

Aftersales Training - Produktinformation. N12 VALVETRONIC.



MINI 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 MINI Service zu entnehmen.

Stand der Informationen: Juli 2006

Kontakt: conceptinfo@bmw.de

© 2006 BMW AG

München, Deutschland

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

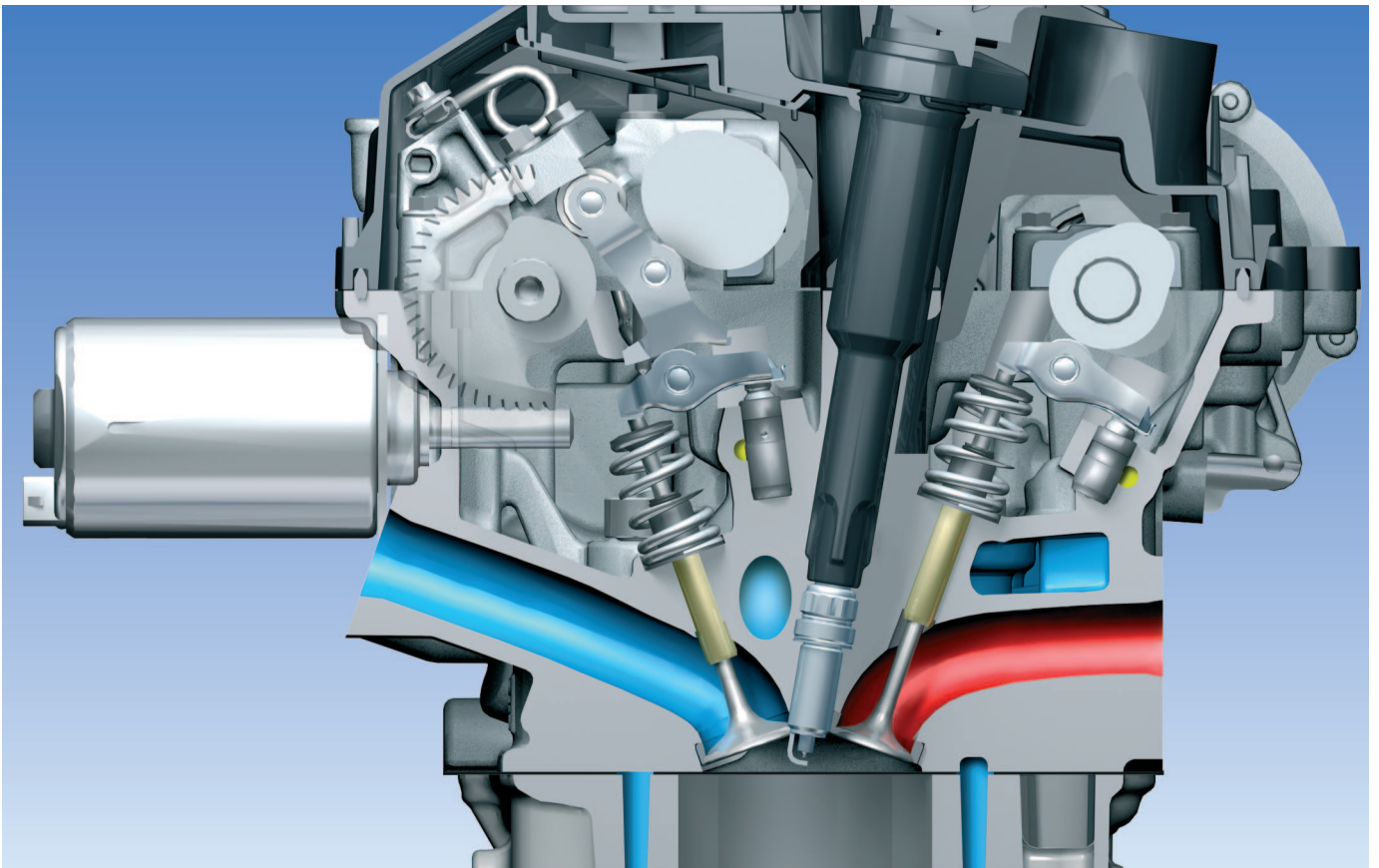
VS-12 Aftersales Training

Produktinformation. **N12 VALVETRONIC.**

Steigerung der Motordynamik

Steigerung des Wirkungsgrades


Verbesserung der Abgasemissionswerte



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 Länderausführung

MINI 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 MINI Diagnosesystem
- in der Dokumentation Werkstattssysteme
- in der MINI-Service Technik.

Inhalt.

N12 VALVETRONIC.



Einleitung

Laststeuerung über den Ventiltrieb

1
1



Systemübersicht

Aufbau

5
5



Systemkomponenten

Systemaufbau

Mechanik

Elektrik

7
7
10
18



Servicehinweise

Laststeuerung über den Ventiltrieb

Systemkomponenten

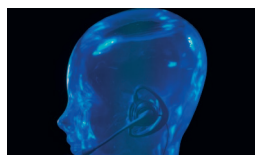
21
21
22



Zusammenfassung

Was ich mir merken sollte.

25
25



Testfragen

Fragenkatalog

Antworten zum Fragenkatalog

27
27
28

Einleitung.

N12 VALVETRONIC.

Laststeuerung über den Ventiltrieb

Steigerung des Motorwirkungsgrads

Ansatzpunkte

Es bieten sich prinzipiell drei Möglichkeiten an, den Motorwirkungsgrad zu erhöhen und somit den Kraftstoffverbrauch zu senken:

- Steigerung des Prozesswirkungsgrads
- Absenkung der mechanischen Verluste
- Absenkung der Verluste beim Ladungswechsel.

Steigerung des Prozesswirkungsgrads

Zur Steigerung des Prozesswirkungsgrads gibt es drei Möglichkeiten:

- Optimierung der Verbrennung
Die wesentlichen Kriterien sind der Verbrennungsschwerpunkt und die Brenndauer. Mithilfe der heutigen Motorsteuerungen wird für jeden Betriebspunkt der optimale Zünd- und Einspritzzeitpunkt eingestellt. Eine weitere Optimierung bringt nur noch geringfügige Verbesserungen.
- Variables Verdichtungsverhältnis
Das maximal zulässige Verdichtungsverhältnis wird von der Klopfgrenze bei Volllast bestimmt. Das erreichbare Potenzial wird durch den Einsatz von Klopfensoren ausgereizt. Das Verdichtungsverhältnis könnte zu niedrigeren Lasten hin angehoben werden. Eine akzeptable Lösung unter dem Kosten-Nutzen-Verhältnis ist derzeit nicht in Sicht.
- Magerbetrieb
Bei einem Kraftstoff-Luft-Verhältnis $\lambda > 1$ sinkt der Kraftstoffverbrauch. Bei $\lambda = 1,6$ um ca. 5 - 8 %. Für die Einhaltung der

weltweit gültigen Emissionsgrenzwerte ist schwefelfreier Kraftstoff erforderlich. Mit dem Schwefelgehalt im Kraftstoff wird der NO_x Katalysator aber "vergiftet". Die Funktion des Katalysators lässt somit stark nach. Eine weltweite flächendeckende Verfügbarkeit mit schwefelfreiem Kraftstoff ist derzeit nicht absehbar.

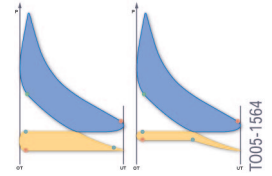
Absenkung der mechanischen Verluste

Die mechanischen Verluste setzen sich aus einer Vielzahl von Beiträgen zusammen, die sehr stark von der Drehzahl und nur geringfügig von der Last abhängen. Eine Verringerung der Reibungsverluste ist nur noch im Rahmen von Feinoptimierungen möglich. Maßnahmen wie der Übergang von Gleitreibung auf Rollreibung beim Ventiltrieb und bessere Motoröle sind bereits umgesetzt. Weitere Maßnahmen lassen sich aus heutiger Sicht nicht sinnvoll realisieren.

Absenkung der Verluste beim Ladungswechsel

Die Leistungsabgabe an die Kurbelwelle (Motordrehmoment) wird über die Drosselung der Ansaugluft mittels einer Drosselklappe geregelt. Somit wird je nach Lastpunkt ein mehr oder weniger hoher Unterdruck im Ansaugkanal erzeugt. Die Unterdruckerzeugung ist die Ursache dafür, dass der Anteil der Ladungswechselerarbeit zu niedrigeren Lasten hin stark ansteigt.

Durch Ansaugen bei Umgebungsdruck mit der Realisierung einer drosselfreien Laststeuerung ist es möglich, die Ladungswechselerverluste drastisch zu reduzieren. Dadurch sinkt der Verbrauch erheblich.



Die VALVETRONIC ist die erste vollvariable Ventilsteuerung im Markt. Die VALVETRONIC besteht immer aus der variablen Ventilhubsteuerung des Einlassventils und der Doppel-VANOS. Mit der VALVETRONIC lassen sich die Verluste bei der Ladungswechselerarbeit reduzieren. Die durchschnittliche Einsparung liegt im Vergleich zu einem herkömmlichen Motor bei ca. 10 %.

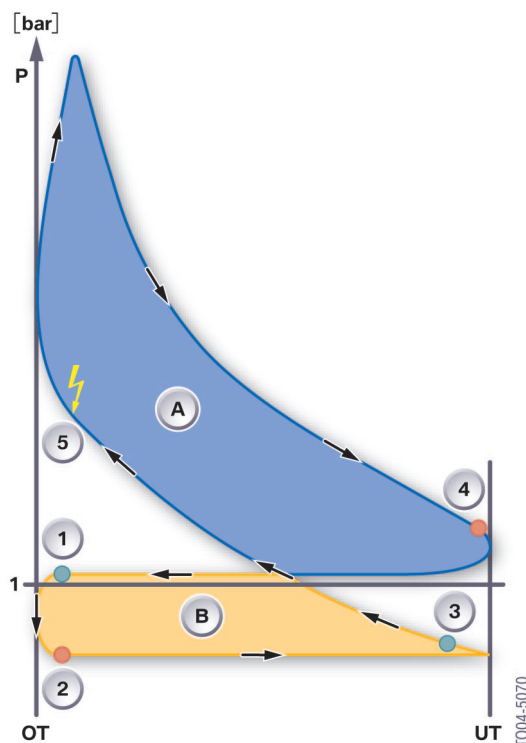
Um die drosselfreie Laststeuerung zu realisieren, gibt es eine ganze Reihe von Möglichkeiten. In der Praxis lassen sich aber nur zwei davon umsetzen:

- Der für den gewünschten Lastzustand erforderliche Kraftstoffanteil wird bei voller Zylinderfüllung eingestellt ($\lambda > 1$). Der Motor wird im Magerbetrieb betrieben. Realisiert werden kann dieses durch die Benzin Direkteinspritzung. Nachteil ist hier

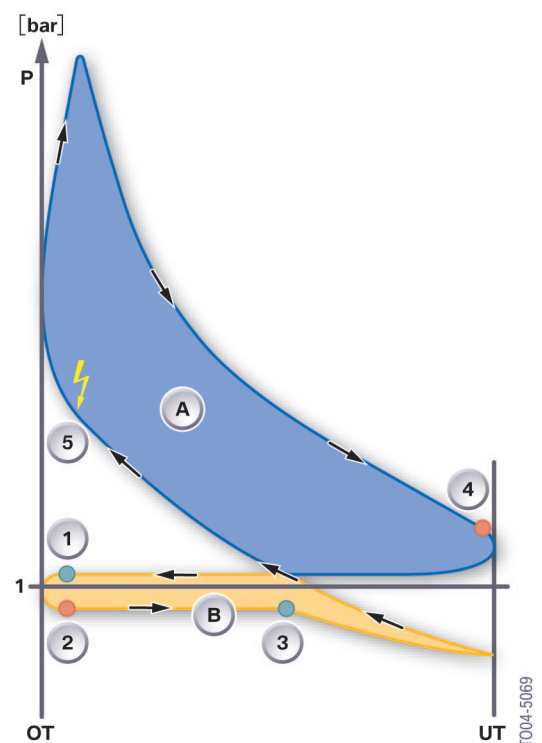
die nicht flächendeckende Verfügbarkeit von schwefelfreiem Kraftstoff.

- Durch eine geeignete konstruktive Lösung kann die gewünschte Gemischmenge bedarfsgerecht und verlustfrei eingestellt werden. Es liegt nahe, dass diese Aufgabe dem Ventiltrieb zukommt. Es ist ein vollvariabler Ventiltrieb erforderlich mit dem Ziel, den Einlassschließzeitpunkt frei wählen zu können.

Drosselfreie Laststeuerung



1 - Drosselklappengesteuerter Motor



2 - VALVETRONIC Motor

Index	Erklärung	Index	Erklärung
OT	Oberer Totpunkt	4	Auslass öffnet
UT	Unterer Totpunkt	5	Zündzeitpunkt
1	Einlass öffnet	A	Gewinn Arbeit
2	Auslass schließt	B	Verlust Arbeit
3	Einlass schließt	P	Druck

In der linken Grafik ist das herkömmliche Verfahren mit dem etwas größeren Verlust dargestellt. In der rechten Grafik ist der reduzierte Verlust erkennbar. Die obere Fläche stellt die gewonnene Leistung im Verbrennungsprozess des Ottomotors dar. Die untere Fläche verdeutlicht den Verlust dieses Prozesses.

Die Verlustfläche kann mit der Ladungswechselerarbeit gleichgesetzt werden. Hierbei handelt es sich um die Energie, die aufgewendet werden muss, um die verbrannten Abgase aus dem Zylinder auszustößen und anschließend die Frischgase wieder in den Zylinder zu saugen. Das Ansaugen der Frischgase in einem drosselklappengesteuerten Motor erfolgt, außer in der Vollaststellung, immer gegen den Widerstand, den die Drosselklappe den einströmenden Gasen entgegen setzt. Beim Ansaugvorgang des VALVETRONIC Motors ist die Drosselklappe fast immer voll geöffnet. Die Laststeuerung erfolgt über den Schließzeitpunkt des Einlassventils.

Im Vergleich zum herkömmlichen Motor, der über die Drosselklappe lastgesteuert wird, entsteht in der Sauganlage kein Unterdruck. Das heißt, der Energieaufwand für die Unterdruckerzeugung in der kompletten Sauganlage fällt weg. Der bessere Wirkungsgrad wird durch die geringere Verlustleistung im Ansaugvorgang erzielt. Im Zylinder wird nach dem Schließen des Einlassventils ein Unterdruck erzeugt. Die dazu nötige Energie wird nach dem Überschreiten des unteren Totpunkts des Kolbens wieder zurückgeführt.

⚠ Für die Kurbelgehäuseentlüftung ist ein minimaler Unterdruck in der Sauganlage erforderlich. Hierzu wird die Drosselklappe leicht angestellt. ◀

VALVETRONIC

Die VALVETRONIC ist die erste vollvariable Ventilsteuerung im Markt. Von der ersten Patenterteilung am 19.08.1993 bis zur erstmaligen Serieneinführung (bei BMW) im Jahr 2001 vergingen nur 9 Jahre.

Die VALVETRONIC ist ähnlich Kraftstoff sparend wie ein Ottomotor mit Direkteinspritzung. Der Nachteil in der Abgasnachbehandlung eines Ottomotors mit Direkteinspritzung ist nicht vorhanden.

Definition

⚠ Die VALVETRONIC besteht aus der vollvariablen Ventilhubsteuerung und der variablen Nockenwellensteuerung (Doppel-VANOS), wodurch der Schließzeitpunkt des Einlassventils frei wählbar ist.

Die Ventilhubsteuerung erfolgt nur auf der Einlassseite, die Nockenwellensteuerung auf der Einlass- und der Auslassseite.

Eine drosselfreie Laststeuerung ist nur möglich, wenn:

- der Ventilhub des Einlassventils
- und die Nockenwellenverstellung der Einlass- und Auslassnockenwelle variabel steuerbar sind.

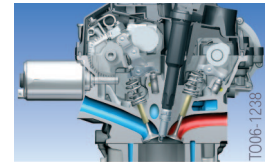
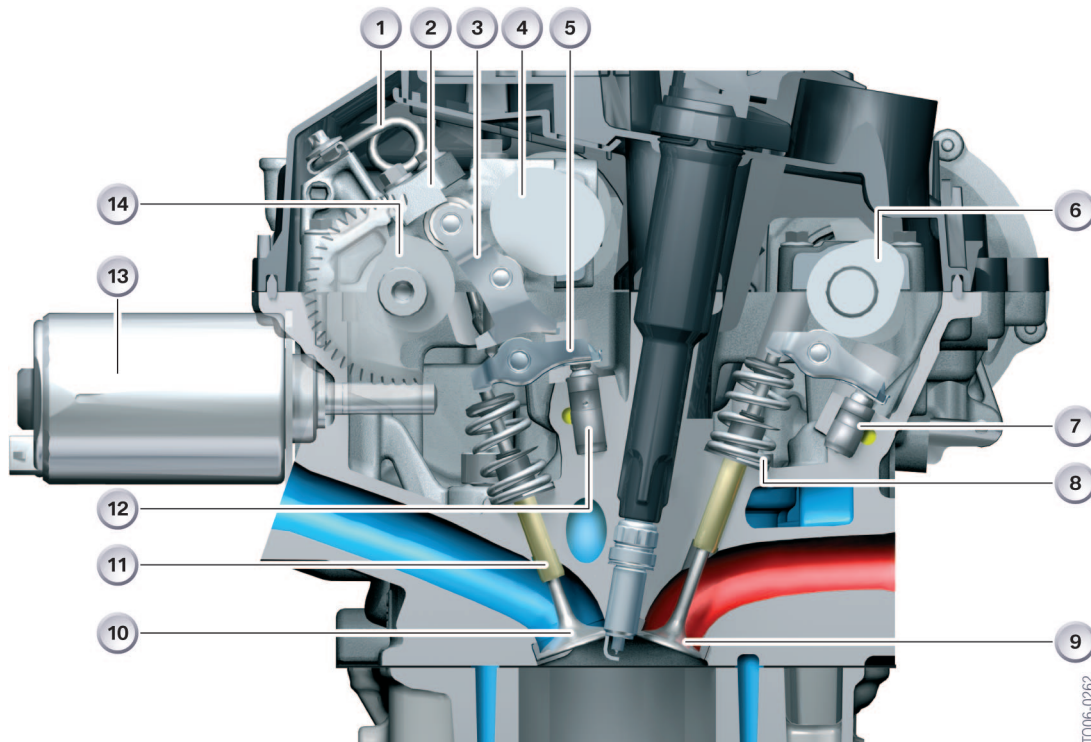
Ergebnis:

=> Die Öffnungsdauer des Einlassventils ist frei wählbar. ◀

Systemübersicht. N12 VALVETRONIC.

Aufbau

Vollvariable Ventilhubsteuerung



Die VALVETRONIC übernimmt in weiten Teilen die Funktion der Drosselklappe. Damit dies ermöglicht wird, ist zusätzlich zur Doppel-VANOS eine vollvariable Ventilhubsteuerung nötig.

1 - Zylinderkopf N12 Motor

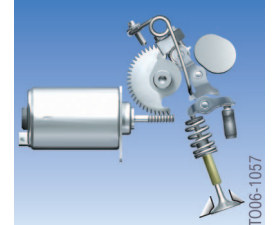
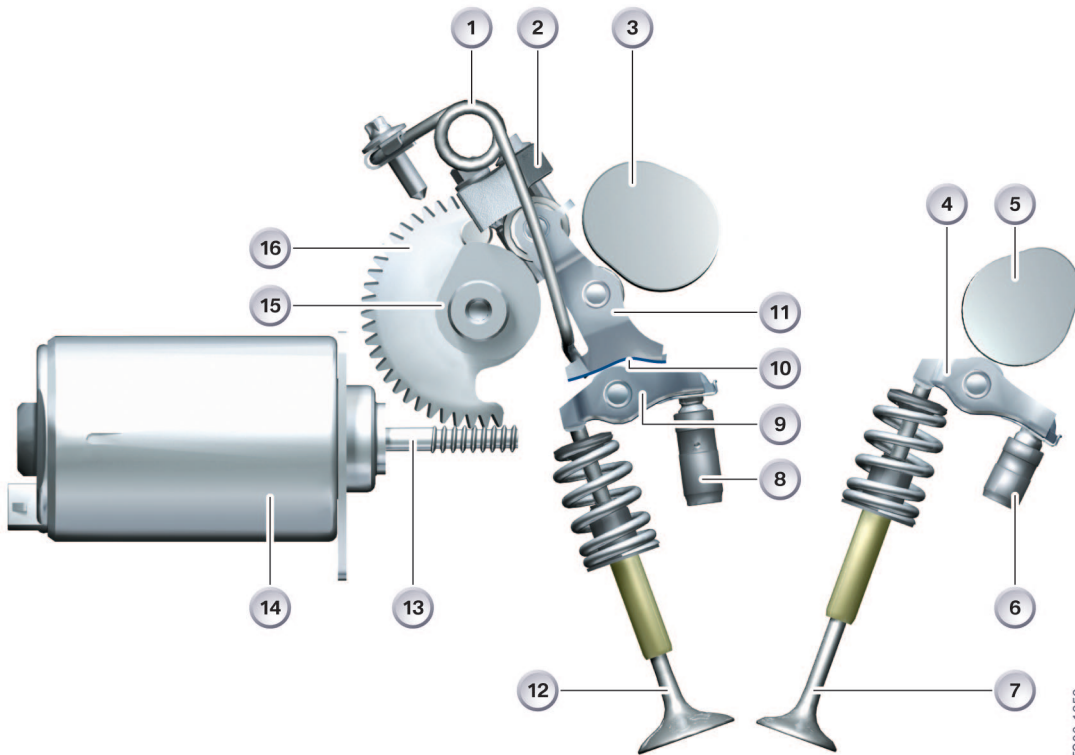
TO06-0262

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Drehfeder	8	Ventilfeder
2	Aufnahme	9	Auslassventil
3	Zwischenhebel	10	Einlassventil
4	Einlassnockenwelle	11	Ventilführung
5	Rollenschlepphebel	12	HVA Einlass
6	Auslassnockenwelle	13	Stellmotor
7	Hydraulischer Ventilspielausgleich (HVA) Auslass	14	Exzenterwelle

Systemkomponenten. N12 VALVETRONIC.

Systemaufbau

Funktionsübersicht



Die vollvariable Ventilhubsteuerung wird durch zusätzliche Bauteile im Ventiltrieb ermöglicht. Dazu gekommen sind in erster Linie Stellmotor, Exzenterwelle, Aufnahme, Zwischenhebel und Drehfeder.

1 - VALVETRONIC N12 Motor

T006-1252

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Drehfeder	9	Rollenschlepphebel
2	Aufnahme (Kulissenstein)	10	Rampe
3	Einlassnockenwelle	11	Zwischenhebel
4	Rollenschlepphebel	12	Einlassventil
5	Auslassnockenwelle	13	Schneckenwelle
6	HVA Auslass	14	Stellmotor
7	Auslassventil	15	Exzenterwelle
8	HVA Einlass	16	Schneckenrad

Der Stellmotor (14) ist seitlich am Zylinderkopf angeordnet. Der Stellmotor dient zur Verstellung der Exzenterwelle (15). Die Schneckenwelle (13) des Stellmotors greift in das an der Exzenterwelle angebrachte

Schneckenrad (16). Die Exzenterwelle muss nach dem Verstellen nicht besonders arretiert werden, da das Schneckengetriebe eine ausreichende Selbsthemmung hat.

Durch das Verdrehen der Exzenterwelle wird der Zwischenhebel (11) an der Aufnahme (2) in Richtung der Einlassnockenwelle (3) verschoben. Da der Zwischenhebel aber auch an der Einlassnockenwelle anliegt, wird die Position des Rollenschlepphebels (4) zum Zwischenhebel verändert. Die Rampe (10) des Zwischenhebels wird Richtung Stellmotor verschoben.

Durch die Drehung der Nockenwelle und die Bewegung des Nockens hin zum Zwischenhebel kommt die auf dem Zwischenhebel befindliche Rampe zum Einsatz. Die Rampe bewegt den Rollenschlepphebel und somit das Einlassventil (12) stärker nach unten. Das Einlassventil öffnet somit weiter.

Der Zwischenhebel (11) verändert das Übersetzungsverhältnis zwischen Einlassnockenwelle (3) und Rollenschlepphebel (9). In der Vollaststellung sind Ventilhub und Öffnungsdauer maximal. In der Leerlaufstellung sind Ventilhub und Öffnungsdauer minimal.

⚠ Da der minimale Ventilhub im Leerlauf sehr gering ist, muss eine Gleichverteilung der Zylinderfüllungen sichergestellt werden. Alle Ventile müssen gleich weit geöffnet sein.

Aus diesem Grund sind die Rollenschlepphebel und die dazugehörigen Zwischenhebel in Klassen eingeteilt. Mit einer angebrachten Kennzahl lassen sich die Bauteile in den Klassifizierungen voneinander unterscheiden. Eingebaut sind pro Zylinder immer die gleichen Klassen. Durch die Zuordnung Rollenschlepphebel und Zwischenhebel im Produktionswerk ist gewährleistet, dass die Zylinder auch im Minimalhub gleichmäßig befüllt werden. ◀

Um die Bauteile in Klassen einteilen zu können, werden diese exakt vermessen. Abhängig vom Messergebnis wird das Bauteil einer Klasse zugeordnet und die Klassifizierung auf dem Bauteil angebracht.

Damit wird ermöglicht, dass die Toleranzen der Arbeitskurven aller Zwischenhebel eines Motors innerhalb von 7 µm liegen. Das heißt, die Summe aller Toleranzen der Ventiltriebsbauteile im eingebauten Zustand liegt innerhalb von 0,02 mm.

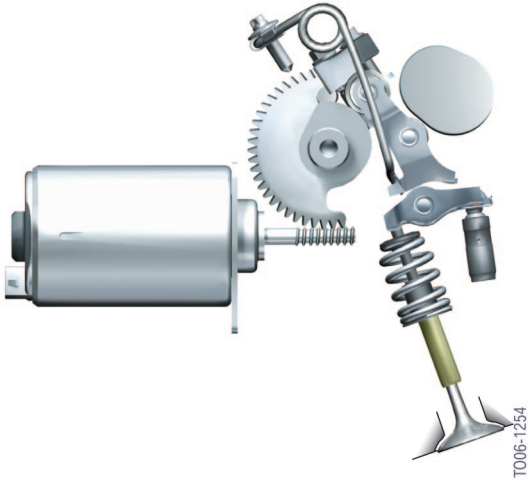
Beim Rollenschlepphebel wird der Abstand Drehpunkt HVA-Element zur Rollenmitte gemessen. Beim Zwischenhebel wird die Rampe gemessen.

Klassen der Rollenschlepphebel und Zwischenhebel:

Motor	Rollenschlepphebelklassen	Zwischenhebelklassen
N12	5	6

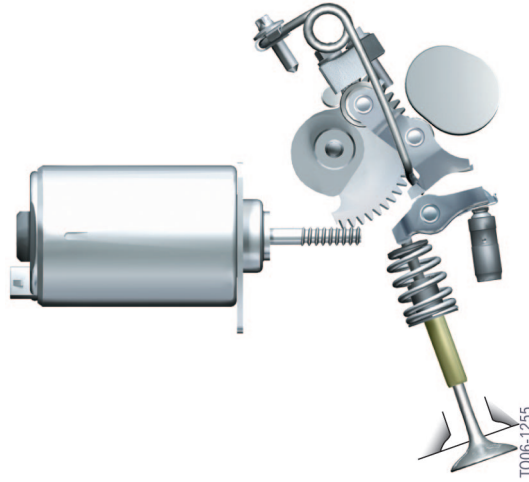
In der Produktion werden Abweichungen von der Ventilhubgleichverteilung gemessen. Bei Reihenmotoren wird mithilfe des Heißfilmluftmassenmessers beim Kalttest der Luftdurchsatz bei allen Zylindern erfasst und verglichen. Es wird der Mittelwert für alle Zylinder sowie die maximale Abweichung vom Mittelwert berechnet. Wird ein festgelegter Schwellenwert überschritten, so wird nachgearbeitet. Bei Bedarf wird dann ein passendes Rollenschlepphebelpaar und/oder Zwischenhebelpaar mit einer anderen Klassifizierung eingebaut und somit der Ventilhub in das zulässige Toleranzband gebracht. Dieses Rollenschlepphebelpaar und/oder Zwischenhebelpaar kann dann von den restlichen Rollenschlepphebeln und/oder Zwischenhebeln in der Klassifizierung abweichen.

⚠ Bei der Zerlegung des Ventiltriebs muss darauf geachtet werden, dass alle Teile wieder an die gleiche Position kommen. Bei Nichtbeachtung kann es zu Ungleichverteilungen bei der Zylinderfüllung kommen. Eine Ungleichverteilung hat einen unruhigen Motorlauf zur Folge. ◀



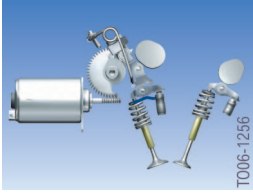
2 - Minimalhub N12 Motor

T006-1254



3 - Maximalhub N12 Motor

T006-1255



Mechanik

VALVETRONIC I

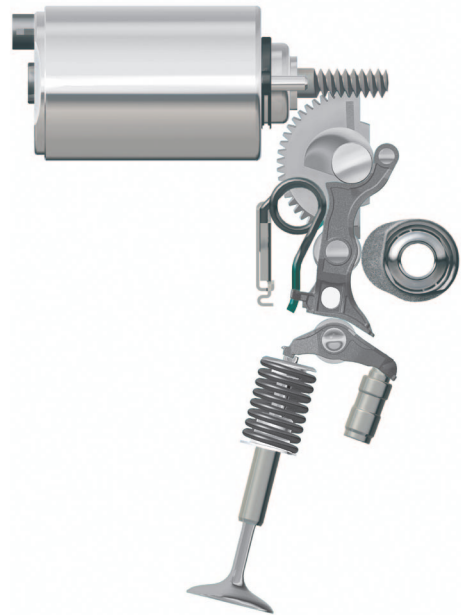
Funktion

Mit der VALVETRONIC I wurde bei BMW im N42 Motor der vollvariable Ventiltrieb erstmals in der Serie eingesetzt. Die Ladungswechselverluste werden im unteren Lastbereich deutlich reduziert. Zur Vollast hin nimmt der Vorteil kontinuierlich ab. Das Kaltstartverhalten wurde mit der VALVETRONIC verbessert. Mit Einsatz der VALVETRONIC II konnten die Eigenschaften der VALVETRONIC weiter verbessert und z. B. der Einlassventilhub bis auf 0,18 mm reduziert, der Maximalhub auf 9,9 mm erweitert werden.

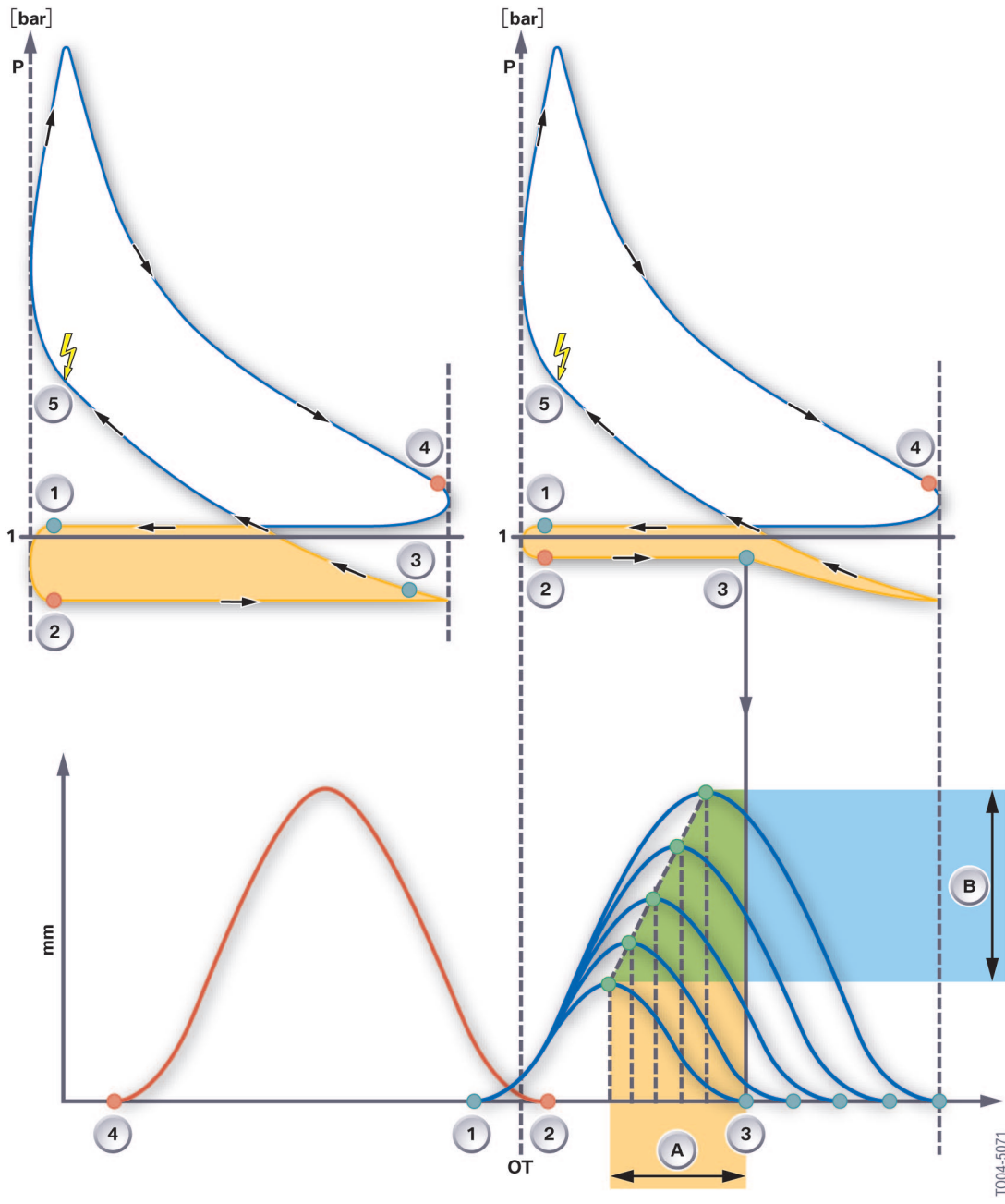
Die VALVETRONIC I wurde bei BMW im N42 Motor eingesetzt. Sie besitzt Zwischenhebel, die noch mit einer Gleitlagerung zur Exzenterwelle ausgestattet sind. Der Ventilhub liegt zwischen 0,3 mm und 9,7 mm.

Das folgende Diagramm zeigt den Regelbereich der VALVETRONIC. Auf der Einlassseite ist der Regelbereich vollvariabler Ventilhub (B) und der Regelbereich VANOS (A) ersichtlich. Die Verstellung von minimalem Ventilhub zu maximalem Ventilhub findet innerhalb von 300 ms statt. Die Exzenterwelle wird dabei um 170° verdreht.

Der Ventilhub alleine ermöglicht keine drosselfreie Laststeuerung. Dazu ist die Kombination mit der VANOS erforderlich, über die der Ventilschließzeitpunkt eingestellt wird.



4 - Minimalhub N42 Motor



T004-5071

5 - VALVETRONIC ergibt sich aus einem Zusammenwirken der Regelbereiche von VANOS und vollvariabler Ventiltrieb

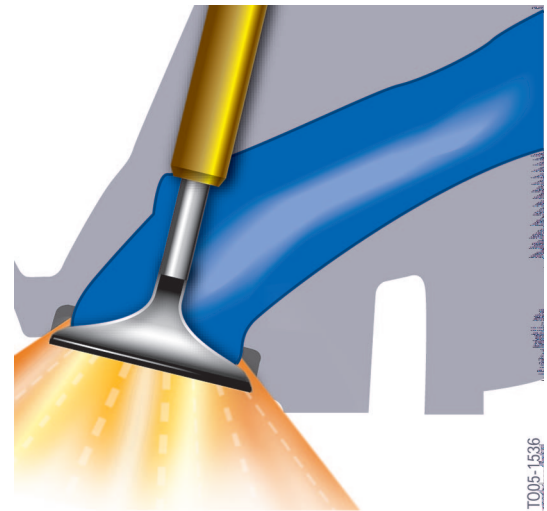
Index	Erklärung	Index	Erklärung
OT	Oberer Totpunkt	4	Auslass öffnet
UT	Unterer Totpunkt	5	Zündzeitpunkt
1	Einlass öffnet	A	Regelbereich VANOS
2	Auslass schließt	B	Regelbereich Ventilhub
3	Einlass schließt	P	Druck

Durch die VALVETRONIC wird das Einlassventil (Ventilhub und Ventilschließzeitpunkt) so gesteuert, dass sich zum Zeitpunkt "Einlassventil schließt" die gewünschte Gemischmasse im Brennraum befindet. Die anschließende weitere Expansion und nachfolgende Kompression des geschlossenen Zylindervolumens erfolgt nahezu verlustfrei.

Der damit verbundene Ladungswechselvorteil nimmt naturgemäß zur Vollast hin kontinuierlich ab. Bei Vollast ist der Ladungswechselvorteil Null. Bei kleinen Lasten ist eine sehr kurze Öffnungsdauer notwendig, die nur durch eine überproportionale Verkleinerung des Ventilhubes möglich ist. Dadurch wird der Ventilöffnungsquerschnitt so verkleinert, dass scheinbar ein schädlicher Drosseleffekt auftritt. Es zeigt sich aber, dass die Einströmgeschwindigkeit am Ventilspalt von ca. 50 m/s auf über 300 m/s zunimmt und das ganze Ventil gleichmäßig umströmt wird.

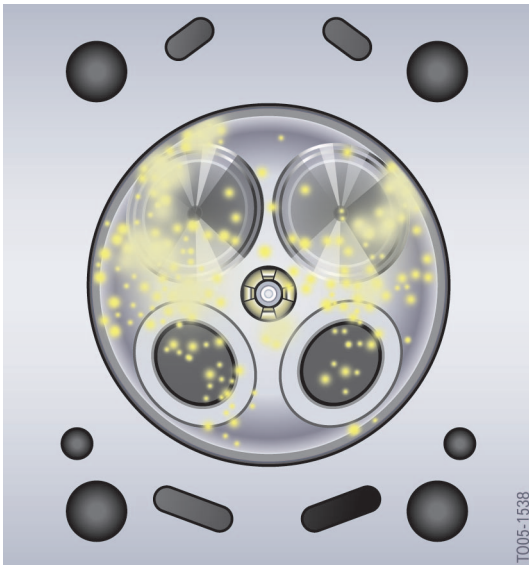
Dieser Effekt fördert den Gemischbildungsprozess jedoch optimal.

Die folgende Grafik zeigt die Gemischeinströmung bei 1 mm Ventilhub.



6 - Einströmung am Ventilspalt

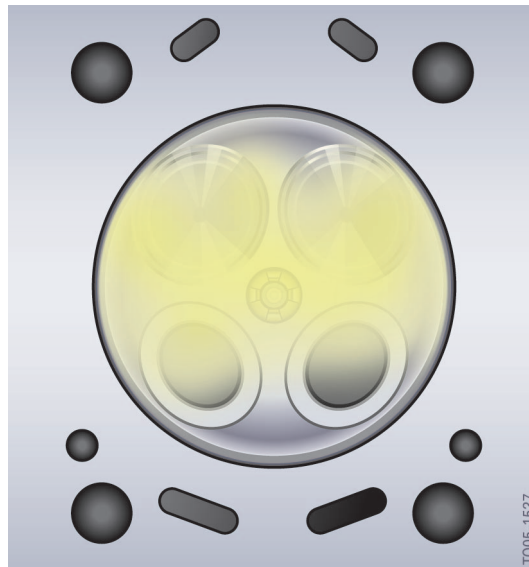
Die folgende Grafik zeigt die Kraftstoffverteilung bei vollem Ventilhub eines konventionell gedrosselten Motors. Die inhomogene Kraftstoffverteilung mit relativ großen Kraftstoffropfen lässt auf eine nicht optimale Verbrennung im Leerlauf schließen.



7 - Kraftstoffverteilung bei vollem Ventilhub

In der folgenden Grafik ist die Gemischbildung bei gleicher Last aber mit VALVETRONIC und dadurch einem Ventilhub von 1 mm zu sehen. Der Gemischzustand ist wesentlich homogener. Durch das gleichmäßige Umströmen des Ventils bei kleinem Ventilhub verteilt sich das Gemisch erheblich besser im Brennraum. Wegen der sehr hohen Einströmgeschwindigkeit und der sehr großen Druckdifferenz im Ventilspalt nimmt die Tröpfchengröße ab. Dadurch ergeben sich sehr gute Gemischbildung und somit geringere Schwankungen der

Leistungsabgabe sowie niedrigere HC- und NO_x-Emissionen.



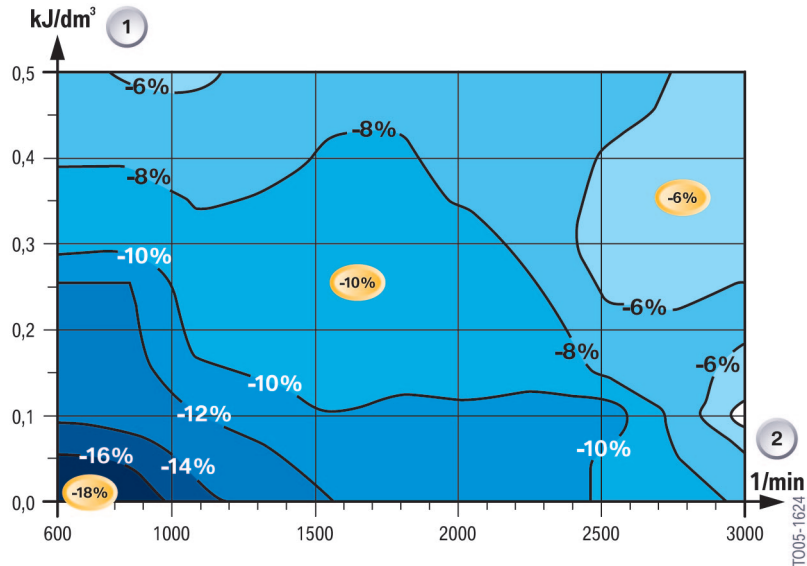
8 - Kraftstoffverteilung bei kleinem Ventilhub

Neben diesen Vorteilen ist der Gemischbildungsprozess so robust, dass selbst bei niedrigsten Temperaturen ein Kaltstart mit der Hälfte der Kraftstoffmenge eines drosselgesteuerten Motors möglich ist.

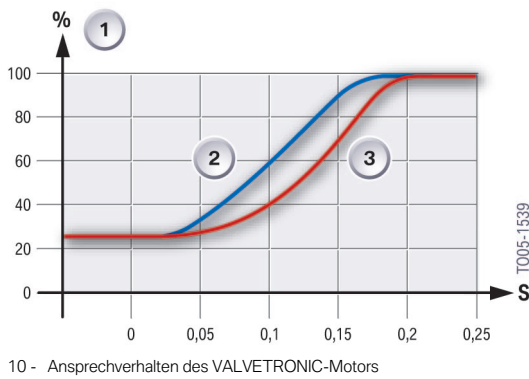
⚠️ Besonders bei niedrigen Lasten macht sich der Entfall der Drosselung bemerkbar. Der Kraftstoffverbrauch sinkt um bis zu 20 %. Zu hohen Lasten hin verringert sich das Einsparpotenzial. Im Mittel ergibt sich eine Einsparung von etwa 10 % für den Betrieb mit stöchiometrischem Kraftstoff-Luft-Verhältnis ($\lambda = 1$). Bei Vollast hat die VALVETRONIC keine Vorteile, da unter Vollast der Ventilhub auf Maximum steht und bei einem herkömmlichen Motor die Drosselklappe voll geöffnet ist. ◀

Die folgende Grafik zeigt die Verbrauchsreduzierung im Vergleich mit der

konventionellen Laststeuerung. Dargestellt ist die Last in kJ/dm^3 zur Drehzahl in $1/\text{min}$.



Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Last	2	Drehzahl

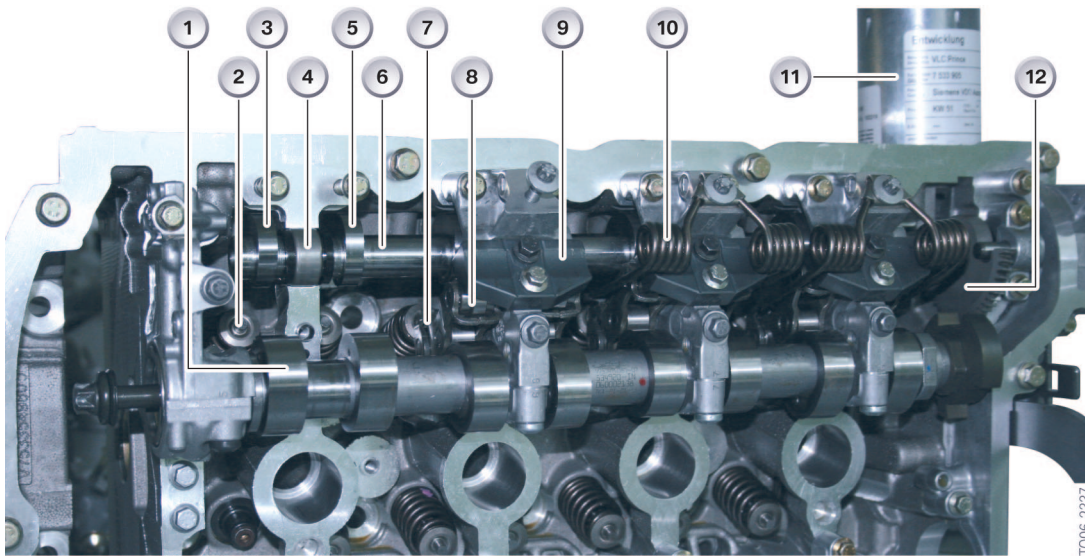


Index	Erklärung
1	Drehmoment (in %)
2	VALVETRONIC-Motor
3	Gedrosselter Motor

Das Ansprechverhalten des Motors wird durch die direkt am Zylinder stattfindende Laststeuerung verbessert. Anders als bei der Steuerung mit einer Drosselklappe müssen nicht erst der Sammler für Ansaugluft und die Saugrohre befüllt werden, sondern die VALVETRONIC wirkt sich ohne weitere Verzögerung direkt auf die Zylinderfüllung aus.

VALVETRONIC II

Funktion



11 - Zylinderkopf N12 Motor

T006-2337

Index	Erklärung	Index	Erklärung
1	Nockenwelle	7	Rollenschlepphebel
2	Ventil	8	Zwischenhebel
3	Exzenter	9	Aufnahme (Kulissenstein)
4	Rollenlager	10	Drehfeder
5	Exzenter	11	Stellmotor
6	Exzenterwelle	12	Schneckenrad

Im Hinblick auf das Prinzip der Laststeuerung entspricht die VALVETRONIC II der VALVETRONIC I.

Wesentliche Unterschiede sind:

- Reduzierung der Reibung durch Rollenlagerung im Ventiltrieb.
- Die Führung des Zwischenhebels ist präziser.
- Die bewegte Masse des Ventiltriebs wurde um 13 % reduziert.
- Der Hubbereich der Einlassventile konnte verbessert werden. Der maximale Hub ist

auf 9,9 mm gestiegen, vor allem aber konnte der minimale Hub noch weiter auf 0,18 mm verringert werden.

Das Gesamtergebnis wird unterstützt durch eine weitere Verbesserung der Saugrohr- und Abgasdynamik.

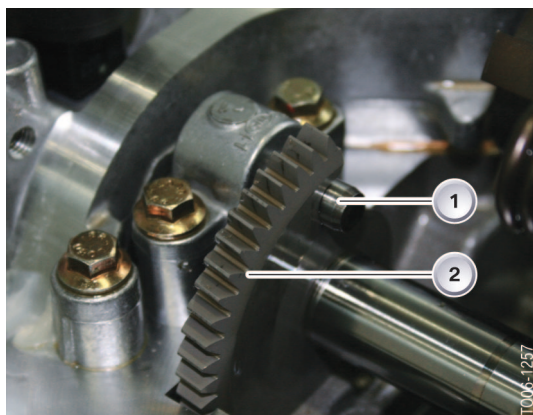
Ergebnisse der Weiterentwicklung sind:

- Steigerung der Motordynamik
- Steigerung der Motoreffizienz
- Verbesserung der Abgasemissionswerte.

Mit diesen Ergebnissen werden MINI typische Motoreigenschaften unterstrichen:

- Höchstdrehzahl 6.500 1/min
- spezifische Leistung 55,1 kW/l
- spezifisches Motordrehmoment von ca. 100,1 Nm/l
- gesteigertes Ansprechverhalten durch deutlich erhöhte Ventilbeschleunigungen und reibungsoptimierte Übertragungsteile
- Verringerung der CO₂-Emission von über 10 % zum Vorgänger im NEFZ (Neuer europäischer Fahrzyklus)
- erfüllt weltweit strengste Abgasgrenzwerte.

Exzenterwellen Endanschläge

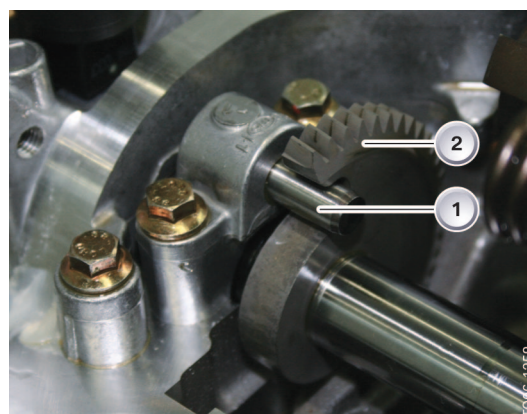


12 - Exzenterwelle am minimalen Anschlag

Index	Erklärung
1	Anschlag
2	Schneckenrad

Bei minimalem Ventilhub liegt das Schneckenrad (2) am Anschlag (1) an. Der minimale Ventilhub wird so mechanisch begrenzt.

Der maximale Ventilhub wird wie in der folgenden Grafik ersichtlich ebenfalls durch einen mechanischen Anschlag begrenzt.



13 - Exzenterwelle am maximalen Anschlag

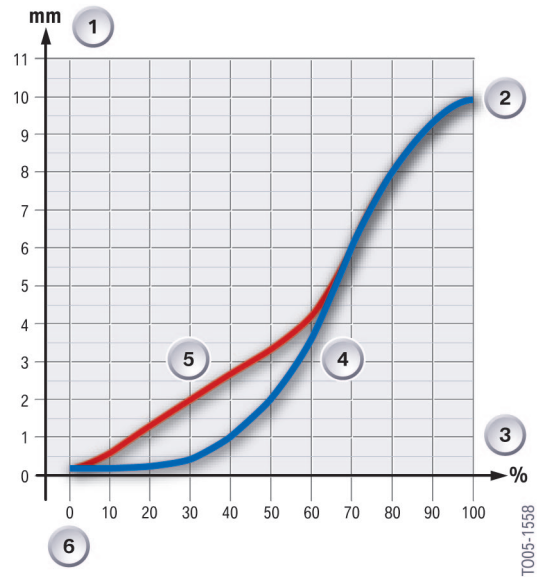
⚠ Zur Erkennung der mechanischen Anschläge kann eine Anschlagroutine zwischen den mechanischen Anschlägen durchgeführt werden. Die Exzenterwelle wird dabei von Nullhub auf Vollhub verstellt. Die Anschlagroutine wird nur dann ausgeführt, wenn die Motorelektronik beim Motorstart unplausible Werte feststellt. Die Anschlagroutine kann auch von Diagnosesystemen ausgelöst werden. ◀

Phasing

Mit dem vollvariablen Ventiltrieb VALVETRONIC II ist eine sehr schnelle und exakte Momentenregelung realisiert worden.

Im unteren Hubbereich der Ventile wird die Möglichkeit der Abstimmung durch das so genannte Phasing unterstützt. Die Einlassventile eines Zylinders werden dabei bis zu einem Hub von 0,2 mm synchron geöffnet. Ab diesem Hub beginnt das Ventil 1 vorauszuweichen. Ventil 2 öffnet somit mit einem geringen Verzug etwas später und holt Ventil 1 bei einem Hub von ca. 6 mm wieder ein. Von da an öffnen sie weiter synchron. Das Phasing wird durch eine unterschiedliche Formgebung der beiden Exzenter der Exzenterwelle eines Zylinder ermöglicht.

Dieses Öffnungsverhalten begünstigt das Einstromen der Gase in den Zylinder. Durch den klein gehaltenen Öffnungsquerschnitt der Einlassventile ergibt sich bei gleich bleibendem angesaugtem Volumen eine deutlich höhere Strömungsgeschwindigkeit. Diese Strömungsgeschwindigkeit wird in Verbindung mit der Geometrie im oberen Bereich des Brennraums zur besseren Vermischung des angesaugten Gemisches genutzt.



14 - Einlassventilhubverlauf

Index	Erklärung
1	Ventilhub (in mm)
2	Maximaler Ventilhub bei Volllast
3	Last (in %)
4	Einlassventil 2
5	Einlassventil 1
6	Minimaler Ventilhub bei Leerlauf



Neue Elektronikkomponenten waren nötig, um den VALVETRONIC-Betrieb zu ermöglichen. Zu diesen Komponenten gehören das Ventilhubsteuergerät, welches bei der VALVETRONIC II in die Motorsteuerung integriert wurde, der Stellmotor und der Exzenterwellensensor. Die Drosselklappe übernimmt neue Aufgaben und regelt bei Fehlern in der VALVETRONIC den Notlauf.

T005-1623

Elektrik

Ventilhubsteuerung

Die Ventilhubsteuerung wird von der Motorsteuerung durchgeführt.

Die Aufgabe der Ventilhubsteuerung ist die Ansteuerung des Elektromotors für die Verstellung der Exzenterwelle entsprechend den Vorgaben des Motorsteuergeräts. Um die gewünschte Dynamik zu erzielen, werden sehr

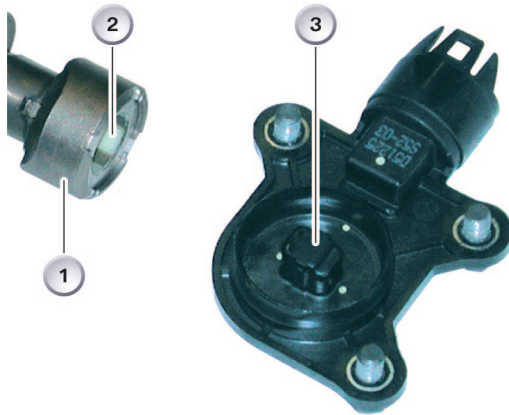
hohe Stromstärken benötigt. Aus diesem Grund ist bei VALVETRONIC-Motoren eine Anpassung des für die Lichtfunktion zuständigen Steuergeräts erfolgt, um ein Flackern der Innen- bzw. Außenbeleuchtung zu verhindern.

Stellmotor

Die Verstellung der Exzenterwelle wird von einem Gleichstrommotor mit Kollektor durchgeführt. Durch Umkehr der Drehrichtung und die Dauer der getakteten

Ansteuerung wird die Exzenterwelle entsprechend verstellt. Der Stellmotor kann bei der Maximalverstellung bis zu 40 A Strom ziehen.

Exzenterwellensensor



15 - Exzenterwellensensor und Magnetrad auf der Exzenterwelle

T004-5048

Die Position der Exzenterwelle wird über den Exzenterwellensensor (3) der DME zurückgemeldet. Er erfasst einen Winkelbereich von 180°.

Der Exzenterwellensensor arbeitet nach dem magnetoresistiven Prinzip: Ein ferromagnetischer Leiter ändert seinen Widerstand, wenn sich das anliegende Magnetfeld in seiner Lage ändert. Dazu ist auf der Exzenterwelle ein Magnetrad (1) angebracht, das einen Permanentmagneten enthält. Magnetfeldlinien dieses Magneten schneiden bei Drehung der Welle den magnetisch leitenden Werkstoff im Sensor. Die sich so ergebende Widerstandsänderung wird vom Motorsteuergerät in einen Ventilhub umgerechnet.

⚠ Das Magnetrad muss mit einer nichtmagnetischen Befestigungsschraube (2) an der Exzenterwelle befestigt werden, da der Sensor sonst nicht funktioniert. ◀

Index	Erklärung
1	Magnetrad
2	Befestigungsschraube
3	Exzenterwellensensor

Der Exzenterwellensensor erfasst den Drehwinkel der Exzenterwelle und liefert somit die Istgröße für die Regelung.

Motorsteuergerät

Die Motorsteuerung beinhaltet ein Kennfeld für die Ventilhubsteuerung. Hauptinformation für den benötigten Ventilhub ist die Lastanforderung des Fahrers durch das Fahrpedal. Aus den Eingangsdaten wird die Sollfüllung der Zylinder ermittelt.

Die Sollfüllung wird in einen Ventilhub und Steuerzeitbereich umgerechnet. Aus diesen Faktoren ergibt sich der Schließzeitpunkt des Einlassventils.

Die für eine optimale Verbrennung benötigte Restgasmenge wird allein durch die Auslassnockenwellenverstellung (Auslass-VANOS) eingestellt, da Prinzip bedingt ein rückfördernder Unterdruck im Saugrohr fehlt.

Die Einregelung der VANOS und des Ventilhubes wird von der Motorsteuerung durchgeführt.

Drosselklappe

Auch die VALVETRONIC-Motoren benötigen eine Drosselklappe für:

- Tankentlüftung
- Kurbelgehäuseentlüftung
- Notlauf
- Katalysatoraufheizung.

⚠ Mithilfe der Drosselklappe wird ein geringer Saugrohr-Unterdruck von ca. 50 mbar eingeregelt. Dieser Unterdruck wird benötigt, um die Tankentlüftung und Kurbelgehäuseentlüftung sicherzustellen. Als Referenz dient ein Drucksensor in der Sauganlage.

Bei einem Fehler in der VALVETRONIC wird nach Möglichkeit der Ventilhub auf Maximum gestellt und die Laststeuerung von der Drosselklappe übernommen.

Die Leerlaufregelung erfolgt kennfeldgesteuert von der Motorsteuerung. Kennfeldabhängig kann während des Startvorgangs die Leerlaufregelung über die Drosselklappe erfolgen. Bei betriebswarmem Motor wird nach ca. 60 s auf entdrosselten Betrieb (Drosselklappe voll geöffnet) umgeschaltet. Bei kalter Witterung wird jedoch mit voll geöffneter Drosselklappe gestartet, da sich dies positiv auf das Startverhalten auswirkt. ◀

Servicehinweise. N12 VALVETRONIC.

Laststeuerung über den Ventiltrieb

Drosselfreie Laststeuerung

⚠ Für die Kurbelgehäuseentlüftung ist ein minimaler Unterdruck in der Sauganlage erforderlich. Hierzu wird die Drosselklappe leicht angestellt. ◀

Definition

⚠ Die VALVETRONIC besteht aus der vollvariablen Ventilhubsteuerung und der variablen Nockenwellensteuerung (Doppel-VANOS), wodurch der Schließzeitpunkt des Einlassventils frei wählbar ist.

Die Ventilhubsteuerung erfolgt nur auf der Einlassseite, die Nockenwellensteuerung auf der Einlass- und der Auslassseite.

Eine drosselfreie Laststeuerung ist nur möglich, wenn:

- der Ventilhub des Einlassventils
- und die Nockenwellenverstellung der Einlass- und Auslassnockenwelle variabel steuerbar sind.

Ergebnis:

=> Die Öffnungsdauer des Einlassventils ist frei wählbar.



Diese Servicehinweise finden Sie im Abschnitt Einleitung.

TE06-06/45



Diese Servicehinweise finden Sie im Abschnitt Systemkomponenten.

TE06-0645

Systemkomponenten

Systemaufbau

Funktionsübersicht

⚠ Da der minimale Ventilhub im Leerlauf sehr gering ist, muss eine Gleichverteilung der Zylinderfüllungen sichergestellt werden. Alle Ventile müssen gleich weit geöffnet sein.

Aus diesem Grund sind die Rollenschlepphebel und die dazugehörigen Zwischenhebel in Klassen eingeteilt. Mit einer angebrachten Kennzahl lassen sich die Bauteile in den Klassifizierungen voneinander unterscheiden. Eingebaut sind pro Zylinder immer die gleichen Klassen. Durch die

Zuordnung Rollenschlepphebel und Zwischenhebel im Produktionswerk ist gewährleistet, dass die Zylinder auch im Minimalhub gleichmäßig befüllt werden. ◀

⚠ Bei der Zerlegung des Ventiltriebs muss darauf geachtet werden, dass alle Teile wieder an die gleiche Position kommen. Bei Nichtbeachtung kann es zu Ungleichverteilungen bei der Zylinderfüllung kommen. Eine Ungleichverteilung hat einen unrunder Motorlauf zur Folge. ◀

Mechanik

VALVETRONIC I

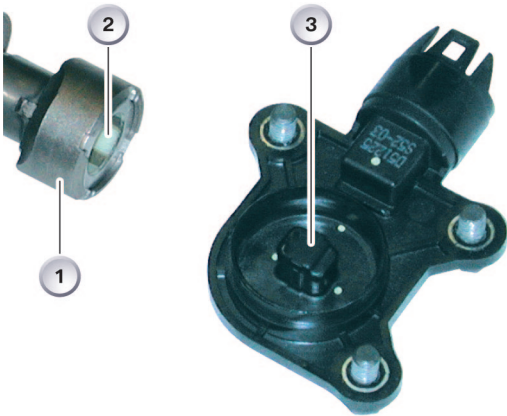
⚠ Besonders bei niedrigen Lasten macht sich der Entfall der Drosselung bemerkbar. Der Kraftstoffverbrauch sinkt um bis zu 20 %. Zu hohen Lasten hin verringert sich das Einsparpotenzial. Im Mittel ergibt sich eine Einsparung von etwa 10 % für den Betrieb mit stöchiometrischem Kraftstoff-Luft-Verhältnis ($\lambda = 1$). Bei Vollast hat die VALVETRONIC keine Vorteile, da unter Vollast der Ventilhub auf Maximum steht und bei einem herkömmlichen Motor die Drosselklappe voll geöffnet ist. ◀

VALVETRONIC II

⚠ Zur Erkennung der mechanischen Anschläge kann eine Anschlagroutine zwischen den mechanischen Anschlägen durchgeführt werden. Die Exzenterwelle wird dabei von Nullhub auf Vollhub verstellt. Die Anschlagroutine wird nur dann ausgeführt, wenn die Motorelektronik beim Motorstart unplausible Werte feststellt. Die Anschlagroutine kann auch von Diagnosesystemen ausgelöst werden. ◀

Elektrik

Exzenterwellensensor



1 - Exzenterwellensensor und Magnetrad auf der Exzenterwelle

T004-5048

Index	Erklärung
1	Magnetrad
2	Befestigungsschraube
3	Exzenterwellensensor

Index	Erklärung
1	Magnetrad
2	Befestigungsschraube
3	Exzenterwellensensor

⚠ Das Magnetrad muss mit einer nichtmagnetischen Befestigungsschraube (2) an der Exzenterwelle befestigt werden, da der Sensor sonst nicht funktioniert. ◀

Drosselklappe

⚠ Mithilfe der Drosselklappe wird ein geringer Saugrohr-Unterdruck von ca. 50 mbar eingeregelt. Dieser Unterdruck wird benötigt, um die Tankentlüftung und Kurbelgehäuseentlüftung sicherzustellen. Als Referenz dient ein Drucksensor in der Sauganlage.

Bei einem Fehler in der VALVETRONIC wird nach Möglichkeit der Ventilhub auf Maximum gestellt und die Laststeuerung von der Drosselklappe übernommen.

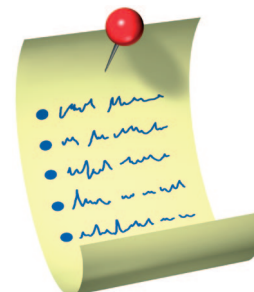
Die Leerlaufregelung erfolgt kennfeldgesteuert von der Motorsteuerung. Kennfeldabhängig kann während des Startvorgangs die Leerlaufregelung über die Drosselklappe erfolgen. Bei betriebswarmem Motor wird nach ca. 60 s auf entdrosselten Betrieb (Drosselklappe voll geöffnet) umgeschaltet. Bei kalter Witterung wird jedoch mit voll geöffneter Drosselklappe gestartet, da sich dies positiv auf das Startverhalten auswirkt. ◀

Zusammenfassung. N12 VALVETRONIC.

Was ich mir merken sollte.

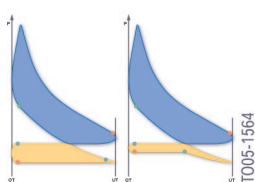
In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Informationen zum Thema Grundlagen Motor VALVETRONIC zusammengefasst.

Die Auflistung soll Ihnen in kompakter Form die Inhalte und eine nochmalige Kontrolle über das Wissenswerte dieser Produktinformation vermitteln.



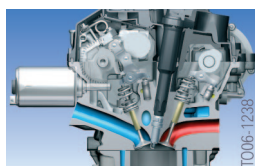
Anmerkungen für den Alltag in Theorie und Praxis.

Einleitung



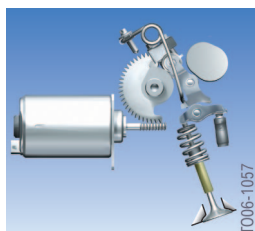
Die VALVETRONIC ist die erste vollvariable Ventilsteuerung im Markt. Die VALVETRONIC besteht immer aus der variablen Ventilhubsteuerung des Einlassventils und der Doppel-VANOS. Mit der VALVETRONIC lassen sich die Verluste bei der Ladungswechselerarbeit reduzieren. Die durchschnittliche Einsparung liegt im Vergleich zu einem herkömmlichen Motor bei ca. 10 %.

Aufbau



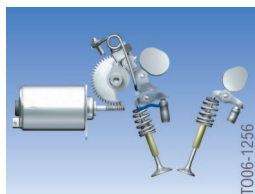
Die VALVETRONIC übernimmt in weiten Teilen die Funktion der Drosselklappe. Damit dies ermöglicht wird, ist zusätzlich zur Doppel-VANOS eine vollvariable Ventilhubsteuerung nötig.

Systemaufbau



Die vollvariable Ventilhubsteuerung wird durch zusätzliche Bauteile im Ventiltrieb ermöglicht. Dazu gekommen sind in erster Linie Stellmotor, Exzenterwelle, Aufnahme, Zwischenhebel und Drehfeder.

Mechanik



Mit der VALVETRONIC I wurde bei BMW im N42 Motor der vollvariable Ventiltrieb erstmals in der Serie eingesetzt. Die Ladungswechselerluste werden im unteren Lastbereich deutlich reduziert. Zur Vollast hin nimmt der Vorteil kontinuierlich ab. Das Kaltstartverhalten wurde mit der VALVETRONIC verbessert. Mit Einsatz der VALVETRONIC II konnten die Eigenschaften der VALVETRONIC weiter verbessert und z. B. der Einlassventilhub bis auf 0,18 mm reduziert, der Maximalhub auf 9,9 mm erweitert werden.

Elektrik



Neue Elektronikkomponenten waren nötig, um den VALVETRONIC-Betrieb zu ermöglichen. Zu diesen neuen Komponenten gehören das Ventilhubsteuergerät, das bei der VALVETRONIC II in die Motorsteuerung integriert wurde, der Stellmotor und der Exzenterwellensensor. Die Drosselklappe übernimmt neue Aufgaben und regelt bei Fehlern in der VALVETRONIC den Notlauf.

Testfragen.

N12 VALVETRONIC.

Fragenkatalog

In diesem Abschnitt haben Sie die Möglichkeit, Ihr erworbenes Wissen zu überprüfen.

Es werden Fragen zum vorgestellten Thema VALVETRONIC gestellt.



Das erworbene Wissen vertiefen und nochmal überprüfen.

1. Welche Aussage ist richtig?

- Mit der VALVETRONIC wird der Motorwirkungsgrad durch Betrieb im Magerbereich erhöht.
- Mit der VALVETRONIC wird der Motorwirkungsgrad durch die Absenkung der mechanischen Verluste gesteigert.
- Mit der VALVETRONIC wird der Motorwirkungsgrad durch die Absenkung der Ladungswechselperluste gesteigert.

2. Welche Definition ist richtig?

- Die VALVETRONIC ist die vollvariable Ventilhubsteuerung.
- Die VALVETRONIC besteht aus der vollvariablen Ventilhubsteuerung und der Doppel-VANOS
- Die VALVETRONIC besteht aus der vollvariablen Ventilhubsteuerung und der Einlass-VANOS.

3. Wie wird die Gleichverteilung der Gemischmenge auf die einzelnen Zylinder sichergestellt?

- In der Produktion werden die Ventile entsprechend eingeschliffen.
- Es werden Zwischenhebel und Rollenschlepphebel gleicher Klassen eingebaut.
- Die Gleichverteilung der Zylinder wird in der Produktion geprüft und bei Abweichung mit entsprechenden Zwischenhebeln und/oder Rollenschlepphebeln korrigiert.

4. Welchen Vorteil hat ein VALVETRONIC-Motor im Vergleich zu einem konventionelle gedrosselten Motor beim Kaltstart?

- Kein Vorteil.
- Der VALVETRONIC-Motor benötigt beim Kaltstart weniger Kraftstoff.
- Der VALVETRONIC-Motor benötigt zum Motorstart eine geschlossene Drosselklappe.

5. Was verstehen Sie unter dem Begriff Phasing?

- Mit Phasing ist die besondere Form der Zwischenhebel gemeint.
- Mit Phasing ist das zeitlich versetzte Öffnen der Einlassventile eines Zylinders bis zu 6 mm Ventilhub zu verstehen.
- Mit Phasing wird die besondere Form der Einlassnockenwelle bezeichnet.



Check it!

Antworten zum Fragenkatalog

1. Welche Aussage ist richtig?

- Mit der VALVETRONIC wird der Motorwirkungsgrad durch Betrieb im Magerbereich erhöht.
- Mit der VALVETRONIC wird der Motorwirkungsgrad durch die Absenkung der mechanischen Verluste gesteigert.
- Mit der VALVETRONIC wird der Motorwirkungsgrad durch die Absenkung der Ladungswechselverluste gesteigert.

2. Welche Definition ist richtig?

- Die VALVETRONIC ist die vollvariable Ventilhubsteuerung.
- Die VALVETRONIC besteht aus der vollvariablen Ventilhubsteuerung und der Doppel-VANOS
- Die VALVETRONIC besteht aus der vollvariablen Ventilhubsteuerung und der Einlass-VANOS.

3. Wie wird die Gleichverteilung der Gemischmenge auf die einzelnen Zylinder sichergestellt?

- In der Produktion werden die Ventile entsprechend eingeschliffen.
- Es werden Zwischenhebel und Rollenschlepphebel gleicher Klassen eingebaut.
- Die Gleichverteilung der Zylinder wird in der Produktion geprüft und bei Abweichung mit entsprechenden Zwischenhebeln und/oder Rollenschlepphebeln korrigiert.

4. Welchen Vorteil hat ein VALVETRONIC-Motor im Vergleich zu einem konventionellen gedrosselten Motor beim Kaltstart?

- Kein Vorteil.
- Der VALVETRONIC-Motor benötigt beim Kaltstart weniger Kraftstoff.
- Der VALVETRONIC-Motor benötigt zum Motorstart eine geschlossene Drosselklappe.

5. Was verstehen Sie unter dem Begriff Phasing?

- Mit Phasing ist die besondere Form der Zwischenhebel gemeint.
- Mit Phasing ist das zeitlich versetzte Öffnen der Einlassventile eines Zylinders bis zu 6 mm Ventilhub zu verstehen.
- Mit Phasing wird die besondere Form der Einlassnockenwelle bezeichnet.

