

# Teilnehmerunterlage

## M67TU Motor



**BMW Service**

Die in der Teilnehmerunterlage enthaltenen Informationen sind ausschließlich für die Teilnehmer dieses Seminars des BMW Aftersales Trainings bestimmt.

Änderungen/Ergänzungen der Technischen Daten sind den jeweiligen aktuellen Informationen des BMW Service zu entnehmen.

Stand der Informationen Oktober 2004

**conceptinfo@bmw.de**

**© 2004 BMW AG**

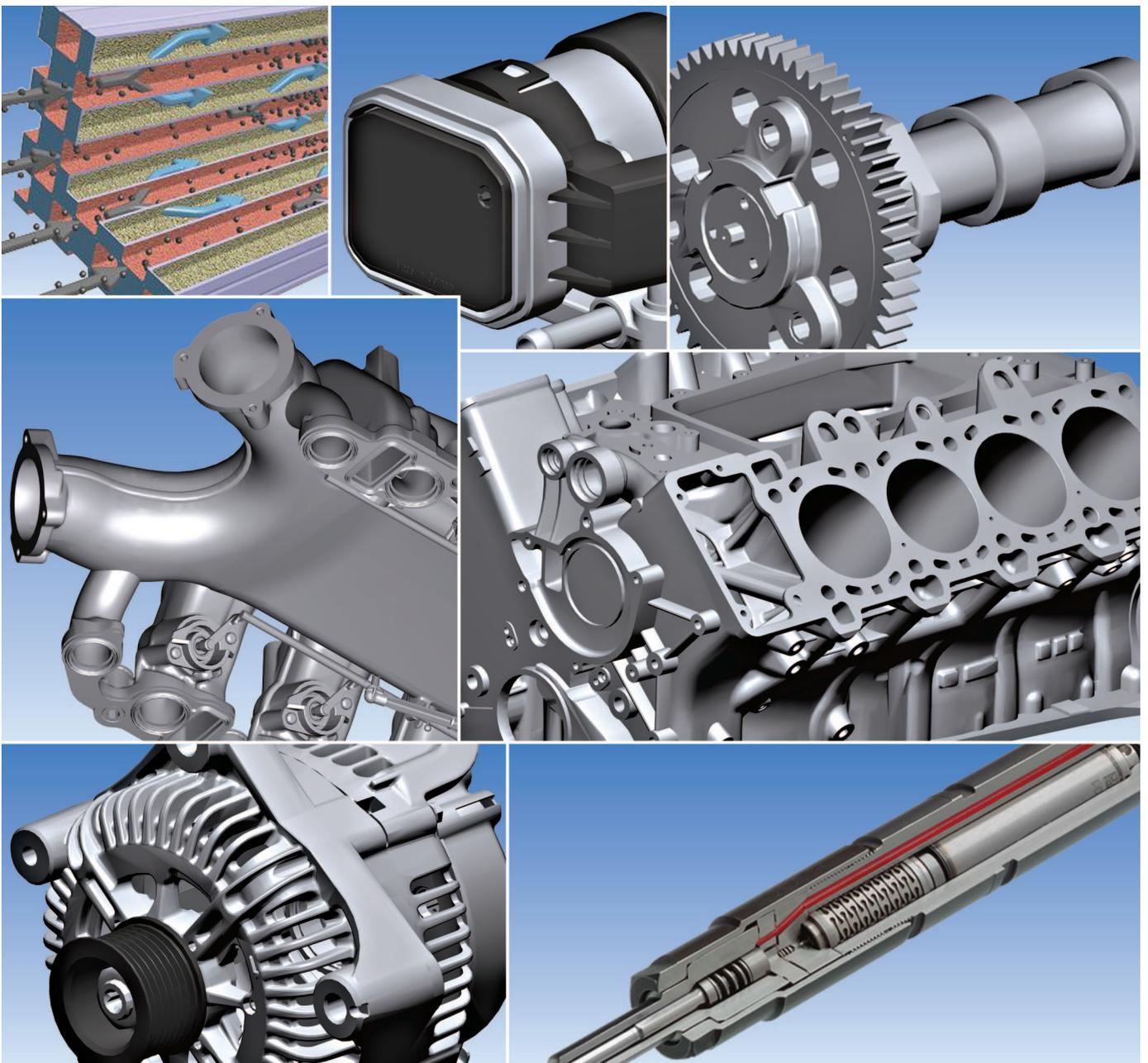
**Aftersales Training, München, Deutschland. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der BMW AG, München.**

# Teilnehmerunterlage M67TU Motor

**Einspritzsystem mit Piezo-Technologie**

**Kurbelgehäuse aus Aluminium**

**Einsatz von Dieselpartikelfiltern**



## Hinweise zu dieser Teilnehmerunterlage

### Verwendete Symbole

In dieser Teilnehmerunterlage werden zum besseren Verständnis und zur Hervorhebung wichtiger Informationen folgende Symbole verwendet:

 enthält Informationen, die im Zusammenhang mit den beschriebenen Systemen und ihrer Funktion ein besseres Verständnis vermitteln.

◀ kennzeichnet das Ende eines Hinweises.

### Aktualität der Teilnehmerunterlage

Durch die ständige Weiterentwicklung in der Konstruktion, und der Ausstattung der BMW Fahrzeuge, können sich Abweichungen zwischen dieser Teilnehmerunterlage und dem im Training zur Verfügung stehenden Fahrzeugen ergeben.

Bei der Publikation wurden ausschließlich Linkslenkerfahrzeuge dokumentiert. In Fahrzeugen mit Rechtslenkung sind die Bedienelemente teilweise anders angeordnet, als auf den Grafiken in der Teilnehmerunterlage gezeigt.

### Zusätzliche Informationsquellen

Weitere Informationen zu den einzelnen Fahrzeugthemen finden Sie in den BMW Diagnose- und Reparatursystemen oder aber auch im Internet unter [www.bmw.com](http://www.bmw.com).

# Inhalt

## M67TU Motor



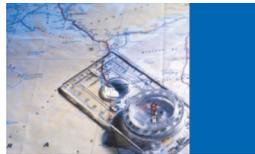
Ziele

1



Modelle

3



Einleitung

5



Systemübersicht

7



Systemkomponenten

17





## Ziele

### M67TU Motor

#### **Begleitend im Training, Nachschlagewerk für die Praxis**

Diese Teilnehmerunterlage soll Ihnen Informationen über den leistungs- und drehmomentstarken M67TU Motor vermitteln, der durch sein geringes Gewicht und den niedrigen Verbrauch gekennzeichnet ist.

Die Unterlage ist Trainings begleitend konzipiert und gibt den vom BMW Aftersales Training vorgegebenen Inhalt des Seminars wieder. Sie eignet sich zum Selbststudium und auch als Nachschlagewerk.

Vorbereitend für das technische Training in Verbindung mit den praktischen Übungen im Training soll sie den Teilnehmer befähigen, Servicearbeiten am neuen M67TU Motor durchzuführen.

Technische und praktische Vorkenntnisse der BMW Dieselmotoren M47TU2, M57TU1 und M67 erleichtern das Verständnis der hier vorgestellten Systeme und ihrer Funktionen.



# Modelle

## M67TU Motor

### M67 Motor

Der M67 Motor ist in folgenden Baureihen im Einsatz:

<b>Modell</b>	<b>Baureihe</b>	<b>Motorvariante</b>	<b>Einsatztermin</b>
740d	E38	M67D40	09/98
740d	E65	M67D40 E65	09/02
745d	E65MU	M67D44TU	03/05



# Einleitung

## M67TU Motor

### M67D44TU Motor

Der Achtzylinder Dieselmotor M67 erhielt eine umfassende Überarbeitung. Ziel war eine deutliche Steigerung der Dynamik durch Mehrleistung und Gewichtsreduzierung. Im Falle des M67 ist dies konkret eine Erhöhung der Leistung um 16 % bei einer gleichzeitigen Verringerung des Motorgewichts um 14 % - und dies ohne Mehrverbrauch.

Diese Gewichtseinsparung auf der Vorderachse ermöglicht es auch an der Hinterachse eine Gewichtsoptimierung vorzunehmen und trotzdem die ideale Achslastverteilung von 50:50 beizubehalten. Dadurch wird ein noch agileres Handling des Fahrzeugs erreicht. Zudem erfüllt der M67TU die EURO 4 Abgasnorm.

### Änderungen

- Digitale Diesel Elektronik DDE 63
- Sammler für Ansaugluft mit elektrisch angesteuerten Drall- und Drosselklappen
- Neue Generation des Abgasturboladers
- Einsatz von Dieselpartikelfiltern
- PIEZO-Injektoren
- Zylinderkopphauben aus Kunststoff
- Zylinderköpfe mit integrierten AGR-Kanälen
- Gebaute Nockenwellen
- Kurbelgehäuse aus Aluminiumguss
- Angepasste Kolben, Pleuel und Kurbelwelle
- Ölmodul optimiert
- Riementrieb mit Visko-Drehschwingungsdämpfung
- Luftgekühlter Generator
- Elastiemen für Klimakompressor.

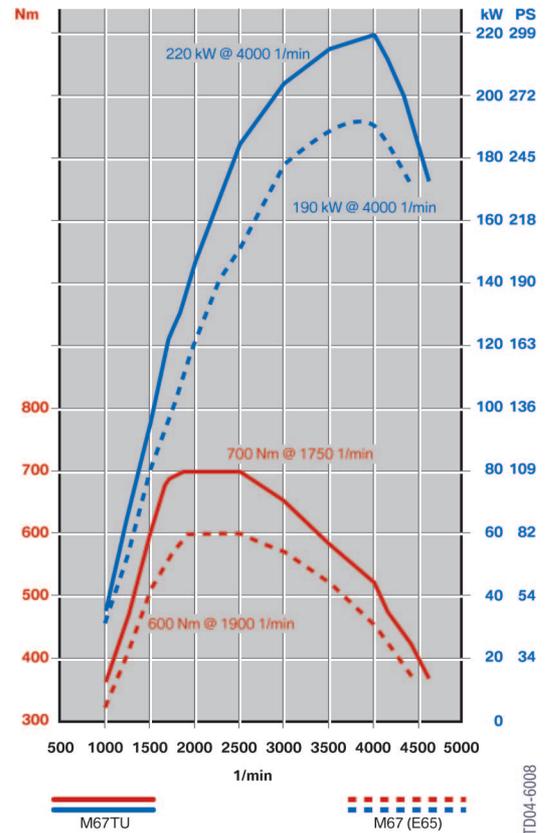
### Technische Daten

Bezeichnung		M67 (E65)	M67TU
Bauart/V-Winkel		V8/90°	V8/90°
Hubraum	cm <sup>3</sup>	3901	4420
Hub/Bohrung	cm	88/84	93/87
Leistung	kW/PS	190/258	220/299
bei Drehzahl	U/min	4000	4000
Drehmoment	Nm	600	700
bei Drehzahl	U/min	1900	1750
Abregeldrehzahl	U/min	ab 4000	ab 4000
Verdichtungsverhältnis $\epsilon$		18,0	17,0
Ventile/Zylinder		4	4
Digitale Motor Elektronik		DDE 5.1	DDE 63
Beschleunigung 0-100 km/h	s	7,4	6,7
$v_{max}$	km/h	250	250
Verbrauch	l/100 km	9,7	9,7
Abgasnorm		EURO 3	EURO 4
Motorgewicht	kg	279	240

## Volllastdiagramm

Im Vergleich zu seinem Vorgänger zeichnet sich der M67TU Motor durch eine deutlich höhere Gesamtleistung und eine nochmals fülligere Drehmomentkurve aus.

Der M67TU Motor ist der derzeit leistungsstärkste Dieselmotor seiner Klasse.



1 - Volllastdiagramm

## Motorkennzeichnung

Die Motornummer ist in das Kurbelgehäuse an der Vorderseite der rechten Zylinderseite eingeschlagen.

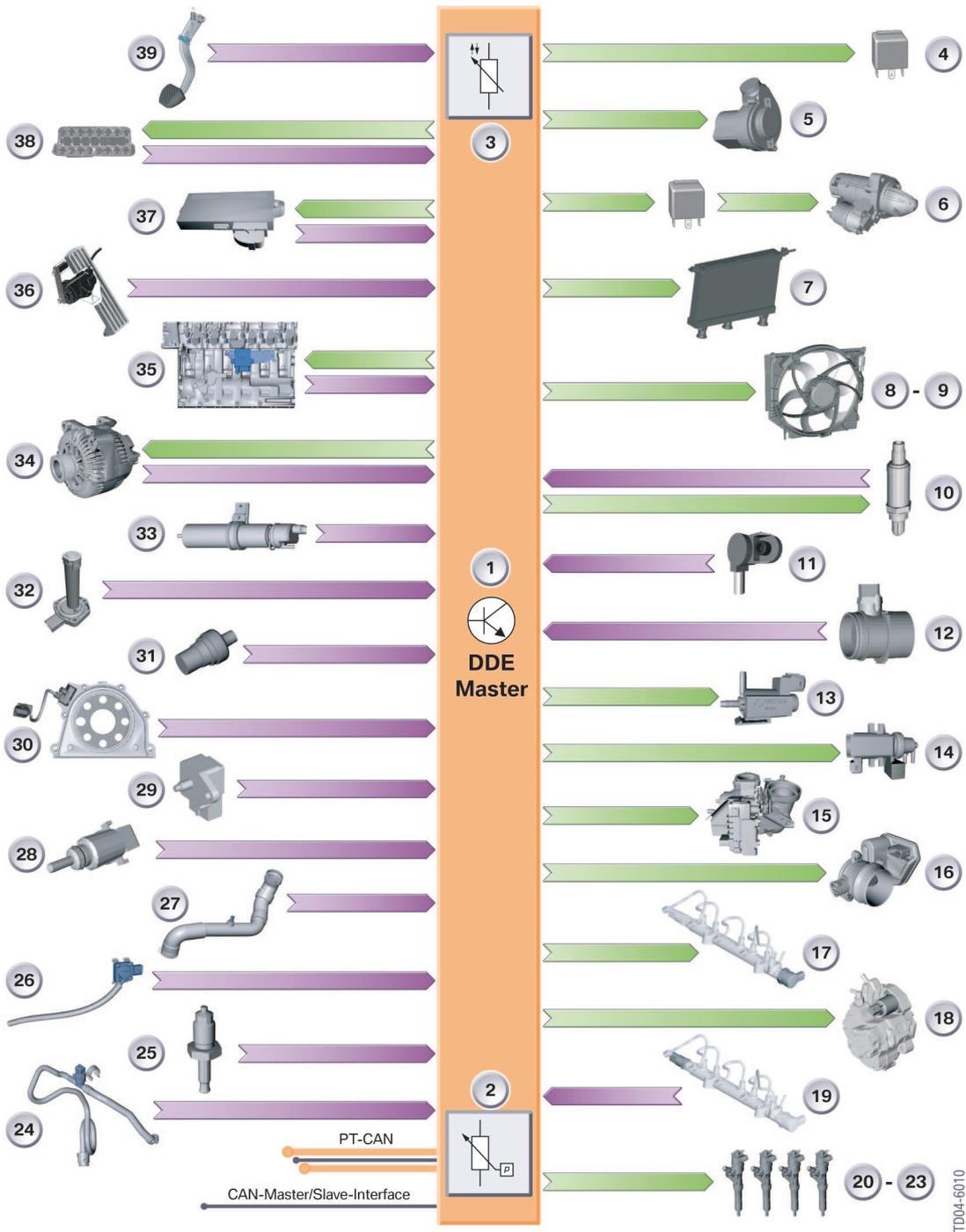
Der M67TU Motor trägt die Motornummer 44 8 D1.

Ziffer	Erklärung
44	Hubraum 4,4 l
8	Zylinderzahl
D	Dieselmotor
1	Ausbaustufe, in diesem Fall TU Motor

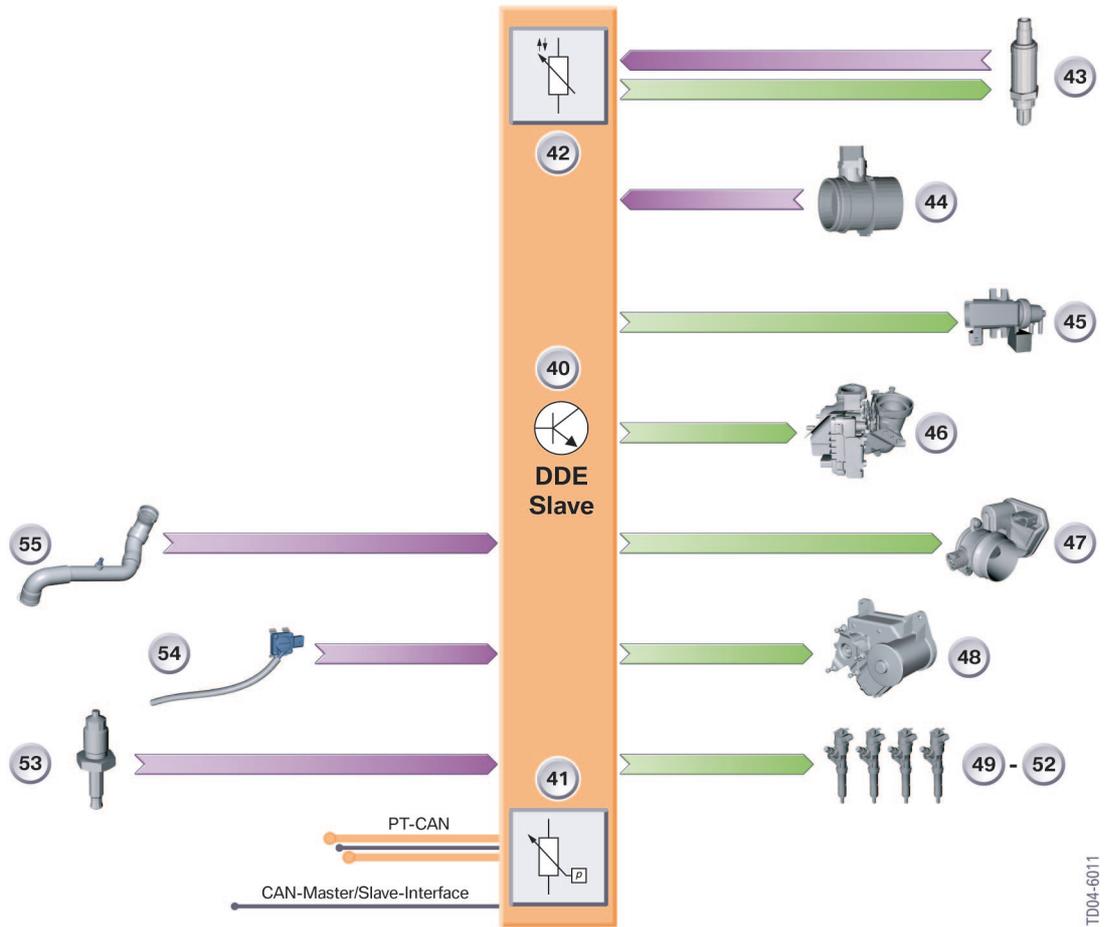
# Systemübersicht M67TU Motor

## DDE 63

### Input/Output



1 - Input/Output DDE 63 Master

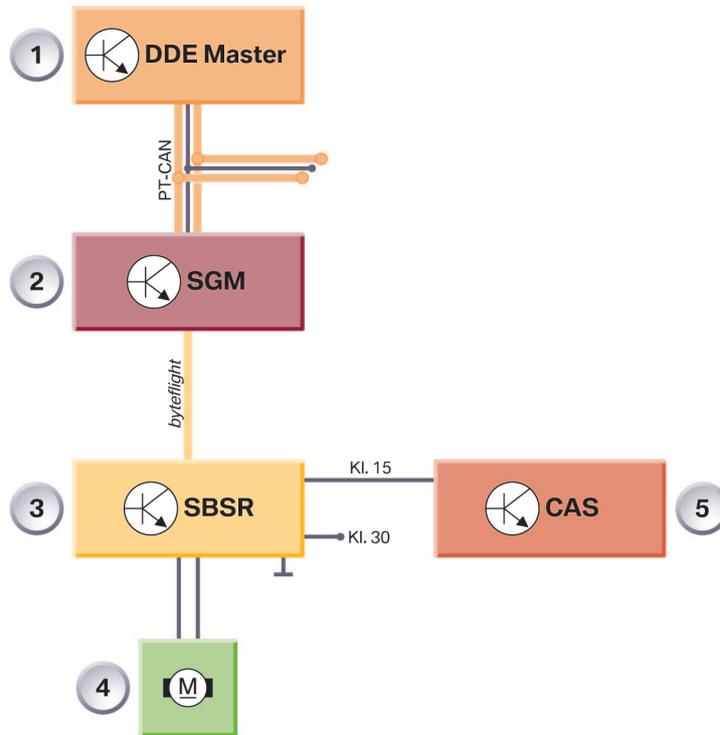


2 - Input/Output DDE 63 Slave

TD04-6011

<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>
1	DDE 63 Steuergerät Master	29	Ladedrucksensor
2	Umgebungsdrucksensor im DDE Master-Steuergerät	30	Kurbelwellensensor
3	Temperatursensor im DDE Master-Steuergerät	31	Öldruckschalter
4	DDE-Hauptrelais	32	Ölzustandssensor
5	E-Box-Lüfter	33	Diagnoseleitung der Kraftstofffilterheizung
6	Komfortstartrelais	34	Generator
7	Zuheizer	35	Glühzeitsteuergerät
8	Lüftersteuerung	36	Fahrpedalmodul (FPM)
9	Lüfter	37	Car Access System (CAS)
10	Lambdasonde	38	On-Bord-Diagnose Steckdose
11	Nockenwellensensor	39	Bremspedalschalter
12	Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM)	40	DDE 63 Steuergerät Slave
13	Motorlagersteuerung	41	Umgebungsdrucksensor im DDE Slave-Steuergerät
14	Ventil für Abgasrückführung	42	Temperatursensor im DDE Slave-Steuergerät
15	Stellmotor für Abgasturbolader	43	Lambdasonde
16	Stellmotor für Drosselklappe	44	Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM)
17	Raildruckregelventil	45	Ventil für Abgasrückführung
18	Mengenregelventil	46	Stellmotor für Abgasturbolader
19	Raildrucksensor	47	Stellmotor für Drosselklappe
20	Injektor Zylinder 1	48	Stellmotor für Drallklappen
21	Injektor Zylinder 6	49	Injektor Zylinder 5
22	Injektor Zylinder 7	50	Injektor Zylinder 3
23	Injektor Zylinder 4	51	Injektor Zylinder 2
24	Kraftstofftemperatursensor	52	Injektor Zylinder 8
25	Abgastemperatursensor	53	Abgastemperatursensor
26	Abgasdrucksensor	54	Abgasdrucksensor
27	Ladelufttemperatursensor	55	Ladelufttemperatursensor
28	Kühlmitteltemperatursensor		

## Ansteuerung der elektrischen Kraftstoffpumpe



TD04-6165

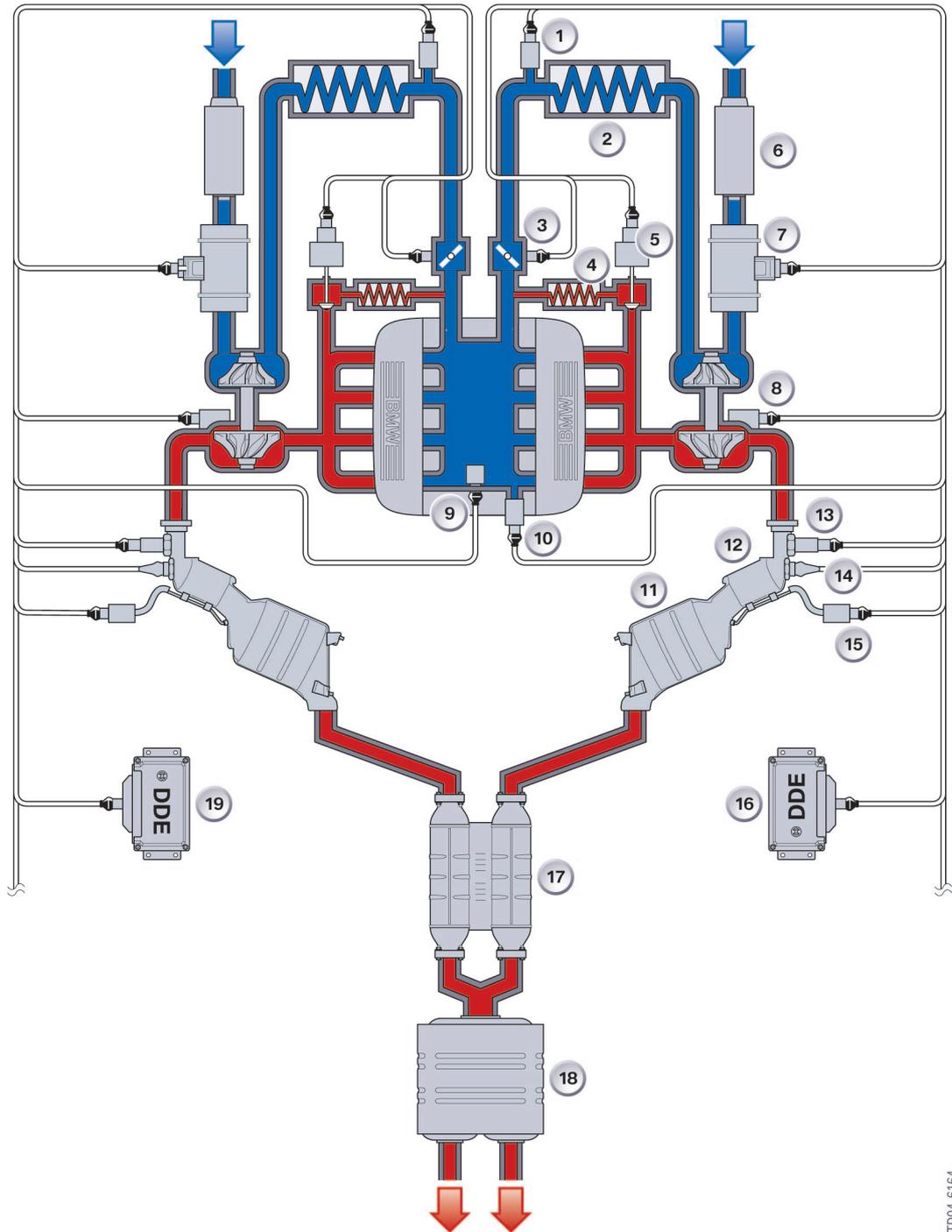
3 - Systemschaltplan EKP



<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>
1	DDE 63 Steuergerät Master	4	Elektrische Kraftstoffpumpe (EKP)
2	Sicherheits- und Gateway-Modul (SGM)	5	Car Access System (CAS)
3	Satellit B-Säule rechts (SBSR)		



## Ansaugluft- und Abgassystem



4 - Schematische Darstellung des Ansaugluft- und Abgassystems

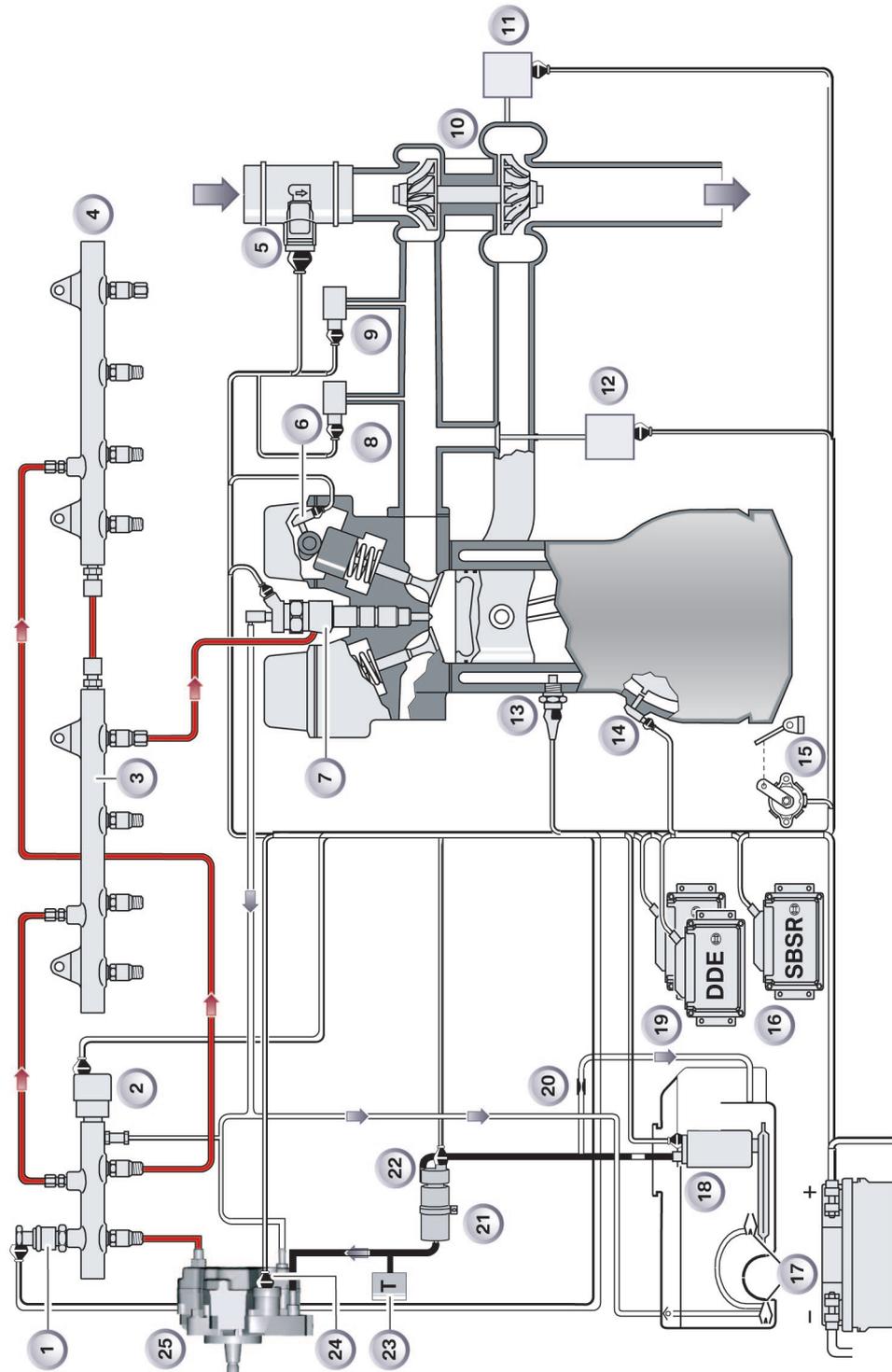
TD04-6164



<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>
1	Ladelufttemperatursensor	11	Dieselpartikelfilter (DPF)
2	Ladeluftkühler	12	Oxidationskatalysator
3	Drosselklappe	13	Lamdasonde
4	AGR-Kühler	14	Abgastemperatursensor
5	AGR-Ventil	15	Abgasdrucksensor
6	Luftfilter	16	DDE 63 Steuergerät Master
7	Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM)	17	Mittelschalldämpfer
8	Abgasturbolader (VNT)	18	Nachschalldämpfer
9	Drallklappen	19	DDE 63 Steuergerät Slave
10	Ladedrucksensor		



# Kraftstoffsystem



5 - Schematische Darstellung des Kraftstoffsystems

TD04-6138

<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>
1	Raildrucksensor	14	Kurbelwellensensor
2	Druckregelventil	15	Pedalwertgeber
3	Hochdruckspeicher (Rail) Zyl. 1-4	16	Steuergerät für die elektrische Kraftstoffpumpe (EKP)
4	Hochdruckspeicher (Rail) Zyl. 5-8	17	Saugstrahlpumpen
5	Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM) (2x)	18	Elektrische Kraftstoffpumpe (EKP)
6	Nockenwellensensor	19	DDE 63 Steuergeräte Master und Slave
7	Piezo-Injektor (8x)	20	Rücklaufdrossel
8	Ladelufttemperatursensor (2x)	21	Kraftstofffilter
9	Ladedrucksensor (2x)	22	Kraftstofffilterheizung
10	Turbolader (VNT) (2x)	23	Kraftstofftemperatursensor
11	Stellmotor für VNT (2x)	24	Mengenregelventil
12	Ventil für Abgasrückführung (2x)	25	Hochdruckpumpe CP3.3
13	Kühlmitteltemperatursensor		



# Systemkomponenten

## M67TU Motor

### Digitale Diesel Elektronik (DDE)

Die Steuerung des Motors übernimmt beim M67TU die DDE 63. Zur bisherigen Motorsteuerung DDE 5.1 bestehen folgende Unterschiede:

- Neuer Prozessor
- Ansteuerung der Drallklappen
- Mehrfachansteuerung der Piezo-Injektoren
- Mengennittelwertadaption (MMA)
- Nullmengenadaption
- Regeneration des Dieselpartikelfilters (DPF).

### Prozessor

Durch die Piezo-Injektoren mit Mehrfacheinspritzung und die Dieselpartikelfilter steigt die Anforderung an die Rechenleistung des Steuergerätes. Daher

wird ein leistungsstärkerer Prozessor, der Green Oak mit einer Taktfrequenz von 56 Mhz, eingesetzt.

### Mengennittelwertadaption (MMA)

Bei der Mengennittelwertadaption wird das Kraftstoff-Luft-Verhältnis (Lambda) durch Anpassung der Abgasrückführung eingestellt. Damit werden Ungenauigkeiten ausgeglichen, die durch Fertigungstoleranzen des Heißfilm-Luftmassenmesser oder der Injektoren entstehen. Diese Funktion wird bereits beim M57TU (E83) mit DDE 506 eingesetzt und ist dort ausführlich beschrieben.

⚠ Beim Tausch folgender Komponenten ist ein Zurücksetzen (Löschen) des MMA-Kennfelds im EEPROM erforderlich:

- Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM)
- Injektor(en)
- Raildrucksensor.

Das Zurücksetzen des Kennfelds erfolgt durch das BMW Diagnosesystem. ◀

### Nullmengenadaption

Durch die Nullmengenadaption wird die genaue Menge Kraftstoff pro Injektor für die Voreinspritzung bestimmt. Dabei wird der Schiebetrieb genutzt, um die Kraftstoffmenge zu ermitteln, bei der der Zylinder das Arbeiten beginnt.

Dieser Wert wird für das Kennfeld der Voreinspritzung verwendet. Die Nullmengenadaption findet bereits im M57TU (E83) mit DDE 506 Anwendung und wird dort weiter erläutert.

## Ansaugluft- und Abgassystem

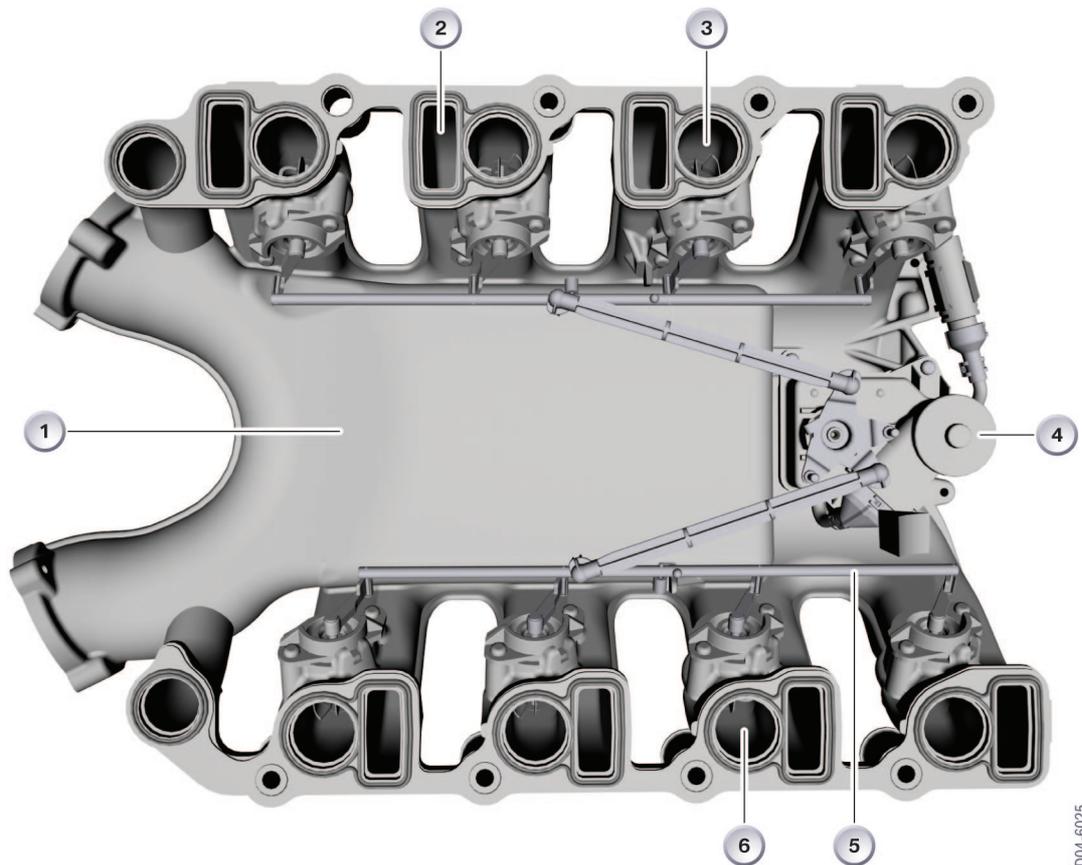
### Sauganlage

Die aus Aluminiumguss gefertigte Sauganlage wurde bezüglich ihres Luftraumes optimiert. Zusätzlich erhält sie nun elektrisch gesteuerte Drallklappen in den Tangentialkanälen.

Damit die Frischluft und das Abgas der Abgasrückführung (AGR) besser vermischt werden, ist die Sauganlage in zwei Kammern aufgeteilt. Dabei strömen die Gase aus dem

Ladeluftkühler und den Kanälen der Abgasrückführung in die Mischkammer (unten). Von dort gelangen sie dann in die Verteilerkammer (oben), die die Zylinder befüllt.

Beim Vorgänger war die Anordnung aus Bauraumgründen genau andersherum.



1 - Sauganlage mit Verstelleinheit für die Drallklappen

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Sammler für Ansaugluft	4	Verstellmotor für die Drallklappen
2	Drallkanal	5	Verstelleinheit der Drallklappen
3	Tangentialkanal	6	Drallklappe

TD04-6025

Bisher teilten sich die Ansaugkanäle im Zylinderkopf in Drall- und Tangentialkanäle auf. Aus Bauraumgründen können die Drallklappen dort nicht in den Tangentialkanälen untergebracht werden. Beim M67TU teilen sich deshalb die Ansaugkanäle in der Sauganlage. Damit können die Drallklappen dort in die Tangentialkanäle eingesetzt werden.

Pro Zylinder ist eine Drallklappe im Tangentialkanal verbaut. Bei geschlossenen Drallklappen wird die angesaugte Luft ausschließlich über den Drallkanal in den

Brennraum befördert. Dies bewirkt eine bessere Verwirbelung der Luft im unteren Drehzahlbereich. Das Ergebnis sind niedrigere Emissionswerte in diesem Bereich. Bei steigender Drehzahl öffnet die Drallklappe. Die angesaugte Luft gelangt nun zur besseren Füllung auch über den Tangentialkanal in den Brennraum.

Die Drallklappen werden stufenlos durch ein Kennfeld aus Last, Drehzahl und Kühlmitteltemperatur von einem PWM-Signal (pulsweitenmoduliert) der DDE gesteuert.

---

## Drosselklappen

Auf die Einlassöffnungen der Sauganlage sind Drosselklappen aufgesetzt. Sie werden elektrisch verstellt und von einem PWM-Signal der DDE angesteuert.

Ihre Aufgabe ist es, im Regenerationsbetrieb des Dieselpartikelfilters durch Reduzierung der Luftzufuhr eine zusätzliche Erhöhung der Abgastemperatur zu erzeugen.

## Abgasrückführung (AGR)

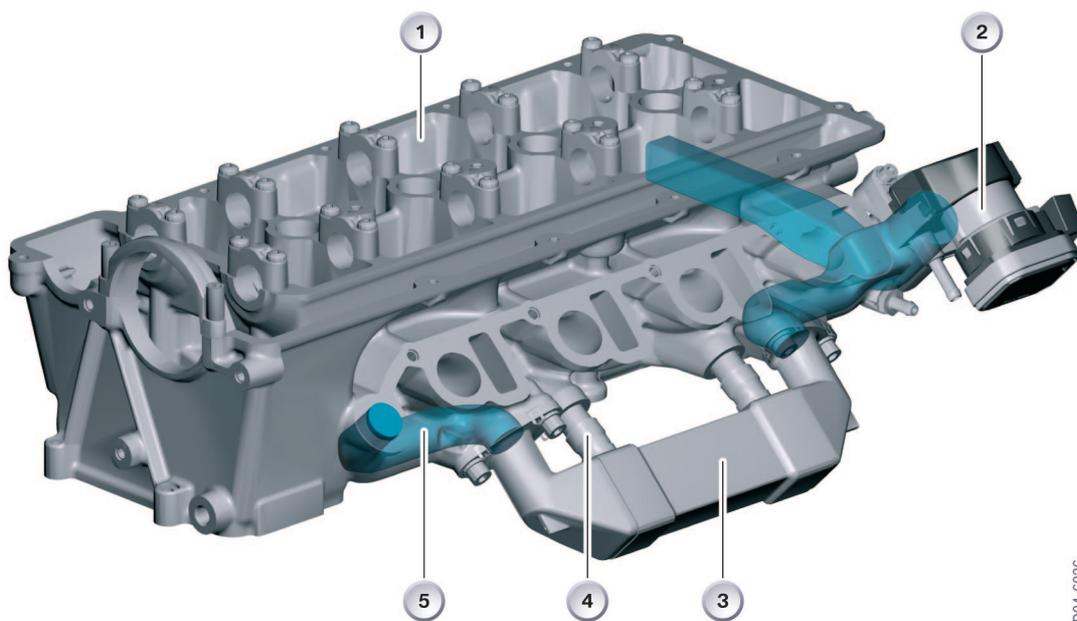
Die AGR hat die Aufgabe, die Bildung von Stickoxiden (NOx) während der Verbrennung zu reduzieren.

NOx-Emissionen entstehen bei hohen Verbrennungsdrücken und Verbrennungstemperaturen. Durch die AGR wird der Sauerstoffgehalt reduziert. Somit sinkt die Verbrennungstemperatur.

Zu diesem Zweck ist eine Verbindung zwischen Abgaskrümmen und Sauganlage vorhanden. Statt der AGR-Rohre kommen nun in den Zylinderkopf eingegossene AGR-Kanäle zum Einsatz. Die AGR-Kühler sitzen im V-Raum des Motors.

Die AGR-Ventile werden jetzt elektrisch betätigt und mittels eines PWM-Signals von der DDE angesteuert. Der Low-Anteil des PWM-Signals bestimmt den Ventilhub. D. h., Tastverhältnis 5 % entspricht 0 mm Hub, Tastverhältnis 95 % entspricht 6 mm Hub.

Die AGR-Ventile sind nicht mehr an der Sauganlage, sondern in den Zylinderköpfen verbaut. Die AGR-Ventile werden durch Kühlmittel aus dem Kühlkreislauf des Öl-Wasser-Wärmetauschers gekühlt.



2 - AGR-System

TD04-6026

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Zylinderkopf	4	Kühlmittelanschluss
2	AGR-Ventil	5	AGR-Kanäle
3	AGR-Kühler		

## Abgaskrümmen

Das Design des Abgaskrümmers wurde optimiert. Dadurch konnte eine geringfügige Gewichtsreduzierung erreicht werden.

## Abgasturbolader

Der neue Abgasturbolader Typ Step 3 vom Hersteller Honeywell (Garrett) entwickelt eine höhere spezifische Leistung als der Vorgänger. Er liefert einen Ladedruck von bis zu 1,5 bar.

Er besitzt weiterhin eine elektrische Verstellung der Leitschaufeln. Diese erlaubt eine exaktere Regelung des Ladedrucks als bei einer pneumatischen Verstellung.

Geändert haben sich die Anzahl und die Art der Leitschaufeln sowie die gesamte Verstelleinheit.

Die Bezeichnung Typ Step 3 steht für die dritte Entwicklungsstufe. Sie deutet nicht auf ein Gleichteil z. B. zum M47TU2 hin, bei dem auch ein Typ Step 3 eingesetzt wird.

## Dieselpartikelfilter (DPF)

Es kommt ein Dieselpartikelfilter pro Zylinderseite zum Einsatz. Die Funktion und die Regeneration entsprechen der des M57TU EURO 4 Motors.

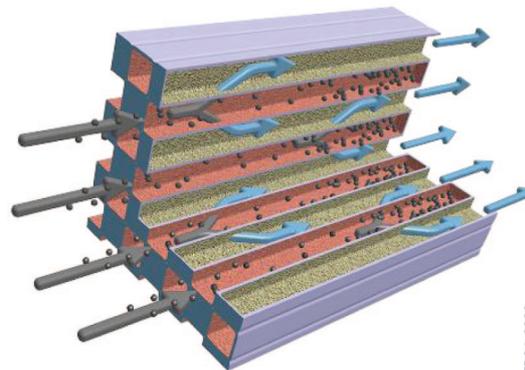
Der Dieselpartikelfilter befindet sich zusammen mit dem Oxidationskatalysator in einem motornah angeordneten Gehäuse.

Volumina von Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter:

Komponente	Volumen
Oxidationskatalysator	2 x 1,7 dm <sup>3</sup>
Dieselpartikelfilter	2 x 2,65 dm <sup>3</sup>

### Aufbau

Das Filterelement besteht aus einem Keramikmonolithen aus hochtemperaturfestem Siliziumcarbid. Es ist zu 50 % porös und mit einer platinbasierten, katalytischen Beschichtung versehen. Diese Beschichtung sorgt für eine Absenkung der Rußzündtemperatur und damit zur Sicherstellung eines guten Regenerationsverhaltens des Dieselpartikelfilters.



3 - Schnittansicht des Dieselpartikelfilters

TD04-6029

### Funktion

Die Abgase strömen aus dem Oxidationskatalysator in die Einlasskanäle des Dieselpartikelfilters. Diese sind an ihren Enden geschlossen. Jeder Einlasskanal ist von vier Auslasskanälen umgeben.

Die Rußpartikel lagern sich an der Platinbeschichtung der Einlasskanäle ab und verbleiben dort, bis sie durch eine Erhöhung der Abgastemperatur verbrannt werden. Das gereinigte Abgas strömt durch die platinbeschichteten, porösen Filterwänden aus den Auslasskanälen hinaus.

## Filterregeneration

Die Rußpartikel die sich an den Filterwänden ablagern, würden auf Dauer den Dieselpartikelfilter zusetzen. Deshalb müssen die Rußpartikel abgebrannt werden. Dies geschieht wenn die Abgastemperatur über der Rußzündtemperatur liegt. Dieser Vorgang wird als Filterregeneration bezeichnet. Es gibt verschiedene Voraussetzungen bei denen eine Filterregeneration abläuft.

1. In Betriebsbereichen, bei denen die Abgastemperatur über der Rußzündtemperatur ( $>300\text{ °C}$ ) liegt, erfolgt eine unmittelbare Umwandlung der Rußpartikel. Dabei wird der Ruß durch langsame Oxidation zu Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgewandelt. Als Oxidationsmittel dient dabei das im Abgas vorhandene Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>).
2. Reicht die Temperatur für diesen Vorgang nicht aus, werden die anfallenden Partikel zunächst im Filterelement gesammelt und bei der nächsten Erhöhung der Abgastemperatur abgebrannt.
3. Lässt die Fahrweise, z. B. bei lang anhaltendem Teillastbetrieb (Stadtbetrieb) und niedrigen Abgastemperaturen die selbstständige Regeneration des DPF nicht zu, wird eine gezielte Regeneration eingeleitet. Dieser, von den Druck- und Temperatursensoren überwachte Prozess, läuft ohne merkliche Auswirkung auf das Fahrverhalten ab.

Durch die gezielte Drosselung der Ansaugluft, kombiniert mit 1 bis 2 Nacheinspritzungen wird die Abgastemperatur auf ca.  $620\text{ °C}$  angehoben. Der Rußabbrand erfolgt jetzt durch im Abgas vorhandenen Restsauerstoffgehalt (O<sub>2</sub>). Die Regenerationsdauer kann dabei mehrere Minuten betragen.

Die Regenerationsintervalle hängen stark vom Leistungsbereich des Motors ab. Bei hohen Abgastemperaturen erfolgt eine geringere Rußeinlagerung durch kontinuierliches Abbrennen der Rußpartikel.

Je nach Fahrprofil wird alle 700 - 2500 Kilometer zusätzlich eine Filterregeneration eingeleitet. Bei Ausfall des Drucksensors oder des Temperatursensors wird der Dieselpartikelfilter alle 500 Kilometer regeneriert.

**⚠** Es dürfen auf keinen Fall chemische Zusätze z. B. Ventilverreiniger, Kaltstartbeschleuniger mit aschebildendem Inhalt (metallische Verbindungen) dem Kraftstoff beigefügt werden. Durch solche Zusätze kommt es zu einer stark erhöhten Aschebildung. Dies führt zu einem Zusetzen des Dieselpartikelfilters. ◀

# Kraftstoffsystem

## Injektoren

Im Injektor wird die Bewegung der Düsennadel nicht mehr durch eine Magnetspule, sondern durch ein Piezo-Element erzeugt. Durch die Piezo-Technologie ergeben sich folgende Vorteile:

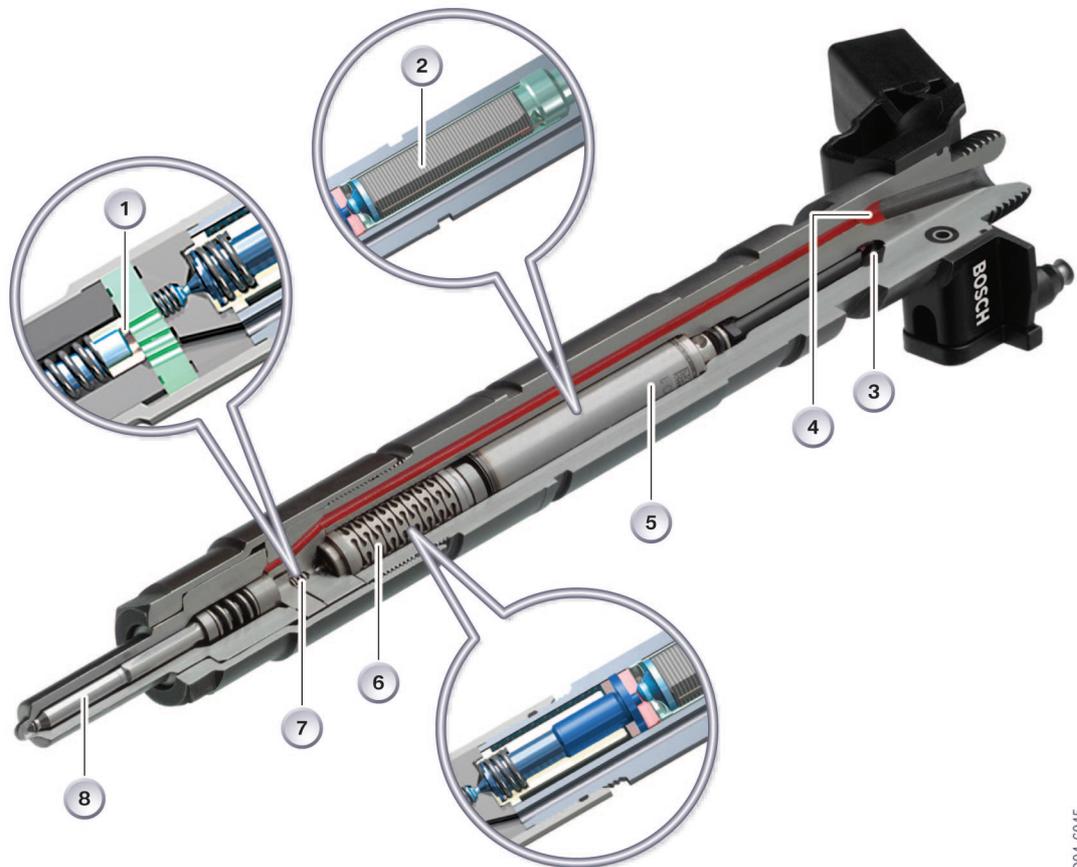
- Doppelt so schnelle Düsennadelbewegung
- Fünfmal so schnelle Schaltzeiten mit einer sehr kleinen Totzeit
- Bessere Dosierbarkeit von Mehrfacheinspritzungen
- Hohe Hubgenauigkeit
- Geringer hydraulischer und elektrischer Energiebedarf
- Kompaktes Design
- Reduzierung der bewegten Masse um 75 %
- Reduzierung des Gewichts um 33 %
- Erhöhung des Raildrucks auf 1800 bar möglich.

Hierdurch ergeben sich deutliche Verbesserungen hinsichtlich Schadstoffemissionen, Kraftstoffverbrauch und Akustik.

## Aufbau

Der Injektor besteht aus drei wesentlichen Komponenten:

1. Das Aktormodul ist das Piezo-Element selbst, das den Weg erzeugt
2. Das Kopplermodul überträgt die Kraft bzw. den Weg
3. Das Schaltventil öffnet und schließt die Nadel.



4 - Schnittzeichnung des Injektors

TD04-6045

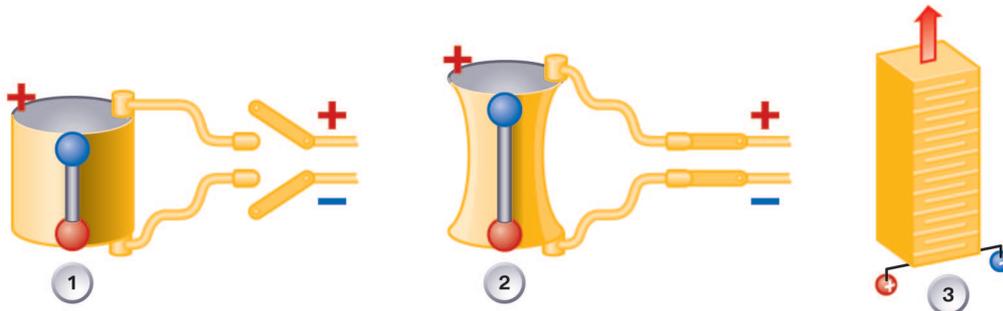
Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Steuerraum	5	Aktormodul
2	Piezo-Element	6	Kopplermodul
3	Hydraulischer Rücklauf	7	Schaltventil
4	Hydraulischer Zulauf	8	Düsennadel

### Funktion

Ein Piezo-Element ist ein elektromechanischer Wandler, d. h. es besteht aus einem Keramikwerkstoff, der elektrische Energie direkt in mechanische Energie (Kraft/Weg) umwandelt.

Eine bekannte Anwendung ist das Piezo-Feuerzeug: durch Druck auf einen Piezo-Kristall wird Spannung erzeugt, bis ein Funke überspringt und das Gas entzündet.

Beim Piezo-Aktor wird Spannung angelegt, damit sich der Kristall dehnt.



TD04-6027

5 - Verhalten eines Piezo-Elements, wenn Spannung angelegt wird.

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Piezo-Kristall unbestromt	3	Schichtaufbau des Piezo-Elements
2	Piezo-Kristall bestromt		

Um einen größeren Weg zu erreichen, lässt sich ein Piezo-Element in mehreren Schichten aufbauen.

Das Aktormodul besteht aus 264 Schichten des Piezo-Keramikwerkstoffes. Diese erreichen beim Anlegen der Maximalspannung von 200 V eine Verlängerung von 0,045 mm.

Das Kopplermodul arbeitet wie ein hydraulischer Zylinder und überträgt die Aktorkraft und den Aktorweg unabhängig von der Betriebstemperatur.

Durch den Längenzuwachs des Aktormoduls wird ein Druck im Kopplermodul aufgebaut und auf das Schaltventil übertragen.

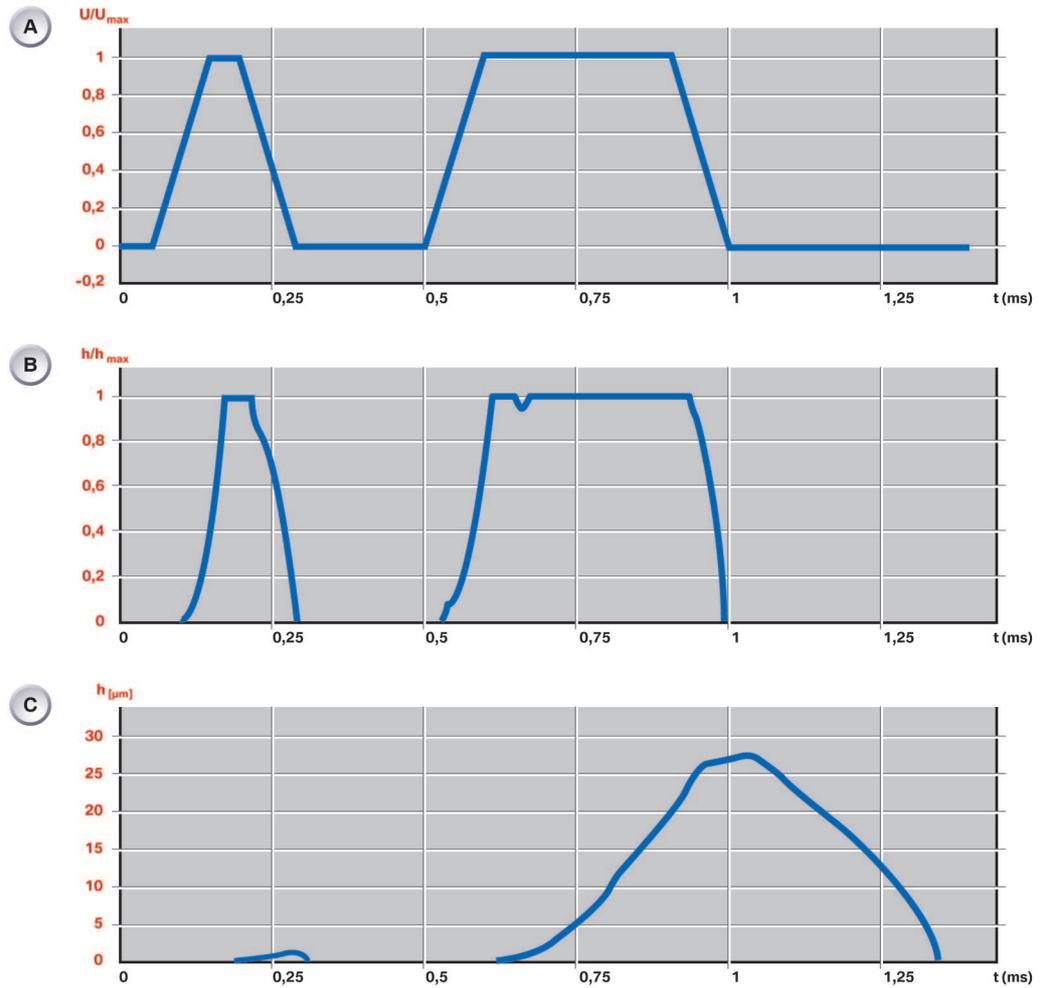
Das Schaltventil ist im nicht angesteuerten Zustand des Aktormoduls geschlossen. Damit ist der Niederdruckbereich vom Hochdruckbereich getrennt. Das Kopplermodul gleicht ein eventuell auftretendes Spiel (z. B. durch Wärmedehnung) aus. Die Düse wird durch den im Steuerraum anliegenden Raildruck

geschlossen gehalten. Beim Ansteuern des Aktormoduls öffnet das Schaltventil, dadurch wird der Druck im Steuerraum abgesenkt und die Düsennadel geöffnet. Das Schließen des Schaltventils erhöht den Druck im Steuerraum und die Düsennadel wird geschlossen.

Der Unterschied zum MV-Injektor (Magnetventil) ist hier, dass das Aktormodul das Schaltventil in Richtung der Injektorspitze öffnet, also gegen den Raildruck im Steuerraum aufstößt.

Wird ein Piezo-Element, während es aufgeladen ist, von der Spannungsquelle abgetrennt, so behält es - analog zu einem Kondensator - seine Ladung. D. h., würde der Injektor während der Ansteuerung vom Steuergerät getrennt, bliebe das Aktormodul ausgedehnt und es käme zu einer Dauereinspritzung. Um dies zu verhindern, ist dem Piezo-Element ein Widerstand parallel geschaltet, über den er sich in weniger als einer Sekunde entladen kann.

## Ansteuerung



TD04-6028

6 - Ansteuerung der Piezo-Injektoren

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Ansteuerung (idealisiert)	C	Düsennadelhub
B	Ventilhub		

Die Flankenzeit der Ansteuerung beträgt 100  $\mu\text{s}$ , die Flankenzeit des Ventils 60  $\mu\text{s}$ .

Dadurch ergibt sich auch bei kleinsten Einspritzmengen ein stabiler - nicht ballistischer - Ventilhub.

## Injektor-Abgleich

Bei der Fertigung der Injektoren wird an bestimmten Punkten im Werk eine Vielzahl von Messdaten erfasst. Auf diese Weise werden die Toleranzbereiche für den Injektormengenabgleich ermittelt und in einer sechsstelligen Zahlenkombination angegeben.

Zusätzlich werden auch Informationen über das Hubverhalten des Injektors für den Injektor-Spannungsabgleich hinzugefügt. Benötigt wird er wegen des individuellen Spannungsbedarfes eines jeden Injektors. Es erfolgt eine Zuordnung zu einer Spannungsbedarfsklasse, die als siebte Stelle der Zahlenkombination auf dem Injektor gekennzeichnet wird.

Diese Daten werden in das Steuergerät übertragen. Während des Motorbetriebs werden diese Werte zur Kompensation von Abweichungen im Zumes- und Schaltverhalten verwendet.

 Die Injektoren sind in Klassen eingeteilt, die auf der Oberseite durch eine siebenstellige Zahlenkombination gekennzeichnet sind. Wird ein Injektor ersetzt, so muss diese Zahlenkombination für den jeweiligen Einbauort dem Steuergerät mitgeteilt werden.

Bei elektrischen Fehlern im Stromkreis kann ein elektrischer Fehler des Piezo-Injektors durch das Anbringen einer Ersatzlast detektiert werden. Weitere Informationen können der Reparaturanleitung entnommen werden.

Bei Piezo-Systemen treten z. T. hohe Spannungen auf (Aufladung der Aktoren auf i. d. R. bis zu 160 V, maximal 200 V, steuergeräteinterne Spannung 250 V).

Dies kann zu einer

- Körperdurchströmung bei direkter Berührung nicht isolierter Stellen,
- Reizwirkung auf Nerven und Muskeln,
- Gefahr für Träger von Herzschrittmachern o. Ä. durch Magnetfelder

führen. Achtung beim Anschluss des Prüfadapters. Sicherheitsvorschriften beachten! ◀

## Zylinderkopf

### Zylinderkopfhäube

Die Zylinderkopfhäube besteht zur Gewichtsreduzierung aus Kunststoff und besitzt eine integrierte Ölabscheidung.

Der Druckspeicher des Common-Rail-Systems wird in der Zylinderkopfhäube verbaut.

### Zylinderkopf

Die Zylinderköpfe wurden überarbeitet. Dabei wurde die Formgebung der Auslasskanäle optimiert. Die Einlasskanäle sind bereits in Drall- und Tangentialkanäle aufgeteilt. Die Position der Ein- und Auslassventile wurde an die geänderte Zylinderbohrung angepasst. Der bisher identische Durchmesser von 25,9 mm für Ein- und Auslassventil wurde auf

29 mm für das Einlassventil und 27,4 mm für das Auslassventil vergrößert.

Die Abgasrückführung erfolgt nicht mehr durch AGR-Rohre, sondern durch im Zylinderkopf eingegossene Kanäle. Dabei können im Bereich vor den AGR-Ventilen Temperaturen von bis zu 210 °C entstehen. Die AGR-Ventile sind in den Zylinderkopf eingebaut.

### Zylinderkopfdichtung

Die Fünflagenmetalldichtung wurde an die größeren Zylinderbohrungen und die speziellen Anforderungen eines Aluminium-

Kurbelgehäuses angepasst. Es kommen wieder zwei verschiedene Stärken zum Einsatz.

Kolbenüberstand	Lochzahl	Dichtungsstärke
1,12 - 1,38 mm	1	1,9 mm
1,38 - 1,53 mm	2	2,0 mm

### Nockenwelle

Die Nockenwellen aus Schalenhartguss werden durch gebaute Nockenwellen ersetzt. Gebaut bedeutet, dass das Wellenrohr, die Nocken und weitere Funktionselemente wie Antriebsrad oder Zweiflächring einzeln gefertigt und anschließend zusammen gefügt werden.

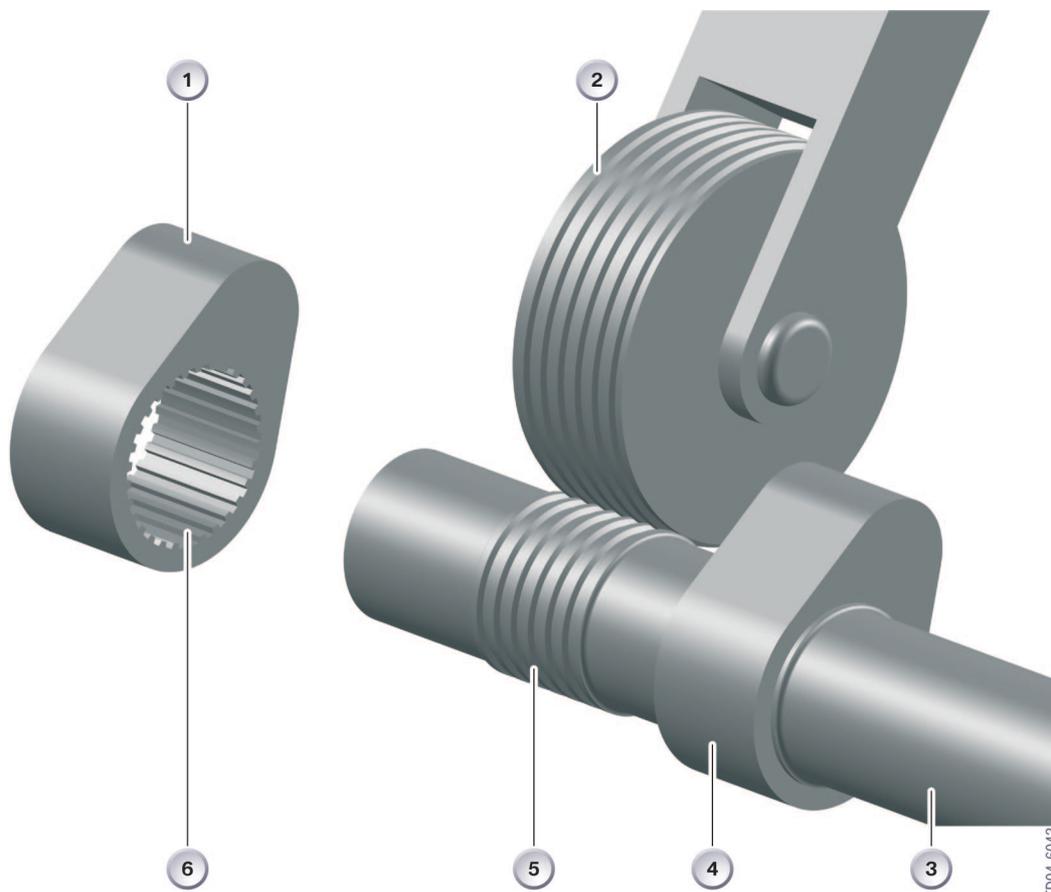
Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

- Gewichtseinsparung von bis zu 40 %. Dies bewirkt zudem:
  - Reduzierter Kraftstoffverbrauch
  - Besseres Schwingungsverhalten
  - Bessere Akustik
  - Gewichtsreduzierung an weiteren Systemkomponenten möglich
- Materialkombinationen möglich
- Neue Möglichkeiten bei Nockenwerkstoff und -form

- Wirtschaftlichere Fertigung.

Es existieren viele verschiedene Techniken, um gebaute Nockenwellen zu fertigen. Dies sind zum einen die klassischen Welle-Nabe-Verbindungen, die form- oder reibschlüssig die einzelnen Elemente auf der Welle befestigen. Des Weiteren lassen sich die Bauteile thermisch aufschumpfen oder aber die Welle aufweiten, um den Kraftschluss zu erzeugen. Außerdem können die verschiedenen Stücke auch durch Schweißen oder Löten fixiert werden.

Nicht alle Fertigungsverfahren sind bis zum heutigen Tag serienreif. Die Entscheidung über die Art der Herstellung wird letztlich über die Anforderungen an den Motor und die Wirtschaftlichkeit der Herstellung getroffen.



7 - Schematische Darstellung des Presta-Verfahrens

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Zu fügende Nocke	4	Bereits gefügte Nocke
2	Rollierwerkzeug	5	Radialprofil
3	Welle	6	Konische Bohrung mit Längsprofil

Beim M67TU werden die Nockenwellen im so genannten Presta-Verfahren hergestellt. Dabei wird das Rohr durch Rollieren an der jeweiligen Position, die für den Sitz einer Nocke oder einer anderen Komponente vorgesehen ist, aufgeweitet und ein Radialprofil (Gewinde ohne Steigung) aufgebracht. Anschließend wird das entsprechende Teil in der gewünschten Winkellage aufgedrückt.

Die Bohrung des Aufpressteils ist konisch und mit einem Längsprofil versehen. Dadurch entsteht zwischen der Welle und der aufgedrückten Komponente eine kraft- und formschlüssige Verbindung.

Da auch das Antriebszahnrad auf diese Weise montiert wird, ist es unlösbar mit der Welle verbunden.

**⚠** Beim Ein- und Ausbau der Nockenwellen Reparaturanleitung beachten. ◀

## Motorblock

### Kurbelgehäuse

Das Kurbelgehäuse besteht aus Aluminium-Sandguss (AlSi7Cu0,5) mit thermisch gefügten Graugussbuchsen. Beim thermischen Fügen wird das Kurbelgehäuse erhitzt, damit es sich ausdehnt. Die gekühlten Graugussbuchsen werden dann in die Zylinder eingeschoben. Nach dem Abkühlen des Kurbelgehäuses besteht eine feste

Verbindung. Gegenüber dem bisherigen Grauguss-Motorblock ergibt sich durch den neuen Werkstoff eine Gewichtsreduzierung von 26 kg.

Der Hubraum wurde von 3901 cm<sup>3</sup> auf 4420 cm<sup>3</sup> erhöht. Die Zylinderbohrung wurde von 84 mm auf 87 mm erweitert.

### Kolben

Der Kolbendurchmesser und die Muldengeometrie wurden der geänderten Zylinderbohrung angepasst.

### Pleuel

Um die höheren Kräfte aufzunehmen, wurden die Pleuel verstärkt. Bei den Pleuellagern wurde die Wandstärke der Pleuellagerschalen

auf 2 mm erhöht. Die Kurbelwellenlagerschale wurde auf 15 mm verbreitert.

### Kurbelwelle

Die Kurbelwelle wurde überarbeitet. Zum einen, um einen größeren Hub zu erzeugen, jetzt 93 mm statt 88 mm. Zum anderen, um das größere Drehmoment zu übertragen.

Der Gegengewichtsradius wurde an den größeren Hub angepasst. Die Kurbelwelle besteht aus induktivgehärtetem Chrommolybdänstahl (42CrMo4).

Hauptlagerdurchmesser	Pleuellagerdurchmesser	Lagerbreite
70 mm	59 mm	28 mm

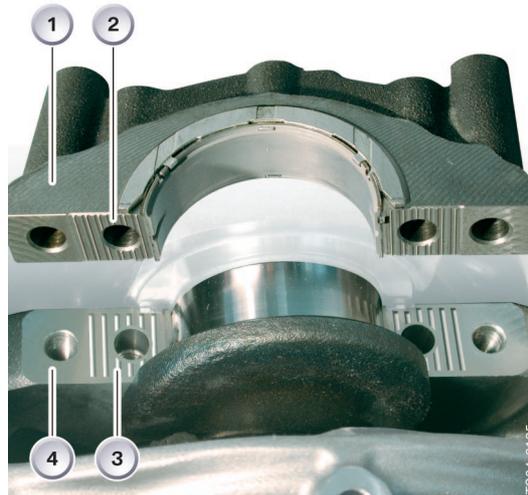
## Kurbelwellenlager

Die Hauptlagerdeckel bestehen aus Grauguss. Eine Prägung an den Kontaktflächen zwischen Kurbelgehäuse und Lagerdeckel sorgt dafür, dass die beim V-Motor entstehenden Querkräfte besser aufgenommen werden können.

Durch die Prägung positioniert sich der Lagerdeckel beim Aufsetzen passgenau in Längs- und Querrichtung auf den Lagerbock.

Unterschiedliche Abstände der Schraubenbohrungen stellen eine lagerichtige Montage sicher.

Das Axiallager der Kurbelwelle wurde von der Schwungradseite in die Mitte verlegt, um die größere Längenausdehnung des Alu-Kurbelgehäuses bei Temperaturänderung zu kompensieren.



8 - Prägung der Hauptlagerdeckel

Index	Erklärung
1	Hauptlagerdeckel
2	Prägung im Hauptlagerdeckel
3	Hauptlagerbock
4	Eingepresste Prägung im Hauptlagerbock

## Schmiersystem

---

### Ölmodul

Das Ölmodul befindet sich im V-Raum des Motors. Es besteht aus dem Ölfilter mit Motorölkühler (Öl-Wasser-Wärmetauscher).

Der Ölfilter ist geneigt angeordnet. Damit konnte der Luftraum der Sauganlage optimiert werden.

---

### Ölspritzdüsen

Um die Gefahr einer Beschädigung der Ölspritzdüsen bei der Kolbenmontage zu verringern, sind sie auf jeder Seite mit einer

Blechlasche versehen. Diese sollen die Düsenspitze vor einer Berührung mit dem Kolben schützen.

---

### Ölstandsmessung

Beim E65MU mit M67TU Motor erfolgt die Ölstandsmessung elektronisch mit einer Anzeige im Control Display. Der Ölmesstab bekommt einen unauffälligen schwarzen Griff, da er nur noch für den Service vorgesehen ist.

## Kühlsystem

Der Motorölkühler im V-Raum des Motors sitzt im Gegensatz zum Vorgänger nicht mehr im Wasserbad, sondern ist in den Kühlkreislauf eingebunden. Die gezielte Durchströmung mit  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  verbessert den Wirkungsgrad.

## Nebenaggregate und Riementrieb

---

### Riementrieb

Der Antrieb des Klimakompressors erfolgt durch einen Elastikriemen. Die Spannrolle des Klimatriebes entfällt.

### Schwingungsdämpfer

Der Drehschwingungsdämpfer verfügt über eine Viskodämpfung. Hierdurch wird die Übertragung der Drehschwingungen der

Kurbelwelle auf die Riemenscheibe weiter reduziert.

### Generator

Der vom Motorkühlmittel gekühlte Generator wurde durch einen luftgekühlten Generator mit einem Nennstrom von 180 A ersetzt. Generator und Halter bringen eine Gewichtsreduzierung von 4 kg, Kühlmittel und Leitungen nicht mitgerechnet.

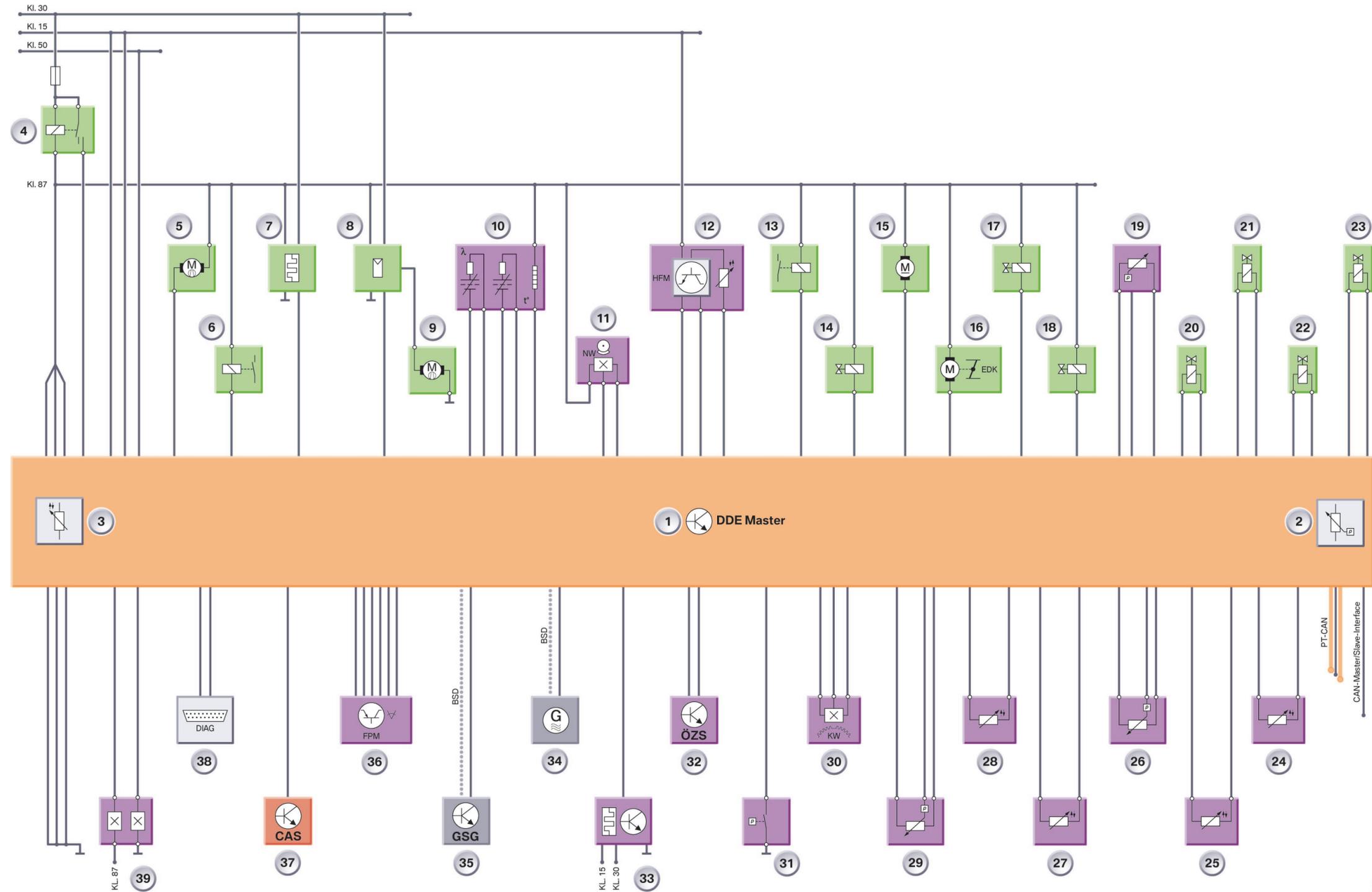
Die Nennleistung bleibt praktisch gleich. Es ergeben sich nur Unterschiede durch das kühlungsbedingt andere Aufheizverhalten.

Der Generator kommt ohne spezielle Luftzuführung aus. Er saugt die Luft frei aus dem Motorraum an.

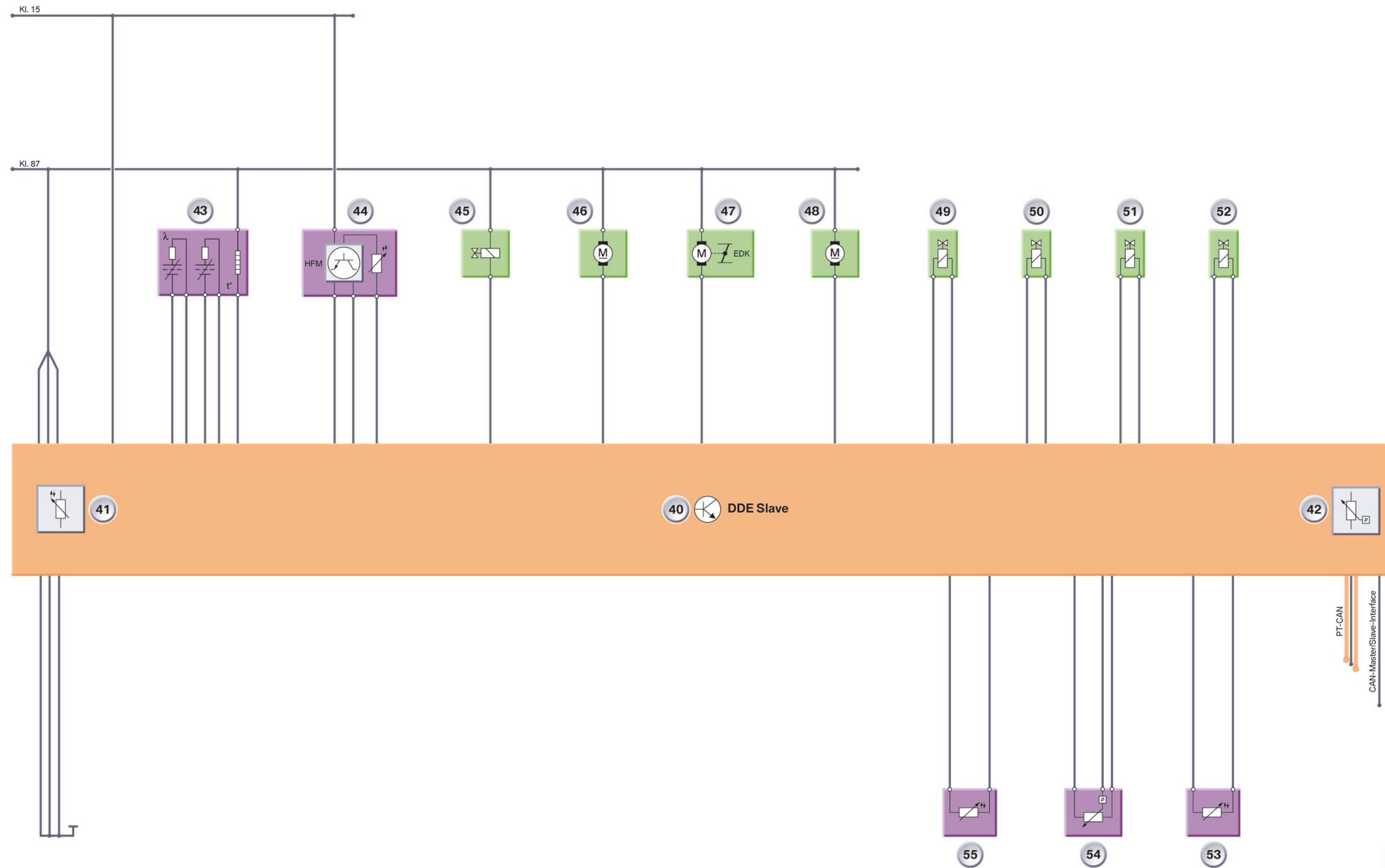
# Abkürzungsverzeichnis

AGR	Abgasrückführung
DDE	Digitale Diesel Elektronik
DPF	Dieselpartikelfilter
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
HFM	Heißfilm-Luftmassenmesser
MV	Magnetventil
PWM	Pulsweitenmodulation

Die Legende dieses Systemschaltplans entspricht der des Input/Output-Plans der DDE.



Die Legende dieses Systemschaltplans entspricht der des Input/Output-Plans der DDE.



TD04-6013





