

# Produktinformation. N47 Motor.



**BMW Service**

Die in der Produktinformation enthaltenen Informationen sind neben dem Arbeitsbuch ein fester Bestandteil der Trainingsliteratur des Aftersales Trainings.

Änderungen/Ergänzungen der technischen Daten sind den jeweils aktuellen Informationen des BMW Service zu entnehmen.

Stand der Informationen: November 2006

**Kontakt: [conceptinfo@bmw.de](mailto:conceptinfo@bmw.de)**

**© 2006 BMW AG**

**München, Deutschland**

**Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung der  
BMW AG, München**

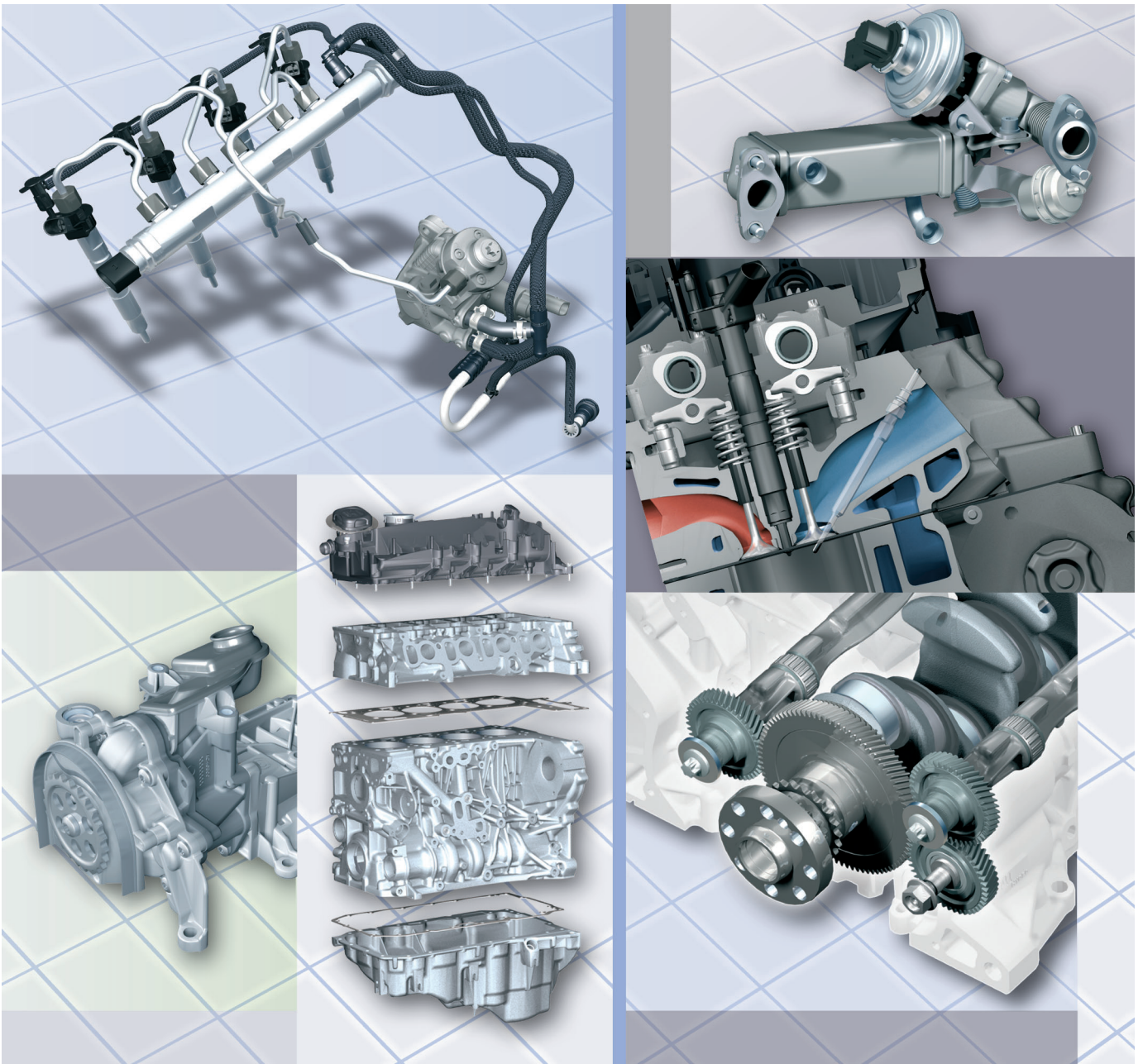
**VS-12 Aftersales Training**

# Produktinformation. N47 Motor.

**Kettentrieb hinten**

**Vakuumpumpe im Ölsumpf**


**Ausgleichswellen im Kurbelgehäuse**



## Hinweise zu dieser Produktinformation

### Verwendete Symbole

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

 enthält Informationen zum besseren Verständnis der beschriebenen Systeme und ihrer Funktion.

◀ kennzeichnet das Ende eines Hinweises.

### Aktualität und Länderausführungen

BMW Fahrzeuge werden höchsten Sicherheits- und Qualitätsansprüchen gerecht. Veränderungen in Bereichen wie Umweltschutz, Kundennutzen, Design oder Konstruktion führen zu einer Fortentwicklung von Systemen oder Komponenten. Daraus können sich Abweichungen zwischen dieser Produktinformation und den im Training zur Verfügung stehenden Fahrzeugen ergeben.

Diese Dokumentation beschreibt ausschließlich Linkslenkerfahrzeuge in Europa-Ausführung. In Fahrzeugen mit Rechtslenkung sind einige Bedienelemente oder Komponenten anders angeordnet als auf den Grafiken in dieser Produktinformation gezeigt. Weitere Abweichungen können sich durch markt- oder länderspezifische Ausstattungsvarianten ergeben.

### Zusätzliche Informationsquellen

Weitere Informationen zu den einzelnen Themen finden Sie:

- in der Betriebsanleitung
- im BMW Diagnosesystem
- in der Dokumentation Werkstattssysteme
- in der BMW Service Technik.



# Inhalt.

## N47 Motor.



### Ziele

Produktinformation und Nachschlagewerk für die Praxis

1

1



### Modelle

Motorvarianten

3

3



### Einleitung

5



### Systemübersicht

Motoridentifikation

9

9



### Systemkomponenten

11

Motormechanik im Überblick

11

Kurbelgehäuse

18

Zylinderkopf mit Deckel

24

Ölwanne

30

Gehäuseentlüftung

31

Kurbelwelle mit Lager

37

Pleuel mit Lager

42

Kolben mit Ringen und Bolzen

47

Ausgleichswellen

54

Drehschwingungsdämpfung

57

Nockenwellenantrieb (Kettentrieb)

61

Riementrieb und Nebenaggregate

64

Nockenwellen

67

Schlepphebel

72

Hydraulischer Ventilspielausgleich

74

Ventile mit Führung und Federn

76

Ölversorgung im Überblick

80

Von der Ölwanne zum Ölfilter

82

Ölfilterung und Ölkühlung

87

Ölspritzdüsen und Kolbenkühlventil

90

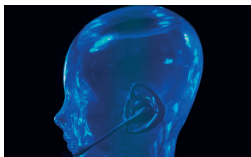
Ölüberwachung

92

Ansaugluft- und Abgassystem im Überblick	106
Ansaugsystem	108
Abgassystem	112
Unterdrucksystem	120
Kraftstoffsystem	123
Kühlung im Überblick	131
Komponenten im Kühlkreislauf	134
Kühlmodul	146
Motorelektrik im Überblick	147
Funktionen der Motorelektrik	149
Sensoren und Aktuatoren	160



<b>Servicehinweise</b>	<b>191</b>
Systemkomponenten	191



<b>Testfragen</b>	<b>195</b>
Fragenkatalog	195
Antworten zum Fragenkatalog	197

# Ziele. N47 Motor.

## Produktinformation und Nachschlagewerk für die Praxis

Diese Produktinformation soll Ihnen Informationen über den Aufbau und die Funktion des N47 Motors vermitteln.

Die Produktinformation ist als Nachschlagewerk konzipiert und ergänzt den vom BMW Aftersales Training vorgegebenen Inhalt des Seminars. Die Produktinformation eignet sich auch zum Selbststudium.

Zur Vorbereitung für das technische Training gibt diese Produktinformation einen Einblick in

den neuen 4-Zylinder-Dieselmotor N47. In Verbindung mit praktischen Übungen im Training soll die Produktinformation den Teilnehmer befähigen, Servicearbeiten am N47 Motor durchzuführen.

Technische und praktische Vorkenntnisse der aktuellen BMW Dieselmotoren erleichtern das Verständnis der hier vorgestellten Systeme und ihrer Funktionen.



Bitte vergessen Sie nicht, die SIP zu diesem Thema durchzuarbeiten. Grundwissen bringt Sicherheit in Theorie und Praxis.

TE04-5832



# Modelle. N47 Motor.

## Motorvarianten

Modelle mit N47 Motor zur Markteinführung im März 2007.

Modell	Baureihe	Motor	Hubraum in cm <sup>3</sup>	Hub/Bohrung in mm	Leistung in kW/PS bei 1/min	Drehmoment in Nm bei 1/min
118d	E81	N47D20U0	1995	90/84	105/143 4000	300 1750
120d	E81	N47D20O0	1995	90/84	130/177 4000	350 1750
118d	E87	N47D20U0	1995	90/84	105/143 4000	300 1750
120d	E87	N47D20O0	1995	90/84	130/177 4000	350 1750
320d	E92	N47D20O0	1995	90/84	130/177 4000	350 1750

## Historie

Vierzylinder-Dieselmotoren bei BMW.

Motor	Modell	Baureihe	Hubraum in cm <sup>3</sup>	Leistung in kW/PS	Drehmoment in Nm	Motorsteuerung	Ersteinsatz	Einsatzende
M41D17	318tds	E36	1665	66/90	190	DDE2.1	9/94	9/00
M47D20O0	320d	E46	1951	100/136	280	DDE3.0	4/98	9/01
M47D20O0	520d	E39	1951	100/136	280	DDE3.0	9/99	5/03
M47D20U0	318d	E46	1951	85/115	240	DDE3.0	9/01	3/03
M47D20O1	320d	E46	1995	110/150	330	DDE5.0	9/01	3/04
M47D20U1	318d	E46	1995	85/115	240	DDE5.0	3/03	3/04
M47D20U1	318d	E46	1995	85/115	240	DDE506	3/04	3/05
M47D20O1	320d	E46	1995	110/150	330	DDE506	3/04	9/06
M47D20U2	118d	E87	1995	90/122	280	DDE603	9/04	3/07
M47D20O2	120d	E87	1995	120/163	340	DDE604	9/04	3/07
M47D20O2	X3 2.0d	E83	1995	110/150	330	DDE506	9/04	9/05
M47D20O2	320d	E90	1995	120/163	340	DDE604	3/05	in Serie
M47D20U2	318d	E90	1995	90/122	280	DDE603	9/05	in Serie
M47D20O2	320d	E91	1995	120/163	340	DDE604	9/05	in Serie
M47D20O2	X3 2.0d	E83	1995	110/150	330	DDE604	9/05	in Serie





# Einleitung.

## N47 Motor.

### Die neue Generation

Nach nunmehr acht Jahren wird ein Erfolgsmodell abgelöst, das seinesgleichen sucht. Der M47 Motor hat den Diesel bei BMW salonfähig gemacht. Mit dem sportlichen Antritt und der gewaltigen Kraft bei so geringem Kraftstoffkonsum wurde er bald zu einem der beliebtesten Motoren im BMW-Repertoire.

Dort anzuknüpfen, ist die Herausforderung, die dem Nachfolger N47 Motor gestellt wird.

Eine Herausforderung, die er gerne annimmt. Mit noch mehr Leistung und Drehmoment bei geringerem Kraftstoffverbrauch und Gewicht ist er bestens gewappnet, um den Erfolg fortzuführen.

Der N47 Motor ist eine komplette Neuentwicklung, bei dem viele neue Ansätze verwirklicht wurden. Kombiniert wurde dies mit aktuellster Dieselsechnologie und vielem Bewährten.

### Neuheiten, Änderungen und Besonderheiten im Überblick

#### Erstmals bei BMW Dieselmotoren

- Kettentrieb und Hochdruckpumpe an der kraftabgebenden Seite (hinten)
- Ausgleichswellen im Kurbelgehäuse integriert mit Nadellagern
- Gemeinsame Öl-/Vakuumpumpe in der Ölwanne
- Doppelseitiger Riementrieb
- Alle Nebenaggregate auf der linken Motorseite
- Drehschwingungsdämpfer mit Freilauf
- Abgasrückführungskühler mit Bypass (nur obere Leistungsstufe mit manuellem Getriebe)
- Starter an der rechten Motorseite
- Neue Einkolben-Hochdruckpumpe CP4.1 mit 1800 bar Maximaldruck (untere Leistungsstufe: 1600 bar)
- Größtenteils gegossene Ölkanäle durch neues Gießverfahren
- Motorsteuerung DDE7
- Aktiver Kurbelwellensensor mit Rückdreherkennung
- Keramikglühstifte.

#### Änderungen zum Vorgänger

- Aluminium-Kurbelgehäuse mit thermisch gefügten Grauguss-Zylinderlaufbuchsen
- PIEZO-Injektoren (nur obere Leistungsstufe)
- Kompaktere Rollenschlepphebel
- Zweiteiliger Zylinderkopf
- Versteifungsschale für das Kurbelgehäuse
- Elektrische Kraftstoffpumpe druckgeregelt
- Kraftstofffilterheizung von der DDE angesteuert
- Kurbelwellenhauptlagerdeckel mit Prägung
- Elektronische Ölniveaumessung mit QLT.

#### Weitere Eckdaten

- Ölabscheidung in der Zylinderkopfhäube mit Zyklonabscheidern
- Gebaute Nockenwellen nach dem Presta-Verfahren
- Elektrische Drallklappen (nur obere Leistungsstufe)
- Abgasturbolader mit elektrisch verstellbarer Leitschaufelgeometrie (VNT)
- Oxi-Kat und DPF in einem gemeinsamen, motornahen Gehäuse.

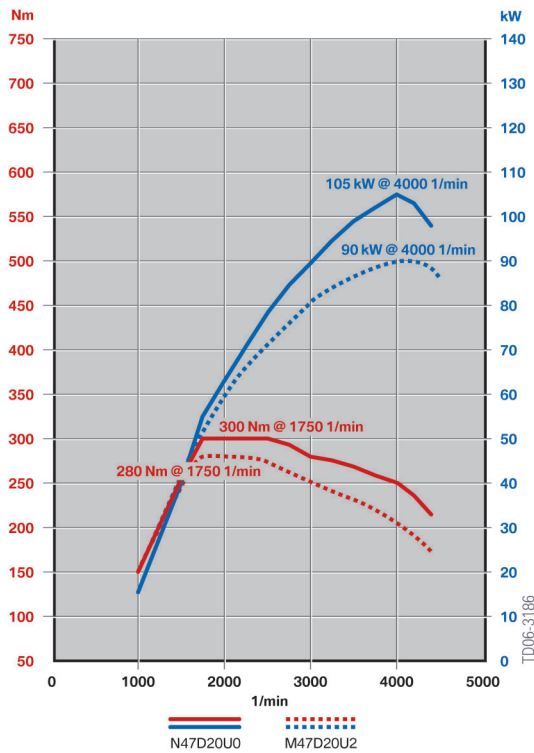
## Technische Daten

Bezeichnung		M47D20U2	N47D20U0	M47D20O2	N47D20O0
Bauart		R4	R4	R4	R4
Hubraum	[cm <sup>3</sup> ]	1995	1995	1995	1995
Hub/Bohrung	[mm]	90/84	90/84	90/84	90/84
Leistung bei Drehzahl	[kW/PS] [1/min]	90/122 4000	105/143 4000	120/163 4000	130/177 4000
Drehmoment (1. Gang) bei Drehzahl	[Nm] [1/min]	240 1750	240 1750	280 2000	280 1750
Drehmoment (Rest) bei Drehzahl	[Nm] [1/min]	280 1750	300 1750	340 2000	350 1750
Abregeldrehzahl	[1/min]	4600	4600	4600	4600
Hubraumleistung	[kW/l]	45,11	52,63	60,15	65,16
Verdichtungsverhältnis	$\epsilon$	17,0	16,0	17,0	16,0
Zylinderabstand	[mm]	91	91	91	91
Ventile/Zylinder		4	4	4	4
Einlassventil $\varnothing$	[mm]	25,9	27,2	25,9	27,2
Auslassventil $\varnothing$	[mm]	25,9	24,6	25,9	24,6
Hauptlagerzapfen $\varnothing$ der Kurbelwelle	[mm]	60	55	60	55
Pleuellagerzapfen $\varnothing$ der Kurbelwelle	[mm]	45	50	45	50
Motorsteuerung		DDE603	DDE7.0	DDE604	DDE7.1
Abgasnorm		EURO 4	EURO 4	EURO 4	EURO 4

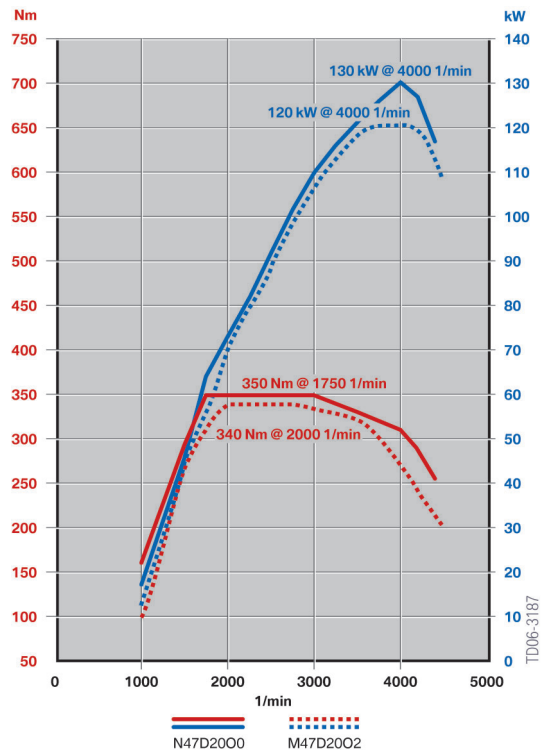
## Volllastdiagramm

Im Vergleich zu seinem Vorgänger zeichnet sich der N47 Motor durch eine höhere

Gesamtleistung und eine fülligere Drehmomentkurve aus.



1 - Volllastdiagramm N47D20U0 im Vergleich zum Vorgänger



2 - Volllastdiagramm N47D20O0 im Vergleich zum Vorgänger





# Systemübersicht.

## N47 Motor.

### Motoridentifikation

#### Motorbezeichnung

In der technischen Dokumentation wird zur eindeutigen Identifizierung des Motors die Motorbezeichnung verwendet.

Den N47 Motor gibt es in folgenden Ausführungen:

- N47D20U0
- N47D20O0

In der technischen Dokumentation finden Sie ebenso die Kurzform der Motorbezeichnung N47, die nur noch die Motortypzuordnung erlaubt.

Es bedeuten:

Index	Erklärung
N	BMW Group "Neue Generation"
4	4-Zylinder-Motor
7	Diesel-Direkteinspritzer
D	Dieselmotor
20	2,0 Liter Hubraum
U/O	Untere/ obere Leistungsstufe
0	Neuentwicklung

#### Motorkennzeichnung und -nummer

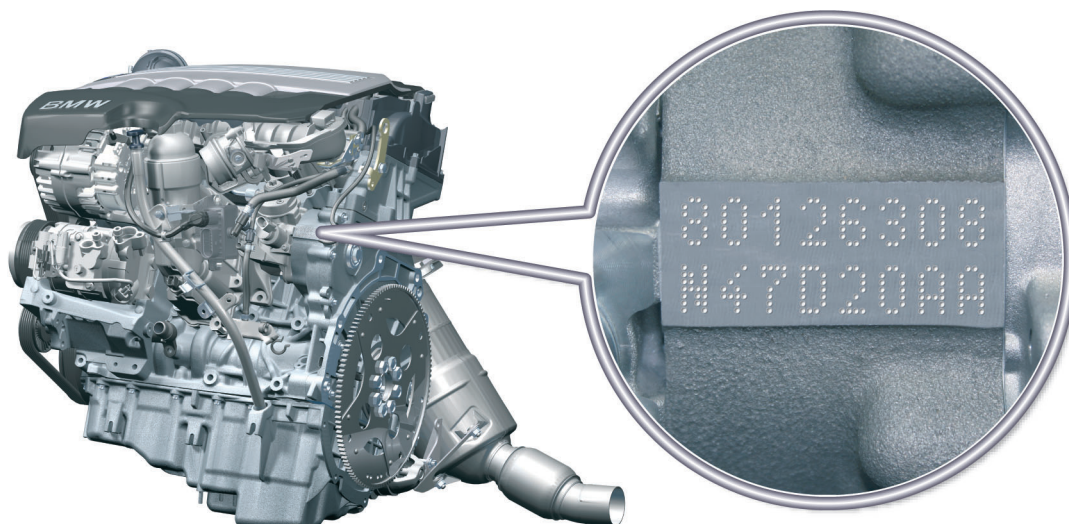
Die Motoren besitzen am Kurbelgehäuse zur eindeutigen Erkennung und Zuordnung eine Kennzeichnung. Diese Motorkennzeichnung ist zudem für die Genehmigung durch die Behörden nötig. Maßgeblich dafür sind die ersten sieben Stellen.

Mit dem N47 Motor wird die Motorkennzeichnung nun auch bei Dieselmotoren auf den neuen Standard

umgestellt, der in den ersten sechs Stellen der Motorbezeichnung gleicht.

Die Motornummer ist eine fortlaufende Nummer, die eine eindeutige Identifizierung jedes einzelnen Motors erlaubt.

Motorkennzeichnung und -nummer befinden sich am Kurbelgehäuse an der Halterung der Kraftstoffhochdruckpumpe.



1 - Motorkennzeichnung und -nummer beim N47 Motor

TD06-3194



# Systemkomponenten. N47 Motor.

## Motormechanik im Überblick

Die Motormechanik teilt sich in drei große Systeme auf:

- Motorgehäuse
- Kurbeltrieb
- Ventiltrieb.

Diese drei Systeme stehen in einem ständigen Zusammenspiel miteinander. Dieses Zusammenspiel hat einen sehr großen Einfluss auf die Motoreigenschaften.

Zunächst werden die wichtigen Zusammenhänge wie Zündabstand und Zündreihenfolge erklärt.

## Zusammenhänge

Die folgende Tabelle zeigt die Eckdaten des N47 Motors bezüglich Zündabstand und Zündreihenfolge.

N47 Motor	
Motorbauart/Zylinderzahl	4-Zylinder-Reihenmotor
Hubzapfenversatz der Kurbelwelle	180°
Zündabstand	180° KW
Zündreihenfolge	1-3-4-2

### Zündabstand

Der Zündabstand ist der Drehwinkel der Kurbelwelle zwischen zwei aufeinander folgender Zündungen.

Während eines Arbeitsspiels hat jeder Zylinder einmal gezündet. Das Arbeitsspiel (ansaugen, verdichten, arbeiten, auslassen) erstreckt sich beim Vier-Takt-Motor über zwei volle Kurbelwellenumdrehungen, also 720° Drehwinkel.

Ein gleichmäßiger Zündabstand sorgt bei allen Drehzahlen für einen gleichmäßigen Motorlauf. Dieser Zündabstand ergibt sich wie folgt:

$$\text{Zündabstand} = 720^\circ : \text{Zylinderzahl}$$

Daraus ergibt sich für einen 4-Zylindermotor wie den N47 ein Zündabstand von 180° KW.

Der Zündabstand wird durch den Hubzapfenversatz (Winkelabstand der Kröpfungen) der Kurbelwelle bestimmt, d. h. den Winkel der Hubzapfen der aufeinander folgenden Zylinder (Zündreihenfolge) zueinander haben.

### Zündreihenfolge

Die Zündreihenfolge ist die Reihenfolge, in der die Zylinder eines Motors nacheinander gezündet werden.

Die Zündreihenfolge ist direkt verantwortlich für einen ruhigen Motorlauf. Sie wird in Abhängigkeit von Motorbauform, Zylinderzahl und Zündabstand ermittelt.

Die Zündreihenfolge wird immer beginnend mit dem ersten Zylinder angegeben.

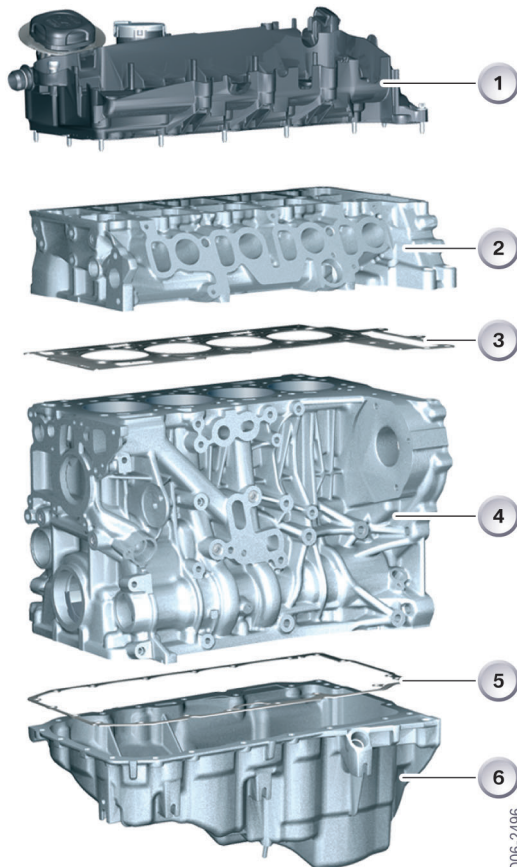
Für einen 4-Zylinder-Reihenmotor hat sich die Zündreihenfolge 1-3-4-2 als optimal erwiesen, die auch beim N47 Motor verwendet werden.

### Zählreihenfolge der Zylinder

Auch wenn beim N47 Motor der Steuertrieb hinten ist, beginnt die Zählreihenfolge, wie bei allen BMW Motoren, gegenüber der kraftabgebenden Seite. Der erste Zylinder ist also vorne.

## Motorgehäuse

Die Grafik zeigt die Bestandteile des Motorgehäuses.



Index	Erklärung
1	Zylinderkopfhaube
2	Zylinderkopf
3	Zylinderkopfdichtung
4	Kurbelgehäuse
5	Ölwanne
6	Ölwanne

Darüber hinaus gehören noch Dichtungen und Schrauben zu diesem System, damit es seine Aufgaben erfüllen kann.

Diese Aufgaben sind im Wesentlichen:

- Aufnahme der im Motorbetrieb entstehenden Kräfte
- Dichtungsfunktionen für Brennraum, Motoröl und Kühlmittel
- Aufnahme von Kurbel- und Ventiltrieb sowie weiteren Bauteilen.

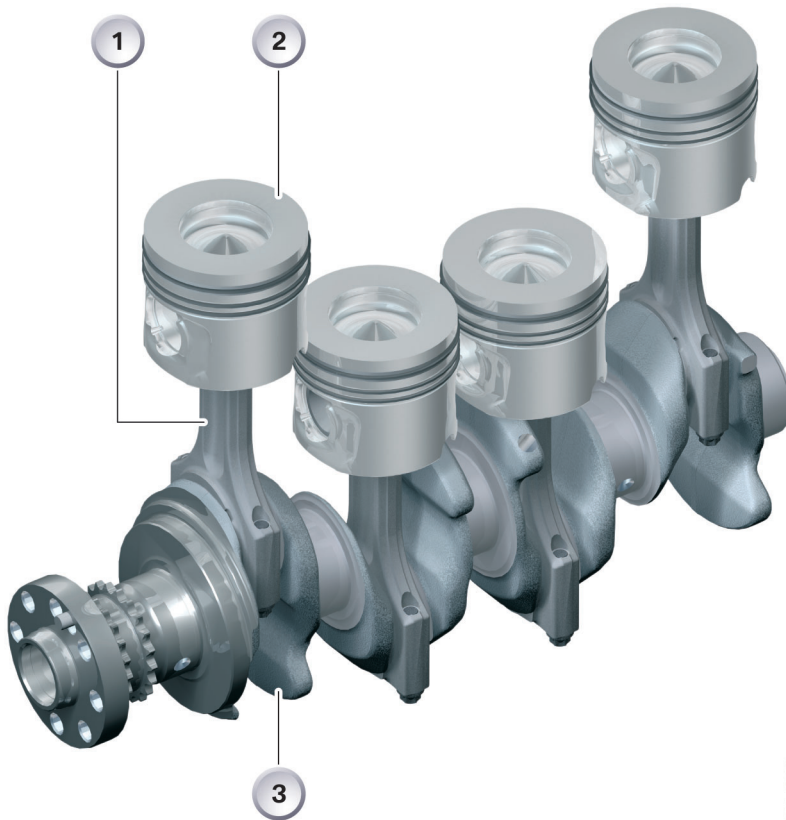
1 - Motorgehäuse N47 Motor

TD06-2496

## Kurbeltrieb

Der Kurbeltrieb, auch als Triebwerk bezeichnet, ist die Funktionsgruppe die den Brennraumdruck in Bewegungsenergie umwandelt. Dabei wird die Auf- und Abbewegung des Kolbens in eine

Drehbewegung an der Kurbelwelle umgewandelt. Der Kurbeltrieb stellt für diese Aufgabe ein Optimum an Arbeitsausbeute, Wirkungsgrad und technischer Realisierbarkeit dar.



TD06-2497

2 - Kurbeltrieb N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Pleuel	3	Kurbelwelle
2	Kolben		

Allerdings ergeben sich folgende technische Grenzen sowie konstruktive Herausforderungen, die es zu lösen gilt:

- Drehzahlbegrenzung wegen der Massenkräfte
- ungleichmäßige Kraftabgabe während eines Arbeitsspiels
- Anregung zu Drehschwingungen, die den Antriebsstrang und die Kurbelwelle belasten
- Zusammenwirken der verschiedenen Reibflächen.



---

## Ventiltrieb

Dem Motor muss zyklisch Frischluft zugeführt werden, während das Abgas, das er erzeugt, abgeführt werden muss. Das Ansaugen von Frischluft und das Ausschleiben von Abgas bezeichnet man als Ladungs- oder Gaswechsel. Im Verlauf der Ladungswechsel werden die Ein- und Auslasskanäle periodisch durch die Ein- und Auslassventile geöffnet und geschlossen.

Als Ein- und Auslassventile kommen Hubventile zum Einsatz. Der zeitliche Verlauf und die Reihenfolge der Ventilbewegungen werden durch die Nockenwelle vorgegeben.

Der gesamte Mechanismus zur Übertragung des Nockenhubes auf das Ventil wird als Ventiltrieb bezeichnet.

Beim N47 Motor sind Kurbelwelle und Nockenwelle über eine Steuerkette

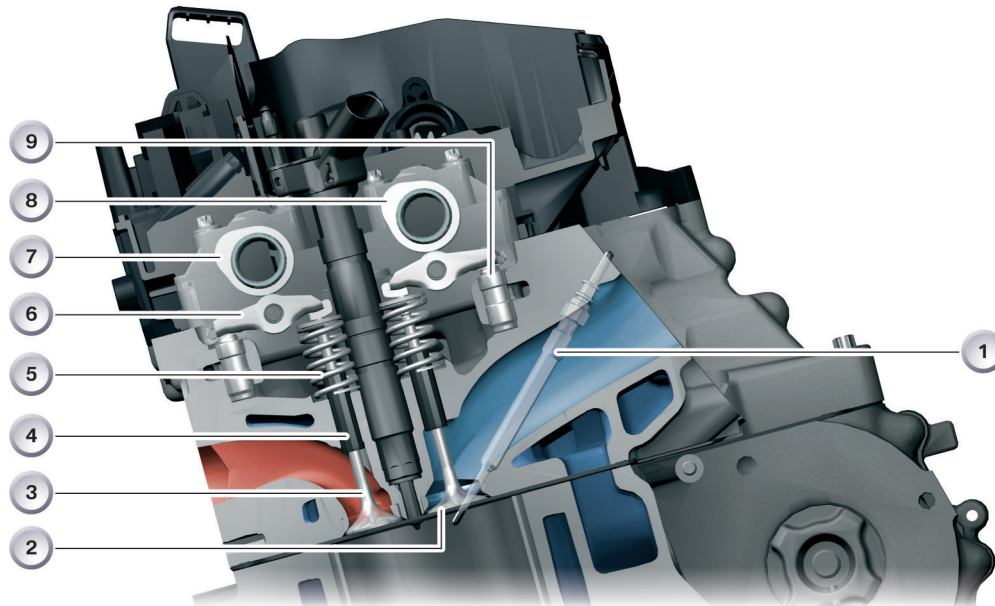
mechanisch verbunden. Die Steuerzeiten sind damit fest vorgegeben.

### Aufbau

Der Ventiltrieb setzt sich zusammen aus folgenden Bauteilen:

- Nockenwellen
- Übertragungselemente (Rollenschlepphebel)
- Ventile (gesamte Baugruppe)
- hydraulischer Ventilspielausgleich (HVA).

Die nachfolgende Grafik zeigt den Aufbau des Ventiltriebs im Vierventilzylinderkopf des N47 Motors.



TD06-2498

3 - Ventiltrieb N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Glühstift	6	Rollenschlepphebel
2	Einlassventil	7	Auslassnockenwelle
3	Auslassventil	8	Einlassnockenwelle
4	Ventilführung	9	HVA-Element
5	Ventilfeder		

### Bauformen

Ventiltriebe gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Man unterscheidet diese nach den folgenden Punkten:

- Anzahl und Lage der Ventile
- Anzahl und Lage der Nockenwellen
- Übertragung der Bewegung auf die Ventile
- Art der Ventilspieleinstellung.

Von den ersten beiden Punkten ist die Bezeichnung des Ventiltriebs abhängig. Diese sind nachfolgend aufgeführt.

Der N47 Motor besitzt wie alle aktuellen BMW Dieselmotoren einen so genannten **dohc** Ventiltrieb.

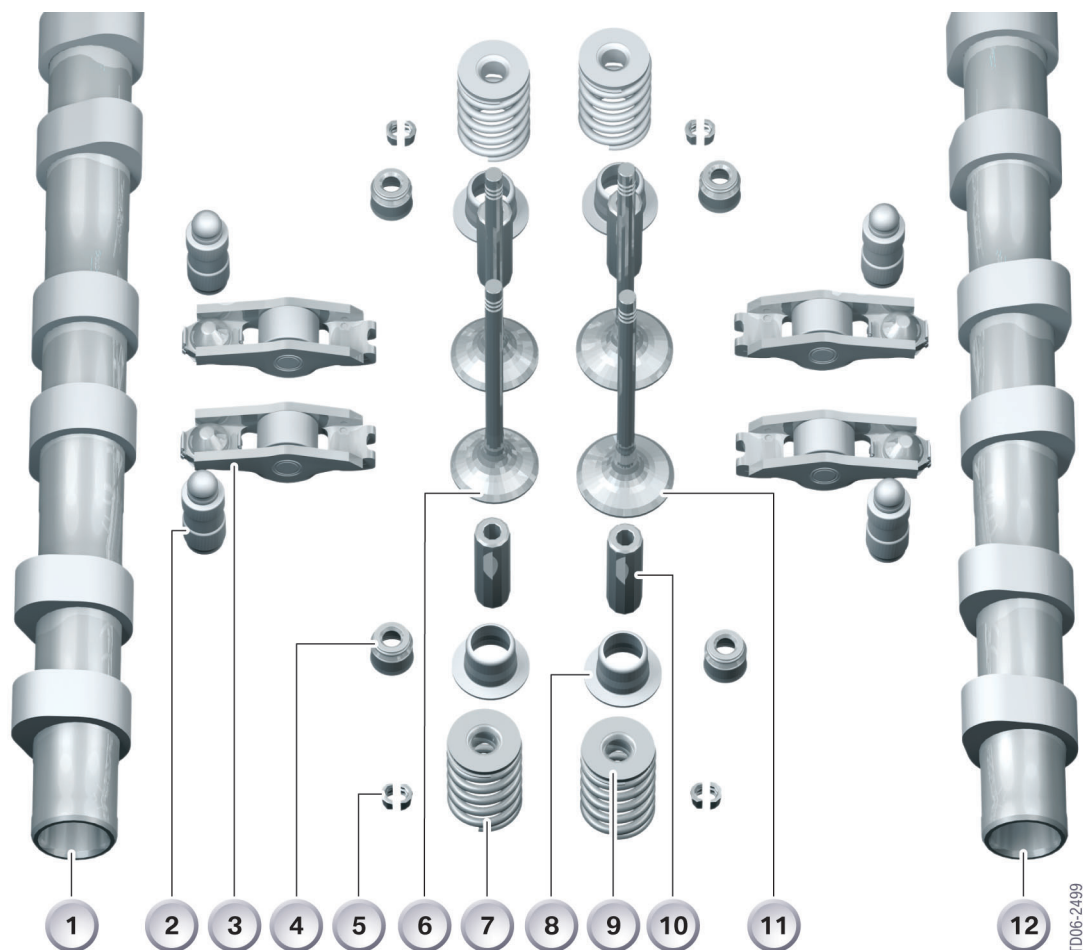
Dies steht für "**d**ouble **o**verhead **c**amshaft" und bedeutet, dass der Motor hängende

Ventile mit zwei oben liegenden Nockenwellen besitzt. Eine Nockenwelle wird für die Einlass- und eine für die Auslassventile genutzt.

Die Übertragung der Nockenbewegung von der Nockenwelle auf das Ventil erfolgt beim N47 Motor ebenso wie bei allen aktuellen BMW Dieselmotoren durch Rollenschlepphebel.

Damit das richtige Spiel zwischen dem Nocken der Nockenwelle und dem so genannten Nockenfolger (Rollenschlepphebel) eingehalten wird, besitzt der N47 Motor einen hydraulischen Ventilspielausgleich (HVA).

Die nachfolgende Grafik zeigt die Bauteile des Ventiltriebs am N47 Motor.



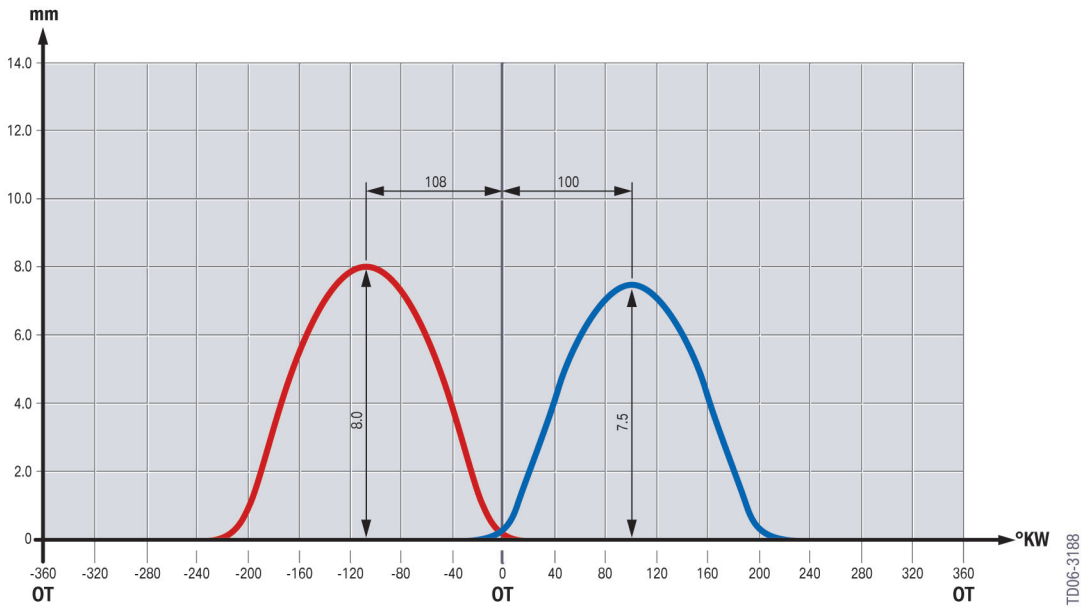
TD06-2499

4 - Ventiltriebskomponenten N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Einlassnockenwelle	7	Ventilfeder
2	HVA-Element	8	Ventilfederteller unten
3	Rollenschlepphebel	9	Ventilfederteller oben
4	Ventilschaftabdichtung	10	Ventilführung
5	Ventilkegelstücke	11	Auslassventil
6	Einlassventil	12	Auslassnockenwelle

Ventilfederteller unten (8) und Ventilschaftabdichtung (4) bilden ein gemeinsames Bauteil.

## Steuerzeitendiagramm



5 - Steuerzeitendiagramm N47 Motor

TD06-3188

		<b>M47TU2 Einlass</b>	<b>N47 Einlass</b>	<b>M47TU2 Auslass</b>	<b>N47 Auslass</b>
Ventildurchmesser	[mm]	25,9	27,2	25,9	24,6
Max. Ventilhub	[mm]	7,5	7,5	7,5	8,0
Spreizung	[°KW]	100	100	108	108
Ventil öffnet	[°KW]	352,0	352,0	142,0	140,7
Ventil schließt	[°KW]	568,0	568,0	364,0	362,5
Ventilöffnungsdauer	[°KW]	216,0	216,0	222,0	221,8

### Einlassventil

Der Durchmesser des Einlassventils wurde im Vergleich zum M47TU2 vergrößert. Bei gleichen Steuerzeiten ergeben sich durch den größeren Öffnungsquerschnitt verbesserte Einströmungseigenschaften, was den Ladungswechsel erleichtert.

### Auslassventil

Beim Auslassventil wurde der Durchmesser im Vergleich zum Vorgänger verkleinert. Durch einen größeren Ventilhub ergeben sich dennoch bessere Strömungseigenschaften beim Ausstoßen. Die Öffnungsdauer wurde minimal verkürzt.

# Kurbelgehäuse

---

## Allgemeines

Das Kurbelgehäuse, auch als Motorblock bezeichnet, umfasst die Zylinder, den Kühlmantel und das Triebwerksgehäuse.

Das Kurbelgehäuse des N47 Motors stellt eine komplette Neuentwicklung dar.

Besonderheiten beim Kurbelgehäuse des N47 Motors sind:

- Kurbelgehäuse aus Aluminium
- Aufnahme der Ausgleichswellen im Kurbelgehäuse
- Aufnahme des Kettentriebes an der Kraft abgebenden Seite

- größtenteils vorgegossene Druckölkanäle
- Hauptlagerdeckel aus Sintermetall.

An weiteren technische Merkmale sind noch zu nennen:

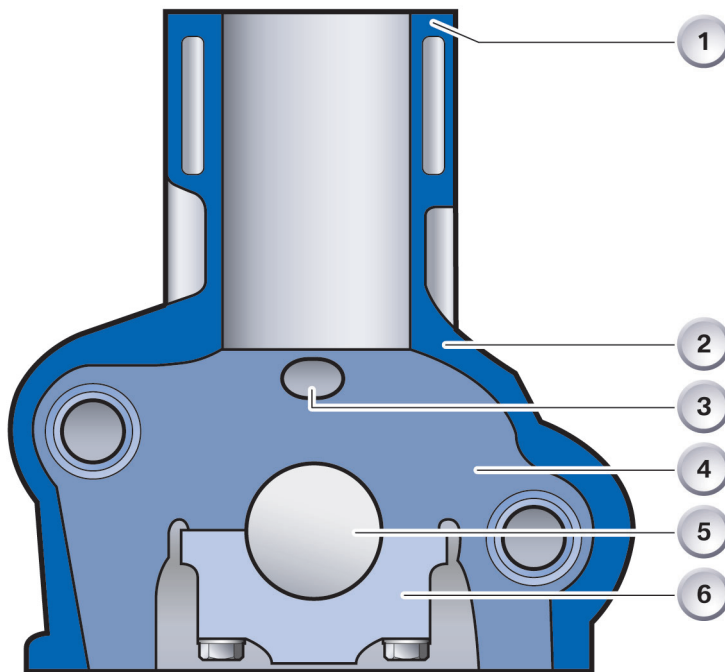
- Closed Deck-Bauart
- Hauptlagerstuhl mit heruntergezogenen Seitenwänden und einzelnen Hauptlagerdeckeln
- geprägte Hauptlagerdeckel
- trockene thermisch gefügte Grauguss-Zylinderlaufbuchsen.



## Aufbau

Zur besseren Beschreibung der Bauform eines Kurbelgehäuses wird dies in verschiedene Bereiche aufgeteilt. Die Bauformen können strukturiert werden nach der Ausführung von:

- Deckplatte
- Hauptlagerstuhlbereich
- Zylinder.



6 - Aufbau Kurbelgehäuse  
N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Deckplatte	4	Lagerstuhl
2	Kurbelgehäuse	5	Bohrung für Kurbelwelle
3	Ventilationsfenster (Durchbruch)	6	Hauptlagerdeckel

### Deckplatte

Die Bauart der Deckplatte beeinflusst sowohl die Wahl des Gießverfahrens, wie auch die Steifigkeit des Kurbelgehäuses. Man unterscheidet zwischen Open-Deck- und Closed Deck-Bauart.

Der N47 Motor ist mit einem Kurbelgehäuse mit Closed Deck-Bauart ausgestattet.

Bei der Closed Deck-Bauart ist die Kurbelgehäusedeckplatte im Bereich um die Zylinder weit gehend geschlossen.

Öffnungen ergeben sich durch Bohrungen und Kanäle für Drucköl, Ölrücklauf, Kühlmittel,

Kurbelgehäuseentlüftung und Zylinderkopfverschraubung.

Die Öffnungen für das Kühlmittel verbinden den Wasserraum der die Zylinder umfasst mit dem Wassermantel im Zylinderkopf.

Diese Bauart hat zwar Nachteile bezüglich der Zylinderkühlung im OT-Bereich jedoch überwiegen die Vorteile gegenüber der Open-Deck-Bauart wie eine höhere Steifigkeit der Deckplatte und damit eine geringere Deckplattenverformung, weniger Zylinderverzug und eine bessere Akustik.

## Hauptlagerstuhlbereich

Die Ausführung des Hauptlagerstuhlbereichs ist deshalb von besonderer Bedeutung, da hier die Kräfte aufgenommen werden, die auf die Kurbelwellenlager wirken.

Die unterschiedlichen Ausführungen werden nach der Trennebene zwischen Kurbelgehäuse und Ölwanne und der Konstruktion der Hauptlagerdeckel strukturiert.

Beim N47 Motor befindet sich die Trennebene unterhalb der Mitte der Kurbelwelle, die Seitenwände des Kurbelgehäuses sind heruntergezogen. Es werden einzelne Hauptlagerdeckel verwendet.

Diese Bauart bietet eine hohe Steifigkeit bei einer günstigen Herstellung.

## Lagerstuhl

Der Lagerstuhl ist die obere Hälfte einer Kurbelwellenlagerstelle im Kurbelgehäuse. Lagerstühle sind immer in den Guss des Kurbelgehäuses integriert.

Beim N47 Motor befinden sich Ventilationsfenster in den Lagerstühlen über der Kurbelwelle.

Bei laufendem Motor wird das Gas im Kurbelraum ständig in Bewegung gehalten. Die Bewegungen der Kolben wirken wie Pumpen auf das Gas. Die Ventilationsfenster verringern diese Verluste, da ein Druckausgleich im gesamten Kurbelgehäuse erleichtert wird.

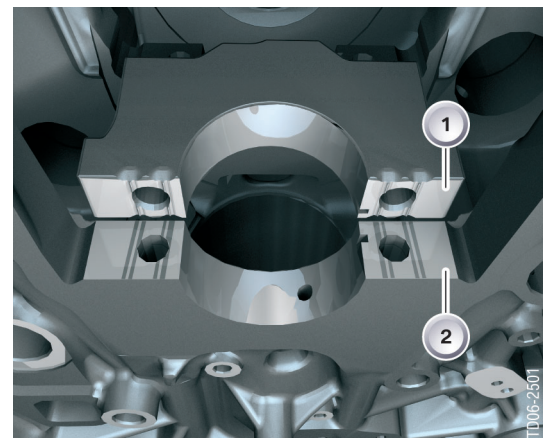
## Hauptlagerdeckel

Die Hauptlagerdeckel bilden den unteren Abschluss zu den Lagerstühlen und werden mit diesen fixiert und verschraubt. Bei der Fertigung des Kurbelgehäuses werden Lagerstuhl und Hauptlagerdeckel gemeinsam bearbeitet. Daher ist die Fixierung der Position zueinander zwingend erforderlich. Dies geschieht üblicherweise über Passhülsen oder seitlich in die Lagerstühle geräumte Flächen. Sind Kurbelgehäuse und Hauptlagerdeckel aus dem gleichen Material, kann der Deckel auch gecrackt werden.

Beim N47 Motor wird eine relativ neue Möglichkeit zur exakten Positionierung angewendet. Dabei handelt es sich um eine Prägung in der Kontaktfläche zwischen Lagerstuhl und Hauptlagerdeckel. Diese Technologie wurde erstmals beim M67TU Motor eingesetzt.

Durch diese Fixierung wird sichergestellt, dass in der Bohrung für die Hauptlager die absolut glatte Übergangsfläche zwischen Lagerstuhl und Hauptlagerdeckel, auch nach erneutem Zusammenbauen erhalten bleibt.

Bei der Prägeverbindung ist der Hauptlagerdeckel mit einem Profil ausgeführt. Beim Erstanzug der Hauptlagerschrauben prägt sich dieses Profil in die gehäuseseitige Lagerstuhlfläche ein und ermöglicht einen Formschluss in Motorquer- und Längsrichtung.



7 - Geprägter Hauptlagerdeckel N47 Motor

Index	Erklärung
1	Hauptlagerdeckel
2	Hauptlagerstuhl

Um den Formschluss in Motorlängsrichtung zu gewährleisten, muss das Profil kürzer sein als die gehäuseseitige Kontaktfläche. So steht das Profil dann nicht über, sondern hat einen Anschlag. Um den Lagerstuhl nicht breiter als notwendig zu machen, ist der Lagerdeckel im Bereich des Profils etwas eingeschnürt.

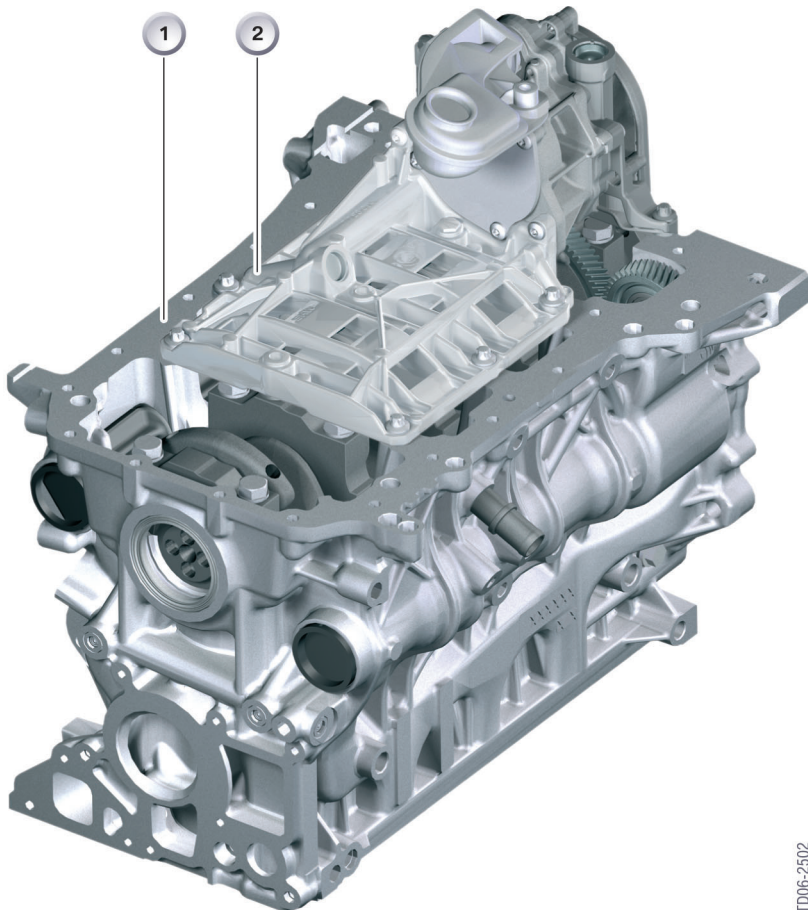
Im Gegensatz zum M67TU werden nur zwei statt sechs Profilelemente pro Kontaktfläche verwendet.

Der Hauptlagerdeckel besteht aus einem Sintereisenwerkstoff, der eine überaus hohe Festigkeit aufweist.

## Versteifungsschale

Für eine zusätzliche Versteifung des Kurbelgehäuses und der Kurbelwellenlagerung sorgt eine von unten an

das Kurbelgehäuse angeschraubte Versteifungsschale.



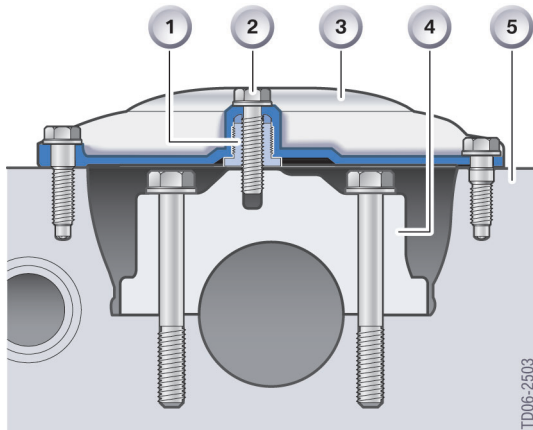
TD06-2502

8 - Kurbelgehäuse mit Versteifungsschale N47 Motor

Index	Erklärung
1	Kurbelgehäuse
2	Versteifungsschale

Die Funktion ist analog zum M67TU Motor, nur dass hier nicht einzelne Versteifungsbügel verwendet werden, sondern eine gemeinsame Versteifungsschale über die drei mittleren Kurbelwellenlager reicht.

Diese Versteifungsschale versteift das Kurbelgehäuse selbst und schafft zusätzlich eine Verbindung zu den Hauptlagerdeckeln. Dazu wird die Versteifungsschale mit dem Kurbelgehäuse und den Hauptlagerdeckeln verschraubt.



9 - Verschraubung der Versteifungsschale am Hauptlagerdeckel

Index	Erklärung
1	Distanzhülse
2	Schraube im Hauptlagerdeckel
3	Versteifungsschale
4	Hauptlagerdeckel
5	Kurbelgehäuse

Um einen definierten Druck auf den Hauptlagerdeckel auszuüben, ist je eine Distanzhülse in die Versteifungsschale eingeschraubt. Nach Verschraubung der Versteifungsschale mit dem Kurbelgehäuse wird die Distanzhülse mit einem definierten Drehmoment gegen den Hauptlagerdeckel angezogen. Anschließend wird die Versteifungsschale mit dem Hauptlagerdeckel verschraubt. Auf diese Weise erhält man ein extrem steifes Gesamtsystem.

**⚠** Vor dem Verbau müssen die Distanzhülsen in der Versteifungsschale unbedingt ganz eingedreht sein, sonst kann es zu Beschädigungen kommen. Beachten Sie unbedingt die Vorgehensweise in der Reparaturanleitung. ◀

Die Versteifungsschale übernimmt gleichzeitig die Funktion eines Ölhobels. Zudem ist sie mit der Öl-/Vakuumpumpe verschraubt und nimmt den Roh- und Reinölkanal auf.

## Zylinder

Als Teil des Brennraums ist der Zylinder hohen thermischen Belastungen und Drücken ausgesetzt. Mit ihrer fein bearbeiteten Oberfläche sorgt die Zylinderlaufbahn für gute Gleit- und Dichtfunktionen im Zusammenspiel mit den Kolbenringen. Zudem führt der Zylinder die Wärme an das Kurbelgehäuse oder direkt an das Kühlmittel ab.

Da der Aluminiumwerkstoff des Kurbelgehäuses den Anforderungen nicht gerecht wird, besitzt der N47 Motor Zylinderlaufbuchsen.

Diese bestehen aus Grauguss und sind thermisch gefügt. Thermisch gefügt bedeutet, die kalten Zylinderlaufbuchsen werden in das erhitze Kurbelgehäuse eingeschoben. Beim Abkühlen zieht sich das Kurbelgehäuse zusammen, was für einen festen Sitz der Zylinderlaufbuchsen sorgt.

Im N47 Motor kommen so genannte trockene Buchsen zum Einsatz. Das heißt, die Zylinderlaufbuchse hat keinen direkten Kontakt zum Wassermantel. Der Wassermantel wird komplett vom Kurbelgehäuseguss umschlossen.

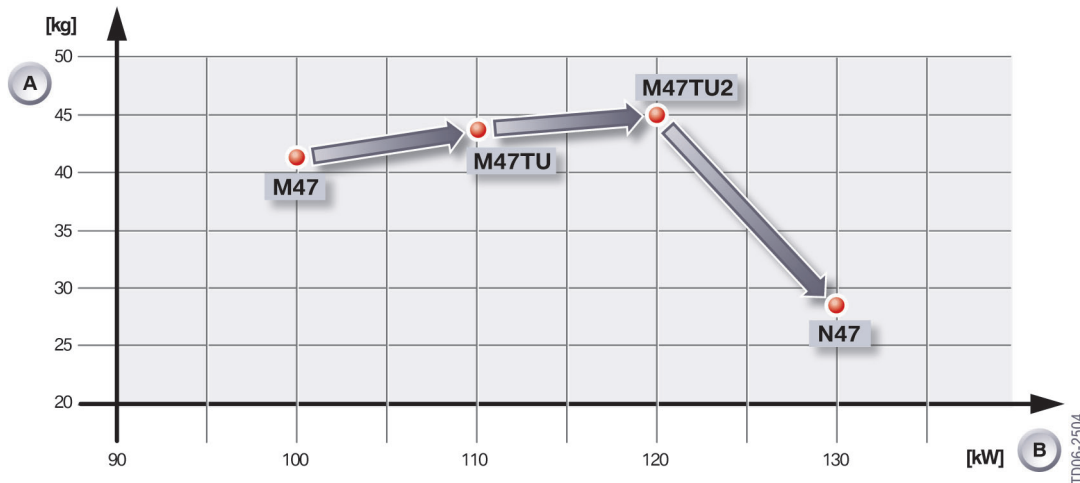
## Material

Der N47 Motor besitzt ein Kurbelgehäuse aus Aluminiumlegierung, während der M47 Motor bis zuletzt mit einem Grauguss Kurbelgehäuse gefertigt wurde. Eingeführt wurden Aluminiumkurbelgehäuse beim M67TU und M57TU2 Motor.

Das Kurbelgehäuse ist eines der schwersten Einzelbauteile im gesamten Fahrzeug. Und es sitzt an der für die Fahrdynamik kritischen Stelle über der Vorderachse. Daher ist es sinnvoll, die Potenziale zur Gewichtsreduzierung voll auszuschöpfen.

Die Dichte von Aluminiumlegierungen beträgt etwa ein Drittel im Vergleich zu Grauguss. Dies lässt sich aber nicht 1:1 in einen Gewichtsvorteil umrechnen, da durch die geringere Festigkeit dieses Kurbelgehäuse stärker ausgeführt werden muss. Dennoch

ergibt sich bei der Verwendung ein beachtlicher Gewichtsvorteil. So ist das Kurbelgehäuse des N47 Motors 38 % leichter als das des M47TU2 und das bei gesteigerter Motorleistung.



10 - Entwicklung von Kurbelgehäusegewicht und Motorleistung

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Gewicht des Kurbelgehäuses	B	Motorleistung

Motor	Leistung	Gewicht des Kurbelgehäuses
M47	100 kW	43 kg
M47TU	110 kW	44 kg
M47TU2	120 kW	45 kg
N47	130 kW	28 kg

Weitere Eigenschaften von Aluminiumlegierungen sind:

- gute Wärmeleitfähigkeit
- gute chemische Beständigkeit
- günstige Festigkeitseigenschaften
- gute spanende Bearbeitbarkeit.

Reines Aluminium eignet sich nicht als Gusswerkstoff für Kurbelgehäuse, da die Festigkeitseigenschaften ungenügend sind. Deshalb wird für das Kurbelgehäuse des N47 Motors die Legierung AlSi8Cu3 wärmebehandelt verwendet, die sich bei BMW Motoren bereits vielfach bewährt hat.

# Zylinderkopf mit Deckel

---

## Allgemeines

Der zusammengebaute Zylinderkopf bestimmt wie kaum eine andere Baugruppe des Motors die Eigenschaften in Hinblick auf das Betriebsverhalten wie Leistungsausbeute, Drehmoment- und Abgasemissionsverhalten, Kraftstoffverbrauch und Akustik. Im Zylinderkopf wird fast die gesamte Motorsteuerung umgesetzt.

Der Zylinderkopf des N47 Motors entspricht weitgehend den Standards der aktuellen Dieselmotoren. Eine Besonderheit ist jedoch, dass der Zylinderkopf aus zwei großen Gussteilen besteht. Die Nockenwellen werden von einem eigenen Nockenwellenträger aufgenommen.

Folgende technische Merkmale zeichnen den Zylinderkopf des N47 Motors aus:

- Material: AISI7MgCu0,5
- zweiteiliger Zylinderkopf mit Nockenwellenträger
- Querstromkühlung
- integrierter AGR-Kanal
- vier Ventile pro Zylinder
- parallele Ventilanordnung (achsparell zu den Zylinderachsen)
- Tangential- und Drallkanal.

---

## Aufbau

Die Formgebung des Zylinderkopfes wird sehr stark von den Bauteilen bestimmt, die er aufnimmt. Folgende Faktoren beeinflussen im Wesentlichen die Form des Zylinderkopfes:

- Lage und Anzahl der Ventile
- Lage und Anzahl der Nockenwellen
- Lage der Glühstifte
- Lage der Injektoren und Einspritzverfahren

- Form der Kanäle zum Gaswechsel.

Eine Anforderung an den Zylinderkopf ist eine möglichst kompakte Bauform.

Im Wesentlichen unterscheidet man Zylinderköpfe nach folgenden Kriterien:

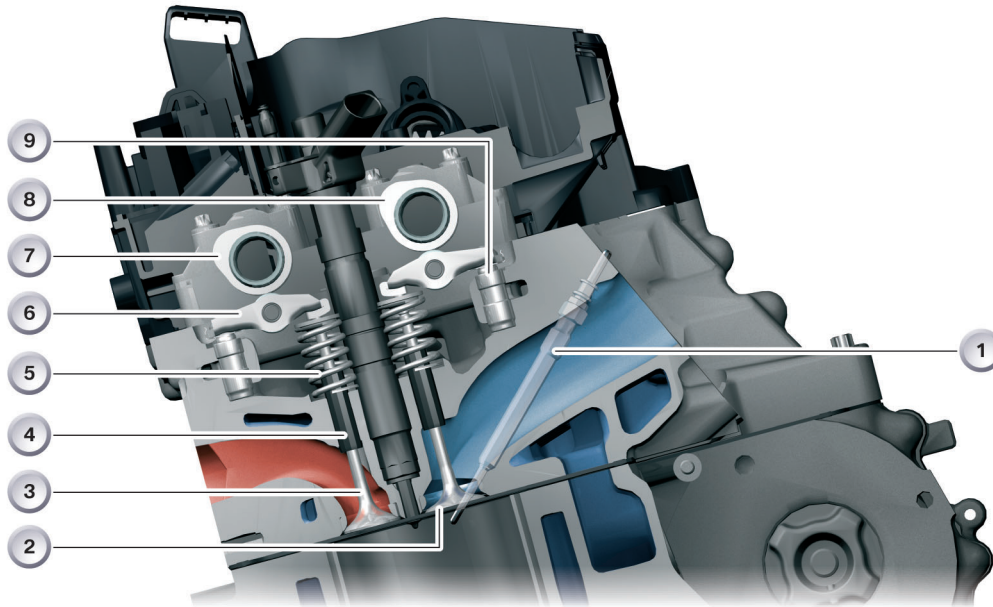
- Anzahl der Bauteile
- Anzahl der Ventile
- Kühlkonzept.



## Zweiteiliger Zylinderkopf

Ein Zylinderkopf wird dann als zweiteilig bezeichnet, wenn er aus zwei großen Gussteilen besteht. Schrauben, Lagerdeckel und kleine Anbauteile zählen hier nicht.

Im Falle des N47 Zylinderkopfes handelt es sich um das Hauptgussteil, quasi der eigentliche Zylinderkopf und einen Träger für die Nockenwellen.



11 - Zylinderkopf N47 Motor

TD06-2498

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Glühstift	6	Rollenschlepphebel
2	Einlassventil	7	Auslassnockenwelle
3	Auslassventil	8	Einlassnockenwelle
4	Ventilführung	9	HVA-Element
5	Ventilfeder		

In diesem Nockenwellenträger werden beide Nockenwellen gelagert. Dieser Aufbau vereinfacht das Herstellungsverfahren.

Der Nockenwellenträger besteht aus der Aluminium-Silizium-Legierung AlSi9Cu3(Fe).

### Anzahl der Ventile

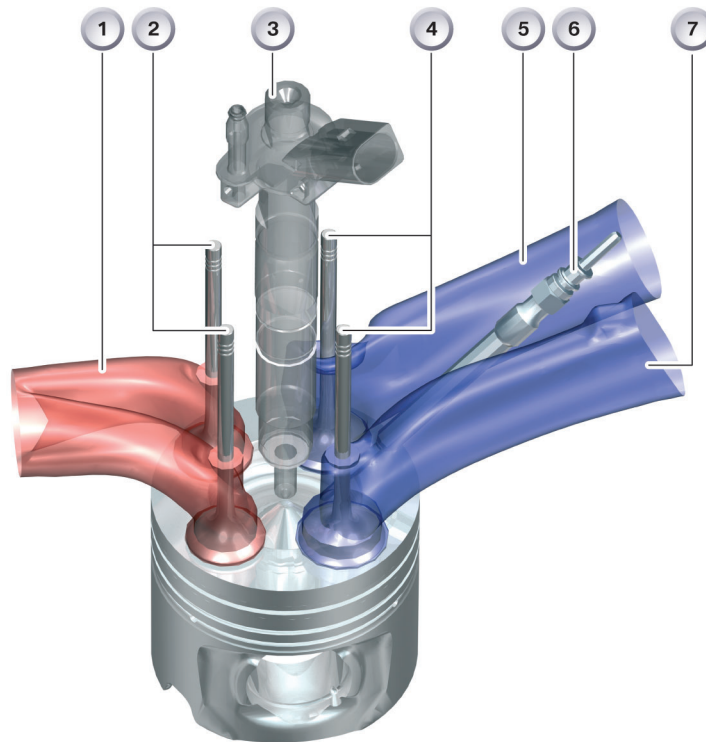
Der N47 Motor besitzt vier Ventile pro Zylinder. Seit dem M47 Motor werden BMW Dieselmotoren ausschließlich mit diesem Ventilkonzept ausgestattet, da dieses einen

besseren Ladungswechsel und einen größeren Füllungsgrad der Brennräume ermöglicht als das der Zweiventilmotoren.

Der Grund hierfür ist eine im Vergleich zu zwei Ventilen größere Gesamtventilfläche und damit ein besserer Strömungsquerschnitt. Der Vierventilzylinderkopf erlaubt zudem die zentrale Anordnung des Injektors. Diese Kombination ist notwendig, um eine hohe spezifische Leistung bei geringen Abgasemissionen zu gewährleisten.

## Gaswechselkanäle

Durch das Vierventilkonzept besitzt der Motor zwei Ein- und zwei Auslasskanäle im Zylinderkopf.



TD06-2505

12 - Gaswechselkanäle im Zylinderkopf N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Auslasskanäle	5	Drallkanal
2	Auslassventile	6	Glühstift
3	Injektor	7	Tangentialkanal
4	Einlasskanäle		

Bei den Einlasskanälen unterscheidet man zwischen dem Drall- und Tangentialkanal, die für eine optimale Gemischbildung und Zylinderfüllung sorgen. Drall- und Tangentialkanal trennen sich bereits in der Sauganlage und werden im Zylinderkopf getrennt voneinander geführt.

Die Auslasskanäle werden pro Zylinder bereits im Zylinderkopf zusammengeführt, sodass jeweils nur ein Auslasskanal in den Auslasskrümmer mündet.

### Kühlkonzept

Grundsätzlich ist das Thema Kühlung separat beschrieben. Jedoch unterscheidet man den Zylinderkopf nach der Art der Kühlung, da es hier unterschiedliche konstruktive Konzepte gibt.

- Querstromkühlung
- Längsstromkühlung
- Kombination aus beidem.

Beim N47 Motor handelt es sich, wie bei allen aktuellen BMW Dieselmotoren, um einen Zylinderkopf mit Querstromkühlung.

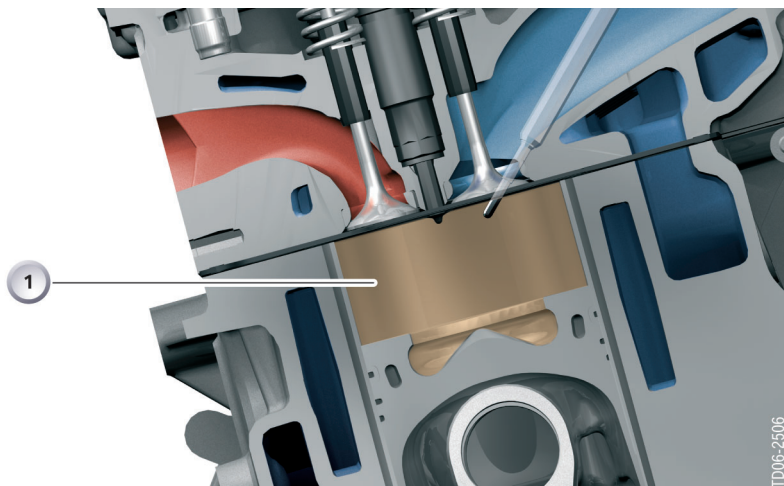
Bei der Querstromkühlung fließt das Kühlmittel von der heißen Auslassseite zur kühlen Einlassseite. Dies hat den Vorteil, dass im gesamten Zylinderkopf eine gleichmäßige Wärmeverteilung vorherrscht. Dies verhindert auch zusätzliche Druckverluste im Kühlkreislauf.



## Brennraumdach

Der Zylinderkopf bildet als oberer Abschluss des Zylinders das Brennraumdach. Zusammen mit der Kolbengeometrie bestimmt er die Form des Brennraums. Der Brennraum ist das Volumen, das vom Kolben,

dem Zylinderkopf und den Zylinderwänden begrenzt wird. Die Form des Brennraums ist von entscheidender Bedeutung für die Gemischbildung.



13 - Brennraumform N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Brennraum		

Der N47 Motor bildet ein flaches Brennraumdach. Im Gegensatz zu den aktuellen BMW Dieselmotoren sind die Ein-

und Auslassventile parallel zueinander angeordnet.

## Zylinderkopfhaube

Die Zylinderkopfhaube wird häufig auch als Zylinderkopfabdeckung oder Ventildeckel bezeichnet. Sie bildet den oberen Abschluss des Motorgehäuses.

Die Zylinderkopfhaube des N47 Motors erfüllt folgende Aufgaben:

- Abdichtung des Zylinderkopfs nach oben
- akustische Dämpfung
- Aufnahme der Blow-by-Gas-Ausleitung aus dem Kurbelgehäuse, des Ölabscheidungssystems und des Druckregelventils der Kurbelgehäuseentlüftung
- Aufnahme Rails des Kraftstoffsystems
- Aufnahme des Nockenwellensensors

- Aufnahme des Öleinfüllstutzens
- Aufnahme von Leitungsdurchführungen.

Damit eine gute akustische Dämpfung erreicht wird, wird die Zylinderkopfhaube vom Zylinderkopf teilkoppelt. Dies wird durch Elastomer-Dichtungen erreicht.

Die Zylinderkopfhaube des N47 Motors besteht aus Kunststoff.

Der Einsatz von Kunststoff als Werkstoff bei der Herstellung von Zylinderkopfhauben hilft, gegenüber Aluminium Gewicht einzusparen. Zudem hat dieses Material hervorragende Eigenschaften bei der Schalldämmung und es lassen sich sehr komplexe Geometrien fertigen.

## Zylinderkopfdichtung

Die Zylinderkopfdichtung (ZKD) ist in jedem Verbrennungsmotor ein sehr wichtiges Bauteil. Sie ist enormen thermischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt.

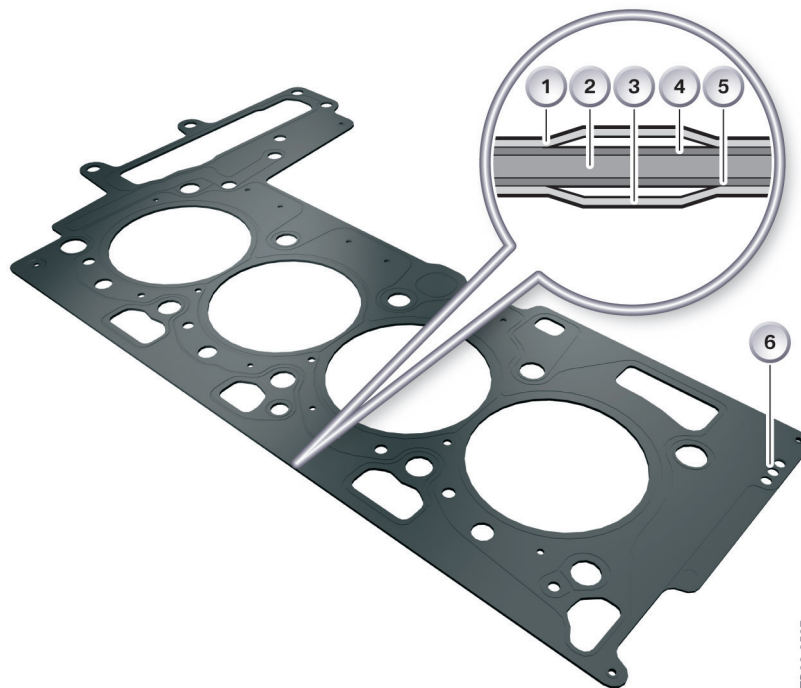
Die ZKD muss in der Lage sein, vier Zonen gegeneinander abzudichten. Das sind:

- Brennraum
- Atmosphäre

- Motorölkanäle
- Kühlwasserkanäle.

Zylinderkopfdichtungen werden im Allgemeinen nach Weichstoffdichtungen und Metallstoffdichtungen unterschieden.

Beim N47 Motor wird eine dreilagige Metallstoffdichtung verwendet.



TD06-2507

14 - Zylinderkopfdichtung  
N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	äußere Federstahllage	4	innere Federstahllage
2	Zwischenlage mit aufgeschweißter Stopperbrille	5	innere Federstahllage
3	äußere Federstahllage	6	Kennzeichnung der ZKD-Stärke

Metallstoffdichtungen finden Anwendung bei hoch beanspruchten Motoren. Diese Dichtungen bestehen heute aus mehrlagigen Stahlblecheinlagen. Das Hauptmerkmal einer Metallstoffdichtung besteht darin, dass die Abdichtung im Wesentlichen durch integrierte Sicken- und Stopperlagen in den Federstahleinlagen bestimmt wird. Die Verformungseigenschaften der metallischen ZKD ermöglichen zum einen eine optimale Anpassung an die Bauteile im Zylinderkopfbereich und zum anderen ein hohes Maß an Rückfederungen zur Ausgleichung von Bauteilverformungen. Solche Rückfederungen treten durch thermische und mechanische Belastungen auf.

Die vier Federstahllagen Lagen (Funktionslagen) der ZKD bestehen aus einem Federband. Auf der Zwischenlage (Distanzlage) ist die Stopperbrille aufgeschweißt. Alle Lagen sind aus nichtrostendem Stahl. Zusätzliche teilweise Beschichtungen optimieren die Funktion der ZKD.

Die Zylinderkopfdichtung kann in drei verschiedenen Stärken, abhängig vom jeweiligen Kolbenüberstand, bestellt werden. Die Stärke wird in der Zylinderkopfdichtung durch Löcher gekennzeichnet, wobei ein Loch die dünnste und drei Löcher die stärkste bedeuten.

# Ölwanne

## Allgemeines

Die Ölwanne stellt den unteren Abschluss des Motorgehäuses dar. Beim N47 Motor befindet sich der Ölwannenflansch wie bei allen BMW Motoren unterhalb der Mitte der Kurbelwelle.

Die Ölwanne des N47 Motors erfüllt folgende Aufgaben:

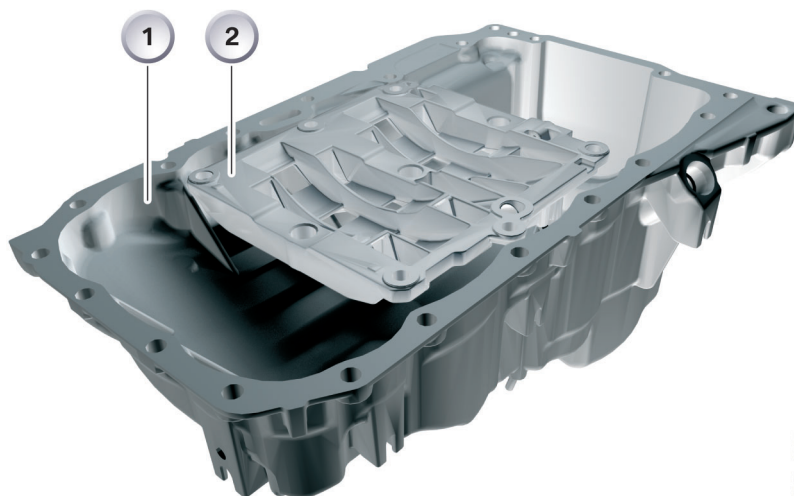
- Behälter zur Aufnahme des Motoröls
- Sammelbehälter für rücklaufendes Motoröl
- Unterer Abschluss des Kurbelgehäuses
- Versteifung von Motor und Getriebe
- Aufnahme des Thermischen Ölniveausensors
- Aufnahme des Ölmesstab-Führungsrohres

- Aufnahme einer Ölablassschraube
- Akustische Dämpfung.

Ölwannen werden entweder aus Aluminiumdruckguss oder aus doppelwandigem Stahlblech hergestellt.

Die Ölwanne besteht aus Aluminiumdruckguss.

Der Ölhobel ist beim N47 Motor nicht in die Ölwanne integriert, sondern in die Versteifungsschale des Kurbelgehäuses integriert. Durch den Einsatz eines Ölhobels wird das Öl schneller von der Kurbelwelle entfernt. Ölprallbleche verhindern zusätzlich ein zu starkes Aufschäumen des Spritzöls.



TD06-2508

15 -

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Ölwanne	2	Versteifungsschale mit Ölhobel

Als Dichtung wird eine Blechträgerdichtung mit einer Elastomerspur eingesetzt. Das Blechträgermaterial ist Aluminium. Korkdichtungen, die in der Vergangenheit eingesetzt wurden, wiesen ein Setzverhalten auf, das zu einem Lösen der Verschraubung führen konnte.

⚠ Damit die Funktion der Dichtung sichergestellt ist, darf bei der Montage kein Öl

auf die Gummierung gelangen. Unter Umständen könnte die Dichtung von der Dichtfläche gleiten. Deshalb müssen die Flanschflächen direkt vor der Montage gereinigt werden. Zudem muss gewährleistet sein, dass das Öl aus dem Motor abgetropft ist, damit bei der Montage weder die Flanschflächen noch die Dichtung mit Öl benetzt werden. ◀

## Gehäuseentlüftung

---

### Allgemeines

Wenn der Motor läuft, gelangen Gase (sog. Blow by-Gase) vom Zylinder in den Kurbelraum.

Die Blow by-Gase enthalten unverbrannten Kraftstoff und alle Bestandteile des Abgases. Im Kurbelraum vermischen sie sich mit Motoröl, das dort u. a. in Form von Ölnebel vorhanden ist.

Die Menge der Blow by-Gase ist abhängig von der Last. Es entsteht ein Überdruck im Kurbelraum, der durch die Kolbenbewegung auch drehzahlabhängig ist. Dieser Überdruck liegt in allen mit dem Kurbelraum verbundenen Hohlräumen (z. B. Ölrücklauf,

Kettenschacht etc.) an und würde zu einem Ölaustritt an den Dichtungsstellen führen.

Die Gehäuseentlüftung verhindert dies. Sie führt weit gehend motorölfreie Blow by-Gase in das Reinluftrohr vor dem Turbolader und die Motoröltropfen über ein Ölrücklaufrohr in die Ölwanne. Zusätzlich sorgt die Gehäuseentlüftung dafür, dass kein Überdruck im Gehäuse entsteht.

Der N47 Motor ist mit einer unterdruckgeregelten Gehäuseentlüftung ausgestattet und verfügt über drei Zyklonabscheider um das Motoröl von dem Blow by-Gas zu trennen.

### Unterdruckgeregelte Gehäuseentlüftung

---

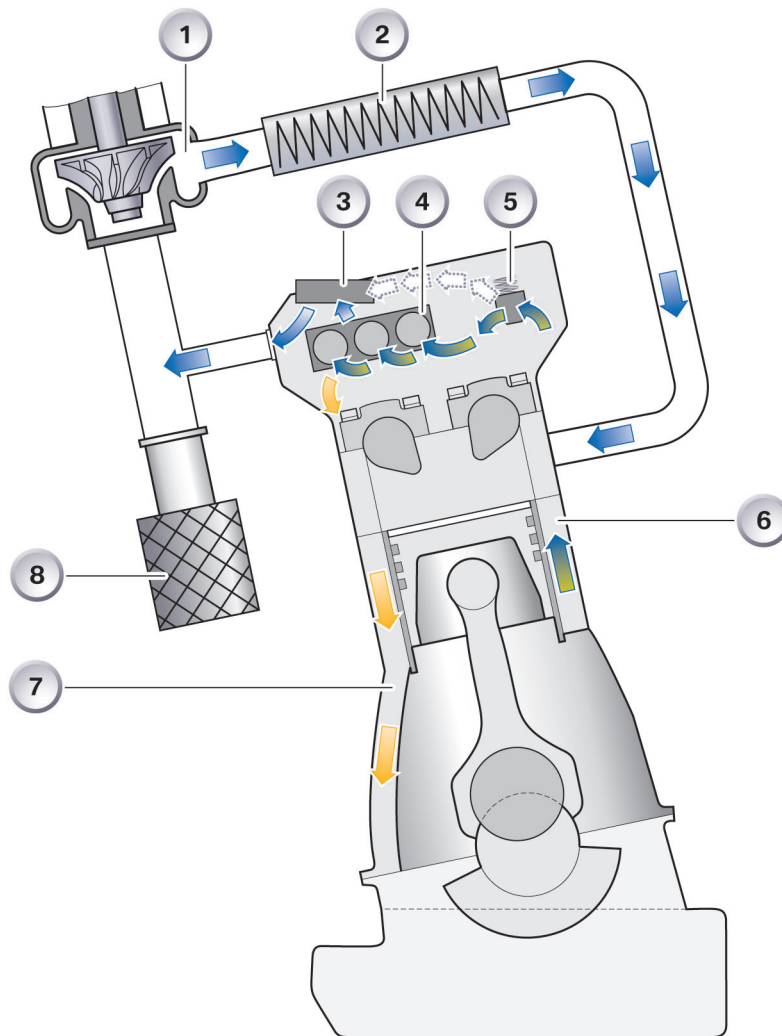
Die unterdruckgeregelte Gehäuseentlüftung wurde bei BMW Dieselmotoren mit dem M51TU Motor eingeführt und ist seither Standard.

Bei der unterdruckgeregelten Gehäuseentlüftung sorgt ein Druckregelventil dafür, dass der Unterdruck im Kurbelgehäuse auf ein definiertes Maß begrenzt wird. Ein zu hoher Unterdruck im Kurbelgehäuse könnte zu einem Versagen der Kurbelwellendichtringe führen. Frischluft würde in den Kurbelraum eingesaugt und zu einer Ölverschlämzung führen. Die Ölabscheidung könnte bei der großen Menge an Blow by-Gasen nicht die gesamte Menge

an Öl abtrennen. Dies würde sich durch blauen Rauch im Abgas äußern.

Bei der Gehäuseentlüftung des N47 Motors ist der Kurbelraum über folgende Komponenten mit dem Reinluftrohr nach dem Luftfilter verbunden.

- Entlüftungskanal
- Beruhigungsraum
- Blow by-Kanal
- Zyklon-Ölabscheider
- Druckregelventil.



TD06-2516

16 - Unterdruckregelte  
Kurbelgehäuseentlüftung  
N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Abgasturbolader	5	Überströmventil
2	Ladeluftkühler	6	Blow by-Kanal
3	Druckregelventil	7	Ölrücklaufkanal
4	Zyklonabscheider	8	Luftfilter

Im Reinluftrohr herrscht auf Grund der Saugleistung des Abgasturboladers ein Unterdruck.

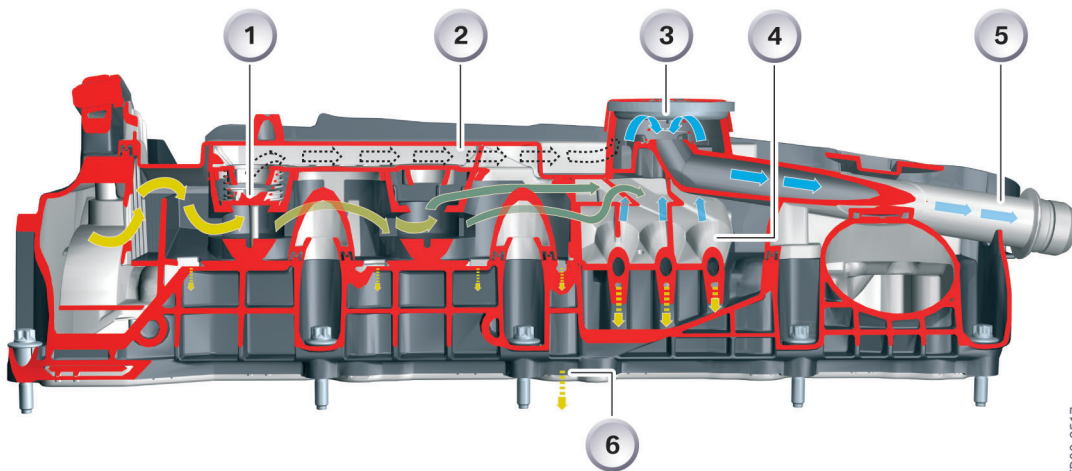
Durch die Druckdifferenz zum Kurbelgehäuse wird das Blow by-Gas in den Zylinderkopf gesaugt.

Im Zylinderkopf gelangt das Blow by-Gas zunächst in den Beruhigungsraum. Der

Beruhigungsraum dient dazu, dass kein Spritzöl, z. B. von den Nockenwellen, in die Kurbelgehäuseentlüftung gelangt. Dazu ist im N47 Motor ein Ölprallblech an der Unterseite der Zylinderkopfhaube befestigt. Eine erste Vorabscheidung findet dann bereits im Beruhigungsraum statt. Das Öl, das sich dort an den Wänden ablegt, fließt zurück in den Zylinderkopf.

Das Blow by-Gas strömt vom Beruhigungsraum zu den Zyklonabscheidern, in denen es vom Motoröl getrennt wird. Das abgeschiedene Motoröl fließt in die Ölwanne zurück. Im Zyklonabscheider werden zusätzlich Gasschwingungen abgebaut. Damit

wird eine Anregung der Membran im Druckregelventil vermieden. Das gereinigte Blow by-Gas gelangt durch das Druckregelventil hindurch in das Reinluftrohr vor den Abgasturbolader.



TD06-2517

17 - Ölabscheidung in der Zylinderkopffhaube N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Überströmventil	4	Zyklonabscheider
2	Umgehungskanal für Kollapsabsicherung	5	Blow by-Einleitung zum Ansaugsystem
3	Druckregelventil	6	Ölrücklauf zur Ölwanne

### Druckregelventil

Das Druckregelventil hat die Aufgabe, im Kurbelgehäuse einen möglichst konstanten Unterdruck zu gewährleisten.

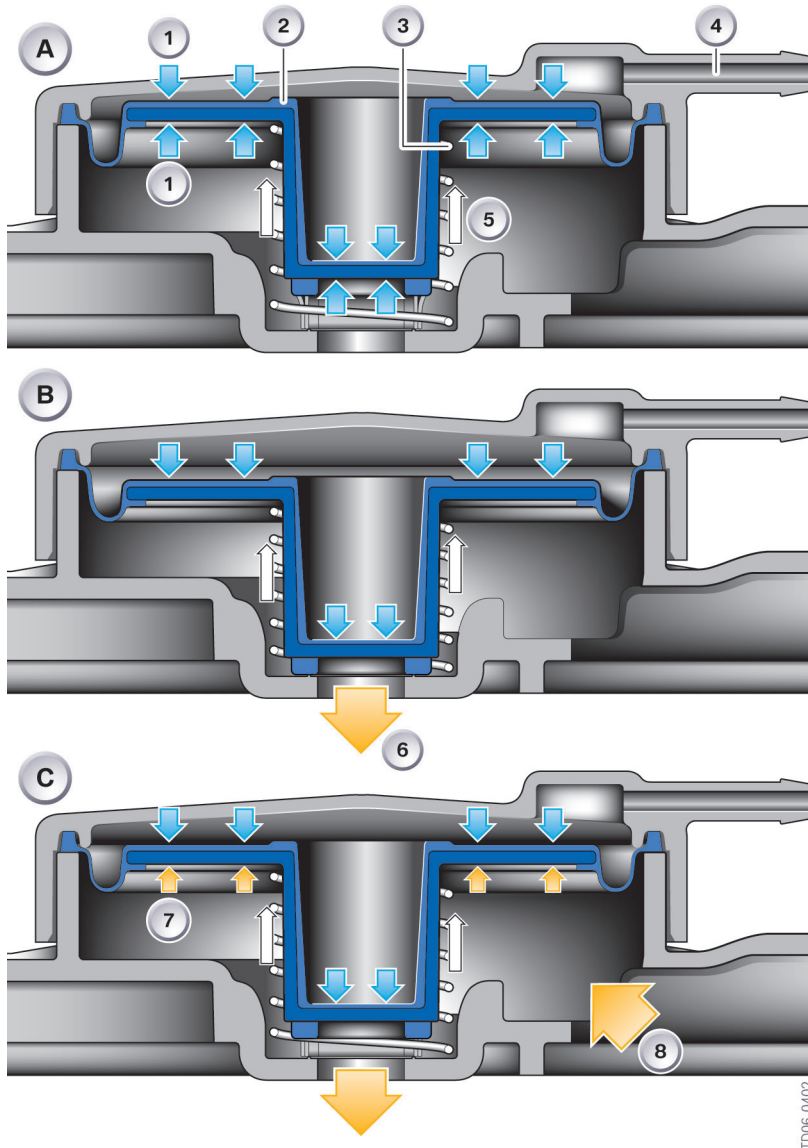
Die nachfolgende Grafik stellt das Druckregelventil in drei verschiedenen Betriebsarten dar.

Die Rückstellkraft der Druckfeder (3) befindet sich im Regelbetrieb im Gleichgewicht mit der durch den Gehäuseunterdruck beaufschlagten Rollmembrane (2).

Die Rückseite der Membrane ist durch eine Bohrung im Gehäuse (4) mit dem

Atmosphärendruck verbunden. Steigt der Kurbelgehäusedruck, so vergrößert sich der Öffnungsquerschnitt im Druckregelventil. Durch den Unterdruck im Reinluftrohr werden Blow by-Gase abgesaugt, bis der Druck im Kurbelgehäuse soweit sinkt, dass die Membrane den Öffnungsquerschnitt verschließt.

Bei verstopften Luftfilter oder z. B. Schnee im Ansaugschornochel schließt der starke Unterdruck das Druckregelventil. Dadurch wird verhindert, dass Öl in den Ansaugtrakt gesaugt wird.



TD06-0402

18 - Regelvorgang des Druckregelventils

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Druckregelventil offen beim Motorstillstand	4	Verbindung zum Umgebungsdruck
B	Druckregelventil geschlossen im Leerlauf oder Schiebetrieb	5	Federkraft der Druckfeder
C	Druckregelventil im Regelbetrieb bei Last	6	Unterdruck der Sauganlage
1	Umgebungsdruck	7	Wirksamer Unterdruck im Gehäuse
2	Rollmembrane	8	Blow by-Gas aus dem Kurbelgehäuse
3	Druckfeder		



## Regelvorgang

Bei Motorstillstand ist der Druckregler offen (Zustand A). Auf beiden Seiten der Membrane liegt der Umgebungsdruck an, d. h. die Membrane wird mittels Federkraft voll geöffnet.

Wird der Motor gestartet, steigt der Unterdruck im Saugrohr und das Druckregelventil schließt (Zustand B). Dieser Zustand stellt sich immer im Leerlauf oder im Schiebetrieb ein, da hier kein Blow by-Gas entsteht. Auf der Innenseite der Rollmembrane liegt also ein großer relativer Unterdruck (zum Umgebungsdruck) an. Dadurch schließt der Umgebungsdruck, der an der Außenseite der Rollmembrane anliegt, das Ventil gegen die Federkraft.

Durch Last und Drehzahl wird Blow by-Gas produziert. Das Blow by-Gas (8) verringert den relativen Unterdruck, der auf die Rollmembrane wirkt. Dadurch kann die Druckfeder das Ventil öffnen und es wird Blow by-Gas angesaugt. Das Ventil wird soweit geöffnet, bis sich ein Gleichgewicht aus Umgebungsdruck und Gehäuseunterdruck plus Federkraft einstellt (Zustand C).

Je mehr Blow by-Gase erzeugt werden, desto geringer wird der relative Unterdruck auf der Innenseite der Membrane und umso weiter öffnet das Druckregelventil. Damit wird ein festgelegter Unterdruck (ca. 38 mbar) im Gehäuse gehalten.

<b>Unterdruck im Gehäuse</b>	<b>Reaktion der Membrane</b>
> 38 mbar	Membrane bewegt sich in Richtung "Schließen"
< 38 mbar	Membrane bewegt sich in Richtung "Öffnen"

## Kollapsabsicherung

Erstmals kommt beim N47 Motor eine so genannte Kollapsabsicherung zum Einsatz.

Von einem Kollaps spricht man, wenn durch Blow by-Gase ein so hoher Überdruck im Zylinderkopf entsteht, dass Öl in den Ansaugkanal gedrückt wird. Dieses verbrennt unkontrolliert. Dadurch erhöht sich die Drehzahl, damit die Blow by-Gase und der Druck im Zylinderkopf - ein unaufhaltsamer Kreislauf beginnt. Dieser endet erst mit einem Motortotalschaden.

Der Druckaufbau würde vor allem durch die Zyklonabscheider stattfinden, da diese die Engstelle im System darstellen.

Aus diesem Grund besitzt der N47 Motor ein Überströmventil im Beruhigungsraum, das einen Bypass zu den Zyklonabscheidern herstellt. Es öffnet ab einem definierten Überdruck und lässt die Blow by-Gase direkt zum Druckregelventil. Auf diese Weise findet zwar keine Feinabscheidung statt, jedoch wird ein Motorschaden vermieden.

Dieses System greift ausschließlich in dieser Notsituation ein, im normalen Betrieb bleibt es bedeutungslos.

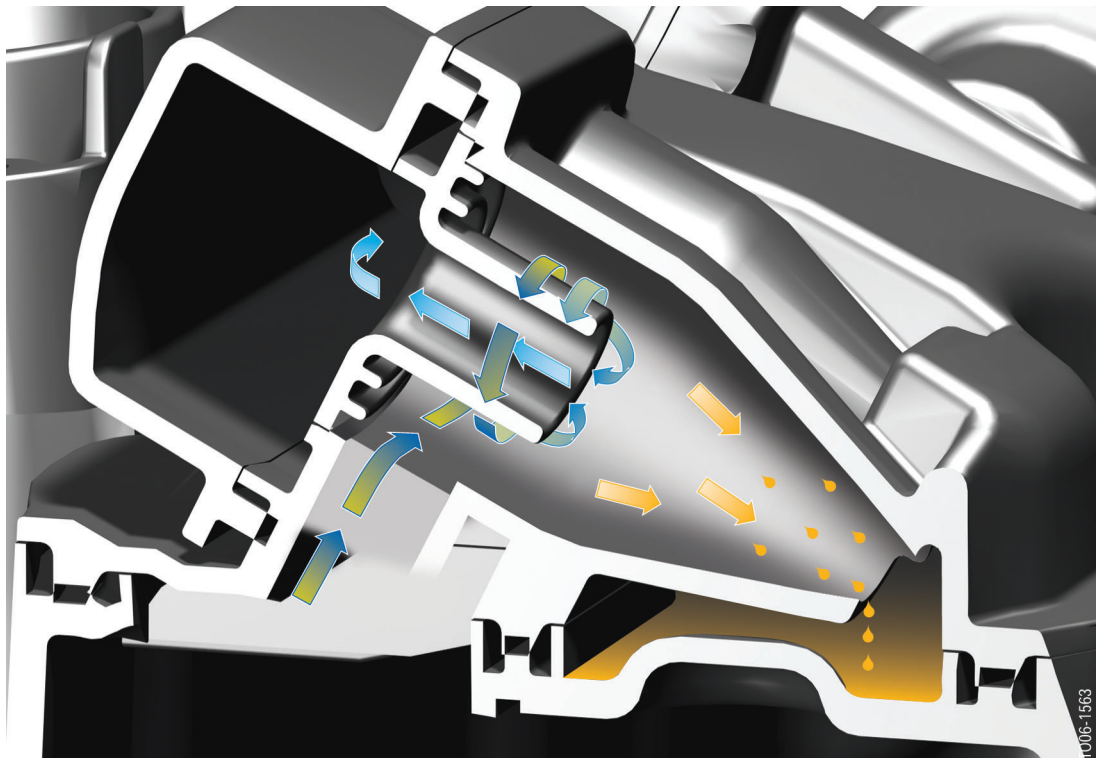
Zusätzlich wird durch eine Überdrehzahlfunktion der DDE ein Überdrehen des Motors verhindert, indem die Drosselklappe kontrolliert teilgeschlossen wird.

## Ölabscheidung

Um das Blow by-Gas vom Motoröl zu befreien, gibt es verschiedene Abscheider. Das sind z. B.

- Zyklonabscheider
- Labyrinthabscheider
- Garnwickelabscheider.

Der N47 Motor besitzt drei Zyklonabscheider, die parallel angeordnet sind. Dabei werden die ersten beiden gemeinsam bedient, während der dritte von einem weiteren Blow by-Gas-Strom bedient wird.



19 - Funktion eines Zyklonabscheiders

Beim Zyklonabscheider wird das Blow by-Gas so in einen zylindrischen Körper geleitet, dass es dort in Rotation gerät. Durch die Fliehkraft wird das schwerere Öl im Gas nach außen an die Zylinderwand gedrückt. Von dort kann es

über ein Ölrücklaufrohr zur Ölwanne abfließen. Ein Zyklonabscheider besitzt eine sehr gute Abscheidewirkung.

## Kurbelwelle mit Lager

### Allgemeines

An der Kurbelwelle werden die geradlinigen (oszillierende) Bewegungen der Kolben in eine Drehbewegung (rotierend) umgewandelt. Die Kraft wird durch die Pleuel in die Kurbelwelle eingeleitet und als Drehmoment umgesetzt. Dabei stützt sich die Kurbelwelle an den Hauptlagern ab.

Zusätzlich übernimmt die Kurbelwelle im N47 Motor noch folgende Aufgaben:

- Antrieb der Nebenaggregate über den Riementrieb
- Antrieb des Ventiltriebs
- Antrieb der Öl-/Vakuumpumpe
- Antrieb der Hochdruckpumpe
- Antrieb der Ausgleichswellen.

### Tabellarische Übersicht

		<b>M47TU2</b>	<b>N47</b>
Material		37Cr4 BY	37Cr4 BY
Herstellung		geschmiedet	geschmiedet
Durchmesser des Hauptlagerzapfens	[mm]	60	55
Durchmesser des Pleuellagerzapfens	[mm]	45	50
Kröpfungswinkel		180°	180°
Anzahl der Gegengewichte		4	5
Anzahl der Hauptlagerstellen		5	5
Position des Führungslagers		4	3

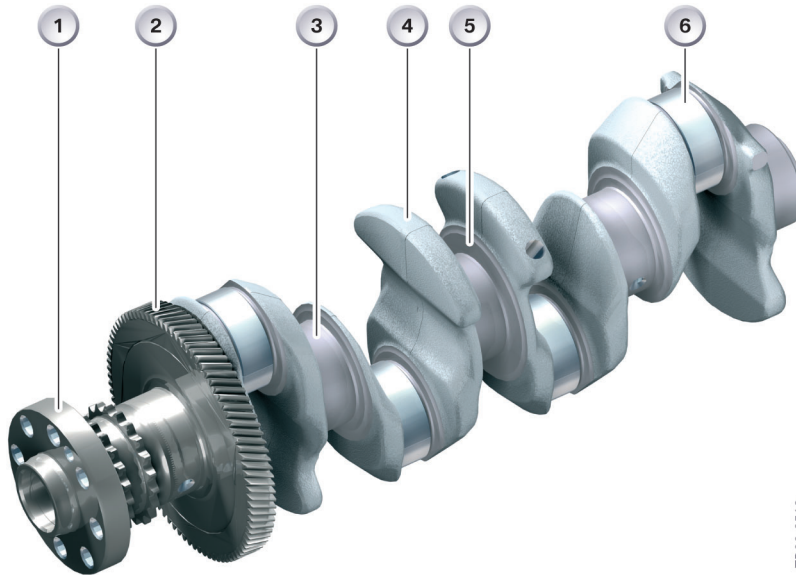
### Aufbau

Die Kurbelwelle besteht aus einem einzigen Bauteil, ist aber in viele verschiedene Bereiche unterteilt. Die Hauptlagerzapfen übernehmen die Lagerung im Kurbelgehäuse.

Über die Kurbelwangen sind die Pleuel- oder Hubzapfen mit der Kurbelwelle verbunden. Dieser Bereich der Hubzapfen mit

Kurbelwangen wird auch als Kröpfung bezeichnet.

Der N47 Motor hat neben jedem Pleuelzapfen eine Lagerung der Kurbelwelle - auf jedem Pleuelzapfen ist ein Pleuel gelagert. Das heißt, die Kurbelwelle des 4-Zylinder-Reihenmotors hat fünf Hauptlagerzapfen. Die Hauptlager sind von vorne nach hinten durchnummeriert.



TD06-2518

20 - Kurbelwelle N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Abtriebsflansch	4	Gegengewicht
2	Antriebszahnrad Ausgleichswellen	5	Anlauffläche Axiallager
3	Hauptlagerzapfen		Pleuellagerzapfen

Der Abstand der Pleuellagerzapfen von der Kurbelwellenachse ergibt den Hub von 90 mm des N47 Motors. Der Winkel, den die Pleuellagerzapfen zueinander haben, bestimmt den Zündabstand der einzelnen Zylinder. Nach zwei vollen Kurbelwellenumdrehungen oder 720° wurde in jedem Zylinder einmal gezündet.

Dieser Winkel, der als Hubzapfenversatz oder Kröpfungswinkel bezeichnet wird, wird in Abhängigkeit von Zylinderzahl, Bauart (V- oder Reihenmotor) und Zündreihenfolge errechnet. Dabei ist das Ziel, einen möglichst ruhigen und gleichmäßigen Motorlauf zu erzeugen. Das heißt, bei einem 4-Zylindermotor werden 720° durch die Anzahl der 4 Zylinder geteilt. Das ergibt einen Hubzapfenversatz bzw. Zündabstand von 180°.

In der Kurbelwelle befinden sich Ölbohrungen. Diese versorgen die Pleuellager mit Öl. Sie führen von den Hauptlagerzapfen zu den

Pleuellagerzapfen und sind durch die Lagerstühle an den Ölkreislauf des Motors angebunden.

Die Gegengewichte erzeugen eine Massensymmetrie um die Kurbelwellenachse und ermöglichen damit einen gleichmäßigen Motorlauf. Sie sind so ausgelegt, dass sie neben den rotierenden (umlaufenden) Massenkräften auch einen Teil der oszillierenden (schwingenden) Massenkräfte kompensieren.

Die Kurbelwelle des N47 Motors ist mit fünf Gegengewichten ausgestattet. Eine ungerade Zahl an Gegengewichten ist ungewöhnlich und liegt daran, dass sich an der Kurbelwange des letzten Gegengewichts das Antriebsrad für die Ausgleichswellen befindet. So ist dieses Gegengewicht kleiner als die anderen ausgeführt und dafür eine Kurbelwange zuvor ein weiteres kleineres Gegengewicht angebracht.

---

## Herstellung und Eigenschaften

Kurbelwellen werden entweder gegossen oder geschmiedet. Vor allem drehmomentstarke Motoren werden mit geschmiedeten Kurbelwellen ausgestattet.

Beim N47 Motor handelt es sich um eine geschmiedete Kurbelwelle aus dem Werkstoff 37Cr4 BY. BY steht dabei für ein kontrolliertes Abkühlen aus der Schmiedehitze an der Luft und sorgt für ein gleichmäßiges Gefüge. Die Werkstoffspezifikationen entsprechen denen des M47 Motors.

Die Oberflächenbehandlung der Kurbelwelle ist gleich wie beim M47 Motor. Um die erforderliche Härte zu erreichen, wird eine Wärmebehandlung angewandt, die sich Nitrocarburieren nennt. Dabei entsteht eine besonders harte Oberflächenschicht von ca. 1/100 mm. Nach einem Nachschleifen der Kurbelwelle (Bearbeitungsstufe 1 und 2) muss das Nitrocarburieren wieder durchgeführt werden.

### Vorteile geschmiedeter Kurbelwellen gegenüber Gegossenen:

- Geschmiedete Kurbelwellen sind steifer und weisen ein besseres Schwingungsverhalten auf
- Vor allem in Verbindung mit einem Kurbelgehäuse aus Aluminium muss der Antriebsstrang so steif wie möglich sein, da das Kurbelgehäuse selbst eine geringere Materialsteifigkeit aufweist
- Geschmiedete Kurbelwellen haben ein günstigeres Verschleißverhalten im Lagerzapfen.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Die Festigkeit einer geschmiedeten Kurbelwelle ist deutlich höher gegenüber gegossenen. Die Belastung im N47 Motor wäre mit einer gegossenen Kurbelwelle nicht darstellbar.

---

## Lagerung

Wie zuvor erwähnt, wird eine Kurbelwelle beim N47 Motor jeweils auf beiden Seiten eines Pleuellagerzapfens gelagert. Diese Hauptlager stützen die Kurbelwelle gegen das Kurbelgehäuse ab. Die belastete Seite ist im Lagerdeckel. Hier wird die Kraft, die durch den Verbrennungsdruck entsteht, aufgenommen.

Die betriebssichere Motorfunktion verlangt eine verschleißsichere Auslegung der Hauptlager. Deshalb werden Lagerschalen verwendet, deren Gleitfläche mit einem speziellen Lagerwerkstoff versehen ist. Die Gleitfläche ist innen, d. h. die Lagerschalen drehen sich nicht mit der Welle mit, sondern sind im Kurbelgehäuse fixiert.

Verschleißsicherheit ist dann gegeben, wenn die Gleitflächen durch einen Ölfilm voneinander getrennt sind. Es muss also eine ausreichende Ölversorgung sichergestellt

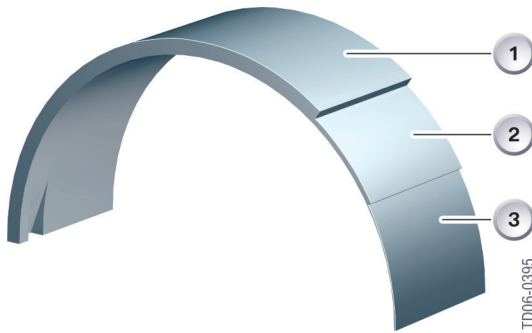
werden. Dies geschieht von der unbelasteten Seite, also vom Lagerstuhl. Durch eine Ölbohrung werden die Lagerschalen mit Motoröl zur Schmierung versorgt.

In den Lagerschalen befinden sich zwei Ölbohrungen. Das liegt daran, dass die Ölbohrung im Hauptlagerstuhl abwechselnd auf der linken bzw. rechten Seite liegt, die Lagerschale jedoch ein Gleichteil sein soll.

Eine umlaufende Nut in der Oberschale verbessert die Verteilung des Öls. Diese Nut verkleinert allerdings die Gleitfläche und erhöht damit den wirkenden Druck. Genau genommen wird das Lager in zwei Hälften mit kleinerem Tragvermögen geteilt. Deswegen befinden sich die Ölnuten nur in der unbelasteten Zone. Durch das Motoröl wird das Lager zudem gekühlt.

## Dreistofflager

Die hochbeanspruchten Kurbelwellen-Hauptlager werden als Dreistofflager ausgeführt. Die Stahlstützschale, die bleifreie Bronze und die Lagermetallschicht aus einer Zinn-Kupfer-Legierung bilden die Basis für hoch belastbare und verschleißfeste Hauptlager.



21 - Dreistofflager N47 Motor

Index	Bezeichnung
1	Stahlstützschale
2	Aluminiumbronze
3	Weißmetallschicht

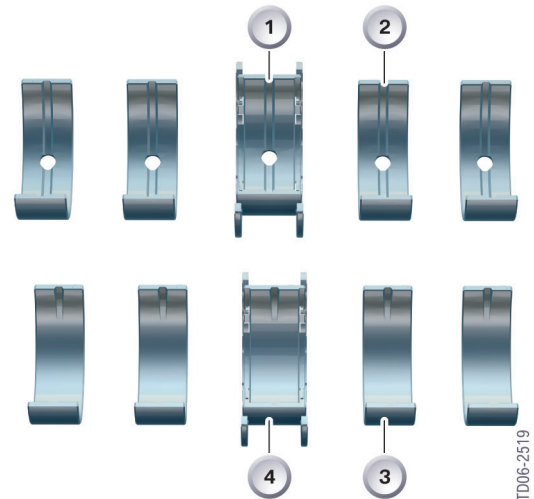
⚠ Ein umsichtiger Umgang mit den Lagerschalen ist von größter Bedeutung, da die sehr dünne Lagermetallschicht sehr leicht beschädigt werden kann. ◀

## Axiallager

Die Kurbelwelle besitzt nur ein einziges Axiallager, das häufig auch als Führungs- oder Spurlager bezeichnet wird. Das Lager hält die Kurbelwelle in axialer Richtung und muss Kräfte in Längsrichtung aufnehmen. Diese entstehen im Allgemeinen durch:

- ein Zahnrad mit Schrägverzahnung für den Ausgleichswellenantrieb
- die Kupplungsbetätigung
- axiale Kräfte die im Falle eines Automatikgetriebes im Wandler entstehen.

Beim N47 Motor kommt ein gebautes Axiallager zum Einsatz.



22 - Kurbelwellenlager N47 Motor

Index	Bezeichnung
1	Axiallagerschale im Hauptlagerstuhl
2	Lagerschale im Hauptlagerstuhl
3	Lagerschale im Hauptlagerdeckel
4	Axiallagerschale im Hauptlagerdeckel

Gebaute Lager bestehen aus mehreren Einzelteilen. Bei dieser Technologie wird auf beiden Seiten eine Anlaufscheibe angebracht. Sie ermöglicht eine formstabile, lose Verbindung mit dem Kurbelwellenlager und eine einfache Montage. Die Anlaufscheiben sind beweglich, liegen dadurch gleichmäßiger an und der Verschleiß wird verringert. Beim N47 Motor werden zur Führung der Kurbelwelle zwei gebaute Lagerhälften verbaut. Dadurch erhält die Kurbelwelle eine 360°-Axiallagerung und somit eine sehr gute Stabilität gegen axiale Verschiebung.

⚠ Es ist wichtig, dass eine Benetzung mit Motoröl sichergestellt ist. Auch beim Ausfall eines Axiallagers ist Überhitzung in der Regel die Ursache.

Ein verschlissenes Axiallager hat eine Geräusentwicklung vor allem im Bereich des Schwingungsdämpfers zur Folge. Ein weiteres Symptom können Fehler am Kurbelwellensensor sein, was sich bei Automatikfahrzeugen durch harte Schaltstöße äußert. ◀

Das Axiallager befindet sich beim N47 Motor an der Stelle des dritten Hauptlagers, also in der Mitte der Kurbelwelle. Dies hat den Vorteil, dass die Wärmeausdehnung gleichmäßig erfolgen kann. Der Stahl der Kurbelwelle und das Aluminium des Kurbelgehäuses haben unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten, d. h. bei Temperaturunterschieden ist die Wärmeausdehnung unterschiedlich groß.

Befände sich die Axiallagerung nun an einem Ende der Kurbelwelle, wäre die Ausdehnungsdifferenz zum Kurbelgehäuse über die Länge der gesamten Kurbelwelle sehr groß. Da sich das Axiallager aber in der Mitte befindet, verteilt sich die Wärmeausdehnung symmetrisch in beide Richtungen. Damit ist die Ausdehnungsdifferenz an den beiden Enden der Kurbelwelle nur halb so groß.

## Pleuel mit Lager

---

### Allgemeines

Die Pleuel übernehmen im Kurbeltrieb die Verbindung zwischen Kolben und Kurbelwelle. Über sie wird die geradlinige Bewegung der Kolben in eine Drehbewegung an der Kurbelwelle umgesetzt. Zudem übertragen sie die durch den Verbrennungsdruck entstehenden Kräfte von den Kolben auf die Kurbelwelle.

Als ein Bauteil, das sehr starken Beschleunigungen ausgesetzt ist, beeinflusst das Gewicht der Pleuel direkt die Dynamik des

Motors. Daher wird im Hinblick auf das Ansprechverhalten des Motors, der Gewichtsoptimierung von Pleuel größte Bedeutung beigemessen.

Einige Besonderheiten der N47 Pleuel sind:

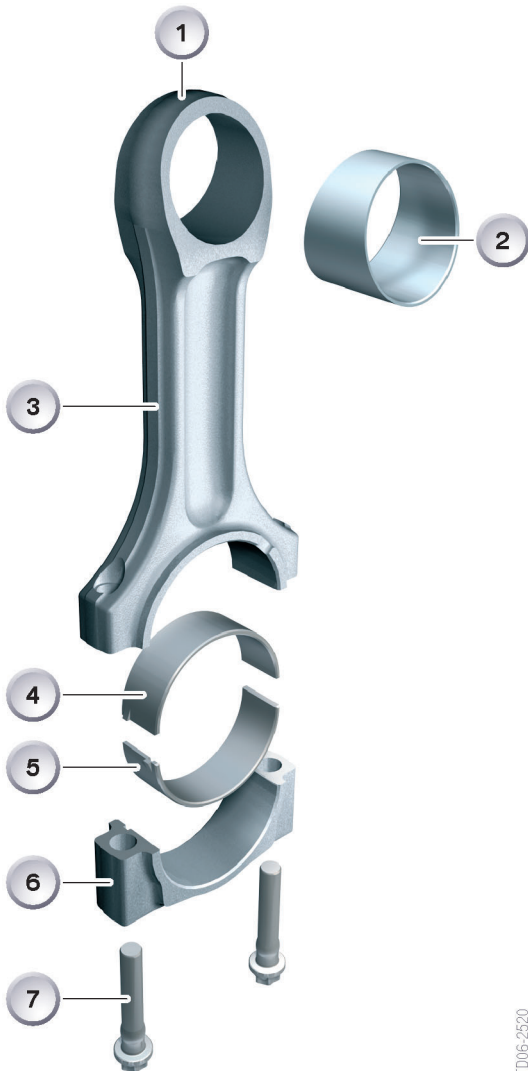
- stangenseitige Pleuellagerhälfte als Sputterlager ausgeführt.
- gecracktes Pleuel aus Schmiedestahl C70
- Trapezpleuel

### Aufbau

Das Pleuel besitzt zwei Pleuelaugen. Über das kleine Pleuelauge wird die Verbindung zum Kolben mittels Kolbenbolzen hergestellt. Wegen der seitlichen Auslenkung des Pleuels während einer Kurbelwellenumdrehung muss

es drehbar am Kolben befestigt werden. Das geschieht mithilfe eines Gleitlagers. Dazu wird eine Lagerbuchse in das kleine Pleuelauge eingepresst.





Index	Erklärung
1	kleines Pleuelauge
2	Gleitlager
3	Pleuelstange
4	Lagerschale im Pleuel
5	Lagerschale im Pleuellagerdeckel
6	Pleuellagerdeckel
7	Pleuellagerschrauben

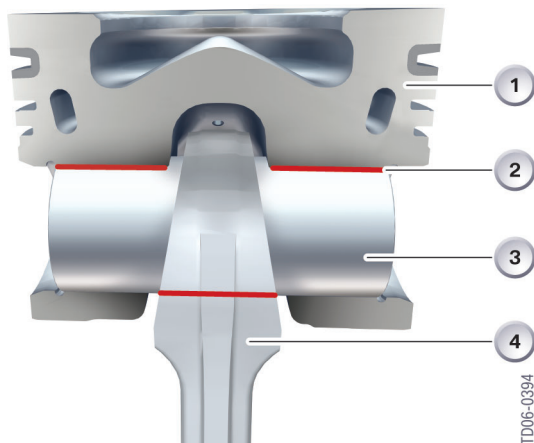
Auf die Ölbohrung an dem Ende des Pleuels (Kolbenseite), das das Lager mit Spritzöl versorgt, wird inzwischen verzichtet. Auf der Pleuellagerseite befindet sich das geteilte große Pleuelauge. Das große Pleuelauge muss getrennt werden, damit das Pleuel auf der Pleuellagerseite gelagert werden kann. Mittels Gleitlager wird die Funktion sichergestellt. Das Gleitlager besteht aus zwei Lagerschalen. Eine Ölbohrung in der Pleuellagerdeckel versorgt das Lager mit Motoröl.

TD06-2520

23 - Pleuel N47 Motor

## Trapezpleuel

Beim Trapezpleuel besitzt das kleine Pleuelauge im Querschnitt eine Trapezform. Das heißt, das Pleuel verjüngt sich am kleinem Pleuelauge vom Ansatz des Pleuelschafts zum Ende hin. Dies ermöglicht zum einen eine weitere Gewichtsreduktion, da auf der "unbelasteten" Seite Material gespart wird, während auf der belasteten Seite die volle Lagerbreite erhalten bleibt, bzw. noch vergrößert wird. Zudem ermöglicht es einen geringeren Abstand der Kolbenbolzenaugen, was eine geringere Durchbiegung des Kolbenbolzens bedeutet. Genau genommen gibt es eine Hinterschneidung der Kraft übertragenden Fläche, wie die nachfolgende Grafik zeigt.



24 - Trapezpleuel

Index	Erklärung
1	Kolben
2	Kraft übertragende Fläche
3	Kolbenbolzen
4	Pleuelstange

Ein weiterer Vorteil ist, dass auf die Ölbohrung im kleinen Pleuelauge verzichtet werden kann, da durch die schräge Flanke des Gleitlagers ein Öleintrag stattfindet. Durch den Verzicht auf diese Ölbohrung verschwindet auch ihr negativer Einfluss auf die Festigkeit dieser Lagerseite. Dies ermöglicht es abermals, das Pleuel an dieser Stelle noch schmäler zu gestalten. So wird sowohl Gewicht eingespart, als auch Platz im Kolben gewonnen.

## Herstellung und Eigenschaften

Das Pleuelrohnteil kann auf verschiedene Arten gefertigt werden. Zur Auswahl stehen:

- Gießen
- Sintern
- Gesenkschmieden.

Die Pleuel des N47 Motors werden durch Gesenkschmieden hergestellt und anschließend gecrackt.

### Gesenkschmieden

Ausgangsmaterial für die Rohteilherstellung ist Stabstahl, der auf etwa 1250 °C bis 1300 °C erhitzt wird. Durch Walzen wird eine Vorverteilung der Massen zu den Pleuelaugen durchgeführt. Bei der Hauptumformung während des Schmiedens fließt überschüssiges Material in einen Grat, der im Folgeschritt entfernt wird. Dabei wird auch das große Pleuelauge gelocht. Je nach Stahllegierung werden nach dem Schmieden die Eigenschaften noch durch Vergüten verbessert.

## Cracken

Bei einem gecrackten Pleuel wird das große Pleuelauge durch Brechen getrennt. Dazu wird an der Sollbruchstelle eine Kerbe mittels Laser eingebracht. Danach wird das Pleuelauge auf einen zweiteiligen Brechdorn gespannt und durch Eintreiben eines Keils getrennt.

Dafür ist ein Werkstoff notwendig, der bricht, ohne sich vorher zu sehr zu verformen (Verformung < 30 µm). Durch ein Ausblasen mit Druckluft wird sichergestellt, dass sich keine Rückstände mehr auf der Trennfläche befinden.

Beim Cracken (Brechen) der Pleuellagerdeckel entsteht beim Stahlpleuel

eine feine Bruchoberfläche. Diese Oberflächenstruktur zentriert den Pleuellagerdeckel passgenau bei der Montage auf die Pleuelstange.

Das Cracken bietet den Vorteil, dass kein weiteres Bearbeiten der Trennfläche mehr notwendig ist. Die beiden Hälften passen genau aufeinander. Eine Positionierung mittels Passhülse oder -schraube ist nicht nötig.

⚠ Wird ein Pleuellagerdeckel seitenverkehrt oder auf eine andere Pleuelstange montiert, wird die Bruchstruktur beider Teile zerstört und der Deckel ist nicht zentriert. In diesem Fall muss der gesamte Satz Pleuel durch komplette Neuteile ersetzt werden. ◀

---

## Verschraubung

Auf die Verschraubung der Pleuel wird hier im Besonderen eingegangen, da die Verschraubung einer sehr hohen Belastung ausgesetzt ist.

Pleuelverschraubungen unterliegen aufgrund der Motordrehzahl einer sehr schnell schwelenden Beanspruchung. Da die Pleuel und deren Schrauben zu den bewegten Motorbauteilen gehören, muss die Masse so gering wie möglich gehalten werden. Zudem erfordern die gegebenen Platzverhältnisse eine kompakte Verschraubung.

Dies ergibt eine sehr hohe Belastung der Pleuelverschraubung, die einen besonders umsichtigen Umgang erfordert.

⚠ Detaillierte Angaben zur Verschraubung der Pleuel wie Anziehvorschrift etc. entnehmen Sie dem TIS. ◀

Wenn ein **neuer Satz Pleuel** eingebaut wird:

Die Pleuelschrauben dürfen beim Einbau der Pleuel nur noch einmal zur Lagerspielprüfung und dann zur endgültigen Montage angezogen werden. Da die Pleuelschrauben bei der Bearbeitung der Pleuel schon dreimal verschraubt waren, haben sie ihre maximale Zugfestigkeit erreicht.

Wenn die Pleuel wiederverwendet werden und **nur die Pleuelschrauben** erneuert wurden:

Die Pleuelschrauben müssen nach der Lagerspielmessung nochmals angezogen, wieder gelockert und durch den dritten Anzug

auf die maximale Zugfestigkeit gebracht werden.

⚠ Wenn die Pleuelschrauben nicht mindestens dreimal oder öfter als fünfmal festgezogen wurden, führt dies zum Motorschaden. ◀

## Belastung

Die höchste Belastung an der Pleuelverschraubung liegt an bei maximaler Drehzahl ohne Last, wie z. B. im Schiebetrieb. Je höher die Drehzahl ist, umso höher sind auch die wirkenden Trägheitskräfte. Im Schiebetrieb wird kein Kraftstoff eingespritzt, d. h. es findet keine Verbrennung statt. Im Arbeitstakt treibt nun nicht der Kolben die Pleuelwelle an, sondern umgekehrt. Die Pleuelwelle zieht den Kolben gegen seine Massenträgheit nach unten, was zu einer Zugbelastung des Pleuels führt. Eben diese Zugbelastung wird von der Pleuelverschraubung aufgenommen.

Selbst unter diesen Bedingungen muss gewährleistet sein, dass es zu keinem Klaffen in der Trennfuge zwischen Pleuelstange und Deckel kommt. Aus diesem Grund werden die Pleuelschrauben bei der Motormontage im Werk bis an die Streckgrenze angezogen. Streckgrenze bedeutet: Die Schraube beginnt, sich plastisch zu verformen. Durch weiteres Anziehen wird die Klemmkraft nicht weiter erhöht. Im Service wird dies durch Anziehen mit Fügoment und Drehwinkel erreicht.

## Gewichtsklassifizierung

Die Pleuel gehören zu den bewegten Massen im Motor und haben damit einen entsprechenden Einfluss auf den Motorlauf. Besonders komplex ist dieser Einfluss, da das große Pleuelauge eine Kreisbewegung durchläuft, während das kleine Pleuelauge eine geradlinige Hin- und Herbewegung beschreibt.

Um einen runden Motorlauf sicherzustellen, müssen die Pleuel ein Sollgewicht mit einer engen Toleranz erreichen. Früher wurde dafür eine extra Bearbeitungszugabe angebracht, die dann nach Bedarf abgefräst wurde. In den

modernen Fertigungsverfahren lassen sich die Fertigungsparameter so exakt überwachen, dass mit einer ausreichenden Gewichtstoleranz gefertigt werden kann.

Um den Einfluss der Pleuel auf den Motorlauf noch weiter zu kontrollieren, werden die Pleuel in Gewichtsklassen eingeteilt.

Diese Gewichtsklassen werden getrennt eingeteilt nach dem Gewicht des großen und des kleinen Pleuelauges und anschließend kombiniert (siehe nachfolgende Tabelle).

		Gewicht kleines Pleuelauge				
<b>Gewicht großes Pleuelauge</b>	Klasse A	A1	A2	A3	A4	A5
	Klasse B	B1	B2	B3	B4	B5
	Klasse C	C1	C2	C3	C4	C5
	Klasse D	D1	D2	D3	D4	D5
	Klasse E	E1	E2	E3	E4	E5

Die Kombination ergibt die Gewichtsguppen (z. B. A1, C2 usw.). Eine Gewichtsguppe besitzt eine Toleranz von  $\pm 4$  g. Diese teilt sich auf in  $\pm 2$  g für das große Pleuelauge und  $\pm 2$  g für das kleine Pleuelauge.

 In einem Motor dürfen nur Pleuel der gleichen Gewichtsguppe verbaut werden. ◀

# Kolben mit Ringen und Bolzen

---

## Allgemeines

Der Kolben ist das erste Glied in der Kette der Kraft übertragenden Teile eines Motors. Die Aufgabe des Kolbens besteht darin, die bei der Verbrennung entstehenden Druckkräfte aufzunehmen und über den Kolbenbolzen und den Pleuel auf die Kurbelwelle zu übertragen. Es wird also die thermische Energie der Verbrennung in eine mechanische Energie umgewandelt. Zudem soll der Kolben das obere Pleuelauge führen.

Der Kolben muss zusammen mit den Kolbenringen den Brennraum gegen Gasdurchtritt und Schmieröldurchfluss abdichten und dies zuverlässig bei allen Lastzuständen. Das an den

Berührungsflächen vorhandene Schmieröl unterstützt die Dichtwirkung.

Der Kolben des N47 Motors besteht wie alle Kolben bei BMW Dieselmotoren aus einer Aluminium-Silizium-Legierung. Es werden so genannte Vollschaft-Autotermitik-Kolben eingesetzt, bei denen eingegossene Stahlstreifen zur Verringerung der Einbauspiele und Regulierung des Wärmehaushaltes dienen. Auf Grund der Materialpaarung mit der Zylinderwand aus Grauguss wird die Oberfläche des Kolbenschafts mit Grafit (Graphal-Verfahren) beschichtet, dadurch die Reibung reduziert und das Geräuschverhalten verbessert.

---

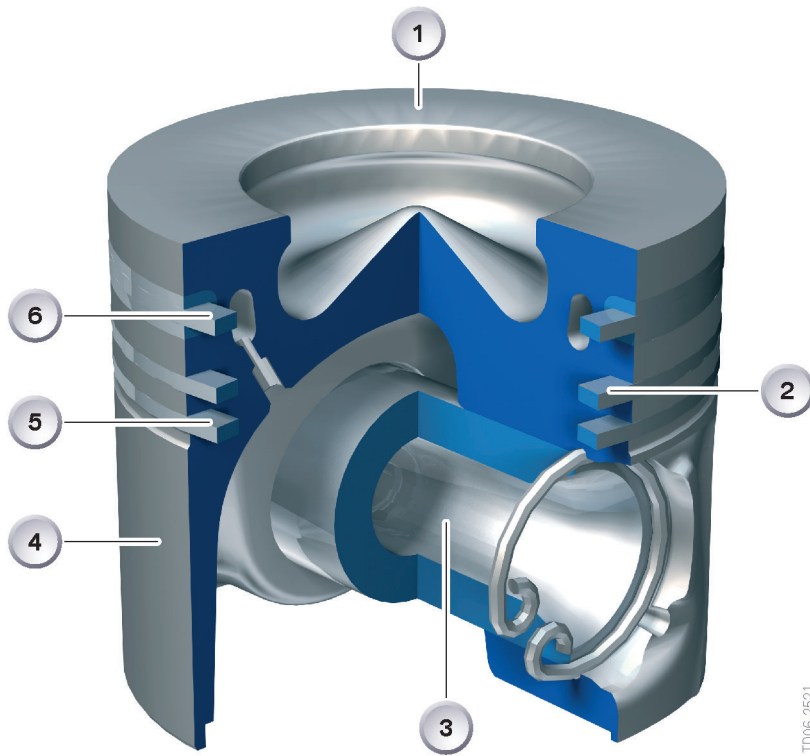
## Aufbau

Der N47 Motor besitzt wie alle BMW Dieselmotoren einen so genannten Vollschaftkolben, der vom Aufbau dem des M47 Motors sehr ähnlich ist.

Die wesentlichen Bereiche des Kolbens sind:

- Kolbenboden
- Ringpartie mit Feuersteg und Kühlkanal
- Bolzennabe
- Schaft.

Während der Durchmesser des Kolbens gegenüber dem M47TU2 Motor gleich blieb, hat sich Gesamthöhe vergrößert und auch die Kompressionshöhe wurde erhöht.



TD06-2521

25 - Kolben N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kolbenboden	4	Kolbenschaft
2	2. Kolbenring	5	3. Kolbenring
3	Kolbenbolzen	6	1. Kolbenring

## Kolbenboden

Auch beim N47 Motor ist eine Brennraummulde im Kolbenboden angeordnet. Die Form der Brennraummulde wird durch das Brennverfahren und die Ventilanordnung bestimmt. Sie ist ähnlich zu der des M47TU2 Motors, aber insgesamt etwas tiefer ausgeführt. Ein weiterer Unterschied ist, dass die Ventiltaschen fehlen, da die Ventile senkrecht zum Kolbenboden angeordnet sind.

Man spricht hier von einer sogenannten Schadraumreduzierung. Dadurch, dass der Kolbenboden keine Ventiltaschen besitzt, strömt beim Verdichten die Luft besser aus dem Spalt zwischen Kolbenboden und Zylinderkopf.

Durch die Form des Kolbenbodens und der Brennraummulde lassen sich die Strömungsverhältnisse im Brennraum mitbestimmen und nicht zuletzt das Verdichtungsverhältnis.

Der Bereich der Kolbenringzone ist unterteilt in den so genannten Feuersteg zwischen Kolbenboden und erstem Kolbenring sowie dem Ringsteg zwischen dem 2. Kolbenring und dem Ölabbstreifring.

## Ringpartie

Die Ringpartie wird häufig auch als Kolbenringzone bezeichnet. Sie umfasst die Nuten zur Aufnahme der Kolbenringe, den Feuersteg und den Kolbenkühlkanal.

Die Ringpartie hat drei Ringnuten. Zwischen den Ringnuten befinden sich die Ringstege. Der über den ersten Kolbenring liegende Steg wird Feuersteg genannt.

Sowohl die Feuersteghöhe als auch die Ringstegbreiten wurden im Vergleich zum M47TU2 Motor vergrößert.

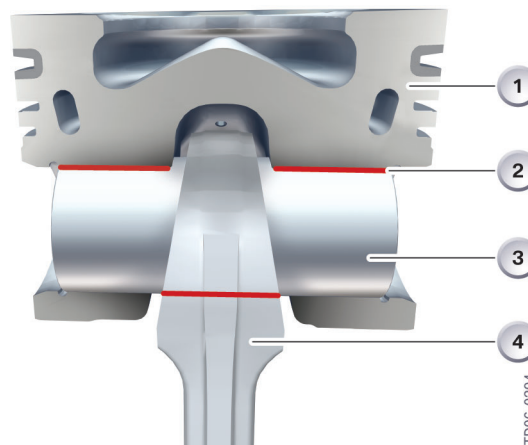
Die erste Kolbenringnut ist ein so genannter Ringträger. Dieser besteht aus Gusseisen und widersteht dem Reib- und Schlagverschleiß, ausgelöst durch die hohen

Verbrennungsdrücke, deutlich besser als die Aluminium-Silizium-Legierung des Kolbens. Der Ringträger wird eingegossen und geht mit dem Kolben eine metallische Verbindung ein, was ein Losschlagen vermeidet und einen besseren Wärmeübergang ermöglicht.

Im Inneren des Kolbens verläuft direkt hinter der ersten Kolbenringnut der Kühlkanal. Dieser wird durch eine Bohrung mit Spritzöl versorgt, das durch eine zweite Bohrung wieder abfließen kann.

## Bolzennabe

Der Verbrennungsdruck wird über die Bolzennabe auf das Pleuel und dann auf die Kurbelwelle übertragen. Damit sind diese die am stärksten beanspruchten Bereiche des Kolbens. Durch Vergrößerung der Bolzenauflagefläche werden die Belastungen reduziert. Dies wird durch ein Trapezpleuel ermöglicht, wie die nachfolgende Grafik verdeutlicht.



26 - Trapezpleuel

Index	Erklärung
1	Kolben
2	Kraft übertragende Fläche
3	Kolbenbolzen
4	Pleuelstange

### **Kolbenschaft**

Der Kolbenschaft übernimmt die Geradführung des Kolbens im Zylinder.

Aufgrund der beim Dieselmotor auftretenden hohen Belastungen werden so genannte Vollschaftkolben eingesetzt. Diese Bauform ermöglicht eine gute Geradführung des Kolbens im Zylinder durch die lange durchgehende Anlagefläche.

Diese Aufgabe kann er nur bei ausreichendem Spiel zum Zylinder erfüllen.

Dieses Spiel bewirkt jedoch durch die Pleuelauslenkung Kippbewegungen und dadurch Anlagewechsel des Kolbens, die als Kolbensekundärbewegung bezeichnet werden.

Diese Sekundärbewegung ist auch für die Abdichtung der Kolbenringe und den Ölverbrauch bedeutend und hat Einfluss auf das Kolbengeräusch. Ein langer Kolbenschaft begünstigt die Geradführung des Kolbens im Zylinder.

Der Vollschaftkolben, der auch Glattschaftkolben bezeichnet wird, hat einen geschlossenen Schaft, der nur durch die Kolbenbolzenbohrung unterbrochen ist.

Der Kolbenschaft stellt einen so genannten Lauf- oder Reibpartner zur Zylinderwand dar. Hierbei muss eine bestimmte Materialpaarung eingehalten werden. Da der N47 Motor Grauguss-Zylinderlaufbuchsen besitzt, ist der Kolben Grafit beschichtet.

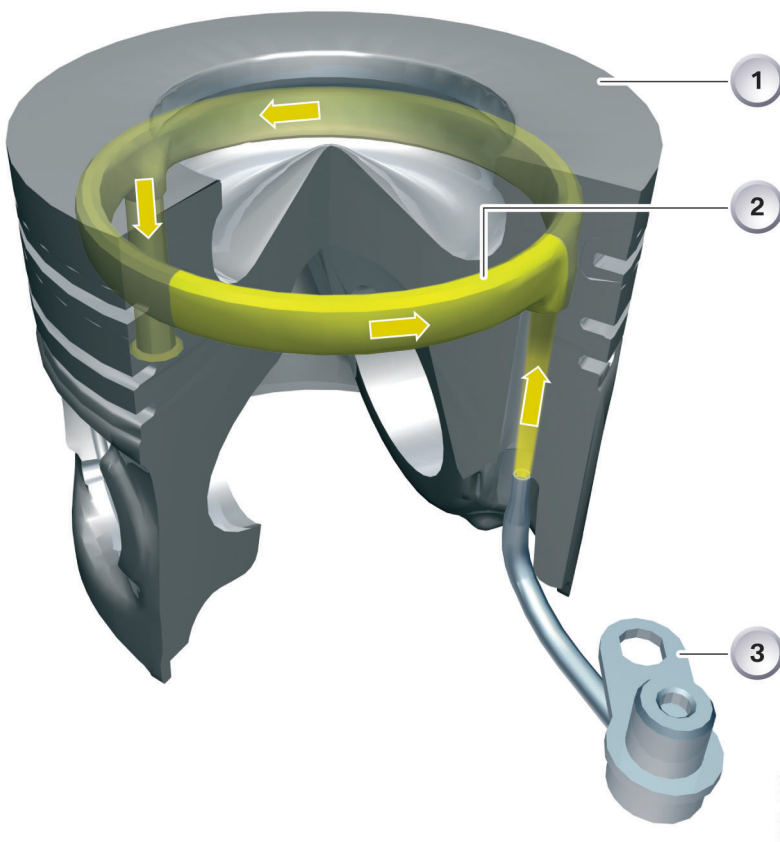


## Kühlung

Um die Wärme effektiv aus dem Kolbenboden ableiten zu können, befindet sich in der Kolbenringzone ein Kühlkanal (Ringkanal).

Eine Ölspritzdüse versorgt die Kolbenunterseite mit Kühlöl. Dabei trifft sie genau auf eine Bohrung im Kolben, die zum Kühlkanal führt. Die Kolbenbewegung sorgt

für den Umlauf des Öls und eine so genannte "Shaker-Wirkung". Das Öl schwingt dabei im Kanal und verbessert so die Kühlwirkung, da mehr Wärme auf das Öl übertragen werden kann. Über eine Ablaufbohrung fließt das Öl wieder zurück in den Kurbelraum.



27 - Kühlkanal im Kolben  
N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kolbenboden	3	Ölspritzdüse
2	Kühlkanal		

## Kolbenringe

Kolbenringe sind metallische Dichtungen mit folgenden Aufgaben:

- Abdichtung des Brennraums gegen das Kurbelgehäuse
- Wärmeleitung vom Kolben zur Zylinderwand
- Regulierung des Ölhaushaltes der Laufbuchse.

Zur Erfüllung ihrer Aufgaben ist es notwendig, dass die Kolbenringe an der Zylinderwand und an der Flanke der Kolbennut anliegen. Die Anlage an der Zylinderwand wird durch die radial wirkende Federkraft des Rings bewirkt. Der Ölabbstreifring wird noch von einer zusätzlichen Feder unterstützt.

Die Kolbenringe drehen sich während des Motorbetriebs in den Nuten und verändern damit die Position des Stoßes. Dies rührt von der Seitenkraft, die beim Anlagewechsel auf die Kolbenringe wirkt. Dadurch werden die Ringnuten von Ablagerungen befreit. Zudem wird verhindert, dass sich der Stoß des Kolbenringes in die Zylinderlaufbahn einschleift.

### Ausführungsformen

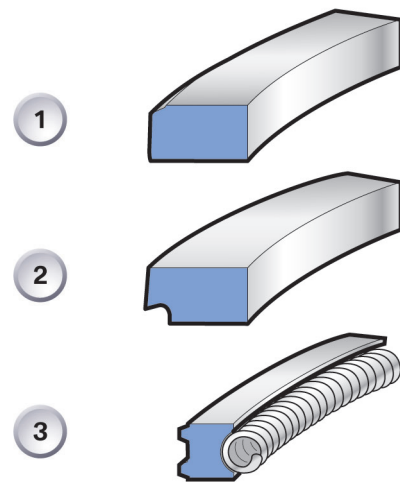
Die Kolbenringe werden nach ihrer Aufgabe in verschiedene Ausführungen unterschieden.

- Verdichtungsringe
- Ölabbstreifringe.

Verdichtungsringe sorgen dafür, dass möglichst keine Verbrennungsgase vom Brennraum - zwischen Zylinderwand und Kolben hindurch - zum Kurbelgehäuse gelangen können. Nur so kann bei der Verbrennung genug Druck im Brennraum entstehen, dass der Motor seine Leistung entwickeln kann. Auch im Verdichtungsstakt könnte ohne Verdichtungsringe nicht die Verdichtung stattfinden, die zur Zündung nötig ist.

Ölabstreifringe regulieren den Ölhaushalt an der Zylinderwand. Sie streifen überschüssiges Schmieröl von der Zylinderwand ab und sorgen dafür, dass dieses nicht verbrannt wird. Somit sind sie auch verantwortlich für den Ölverbrauch des Motors.

Der N47 Motor besitzt wie alle BMW Dieselmotoren zwei Verdichtungsringe und einen Ölabbstreifring. Die nachfolgende Grafik zeigt das Kolbenringpaket.



28 - Kolbenringpaket N47 Motor

TD06-2524

Index	Erklärung
1	Rechteckring mit scharfer Unterkante
2	Nasenminutenring
3	Dachfasenring mit Schlauchfeder

Der **Rechteckring** sitzt an der ersten Stelle und wird als reiner Verdichtungsring eingesetzt. An seiner oberen Außenkante ist eine kleine Fase angebracht. Die Außenfläche ist poliert und leicht ballig.

Der **Nasenminutenring** ist ebenfalls ein Verdichtungsring. Durch die Nase verwirft sich der Kolbenring tellerförmig und es entsteht eine konische Lauffläche, wodurch er auch eine Öl abstreifende Wirkung erzielt. Auch im ausgebauten Zustand erkennt man beim Nasenminutenring eine minimal konische Lauffläche. Diese bewirkt eine kürzere Einlaufzeit. Die Hinterdrehung der Nase bewirkt, dass das abgestreifte Öl von der Laufkante weggeleitet wird und somit dort keinen Ölstaub bildet, der sonst die Abstreifwirkung mindern würde.

⚠ Nasenminutenringe dürfen nicht verkehrt herum eingesetzt werden. Der Absatz muss nach unten gerichtet sein. Eine Falschmontage führt zum Motorschaden ◀

Der **Dachfasenring mit Schlauchfeder** ist ein reiner Ölabbreifer. Durch die beiden Laufstege, im Speziellen durch die Anfasung,

entsteht eine hohe Flächenpressung, was die Öl abstreifende Wirkung begünstigt. Kleine Bohrungen am Umfang erleichtern den Abtransport des abgestreiften Öls in die Ringnut des Kolbens. Dort sind vier kleine Bohrungen angebracht, die den Rückfluss des Öls ermöglichen. Durch die Schlauchfeder (zylindrische Schraubenfeder) werden Flächenpressung und Formfüllungsvermögen verstärkt. Die Feder, die in einer runden Aufnahme des Gussrings liegt, wirkt gleichmäßig am ganzen Umfang, wodurch u. a. die hohe Flexibilität der Ringkonstruktion erreicht wird. Die Lauffläche des Rings ist Chrom beschichtet.

⚠ Ein beschädigter oder gebrochener Ölabbreifer wird im montierten Zustand nicht erkannt. Die Auswirkungen zeigen sich erst nach einer gewissen Laufleistung. ◀

---

## Kolbenbolzen

Der Kolbenbolzen verbindet den Kolben mit der Pleuelstange. Aufgrund der schnellen Hin- und Herbewegung zusammen mit dem Kolben sollte der Bolzen nur eine geringe Masse haben, da sonst hohe Beschleunigungskräfte nötig wären. Die wechselnde Belastung, ungünstige Schmierbedingungen sowie das geringe Spiel der Bolzenenden bzw. im Pleuelauge stellen besonders hohe Anforderungen.

Für den Kolbenbolzen hat sich die rohrförmige, schwimmend gelagerte Konstruktion als Standard durchgesetzt. Der Kolbenbolzen des N47 Motor besteht aus dem Einsatzstahl 16MnCr5.

Durch geeignete Bolzensicherungen wird ein seitliches Auswandern verhindert. Sie bestehen aus radial federnden Stahlringen (Sprengringe), die in entsprechende Rillen der Bolzenenden eingesetzt werden.

# Ausgleichswellen

## Allgemeines

Beim Motorlauf entstehen durch den Kurbeltrieb Massenkräfte. Die Massenkräfte werden in rotierende Kräfte (Drehbewegung) und oszillierende Kräfte (Hin- und Herbewegung) unterschieden. Rotierende Kräfte im Kurbeltrieb werden durch Gegengewichte und Auswuchten ausgeglichen. Oszillierende Kräfte hingegen können nur bedingt ausgeglichen werden. Speziell bei einem 4-Zylinder-Reihenmotor hingegen treten Massenkräfte auf, die auch durch Gegengewichte nicht den gewünschten ruhigen Motorlauf realisieren können. Durch den Einsatz von Ausgleichswellen wird dieser prinzipbedingte

Nachteil von 4-Zylinder-Reihenmotoren minimiert.

Ausgleichswellen bei BMW Dieselmotoren besitzen ausschließlich M47TU Motoren und nun der N47 Motor. Während ihre Wirkungsweise gleich geblieben ist, unterscheidet sich jedoch die Unterbringung der Ausgleichswellen im N47 Motor gänzlich von der der M47TU Motoren.

Die Ausgleichswellen im M47TU und M47TU2 Motor bilden eine Einheit mit der Ölpumpe, die von unten an das Kurbelgehäuse angeschraubt wird. Beim N47 Motor sind die Ausgleichswellen Einzelteile, die im Kurbelgehäuse untergebracht werden.

## Wirkungsweise

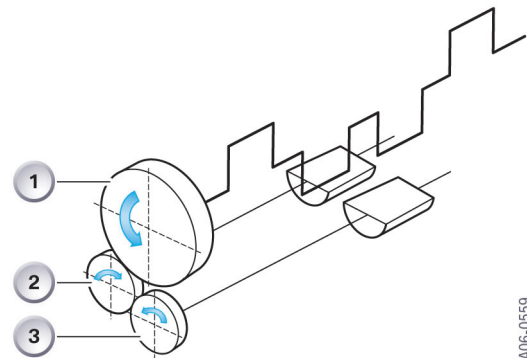
Unter dem Massenausgleich versteht man den Ausgleich konstruktiv bedingter Unwuchten. Den Ausgleich fertigungsbedingter Unwuchten bezeichnet man als Auswuchten.

Die auftretenden Massenkräfte werden in "Ordnungen" unterteilt. Unter einer Ordnung versteht man die Häufigkeit, mit der ein Ereignis im Verhältnis zur Kurbelwellendrehzahl auftritt. Die Massenkraft 1. Ordnung ändert ihre Größe mit Kurbelwellenfrequenz - daher 1. Ordnung - und während einer Umdrehung zweimal die Richtung.

Die Massenkraft 2. Ordnung ändert mit doppelter Kurbelwellenfrequenz ihre Größe und während einer Umdrehung viermal die Richtung.

Ausgleichswellen haben die Aufgabe, die Laufkultur und das Geräuschverhalten des Motors zu verbessern. Das wird durch zwei gegenläufige Wellen erreicht, die mit der doppelten Drehzahl der Kurbelwelle drehen.

Auf den Wellen sind Unwuchtmassen angebracht, welche den unausgeglichenen Massenkräften der Kurbelwelle entgegen wirken.



29 - Prinzip Ausgleichswellen 2. Ordnung

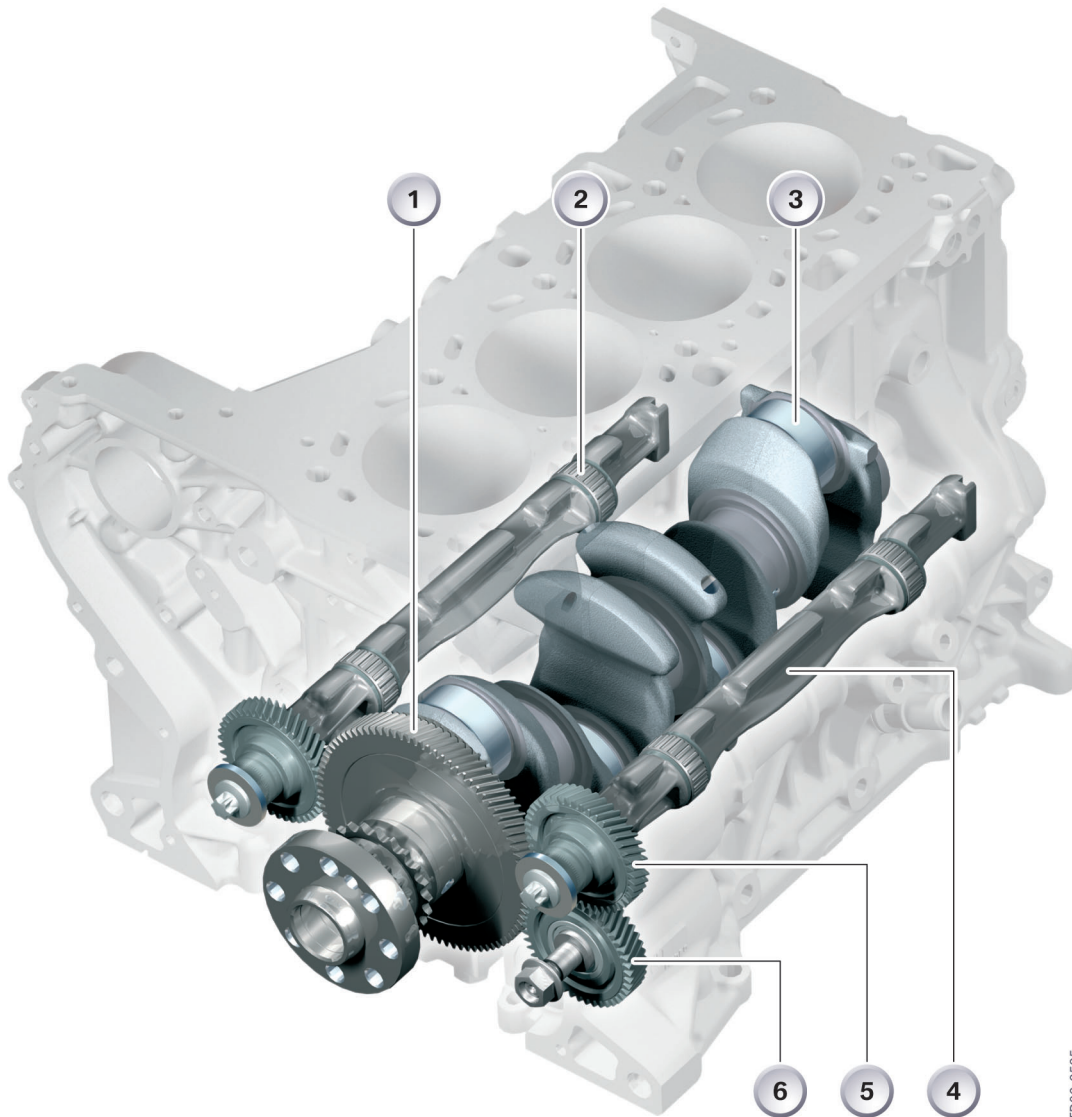
TA06-0559

Index	Erklärung
1	Antriebszahnrad
2	Antriebszahnrad Ausgleichswelle
3	Antriebszahnrad Ausgleichswelle

## Aufbau

Wie bereits erwähnt, befinden sich die Ausgleichswellen des N47 Motors im Kurbelgehäuse. Sie sind von vorne eingeschoben.

Dadurch entsteht die Möglichkeit, den N47 Motor mit Ausgleichswellen auch in xDrive Fahrzeugen einzusetzen.



30 - Ausgleichswellen N47 Motor

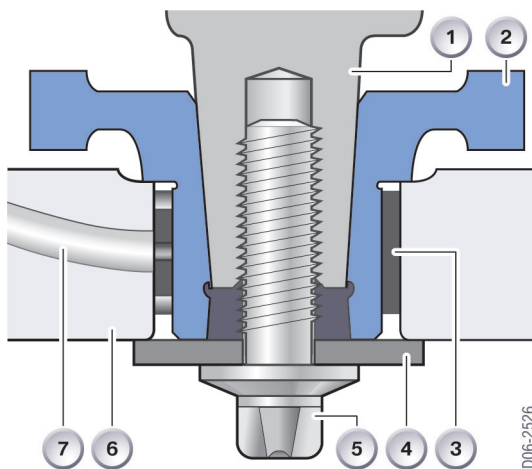
TD06-2525

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Antriebszahnrad Kurbelwelle	4	Ausgleichswelle
2	Nadellager	5	Antriebszahnrad Ausgleichswelle
3	Kurbelwelle	6	Zwischenzahnrad

Die Grafik zeigt das Kurbelgehäuse von der kraftabgebenden Seite (hinten).

Angetrieben werden die Ausgleichswellen über einen schräg verzahnten Zahnring auf der letzten Kurbelwellenwange. Der Ausgleichswelle auf der rechten Motorseite (Auslassseite) ist ein Zwischenrad vorgeschaltet, um die Drehrichtung umzukehren.

Die Antriebszahnräder der Ausgleichswellen sind jeweils mit einem Konus mit der Ausgleichswelle verbunden.



31 - Verbindung Ausgleichswelle mit Antriebszahnrad

Der Konus wird durch eine Schraubverbindung zusammengepresst. Die Anlaufscheibe, die zur Verbindung genutzt wird, und eine Anlauffläche am Antriebszahnrad übernehmen die Axiallagerung der Ausgleichswellen.

Die Radiallagerung übernehmen zwei Nadellager je Ausgleichswelle. Diese werden nicht extra mit Öl versorgt. Über einen Ölkanal wird das Axiallager mit Motoröl zur Schmierung versorgt. Die Bohrung in der Buchse übernimmt die Drosselfunktion. Durch einen Spalt in Buchse gelangt das Öl zu den axialen Anlaufflächen.

Damit die Ausgleichswellen mit der doppelten Kurbelwellendrehzahl drehen, haben die Antriebszahnräder der Ausgleichswellen die halbe Größe (44 Zähne) des Zahnriings auf der Kurbelwelle (88 Zähne).

### Zwischenrad

Das Zwischenrad kehrt die Drehrichtung der Ausgleichswelle auf der Motorauslassseite um. Um die Drehzahl nicht zu verändern, besitzt es die gleiche Größe wie die Antriebsräder der Ausgleichswellen.

Es ist auf seiner Achse durch ein Schrägkugellager gelagert. Diese Achse wird durch eine ins Kurbelgehäuse gepresste Stahlbuchse gesteckt und verschraubt.

Es wird eine Hülse verwendet, weil sich damit Fertigungstoleranzen besser einhalten lassen, als direkt im Aluminiumkurbelgehäuse.

Die Zahnflanken des Zwischenzahnrades sind beschichtet, damit wie beim M47TU2 die Einstellung des Verdrehflankenspieles möglich ist.

Index	Erklärung
1	Ausgleichswelle
2	Antriebszahnrad
3	Buchse
4	Anlaufscheibe
5	Schraube
6	Kurbelgehäuse
7	Ölkanal

## Drehschwingungsdämpfung

### Allgemeines

Die Energie, die beim Hubkolbenmotor auf die Kurbelwelle übertragen wird, verläuft nicht wirklich gleichförmig. Da sind zum einen die periodischen Verbrennungsprozesse und zum anderen die Krafteinleitung über ein Pleuel, das den Winkel an der Kurbelwelle immer stark verändert.

Diese unterschiedliche Krafteinleitung wird von den schwellenden Gaskräften der Verbrennung überlagert.

Das sorgt für eine starke Drehungleichförmigkeit. Durch den Aufbau mit mehreren Zylindern verringert sich diese Drehunförmigkeit deutlich, weil die Kraft phasenverschoben in die Kurbelwelle eingeleitet werden kann.

Dafür sind Zündreihenfolge und Zündabstände aufeinander abgestimmt. Jedoch bleibt immer noch eine Ungleichförmigkeit der Drehbewegung erhalten.

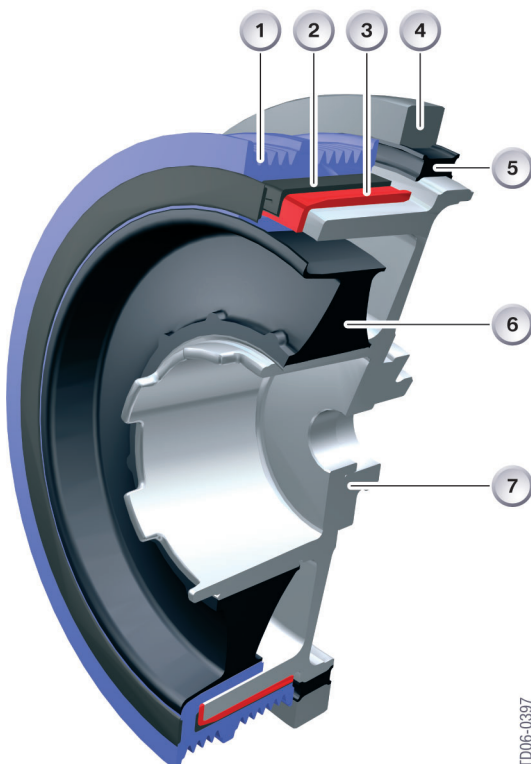
Dieser ungleichförmige Drehkraftverlauf hat Drehzahlschwankungen zur Folge. Das Triebwerk wird bei Kraftüberschuss beschleunigt, bei Kraftunterschuss verzögert. Durch ein Schwungrad lässt sich die Drehzahlschwankung verringern.

Es ist eine zusätzliche Masse im Triebwerk und erhöht damit dessen Massenträgheitsmoment. Es wirkt als Energiespeicher, der bei Kraftüberschuss die Energie aufnimmt und bei Kraftunterschuss abgibt.

Einen noch besseren Effekt zur Reduzierung der Drehschwingungen haben Dämpfersysteme, bei denen die Schwungmasse "federnd" zur Kurbelwelle gelagert sind.

Im Fall des N47 Motors sind das ein Drehschwingungsdämpfer am Riementrieb und ein Zweimassenschwungrad, falls ein Handschaltgetriebe verbaut ist.

### Drehschwingungsdämpfer



Index	Erklärung
1	Riemenscheibe
2	Vulkanisationsschicht
3	Gleitlager
4	Schwungmasse
5	Dämpfungsgummi
6	Entkopplungsgummi
7	Nabe

Der Drehschwingungsdämpfer besteht aus einer Nabe (7) und einer Schwungmasse (4). Beide sind durch einen Dämpfungsgummi (5) verbunden (vulkanisiert) und deshalb um einige Winkelgrade gegeneinander verdrehbar. Die Nabe ist mit der vorderen Stirnseite der Kurbelwelle verschraubt.

Der Drehschwingungsdämpfer reduziert Drehschwingungen der Kurbelwelle. Dies verringert die Belastung der Kurbelwelle und der angetriebenen Nebenaggregate.

TD06-0397



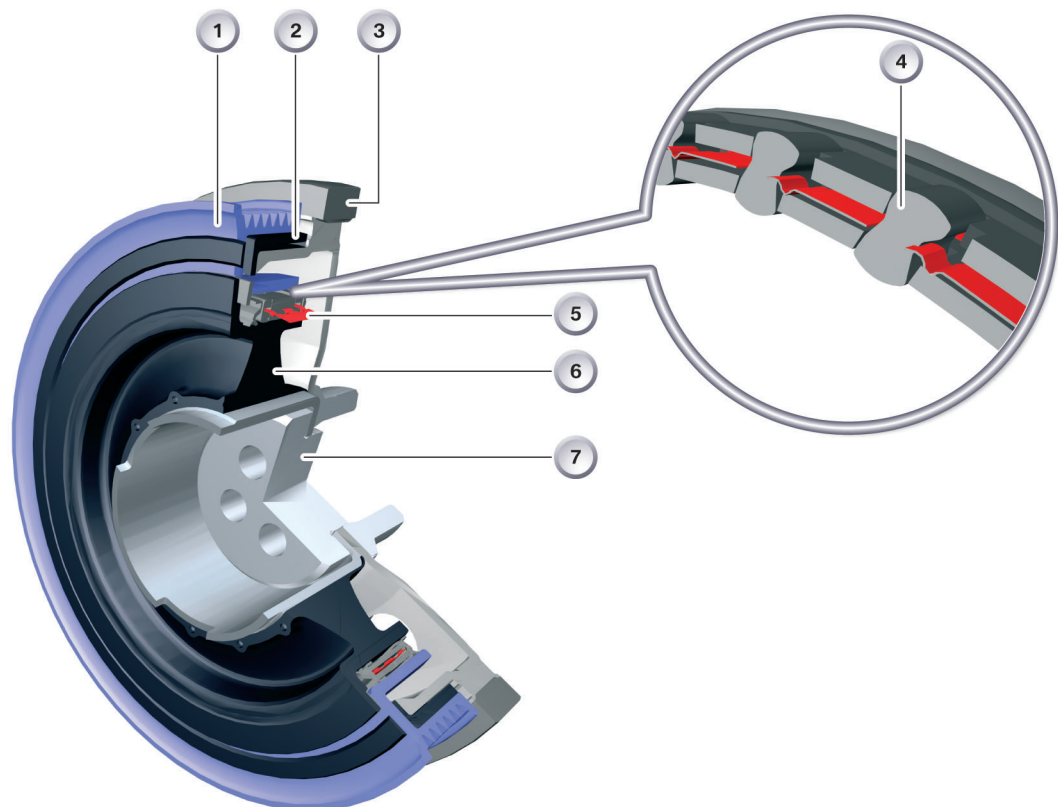
Der Drehschwingungsdämpfer ist nicht nur für die Laufruhe des Motors, sondern auch für einen gleichmäßigen und verschleißarmen Nockenwellenantrieb wichtig.

Die Riemenscheibe (1) ist durch den Entkopplungsgummi (6) von der Nabe (7) entkoppelt. Der Entkopplungsgummi lässt eine stärkere Verdrehung zu und reduziert die verbleibende Drehungleichförmigkeit und

dadurch die Belastung des Riementriebs. Über das Gleitlager (3) wird die Riemenscheibe gelagert.

### Freilauf

Bei Fahrzeugen mit Schaltgetriebe ist der Drehschwingungsdämpfer im N47 Motor mit einem Freilauf ausgestattet.



33 - Drehschwingungsdämpfer mit Freilauf

TD06-2527

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Riemenscheibe	5	Freilauf
2	Vulkanisationsschicht und Gleitlager	6	Dämpfungsgummi
3	Schwungmasse	7	Nabe
4	Klemmkörper		



Ein Freilauf ist eine richtungsgeschaltete Kupplung. Sie lässt eine Momentübertragung nur in eine Drehrichtung zu. In dieser Richtung ist das Antriebsteil (z. B. Nabe) mit dem Abtriebsteil (z. B. Riemenscheibe) gekoppelt (Sperrzustand). Dies geschieht durch Klemmkeile, die sich aufstellen und zwischen die beiden Teile einspreizen. In der Gegenrichtung erfolgt eine Entkoppelung (Freilaufzustand) - es wird kein Moment übertragen.

Im Fall des Drehschwingungsdämpfers des N47 Motors sperrt der Freilauf in Drehrichtung

des Motors. Die Kraft wird vom Motor auf den Riemetrieb übertragen.

Bei sehr starken Drehungleichförmigkeiten (Starten und Abstellen des Motors) werden die Aggregate im Riemetrieb sehr stark beschleunigt oder verzögert. Um die Belastung des Riemens und des Riemenspanners zu reduzieren, kann im Falle eines Feilaufes der Riemetrieb die Kurbelwelle "überholen". Somit wird die Belastung geringer.

---

## Zweimassenschwungrad (ZMS)

Die beim Verbrennungsprozess des Motors entstehenden Drehungleichförmigkeiten regen bei Fahrzeugen mit Schaltgetriebe Schwingungen im Antriebsstrang an. Dies erzeugt ein Getrieberasseln und Karosseriedröhnen, was nicht dem gestellten Komfortanspruch an einen BMW entspricht.

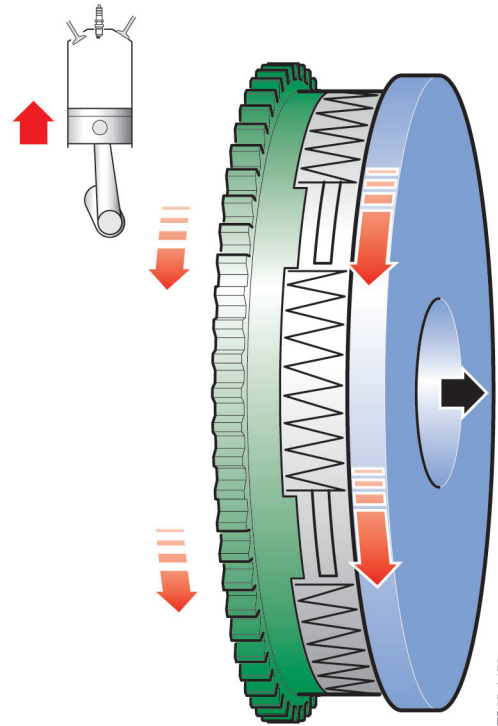
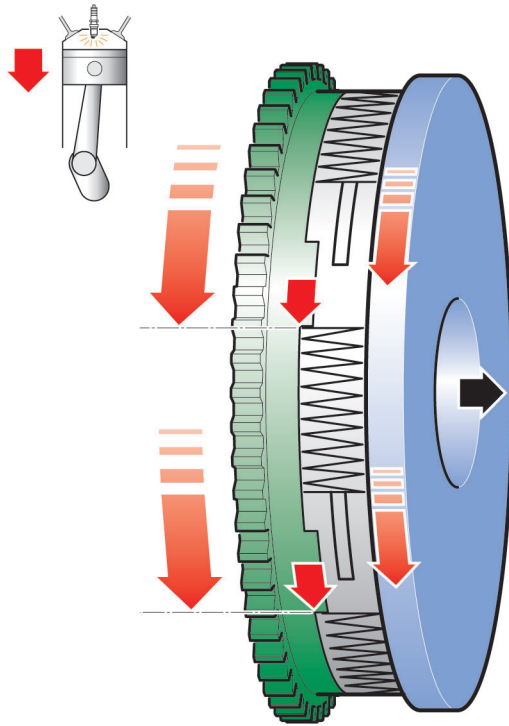
Um die Komforteinbußen zu vermeiden, wurde bei BMW das Zweimassenschwungrad (ZMS) eingeführt.

Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe ist dies aufgrund des Wändlers nicht nötig.

### Funktion

Die Masse des herkömmlichen Schwungrades ist beim ZMS geteilt. Ein Teil trägt weiterhin zum Massenträgheitsmoment des Motors bei. Der andere Teil erhöht jedoch nun das Massenträgheitsmoment des Getriebes. Damit wird der Resonanzbereich deutlich unter die normalen Betriebsdrehzahlen verschoben (von ca. 1300 U/min nach ca. 300 U/min).

Diese Drehzahlen fallen weit unter die Leerlaufdrehzahl und beeinflussen somit in keiner Weise die Laufruhe des Motors. Lediglich beim Starten und Abstellen des Motors werden die Bereiche von 300 U/min durchlaufen.



T005-1458

34 - Funktion des Zweimassenschwungrads

Verbunden sind die beiden entkoppelten Massen über ein Feder-/Dämpfungssystem. Eine Kupplungsscheibe ohne Torsionsdämpfer zwischen der Sekundärmasse und dem Getriebe übernimmt das Trennen und Verbinden.

Während die Schwungradmasse, die mit dem Motor verbunden ist, die

Ungleichförmigkeiten des Motors übernimmt, verändert sich die Geschwindigkeit der Masse, die mit dem Getriebe verbunden ist, bei gleichbleibender Motordrehzahl nicht.

Durch diese Entkoppelung wird das Getrieberasseln in den kritischen Motordrehzahlbereichen unterbunden.

## Nockenwellenantrieb (Kettentrieb)

### Allgemeines

Auch beim N47 Motor handelt es sich, wie bei allen aktuellen BMW Motoren um einen kopfgesteuerten Motor. Das heißt, der Ventiltrieb und damit die Motorsteuerung befindet sich im Zylinderkopf. Die Nockenwellen haben die Aufgabe, diese Steuerung, das Öffnen und Schließen der Ventile, sicherzustellen. Der Antrieb der Nockenwellen wird mittels eines Zugmitteltriebes, nämlich einer Steuerkette realisiert.

Der Kettentrieb stellt die Verbindung zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle her. Es handelt sich um eine fixe Übersetzung von 2:1 (zwei Umdrehungen an der Kurbelwelle erzeugen eine Umdrehung an der Nockenwelle). Erzeugt wird diese Übersetzung durch ein doppelt so großes

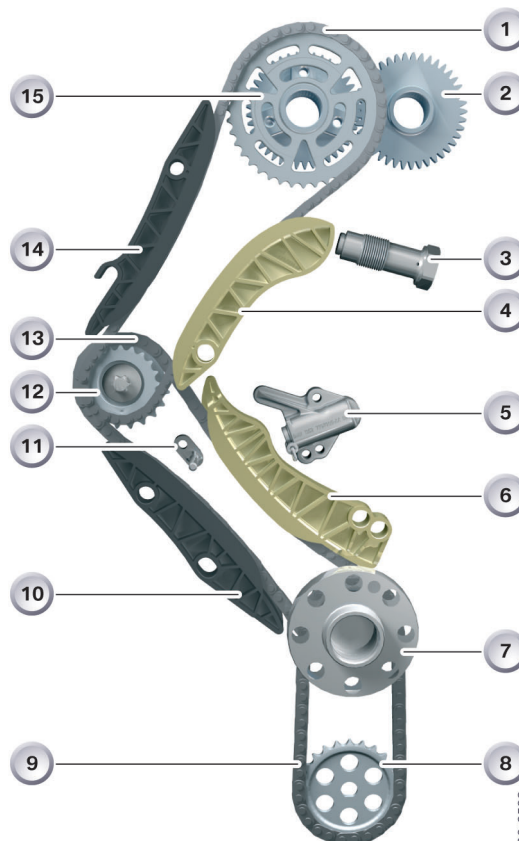
Kettenrad an der Nockenwelle als auf der Kurbelwelle.

Folgende Besonderheiten und Eckdaten sind beim Kettentrieb des N47 Motors zu nennen:

- Kettentrieb an der Kraft abgebenden Seite des Motors
- zweiteiliger Kettentrieb für Antrieb von Hochdruckpumpe und Nockenwellen
- Verwendung von Einfachhülsenketten
- Antrieb der Öl-/Vakuumpumpe über eine weitere Kette
- Spann- und Führungsschienen aus Kunststoff
- hydraulische Kettenspanner

### Aufbau

Der Kettentrieb setzt sich zusammen aus einem Kettenrad auf der Kurbelwelle, Kettenführungen, Kettenspanner mit Spannschienen, einer Ölversorgung, einem Kettenrad auf der Hochdruckpumpe und einem auf der Nockenwelle und schließlich der Kette selbst.



35 - Kettentrieb N47 Motor

TD06-2528

Index	Erklärung
1	Kette oben
2	Zahnrad Auslassnockenwelle
3	Kettenspanner oben
4	Spannschiene oben
5	Kettenspanner unten
6	Spannschiene unten
7	Kurbelwelle
8	Kettenrad Öl-/Vakuumpumpe
9	Kette Öl-/Vakuumpumpe
10	Führungsschiene unten
11	Ölspritzdüse
12	Kettenrad Hochdruckpumpe
13	Kette unten
14	Führungsschiene oben
15	Kettenrad Einlassnockenwelle

Generell wird versucht, die ungeführte Länge der Kette so kurz wie möglich zu halten. Die unbelastete Seite der Kette wird als Leertrum bezeichnet. Die Kette wird immer im Leertrum gespannt. Dies geschieht über eine Spannschiene, auf die ein Kettenspanner wirkt.

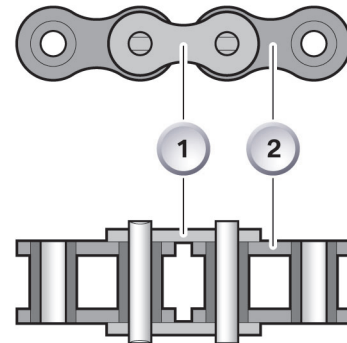
Die Ölversorgung übernimmt eine Ölspritzdüse, die Motoröl auf die Kette spritzt.

Beim N47 Motor wird auch die Öl-/Vakuumpumpe über eine Kette von der Kurbelwelle angetrieben.

### Kettenbauform

Bei den Steuerketten unterscheidet man zwischen Rollen- und Hülsenketten. Darüber hinaus gibt es Einfach- (Simplex-) bzw. Doppelketten (Duplexketten).

Beim N47 Motor handelt es sich bei allen Ketten um Einfach-Hülsenketten.



36 - Hülsenkette

TD06-0009

Index	Erklärung
1	Außenglied mit Bolzen
2	Innenglied mit eingepressten Bolzen

Bei einer **Hülsenkette** berühren die Zahnflanken des Kettenrads die feststehenden Hülsen stets an der gleichen Stelle. Deshalb ist eine einwandfreie Schmierung bei solchen Kettentrieben besonders wichtig. Hülsenketten haben bei gleicher Teilung und Bruchkraft eine größere Gelenkfläche als die entsprechenden Rollenketten. Eine größere Gelenkfläche ergibt eine geringere Gelenkflächenpressung und damit einen geringeren Verschleiß in den Gelenken.

### Kettenräder

Die Kettenräder übertragen das Antriebsmoment von der Kurbelwelle auf die Kette und von der Kette auf die Hochdruckpumpe, die Nockenwelle und die Öl-/Vakuumpumpe. Die Zahnform der Kettenräder ist für die Hülsenketten genormt. Die geeignete Ausbildung der Zahnform ist für den sicheren Betrieb des Kettentriebs von großer Bedeutung. Zur Anwendung kommen Kettenräder mit niedriger Zahnhöhe und einer großen Zahnlückenöffnung. Dies ermöglicht den ungestörten Ein- und Auslauf der Kette auch bei höheren Kettengeschwindigkeiten.

## **Kettenspanner und Führung**

Die Kette unterliegt aus unterschiedlichen Gründen einer Längung. Diese resultiert entweder aus den Betriebsbedingungen (Wärmeausdehnung) oder ist verschleißbedingt.

Damit die Steuerkette die Lebensdauer des Motors erreicht, müssen das Spannelement und die Führung auf den Motor abgestimmt sein. Der Kettenspanner sorgt dafür, dass die Kette in allen Betriebsbereichen im Leertrum mit einer bestimmten Last vorgespannt wird. Zusätzlich übernimmt er eine dämpfende Wirkung und reduziert Schwingungen auf ein zulässiges Maß.

Wie bei allen BMW Dieselmotoren kommen auch beim N47 Motor hydraulische Kettenspanner zum Einsatz. Hier wird die Spannschiene durch den Kolben des Kettenspanners an die Kette angelegt. Das Öl im Kettenspanner erreicht durch ein Rückschlagventil eine gerichtete Dämpfung. In Verbindung mit hydraulischen Kettenspannern und Spannschienen mit Kunststoffgleitbelag ist der Kettentrieb über die gesamte Motorlebensdauer wartungsfrei.

Als Führung dienen Schienen aus Kunststoff, die je nach Kettenbahn eben oder gekrümmt sind. Spannschienen sind Führungen, die vom Kettenspanner gegen die Kette gepresst werden. Dafür sind sie an einem Ende drehbar gelagert.

---

## **Anordnung**

Erstmals bei einem BMW Motor überhaupt sitzt der Kettentrieb an der Kraft abgebenden Seite, also hinten.

Dadurch, dass die Zahnräder der Nockenwellen hinten sind, baut der Motor vorne niedriger. Dies ist für den passiven Fußgängerschutz vorteilhaft. Es entsteht so mehr Raum, den die Motorhaube nachgeben kann, um einen Crash abzufangen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Trägheitsmasse des Getriebes an diesem Ende die Drehschwingungen deutlich geringer sind. Dies bedeutet eine enorme Entlastung des Kettentriebs.

Folgeerscheinungen sind einige ungewohnte Einbauorte bzw. -lagen von verschiedenen Bauteilen, wie z. B. Ölpumpe, Nockenwellensensor usw.

## Riementrieb und Nebenaggregate

---

### Allgemeines

Der Riementrieb ist für den schlupffreien Antrieb der Nebenaggregate in allen Belastungszuständen verantwortlich.

Beim N47 Motor sind dies:

- Generator
- Kühlmittelpumpe
- Klimakompressor
- Lenkhilfepumpe.

Es wird ein maximales Drehmoment von etwa 41 Nm und eine Leistung von maximal 21 kW auf dem Riementrieb übertragen (bei Vollast und maximaler Aggregatebelastung).

Dabei wird vor allem auf einen geräuscharmen Lauf und eine lange Lebensdauer Wert gelegt. Um Letzteres zu erreichen, werden Systeme

eingesetzt um den Riementrieb von Drehschwingungen und starken Lastwechsel zu entlasten (siehe Abschnitt Drehschwingungsdämpfung).

Die Systemauslegung muss so gewählt werden, dass Geräusche, insbesondere das "Keilriemenquietschen", verursacht durch Schlupf zwischen Riemen und Scheibe, vermieden werden.

**⚠** Bei der Montage der Nebenaggregate muss besonders auf die richtige Positionierung geachtet werden. Ein Riemenscheibenfluchtungsfehler würde zu Riemengeräuschen und schließlich zu einem Riemenschaden führen.

Beachten Sie hierzu die Vorgehensweise in der Reparaturanleitung ◀

### Aufbau

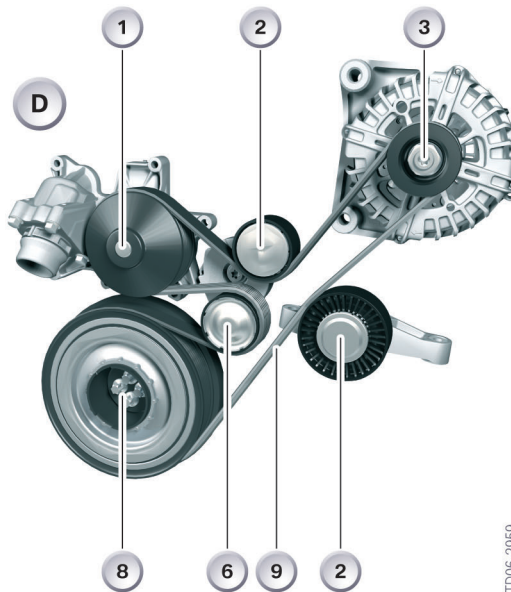
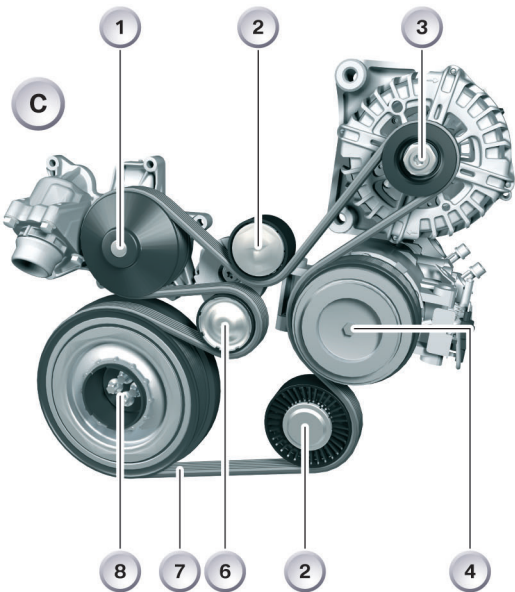
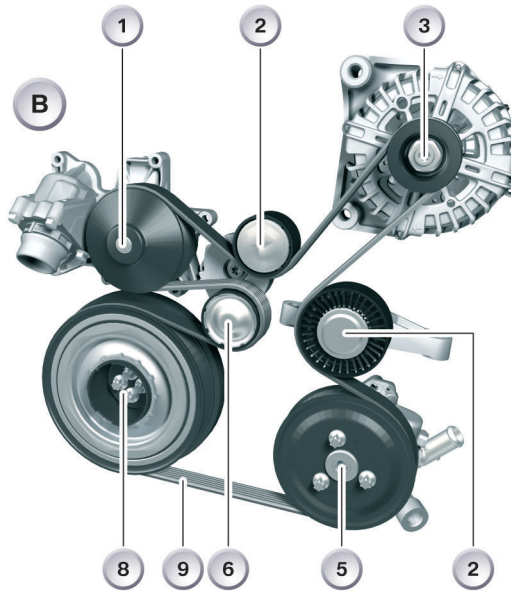
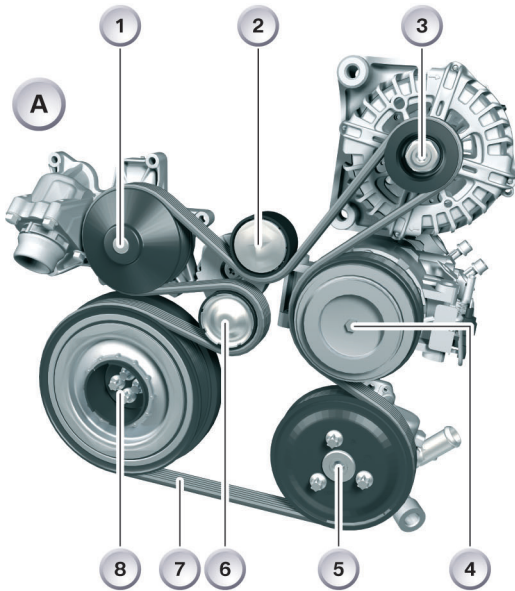
Beim N47 Motor kann der Riementrieb unterschiedlich ausgeführt sein. Dies hängt von folgenden Ausstattungen ab:

- Klimaanlage oder Klimaautomatik
- elektromechanische Servolenkung (EPS).

Es handelt sich in jedem Fall um einen so genannten Einriementrieb, bei dem alle

Nebenaggregate über nur einen Riemen angetrieben werden.

Zum Riementrieb gehören des Weiteren der Drehschwingungsdämpfer (siehe eigenes Kapitel), die Riemenscheiben der Nebenaggregate und die Spann- und Führungsrollen.



37 - Riementriebsvarianten des N47 Motors

TD06-2959

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Mit KA* und Hydrolenkung	4	Klimakompressor
B	Ohne KA* mit Hydrolenkung	5	Lenkhilfepumpe
C	Mit KA* und EPS	6	Spannrolle
D	Ohne KA* mit EPS	7	Doppelseitiger Keilrippenriemen
1	Kühlmittelpumpe	8	Drehschwingungsdämpfer
2	Umlenkrolle	9	Einseitiger Keilrippenriemen
3	Generator		

\*) KA = Klimaanlage oder Klimaautomatik

### Keilrippenriemen (Poly-V Riemen)

Eine Neuheit am Riementrieb des N47 Motors ist, dass der Riemen doppelseitig ausgeführt wird, falls ein Klimakompressor verbaut ist. Es wird also nicht mehr ausschließlich die Innenseite zum Antrieb der Nebenaggregate verwendet, sondern ebenfalls die Außenseite. In diesem Fall ist es der Klimakompressor, der von der Außenseite angetrieben wird.



38 - Querschnitt Doppelkeilrippenriemen

Es handelt sich um einen Keilrippenriemen mit jeweils sechs Rippen auf der Innen- und auf der Außenseite.

Der Vorteil, der sich aus einem doppelseitigen Riemen ergibt, ist, dass auf eine weitere Umlenkrolle verzichtet werden kann. Zudem lässt sich der Riementrieb flexibler und kompakter gestalten. Zudem konnte dadurch eine Anordnung des Riementriebs verwirklicht werden, bei der sich alle Nebenaggregate auf der linken Motorseite befinden.

Ohne Klimakompressor handelt es sich um einen gewöhnlichen Keilrippenriemen mit sechs Rippen (der auf der Außenseite kein Profil besitzt).

### Spannrolle

Auch der Keilrippenriemen unterliegt aufgrund von Wärmeausdehnung und Ausdehnung über die Lebensdauer einer Längung.

Damit der Keilrippenriemen über die gesamte Lebensdauer das erforderliche Moment übertragen kann, muss er mit einer bestimmten Kraft konstant an den Riemenscheiben anliegen. Dazu wird die Riemenspannung über eine automatische Spannrolle aufgebracht, welche die Riemendehnung über die gesamte Lebensdauer ausgleicht.

Beim N47 Motor wird eine Spannrolle vom so genannten Z-Typ verwendet, welche eine Vorspannung von 350 N aufbringt.

Beim Z-Typ Spanner taucht das Spannergehäuse in den Bereich hinter dem Riementrieb ein. Die Vorspannung wird durch eine Schenkelfeder erzeugt. Gleichzeitig ist der Spanner reibgedämpft.

Die Spannrolle befindet sich wie üblich auf der unbelasteten Seite des Riemens vor dem Drehschwingungsdämpfer.

### Umlenkrollen

Die Umlenkrollen sorgen dafür, dass an allen Nebenaggregaten die notwendige Umschlingung erreicht wird. Nur dadurch kann ein schlupffreier Betrieb dargestellt werden.

Der N47 Motor besitzt in jedem Fall eine Umlenkrolle zwischen Kühlmittelpumpe und Generator.

Eine Besonderheit beim N47 Motor ist, dass in dem Fall, dass ein Klimakompressor verbaut ist, dieser quasi als Umlenkrolle genutzt wird, indem er von der Außenseite des Keilrippenriemens angetrieben wird.

Bei Fahrzeugen ohne Klimaanlage/-automatik ist anstelle des Klimakompressors eine weitere Umlenkrolle verbaut.

TD06-3214



# Nockenwellen

---

## Allgemeines

Nockenwellen steuern den Gaswechsel und damit die Verbrennung. Ihre Hauptaufgabe ist das Öffnen und Schließen der Ein- und Auslassventile. Sie werden von der Kurbelwelle angetrieben. Ihre Drehbewegung steht im Verhältnis 1:2 zur Drehbewegung der Kurbelwelle. Die Nockenwelle läuft also nur mit halber Kurbelwellengeschwindigkeit. Dies wird durch eine Übersetzung der Kettenräder erreicht. Auch die Position zur Kurbelwelle ist genau definiert.

Um den Ventiltrieb so steif wie möglich zu gestalten, also den Übertragungsweg von der Nockenwelle auf die Ventile so kurz wie möglich zu halten, hat der N47 Motor wie alle aktuellen BMW Motoren oben liegende Nockenwellen. Als Motor mit vier Ventilen pro Zylinder hat der N47 Motor je eine Nockenwelle für die Ein- und Auslassventile.

Beim Öffnen der Ventile wird eine Kraft vom Nocken über ein oder mehrere Betätigungselemente auf das Ventil übertragen (das Element, das am Nocken

anliegt, wird Nockenfolger genannt). Das Ventil wird dabei gegen die Ventildfederkraft geöffnet. Beim Schließen wird das Ventil durch die Kraft der Ventildfeder geschlossen und im Bereich des Grundkreises geschlossen gehalten.

Im Folgenden werden die Besonderheiten der N47 Nockenwellen genannt:

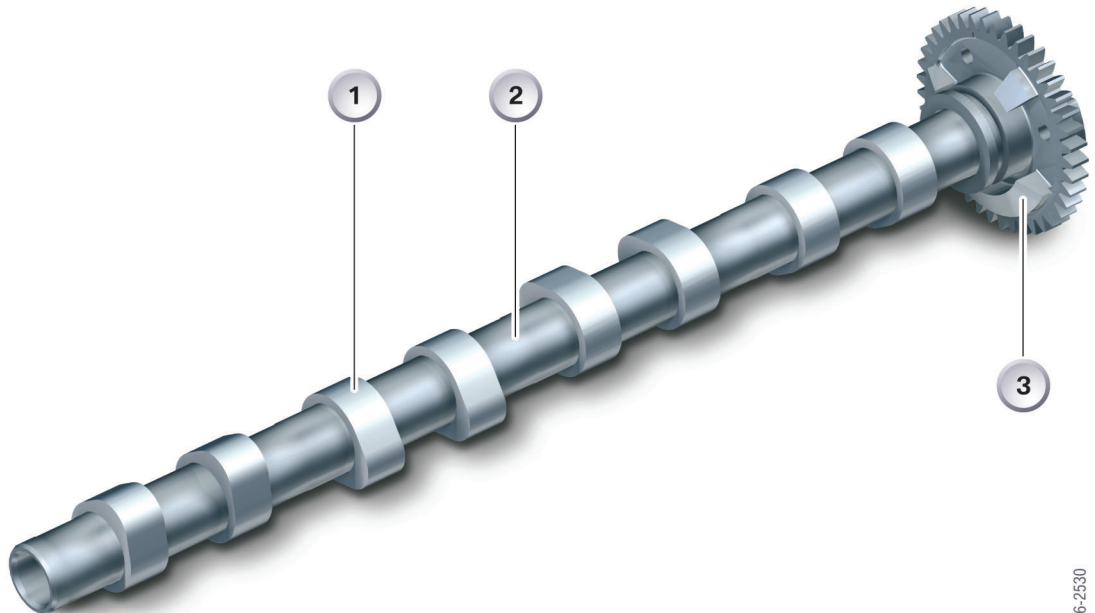
- gebaute Nockenwellen nach dem Presta-Verfahren
- Nockenwellensensorrad in das Zahnrad der Einlassnockenwelle integriert
- Zweiflachring für das Spezialwerkzeug in das Zahnrad der Auslassnockenwelle integriert
- nur noch ein Zweiflachring für das Spezialwerkzeug
- Verschraubung des Kettenrades so angeordnet, dass bei abgestecktem Motor alle drei Schrauben gelöst/angezogen werden können.

---

## Aufbau

Hauptbestandteil der Nockenwelle ist der zylinderförmige hohle Wellenschaft. Darauf sind die einzelnen Nocken angeordnet. Die Abstützung der Betätigungskräfte erfolgt über die Nockenwellenlager. Die Lagerung erfolgt beim N47 Motor wie bei allen BMW

Dieselmotoren direkt auf dem Nockenwellenschaft. Die Oberfläche ist an dieser Stelle geschliffen. Eine Ölbohrung in der Lagerstelle im Nockenwellenträger sorgt für die notwendige Schmierung. Ein Lager ist dabei für die Axialführung verantwortlich.



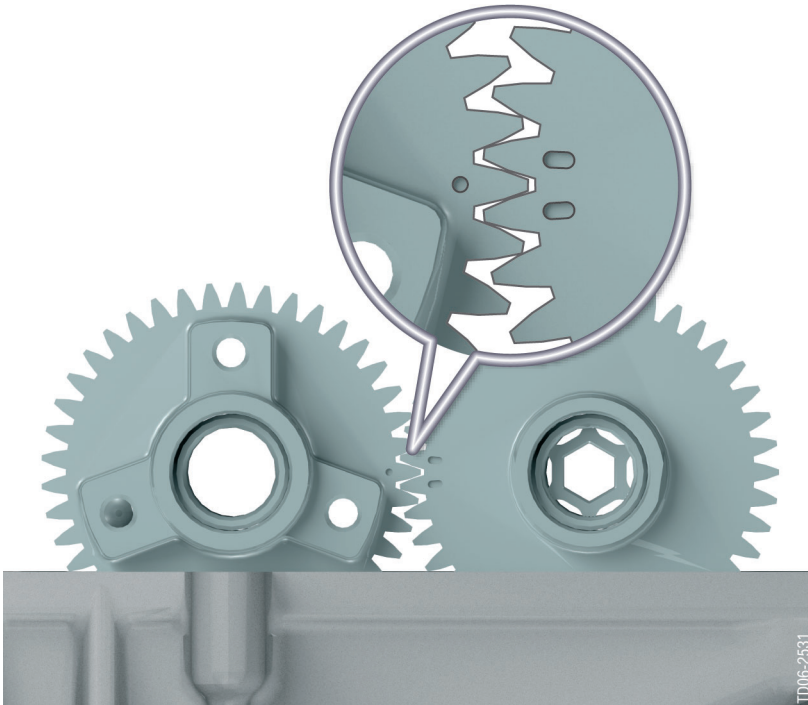
TD06-2530

39 - Nockenwelle N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Nocke	3	Zahn- und Nockenwellensensorrad
2	Welle		

Über ein Kettenrad erfolgt der Antrieb der Einlassnockenwelle von der Kurbelwelle. Zusätzliche Zahnräder sorgen für den Antrieb von der Einlassnockenwelle zur Auslassnockenwelle. Diese Zahnräder sind

fest mit den Nockenwellen verbunden. Markierungen auf den Zahnrädern sorgen bei der Montage für die richtige Positionierung der Nockenwellen.



40 - Markierung auf den Zahnradern der Nockenwellen des N47 Motors

Direkt in das Zahnrad der Einlassnockenwelle ist das Nockenwellensensorrad für den Nockenwellensensor eingebracht.

Der Zweiflachring zum Aufsetzen des Spezialwerkzeugs für die richtige Positionierung beim Einbau ist Bestandteil des Zahnrades der Auslassnockenwelle. Beim N47 Motor wird das Spezialwerkzeug nur noch auf eine Nockenwelle aufgesetzt.

Das Kettenrad wird auf der Einlassnockenwelle aufgeschraubt. Über

Langlöcher lassen sich die Steuerzeiten einstellen. Neu ist, dass die Verschraubung so angebracht ist, dass die Nockenwellen nicht verdreht werden müssen, um alle Schrauben anzuziehen. Dazu sind die drei Schrauben nicht gleichmäßig im 120°-Winkel verteilt.

Zum Gegenhalten bei der Montage wird keine Schlüsselweite mehr verwendet. Stattdessen ist in der Auslassnockenwelle, an dem Ende, an dem sich das Zahnrad befindet, ein Innensechskant im Wellenrohr angebracht.

## Gebaute Nockenwellen

Beim N47 Motor werden die seit dem M57TU2 Motor bekannten gebauten Nockenwellen eingesetzt. Gebaut bedeutet, dass das Wellenrohr, die Nocken und weitere Funktionselemente wie z. B. Antriebszahnrad einzeln gefertigt und anschließend zusammen gefügt werden.

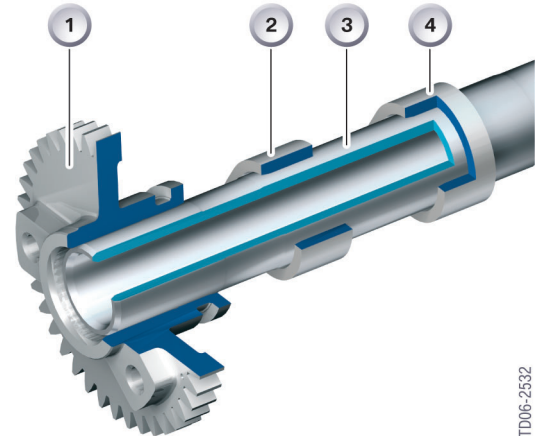
Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

- Gewichtseinsparung von bis zu 40 %. Dies bewirkt zudem:
  - reduzierten 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. Zudem können die verschiedenen Stücke auch durch Schweißen oder Lötten fixiert werden.

Auch beim N47 Motor kommt das Presta-Verfahren zum Einsatz, nach dem alle Nockenwellen für BMW Dieselmotoren gefertigt werden.

### Presta-Verfahren



41 - Gebaute Nockenwelle N47 Motor

TD06-2532

Index	Erklärung
1	Antriebszahnrad
2	Nocke
3	Wellenrohr

Beim Presta-Verfahren 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 aufgepresst.

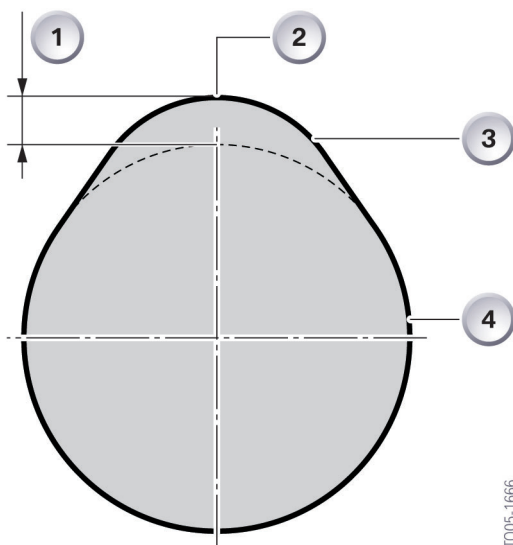
Die Bohrung des Aufpressteils ist mit einem Längsprofil versehen. Dadurch entsteht zwischen der Welle und der aufgepressten Komponente eine kraft- und formschlüssige Verbindung.

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

## Nockenform

Die Nockenform, also die Kontur seines Querschnitts bestimmt den Ventilhubverlauf. Dieser ist meist ein Kompromiss für eine optimale Zylinderfüllung im gesamten Drehzahlbereich.

Die nachfolgende Grafik zeigt den Querschnitt eines Nockens mit seinen verschiedenen Bereichen.



42 - Nockenquerschnitt

Die Nockenform wird durch diese vier wesentlichen Begriffe beschrieben. Der Nockenfolger, der die Bewegung vom Nocken abgreift und auf das Ventil überträgt, läuft diese Kontur ab.

Im Bereich des Grundkreises ist das Ventil geschlossen. An der Nockenflanke wird das Ventil geöffnet oder geschlossen. Je steiler die Flanke, um so schneller öffnet bzw. schließt das Ventil.

In Verbindung mit Rollenschlepphebel haben die Nockenflanken Hohlradien (negative Krümmung).

Die Nockenspitze markiert die maximale Ventilöffnung. Je breiter die Nockenspitze ist, desto länger ist die Ventilöffnungszeit. Der Abstand vom Grundkreis zur Nockenspitze ergibt den Nockenhub.

Beim N47 Motor ist der Nockenhub der Auslassnockenwelle etwas größer als bei der Einlassnockenwelle, wodurch sich ein größerer Ventilhub ergibt.

Die Übertragung der Nockenbewegung auf das Ventil mit Rollenschlepphebel hängt von der Übersetzung der Hebellängen ab.

T005-1666

Index	Erklärung
1	Nockenhub
2	Nockenspitze
3	Nockenflanke
4	Grundkreis

# Schlepphebel

## Allgemeines

Die Übertragung der Nockenbewegung auf das Ventil ist die Aufgabe der Schlepphebel. Diese Bauteile werden deshalb auch Übertragungselemente genannt. Das Übertragungselement folgt der Nockenkontur und setzt die Bewegung indirekt (mit Übersetzung) um.

Besonderer Wert wird auf eine steife Übertragung und geringes Gewicht gelegt.

Eine steife Übertragung stellt sicher, dass die Ventilhubkurve den gewünschten Verlauf nimmt. Nur so lässt sich die optimale Zylinderfüllung genau steuern.

Ein geringes Gewicht ist nötig, um die Massenkräfte gering zu halten. Dazu werden die Schlepphebel des N47 Motors, wie seit einiger Zeit bei BMW Motoren üblich, aus Blech und nicht aus Guss gefertigt.

Um die innere Reibung des Motors so gering wie möglich zu halten, ist der N47 Motor mit Rollenschlepphebel ausgestattet.

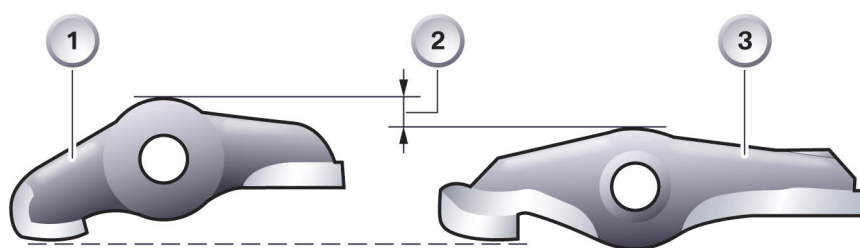
Eine neue Bauform sorgt für eine deutlich geringere Bauhöhe und eine Gewichtersparnis von etwa 14 %.

## Aufbau

Schlepphebel sind nicht auf einer Achse gelagert. Sie stützen sich an einem Ende direkt am HVA-Element ab. Die gegenüberliegende Seite liegt auf dem Ventil auf. Der Nocken der Nockenwelle drücken von oben auf die Mitte des Schlepphebels.

Massenträgheitsmoment und Steifigkeit des Hebels hängen sehr stark von der Bauform des Hebels ab. Kurze Hebel ermöglichen kleine Massenträgheitsmomente.

Die Form des N47 Schlepphebels ist deutlich flacher gehalten als die der Vorgänger.

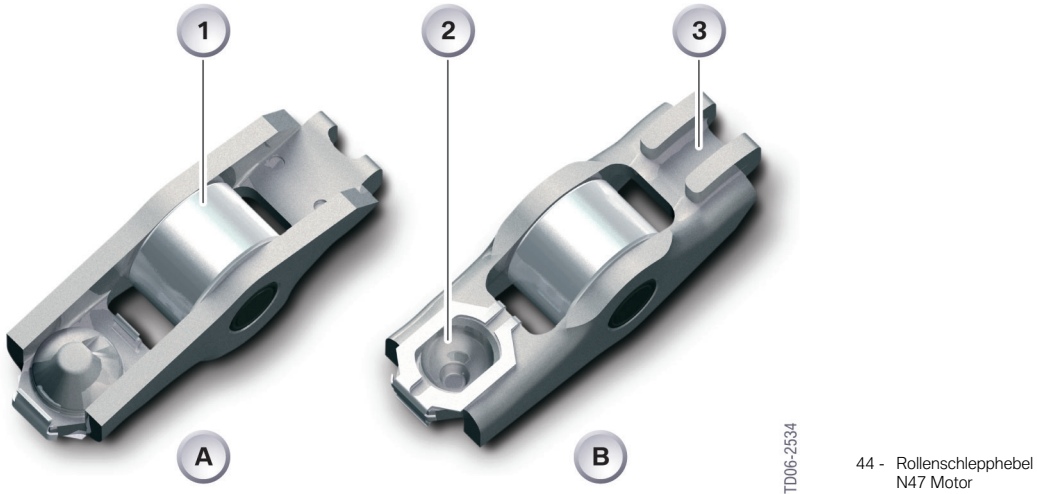


43 - Vergleich Schlepphebel M47TU2 Motor und N47 Motor

TD06-2533

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Schlepphebel M47TU2 Motor	3	Schlepphebel N47 Motor
2	Höhendifferenz		

## Rollenschlepphebel



Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Rollenschlepphebel Oberseite	2	Halbkugel zum Abstützen gegen das HVA-Element
B	Rollenschlepphebel Unterseite	3	Betätigungsfläche, die auf das Ventil drückt
1	Nadelgelagerte Rolle zum Nockenabgriff		

Beim Rollenschlepphebel wird die Bewegung des Nockens nicht über eine Gleitfläche übertragen, sondern über eine wälzgelagerte Rolle. Dies führt im Vergleich zu Gleitflächenschlepphebeln oder Tassenstößelventiltrieben zu einer

Reduzierung der Reibleistung gerade in dem für die Verbrauchsreduzierung relevanten unteren Drehzahlbereich. Eine Reduzierung der Reibung führt jedoch auch zur Reduzierung der Dämpferwirkung an den Nocken.

## Hydraulischer Ventilspielausgleich

---

### Allgemeines

Die Ventile müssen bei allen Betriebszuständen des Motors einwandfrei schließen können, um

- einen Leistungsverlust durch nachlassende Kompression und sinkenden Verbrennungsdruck zu verhindern, und
- die anfallende Wärme über den Zylinderkopf an das Kühlmittel abzuleiten.

Nicht einwandfrei schließende Ventile sind undicht. Dies unterbricht zum einen den Wärmefluss von den Ventiltellern zum Zylinderkopf. Zum anderen strömen die

heißen Verbrennungsgase mit hoher Geschwindigkeit durch den engen Luftspalt und können die Ventilteller der Auslassventile extrem aufheizen. Dies kann Glühzündungen verursachen, die zu Kolbenschäden führen. Die Auslassventile können aber auch durchbrennen, also völlig undicht werden und plötzlich zu starkem Leistungsverlust führen.

Deshalb ist der N47 Motor wie alle aktuellen BMW Dieselmotoren mit einem hydraulischen Ventilspielausgleich ausgestattet. Dieser ist gleich mit dem des M47TU2 Motors.

---

### HVA-Element

Ein hydraulischer Ventilspielausgleich (HVA) hat folgende Aufgaben:

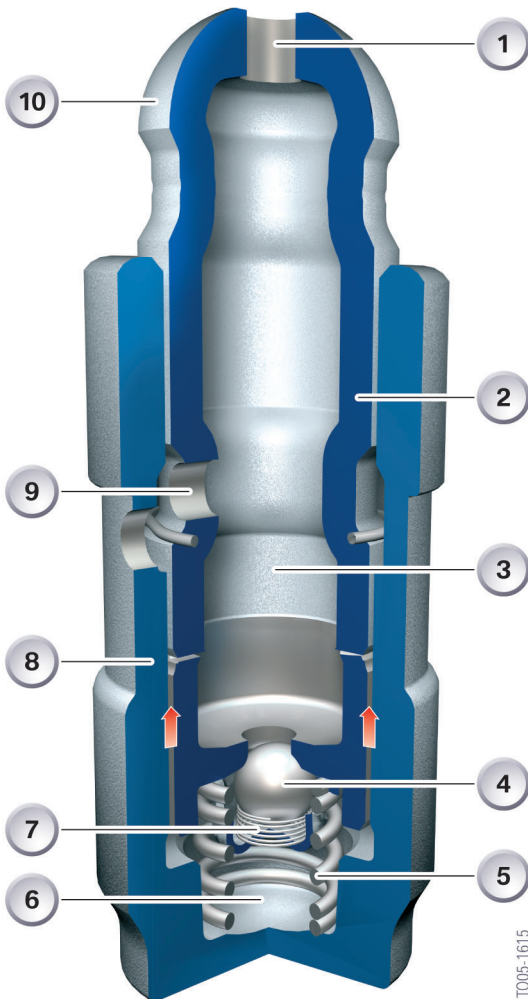
- Er soll das Ventilspiel unter allen Betriebsbedingungen stets gleich null halten.

- Er soll das Einstellen des Ventilspiels überflüssig machen, selbst nach längerer Betriebsdauer des Motors.

Dazu wird ein so genanntes HVA-Element verwendet. Bei der Verwendung von Schleppebel ist es ein eigenes Bauteil, auf das sich der Schleppebel abstützt.



## Funktion



Öffnet der Nocken über den Schleppebel das Ventil, wirkt auch eine Kraft über den Kugelkopf (10) auf den Kolben (2) im HVA-Element. Über das im Druckraum (6) befindliche Öl stützt sich der Kolben im feststehenden Druckzylinder (8) ab. Dabei tritt eine sehr geringe Menge Lecköl zwischen Kolben und Druckzylinder nach oben aus (Pfeile in der Grafik).

Durch das Herausdrücken des Lecköls aus dem Druckraum beim Öffnungshub würde nach dem Schließen des Ventils ein Spiel zwischen Nocken und Schleppebel entstehen. Dies verhindert die Feder (5), die den Kolben (2) mit Kugelkopf nach oben drückt, sodass der Schleppebel stets am Nocken anliegt. Dabei entsteht im Druckraum durch die Volumenvergrößerung eine Saugwirkung. Die Verschlusskugel (4) hebt gegen ihre Feder (7) vom Sitz ab. Der Druckraum füllt sich mit Öl aus dem Ölvorratsraum (3). Ist der Druckraum gefüllt, verschließt die Verschlusskugel den Druckraum.

Beim nächsten Öffnen des Ventils wiederholt sich der Vorgang. Genau genommen findet im HVA-Element ein kleiner Ölkreislauf statt.

45 - HVA-Element

TD05-1615

Index	Erklärung
1	Entlüftungsbohrung
2	Kolben
3	Ölvorratsraum
4	Verschlusskugel
5	Feder für Kolben
6	Druckraum
7	Feder für Verschlusskugel
8	Druckzylinder
9	Ölversorgungsbohrung
10	Kugelkopf

## Ventile mit Führung und Federn

### Allgemeines

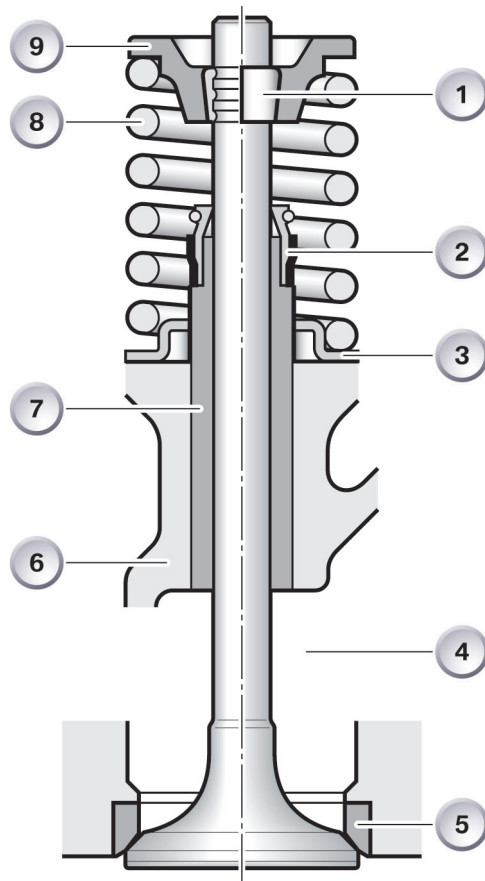
Im N47 Motor kommen wie in allen BMW Dieselmotoren Hubventile als Absperrorgane der Gaswechselkanäle zum Einsatz. Ein- und Auslassventile sind Präzisionsmotorenteile, die hohen Beanspruchungen unterliegen.

Ihre Aufgaben sind:

- Sperrung der Gaswechselkanäle
- Steuerung des Gaswechsels
- Abdichtung des Brennraums.

Die Abdichtungsfunktion erfüllt das Ventil in Verbindung mit dem Ventilsitzring.

Die Ventile bilden zusammen mit der Ventilführung und den Ventildedern eine Baugruppe, die hier zusammen beschrieben wird. Die nachfolgende Grafik gibt einen Überblick über diese Baugruppe im eingebauten Zustand.



Index	Erklärung
1	Kegelstücke
2	Ventilschaftabdichtung
3	Ventildederteller unten
4	Gaswechselkanal
5	Ventilsitzring
6	Zylinderkopf
7	Ventilführung
8	Ventildeder
9	Ventildederteller oben

Beim N47 Motor bildet die Ventilschaftabdichtung (2) eine Einheit mit dem Ventildederteller unten (3).

46 - Ventil im eingebauten Zustand

T005-1637

## Aufbau

Bei Ventilen unterscheidet man zwischen Mono- und Bimetallventilen. Beim N47 Motor kommen beide zum Einsatz.

Monometallventile als Einlassventile und aufgrund der viel höheren Temperaturbelastung Bimetallventile als Auslassventile.

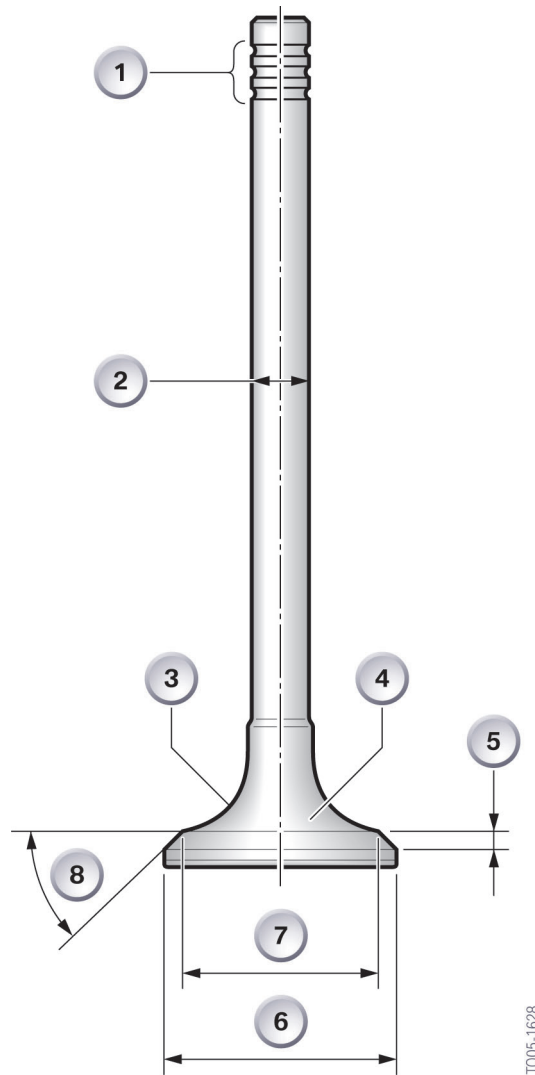
Monometallventile werden aus einem Werkstoff hergestellt und durch Schmieden in die gewünschte Form gebracht.

Bei Bimetallventilen werden der Ventilschaft und der Ventilkopf getrennt gefertigt und anschließend durch Reibschweißen zusammengefügt. Dies bietet den Vorteil, dass jeweils für Schaft und Kopf der optimale Werkstoff verwendet werden kann.

Bimetallventile werden für Auslassventile eingesetzt, da hier dieser Vorteil besonders zum Tragen kommt. So kann der Ventilkopf aus einem Material gefertigt werden, der sich bestens für hohe Temperaturen eignet, während der Schaft aus einem sehr verschleißfesten Material besteht. Im Fall des N47 Motors handelt es sich beim Ventilkopf um einen Sonderstahl (Nickellegierung) der auch als Nimonic (NiCr20TiAl) bekannt ist.

Unabhängig davon, ob die Ventile aus einem oder mehreren Werkstoffen bestehen, haben sie grundsätzlich den gleichen Aufbau.

Ein Ventil teilt sich in die Bereiche Ventilkopf, Ventilsitz und Ventilschaft auf (siehe Grafik). Der Ventilsitz bildet zusammen mit dem Ventilsitzring eine Funktionseinheit. Aus diesem Grund wird der Ventilsitzring auch zusammen mit dem Ventilsitz beschrieben.



47 - Aufbau eines Ventils

T005-1628

Index	Erklärung
1	Einstich
2	Ventilschaftdurchmesser
3	Hohlkehle
4	Ventilkopf
5	Sitzhöhe
6	Tellerdurchmesser
7	Sitzdurchmesser
8	Sitzwinkel

## Ventilführung

Die Ventilführung sorgt dafür, dass sich das Ventil auf dem Ventilsitz zentriert und Wärme vom Ventilkopf über den Ventilschaft an den Zylinderkopf abgegeben werden kann. Dazu wird ein optimales Spiel zwischen Führungsbohrung und Ventilschaft benötigt. Bei zu kleinem Spiel neigt das Ventil zum Stecken. Ein zu großes Spiel behindert die Wärmeabfuhr. Es wird das minimal mögliche Ventilführungsspiel angestrebt.

Die Ventilführungen werden in den Zylinderkopf gepresst. Die Ventilführung darf nicht frei in den Abgaskanal hineinragen, da

durch die Temperatur die Gefahr der Aufweitung besteht. Dadurch können Verbrennungsrückstände in die Führung eindringen.

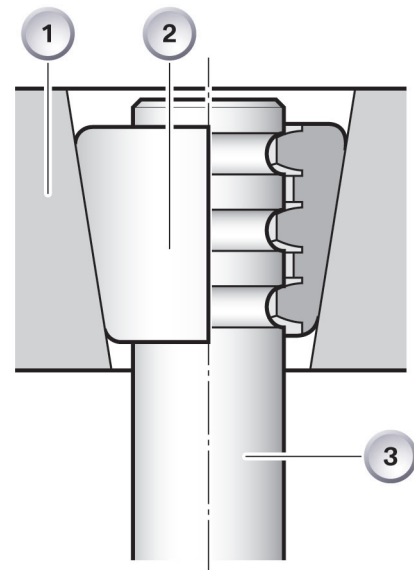
Für die einwandfreie Funktion des Ventils ist es erforderlich, dass der Mittenversatz zwischen Ventilführung und Ventilsitzring innerhalb der Toleranz gehalten wird. Ein zu hoher Mittenversatz bewirkt eine Verbiegung des Ventiltellers gegen den Schaft. Diese kann zum vorzeitigen Ausfall führen. Folgen können aber auch Undichtigkeit, schlechter Wärmeübergang und hoher Ölverbrauch sein.

## Ventilkegelstücke

Ventilkegelstücke haben die Aufgabe, den Ventilderteller mit dem Ventil zu verbinden. Es wird unterschieden zwischen klemmenden und nicht klemmenden Verbindungen. Beim N47 Motor kommen wie bei allen BMW Dieselmotoren nicht klemmende Verbindungen zum Einsatz.

Bei einer nicht klemmenden Verbindung stützen sich die Kegelstückhälften (2) im eingebauten Zustand gegeneinander ab. Dadurch erlauben sie ein Spiel zwischen den Kegelstücken und dem Ventilschaft, was eine Drehung des Ventils ermöglicht. Diese Drehung kommt dem Einlaufverhalten und der Reinigung des Ventilsitzes zugute.

Die Kräfte in axialer Richtung werden über die drei Kegelstückwülste übertragen, die in den Ventilschafteinstich greifen. Aus diesem Grund sind die Kegelstücke gehärtet.



48 - Nicht klemmende Ventilkegelstücke

TD06-0010

Index	Erklärung
1	Ventilderteller
2	nicht klemmendes Ventilkegelstück
3	Ventilschaft

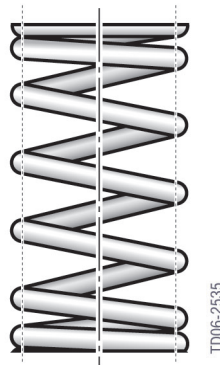
## Ventilfedern

Die Ventilfeder hat die Aufgabe, das Ventil kontrolliert zu schließen, d. h. es muss dem Nocken so nachgeführt werden, dass es selbst bei Höchstdrehzahl rechtzeitig schließt. Zudem muss die Kraft so groß sein, dass das Schwingen des Ventils direkt nach dem Schließen (auch Nachhüpfen genannt) verhindert wird. Beim Öffnen muss verhindert werden, dass das Ventil vom Nocken abhebt (Überfliegen).

### Bauform

Beim N47 Motor kommt die Standardbauform der Ventilfedern, die symmetrische, zylindrische Feder mit rundem Drahtquerschnitt zum Einsatz. Bei dieser Feder sind die Windungsabstände symmetrisch zu beiden Federenden und der Windungsdurchmesser konstant. Die

Progression der Federkennlinie (die Federkraft steigt stärker an, je weiter die Feder zusammengedrückt wird) wird über das teilweise Berühren von Windungen über den Einfederweg erreicht.



TD006-2535

49 - Ventilfeder N47 Motor

## Ölversorgung im Überblick

---

### Allgemeines

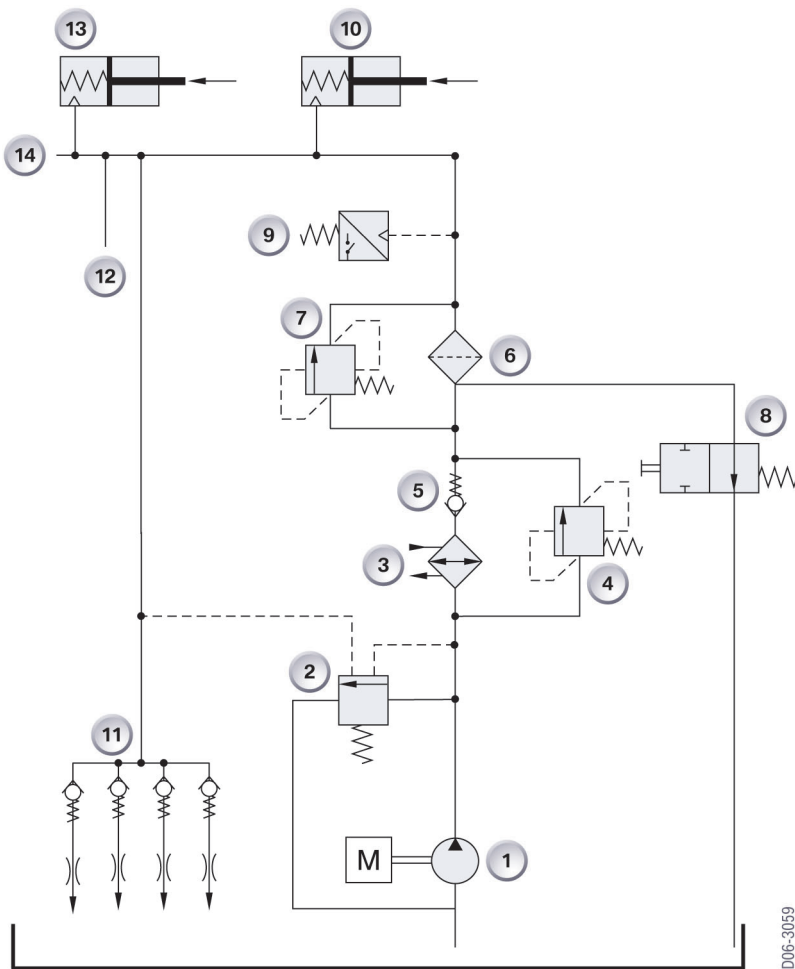
Das Ölsystem dient dazu, alle zu schmierenden und zu kühlenden Stellen im Motor mit Öl zu versorgen. Der N47 Motor ist hierfür mit einer so genannten Druckumlaufschmierung ausgestattet.

### Druckumlaufschmierung

Bei der Druckumlaufschmierung wird das Öl von der Ölpumpe über ein Saugrohr aus der Ölwanne angesaugt und weiter in den Kreislauf gefördert. Das Öl durchströmt den Hauptstromölfilter und gelangt dann in den Hauptölkanal, der im Motorblock parallel zur

Kurbelwelle verläuft. Stichkanäle führen zu den Hauptlagern der Kurbelwelle. Die Kurbel- und Pleuel-Zapfen werden von den Hauptlagern mit Öl versorgt, da die Kurbelwelle entsprechende Bohrungen aufweist. Ein Teil des Öls wird vom Hauptölkanal abgezweigt und zum Zylinderkopf an die entsprechenden Schmierstellen geleitet. Das Öl gelangt schließlich zur Ölwanne. Dies geschieht entweder über Rücklaufkanäle oder es tropft frei zurück.

## Ölkreislauf



50 - Ölkreislauf N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Ölpumpe	8	Ölfilter-Ablassventil
2	Druckbegrenzungsventil	9	Öldruckschalter
3	Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher	10	Kettenspanner unten
4	Wärmetauscherumgehungsventil	11	Ölspritzdüsen mit Kolbenkühlventilen
5	Rückschlagventil	12	Schmierstellen im Kurbelgehäuse
6	Ölfilter	13	Kettenspanner oben
7	Filterumgehungsventil	14	Schmierstellen im Zylinderkopf

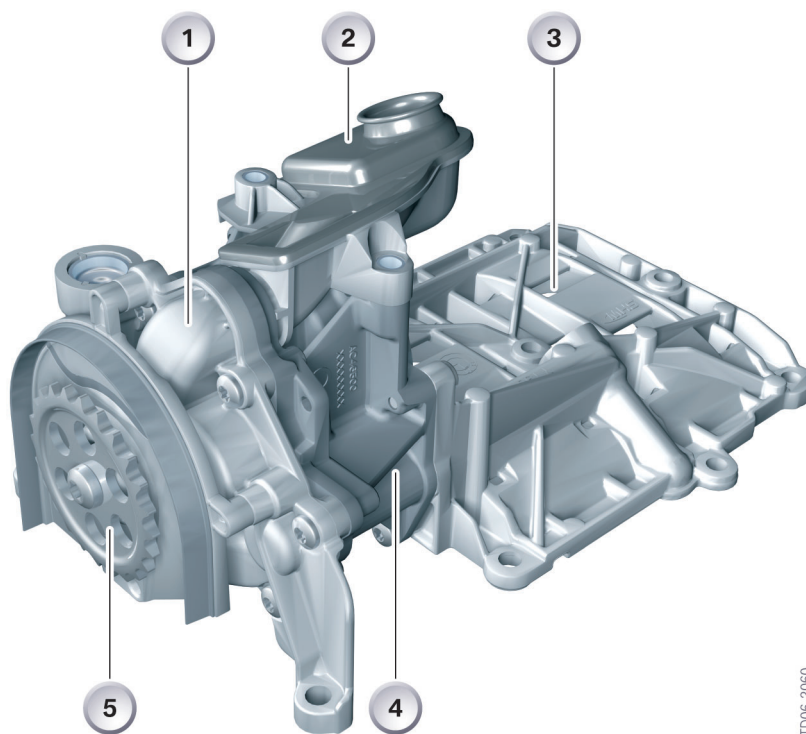
## Von der Ölwanne zum Ölfilter

### Saugrohr

Über das Saugrohr saugt die Ölpumpe das Öl aus der Ölwanne an. Das Saugrohr ist so positioniert, dass unter allen Betriebsbedingungen die Ansaugöffnung unterhalb des Ölstands liegt. In das Saugrohr

ist ein Ölsieb integriert, das grobe Schmutzpartikel von der Ölpumpe fern hält.

Das Saugrohr ist beim N47 Motor ein eigenes Bauteil und wird auf die Ölpumpe aufgeschraubt.



TD06-3060

51 - Öl-Vakuumpumpe mit Saugrohr N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Ölpumpe	4	Vakuumpumpe
2	Saugrohr	5	Kettenrad Öl-/Vakuumpumpe
3	Versteifungsschale		



## Ölpumpe

Die Ölpumpe spielt bei modernen Verbrennungsmotoren wie dem N47 Motor eine zentrale Rolle. Die hohe Leistung und das enorme Drehmoment bereits bei niedrigen Drehzahlen machen es notwendig, einen großen Öldurchsatz sicherzustellen. Dies ist aufgrund hoher Bauteiltemperaturen und stark belasteten Lagern erforderlich.

Auf der anderen Seite muss zur Erreichung eines niedrigen Kraftstoffverbrauches eine leistungsoptimierte Ölpumpe eingesetzt werden.

Es gibt unterschiedliche Arten von Ölpumpen um diese Anforderungen zu erreichen. Im N47 Motor kommt erstmals seit dem M21 Motor wieder eine Stirnradölumpe zum Einsatz. Alle folgenden Dieselmotoren inklusive dem M47TU2 Motor besaßen Rotorölumpen.

Die Ölpumpe im N47 Motor wird durch eine Kette von der Kurbelwelle angetrieben (Übersetzung  $i = 21:24$  (KW:ÖP), die theoretische Fördermenge liegt bei  $16 \text{ cm}^3$  pro Umdrehung der Ölpumpe.

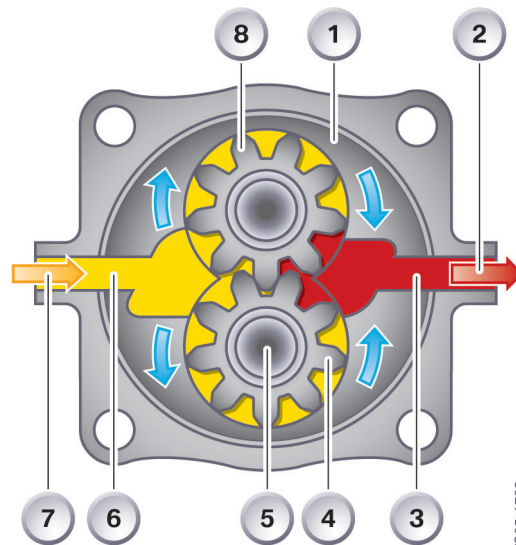
Im N47 Motor bildet die Ölpumpe ein Bauteil mit der Vakuumpumpe. Sie teilen sich den Antrieb von der Kurbelwelle, funktional sind sie jedoch voneinander getrennt.

### Stirnradölumpe

Bei dieser Ölpumpe greifen zwei außen verzahnte Zahnräder ineinander, von denen eines angetrieben ist. Die Zahnköpfe der nicht im Einsatz befindlichen Zähne gleiten am Pumpengehäuse entlang und fördern dabei Öl vom Saug- in den Druckraum.

Problematisch ist hier die im Zahngrund verbleibende Restölmenge. Dieses Quetschöl

kann sehr hohe Drücke annehmen, weshalb Entlastungsnuten im Pumpengehäuse und -deckel vorgesehen sind, die das Quetschöl in den Druckraum ableiten.



52 - Stirnradölumpe

T005-1723

Index	Erklärung
1	Ölpumpengehäuse
2	Drucköl
3	Druckraum
4	Zahnrad (Ölpumpenrad)
5	Antriebswelle
6	Saugraum
7	Saugöl
8	Zahnrad (Ölpumpenrad)

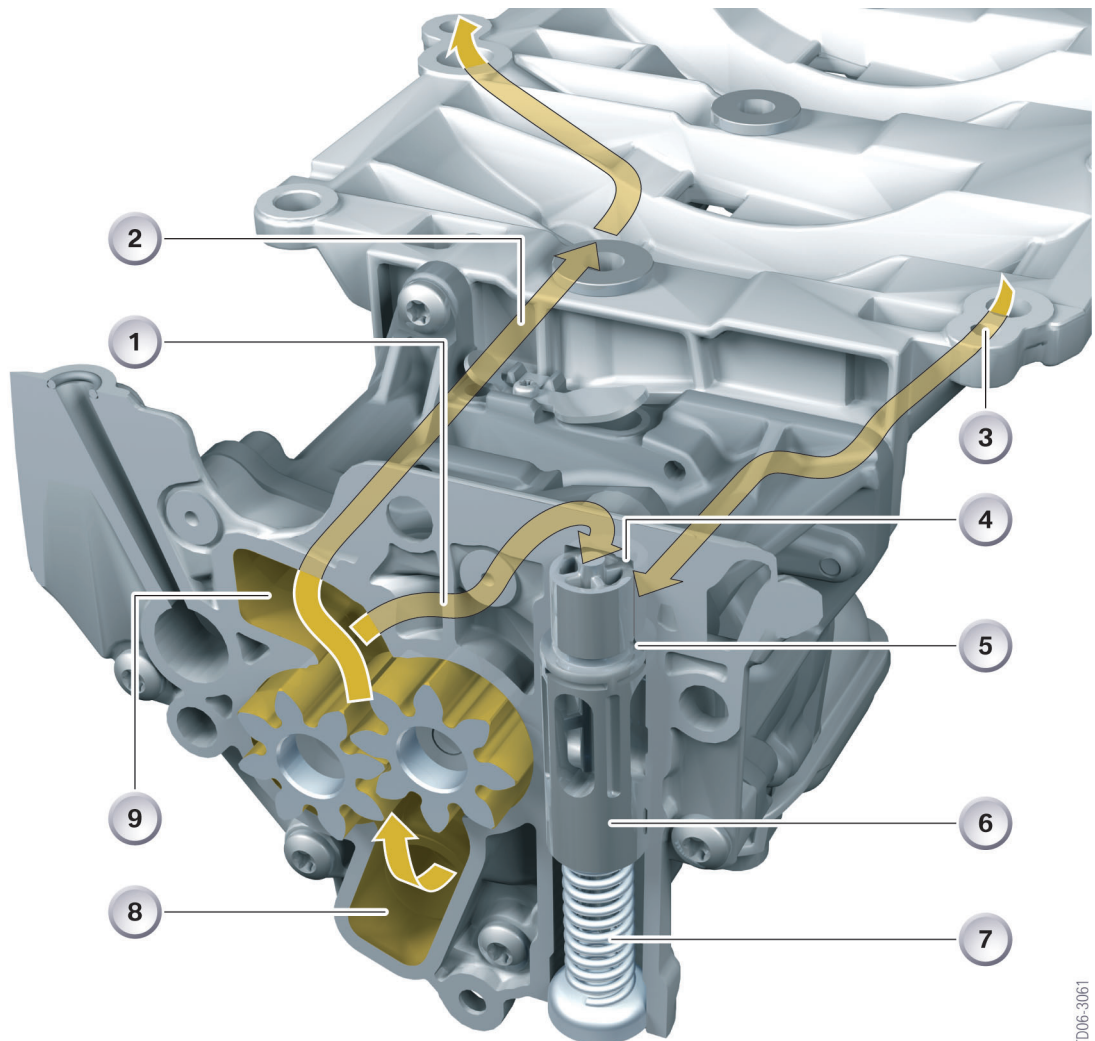
## Druckbegrenzungsventil

Das Druckbegrenzungsventil bildet eine Sicherung gegen zu hohen Öldruck, z. B. beim Motorstart mit kaltem Öl. Geschützt werden dadurch Ölpumpe, Ölpumpenantrieb, Ölfilter und Ölkühler.

Das Druckbegrenzungsventil ist auf der Druckseite zwischen Ölpumpe und Ölfilter

untergebracht. Es wird so nah wie möglich hinter der Ölpumpe, beim N47 Motor direkt im Ölpumpengehäuse, angeordnet.

Der Öffnungs- bzw. Abregeldruck liegt beim N47 Motor bei 3,7 bar.



53 - Ölpumpe mit Druckbegrenzungsventil N47 Motor

TD06-3061

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Öl zum Steuerraum oben	6	Regelkolben
2	Rohölkanal zum Ölfilter	7	Druckfeder
3	Reinölkanal zum Steuerraum unten	8	Saugseite
4	Steuerraum oben	9	Druckseite
5	Steuerraum unten		

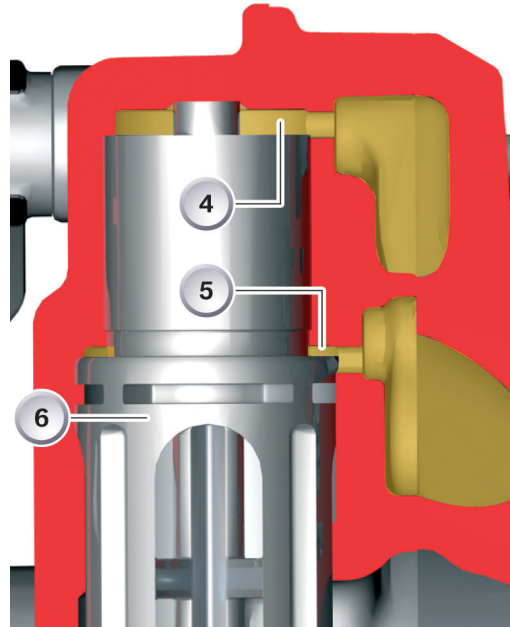
Das Druckbegrenzungsventil bietet beim N47 Motor eine Besonderheit. Bei den bisherigen Dieselmotoren wurde das Druckbegrenzungsventil mit Öl nach dem Filter beaufschlagt. Beim N47 Motor wird das Druckbegrenzungsventil sowohl mit Öl nach dem Filter, aber auch mit Öl direkt nach der Pumpe beaufschlagt.

### Funktionsweise

Das Öl wird von der Stirnradölpumpe angesaugt und zur Druckseite (9) befördert. Ein Kanal bringt Öl (1) von der Druckseite (9) zum oberen Steuerraum (4) des Druckbegrenzungsventils, wodurch hier der Druck nach der Ölpumpe und vor dem Ölfilter anliegt.

Das restliche Öl gelangt über den Rohölkanal (2) zum Ölfilter und schließlich in den Hauptölkanal. Über einen Reinölkanal (3) gelangt Öl zurück in das Ölpumpengehäuse und versorgt von dort über eine Bohrung den unteren Steuerraum (5) des Druckbegrenzungsventils. Dadurch liegt im Steuerraum der Systemdruck im Ölkreislauf an (nach dem Ölfilter).

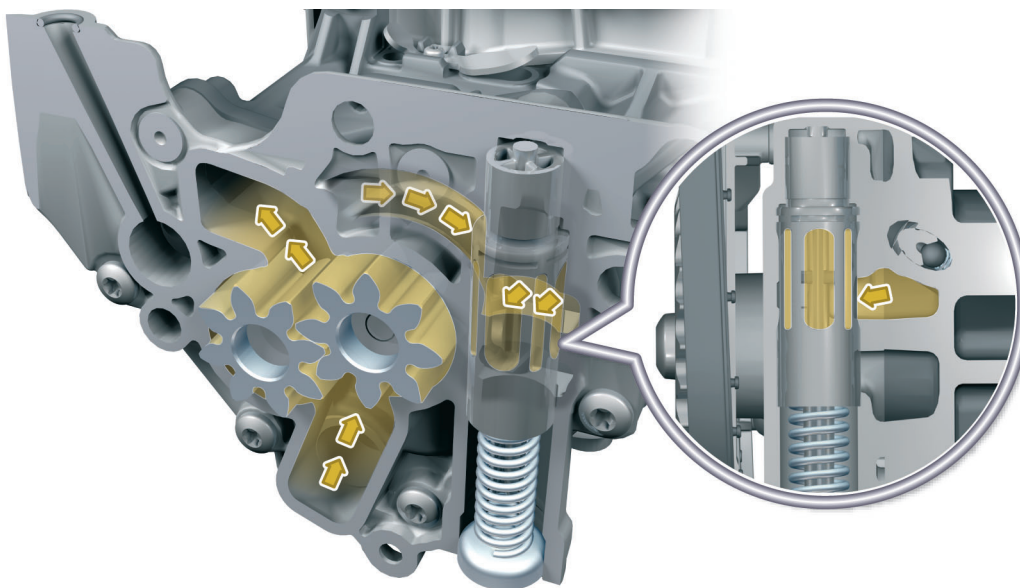
Die Steuerräume werden an einer Seite vom Regelkolben (6) begrenzt, der durch eine Druckfeder (7) beaufschlagt ist.



54 - Steuerräume im Druckbegrenzungsventil N47 Motor

Index	Erklärung
4	oberer Steuerraum
5	unterer Steuerraum
6	Regelkolben

Bei geringem Öldruck ist das Druckbegrenzungsventil geschlossen.

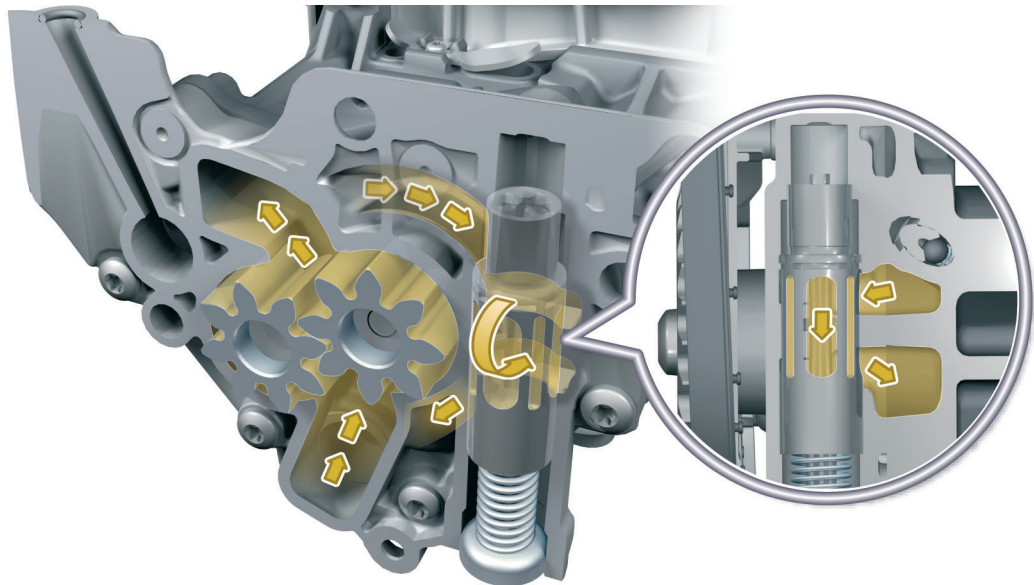


55 - Druckbegrenzungsventil N47 Motor, geschlossen

TD06-3063

Die Federkraft der Druckfeder bestimmt den Öffnungsdruck des Druckbegrenzungsventils. Steigt der Systemdruck im Ölkreislauf, also auch im Steuerraum an, wird der Regelkolben

gegen die Federkraft bewegt. Durch die spezielle Form des Regelkolbens wird eine Verbindung von der Druckseite der Stirnradölpumpe zum Saugbereich geöffnet.



56 - Druckbegrenzungsventil N47 Motor, geöffnet

TD06-3064

Der Ölkreislauf wird quasi kurz geschlossen. Damit fließt aufgrund der Druckverhältnisse eine bestimmte Menge Öl von der Druckseite in den Saugbereich ab. Je weiter der Regelkolben geöffnet ist, umso größer ist die abfließende Menge. Damit sinkt der Druck im System. Da der Regelkolben vom Systemdruck geöffnet wird, stellt sich ein Gleichgewicht ein. Auf diese Weise wird ein gewünschter Maximaldruck im System nicht überschritten, der durch die Federkraft der Druckfeder bestimmt wird.

Dass der Regelkolben sowohl von Öl direkt nach der Pumpe als auch von Öl nach dem Filter beaufschlagt wird, hat folgende Gründe:

- Durch die Verbindung zum Ölkreis nach dem Filter liegt der tatsächliche Öldruck im System an und nicht der zwischen Ölpumpe und Ölfilter.

Bei verschmutztem Ölfilter sinkt der Druck nach dem Ölfilter, während er nach der Pumpe steigt. Wenn das Druckbegrenzungsventil ausschließlich vom Druck nach der Pumpe gesteuert wird, würde in diesem Fall das

Druckbegrenzungsventil öffnen, obwohl der Maximaldruck im System nicht erreicht wurde. Dies könnte im Extremfall zu einer Unterversorgung der Schmierstellen führen.

- Eine Steuerung des Regelkolbens ausschließlich durch Öl nach dem Ölfilter hätte zur Folge, dass beim Kaltstart (bei äußerst niedrigen Temperaturen und entsprechend zähem Öl) ein sehr hoher Druck im Ölkreislauf des Motors aufgebaut würde, bis das Öl zum Druckbegrenzungsventil gelangt und den Druck abregelt.

Der hohe Druck kann zu Beschädigungen von Bauteilen führen und verursacht zudem über die erhöhte Antriebsleistung für die Ölpumpe ein schlechteres Startverhalten des Motors.

Durch die Überlagerung der beiden Drücke am Druckbegrenzungsventil wird ein optimaler Bauteilschutz bei gleichzeitig sicherer Versorgung der Schmierstellen und gutem Kaltstartverhalten erreicht.

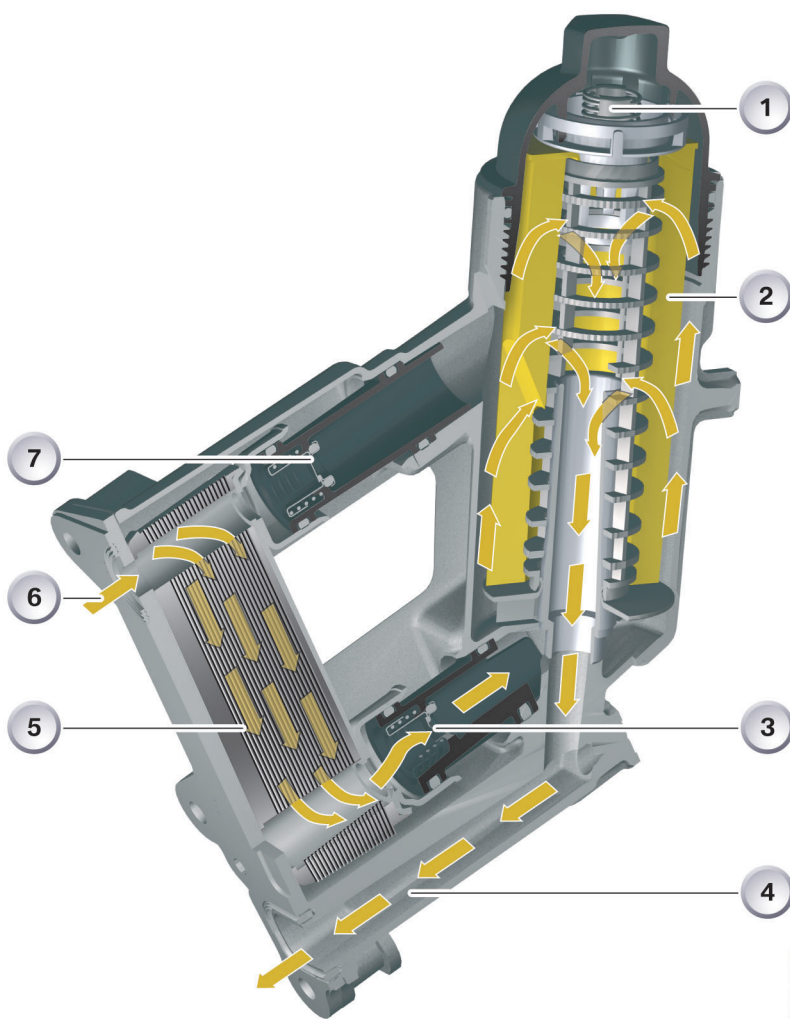


## Ölfilterung und Ölkühlung

### Ölfilter

Der Ölfilter dient der Reinigung des Öls und soll verhindern, dass Schmutzteilchen in den Ölkreislauf und somit in die Lagerstellen gelangen.

Beim N47 Motor kommt der bei allen BMW Motoren verwendete Hauptstromölfilter zum Einsatz. Durch den Hauptstromölfilter fließt die gesamte von der Ölpumpe geförderte Ölmenge.



TD06-3066

57 - Ölfiltermodul N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Filterumgehungsventil	5	Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher
2	Ölfilter	6	Rohölkanal
3	Rückschlagventil	7	Wärmetauscherumgehungsventil
4	Hauptölkanal		

### Rückschlagventil

Das Öl gelangt durch die Ölpumpe in den Ölfilter und passiert dabei ein Rückschlagventil (3). Dieses verhindert das Leerlaufen des Ölfilters bei Motorstillstand, indem es das Öl nur in eine Richtung durchströmen lässt und Öldurchfluss in die andere Richtung absperrt.

Dadurch wird gewährleistet, dass die Schmierstellen beim Motorstart mit Öl versorgt sind. Dabei muss das Öl einen Öffnungsdruck im Rückschlagventil (3) von 0,2 bar überwinden. Speziell nach längerer Standzeit des Motors könnte es bei leer gelaufenen Ölkanälen zu Geräuschentwicklungen oder sogar schlechten Motorlauf kurz nach dem Motorstart kommen.

### Filterumgehungsventil

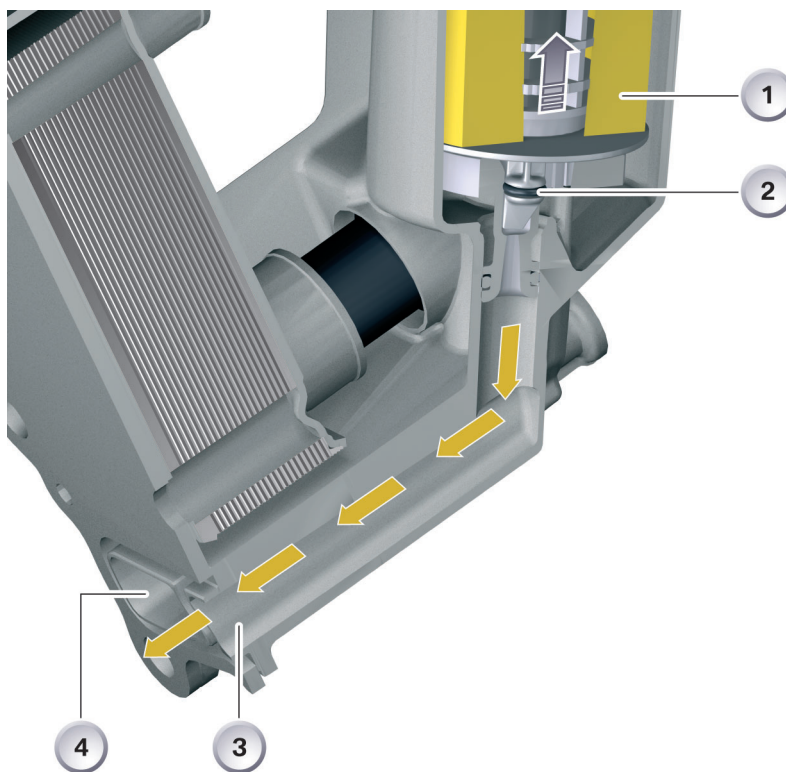
Um die Ölversorgung der Schmierstellen auch bei einem verschmutzten Ölfilter (2)

sicherzustellen, ist parallel zum Filter an der Oberseite ein Filterumgehungsventil (1) (Kurzschlussventil) angeordnet. Steigt, aufgrund eines verstopften Ölfilters (2), die Druckdifferenz des Öldrucks vor und nach dem Ölfilter auf über 2,5 bar an, öffnet das Filterumgehungsventil (1) und das Öl gelangt (allerdings ungefiltert) zu den Schmierstellen.

Bei niedrigen Außentemperaturen kann das kalte Öl so zähflüssig sein, dass es zum Verblocken des Ölfilters führt. Auch in diesem Fall öffnet das Filterumgehungsventil.

### Ablassventil

Über das Ablassventil gelangt das Öl bei einem Filterwechsel in einen Rücklaufkanal zurück zur Ölwanne. Unten an der Filterpatrone ist ein Kolben mit einer Dichtung angeschlossen, der den Rücklauf verschließt, wenn der Filterdeckel geschlossen ist.



TD06-3065

58 - Ölfilter mit Ablassventil

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Ölfilter	3	Rücklaufkanal
2	Ablassventil	4	Rohölkanal

Wird zu einem Ölwechsel der Ölfilterdeckel geöffnet, so bewegt sich auch die am Ölfilterdeckel aufgesteckte Filterpatrone nach

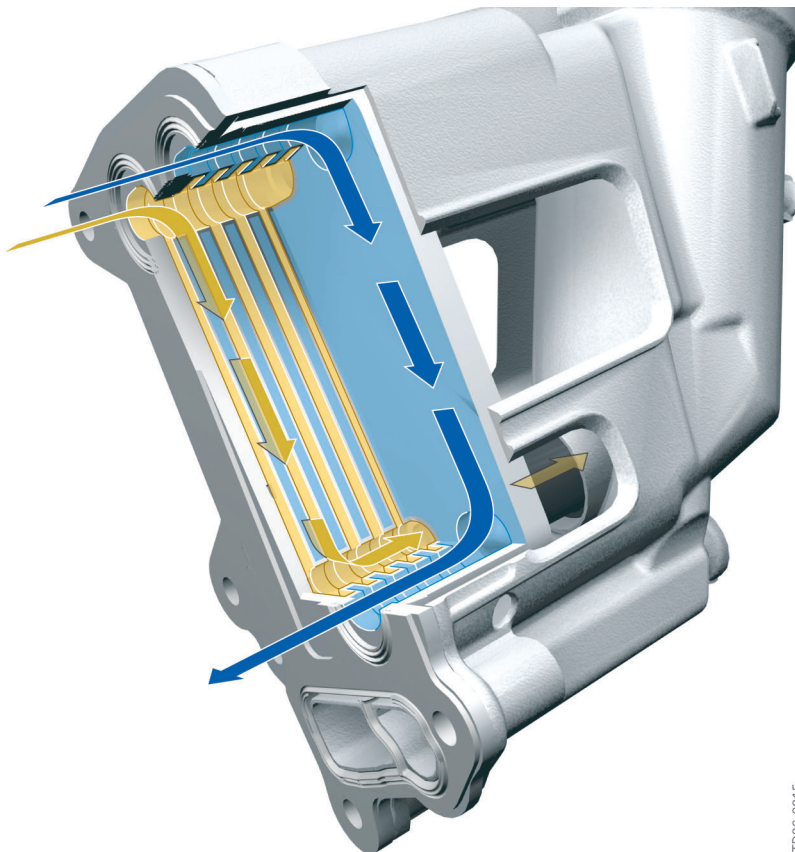
oben. Der Kolben mit der Dichtung wird aus dem Rücklaufkanal gezogen und das Öl fließt zur Ölwanne ab.

## Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher

Bei leistungsstarken und thermisch hoch belasteten Motoren besteht die Gefahr, dass das Schmieröl im Fahrbetrieb zu heiß wird. Aus diesem Grund kommt beim N47 Motor ein Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher zum Einsatz. Der Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher sorgt für ein schnelles Aufwärmen des Öls in der Warmlaufphase und anschließend für eine ausreichende Kühlung des Öls.

Der Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher wird in mehreren Ebenen, so genannten Platten, gegenläufig durchströmt. Dadurch wird Wärme von einer Flüssigkeit auf die andere übertragen.

In der folgenden Grafik sind die Wege des Öl- und Kühlkreislaufs durch den Ölfilter und den Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher dargestellt.



TID06-3215

59 - Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher

### Wärmetauscherumgehungsventil

Die gleiche Funktion wie das Filterumgehungsventil hat das Wärmetauscherumgehungsventil. Steigt der Öldruck aufgrund eines verstopften Öl-

Kühlmittel-Wärmetauscher an, öffnet das Wärmetauscherumgehungsventil bei einem Druck von 2,0 bar und das Schmieröl (allerdings nicht gekühlt) gelangt ebenfalls zu den Schmierstellen.

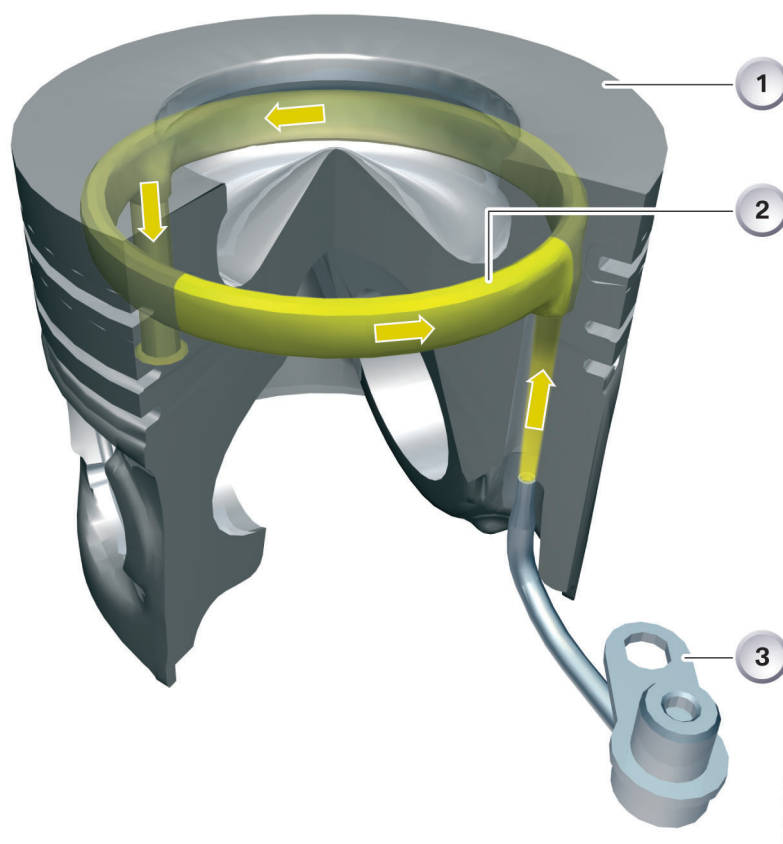
## Ölspritzdüsen und Kolbenkühlventil

### Ölspritzdüsen

Ölspritzdüsen werden verwendet, um Öl zur Schmierung oder Kühlung an definierte

Positionen von bewegten Teilen zu führen, die über Kanäle nicht erreicht werden können.

### Ölspritzdüsen zur Kolbenkühlung



60 - Ölspritzdüse zur Kolbenkühlung

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kolbenboden	3	Ölspritzdüse zur Kolbenkühlung
2	Kolbenkühlkanal		

Die Ölspritzdüse versorgt die Kolbenunterseite mit Öl. Sie spritzt dabei exakt in den Kühlkanal, wo sich das Öl sammelt. Die Kolbenbewegung sorgt für den Umlauf des Öls und eine so genannte "Shaker-Wirkung". Das Öl schwingt dabei im Kanal und verbessert so die Kühlwirkung. Über weitere Bohrungen fließt das Öl wieder ab.

**⚠** Um eine optimale Kühlung zu erreichen, ist eine exakte Positionierung der Ölspritzdüsen erforderlich.

Verbogene oder beschädigte Ölspritzdüsen unbedingt austauschen, da es sonst zu einem Motorschaden kommen kann.

Die Positionierung wird mithilfe eines Spezialwerkzeugs durchgeführt. Bitte die Reparaturanleitung beachten. ◀



## Ölspritzdüse zur Steuerkettenschmierung

Der Kettentrieb wird durch eine Ölspritzdüse geschmiert. Dies ist ein Kunststoffteil, das im Räderkasten in das Kurbelgehäuse eingeschraubt ist. Durch drei kleine Bohrungen wird bei genügend Öldruck Öl auf

die zwei Steuerketten (Steuerkette zwischen Kurbelwelle und Hochdruckpumpe, Steuerkette zwischen Hochdruckpumpe und Nockenwelle) gespritzt.

⚠ Fällt die Kette bei Montagearbeiten in das Kurbelgehäuse, kann die Ölspritzdüse beschädigt werden. ◀

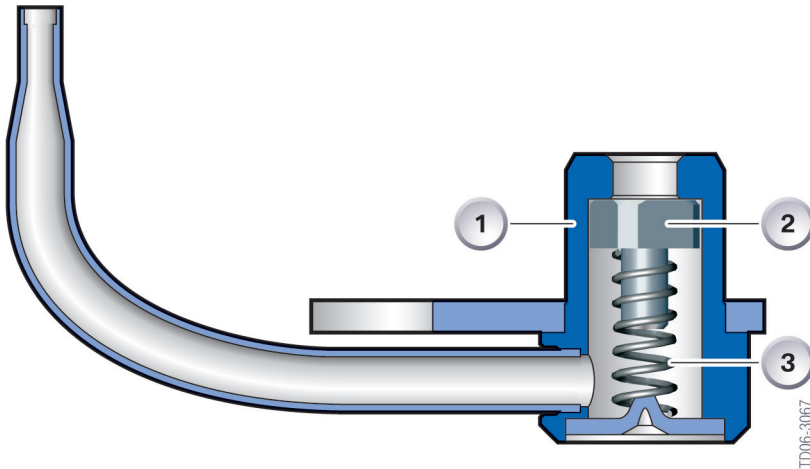
## Kolbenkühlventil

Das Kolbenkühlventil ist generell vor den Ölspritzdüsen zur Kolbenkühlung angeordnet. Im N47 Motor ist jede Ölspritzdüse mit einem eigenen Kolbenkühlventil ausgestattet.

Die Kolbenkühlventile sorgen dafür, dass die Ölspritzdüsen erst ab einem definierten Druck von 1,2 bar die Arbeit aufnehmen. Dies hat verschiedene Gründe:

- Bei zu geringem Öldruck würde das Spritzöl den Kolbenboden ohnehin nicht erreichen.

- Es wird verhindert, dass bei zu geringem Öldruck weiterer Druck über die Ölspritzdüsen verloren geht und evtl. Schmierstellen im Motor nicht erreicht werden.
- Bei Motorstillstand wird verhindert, dass die Ölkanäle über die Ölspritzdüsen leer laufen und beim Motorstart kein Öl an den Schmierstellen anliegt.



61 - Kolbenkühlventil in der Ölspritzdüse zur Kolbenkühlung

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Gehäuse Kolbenkühlventil	3	
2			

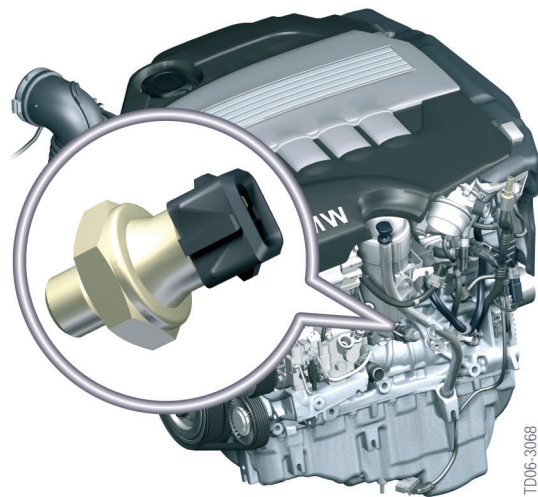
Das Kolbenkühlventil funktioniert durch einen Kolben, der durch Federkraft den Ölkanal zu den Ölspritzdüsen verschließt. Erst ab einem definierten Öldruck weicht der Kolben gegen die Federkraft zurück und lässt das Öl zu den Ölspritzdüsen gelangen.

Der Kolben hat eine quadratische Querschnittsfläche mit abgerundeten Kanten, die als Lauffläche im Zylinder dienen. Bei geschlossenem Kolbenkühlventil dient die Stirnfläche als Dichtfläche. Öffnet das Ventil, kann das Öl zwischen Zylinderwand und den flachen Seiten des Kolbens durchströmen.

## Ölüberwachung

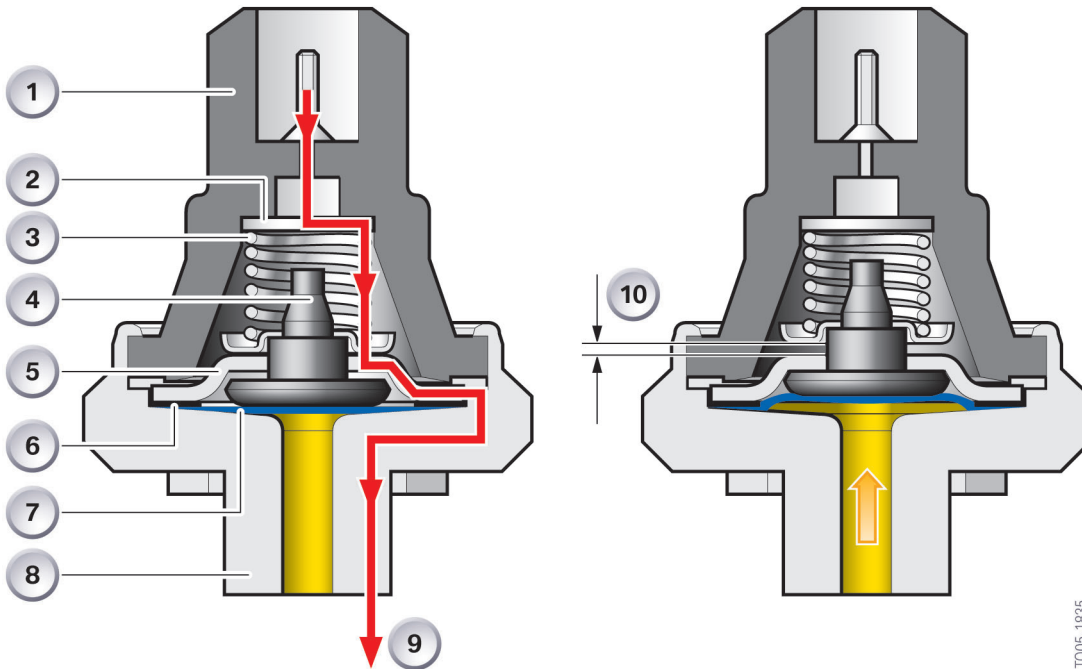
### Öldruckschalter

Der Öldruckschalter befindet sich unter dem Ölfilter am Ölfiltergehäuse.



62 - Position Öldruckschalter N47 Motor

Der Öldruckschalter dient zur Überwachung des Schmiersystems. Über den Öldruckschalter erhält die Öldruck-Kontrollleuchte Masse. Der Öldruckschalter wird von einer Feder (3) geschlossen gehalten und kann vom Öldruck geöffnet werden. Die Öldruck-Kontrollleuchte leuchtet auf, wenn der Öldruck zu gering ist um den Öldruckschalter zu öffnen. Die Feder definiert den Wert, ab welchem Druck der Öldruckschalter öffnet. Beim N47 Motor liegt dieser Wert bei ca. 0,2 bis 0,5 bar.



63 - Öldruckschalter

TO05-1835

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Gehäuseoberteil aus Kunststoff	6	Dichtring
2	Kontaktkrone	7	Membrane
3	Feder	8	Gehäuse aus Metall
4	Druckpilz	9	Stromfluss bei geschlossenem Kontakt
5	Zwischenplatte	10	Luftspalt bei offenem Kontakt



⚠ Rote Kontrollleuchte leuchtet auf und ein akustisches Signal ertönt während der Fahrt (z. B. Motoröldruck zu gering):

- Sofort anhalten und den Motor abstellen.
- Ölstand prüfen, evtl. Öl nachfüllen.
- Ist der Motorölstand in Ordnung, mit dem nächsten BMW-Service Verbindung aufnehmen. ◀

⚠ Ist der Stecker des Öldruckschalters nicht aufgesteckt, erfolgt keine Öldruckwarnung. ◀



## Ölstandsmessung

### Warnmeldungen



⚠ Gelbe Kontrollleuchte leuchtet auf und ein Gong ertönt:

- Leuchtet während der Fahrt auf:  
Der Ölstand ist am absoluten Minimum, deshalb möglichst bald Motoröl nachfüllen. Bis dahin nicht mehr als ca. 50 km fahren.
- Leuchtet nach dem Abstellen des Motors auf:  
Motoröl bei nächster Gelegenheit, z. B. Tankstopp, nachfüllen.
- Leuchtet gleich nach dem Einschalten der Zündung und vor dem Motorstart auf:  
Es liegt eine Störung im elektrischen Ölstand-Messsystem vor. Vom BMW Service überprüfen lassen.

⚠ Die Vorgehensweise bei der Ölstandsmessung ist der Bedienungsanleitung zu entnehmen.

Der Ölverbrauch ist abhängig von der Fahrweise und den Einsatzbedingungen. ◀

Eine etwaige Ölverbrauchsbeanstandung ist oftmals auf eine falsche Messmethode zurückzuführen. Die genaue Ölverbrauchsmessung ist dem TIS zu entnehmen.

⚠ Eine Ölverbrauchsmessung sollte frühestens nach einer Laufstrecke von 7500 km durchgeführt werden, da erst dann der Einlaufprozess des Motors weitgehend

abgeschlossen ist und der Ölverbrauch sich stabilisiert hat. ◀

### Ölstandskontrolle mit Ölmesstab

Bei Dieselmotoren ist zusätzlich zur elektronischen Ölstandsmessung ein Ölmesstab eingebaut.

Der Griff des Ölmesstabes befindet sich direkt neben dem Ölfiltergehäusedeckel.

Da das Fahrzeug mit einer elektronischen Ölstandsmessung ausgestattet ist, ist der Ölmesstab mit einem schwarzen unauffälligen Griff versehen. Damit der richtige Ölstand am Ölmesstab abgelesen werden kann, ist die folgende Vorgehensweise zu beachten:

1. Das Fahrzeug mit betriebswarmem Motor, also nach einer ununterbrochenen Fahrt von mindestens 10 km, waagrecht abstellen.
2. Den Motor abstellen.
3. Nach ca. 5 Minuten den Messstab herausziehen und mit einem fusselfreien Tuch, Papiertaschentuch o. Ä. abwischen.
4. Den Messstab behutsam bis zum Anschlag in das Ölmesrohr einschieben und wieder herausziehen.
5. Der Ölstand muss zwischen den beiden Markierungen des Messstabs liegen.

Die Ölmenge zwischen den Mitten der beiden Markierungen des Messstabs beträgt ca. 1 Liter.

⚠ Die obere Markierung des Messstabs nicht überschreiten, sonst kann es durch zu viel eingefülltes Öl zu Motorschäden kommen. ◀

### **Elektronische Ölstandsmessung.**

⚠ Der Ölmesstab hat einen unauffälligen schwarzen Griff, da er nur noch für den Service vorgesehen ist. ◀

Die Voraussetzungen für eine genaue Anzeige des Ölstandes entnehmen sie den folgenden Grafiken.

Zur Anzeige des Ölstandes im Central Information Display (CID) im Menü "Bord-Daten" die Ölstandskontrolle aufrufen. Die möglichen Meldetexte stehen in der Betriebsanleitung. Der gemessene Motorölstand kann auch am Control Display (CD) eingeblendet werden. Die DDE berechnet mithilfe des Ölzustandssensors den Motorölstand.

Grundsätzlich ist die elektronische Ölstandsmessung in drei Arten eingeteilt:

- Öl-Levelcheck-Messung (Ölstandsmessung)

Diese Messung findet bei Klemme 15 vor dem Motorstart statt. Sie ist einzig eine Überprüfung, ob genug Öl für den Motorstart vorhanden ist. Dazu wurde ein Schwellenwert festgelegt, der unter Minimum liegt. Liegt der Ölstand über diesem Schwellenwert, ist sichergestellt, dass der Motor ohne Schaden zu nehmen lange genug laufen kann, bis die Orientierungsmessung durchgeführt wurde.

- Orientierungsmessung

Die Orientierungsmessung findet unmittelbar nach dem Motorstart statt. Sie dient dazu, um nach relativ kurzer Zeit einen

Wert anzeigen zu können. Hier macht es einen Unterschied, ob die Messung im Stand oder während der Fahrt stattfindet.

- Dynamische Ölstandsmessung.

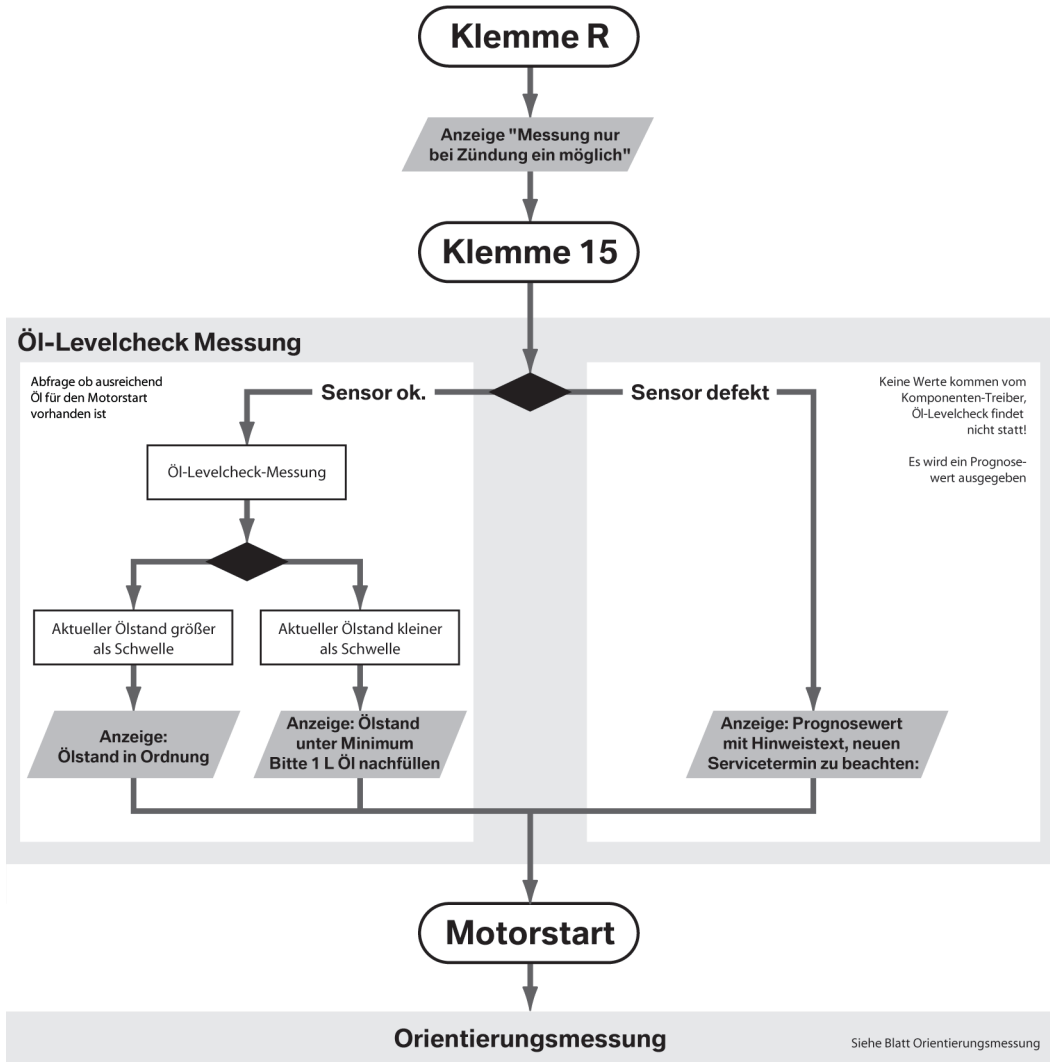
Diese Messung liefert den genauen Wert des Ölstands. Bei dieser Messung kann auch der Ölverbrauch oder ein eventuell auftretender Ölverlust festgestellt werden. Bei der dynamischen Ölstandsmessung wird zuerst ein Kurzzeitmittelwert ermittelt und erst bei einer längeren Fahrt ein Langzeitmittelwert, der auch in der Motorelektronik abgespeichert wird.

Der Ölzustandssensor bzw. der thermische Ölniveausensor misst im Sekundentakt. Für eine "Ölstandsermittlung" werden diese Einzelmessungen in so genannte Pakete zusammengefasst (z. B. 10er Pakete im Stand bei laufendem Motor, d. h. 10 Sekunden Messung mit 10 Einzelwerten).

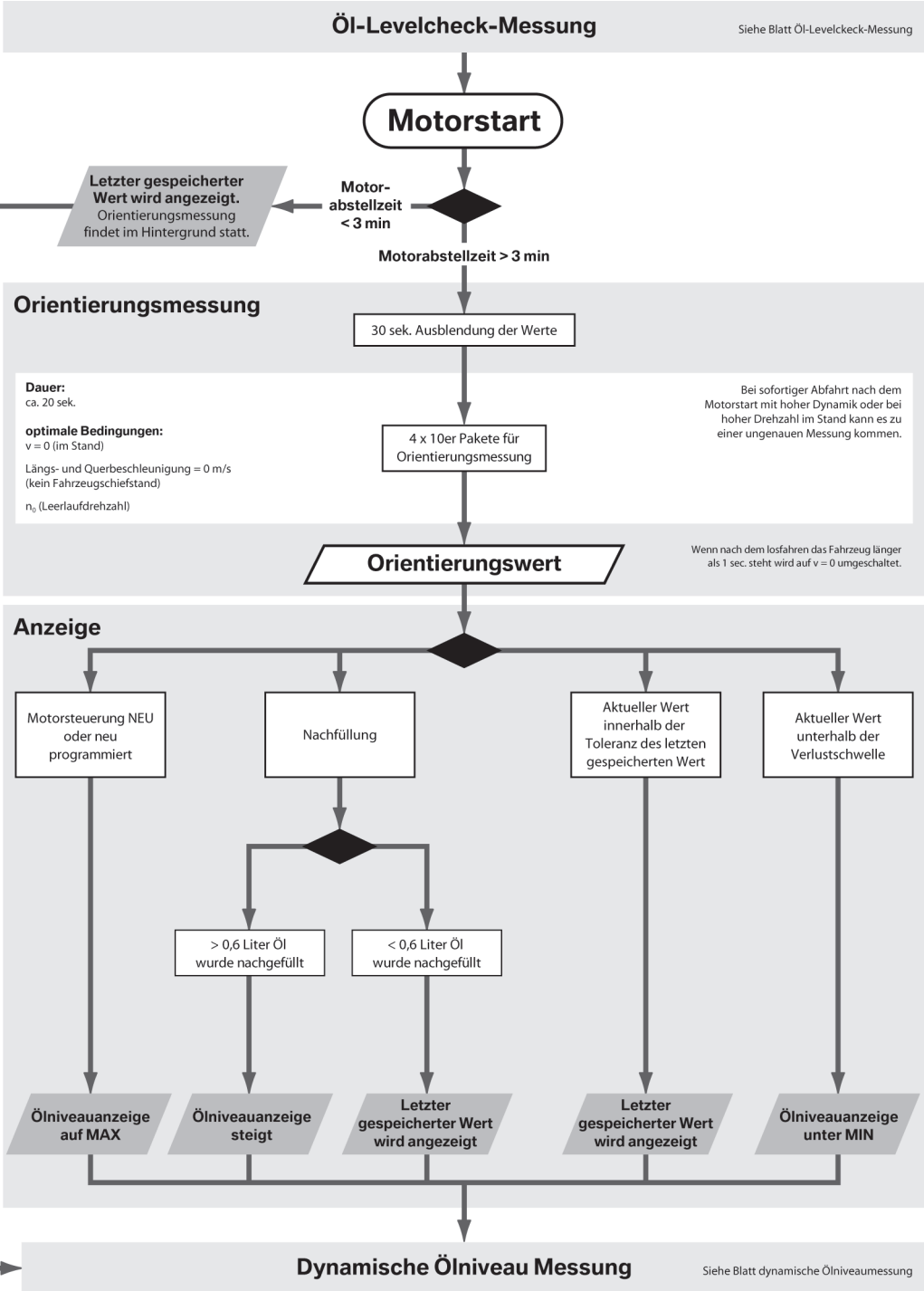
Aus diesen Paketen wird zusammen mit einem Korrekturfaktor der Ölstand berechnet. Dieser Korrekturfaktor berücksichtigt die Drehzahl, Längs- und Quereschleunigungen etc., da diese einen direkten Einfluss auf die tatsächliche Höhe des Öls in der Ölwanne haben.

⚠ Nach Austausch oder Neuprogrammierung des Motorsteuergeräts ist zunächst kein Ölstand gespeichert, es wird daher "Ölstand unter Minimum" angezeigt. Erst nach ca. 5 Minuten Motorlauf wird der korrekte Ölstand angezeigt. ◀

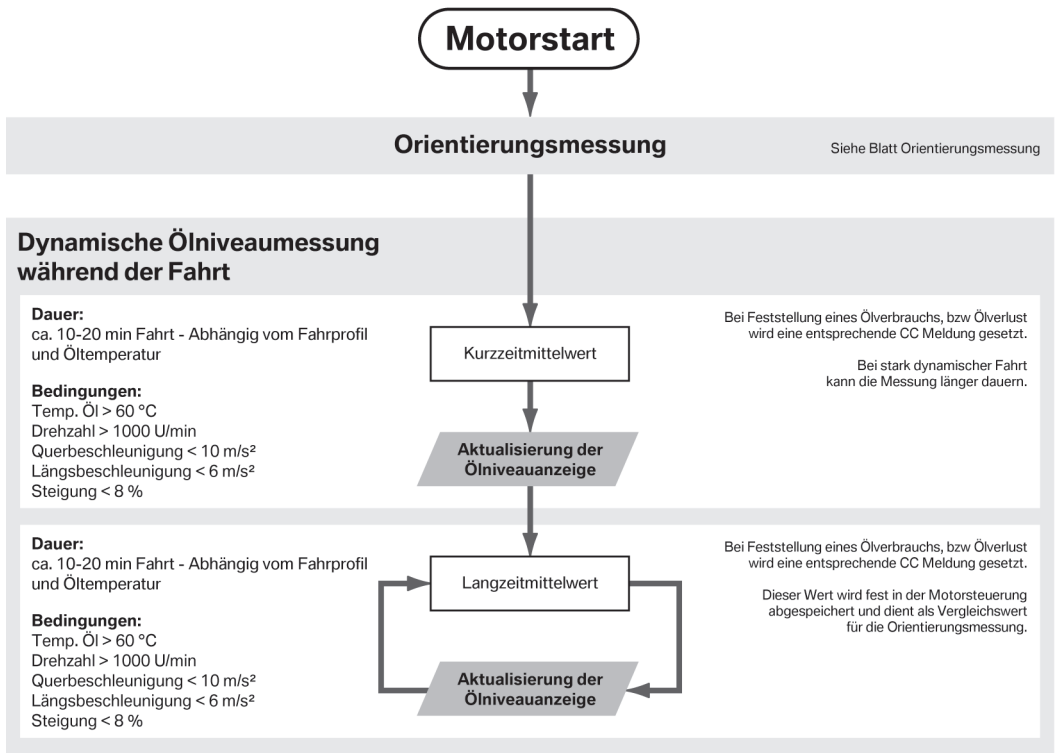
Die folgenden Grafiken sind in Deutsch und Englisch dargestellt. Andere Sprachen sind nicht verfügbar.



TA05-0665

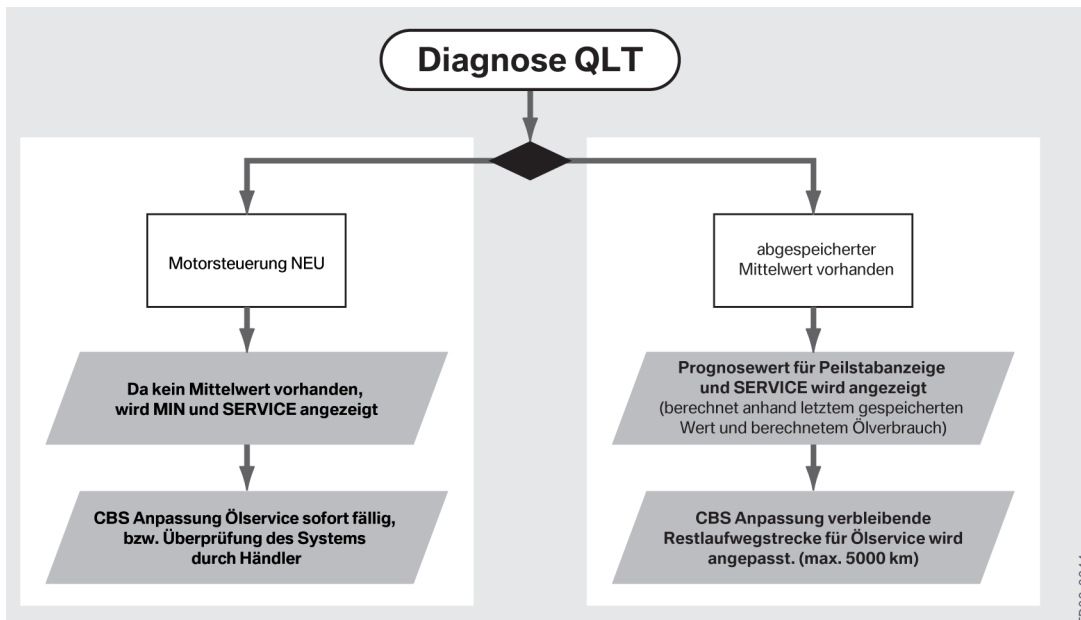






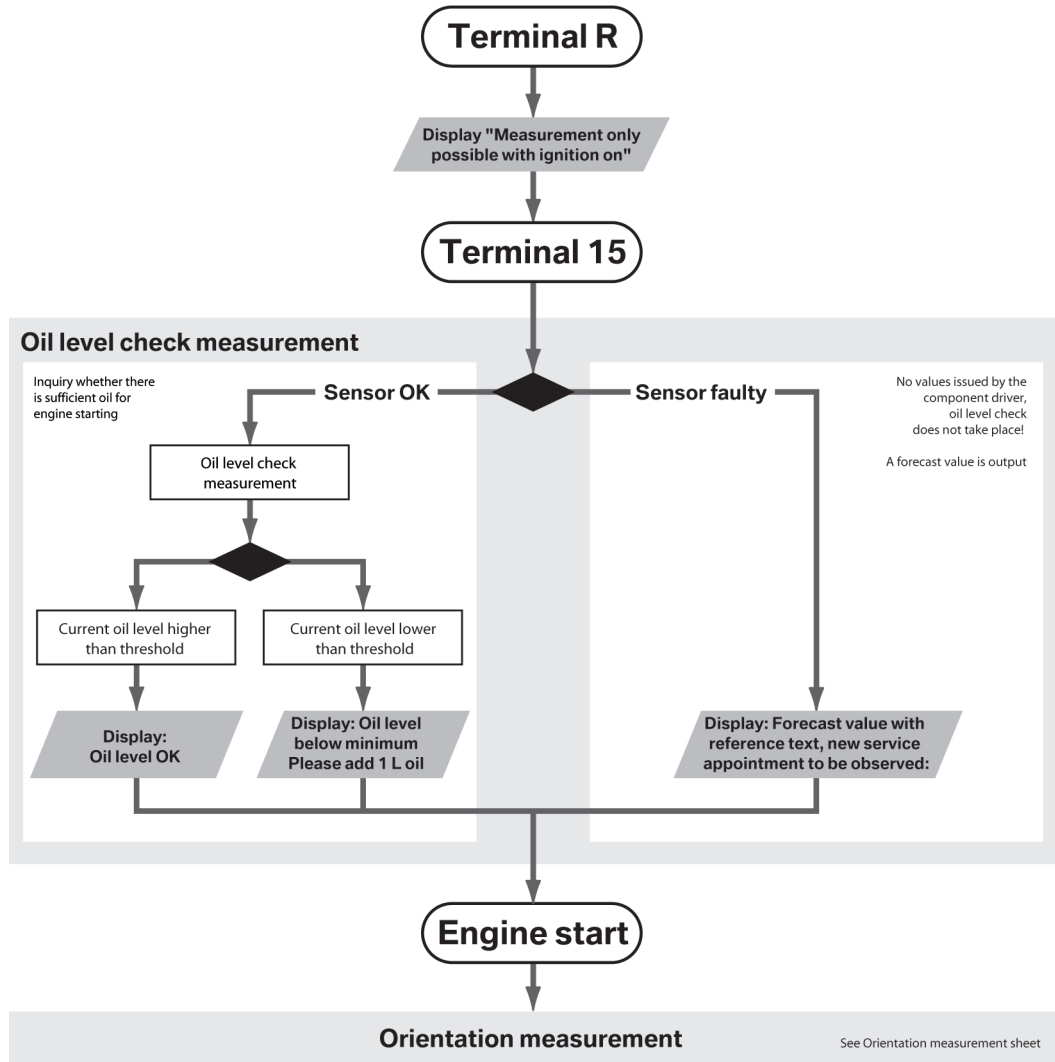
TD06-0643

67 - Ölniveaumessung



TD06-0644

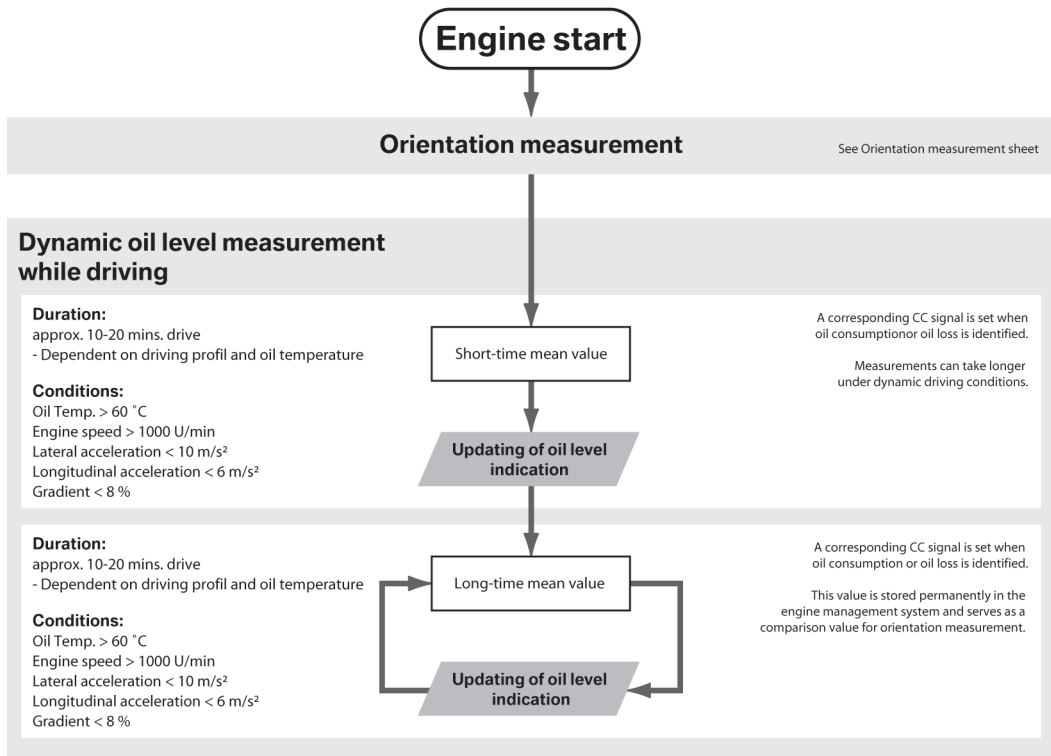
68 - Diagnoses QLT



69 - Oil level check measurement

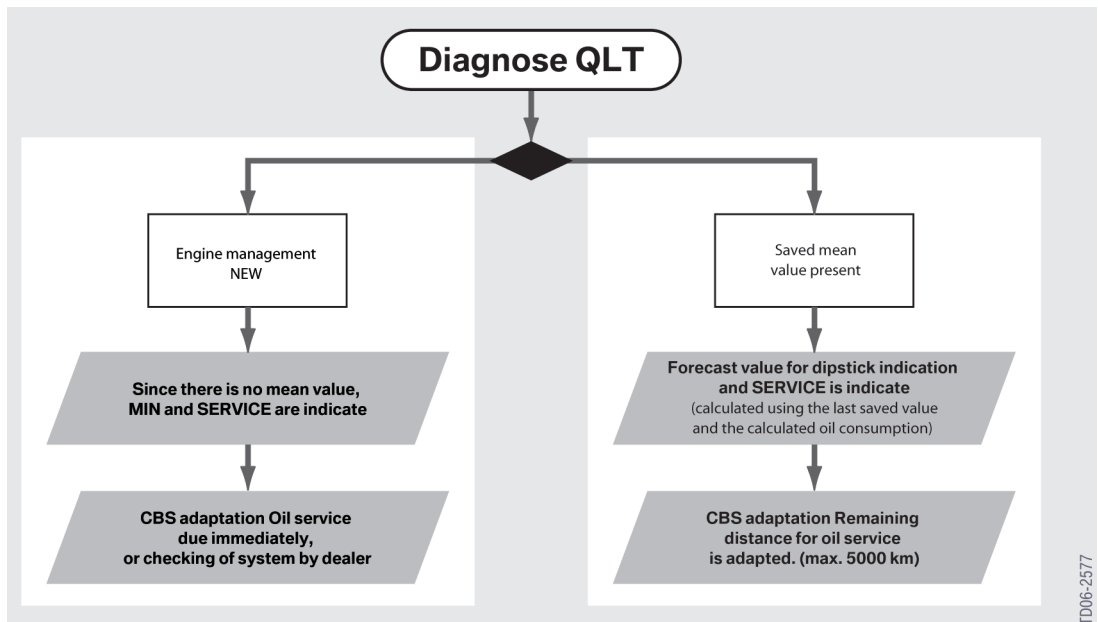
TA05-0807





71 - Oil level measurement

TD06-2579



72 - Diagnose QLT

TD06-2577

Der Ölstand wird vom Ölzustandssensor gemessen und in der Instrumentenkombination und/oder im Central Information Display (CID) dargestellt.

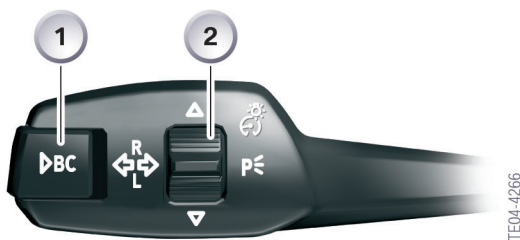
ausgewertet. Das ausgewertete Signal gelangt dann über die entsprechenden fahrzeugspezifischen Bus-Systeme an das CID.

Das Signal des thermischen Ölniveausensors oder Ölzustandssensors wird in der DDE

Durch die Erfassung des Ölstands wird der Motor vor zu niedrigem Ölstand und einem damit verbundenen Motorschaden geschützt. Eine Überfüllung des Motors, die zu Undichtigkeiten führen kann, wird als Warnung angezeigt.

Voraussetzung für eine möglichst genaue Anzeige des Ölstands ist die Messung bei betriebswarmem Motor, z. B. nach einer ununterbrochenen Fahrt von mindestens 10 km (Öltemperatur > 70 °C). Der Ölstand kann während der Fahrt oder im Stand auf ebener Fläche bei laufendem Motor angezeigt werden.

### Elektronische Ölstandsanzeige ohne CID

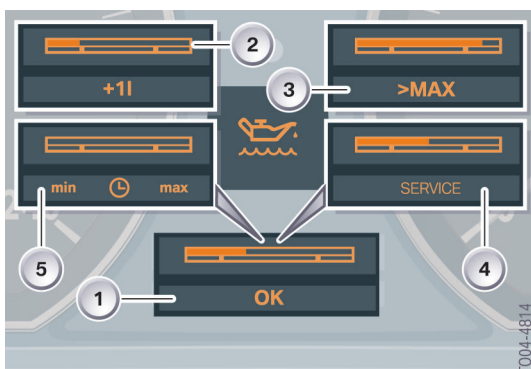


73 - Lenkstockhebel für Fahrtrichtungsanzeige

Index	Erklärung
1	BC-Taste
2	Menü-Wippschalter



1. Taste 2 im Blinkerhebel so oft nach oben oder unten drücken, bis in der Anzeige das entsprechende Symbol und "OIL" eingeblendet werden.
2. Taste 1 im Blinkerhebel drücken. Der Ölstand wird geprüft und angezeigt.



74 - Anzeigemöglichkeiten in der Instrumentenkombination

Index	Erklärung
1	Ölstand in Ordnung
2	Ölstand am Minimum
3	Ölstand zu hoch
4	Ölniveausensor ausgefallen
5	Ölstand wird ermittelt

1. Ölstand in Ordnung.
2. Ölstand am Minimum.

Bei nächster Gelegenheit max. 1 Liter Öl nachfüllen. Wird kein Öl nachgefüllt, erscheint diese Aufforderung immer wieder, bis der minimale Ölstand überschritten wird.

3. Ölstand zu hoch.

⚠ Zu viel eingefülltes Öl ist schädlich für den Motor. Fahrzeug umgehend überprüfen lassen. ◀

Das zu viel eingefüllte Öl muss von einem BMW Vertragspartner bis zur Maximalgrenze abgesaugt werden. Wird kein Öl abgelassen, erscheint diese Aufforderung immer wieder, bis der maximale Ölstand unterschritten wird.

4. Ölniveausensor ausgefallen.

Kein Öl nachfüllen. Weiterfahrt ist möglich. Dazu die neu berechnete Restlaufstrecke bis zum nächsten Ölwechsel beachten. System möglichst bald überprüfen lassen.

Der Ölstand aus dem zuletzt gemessenen Ölverbrauch wird prognostiziert und im Display angezeigt. Bei einem Ausfall der Instrumentenkombination kann der Ölstand auch mit dem BMW Diagnosesystem ausgelesen werden.

5. Ölstand wird ermittelt.

Dieser Vorgang kann im Stand auf ebener Fläche ca. 3 Minuten, während der Fahrt ca. 5 Minuten dauern.

## Elektronische Ölstandsanzeige mit CID

1. "MENU" Taste drücken.  
Das Startmenü wird aufgerufen.
2. Controller drücken, um Menü "i" aufzurufen.
3. "Service" auswählen und Controller drücken.

4. Ggf. ins oberste Feld wechseln.  
Controller drehen, bis "Servicebedarf" ausgewählt ist und Controller drücken.
5. Ggf. ins zweite Feld von oben wechseln.  
Controller drehen, bis "Ölstand" ausgewählt ist und Controller drücken.  
Der Ölstand wird angezeigt.

Mögliche Meldungen:

### Ölstand O. K.

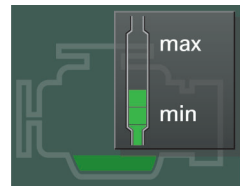
Bei der statischen Ölstandsmessung hat der Fahrer die Möglichkeit, bei eingeschalteter Zündung zu überprüfen, ob ausreichend Öl für einen sicheren Motorstart zur Verfügung steht.

Text für Zustand:  
Keine genaue  
Messung möglich  
Ölstand in  
Ordnung

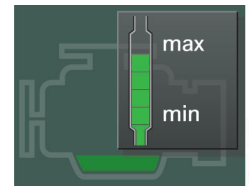


T004-5121

Wenn bei Motorlauf der Ölstand in Ordnung ist, wird über den Ölmesstab der Füllstand angezeigt.



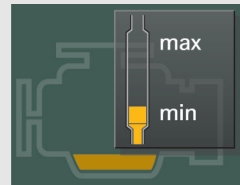
T004-5122



T004-5123

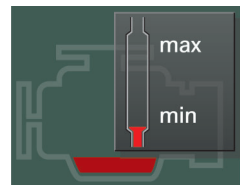
### Ölstand am Minimum! 1 Liter Öl nachfüllen

Sollte der Ölstand nahe am Minimum sein, erscheint die Grafik mit einem gelben Ölsumpf und einem Ölmesstab, der den niedrigen Füllstand in gelber Farbe darstellt.



T004-5124

Liegt der Füllstand unter Minimum, erscheint die Grafik mit einem roten Ölsumpf und einem Ölmesstab, der den niedrigen Füllstand in roter Farbe darstellt.

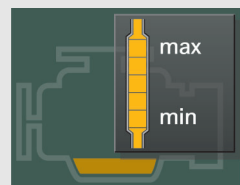


T004-5119

### Ölstand zu hoch

⚠ Zu viel eingefülltes Öl ist schädlich für den Motor. Fahrzeug umgehend überprüfen lassen. ◀

Die Grafik erscheint so lange, bis das überschüssige Öl von einem BMW Vertragspartner bis zur Maximalgrenze abgesaugt wurde.

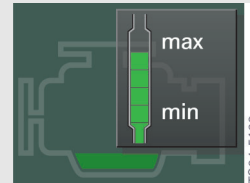
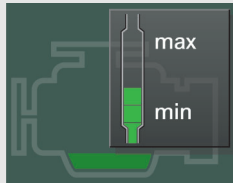


T004-5125

### Bitte neu errechnetes Service-Intervall für das Öl beachten

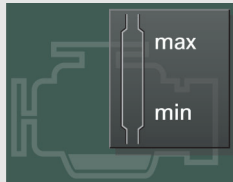
Erscheint diese Anzeige im Display, ist das Messsystem gestört. In diesem Fall wird der Ölstand aus dem zuletzt gemessenen Ölverbrauch prognostiziert und im Display angezeigt.

Kein Öl nachfüllen. Weiterfahrt ist möglich. Dazu die neu berechnete Restlaufstrecke bis zum nächsten Ölwechsel beachten. System möglichst bald überprüfen lassen.

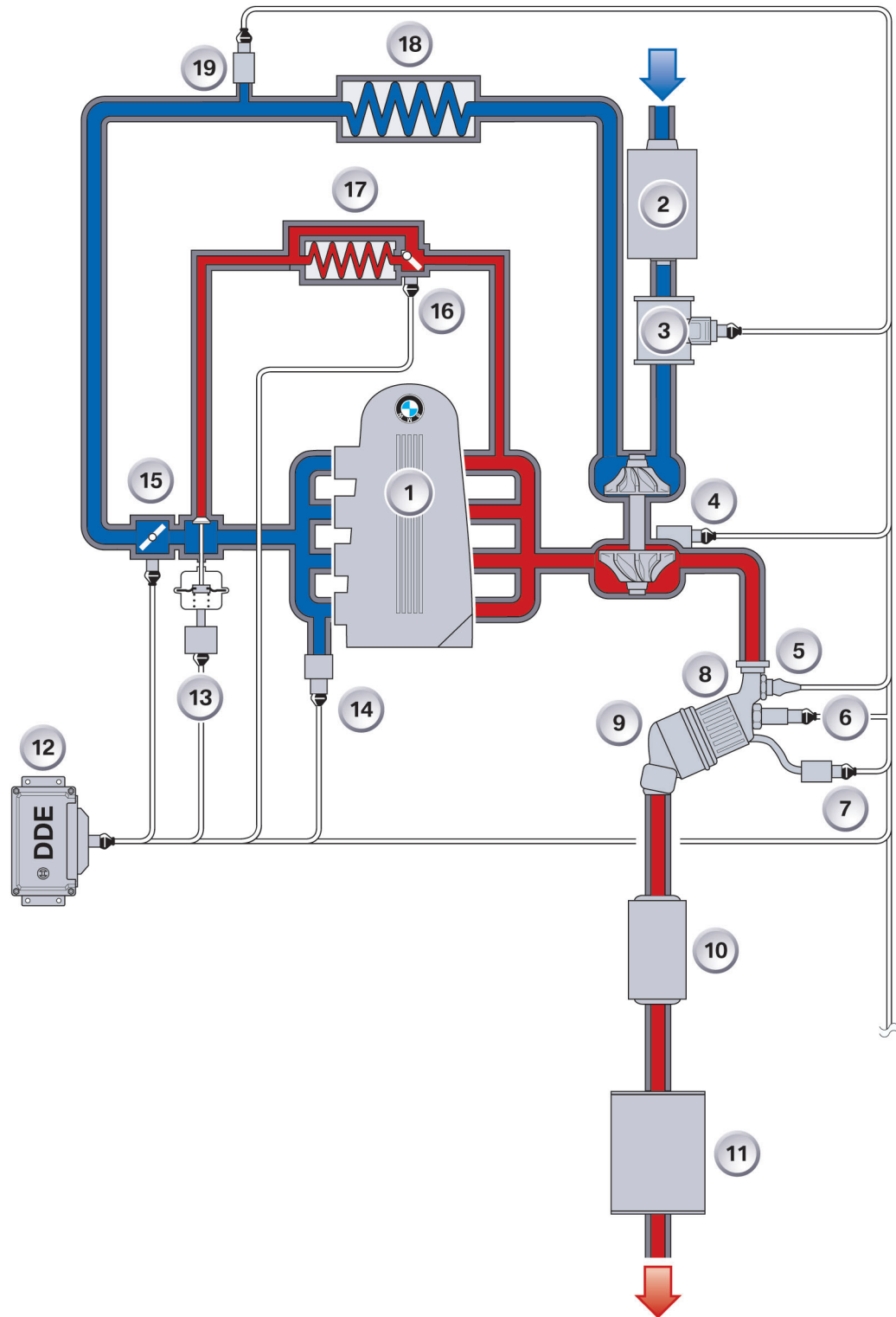


### Kein Messwert vorhanden: Ölstand wird gemessen

Dieser Vorgang kann im Stand auf ebener Fläche bei laufendem Motor ca. 3 Minuten und während der Fahrt ca. 5 Minuten dauern.



## Ansaugluft- und Abgassystem im Überblick



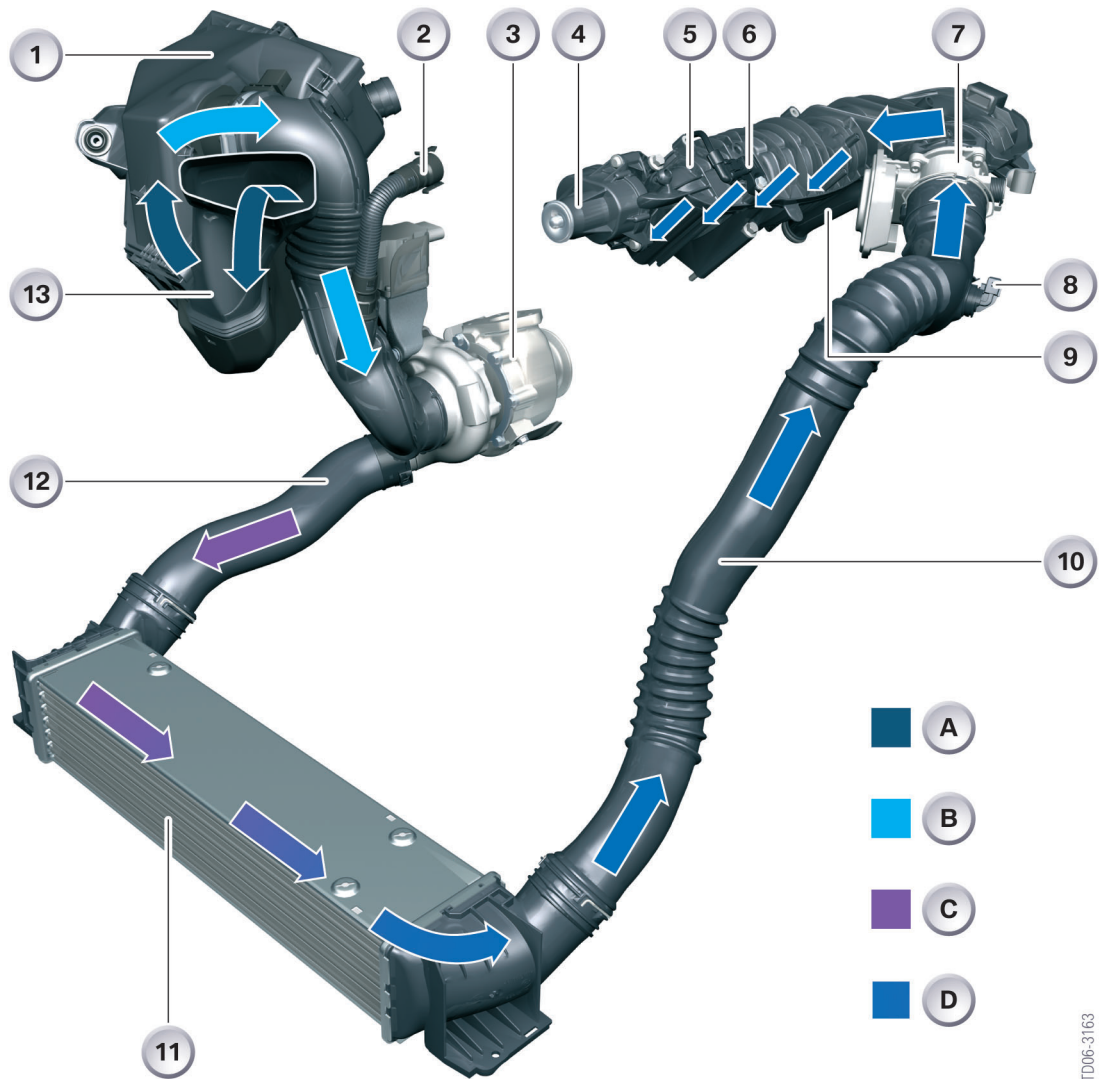
75 - Ansaugluft- und Abgassystem N47 Motor

TD06-3169



<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>
1	N47 Motor	11	Nachschalldämpfer
2	Ansauggeräuschkämpfer (Luftfilter)	12	Digitale Dieselelektronik
3	Heißfilmluftmassenmesser (HFM)	13	AGR-Ventil und -Wegsensor
4	Abgasturbolader mit VNT	14	Ladedrucksensor
5	Abgastemperatursensor	15	Drosselklappe
6	Lambdasonde	16	AGR-Bypass-Ventil (nur obere Leistungsstufe mit manuellem Getriebe)
7	Abgasgegendrucksensor	17	AGR-Kühler
8	Oxidationskatalysator (Oxi-Kat)	18	Ladeluftkühler
9	Dieselpartikelfilter (DPF)	16	Ladelufttemperatursensor
10	Mittelschalldämpfer		

## Ansaugsystem



76 - Ansaugsystem N47 Motor

TD06-3163

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Rohluft	6	Ladedrucksensor
B	Reinluft	7	Drosselklappe
C	Erwärmte Ladeluft	8	Ladelufttemperatursensor
D	Gekühlte Ladeluft	9	AGR-Einleitung
1	Ansauggeräuschkämpfer (Luftfilter)	10	Ladeluftrohr
2	Anschluss zur Blow by-Gase	11	Ladeluftkühler
3	Abgasturbolader	12	Ladeluftrohr
4	Drallklappensteller	13	Rohluftrohr
5	Sammler für Ansaugluft		

Die angesaugte Rohluft (A) gelangt über den Ansaugschnorchel (nicht im Bild) und das Rohluftrohr (13) in den Luftfilter (1). Im Luftfilter wird die Rohluft gefiltert und zur Reinluft (B). Die Reinluft gelangt vom Luftfilter über den Heißfilm-Luftmassenmesser und dem Reinluftrohr zum Abgasturbolader (3). Zusätzlich werden im Reinluftrohr über den Anschluss Blow-by-Gase (2) auch die Blow-by-Gase eingeleitet. Im Abgasturbolader wird die Reinluft verdichtet und erwärmt sich dabei. Die komprimierte, erwärmte Ladeluft (C) wird im Ladeluftrohr (12) zum Ladeluftkühler (11) weitergefördert.

Vom Ladeluftkühler gelangt die nun gekühlte Ladeluft (D) und zur Drosselklappe (7). Je

nach Stellung der Drosselklappe gelangt die gekühlte Ladeluft (D) über das in den Sammler für Ansaugluft (5). In den Sammler für Ansaugluft (5) mündet auch die Abgasrückführung.

⚠ Ist das Reinluftrohr nach dem Anschluss Blow-by-Gase stark verölt, kann auf erhöhte Blow-by-Gase geschlossen werden. Ursache hierfür ist in der Regel eine Undichtigkeit am Motor (z. B. Kurbelwellendichtring) oder Falschluf über die Unterdruckleitungen. Ein verölter Abgasturbolader ist dann eine Folgeerscheinung und deutet nicht auf einen Defekt am Abgasturbolader hin. ◀

---

## Rohluftführung

Die Rohluftführung besteht aus dem Rohluftschnorchel und dem Rohluftrohr. Beide sind nach den Aspekten der Crash-Sicherheit zu Gunsten des Fußgängerschutzes ausgelegt. Dies hat besonders weiche Materialien und nachgiebige Befestigungen zur Folge.

Der Rohluftschnorchel ist im Falle des N47 Motors eine so genannte Rohluftansaughäube. Diese ist großflächig, aber außergewöhnlich flach ausgelegt. Die Luft wird über dem Kühlmodul angesaugt.

---

## Ansauggeräuschkämpfer

Erstmals bei einem BMW-Dieselmotor ist der Ansauggeräuschkämpfer fahrzeugfest angebracht. Das Gehäuse ist so konstruiert, dass es im Falle eines Aufpralls von oben

(Fußgänger-Crash) kollabieren kann. Das heißt, es lässt sich um mehrere Zentimeter zusammendrücken.

---

## Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM)

Der Heißfilm-Luftmassenmesser sitzt direkt hinter dem Ansauggeräuschkämpfer. Er ist an dessen Gehäuse befestigt. Es wird der bereits bekannte digitale HFM6 verwendet.

Das Signal des HFM wird zur Mengenmessung des Kraftstoffs und zur Ermittlung der AGR-Rate herangezogen.

---

## Abgasturbolader

Im Abgasturbolader wird die angesaugte Luft verdichtet. Auf diese Weise kann deutlich mehr Sauerstoff in den Brennraum gefördert werden.

Die Funktion des Abgasturboladers wird im Kapitel Abgassystem beschrieben.

---

## Ladeluftkühler

Die Luft erwärmt sich beim Verdichten im Abgasturbolader. Dadurch dehnt sie sich aus. Dieser Effekt wirkt dem Nutzen des Abgasturboladers entgegen, da weniger Sauerstoff in den Brennraum gefördert werden kann. Im Ladeluftkühler wird die

verdichtete Luft abgekühlt, die Dichte steigt und damit kann mehr Sauerstoff in den Brennraum gefördert werden.

Der Ladeluftkühler ist am unteren Ende des Kühlmoduls angeordnet.

---

## Ladelufttemperatursensor

Der Ladelufttemperatursensor erfasst die Temperatur der verdichteten Frischluft. Er sitzt im Ladedruckrohr, direkt vor der Drosselklappe.

Die Ladelufttemperatur wird zur Ersatzberechnung der Luftmasse herangezogen.

Damit wird der Wert des HFM plausibilisiert. Beim Ausfall des HFM wird der Ersatzwert zur Bestimmung der Kraftstoffmengenbemessung und der AGR-Rate verwendet.

Die elektrische Funktion ist im Abschnitt Motorelektrik beschrieben.

---

## Drosselklappe

Für sämtliche Dieselmotoren, die mit einem Partikelfiltersystem ausgestattet sind, ist eine Drosselklappe notwendig. Die Drosselklappe sorgt durch die Drosselung der Ansaugluft dafür, dass die zur Regeneration des Partikelfilters erhöhten Abgastemperaturen erreicht werden.

Die Drosselklappe wird geschlossen, während der Motor abgestellt wird, dadurch wird das Schütteln des Motors während des Abstellvorgangs vermindert. Nach dem Abstellen des Motors wird die Drosselklappe wieder geöffnet.

Die Drosselklappe ist direkt vor der Sauganlage angebracht.

---

## Sammler für Ansaugluft

Der Sammler für Ansaugluft ist aus Kunststoff gefertigt. In ihm wird die Luft auf die einzelnen Zylinder aufgeteilt. Zudem werden die Kanäle jedes einzelnen Zylinders nochmals in Drall- und Tangentialkanäle aufgeteilt. Beide Kanäle werden beim N47 Motor seitlich an den Zylinderkopf herangeführt.

Der Drallkanal sorgt für eine zuverlässige Verwirbelung im Brennraum, der Tangentialkanal für eine optimale Zylinderfüllung, weswegen der Tangentialkanal häufig auch als Füllkanal bezeichnet wird. In den Tangentialkanälen befinden sich die Drallklappen.

Der Drallkanal ist an seinem annähernd rechteckigen Querschnitt zu erkennen, während der Tangentialkanal rund ist.

## Drallklappen

Die Drallklappen verschließen die Tangentialkanäle, um bei niedrigen Drehzahlen eine stärkere Verwirbelung der Luft im Brennraum zu erzeugen. Bei steigender Drehzahl öffnen sie, um über die Tangentialkanäle die Zylinderfüllung zu gewährleisten.

Die Drallklappen werden von einem Gestänge verstellt, das von einem Gleichstrommotor angetrieben wird. Die Ansteuerung des Gleichstrommotors und die Parameter zur Steuerung werden im Abschnitt Motorelektrik beschrieben.

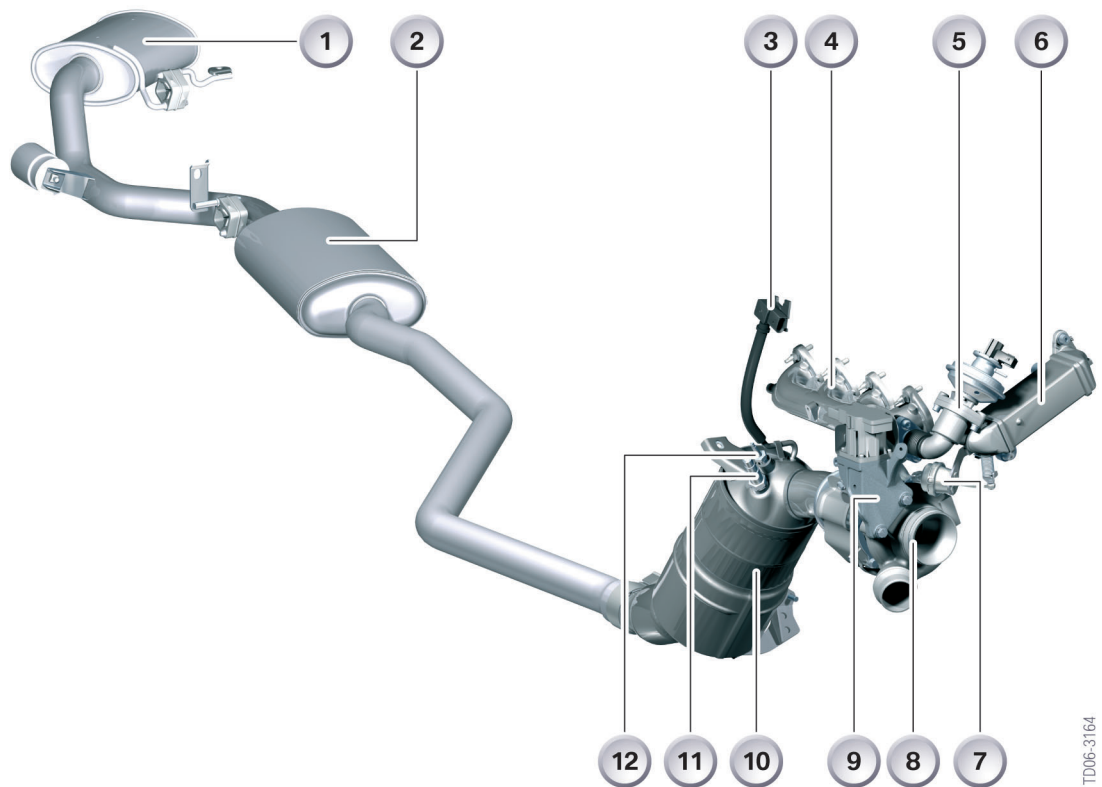
## Abgassystem

Die Abgasnachbehandlung gleicht in ihrer Funktion der des M47TU2 Motors mit Dieselpartikelfilter. Eine Änderung gibt es jedoch in der Abgasrückführung (AGR).

Bei der oberen Leistungsstufe ermöglicht es ein Bypass-Ventil, den AGR-Kühler zu umgehen.

Auch der N47 Motor besitzt einen Abgasturbolader mit variabler Leitschaufelgeometrie (VNT, Variable Nozzle Turbine) und E-Steller.

Der Oxidationskatalysator und der Dieselpartikelfilter befinden sich motornah in einem Gehäuse.



77 - Abgassystem N47 Motor (im E81/B7)

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Nachschalldämpfer	7	AGR-Bypass-Steller
2	Mittelschalldämpfer	8	Abgasturbolader
3	Abgasgegendrucksensor	9	VNT-Steller
4	Abgaskrümmen	10	Oxi-Kat und DPF
5	AGR-Ventil	11	Lambdasonde
6	AGR-Kühler	12	Abgastempersensoren

TD06-3164

---

## Abgaskrümmmer

Der N47 Motor besitzt einen gegossenen Vier-in-Eins-Abgaskrümmmer. Am vorderen

Ende befindet sich der Ausgang für die Abgasrückführung.

---

## Abgasturbolader

Der Abgasturbolader wird von den Abgasen des Motors angetrieben. Die heißen, unter Druck stehenden Abgase werden durch die Turbine des Abgasturboladers geleitet und liefern auf diese Weise die Antriebskraft für den Verdichter.

Hier wird die Ansaugluft vorverdichtet, sodass eine höhere Luftmasse in den Brennraum des Motors gelangt. So wird es möglich, eine größere Kraftstoffmenge einzuspritzen und zu verbrennen, was eine Leistungs- und Drehmomenterhöhung des Motors bewirkt.

Die Drehzahlen der Turbine liegen zwischen 100.000 U/min und 200.000 U/min. Die Abgaseintrittstemperatur kann bis ca. 850 °C betragen.

Die Leistung eines Turbomotors kann die Leistung eines deutlich hubraumstärkeren Saugmotors erreichen. Der Aufladeeffekt kann aber auch genutzt werden, um eine bestimmte Leistung mit einem kleinen Motor bei verringertem Verbrauch zu erzielen.

### Variable Leitschaufelgeometrie (VNT, Variable Nozzle Turbine)

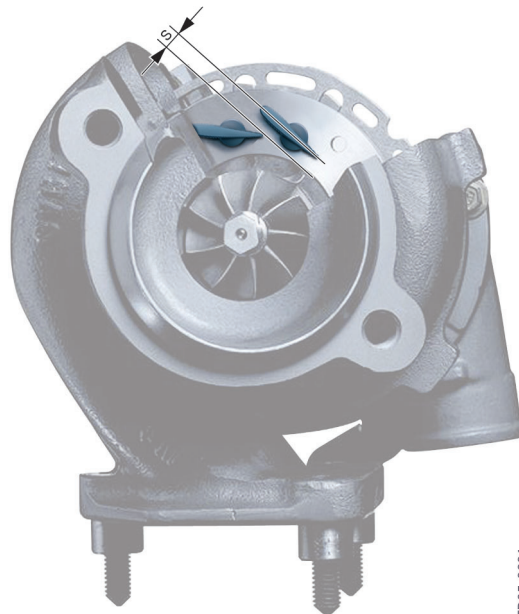
Beim N47 Motor setzt eine so genannte VNT-Regelung mit Ladedruck bis 2,5 bar Absolutdruck ein.

Die variable Turbinengeometrie ermöglicht es, die Anströmungsbedingungen für das Turbinenrad in Abhängigkeit vom Motorbetriebspunkt zu verändern.

Durch den Ladedrucksteller (E-Steller) werden die Leitschaufeln verstellt. Durch die Verstellung der Leitschaufeln wird der Strömungsquerschnitt ("s", siehe folgende Grafik) verkleinert. Die

Anströmgeschwindigkeit des Abgases und somit der Abgasdruck auf das Turbinenrad erhöht sich.

Die Energieübertragung (Wirkungsgradverbesserung) auf Turbinenrad und Verdichter wird somit besonders bei niedrigen Drehzahlen erhöht. Der Ladedruck steigt an und es kann von der DDE mehr Einspritzmenge freigegeben werden.

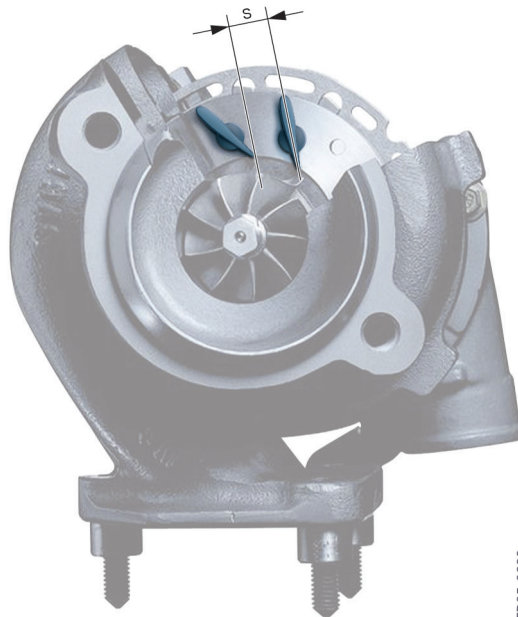


78 - VNT Schaufelmechanismus, "geschlossen"

TD05-0691

Mit dem Ansteigen der Motordrehzahl werden die Leitschaufeln sukzessive geöffnet, sodass der Energietransfer immer mit der gewünschten Laderdrehzahl und dem benötigten Ladedruckniveau im Gleichgewicht bleibt.

Die variable Turbinengeometrie ermöglicht eine effizientere Nutzung der Abgasenergie, sodass gegenüber der "Wastegate-Regelung" der Wirkungsgrad des Abgasturboladers und damit des Motors weiter verbessert werden kann.



79 - VNT Schaufelmechanismus, "offen"

TD05-0690

Der Ladedrucksteller wird von der DDE mit einem pulsweitenmodulierten Signal angesteuert.

Über eine Regelstange wird ein Verstellring gedreht, der wiederum die Leitschaufeln bewegt. Je nach Stellung der Leitschaufeln ergibt sich ein mehr oder weniger großer Strömungsquerschnitt zum Turbinenrad.

Gegenüber einem konventionellen Abgasturbolader (ATL), der immer einen konstanten Strömungsquerschnitt hat, bedeutet dies einen zusätzlichen Freiheitsgrad zur Optimierung des thermodynamischen Verhaltens. Des Weiteren benötigt der ATL mit VNT kein Wastegate-Ventil.

Die Ansteuerung des Ladedruckstellers wird im Abschnitt Motorelektrik näher erläutert.

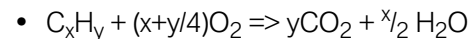
## Abgasnachbehandlung

Der N47 Motor verfügt zur Abgasnachbehandlung über einen Oxidationskatalysator und einen Dieselpartikelfilter (DPF). Beide befinden sich im gleichen Gehäuse. Der Oxi-Kat ist wie üblich vor dem DPF.

### Katalysator

Der motornaher Oxidationskatalysator sorgt im gesamten Betriebsbereich für eine Umwandlung folgender Abgasbestandteile:

- $2\text{NO} + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{NO}_2$
- $2\text{CO} + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{CO}_2$



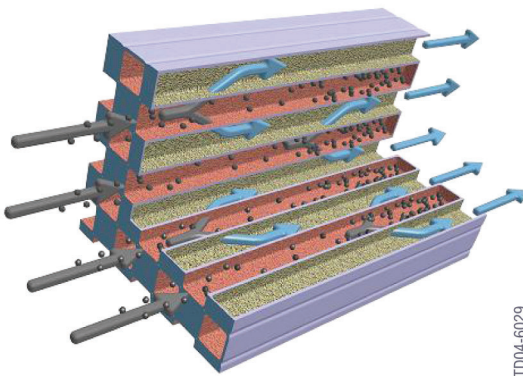
Die Rußpartikel durchströmen den Oxidationskatalysator ungehindert. Wegen des hohen Sauerstoffgehalts im Abgas setzt die Wirkung des Oxidationskatalysators bei ungefähr 170 °C ein. Ab ungefähr 350 °C steigt die Partikelemission wieder an. Durch den Schwefelgehalt des Kraftstoffs bilden sich Sulfate (Schwefel-Sauerstoff-Verbindungen). Eine Absenkung des Schwefelgehalts im Kraftstoff trägt zur Absenkung der Partikelbildung bei.



## Dieselpartikelfilter

Der Dieselpartikelfilter sorgt für eine Umwandlung folgender Abgasbestandteile:

- $C + 2NO_2 \Rightarrow CO_2 + 2NO$
- $C + O_2 \Rightarrow CO_2$
- $2CO + O_2 \Rightarrow 2CO_2$



80 - Schnitt durch den Dieselpartikelfilter

Das Filterelement des Dieselpartikelfilters 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.

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 Filterwandungen aus den Auslasskanälen heraus.

Die Rußpartikel (Kohlenstoff-Partikel) 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. Dabei werden die Kohlenstoff-Partikel in gasförmiges Kohlendioxid ( $CO_2$ ) umgewandelt.

Rußpartikel haben eine relativ hohe Zündtemperatur. Bei dauerndem Vollastbetrieb können diese Temperaturen erreicht werden. Es setzt die natürliche Regeneration ein, die vom vorgeschalteten Oxidationskatalysator durch die  $NO_2$ -Bildung unterstützt wird.

Wenn ein Dieselmotor dauernd im Teillastbereich läuft, wird die benötigte Abgastemperatur in der Regel nicht erreicht. Die im Dieselpartikelfilter festgehaltenen Partikel erhöhen den Abgasgedruck.

Ein Drucksensor registriert den Druckanstieg vor dem Dieselpartikelfilter, eine Regeneration kann eingeleitet werden.


Dazu wird die Ansaugluft durch die Drosselklappe angedrosselt, damit weniger kühle Luft den Zylinder spült, welche dem Abgas Wärme entzieht. Ein späterer Spritzbeginn und eine Nacheinspritzung erhöhen die Abgastemperatur zusätzlich.

Durch die Umwandlung von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid im Oxidationskatalysator wird die Zündtemperatur von Rußpartikeln reduziert und dadurch die Regeneration der Rußpartikel im Dieselpartikelfilter gefördert.

Der Dieselpartikelfilter hält alle Partikel fest. Dazu gehören auch nicht regenerierbare Partikel wie Ölaschen, Metallabrieb und Additivrückstände. Die nicht regenerierbaren

Partikel führen zu einer langsamen Verstopfung des Dieselpartikelfilters.

Der Dieselpartikelfilter unterliegt somit einem Wechselintervall. Über CBS wird ein fälliger Dieselpartikelfilterwechsel angezeigt. Das Wechselintervall kann zwischen 160.000 km bis 220.000 km liegen.

 Ist der Schwefelgehalt im Dieselmotorkraftstoff > 50 - 100 ppm, kann es zu starker weißer Rauchentwicklung und Schwefelgeruch am Abgasanlagenendrohr kommen. ◀

---

## Abgasrückführung (AGR)

Die Abgasrückführung ist eine Maßnahme zur Reduzierung der Stickoxidbildung ( $\text{NO}_x$ ). Stickoxide entstehen in größeren Mengen, wenn die Verbrennung bei Luftüberschuss und mit sehr hoher Temperatur abläuft. Dabei verbindet sich der Sauerstoff mit dem Stickstoff der Verbrennungsluft zu Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ).

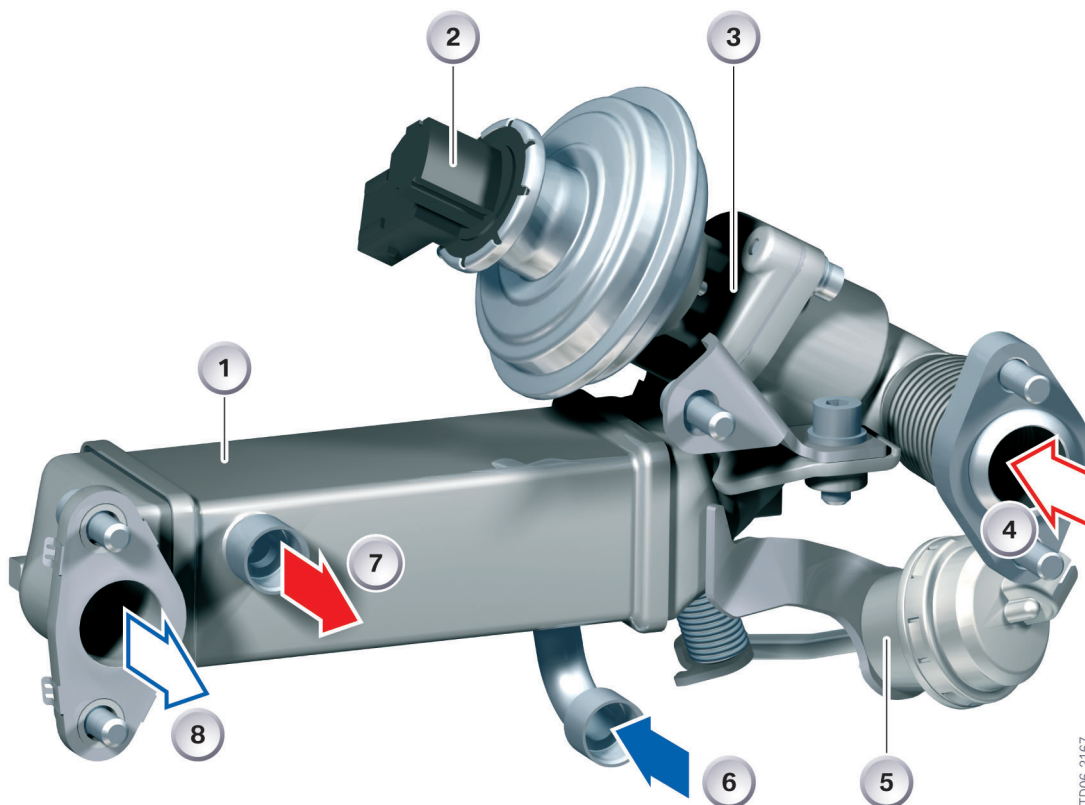
Die Abgasrückführung wird beim Dieselmotor vereinzelt im Leerlauf und immer im Teillastbereich benötigt, da hier mit einem besonders großen Luftüberschuss gearbeitet wird.

Durch das zurückgeführte Abgas, das der Frischluft beigemischt wird und das sich als unbeteiligtes Gas (Inertgas) verhält, erreicht man:

- einen geringeren Sauerstoff- und Stickstoffanteil im Zylinder,
- eine Herabsetzung der Verbrennungshöchsttemperatur um bis zu 500 °C. Diese Wirkung wird noch erhöht, wenn die zurückgeführten Abgase gekühlt werden.

Die AGR beginnt beim N47 Motor beim Abgaskrümmen. Dieser hat am vorderen Ende den Anschluss dafür. Dem angeschlossen ist das AGR-Ventil, welches die Menge an zurückgeführtem Abgas steuert.

Nach dem AGR-Ventil folgt der AGR-Kühler. Dieser ist je nach Leistungsstufe und Ausstattung unterschiedlich ausgeführt. AGR-Ventil und AGR-Kühler sind im so genannten AGR-Modul zusammengefasst.



TD06-3167

81 - AGR-Modul N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	AGR-Kühler	5	AGR-Bypass-Steller
2	AGR-Wegsensor	6	Kühlmittelzufluss
3	AGR-Ventil	7	Kühlmittelrückfluss
4	heißes Abgas	8	gekühltes Abgas

Der AGR-Kanal vom AGR-Kühler zum Sammler für Ansaugluft ist in den Zylinderkopf eingegossen. Am Sammler für Ansaugluft wird das Abgas schließlich der Frischluft beigemischt.

### AGR-Ventil

Das AGR-Ventil steuert die Rückführung von Abgas zum Ansaugsystem. Es ist vor dem AGR-Kühler angeordnet, unterliegt also einer hohen Temperaturbelastung. Es ist jedoch selbst nicht gekühlt. Dies ist möglich, da es durch eine Unterdruckdose angesteuert ist.

Elektrische AGR-Ventile sind deutlich empfindlicher gegenüber der Temperaturbelastung.

Wie zuvor erwähnt, wird das AGR-Ventil durch Unterdruck geöffnet. Dazu wird ein elektropneumatischer Druckwandler (EPDW) von der DDE über ein pulsweitenmoduliertes Signal (PWM-Signal) angesteuert. Der EPDW legt dann einen entsprechenden Unterdruck an die Unterdruckdose des AGR-Ventils an. Dadurch wird das AGR-Ventil gegen eine Federkraft geöffnet.

Das PWM-Signal bestimmt den Unterdruck und der Unterdruck bestimmt den Öffnungsweg des Ventils. Es kann also eine definierte Menge an Abgas zurückgeführt werden.

Bei einer Pulsweite von 10 % ist das AGR-Ventil geschlossen, bei 90 % ist es voll geöffnet.

Liegt kein Druck an, ist das AGR-Ventil aufgrund der Federkraft geschlossen. Bei einem elektrischen oder pneumatischen Systemausfall wird also kein Abgas zurückgeführt.

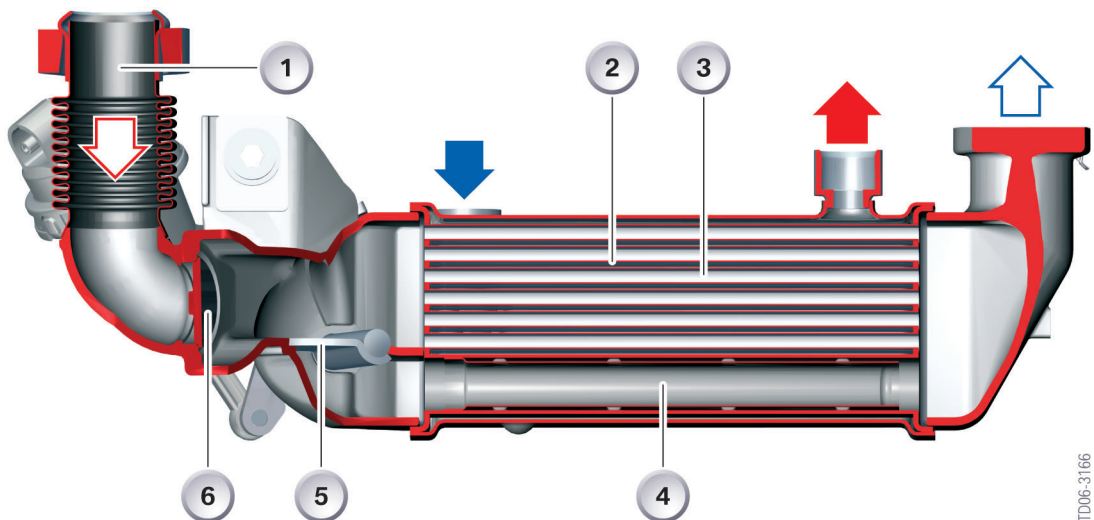
Neu ist der Sensor am AGR-Ventil, der den Öffnungsweg aufnimmt. Bei dem Sensor handelt es sich um einen Potenziometer. Durch die Erfassung des Öffnungsweges lässt sich die AGR-Rate deutlich besser regeln.

### AGR-Kühler

Durch einen AGR-Kühler lässt sich der Wirkungsgrad der Abgasrückführung erhöhen. Das abgekühlte Abgas ist in der Lage, der Verbrennung mehr Wärmeenergie zu entziehen und damit die Verbrennungshöchsttemperatur zu senken.

Der AGR-Kühler ist beim N47 Motor nach dem AGR-Ventil angebracht. Er wird vom Kühlmittel des Motors durchströmt. Das Abgas wird in mehreren flachen Rohren (annähernd rechteckiger Querschnitt) durch diesen Kühlmittelstrom befördert. Dabei gibt es Wärmeenergie an das Kühlmittel ab.

Für die obere und untere Leistungsstufe werden unterschiedliche AGR-Kühler verwendet. Bei der oberen Leistungsstufe kommen zudem unterschiedliche AGR-Kühler zum Einsatz, je nachdem ob es sich um ein Fahrzeug mit Schalt- oder Automatikgetriebe handelt.



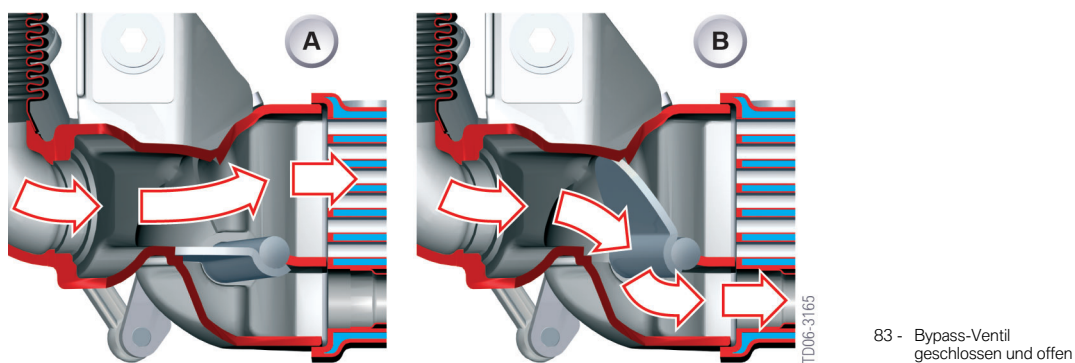
82 - AGR-Kühler mit Bypass

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	AGR-Zufuhr vom Abgaskrümmen	4	Bypass
2	Kühlmantel	5	Bypass-Ventil
3	AGR-Rohr	6	AGR-Ventil

Der AGR-Kühler für Fahrzeuge mit Schaltgetriebe bietet eine Neuheit. Er ist mit einer Bypass-Klappe ausgestattet, die es dem Abgas bei Bedarf erlaubt, den AGR-Kühler zu umgehen.

Sinnvoll ist dies in der Warmlaufphase des Motors, um den Katalysator schneller auf Betriebstemperatur zu bringen.

Das Bypass-Ventil wird durch eine Unterdruckdose verstellt. Es werden lediglich die Zustände "auf" und "zu" geschaltet. Angesteuert wird die Unterdruckdose von einem elektro-pneumatischen Umschaltventil, welches wiederum von der DDE angesteuert wird.



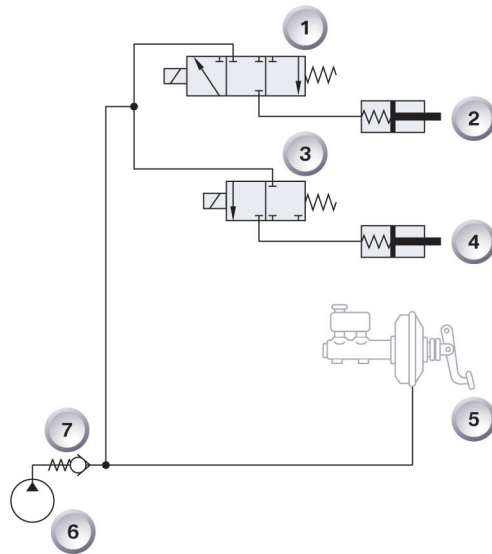
Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Bypass-Ventil geschlossen	B	Bypass-Ventil offen

Ohne Unterdruck ist das Bypass-Ventil geschlossen, d. h. das Abgas durchströmt den AGR-Kühler. Wird nun Unterdruck angelegt, öffnet das Bypass-Ventil den Bypass (der sich

im Gehäuse des AGR-Kühlers befindet) und verschließt gleichzeitig den Zufluss zum AGR-Kühler.

## Unterdrucksystem

Das Unterdrucksystem ist neben der Elektrik ein weiteres System, um verschiedene Bauteile zu aktivieren.



84 - Unterdrucksystem N47 Motor

Dabei erzeugt eine Vakuumpumpe den Unterdruck und stellt ihn im System zur Verfügung.

Zur Ansteuerung der Bauteile wird der Unterdruck auf eine Unterdruckdose geschaltet. Die Unterdruckdose wandelt den Unterdruck in eine Bewegung um.

Index	Erklärung
1	Elektropneumatischer Druckwandler
2	Unterdruckdose AGR-Ventil
3	Elektropneumatisches Umschaltventil
4	Unterdruckdose AGR-Bypass-Ventil
5	Bremskraftverstärker
6	Unterdruckpumpe
7	Rückschlagventil

Um den Unterdruck auf die Unterdruckdose zu schalten, werden entweder elektropneumatische Umschaltventile oder Druckwandler verwendet. Diese werden wieder elektrisch angesteuert.

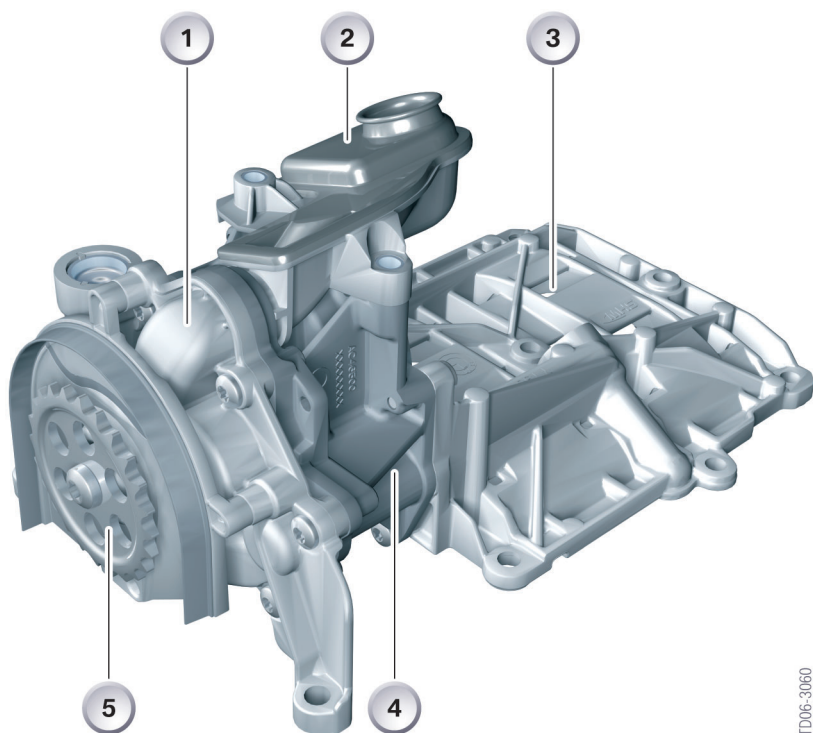
Ein Rückschlagventil verhindert, dass bei abgestelltem Motor der Unterdruck über die Vakuumpumpe entweicht.

TD06-3198

## Vakuumpumpe

Die Vakuumpumpe des N47 Motors wird in der Ölwanne verbaut und bildet zusammen

mit der Ölpumpe und der Versteifungsschale eine Einheit .



TD06-3060

85 - Öl-/Vakuumpumpe mit Saugrohr N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Ölpumpe	4	Vakuumpumpe
2	Saugrohr	5	Kettenrad Öl-/Vakuumpumpe
3	Versteifungsschale		

Der Grund für die ungewöhnliche Unterbringung ist die damit eingesparte Bauhöhe des Motors. Damit wurde dem passiven Fußgängerschutz Rechnung getragen.

Es handelt sich um eine Flügelzellenpumpe mit einem Aluminiumgehäuse (AlSi9Cu3) mit einem Stahlrotor und einem Kunststoffflügel. Angetrieben wird sie gemeinsam mit der Ölpumpe über eine Kette von der Kurbelwelle.

Die Vakuumpumpe hat eine Evakuierleistung auf einen Unterdruck von 500 mbar (absolut) in weniger als 5 s.

Der Unterdruckkanal geht durch das Gehäuse der Ölpumpe und das Kurbelgehäuse. Am Ausgang des Kurbelgehäuses ist die Hauptunterdruckleitung zum Bremskraftverstärker und den anderen Verbrauchern angeschlossen. Direkt an diesem Anschluss sitzt das Rückschlagventil.

---

## Elektropneumatischer Druckwandler

Zur Ansteuerung des AGR-Ventils kommt ein elektropneumatischer Druckwandler (EPDW) zum Einsatz.

Am EPDW liegt der Unterdruck und der Umgebungsdruck an. Daraus wird ein "Mischdruck" (Steuerdruck) gebildet, mit dem

die Unterdruckdose beaufschlagt wird. Er wird elektrisch von der DDE angesteuert und entsprechend diesem Signal wird der Steuerdruck eingestellt.

Auf diese Weise ist eine stufenlose Verstellung des AGR-Ventils möglich.

---

## Elektropneumatisches Umschaltventil

Ähnlich wie der EPDW funktioniert auch das elektropneumatische Umschaltventil.

Der Unterschied ist, dass es keinen Druck einstellt, sondern lediglich den Unterdruck im System zur Unterdruckdose durchschaltet.

Damit ist keine stufenlose Regelung möglich, sondern nur eine "scharz/weiß" oder auf/zu Steuerung.

Im N47 Motor wird das Bypass-Ventil um den AGR-Kühler durch ein elektropneumatisches Umschaltventil geschaltet.



## Kraftstoffsystem

Der N47 Motor ist mit einem Common-Rail Einspitzsystem ausgestattet. Dabei unterscheidet sich die obere von der unteren

Leistungsstufe, wie die folgende Tabelle verdeutlicht.

Motor	Kraftstoffsystem	Injektoren	Maximaldruck
N47D20U0	Common-Rail der 2. Generation	Magnetventil	1600 bar
N47D20O0	Common-Rail der 3. Generation	PIEZO	1800 bar

## Kraftstoffversorgung

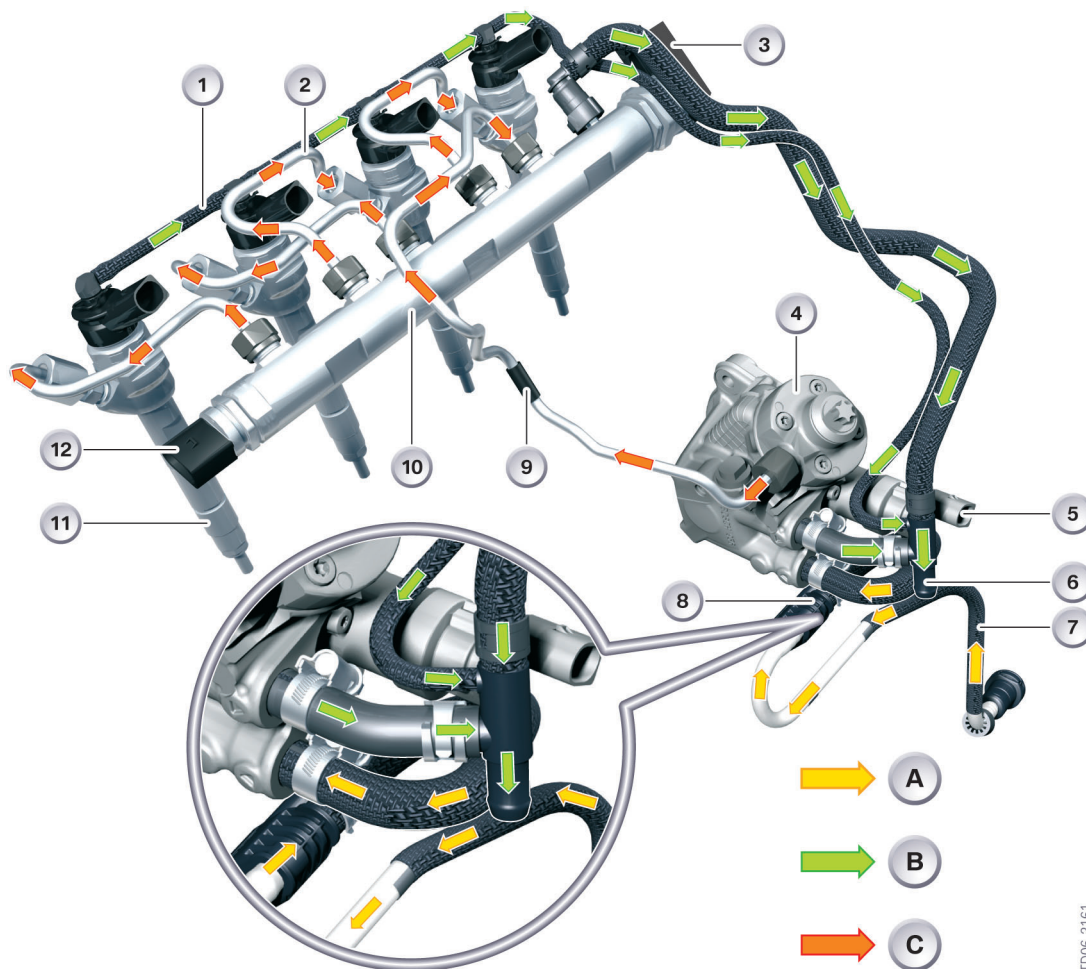
Die Kraftstoffversorgung ist Fahrzeugspezifisch und entspricht der bekannten E87 Dieselvariante. Sie umfasst den kompletten Kraftstoffbehälter mit Pumpe und allen tankinternen und -externen Leitungen. Dieses System ist für den N47 Motor weitgehend gleich geblieben. Einzig die Ansteuerung der elektrischen Kraftstoffpumpe hat sich verändert.

Die elektrische Kraftstoffpumpe (EKP) wird von dem EKP-Modul über ein PWM-Signal angesteuert. Das EKP-Modul wiederum bekommt eine Anforderung von der DDE.

Diese Anforderung wurde bisher nach Motorlast und Drehzahl gestellt. Nun erfolgt die Regelung druckabhängig.

Dazu wird an der Kraftstoffleitung direkt vor der Hochdruckpumpe ein kombinierter Druck-/Temperatursensor verbaut. Auf diese Weise wird die elektrische Kraftstoffpumpe bedarfsgerecht angesteuert. Damit wird der Energieverbrauch der Kraftstoffpumpe gesenkt, wodurch eine Kraftstoffeinsparung erreicht wird.

## Systemübersicht untere Leistungsstufe

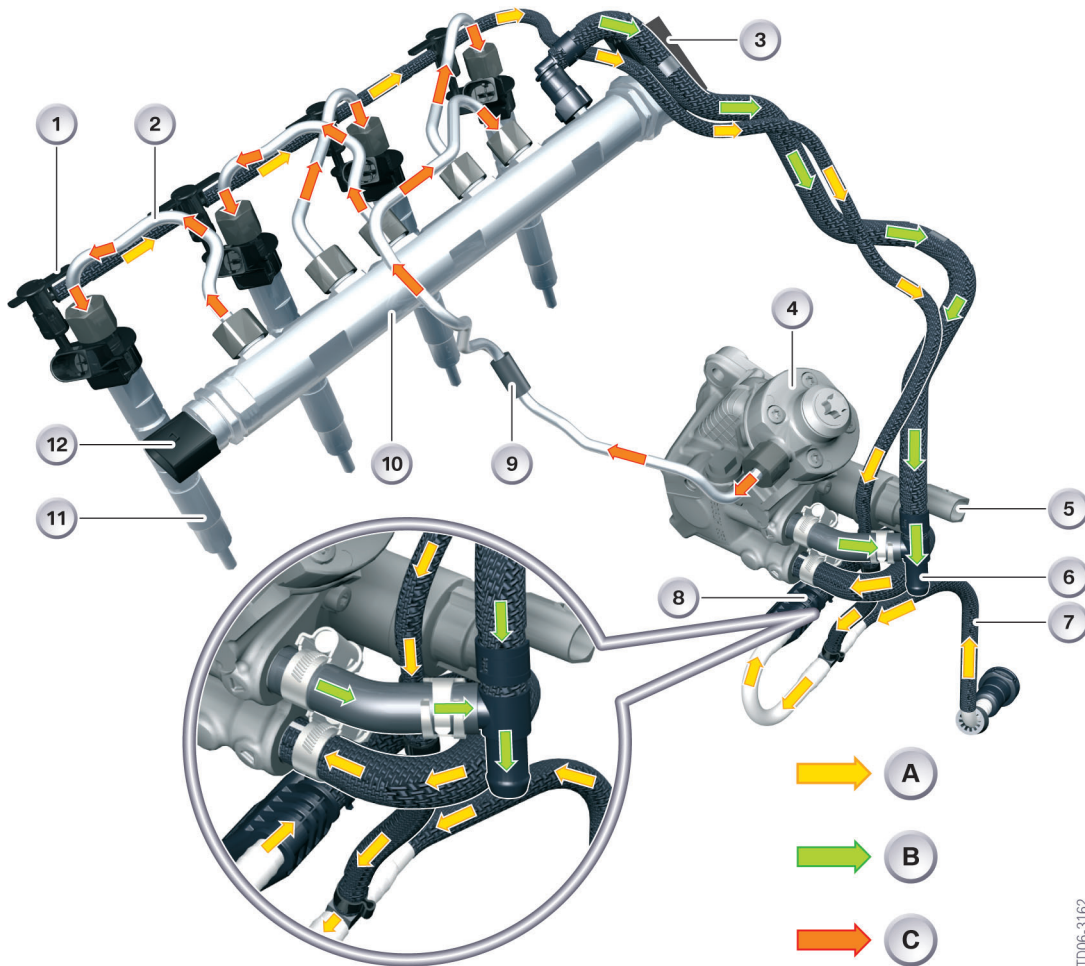


86 - Common-Rail System mit Magnetventil-Injektoren

TD06-3161

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Kraftstoffvorlauf (Niederdruck)	6	Kraftstoffrücklauf zum Tank
B	Kraftstoffrücklauf	7	Kraftstoffvorlauf vom Tank
C	Kraftstoffhochdruck	8	Kombinierter Druck-/Temperatursensor
1	Leckölrail	9	Hochdruckleitung von der Hochdruckpumpe zum Rail
2	Hochdruckleitung vom Rail zum Injektor	10	Rail (Hochdruckspeicher)
3	Raildruckregelventil	11	Magnetventil-Injektor
4	Hochdruckpumpe	12	Raildrucksensor
5	Mengenregelventil		

## Systemübersicht obere Leistungsstufe



TD06-3162

87 - Common Rail System mit PIEZO-Injektoren

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Kraftstoffvorlauf (Niederdruck)	6	Kraftstoffrücklauf zum Tank
B	Kraftstoffrücklauf	7	Kraftstoffvorlauf vom Tank
C	Kraftstoffhochdruck	8	Kombinierter Druck-/ Temperatursensor
1	Leckölrail	9	Hochdruckleitung von der Hochdruckpumpe zum Rail
2	Hochdruckleitung vom Rail zum Injektor	10	Rail (Hochdruckspeicher)
3	Raildruckregelventil	11	Magnetventil-Injektor
4	Hochdruckpumpe	12	Raildrucksensor
5	Mengenregelventil		

---

## Hochdruckpumpe

Beim N47 Motor kommt eine neue Hochdruckpumpe zum Einsatz. Es handelt sich um eine Ein-Kolben-Pumpe mit der Bezeichnung CP4.1. Diese ist für die untere und obere Leistungsstufe des N47 Motors gleich.

Die Hochdruckpumpe sitzt an der Kraft abgebenden Seite und wird über die Steuerkette von der Kurbelwelle angetrieben.

Sie ist in der Lage einen Druck von 1800 bar zu erzeugen.

### Mengenregelventil

Das Mengenregelventil (Zumesseinheit) ist auch bei der Hochdruckpumpe CP4.1 integriert. Es handelt sich um ein Magnetventil, das kennfeldabhängig die

Kraftstoffmenge regelt, die der Hochdruckpumpe zugeführt wird. Überschüssiger Kraftstoff wird in die Rücklaufleitung zum Tank abgegeben.

Dadurch bestimmt das Mengenregelventil den Druck, der von der Pumpe erzeugt wird und im Rail anliegt.

Auf diese Weise wird von der Hochdruckpumpe im Teillastbetrieb kein unnötig hoher Druck erzeugt, der dann über das Raildruckregelventil abgelassen würde. Dies reduziert die Antriebsleistung der Hochdruckpumpe und damit den Verbrauch des Motors.

Die Ansteuerung des Mengenregelventils ist im Abschnitt Motorelektrik beschrieben.

---

## Rail (Hochdruckspeicher)

Das Rail hat die Aufgabe, Kraftstoff unter hohem Druck für die Einspritzung für alle Zylinder bereitzustellen.

Es ist so ausgelegt, dass selbst bei der Entnahme von größeren Kraftstoffmengen der Druck im Inneren auf einem nahezu konstanten Wert gehalten wird. Damit ist sichergestellt, dass beim Öffnen des Injektors der Einspritzdruck nahezu konstant bleibt.

Die durch den hohen Druck erreichte Federwirkung des Kraftstoffes wird

ausgenutzt, um den Speichereffekt zu erhalten.

Zudem werden dadurch Druckschwingungen, die aufgrund der Pumpenförderung entstehen, gedämpft.

Der N47 Motor besitzt ein geschweißtes Rail, das in die Zylinderkopfhäube gebettet ist.

Im Wesentlichen handelt es sich dabei um ein dickwandiges Rohr, das Aufnahmen für Hochdruckleitungen, den Raildrucksensor und das Raildruckregelventil bereitstellt.

---

## Raildrucksensor

Der Raildrucksensor sitzt am vorderen Ende des Rails. Er hat die Aufgabe, den Druck im Rail zu messen und ein entsprechendes Signal an die DDE zu liefern.

Der Raildrucksensor arbeitet mit einer Sensormembrane, die von dem anliegenden

Druck verformt wird. Diese Membrane wandelt die Verformung in ein elektrisches Signal um, das zu einer Auswerteschaltung geleitet wird. Von dort wird das aufbereitete Signal zur DDE geleitet.

---

## Raildruckregelventil

Das Raildruckregelventil ist in der Lage, den richtigen Druck im Rail einzustellen. Dazu öffnet es bei zu hohem Druck und lässt so lange Kraftstoff in den Rücklauf ab, bis der gewünschte Druck anliegt.

Bei zu niedrigem Druck schließt es und dichtet den Hochdruckbereich ab.

Bei den Common-Rail Systemen der neueren Generationen muss das Raildruckregelventil diese Aufgabe jedoch im normalen Betrieb nicht mehr übernehmen. Der Druck im Rail wird inzwischen über das Mengenregelventil eingestellt, wodurch die Pumparbeit der

Hochdruckpumpe vor allem im Teillastbereich reduziert werden konnte.

Das Raildruckregelventil wird dann verwendet, wenn der Fahrer spontan vom Gas geht und dann ein zu hoher Druck im Rail anliegt.

Zusätzlich wird es beim Kaltstart verwendet. Dann lässt das Mengenregelventil die maximale Menge an Kraftstoff in die Hochdruckpumpe, damit diese ihn durch die Pumparbeit erwärmt. Der überschüssige Druck wird dann vom Raildruckregelventil abgelassen.

---

## Injektoren

Die Injektoren sind hoch präzise Bauteile, die kleinste und genau definierte Kraftstoffmengen zu exakt bestimmten Zeiten in den Brennraum einspritzen können.

Für die obere und untere Leistungsstufe werden unterschiedliche Injektoren verwendet.

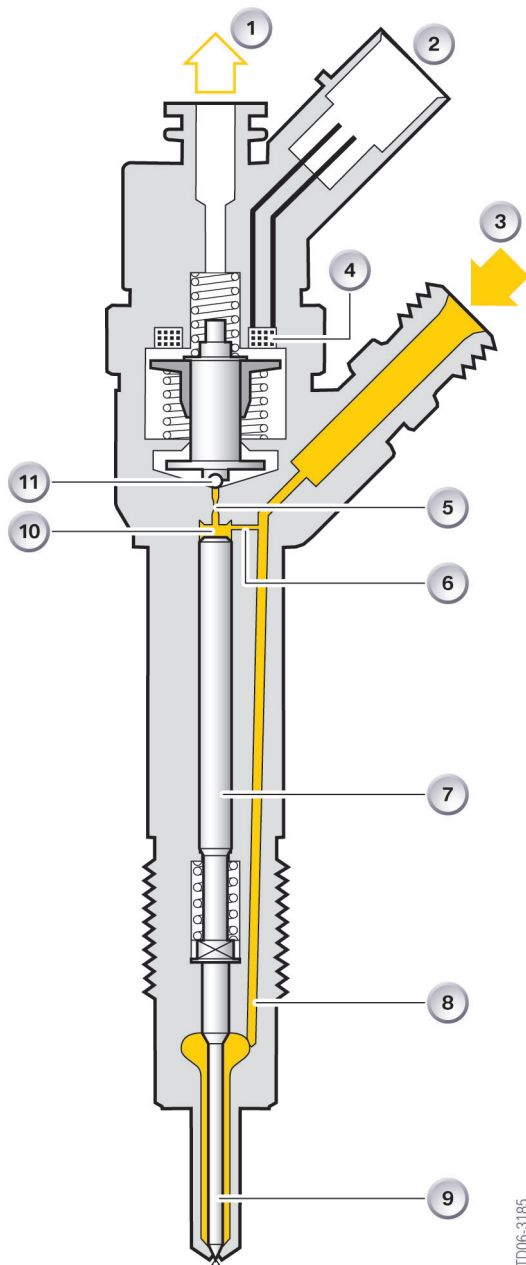
Die untere Leistungsstufe verwendet die seit Einführung des Common-Rail Systems bei BMW bekannten Magnetventil-Injektoren.

Bei der oberen Leistungsstufe kommen die seit 2005 im M67TU/M57TU2 bekannten PIEZO-Injektoren zum Einsatz.

Bei beiden Injektoren erfolgt die Einspritzung, wenn die Düsennadel sich von der Lochdüse abhebt und damit den Kraftstoff, der dort mit hohem Druck anliegt, freigibt.

Die Öffnung der Düsennadel erfolgt bei beiden Injektoren hydraulisch. Die Aktivierung des Schaltventils, das die Hydraulik im Injektor steuert, unterscheidet den PIEZO-Injektor vom Magnetventil-Injektor. Die Funktion wird zunächst am Magnetventil-Injektor beschrieben.

## Magnetventil-Injektor



88 - Magnetventilinjektor im Schnitt

Der Kraftstoff wird vom Hochdruckanschluss (3) über einen Zulaufkanal zur Düse (8) sowie über die Zulaufdrossel (6) in den Steuerraum (10) geführt.

Index	Erklärung
1	Kraftstoffrücklauf
2	elektrischer Anschluss
3	Hochdruckanschluss
4	Ansteuereinheit des Magnetventils
5	Ablaufdrossel
6	Zulaufdrossel
7	Ventilsteuerkolben
8	Zulaufkanal zur Düse
9	Düsennadel
10	Steuerraum
11	Ventilkugel

Der Steuerraum ist über die Ablaufdrossel (5), die durch ein Magnetventil geöffnet werden kann, mit dem Kraftstoffrücklauf (1) verbunden. Im geschlossenen Zustand des Ventils überwiegt die hydraulische Kraft auf den Ventilsteuerkolben jene auf der Druckstufe der Düsennadel (9). Infolgedessen wird die Düsennadel in ihren Sitz gepresst und schließt den Hochdruckkanal dicht zum Brennraum ab.

Beim Ansteuern des Magnetventils wird die Verbindung zum Kraftstoffrücklauf über die Ablaufdrossel geöffnet. Dadurch sinkt der Druck im Steuerraum und damit die hydraulische Kraft auf den Ventilsteuerkolben.

Sobald die hydraulische Kraft jene auf die Druckstufe der Düsennadel unterschreitet, öffnet die Düsennadel, sodass der Kraftstoff durch die Düsenlöcher in den Verbrennungsraum gelangen kann.

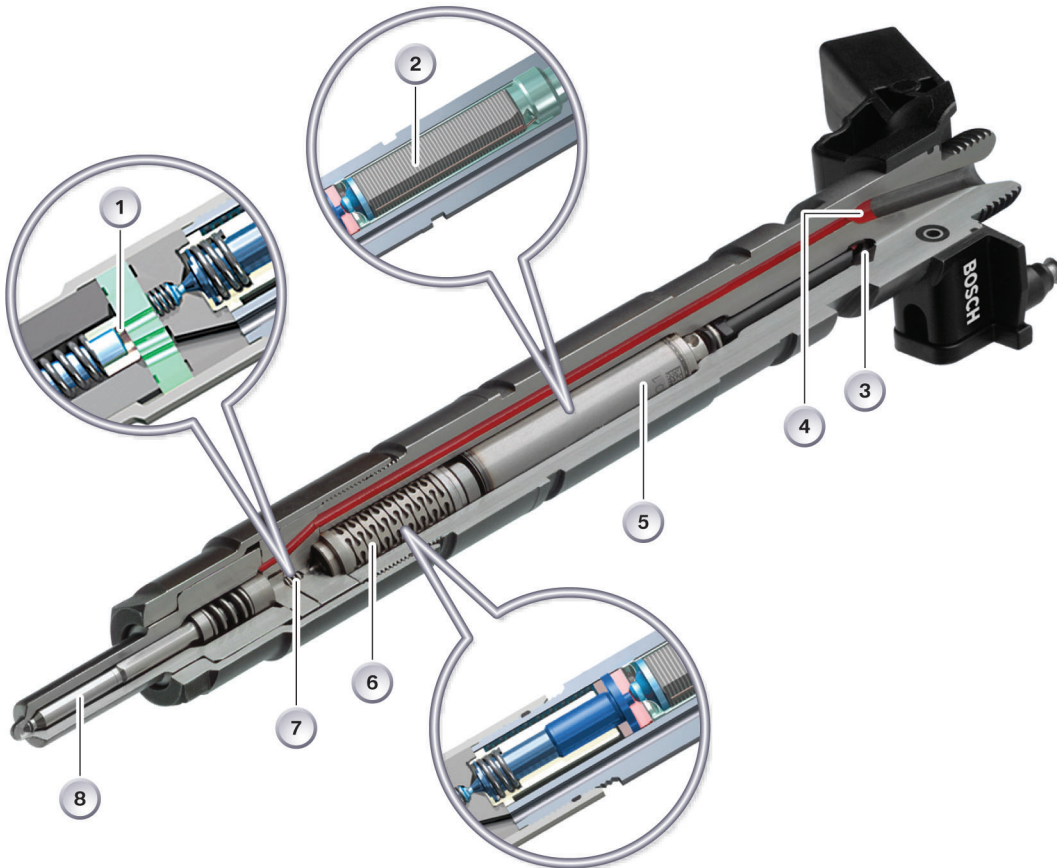
Diese indirekte Ansteuerung der Düsennadel über ein hydraulisches Kraftverstärkersystem wird deshalb eingesetzt, weil die zu einem schnellen Öffnen der Düsennadel benötigten Kräfte mit dem Magnetventil nicht direkt erzeugt werden können. Die dabei zusätzlich zur eingespritzten Kraftstoffmenge benötigte so genannte Steuermenge gelangt über die Leckölleitung zum Kraftstoffrücklauf.

TD06-3185

## PIEZO-Injektor

Die hydraulische Funktion des PIEZO-Injektors ist prinzipiell gleich. Nur das Ventil,

das den Kraftstoffrücklauf frei gibt, ist kein Magnetventil. Es wird von einem PIEZO-Element gesteuert und Schaltventil genannt.



89 - PIEZO-Injektor im Schnitt

TD04-6045

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Steuerraum	5	Aktormodul
2	PIEZO-Element	6	Kopplermodul
3	Hochdruckzulauf	7	Schaltventil
4	Leckölrücklauf	8	Düsennadel

Das PIEZO-Element befindet sich im so genannten Aktormodul. Es erzeugt bei Ansteuerung die Bewegung zum Öffnen des Schaltventils.

Zwischen die beiden Elemente ist das Kopplermodul geschaltet, das als hydraulisches Ausgleichselement fungiert, z. B. um temperaturbedingte Längendehnungen auszugleichen.

Wird der Injektor angesteuert, dehnt sich das Aktormodul. Die Bewegung wird über das Kopplermodul auf das Schaltventil übertragen. Wenn sich das Schaltventil öffnet, sinkt der Druck im Steuerraum und die Düsennadel öffnet genau wie beim MV-Injektor.

Die Vorteile des PIEZO-Injektors sind eine wesentlich schnellere Steuerbarkeit, was eine genauere Dosierbarkeit zur Folge hat.

Zudem ist der PIEZO-Injektor noch kleiner, leichter und hat einen geringeren Energiebedarf.

Beim N47 Motor kommen weiterentwickelte PIEZO-Injektoren zum Einsatz, die noch kompakter und leichter sind.

### **Lecköl**

Systembedingt fällt bei den Injektoren ein so genanntes Lecköl an. Dies ist zum einen

Kraftstoff, der als Steuermenge beim Öffnen des Schaltventils bzw. der Ablaufdrossel abfließt. Zum anderen wird aufgrund des hohen Drucks im Injektor immer eine gewisse Menge am Schaltventil bzw. an der Ablaufdrossel vorbeigedrückt.

Diese Menge fließt in die Leckölleitung, die an jedem Injektor angeschlossen ist. An diesem Punkt unterscheiden sich die Systeme der oberen und unteren Leistungsstufe.

Bei der unteren Leistungsstufe wird dieses Lecköl in den Rücklauf zum Kraftstofftank geleitet.

Bei der oberen Leistungsstufe wird das Lecköl in den Vorlauf zur Hochdruckpumpe geleitet. Der Grund hierfür ist, dass das Schaltventil im PIEZO-Injektor einen gewissen Gegendruck braucht, um richtig arbeiten zu können.



## Kühlung im Überblick

Die gesamte Kühlung im Fahrzeug ist so komplex, wie sie wichtig ist. Die Systeme, die die Wärme von Getriebe und Lenkung abführen, sind zum Teil funktionell oder lokal sehr eng mit der Motorkühlung verbunden.

Selbst im Motor gibt es unterschiedliche Arten von Kühlung:

- Kühlmittelkühlung
- Motorölkühlung
- AGR-Kühlung (Abgasrückführung)
- Ladeluftkühlung.

Das zentrale System der Motorkühlung ist der Kühlkreislauf. Kühlmittel umströmt thermisch belastete Bauteile und führt damit Wärme ab. Da sich das Kühlmittel dabei aufheizt, wird es in einem Kühlmittelkühler wieder abgekühlt. Der Kühlmittelkühler ist ein Wärmetauscher, bei dem die Wärme des Kühlmittels an die Luft abgegeben wird. Ein Elektrolüfter unterstützt

die Leistung des Kühlmittelkühlers. Die beiden sind im Kühlmodul untergebracht.

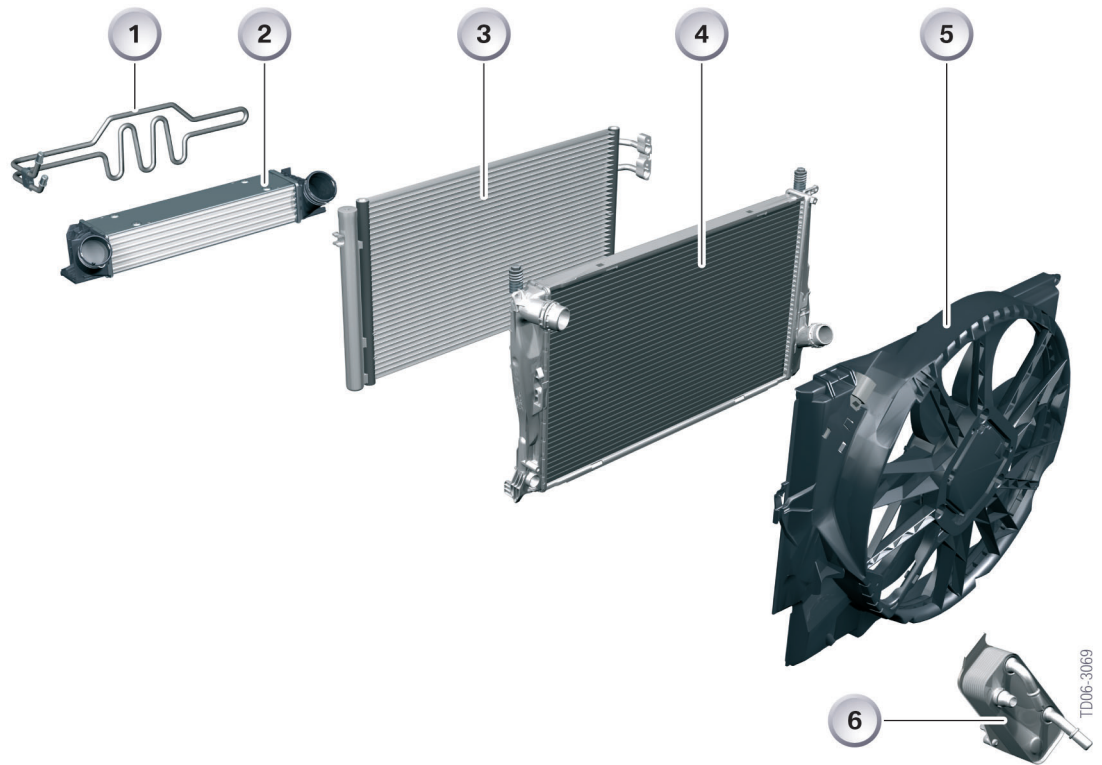
Da das Motoröl ebenfalls Wärme von den Bauteilen abführt, wird es ebenfalls gekühlt, im Fall des N47 Motors durch einen Wärmetauscher, der die Wärme des Motoröls an das Kühlmittel abgibt.

Ist das Fahrzeug mit einem Automatikgetriebe ausgestattet, geschieht das Gleiche mit dem Getriebeöl.

Rückgeführtes Abgas zur Schadstoffreduzierung wird ebenfalls gekühlt. Auch dieses wird durch einen Wärmetauscher befördert, der die Wärme des Abgases an das Kühlmittel abgibt.

Direkt im Kühlmodul sind noch der Ladeluftkühler und, falls eine hydraulische Servolenkung verbaut ist, der Lenkhilfekühler untergebracht. Diese Wärmetauscher geben die Wärme jeweils direkt an die Luft ab.

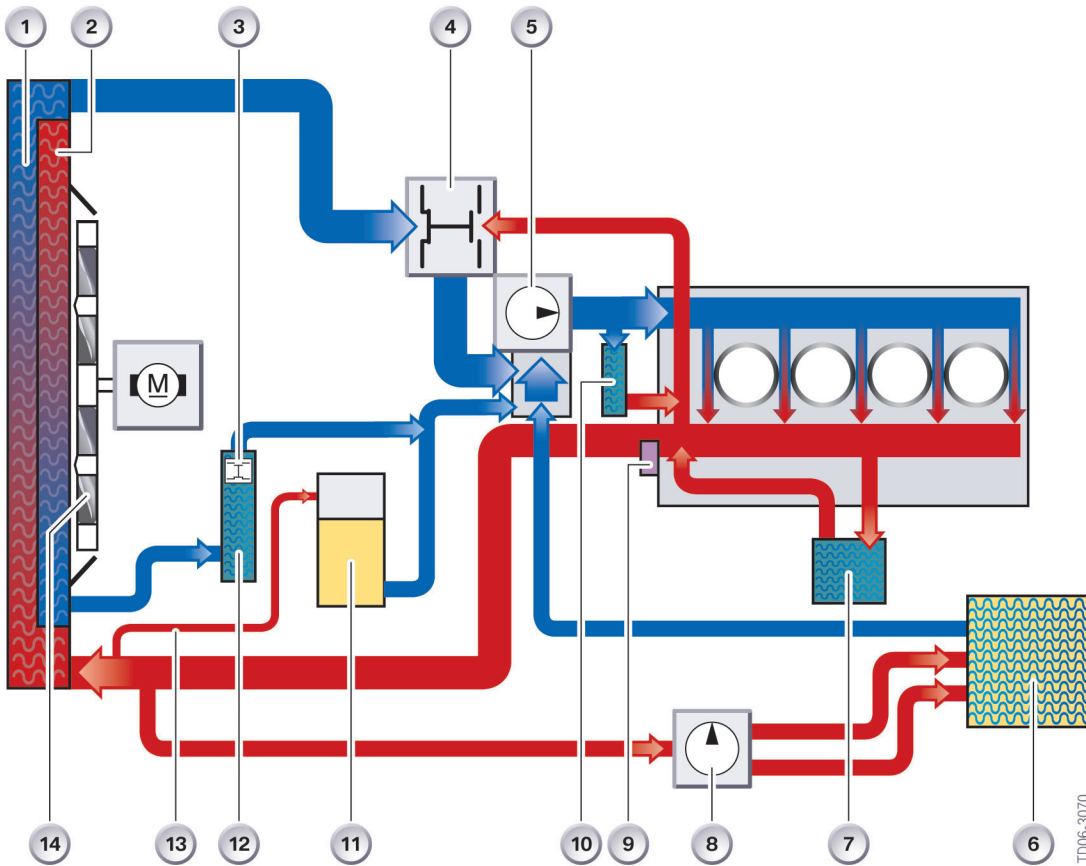
## Kühlmodul



90 - Kühlmodul N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Lenkhilfekühler	4	Kühlmittelkühler
2	Ladeluftkühler	5	Elektrolüfter
3	Klimakondensator	6	Getriebeölkühler

## Kühlkreislauf



91 - Kühlkreislauf N47 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kühlmittelkühler Wärmetauscher Kühlmittel/Luft	8	Zusatzkühlmittelpumpe
2	Getriebekühler Wärmetauscher Kühlmittel/Luft	9	Kühlmitteltemperatursensor am Mortraustritt
3	Thermostat im Getriebeölkühler	10	AGR-Kühler
4	Thermostat	11	Ausgleichsbehälter
5	Kühlmittelpumpe	12	Getriebeölkühler Wärmetauscher Getriebeöl/ Kühlmittel
6	Heizungswärmetauscher	13	Entlüftungsleitung
7	Motorölkühler Wärmetauscher Motoröl/Kühlmittel	14	Elektrolüfter

## Komponenten im Kühlkreislauf

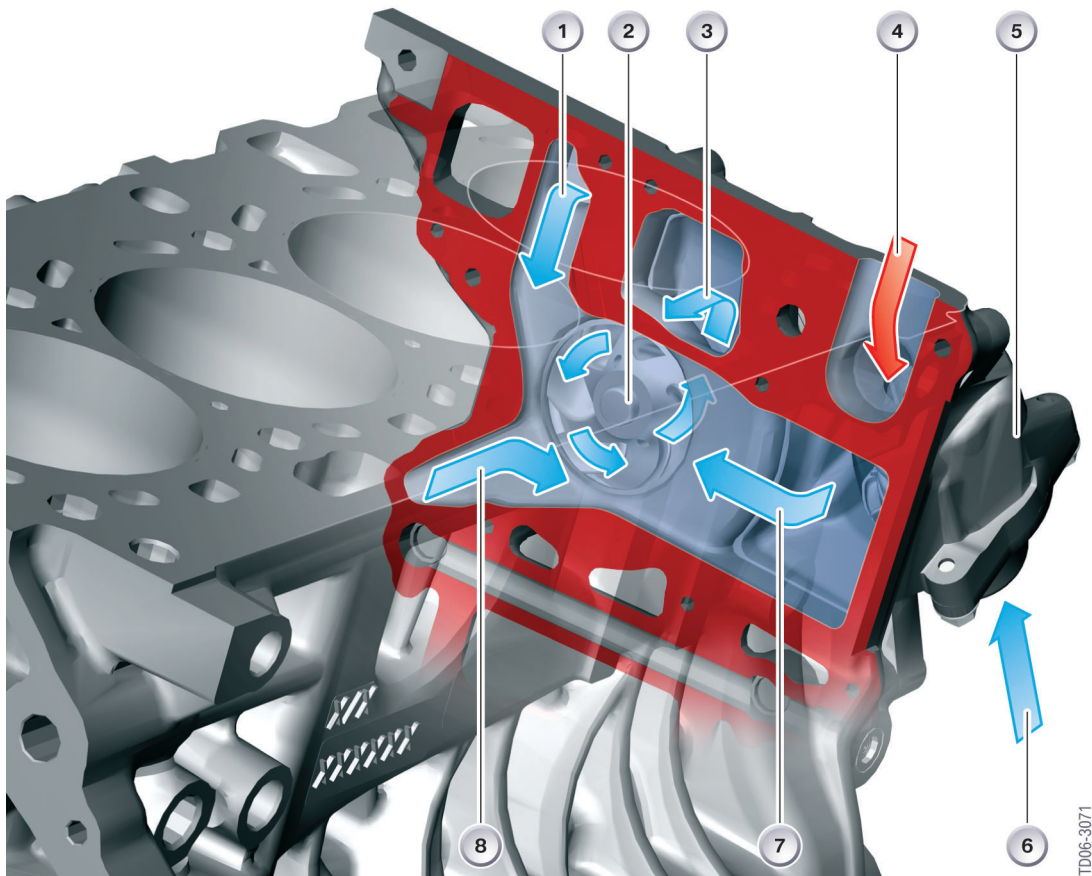
Der Kühlmittelkreislauf dient dazu, Wärme von thermisch belasteten Bauteilen oder von anderen Medien wie z. B. Motoröl abzuführen und an die Umgebungsluft abzugeben.

Im Folgenden werden die Komponenten beschrieben, die zum Kühlmittelkreislauf gehören.

### Kühlmittelpumpe

Die Kühlmittelpumpe fördert das Kühlmittel mittels eines Flügelrades im Kühlkreislauf. Durch die Drehbewegung saugt das Flügelrad

das Kühlmittel an der Stirnseite an und fördert es nach außen in den Druckraum.



92 - Kühlmittelpumpe N47 Motor

TD06-3071


Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Zulauf vom Ausgleichsbehälter (und Getriebeölkühler bei Automatikgetriebe)	5	Thermostat
2	Kühlmittelpumpe	6	Kühlerrücklauf
3	Zulauf zum Kurbelgehäuse	7	Zulauf vom Thermostat
4	Rücklauf vom Zylinderkopf	8	Heizungsrücklauf

Die Kühlmittelpumpe bildet im N47 Motor eine Einheit mit dem Thermostat. Das Gehäuse der Kühlmittelpumpe besteht aus der Aluminiumlegierung AlSi9Cu3, das Flügelrad und der Thermostatdeckel aus Kunststoff.

### **Kühlmittleckage**

Das Flügelrad, das sich im Wasserraum befindet, ist auf einer Welle gelagert. Der Wasserraum ist durch einen Gleitdichtring auf der Welle nach außen abgedichtet. Damit dieser richtig funktioniert, muss zwischen Welle und Gleitdichtring eine Leckage stattfinden. Dies verbessert die Gleiteigenschaften. Man spricht hier von der Funktionsleckage der Gleitringdichtung.

Diese Leckage wird beim N47 Motor, ebenso wie beim M47TU2, in die Riemenscheibe geleitet, wodurch sind leichte Kühlmittelspuren ergeben können.

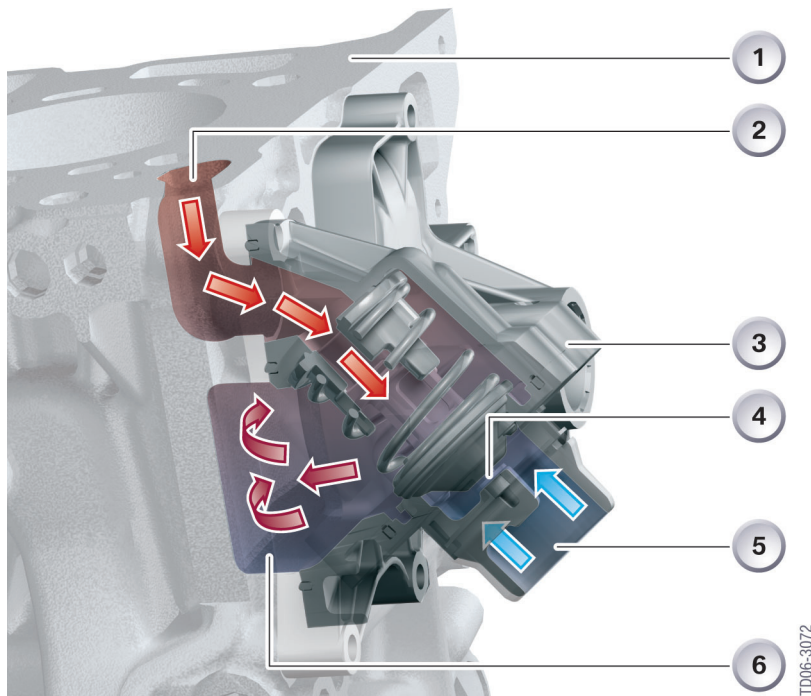
 In der Vergangenheit wurden häufig Kühlmittelpumpen aufgrund von Kühlmittelspuren getauscht. Leichte Kühlmittelspuren sind jedoch wegen der Funktionsleckage der Gleitringdichtung zulässig.

Die maximal zulässige Kühlmittleckage liegt bei 800 mg/h, dies entspricht einem Tropfen von etwas mehr als 1 cm Durchmesser pro Stunde. ◀

## Thermostat

Im N47 Motor wird die Motortemperatur durch einen konventionellen Thermostat geregelt.

Das bedeutet, dass ausschließlich die Kühlmitteltemperatur die Regelung bestimmt.



TD06-3072

93 - Thermostat N47 Motor

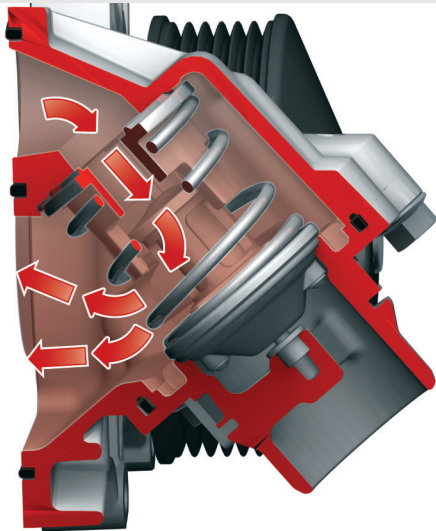
Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kurbelgehäuse	4	Wachselement
2	heißes Kühlmittel vom Zylinderkopf	5	Kühlerrücklauf
3	Thermostatgehäuse	6	Zulauf zur Kühlmittelpumpe

Dies geschieht durch ein Wachselement, das die Temperatur des ihn umströmenden Kühlmittels aufnimmt. Das Wachs fungiert als Dehnstoff, der sich bei Erwärmung ausdehnt und dadurch den Thermostat öffnet.

Der Thermostat sorgt für eine Aufteilung des Kühlmittelstroms durch den Kühlmittelkühler hindurch oder an ihm vorbei über eine Kurzschlussleitung.

Die Regelung lässt sich in drei Betriebsbereiche unterteilen.

## Betriebsbereiche des Thermostats



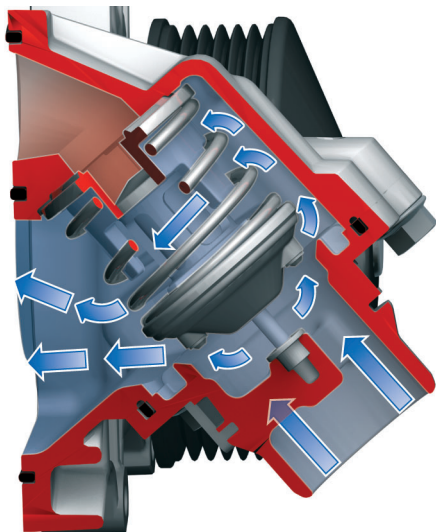
TD06-3073

### Thermostat geschlossen

Die Kühlmitteltemperatur liegt unter der Öffnungstemperatur des Thermostats.

Der Kühlmittelkreislauf ist kurzgeschlossen. Der Kühlmittelstrom fließt nur im Motor und nicht über den Kühlmittelkühler.

Öffnungsbeginn: ca. 88 °C



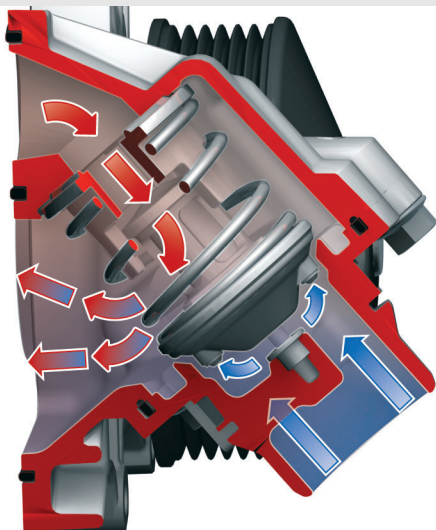
TD06-3075

### Thermostat offen

Die Kühlmitteltemperatur liegt über der Vollöffnungstemperatur des Thermostats.

Der gesamte Kühlmittelstrom fließt über den Kühlmittelkühler. Dadurch wird die maximale Kühlleistung genutzt.

Vollöffnungstemperatur: 100 °C



TD06-3074

### Thermostatregelbereich

Die Kühlmitteltemperatur liegt zwischen den Öffnungsbeginn und der Vollöffnungstemperatur.

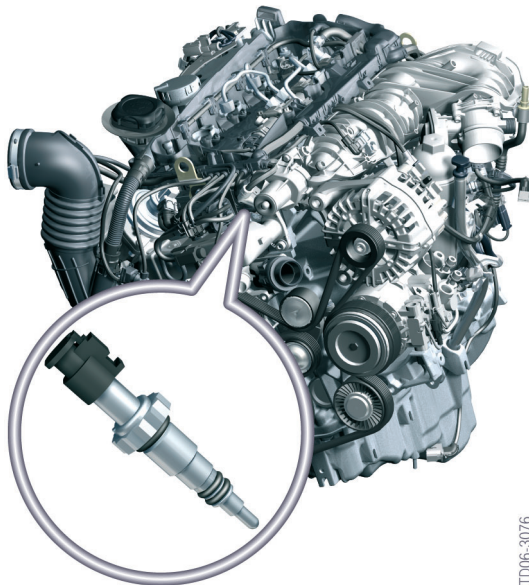
Der Kühlmittelstrom wird je nach Temperatur des Kühlmittels aufgeteilt. Ein Teil strömt über den Kühlmittelkühler, der Rest verbleibt im Motor.



Durch diese Regelung kann bei hohen Temperaturen für eine maximale Kühlung gesorgt werden, während bei sehr niedrigen Temperaturen eine Kühlung weitgehend vermieden werden kann.

Zudem kann dadurch der Motor nach einem Kaltstart schneller auf Betriebstemperatur gebracht werden.

## Kühlmitteltemperatursensor (am Motorausritt)



94 - Position Kühlmitteltemperatursensor N47 Motor

Der Kühlmitteltemperatursensor sitzt am Kühlmittelaustritt des Motors, somit an der heißesten Stelle im Kühlkreislauf.

Er meldet die Kühlmitteltemperatur an die Digitale Dieselelektronik (DDE), die diesen Wert für verschiedene Maßnahmen heranzieht, z. B. Lüfteransteuerung,

Motornotlauf, Anzeige (Check-Control Meldung) etc.

### Elektrische Funktion

Der Kühlmitteltemperatursensor wird von der DDE mit Masse versorgt. Der zweite Anschluss ist mit einer Spannungsteilerschaltung in der DDE verbunden.

Der Widerstand hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Das bedeutet, dass der Widerstand mit zunehmender Temperatur kleiner wird.

Der Widerstand ist Teil einer Spannungsteilerschaltung, die mit 5 V von der DDE versorgt wird. Die elektrische Spannung am Widerstand ist von der Kühlmitteltemperatur abhängig. In der DDE ist eine Tabelle gespeichert, die zu jedem Spannungswert die dazugehörige Temperatur angibt und damit den nichtlinearen Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und Temperatur kompensiert.

Der Widerstand verändert sich temperaturabhängig von 76 k $\Omega$  bis 42  $\Omega$ , was einer Temperatur von -40 °C bis 150 °C entspricht.

TD06-3076

## Kühlmittelkühler

Der Kühlmittelkühler gibt die Wärme des Kühlmittels an die Umgebungsluft ab. Dazu durchströmt das Kühlmittel den Kühlmittelkühler in vielen Lagen. Eine große Oberfläche sorgt für einen effizienten Wärmetransport.

Der Kühlmittelkühler ist so ausgelegt, dass er unter allen möglichen Betriebs- und Umweltbedingungen die im Motor entstehende Abwärme zuverlässig an die Umgebungsluft abführen kann. Dazu ist die

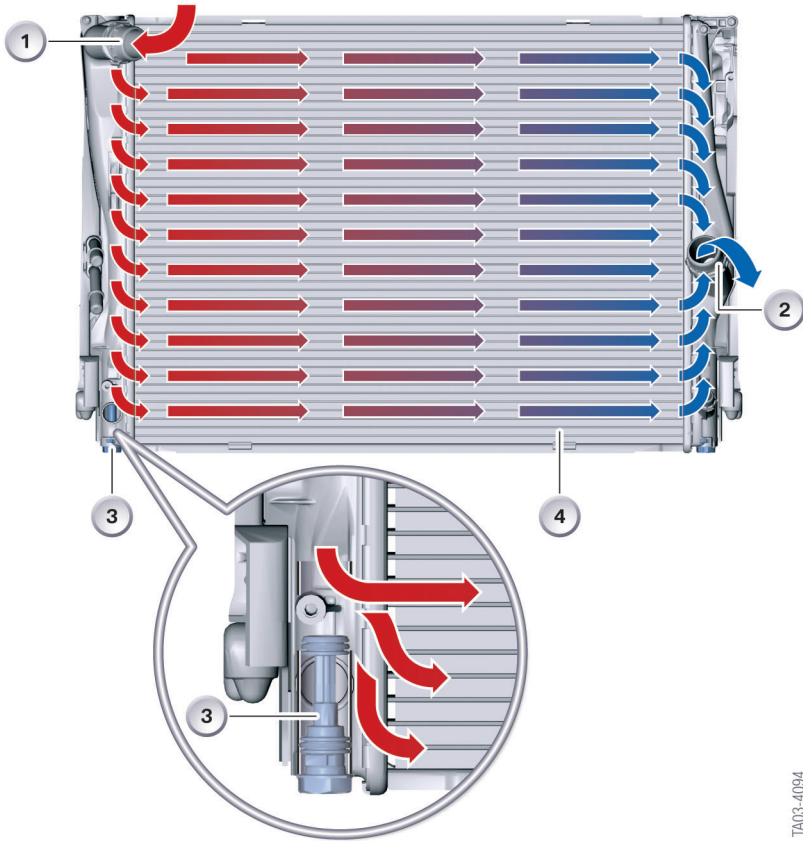
Größe des Kühlmittelkühlers an das Fahrzeug und die Ausstattung angepasst.

Auch beim N47 Motor besteht der Kühlmittelkühler wie beim Vorgänger aus Aluminium.

### Steuerhülse

Fahrzeuge mit Schaltgetriebe nutzen die gesamte Fläche des Kühlers zur Motorkühlung. Dazu ist eine kurze Steuerhülse im Kühler eingebaut.





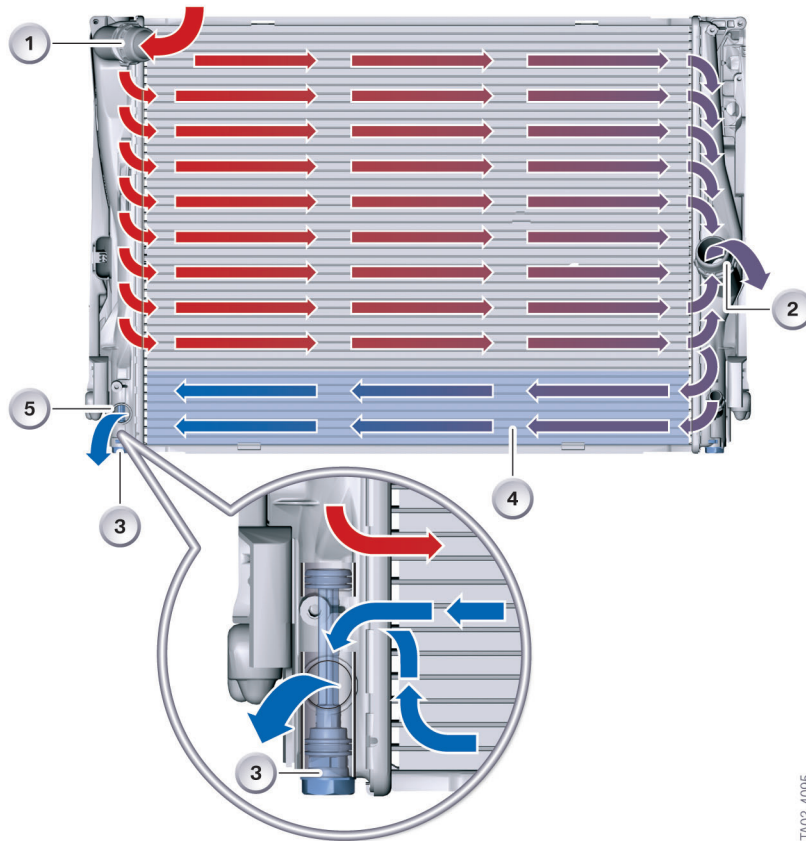
TA03-094

95 - Kühlmittelkühler mit kurzer Steuerhülse für Fahrzeuge mit Handschaltgetriebe

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kühlmitteleintritt	3	Steuerhülse (kurz)
2	Kühlmittelaustritt	4	Kühlmittelkühler

Für Fahrzeuge mit Automatikgetriebe wird ein zusätzlicher Niedertemperaturteil am unteren Ende des Kühlmittelkühlers abgegrenzt. Ein Teil des schon gekühlten Kühlmittels fließt

nochmals durch den Kühlmittelkühler. Dieses Kühlmittel gelangt in den Getriebeöl-Kühlmittel-Wärmetauscher und sorgt damit für die Getriebekühlung.



TA03-4095

96 - Kühlmittelkühler mit langer Steuerhülse für Automatikfahrzeuge

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kühlmitteleintritt	4	Niedertemperaturbereich
2	Kühlmittelaustritt	5	Kühlmittelaustritt zum Getriebeöl-Kühlmittel-Wärmetauscher
3	Steuerhülse (lang)		

Erzeugt wird dieser Niedertemperaturteil durch eine lange Steuerhülse, der eine Teilmenge des Kühlmittelstroms umlenkt.

---

## Ausgleichsbehälter

Der Ausgleichsbehälter dient als Vorratsbehälter für das Kühlmittel. Durch ihn wird ermöglicht, dass immer eine ausreichende Menge Kühlmittel im Kühlkreislauf vorhanden ist.

Zudem ermöglicht der Ausgleichsbehälter eine zuverlässige Gasabscheidung, wodurch, in Verbindung mit dem Druck im System, Kavitation im Kühlsystem vermieden wird. Kavitation ist eine Hohlraumbildung (Dampfblasen) im Kühlmittel durch eine örtliche Unterschreitung des Dampfdrucks mit nachfolgender Implosion der Dampfblasen. Dadurch werden die begrenzenden Oberflächen beschädigt. Kavitation würde vor allem auf der Saugseite der Pumpe auftreten.

Das Luftvolumen im Ausgleichsbehälter muss so groß sein, dass bei Erwärmung und Ausdehnung des Kühlmittels zwar ein schneller Druckaufbau möglich ist, aber kein Überdruck entsteht. Ein erhöhter Druck ist nötig, damit das Kühlmittel einen erhöhten Siedepunkt erreicht.

Der Ausgleichsbehälter ist in mehrere Kammern unterteilt, die nur über relativ kleine Durchbrüche miteinander verbunden sind. Dies dient der Stabilität des Ausgleichsbehälters, da er im Betrieb einem hohen Druck ausgesetzt ist.

### Verschluss

Eine Überdruckfunktion im Verschluss schützt bei überhitztem Kühlmittel den Kühlkreislauf vor Beschädigungen.

Der Verschluss des Ausgleichsbehälters hat die Eigenschaft den Druckaufbau zu ermöglichen und den Druck im Kühlkreislauf vom Atmosphärendruck unabhängig zu

machen. Dies verhindert bei niedrigem Luftdruck (z. B. in den Bergen), dass das Kühlmittel eine niedrigere Siedetemperatur besitzt.

 Den Deckel des Ausgleichsbehälters niemals bei heißem Motor öffnen.

Der Grund hierfür ist nicht nur die Verbrühungsgefahr. In höher gelegenen Bereichen des Kühlmittelkreislaufes (z. B. Zylinderkopf) können aufgrund des Druckverlustes Gasblasen entstehen. An dieser Stelle ist die ausreichende Wärmeabfuhr nicht gewährleistet. Überhitzung ist die Folge. ◀

### Entlüftung

Vom Kühlmittelschlauch, der vom Motor zum Kühler führt, zweigt am höchsten Punkt des Kühlkreislaufes ein Entlüftungsschlauch zum Ausgleichsbehälter ab.

Am Anschluss am Ausgleichsbehälter befindet sich die Entlüftungsschraube für die Entlüftungsroutine des Kühlsystems. Damit lassen sich etwaige Luftblasen aus dem Kühlkreislauf entfernen.

Während des normalen Betriebs wird über diesen Entlüftungsschlauch Kühlmittel vom höchsten Punkt des Kreislaufes in den Ausgleichsbehälter eingeleitet. Dort wird es über ein Rohr senkrecht nach unten geleitet und gelangt über eine sehr kleine Bohrung zum Kühlmittel im Ausgleichsbehälter.

Auf diese Weise wird das Kühlmittel beruhigt und etwaige Gasblasen verbleiben in diesem Fallrohr zurück, wo eine gewisse Menge aufgenommen werden kann.

### Füllstandsgeber

Im Ausgleichsbehälter (AGB) für den N47 Motor befinden sich wie üblich ein optischer und ein elektrischer Füllstandsgeber. Beide funktionieren als Schwimmer.

Der optische Füllstandsgeber zeigt bei geöffnetem Ausgleichsbehälterdeckel den tatsächlichen Füllstand im Ausgleichsbehälter an. Dabei weist eine Minimum- und Maximummarkierung den optimalen Füllstand an.

Der elektrische Füllstandsgeber ist ein Reed-Kontakt. Er ist ein reiner Schalter, der eine Kontrollleuchte in der Instrumentenkombination auslöst, wenn der Füllstand im Ausgleichsbehälter unter Minimum ist. Er schaltet jedoch erst bei einem Wert deutlich unter der Minimummarkierung des optischen Füllstandsgebers.

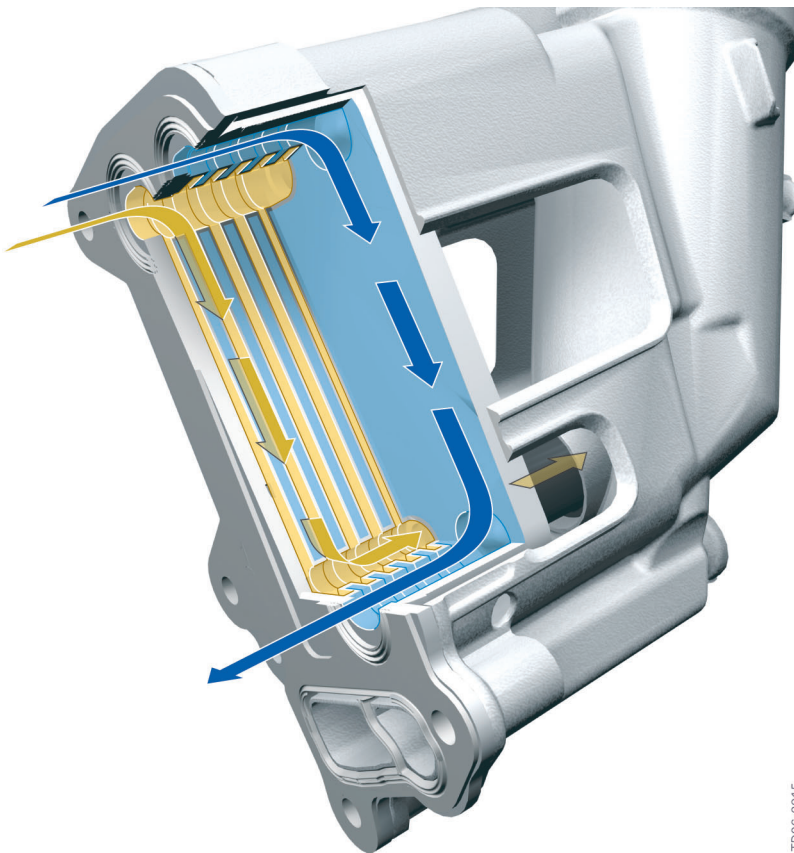
Bezeichnung	Volumen
Gesamtvolumen Ausgleichsbehälter	2,2 l
Oberer Anschlag optischer Füllstandsgeber	1,7 l
Maximummarkierung optischer Füllstandsgeber	1,3 l
Minimummarkierung optischer Füllstandsgeber	1,0 l
Schaltpunkt elektrischer Füllstandsgeber	0,4 l

## Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher

Bei leistungsstarken und thermisch hoch belasteten Motoren besteht die Gefahr, dass das Schmieröl im Fahrbetrieb zu heiß wird. Aus diesem Grund kommt beim N47 Motor ein Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher zum Einsatz. Der Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher sorgt für ein schnelles Aufwärmen des Öls in der Warmlaufphase und anschließend für eine ausreichende Kühlung des Öls.

Der Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher wird in mehreren Ebenen, so genannten Platten, gegenläufig durchströmt. Dadurch wird Wärme von einer Flüssigkeit auf die andere übertragen.

In der folgenden Grafik sind die Wege des Öl- und Kühlkreislaufs durch den Ölfilter und den Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher dargestellt.



TD06-3215

97 - Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher

### Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher

Der Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher ist etwa in der Mitte der Einlassseite des Motors an das Kurbelgehäuse angebaut. Er sitzt im selben Gehäuse wie der Ölfilter.

Das Kühlmittel strömt vom Wassermantel im Kurbelgehäuse in den Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher. Dies ist eine Stelle, die den Wärmetauscher bei kaltem Motor schnell mit

erwärmtem Kühlmittel versorgt, während des Betriebs jedoch gleichmäßig gut gekühltes Kühlmittel bereitstellt.

Vom Motoröl-Kühlmittel-Wärmetauscher strömt das Kühlmittel zurück ins Kurbelgehäuse. Dort fließt es direkt, je nach Thermostatstellung, in den Kühler oder im kleinen Kühlmittelkreis zum Thermostat.

### Getriebeöl-Kühlmittel-Wärmetauscher

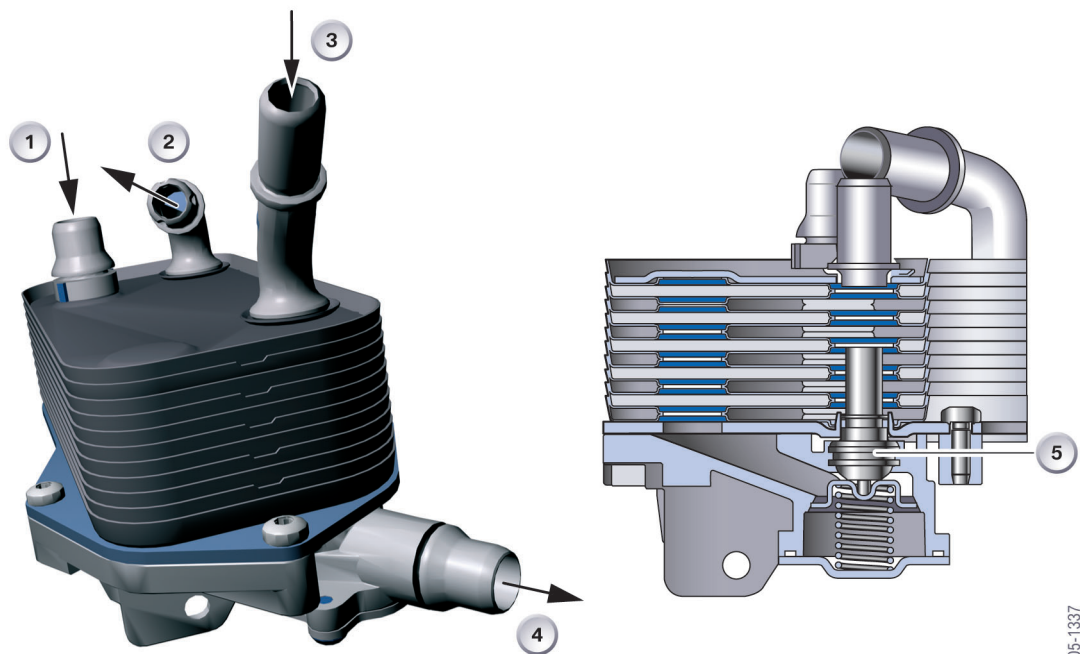
Ist das Fahrzeug mit einem Automatikgetriebe ausgestattet, so wird zur Kühlung des Getriebeöls ein weiterer Öl-Kühlmittel-Wärmetauscher verwendet.

Der Getriebeöl-Kühlmittel-Wärmetauscher (auch Getriebeölkühler genannt) befindet sich hinter dem Kühlmodul, links unten.

Er wird von einem eigens dafür angelegten Niedertemperaturbereich des

Kühlmittelkühlers mit Kühlmittels versorgt. Das Kühlmittel wird vom Getriebeölkühler in den Kühlmittelschlauch, der vom Ausgleichsbehälter zur Kühlmittelpumpe führt, geleitet.

Um das Getriebeöl schnell auf Betriebstemperatur zu bringen und eine optimale Temperatur zu halten, ist im Getriebeölkühler ein Thermostat verbaut.



98 - Getriebeöl-Kühlmittel-Wärmetauscher

TA05-1337

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kühlmitteleintritt	4	Kühlmittelaustritt
2	Getriebeölaustritt	5	Thermostat
3	Getriebeöleintritt	6	

Das Wachselement sitzt im Ölkreislauf. Die Getriebeöltemperatur regelt also den Thermostaten.

Ist das Getriebeöl kalt, ist der Thermostat geschlossen. Es fließt kein Kühlmittel durch den Getriebeölkühler. Da nun keine Wärme durch das Kühlmittel abtransportiert wird, heizt sich das Getriebeöl schnell auf.

Ab einer Getriebeöltemperatur von etwa 92 °C beginnt der Thermostat zu öffnen und Kühlmittel strömt durch den Getriebeölkühler.

Bei einer Getriebeöltemperatur von 104 °C hat der Thermostat voll geöffnet. Die maximale Kühlmittelmenge strömt durch den Getriebeölkühler damit wird die maximale Kühlung des Getriebeöls erreicht.

Aufgrund einer Hysterese schließt der Thermostat erst wieder vollständig, wenn die Getriebeöltemperatur auf 88 °C fällt.

---

## Abgasrückführungskühler (AGR-Kühler)

Zur Reduzierung von  $\text{NO}_x$  im Abgas wird bei den aktuellen BMW-Dieselmotoren die Abgasrückführung eingesetzt. Der AGR-Kühler steigert den Wirkungsgrad der Abgasrückführung.

Der AGR-Kühler sitzt an der vorderen Stirnseite des Zylinderkopfs. Er wird vom Kühlmantel im Kurbelgehäuse direkt nach der Kühlmittelpumpe mit Kühlmittel versorgt. Das Kühlmittel durchströmt den AGR-Kühler und umströmt dabei die Rohre, in denen das rückgeführte Abgas gefördert wird. Dabei wird

Wärme auf das Kühlmittel übertragen. Nach dem AGR-Kühler wird das Kühlmittel in den Zylinderkopf geleitet.

Für die obere und untere Leistungsstufe werden unterschiedliche AGR-Kühler verbaut. Bei der oberen Leistungsstufe gibt es zudem Unterschiede zwischen Fahrzeugen mit manuellem und Automatikgetriebe. Die Unterschiede betreffen jedoch die Abgasseite des AGR-Kühlers und werden in der Produktinformation N47 Ansaugluft- und Abgassystem beschrieben.

## Kühlmodul

In diesem Abschnitt wird auf die Komponenten des Kühlmoduls eingegangen. Dies sind:

- Elektrolüfter
- Kühlmittelkühler
- Klimakondensator
- Ladeluftkühler
- Lenkhilfekühler.

Der Kühlmittelkühler und der Getriebeölkühler werden hierbei nicht mehr betrachtet, da sie bereits als Bestandteile des Kühlkreislaufs beschrieben sind.


Klimakondensator und Lenkhilfekühler sind Bauteile des Kühlmoduls, die nicht zum Motor gehören. Sie werden deshalb nicht an dieser Stelle beschrieben.

---

## Elektrolüfter

Der Elektrolüfter verstärkt die Kühlleistung des Kühlmoduls. Er stellt eine ausreichende Motorkühlung auch bei niedrigen Geschwindigkeiten sicher. Er sitzt am hinteren Ende des Kühlmoduls und saugt im Bedarfsfall die Kühlluft durch die einzelnen Komponenten. Deswegen wird der Elektrolüfter auch Saugzarge genannt.

Das Gehäuse und der Lüfter selbst bestehen wie üblich aus Kunststoff. Man spricht hier von einem Vollkunststofflüfter.

 Beim Tragen des Elektrolüfters nicht in den Lüfterring greifen, da dieser brechen kann. ◀

Lüfterblätter in Sichelform sorgen für einen geräuscharmen Lauf, genauso wie die

ungleichmäßige Blattverteilung beim größten Lüfter. Wuchtklammern auf den Lüfterblättern sorgen für den nötigen Rundlauf. Von diesen dürfen maximal fünf verbaut sein.

### Varianten

Abhängig von Fahrzeug, Leistungsstufe und Ausstattung kommen unterschiedliche Elektrolüfter zum Einsatz.

Zum Einsatz kommen:

- 300 W; Ø 419 mm; 7 Blätter
- 400 W; Ø 488 mm; 6 Blätter
- 600 W; Ø 500 mm; 7 Blätter

---

## Ladeluftkühler

Sinn der Turboaufladung beim Dieselmotor ist primär die Leistungssteigerung. Da durch die "Zwangsbeatmung" mehr Luft in den Brennraum befördert wird, kann auch mehr Kraftstoff eingespritzt werden, was zu der höheren Leistungsausbeute führt.

Da sich die Luft beim Verdichten unglücklicherweise aufheizt und damit ausdehnt, verringert sich jedoch die Menge an Sauerstoff wieder, die in den Brennraum

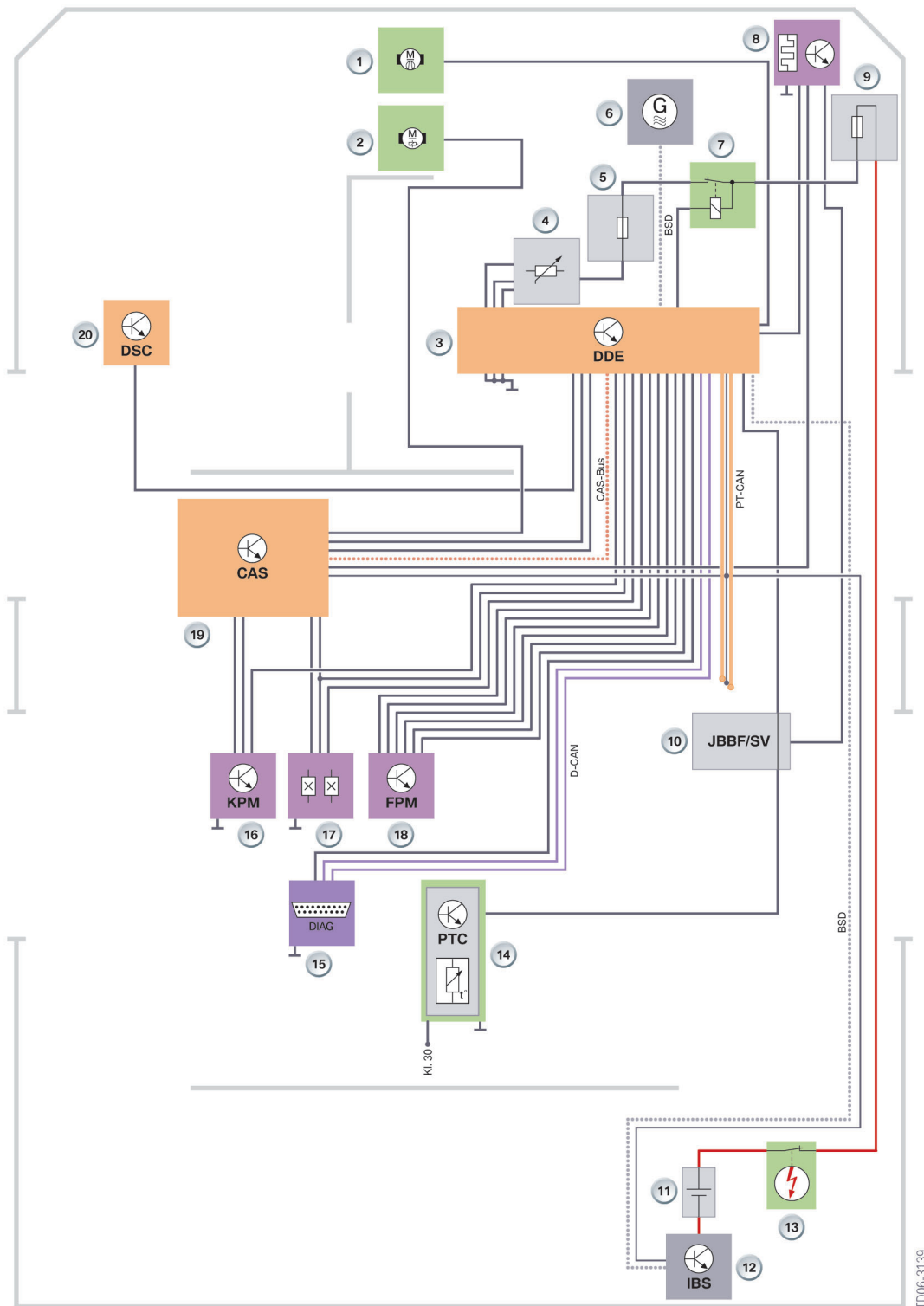
befördert werden kann. Dem wirkt der Ladeluftkühler entgegen, da er durch Abkühlen der verdichteten Luft deren Dichte, also auch die Sauerstoffanteile pro Volumen, erhöht.

Der Ladeluftkühler ist im Kühlmodul unter dem Kühlmittelkühler angeordnet. Er wird von der verdichteten Luft in mehreren Platten durchströmt, die ihrerseits von der Kühlluft umströmt werden.



# Motorelektrik im Überblick

## Bordnetzanbindung



TD06-3139

<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>	<b>Index</b>	<b>Erklärung</b>
1	Elektrolüfter	11	Batterie
2	Starter	12	Intelligenter Batteriesensor
3	Digitale Diesel Elektronik (DDE)	13	Sicherheitsbatterieklemme
4	Batterie plus Potentialverteiler	14	Zuheizer
5	Sicherungsträger Motorelektronik	15	Diagnosesteckdose
6	Generator	16	Kupplungsmodul (KPM)
7	DDE Hauptrelais	17	Bremslichtschalter
8	Kraftstofffilterheizung	18	Fahrpedalmodul (FPM)
9	Fremdstartstützpunkt	19	Car Access System (CAS)
10	Stromverteiler Junction Box- Beifahrer	20	Dynamische Stabilitäts-Control (DSC)

# Funktionen der Motorelektrik

## Spannungsversorgung

### Allgemein

Das Powermanagement ist der wichtigste Bestandteil des Energiemanagements. Das Powermanagement ist eine Software im Motorsteuergerät. Das Powermanagement regelt bei laufendem Motor die Generatorspannung.

Mithilfe des intelligenten Batteriesensors werden bei Bedarf Verbraucher reduziert oder ganz abgeschaltet, auch während der Motor läuft. Diese Verbraucherabschaltung senkt den Stromverbrauch in kritischen Situationen. Somit wird die Batterie nicht entladen.

### DDE

Vom CAS-Steuergerät erhält die DDE über einen separaten Anschluss die Information Klemme 15 EIN. Daraufhin aktiviert die DDE das DDE-Hauptrelais. Das DDE-Hauptrelais versorgt dadurch andere Eingänge der DDE mit Spannung. Ebenso stellt das DDE-Hauptrelais die Spannungsversorgung anderer Bauteile sicher. Für Speicherfunktionen benötigt die DDE noch einen dauerhafte Spannungsversorgung über Klemme 30. Der Masseanschluss der DDE wird durch mehrere Pins sichergestellt, die im Steuergerät miteinander verbunden sind. Die Batteriespannung wird in der DDE laufend überwacht. Bei einer Batteriespannung  $< 2,5\text{ V}$  oder  $> 24\text{ V}$  wird ein Fehler eingetragen. Die Diagnose wird erst 3 Minuten nach dem Motorstart aktiv. Damit werden Auswirkungen des Startvorgangs oder einer Starthilfe auf die Batteriespannung nicht als Fehler erkannt.

### Generator

Für den Generator mit bitserieller Datenschnittstelle sind in der DDE folgende Funktionen realisiert:

- Einschalten und Ausschalten des Generators anhand definierter Parameter

- Vorgabe der maximalen zulässigen Leistungsaufnahme des Generators
- Berechnung des Antriebsmomentes für den Generator aus der Leistungsaufnahme
- Steuerung der Generatorreaktion beim Motorstart (Start-Load-Response-Funktion)
- Steuerung der Reaktion des Generators bei Zuschaltung hoher Verbraucher (Load-Response-Funktion)
- Diagnose der Datenleitung zwischen Generator und DDE-Steuergerät
- Ablegen eventuell aufgetretener Fehler am Generator im Fehlerspeicher des DDE-Steuergeräts
- Ansteuerung der Ladekontrollleuchte in der Instrumentenkombination über Bus-Verbindung.

Die Hauptfunktion des Generators ist auch bei Unterbrechung der Kommunikation zwischen Generator und DDE-Steuergerät gewährleistet. Folgende Fehlerursachen sind durch Fehlerspeichereinträge unterscheidbar:

- Überhitzungsschutz:  
Der Generator ist überlastet. Zur Sicherheit wird die Generatorspannung verringert, bis sich der Generator wieder abgekühlt hat (kein Aufleuchten der Ladekontrollleuchte).
- Mechanischer Fehler:  
Der Generator ist mechanisch blockiert, oder der Riementrieb ist defekt.
- Elektrischer Fehler:  
Defekt der Erregerdiode, Unterbrechung in der Erregerspule, Überspannung durch defekten Regler.
- Kommunikationsausfall:  
Defekte Leitung zwischen DDE-Steuergerät und Generator.

Nicht erkennbar ist eine Unterbrechung oder ein Kurzschluss in den Spulen des Generators.

Die Vorerregung des Generators wird alleine vom Regler (Mikrocontroller) im Zusammenspiel mit der Kl. 15 übernommen. Die Ladekontrollleuchte wird von einem im Regler verbauten elektrischen Schalter angesteuert. Dieser Schalter wird über die Klemme 15 versorgt. Der Regler misst intern den Spannungsunterschied der Klemme 30 und Klemme 15. Im Fehlerfall wird das Signal zum Aufleuchten der Ladekontrollleuchte über CAN an die Instrumentenkombination übertragen. Die Ladekontrollleuchte leuchtet dann auf.

### **Start-Load-Response-Funktion**

Die Start-Load-Response-Funktion verhindert, dass der Generator schon beim Motorstart Strom abgibt. Dadurch ergibt sich für den Starter ein geringerer mechanischer Widerstand. Dies führt zu einem verbesserten Startverhalten, speziell bei tiefen Temperaturen. Beim Startvorgang liegt die Motordrehzahl bei ca. 300 - 400 U/min (bei -20 °C ca. 150 U/min). Der Generator hat dann bereits eine Drehzahl von 1200 - 1400 U/min und würde mit dem Ladevorgang beginnen.

Die Start-Load-Response-Funktion verhindert bis zum Erreichen einer Generator Drehzahl von ca. 2250 U/min die Stromerzeugung des Generators. Danach steigt der Generatorstrom mit ca. 10 Ampère

pro Sekunde bis auf den vom Generator maximal lieferbaren Strom an.

⚠ Bei fehlerhafter Start-Load-Response-Funktion kann das Startverhalten stark beeinträchtigt werden. ◀

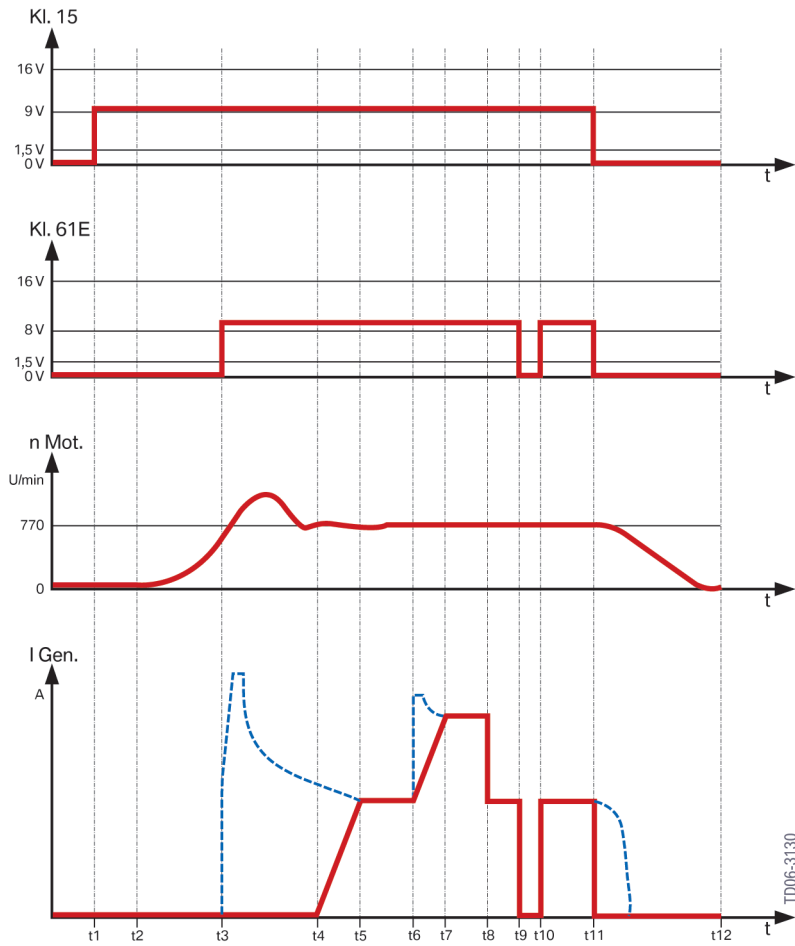
Die Start-Load-Response-Funktion kann auch als Einschaltverzögerung betrachtet werden und ist im folgenden Logikdiagramm t1 bis t5 gut zu ersehen.

### **Load-Response-Funktion**

Die Load-Response-Funktion verhindert einen Drehzahleinbruch beim Zuschalten starker Verbraucher (z. B. Heckscheibenheizung).

Ursache für den Drehzahleinbruch ist der sich durch die Lastzuschaltung ergebende höhere Strombedarf, der schnellstmöglich ausgeglichen wird. Dazu wird die Erregerwicklung des Generators länger bestromt, wodurch das Magnetfeld verstärkt und somit mehr Strom zur Verfügung gestellt wird. Hervorgerufen durch das verstärkte Magnetfeld steigt dabei das Antriebsmoment des Generators.

Die Load-Response-Funktion verzögert die Verstärkung des Magnetfeldes. Der etwas längere Strommangel aufgrund der Mindererzeugung des Generators wird kurzzeitig von der Batterie gedeckt. Die Bordnetzspannung sinkt dann zwangsläufig unter die Regelspannung des Generators. Der Drehzahleinbruch ist dafür für den Fahrer kaum erkennbar.



100 - Logikdiagramm  
 Generatorregelung  
 (die gestrichelte blaue  
 Linie stellt den Verlauf  
 ohne Load-Response-  
 Funktion dar)

Index	Erklärung
t1	Zündung ein, Generator-Vorerregung
t2	Motorstart
t3	Einschaltdrehzahl am Generator erreicht
t4	Ende der Verzögerungszeit Start-Load-Response-Funktion, Beginn des gesteuerten Stromanstiegs
t5	Ende gesteuerter Stromanstieg, Bordnetz Strombedarf
t6	Verbraucher zuschalten, z. B. heizbare Heckscheibe mit Überschwingen
t7	Ende Stromanstieg
t8	Verbraucher abschalten
t9	Fehler im Ladesystem, z. B. Erregungsunterbrechung
t10	Ladesystem i. O.
t11	Motor abstellen
t12	Motor steht

### Lastabhängige Spannungsregelung

Der Generator ist über die BSD mit der DDE verbunden. Dies ist eine bidirektionale Leitung, über die Generator und DDE kommunizieren. Folgende Siganle werden zur lastabhängigne Spannungsregelung gesendet.

- Rückmeldung Generatorlast
- Ansteuerung Generator.

### Rückmeldung Generatorlast:

- Der Generator gibt seine momentane Belastung über ein Rechtecksignal an das DDE-Steuergerät weiter. Die Belastung kann zwischen 5 % und 95 % liegen.

Wichtig wurde diese Funktion durch den Einsatz des elektrischen Durchlauferhitzers (Zusatzheizung).

Da die Zusatzheizung bis zu 120 A Strom ziehen kann, wäre es möglich, dass die Batterie entladen wird. Um dieses zu verhindern, muss die Motorsteuerung die Generatorleistung erkennen und die Zusatzheizung je nach noch zur Verfügung stehender Kapazität des Generators aktivieren.

Im konstanten Betrieb beträgt die Spannung am B+ Anschluss am Generator ca. 14,5 V und je nach Belastung des Generators hat man ein dem entsprechendes Taktverhältnis am S\_DF-Signal.

Ändert sich der Strombedarf im Bordnetz (Zuschalten von Verbrauchern), dann ändert sich auch die Spannung innerhalb einer kurzen Zeit. Um die Spannung wieder auf ca. 14,5 V zu bringen, wird die Erregung des Generators eingeregelt.

Das Taktverhältnis des Erregungssignals ändert sich. Mit dieser Veränderung erfolgt eine Anpassung am S\_DF-Signal.

Das Taktverhältnis des S\_DF-Signals bezieht sich nicht auf die Bordnetzspannung, sondern auf die Belastung des Generators. Je nach Belastung des Generators kann es bei gleicher Spannung verschiedene Taktverhältnisse geben.

In einer Momentaufnahme betrachtet, pendelt das Taktverhältnis um einen Mittelwert. Dieses ist nötig, um die Bordnetzspannung und die Leistung zu regulieren.

Die Frequenz des S\_DF-Signals ist variabel. Sie liegt im Bereich 20 bis 300 Hertz.

### Ansteuerung Generator:

- Zur Drehmomentreduzierung in gewissen Zuständen steuert die DDE den Generator an. Durch die Ansteuerung kann die normale Ladespannung bei 25 °C von ca. 14,5 V auf etwa 12,5 V gesenkt werden. Dadurch wird das zum Antrieb des Generators notwendige Drehmoment reduziert.

Folgende Zustände führen zu einer Reduzierung der Ladespannung für die Dauer von 5 s:

- Anfahrzustand UND Kühlmitteltemperatur < 100 °C
- Starke Beschleunigung UND Kühlmitteltemperatur < 100 °C

Abhängigkeit von Ansteuerwert und Ladespannung bei 25 °C:

Ansteuerwert	Ladespannung
High	ca. 14,9 V
Low	ca. 12,8 V

Im Extremfall kann die Ladespannung bei -30 °C zwischen "High" 15,3 V und "Low" 12,5 V liegen. Bei einer Temperatur von 140 °C kann die Ladespannung zwischen "High" 14,8 V und " Low" 11,6 V liegen.

---

## Luftversorgung

### Ladedruckregelung

Der N47 Motor ist durch einen Abgasturbolader aufgeladen.

Auf der Abgasseite sind außen um das Turbinenrad verstellbare Leitschaufeln drehbar gelagert. Mit diesen Leitschaufeln wird die Antriebsenergie, die das Abgas auf die Turbine ausübt, beeinflusst und damit der gewünschte Ladedruck eingestellt.

Ein Verstellhebel am Turbinengehäuse betätigt die verstellbaren Leitschaufeln. Der Verstellhebel wird durch einen elektrischen Ladedrucksteller (Elektromotor mit Schneckengetriebe und Steuerelektronik), der direkt am Turbolader montiert ist, betätigt. Der Ladedrucksteller kann nicht separat getauscht werden.

Die DDE liefert dem elektrischen Ladedrucksteller ein pulsweitenmoduliertes Signal. Der Arbeitsbereich des Signals liegt zwischen 10 % und 95 %, wobei 10 % bedeutet Leitschaufel geöffnet und 95 % bedeutet Leitschaufel geschlossen.

Die Elektronik im Ladedrucksteller rechnet das PWM-Signal in einen Einstellwinkel um und steuert den Stellmotor an.

Eine Rückmeldung der eingestellten Position wird nur indirekt über den Ladedruckfühler von der DDE erkannt. Der Ladedrucksteller selbst ist eigendiagnosefähig und meldet einen vorliegenden Fehler an die DDE.

### Luftmassenbestimmung

Im Dieselmotor benötigt die DDE die Information über die angesaugte Luftmasse zur Steuerung verschiedener Funktionen.

Die Messung der angesaugten Luftmasse erfolgt bei durch den Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM).

Die gemessene Luftmasse ist dabei die Basis für die Berechnung der Abgasrückführrate.

Zusätzlich wird die Luftmasse zur Bestimmung der Begrenzungsmenge herangezogen. Die Begrenzungsmenge ist die maximal zulässige Menge Kraftstoff, die bei Volllast eingespritzt werden darf, damit es zu keiner Rauchentwicklung kommt.

### Drallklappensteuerung

Drallklappen sorgen für eine bessere Verwirbelung der Luft. Das Ergebnis sind bessere Abgasemissionswerte.

Die steuerbaren Drallklappen befinden sich in den Tangentialkanälen der Sauganlage und werden abhängig vom Betriebszustand geschlossen oder geöffnet. Die elektrisch steuerbaren Drallklappen öffnet der Drallklappensteller mit steigender Drehzahl.

Unter folgenden Bedingungen werden die Drallklappen **geschlossen**:

- bei niedrigen Drehzahlen **und**
- niedrigen Einspritzmengen (Kennfeldgesteuert).

Die Drallklappen bleiben generell **geöffnet**, wenn:

- die Kühlmitteltemperatur < 15 °C **oder**
- die Ansauglufttemperatur < 15 °C ist.

Der Drallklappensteller ist ein Schrittmotor, der von der DDE über ein PWM-Signal angesteuert wird. Der Schrittmotor betätigt die Verstellstange und die Drallklappen schließen.

Ein Sensor meldet die Stellung der Drallklappen an die DDE.

---

## Kraftstoffsystem

### Kraftstoffeinspritzung

Bei dem N47 Motor kommt die Hochdruckeinspritzung mit Druckspeicher Common Rail zum Einsatz. Die Common Rail bietet folgende Vorteile:

- optimale Kraftstoffaufbereitung für jeden einzelnen Zylinder
- Anpassung der Einspritzdauer an den Motorbetriebszustand (Drehzahl, Last, Temperatur)
- bei wechselnder Last zylinderselektive Einspritzkorrektur (während eines Ansaugtaktes kann die Einspritzdauer durch einen Nachspritzer, eine Verlängerung oder Verkürzung korrigiert werden)
- zylinderselektive Abschaltung ist möglich
- Diagnose jedes einzelnen Injektors ist möglich.

Diese Vorteile der Common Rail Einspritzung ergeben sich, weil alle Zylinder unabhängig voneinander mit Kraftstoff versorgt werden.

### Hochdruckregelung

Das Mengenregelventil stellt die Kraftstoffzufuhr von der Niederdruckseite in die Hochdruckseite der Hochdruckpumpe ein. Dadurch wird der gewünschte Raildruck erzielt. Das Mengenregelventil öffnet hydraulisch zwangsweise ab einem bestimmten Druck in der Hochdruckseite der Hochdruckpumpe. Je weniger Kraftstoff das Mengenregelventil in die Hochdruckseite

strömen lässt, desto weniger werden die Radialzylinder der Hochdruckpumpe befüllt. In der Folge sinkt der Raildruck. Das Signal vom Raildrucksensor ist ein wichtiges Eingangssignal der DDE für die Ansteuerung des Mengenregelventils.

Beim Kaltstart wird der Druck im Rail nicht über das Mengenregelventil gesteuert sondern über das Raildruckregelventil am Rail. Dadurch erzeugt die Hochdruckpumpe immer den Maximaldruck, was zu einer Erwärmung des Kraftstoffs führt.

Zudem lässt das Raildruckregelventil bei abruptem Gaswegnahme überschüssigen Druck im Rail ab.

Wenn der Raildrucksensor ausfällt, wird das Mengenregelventil im Notlauf von der DDE angesteuert.

### Injektor-Mengen-Abgleich (IMA)

Am Ende des Injektor-Fertigungs-Prozesses werden für jeden einzelnen Injektor Messdaten erfasst. Auf diese Weise werden Toleranzbereiche seiner hydraulischen Eigenschaften ermittelt.

Daraufhin wird ein Korrekturwert für Vor- und Haupteinspritzung festgelegt. Dieser Korrekturwert ist auf dem Injektor als siebenstelliger Zahlencode aufgedruckt. Bei einem Injektortausch muss dieser Korrekturwert mit dem Diagnosesystem in die DDE programmiert werden.



### **Injektor-Spannungs-Abgleich (ISA) (nur obere Leistungsstufe)**

Genau wie die hydraulischen Toleranzen werden bei den PIEZO-Injektoren zusätzlich Informationen über das Hubverhalten des Injektors hinzugefügt. Dies ist eine eigene Klassifizierung für den Injektor-Spannungsabgleich.

Benötigt werden diese Informationen wegen des individuellen Spannungsbedarfes eines jeden Injektors. Es erfolgt eine Zuordnung zu einer Spannungsbedarfsklasse. Diese ersetzt die siebte Stelle der von der IMA-Zahlenkombination auf dem Injektor.

Ein PIEZO-Injektor hat also nur sechs Stellen für den IMA (aufgrund einer genaueren Fertigung der PIEZO-Injektoren) und eine siebte Stelle für den ISA.

### **Mengen-Ausgleichs-Regelung**

Von der DDE werden Drehzahlschwankungen erkannt. Aufgrund dieser Drehzahlschwankungen wird die Ansteuerdauer der Injektoren korrigiert. Die Mengen-Ausgleichs-Regelung gleicht die Einspritzmenge aller Zylinder einander an.

### **Nullmengenabgleich (NMA)**

Der Nullmengenabgleich ist ein ständiges Lernverfahren. Dieses Lernverfahren wird benötigt, um eine genaue Voreinspritzung für jeden einzelnen Injektor zu ermöglichen. Für das Erfüllen der Abgasnorm ist eine exakte Zumessung der sehr geringen Voreinspritzmenge notwendig. Aufgrund des Mengendrifts der Injektoren muss der NMA ständig durchgeführt werden.

Bei jedem Zylinder wird im Schiebetrieb eine geringe Menge Kraftstoff eingespritzt. Diese Menge wird so lange erhöht, bis von der DDE ein leichter Drehzahlanstieg erkannt wird.

Hierdurch erkennt die DDE, wann der jeweilige Zylinder arbeitet. Die während der NMK eingespritzte Kraftstoffmenge wird von der DDE als Wert für das Kennfeld der Voreinspritzung verwendet.

### **Mengen-Mittelwert-Adaption (MMA)**

Die Mengen-Mittelwert-Adaption (MMA) ist ein Lernverfahren, bei dem das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lambda-Wert) durch Anpassung der Luftmasse bzw. Abgas-Rückführ-Rate richtig gestellt wird. Dieses Verfahren wirkt im Gegensatz zu den anderen nicht auf den einzelnen Injektor, sondern auf alle Injektoren zugleich.

Aus dem von der Lambdasonde gemessenen Lambda-Wert und der vom HFM gemessenen Luftmasse wird eine über alle Zylinder gemittelte Einspritzmenge bestimmt. Dieser Wert wird mit der von der DDE vorgegebenen Einspritzmenge verglichen.

Wird eine Abweichung festgestellt, passt sich die Luftmasse durch Verstellen des AGR Ventils an die tatsächliche Einspritzmenge an. Somit stellt sich der korrekte Lambdawert ein.

Die MMA ist keine "schnelle" Regelung, sondern ein adaptives Lernverfahren. D. h. der Einspritzmengenfehler wird in ein adaptives Kennfeld eingelernt, welches im EEPROM des Steuergeräts dauerhaft abgespeichert wird.

Bei Tausch folgender Komponenten ist ein Rücksetzen (Löschen) dieses MMA-Kennfelds im EEPROM erforderlich:

- HFM
- Injektor(en)
- Raildrucksensor.

Das Rücksetzen des Kennfelds erfolgt durch eine Funktion im BMW Diagnosesystem.

### **Kraftstoffheizung**

Die Kraftstoffheizung ist in das Kraftstofffiltergehäuse integriert.

Neu ist, dass die Kraftstoffheizung von der DDE gesteuert wird. Sie wird abhängig von der Temperatur und vom Druck im Kraftstoffvorlauf und der Leistungsaufnahme der elektrischen Kraftstoffpumpe geschaltet.

Das Temperatursignal kommt vom kombinierten Druck-/Temperatursensor vor der Hochdruckpumpe. Liegt die Kraftstofftemperatur unter einem definierten

Wert und wird trotz erhöhter Leistungsaufnahme der EKP der Solldruck nicht erreicht, wird die Kraftstoffheizung eingeschaltet.

Wird über einer definierten Kraftstofftemperatur der Solldruck nicht erreicht, legt das DDE-Steuergerät einen Fehlerspeichereintrag wegen verstopfem Filter ab.

Die Diagnoseleitung der Filterheizung entfällt. Bisher hat sie den Fehlerspeichereintrag bezüglich eines verstopften Filters ausgelöst.

---

## **Kühlung**

### **Elektrolüfter**

Dem Elektrolüfter wird von der DDE über ein PWM-Signal mit einem Tastverhältnis zwischen 5 und 90 % der Kühlbedarf mitgeteilt. Im Elektrolüfter ist eine Endstufe

verbaut, die den Lüfter entsprechend dieses Bedarfes ansteuert und unterschiedliche Drehzahlen einstellt. Einfluss auf die Ansteuerung hat auch der Drucksensor für die Klimaanlage.

---

## **Abgassystem**

### **Lambdaregelung**

Für eine vollständige und einwandfreie Verbrennung ist ein optimales Kraftstoff-Luft-Gemisch nötig.

Die Konvertierungsrate, also der Anteil der umgewandelten Schadstoffe, beträgt bei modernen Katalysatoren 98 % bis nahezu 100 %. Die optimale Zusammensetzung des Kraftstoff-Luft-Gemisches wird von der Digitalen Motor Elektronik (DDE) gesteuert. Die Lambdasonde liefert dabei die wesentlichen Informationen über die Abgaszusammensetzung.

Die Breitband-Lambdasonde vor dem Katalysator misst ständig den Restsauerstoff im Abgas. Die schwankenden Werte des Restsauerstoffs werden als Spannungssignal an die DDE weitergegeben.

Die DDE korrigiert die Gemischzusammensetzung durch die Einspritzung.

Im Katalysator laufen sowohl Oxidations- als auch Reduktionsvorgänge ab. Für die Oxidation wird Sauerstoff  $O_2$  benötigt, für die Reduktion Kohlenmonoxid  $CO$ . Die Schadstoffe  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$  und die Reaktionspartner  $O_2$  und  $CO$  müssen in einem bestimmten Verhältnis vorhanden sein, damit eine möglichst hohe Konvertierungsrate erzielt wird.

### **CO-Abgleich**

Die Kohlenmonoxidemission im Leerlauf wird bei Fahrzeugen ohne Lambdaregelung über das BMW Diagnosesystem eingestellt. Dabei werden die Abgleichwerte vorgegeben.

## Lambdaadaption

Die Lambdaadaption (Gemischadaption) dient zum Ausgleich von Gemisch beeinflussenden Bauteiltoleranzen und Alterungseinflüssen. Faktoren wie z. B. Falschluff und Kraftstoffdruck wirken ebenfalls auf die Lambdaadaption (teilweiser Ausgleich). Aus diesen Gründen können keine exakten Regelgrenzen für einen Fehler angegeben werden. Bei der Lambdaadaption wird unterschieden wie folgt:

- additive Gemischadaption
- multiplikative Gemischadaption.

Die additive Gemischadaption wirkt im Leerlauf beziehungsweise im Bereich nahe dem Leerlauf. Mit zunehmender Motordrehzahl wird der Einfluss immer geringer. Die multiplikative Gemischadaption wirkt über das gesamte Kennfeld. Wichtiger Faktor ist z. B. der Kraftstoffdruck.

Mit der Servicefunktion "Adaptionswerte zurücksetzen" können die Adaptionswerte sowie die Ausstattungsvarianten auf den Auslieferungszustand zurückgesetzt werden. Danach müssen die Adaptionswerte neu gelernt werden. Zum Lernen der Werte für die Gemischadaption ist ein längerer Betrieb zwischen Leerlauf und Teillast erforderlich.

## Abgasrückführung (AGR)

Über das AGR-Ventil wird abhängig vom Betriebszustand eine bestimmte Menge Abgas in den Ansaugtrakt zurückgeführt, um den Schadstoffausstoß zu senken.

Das AGR-Ventil wird über eine Unterdruckdose geschaltet.

Die Unterdruckdose wird über den Druckwandler mit der Unterdruckversorgung verbunden. Der Druckwandler schaltet abhängig von der Ansteuerung durch das DDE-Steuergerät einen variablen Unterdruck auf die Unterdruckdose. Das DDE-Steuergerät steuert den Druckwandler mit einem Rechtecksignal mit Tastverhältnissen (= veränderliche Pulsweiten) zwischen 10 % und 90 % an.

Die Menge des rückgeführten Abgases beeinflusst die Masse der angesaugten Frischluft: Je mehr Abgas rückgeführt wird, desto weniger Frischluft wird angesaugt. Wie viel Frischluftmasse der Motor bei abgeschalteter AGR in jedem Betriebspunkt durchsetzt, ist bekannt. So ist also die Reduzierung der angesaugten Frischluftmasse durch die Abgasrückführung ein Maß für die Menge des rückgeführten Abgases. Die Regelung stellt während des Betriebs das Tastverhältnis am Druckwandler so ein, dass die für den Betriebspunkt festgelegte Soll-Frischluftmasse angesaugt wird.

Das DDE-Steuergerät berechnet aus folgenden Einflussgrößen für jeden Betriebspunkt eine Soll-Frischluftmasse:

- Drehzahl
- Einspritzmenge
- Kühlmitteltemperatur
- Atmosphärendruck
- Ansauglufttemperatur
- Reduzierung der Abgasrückführung durch Leerlaufbetrieb länger als 5 min.

## Glühsystem

Das Glühsystem sorgt für sichere Kaltstarteigenschaften und einen ruhigen Motorlauf bei kaltem Motor.

Das Glühsystem besteht aus folgenden Komponenten:

- Glühsteuergerät
- neue Keramik-Schnellstart-Glühkerzen
- bitserielle Datenschnittstelle (BSD) und elektrische Leitungen.

Die Schnellstart-Glühkerzen sind für eine Spannung von 5,3 bis 7,8 V ausgelegt. Während des Startglühens kann kurzzeitig auch Bordnetzspannung anliegen.

Das montierte Glühsteuergerät kommuniziert mit dem DDE-Steuergerät über die bitserielle Datenschnittstelle.

Das DDE-Steuergerät sendet die Anforderung der Heizleistung über die bitserielle Datenschnittstelle an das Glühsteuergerät. Das Glühsteuergerät setzt die Anforderung um und steuert die Glühkerzen mit einem pulsweitenmodulierten Signal an. Zusätzlich meldet das Glühsteuergerät Diagnose- und Zustandsinformationen an die DDE zurück.

Die notwendige Heizleistung wird vom DDE-Steuergerät in Abhängigkeit folgender Betriebswerte ermittelt:

- Kühlmitteltemperatur

- Bordnetzspannung.

Zwei weitere Betriebswerte beeinflussen das Ein- und Ausschalten des Glühens:

- Drehzahl
- Einspritzmenge.

Jeder der vier Glühkreise ist einzeln diagnosefähig.

### Vorglühen

Unter 25 °C Kühlmitteltemperatur wird bereits 0,5 s vorgeglüht. Mit sinkender Temperatur steigt die Vorglühzeit bis auf maximal 2,7 s bei Kühlmitteltemperaturen unter -25 °C.

Die Ansteuerung der Glühanzeige in der Instrumentenkombination erfolgt erst bei Kühlmitteltemperaturen von unter 0 °C.

### Nachglühen

Nach dem Motorstart erfolgt unter 30 °C Kühlmitteltemperatur ein temperaturabhängiges Nachglühen, um das Leerlauf- und Abgasverhalten zu verbessern.

### Startbereitschaftsglühen

Wird nach Ablauf der Vorglühzeit der Motor nicht gestartet und bleibt die Zündung eingeschaltet, erfolgt für etwa 10 s ein Startbereitschaftsglühen.

---

## Elektronische Wegfahrsperre (EWS)

Die elektronische Wegfahrsperre dient der Diebstahlsicherung und Startfreigabe.

Es setzt eine neu entwickelte elektronische Wegfahrsperre ein (4. Generation). Diese Neuentwicklung benutzt ein neues und modernes Verschlüsselungsverfahren.

Jedem Fahrzeug wird ein 128 Bit langer Geheimschlüssel zugeordnet. Dieser Geheimschlüssel wird in einer BMW Datenbank gespeichert. Damit ist der Geheimschlüssel nur BMW bekannt. Der Geheimschlüssel wird in das CAS-Steuergerät und das DDE-Steuergerät programmiert und verriegelt.

Wenn der Geheimschlüssel in den Steuergeräten ist, kann er nicht mehr gelöscht oder geändert werden. Somit ist jedes Steuergerät einem bestimmten Fahrzeug zugeordnet. Das CAS-Steuergerät und das EWS-Steuergerät identifizieren sich mit der Geheimzahl und dem gleichen Algorithmus gegenseitig.

Wenn die Identifikationsdaten korrekt sind, steuert das CAS-Steuergerät über ein im Steuergerät befindliches Relais den Starter an. Gleichzeitig sendet das CAS-Steuergerät der DDE ein kodiertes Freigabesignal (Wechselkode) für den Motorstart. Das DDE-Steuergerät gibt nur dann den Start frei, wenn ein korrektes Freigabesignal vom CAS-Steuergerät angekommen ist. Diese Vorgänge können zu einer geringfügigen Startverzögerung führen (bis zu einer halben Sekunde).

**⚠** Wenn das CAS oder die DDE defekt ist, muss eine bestimmte Vorgehensweise eingehalten werden. Das benötigte Steuergerät muss genau für das Fahrzeug bestellt werden. Dazu sind die Fahrzeugdaten (Fahrgestellnummer) erforderlich. Ein EWS-Abgleich ist nach Steuergerätetausch nicht notwendig. ◀

## Sensoren und Aktuatoren

### DDE7-Steuergerät

Die DDE ist das Rechen- und Schaltzentrum der Motorsteuerung. Verbaute Sensoren am Motor und Fahrzeug liefern die Eingangssignale für die DDE. Aktuatoren setzen die Befehle der DDE um. Die DDE berechnet aus den Eingangssignalen und den in der DDE hinterlegten Rechenmodellen und Kennfeldern die entsprechenden Ansteuersignale für die Aktuatoren.

Die DDE ist nicht wasserdicht ausgeführt und ist deshalb in der E-Box geschützt verbaut.

Die DDE-Funktion ist von 6 V Bordnetzspannung bis 16 V Bordnetzspannung sichergestellt.

In der DDE sind ein Umgebungsdrucksensor und ein Temperatursensor integriert.

Der Umgebungsdrucksensor erlaubt eine exakte Bestimmung der Dichte der Umgebungsluft - eine Information, die in zahlreichen Diagnosefunktionen Anwendung findet. Ferner wird er z. B. benötigt, wenn bei einem Defekt des Heißfilm-Luftmassenmessers die Zylinderfüllung über die Ersatzgrößen berechnet wird.

Der Temperatursensor misst die Temperatur im Steuergeräteinernen. Steigt die Temperatur dort zu stark an, wird z. B. die Mehrfacheinspritzung reduziert, um die Endstufen etwas abzukühlen und die Temperatur im Steuergeräteinernen in einem unkritischen Bereich zu halten.

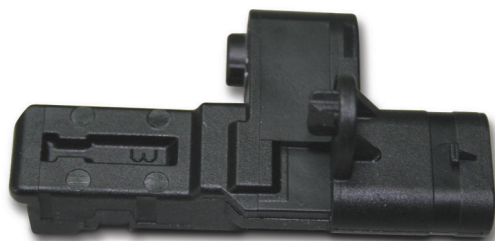
### Kurbelwellensensor

Der Kurbelwellensensor liefert die Position der Kurbelwelle an die DDE. Das Signal des Drehzahlsensors ist eine der wichtigsten Größen der Motorsteuerung.

Beim N47 Motor wird dazu ein neuer Sensor verwendet, der eine Rückdreherkennung besitzt. Diese ist für die Motor-Start-Stopp-Automatik nötig.

Zunächst wird noch einmal die Funktion des klassischen Kurbelwellensensors beschrieben.

#### Klassischer Kurbelwellensensor



101 - Kurbelwellensensor

Auf der Kurbelwelle ist ein ferromagnetisches Inkrementenrad mit Platz für 60 Zähne angebracht. Zwei Zähne sind ausgelassen worden.

Ein Kurbelwellensensor tastet diese Zahnfolge von 58 Zähnen ab.

Der Kurbelwellensensor ist nach dem Hall-Prinzip ausgelegt.

Die Spannungsversorgung erfolgt durch die DDE mit 5 V und Masse am Sensor. Der Sensor liefert ein digitales Signal über die Signalleitung zur DDE.

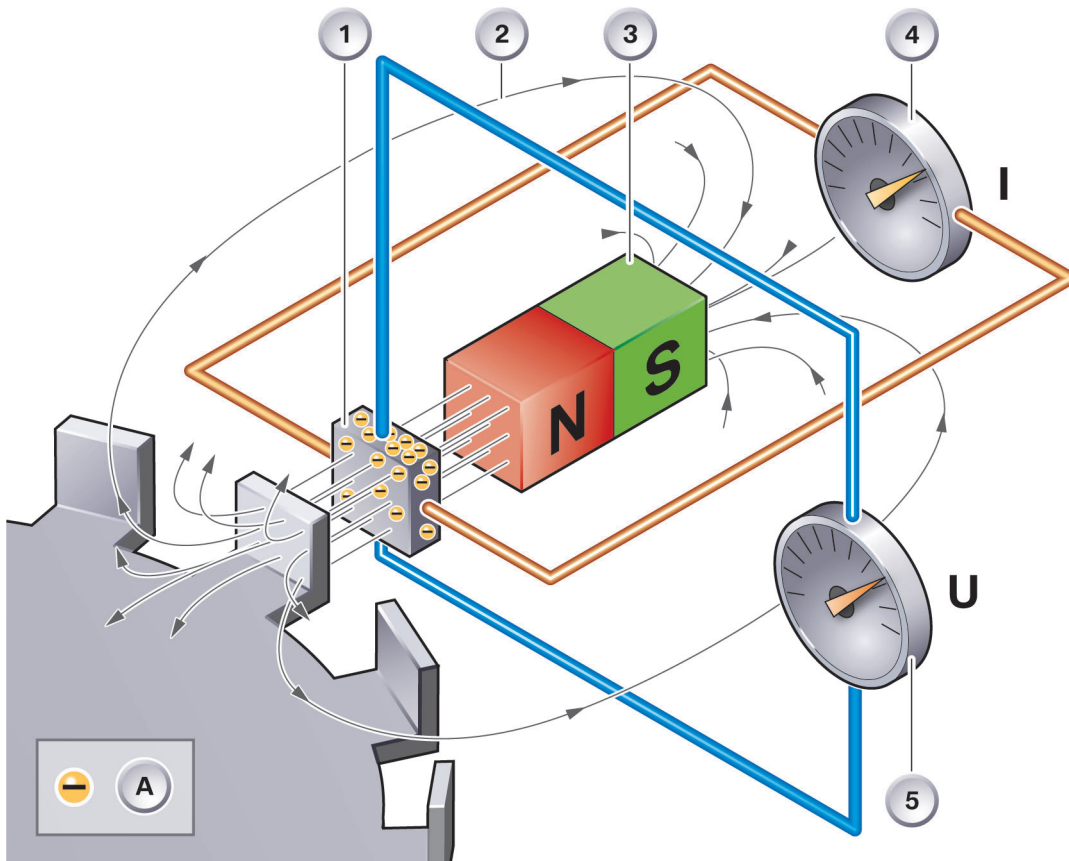
Ab ca. 20 1/min wird ein auswertbares Signal abgegeben.

Die Zahnücke wird vom Steuergerät dadurch erkannt, dass der gemessene Abstand der Zahnücken mehr als doppelt so groß ist wie der Vorhergehende und der Nachfolgende. Die Zahnücke selbst ist einer definierten Kurbelwellenposition des Zylinders 1 (OT) zugeordnet. Die DDE synchronisiert zu diesem Zeitpunkt die Kurbelwellenposition. Mit jedem folgenden Low-Signal zählt es die Kurbelwellenposition um 6° weiter.

Damit die DDE die Einspritzung an die Erfordernisse anpassen kann, ist eine genauere Zuordnung nötig. Die gemessene Zeitdauer zwischen zwei Pegelwechsel (z. B.

High nach Low) wird deshalb in kleinere Zeiteinheiten unterteilt.

Die folgende Grafik zeigt die Sensorfunktion.



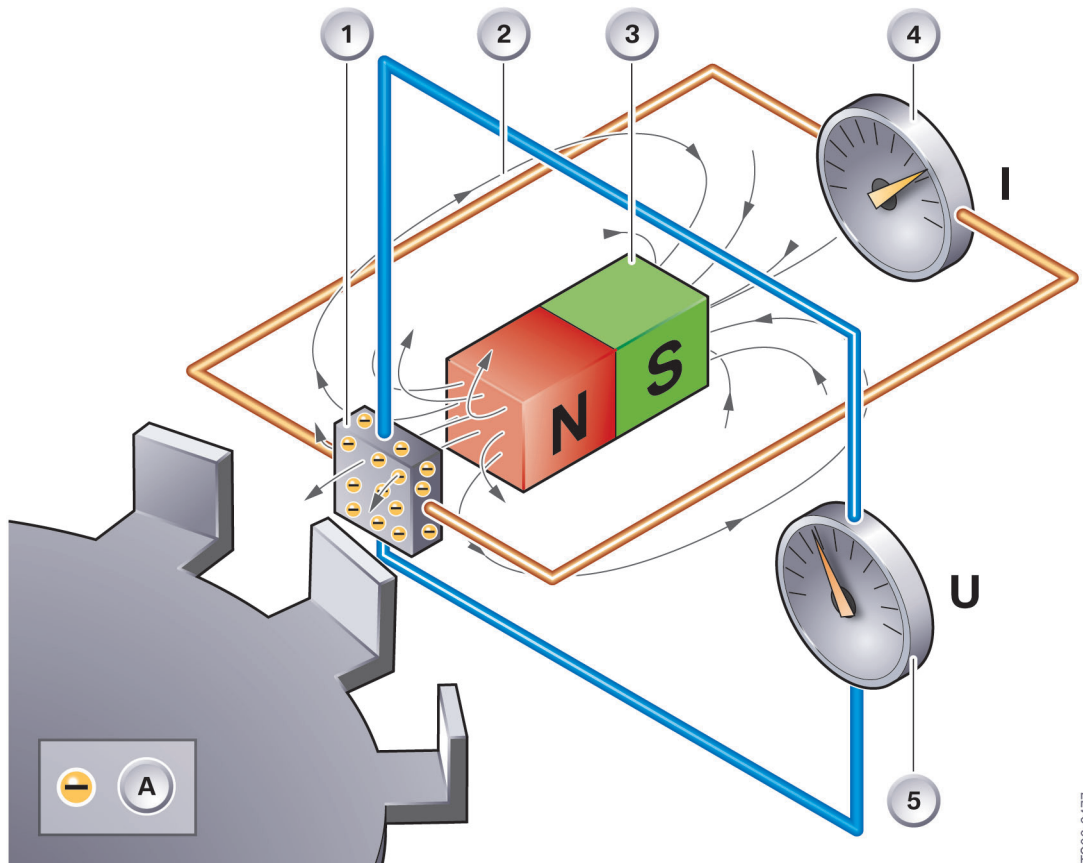
T006-2476

102 - Hall-Effekt mit Zahn

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Elektronen	3	Permanentmagnet
1	Hall-Baustein	4	Versorgungsstrom
2	Kraftlinien Magnetfeld	5	Hall-Spannung

Bewegen sich Elektronen (A) in einem Leiter (1), der von den Kraftlinien eines Magnetfeldes (2) durchsetzt ist, so werden die Elektronen senkrecht zur Stromrichtung und senkrecht zur Magnetfeldrichtung abgelenkt. Es entsteht ein Elektronenüberschuss und auf

der gegenüberliegenden Seite ein Elektronenmangel. Somit tritt zwischen Elektronenüberschuss und Elektronenmangel die Hall-Spannung (5) auf. Dieser so genannte Hall-Effekt ist bei Halbleitern besonders ausgeprägt.



103 - Hall-Effekt mit Zahnücke

T006-2477

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Elektronen	3	Permanentmagnet
1	Hall-Baustein	4	Versorgungsstrom
2	Kraftlinien Magnetfeld	5	Hall-Spannung

Bewegt sich das Inkrementenrad mit seinen Lücken und Zähnen am Geber (Hall-Baustein) vorbei, so ändert sich die Flussdichte der Magnetfeldlinien (2) des Permanentmagneten (3). Im Hall-Baustein wird dies erfasst und je nach Stärke des Magnetfeldes (siehe Skizze Hall-Effekt mit Zahnücke und Skizze Hall-Effekt mit Zahn) ein High- oder Low-Signal auf die Signalleitung zur DDE ausgegeben.

Durch die hohe Genauigkeit wird der DDE ein Rechtecksignal zugeführt, das die Form des Inkrementenrades widerspiegelt. Im Steuergerät kann dieses Signal ohne besondere Aufbereitung verwendet werden.

Die Signaländerung erfolgt genau zur Zahnmitte/Lücke des Inkrementenrads. Ursächlich dafür sind die interne Beschaltung und der Aufbau des Kurbelwellensensors.

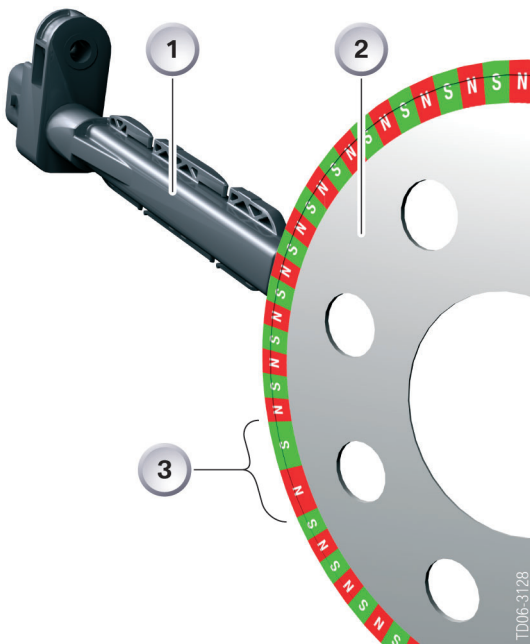


### Kurbelwellensensor im N47 Motor

Im N47 Motor kommt ein neuer Drehzahlsensor zum Einsatz, der zudem auch die Drehrichtung erkennen kann.

Es handelt sich um einen so genannten aktiven Drehzahlsensor, der ebenfalls nach dem Hall-Prinzip funktioniert. Der Sensor besitzt eine eigene Auswertelogik.

Beim Drehzahlsensor des N47 übernehmen Magnet-Polpaare die Funktion der Zähne des Inkrementenrades. Man spricht deshalb von einem Multipolgeberrad, wie es auch schon im M47TU2 zum Einsatz kam. Die Zahnücke des Inkrementenrades wird beim Multipolgeberrad durch ein doppelt so langes Polpaar dargestellt.



104 - Aktiver Kurbelwellensensor mit Multipolgeberrad N47 Motor

Index	Erklärung
1	Aktiver Kurbelwellensensor
2	Multipolgeberrad
3	Polpaar als "Zahnücke"

Im Sensor befinden sich drei Hall-Elemente, die in einem Gehäuse nebeneinander angebracht sind. Die Signale des ersten und des dritten Hall-Elements bilden ein Differenzsignal zur Bestimmung der Signalfrequenz und des Luftspalts zum Geberrad. Durch den zeitlichen Versatz des Signals des mittleren Elements zum Differenzsignal wird auf Rechts- oder Linkslauf erkannt.

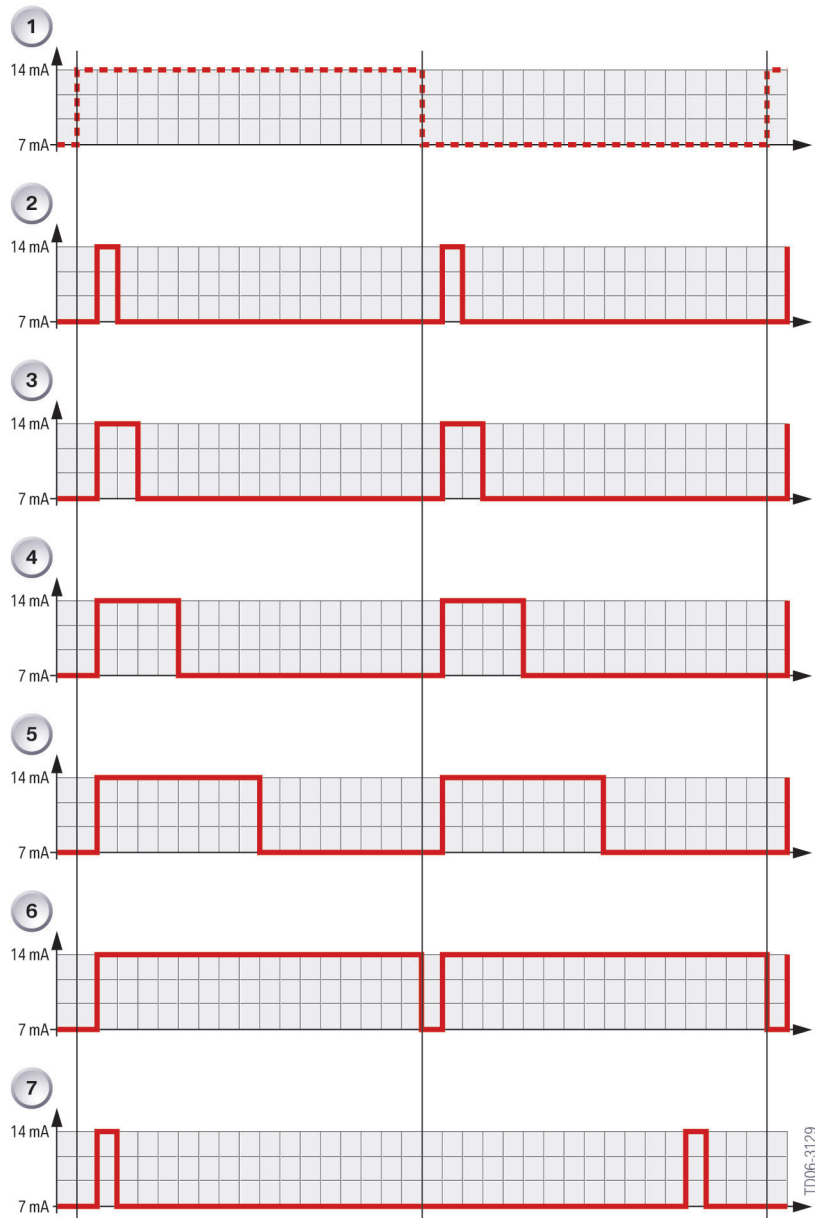
Die Zusatzsignale des Luftspalts und der Drehrichtung werden über die Pulsweite des digitalen Signals ausgegeben.

Die im Sensor aufbereiteten Signale werden über eine kombinierte Masse- und Datenleitung zum Steuergerät übermittelt. Bei der Datenleitung ist nicht die Spannungshöhe entscheidend sondern der Stromfluss. Es gibt ein sich wiederholendes Datentelegramm, das zwei verschiedene Stromstärken benutzt.

Der 14 mA-Pegel beinhaltet die Informationen Drehzahl, Drehrichtung und vorhandener Luftspalt.

Der 7 mA-Pegel dient als Auswertestrom für den Fehlerspeicher.

Bei Fahrzeugstillstand wird im Gegensatz zu den bisherigen Sensoren ca. alle 740 ms ein Impuls gesendet, der die Sensorverfügbarkeit anzeigt.



105 - Kurbelwellensensor mit  
Multipolgeberrad N47  
Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	maximale Signallänge des Sensors	5	Drehzahl, Drehrichtung links + Luftspaltbreite
2	Drehzahlsignal	6	Drehzahl, Drehrichtung rechts + Luftspaltbreite
3	Drehzahl, Drehrichtung: links	7	Grundsignal bei stehendem Fahrzeug (740 ms)
4	Drehzahl, Drehrichtung: rechts		

## Nockenwellensensor

Für die Erkennung der Nockenwellenposition wird ein Nockenwellensensor verwendet, der nach dem Hall-Prinzip arbeitet.

Beim N47 Motor sitzt der Nockenwellensensor an der Einlassnockenwelle. Auf der Nockenwelle ist dazu ein Nockenwellensensorrad direkt am Antriebszahnrad angebracht.

Durch den Nockenwellensensor kann die DDE erkennen, ob sich der 1. Zylinder in der Verdichtungsphase oder der Gaswechselphase befindet.

Aus der Kurbelwellenposition kann diese Zuordnung nicht getroffen werden. Die Zuordnung ist nötig, damit entsprechend die Einspritzung geregelt werden kann.

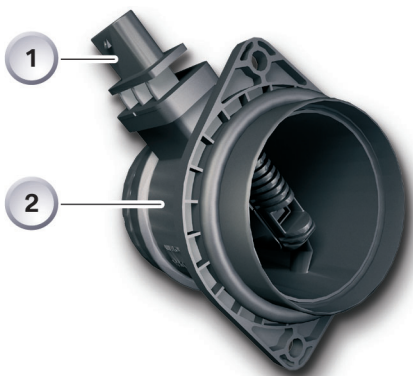
Die Spannungsversorgung erfolgt durch die DDE mit 5 V und Masse am Sensor. Der Sensor liefert ein digitales Signal über die Signalleitung zur DDE.

### Funktion

Der Nockenwellensensor arbeitet analog dem Prinzip des klassischen Kurbelwellensensors (nicht des aktiven Sensors). Das Nockenwellensensorrad unterscheidet sich jedoch grundsätzlich.

Ein spezielles Blendenmuster ermöglicht den Notlaufbetrieb bei Ausfall des Kurbelwellensensors. Die Auflösung des Nockenwellensensorsignals ist jedoch zu ungenau, um den Kurbelwellensensor im Normalbetrieb zu ersetzen.

## Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM)



Der Heißfilm-Luftmassenmesser HFM 6 befindet sich hinter dem Ansauggeräuschkämpfer und ist direkt an dessen Deckel angebracht. Der HFM misst die Luftmasse, die vom Motor angesaugt wird. Über ihn erfolgt die Erfassung der "Ist"-Luftmasse zur Berechnung der Abgasrückführungsrate und der Kraftstoffbegrenzungsmenge.

Zusätzlich befindet sich ein Ansauglufttemperatursensor im HFM. Die Temperatur wird vom HFM ausgewertet und als PWM-Signal an die DDE gesendet.

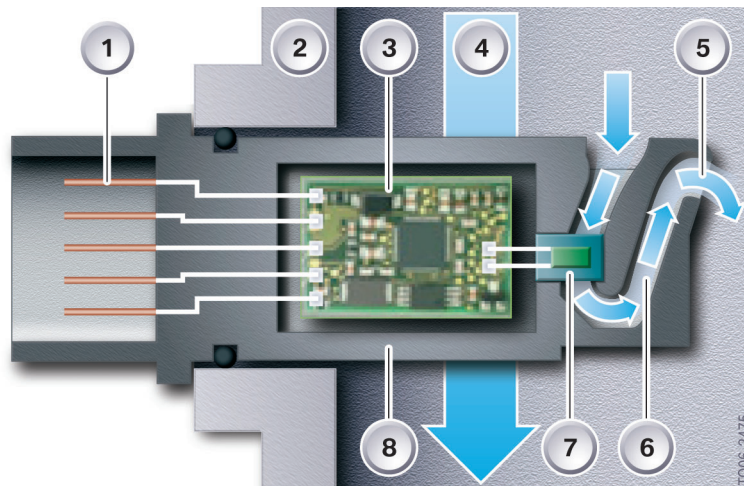
Dabei entsprechen 22 % Pulsweite einer Temperatur von -20 °C und 63 % Pulsweite 80 °C.

106 - Heißfilm-Luftmassenmesser

TD06-2478

Index	Erklärung
1	HFM
2	Messrohrgehäuse

## Messverfahren



107 - Heißfilm-Luftmassenmesser im Schnitt

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	elektrische Anschlüsse	5	Messteilstrom Auslass
2	Messrohrgehäuse	6	Labyrinth
3	Auswerteelektronik	7	Sensormesszelle
4	Luftmassenstrom	8	Sensorgehäuse

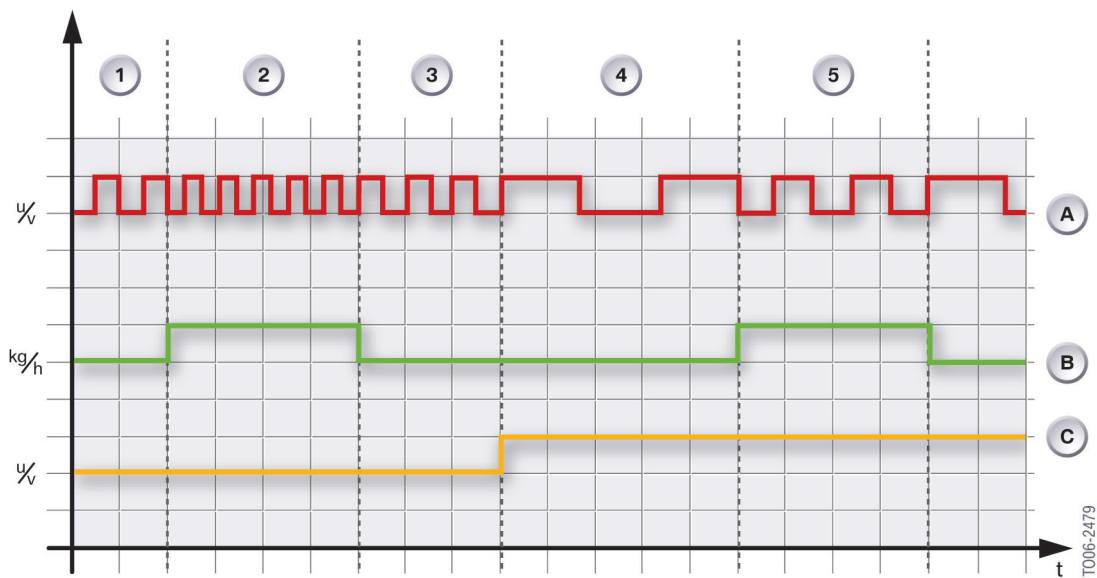
Ein Labyrinth (6) stellt sicher, dass nur die tatsächliche Luftmasse erfasst wird. Rückströmungen und Pulsationen werden aufgrund des Labyrinths nicht erfasst. Auf diese Weise erfasst der HFM die tatsächliche Luftmasse unabhängig von Luftdruck und Rückströmungen.

Eine elektrisch beheizte Sensormesszelle (7) ragt in den Luftstrom (4). Die Temperatur der Sensormesszelle wird immer konstant gehalten. Der Luftstrom entzieht der Sensormesszelle Wärme. Je größer der Luftmassenstrom ist, desto mehr Energie

muss eingesetzt werden, um die Temperatur der Sensormesszelle konstant zu halten.

Die Auswerteelektronik (3) digitalisiert das Sensorsignal. Dieses digitalisierte Signal wird dann frequenzmoduliert an die DDE übertragen. Um Temperatureinflüsse kompensieren zu können, wird das Luftmassensignal auf das sich verändernde Temperatursignal bezogen.

Der HFM wird über die DDE mit Bordnetzspannung und Masse versorgt.



108 - Signalverlauf HFM

Index	Erklärung
A	Luftmassensignal
B	Luftmasse
C	Temperatursignal
1	Luftmassensignal (A) in Bezug auf Luftmasse (B) und Temperatursignal (C)
2	Bei erhöhter Luftmasse (B) verkürzt sich die Periodendauer des Luftmassensignals (A)
3	Bei verringerter Luftmasse (B) verlängert sich die Periodendauer des Luftmassensignals (A)
4	Bei Temperaturanstieg (C) und gleich bleibender Luftmasse (B) verlängert sich die Periodendauer des Luftmassensignals (A), um die Temperatureinflüsse zu kompensieren
5	Bei erhöhter Luftmasse (B) verkürzt sich die Periodendauer des Luftmassensignals unter Berücksichtigung des Temperatursignals (C)

## Ladedrucksensor

Der Ladedrucksensor sitzt am Sammler für Ansaugluft und misst den Druck (absolut) darin. Er wird mit 5 V Spannung und mit Masse von der DDE versorgt.

Über eine Signalleitung wird die Information des Ladedrucks an die DDE übermittelt.

Das auswertbare Signal für den Ladedruck schwankt druckabhängig. Der Messbereich von ca. 0,1 - 0,9 V entspricht einem Ladedruck von 50 kPa (0,5 bar) bis 300 kPa (3 bar).

Der Sensor dient der Ladedruckregelung.

---

## Ladelufttemperatursensor

Der Ladelufttemperatursensor sitzt im Luftkanal hinter dem Ladeluftkühler, direkt vor der Drosselklappe.

Die DDE versorgt den Ladelufttemperatursensor mit Masse. Ein weiterer Anschluss ist mit einer Spannungsteilerschaltung in der DDE verbunden.

Der Ansaugtemperatursensor enthält einen temperaturabhängigen Widerstand, der in die Ansaugluft ragt und die Temperatur der Ansaugluft annimmt.

Der Widerstand hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Das

bedeutet, dass der Widerstand mit zunehmender Temperatur kleiner wird.

Der Widerstand ist Teil einer Spannungsteilerschaltung, die mit 5 V von der DDE versorgt wird. Die elektrische Spannung am Widerstand ist von der Lufttemperatur abhängig. In der DDE ist eine Tabelle gespeichert, die zu jedem Spannungswert die dazugehörige Temperatur angibt und damit den nichtlinearen Zusammenhang zwischen Spannung und Temperatur kompensiert.

Der Widerstand verändert sich temperaturabhängig von 149 k $\Omega$  bis 161  $\Omega$ , was einer Temperatur von -40 °C bis 130 °C entspricht.

---

## Kühlmitteltemperatursensor

Der Kühlmitteltemperatursensor ist an der Vorderseite des Zylinderkopfs eingebaut. Er nimmt die Temperatur des Kühlmittels am Motorausstritt auf. Dieser Wert gilt als Motortemperatur.

Er wird von der DDE mit Masse versorgt. Der zweite Anschluss ist mit einer Spannungsteilerschaltung in der DDE verbunden.

Die Funktion des Kühlmitteltemperatursensors ist mit der Funktion des Ansaugtemperatursensors identisch.

Der Widerstand hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Das

bedeutet, dass der Widerstand mit zunehmender Temperatur kleiner wird.

Der Widerstand ist Teil einer Spannungsteilerschaltung, die mit 5 V von der DDE versorgt wird. Die elektrische Spannung am Widerstand ist von der Lufttemperatur abhängig. In der DDE ist eine Tabelle gespeichert, die zu jedem Spannungswert die dazugehörige Temperatur angibt und damit den nichtlinearen Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und Temperatur kompensiert.

Der Widerstand verändert sich temperaturabhängig von 216 k $\Omega$  bis 41,7  $\Omega$ , was einer Temperatur von -55 °C bis 150 °C entspricht.

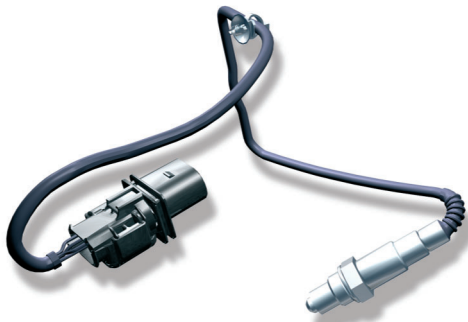
## Lambdasonde

Für die Regelung und Messung der Abgaszusammensetzung ist die Lambdasonde ein unverzichtbares Bauteil. Das Ziel ist es, die gesetzlichen Emissionswerte einzuhalten. Erreicht wird dies durch die Messung des Restsauerstoffgehalts im Abgas.

Damit es zur optimalen Verbrennung kommt, wird ein Dieselmotor mit einem Kraftstoff-Luft-Verhältnis von  $\lambda > 1$  betrieben, also mit Sauerstoffüberschuss.  $\lambda = 1$  bedeutet ein Gemisch von 1 kg Kraftstoff zu 14,7 kg Luft.

Die Lambdasonde sitzt am Eingang des gemeinsamen Gehäuses von Dieselpartikelfilter (DPF) und Oxidationskatalysator.

## Regelsonde mit stetiger Kennlinie



109 - Regelsonde mit stetiger Kennlinie

T006-1027

Die Regelsonde mit stetiger Kennlinie ist eine Breitband-Lambdasonde der Fa. Bosch Typ LSU 4.9. Diese Breitband-Lambdasonde wird vor dem motornahen Katalysator eingesetzt.

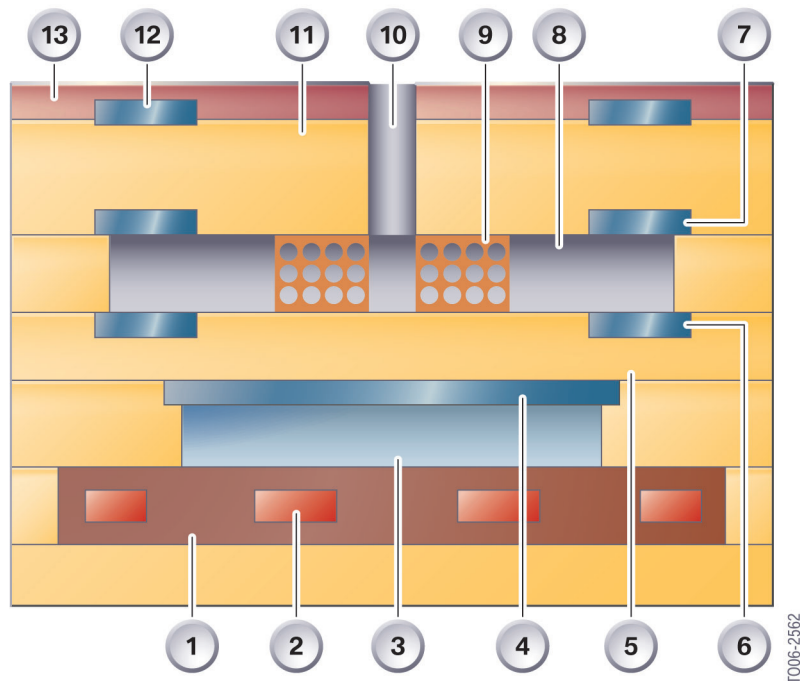
Mit der Breitband-Lambdasonde kann die Sauerstoffkonzentration im Abgas in einem großen Bereich bestimmt werden. Somit ist es möglich, auf das Kraftstoff-Luft-Verhältnis im Brennraum zu schließen.

Die Breitband-Lambdasonde ist in der Lage nicht nur bei  $\lambda = 1$ , sondern auch bei  $\lambda < 1$  (fett) und  $\lambda > 1$  (mager) genau zu messen. Von  $\lambda = 0,7$  bis  $\lambda = \infty$  ( $\lambda = \infty$  = Luft) liefert die Breitband-Lambdasonde ein eindeutiges, stetiges elektrisches Signal.

Die Lambdasonde ist mit 5 Leitungen mit dem Steckergehäuse verbunden. In das Steckergehäuse geführt sind folgende Anschlüsse:

- Pumpstrom plus
- Pumpstrom und Nernstspannung minus
- Heizung minus
- Heizung plus
- Nernstspannung plus

⚠ Im Lambdasondenstecker integriert ist ein Abgleichwiderstand, der die Fertigungstoleranzen ausgleicht. Dieser ist mit dem noch freien Kontakt verbunden. ◀



110 - Aufbau der Breitband-Lambdasonde

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Isolationsschicht	8	Diffusionsspalt
2	Heizelement	9	poröse Diffusionsbarriere
3	Referenzluftkanal	10	Abgaszutrittsloch
4	Innenelektrode Referenzzelle	11	Keramikschicht aus $ZrO_2$
5	Keramikschicht aus $ZrO_2$	12	Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle
6	Außenelektrode Referenzzelle	13	Schutzschicht
7	Innenelektrode Sauerstoffpumpzelle		

Die Messzelle der Breitband-Lambdasonde besteht aus einer Zirkoniumdioxid-Keramik  $ZrO_2$ . Sie ist die Kombination einer Nernst-Konzentrationszelle (Sensorzelle mit der Funktion einer Lambdasonde mit sprunghafter Kennlinie) und einer Sauerstoffpumpzelle, die Sauerstoffionen transportiert.

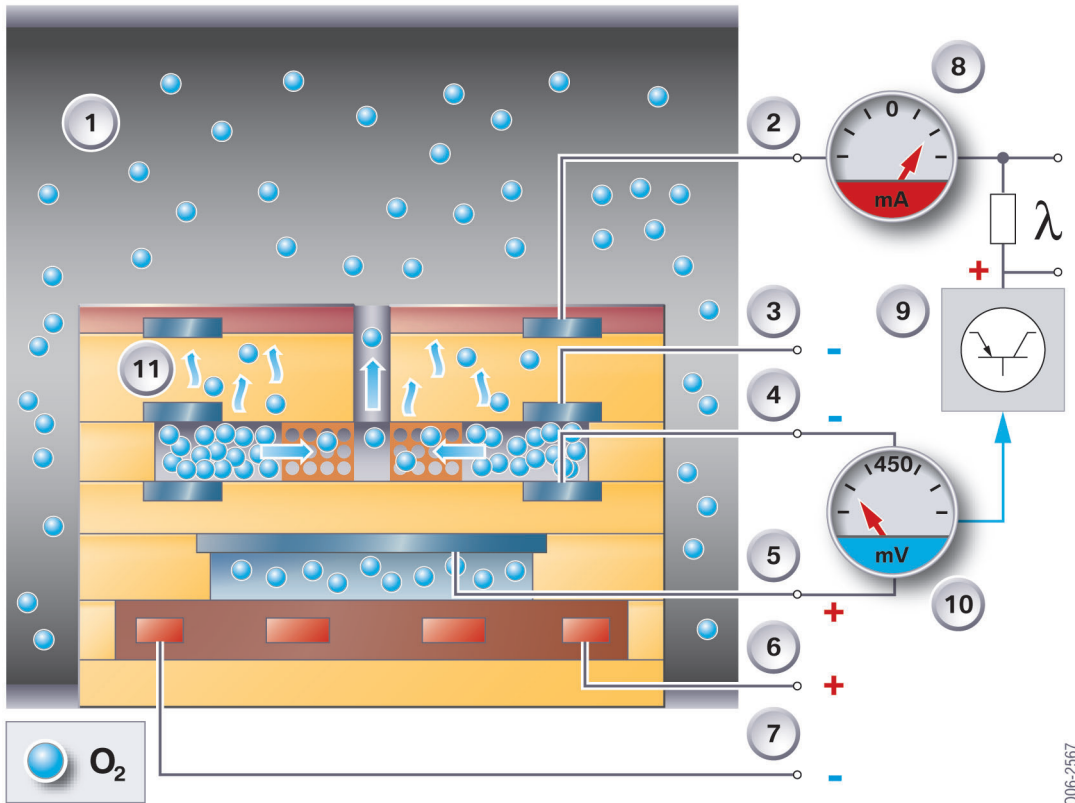
Die Sauerstoffpumpzelle (Position 7, 11 und 12) und die Nernst-Konzentrationszelle (Position 4, 5 und 6) sind so angeordnet, dass zwischen beiden ein Diffusionsspalt (8) von etwa 10 bis 50  $\mu m$  entsteht. Der Diffusionsspalt steht über ein Abgaszutrittsloch (9) mit dem Abgas in Verbindung. Die Nernst-Konzentrationszelle ist auf der einen Seite durch einen Referenzluftkanal (3) über eine Öffnung mit der umgebenden Atmosphäre verbunden. Auf

der anderen Seite ist sie dem Abgas über einen Diffusionsspalt (8) ausgesetzt.

Das Abgas gelangt durch das Abgaszutrittsloch in den Diffusionsspalt der Nernst-Konzentrationszelle. Dadurch stellt sich zunächst im Diffusionsspalt dieselbe Sauerstoffkonzentration wie im Abgas ein. Damit  $\lambda = 1$  im Diffusionsspalt eingestellt werden kann, vergleicht die Nernst-Konzentrationszelle das Abgas im Diffusionsspalt mit der Umgebungsluft im Referenzluftkanal.

⚠ Es ist sehr wichtig, dass der Kabelanschluss zur Lambdasonde frei von Verunreinigung ist, damit Umgebungsluft in den Referenzluftkanal gelangen kann. Daher ist die Steckverbindung vor Verschmutzungen (Wasch-, Konservierungsmittel usw.) zu schützen. ◀





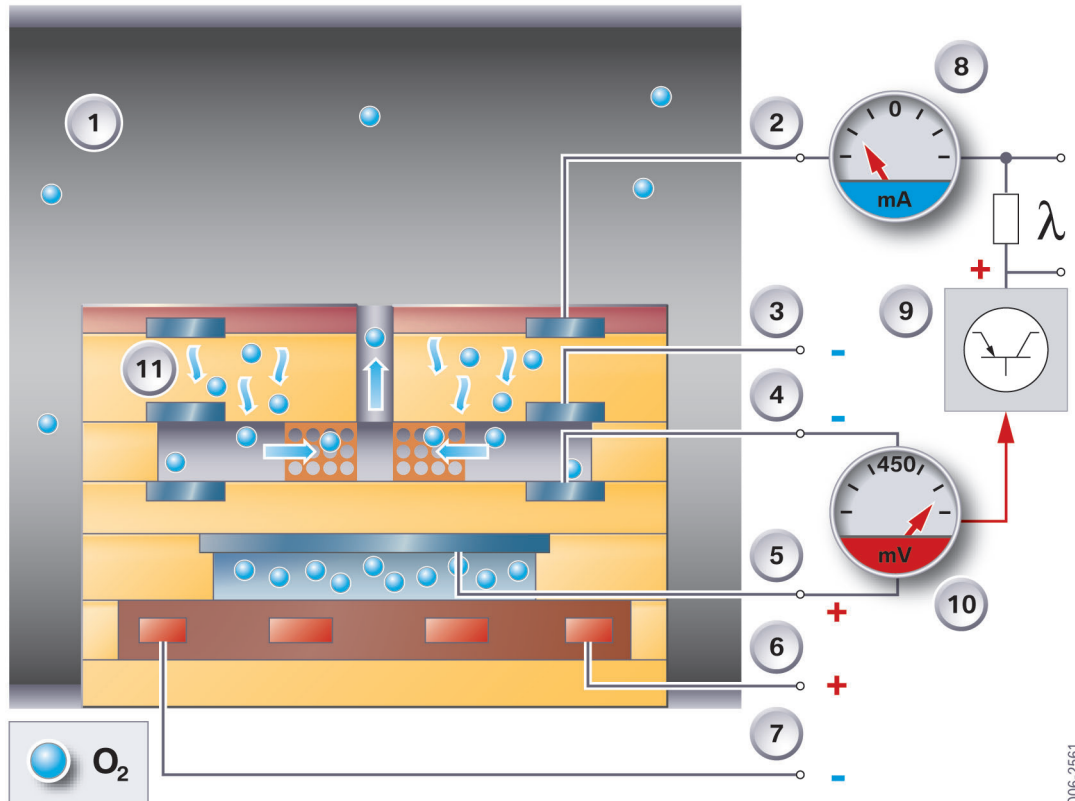
T006-2567

111 - Breitband-Lambdasonde mit magerem Gemisch

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Abgasrohr	7	Anbindung Lambdasondenbeheizung minus
2	Anbindung Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle plus	8	Pumpstrom in mA (rot = plus)
3	Anbindung Innenelektrode Sauerstoffpumpzelle minus	9	Auswerteschaltung
4	Anbindung Außenelektrode Referenzzelle minus	10	Referenzspannung in V (< 450 mV = blau)
5	Anbindung Innenelektrode Referenzzelle plus	11	Sauerstoffionenfluss durch Pumpstrom
6	Anbindung Lambdasondenbeheizung plus	O <sub>2</sub>	Sauerstoffionen

Durch Anlegen einer Pumpspannung an der Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle (2) und Innenelektrode Sauerstoffpumpzelle (3) kann Sauerstoff durch die poröse Diffusionsbarriere hindurch aus dem Abgas in den Diffusionsspalt hinein- oder herausgepumpt werden. Eine Auswerteschaltung (9) in der DDE regelt diese an der Pumpzelle anliegende Spannung mithilfe der Nernst-Konzentrationszelle so, dass die Zusammensetzung des Gases im Diffusionsspalt konstant bei  $\lambda = 1$  liegt. Bei Abgas aus magerer Verbrennung pumpt die

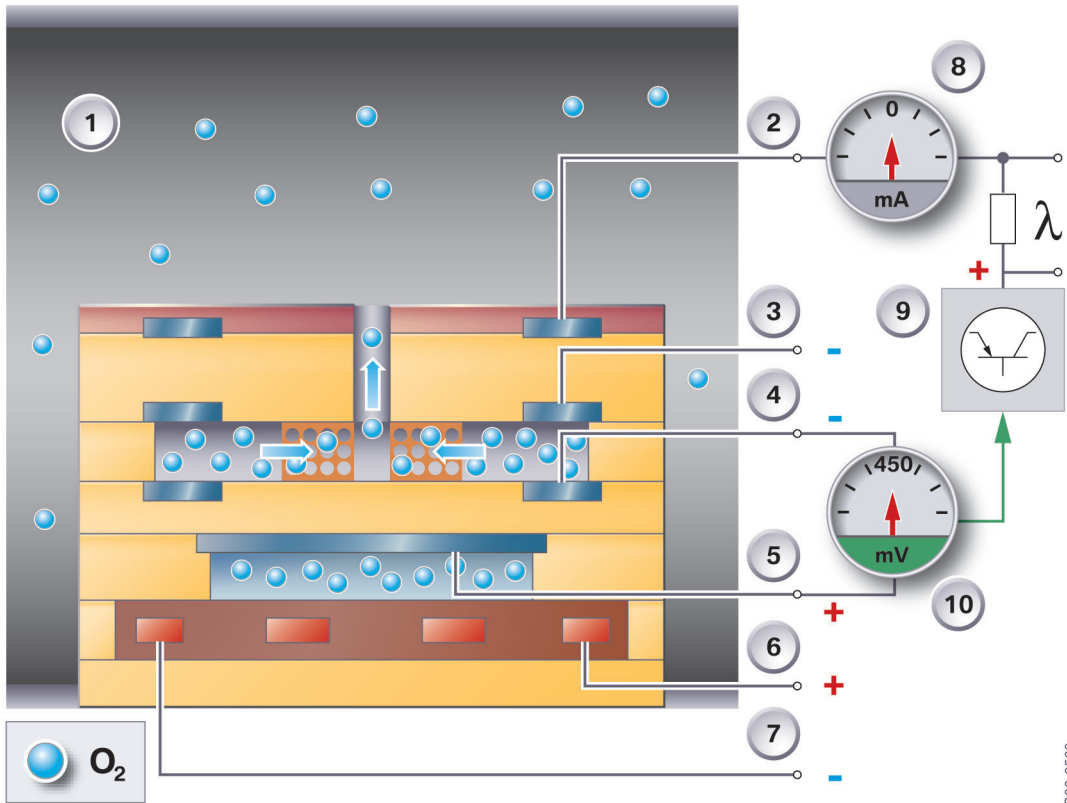
Sauerstoffpumpzelle die Sauerstoffionen aus dem Diffusionsspalt hinaus. Bei Abgas aus fetter Verbrennung werden dagegen die Sauerstoffionen durch katalytische Zersetzung von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O an der Außenelektrode Pumpzelle aus dem Abgas der Umgebung in den Diffusionsspalt hineingepumpt. Bei  $\lambda = 1$  müssen keine Sauerstoffionen transportiert werden. Der Pumpstrom ist null. Der Pumpstrom ist proportional der Sauerstoffionenkonzentration im Abgas und so ein Maß für das Kraftstoff-Luft-Verhältnis  $\lambda$ .



112 - Breitband-Lambdasonde mit fettem Gemisch

T006-2561

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Abgasrohr	7	Anbindung Lambdasondenbeheizung minus
2	Anbindung Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle plus	8	Pumpstrom in mA (blau = minus)
3	Anbindung Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle minus	9	Auswerteschaltung
4	Anbindung Außenelektrode Referenzzelle minus	10	Referenzspannung in V (> 450 mV = rot)
5	Anbindung Innenelektrode Referenzzelle plus	11	Sauerstoffionenfluss durch Pumpstrom
6	Anbindung Lambdasondenbeheizung plus	O <sub>2</sub>	Sauerstoffionen

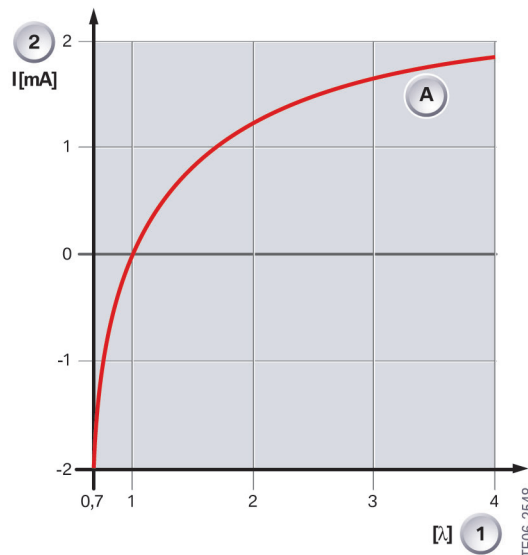


T006-2560

113 - Breitband-Lambdasonde mit  $\lambda = 1$

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Abgasrohr	7	Anbindung Lambdasondenbeheizung minus
2	Anbindung Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle plus	8	Pumpstrom in mA (grau = null)
3	Anbindung Außenelektrode Sauerstoffpumpzelle minus	9	Auswerteschaltung
4	Anbindung Außenelektrode Referenzzelle minus	10	Referenzspannung in V (450 mV = grün)
5	Anbindung Innenelektrode Referenzzelle plus	11	Sauerstoffionenfluss durch Pumpstrom
6	Anbindung Lambdasondenbeheizung plus	O <sub>2</sub>	Sauerstoffionen

Das folgende Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen Pumpstrom und Kraftstoff-Luft-Verhältnis  $\lambda$ .



114 - Diagramm Pumpstrom/Kraftstoff-Luft-Verhältnis

Index	Erklärung
A	Kennlinie
1	Kraftstoff-Luft-Verhältnis $\lambda$
2	Pumpstrom

## Abgasgegendrucksensor

Der Abgasgegendrucksensor befindet sich außerhalb der Abgasanlage an der Zylinderkopfhaube. Er ist über einen Schlauch und eine Rohrleitung mit dem Abgasrohr direkt vor dem gemeinsamen Gehäuse des Oxidationskatalysators und Dieselpartikelfilters (DPF) verbunden.

Der Abgasgegendrucksensor misst den Druck im Abgassystem vor dem DPF. Steigt der Abgasgegendruck über den zulässigen Wert von 750 mbar, wird von der DDE die Regeneration des DPF eingeleitet.

Der Abgasgegendrucksensor ist über drei Pins mit der DDE verbunden. Die DDE versorgt ihn mit Masse und einer Spannung von 5 V. Über den dritten Pin gelangt das Spannungssignal an die DDE.

Im Abgasgegendrucksensor wandelt eine Blechmembran den Abgasgegendruck in einen Weg um. Dieser Weg wird von vier druckempfindlichen Widerständen in ein Spannungssignal umgesetzt. Der Messbereich des Abgasgegendrucksensors liegt bei 600 bis 2000 mbar absolut, was einer Spannung von 1,875 bis 4,5 V entspricht.

Es erfolgt eine Plausibilisierung des Signals unter Zuhilfenahme von Drehzahl, Einspritzmenge, Verbrauch und Laufzeit.

Beim Ausfall des Sensors wird von der DDE regelmäßig eine Filterregeneration eingeleitet und ein Fehlereintrag in der DDE gespeichert.

---

## Abgastemperatursensor

Der Abgastemperatursensor befindet sich direkt neben der Lambdasonde am Eingang des Oxi-Kat/DPF. Der Abgastemperatursensor dient der DDE zur Regelung der Regeneration des DPF.

Der Abgastemperatursensor enthält einen temperaturabhängigen Widerstand.

Der Widerstand hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Das bedeutet, dass der Widerstand mit zunehmender Temperatur kleiner wird.

Der Widerstand ist Teil einer Spannungsteilerschaltung, die mit 5 V von der

DDE versorgt wird. Die elektrische Spannung am Widerstand ist von der Lufttemperatur abhängig. In der DDE ist eine Tabelle gespeichert, die zu jedem Spannungswert die dazugehörige Temperatur angibt und damit den nichtlinearen Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und Temperatur kompensiert.

Der Widerstand verändert sich temperaturabhängig von  $96\text{ k}\Omega$  bis  $32\ \Omega$ , was einer Temperatur von  $-40\text{ }^\circ\text{C}$  bis  $800\text{ }^\circ\text{C}$  entspricht.

---

## Drosselklappensteller

Der Drosselklappensteller ist am Sammler für Ansaugluft befestigt.

Das DDE-Steuergerät berechnet die Stellung der Drosselklappe aus der Stellung des Fahrpedals sowie der Drehmomentanforderung anderer Steuergeräte. Der Drosselklappensteller wird vom DDE-Steuergerät elektrisch geöffnet oder geschlossen.

Dazu wird er von der DDE über ein PWM-Signal mit einem Tastverhältnis von 5 bis 95 % angesteuert.

Die Drosselklappe wird für die Dieselpartikelfilterregeneration und gegen das Abstellschütteln verwendet.

### Positionssensor

Um eine optimale Steuerung der Drosselklappe zu gewährleisten, muss ständig ihre exakte Position erfasst werden. Dazu wird die Stellung der Drosselklappe im Drosselklappensteller berührungslos von 2 Hall-Sensoren überwacht.

Der Positionssensor wird mit 5 V Spannung und mit Masse von der DDE versorgt. Zwei Datenleitungen sichern eine redundante Rückmeldung der Drosselklappenposition zur DDE. Dabei wird das zweite Signal invertiert zum ersten ausgegeben. Die DDE wertet durch eine Differenzwertbildung die Plausibilität des Signals aus.

### Stellmotor

Der Stellmotor für die Drosselklappenbetätigung ist ein Gleichstrommotor. Er wird von der DDE entsprechend des Bedarfs angesteuert.

Für die Ansteuerung wird eine H-Brücke verwendet, die es ermöglicht, den Motor auch gegenläufig anzusteuern. Die H-Brücke in der DDE wird diagnosetechnisch überwacht.

Bei stromlosem Antrieb wird die Drosselklappe federbelastet in eine Notlaufposition gestellt.

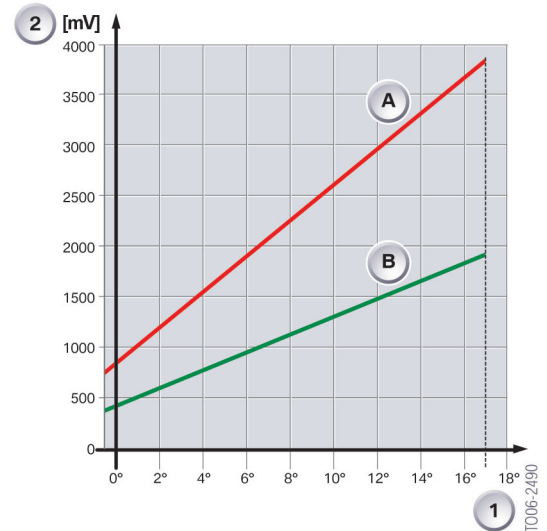
## Fahrpedalmodul (FPM)

Das Fahrpedalmodul liefert der DDE die Information "Lastwunsch-Fahrer".

Das Fahrpedalmodul arbeitet nach dem magnetoresistiven Prinzip. Es werden zwei Hall-Winkelsensoren eingesetzt, um eine Überwachung und Fehlererkennung zu ermöglichen.

Die beiden Hall-Winkelsensoren werden getrennt mit 5 V Spannung und Masse von der DDE versorgt. Von den Sensoren wird jeweils ein Spannungssignal ausgegeben und analog an die DDE übertragen.

Das Signal des Hall-Winkelsensors 1 (A) ist um den Faktor 2 größer als das Signal aus dem Hall-Winkelsensor 2 (B).



115 - Fahrpedalmodul Signalverlauf

Index	Erklärung
1	Betätigungswinkel in Grad
2	Pedalwertspannung in mV
A	Hall-Winkelsensor 1
B	Hall-Winkelsensor 2

Die DDE überwacht die beiden Eingangssignale der Hall-Winkelsensoren und vergleicht diese auf Plausibilität.

---

## Intelligenter Batteriesensor

Der intelligente Batteriesensor (IBS) bewertet die aktuelle Qualität der Batterie. Der IBS hat ein eigenes Steuergerät und ist ein Teil der Batterieminusklemme.

Der IBS misst regelmäßig (zyklisch) folgende Werte:

- Batteriespannung
- Ladestrom
- Entladestrom
- Temperatur der Batterie.

Die Software im IBS steuert den funktionalen Ablauf und die Kommunikation mit der DDE. Im Fahrbetrieb werden die Daten vom IBS über die bitserielle Datenschnittstelle (BSD) an die Motorsteuerung übermittelt.

Im Standbetrieb des Fahrzeugs werden die Messwerte zyklisch abgefragt, um Energie zu sparen. Der IBS ist so programmiert, dass er alle 40 s aufwacht. Die Messdauer des IBS beträgt ca. 50 ms. Die Messwerte werden im IBS im Ruhestromhistogramm eingetragen. Darüber hinaus findet eine Teilberechnung des Batterieladezustandes (SoC) statt. Nach

dem Neustart des Fahrzeugs liest die DDE/DDE das Histogramm aus. Wenn eine Ruhestromverletzung vorliegt, erfolgt ein Fehlerspeichereintrag in der DDE. Die Daten werden über die bitserielle Datenschnittstelle übertragen.

Der IBS berechnet die Batterieindikatoren als Grundlage für den Lade- und Gesundheitszustand der Batterie. Die Batterieindikatoren sind Lade- und Entladestrom, Spannung und Temperatur der Fahrzeugbatterie.

Es wird der Lade-/Entladestrom der Batterie bilanziert.

Der Ladezustand der Batterie wird permanent überwacht und im Fall der Unterdeckung werden die Daten an die DDE übermittelt.

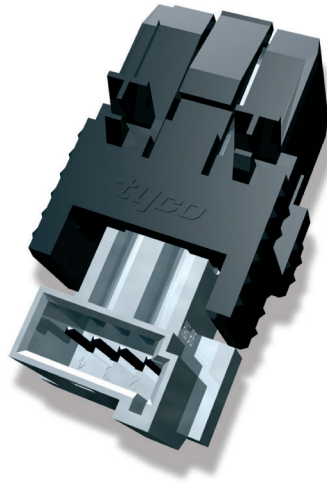
Der Stromverlauf wird beim Motorstart berechnet, um den Gesundheitszustand der Batterie zu bestimmen.

Der Ruhestrom des Fahrzeugs wird überwacht.

Der IBS ist eigendiagnosefähig.

---

## Bremslichtschalter



116 - Bremslichtschalter

Im Bremslichtschalter sind 2 Schalter eingebaut: der Bremslichtschalter und der Bremslicht-Testschalter (Redundanz aus Sicherheitsgründen). Aus den Signalen erkennt das DDE-Steuergerät, ob das Bremspedal betätigt ist. Die Datenübertragung erfolgt digital.

Der Bremslichtschalter wird mit 12 V Spannung, Klemme R und Masse versorgt. In die DDE gehen zwei Signalleitungen. Der Bremslichtschalter liefert bei nicht betätigtem Bremspedal 0 V Spannung und bei betätigtem Bremspedal 12 V Spannung über eine Signalleitung an die DDE.

Der Bremslicht-Testschalter liefert bei nicht betätigtem Bremspedal 0 V Spannung und bei betätigtem Bremspedal 12 V Spannung über eine weitere Signalleitung an die DDE.

T006-1028

---

## Kupplungsmodul



117 - Kupplungsmodul

Bei Fahrzeugen mit Schaltgetriebe erfasst das Kupplungsmodul am Kupplungspedal die

Kupplungsposition. Das Kupplungsmodul besteht aus einem Hallensensor und einer Auswerteelektronik.

Das Kupplungsmodul wird mit 12 V Spannung, Klemme R und Masse versorgt. In die DDE geht eine Signalleitung. Der Kupplungsschalter liefert bei nicht betätigtem Kupplungspedal 0 V Spannung und bei betätigtem Kupplungspedal 12 V Spannung an die DDE.

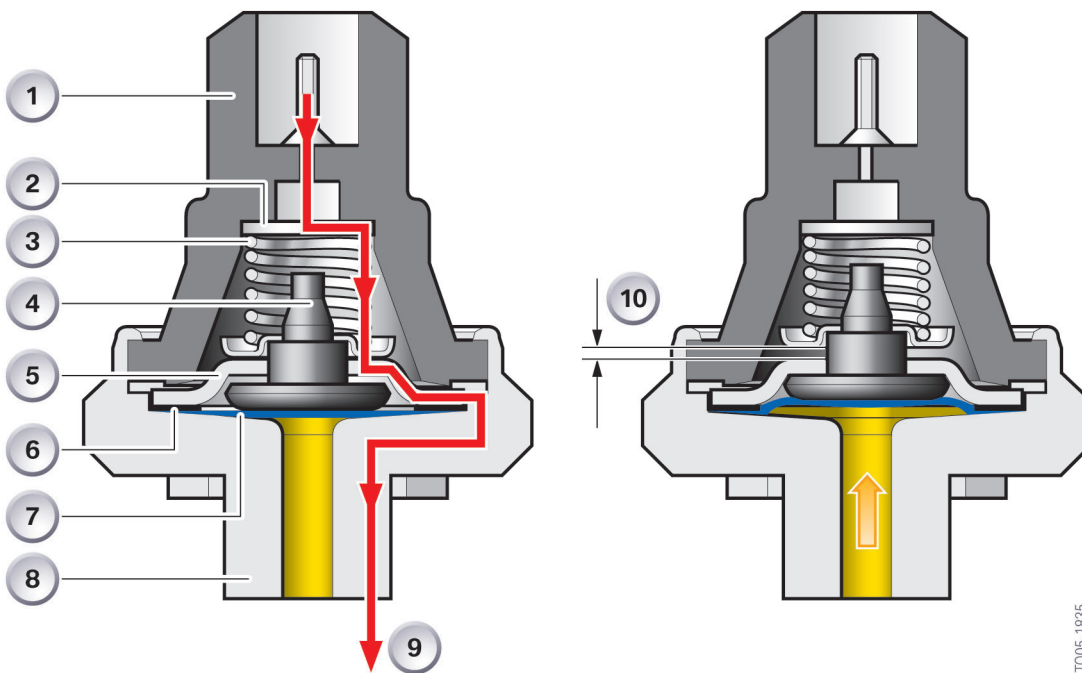
T006-1029



## Öldruckschalter

Der Öldruckschalter dient zur Überwachung des Schmiersystems. Die Öldruck-Kontrollleuchte leuchtet auf, wenn der Öldruck einen von der Feder (3, folgende Grafik) definierten Wert nicht überschreitet. Dieser Wert liegt bei ca. 0,2 bis 0,5 bar.

Der Öldruckschalter ist über eine Signalleitung mit der DDE verbunden. Auf dieser Leitung liegen bei nicht betätigtem Schalter 12 V Spannung an, bei betätigtem Schalter 0 V Spannung. Die Datenübertragung ist digital.



118 - Öldruckschalter

TD05-1835

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Gehäuseoberteil aus Kunststoff	6	Dichtring
2	Kontaktkrone	7	Membran
3	Feder	8	Gehäuse aus Metall
4	Druckpilz	9	Stromfluss bei geschlossenem Kontakt
5	Zwischenplatte	10	Luftspalt bei offenem Kontakt

---

## Drucksensor für Klimaanlage

Der Drucksensor für die Klimaanlage befindet sich in der Druckleitung des Kältemittelkreislaufs.

Im Kühlbetrieb wird der Kältemittelhochdruck über einen Drucksensor erfasst und in der DDE ausgewertet.

Der Sensor wird mit 5 V Spannung und mit Masse von der DDE versorgt. Über eine Signalleitung wird die Information an die DDE übermittelt. Das auswertbare Signal schwankt druckabhängig. Der Messbereich von ca. 0,1 -

0,9 V entspricht einen Druck von ca. 10 kPa (0,1 bar) bis 3,5 MPa (35 bar).

Mit dem Signal des Drucksensors und dem abgespeichertem Kennfeld kann die DDE den Druck in der Druckleitung des Kältemittelkreislaufs berechnen und je nach Bedarf den Elektrolüfter zu- oder abschalten. Ebenso wird das Signal Kompressorkupplung zu- oder abschalten über den PT-CAN an die Junktion Box gesendet.

---

## Car Access System-Steuergerät

Das Car Access System-Steuergerät (CAS-Steuergerät) ist über den PT-CAN und die Junktion Box mit der DDE verbunden. Die elektronische Wegfahrsperrung wird im Verbund CAS und DDE realisiert. Weiter steht das CAS-Steuergerät noch über den CAS-Bus

und eine weitere Leitung für die Startersteuerung mit der DDE in Verbindung.

Das CAS-Steuergerät liefert auch die Signale Klemme R und Klemme 15.

---

## Raildrucksensor

Der Raildrucksensor ist am Rail aus Edelstahl eingebaut. Im Rail wird der unter Druck gesetzte Kraftstoff zwischengespeichert und auf die Hochdruckeinspritzventile verteilt.

Der Kraftstoffdruck gelangt durch den Hochdruckanschluss zur Membran mit Sensorelement. Die Verformung der Membran wird über das Sensorelement in ein elektrisches Signal umgewandelt. Die Auswerteschaltung bereitet das Signal auf und gibt ein analoges Spannungssignal an die DDE weiter. Das Spannungssignal steigt mit zunehmendem Kraftstoffdruck linear an.

Das Signal vom Raildrucksensor ist ein wichtiges Eingangssignal der DDE für die Ansteuerung des Mengenregelventils (Bauteil der Hochdruckpumpe).

Der Sensor wird mit 5 V Spannung und mit Masse von der DDE versorgt. Über eine Signalleitung wird die Information an die DDE übermittelt. Das auswertbare Signal schwankt druckabhängig.

Wenn der Raildrucksensor ausfällt, wird das Mengenregelventil im Notlauf von der DDE angesteuert.

---

## Raildruckregelventil

Das Raildruckregelventil hat die Aufgabe, überschüssigen Druck im Kraftstoffspeicher (Rail) abzulassen. Dazu ist es an einem Ende des Rails angebracht.

Das Raildruckregelventil wird über ein PWM-Signal von der DDE angesteuert.

Grundsätzlich ist es nur beim Motorkaltstart oder bei Gaswegnahme aktiv.

---

## Relais Stromverteiler Motorraum

Im Stromverteiler Motorraum sind einige Relais für die Motorsteuerung integriert:

- DDE-Hauptrelais
- Zündentlastungsrelais
- Motorentlüftungs-Heizungsrelais (nur SA Kaltland).

### DDE-Hauptrelais

Das DDE-Hauptrelais wird von der DDE aktiviert. Bekommt die DDE vom CAS die Information Zündung ein, so wird das DDE-Hauptrelais eingeschaltet.

Über das DDE-Hauptrelais werden verschiedene Bauteile mit Spannung versorgt.

Wird die Zündung ausgeschaltet, so schaltet die DDE das DDE-Hauptrelais erst nach einer gewissen Zeitspanne ab. Grund hierfür ist, dass im Steuergerät nach Deaktivieren der Klemme 15 Adaptionen usw. nichtflüchtig in Speichern abgelegt werden, um diese nach Zündung ein wieder zur Verfügung zu haben.

Das DDE-Hauptrelais wird mit Klemme 30 Bordnetzspannung versorgt und von der DDE mit Masse angesteuert.

### Zündentlastungsrelais

Das Zündentlastungsrelais stellt die Spannungsversorgung zu den Zündspulen sicher. Dadurch wird die DDE von den auftretenden Spannungsspitzen bei den Zündvorgängen entkoppelt.

Das Zündentlastungsrelais wird mit Klemme 15 Bordnetzspannung versorgt und von der DDE mit Masse angesteuert.

### Motorentlüftungs-Heizungsrelais (nur SA Kaltland)

Über das Motorentlüftungs-Heizungsrelais wird die Beheizung der Motorentlüftung sichergestellt. Die DDE schaltet auch dieses Relais.

Das Relais wird mit Klemme 87 Bordnetzspannung versorgt und von der DDE mit Masse angesteuert.

---

## Injektoren

Die wichtigste Anforderung an die Injektoren ist die exakte Dosierbarkeit der Einspritzmenge und präzise Steuerung der Einspritzzeiten. Sie werden in den Zylinderkopf gesteckt und ragen mittig in den Brennraum.

Im N47 kommen bei der oberen Leistungsstufe PIEZO-Injektoren zum Einsatz, während für die untere Leistungsstufe Magnetventil-Injektoren verwendet werden. Beide Systeme entsprechen den bisher bekannten.

### Magnetventil-Injektoren (MVI)

Die MVI besitzen zwei Anschlüsse an die DDE. Man spricht bei der Injektoransteuerung von der "High-Side" und "Low-Side".

Über die Ansteuerung "High-Side" werden die Injektoren mit Spannung versorgt.

Über die Ansteuerung "Low-Side" werden die Injektoren von der Endstufe aktiviert - es wird Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt.

Einspritzzeitpunkt und -dauer des jeweiligen Zylinders werden an den Betriebszustand angepasst (Drehzahl, Last und Motortemperatur).

Im Inneren des Injektors befindet sich eine Spule, die bei Bestromung ein Magnetfeld erzeugt. Dadurch wird ein Ventil geöffnet, was hydraulisch einen Hub der Düsennadel bewirkt und zur Einspritzung führt. Nähere

Informationen zu den Injektoren siehe Kapitel Kraftstoffaufbereitung.

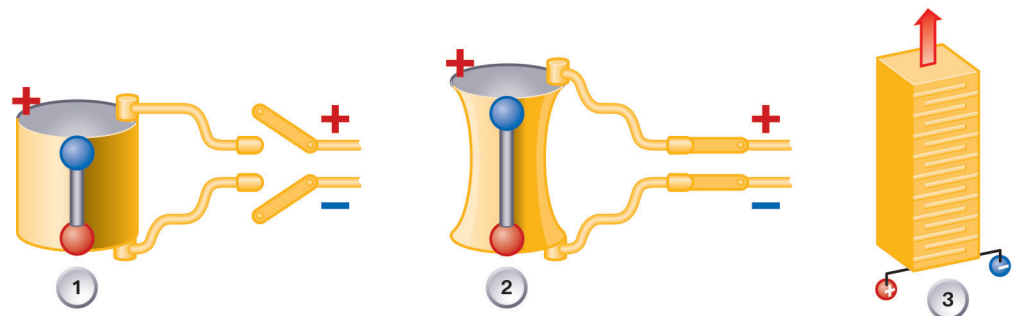
Die nötige Spannung zur Ansteuerung des MVI wird durch eine Endstufe je Injektor erreicht.

### PIEZO-Injektoren

Beim PIEZO-Injektor wird die Bewegung des Ventils nicht durch eine Magnetspule, sondern durch ein PIEZO-Element erzeugt.

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

Beim PIEZO-Element im Injektor wird Spannung angelegt, damit sich der Kristall dehnt. Um einen größeren Weg zu erreichen, ist das PIEZO-Element in 264 Schichten aufgebaut.



119 - Verhalten eines PIEZO-Elements

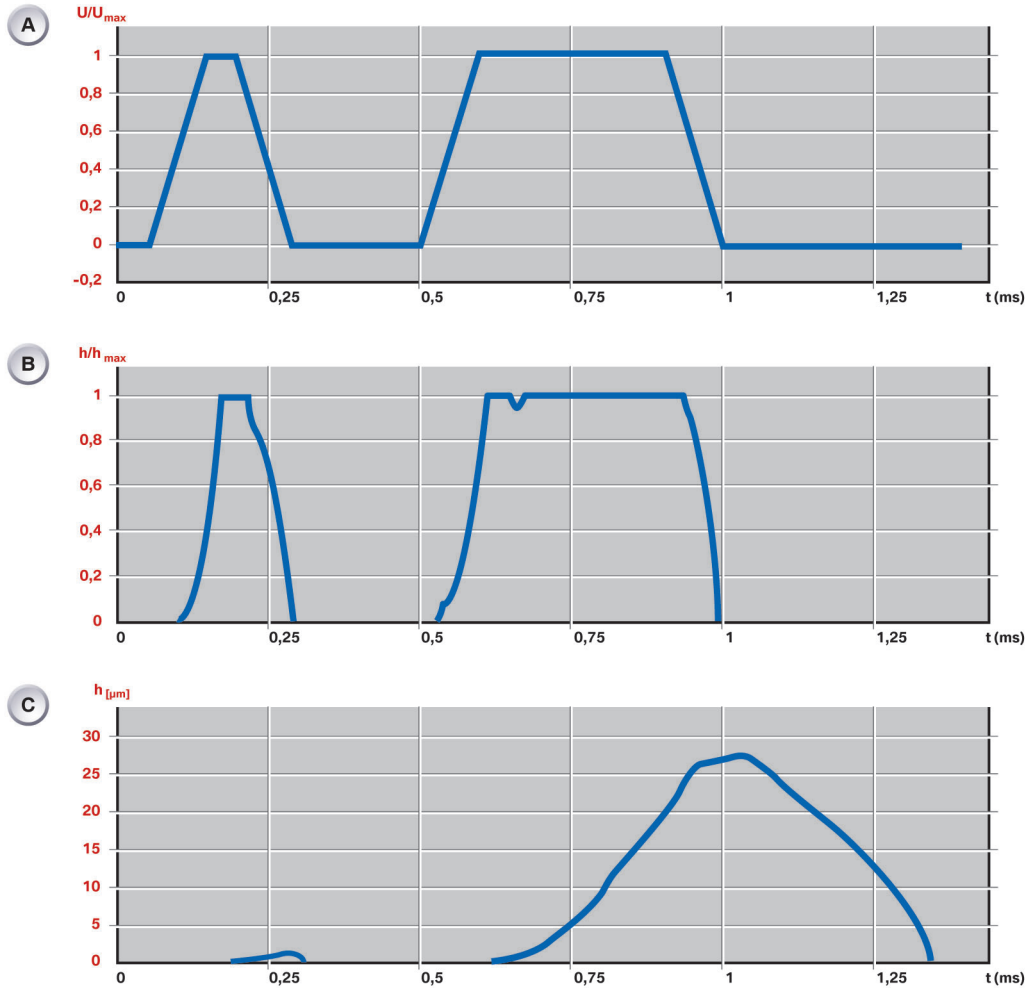
TD04-6027

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	PIEZO-Kristall unbestromt	3	Schichtaufbau eines PIEZO-Elements
2	PIEZO-Kristall bestromt		

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 PIEZO-Element 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.

Die nachfolgende Grafik zeigt qualitativ die Ansteuerung von PIEZO-Injektoren.



TDC04-6028

120 - Ansteuerung der PIEZO-Injektoren

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

---

## Elektrolüfter

Der Elektrolüfter besitzt eine eigene Endstufe. Er wird von der DDE über ein PWM-Signal angesteuert. Dieses Signal gibt die Sollvorgabe der benötigten Kühlleistung aus. Die

Steuerung des Elektrolüfters setzt dies in eine entsprechende Drehzahl um.

Angetrieben wird der Elektrolüfter von einem Gleichstrommotor, dessen Leistung sich nach Fahrzeug und Ausstattung richtet.

---

## Abgasturbolader

Auch den N47 Motor besitzt einen Turbolader mit variabler Leitschaufelgeometrie (Variable Nozzle Turbine, VNT). Der Verstellung der Leitschaufeln erfolgt elektrisch. Gegenüber einer pneumatischen Verstellung ergibt sich die Möglichkeit einer exakteren Regelung des Ladedrucks.

Die Ansteuerung des Stellmotors erfolgt von der DDE über ein PWM-Signal. Der

Positionsregler und die Diagnosefunktionen sind im Stellmotor integriert.

Bei einer Fehlfunktion wird das PWM-Signal von der internen Positionsregelung des Stellmotors für 0,5 bis 2 Sekunden (je nach Fehlermeldung) auf Masse gezogen. Hierdurch erkennt die DDE einen Fehler der elektrischen Leitschaufelverstellung.

---

## Generator

Der Generator tauscht über eine bitserielle Datenschnittstelle mit dem DDE-Steuergerät Daten aus. Der Generator übermittelt dem DDE-Steuergerät Informationen wie z. B. Typ und Hersteller. Dadurch passt das DDE-Steuergerät die Regelung des Generators an den eingebauten Generatortyp an.

Der Generator ist über die bitserielle Datenschnittstelle BSD mit der DDE verbunden. Der Datenaustausch erfolgt bidirektional. Somit kennt die DDE den Zustand des Generators und kann regelnd eingreifen.

---

## Mengenregelventil

Das Mengenregelventil (Zumesseinheit, ZME) ist in die Kraftstoffhochdruckpumpe integriert. Es begrenzt bedarfsabhängig die Kraftstoffmenge, die an die Hochdruckpumpe abgegeben wird. Dies erhöht vor allem im

Teillastbereich den Wirkungsgrad der Hochdruckpumpe.

Angesteuert wird das Mengenregelventil kennfeldabhängig über ein PWM-Signal.

---

## Starter

Der Starter wird vom CAS angesteuert. Die DDE besitzt für diese Funktion eine Anschlussleitung zum CAS. Wird auf diese Leitung 12 V Bordnetzspannung von der DDE geschaltet, so erkennt das CAS-System, dass

die DDE die Funktion des Anlassers anfordert. Wird Masse auf die Leitung geschaltet, so erkennt das CAS, dass die DDE den Anlassvorgang beenden möchte.

---

## Kraftstofftemperatur- und -drucksensor

Kraftstofftemperatur und -druck werden von einem kombinierten Sensor erfasst, der im Kraftstoffvorlauf direkt vor der Hochdruckpumpe untergebracht ist.

Dieses Bauteil hat nur einen Anschluss für Masse, die sich die einzelnen Sensoren dann teilen. Für den Kraftstoffdrucksensor gibt es eine Spannungsversorgung. Zudem gibt es je Sensor einen Signalausgang. Der kombinierte Sensor hat daher vier Anschlüsse.

### Kraftstofftemperatursensor

Der Kraftstofftemperatursensor misst die Kraftstofftemperatur vor der Hochdruckpumpe. Er dient dem Motorüberhitzungsschutz und der Einspritzmengenberechnung.

Der Kraftstofftemperatursensor wird von der DDE mit Masse versorgt. Der zweite Anschluss ist mit einer Spannungsteilerschaltung in der DDE verbunden.

Er enthält einen temperaturabhängigen Widerstand, der in den Kraftstoff ragt und dessen Temperatur annimmt.

Der Widerstand hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (NTC). Das bedeutet, dass der Widerstand mit zunehmender Temperatur kleiner wird.

Der Widerstand ist Teil einer Spannungsteilerschaltung, die mit 5 V von der

DDE versorgt wird. Die elektrische Spannung am Widerstand ist von der Kraftstofftemperatur abhängig. In der DDE ist eine Tabelle gespeichert, die zu jedem Spannungswert die dazugehörige Temperatur angibt und damit den nichtlinearen Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und Temperatur kompensiert.

Der Widerstand verändert sich temperaturabhängig von  $75,5 \text{ k}\Omega$  bis  $87,6 \Omega$ , was einer Temperatur von  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  entspricht.

### Kraftstoffdrucksensor

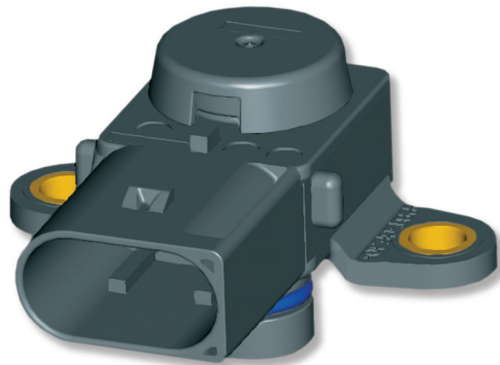
Der Kraftstoffdrucksensor misst den Druck im Kraftstoffniederdrucksystem vor der Hochdruckpumpe. Der Kraftstoffdruck wird von der DDE herangezogen, um die elektrische Kraftstoffpumpe bedarfsgerecht anzusteuern.

Der Kraftstoffdrucksensor erhält von der DDE Masse und eine Versorgungsspannung von 5 V. Er übermittelt ein Spannungssignal an die DDE.

Eine Blechmembran wandelt den Kraftstoffdruck in einen Weg um. Dieser Weg wird von vier druckempfindlichen Widerständen in ein Spannungssignal umgesetzt.

## Bremsunterdrucksensor (nur MSA)

Der Bremsunterdrucksensor ist ein neues Bauteil, das für die Funktion der Motor-Start-Stopp-Automatik (MSA) zum Einsatz kommt.



121 - Bremsunterdrucksensor

Durch den Bremsunterdrucksensor wird sicher gestellt, dass bei MSA-Funktion immer genug Unterdruck für die Bremskraftunterstützung zur Verfügung steht. Sollte ein definierter Wert unterschritten werden, wird der Motor von der MSA gestartet.

Der Bremsunterdrucksensor befindet sich neben den Bremskraftverstärker.

Er erhält Masse und eine Versorgungsspannung von 5 V von der DDE.

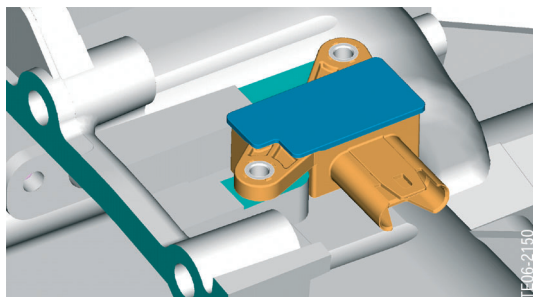
Im Sensor wandelt eine Blechmembran den Unterdruck in einen Weg um. Dieser Weg wird von vier druckempfindlichen Widerständen in das Spannungssignal umgesetzt und an die DDE gesendet.

TE06-2120

## Nullgangsensor (nur MSA)

Der Nullgangsensor ist ebenfalls neu und kommt nur in Verbindung mit der MSA zum Einsatz.

Er stellt sicher, dass die MSA den Motor nur startet, wenn kein Gang eingelegt ist.

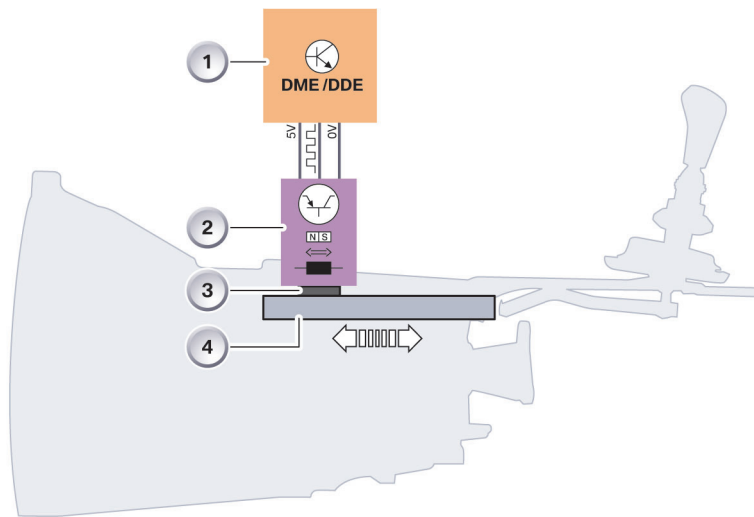


122 - Nullgangsensor

Der Nullgangsensor ist oben am Getriebegehäuse verbaut und hat die Aufgabe, die Leerlaufstellung des Schalthebels zu erkennen. Es handelt sich um einen PLCD-Sensor (Permanentmagnetic Linear Contactless Displacement Sensor).

TE06-2130





TE06-2148

123 - Funktionsprinzip  
Nullagesensor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Digitale Diesel Elektronik (DDE)	3	Magnet
2	PLCD-Sensor	4	Schaltstange

Durch die Bewegung des Schalthebels verschiebt sich die Schaltstange und damit der Magnet im Getriebe. Über den PLCD-

Sensor kann die DDE die Position des Schalthebels erkennen.

Genauer zum Nullagesensor finden Sie in der Unterlage Motor-Start-Stopp-Automatik.

## AGR-Ventil

Das AGR-Ventil wird durch Unterdruck geöffnet. Die Unterdruckdose des AGR-Ventils wird von einem elektropneumatischen Druckwandler (EPDW) mit dem entsprechenden Unterdruck beaufschlagt.

Der EPDW wird von der DDE über ein PWM-Signal mit einem Tastverhältnis von 5 bis 94 % angesteuert. Er wandelt das Signal in einen entsprechenden Unterdruck um.

Bei 5 % ist das AGR-Ventil geschlossen, bei 94 % voll geöffnet.

---

## AGR-Wegsensor

Der Weg, den das AGR-Ventil öffnet, wird vom AGR-Wegsensor aufgenommen. Dadurch kann die AGR-Rate exakter dosiert werden.

Der AGR-Wegsensor sitzt an der Unterdruckdose des AGR-Ventils.

Der Sensor wird von der DDE mit Masse und einer Spannung von 5 V versorgt. Es handelt es sich um ein Potenziometer.

Im Potenziometer befindet sich ein definierter Widerstand in der Schaltung von der Versorgungsspannung nach Masse. Ein Schleifkontakt nimmt Spannung auf der Länge des Widerstands ab. Dieser Schleifkontakt bewegt sich mit dem Weg des AGR-Ventils mit.

Damit ist die abgegriffene Spannung proportional zum Weg des AGR-Ventils.

---

## AGR-Bypass-Ventil

Damit in bestimmten Betriebssituationen ungekühltes Abgas der Frischluft beigemengt werden kann, hat der N47 Motor in der oberen Leistungsstufe mit manuellem Getriebe erstmals einen AGR-Kühler-Bypass.

Damit kann das Abgas den AGR-Kühler umgehen.

Das AGR-Bypass-Ventil wird von einer Unterdruckdose geöffnet und durch Federkraft geschlossen. Es gibt nur die Stellungen geöffnet und geschlossen. Die Unterdruckdose wird von einem elektropneumatischen Umschaltventil mit dem nötigen Unterdruck versorgt.

Das elektropneumatische Umschaltventil wird von der DDE geschaltet.

---

## Drallklappensteller

Die Drallklappen werden von einem Gleichstrommotor verstellt. Dieser sitzt am vorderen Ende des Sammlers für Ansaugluft.

Der Gleichstrommotor wird über ein PWM-Signal von 5 bis 95 % Tastverhältnis angesteuert. Bei 5 % sind die Drallklappen geöffnet, bei 95 % sind sie geschlossen.

Im stromlosen Zustand sind die Drallklappen geöffnet.

### Drallklappensensor

Die Position der Drallklappen wird berührungslos vom Drallklappensensor

gemessen, der sich im Gehäuse des Drallklappenstellers befindet.

Durch den Drallklappensensor lassen sich Drallklappen präziser steuern, wodurch die Schadstoffemissionen gesenkt werden können.

Beim Drallklappensensor handelt es sich um einen Hall-Sensor. Er wird von der DDE mit einer Spannung von 5 V und Masse versorgt.

Der Sensor liefert ein analoges Signal zur DDE.

---

## Glühsteuergerät (GSG)

Das am Ölfiltergehäuse angebrachte diagnosefähige Glühsteuergerät kommuniziert mit der DDE über den LIN Bus.

Zusätzlich wird von der DDE die Masse bereitgestellt.

Das Glühsteuergerät ist zudem noch an Klemme 15 und über einen zusätzlichen "Hochstromanschluss" an Klemme 30 angeschlossen.

Das Glühsteuergerät ist von seiner mechanischen und elektrischen Gestaltung so ausgelegt, dass ein motornaher Anbau möglich ist. Dadurch ergeben sich kürzere Leitungen vom GSG zu den Glühstiften.

Die Heizleistung wird in Abhängigkeit bestimmter Betriebszustände wie z. B. Temperatur, Drehzahl und Last des Motors von der DDE ermittelt und über den LIN Bus an das GSG weitergeleitet. Das Glühsteuergerät setzt die Anforderung um und meldet Diagnose- und Zustandsinformationen nach Aufforderung an die DDE zurück.

### Ansteuerung der Glühstifte

Das Glühsteuergerät erhält die Glühforderungen für die verschiedenen Glühfunktionen, wie z. B. Start-, Betriebs- oder Diagnoseglühen von der DDE.

Die Glühstifte werden pulsweitenmoduliert vom GSG angesteuert. Jeder Glühstift wird individuell durch eine dem Glühstift zugeordneten Endstufe ein- und

ausgeschaltet. Durch die Pulsweitenmodulation kann die Effektivspannung (Nutzspannung) an den Glühstiften so verändert werden, dass sich eine gleichbleibende Temperatur von ca. 1200 °C über den gesamten Betriebsbereich des Motors einstellt.

Durch die PWM-Ansteuerung wird die Spannung an den Glühstiften konstant gehalten, sodass Spannungsschwankungen im Bordnetz keinen Einfluss auf die Glühstifte und deren Temperatur haben.

Im getakteten Betrieb werden die Glühstifte nicht alle gleichzeitig ein- und ausgeschaltet, sondern nacheinander, um Störungen im Bordnetz durch periodisches Ein- und Ausschalten sehr hoher Ströme zu vermeiden.

### Keramik Glühstifte

Beim N47 Motor kommen neue Keramik Glühstifte zum Einsatz. Sie zeichnen sich durch eine höhere Temperatur, einen geringen Energiebedarf und kurzen Ansprechzeit aus.

Bei diesen Glühstiften besteht die Spitze aus einem Keramikwerkstoff, der eine Temperatur von 1200 °C ermöglicht (Vorgänger: 1000 °C).

Zudem zeichnen sich die Keramik Glühstifte durch eine hohe Lebensdauer aus. Allerdings ist ein sorgsamer Umgang nötig, da die Keramikspitze sehr bruchempfindlich ist.



# Servicehinweise. N47 Motor.

## Systemkomponenten

### Kurbelgehäuse

#### Versteifungsschale

⚠ Vor dem Verbau müssen die Distanzhülsen in der Versteifungsschale unbedingt ganz eingedreht sein, sonst kann es

zu Beschädigungen kommen. Beachten Sie unbedingt die Vorgehensweise in der Reparaturanleitung. ◀



TE06-0645

### Ölwanne

⚠ Damit die Funktion der Dichtung sichergestellt ist, darf bei der Montage kein Öl auf die Gummierung gelangen. Unter Umständen könnte die Dichtung von der Dichtfläche gleiten. Deshalb müssen die Flanschflächen direkt vor der Montage

gereinigt werden. Zudem muss gewährleistet sein, dass das Öl aus dem Motor abgetropft ist, damit bei der Montage weder die Flanschflächen noch die Dichtung mit Öl benetzt werden. ◀

### Kurbelwelle mit Lager

#### Dreistofflager

⚠ Ein umsichtiger Umgang mit den Lagerschalen ist von größter Bedeutung, da die sehr dünne Lagermetallschicht nicht in der Lage ist, plastische Verformungen auszugleichen. ◀

#### Axiallager

⚠ Es ist wichtig, dass eine Benetzung mit Motoröl sichergestellt ist. Auch beim Ausfall eines Axiallagers ist Überhitzung in der Regel die Ursache.

Ein verschlissenes Axiallager hat eine Geräusentwicklung vor allem im Bereich des Schwingungsdämpfers zur Folge. Ein weiteres Symptom können Fehler am Kurbelwellensensor sein, was sich bei Automatikfahrzeugen durch harte Schaltstöße äußert. ◀

---

## Pleuel mit Lager

### Gecrackte Pleuel

⚠ Wird ein Pleuellagerdeckel seitenverkehrt oder auf eine andere Pleuelstange montiert, wird die Bruchstruktur beider Teile zerstört und der Deckel ist nicht zentriert. In diesem Fall muss der gesamte Satz Pleuel durch komplette Neuteile ersetzt werden. ◀

### Verschraubung

⚠ Detaillierte Angaben zur Verschraubung der Pleuel wie Anziehvorschrift etc. entnehmen Sie dem TIS. ◀

Wenn ein **neuer Satz Pleuel** eingebaut wird:

Die Pleuelschrauben dürfen beim Einbau der Pleuel nur noch einmal zur Lagerspielprüfung und dann zur endgültigen Montage angezogen werden. Da die Pleuelschrauben bei der Bearbeitung der Pleuel schon dreimal

verschraubt waren, haben sie ihre maximale Zugfestigkeit erreicht.

Wenn die Pleuel wiederverwendet werden und **nur die Pleuelschrauben** erneuert wurden:

Die Pleuelschrauben müssen nach der Lagerspielmessung nochmal angezogen, wieder gelockert und durch den dritten Anzug auf die maximale Zugfestigkeit gebracht werden.

⚠ Wenn die Pleuelschrauben nicht mindestens dreimal oder öfter als fünfmal festgezogen wurden, führt dies zum Motorschaden. ◀

### Gewichtsklassifizierung

⚠ In einem Motor dürfen nur Pleuel der gleichen Gewichtsgruppe verbaut werden. ◀

---

## Kolben mit Ringen und Bolzen

### Kolbenringe

⚠ Nasenminutenringe dürfen nicht verkehrt herum eingesetzt werden. Der Absatz muss nach unten gerichtet sein. Eine Falschmontage führt zum Motorschaden ◀

⚠ Ein beschädigter oder gebrochener Ölabstreifring wird im montierten Zustand nicht erkannt. Die Auswirkungen zeigen sich erst nach einer gewissen Laufleistung. ◀

---

## Riementrieb und Nebenaggregate

⚠ Bei der Montage der Nebenaggregate muss besonders auf die richtige Positionierung geachtet werden. Ein Riemenscheibenfluchtungsfehler würde zu

Riemengeräuschen und schließlich zu einem Riemenschaden führen.

Beachten Sie hierzu die Vorgehensweise in der Reparaturanleitung ◀

---

## Ölspritzdüsen und Kolbenkühlventil

### Ölspritzdüse zur Kolbenkühlung

⚠ Um eine optimale Kühlung zu erreichen, ist eine exakte Positionierung der Ölspritzdüsen erforderlich.

Verbogene oder beschädigte Ölspritzdüsen unbedingt austauschen, da es sonst zu einem Motorschaden kommen kann.

Die Positionierung wird mithilfe eines Spezialwerkzeugs durchgeführt. Bitte die Reparaturanleitung beachten. ◀

### Ölspritzdüse zur Steuerkettenschmierung

⚠ Fällt die Kette bei Montagearbeiten in das Kurbelgehäuse, kann die Ölspritzdüse beschädigt werden. ◀

---

## Ölüberwachung

### Öldruckschalter

⚠ Ist der Stecker des Öldruckschalters nicht aufgesteckt, erfolgt keine Öldruckwarnung. ◀

### Ölstandsmessung

⚠ Die Vorgehensweise bei der Ölstandsmessung ist der Bedienungsanleitung zu entnehmen.

Der Ölverbrauch ist abhängig von der Fahrweise und den Einsatzbedingungen. ◀

Eine etwaige Ölverbrauchsbeanstandung ist oftmals auf eine falsche Meßmethode zurückzuführen. Die genaue Ölverbrauchsmessung ist dem TIS zu entnehmen.

⚠ Eine Ölverbrauchsmessung sollte frühestens nach einer Laufstrecke von 7500 Km durchgeführt werden, da erst dann der Einlaufprozess des Motors weitgehend

abgeschlossen ist und der Ölverbrauch sich stabilisiert hat. ◀

⚠ Die obere Markierung des Messstabs nicht überschreiten, sonst kann es durch zu viel eingefülltes Öl zu Motorschäden kommen. ◀

⚠ Der Ölmesstab hat einen unauffälligen schwarzen Griff, da er nur noch für den Service vorgesehen ist. ◀

### Elektronische Ölniveaumessung

⚠ Nach Austausch oder Neuprogrammierung des Motorsteuergeräts ist zunächst kein Ölstand gespeichert, es wird daher "Ölstand unter Minimum" angezeigt. Erst nach ca. 5 Minuten Motorlauf wird der korrekte Ölstand angezeigt. ◀

⚠ Zu viel eingefülltes Öl ist schädlich für den Motor. Fahrzeug umgehend überprüfen lassen. ◀

---

## Ansaugsystem

⚠ Ist das Reinluftrohr nach dem Anschluss Blow-by-Gase stark verölt, so kann auf erhöhte Blow-by-Gase geschlossen werden. Ursache hierfür ist in der Regel eine Undichtigkeit am Motor (z. B.

Kurbelwellendichtring) oder Falschlucht über die Unterdruckleitungen. Ein verölter Abgasturbolader ist dann eine Folgeerscheinung und deutet nicht auf einen Defekt am Abgasturbolader hin. ◀

---

## Abgassystem

⚠ Ist der Schwefelgehalt im Dieseldieselkraftstoff > 50 - 100 ppm so kann es zu starker weißer

Rauchentwicklung und Schwefelgeruch am Abgasanlagenendrohr kommen. ◀

---

## Komponenten im Kühlkreislauf

### Kühlmittelpumpe

⚠ In der Vergangenheit wurden häufig Kühlmittelpumpen aufgrund von Kühlmittelspuren getauscht. Leichte Kühlmittelspuren sind jedoch wegen der Funktionsleckage der Gleitringdichtung zulässig.

Die maximal zulässige Kühlmittleckage liegt bei 800 mg/h, dies entspricht einem Tropfen von etwas mehr als 1 cm Durchmesser pro Stunde. ◀

### Ausgleichsbehälter

⚠ Den Deckel des Ausgleichsbehälters niemals bei heißem Motor öffnen.

Der Grund hierfür ist nicht nur die Verbrühungsgefahr. In höher gelegenen Bereichen des Kühlmittelkreislaufes (z. B. Zylinderkopf) können aufgrund des Druckverlustes Gasblasen entstehen. An dieser Stelle ist die ausreichende Wärmeabfuhr nicht gewährleistet. Überhitzung ist die Folge. ◀

---

## Kühlmodul

### Elektrolüfter

⚠ Beim Tragen des Elektrolüfters nicht in den Lüfterring greifen, da dieser brechen kann. ◀

---

## Funktionen der Motorelektrik

### Spannungsversorgung

⚠ Bei fehlerhafter Start-Load-Response-Funktion kann das Startverhalten stark beeinträchtigt werden. ◀

eingehalten werden. Das benötigte Steuergerät muss genau für das Fahrzeug bestellt werden. Dazu sind die Fahrzeugdaten (Fahrgestellnummer) erforderlich. Ein EWS-Abgleich ist nach Steuergerätaustausch nicht notwendig. ◀

### Elektronische Wegfahrsperrung (EWS)

⚠ Wenn das CAS oder die DDE defekt ist, muss eine bestimmte Vorgehensweise

---

## Sensoren und Aktuatoren

### Lambdasonde

⚠ Im Lambdasondenstecker integriert ist ein Abgleichwiderstand, der die Fertigungstoleranzen ausgleicht. Dieser ist mit dem noch freien Kontakt verbunden. ◀

⚠ Es ist sehr wichtig, dass der Kabelanschluss zur Lambdasonde frei von Verunreinigung ist, damit Umgebungsluft in den Referenzluftkanal gelangen kann. Daher ist die Steckverbindung vor Verschmutzungen, (Wasch-, Konservierungsmittel usw.) zu schützen. ◀



# Testfragen. N47 Motor.

## Fragenkatalog

In diesem Abschnitt haben Sie die Möglichkeit, Ihr erworbenes Wissen zu überprüfen.

Es werden Fragen zum vorgestellten Thema N47 Motor gestellt.



Das erworbene Wissen vertiefen und nochmal überprüfen.

### 1. Aus welchem Material besteht das Kurbelgehäuse des N47 Motors?

- Grauguss
- Aluminium
- Magnesium.

### 2. Welche Besonderheiten weist der Riementrieb des N47 Motors auf?

- Der Klimakompressor wird nun über einen Elastrriemen angetrieben
- Falls ein Klimakompressor vorhanden ist, ist der Keilrippenriemen doppelseitig ausgeführt
- Generator und Klimakompressor werden über Distanzhülsen richtig positioniert
- Alle Nebenaggregate (Generator, Klimakompressor und Lenkhilfpumpe) werden an der linken Motorseite angebaut.

### 3. Wo befindet sich der erste Zylinder beim N47 Motor?

- Gegenüber der Kraft abgebenden Seite (vorne)
- Nächstmöglich am Steuertrieb (hinten).

### 4. Welche Bauformen beschreiben das Kurbelgehäuse des N47 Motors?

- Open-Deck
- Closed-Deck
- Kurbelgehäuse mit Ober- und Unterteil
- Kurbelgehäuse mit heruntergezogenen Seitenwänden.

### 5. Welche Aussagen bezüglich der Kurbelgehäuseentlüftung und Ölabscheidung sind richtig?

- Ein Überströmventil sorgt bei zu hohem Überdruck im Kurbelgehäuse dafür, dass kein Öl in den Ansaugkanal gelangt
- Garnwickelabscheider sorgen für die Feinabscheidung
- Ein Druckregelventil sorgt für den richtigen Unterdruck im Kurbelgehäuse
- An den Wänden des Beruhigungsraums findet eine Vorabscheidung statt.

**6. Welche der folgenden Aussagen stimmen bezüglich der Ausgleichswellen?**

- Beide Ausgleichswellen haben die gleiche Drehrichtung
- Beide Ausgleichswellen laufen mit der gleichen Drehzahl
- Die Ausgleichswellen befinden sich in der Ölwanne
- Die Ausgleichswellen sind nadelgelagert
- Die Ausgleichswellen werden von vorne in das Kurbelgehäuse eingeschoben.

**7. Was ist die Besonderheit bei der Ölpumpe des N47 Motors?**

- Es handelt sich um eine kennfeldgeregelte Ölpumpe
- Sie bildet eine Einheit mit der Vakuumpumpe
- Sie ist volumenstromgeregelt
- Das Druckbegrenzungsventil besitzt einen Stufenkolben, der mit Öl vor und nach dem Filter beaufschlagt wird.

**8. Wozu dient das Bypass-Ventil im AGR-Kühler?**

- Durch die Rückführung von ungekühltem Abgas wird der Katalysator schneller auf Betriebstemperatur gebracht
- Es führt das Kühlmittel in einen Bypass im AGR-Kühler
- Es führt das Abgas in einen Bypass im AGR-Kühler
- Durch die Umgehung des AGR-Kühlers lässt sich die Kühlmitteltemperatur besser regeln.

**9. Welche Kombinationen bezüglich des Kraftstoffsystems kommen beim N47 Motor zum Einsatz?**

- Untere Leistungsstufe mit Magnetventil-Injektoren und 1800 bar
- Obere Leistungsstufe mit PIEZO-Injektoren und 2000 bar
- Untere Leistungsstufe mit PIEZO-Injektoren und 1600 bar
- Untere Leistungsstufe mit Magnetventil-Injektoren und 1600 bar
- Obere Leistungsstufe mit Magnetventil-Injektoren und 1800 bar
- Obere Leistungsstufe mit PIEZO-Injektoren und 1800 bar.

## Antworten zum Fragenkatalog



Check it!

### 1. Aus welchem Material besteht das Kurbelgehäuse des N47 Motors?

- Grauguss
- Aluminium
- Magnesium.

### 2. Welche Besonderheiten weist der Riementrieb des N47 Motors auf?

- Der Klimakompressor wird nun über einen Elastrriemen angetrieben
- Falls ein Klimakompressor vorhanden ist, ist der Keilrippenriemen doppelseitig ausgeführt
- Generator und Klimakompressor werden über Distanzhülsen richtig positioniert
- Alle Nebenaggregate (Generator, Klimakompressor und Lenkhilfpumpe) werden an der linken Motorseite angebaut.

### 3. Wo befindet sich der erste Zylinder beim N47 Motor?

- Gegenüber der Kraft abgebenden Seite (vorne)
- Nächstmöglich am Steuertrieb (hinten).

### 4. Welche Bauformen beschreiben das Kurbelgehäuse des N47 Motors?

- Open-Deck
- Closed-Deck
- Kurbelgehäuse mit Ober- und Unterteil
- Kurbelgehäuse mit heruntergezogenen Seitenwänden.

### 5. Welche Aussagen bezüglich der Kurbelgehäuseentlüftung und Ölabscheidung sind richtig?

- Ein Überströmventil sorgt bei zu hohem Überdruck im Kurbelgehäuse dafür, dass kein Öl in den Ansaugkanal gelangt
- Garnwickelabscheider sorgen für die Feinabscheidung
- Ein Druckregelventil sorgt für den richtigen Unterdruck im Kurbelgehäuse
- An den Wänden des Beruhigungsraums findet eine Vorabscheidung statt.

**6. Welche der folgenden Aussagen stimmen bezüglich der Ausgleichswellen?**

- Beide Ausgleichswellen haben die gleiche Drehrichtung
- Beide Ausgleichswellen laufen mit der gleichen Drehzahl
- Die Ausgleichswellen befinden sich in der Ölwanne
- Die Ausgleichswellen sind nadelgelagert
- Die Ausgleichswellen werden von vorne in das Kurbelgehäuse eingeschoben.

**7. Was ist die Besonderheit bei der Ölpumpe des N47 Motors?**

- Es handelt sich um eine kennfeldgeregelte Ölpumpe
- Sie bildet eine Einheit mit der Vakuumpumpe
- Sie ist volumenstromgeregelt
- Das Druckbegrenzungsventil besitzt einen Stufenkolben, der mit Öl vor und nach dem Filter beaufschlagt wird.

**8. Wozu dient das Bypass-Ventil im AGR-Kühler?**

- Durch die Rückführung von ungekühltem Abgas wird der Katalysator schneller auf Betriebstemperatur gebracht
- Es führt das Kühlmittel in einen Bypass im AGR-Kühler
- Es führt das Abgas in einen Bypass im AGR-Kühler
- Durch die Umgehung des AGR-Kühlers lässt sich die Kühlmitteltemperatur besser regeln.

**9. Welche Kombinationen bezüglich des Kraftstoffsystems kommen beim N47 Motor zum Einsatz?**

- Untere Leistungsstufe mit Magnetventil-Injektoren und 1800 bar
- Obere Leistungsstufe mit PIEZO-Injektoren und 2000 bar
- Untere Leistungsstufe mit PIEZO-Injektoren und 1600 bar
- Untere Leistungsstufe mit Magnetventil-Injektoren und 1600 bar
- Obere Leistungsstufe mit Magnetventil-Injektoren und 1800 bar
- Obere Leistungsstufe mit PIEZO-Injektoren und 1800 bar.



