



MAN CNG Erdgasbusse

klimaaktiv Biogaskongress 2019

3. Dezember 2019 WiFi, St. Pölten

75 Jahre Gas-Busse bei MAN

Historisches

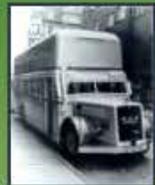


1943 fuhr der erste MAN Stadtbus mit Gasantrieb in Nürnberg

Im Jahr 2018 feiert MAN ein Jubiläum: 75 Jahre Gas-Busse

- Im Jahre 1943 hat MAN Truck & Bus seinen ersten Bus mit Gasantrieb auf den Markt gebracht – und setzte damit Maßstäbe
- Eingesetzt wurde der erste MAN Bus mit Gasantrieb im öffentlichen Nahverkehr in Nürnberg
- Das Fahrzeug wurde mit einem Anhänger betrieben. So konnte die Reichweite erheblich vergrößert werden, da sich die Gastanks auf den Dächern von Bus und Anhänger befanden
- In Europa ist MAN seit vielen Jahren Markt- und Technologieführer bei Erdgasbussen

75 Jahre MAN-Gasfahrzeuge



Erster MAN-Gasbus
(Stadtgas)



LNG-Bus



Erster CNG-Bus
Deutschlands, SL202



Niederflur CNG-Bus
Typ A14



Niederflur CNG-Bus
Typ A23



CNG-Lkw, F2000



LNG-Lkw, F2000



Niederflur CNG-Bus
Typ A21, EEV



Niederflur CNG-Bus
Typ A25, Euro VI



CNG-Lkw, TGM



Niederflur CNG-Bus
Lion's City GL CNG
Bus of the Year 2015



CNG-Lkw, TGM
IAA

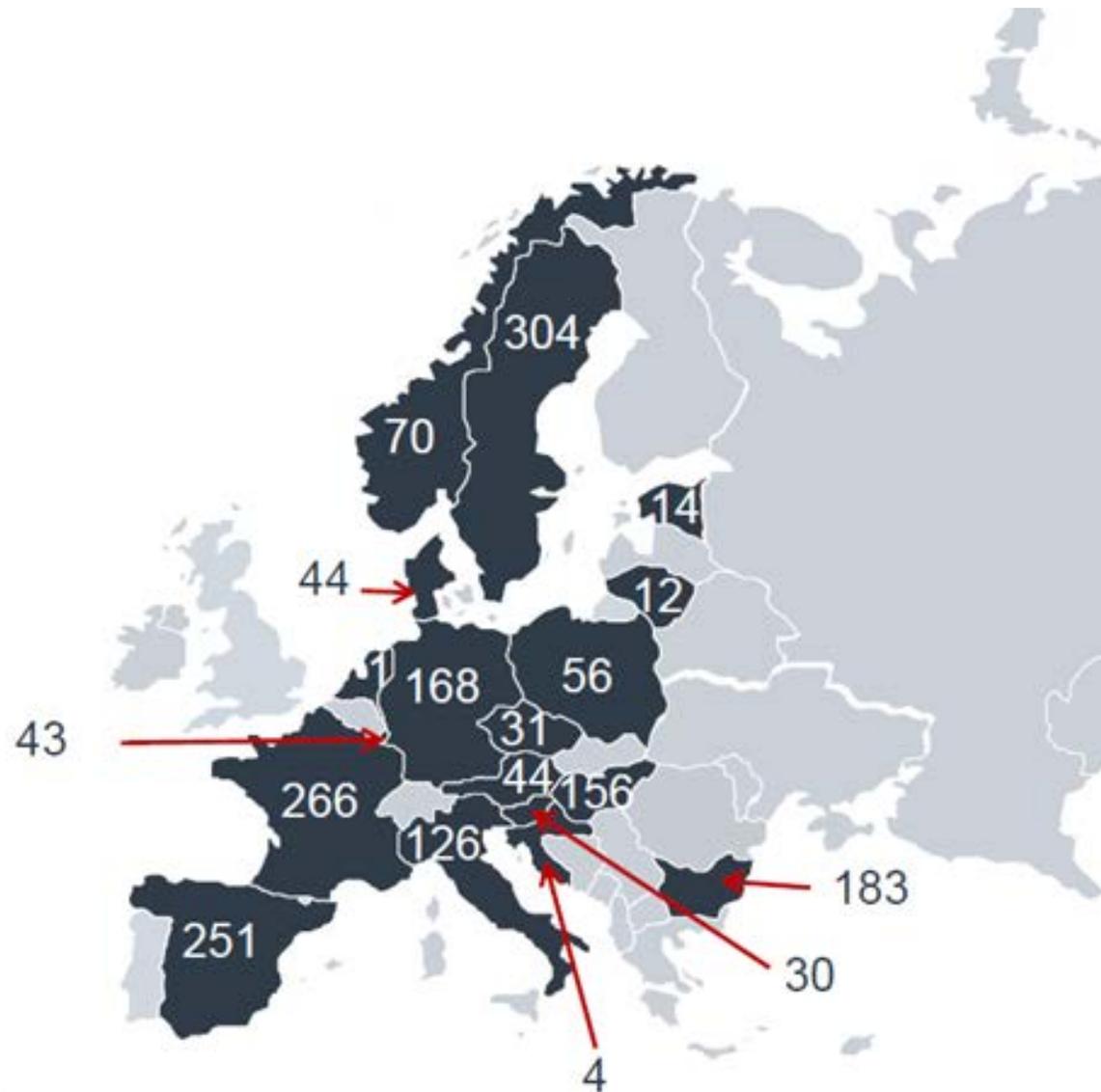


2014



Niederflur CNG-Bus
Lion's for City L4C CNG

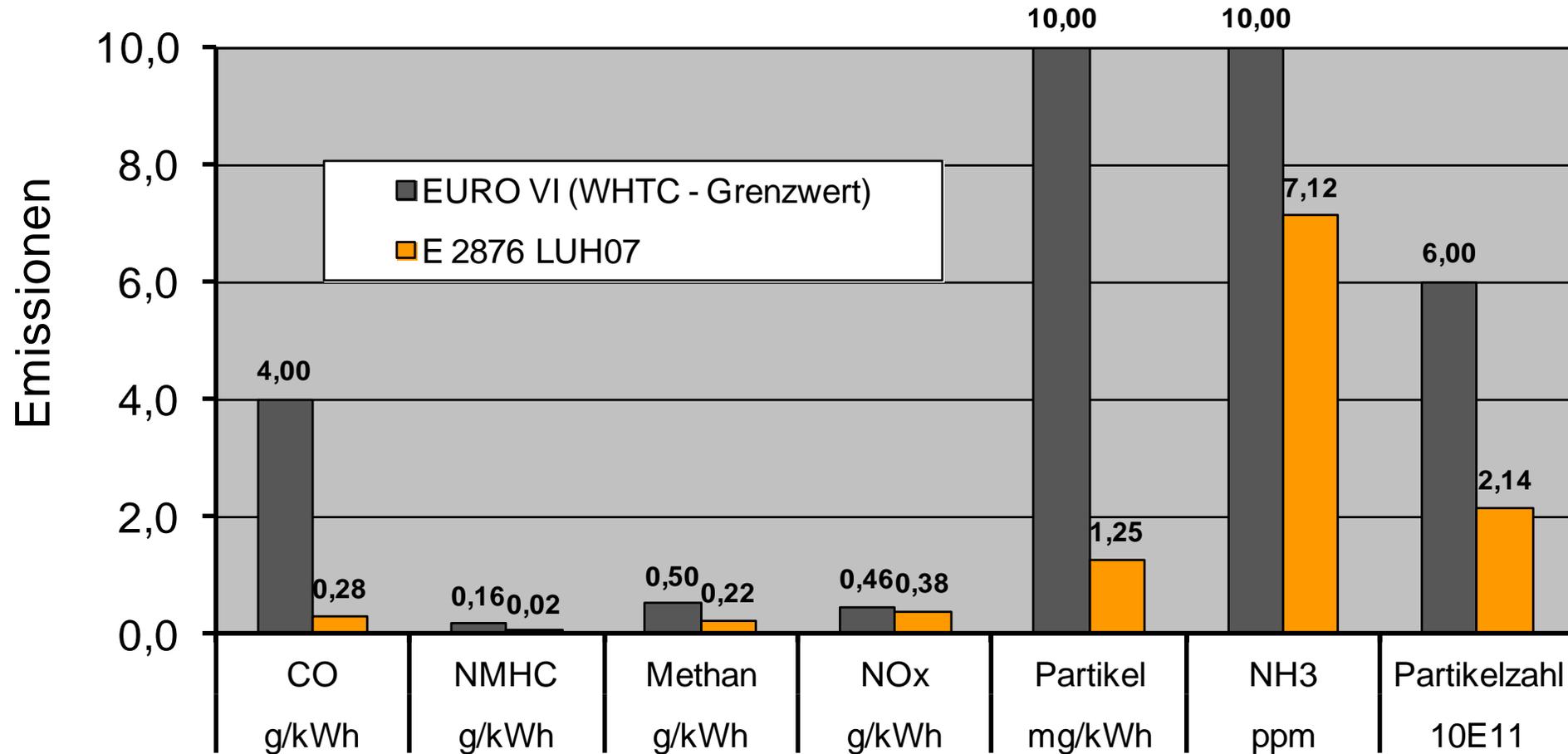
2019



Land	Anzahl Fzg.
Schweden	304
Frankreich	266
Spanien	251
Bulgarien	183
Deutschland	168
Ungarn	156
Georgien	144
Italien	126
Korea	116
Norwegen	70
Polen	56
Daenemark	44
Oesterreich	44
Luxemburg	43
Tschech.Republik	31
Slowenien	30
Estland	14
Litauen	12
Kroatien	4
Iran	3
Sonstige	3
Niederlande	1
Gesamtergebnis	2069

Stand Januar 2019

CNG – The clean Alternative: MAN Truck & Bus lieferte von 2000 bis 2018 über 8.000 Busse und Chassis mit Erdgas-Motoren aus.



WHTC = World-wide Harmonised Transient Cycle

Wichtung: 14% kalt + 86 % warm

Prüfgas: G25, Emissionwerte inklusive Verschlechterungsfaktoren

CNG- Linienbusse

MAN Lion's City CNG Bus of the Year 2015



CNG-Infrastruktur im Fahrzeug

Gasflaschen

Im neuen Lion's City mit Gasantrieb werden ausschließlich Kunststoff-Gasflaschen Typ 4 nach ECE-R110 eingesetzt. Diese bestehen aus einem Innenbehälter aus HDPE (High Density Polyethylen) mit einer Bewickelung aus Kohlenstoff-Faser/Glasfaser Epoxidharz-Verbund.

Die Gasflaschen werden auf dem Dach in Längsrichtung angeordnet. Folgende 3 Varianten sind erhältlich:

- 4 Flaschen á 315 Liter = 1.260 l Gesamtkapazität;
Gesamtgewicht CNG-System, leer : ca. 562 kg¹
- 5 Flaschen á 338 Liter = 1.690 l Gesamtkapazität;
Gesamtgewicht CNG-System, leer : ca. 696 kg¹
- 5 Flaschen á 375 Liter = 1.875 l Gesamtkapazität;
Gesamtgewicht CNG-System, leer : ca. 743 kg¹

¹ Alle Gewichtsangaben ohne CNG-Füllung und ohne MAN CNG-System Abdeckhaube



Tankkapazitäten nach Fahrzeugtyp

12C	1260l und 1690l
18C	1690l und 1875l
19C	1690l und 1875l

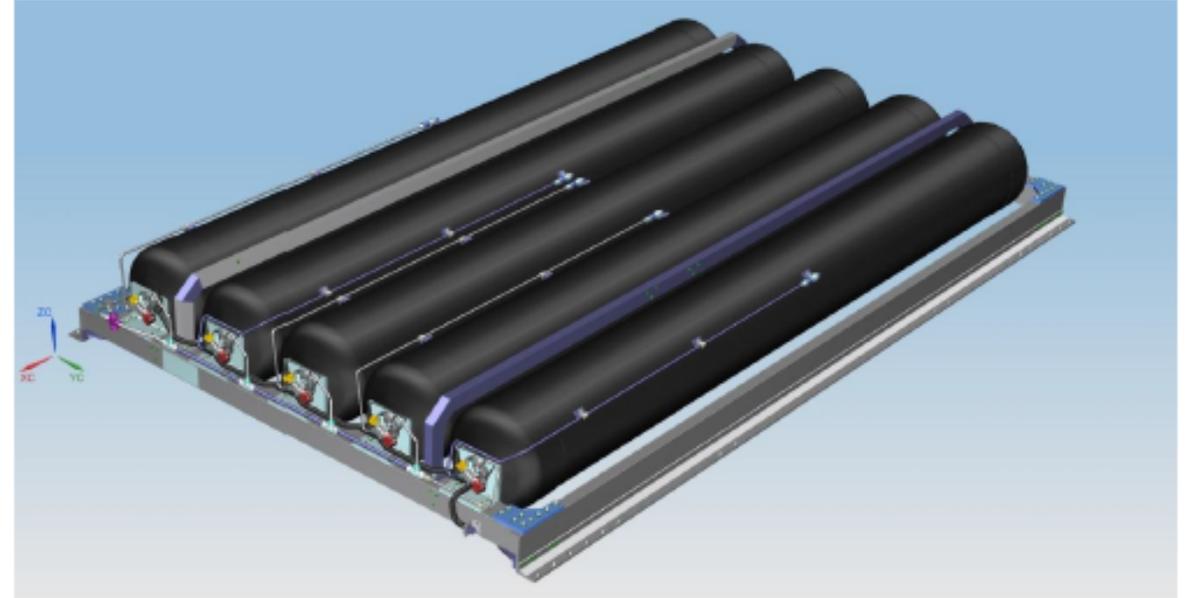
CNG-Infrastruktur im Fahrzeug

Vorteile der Typ 4 Gasflaschen

- Keine Materialermüdung im HDPE-Innenbehälter durch die Lastwechsel (Bei den Typ 3 Behältern mit Alu-Innenbehältern tritt Materialermüdung auf).
- Daher in den nationalen Vorschriften der meisten Länder keine regelmäßige Druckprüfung bei Typ 4 Behältern gefordert.
- Keine Korrosion.
- Geringere Wartungskosten als andere CNG-Behälter.

Vorteile des MAN-Ansatzes

- Im neuen Lion's City kommen wenige, aber große Gasflaschen zum Einsatz.
- Geringeres Gewicht des CNG-Speichersystems mit wenigen großen Behältern.
- Weniger Ventile, Rohrleitungen und Rohrverschraubungen – daher weniger Stellen die auf Gasdichtigkeit zu prüfen sind.



Die Befestigung der CNG-Behälter am CNG-Rahmen ist mit Festlager vorne und Loslager hinten.

Die Befestigung am Bus-Dach-Gerippe erfolgt mit jeweils 10 Schrauben M12x1,5-10.9 links und rechts an den Längsprofilen des Dachgerippes.

CNG-Infrastruktur im Fahrzeug

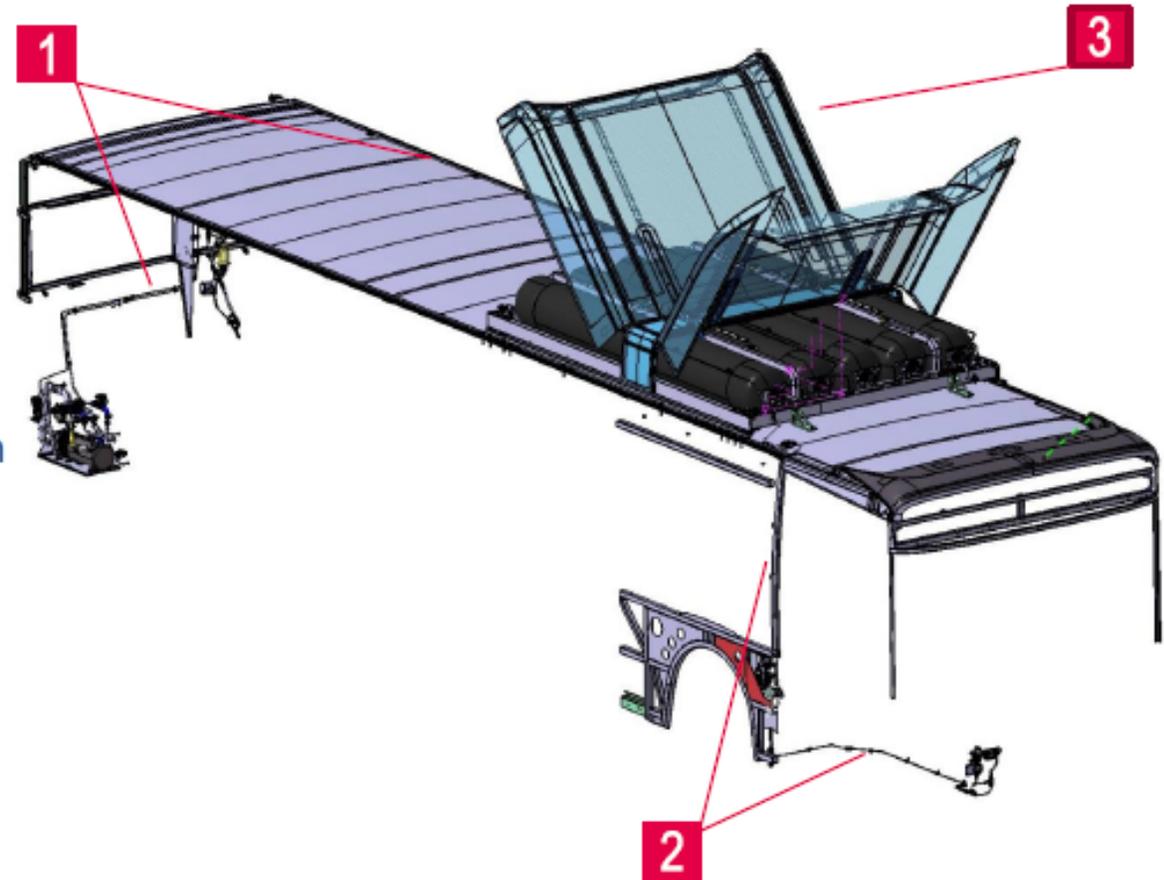
Verrohrung/Abdeckung

Die Rohrleitungen bestehen aus nahtlos gefertigtem Edelstahlrohr nach MAN-Norm M3512. Die Verbindungs-Fittinge sind Doppel-Klemmring-Rohrverschraubungen aus Edelstahl.

- Die Gasleitung vom CNG-System zum Motor verläuft auf dem Bus-Dach, links. (1)
- Die Gasleitung von der Befüllereinheit zum CNG-System verläuft in der rechten Seitenwand zum Dach. (2)

Wartungsfreundlichkeit

- Das CNG-Speichersystem ist mit einer Abdeckhaube (3) geschützt.
- Die Abdeckhaube besteht aus groß dimensionierten Klappen vorne und hinten, die an einem schmalen Mittelteil und am CNG-Rahmen befestigt sind.



CNG-Infrastruktur im Fahrzeug

Gas-Qualitäten

Getankt werden können alle **Gas-Qualitätsstufen** von

- L-Gas (= „Low-Gas“, Methan-Anteil 82 %)
- bis H-Gas (= „High-Gas“, Methan-Anteil 97 %)

Auch BioGas kann befüllt werden, vorausgesetzt es erfüllt die Qualitätsstandards von Erdgas und ist entsprechend aufbereitet.

MAN-Forderung ist, dass die Erdgas-Qualität der DIN EN 16723-2 entspricht.

Die neue Gas-Instanz: Der E18



Hocheffizient

- das hohe Verdichtungsverhältnis von 13:1, in Verbindung mit der Abgasrückführung, ermöglicht sehr günstige Verbrauchswerte bei niedrigen Abgasemissionen
- mögliche Kombination mit EfficientHybrid

Weniger Lärmemissionen

- sehr ausgeprägte Laufruhe aufgrund der ottomotorischen Verbrennung
- weniger Geräuschemissionen im Vergleich zu Dieselmotoren

Variabel einsetzbar

- für den globalen Einsatz konzipiert
- Kalt- und Heißlandtauglichkeit gegeben

Erfüllt Euro 6d

- Abgasstufe Euro 6d wird mit der neuentwickelten Abgasrückführung erreicht. Die Abgasnachbehandlung erfolgt mit einem 3-Wege-Katalysator

Übersicht: Technische Daten

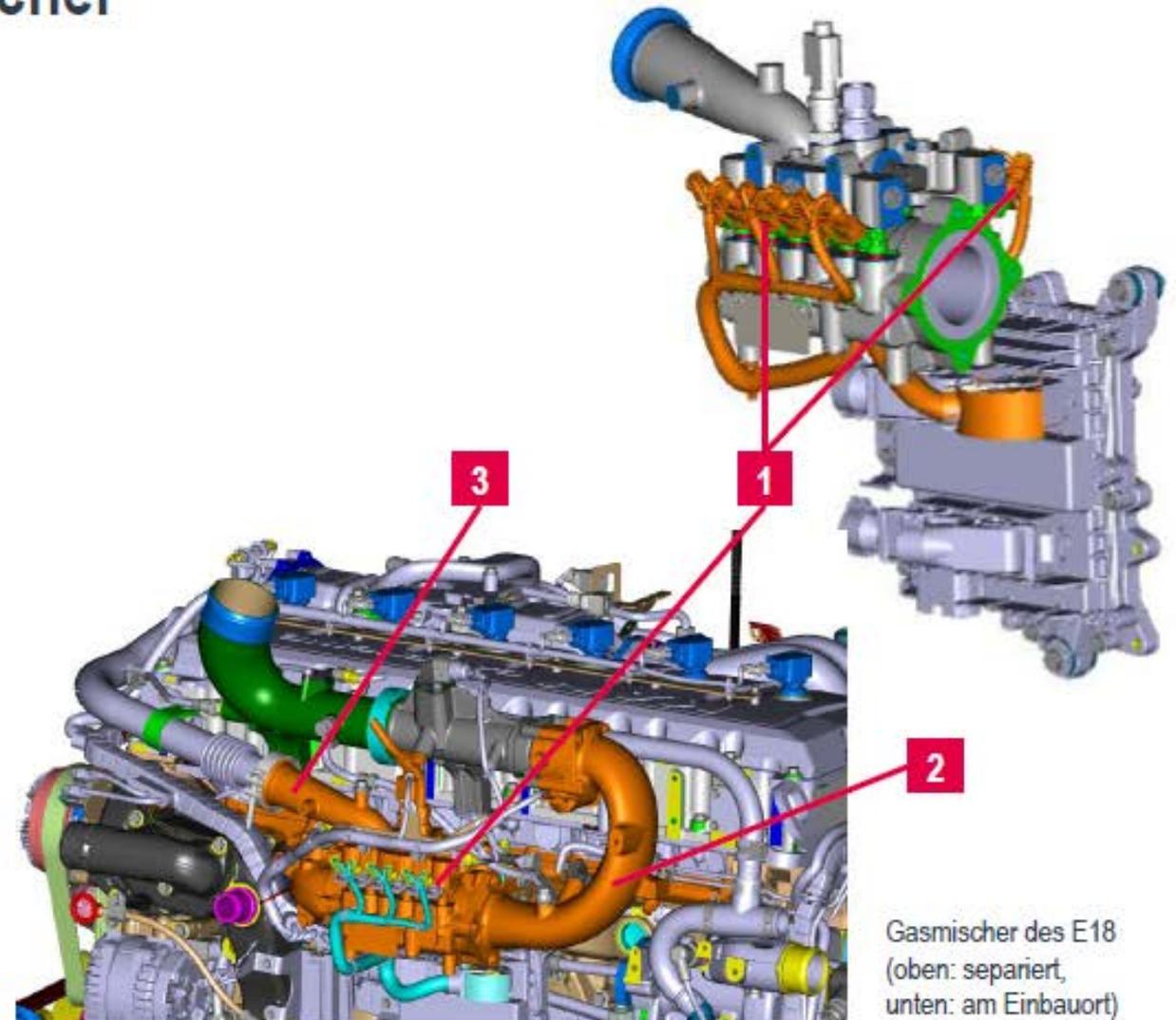
Motor	E1856 LOH02	E1856 LOH01
Emissionslevel	Euro 6d	
Anzahl der Zylinder / Lage	6 / in Reihe stehend	
Anzahl der Ventile pro Zylinder	4	
Hubvolumen (l) / Bohrung (mm) / Hub (mm)	9,5 / 118 / 145	
Verdichtungsverhältnis	13 : 1	
Nennleistung (kW / PS)	206 / 280	235 / 320
Nenndrehzahl(1/min)	1.900	
Max. Drehmoment (Nm) bei Drehzahl (1/min)	1.200 bei 900 - 1.500	1.400 bei 900 - 1.500
Leerlaufdrehzahl (1/min)	550	
Gewicht (kg)	900	
Ölvolumen ohne / mit Ölfilter (l)	39 / 40,5	
Ölwechselintervall	60.000 km	
Ventileinstellintervall	30.000 km	
Service Partikelfilter	-	
Kaltstartfähigkeit (ohne Zusatzmaßnahmen)	bis zu -15 °C	

Herzstück des Gasmotors: Der Gasmischer

Gasmischer mit Einblasventilen

Im Gasmischer wird nicht nur das Erdgas, sondern auch das rückgeführte Abgas mit der Ladeluft vermischt.

- Die Zumischung des Erdgases erfolgt über 12 Gaseinblasventile (1), wobei immer zwei Ventile elektrisch parallel vom Motorsteuergerät EGC4 angesteuert werden.
- Die Kraftstoffmasse wird exakt zur zugeführten Luftmasse (2) dosiert, um in jedem Betriebspunkt ein homogenes stöchiometrisches Gemisch zu erzeugen.
- Die integrierten Gasdruck- und Gastemperatursensoren dienen zur Korrektur der Gaseinblasmenge. Die rückgeführte Abgasmasse (3) wird durch das Motorsteuergerät berechnet und durch die eAGR-Sperrklappe eingeregelt.



Gasmischer des E18
(oben: separiert,
unten: am Einbauort)

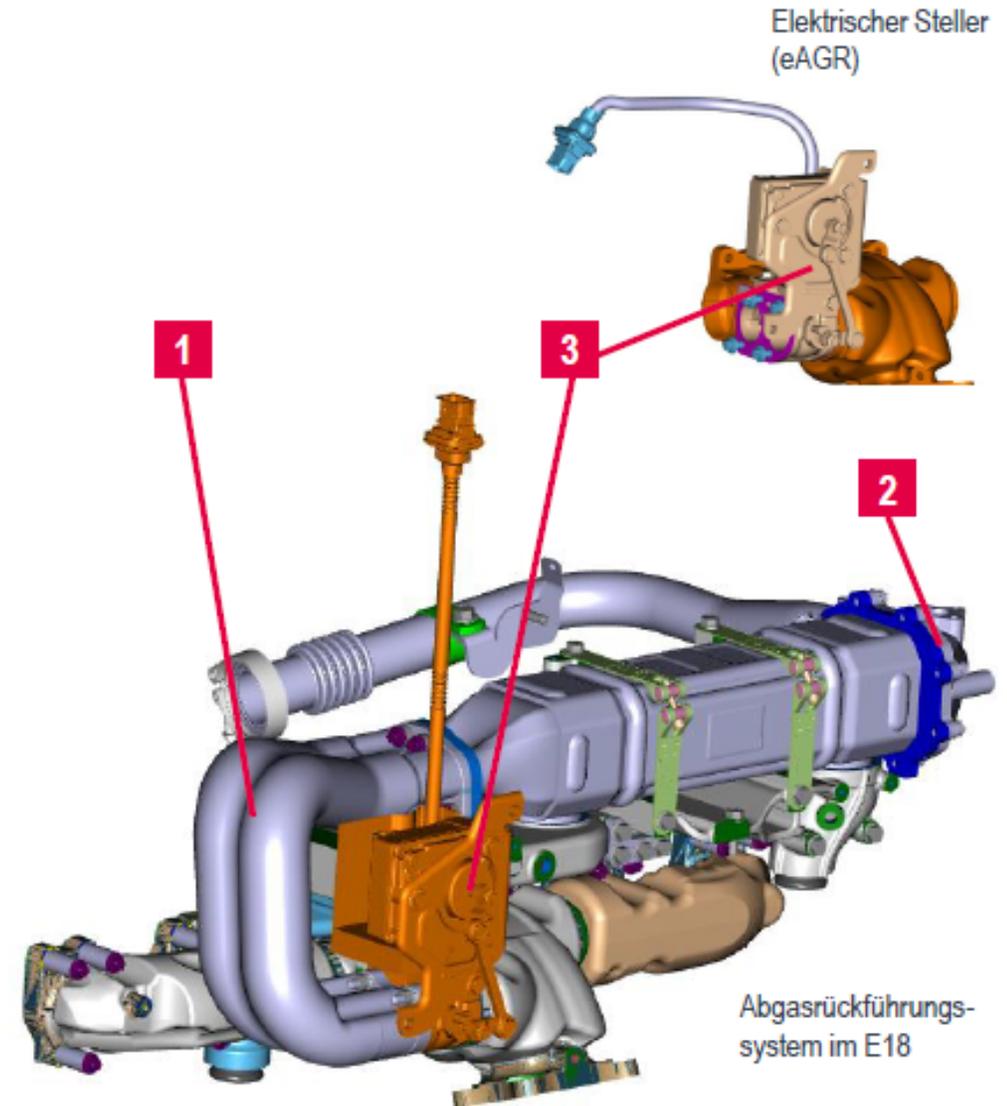
Neuentwickelte Abgasrückführung

Das System der Abgasrückführung (AGR) kommt beim E18 erstmals bei MAN an einem Gasmotor zum Einsatz.

- AGR dient in erster Line zur Verhinderung einer klopfenden Verbrennung im vollastnahen Kennfeldbereichen.
- Die AGR ist zweiflutig (1) ausgeführt, bis zu den beiden Rückschlagventilen (2) am Ausgang des AGR-Kühlers. Die Vermischung des rückgeführten Abgases erfolgt gemeinsam mit dem Erdgas im Gasmischer (siehe Folie Gasmischer).
- Es wird der bereits aus anderen Euro-6-Motoren bekannte elektrische Steller (eAGR) verwendet (3). Der elektrische Anschluss sowie die Einbindung in den Abgas-CAN sind identisch.
- Geändert wurden der konstruktive Einbauort und die auf die höheren Abgastemperaturen angepassten Materialien für den Einsatz in einem Gasmotor.

Vorteil

- Positiver Einfluss auf Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen



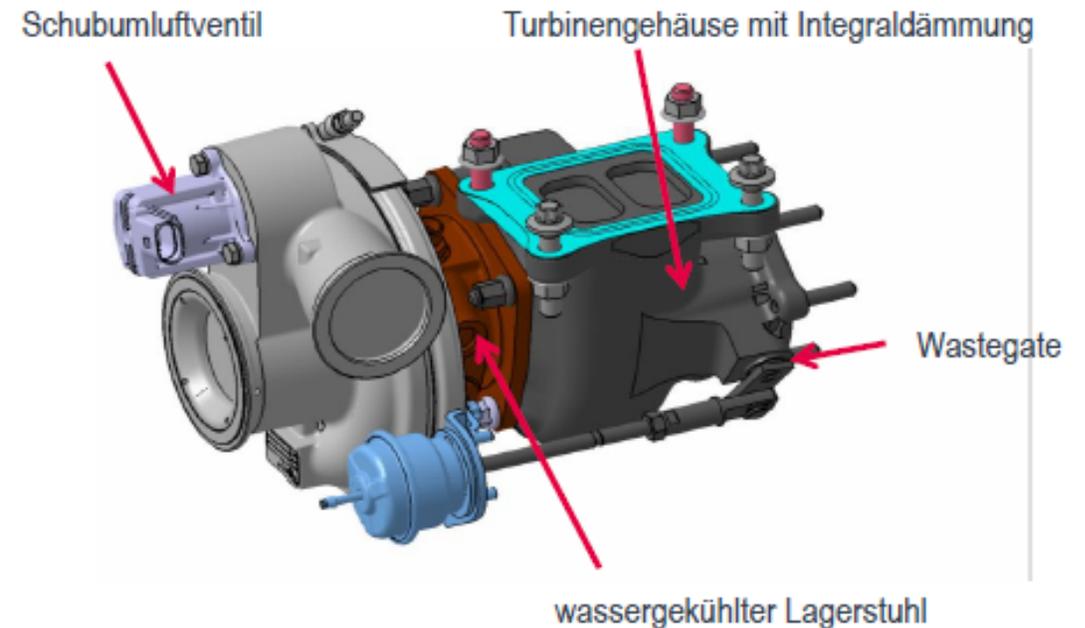
Aufladung

Beim Motor E1856 LOH haben alle Leistungsklassen eine einstufige Aufladung mit direkter Ladeluftkühlung.

- Es kommt ein wastegategeregelter Abgasturbolader, mit wassergekühltem Lagerstuhl zum Einsatz.
- Die Wastegateregelung übernimmt eine pneumatische Druckdose, die von einem Taktventil ansteuert wird.
- Die Druckluftversorgung für das Taktventil erfolgt motorfest mit dem Ladedruck vor Drosselklappe und nicht über die fahrzeugseitige Druckluftanlage.
- Beim Schließen der Drosselklappe wird das integrierte Schubumluftventil kurz geöffnet, um ein Pumpen des Abgasturboladers zu verhindern.

Vorteil

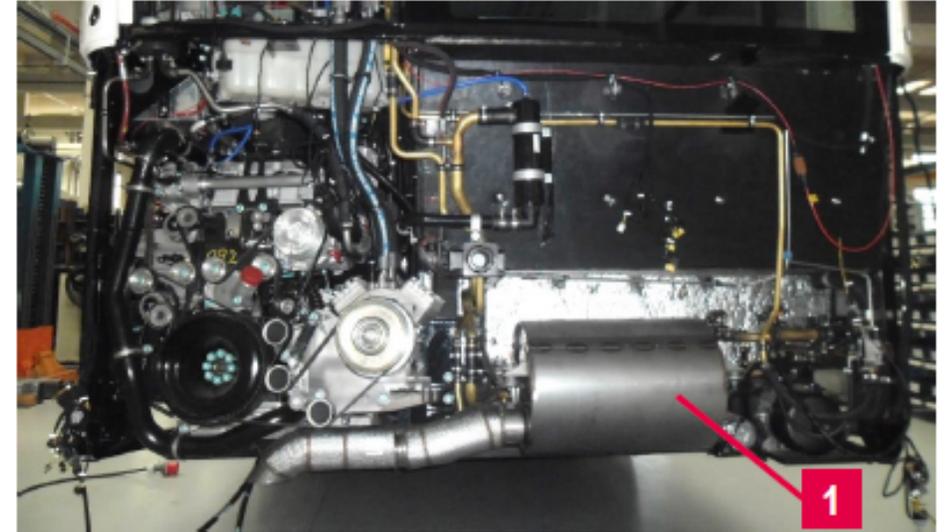
- Es wird nur ein Abgasturbolader benötigt und somit sind keine Zwischenkühler erforderlich



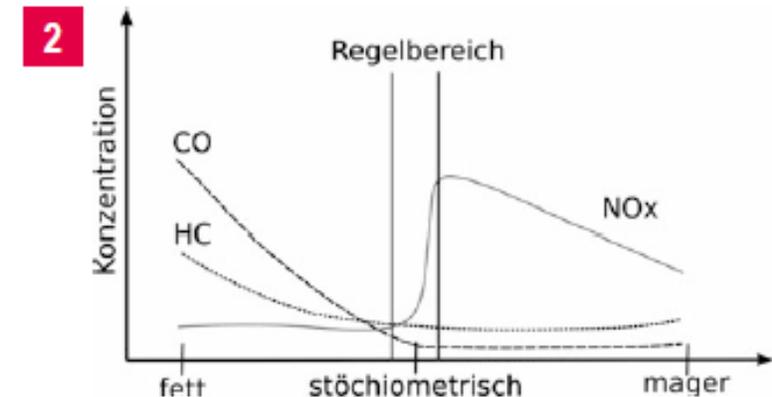
Abgasreinigung mit Dreiwegekatalysator

Zur Abgasnachbehandlung verwendet MAN das bei Ottomotoren nach wie vor effektivste System: Den Dreiwegekatalysator in Verbindung mit der Lambda-Regelung.

- Mit dieser Art der Abgasnachbehandlung werden, die Rohemissionen auf ein derart niedriges Niveau reduziert, dass ohne zusätzliche Maßnahmen bei den MAN Erdgasmotoren die Euro VI d Grenzwerte eingehalten werden.
- Ein Dreiwegekatalysator besteht aus einem Gehäuse (1) mit einem wabenartigen Träger, auf welchem sich eine Zwischenschicht, ein sogenannter „Washcoat“, befindet. Die katalytisch aktive Schicht befindet sich auf diesen Washcoat
- Die Effizienz der Reaktionen im Katalysator ist abhängig von dem vorherrschenden Luft-Kraftstoffverhältnis. Die Abbildung (2) beschreibt die Abhängigkeit der Schadstoffkonzentrationen nach Katalysator vom Luft-Kraftstoffverhältnis.



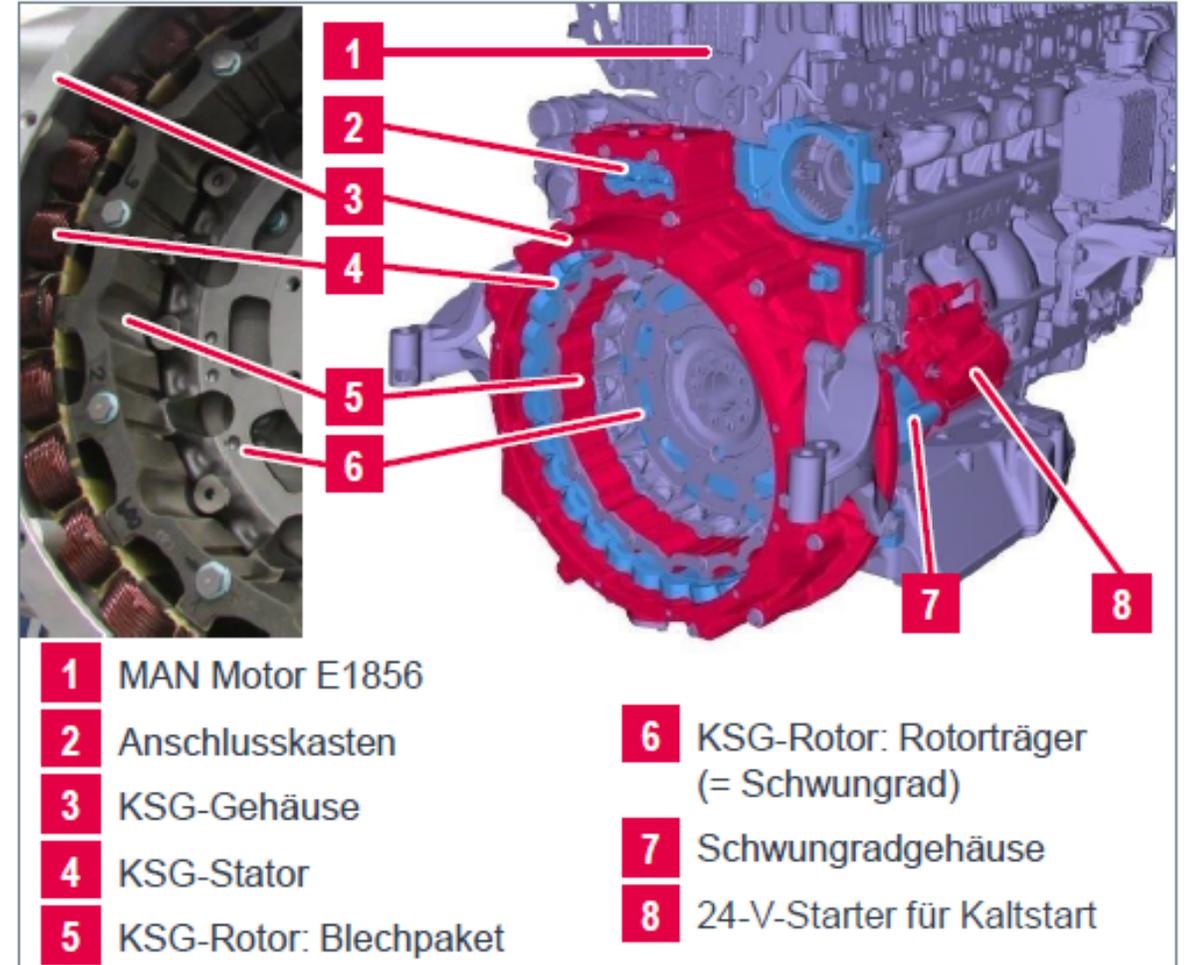
Einbausituation der Abgasreinigungsanlage im neuen Lion's City



Kombination E18 mit MAN EfficientHybrid

Kurbelwellen-Starter-Generator (KSG)

- Der KSG ist eine Elektromaschine, die mechanische in elektrische Energie wandelt (**generatorischer** Betrieb bei der Rekuperation von Bremsenergie).
- Danach wandelt derselbe KSG die im System MAN EfficientHybrid gespeicherte elektrische in mechanische Energie (**motorischer** Betrieb bei Starten des Motors).
- Bei der optionalen Ausstattung des neuen Lion's City mit MAN EfficientHybrid wird beim E1856 an das Schwungradgehäuse (7) ein KSG-Gehäuse (3) angebaut. Es befindet sich zwischen Motor und Getriebe und enthält den KSG-Stator (4).
- Der KSG-Rotor besteht aus einem Blechpaket (5) und dem Rotorträger (6). Dieser ist mit der Kurbelwelle verbunden und ersetzt die Massenträgheit des sonst vorhandenen Motorschwungrades.



Der neue Lion's City mit optionalem MAN EfficientHybrid

Durch die optionale Ausstattung mit MAN EfficientHybrid erhält der neue Lion's City ein intelligentes Energiemanagement zur Effizienzsteigerung (Verbrauchs- und Emissionsoptimierung) und Verbesserung des Fahrkomforts.

- Als Hauptkomponente wird im Antriebsstrang zwischen Motor und Getriebe zusätzlich ein Kurbelwellen-Starter-Generator (KSG) eingebaut.
- Der KSG ist ein robuster und verschleißfreier Elektromotor, der beim Schubbetrieb oder Bremsen als Generator (Lichtmaschine) und umgekehrt als Starter (Anlasser) arbeiten kann.
- Die in den elektrischen Dachkomponenten des Hybridsystems gespeicherte elektrische Energie kann auch zur Versorgung der Verbraucher im 24-V-Bordnetz genutzt werden.

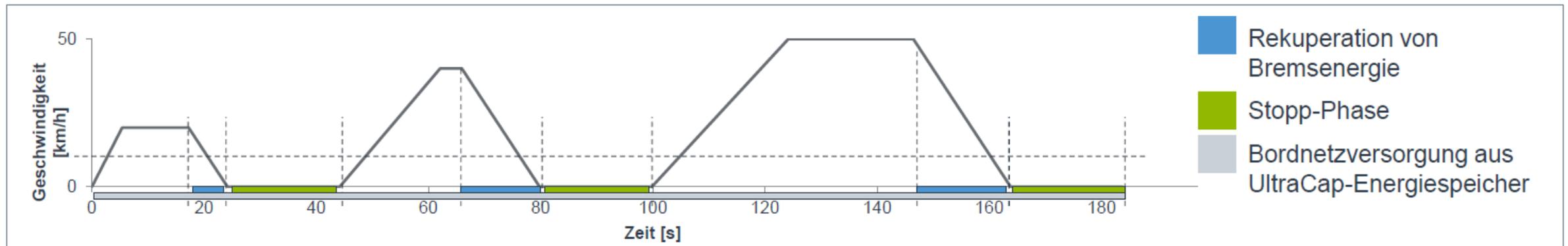


Intelligentes Energiemanagement

MAN EfficientHybrid mit Stopp-Start-Funktion und Rekuperation

- In Schubphasen erzeugt der KSG als Generator elektrische Energie, die im UltraCap-Modul ($48 V_{DC}$) gespeichert wird.
- Beim Fahrzeugstillstand wird der Verbrennungsmotor gestoppt und unmittelbar vor dem Anfahren wieder gestartet. Während des Stopps wird das Bordnetz über den DC/DC-Wandler ($48 V_{DC}/24 V_{DC}$) aus dem UltraCap-Energiespeicher versorgt. Die Energie für den Start des Verbrennungsmotors durch den KSG als Motor ($48 V_{AC}$) wird ebenfalls aus dem UltraCap-Speicher über den Inverter ($48 V_{DC}/48 V_{AC}$) entnommen.
- Während der Beschleunigung und Konstantfahrt wird keine Energie für die Bordnetzversorgung generiert. Der Verbrennungsmotor wird somit entlastet. Für die Bordnetzversorgung wird Energie aus dem UltraCap-Speicher verwendet.

Fahrzyklus-Beispiel für leichten Stadtverkehr (SORT 2)

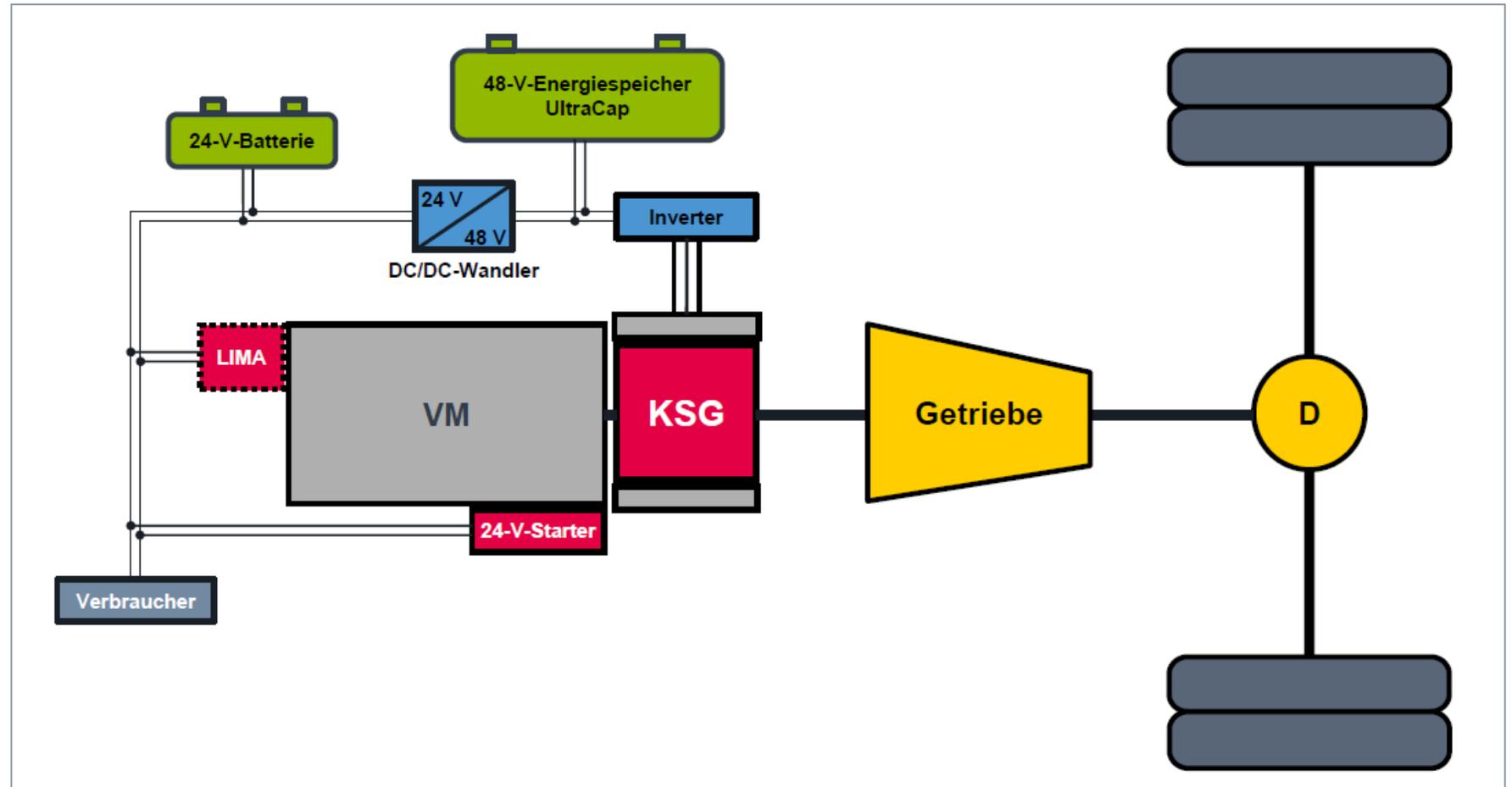


Systemfunktion

Schema Antriebsstrang mit MAN EfficientHybrid

Abkürzungen

- VM = Verbrennungsmotor
(Dieselmotor
MAN D15)
- KSG = Kurbelwellen-Starter-
Generator
- D = Differenzial
(Achsausgleichs-
getriebe)
- LIMA = Lichtmaschine
(24-V-Generator
im Gelenkbus verbaut)

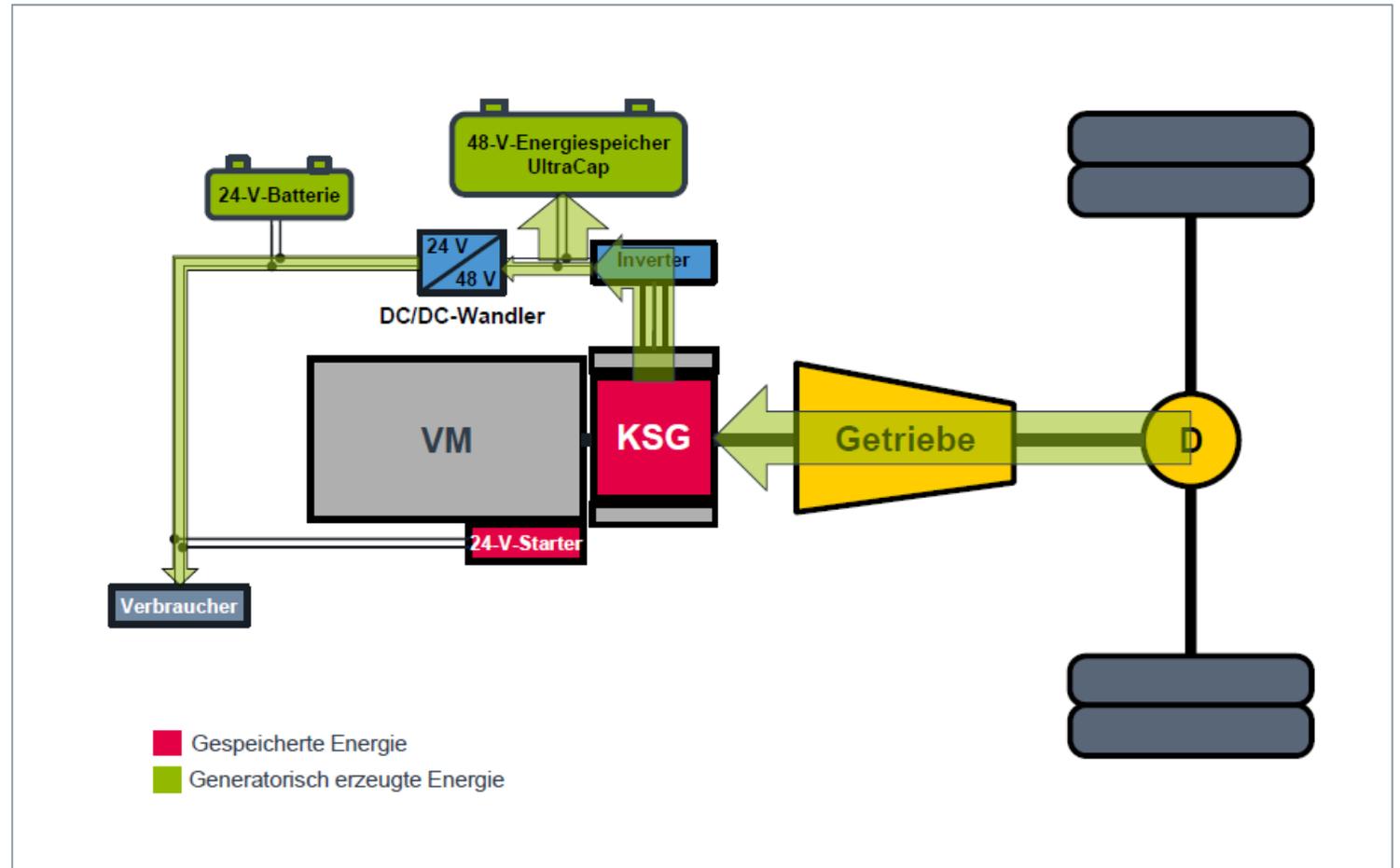


Systemfunktion

Energieflüsse bei verschiedenen Fahrzuständen

Bremsrekuperation elektrisch

- Von der im generatorischen Betrieb arbeitenden E-Maschine (KSG) wird elektrische Energie erzeugt:
 - im Schubbetrieb (Loslassen des Fahrpedals)
 - beim Bremsen (Betätigen des Bremspedals)
- Der Inverter lädt mit der erzeugten elektrischen Energie den Energiespeicher und versorgt das Bordnetz.



CNG- Linienbusse

MAN Lion's City CNG Wr. Neustadt



CNG- Linienbusse

MAN Lion's City CNG Salzburg



Biogas aus Wiesen gras

Gemisch aus 60 % Erdgas (CNG) und 40 % CO₂- neutralem Biogas.
Dieses wird in Eugendorf / Reitbach aus Wiesen gras, einem nachwachsenden Rohstoff, von lokalen Bauernhöfen hergestellt und in das Salzburger Gasnetz eingespeist





Lieferung von 189 Lion's City an Vy Buss As an Tide Buss AS Trondheim, Norwegen
September 2019, Ausschließlich Biogas- und Biodiesel-Antriebe



MAN Lion's City 18 G

Lion's City 18 G

MAN Lion's City

M-AN 360

↑
Nymphenburger Str.
↑
Zentrum
↗