



# Die neuen BMW V-Motoren

## Johannes Liebl, Jens Tischer, Johann Schopp, Erhard Otto

### Zusammenfassung

BMW stellt für die bestehende 5er und 7er Fahrzeugbaureihe überarbeitete V8- und V12-Antriebe vor. Die Ergebnisse der Überarbeitungen sind niedrige Abgasemissionen, eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs, eine Minderung der Schallemission und die Sicherstellung des hohen Fahrleistungsniveaus in den zugehörigen Fahrzeugen. Eine weiter verbesserte Wirtschaftlichkeit wird zusätzlich durch eine Verlängerung der Wartungsintervalle erreicht. Für dieses Ziel kommen moderne Technikkomponenten zum Einsatz, dazu gehören eine vollvariable Nockenwellenverstellung auf

der Einlaßseite beim V8-Motor, ein flüssigkeitsgekühlter Generator, ein Getriebeöl-Wasserwärmetauscher und zukunftsweisende Abgasnachbehandlungstechnik. Weltweit erstmalig wird beim V12-Motor eine Abgaskonvertertechnik mit HC-Adsorber und elektrisch beheizbarem Katalysator eingesetzt. Der V8-Motor setzt für niedrigste Kaltstartemissionen ein Vorkatalysatorsystem ein. Mit diesen Systemen sind die Antriebe auch für die weiteren Verschärfungen der Abgasgesetzgebungen über die Jahrtausendwende hinaus vorbereitet.

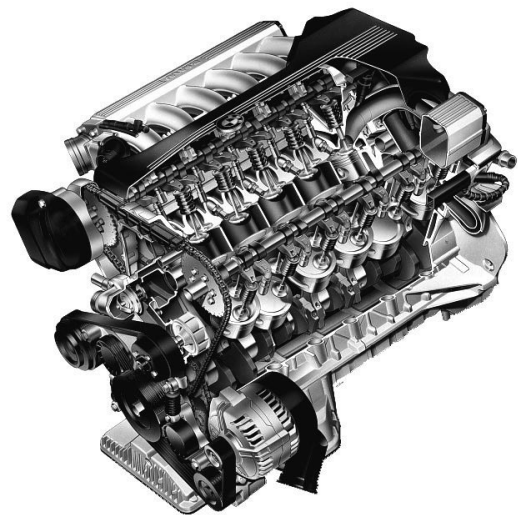
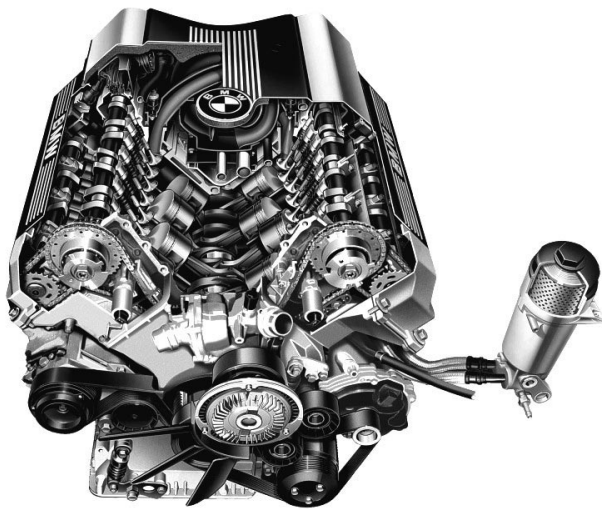


Abb. 1: BMW V8- und V12-Motor

### 1. Entwicklungsziele

Bei der Überarbeitung der V-Motoren für die BMW 5er und 7er Baureihe standen die folgenden Entwicklungsziele im Vordergrund:

- Drehmomentanhebung bei niedrigen Drehzahlen beim V8-Motor für die Sicherstellung souveräner Leistungs- und Drehmomentreserven.
- Vorzeitige Erfüllung der Emissionstufe EU III.
- Vorbereitung auf die europäischen On-Bord-Diagnoseanforderungen (EOBD).
- Erfüllung der nationalen Steuerförderung nach D4 Emissionsanforderungen.
- Zertifizierung der Emissionstufe LEV in USA.

- Weitere Senkung des Kraftstoffverbrauchs.
- Weitere Verbesserung der Motorakustik und des Komforts.
- Erhöhung des elektrischen Energieangebots für steigende Komfortansprüche.
- Verlängerung der Wartungsintervalle auf 20000 bis 25000 km.
- Steigerung der Produktqualität.

## 2. Konstruktive Gestaltung

Nach der letzten Überarbeitung der Motoren bestand kein Zwang für größere Grundmotoränderungen. Zur Erfüllung der oben genannten Entwicklungsziele wurden deshalb technische Details und Aggregate neu- oder weiterentwickelt

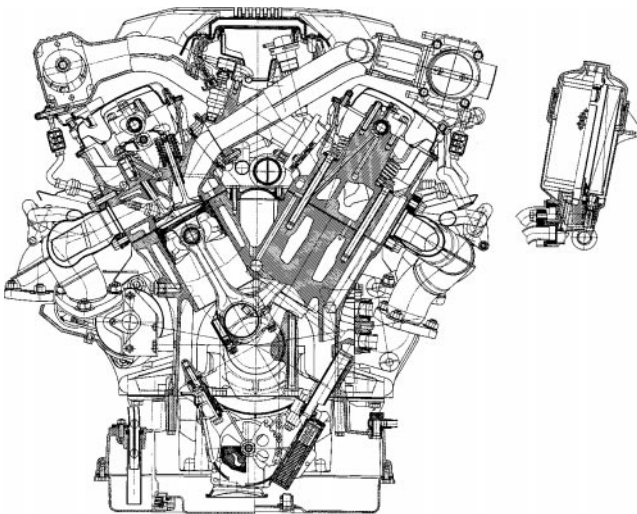


Abb. 2: Längs und Querschnitt des BMWV12-Motors

(Abb. 1). Die wesentlichen Änderungen sind:

- Integration eines stufenlos geregelten Einlaßnockenwellenphasenstellers beim V8-Motor in die beiden Zylinderköpfe (Einlaß VANOS).
- Integration eines flüssigkeitsgekühlten Generators (Kompakt F-Generator) an die beiden Kurbelgehäusevarianten V8 und V12.
- Neue Abgasanlagen mit Vor- und Hauptkatalysatoren für die V8-Motoren.
- Neue V12-Abgasanlage mit einer Kombination aus HC-Adsorber, E-Kat und 3 Wege-Hauptkatalysator im Unterbodenbereich des Fahrzeugs.
- Einsatz von Getriebeöl-Wasser-Wärmetauschern.

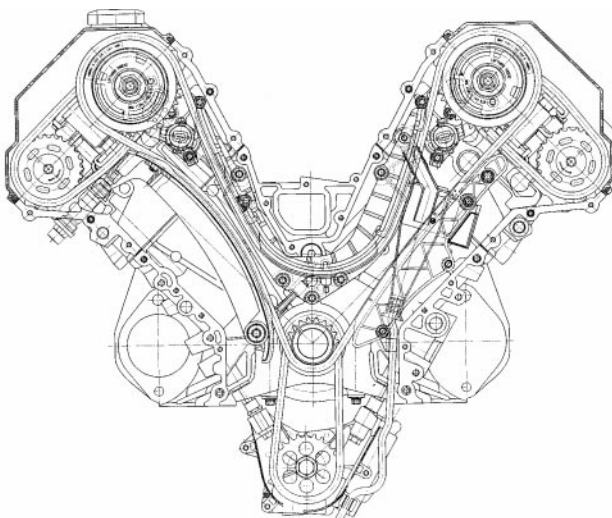
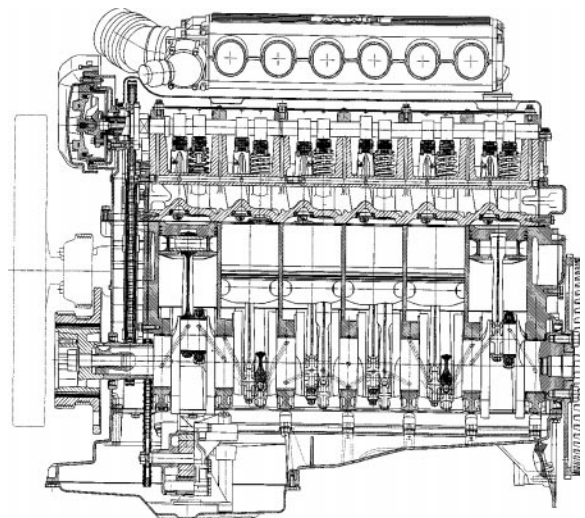


Abb. 3: Kettentrieb des BMWV8-Motors Variante

- Übernahme des Kennfeldthermostaten aus dem V8- auch für den V12-Motor.
- Umsetzung eines rücklauflosen Kraftstoffsystems.
- Einsatz einer drehmomentbasierten Motorsteuerung beim V8-Motor (Bosch ME7).

Die Längs- und Querschnitte durch die neuen BMWV-Motoren zeigen **Abb. 2** und **Abb. 3**. Die Hauptabmessungen beider Motorbaureihen sind in **Abb. 4** zusammengefaßt.

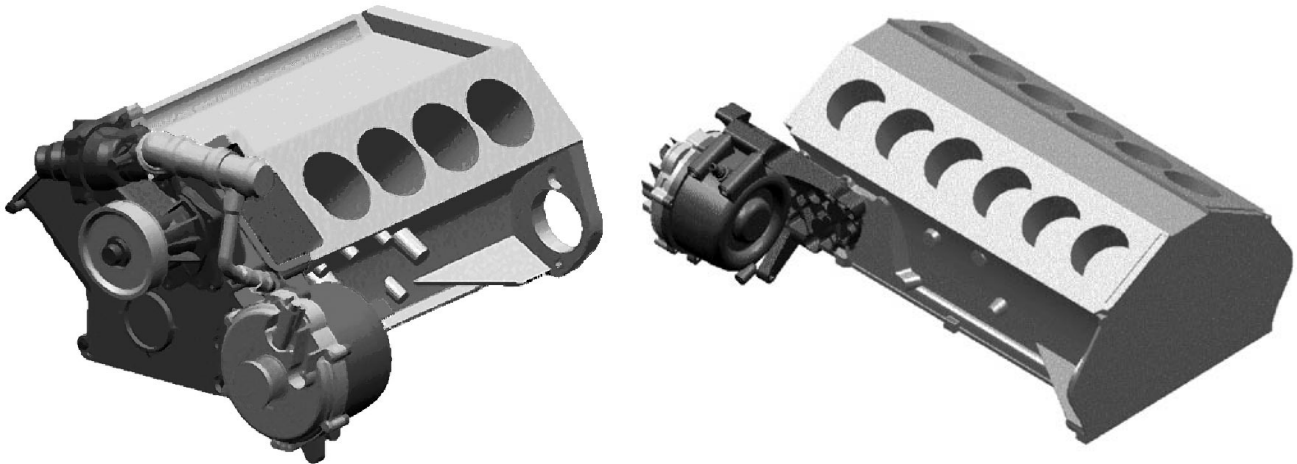
Variante		V8 3,5l	V8 4,4l	V12 5,4l
V-Winkel	Grad	90		60
Zündfolge nach DIN		1 5 4 8 6 3 7 2		1 7 5 11 3 9 6 12 2 8 4 10
Hubraum effektiv	cm <sup>3</sup>	3498	4398	5379
Bohrung / Hub	mm	84,0/78,9	92,0/82,7	85,0/79,0
Hub / Bohrungsverhältnis	-	0,929	0,899	0,929
Pleuellänge	mm	143,0		135,0
Pleuelstangenverhältnis $\lambda$	-	0,276	0,289	0,293
Hauptlager-Durchmesser	mm	70,0	70,0	75,0
Pleuellager-Durchmesser	mm	4,08	48,0	45,0
Verdichtungsverhältnis $\epsilon$	-	10,0		10,0
Zylinderblockhöhe	mm	215,0		206,0
Zylinderabstand	mm	98,0		91,0
Anzahl Kurbelwellenlager	-	5		7
Kurbelgehäusematerial		AluSil		
Zylinderkopfmaterial		Aluminium (Al Si6 Cu4)		
Nockenwelle(n)		Zwei kettengetriebene obenliegende pro Bank		Eine gebaute kettengetriebene obenliegende pro Bank
Nockenwellenverstellung		Hydraulische stufenlose Phasenverstellung der Einlaßnockenwelle		keine
Ventiltrieb		Tassenstößel Ø 33 mit hydraulischem Ventilspielausgleich		Rollenschlepphebel
Ventildurchmesser Einlaß / Auslaß	mm	32,0/28,5	35,0/30,5	42,0/36,0
		4V Brennraum		2V Brennraum
Ventilschaftdurchmesser Einlaß / Auslaß	mm	6,0		7,0
Ventilwinkel Einlaß / Auslaß		20°15'	19°15'	10°04'
max. Ventilhub Einlaß / Auslaß	mm	9,0/9,0		10,3/10,3
Öffnungsdauer Einlaß / Auslaß	°KW	236/228		240/240
Einlaß- / Auslaßspreizung	°KW	84-124/97	84-124/108	112/109
Motorgewicht nach BMW Richtlinie	kg		212,5	271
Gemischaufbereitung		Bosch ME7 sequentielle MPI		Bosch ME5.2.1
Kraftstoff (zylinderselektive Klopfregelung)	ROZ	91 / 95 / 98		
Abgassystem	-	3-Wege Vor- und Hauptkatalysatorsystem mit Sekundärlufteinblasung		Adsorber-EKat-Hauptkatalysatorsystem
Abgasgrenzwerte	-	EU III / D4 / LEV mit Sekundärlufteinblasung		

Abb. 4: Hauptabmessungen und technische Daten der neuen BMWV-Motoren

## 2.1 Kurbelgehäuse und Triebwerk

Die Grundabmessungen der Triebwerke wurden für alle V-Motorvarianten beibehalten (**Abb. 4**). Der neue flüssigkeitsgekühlte Kompakt-F-Generator wurde in den Räderkastendeckel des V8-Motors integriert. Das notwendige Kühlmittel wird von der Wasserpumpe über den neu gestalteten Räderkastendeckel zum Generator geführt (Abb. 5). Der Kühlmittelrückfluß erfolgt über eine Schlauchverbindung. Durch diese Integration

konnte die Anzahl der zusätzlichen Dichtstellen minimiert werden. Beim 12-Zylindermotor wurde der Kompakt-F-Generator dagegen über eine Trägerplatte an das Alusil-Kurbelgehäuse angeflanscht. Die Kühlmittelzufuhr und -abfuhr erfolgt hier über Schlauchverbindungen. Die V8- und V12 Kurbelgehäuserohteile werden aus dem Werkstoff Alusil gegossen.



**Abb. 5: Integration des Kompakt-F-Generators in den Grundmotor der neuen BMWV-Motoren**

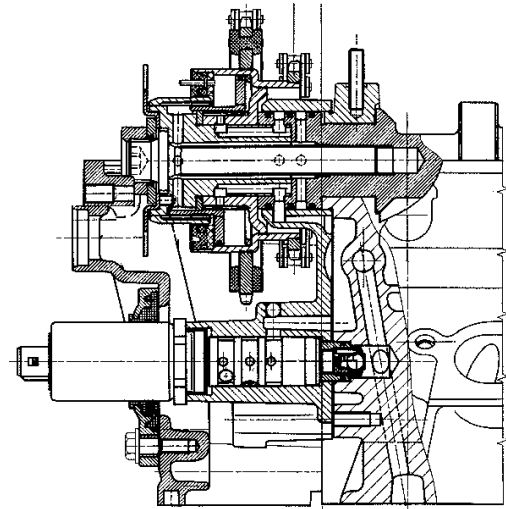
## 2.2 Zylinderkopf

Der Zylinderkopf des V12-Motors wurde unverändert übernommen, während in den V8-Zylinderkopf eine Nockenwellenverstelleinheit der Fa. INA für die jeweiligen Einlaßnockenwellen integriert wurde. An den Stirnseiten der Zylinderköpfe wurden zusätzlich Ölkanäle und die elektromagnetisch betätigten 3/4-Wege-Ventile integriert, die die Öldruckbeaufschlagung der Verstellkolben abhängig von den Motorbetriebsparametern steuern. Der Verstellbereich beträgt wie beim BMW 6-Zylindermotor 40°KW. Die Hubbewegung des Verstell-

kolbens auf der Zahnwelle wird über die Schrägverzahnung in eine Drehbewegung der Nockenwelle relativ zum antreibenden Kettenrad umgewandelt.

Im Gegensatz zum Verstellsystem des BMW Reihensechzylindermotors dreht sich die Verstelleinheit des V8-Motors komplett mit, so daß die Ölzufuhr über abgedichtete Ringkanäle in der Ölverteilerplatte erfolgen muß (**Abb. 6**). Bei der Entwicklung wurde das Hauptaugenmerk auf das Dichtsystem (Leckraten) und der daraus resultierenden Verstell-

geschwindigkeit sowie auf die Akustik und einfache prozesssichere Montage gelegt. Wie auch beim 6-Zylindermotor wird die Verstellenergie aus dem Motorölkreislauf entnommen, d.h. sie wird von der Motorölpumpe aufgebracht.



**Abb. 6: Nockenwellenverstellungssystem des V8-Motors**

### 2.3 Ansaugsystem

Die Sauganlage des V12-Motors beinhaltet die bekannten luftumfaßten Einspritzventile zur Verbesserung der Gemischaufbereitung durch kleinere Kraftstofftröpfchengröße insbesondere im Motorwarmlauf. Die Kraftstoffzufuhr des V8-Motors wurde auf ein komplett rücklaufloses System umgestellt. Eine überarbeitete Kraftstoffleiste verteilt die ggf. entstehenden Dampfblasen gleichmäßig über die Einspritzventile, so daß Heißstartprobleme verhindert werden. Der Kraftstoffdruck wird absolut auf 3,5 bar geregelt, wodurch der sonst übliche Saugrohrreferenzdruck entfallen konnte. Für die Umsetzung der drehmomentenbasierten Steuerung des V8-Motors ist eine elektrische Drosselklappe obligatorisch. Sie wurde in das Ansaugsystem des V8-Motors, das als Gleichteil für beide Hubraumvarianten ausgeführt ist, integriert. Erhöhte Wandstärken der Kunststoffsauganlage verbessern die Schwingungseigenschaften und somit die Bauteilakustik.

### 2.4 Abgasanlage

Die neuen V-Motoren erhielten jeweils völlig neue Abgasanlagen mit einem weiterentwickelten Katalysatorkonzept zur Erfüllung der ehrgeizigen Emissionsentwicklungsziele. Beim V8-Motor teilt sich das Katalysatorvolumen auf 2 Vorkatalysatoren, die in den neu entwickelten, luftspaltisolierten, innenhochdruckverformten 4-2-1 Krümmern untergebracht sind und 2 Hauptkatalysatoren im Fahrzeugunterbodenbereich auf (Abb. 7). Für die Vorkatalysatoren werden Dünnwandkeramikmonolithen mit 4 mil Wandstärke mit 400 cpsi eingesetzt.

Das Katalysatorkonzept des V12-Motors wird weltweit erstmalig in Serie eingesetzt. Es besteht im Unterbodenbereich aus dem HC-Adsorber, dem nachgeschalteten elektrisch beheizbaren Katalysator und dem Hauptkatalysator (**Abb. 8**). Die Schalldämpferanlagen wurden auf die geänderten Gegendruckverhältnisse angepaßt um gleichzeitig die Vollast- und Akustikziele sicherzustellen.

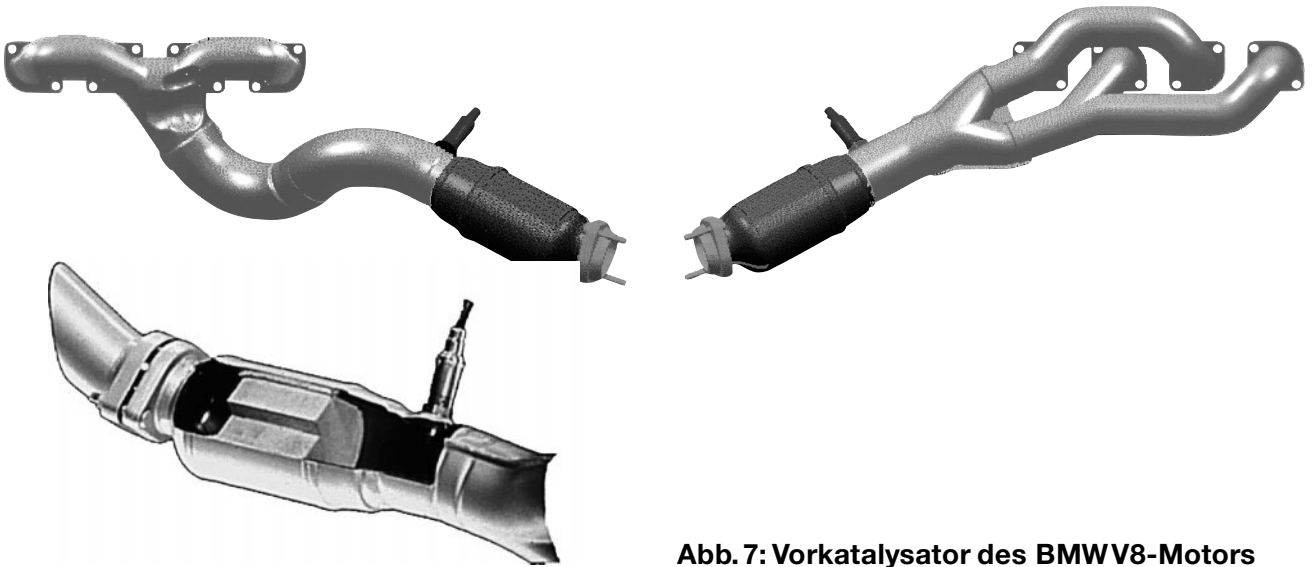


Abb. 7: Vorkatalysator des BMWV8-Motors

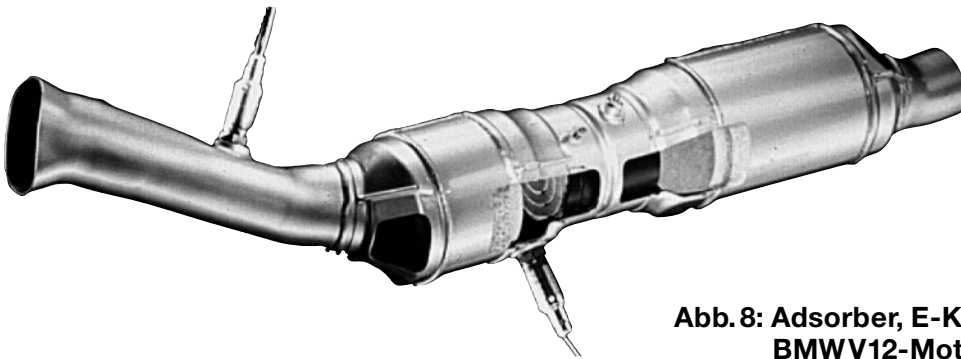


Abb. 8: Adsorber, E-Kat Kombination des BMWV12-Motors

## 2.5 Kühlsystem

In dem freigewordenen Bauraum der in den Vorgängermodellen notwendigen Generatorfrischluftführung werden thermostatisch geregelte Getriebeöl-Wasserwärmetauscher mit folgenden Funktionen eingesetzt:

- Heizen des Getriebeöls im Warmlauf bei ausreichendem Temperaturangebot im Kühlmittel.
- Kühlen des Getriebeöls.
- Vergleichmäßigung des Getriebeöltemperaturkollektivs, und dadurch verringerter Verschleiß im Automatikgetriebe.

Die motorfeste Anordnung der Bauteile unterhalb des Generators mit dem Motorkühlmittelwärmetauscher zeigt Abb. 9. Die Thermostatpatrone ist auf dem Wärmetauscher verschraubt. Die wasserseitige Speisung der Thermostatpatrone erfolgt warmwasserseitig vom

Kompakt-F-Generator, kaltwasserseitig vom Niedertemperaturteil des Kühlmittelkühlers.

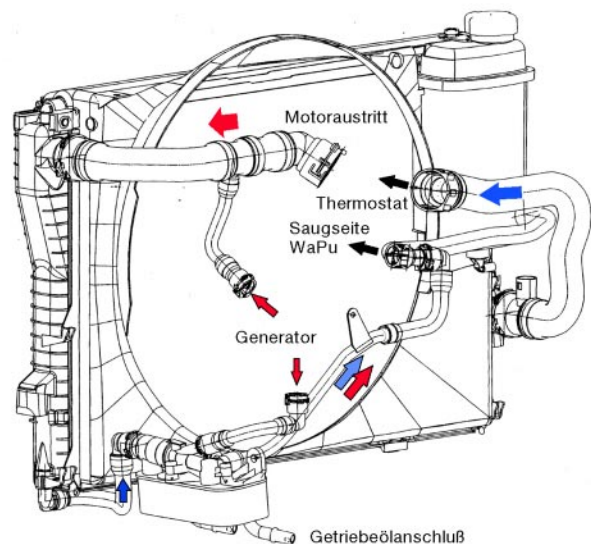


Abb. 9: Prinzip des Getriebeöl-Wasserwärmetauschers

Vom V8-Motor wird der schon seit längerem eingesetzte Kennfeldthermostat in den V12-Motor übernommen. Mit diesem Schritt setzt BMW nun in allen

Motorbaureihen die Kühlmittelkennfeldkühlung ein, die gemeinsam mit Fa. Behr Thermottronik entwickelt wurde.

## 2.6 Elektrik

Weltneuheit in Serienproduktion ist ein flüssigkeitsgekühlter Generator mit einem Nennstrom von 90/150A, der zusammen mit Fa. Bosch entwickelt wurde (**Abb. 10**). Dieses Aggregat zeichnet sich durch ein erhöhtes elektrisches Leistungsangebot bei gesteigertem Wirkungsgrad, drastisch verringertem Geräusch durch Entfall des Generatorlüfters und Kühlmittelkapselung sowie hohe Lebensdauer durch Entfall der Kohlebürsten aus. Zudem führt die Abwärme des Generators im Motorwarmlauf zur schnelleren Erwärmung und trägt somit zur Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsminderung bei. Der Entfall der Frischluftführung im Fahrzeug liefert Bauraum für den zusätzlichen Getriebeöl-Wasserwärmetauscher.



**Abb. 10: Kompakt-F-Generator der neuen BMW-V-Motoren**

Durch den Einsatz des elektrisch heizbaren Katalysators der Fa. Emitec mit einem elektrischen Leistungsbedarf von 2,4 kW für ca. 30 sek mußte das Fahrzeugbordnetz angepaßt werden. Für den BMW 750i wurde dazu ein Zwei-Batteriensystem gewählt. Es besteht aus der Hochstrombatterie, aus der die E-Kats und der Generator versorgt werden, und aus der Fahrzeugbatterie für die übrigen elektrischen Verbraucher. Während des E-Kat-Betriebs wird die stromabgebende Batterie vom Fahrzeugbordnetz getrennt. Dadurch werden Rückwirkungen auf das Fahrzeugbordnetz in dieser Phase verhindert, d.h. die Spannung im Fahrzeug für alle anderen elektronischen und elektrischen Komponenten bleibt stabil.

Nach Abschaltung der E-Kats wird über einen elektronischen Trennschalter die Hochstrombatterie zum Laden mit dem Bordnetz verbunden. Dieser Trennschalter stellt durch Taktung des Ladestroms die Spannungslage im Fahrzeug sicher und verhindert eine Entladung der Hochstrombatterie durch andere Bordnetzverbraucher. Der Trennschalter ist im Stillstand des Motors ebenfalls geöffnet. Da die Hochstrombatterie bei stehendem Motor nicht durch andere elektrische Verbraucher entladen werden kann, wird mit diesem System auch die Startersicherheit des Fahrzeugs deutlich verbessert (**Abb. 11**).

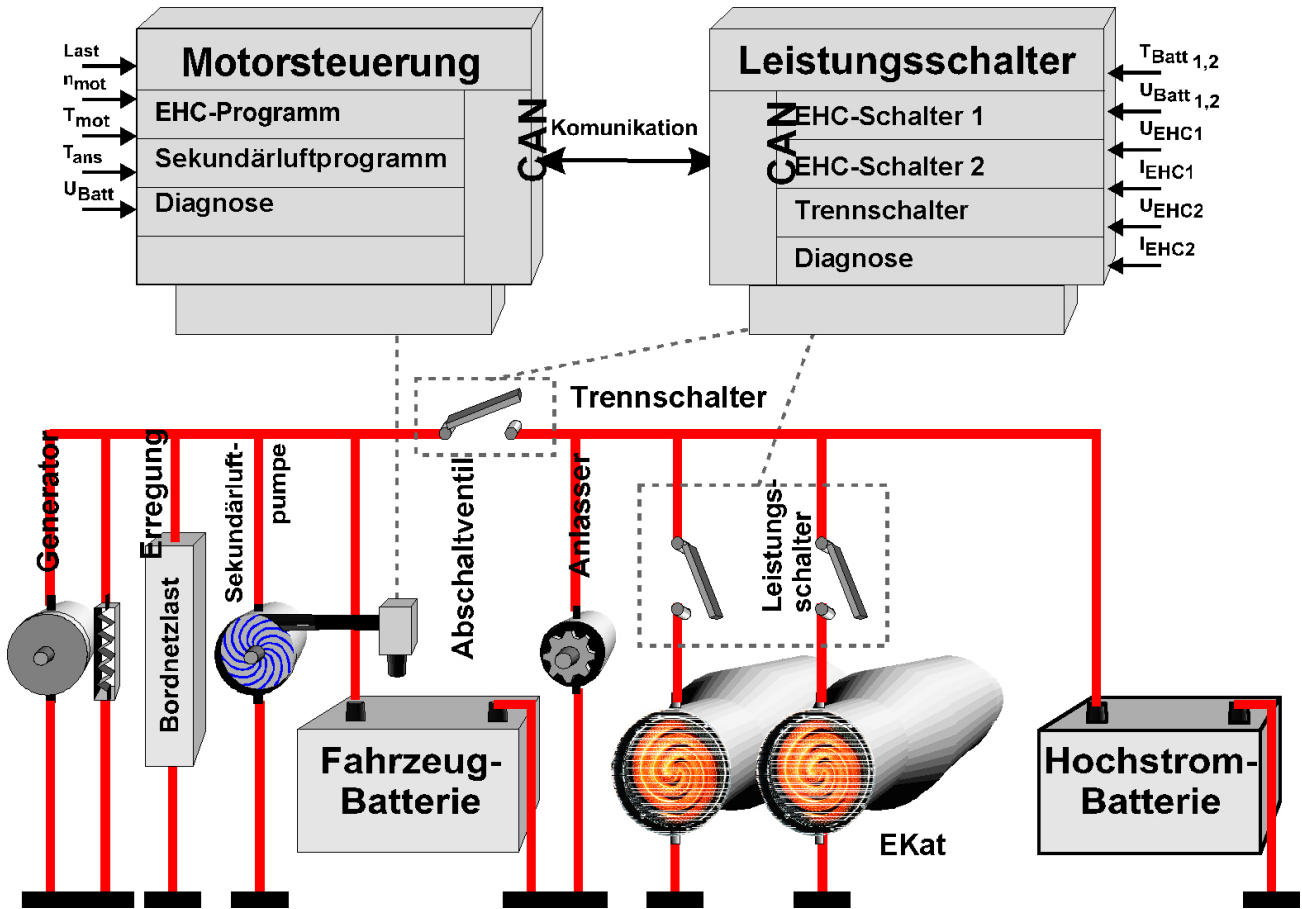


Abb. 11: Bordnetz mit E-Kat

### 3. Funktionale Auslegung

Nach der kurzen Darstellung der konstruktiven Änderungen der beiden BMW V-Motorbaureihen werden im folgenden die funktionalen Eigenschaften der Motoren vorgestellt. Viele dieser Eigenschaften werden nicht nur durch auffällige konstruktive Änderungen, sondern oft wesentlich durch die vielen kleinen Optimierungsschritte im Detail erreicht. Das Gesamtergebnis einer solchen Überarbeitung inkl. der Detailoptimierungen wird durch die Funktionsergebnisse beschrieben.

### 3.1 Vollast und Fahrleistungen

Die Entwicklungsziele beinhalteten eine Leistungs- und Drehmomentanhebung des V8-3,5l-Motors und eine Drehmomentanhebung des V8-4,4l-Motors unter Beibehaltung der Nennleistung. Der V12-Motor sollte hinsichtlich der Vollastwerte unverändert bleiben. Die Zielsetzungen der V8-Motoren wurden durch die Möglichkeiten der Einlaßspreizungsverstellung und weitere Detailoptimierungen erreicht. Die Typprüfcurven im Vergleich mit den Vorgängermotoren zeigt Abb. 12 und die Nenndaten sowie die Fahrleistungen jeweils eines Modells sind in der **Abb. 13** aufgelistet.



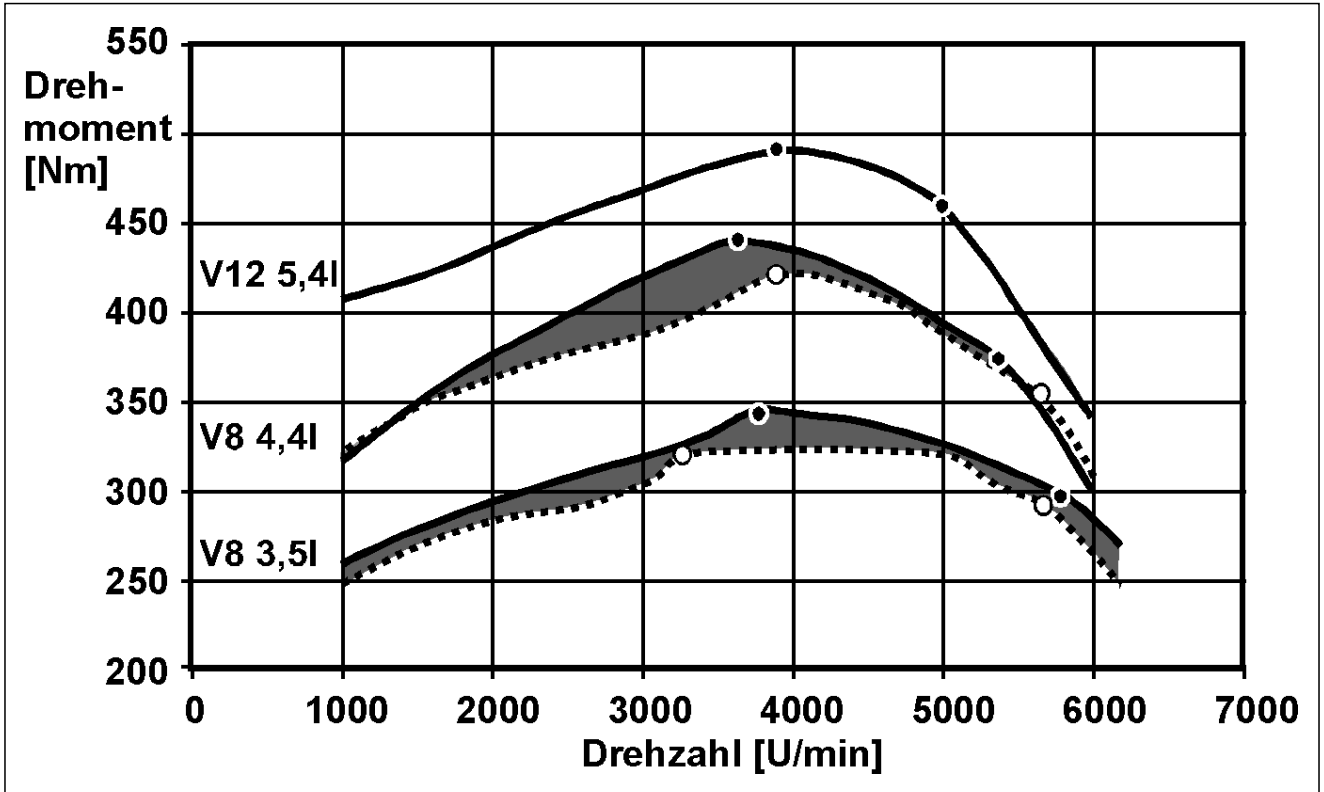


Abb. 12: Vollast Typprüfcurven der BMWV-Motoren im Vergleich mit den Vorgängermodellen

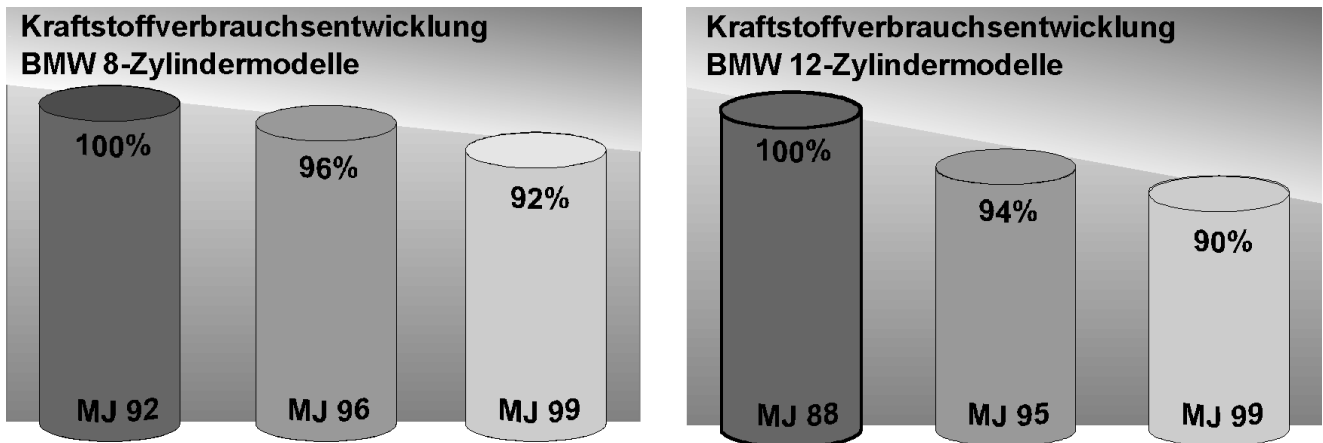
Fahrzeug		535i	535iA	540i	540iA	750i
<b>Getriebe</b>		H5	A5	H5	A5	A5
max. Leistung bei Drehzahl	kW 1/min	180 5800		210 5400		240 5000
max. Drehmoment bei Drehzahl	Nm 1/min	345 3800		440 3600		490 3900
Max. spezifische Arbeit	$\text{kJ/dm}^3$	1,24		1,26		1,14
Höchstdrehzahl	1/min	6200		6100		6000
Leerlaufdrehzahl	1/min	550		550		530
<b>Fahrleistungen</b>						
Höchstgeschwindigkeit	km/h	247		(250)*		(250)*
Beschleunigung						
0 - 100km/h	s	6,9	7,6	6,2	6,4	6,8
0 - 1000 m	s	27,1	28,1	25,9	26,3	26,7
80 - 120 km/h im 4. Gang	s	7,4		6,2	-	-
*abgeregelt						

Abb. 13: Nenndaten und Fahrleistungen der BMW-Modelle mit V8- und V12-Motoren

### 3.2 Kraftstoffverbrauch

Die ständige Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der BMW Antriebe durch Senkung des Kraftstoffverbrauchs ist bei jeder Überarbeitung ein primäres Ziel. Durch konsequente Weiterentwicklung und

Detailoptimierung konnten seit Einführung der V-Motoren in Summe deutliche Kraftstoffverbrauchsminderungen erreicht werden (**Abb. 14**)



**Abb. 14: Kraftstoffverbrauchsminderung der BMW-Motoren**

Der bei BMW weltweit erstmalige Serieneinsatz des Kompakt-F-Generators führt durch den erhöhten Wirkungsgrad und durch den Entfall der Antriebsleistung für den Generatorlüfter zu einer spürbaren Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs insbesondere im Kundenverbrauch.

Der Warmlauf des Automatikgetriebes beim V8- und V12-Motor wird durch den oben beschriebenen Getriebeöl-Wasserwärmetauscher verkürzt. Dadurch wird im Kurzstreckenbetrieb und im Testzyklus ein positiver Effekt von bis zu 1,5% Verbrauchsminderung erzielt.

Beim V8-Motor werden durch die Nockenwellenverstellung die Ladungswechselverluste reduziert, da die interne Abgasrückführung in der Teillast zu geringerer Motordrosselung führt. Dadurch sind im Testzyklus ca. 2% Verbrauchsminderung erzielt worden. Die Leerlaufdrehzahl des V12-Motors wurde nochmals von 550 auf 530 U/min

abgesenkt, wodurch sich der Gemischdurchsatz im Leerlauf reduziert. Die motorbetriebspunktabhängige Regelung der Kühlmitteltemperatur, mit der Möglichkeit die Temperatur im Teillastbereich auf 110°C anzuheben, führt hier zu einer zusätzlichen Reibungsreduzierung von bis zu 1,5%.

Alle V-Motoren werden mit niedrigviskosen Synthetikölen (5W30) befüllt, um zum einen die Wartungsintervalle zu vergrößern und zum anderen den Kraftstoffverbrauch nochmals zu reduzieren. Der Vergleich mit dem Wettbewerbsumfeld der V8- und V12-Motoren inkl. der Sportwagenhersteller zeigt, daß es für BMW in diesem Segment nicht vorrangiges Ziel war, spezifische Leistungs- und Drehmomentsteigerung zu realisieren, sondern eine wirtschaftliche und komfortable Motorisierung für die Luxusklasse mit ausreichenden Fahrleistungsreserven anzubieten (**Abb. 15**).

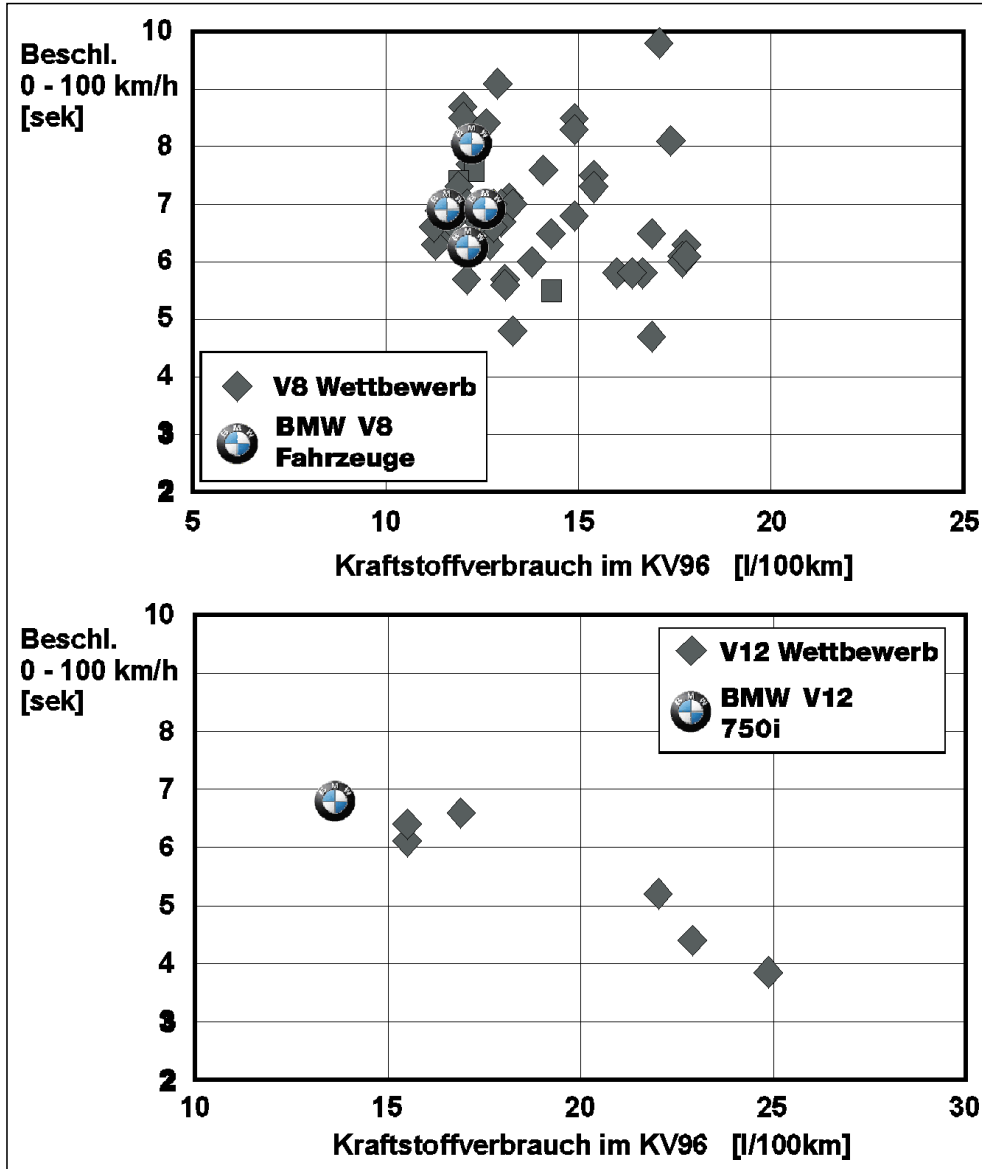


Abb. 15: Kraftstoffverbrauch der BMWV-Motoren im Wettbewerbsumfeld

### 3.3 Abgasemission

Die Reduzierung der Abgasemissionen um eine weitere gesetzlich vorgeschriebene Stufe bedeutet in der Regel eine nochmalige Absenkung um die Hälfte oder sogar mehr. Bei heute schon erreichten Gesamtkonvertierungsraten von ca. 98% bedeutet das, daß Technologiesprünge in der Abgasnachbehandlungstechnik erforderlich werden. Dabei nähern sich die Gesamtkonvertierungsraten dem überhaupt technisch erreichbaren Grenzwert von mehr als 99% an, so daß der Senkung der Motorrohmissionen eine entscheidende Bedeutung zukommen wird.

Zur Senkung der Rohemissionen werden bei BMW Detailoptimierungen insbesondere bei den Motorsteuerungsfunktionen vorgenommen, die immer umfangreichere Berechnungsmodelle und Regelstrategien enthalten. Mittels der variablen Einlaßnockenwellenverstellung lassen sich unter stationären Bedingungen NOx Rohemissionsabsenkungen von bis zu 50% und HC-Rohemissionsabsenkungen von bis zu 10% durch interne Abgasrückführung erreichen. Im Motorwarmlauf ist mit der Nockenwellenphasenverstellung ein weiterer Freiheitsgrad vorhanden, um die Abgastemperatur zu steigern, die den Kataly-

sator schneller anspringen läßt. Instationäreffekte mit HC-Spitzen können in der ersten Phase des Motorwarmlaufs ebenfalls gemildert werden, indem durch hohen Restgasgehalt der Saugrohrdruck angehoben wird und die Laständerungen über Zündwinkel- und Nockenwellenphasenverstellung ausgeführt werden. Die Änderung des Saugrohrdrucks ist hierbei gering, so daß die Wandfilmeffekte und HC-Peaks minimiert werden können. Weiterhin wird durch das Rückströmen von heißem Restgas auf die Saugseite die Kraftstoffaufbereitung, insbesondere nach Motor Kaltstart, drastisch verbessert, so daß die HC-Emissionen in dieser entschei-

denden Phase, in der das Katalysatorsystem noch nicht voll betriebsbereit ist, deutlich reduziert werden können. Die Abgastemperaturverläufe des V8-Motors zeigen, daß die Vorkatalysatoren je nach Testzyklus nach 10 bis 20 Sekunden anspringen (Abb. 16). Das schnelle Anspringen wird zum einen durch die zuvor beschriebene Abgastemperatursteigerung der Warmlaufstrategie, und zum anderen durch die vorgezogene Lage des Katalysatorteilvolumens und Sekundärlufteinblasung erreicht. Die Abgastestergebnisse für frische und gealterte Katalysatoren zeigen die sichere Einhaltung der EU III und USA-LEV Grenzwerte (Abb. 17 und 18).

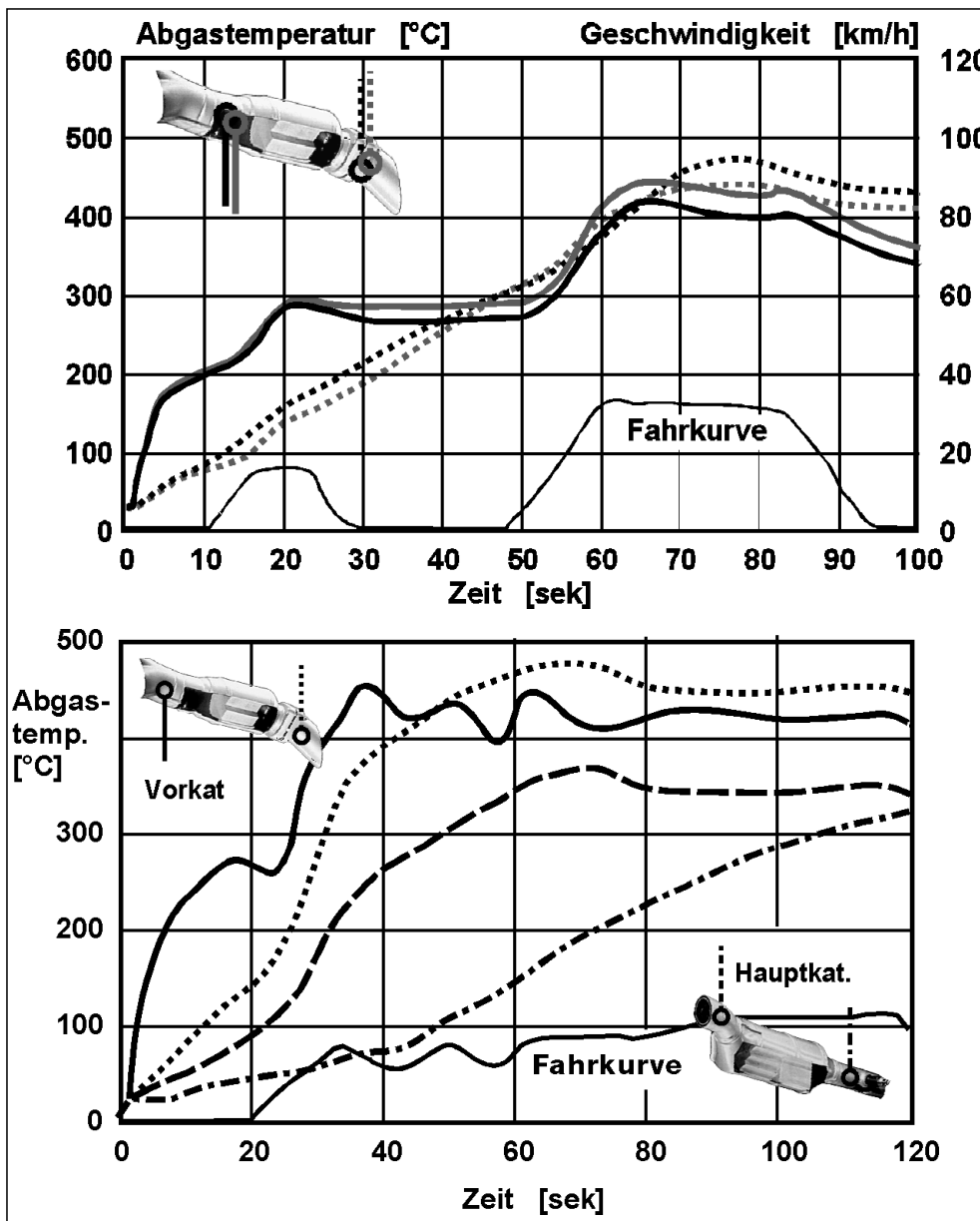
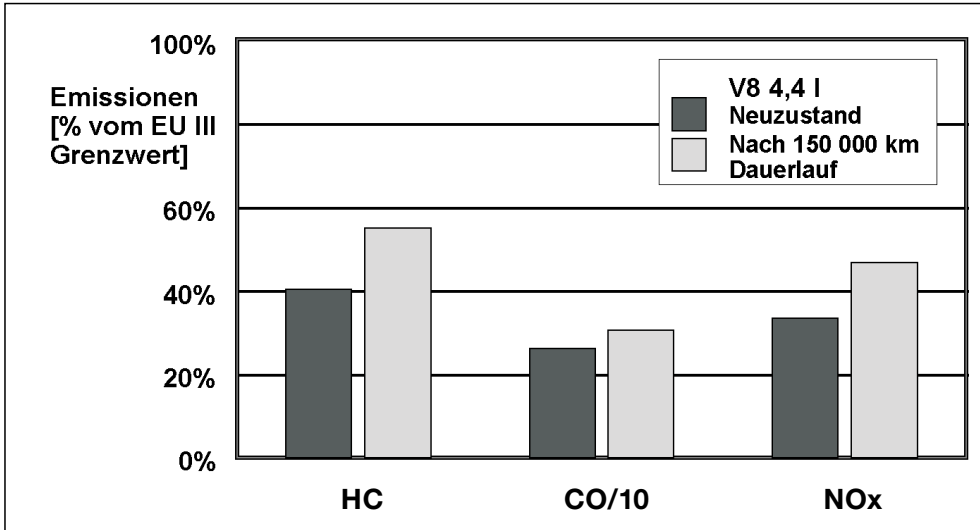
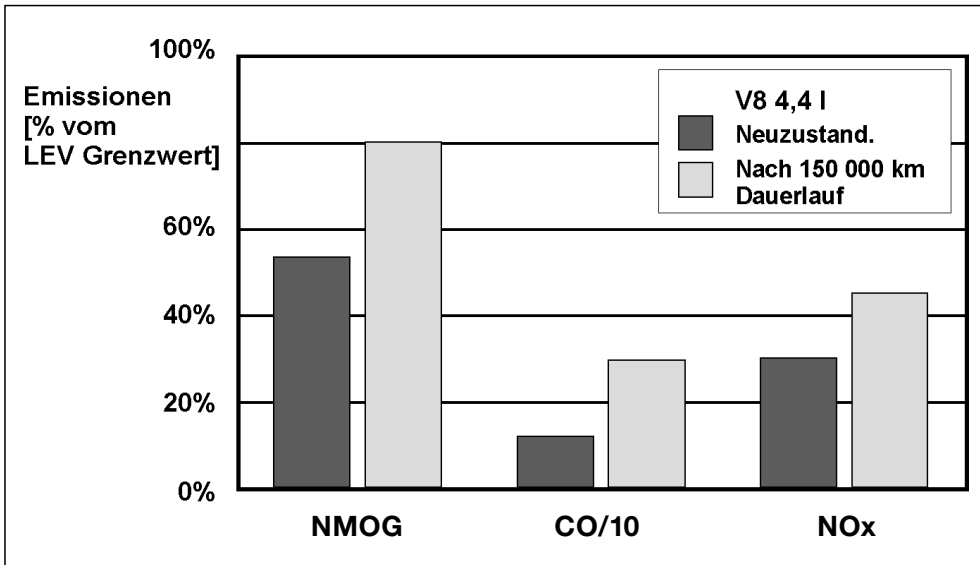


Abb. 16: Abgastemperaturen des BMW V8-Motors mit 4,4l Hubraum



**Abb. 17:**  
MVEG-III Abgastest-  
ergebnisse des BMW  
V8-Motors mit 4,4l  
Hubraum



**Abb. 18:**  
FTP-75 Abgastest-  
ergebnisse des BMW  
V8-Motors mit 4,4l  
Hubraum

Der Einsatz von motornahen Vorkatalysatoren erfordert beim V12-Motor aus Drehmomentgründen ein vierflutiges System mit hohen Package- und Aufwandsanforderungen. Daher wird beim V12-Motor eine neue Abgastechnologie weltweit erstmals eingesetzt. Es ist die weiter oben beschriebene Kombination aus einem integralbeschichteten HC-Adsorber, elektrisch beheizbarem Katalysator, nachfolgendem Hauptkatalysator und Sekundärlufteinblasung. Integralbe-

schichtung heißt, daß auf diesem Katalysatorträger neben der Beschichtung mit einer Zeolithmischung für die Adsorptions- und Desorbtionseigenschaft auch eine 3-Wege-Katalysatorbeschichtung aufgetragen ist. Damit wird nach und schon während der Desorbtionsphase dieses Volumen als Katalysator genutzt. Ähnlich verhält es sich mit dem elektrisch heizbaren Katalysator, dessen Heißeicheibe und Stützkatalysator ebenfalls katalytisch beschichtet ist.

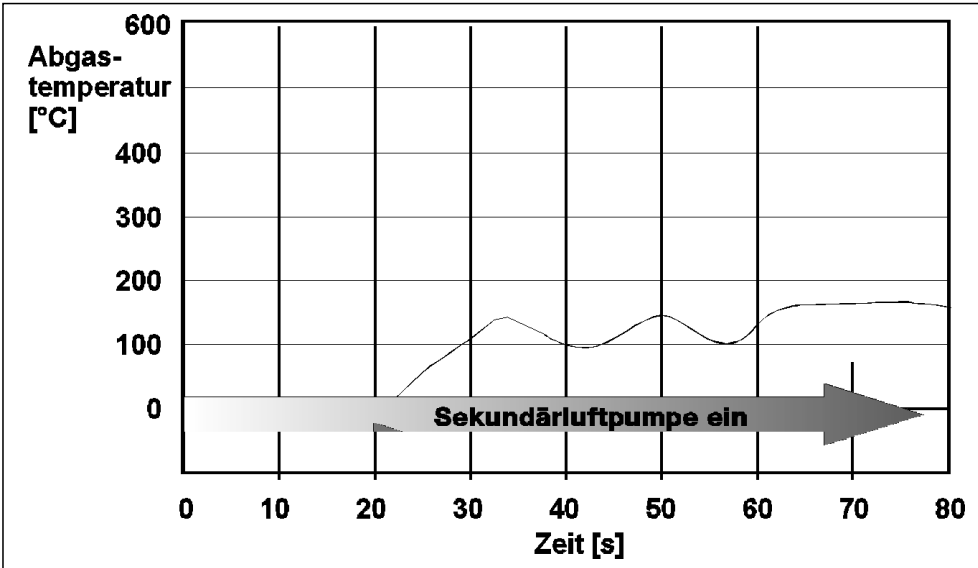


Abb. 19: Abgastemperaturen am Katalysatorsystem des BMWV12-Motors

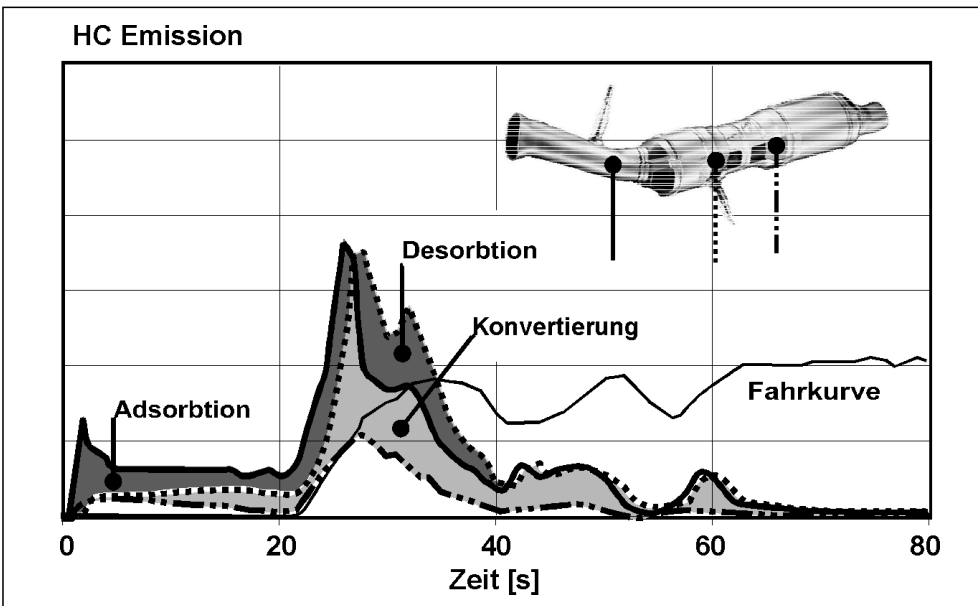


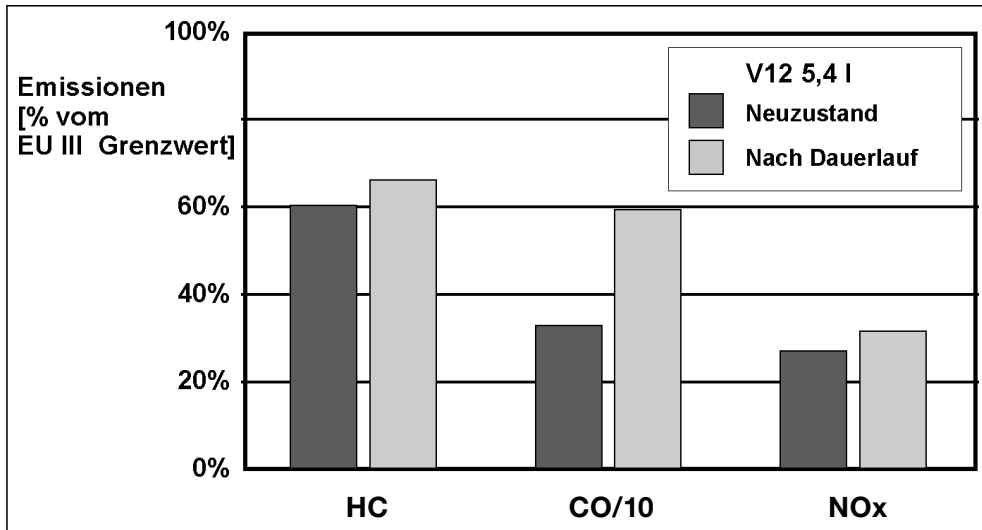
Abb.20: HC-Emissionen am Katalysatorsystem des BMWV12-Motors

Die Funktionen dieses Systems zeigen die folgenden zwei Abbildungen. In Abb. 19 sind die Abgastemperaturen und in Abb.20 die Emissionen aufgetragen. Bei noch „kaltem“ Adsorbteile werden ca. 60% der HC-Emissionen des Motors an die Zeolithen angelagert, d.h. adsorbiert. In dieser Phase wird die Heizscheibe des E-Kats mit einer Leistung von ca 1,2 kW pro Abgasstrang beheizt und erreicht nach ca. 30 sek die Betriebstemperatur. Durch die Erwärmung des Adsorbteiles und die HC-Konzentrationsminderung im Abgasstrom wird die Desorbitionsphase eingeleitet. Die freiwerdenden HC-

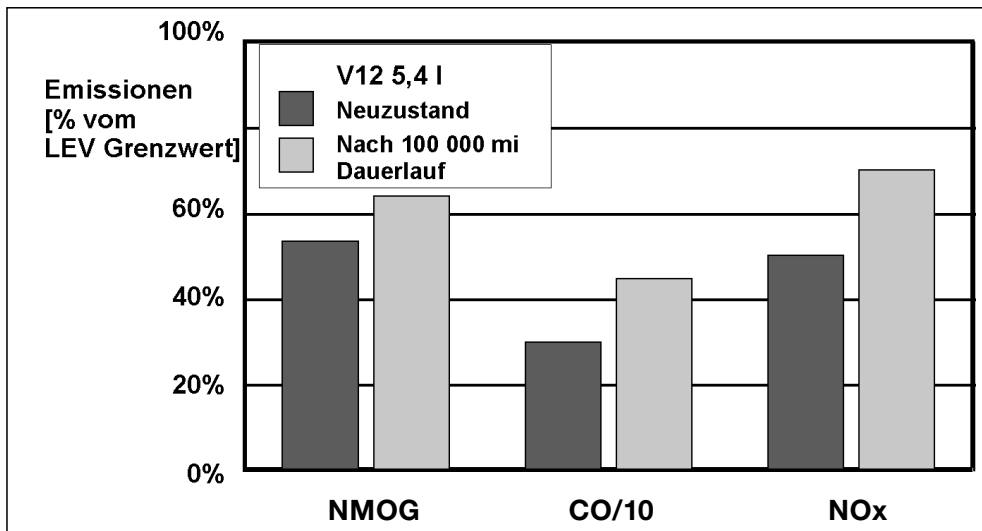
Teilchen gelangen zu der jetzt schon betriebsbereiten E-Kat-Heizscheibe, wo sie mit Sauerstoff aus der zugeführten Sekundärluft oxidiert werden. Die Reaktionswärme heizt den nachfolgenden Stützkatalysator und letztendlich auch den Hauptkatalysator auf. Die Emissionsergebnisse mit diesem System zeigen das hohe Potential dieser Abgasnachbehandlungstechnik (Abb. 21 und 22). In Abhängigkeit von der Konfiguration des Systems mit den Parametern E-Kat-Heizleistung, Adsorbervolumen und Art der Beschichtung können die HC-Emissionen reduziert werden. Die Grenze ist durch den Bau-

raum für dieses System und durch die Auslegung des Fahrzeugbordnetzes zur Bereitstellung der elektrischen Heizleistung vorgegeben. Durch Anpassung der Parameter besteht das Potential, weitere Emissionsstufen mit kontinuierlicher Weiterentwicklung der katalytischen

Beschichtung- und Adsorbertechnologie zu erreichen. Der Einsatz des HC-Adsorbers in Kombination mit einem E-Kat ist die konsequente Weiterentwicklung des seit Anfang 1996 erfolgreich eingesetzten E-Kat Konzepts im BMW Alpina B12 Switchtronic.



**Abb. 21:**  
MVEG-III Emissionstestergebnisse des BMWV12-Motors

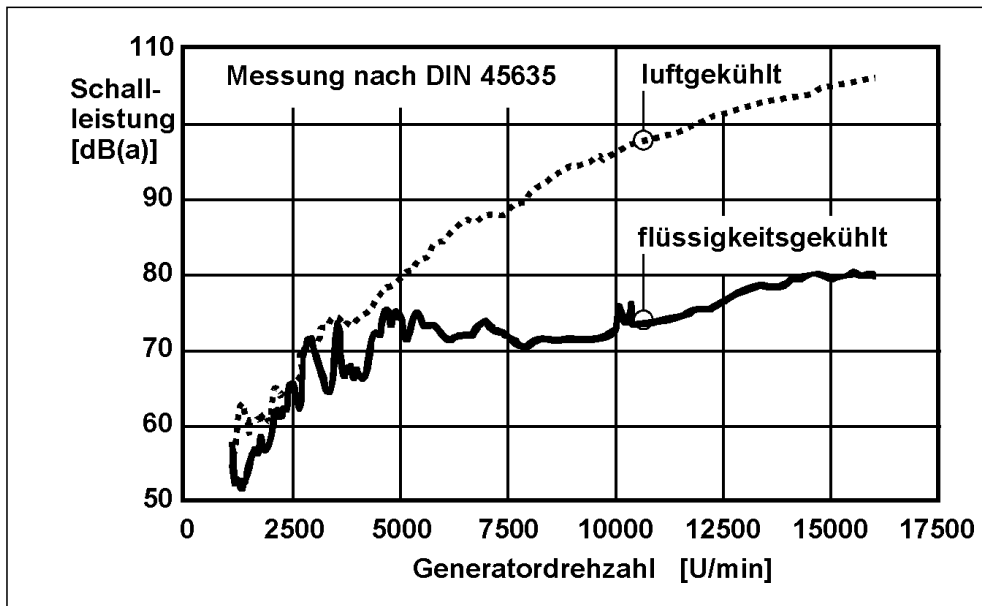


**Abb. 22:**  
FTP-75 Emissionstestergebnisse des BMWV12-Motors

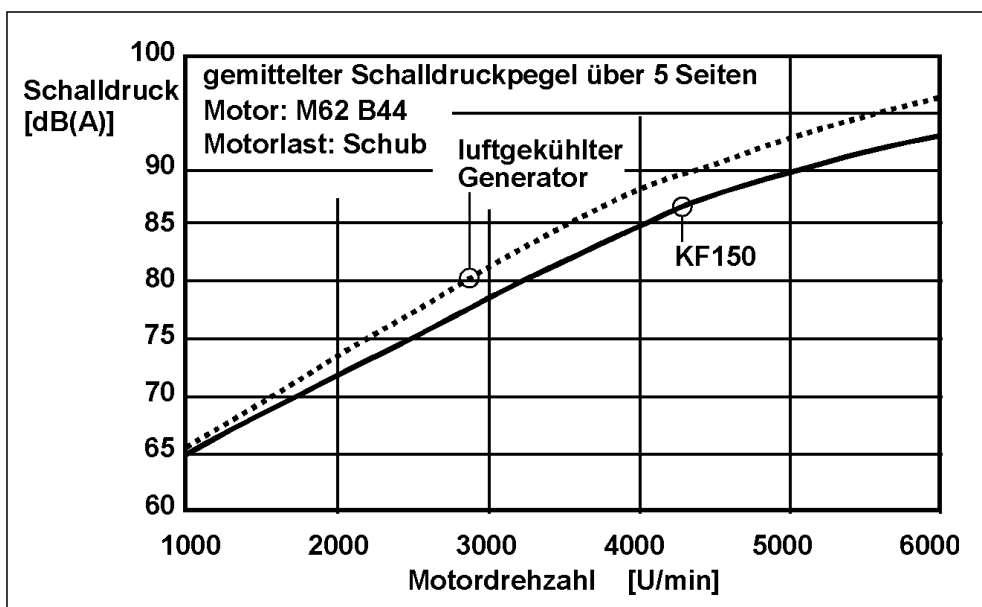
### 3.4 Akustik und Komfort

Die schon hervorragenden akustischen Eigenschaften der BMWV-Motoren konnten nochmals gesteigert werden. Den dominanten Beitrag zu diesem Ergebnis lieferte der neue flüssigkeitsgekühlte Generator durch den prinzipbedingten Entfall des Generatorgebäuses (**Abb. 23**). Der Vergleich mit der luftgekühlten Variante zeigt einen Geräuschvorteil von bis zu 20 dB(A). Durch die schleifringslose Konstruktion und durch die vergleichmäßigte Bauteil-

temperatur konnte zudem die Zuverlässigkeit des Generators um 50% gesteigert werden. Durch die variable Einlaßnockenwellenverstellung ist es beim V8-Motor nochmals gelungen die Leerlaufqualität und damit den Komfort spürbar zu steigern. Die Versteifung der Sauganlage liefert ebenfalls einen Beitrag zur akustischen Verbesserung des Gesamtmotors. Die in Summe erreichte Verbesserung von bis zu 3 dB(A) zeigt **Abb. 24**.



**Abb. 23:** Akustik des flüssigkeitsgekühlten Generators im Vergleich zur luftgekühlten Variante



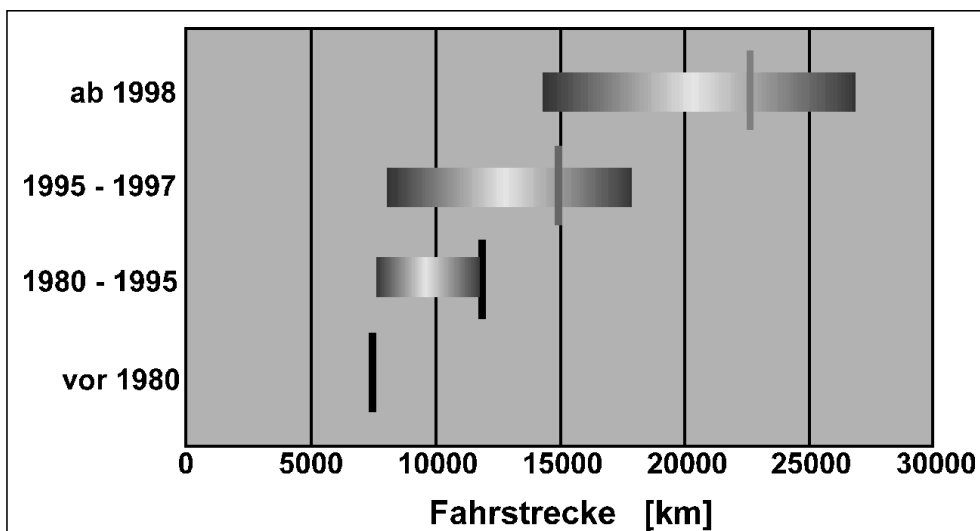
**Abb. 24:** Akustik des V8 Gesamtmotors im Vergleich zum Vorgänger



### 3.5 Wartungsintervalle

Bereits seit Anfang der 80er Jahre setzt BMW ein elektronisches System zur Bestimmung individueller Wartungsintervalle ein, die Service-Intervall-Anzeige (SIA). In Verbindung mit niedrig viskosen Motorölen (BMW LongLife-Ölliste) werden durchschnittliche Ölwechselintervalle von über 20.000 km ermöglicht (**Abb. 25**). Bei schonender Betriebsweise können sogar deutlich über 25.000 km erreicht werden. Auch Wenigfahrer können von den Neuerungen profitieren, da der zeitliche Abstand zwischen den Ölwechseln auf bis zu 2 Jahren verlängert wurde.

Die Abfolge der Wartungen mit Ölwechseln und Inspektionen wird beibehalten, so daß auch der Zeitraum für alle weiteren Wartungsumfänge verlängert wurde. Die Zündkerzen müssen sogar nur bei jeder 2. Inspektion erneuert werden (durchschnittlich ca. 90.000 km). Eine neuartige „Multifunktionszündkerze“ mit 4 Massen- und Platin-Mittelelektrode stellt nach dem Gleitfunkenprinzip eine Selbstreinigungswirkung und geringen Elektrodenabbrand sicher. Gegenüber dem Vorgängermodell ergibt sich für den Kunden insgesamt eine Reduzierung der Wartungskosten um ca. 40%.



**Abb. 25:**  
Entwicklung der BMW  
Wartungsintervalle

### 4. Motorsteuerung

Das Hardwarekonzept der Motorsteuerung, die Bosch ME7.2, stellte eine konsequente Weiterentwicklung der in der Bosch M5.x-Generation verwendeten Prinzipien dar.

Das Prozessorsystem besteht aus 2 identischen Prozessoren vom Typ 80C167. Das Steuergerät kann onboard programmiert werden, damit ein Programm- oder Datenupdate ohne Austausch des Steuergerätes durchgeführt werden kann.

Der Co-Prozessor dient als intelligente Porterweiterung und übernimmt zusätz-

lich die Funktion eines Watchdogs. Beide Prozessoren sind über eine serielle Schnittstelle gekoppelt. Durch die geeignete Spezifikation des Übertragungsprotokolles ist eine einfache Erweiterung der Funktionen gegeben, so daß zusätzliche Ein- oder Ausgänge einfach zu realisieren sind. Aufgrund der Auslegung der Ports des 80C167 sind keine aufwendigen Eingangsbeschaltungen mehr nötig.

Die Funktionen werden statt in Assembler in Hochsprache (C) kodiert. In Verbindung mit einer standardisierten

Dokumentation der Funktionalitäten (ASCET-RS) erlaubt dies strukturierte Programmblöcke.

Das Hauptmerkmal der ME7.2 ist die Integration der EML (Elektronische Motorleistungsregelung). Der von einem Sensor ermittelte Fahrerwunsch dient als Eingangsgröße für die Motorsteuerungsfunktionen. Die Öffnung der Drosselklappe über den elektromotorisch betriebenen Drosselklappensteller wird anschließend durch die Motorsteuerung auf den Betriebspunkt des Motors hin optimiert. Der Fahrerwunsch wird von der Motorsteuerung als Momentenanforderung auf physikalischer Basis interpretiert. Aus dem Fahrerwunsch und weiteren Momentenanforderungen, wie beispielsweise des integrierten Geschwindigkeitsreglers (FGR), des dynamischen Fahrstabilitätsreglers (ASC, DSC) usw., wird in einem Drehmomentkoordinator des Motorsollmoment ermittelt und über die Stellgrößen Drosselklappenwinkel (Luftmasse), Zündwinkel und Luft-Kraftstoffverhältnis eingestellt. Durch die direkte Beeinflussung der Motorleistung über den Luftpfad können längere Regeleingriffe des ASC oder

DSC über die CAN Drehmomentschnittstelle harmonisch ausgeführt werden. Andere Funktionen werden über eine Wirkungsgradanforderung realisiert. Als Beispiel sei hier die Katalysator-Heizfunktion nach Motorkaltstart genannt, die eine Wirkungsgradverschlechterung anfordert, und die über eine Zündwinkelspätverstellung umgesetzt wird. Diese Zündwinkelverstellung führt über den Drehmomentkoordinator zu einer gleichzeitigen Füllungserhöhung. In Kombination wird die gewünschte Erhöhung der Abgastemperatur (Wirkungsgradverschlechterung) erreicht.

Der neue Ansatz einer modularen, klaren, entkoppelten Funktionsstruktur in der Motorsteuerung werden alle Anforderungen, die sich als Drehmoment oder Wirkungsgrad definieren lassen, auf Basis dieser physikalischer Größen definiert und koordiniert. Die Vorteile sind einfache Ergänzungsmöglichkeiten für neue Funktionen, eine vereinfachte Applikation der Momentenkoordinationsfunktionen und eine gesteigerte Genauigkeit der Umsetzung von externen Momentenanforderungen.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellten Motorüberarbeitungen orientieren sich am Kundennutzen und an weltweit gesetzlichen Emissionsanforderungen, die mit diesen neuen Antrieben vorzeitig erfüllt werden. Die dargestellte Drehmomentcharakteristik,

die herausragende Wirtschaftlichkeit und der Komfortmaßstab der neuen V-Motor-Antriebe perfektionieren die BMW-typische „Freude am (umweltfreundlichen) Fahren“ in der Ober- und Luxusklasse.

## 6. Literatur

- [1] ADOLF FISCHER, GEORG GAEDE, BURKHARD GÖSCHEL, HELMUT SCHLOTT UND JENSTISCHER  
Der neue BMW-12-Zylindermotor mit 5l Hubraum, Teil 1  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 48 (1987), Heft 9.
- [2] ADOLF FISCHER, GEORG GAEDE, BURKHARD GÖSCHEL, HELMUT SCHLOTT UND JENSTISCHER  
Der neue BMW-12-Zylindermotor mit 5l Hubraum, Teil 2  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 48 (1987), Heft 10.
- [3] BAUR, R.; BROX, W.; FISCHER, A.; HOFMANN, R.; LEMBERGER, H.; STÄDTER, J.  
BMWV-Motoren,  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 57 (1996) 7/8 S.86.
- [4] BAUER, R.; BROX, W.; FISCHER, A.; HOFMANN, R.; LEMBERGER, H.  
BMWV8-Motoren; Steigerung von Umweltverträglichkeit und Kundennutzen  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 57 (1969) Nr. 2., S: 86-95.
- [5] ALBRECHT, F; BRAUN, H.S.; KRAUß, M.; MEISBERGER, D.: „BMW Sechszylinder Technik für TLEV- und OBD II-Anforderungen in den USA“  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 57 (1996) Nr. 10, S. 552-557.
- [6] BOVENSIEPEN, B.; MAUS, W.; LIEBL, J.:  
Elektrisch heizbarer Katalysator (E-Kat) im BMW Alpina B12 5,7 Switch-Tronic  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 57 (1996) Nr. 7/8, S. 378 - 384.
- [7] OTTO, E.; HELD, W.; DONNERSTAG, P.; PFALZGRAF, B.; WIRTH, A.:  
Die Systementwicklung des elektrisch heizbaren Katalysators – E-Kat – für die LEV/ULEV- und EU III-Gesetzgebung  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 56 (1995) Nr. 9, S. 488-498.
- [8] KRAUSSE, W  
Der X-Kolben als neue Bauteil Ausführung in BMW Motoren  
MTZ Motortechnische Zeitschrift 51 (1990) Nr. 10, S. 420.
- [9] SAUR, R.; LEU, P.; LEMBERGER, H.; HUEMER, G.  
Kennfeldgesteuertes Temperaturregelsystem für Motorkühlkreisläufe  
ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 7/96, S 424.

## Inhaltsverzeichnis

1	ENTWICKLUNGSZIELE	2	3.1	Vollast und Fahrleistungen	10
2	KONSTRUKTIVE GESTALTUNG	2	3.2	Kraftstoffverbrauch	12
2.1	Kurbelgehäuse und Triebwerk	5	3.3	Abgasemission	13
2.2	Zylinderkopf	5	3.4	Akustik und Komfort	18
2.3	Ansaugsystem	6	3.5	Wartungsintervalle	19
2.4	Abgasanlage	6	4	MOTORSTEUERUNG	20
2.5	Kühlsystem	8	4	ZUSAMMENFASSUNG UND	
2.6	Elektrik	8		AUSBLICK	21
3	FUNKTIONALE AUSLEGUNG	10	5	LITERATUR	21

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	BMWV12- und V8-Motor	Abb. 15:	Kraftstoffverbrauch der BMWV-Motoren im Wettbewerbsumfeld
Abb. 2:	Längs und Querschnitt des BMWV12-Motors	Abb. 16:	Abgastemperaturen des BMW V8-Motors mit 4,4l Hubraum
Abb. 3:	Kettentrieb des BMWV8-Motors	Abb. 17:	MVEG-III Abgastestergebnisse des BMWV8-Motors mit 4,4l Hubraum
Abb. 4:	Hauptabmessungen und technische Daten der neuen BMWV-Motoren	Abb. 18:	FTP-75 Abgastestergebnisse des BMWV8-Motors mit 4,4l Hubraum
Abb. 5:	Integration des Kompakt-F-Generators in den Grundmotor der neuen BMWV-Motoren	Abb. 19:	Abgastemperaturen am Katalysatorsystem des BMWV12-Motors
Abb. 6:	Nockenwellenverstellungssystem des V8-Motors	Abb. 20:	HC-Emissionen am Katalysatorsystem des BMWV12-Motors
Abb. 7:	Vorkatalysator des BMWV8-Motors	Abb. 21:	MVEG-III Emissionstestergebnisse des BMWV12-Motors
Abb. 8:	Adsorber, E-Kat Kombination des BMWV12-Motors	Abb. 22:	FTP-75 Emissionstestergebnisse des BMWV12-Motors
Abb. 9:	Prinzip des Getriebeöl-Wasserwärmetauschers	Abb. 23:	Akustik des flüssigkeitsgekühlten Generators im Vergleich zur luftgekühlten Variante
Abb. 10:	Kompakt-F-Generator der neuen BMW-V-Motoren	Abb. 24:	Akustik des V8-Gesamtmotors im Vergleich zum Vorgänger
Abb. 11:	Bordnetz mit E-Kat	Abb. 25:	Entwicklung der BMW Wartungsintervalle
Abb. 12:	Vollast Typprüfkurven der BMW V-Motoren im Vergleich mit den Vorgängermodellen		
Abb. 13:	Nennwerten und Fahrleistungen der BMW-Modelle mit V8- und V12-Motoren (Tabelle)		
Abb. 14:	Kraftstoffverbrauchminderung der BMWV-Motoren		