustand der Batterie)
SOH	State of Health (Alterungszustand der Batterie)
SOHC	Single Overhead Camshaft (Einzelne oben liegende Nockenwelle)
SRM	Switched Reluctance Motor (Bauform einer Elektromaschine)
ST	Steg
SULEV	Super Ultra Low Emission Vehicle (Niedrigstemissionsstandard in USA)
SUV	Sport Utility Vehicle
T/C	Turbocharger (Turbolader)
TFM	Transversalflussmaschine
THS	Toyota Hybrid System
TLEV	Transitional Low Emission Vehicle
UDDS	Urban Dynamometer Driving Schedule
UHS	Universal-Hybrid System von AVL
ULEV	Ultra Low Emission Vehicle
UNO	United Nations Organization (Organisation der Vereinten Nationen)
VG	Verteilergetriebe
VKM	Verbrennungskraftmaschine
VVT-i	Intelligent Variable Valve Timing (intelligente variable Ventilsteuerung)
WHSC	Weltweit harmonisierter stationärer Fahrzyklus
WHTC	Weltweit harmonisierter instationärer Fahrzyklus
WÜK	Wandler-Überbrückungskupplung

ZEBRA	Zeolite Battery Research Africa Project oder Zero Emission Battery Research Activity
ZEV	Zero Emission Vehicle (emissionsfreies Fahrzeug)
ZMS	2-Massenschwungrad
ZZP	Zündzeitpunkt