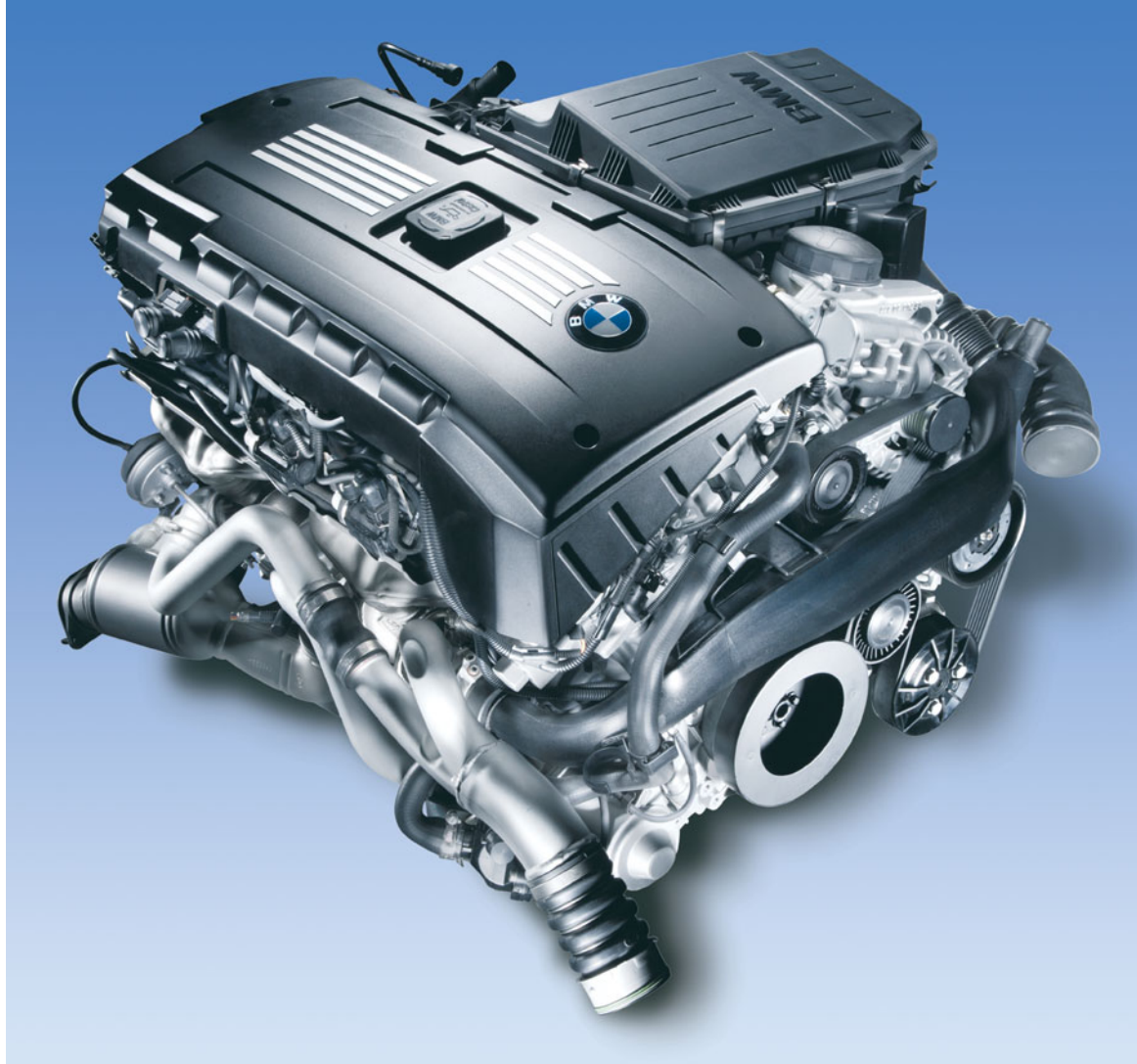


Aftersales Training - Produktinformation. N54 Motor.



BMW Service

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

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

Stand der Informationen: Juni 2006

Kontakt: conceptinfo@bmw.de

© 2006 BMW AG

München, Germany

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

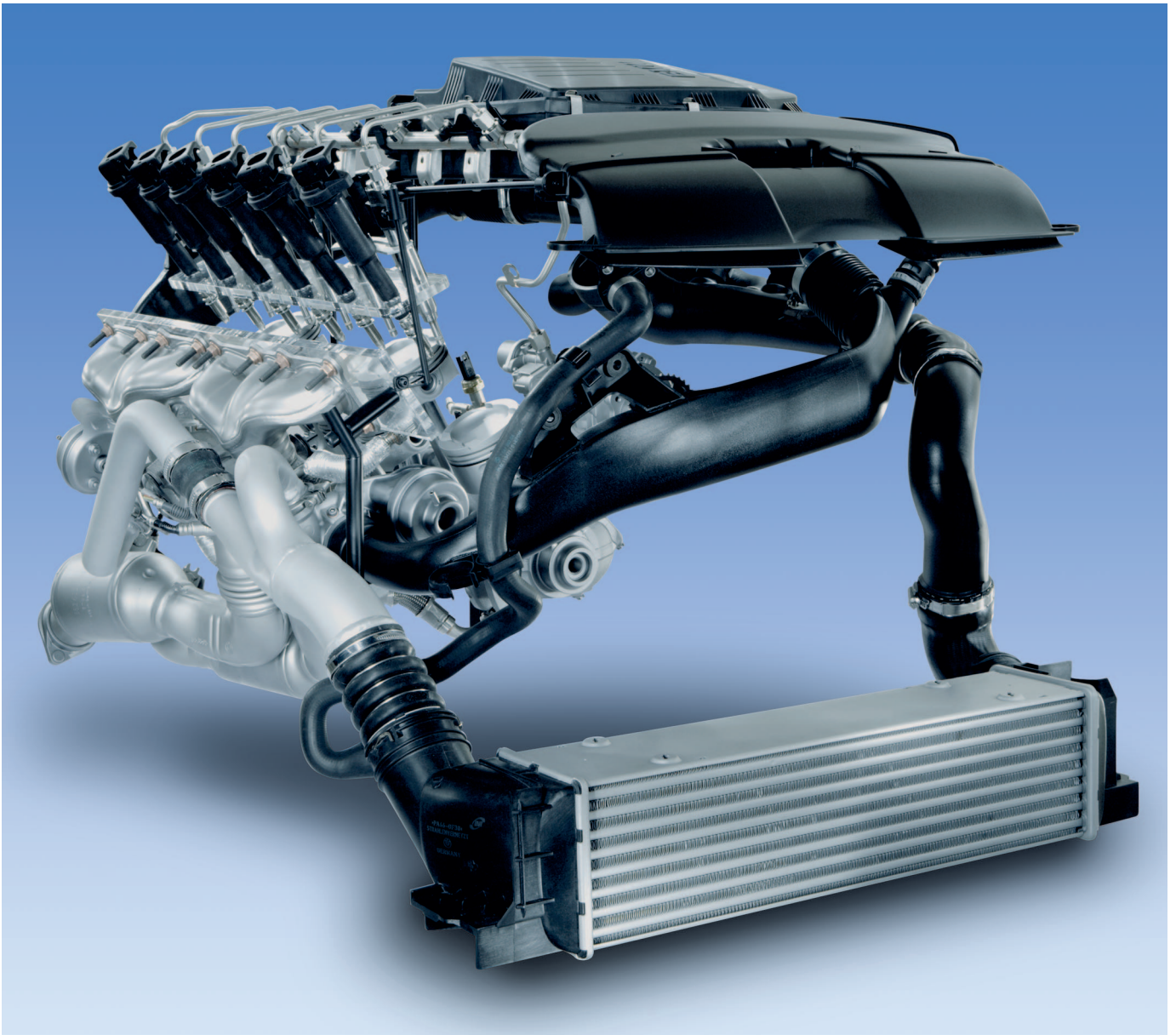
VS-12 Aftersales Training

Produktinformation. N54 Motor.

Der Stärkste in der Familie

Bi-Turbolader


Direkteinspritzung HPI



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 der 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.

N54 Motor.



Ziele

Produktinformation und Nachschlagewerk für die Praxis

1

1



Einleitung

6-Zylinder-Reihenmotor der neuen Generation

3

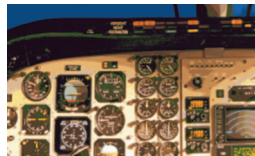
3

Effiziente Dynamik

4

Technische Daten

6



Systemübersicht

Eine kraftvolle Komposition

9

9



Systemkomponenten

11

Motormechanik

11

Verschraubungen

18

Zylinderkopf

19

VANOS

20

Kühlsystem

22

Wasserkühlung

24

Ansaugluft- und Abgassystem

31

Kraftstoffsystem

42

Motorsteuerung MSD80

56



Servicehinweise

57

Hinweise für den Service

57

Ziele. N54 Motor.

Produktinformation und Nachschlagewerk für die Praxis

Diese Produktinformation soll Ihnen den Aufbau, die Funktionen und die Zusammenhänge des N54 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 Einblicke in die technischen Zusammenhänge des

turboaufgeladenen Direkteinspritzers N54 Motors.

In Verbindung mit praktischen Übungen im Training soll die Produktinformation den Teilnehmer befähigen, Servicearbeiten an diesem Motor durchzuführen.

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



Bitte vergessen Sie nicht die Durcharbeitung der SIP (Schulungs- und Informationsprogramm) zu diesem Thema. Grundwissen bringt Sicherheit in Theorie und Praxis.

TE04-5832

Für das Verständnis empfohlene SIPs

- N52 Motor
- N73 Motor.

Einleitung. N54 Motor.

6-Zylinder-Reihenmotor der neuen Generation

Leistungsstarke Erweiterung der Motorenfamilie

Mit dem N54 Motor tritt ein weiteres Mitglied in die neue Generation der 6-Zylinder-Reihenmotorfamilie bei BMW ein. Dieser Motor setzt die mit dem N52 Motor umgesetzte Entwicklung einer hohen Dynamik unter geringem Schadstoffausstoß und niedrigem Kraftstoffverbrauch in besonderer Weise fort. Es galt bei der Entwicklung dieses Motors vielen Anforderungen gerecht zu werden. Hier seien die Reduktion der CO₂-Emissionen, der Wunsch nach mehr Fahrspaß durch gesteigerte Leistung bei niedrigem Kraftstoffverbrauch aber auch die sehr unterschiedlichen geltenden

Emissionsvorschriften in den unterschiedlichen Märkten genannt.

Den Konstrukteuren ist es mit dem N54 Motor gelungen, all diesen vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden und ein extrem leistungsstarkes Triebwerk zu realisieren.

Die Freude am Fahren wird für den Kunden mit diesem Antriebsaggregat zu einem Genuss.

Diesem gilt es für den Service sicher zu gewährleisten. Eine Herausforderung, der mit Fachkompetenz gerecht zu werden ist.



1 - N54 Motor

TO06-1777

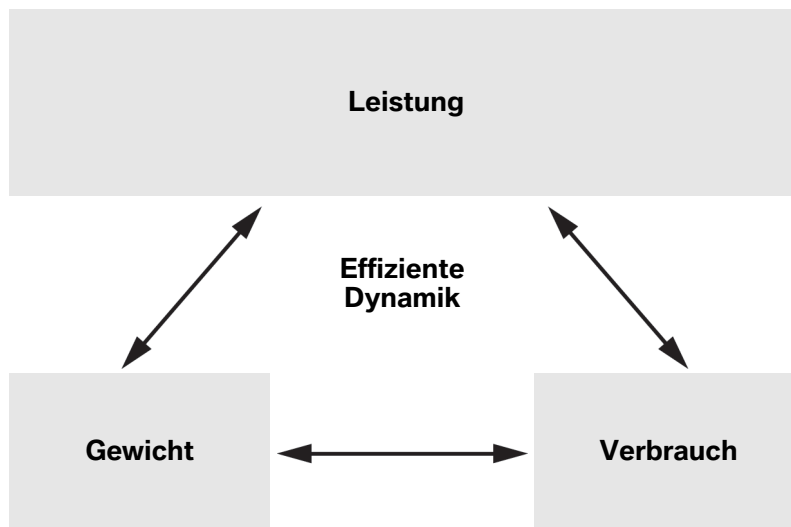
Effiziente Dynamik

Neue Potenziale erschließen

Effiziente Dynamik

Gesetzliche Vorgaben bilden den Rahmen, die Wünsche der Kunden bestimmen die Zielrichtung. Der zentrale Impuls für das Streben nach immer neuen Innovationen erwächst aus dem Selbstverständnis der Marke BMW, der technologischen Kompetenz des Unternehmens und den daraus abgeleiteten Ansprüchen an die Produkte. Freude am Fahren ist das Motiv, das nicht nur den Erwartungen der Kunden, sondern auch den Herausforderungen an die Ingenieure zu Grunde liegt.

Doch Fahrvergnügen wird heute nicht allein aus möglichst hoher Dynamik, sondern zunehmend auch aus gesteigerter Effizienz gewonnen. Zur bewusst empfundenen Freude am Fahren gehört auch die Gewissheit, den Spaß an der Dynamik nicht mit übermäßig hohem Kraftstoffkonsum erkaufen zu müssen. BMW hat daher das generelle Entwicklungsziel der effizienten Dynamik mit sehr klaren Vorgaben definiert. Jede neue Motorgeneration bietet die Voraussetzung für noch bessere Fahrleistungen. Zugleich sorgt jede neue Antriebseinheit aber immer auch für gesteigerte Wirtschaftlichkeit.



So erschließt BMW mit dem N54 Motor weitere Potenziale der Motorentechnik.

Das strahlgeführte Direkteinspritzverfahren High Precision Injektion (HPI) stellt eine nachhaltige Lösung zur Verbrauchsreduzierung dar. In Kombination mit diesem Einspritzsystem lassen sich prinzipielle Nachteile der Aufladung von Ottomotoren wie ein reduziertes Verdichtungsverhältnis und eine hohe Klopfneigung vermeiden. Es ist sichergestellt, dass die Potenziale der Aufladung zur Steigerung von Leistung und Drehmoment voll ausgeschöpft werden.

Der mit $\lambda = 1$ betriebene N54 Motor erschließt das Leistungspotenzial eines im Hubraum größeren Motors, vermeidet aber dessen Verbrauchsnachteile.

Technische Innovationen bei BMW bauen aufeinander auf und ergänzen sich. Der N54 Motor kommt mit den im N52 Motor eingeführten verbrauchsmindernden Technologien, der Volumenstrom geregelten Ölversorgung und des Wärmemanagements zum Einsatz.

Als neues Spitzentriebwerk mit Bi-Turbo-Technik und Benzin-Direkteinspritzung krönt der N54 Motor künftig die Palette der 6-Zylinder-Reihenmotoren von BMW. Mit einer Leistung von 225 kW/306 PS und einem maximalen Drehmoment von 400 Nm erfüllt die neue Antriebsvariante auch anspruchsvollste Wünsche nach spontaner und souveräner Kraftentfaltung.

Der erste 6-Zylinder-Reihenmotor mit Bi-Turbolader, High Precision Injection und Vollaluminium-Kurbelgehäuse begeistert mit einem bei aufgeladenen Motoren bisher nicht gekannten Ansprechverhalten und einer bis in hohe Drehzahlbereiche anhaltenden Durchzugskraft.

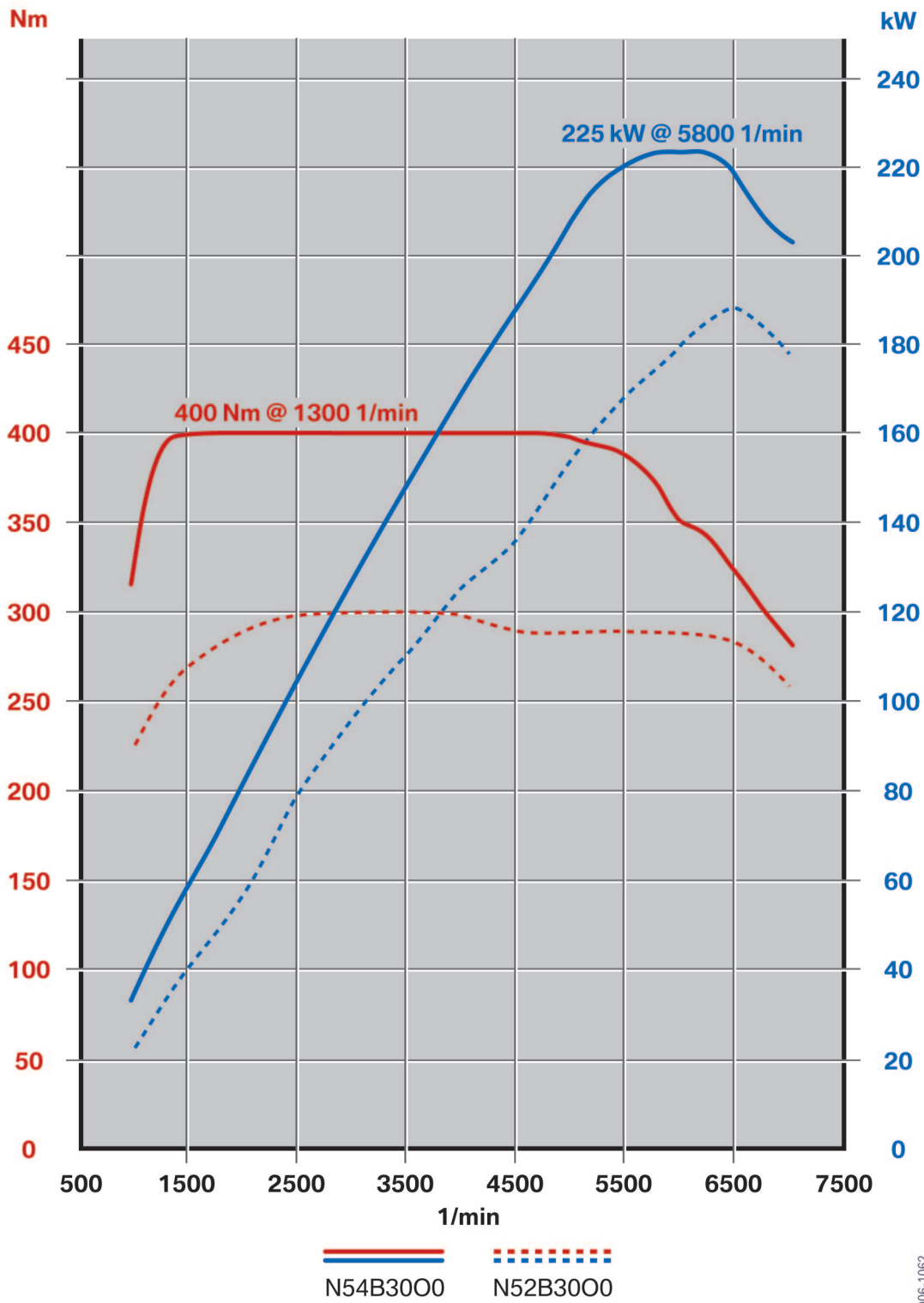
Zugleich glänzt das neue Turbotriebwerk mit der für die 6-Zylinder-Reihenmotoren von BMW typischen Laufruhe. Dass die gesteigerte Leistung auf besonders effiziente Weise realisiert wird, ist der High Precision Injection von BMW zu verdanken. Die zweite Generation der Benzin-Direkteinspritzung leistet einen wirksamen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Bi-Turbo-Triebwerks. Mit dieser Kombination schreiben die Ingenieure von BMW, 100 Jahre nach der Erfindung des Turbomotors, ein neues und besonders reizvolles Kapitel in der Geschichte aufgeladener Triebwerke.

Technische Daten

Tabellarische Übersicht N54 Motor

Bezeichnung	Wert
Bauart	6-Zylinder-Reihenmotor
Hubraum [cm ³]	2979
Bohrung/Hub [mm]	84/89,6
Zylinderabstand [mm]	91
Hauptlager Ø der KW [mm]	65
Pleuellager Ø der KW [mm]	50
Zündfolge	1-5-3-6-2-4
Leistung [kW/PS]	225/306
bei Drehzahl [U/min]	5800
Drehmoment [Nm]	400
bei Drehzahl [U/min]	1300-5000
Abregeldrehzahl [U/min]	7000
Leistungsgewicht [kg/kW]	0,83
Hubraumleistung [kW/l]	75,5
Verdichtungsverhältnis	10,2
Ventile/Zylinder	4
Einlassventil Ø [mm]	31,44
Auslassventil Ø [mm]	28
Nockenwellenöffnungswinkel E [KW]	125-70
Nockenwellenöffnungswinkel A [KW]	130-85
Nockenwellenspreizung E [°KW]	55
Nockenwellenspreizung A [°KW]	45
Motorgewicht [kg] (Baugruppe 11 bis 13)	187
Kraftstoffauslegung [ROZ]	98
Kraftstoff [ROZ]	95-98
Motoröl	Longlife-04 SAE 5W-30
Klopfregelung	Ja
Motorsteuerung	MSD80
Abgasgesetz EU	EURO4
Abgasgesetz US	ULEV2

Volllastdiagramm



2 - Leistungs-/Drehmomentdiagramm

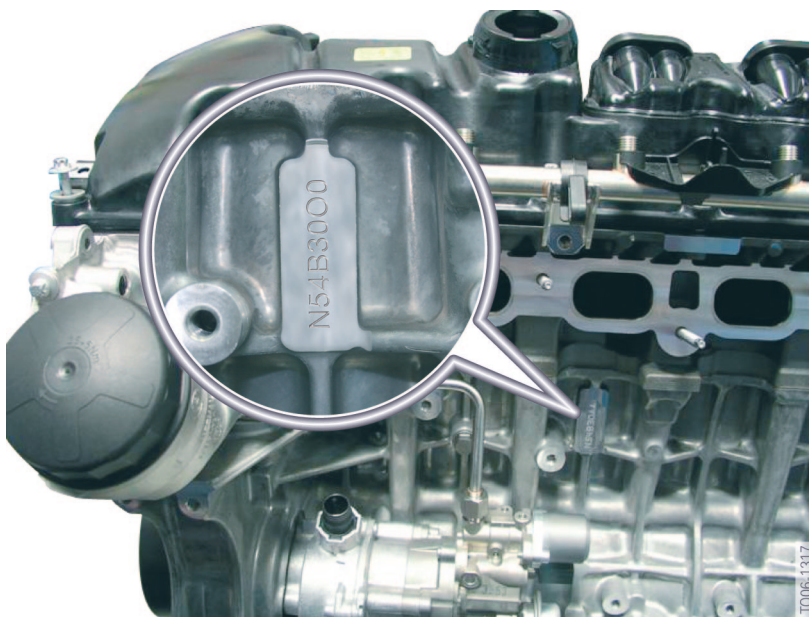
TO06-1062

Der N54 Motor verfügt in einem breiten Drehzahlbereich über ein starkes Drehmoment, dies steht bereits bei niedrigen Drehzahlen zur Verfügung.

In Verbindung mit der hohen Leistung wird deutlich, dass dieses Aggregat in allen Betriebszuständen einen sehr kraftvollen und dynamischen Antrieb gewährleistet.

Motorkennzeichnung

Die Motornummer ist oberhalb der Hochdruckpumpe in das Kurbelgehäuse eingeschlagen.



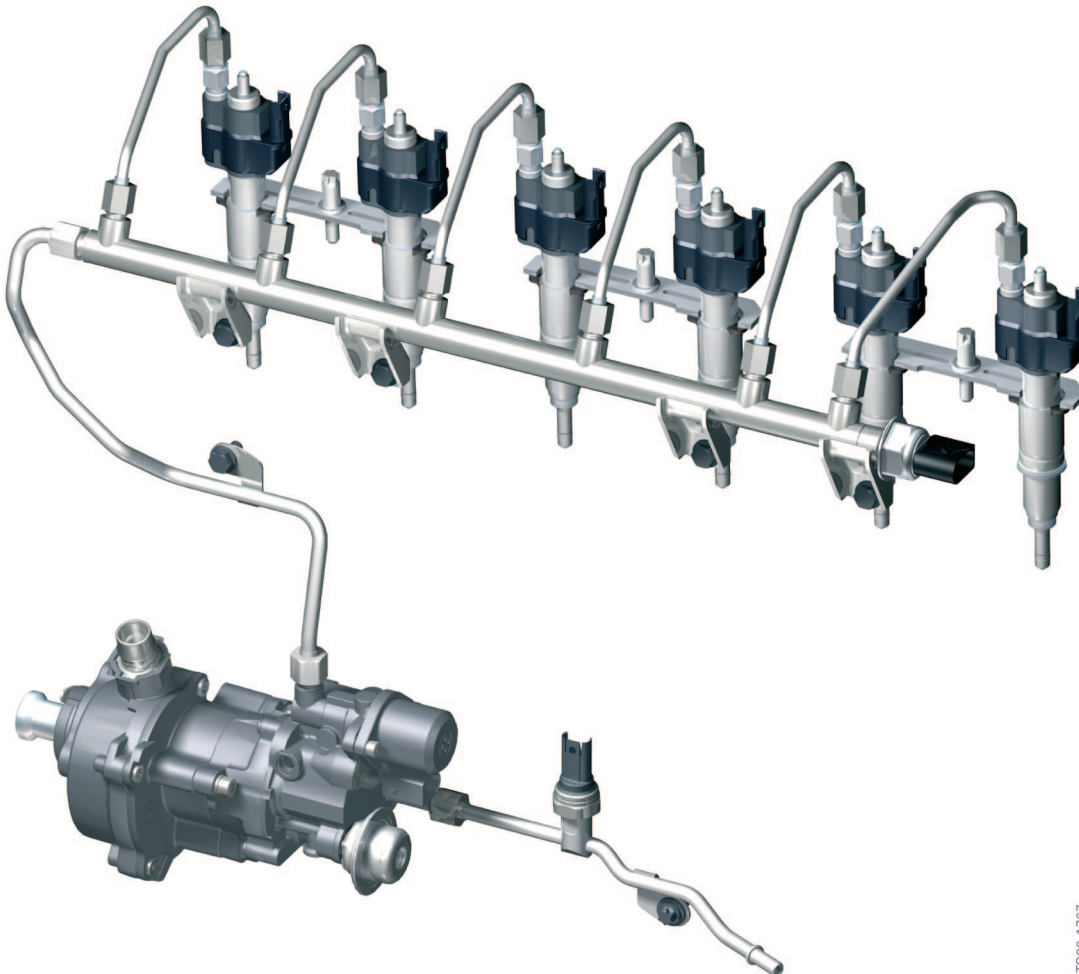
3 - Motornummer

Systemübersicht. N54 Motor.

Eine kraftvolle Komposition

High Precision Injektion (HPI)

Strahlgeführte Direkteinspritzung



TO06-1767

1 - High Precision Injektion (HPI)

Die Schlüsselfunktion im Konzept für einen möglichst sparsamen Umgang mit Kraftstoff kommt der High Precision Injection zu. Die neue Generation der Benzin-Direkteinspritzung erfüllt die in sie gesetzten Erwartungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit, ohne dass dabei Abstriche bei den dynamischen Qualitäten des Motors erforderlich wären. High Precision Injection erlaubt eine exaktere Gemisch-Dosierung sowie eine höhere Verdichtung - ideale Voraussetzungen für eine Steigerung des Wirkungsgrads und eine deutliche Reduzierung des Verbrauchs.

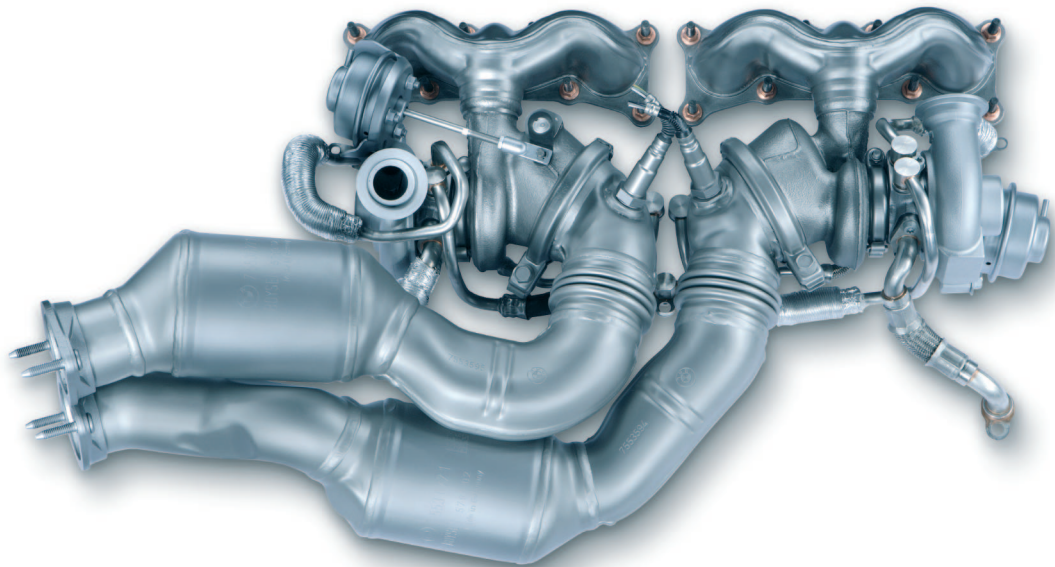
Möglich wird dies durch die zentrale Platzierung des Piezo-Injektors zwischen den Ventilen.

In dieser Position kann der neuartige, nach außen öffnende Injektor den Kraftstoff kegelförmig und besonders gleichmäßig im Brennraum verteilen.

Die neue Direkteinspritzung der Ottomotoren von BMW HPI arbeitet nach dem strahlgeführten Verfahren.

Das Turboloch ist Vergangenheit

Bi-Turboaufladung am Ottomotor



TO06-1768

2 - Bi-Abgasturbolader-System

Den Ingenieuren von BMW ist es gelungen, mit dieser neuen Motorvariante die konstruktionsbedingten Nachteile früherer Turbotriebwerke zu beseitigen. Folglich zeigt der aufgeladene 6-Zylinder-Motor von BMW auch nicht die für Turbomotoren bis heute typischen negativen Eigenschaften. Der erst mit Verzögerung einsetzende Schub ist dem neuen Antrieb ebenso fremd wie der hohe Kraftstoffverbrauch herkömmlicher Turboaggregate. Für eine deutlich spontanere Leistungsentfaltung sorgt insbesondere das Bi-Turbo-Konzept. Anstelle eines großen Laders treiben je drei Zylinder einen kleinen Lader an.

Wesentlicher Vorteil der klein dimensionierten Lader ist ihr geringes Trägheitsmoment. Schon der leichteste Impuls, den der Fahrer mit dem Gaspedal weckt, wird mit sofortigem Druckaufbau beantwortet. Das bei aufgeladenen Motoren bislang typische Turboloch - jener Moment, der vergeht, bis der Lader seine leistungsfördernde Wirkung aufnimmt - ist daher nicht mehr wahrnehmbar. Der Fahrer erlebt eine besonders souveräne Form der Dynamik, die es ihm erlaubt, auch zügige Beschleunigungsmanöver entspannt zu absolvieren.

Systemkomponenten. N54 Motor.

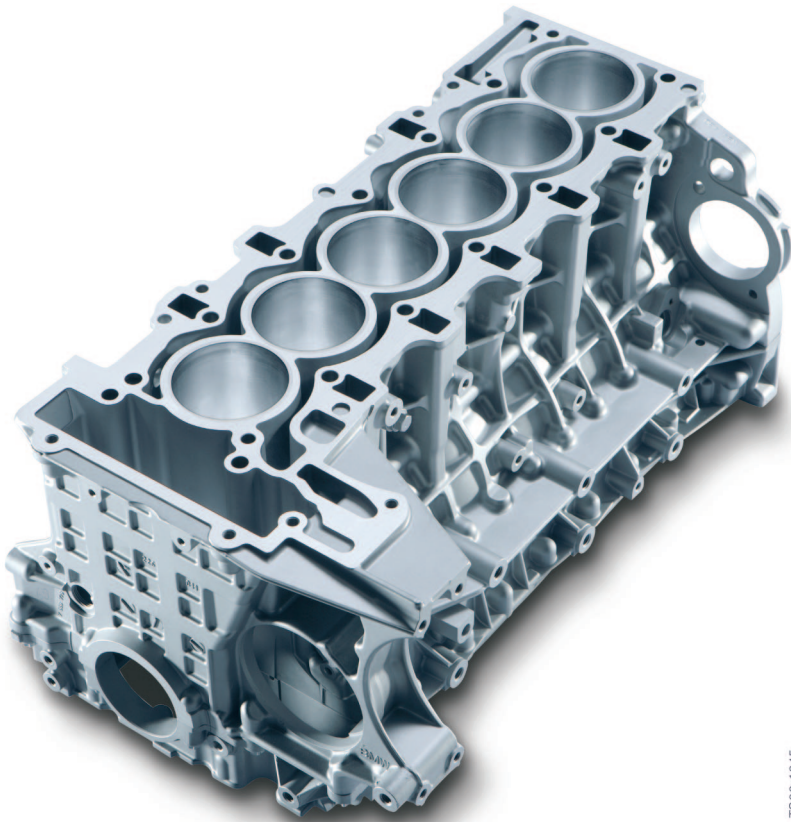
Motormechanik

Kurbelgehäuse

Aufbau

Der N54 Motor verfügt über ein geteiltes Kurbelgehäuse mit Kurbelgehäuseoberteil und Bedplate. Die hohen Antriebsmomente des N54 Motors machen es erforderlich, dass im Gegensatz zu der Insert-Bauweise des N52 Motors, das Kurbelgehäuse aus einem

einzigem Werkstoff gefertigt wird. Es wird im Druckgussverfahren aus AL 226 hergestellt. Die Zylinderlaufbuchsen bestehen aus Grauguss. Geometrisch gleicht das Kurbelgehäuse weit gehend dem des N52 Motors.



TO06-1345

1 - Kurbelgehäuse N54
Motor

⚠ Die Flanschfläche zum Getriebe ist größer als die des N52 Motors dimensioniert, was für die Adaption des Motors auf dem

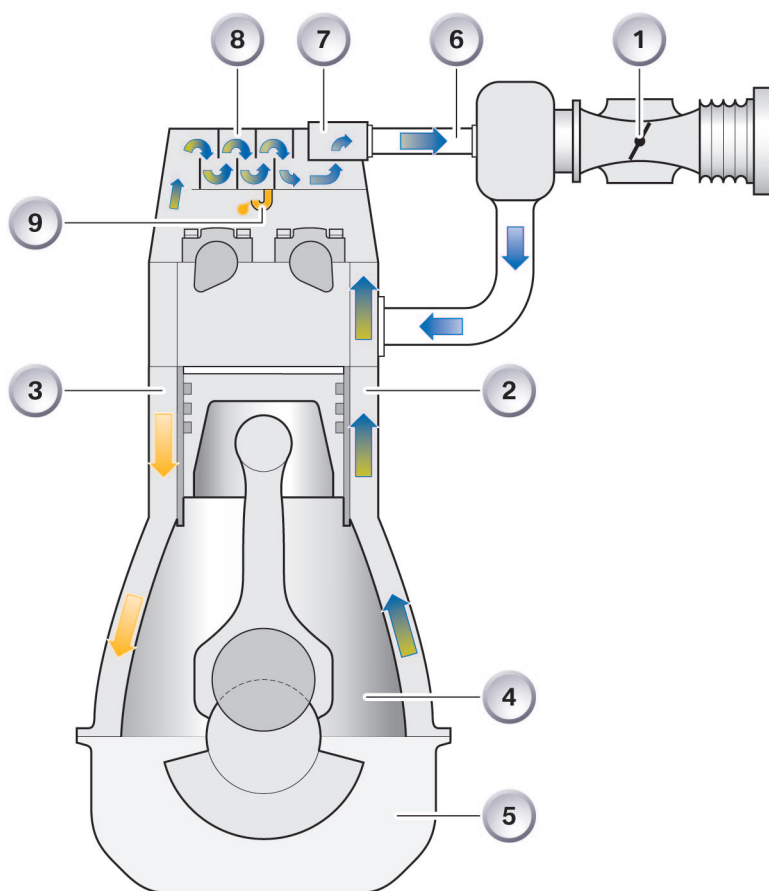
Montagebock ein besonderes Werkzeug erforderlich macht. ◀

Kurbelgehäuseentlüftung

Standardmäßige Funktion

Über den Entlüftungskanal (2) gelangt das Blow-by-Gas-Motorenölgemisch zu einem Ölabscheider (8), in dem das Motoröl aus diesem Gemisch heraussepariert wird. Das abgeschiedene Motoröl fließt über einen

Ölablauf (9) in die Ölwanne zurück. Das gereinigte Blow-by-Gas gelangt durch eine Druckregleinrichtung (7) über einen Kanal zum Saugrohr (6) hindurch in das Reinluftrohr des Ansaugsystems.



TC006-0653

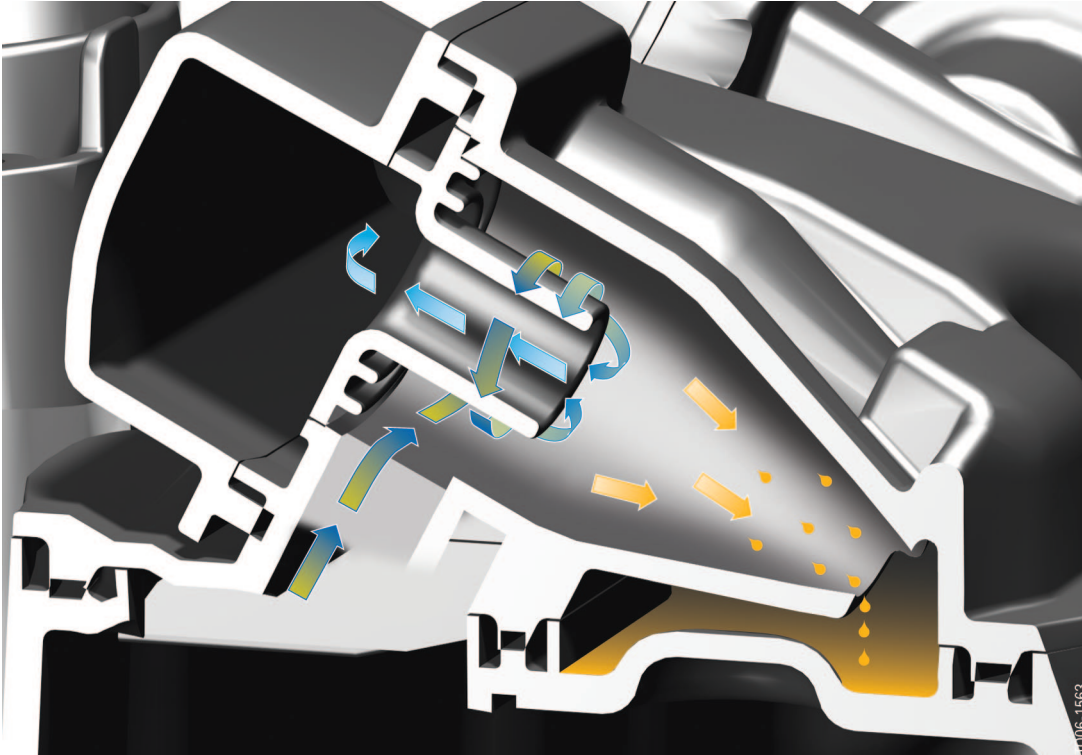
2 - Kurbelgehäuseentlüftung
standardmäßige Funktion

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Drosselklappe	6	Kanal zum Saugrohr
2	Entlüftungskanal	7	Druckregleinrichtung
3	Ölrücklauf	8	Ölabscheider
4	Kurbelraum	9	Ölablauf
5	Ölwanne		

Ölabscheider

Beim N54 Motor kommt ein Zyklon-Ölabscheider zum Einsatz. Hierbei sind vier

der beschriebenen Zyklone in das Ölabscheidergehäuse integriert.

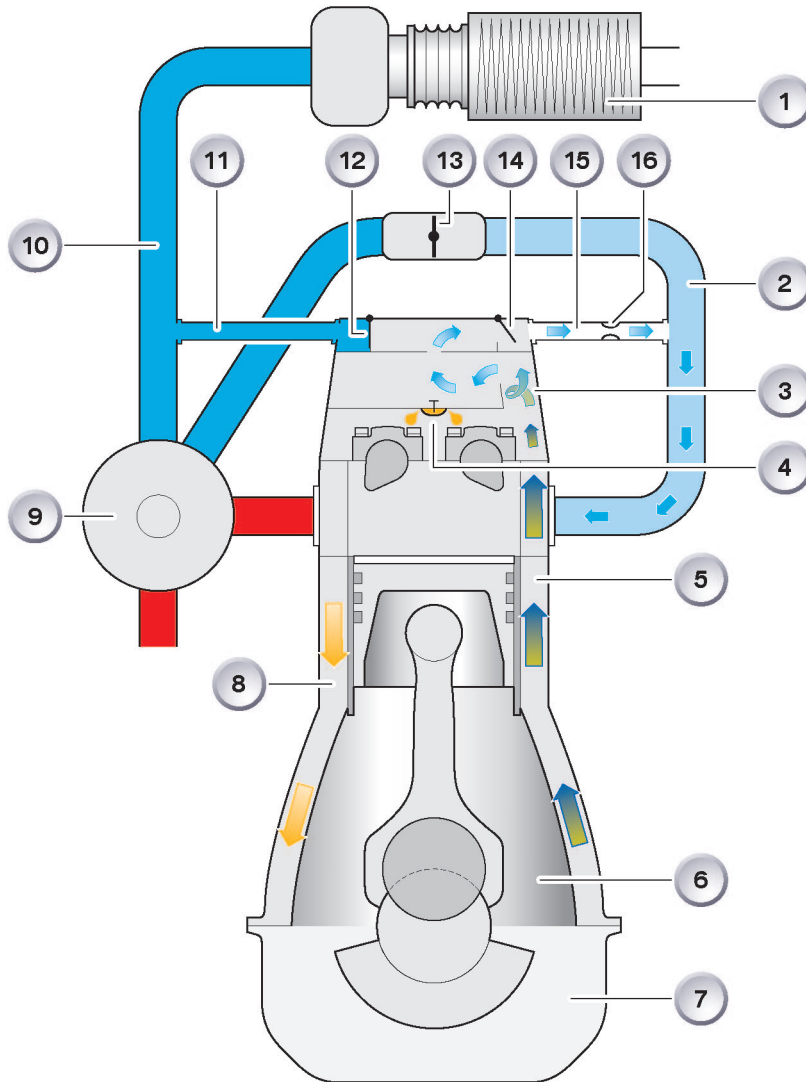


3 - Zyklon-Ölabscheider N54 Motor

Der aus dem Kurbelgehäuse angesaugte Ölnebel wird im Zyklon in eine Drallbewegung versetzt. Durch die Fliehkräfte setzt sich das schwerere Öl an den Wänden des Zyklons ab und tropft von dort in den Öl Ablauf, die leichteren Blow-by-Gase werden mittig aus dem Zyklon heraus gesaugt. Von dort werden die gereinigten Blow-by-Gase der Ansauganlage zugeführt.

Kurbelgehäuseentlüftung saugmotorischer Betrieb

Der N54 Motor ist aufgrund seiner Abgasturboaufladung mit einer besonderen Kurbelgehäuseentlüftung ausgestattet.



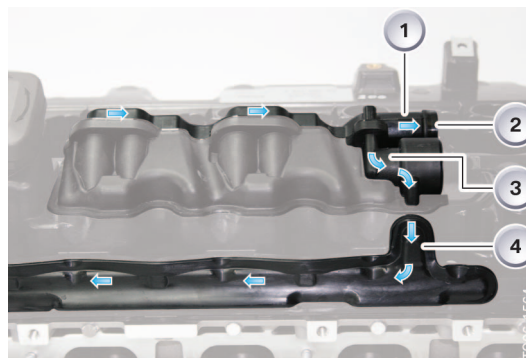
TD006-16683

4 - Kurbelgehäuseentlüftung
saugmotorischer Betrieb

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Überdruck	7	Ölsumpf
B	Unterdruck	8	Ölrücklaufkanal
C	Abgas	9	Abgasturbolader
D	Öl	10	Ladeluftsaugleitung Bank 2
E	Blow-by-Gase	11	Schlauch zur Ladeluftsaugleitung Bank 2
1	Luftfilter	12	Rückschlagventil Sammler
2	Sammler für Ansaugluft	13	Drosselklappe
3	Ölabscheider Zyklon	14	Rückschlagventil Ladeluftsaugleitung
4	Ölabflussventil	15	Kanal zum Sammler
5	Entlüftungskanal	16	Druckdrossel
6	Kurbelraum		

Die Standardfunktion kann nur solange genutzt werden, wie im Sammler für Ansaugluft (2) ein Unterdruck (B) vorherrscht, also im saugmotorischen Motorbetrieb.

Sobald der Druck im Sammler durch die Aufladung steigt, ist eine Einleitung der Blow-by-Gase (E) über diesen Weg nicht mehr möglich. Da die Gefahr bestünde, dass der Ladedruck in das Kurbelgehäuse eingebracht wird, ist ein Rückschlagventil in den Kanal zum Saugrohr eingebracht. Da bei großen Unterdrücken die Gefahr besteht, dass Öl über die Kurbelgehäuseentlüftung in die Sauganlage angesaugt wird, muss dieser Bereich der Kurbelgehäuseentlüftung mit einer Druckbegrenzung versehen werden. Dies ist im N54 Motor mit einer Drossel (16) realisiert, die den Durchfluss und damit auch das Druckniveau in der Kurbelgehäuseentlüftung begrenzt.



5 - Kurbelgehäuseentlüftung N54 Motor

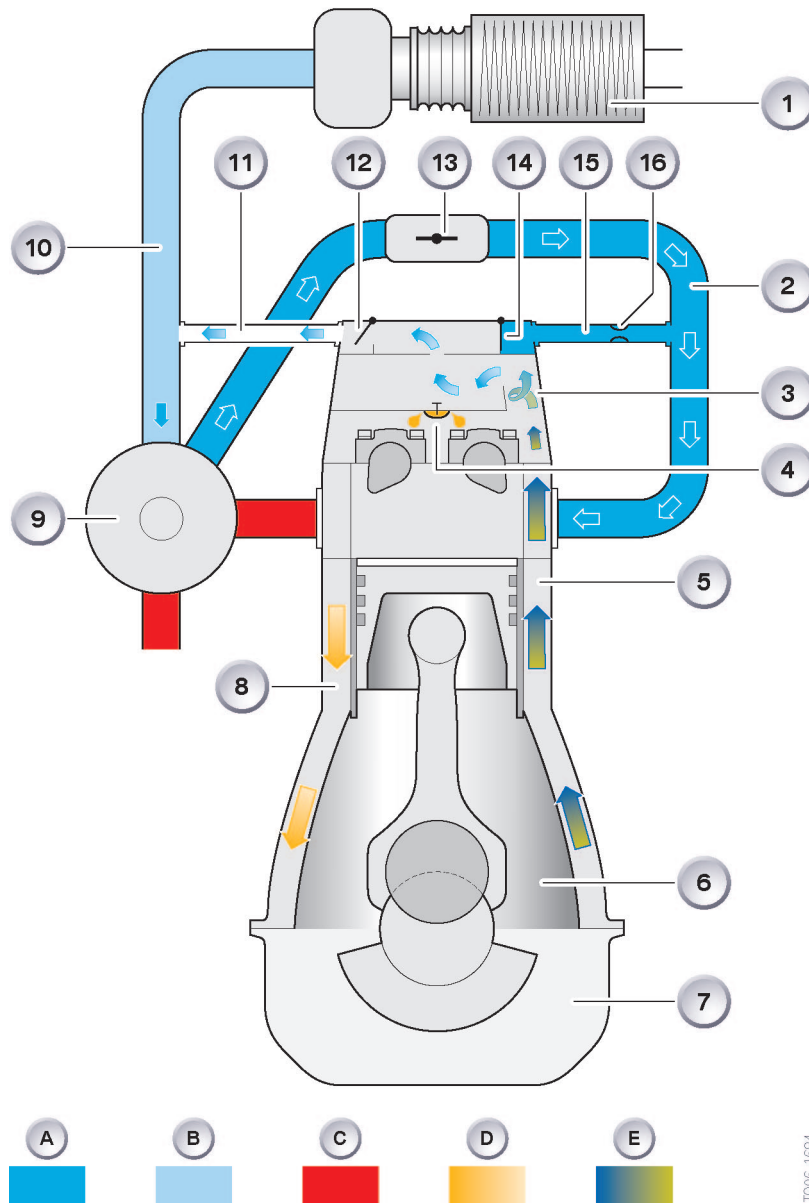
Index	Erklärung
1	Rückschlagventil Ladeluftsaugleitung
2	Entlüftung aufgeladener Betrieb
3	Rückschlagventil Sammler und Druckdrossel
4	Entlüftung saugmotorischer Betrieb

Die Entlüftung im saugmotorischen Betrieb (4) erfolgt über eine in die Zylinderkopfhaube integrierte Verteilerleiste, direkt in die Ansaugkanäle des Zylinderkopfes.

Kurbelgehäuseentlüftung aufgeladener Betrieb

Im aufgeladenen Betrieb steigt der Druck im Sammler und schließt so das Rückschlagventil (14). Da in diesem Betriebsbereich in der Ladeluftsaugleitung ein Unterdruck vorherrscht, öffnet dieser das Rückschlagventil zur Ladeluftsaugleitung (12) und die Blow-by-Gase werden über den

Verdichter des Abgasturboladers und den Ladeluftkühler in den Sammler geführt. Da an dieser Position der Ladeluftsaugleitung sehr hohe Gasgeschwindigkeiten auftreten und dies zu einer Eiskristallbildung beim Einbringen der Blow-by-Gase führen kann, ist an diesem Anschluss eine PTC-Heizung angebracht. Die Funktion dieser Heizung ist identisch mit der des N52 Motors.



TO06-1684

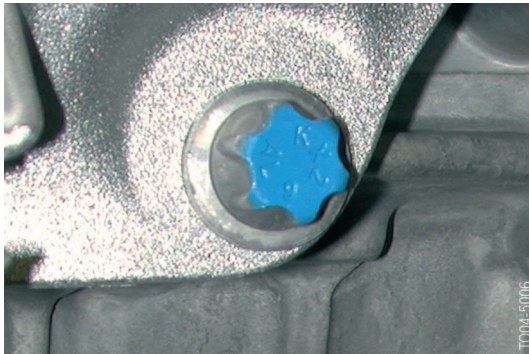
6 - Kurbelgehäuseentlüftung aufgeladener Betrieb

Index	Erklärung	Index	Erklärung
A	Überdruck	7	Ölsumpf
B	Unterdruck	8	Ölrücklaufkanal
C	Abgas	9	Abgasturbolader
D	Öl	10	Ladeluftsaugleitung Bank 2
E	Blow-by-Gase	11	Schlauch zur Ladeluftsaugleitung Bank 2
1	Luftfilter	12	Rückschlagventil Sammler
2	Sammler für Ansaugluft	13	Drosselklappe
3	Ölabscheider Zyklon	14	Rückschlagventil Ladeluftsaugleitung
4	Ölabflussventil	15	Kanal zum Sammler
5	Entlüftungskanal	16	Druckdrossel
6	Kurbelraum		

⚠ Tritt an der Abgasanlage blauer Rauch auf, ist zu prüfen, ob der Motor Öl über die Kurbelgehäuseentlüftung mit in den Brennraum saugt, was auf einen Defekt im Bereich der Kurbelgehäuseentlüftung schließen lässt. Deutliches Zeichen dafür ist eine innen verölte Ladeluftsaugleitung Bank 2 des Turboladers. ◀

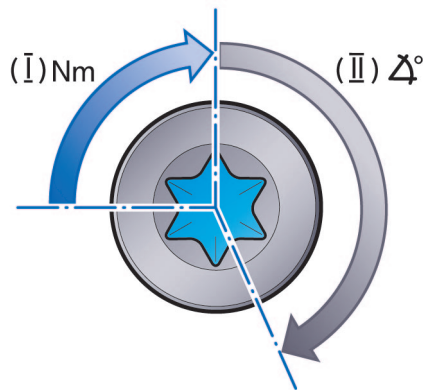
Verschraubungen

Es kommen die vom N52 Motor bekannten Aluminiumschrauben zum Einsatz. Durch dieses Gleichteilkonzept ist sichergestellt, dass es innerhalb der 6-Zylinder-Reihenmotor Baureihe nicht zu Verwechslungen kommen kann.



7 - Aluminiumschrauben haben blaue Schraubenköpfe

Angesichts der geringeren Zugfestigkeit von Aluminium im Vergleich zu Stahl müssen Aluminiumschrauben nach einem genau festgelegten Verfahren angezogen werden.



8 - Verfahren beim Anziehen von Aluminiumschrauben

- (I) Drehmoment
- (II) Drehwinkel

Zunächst wird die Schraube bis zu einem festgelegten Drehmoment angezogen (I). Dieses ist so gewählt, dass die zu verschraubenden Teile kein Spiel mehr haben, die Schraube jedoch noch kaum unter Spannung steht. Anschließend wird die Schraube um einen festgelegten Winkel weitergedreht (II). Dabei wird die erforderliche Spannung der Schraube erreicht.

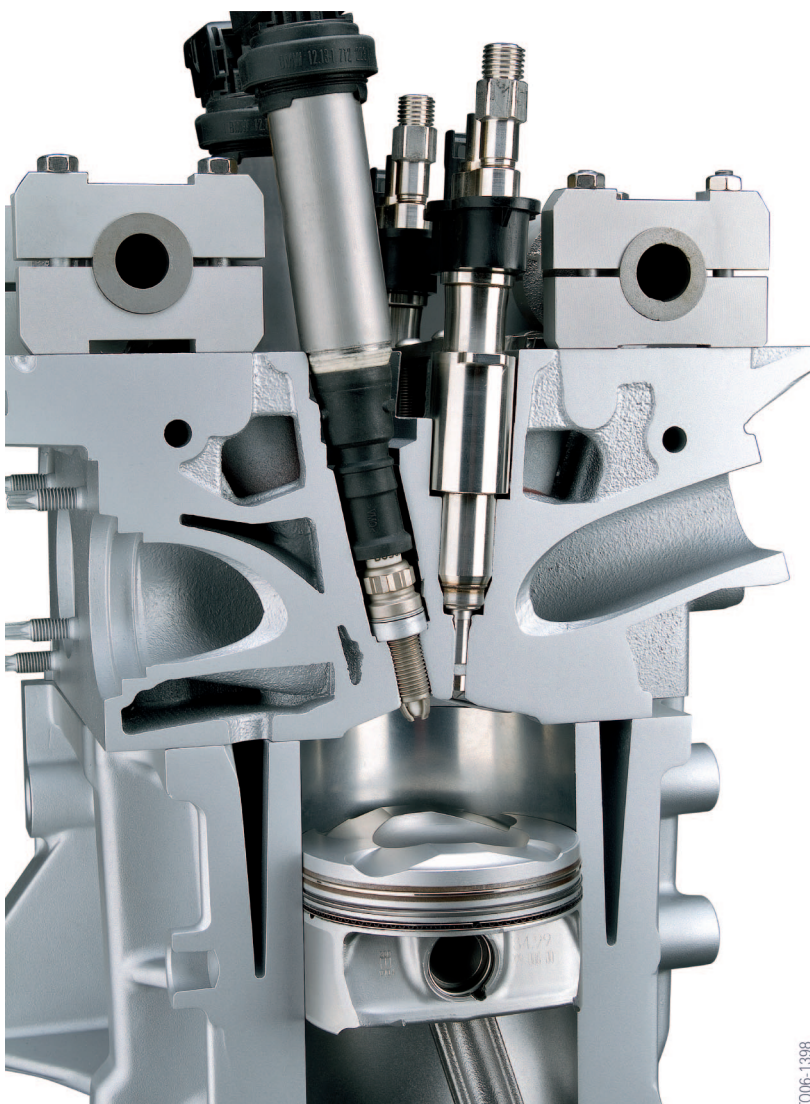
⚠ Aluminiumschrauben dürfen grundsätzlich nur einmal verwendet werden und sind somit nach jedem Lösen zu erneuern. ◀

Zylinderkopf

Neben den bekannten Anforderungen wie Aufnahme der Ansaug- und Abgasanlage, dichter Abschluss des Brennraumes sowie Aufnahme der Nockenwellen mit VANOS-Einheiten galt es, im Zylinderkopf dieses turboaufgeladenen Direkteinspritzers eine weitere Anforderung zu realisieren. Der Injektor musste in eine zentrale Position des Brennraums und dort auch noch in die

unmittelbare Nähe der Zündkerze gebracht werden. Diese Positionierung ist erforderlich, um das strahlgeführte Einspritzkonzept zu realisieren.

Somit sind sowohl Zündkerze als auch Injektor mittig zwischen den oben liegenden Nockenwellen in den Zylinderkopf integriert.



TO06-1398

9 - Anordnung Injektor/
Zündkerze

Die Verbrennungswärme wird im Zylinderkopf mit einer Querstromkühlung abgeführt.

Detaillierte Informationen zu folgenden Themen finden sich in den entsprechenden Abschnitten dieser Produktinformation:

- Hochdruckeinspritzung HPI
- Kühlsystem
- VANOS.

VANOS

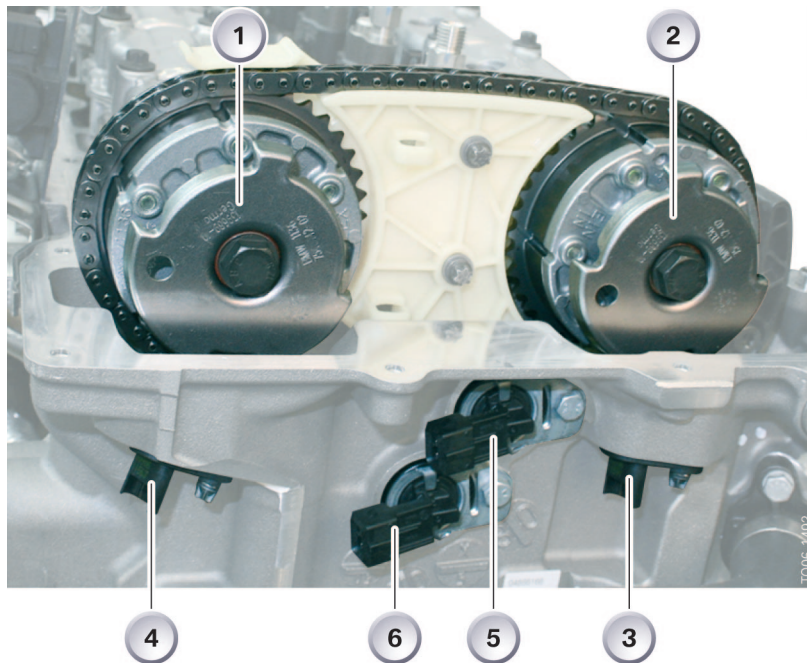
Stufenlose Doppel-VANOS

Der Ladungswechsel des N54 Motors wird mit 4 Ventilen pro Zylinder, die von zwei oben liegenden Nockenwellen angetrieben werden, realisiert.

Die Steuerzeiten des Motors sind über die beiden stufenlosen VANOS-Einheiten variabel beeinflussbar.

Die hier eingesetzten VANOS-Einheiten haben folgende Verstellwinkel:

- VANOS-Einheit Einlass - 55° Kurbelwelle
- VANOS-Einheit Auslass - 45° Kurbelwelle.



10 - Doppel-VANOS

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	VANOS-Einheit Auslass	4	Auslassnockenwellensensor
2	VANOS-Einheit Einlass	5	Magnetventil
3	Einlassnockenwellensensor	6	Magnetventil

⚠ Die VANOS-Einheiten für die Einlass- und Auslassnockenwelle haben unterschiedliche Verstellwege. Sie dürfen nicht vertauscht werden, da es sonst zu einem Motorschaden durch aufsetzende Ventile kommen kann. Auf der Frontplatte der VANOS-Einheit ist deshalb der Ausdruck "AUS/EX" bzw. "EIN/IN" eingraviert. ◀

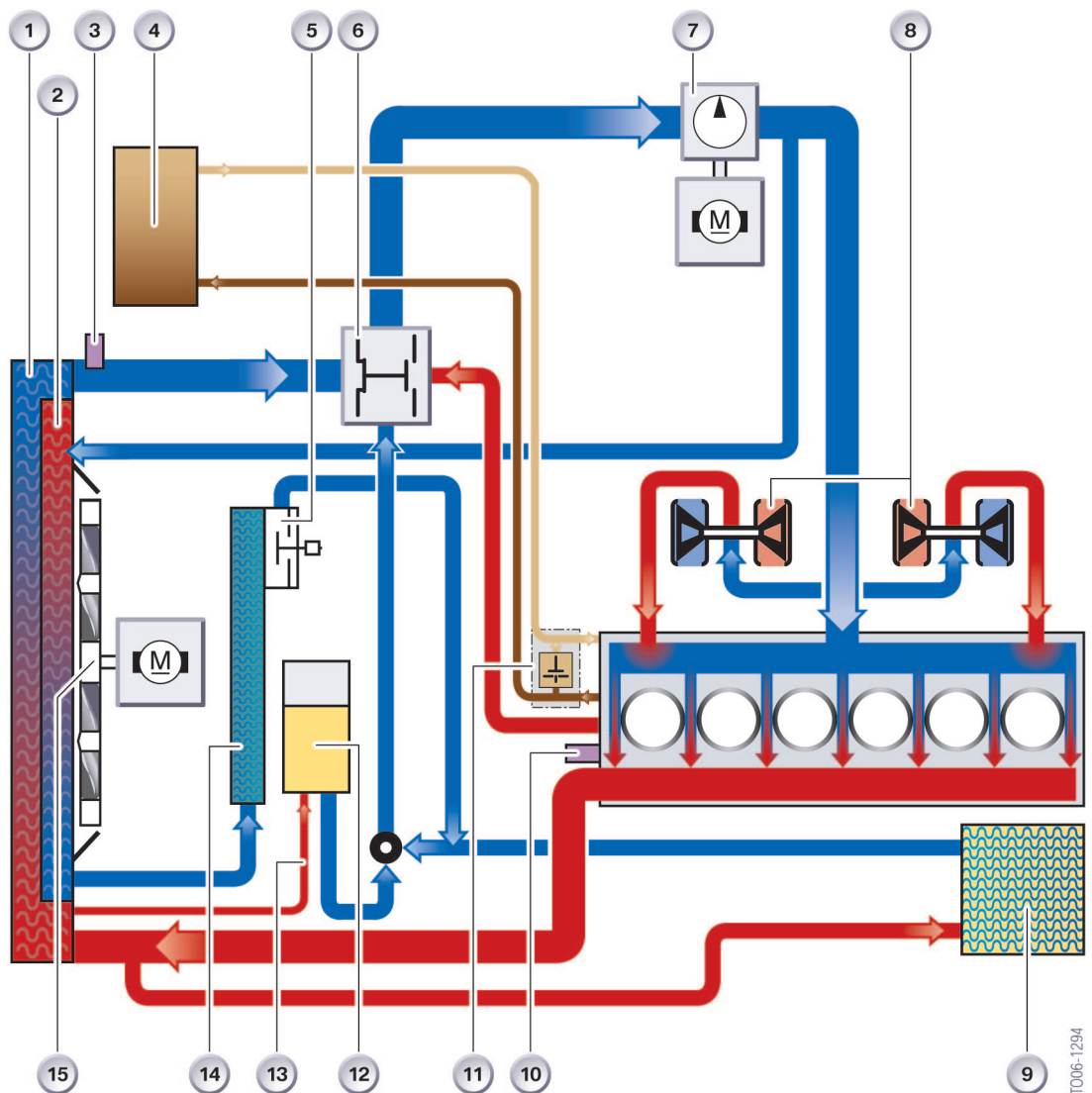
Kühlsystem

Motorkühlung

Aufbau des Kühlsystems

Das Kühlsystem des N54 Motor besteht aus einer Wasserkühlung und einer entkoppelten Ölkühlung. Durch diese Entkoppelung wird

eine Wärmeeinbringung über das Motoröl in den Kühlflüssigkeitsbereich des Motors vermieden.



11 - Kühlsystem N54 Motor

TO06-1294

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Kühler (Wärmetauscher Kühlmittel/Luft)	9	Heizungswärmetauscher
2	Getriebekühler (Wärmetauscher Kühlmittel/Luft)	10	Temperaturfühler Zylinderkopf Ausgang
3	Temperaturfühler Kühler Ausgang	11	Thermostat Motorölkühler
4	Motorölkühler (Wärmetauscher Motoröl/Luft)	12	Ausgleichsbehälter
5	Thermostat Getriebeölkühler (gesteuert über Getriebeöltemperatur)	13	Entlüftungsleitung
6	Kennfeldthermostat	14	Getriebeölkühler (Wärmetauscher Kühlmittel/ Getriebeöl)
7	Elektrische Kühlmittelpumpe	15	Lüfter
8	Abgasturbolader		

Aufgrund der Leistungssteigerung dieses Motors auf 75,5 kW/l entsteht, im Vergleich zu anderen 3-Liter Ottomotoren, eine deutlich größere Wärmemenge. Dieser Rahmenbedingung wird das Kühlsystem des Motors mit einer gesteigerten Leistungsfähigkeit gerecht.

Die Leistungssteigerung war trotz einiger für die Kühlung ungünstigeren Faktoren zu verwirklichen. Hier sind zu nennen:

- Aufgrund des unter dem Kühler angebrachten Ladeluftkühlers steht ca. 15 % weniger Anströmfläche zur Verfügung.
- Der ohnehin geringe Bauraum des Motorraums wird durch die Einbringung weiterer Bauteile weiter eingeschränkt.
- Da die Abgasturbolader über das Kühlmittel gekühlt werden, wird über sie eine zusätzliche Wärmemenge ins System gebracht.

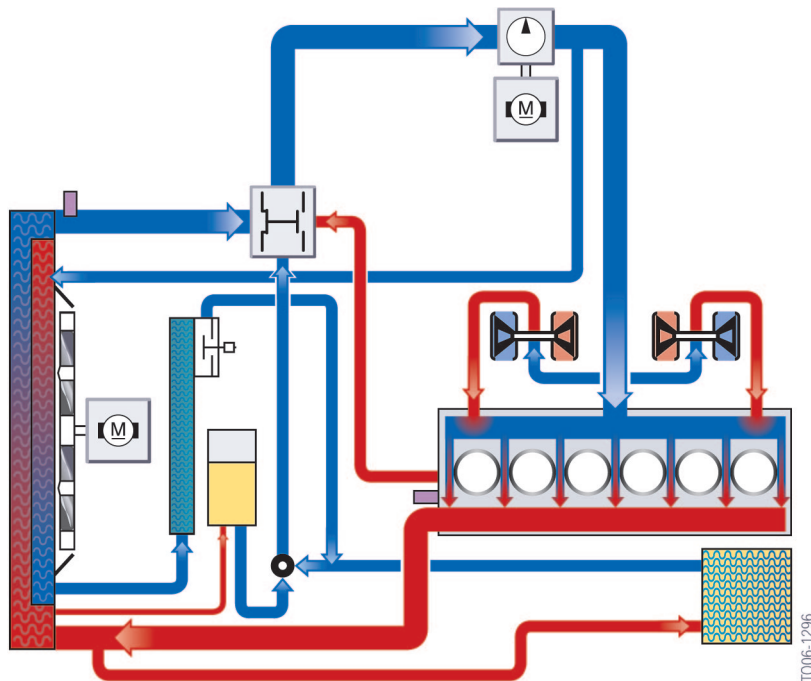
Maßnahmen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Kühlsystems:

- Leistungsgesteigerte Kühlmittelpumpe - 400 W/9000 l/h
- Entkoppelung von Wasser- und Motorölkühlung
- Leistungsgesteigerter Kühler
- Leistungsgesteigerter Elektro-Lüfter 600W für alle Getriebevarianten.

Die Ladeluftkühlung wird mit der Ansaugluftführung beschrieben.

Wasserkühlung

Systemübersicht



12 - Kühlflüssigkeitskreislauf
N54 Motor

Der Kühlflüssigkeitskreislauf entspricht in seiner Struktur dem des N52 Motors. Der Motor wird nach dem Querstromkonzept vom Kühlmittel durchspült. Eine lastabhängige Beeinflussung der Kühlleistung kann durch die Ansteuerung folgender Komponenten erfolgen:

- Elektrolüfter
- Elektrische Kühlmittelpumpe
- Kennfeldthermostat.

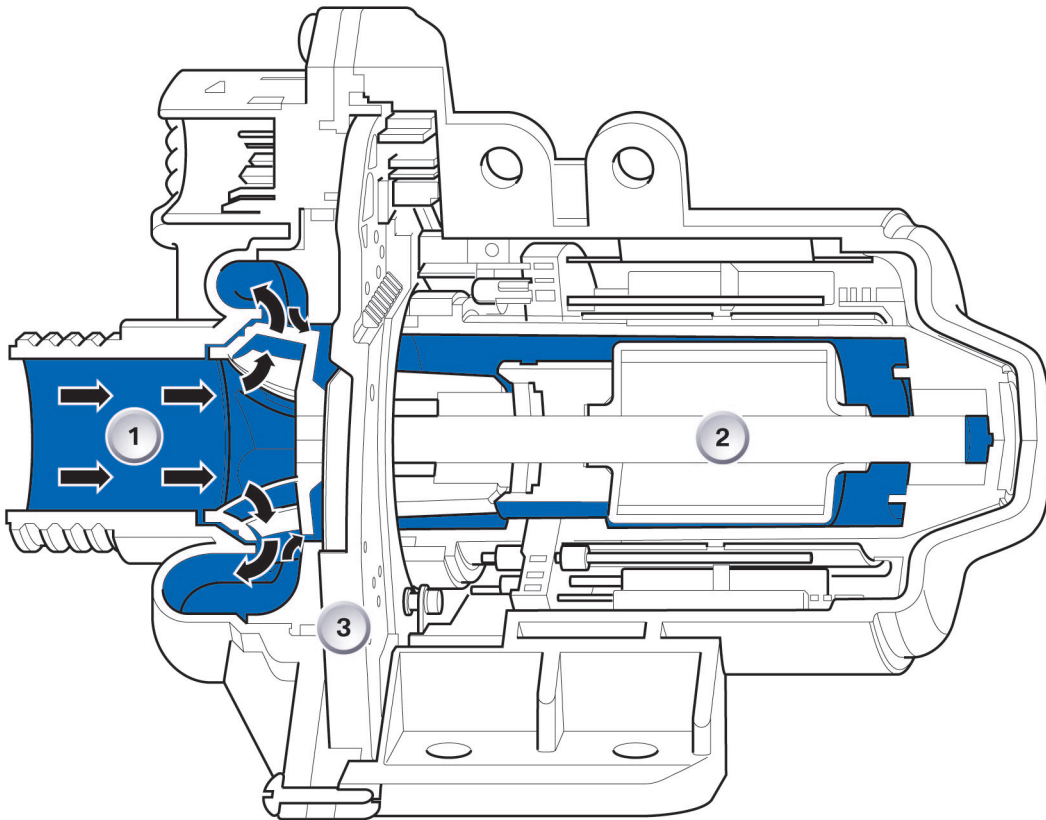
Auch für den N54 Motor in Verbindung mit einem Automatikgetriebe ist es möglich, den unteren Bereich des Kühlers zur Kühlung des Getriebes über den Getriebeölkühler zu nutzen. Dies ist wie beim N42 Motor und beim N52 Motor mit Steuerhülsen, die in den Wasserkasten des Kühlers eingebracht werden realisiert.

Kühler

Der Kühler selbst ist konstruktiv in seiner Leistungsfähigkeit verstärkt worden. Die Leistungsfähigkeit eines Kühlers hängt von seiner Abstrahlfläche ab. Im Anströmbereich des Fahrzeuges musste jedoch unter dem Kühler noch der Ladeluftkühler positioniert werden, also galt es, die geringere zur Verfügung stehende Anströmfläche auszugleichen.

Der mit dem N54 Motor eingesetzte Kühler hat eine im Vergleich zum N52 Motor auf 32 mm vergrößerte Blocktiefe. Außerdem stehen die Wasserröhren zueinander in einem kleineren Abstand als bei bisher eingesetzten Kühlern. Dies hat zur Folge, dass die nutzbare Abstrahlfläche deutlich erhöht ist

Elektrische Kühlmittelpumpe



T006-1195

13 - Elektrische Kühlmittelpumpe Siemens 400W

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Pumpe	3	Elektronikbaustein
2	Motor		

Die Kühlmittelpumpe des N54 Motors ist eine elektrisch angetriebene Zentrifugalpumpe mit einer Leistung von 400 W und einer max. Fördermenge von 9000 l/h. Dies stellt eine deutliche Leistungssteigerung zu der beim N52 Motor eingesetzten elektrischen Kühlmittelpumpe dar, die eine Leistung von 200 W und eine max. Fördermenge von 7000 l/h hat.

Die Leistung des Nassläufer-Elektromotors wird elektronisch durch den Elektronikbaustein (3) in der Pumpe gesteuert. Der Elektronikbaustein ist über die bitserielle Datenschnittstelle (BSD) mit dem Motorsteuergerät MSD80 verbunden.

Das Motorsteuergerät ermittelt aus der Motorlast, der Betriebsart und den Daten der Temperaturfühler die erforderliche Kühlleistung. Basierend auf diesen Daten erteilt das Motorsteuergerät der elektrischen Kühlmittelpumpe den entsprechenden Auftrag. Die elektrische Kühlmittelpumpe regelt ihre Drehzahl gemäß diesem Auftrag selbst ein. Der Motor der Kühlmittelpumpe wird vom Kühlmittel des Systems umspült. Somit werden sowohl der Motor als auch der Elektronikbaustein gekühlt. Die Lager der elektrischen Kühlmittelpumpe werden mit dem Kühlmittel geschmiert.

Servicehinweis elektrische Kühlmittelpumpe

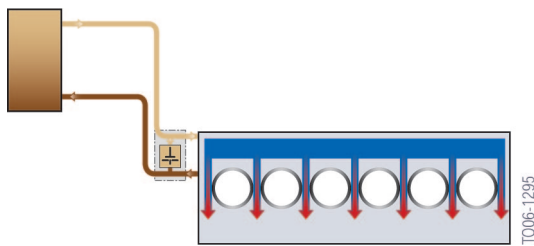
⚠ Bei Montagearbeiten muss darauf geachtet werden, dass die Pumpe nicht trocken läuft. Wenn die Pumpe ausgebaut wird, sollte sie mit Kühlmittel befüllt abgestellt werden. Die Lagerstellen der Pumpe könnten festkleben, wenn die Pumpe nicht mit Kühlmittel befüllt ist. Dies könnte ein Anlaufen der Pumpe später gefährden und somit das gesamte Wärmemanagement außer Kraft setzen (ein Nichtanlaufen der Pumpe kann schwer wiegende Motorschäden nach sich ziehen).

Vor der Montage der Kühlmittelschläuche sollte das Pumpenrad von Hand durchgedreht werden. In direktem Anschluss daran ist das System dann mit Kühlmittel zu befüllen. ◀

⚠ Bei Montagearbeiten ist darauf zu achten, dass der Stecker sauber, trocken und die Anschlüsse unbeschädigt sind. Diagnosearbeiten sind nur mit dem freigegebenen Adapterkabel zulässig. ◀

⚠ Die Hinweise der Reparaturanleitung sind unbedingt zu beachten. ◀

Motorölkühlung



14 - Motorölkühlung des N54 Motors

Ölwanne zum Ölfilter. An das Ölfiltergehäuse ist ein Thermostat angeflanscht, der dem Öl den Weg zum Motorölkühler freigibt. Der Motorölkühler ist im E92 im rechten Radhaus verbaut. Das Thermostat kann den Widerstand, der dem Öl entgegengesetzt wird, reduzieren, indem es die Kurzschlussleitung zwischen Vor- und Rücklauf des Motorölkühlers freigibt. So ist ein sicherer und schneller Warmlauf des Motors gewährleistet.

Der N54 Motor ist mit einem leistungsstarken Motorölkühler ausgerüstet. Die Pendelschieberpumpe fördert das Öl aus der

Wärmemanagement

Vier kennfeldgesteuerte Temperaturbereiche

Das Motorsteuergerät des N54 Motors steuert die Kühlmittelpumpe nach Bedarf:

- geringe Leistung bei geringem Kühlbedarf und niedriger Außentemperatur
- große Leistung bei großem Kühlbedarf und hohen Außentemperaturen.

Unter Umständen kann die Kühlmittelpumpe sogar ganz abgeschaltet werden, zum Beispiel zur schnelleren Erwärmung des Kühlmittels in der Warmlaufphase. Dies geschieht jedoch nur, wenn keine Heizleistung angefordert wird und die Außentemperatur es zulässt. Auch bei der Regelung der Motortemperatur arbeitet die Kühlmittelpumpe anders als konventionelle Pumpen. Bislang konnte nur die aktuell vorliegende Temperatur durch den Thermostat berücksichtigt werden.

Die Software im Motorsteuergerät besitzt jedoch ein Rechenmodell, mit dem aus der Last die Entwicklung der Temperatur des Zylinderkopfs berücksichtigt werden kann. Das Wärmemanagement erlaubt es nun, über die Kennfeldsteuerung des Thermostats hinaus, verschiedene Kennfelder für die Steuerung der Kühlmittelpumpe zu Grunde zu legen. So kann das Motorsteuergerät die zur Betriebsituation passende Motortemperatur einsteuern. Dies bedeutet, dass vier unterschiedliche Temperaturbereiche eingesteuert werden können:

- 108 °C Eco-Betrieb
- 104 °C Normalbetrieb
- 95 °C High - Betrieb
- 90 °C High + KFT-Betrieb.

Hat das Motorsteuergerät aufgrund des Fahrverhaltens den sparsamen ECO-Betrieb erkannt, strebt die Regelung eine höhere Zylinderkopftemperatur an (108 °C). In diesem Temperaturbereich ist der Motor mit relativ niedrigem Kraftstoffbedarf zu betreiben, da die innermotorische Reibung reduziert ist.

Die Temperaturerhöhung begünstigt also den geringeren Kraftstoffverbrauch im niedrigen Lastbereich. Im HIGH- und KFT-Betrieb möchte der Fahrer die optimale Leistungsentfaltung des Motors nutzen. Dazu wird die Zylinderkopftemperatur auf 90 °C abgesenkt. Dies bewirkt einen besseren Füllungsgrad, was eine Drehmomenterhöhung des Motors zur Folge hat. Das Motorsteuergerät kann nun einen bestimmten Temperaturmodus einsteuern, der an die jeweilige Betriebssystem angepasst ist. Somit kann über das Kühlsystem Einfluss auf Verbrauch und Leistung genommen werden.

Die genannten Temperaturen stellen immer nur einen Zielwert dar, dessen Erreichung von vielen Faktoren abhängig ist. Es kommt nicht in erster Linie auf das Erreichen exakt dieser Temperaturen an.

Die verbrauchsreduzierenden und leistungssteigernden Effekte treten jeweils in einem Temperaturspektrum auf. Aufgabe des Kühlsystems ist es entsprechend der jeweiligen Rahmenbedingungen, unter denen der Motor betrieben wird, die optimale Kühlleistung bereitzustellen.

Intelligentes Wärmemanagement ergibt Potenziale

Im vorangegangenen Absatz wurde dargestellt, in welchen Temperaturbereichen das Wärmemanagement realisiert ist. Eine elektrisch angetriebene Kühlmittelpumpe bietet darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten. So ist es nun möglich, einen

Warmlauf ohne Umwälzung des Kühlmittels zu realisieren. Die Pumpe kann aber auch nach dem Abstellen des Motors weiterlaufen, um die Wärmeabfuhr zu unterstützen. In der folgenden Tabelle sind die sich ergebenden Vorteile einer solchen Pumpe aufgeführt:

Verbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • schnellerer Warmlauf durch stehendes Kühlmittel • erhöhtes Verdichtungsverhältnis durch größere Kühlleistung bei Vollast gegenüber Motoren ohne ein solches Wärmemanagement
Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> • schnellerer Warmlauf durch stark reduzierte Pumpendrehzahl ($n \Rightarrow 0$) und daraus resultierendem geringsten Kühlvolumenstrom erreicht man eine schnellere Motorerwärmung • Verringerung der Reibleistung • reduzierter Kraftstoffverbrauch • reduzierte Abgasemissionen
Leistung	<ul style="list-style-type: none"> • Drehzahl unabhängige Bauteilkühlung • bedarfsgerechte Kühlmittelpumpenleistung • Vermeidung von Verlustleistung
Komfort	<ul style="list-style-type: none"> • optimaler Volumenstrom <ul style="list-style-type: none"> – Heizleistung bei Anforderung erhöht – Restwärme bei stehendem Motor
Bauteilschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Nachlauf elektrische Kühlmittelpumpe = bessere Wärmeabfuhr aus dem heiß abgestellten Motor und der Abgasturbolader



Systemschutz

Sollte es im Motorbetrieb zu überhöhten Temperaturen der Kühlflüssigkeit oder des Motoröls kommen, werden bestimmte Funktionen im Fahrzeug dahingehend beeinflusst, dass der Motorkühlung mehr Energie zur Verfügung steht, also dass



Temperatur erhöhende Beanspruchungen vermieden werden. Diese Maßnahmen werden in zwei Betriebsarten aufgeteilt.

- Bauteilschutz
- Notfall.

Maßnahmen und Anzeigen über Temperatur Motoröl

Motoröl TOEL (°C)	Betriebsart Wärme-management	Anzeige in der Instrumenten-kombination	Leistungs-reduzierung Klimatisie-rung	Leistungs-reduzierung Motor	Wandler-schalt-kupplung
148			Anfang 0 %	Anfang 0 %	
149			.	.	
150	Bauteilschutz		.	.	
151	Bauteilschutz		.	.	
152	Bauteilschutz		.	.	
153	Bauteilschutz		.	ab hier deutliche Reduzierung	
154	Bauteilschutz		.		
155	Bauteilschutz		Ende 100 %	.	
156	Bauteilschutz			.	
157	Bauteilschutz			.	
158	Notfall			.	Aktiv
159	Notfall			.	Aktiv
160	Notfall			.	Aktiv
161	Notfall			..	Aktiv
162	Notfall			Ende ca. 90 %	Aktiv
163	Notfall				Aktiv

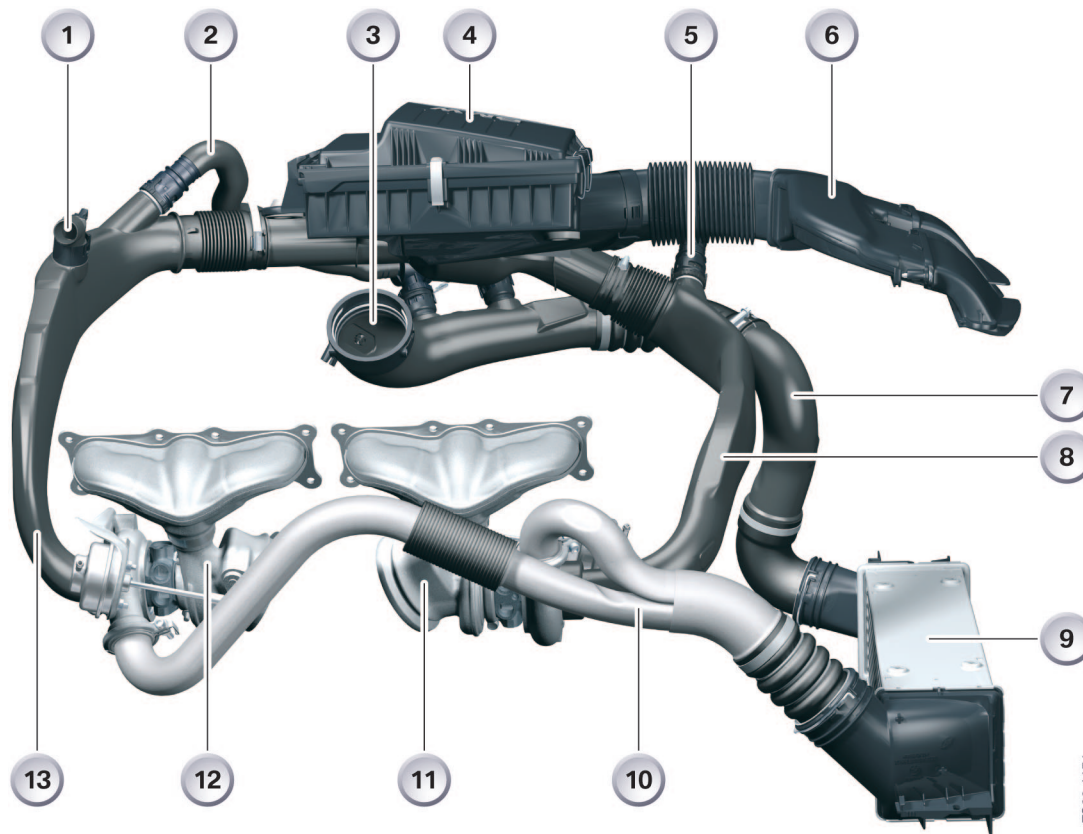
Maßnahmen und Anzeigen über Temperatur Kühlmittel

Kühlmittel-temp. TK (°C)	Betriebsart Wärme-management	Anzeige in der Instrumentenkombination	Leistungsreduzierung Klimatisierung	Leistungsreduzierung Motor	Wandler-schalt-kupplung
115					
116					
117	Bauteilschutz		Anfang 0 %	Anfang 0 %	
118	Bauteilschutz		.	.	
119	Bauteilschutz		.	ab hier	
120	Bauteilschutz		.	deutliche	
121	Bauteilschutz		.	Reduzierung	
122	Bauteilschutz		Ende 100 %	.	Aktiv
123	Bauteilschutz			.	Aktiv
124	Bauteilschutz			.	Aktiv
125	Notfall			.	Aktiv
126	Notfall			.	Aktiv
127	Notfall			.	Aktiv
128	Notfall			.	Aktiv
129	Notfall			Ende ca. 90 %	Aktiv

Ansaugluft- und Abgassystem

Ansaugluftsystem

Ansaugluftführung



15 - Ansaugluftführung des N54 Motors

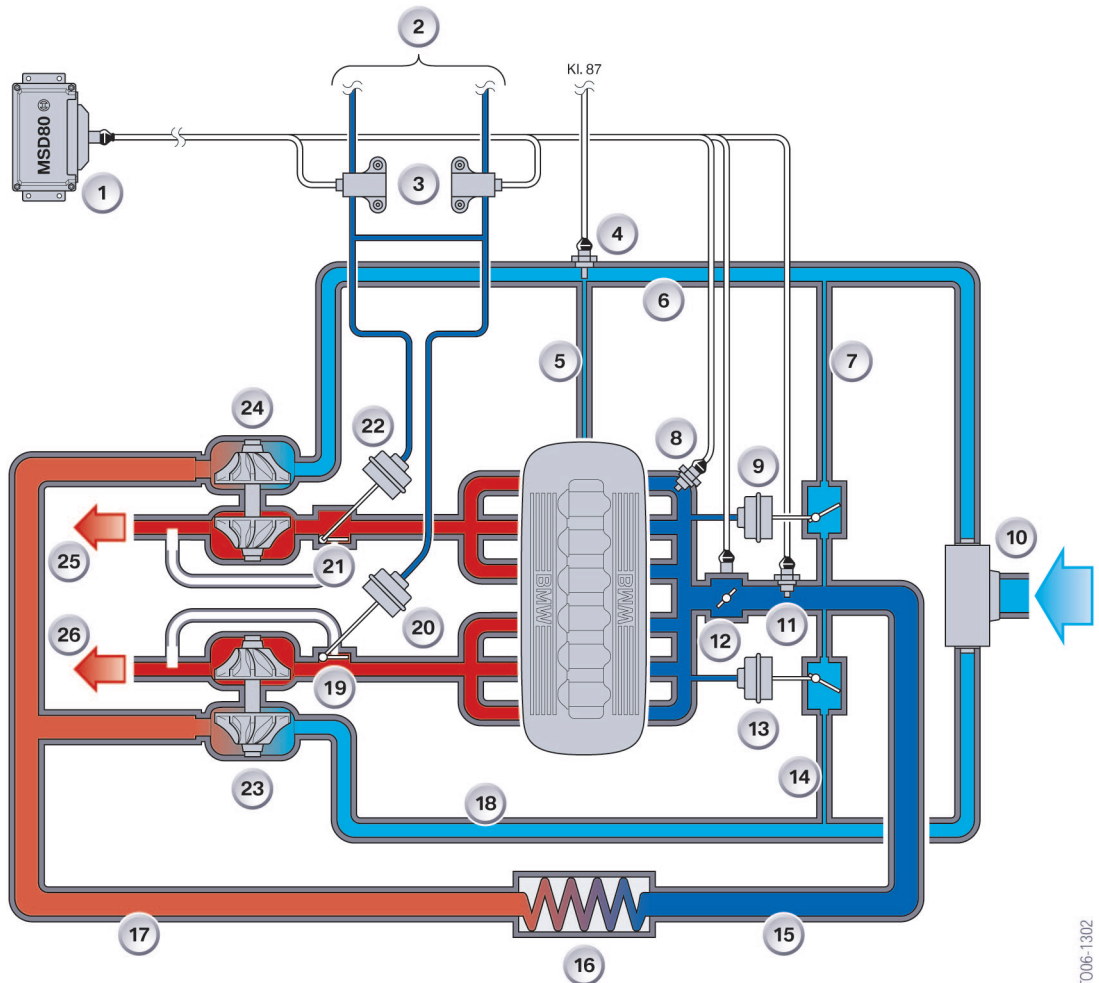
Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	PTC-Heizung Blow-by Gase Aufgeladener Betrieb	8	Ladeluftsaugleitung Bank 1
2	Umluftleitung Bank 2	9	Ladeluftkühler
3	Anschlussflansch Drosselklappe	10	Ladeluftsammeleitung
4	Luftfilter	11	Abgasturbolader Bank 1
5	Umluftleitung Bank 1	12	Abgasturbolader Bank 2
6	Ansaugluftschornochel	13	Ladeluftsaugleitung Bank 2
7	Ladeluftdruckleitung		

Da es sich beim N54 Motor um einen aufgeladenen Motor handelt, kommt der Ansaugluftführung eine besondere Bedeutung zu.

Die Energie der ausströmenden Abgase wird genutzt, um die angesaugte Frischluft vor zu verdichten und somit eine größere Luftmasse in den Brennraum einzubringen. Dies funktioniert nur, wenn das System keine Undichtigkeiten hat.

⚠ Bei Montagearbeiten an der Ansaugluftführung muss sehr großer Wert auf die korrekte Lage der Bauteile und einen dichten Anschluss der Leitungsverbindungen gelegt werden. Eine Undichtigkeit des Systems hat unter Umständen einen

fehlerhaften Ladedruck zur Folge. Dies würde von der Motorsteuerung erkannt werden und der Motor läuft im Notbetrieb (Deaktivieren der Ladedruckregelung). Der Motor hat in diesem Fall einen spürbaren Leistungsmangel. ◀



16 - Ansaugluftführung (im aufgeladenen Betrieb)

T006-1302

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Motorsteuergerät MSD80	14	Umluftleitung Bank 1
2	Leitungen zur Unterdruckpumpe	15	Ladeluftdruckleitung
3	elektropneumatische Druckwandler (EPDW)	16	Ladeluftkühler
4	PTC-Heizung Blow-by Gase	17	Ladeluftsammelleitung
5	Blow-by Leitung aufgeladener Betrieb	18	Ladeluftsaugleitung Bank 1
6	Ladeluftsaugleitung Bank 2	19	Wastegate - Klappe Bank 1
7	Umluftleitung Bank 2	20	Wastegate - Aktuator Bank 1
8	Saugrohrdrucksensor	21	Wastegate - Klappe Bank 2
9	Schubumluftventil Bank 2	22	Wastegate - Aktuator Bank 2
10	Luftfilter	23	Abgasturbolader Bank 1
11	Ladeluftdruck- und Temperatursensor	24	Abgasturbolader Bank 2
12	Drosselklappe	25	zum Katalysator Bank 2
13	Schubumluftventil Bank 1	26	zum Katalysator Bank 1

Über den Luftfilter (10) und die Ladeluftsaugleitungen (6 + 18) wird die Frischluft von den Verdichtern der Abgasturbolader (23 + 24) angesaugt und komprimiert.

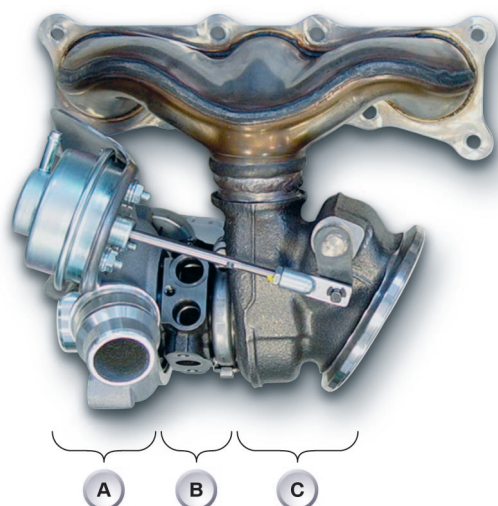
Da die Abgasturbolader im Betrieb sehr heiß werden, sind sie mit dem Kühlmittelkreislauf und dem Motorölkreislauf des Motors verbunden. Die Ladeluft erwärmt sich beim Verdichten im Abgasturbolader sehr stark, dies macht es erforderlich, sie über einen Ladeluftkühler (16) wieder abzukühlen.

Die verdichtete und gekühlte Ladeluft wird vom Ladeluftkühler über die Drosselklappe (12) in das Saugrohr eingeleitet.

Um eine den jeweiligen Betriebsbedingungen des Motors angepasste Beladung mit Frischluft sicherzustellen, ist das System mit einigen Sensoren und Aktuatoren ausgestattet. Auf die Regelung dieser komplexen Zusammenhänge wird im Folgenden eingegangen.

Abgasturboaufladung

Abgasturbolader



17 - Abgasturbolader

Index	Erklärung
A	Verdichter
B	Kühlung/Schmierung
C	Turbine

Funktionsprinzip

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, der auf der gleichen Welle läuft. 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 Drehmomentenerhöhung des Motors bewirkt. Die Drehzahlen der Turbine und des Verdichters können bis zu 200.000 U/min betragen. Die Abgaseintrittstemperatur kann max. 1050 °C erreichen.

Aufgrund dieser hohen Temperaturen sind die Abgasturbolader des N54 Motors nicht nur mit dem Motorölsystem verbunden, sondern sind in den Kühlmittelkreislauf des Motors integriert. In Verbindung mit der elektrischen Kühlmittelpumpe des N54 Motors ist es möglich, auch nach dem Abstellen des Motors die Restwärme aus den Abgasturboladern abzuleiten und so eine Überhitzung des Schmieröls im Lagergehäuse zu verhindern.

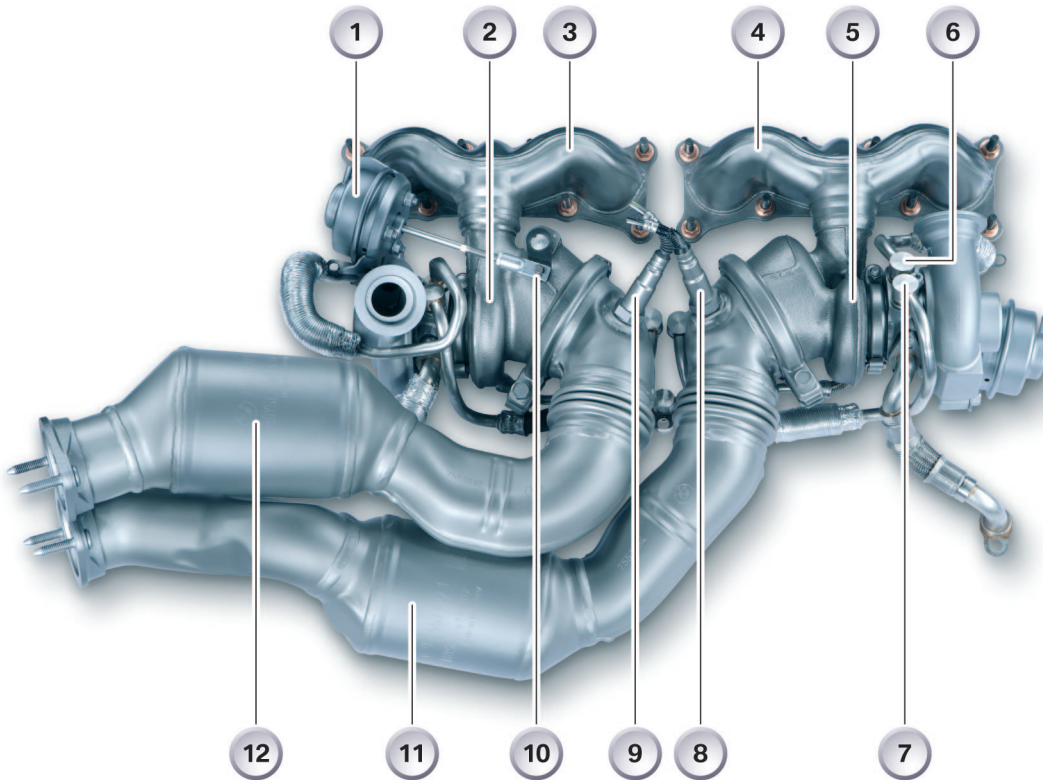
⚠ Über die Nachlauffunktion der Kühlmittelpumpe wird die Stauwärme aus dem Abgasturbolader abgeführt und so einem Verkoken des Öls in den Lagerstellen entgegengewirkt. Dies ist eine wichtige bauteilschützende Funktion. ◀

Bi-Turboaufladung

Dem Ansprechverhalten des Turboladers kommt beim N54 Motor größte Bedeutung zu. Ein verzögertes Reagieren auf den Fahrerwunsch, also die Fahrpedalstellung, ist nicht akzeptabel. Der Fahrer darf also kein so genanntes "Turboloch" wahrnehmen. Dieser Anforderung wird beim N54 Motor mit zwei kleinen Abgasturboladern, die parallel zueinander geschaltet sind, begegnet. Die Zylinder 1, 2 und 3 (Bank 1) treiben den Abgasturbolader (5) und die Zylinder 4, 5 und 6 (Bank 2) einen weiteren Abgasturbolader (2) an.

Kleine Abgasturbolader haben den Vorteil, dass beim Hochlaufen des Turboladers infolge des geringeren Trägheitsmomentes der Turbine weniger Massen beschleunigt werden, und damit der Verdichter schneller einen höheren Ladedruck erreicht.

TD006-1173



TC006-1169

18 - Abgasturbolader Bauteile 1

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Wastegate - Aktuator Bank 2	7	Kühlflüssigkeits-Zulauf
2	Abgasturbolader Bank 2	8	Planare Breitbandlamdasonde Bank 1
3	Abgaskrümmter Bank 2	9	Planare Breitbandlamdasonde Bank 2
4	Abgaskrümmter Bank 1	10	Wastegate - Betätigungshebel
5	Abgasturbolader Bank 1	11	Katalysator Bank 1
6	Kühlflüssigkeits- Rücklauf	12	Katalysator Bank 2

Ladedruckregelung

Der Ladedruck der Abgasturbolader steht in direkter Abhängigkeit zum Abgasstrom, der auf die Turbine des Abgasturboladers gelangt. Sowohl Geschwindigkeit als auch Masse des Abgasstromes sind unmittelbar von der Motordrehzahl sowie der Motorlast abhängig. Zur Regelung des Ladedrucks stehen der Motorsteuerung die Wastegate-Ventile zur Verfügung. Diese werden durch Unterdruck Aktuatoren betätigt, welche von elektropneumatischen Druckwandlern (EPDW) über die Motorsteuerung geregelt werden.

Der Unterdruck wird mit der permanent angetriebenen Unterdruckpumpe des Motors

erzeugt und in einem Druckspeicher gespeichert. Es ist sichergestellt, dass diese Verbraucher keinen negativen Einfluss auf die Funktion der Bremskraftunterstützung haben.

Mit den Wastegate-Ventilen kann der Abgasstrom ganz oder teilweise auf das Turbinenrad geleitet werden. Hat der Ladedruck sein gewünschtes Niveau erreicht, beginnt die Klappe des Wastegate-Ventils sich zu öffnen und ein Teil des Abgasstroms wird am Turbinenrad vorbeigeleitet. Somit wird eine weitere Drehzahlerhöhung des Verdichters durch die Turbine verhindert.

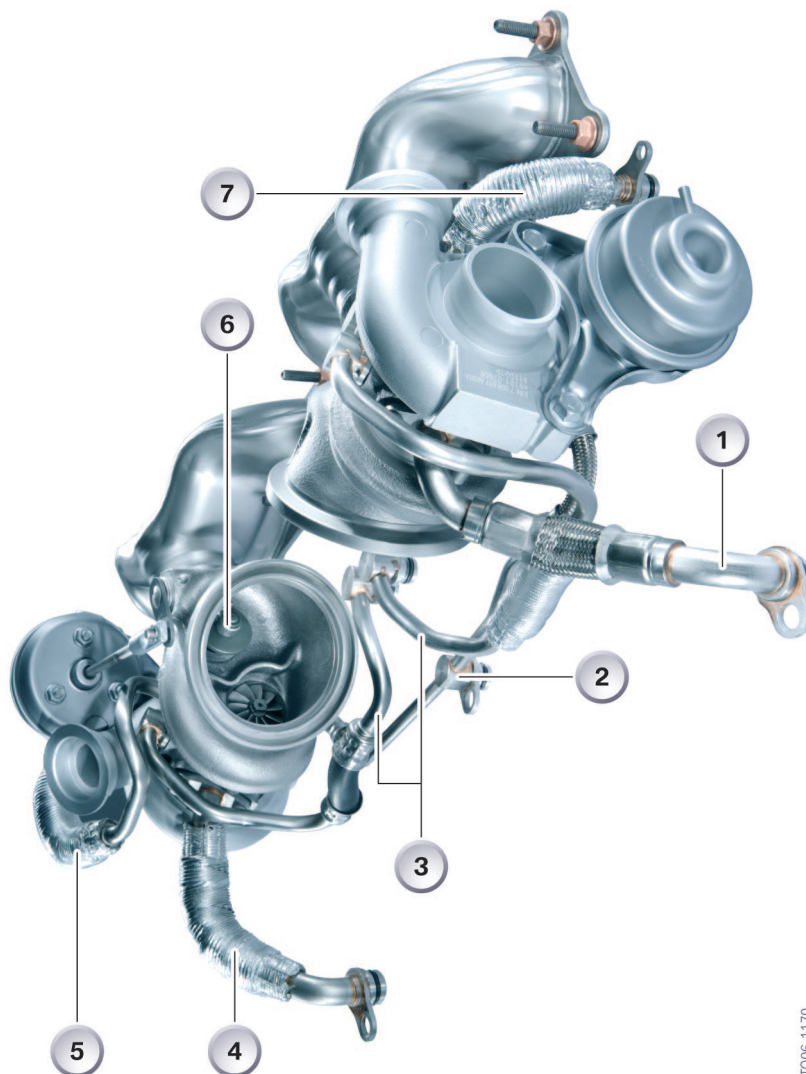
Mit dieser Steuerungsmöglichkeit kann auf vielfältige Betriebssituationen reagiert werden.

In der Leerlaufphase sind die Wastegate-Ventile beider Turbolader geschlossen. Dies hat zur Folge, dass der gesamte zur Verfügung stehende Abgasstrom schon bei diesen niedrigen Motordrehzahlen zur Beschleunigung des Verdichters genutzt werden kann. Wenn dann dem Motor Leistung abverlangt wird, kann der Verdichter den erforderlichen Ladedruck ohne spürbare Zeitverzögerung liefern.

In der Volllastsituation wird der Ladedruck bei Erreichen des maximal zulässigen Drehmomentes durch teilweises Öffnen der

Wastegate-Ventile auf einem gleich bleibend hohen Niveau gehalten. Die Verdichter werden also immer nur soweit auf Drehzahl gebracht, wie es die Betriebssituation erfordert. Durch das Öffnen der Wastegate-Ventile wird Antriebsenergie von der Turbine genommen, sodass zugunsten des Kraftstoffverbrauches keine weitere Ladedruckerhöhung stattfindet.

Im Volllastbetrieb arbeitet der N54 Motor mit einem Überdruck von bis zu 0,8 bar im Saugrohr.



T006-1170

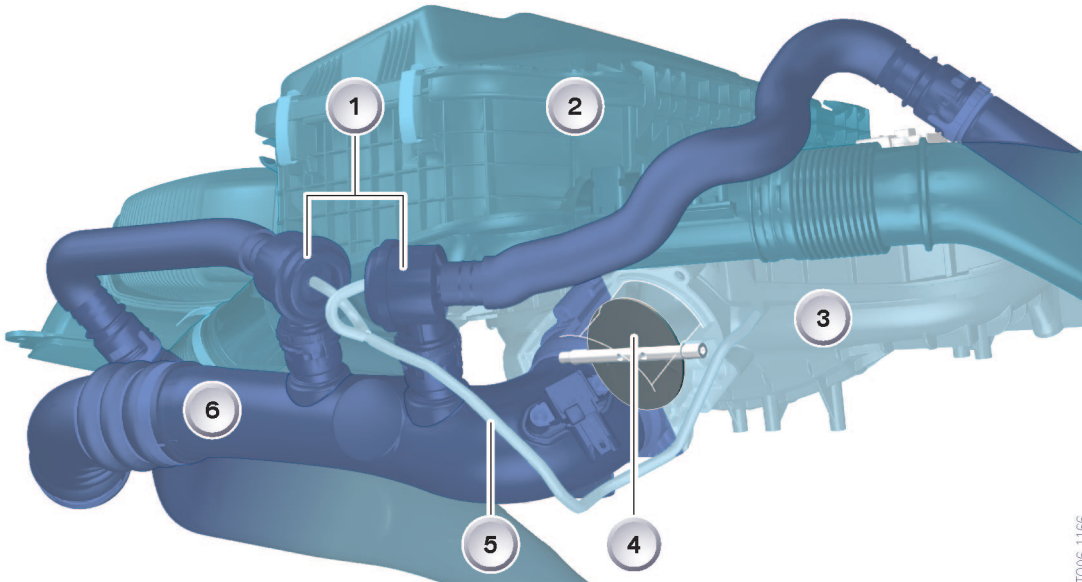
19 - Abgasturbolader Bauteile 2

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Ölrücklauf Bank 1	5	Kühlflüssigkeit Rücklauf Bank 1
2	Ölzulauf	6	Wastegate-Ventil
3	Kühlflüssigkeit Zulauf	7	Kühlflüssigkeit Rücklauf Bank 1
4	Ölrücklauf Bank 2		

Schubumluftsteuerung

Die Schubumluftventile des N54 Motors bauen unerwünschte Spitzen im Ladedruck ab, die beim schnellen Schließen der

Drosselklappe entstehen können. Damit nehmen sie eine wichtige Funktion im Hinblick auf die Motorakustik wahr und tragen zum Bauteilschutz der Turbolader bei.



20 - Schubumluftventile N54 Motor

TC006-1166

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Schubumluftventile	4	Drosselklappe
2	Luftfilter (Umgebungsdruck)	5	Steuerleitung Schubumluftventile
3	Ansaugluft Sammler (Saugrohrdruck)	6	Ladeluftdruckleitung (Ladedruck)

Wird die Drosselklappe bei hohen Motordrehzahlen geschlossen, entsteht ein Unterdruck im Saugrohr. Hinter dem Verdichter baut sich ein großer Staudruck auf, der nicht entweichen kann, da der Weg zum Saugrohr versperrt ist.

Dies hätte ein "Aufpumpen" des Laders zur Folge. Das bedeutet, dass

- ein deutlich wahrnehmbares störendes Pumpgeräusch auftritt,
- einhergehend mit diesem Pumpengeräusch eine bauteilschädigende Belastung auf den Abgasturbolader wirkt, da hochfrequente Druckwellen die Lager des Abgasturboladers in axialer Richtung belasten.

Die Schubumluftventile sind mechanisch betätigte Feder-Membran-Ventile; sie werden durch den Saugrohrdruck wie folgt angesteuert:

Herrscht eine Druckdifferenz vor und nach der Drosselklappe, werden die Schubumluftventile durch den Saugrohrdruck geöffnet und der Ladedruck auf die Ansaugseite des Verdichters umgeleitet. Die Schubumluftventile öffnen ab einem Differenzdruck von 0,3 bar. Dieser Vorgang bewirkt, dass es nicht zu dem störenden und bauteilschädigendem Pumpen kommt.

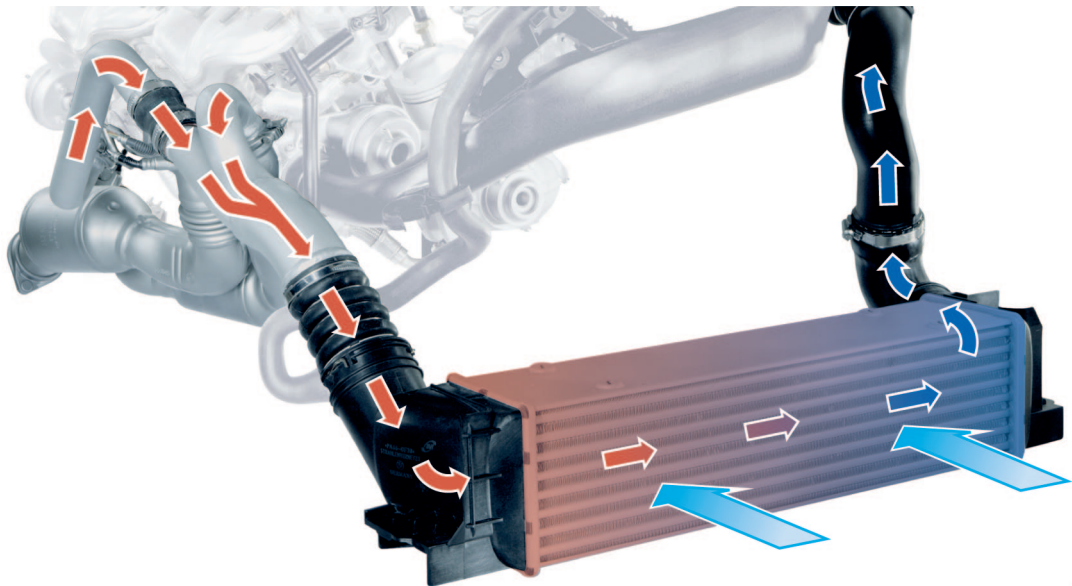
Auch im leerlaufnahen Betrieb (Druckdifferenz $P_{Lader}/P_{Saug} = 0,3$ bar) sind die Schubumluftventile systembedingt geöffnet. Dies hat jedoch keine weiteren Auswirkungen auf das Aufladesystem.

Der Abgasturbolader wird bei diesen niedrigen Drehzahlen mit dem vollen Abgasstrom beaufschlagt und baut schon im leerlaufnahen Bereich eine gewisse Vorladung der Ansaugluft auf. Wird nun die Drosselklappe geöffnet, steht dem Motor sehr schnell der erforderliche volle Ladedruck zur Verfügung.

Einer der wesentlichen Vorteile der unterdruckbetätigten Wastegate-Ventile ist, dass sie im mittleren Bereich teilweise geöffnet werden können, um die Vorladung der Ansaugluft nicht auf Kosten des Kraftstoffverbrauchs zu groß werden zu

lassen. Im oberen Lastbereich nehmen sie dann die entsprechend dem nötigen Ladedruck erforderliche Regelposition ein.

Ladeluftkühlung



21 - Ladeluftkühler N54 Motor E92

Die Ladeluftkühlung des N54 Motors dient der Steigerung der Leistung ebenso wie der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. Die im Abgasturbolader durch dessen Bauteiltemperatur und durch Kompression erhitzte Ladeluft wird im Ladeluftkühler um bis zu 80 °C abgekühlt.

Dadurch erhöht sich die Dichte der Ladeluft, was zu einer besseren Füllung des Brennraumes führt. Hieraus resultiert ein geringerer erforderlicher Ladedruck. Außerdem sinkt die Klopfgefahr und der Motor arbeitet mit günstigerem Wirkungsgrad.

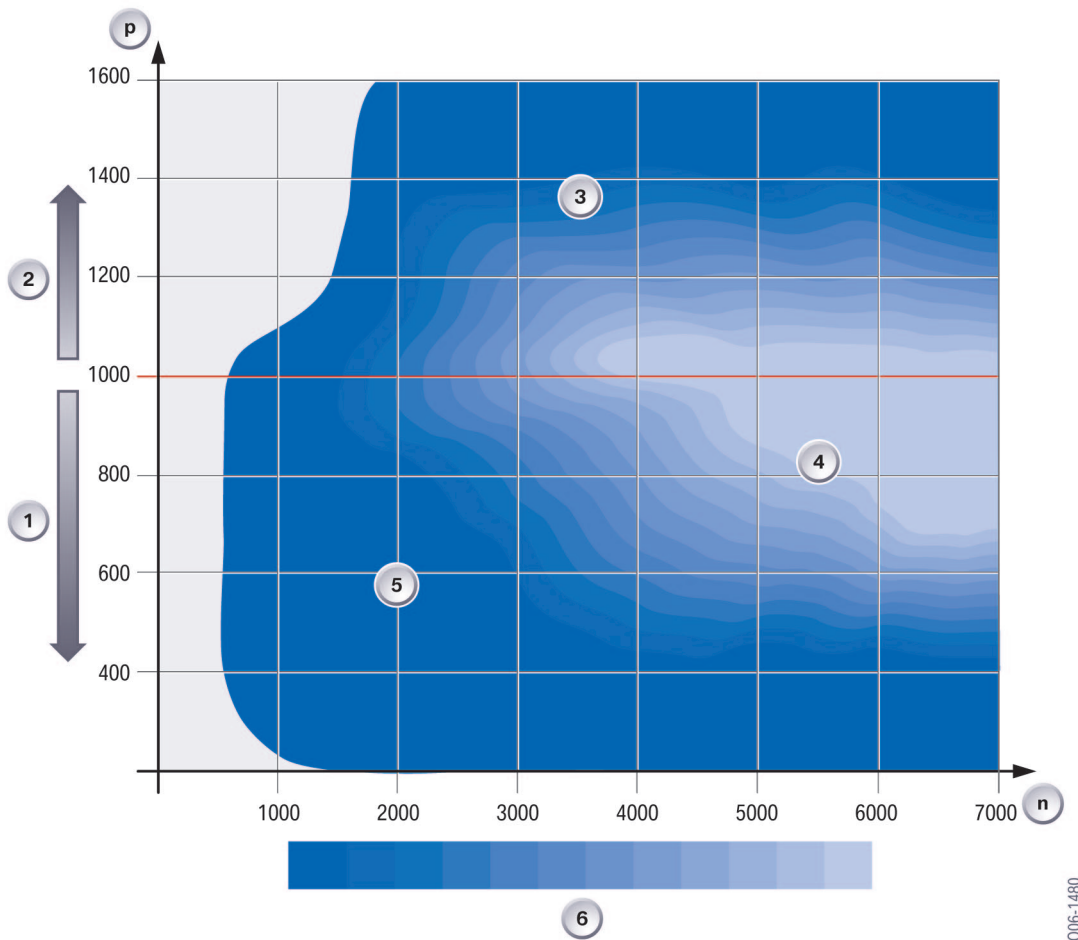
Laststeuerung

Die Laststeuerung des N54 Motors erfolgt über die Drosselklappe und die Wastegate-Ventile.

Hierbei stellt die Drosselklappe das primäre Stellglied dar. Es erfolgt eine Feinabstimmung des Ladedrucks über die Ansteuerung der Wastegate-Ventile. Bei Vollast ist die Drosselklappe voll geöffnet und die Laststeuerung wird von den Wastegate-Ventilen übernommen.

In der Grafik Laststeuerung ist zu erkennen, dass die Wastegate-Ventile in allen Betriebssituationen des N54 Motors kennfeldgesteuert in die Laststeuerung integriert sind.

TD06-1581



22 - Laststeuerung N54 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
n	Motordrehzahl in U/min	3	Wastegate ladedruckabhängig geregelt
p	Absolutdruck im Saugrohr in mbar	4	Wastegate teilgeöffnet
1	Saugmotorischer Betrieb	5	Wastegate geschlossen
2	Aufgeladener Betrieb	6	Dunkel = Wastegate ganz geschlossen Hell = Wastegate ganz geöffnet

Steuergrößen

In die Steuerung des Ladedrucks des N54 Motors fließen unter anderem folgende Größen ein:

- Ansauglufttemperatur
- Motordrehzahl
- Drosselklappenstellung
- Umgebungsdruck

- Saugrohrdruck
- Druck vor der Drosselklappe (Führungsgröße).

Basierend auf diesen Größen wird die Ansteuerung der elektropneumatische Druckwandler (EPDW) durch das Motorsteuergerät festgelegt.

Das Ergebnis dieser Ansteuerung ist am erreichten Ladedruck überprüfbar, welcher vor der Drosselklappe gemessen wird.

Es folgt ein Vergleich des erreichten Ladedruckes mit den Solldaten des Kennfeldes, der gegebenenfalls zu einer Korrektur der Ansteuerung führen kann. Das System regelt und überwacht sich im Betrieb also selbst.

Notbetrieb

Sollte es im Betrieb zu Störfunktionen, unplausiblen Werten oder zum Ausfall von an der Regelung der Abgasturboaufladung beteiligten Sensoren kommen, wird die Ansteuerung der Wastegate-Ventile ausgeschaltet, die Ventilkappen werden somit voll geöffnet. Es findet also keine Aufladung mehr statt.

⚠ Nachfolgend sind Bauteile oder Funktionsgruppen des N54 Motors aufgeführt, bei denen ein Ausfall, eine Fehlfunktion oder unplausible Werte eine Deaktivierung der Ladedruckregelung zur Folge haben. Ein derartiger Fehler wird dem Fahrer über die EML Anzeige signalisiert.

- Hochdruckkraftstoffsystem
- Einlass VANOS
- Auslass VANOS
- Kurbelwellensensor
- Nockenwellensensor
- Ladedrucksensor
- Klopfensoren
- Ansauglufttemperatursensor.



⚠ Einem Grundsatz der Fahrzeuginstandsetzung kommt hier besondere Bedeutung zu:

An den Ursachen arbeiten und nicht an den Auswirkungen! ◀

Im Hinblick auf die Diagnose und die anschließende Instandsetzung von an der Aufladung beteiligten Bauteilen ist darauf zu achten, dass sie mit der zur Verfügung stehenden Diagnosetechnik auch tatsächlich als Schadbauerteil identifiziert werden. Es muss immer sichergestellt sein, dass die Fehlerursache ermittelt und behoben wird und nicht ggf. an Fehlerfolgeerscheinungen gearbeitet wird.

So kann z. B. ein undichter Flansch am Ladeluftkühler weit reichende Folgen nach sich ziehen.

⚠ Drei goldene Regeln der Handhabung gelten auch für den N54 Motor:

1. Leistungsverlust und Störungen des Motors nicht voreilig auf den Abgasturbolader zurück führen. Oft werden einwandfrei funktionierende Abgasturbolader unnötigerweise abgebaut und ersetzt. Tritt an der Abgasanlage blauer Rauch auf, ist zu prüfen, ob der Luftfilter verschmutzt ist oder der Motor durch Verschleiß zu hohem Ölverbrauch aufweist. Erst dann den Abgasturbolader prüfen. Läuft der Abgasturbolader zu laut, alle Verbindungen auf der Druckseite des Abgasturboladers untersuchen. Tritt schwarzer Rauch bzw. Leistungsverlust auf, ist auch in diesem Fall zuerst den Motor und die Verbindungsleitungen zu überprüfen.
2. Hauptursachen eines Abgasturboladerschadens:
 - Schmierungsmangel und in Folge ein Lagerausfall. Dadurch schleifen Verdichter- und Turbinenrad in den Gehäusen, die Dichtungen werden beschädigt und außerdem kann die Welle abscheren.
 - Fremdkörper beschädigen Turbinen und Pumpenrad. Die daraus resultierende Unwucht verringert den Wirkungsgrad und kann zum Bersten der Laufräder führen.
 - Verschmutztes Schmieröl führt zur Riefenbildung an Wellenzapfen und Lager. Ölbohrungen sowie Abdichtungen setzen sich zu und verursachen hohe Ölleckverluste. Von außen eindringende Teile wie Sand, Schmutz, Schrauben und Ähnliches werden durch einen Filter vor dem Verdichter abgefangen. Die Filter sind in regelmäßigen Abständen (Service-Intervalle) zu warten. Der Reinluftbereich des Luftfilters und der Luftführung zu den Verdichtern ist sorgfältig sauber und frei von jeglichen Partikeln zu halten.
3. Nichts am Abgasturbolader verändern. Niemals versuchen, die Regelstange der Ladedruckregelung zu verändern. Der Abgasturbolader wurde vom Werk optimal ausgelegt. Arbeitet der Abgasturbolader bei höheren Ladedrücken als vom Motorhersteller

zugelassen, kann der Motor heiß laufen und Kolben, Zylinderkopf oder Motorlager können ausfallen oder die Sicherheitsfunktionen der

Motorelektronik ansprechen und das Notprogramm des Motors aktivieren.

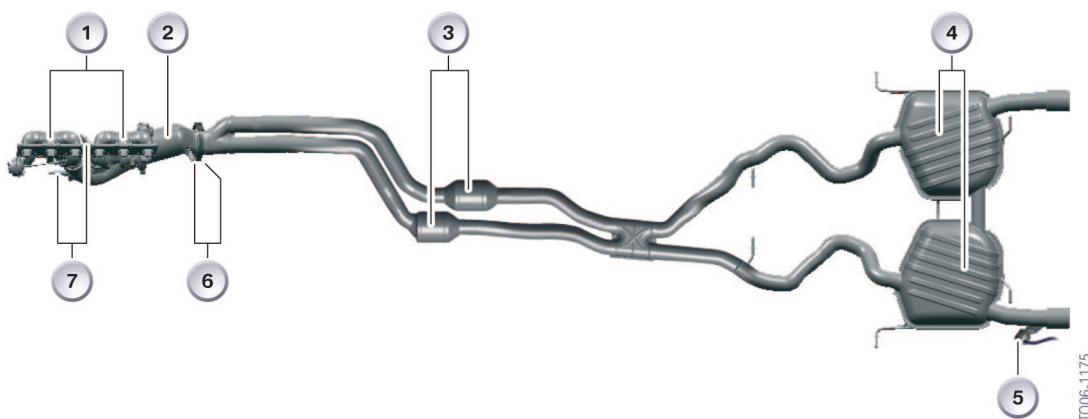


Abgassystem

E92 Fahrzeuge mit N54 Motor sind einer zweibordigen Abgasanlage ausgestattet. Die gesamte Anlage ist aus austenitischem Edelstahl gefertigt, dies sichert eine auf die Lebenszeit des Fahrzeuges ausgelegte Funktionalität.

Es kommen motornahe Vorkatalysatoren mit nachfolgenden Unterflurkatalysatoren zum Einsatz.

Die verbauten Lambdasonden entsprechen denen, des N52 Motors.



TO06-1175

23 - Abgasanlage E92 mit M54 Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Abgaskrümmung	5	Abgasklappe
2	motornahe Kat 2 x 0,7 l	6	Monitorsonden
3	Unterboden-Kat 2 x 0,85 l	7	Planare Lambdasonden (Regelsonde)
4	Nachschalldämpfer je ca. 16 l		

Kraftstoffsystem

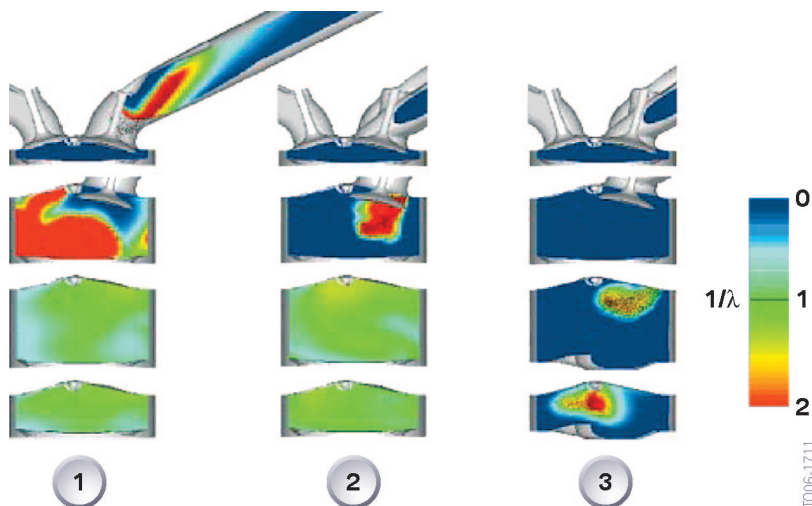
Die Direkteinspritzung ist einer der entscheidenden Bausteine im Konzept des N54 Motors. Nur mit diesem im Folgenden beschriebenen Einspritzverfahren sind die komplexen Anforderungen an das Brennverfahren zu erfüllen.

Gegenüber einem turboaufgeladenen Motor mit Saugrohreinspritzung ist damit ein höheres Verdichtungsverhältnis realisierbar. Gleichzeitig wird die Abgastemperatur unter Vollast herabgesetzt. Ein weiterer Vorzug dieses Einspritzverfahrens liegt in dem besseren Wirkungsgrad im Teillastbetrieb.

Grundlagen Direkteinspritzung

Bei der Direkteinspritzung wird der Kraftstoff unter hohem Druck (zwischen 50 und 200 bar) direkt in den Brennraum eingespritzt. Grundsätzlich sind durch die homogene oder

geschichtete Gemischbildung zwei Konzepte der Benzin-Direkteinspritzung möglich, die bezüglich Verbrauch und Emissionen ausgeprägte Besonderheiten aufweisen.



24 - Vergleich Gemischbildung

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Saugrohreinspritzung	3	Direkteinspritzung Schichtbetrieb
2	Direkteinspritzung Homogen		

Die Unterschiede entstehen durch die verschiedenen Gemischbildungsvorgänge. Die oben stehende Grafik "Vergleich Gemischbildung" zeigt den zeitlichen Ablauf der Gemischbildung bei Direkteinspritzung in homogener und geschichteter Betriebsart sowie vergleichend bei Saugrohreinspritzung.

Die Gemischzusammensetzung wird als Luftverhältnis für vier Zeitpunkte dargestellt. Die Farben stellen entsprechend der Vergleichsskala das jeweilige örtliche Luftverhältnis dar.

Direkteinspritzung homogen

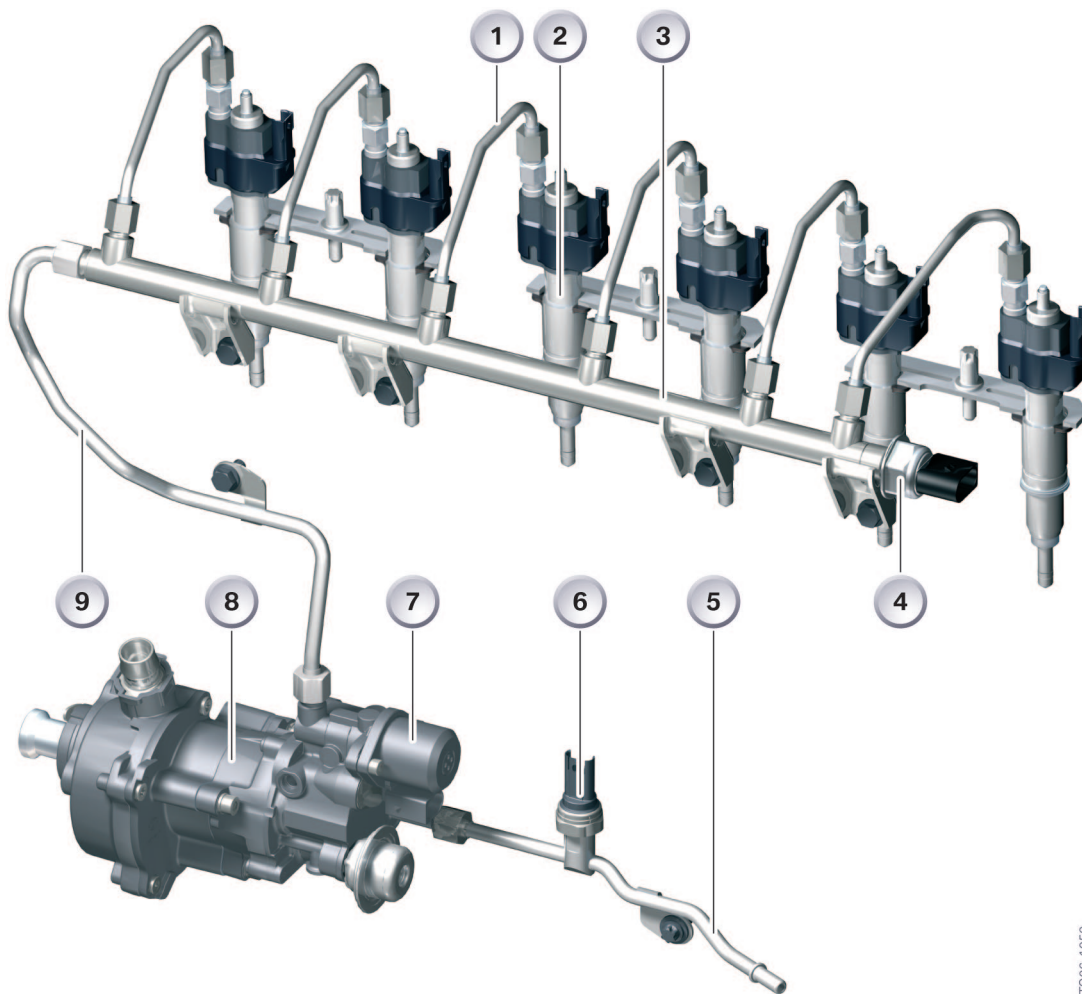
Bei der Direkteinspritzung mündet das Einspritzventil direkt in den Brennraum. Der Kraftstoff verdunstet im Brennraum. Durch die Gasbewegungen im Brennraum wird die Luft mit dem eingespritzten Kraftstoff durchmischt, sodass zum Zündzeitpunkt ein homogenes ($\lambda=1$) Gemisch vorherrscht. Der Gemischbildungs- und damit der Verbrennungsablauf ist einem konventionellen Motor mit Saugrohreinspritzung ähnlich. Da der Kraftstoff erst in den Zylinder eingebracht wird und dort verdunstet, wird der Zylinderladung durch diese Verdunstung Wärmeenergie entzogen. Hierdurch verbessert sich das

Klopverhalten, sodass das Verdichtungsverhältnis angehoben werden

kann. Der Wirkungsgrad steigt insgesamt um bis zu 10 %.

High Precision Injektion HPI

Übersicht und Funktion



TO06-1052

25 - HPI

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Hochdruckleitung (Rail - Injektor)	6	Niederdrucksensor
2	Piezo-Injektor	7	Mengensteuerventil
3	Rail	8	Dreikolben Hochdruckpumpe
4	Hochdrucksensor	9	Hochdruckleitung (Pumpe - Rail)
5	Vorlaufleitung (von der EKP)		

Der Kraftstoff wird vom Kraftstoffbehälter durch die EKP über die Vorlaufleitung (5) mit einem Vordruck von 5 bar zur Hochdruckpumpe gefördert. Der Vordruck wird über den Niederdrucksensor (6)

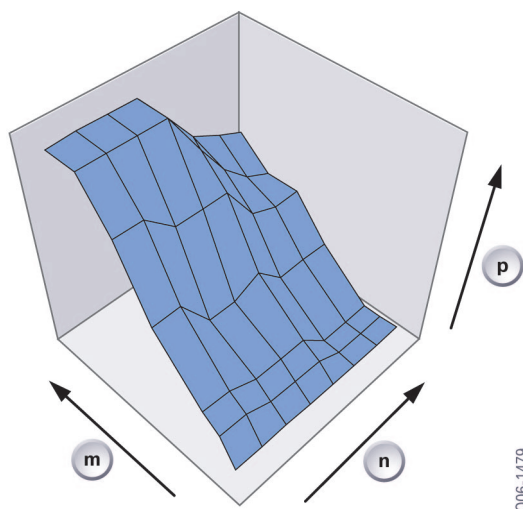
überwacht. Der Kraftstoff wird von der EKP bedarfsgerecht gefördert.

Bei Ausfall dieses Sensors wird bei Klemme 15 EIN die EKP mit 100 % Förderleistung weiterbetrieben.

Der Kraftstoff wird in der permanent angetriebenen Dreikolben Hochdruckpumpe (8) verdichtet und über die Hochdruckleitung (9) in den Rail (3) gefördert. Der so im Rail unter Druck gespeicherte Kraftstoff wird über die Hochdruckleitungen (1) an die Piezo-Injektoren (2) verteilt.

Der erforderliche Kraftstoffdruck wird von der Motorsteuerung in Abhängigkeit von Motorlast und Motordrehzahl ermittelt. Das erreichte Druckniveau wird mit dem Hochdrucksensor (4) erfasst und an das Motorsteuergerät übermittelt. Die Regelung erfolgt über einen Soll/Ist-Abgleich des Rail Drucks durch das Mengensteuerventil (7).

Die Auslegung des Drucks richtet sich nach bestmöglichem Verbrauch und Laufruhe des N54 Motors. 200 bar werden nur bei hoher Last und niedriger Drehzahl benötigt.



26 - Kraftstoffdruckdiagramm

Index	Erklärung
p	Druck
m	Motorlast
n	Drehzahl

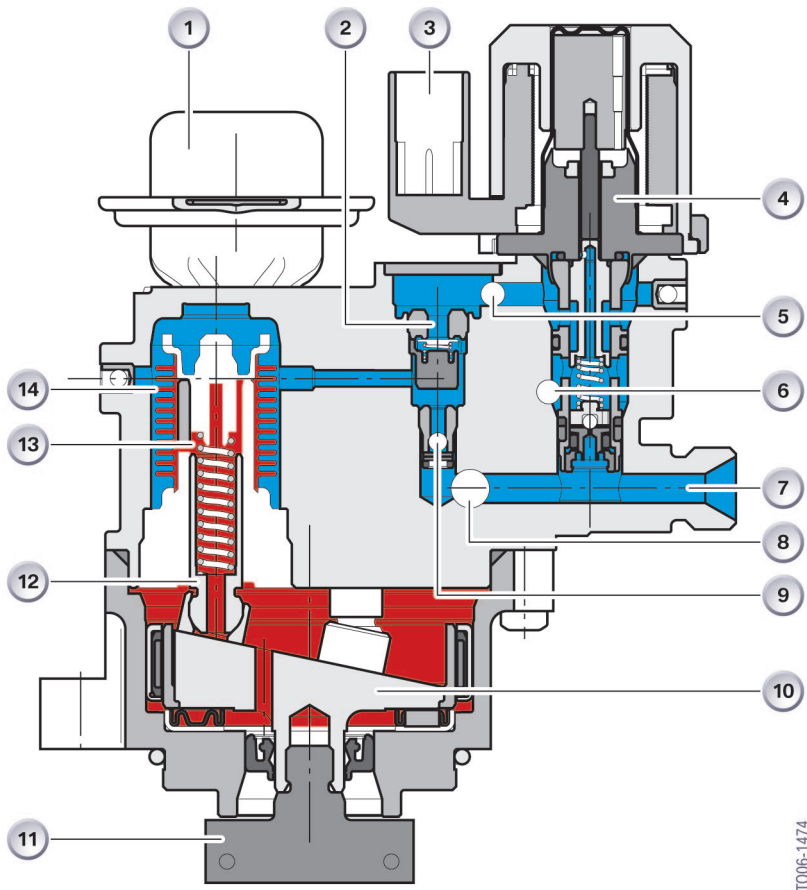
ACHTUNG! Öffnen des Kraftstoffsystems bei Kühlmitteltemperatur über 40 °C nicht zulässig. Gefahr von Körperverletzung. Reparaturanleitung beachten.
CAUTION! Do not open the fuel system if the coolant temperature is above 40 °C/104 °F – risk of injury! Consult the repair manual.
ATTENTION ! Il est interdit d'ouvrir le système d'alimentation en carburant lorsque la température du liquide de refroidissement est supérieure à 40 °C. Risque de blessure. Respecter les instructions du Manuel de réparation.
¡ATENCIÓN! Prohibido abrir el sistema de combustible cuando la temperatura del líquido refrigerante supere los 40 °C. Peligro de lesiones. Consultar el manual de reparaciones.
注意! 冷却液温度高于40摄氏度时禁止打开燃油系统。存在身体伤害的危险。注意维修说明。

27 - Warnaufkleber Arbeiten an der HPI

⚠ Arbeiten an diesem Kraftstoffsystem sind nur nach dem Abkühlen des Motors zulässig. Die Kühlmitteltemperatur darf nicht über 40 °C liegen. Dies ist zwingend zu beachten, da ansonsten auf Grund des Restdruckes im Hochdrucksystem die Gefahr des Rückspritzens von Kraftstoff besteht. ◀

⚠ Bei Arbeiten am Hochdruckkraftstoffsystem ist besonders auf Sauberkeit und die in der Reparaturanleitung beschriebenen Arbeitsabläufe zu achten. Schon kleinste Verunreinigungen und Beschädigung an den Verschraubungen der Hochdruckleitungen können zu Undichtigkeiten führen. ◀

Aufbau und Funktion der Hochdruckpumpe



T006-1474

28 - Hochdruckpumpe mit Mengensteuerventil

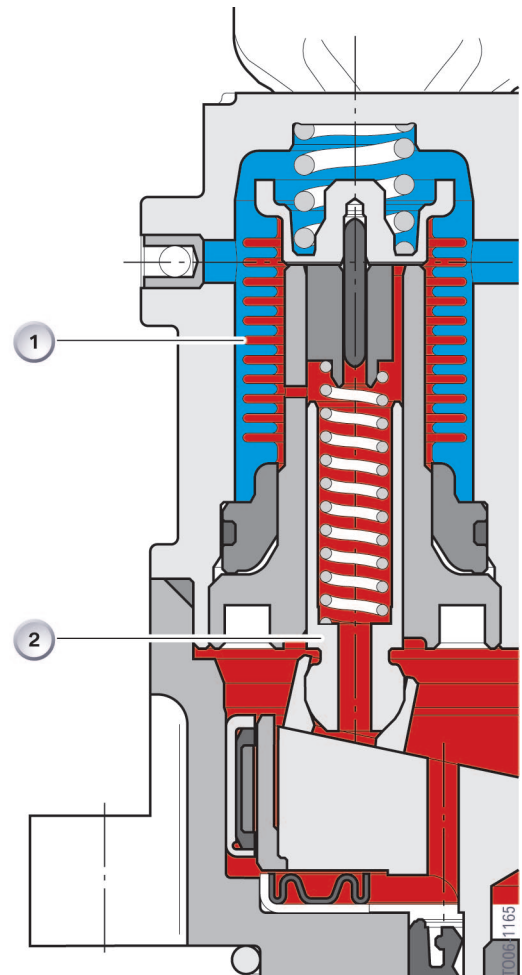
Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Thermischer Kompensator	8	Zulauf Druckbegrenzungsventil
2	Niederdruckrückschlagventil 3x	9	Hochdruckrückschlagventil 3x
3	Anschluss Motorsteuerung	10	Pendelscheibe
4	Mengensteuerventil	11	Antriebsflansch Hochdruckpumpe
5	Rücklauf Druckbegrenzungsventil	12	Druckkolben 3x
6	Zulauf von EKP	13	Ölfüllung Hochdruckpumpe
7	Hochdruckanschluss zum Rail	14	Kraftstoffkammer 3x

Der Kraftstoff wird über den Zulauf (6) mit dem von der EKP erzeugten Vordruck in die Hochdruckpumpe gefördert. Von dort wird der Kraftstoff über das Mengensteuerventil (4) und das Niederdruckrückschlagventil (2) in die Kraftstoffkammer (14) des Pumpenelementes geleitet. In diesem Pumpenelement wird der Kraftstoff unter Druck gesetzt und über das Hochdruckrückschlagventil (9) zum Hochdruckanschluss (7) gefördert. Die Hochdruckpumpe ist mit der Unterdruckpumpe über den Antriebsflansch (11) verbunden und wird somit auch vom Kettentrieb angetrieben. Das bedeutet, sobald der Motor läuft, werden die drei Druckkolben (12) permanent über die Pendelscheibe (10) in Hubbewegung versetzt. Es wird also solange Kraftstoff unter Druck gesetzt, wie neuer Kraftstoff über das Mengensteuerventil (4) in die Hochdruckpumpe gefördert wird. Das Mengensteuerventil wird über den Anschluss zur Motorsteuerung (3) angesteuert und gibt so die erforderliche Kraftstoffmenge frei. Die Druckregelung erfolgt über das Mengensteuerventil durch Öffnen bzw. Schließen des Kraftstoffzuflusskanals.

Der maximale Druck im Hochdruckbereich ist auf 245 bar beschränkt. Sollte es zu einem so hohen Druck kommen, wird der Hochdruckkreis durch ein Druckbegrenzungsventil über die Anschlüsse (8 und 5) in den Niederdruckbereich entspannt. Auf Grund der Inkompressibilität des Kraftstoffes ist dies ohne Probleme möglich. Das heißt, der Kraftstoff verändert sein Volumen mit der Druckänderung nicht. Die entstehende Druckspitze wird bei der Einleitung in den Niederdruckbereich vom dortigen Flüssigkeitsvolumen kompensiert.

Durch Temperaturänderungen hervorgerufene Volumenänderungen werden mit dem thermischen Kompensator (1), der mit der Ölfüllung der Pumpe verbunden ist, ausgeglichen.

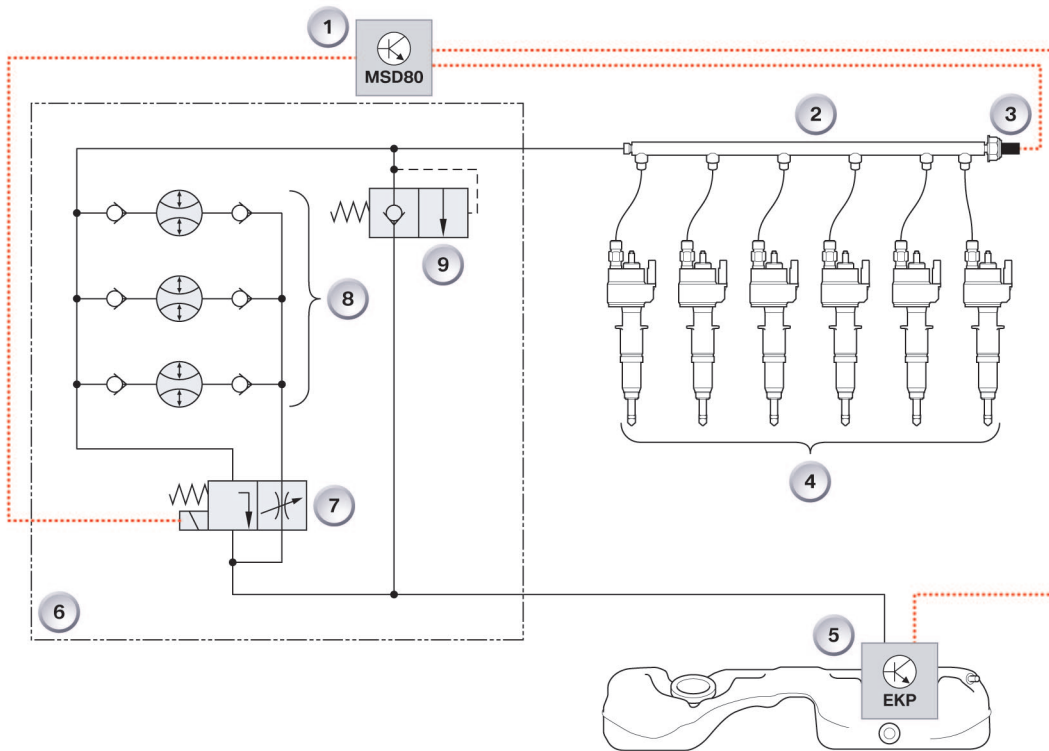
Druckerzeugung im Pumpenelement der Hochdruckpumpe



29 - Pumpenelement

Index	Erklärung
rot	Ölfüllung
blau	Kraftstoff
1	Metallmembran
2	Druckkolben

Der durch die Pendelscheibe angetriebene Druckkolben (2) presst bei seiner Aufwärtsbewegung Öl (rot) in die Metallmembran (1). Die dadurch hervorgerufene Volumenzunahme der Metallmembran verkleinert den zur Verfügung stehenden Raum in der Kraftstoffkammer. Der dadurch unter Druck gesetzte Kraftstoff (blau) wird in den Rail gedrückt.



30 - Schematische Darstellung HPI

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Motorsteuergerät	6	Hochdruckpumpe
2	Rail	7	Mengensteuerventil
3	Hochdrucksensor	8	Hochdruckpumpenelement mit Rückschlagventilen
4	Piezo-Injektoren	9	Druckbegrenzungsventil mit Bypass
5	EKP		

Das Mengensteuerventil steuert den Kraftstoffdruck im Rail. Es wird über ein Pulsweiten (PWM)-Signal von der Motorsteuerung angesteuert. Je nach Ansteuersignal wird ein unterschiedlich großer

Drosselquerschnitt freigegeben und der für den jeweiligen Lastpunkt notwendige Kraftstoffmassenstrom eingestellt. Zusätzlich ist die Möglichkeit gegeben, den Druck im Rail abzubauen.

Notbetrieb

Wird ein Fehler im System diagnostiziert, wie z. B. der Ausfall des Hochdrucksensors, wird das Mengensteuerventil stromlos geschaltet; der Kraftstoff gelangt dann über einen so genannten Bypass ins Rail.

⚠ Bei Notbetrieb der HPI wird die Abgasturboaufladung durch öffnen der Wastegate-Ventile ausgeschaltet. ◀

⚠ Ursachen für den Notbetrieb der HPI können sein:

- Unplausible Hochdrucksensurwerte
- Ausfall des Mengensteuerventils
- Undichtigkeit des Hochdrucksystems
- Ausfall der Hochdruckpumpe
- Ausfall Hochdrucksensor.



Außen öffnende Piezo-Injektoren

Erst der außen öffnende Piezo-Injektor macht die strahlgeführte Direkteinspritzung und damit die Gesamtinnovationen des N54 Motors möglich. Denn nur mit ihm ist es möglich, den eingespritzten Kraftstoffkegel stabil zu gewährleisten, auch unter den herrschenden Einflüssen von Druck und Temperatur im Brennraum. Dieser Piezo-Injektor ermöglicht Einspritzdrücke von bis zu 200 bar und ein extrem schnelles Öffnen der Düsenadel. Somit ist es möglich, losgelöst von den durch die Ventilöffnungszeiten begrenzten Arbeitstakten Kraftstoff in den Brennraum einzuspritzen.

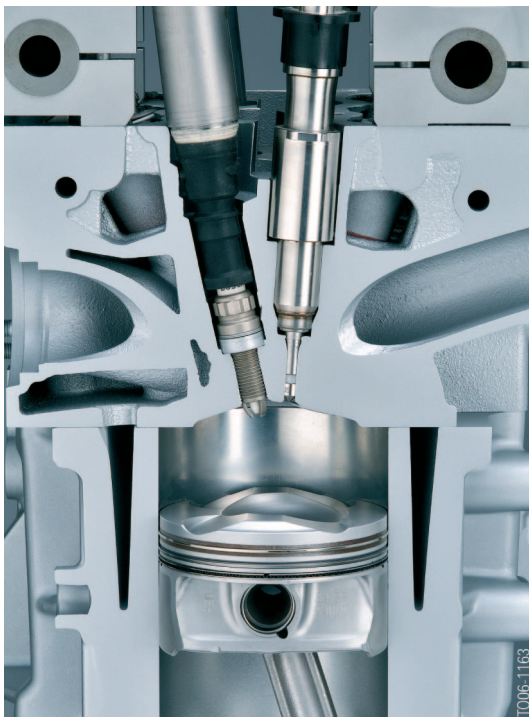


31 - außen öffnenden Piezo-Injektor

Der Piezo-Injektor ist zusammen mit der Zündkerze mittig zwischen die Ein- und Auslassventile in den Zylinderkopf integriert. Durch diese Einbaulage wird eine Benetzung der Zylinderwände oder des Kolbenbodens mit eingespritztem Kraftstoff vermieden. Eine gleichmäßige Bildung des homogenen Kraftstoff-Luft-Gemischs wird mithilfe der Gasbewegung im Brennraum und einem stabilen Kraftstoffkegel erzielt. Die Gasbewegung wird zum einen durch die Geometrie der Einlasskanäle und zum anderen durch die Form des Kolbenbodens beeinflusst. Der eingespritzte Kraftstoff wird im Brennraum mit der Ladeluft verwirbelt bis zum Zündzeitpunkt überall im Verdichtungsraum ein homogenes Gemisch zur Verfügung steht.

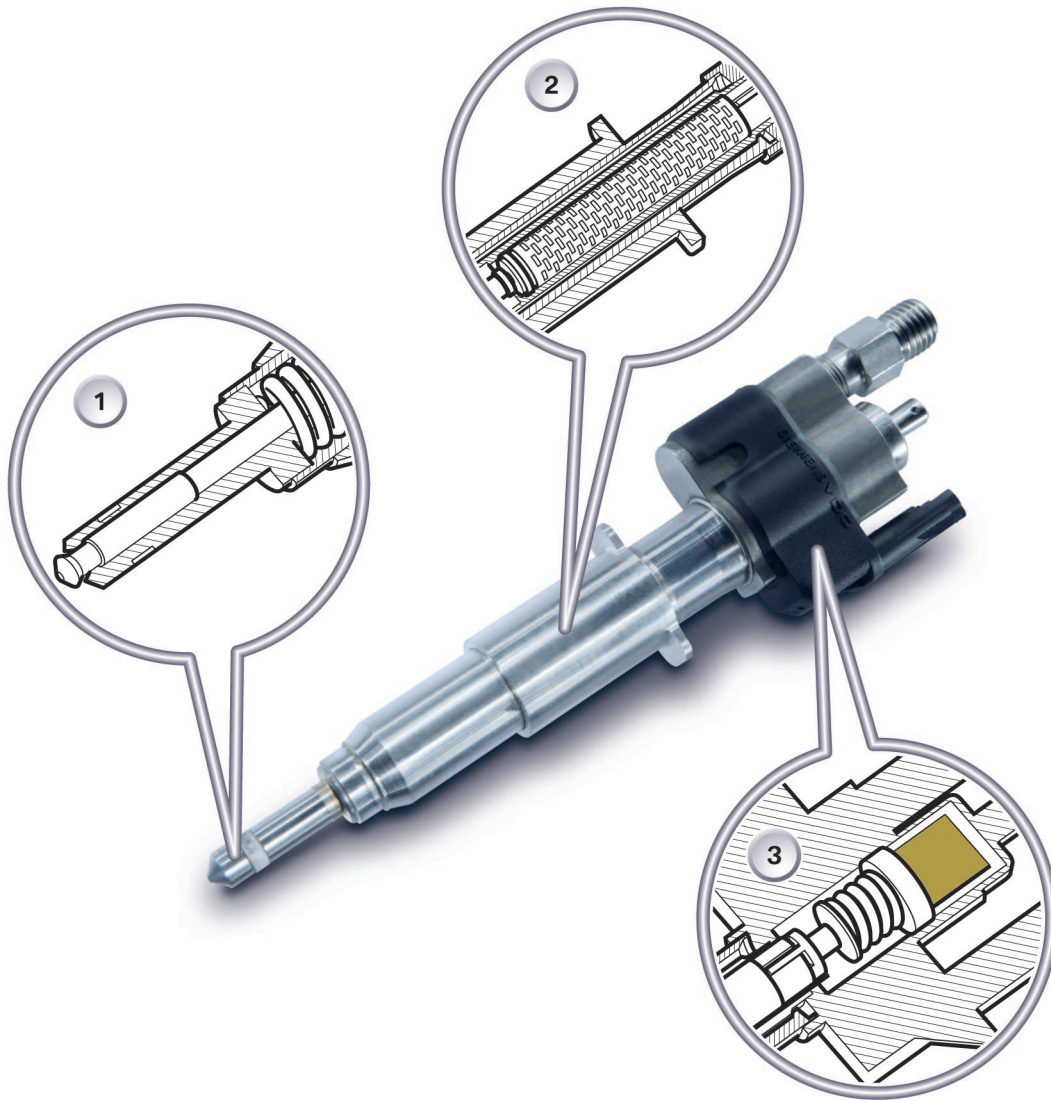
⚠ Bei Arbeiten am Kraftstoffsystem des N54 Motors ist darauf zu achten, dass die Zündspulen nicht mit Kraftstoff verunreinigt werden. Die Beständigkeit des Silikonwerkstoffes wird durch starken Kraftstoffkontakt wesentlich vermindert. Es kann zu Überschlägen am Zündkerzenkopf und damit zu Zündaussetzern kommen.

- Vor Umbauten am Kraftstoffsystem unbedingt die Zündspulen entfernen und den Zündkerzenschacht mittels einem Lappen vor Kraftstoffeintrag schützen.
- Vor Neuverbau des Piezo-Injektors sind die Zündspulen zu demontieren und es ist für größtmögliche Sauberkeit zu sorgen.
- Stark durch Kraftstoff verunreinigte Zündspulen müssen erneuert werden.



32 - Einbaulage des außen öffnenden Piezo-Injektors

Aufbau des Piezo-Injektors



TO06-1059

33 - Piezo-Injektor Baugruppen

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	außen öffnende Düsennadel	3	thermischer Kompensator
2	Piezo-Element		

Der Piezo-Injektor besteht im Wesentlichen aus drei Baugruppen. Die Düsennadel wird durch die Ausdehnung des bestromten Piezo-Elements nach außen hin aus ihrem Ventilsitz gehoben. Um den unterschiedlichen Betriebstemperaturen mit vergleichbaren Ventilöffnungshüben begegnen zu können, verfügt der Injektor über ein thermisches Ausgleichselement.

⚠ Beim Ein- und Ausbau des Piezo-Injektors muss der Teflondichtring erneuert werden. Dies gilt auch, wenn ein gerade erst

eingebauter Injektor nach einem Motorstart erneut ausgebaut werden muss. ◀

⚠ Ein mit einem neuen Teflondichtring versehener Piezo-Injektor sollte schnellstmöglich verbaut werden, da der Teflondichtring aufquellen könnte. Die Hinweise der Reparaturanleitung sind unbedingt zu berücksichtigen. ◀

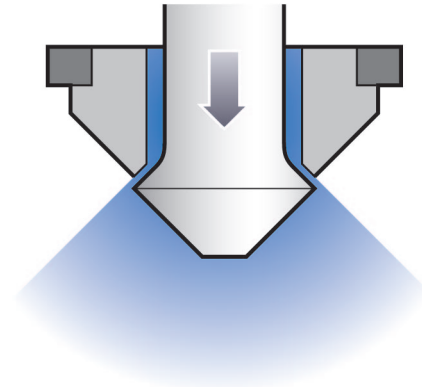
⚠ Bei der Montage ist auf einen einwandfreien Sitz des Piezo-Injektors zu achten. ◀

⚠ Der Niederhalter zur Befestigung der Piezo-Injektoren muss auf beiden Injektorflügeln aufliegen, da sonst nicht die erforderliche Kraft auf den Piezo-Injektor gebracht wird. ◀

⚠ Die Düsennadel - Spitze des Piezo-Injektors darf nicht gereinigt werden. ◀

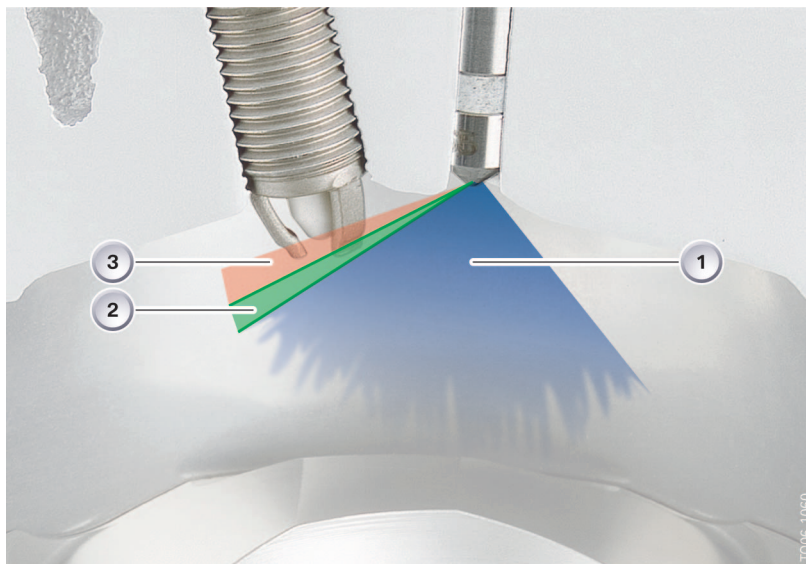
Außen öffnende Düsennadel

Die Düsennadel wird aus ihrem kegelförmigen Ventilsitz nach außen gedrückt. Dadurch gibt sie einen Ringspalt frei. Der unter Druck stehende Kraftstoff strömt durch diesen Ringspalt und bildet einen Hohlkegel, dessen Strahlwinkel unabhängig vom Gegendruck im Brennraum ist.



34 - Außen öffnende Düsennadel

T006-1476



35 - Einspritzkegel des außen öffnenden Piezo-Injektors

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Idealkegel	3	unzulässige Aufweitung des Spritzkegels
2	zulässige Aufweitung des Spritzkegels		

Der Strahlkegel (1) eines Piezo-Injektors kann sich im Betrieb aufweiten (2). Dies ist in gewissem Umfang durch die innermotorische Rußbildung normal und akzeptabel. Sollte es jedoch zu einer Strahlaufweitung kommen, die die Zündkerze nass spritzt, kann die Zündkerze Schaden nehmen.

Kerzenbilder des N54 Motors:

- Es kann zu Ausbrüchen im Isolatorfuß der Zündkerze kommen.



36 - Schadbild Isolatorausbruch

- Die folgende Grafik zeigt eine zu tauschende Zündkerze nach einer Laufleistung von 100.000 km (Service-Intervall), die keine Beanstandung aufweist.



39 - Zündkerze 100.000 km ohne Beanstandung

- Die Elektrode kann einseitig abbrennen.



37 - Schadbild einseitiger Elektrodenabbrand

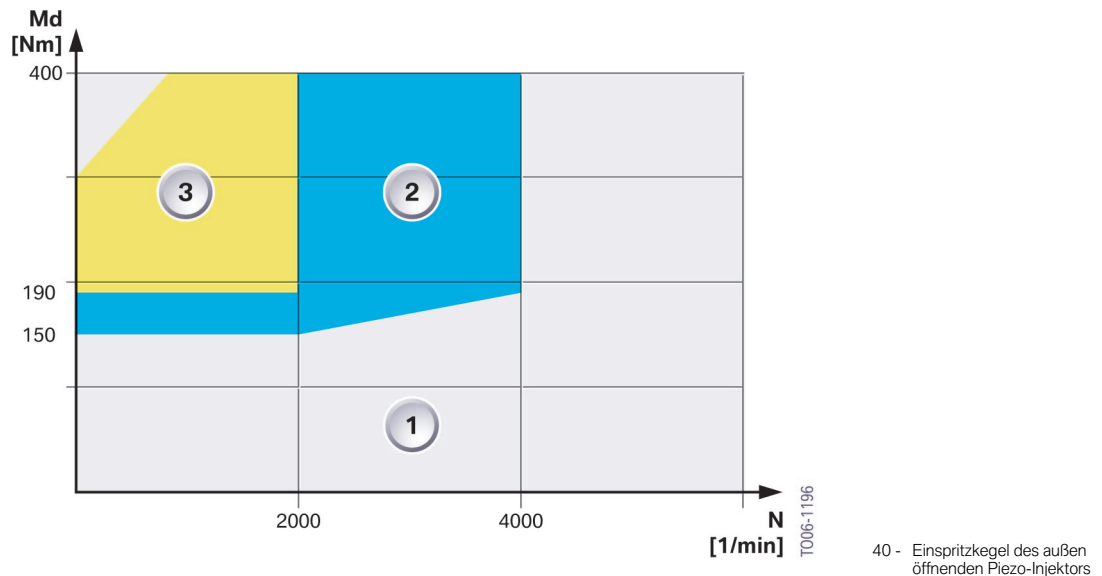
- Nachstehende Grafik zeigt eine intakte Zündkerze ohne Beanstandungen.



38 - Zündkerze i. O.

⚠ Beim Umgang mit den Zündkerzen des N54 Motors muss darauf geachtet werden, dass es Schadbilder gibt, die auf einen Fehler an den Piezo-Injektoren schließen lassen. Das bloße Erneuern der Zündkerzen allein führt in einem solchen Fall nicht zu einer Behebung des Problems. ◀

Einspritzstrategie



Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Einmaleinspritzung	3	Dreimalinspritzung
2	Zweimalinspritzung		

Die Einspritzung der für die Betriebssituation erforderlichen Kraftstoffmasse kann in bis zu drei Einzeleinspritzungen erfolgen. Welche Möglichkeit in der jeweiligen Betriebssituation genutzt wird hängt, von Motorlast und Drehzahl ab. Hierbei stellt die aus der Drehzahl resultierende tatsächlich zur Verfügung stehende Zeit für die Zumessung des Kraftstoffs eine wichtige Rahmengröße dar.

Eine besondere Situation im Betrieb eines jeden Motors stellt der Bereich dar, bei dem eine hohe Last mit niedriger Drehzahl auftritt, der so genannte "Low End Torque" Betrieb. In dieser Betriebssituation wird dem Motor die erforderliche Kraftstoffmasse in drei Einzeleinspritzungen zugemessen. Dies hat eine sehr effektive Gemischbildung zur Folge, was sich letztendlich sowohl Leistung steigernd als auch Kraftstoff sparend auswirkt.

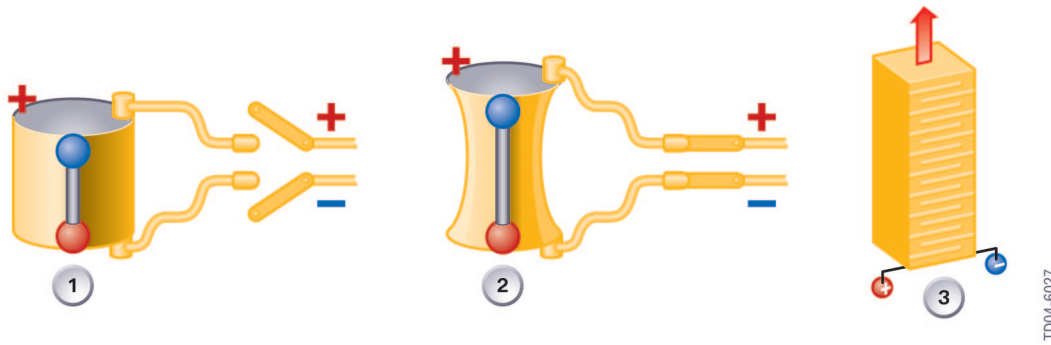
Betriebsart Katalysatorheizen

Um die Katalysatoren so schnell wie möglich auf Betriebstemperatur zu bringen, gibt es beim Start des kalten N54 Motors die Betriebsart Katalysatorheizen. In der Betriebsart wird Verbrennungswärme bewusst in den Abgastrakt eingeleitet und nicht in erster Linie zur Leistungsentfaltung genutzt. Der Zündzeitpunkt wird auf 30° KW nach OT verlegt. Die Hauptmenge des erforderlichen Kraftstoffs wird vor OT eingespritzt und mit der Ladeluft durchmischt. Der Kolben befindet sich nach OT in der Abwärtsbewegung, sodass das Kraftstoff-Luft-Gemisch bereits wieder expandiert, was die Zündwilligkeit des Gemischs herabsetzt. Um das Gemisch sicher zu entflammen, wird 25° KW nach OT eine kleine Restmenge Kraftstoff eingespritzt, so wird ein zündfähiges Gemisch an der Zündkerze gewährleistet. Diese kleine Kraftstoffmenge sorgt also für das Entflammen der Restfüllung im Brennraum. Diese Betriebsart wird maximal 60 s nach dem Motorstart von der Motorsteuerung eingesteuert, jedoch nach früherem Erreichen der Ansprechtemperatur des Katalysators abgebrochen.

Piezo-Element

Im Injektor wird die Bewegung der Düsennadel nicht mehr durch eine

Magnetspule, sondern durch ein Piezo-Element erzeugt.



41 - Verhalten des Piezo-Elements, wenn Spannung angelegt wird

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

Funktion

Ein Piezo-Element ist ein elektromechanischer Wandler, d. h. es besteht aus einem Keramikwerkstoff, der elektrische Energie direkt in mechanische Energie (Kraft/Weg) umwandelt. Eine bekannte Anwendung ist das Piezo-Feuerzeug: durch Druck auf einen Piezo-Kristall wird Spannung erzeugt, bis ein Funke überspringt und das Gas entzündet. Beim Piezo-Aktuator wird Spannung angelegt, damit sich der Kristall dehnt.

Um einen größeren Weg zu erreichen, lässt sich ein Piezo-Element in mehreren Schichten aufbauen. Das Aktuatormodul besteht aus mechanisch in Reihe und elektrisch parallel geschalteten Schichten des Piezo-Keramikwerkstoffes.

Die Auslenkung eines Piezo Kristalls ist abhängig von der beaufschlagten Spannung, daraus folgt bis zu einer maximalen Auslenkung; je höher die Spannung, desto größer der Weg.

Injektor-Abgleich

Bei der Fertigung der Injektoren wird an bestimmten Punkten im Werk eine Vielzahl von Messdaten erfasst. Auf diese Weise werden die Toleranzbereiche für den Injektormengenabgleich ermittelt und in einer sechsstelligen Zahlenkombination angegeben. Zusätzlich werden auch Informationen über das Hubverhalten des Injektors für den Injektor-Spannungsabgleich hinzugefügt. Benötigt wird der Injektor Abgleich wegen des individuellen Spannungsbedarfes eines jeden Piezo-Aktuators. Es erfolgt eine Zuordnung zu einer Spannungsbedarfsklasse, die in die Zahlenkombination auf dem Injektor eingeht. Diese Daten werden in das Steuergerät übertragen. Während des Motorbetriebs werden diese Werte zur Kompensation von Abweichungen im Zumess- und Schaltverhalten verwendet.

⚠ Bei Tausch eines Injektors ist zwingend ein Injektor-Abgleich durchzuführen. ◀

Injektor-Steuerung und Adaption

Die für die Betriebssituation erforderliche Kraftstoffmasse wird mit dem Piezo-Injektor in den Brennraum eingespritzt. Diese Masse lässt sich über drei Stellgrößen beeinflussen:

- den Raildruck
- die Injektoröffnungsdauer
- und den Injektoröffnungshub.

Die Injektoröffnungsdauer und der Injektoröffnungshub werden direkt an dem Piezo-Injektor angesteuert. Die Öffnungsdauer wird über das Signal t_i gesteuert und der Öffnungshub wird über die Energiemenge in der Ansteuerung des Piezo-Injektors gesteuert.

Injektor-Adaption

Die aus dem Last-Drehzahlkennfeld ermittelten Kraftstoffmassen und Einspritzzyklen gehen in ein Vorsteuerungskennfeld ein. Hier werden unter Berücksichtigung weiterer Rahmenparameter die zur Ansteuerung der Injektoren erforderlichen Energiemengen und Injektoröffnungszeiten festgelegt. Mit diesen Kennfeldwerten kann der N54 Motor sicher betrieben werden.

Optimierung

Zur Optimierung von:

- Emissionswerten
- Laufkultur
- Kraftstoffverbrauch
- Leistung.

werden die Steuergrößen Energiemengen und Injektoröffnungszeiten kontinuierlich überwacht. Dies geschieht bankselektiv über die Lambdaregelung. Es wird jeweils für die Zylinderbank 1 und die Zylinderbank 2 der Restsauerstoff im Abgas gemessen. Dieses Messergebnis wird mit dem aus den eingesteuerten Stellgrößen erwarteten Werten verglichen. Eine Abweichung hat zur Folge das das Injektoröffnungssignal angepasst wird. Diese Adaption wird im Steuergerät gespeichert und steht somit für den weiteren Motorbetrieb zur Verfügung. Diese gespeicherten Werte gehen jedoch beim Flashen des Systems verloren und müssen neu gelernt werden.

Zeit- und nutzungsabhängig findet eine weitere Adaption der Injektoransteuerung statt. Bei dieser zylinderselektiven Adaption findet eine Überprüfung des Restsauerstoffgehaltes mit dem Rückschluss auf den verursachenden Zylinder statt. Hierzu ist es erforderlich, dass ein Teil des Abgasstromes nicht im Abgasturbolader verwirbelt wird. Aus diesem Grunde muss die Klappe des Wastegate-Ventils ganz geöffnet werden, also aus dem Abgasstrom herausgeschwenkt werden. Diese Position der Wastegate klappe geht über ihre normale Öffnungsposition im Motorbetrieb hinaus. Basierend auf den Ergebnissen dieser zylinderselektiven Überwachung wird ggf. die Energiemenge zur Ansteuerung der Injektoren angepasst.

Darüber hinaus erfolgt in der zylinderselektiven Adaption ggf. eine Anpassung des Injektoröffnungssignals basierend auf der Laufruheüberwachung des N54 Motors.

Die gesamte Adaption der Injektoren ist auf eine 15-prozentige Mehrmenge begrenzt.

Motorsteuerung MSD80

Motorsteuergerät

Es kommt die Motorsteuerung MSD80 zum Einsatz. Das Steuergerät ist identisch zur MSV80, die eine Weiterentwicklung der MSV70 darstellt.

Die Motorsteuerung wurde in einigen Details angepasst.

Die MSD80 besitzt einen geänderten Anschluss für den digitalen HFM, der mit einem PIN weniger auskommt.

Die Funktionen der Motorsteuerung sind in den jeweiligen Systemkomponenten beschrieben.

Servicehinweise. N54 Motor.

Hinweise für den Service

Motormechanik

Aufbau Kurbelgehäuse

⚠ Die Flanschfläche zum Getriebe ist größer als die des N52 Motors dimensioniert, was für die Adaption des Motors auf dem Montagebock ein besonderes Werkzeug erforderlich macht. ◀

Kurbelgehäuseentlüftung aufgeladener Betrieb

⚠ Tritt an der Abgasanlage blauer Rauch auf, ist zu prüfen, ob der Motor Öl über die Kurbelgehäuseentlüftung mit in den Brennraum saugt, was auf einen Defekt im Bereich der Kurbelgehäuseentlüftung schließen lässt. Deutliches Zeichen dafür ist eine innen verölte Ladeluftsaugleitung Bank 2 des Turboladers. ◀



TE06-0645

Verschraubungen

⚠ Aluminiumschrauben dürfen grundsätzlich nur einmal verwendet werden

und sind somit nach jedem Lösen zu erneuern. ◀

VANOS

Stufenlose Doppel-VANOS

⚠ Die VANOS-Einheiten für die Einlass- und Auslassnockenwelle haben unterschiedliche Verstellwege. Sie dürfen nicht vertauscht werden, da es sonst zu einem Motorschaden

durch aufsetzende Ventile kommen kann. Auf der Frontplatte der VANOS-Einheit ist deshalb der Ausdruck "AUS/EX" bzw. "EIN/IN" eingraviert. ◀

Wasserkühlung

Servicehinweis elektrische Kühlmittelpumpe

⚠ Bei Montagearbeiten muss darauf geachtet werden, dass die Pumpe nicht trocken läuft. Wenn die Pumpe ausgebaut wird, sollte sie mit Kühlmittel befüllt abgestellt werden. Die Lagerstellen der Pumpe könnten festkleben, wenn die Pumpe nicht mit Kühlmittel befüllt ist. Dies könnte ein Anlaufen der Pumpe später gefährden und somit das gesamte Wärmemanagement außer Kraft setzen (ein Nichtanlaufen der Pumpe kann schwer wiegende Motorschäden nach sich ziehen).

Vor der Montage der Kühlmittelschläuche sollte das Pumpenrad von Hand durchgedreht werden. In direktem Anschluss daran ist das System dann mit Kühlmittel zu befüllen. ◀

⚠ Bei Montagearbeiten ist darauf zu achten, dass der Stecker sauber, trocken und die Anschlüsse unbeschädigt sind. Diagnosearbeiten sind nur mit dem freigegebenen Adapterkabel zulässig. ◀

⚠ Die Hinweise der Reparaturanleitung sind unbedingt zu beachten. ◀

Ansaugluft- und Abgassystem

Ansaugluftführung

⚠ Bei Montagearbeiten an der Ansaugluftführung muss sehr großer Wert auf die korrekte Lage der Bauteile und einen dichten Anschluss der Leitungsverbindungen gelegt werden. Eine Undichtigkeit des Systems hat unter Umständen einen fehlerhaften Ladedruck zur Folge. Dies würde von der Motorsteuerung erkannt werden und der Motor läuft im Notbetrieb (Deaktivieren der Ladedruckregelung). Der Motor hat in diesem Fall einen spürbaren Leistungsmangel. ◀

Funktionsprinzip Abgasturboaufladung

⚠ Über die Nachlauffunktion der Kühlmittelpumpe wird die Stauwärme aus dem Abgasturbolader abgeführt und so einem Verkoken des Öls in den Lagerstellen entgegengewirkt. Dies ist eine wichtige bauteilschützende Funktion. ◀

Notbetrieb Abgasturboaufladung

⚠ Nachfolgend sind Bauteile oder Funktionsgruppen des N54 Motors aufgeführt, bei denen ein Ausfall, eine Fehlfunktion oder unplausible Werte eine Deaktivierung der Ladedruckregelung zur Folge haben. Ein derartiger Fehler wird dem Fahrer über die EML Anzeige signalisiert.

- Hochdruckkraftstoffsystem
- Einlass VANOS
- Auslass VANOS
- Kurbelwellensensor
- Nockenwellensensor
- Ladedrucksensor
- Klopfensoren
- Ansauglufttemperatursensor.



⚠ Einem Grundsatz der Fahrzeuginstandsetzung kommt hier besondere Bedeutung zu:

An den Ursachen arbeiten und nicht an den Auswirkungen! ◀

Im Hinblick auf die Diagnose und die anschließende Instandsetzung von an der Aufladung beteiligten Bauteilen ist darauf zu achten, dass sie mit der zur Verfügung

stehenden Diagnosetechnik auch tatsächlich als Schadbauteil identifiziert werden. Es muss immer sichergestellt sein, dass die Fehlerursache ermittelt und behoben wird und nicht ggf. an Fehlerfolgeerscheinungen gearbeitet wird.

So kann z. B. ein undichter Flansch am Ladeluftkühler weit reichende Folgen nach sich ziehen.

⚠ Drei goldene Regeln der Handhabung gelten auch für den N54 Motor:

1. Leistungsverlust und Störungen des Motors nicht voreilig auf den Abgasturbolader zurück führen. Oft werden einwandfrei funktionierende Abgasturbolader unnötigerweise abgebaut und ersetzt. Tritt an der Abgasanlage blauer Rauch auf, ist zu prüfen, ob der Luftfilter verschmutzt ist oder der Motor durch Verschleiß zu hohem Ölverbrauch aufweist. Erst dann den Abgasturbolader prüfen. Läuft der Abgasturbolader zu laut, alle Verbindungen auf der Druckseite des Abgasturboladers untersuchen. Tritt schwarzer Rauch bzw. Leistungsverlust auf, ist auch in diesem Fall zuerst den Motor und die Verbindungsleitungen zu überprüfen.
2. Hauptursachen eines Abgasturboladerschadens:
 - Schmierungsmangel und in Folge ein Lagerausfall. Dadurch schleifen Verdichter- und Turbinenrad in den Gehäusen, die Dichtungen werden beschädigt und außerdem kann die Welle abscheren.
 - Fremdkörper beschädigen Turbinen und Pumpenrad. Die daraus resultierende Unwucht verringert den Wirkungsgrad und kann zum Bersten der Laufräder führen.
 - Verschmutztes Schmieröl führt zur Riefenbildung an Wellenzapfen und Lager. Ölbohrungen sowie Abdichtungen setzen sich zu und verursachen hohe Ölleckverluste. Von außen eindringende Teile wie Sand, Schmutz, Schrauben und Ähnliches werden durch einen Filter vor dem Verdichter abgefangen. Die Filter sind in regelmäßigen Abständen (Service-

Intervalle) zu warten. Der Reinluftbereich des Luftfilters und der Luftführung zu den Verdichtern ist sorgfältig sauber und frei von jeglichen Partikeln zu halten.

3. Nichts am Abgasturbolader verändern.

Niemals versuchen, die Regelstange der Ladedruckregelung zu verändern. Der Abgasturbolader wurde vom Werk optimal ausgelegt. Arbeitet der

Abgasturbolader bei höheren Ladedrücken als vom Motorhersteller zugelassen, kann der Motor heiß laufen und Kolben, Zylinderkopf oder Motorlager können ausfallen oder die Sicherheitsfunktionen der Motorelektronik ansprechen und das Notprogramm des Motors aktivieren.



Kraftstoffsystem

Übersicht und Funktion

⚠ Arbeiten an diesem Kraftstoffsystem sind nur nach dem Abkühlen des Motors zulässig. Die Kühlmitteltemperatur darf nicht über 40 °C liegen. Dies ist zwingend zu beachten, da ansonsten auf Grund des Restdruckes im Hochdrucksystem die Gefahr des Rückspritzens von Kraftstoff besteht. ◀

⚠ Bei Arbeiten am Hochdruckkraftstoffsystem ist besonders auf Sauberkeit und die in der Reparaturanleitung beschriebenen Arbeitsabläufe zu achten. Schon kleinste Verunreinigungen und Beschädigung an den Verschraubungen der Hochdruckleitungen können zu Undichtigkeiten führen. ◀

Notbetrieb

⚠ Bei Notbetrieb der HPI wird die Abgasturboaufladung durch öffnen der Wastegate-Ventile ausgeschaltet. ◀

⚠ Ursachen für den Notbetrieb der HPI können sein:

- Unplausible Hochdrucksensorwerte
- Ausfall des Mengensteuerventils
- Undichtigkeit des Hochdrucksystems
- Ausfall der Hochdruckpumpe
- Ausfall Hochdrucksensor.



Außen öffnende Piezo-Injektoren

⚠ Bei Arbeiten am Kraftstoffsystem des N54 Motors ist darauf zu achten, dass die Zündspulen nicht mit Kraftstoff verunreinigt werden. Die Beständigkeit des Silikonwerkstoffes wird durch starken Kraftstoffkontakt wesentlich vermindert. Es

kann zu Überschlägen am Zündkerzenkopf und damit zu Zündaussetzern kommen.

- Vor Umbauten am Kraftstoffsystem unbedingt die Zündspulen entfernen und den Zündkerzenschacht mittels einem Lappen vor Kraftstoffeintrag schützen.
- Vor Neuverbau des Piezo-Injektors sind die Zündkerzen zu demontieren und für größtmögliche Sauberkeit im Kerzenschacht zu sorgen.
- Stark durch Kraftstoff verunreinigte Zündspulen müssen erneuert werden.

Aufbau des Piezo-Injektors

⚠ Beim Ein- und Ausbau des Piezo-Injektors muss der Teflondichtring erneuert werden. Dies gilt auch, wenn ein gerade erst eingebauter Injektor nach einem Motorstart erneut ausgebaut werden muss. ◀

⚠ Ein mit einem neuen Teflondichtring versehener Piezo-Injektor sollte schnellstmöglich verbaut werden, da der Teflondichtring aufquellen könnte. Die Hinweise der Reparaturanleitung sind unbedingt zu berücksichtigen. ◀

⚠ Bei der Montage ist auf einen einwandfreien Sitz des Piezo-Injektors zu achten. ◀

⚠ Der Niederhalter zur Befestigung der Piezo-Injektoren muss auf beiden Injektorflügeln aufliegen, da sonst nicht die erforderliche Kraft auf den Piezo-Injektor gebracht wird. ◀

⚠ Die Düsennadel - Spitze des Piezo-Injektors darf nicht gereinigt werden. ◀

Außen öffnende Düsennadel



1 - Schadbild Isolatorausbruch

- Die Elektrode kann einseitig abbrennen.



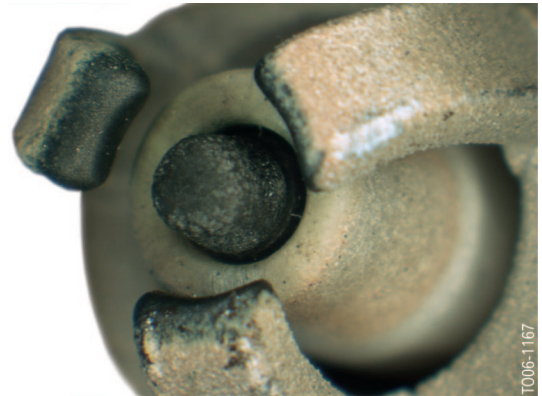
2 - Schadbild einseitiger Elektrodenabbrand

- Nachstehende Grafik zeigt eine intakte Zündkerze ohne Beanstandungen.



3 - Zündkerze i. O.

- Die folgende Grafik zeigt eine zu tauschende Zündkerze nach einer Laufleistung von 100.000 km (Service-Intervall), die keine Beanstandung aufweist.



4 - Zündkerze 100.000 km ohne Beanstandung

⚠ Beim Umgang mit den Zündkerzen des N54 Motors muss darauf geachtet werden, dass es Schadbilder gibt, die auf einen Fehler an den Piezo-Injektoren schließen lassen. Das bloße Erneuern der Zündkerzen allein führt in einem solchen Fall nicht zu einer Behebung des Problems. ◀

Piezo-Element

Injektor-Abgleich

⚠ Bei Tausch eines Injektors ist zwingend ein Injektor-Abgleich durchzuführen. ◀

