

**Die Zukunft
zeigt ihre Kräfte:**

**BMW Triebwerks-
Technik.**





Die Produktivität eines Automobils ist der Maßstab für seine Zukunftssicherheit.

Der Verkehr stellt beim Autofahren an das Mensch-/Maschine-System eine Summe von Anforderungen. Was die Technik davon nicht leisten kann, muß der Fahrer übernehmen – sozusagen auf seine eigenen Kosten. Und die daraus resultierende kräftesparende Belastung von Physis und Psyche des Fahrers macht schnell klar, wie wenig es einbringt, ein zu „unproduktives“ Automobil zu kaufen – ein Fahrzeug also, das zu wenig zur gemeinsamen Leistung beiträgt.

Größere Produktivität heißt aber auch, mehr zu leisten, ohne mehr zu verbrauchen.

BMW Automobile sind immer so konstruiert, daß sie ihren Fahrer möglichst weitgehend unterstützen. Daß sie ihm aufgrund ihrer hochwertigen Technik Souveränität im Verkehr leichtmachen.

Diese hochwertige Technik sichert zugleich die besondere Wirtschaftlichkeit eines BMW. Das BMW Prinzip heißt hier: die Ansprüche des Fahrers so umfassend wie möglich erfüllen, die des Automobils so klein wie möglich halten.

BMW – das heißt Intelligenz und Disziplin im Umgang mit der Energie.

BMW Triebwerke bieten die für den Verkehr notwendige vitale Beweglich-

keit auf eine außerordentlich wirtschaftliche Weise.

So gesehen ist jeder BMW ein Automobil von Technikern für „Kaufleute“. Schließlich hat Ingenieurkunst hier verwirklicht, was in der Volkswirtschaft auch als das dritte ökonomische Prinzip bekannt ist: mit dem geringstmöglichen Aufwand den größtmöglichen Erfolg erzielen.

Energiebewußtsein hat bei BMW nicht nur eine große Zukunft. Sondern auch eine lange Vergangenheit.

Am 27. 4. 1979 haben die Vertreter der deutschen Automobilindustrie dem Bundeswirtschaftsministerium zugesagt, bis spätestens 1985 den durchschnittlichen Verbrauch der in Deutschland produzierten Pkw um 10–12% zu senken. Ab Herbst 1979 wird das BMW Modellprogramm im Durchschnitt aller Modelle gut 7% weniger Kraftstoff verbrauchen als das vergleichbare des Vorjahres*.

Selbst wenn – selbstverständlich auch stark abhängig vom persönlichen Fahrstil – im Stadtverkehr und auf belasteten Bundesstraßen und Autobahnen mehr verbraucht wird, ergibt sich im Durchschnitt bei je einem Drittel Anteil der Verbrauchswerte für Stadtverkehr, Landstraße und Autobahn eine Verbrauchsminderung von 7,3%. Berücksichtigt man weiterhin den Einfluß des als Sonderausstattung verfügbaren 5-Gang-Getriebes mit Schongang-Charakteristik, so wird unter gleichen Bedingungen sogar eine Einsparung von über 10,5% möglich.

Diese Tatsache ist das Ergebnis einer dauernden Verfeinerung der hochentwickelten BMW Triebwerks-Technik – entsprechend der BMW Philosophie, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren und durch einen disziplinierten Umgang mit Material und Energie aus weniger mehr zu machen.

So haben wir einen BMW immer kompakter als vergleichbare Automobile seiner Klasse gestaltet – nie so eindrucksvoll wie möglich, sondern immer sachlich und zweckmäßig. Und wir haben uns auch schon vor rund 20 Jahren auf zeitgemäße, sinnvolle Hubräume und eine vernünftige Anzahl von Zylindern beschränkt. Selbst damals schon, als Hubräume amerikanischer Dimensionen noch das absolute Maß für Exklusivität bedeuteten.

So vertreten wir heute selbst für höchste Ansprüche an Komfort, Kultur und Sicherheit das zukunftsorientierte Konzept des Reihen-6-Zylinders mit zeitgerechten Hubräumen. Und wir ergänzen und steigern diese äußerst aktuelle, wirtschaftliche Form von Energieumsetzung bei beispielhafter Laufkultur durch den Einsatz modernster Elektronik.

BMW, das ist deshalb heute auch ein Synonym für Effektivität. Aber BMW tut mehr:

Wir arbeiten daran, dem Fortschritt immer wieder Impulse zu geben.

Das zukünftig leichtere und aerodynamisch verbesserte Fahrzeug muß mit Antrieben hohen Wirkungsgrades ausgestattet sein; die Anpassung der Getriebe an diese Antriebe ist der ergänzende Schritt hin zu einem optimierten Gesamtantriebs-Strang. Gerade in diesem Punkt hat sich BMW hohe Ziele gesetzt.

BMW Triebwerks-Technik:
Motor zukünftiger Entwicklungen.

BMW arbeitet konsequent an Projekten über

- die erforderlichen Leistungen, Hubraumgrößen und Zylinderzahlen bei Hubkolbenmotoren,
- den Einsatz des Dieselmotors in BMW Fahrzeugen,
- einen wirkungsgradoptimierten Ottomotor nach dem BMW ETA-Prinzip,
- einen Forschungsmotor, der besonders im Teillastbetrieb die Verlustarbeit minimiert,
- die ideale und absehbar realisierbare Anpassung von Getrieben an heutige und neue Triebwerkskonzepte.

Diese Broschüre soll zeigen, wie weit wir sind. Und wohin wir kommen wollen.

* Durchschnittsverbrauch l/100 km nach neuer DIN-Norm	bei konstant 90 km/h	bei konstant 120 km/h
des Gesamtprogramms bis August '79	9,2	11,6
des Gesamtprogramms ab September '79	8,2	10,5
	-10,9%	- 9,5%

Wenn Sie energiebewußt sind, gibt es für Sie nichts besseres als ein dynamisches Automobil.

Intelligenz der Technik und Intelligenz ihrer Nutzer – eine einzigartige Chance für die Zukunft.

Beim Energiesparen wird jetzt von der Gemeinschaft der Autofahrer der praktische Beweis für die so häufig beschworene Selbstverantwortlichkeit verlangt. Die Autofahrer werden ihn erbringen – und BMW liefert erstklassige Werkzeuge dafür.

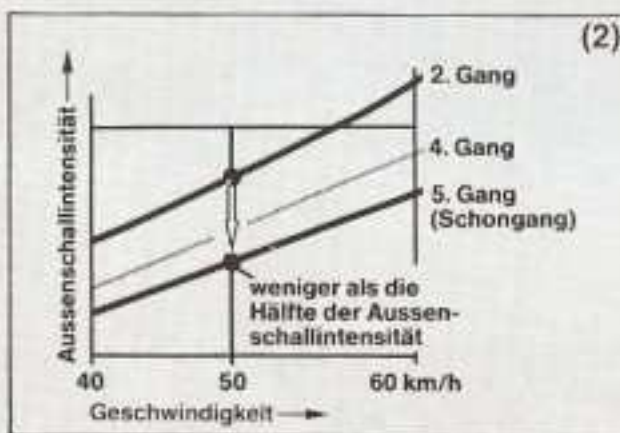
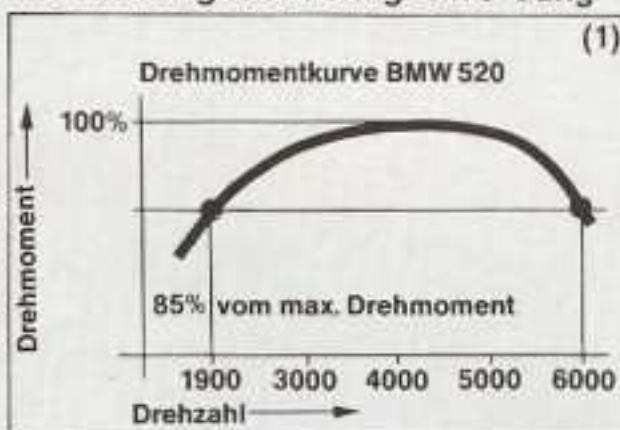
BMW hat in jahrzehntelanger intensiver Triebwerksforschung das physikalisch Machbare realisiert, um beste Drehmomente bei niedrigsten Drehzahlen zu bieten (1) – die Voraussetzung für überlegene Durchzugskraft. BMW Triebwerke haben deshalb so große Leistungsreserven, daß sie im Normalfall nicht in Leistungspitzen getrieben werden müssen. Auch ein vollbesetzter BMW läßt sich selbst im 4. Gang aus niedrigen Drehzahlen sauber hochbeschleunigen.

Mit einem BMW Triebwerk kann man also bereits auf niedrigem Drehzahl-niveau im höchsten Gang äußerst komfortabel fahren. Man muß nicht immer schalten, um sich verkehrsgerecht zu verhalten und dem Verkehrsstrom anzupassen. Und man genießt durch diese Fahrweise ein sehr geringes Geräuschniveau (2). Darüber hinaus aber – und das ist vielleicht das wichtigste – hat man den außerordentlichen Vorteil hoher Wirtschaftlichkeit, weil niedrigste Drehzahlen im höchstmöglichen Gang

geringsten Benzinverbrauch und höchste Motorlebensdauer bedeuten.

Aktueller Vorteil: Die Ruhe eines BMW ist besonders sparsam.

Daß ein BMW bei intelligenter Fahrweise außerordentlich sparsam ist, wissen Automobilkenner schon lange. Wie sparsam, zeigt das Verbrauchs-Diagramm. Beispiel: Wenn Sie – etwa im Stadtverkehr – 50 km/h im 4. Gang fahren, verbraucht Ihr Automobil nahezu nur die Hälfte von dem, was es im 2. Gang verbraucht (3). Einen weiteren wesentlichen Vorteil gerade bei mittleren und höheren Geschwindigkeiten bringt ein 5-Gang-



Getriebe mit Schongang-Charakteristik (4).

Setzen Sie die richtige Technik richtig ein: BMW macht Sicherheit ökonomisch.

BMW Triebwerke sind bei intelligenter Fahrweise die optimale Mitte zwischen zwei Extremen: der „sicheren Unwirtschaftlichkeit“ übergroßer Hubräume auf der einen und der „unsicheren Wirtschaftlichkeit“ durch zu geringe Leistung auf der anderen Seite. Die Zukunftssicherheit von BMW Automobilen liegt eben darin, daß sie wirtschaftlich sein können, ohne dabei auf Leistungsfähigkeit und damit Sicherheit verzichten zu müssen.



Überholwege LKW 80 km/h 18,0 m lang



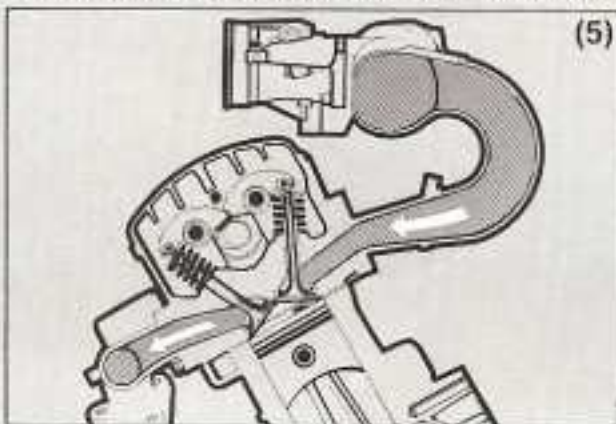
PKW I: 252 m/9,2 s
145 kW (197 PS)
3,2 l

Hubraum und kW-Zahl beschreiben die Größe des Triebwerks. Das Drehmoment seine Leistungsfähigkeit.

Das hohe Drehmoment von BMW Triebwerken ist Ergebnis aufwendiger konstruktiver Feinarbeit auf der Basis theoretischer Forschung, intensiver Prüfstandversuche und umfassender Motorsport-Erfahrung. BMW Triebwerke haben so bereits bei niedrigen Drehzahlen eine hohe Füllung und für eine kraftvolle Verbrennung eine hervorragende Gemischbildung.

Außerdem haben BMW Triebwerke durch die Optimierung der Gasströmungswege, d.h. große Radien, spezielle Ventilgestaltung in Tulpenform und Vermeidung von spitzen Kanten äußerst geringe Drosselverluste. Und sie bieten eine drehmomenterhöhende große Saugrohrlänge durch Neigung der Motoren, also einen möglichst großen Abstand zwischen Kraftstoff-Aufbereitung und Einlaß-Ventil.

Durch die grundsätzlich vorteilhafte Brennraumform und strömungsgünstige, V-förmige Anordnung der Ventile wird das bei BMW realisierte Querstrom-Konzept möglich, das eine Umlenkung des Gasstromes zwischen



Ansaug- und Auspuff-Seite vermeidet und damit auch günstige Voraussetzungen für umweltfreundliche Verbrennung bietet (5).

Reserven vermißt man erst, wenn man keine hat.

In den außerordentlichen Beschleunigungszeiten von BMW Automobilen sehen Kritiker manchmal eine unnötige Leistungs-Betonung. Sie übersehen dabei, daß diese Grenzwerte theoretisch sind und nur die halbe Wahrheit darstellen. Das wesentlich wichtigere Rechenexempel der Praxis wird viel zu selten gemacht: Ein Auto, das in 16 Sekunden von 0 auf 100 km/h beschleunigt, schafft das keineswegs mehr, wenn 4 Personen darin sitzen, der Tank voll und der Kofferraum beladen ist. Dann braucht dieses Fahrzeug wahrscheinlich 20 Sekunden. Die Folge: In den kritischen Überholbereichen zwischen 70 und 100 km/h kann das eine oder andere Manöver schon recht nervenbelastend ausfallen.

Die Schlangen werden länger. Überholmanöver für andere schwieriger. Der energie-, zeit- und nervenaufreibende Stau ist programmiert. Leistungsschwäche produziert Unsicherheit und Unsicherheit Gefahr. Die Leistungsfähigkeit von BMW Triebwerken ist deshalb kein Selbstzweck, sondern unerläßliche Voraussetzung für Beweglichkeit und unverzichtbarer Bestandteil der aktiven Sicherheit.

Die Grafik mit 3 verschiedenen Fahrzeugen unterschiedlicher Motorisierung zeigt, daß trotz allem Energiebewußtsein auf unseren immer stärker durch Fahrzeuge belasteten Fern-

straßen Automobile ohne Sicherheitsreserven keinen Platz haben. Ein verantwortungsbewußter Autokäufer entscheidet nach der Regel: Lieber immer zuviel als einmal zuwenig. Bei der richtigen Wahl, wie z. B. mit einem BMW, kann man bei intelligenter Fahrweise trotz dieser lebenswichtigen Sicherheitsreserven durch hohe Leistungsfähigkeit auch außerordentlich wirtschaftlich fahren.

PKW II: 335 m/13,2 s
50,0 kW (68 PS)
1,6 l

PKW III: 642 m/24,3 s
25,0 kW (34 PS)
0,85 l

Die Theorie der Fahrkultur: Welches Triebwerk ist das beste?

Für BMW Limousinen und ihre jeweiligen Konzepte ist unter Zugrundelegung einer unverzichtbaren Mindestsicherheit auf der einen und höchster Ansprüche auf der anderen Seite ein Leistungsbereich von etwa 60 DIN kW bis maximal 185 DIN kW ausreichend (das sind etwa 80 bis 250 PS). Für diesen Leistungsbereich sind etwa 1,6–4 l Hubraum notwendig, die wiederum mit Zylinderzahlen von 4–12 dargestellt werden können. In der engeren Wahl bleiben dann folgende Motorbauformen:

- 4-Zylinder-Reihenmotor
- 5-Zylinder-Reihenmotor
- 6-Zylinder-V-Motoren
- 6-Zylinder-Reihenmotor
- 8-Zylinder-V-Motor
- 12-Zylinder-V-Motor

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal sind die triebwerksmechanischen Eigenschaften. Sie werden durch die freien Kräfte und Momente des Triebwerks geprägt, die für störende Schwingungen und Geräusche im Fahrzeug mitverantwortlich sind. Freie Massenkräfte treten auf, wenn sich die Beschleunigungskräfte der im Motor bewegten Massen nicht gegenseitig aufheben. Freie Massenmomente entstehen, wenn die Wirkungslinien der Massenkräfte gegeneinander so versetzt sind, daß sie dem Motor eine Kipp- oder Taumbewegung aufzwingen. Dabei wurde jeweils von einer optimalen Wahl der Kurbelwellen-Gegengewichte ausgegangen (1).

Eine weitere wichtige triebwerksmechanische Eigenschaft ist der Dreh-

kraftverlauf des Motors. Je nach Anzahl und Zündabstand der Zylinder schwankt die an der Kurbelwelle verfügbare Drehkraft. Die Folge: Der Motor stützt sich mit zeitlich veränderlichen Kräften in seinen Lagerungen ab, wodurch ebenfalls Schwingungen und Geräusche in der Karosserie angeregt werden (2).

Bereich 1: Motoren für den unteren Hubraumbereich

Für PKW-Motoren des unteren Hubraumbereichs hat sich der 4-Zylinder-Reihenmotor durchgesetzt. Diese Bauform ist dort ideal, weil wegen der relativ kleinen Zylindervolumen – und damit wegen der kleinen oszillierenden Massen – die freien Massenkräfte 2. Ordnung selbst bei hohen Drehzahlen noch in Grenzen bleiben. Durch sorgfältig abgestimmte Motoraufhängung läßt sich die Wirkung der freien Kräfte zudem so weit abschirmen, daß ein befriedigend weicher Motorlauf gesichert wird.

Bereich 2: Motoren für den mittleren Hubraumbereich

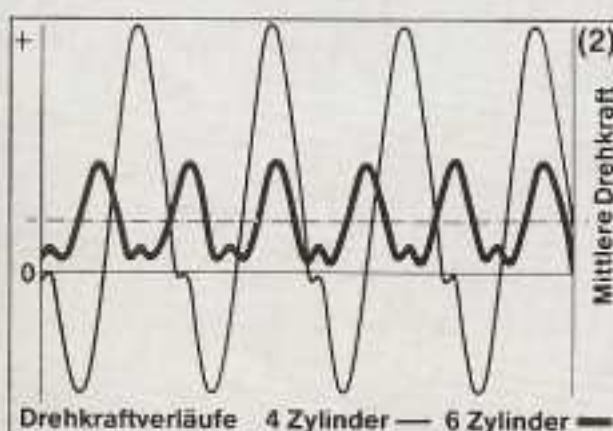
Mit größerem Zylindervolumen nehmen die Kolbenmassen und Hübe zu. Die Konsequenz: Die für den 4-Zylinder-Reihenmotor typischen Massenkräfte 2. Ordnung im oberen Drehzahlbereich machen sich deutlich durch störende Schwingungen und Geräusche bemerkbar. Und gerade weil es heute gelungen ist, die im Fahrzeuginneren hörbaren Fahrgeräusche auf ein Minimum zu reduzieren, ist die Forderung nach höherer Laufkultur des Motors in der Hubraumklasse ab 2 l besonders wichtig geworden. Als Alternativen stehen hier der 5-Zylinder-Reihenmotor, die 6-Zylinder-V-Motoren mit 60° und 90° V-Winkel und der 6-Zylinder-Reihenmotor zur Diskussion.

Der 5-Zylinder-Reihenmotor

Beim 5-Zylinder-Motor sind die Massenkräfte 1. und 2. Ordnung vollständig ausgeglichen. Wegen der in Längsrichtung unsymmetrischen Kurbelwelle bleiben aber freie Massenmomente bestehen. Während das relativ kleine Moment 1. Ordnung unkritisch ist, ruft das Moment 2. Ordnung im Motor-Getriebeblock heftige Biegeschwingungen hervor.

Freie Massenwirkung bei optimaler Wahl der Kurbelwellen-Gegengewichte (1)

Bauform	R4	R5	V6 60°	V6 90°	R6	V8
Freie Kräfte 1. Ordnung	—	—	—	—	—	—
Freie Kräfte 2. Ordnung	—	—	—	—	—	—
Freie Momente 1. Ordnung	—	—	—	—	—	—
Freie Momente 2. Ordnung	—	—	—	—	—	—
Zündabstände	180	144	120	150,90	120	90





Der 6-Zylinder-V-Motor

Durch geeignete Auswahl der V-Winkel und der Kröpfungswinkel lassen sich bei 6-Zylinder-V-Motoren die freien Massenmomente 1. Ordnung vermeiden. Auch die Momente 2. Ordnung sind geringer als beim 5-Zylinder-Reihenmotor. Nach triebwerksdynamischen Gesichtspunkten schneidet der 60°-V-Motor also günstiger ab. Wegen des engen V-Winkels ist allerdings die Saugrohrgestaltung mit ausreichenden Saugrohrängen problematisch. Und diese haben wesentlichen Einfluß auf die Höhe des Drehmoments, d. h. die Durchzugskraft des Triebwerks. Günstiger ist in dieser Hinsicht der 90°-V-Motor. Nachteilig dagegen ist hier das größere freie Moment 2. Ordnung und der ungleiche Zündabstand von abwechselnd 150° bzw. 90°.

Der 6-Zylinder-Reihenmotor: Entdeckung eines Optimums.

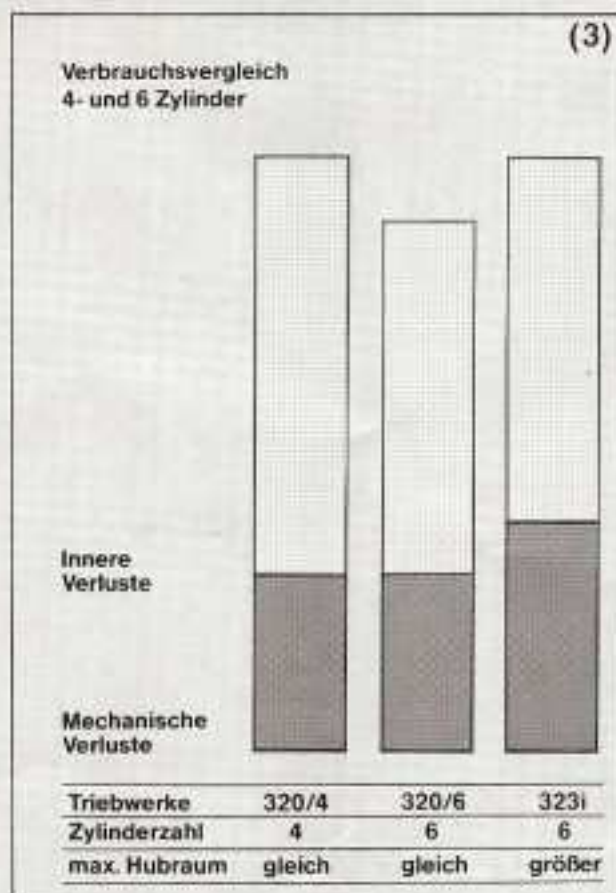
Unter den für den mittleren Hubraumbereich technisch sinnvollen Bauformen ist der 6-Zylinder-Reihenmotor der einzige, der alle triebwerksdynamischen Vorteile in sich vereinigt: Er hat keine freien Kräfte und keine freien Momente 1. oder 2. Ordnung. Außerdem besitzt er wegen des günstigen Zündabstandes den hervorragend ausgeglichenen Drehkraftverlauf.

Es gehört zum Stil des Hauses BMW, technisch optimale Lösungen konsequent zu verwirklichen. Dieses Prinzip wurde in der Entscheidung beibehalten, für Fahrzeuge der mittleren Hubraumklasse ab 2 l ausschließlich 6-Zylinder-Reihenmotoren zu verwenden.

Diese Qualitätssteigerung in diesem Hubraumbereich wurde ohne jeden

Kompromiß bei der Wirtschaftlichkeit erreicht. Wie die Grafik (3) zeigt, ist aufgrund der bei dem BMW 6-Zylinder erreichten geringen inneren und mechanischen Verluste der Kraftstoffverbrauch im Vergleich zum hubraumgleichen 4-Zylinder nicht größer, sondern günstiger.

Es gehört jedoch ebenfalls zum Stil des Hauses BMW, Erkenntnisse von allen Seiten zu prüfen. Deshalb haben wir Triebwerke mit 8 und 12 Zylindern in V-Anordnung nicht nur theoretisch geprüft, sondern auch praktisch getestet. Das Ergebnis können Sie hier kennenlernen.



**Wir haben einen V-12 gebaut.
Wir haben einen V-8 gebaut.
Die Zukunft hat entschieden,
was wir einsetzen werden.**

Verantwortungsbewußte Hersteller müssen unter Berücksichtigung der Entwicklungszeiten von Automobilen 10 Jahre im voraus denken und planen. In diesem Rahmen haben wir die Zukunftsanforderungen an Triebwerke und damit die Zukunftssicherheit von verschiedenen Konzepten intensiv untersucht.

Die Zukunft wird härter noch als die Gegenwart von Automobilen jeder Wagenklasse das wirtschaftliche Optimum verlangen. Und das heißt für uns die Beschränkung auf das Wesentliche: die bestmögliche Synthese aus hoher Leistung und großer Laufkultur auf der einen, günstigen Verbrauchswerten, Gewichtsverhältnissen und Abmessungen auf der anderen Seite.

Die Zukunft fordert Wirtschaftlichkeit auch von Luxuslimousinen.

BMW hat als Forschungsobjekte verschiedene Triebwerks-Konzepte bis zur Serienreife entwickelt, um nach umfassenden praktischen Versuchen die für die Zukunft richtigen Entscheidungen zu treffen. Unter anderem haben wir auch einen 4,5 l 12-Zylinder und – auf der Grundlage sehr umfangreicher Erfahrungen mit V-8-Maschinen aus früheren Modellreihen – einen 3,8 l V-8 gebaut. Die Leistungsbasis des V-12: deutlich über 184 DIN kW (über 250 PS). Die des V-8: 160 DIN kW (218 PS). Das berühmte BMW V-8-Triebwerk der 50er Jahre wurde übrigens schon komplett aus Aluminium gebaut.

Leistung, das ist nicht nur Komfort, sondern vor allen Dingen Sicherheit. Und die ist unverzichtbar.

Für einen Fahrzeugtyp, wie ihn der BMW 7er und seine nationalen wie internationalen Wettbewerber darstellen, sind rund 135 DIN kW (gut 185 PS) angemessen und selbst bei sportlichsten Ansprüchen mehr als ca. 185 DIN kW (rund 250 PS) nicht erforderlich. Und dafür reichen 3–3,5 l Hubraum – ein für die Zukunft vernünftiger Bereich, der sehr gut bereits mit einem Reihen-6-Zylinder realisierbar ist. Von daher also gibt es keine Präferenz für V-8 oder V-12.

V-12: Die Physik sagt, eine zu teure Faszination.

Das Faszinierende des BMW V-12 ist die völlig gleichförmige Drehmomentabgabe und Laufruhe bis zu allerhöchsten Drehzahlen. Diese Vorteile

müssen aber mit einer Reihe von Nachteilen erkauft werden: hohes Gewicht, große Abmessungen, hohe Fertigungskosten, komplizierte Wartung. Alles in allem: Die Umwelt fordert niedrigen Energieverbrauch und ökonomische Triebwerksgewichte, so daß der 12-Zylinder ein Triebwerk mit wenig zukunftssicherem Konzept ist.

V-8 gegen Reihen-6-Zylinder:
Ein Basisvergleich.

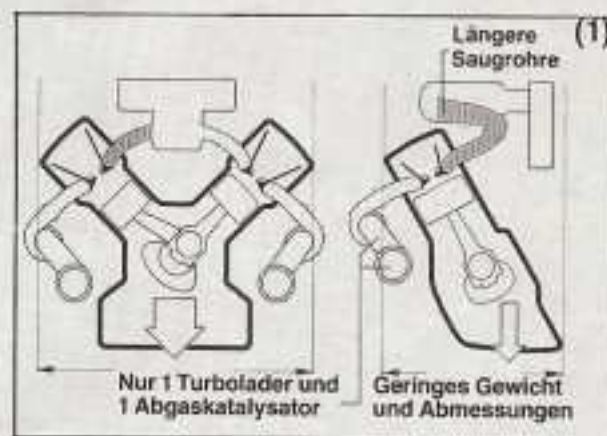
Während im mittleren Hubraumbereich durch den Übergang von 4 auf 6 Zylinder ein erheblicher Vorteil an Laufruhe gewonnen wird, unterscheiden sich die triebwerksmechanischen Eigenschaften der zur Diskussion stehenden 6-Zylinder-Reihen- und 8-Zylinder-V-Motoren kaum.

Lediglich der kürzere Zündabstand führt zu einem noch gleichmäßigeren Drehkraftverlauf. Die Praxis zeigt jedoch, daß sich dieser Unterschied nicht mehr bemerkbar macht. Auch ist der V-8-Motor in der Regel schwerer. Zudem kann ein Reihenmotor schräg eingebaut werden, was Platz für eine großzügige Sauganlage schafft und damit gute Drehmomentwerte sichert(1).

Reihen-6-Zylinder: Ideal für Zukunftstechnologien.

Weil es also ohne Schwierigkeiten möglich ist, einen 3,5 l Motor als äußerst kultivierten 6-Zylinder darzustellen und ein V-8-Motor nur graduelle Vorteile bei der Laufkultur bietet, wurde bei BMW auch für den oberen Hubraumbereich die Entscheidung für den 6-Zylinder-Reihenmotor gefällt.

Bei weitergehenden Abgasgesetzen wird zudem ein Reihen-6-Zylinder ent-



scheidende Vorteile haben. Abgas-Katalysatoren mit Lambda-Sonden lassen sich hier besser und effektiver einsetzen als bei V-Motoren. Und etwas sehr Entscheidendes: Das Aufladungsprinzip ist erheblich einfacher zu realisieren. Auch von daher also die höhere Zukunftssicherheit für den Reihen-6-Zylinder.

Die Zukunft mißt auch Automobilmotoren an Realitäten. Wenn Effektivität die einzige Rolle spielt, gibt es nichts Besseres als Reihen-6-Zylinder.

BMW Reihen-6-Zylinder: Unsere Mehrheitsbeteiligung am Konzept der Zukunft beträgt 70%.

BMW Reihen-6-Zylinder vertreten das Konzept von Komfort und Wirtschaftlichkeit trotz Leistungsfähigkeit und Sicherheit optimal. Und so werden die gemeinhin als sportlich und leistungsfähig bekannten BMW Reihen-6-Zylinder immer stärker auch von Käufern bevorzugt, die Komfort- und Wirtschaftlichkeits-Merkmale sehr hoch einschätzen. Die Folge: Der Anteil unserer 6-Zylinder-Produktion am Gesamtprogramm liegt mit 70% an der Spitze des Angebots. Und hinzu kommt: Bei BMW gibt es dieses Triebwerkskonzept der Spitzenklasse bereits in der wirtschaftlichen Hubraumgröße von 2 l.

Über die Leistungsfähigkeit entscheidet nicht die Anzahl der Zylinder, sondern das, was man daraus zu machen in der Lage ist.

Das zeigen auch die faszinierenden Möglichkeiten, die durch das einmalige Niveau der BMW Triebwerks-Technologie in der Leistungsbreite erzielt werden:



(2)



(5)

204 DIN kW (277 PS) in der für den Straßenverkehr zugelassenen Serienversion, über 353 DIN kW (über 480 PS) in der Saugversion der Gruppe 4, über 588 DIN kW (über 800 PS) in der aufgeladenen Version der Gruppe 5. Die Dosierung der Leistung der Serienversion ist im wesentlichen bestimmt durch die gesetzlichen Geräusch- und Abgasverordnungen, die selbstverständlich und in völlig berechtigter Weise extrem härtere Anforderungen für den Straßenverkehr stellen als für die Rennstrecken.

BMW M 1

Das Automobil, das vor allem eines ist: konsequent (2).

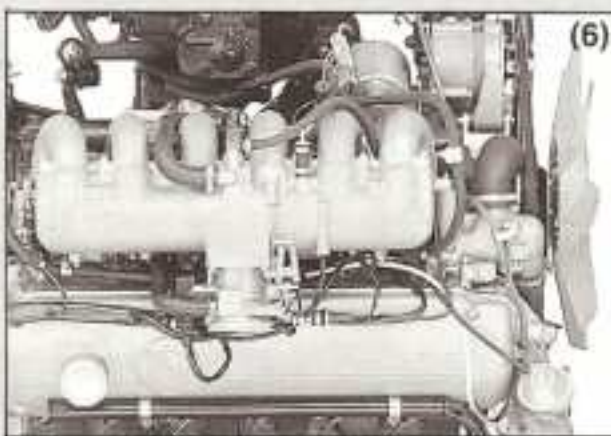
Das beste Beispiel dafür ist das Triebwerk: ein extrem kurzhubiges 6-Zylinder-Reihentriebwerk mit 24 Ventilen – höchste Leistungsfähigkeit durch optimalen Gemischdurchsatz und maximal mögliche Füllung. Das Gemischdurchsatzvermögen ist dem eines 12-Zylinder-2-Ventilers ebenbürtig, das Gewicht, die Reibverluste, die Abmessungen und die Verbrauchswerte sind deutlich günstiger.

Dieses Triebwerk mit seinem 4-Ventil-Querstrom-Zylinderkopf, seiner Ventilsteuerung über zwei obenliegende, kettengetriebene Nockenwellen, seiner Auslegung als extremer Kurzhuber (93,4 x 84 mm) Bohrung/Hub, seiner mechanischen Einspritzanlage ist in der Synthese ein Höhepunkt der BMW Reihen-6-Zylinder-Motorenentwicklung (3).

BMW 3,5 l Reihen-6-Zylinder: Der Siegeszug eines sportlichen Triebwerks-Konzeptes.



(3)



(6)

Das berühmte 3,5 l BMW Rennsport-Triebwerk war und ist nicht nur auf den Rennstrecken erfolgreich. Es ist in immer stärkerem Maße auch die Basis für ein außerordentlich erfolgreiches, weil faszinierendes Fahrvergnügen auf der Straße. BMW setzt das 3,5 l Rennsport-Triebwerk als Grundlage für die zwei Saugmotor-Versionen des M 1 und als Ausgangspunkt für das 160 DIN kW (218 PS) Triebwerk des BMW Coupés 635 CSi ein. Und dieses Reihen-6-Zylinder-Triebwerk dient ab sofort auch dem sportlichen, komfortablen Fahrvergnügen in zwei Limousinen internationaler Spitzenklasse: dem BMW 735i und dem BMW M 535i, einer Spezialversion der BMW Motorsport GmbH.

Motorprojekt BMW V-12 (4)

- 12 Zylinder in V 60°
- 80 x 74 mm, Hubraum 4463 cm³
- Je eine obenliegende Nockenwelle (Zahnriemenantrieb)
- L-Jetronic-Einspritzanlage
- Vollelektronische Zündung
- Verdichtung 9,3:1
- 200 kW (272 PS) bei 5700/min, 365 Nm (37 mkg) bei 4500/min
- Fahrleistungen: Höchstgeschwindigkeit 225 km/h, Beschleunigung 0–100 km/h in 7,4 s

Motorprojekt BMW V-8 (5)

- 8 Zylinder in V 90°
- 100 x 71 mm; Hubraum 4,5 l
- Je 1 Nockenwelle/Zylinderreihe (Duplex-Rollenketten-Antrieb)
- Elektronische Einspritzanlage
- TSZ-Zündung
- Verdichtung 9,2:1
- 185 DIN kW (252 PS) bei 5600/min, 365 Nm bei 4400/min
- Höchstgeschwindigkeit im BMW 7er-Baureihe 220 km/h
- Beschleunigung 0–100 km/h im BMW 7er-Baureihe 7,8 s

BMW 3,2 l Reihen-6-Zylinder (6)

- 6 Zylinder in Reihe
- 86 x 89 mm; Hubraum 3,2 l
- Obenliegende Nockenwelle (Rollenketten-Antrieb)
- Digitale Motorelektronik (Bosch Motronic)
- Verdichtung 9,3:1
- 145 DIN kW (197 PS) bei 5500/min, 285 Nm bei 4300/min
- Höchstgeschwindigkeit im BMW 732i 205 km/h
- Beschleunigung 0–100 km/h im BMW 732i 8,7 s

Wir haben ökonomische Hochleistung nach den Maßgaben der Zukunft gesteigert: Reihen-6-Zylinder, elektronische Benzineinspritzung, Aufladung.

An der Spitze des Fortschritts: die großen BMW. Automobiler Luxus mit neuer Ökonomie und Zukunftssicherheit.

Selbst die größten BMW bieten die Ideen und die technischen Einrichtungen für die harten wirtschaftlichen Anforderungen der 80er Jahre. Bei den neuen 7ern gibt es nur noch Einspritz-Versionen. Denn eine elektronische Einspritzung bietet gegenüber einem leistungsgleichen Vergasermotor und gleicher Fahrweise eine Verbrauchsreduzierung von etwa 7–8% – durch genauere Kraftstoffzu- messung und -anpassung.

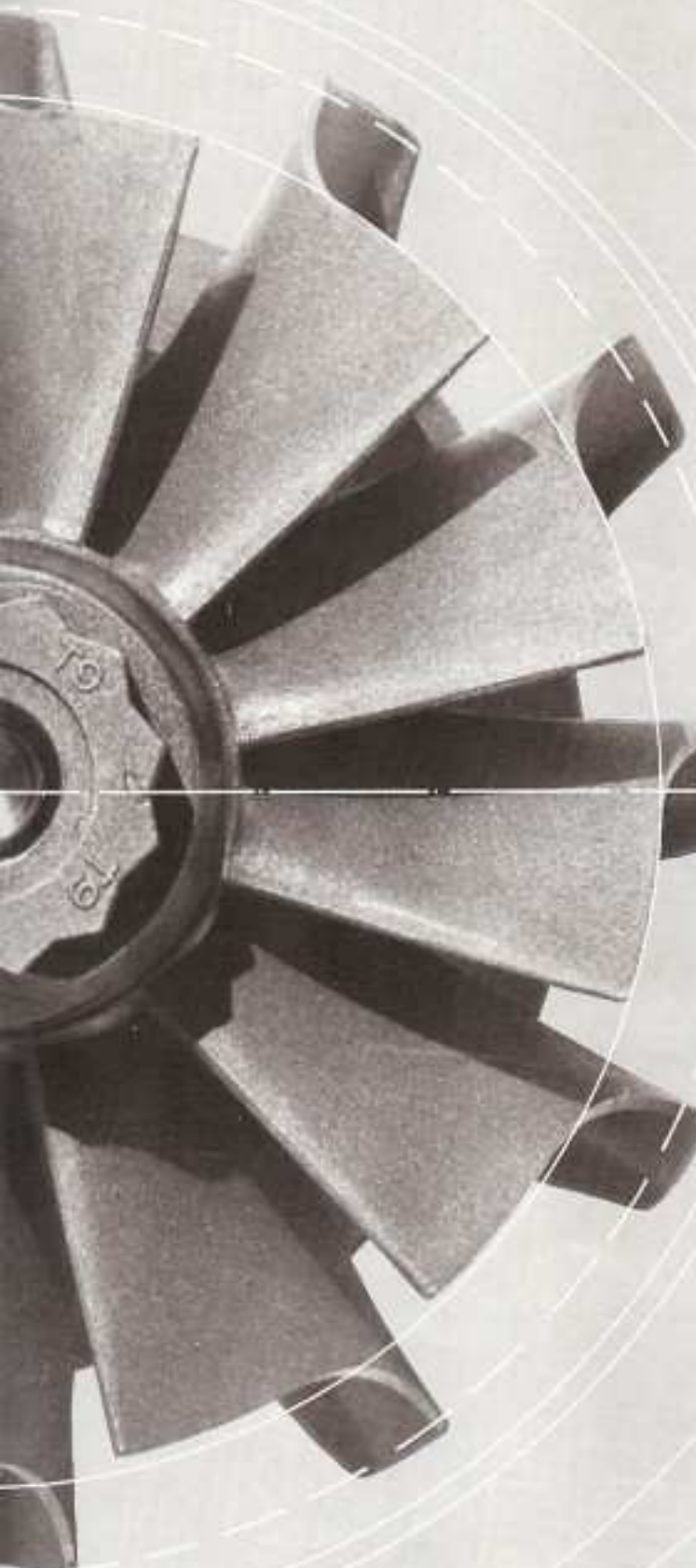
Das Optimum der zukunftssicheren BMW-Antriebs-Philosophie stellt technologisch das Lader-Triebwerk dar. Wenn BMW bisher schon aus 6-Zylinder-Triebwerken oft mehr gemacht hat als andere mit mehr Hubraum und/oder mehr Zylindern, dann zeigt das Lader-Triebwerk den Weg, wie das noch einmal zu steigern ist. Es erreicht die erhebliche Leistungssteigerung ohne Vergrößerung des Hubraums, ohne Erhöhung der Drehzahl durch die Verbesserung der Zylinderfüllung mit Kraftstoff-Luftgemisch – eine ideale Möglichkeit, die Effektivität des Ottomotors zu steigern und das Verhältnis von Motorgewicht zu -leistung zu optimieren.

BMW 745i mit Aufladung*: Eine zeitgemäße Technologie sorgt für neue Perspektiven.

Die Zeiten konventioneller Hochleistung aus Hubraumgrößen „amerikanischer“ Dimensionen sind vorbei. Bei BMW galt schon immer das Prinzip: Konzentration auf das Wesentliche, Erfüllen kritischer Anforderungen an Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit durch hochwertige technische Lösungen. Das gilt jetzt auch für Luxuslimousinen. Das Mittel: Aufladung. Das Ergebnis: neben Hochleistung grundsätzliche ökonomische und physikalische Vorteile.

Der BMW Reihen-6-Zylinder mit sinnvollem Hubraum und Aufladung besitzt gegenüber mehrzylindrigen, größervolumigen Triebwerken eine noch günstigere Literleistung, im Aufladebetrieb einen erheblich besseren thermischen Gesamtwirkungsgrad und günstigere Abgasverhältnisse. Zudem dämpft der Lader das Abgasgeräusch. Bei etwa gleicher Laufkultur





gegenüber mehrzylindrigen Aggregaten zeigt sich in der Summe also eine zukunftsichere Form von komfortabler Hochleistung.

* Kennzeichnung nach den internationalen Konstruktionsbedingungen von Wettbewerbs-Automobilen. Wird die erheblich leistungsfähigere Technologie der Aufladung eingesetzt, muß sich der Konstrukteur auf weniger Hubraum beschränken. Es gilt der Handikap-Faktor $1,4 \cdot 3,2 \text{ l Hubraum} \times 1,4 = 4,5 \text{ l} = 745 \text{ i}$.

Dynamik heißt das Gesetz des Fortschritts. Und Aufladung das Prinzip der Dynamik mit Zukunft.

Das im 745i eingesetzte Aufladungssystem repräsentiert den neuesten Stand der Technik. Die Aufladung ist abgasseitig geregelt, was den Einsatz eines kompakten Laders mit geringen rotierenden Massen und dadurch eine schnelle Drehzahlsteigerung möglich macht. Das bringt den wesentlichen Vorteil eines frühen Einsetzens der Aufladung, so daß ihre Wirkung bereits bei geringer Drehzahl und dann über einen äußerst breiten Drehzahlbereich voll zur Verfügung steht.

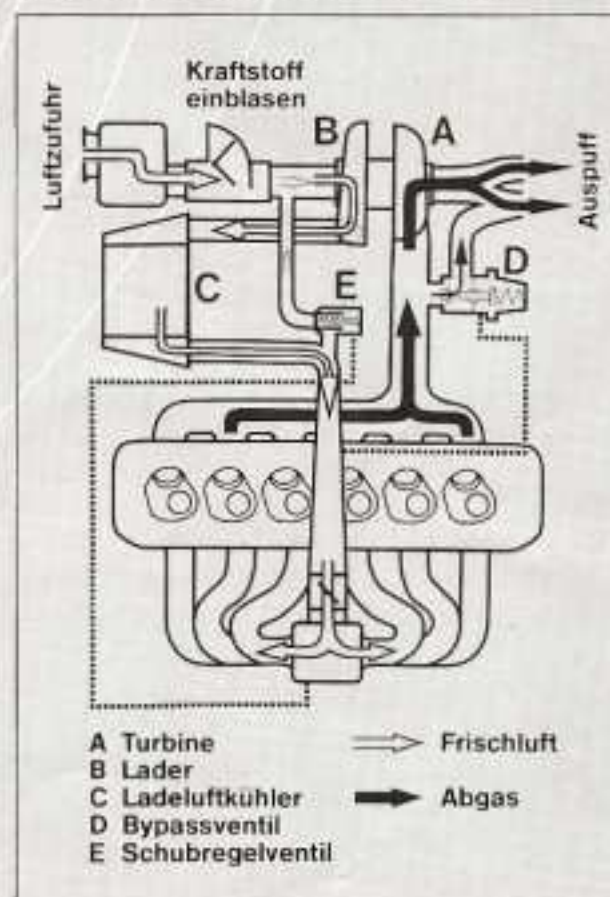
Die Turbine (A) wird vom Abgasstrom angetrieben. Die Turbine treibt den Lader (B) an, der mit ihr fest verbunden ist. Dieser Lader saugt Frischluft über einen Filter und den Luftmengenmesser der L-Jetronic-Einspritzung an, komprimiert diese und führt sie dem Motor zu. Bei der Kompression im Lader wird die angesaugte Frischluft durch den Druckanstieg aufgewärmt. Damit die Leistungsausbeute verbessert, d. h., eine höhere Luftdichte und damit eine

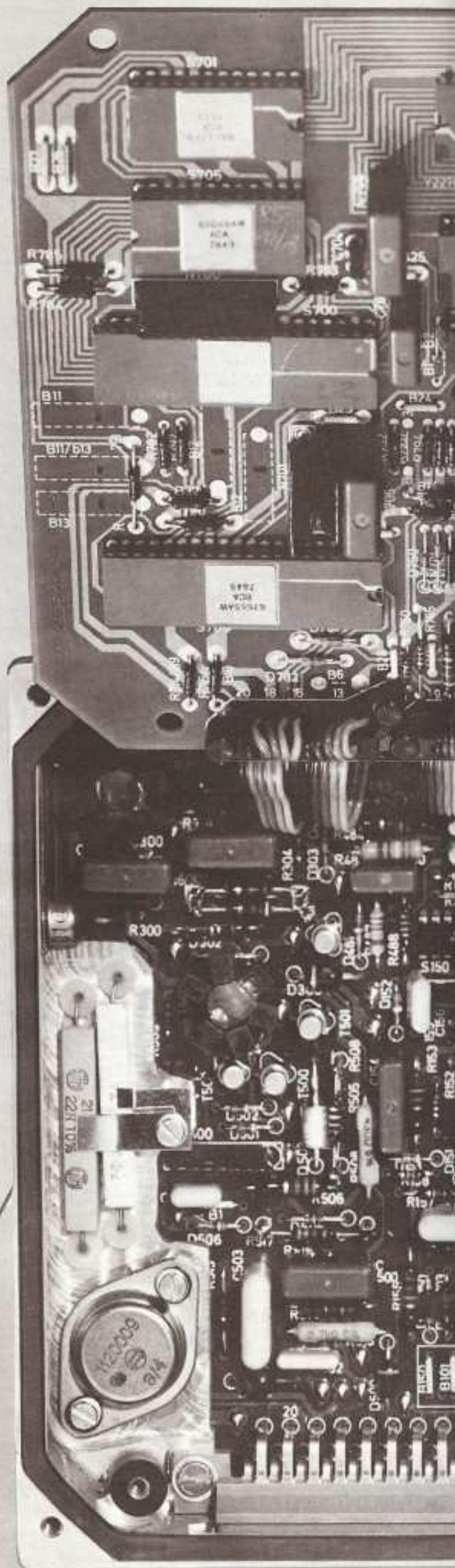
noch bessere Füllung der Zylinder erzielt wird, wird diese aufgewärmte Luft im Ladeluftkühler (C) gekühlt (Frischluft wird diesem Kühler über spezielle Kanäle im Bereich der Frontschürze unterhalb der Stoßstange zugeführt). Damit der Ladedruck bei steigenden Drehzahlen, also bei intensiverem Abgasstrom, nicht unkontrolliert wächst, sorgt ein Bypass-Ventil (D) – abhängig vom Ladedruck – dafür, daß ein Teil der Abgasluft direkt in die Abgasanlage geleitet wird und nicht in die Turbine gelangt. Hieraus leitet sich das Prinzip der „abgasseitigen Regelung“ ab.

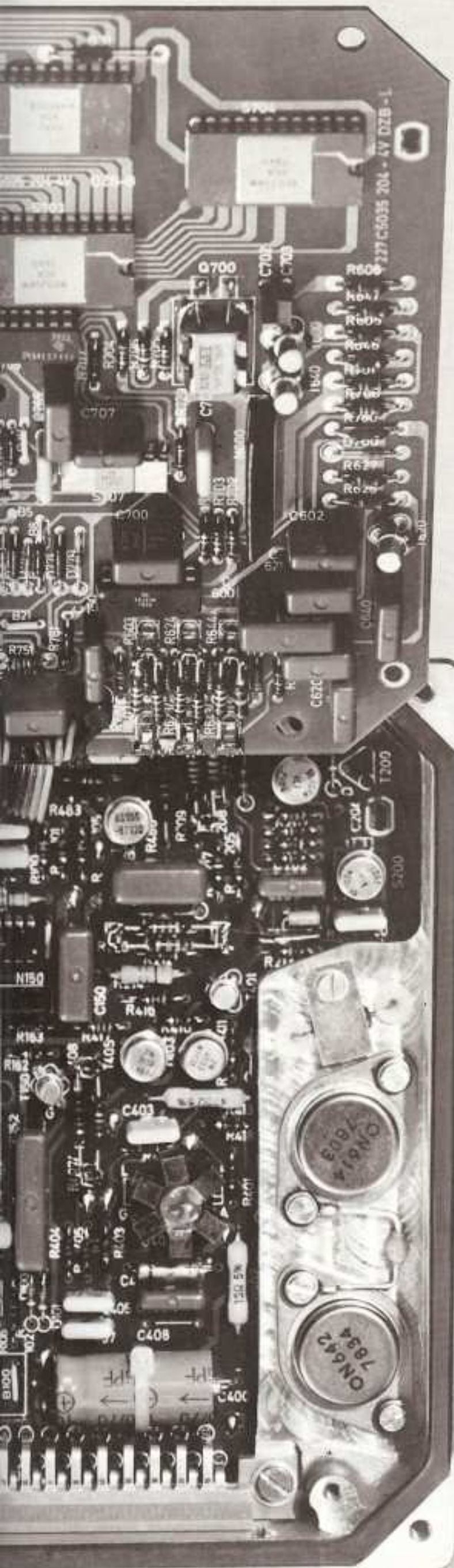
Der maximale Ladedruck beträgt 0,6 bar. Beim Schalten bzw. Gaswegnehmen, also im Schubbetrieb des Automobils, wird über das Schubregelventil (E) auf der Saugseite ein Kreislauf zwischen Ansaugluft und Lader hergestellt, der ein „Durchlaufen“ und damit die ständige Bereitschaft des Laders sicherstellt, unmittelbar nach dem Gangwechsel oder bei neuem Gasgeben wieder voll zu arbeiten. Das heißt, der Ladedruck ist sofort wieder da, so daß ein harmonischer Übergang und ein gutes Am-Gas-Hängen erreicht werden.

BMW 745i mit Aufladung: Höchste Qualität durch lange Erfahrung.

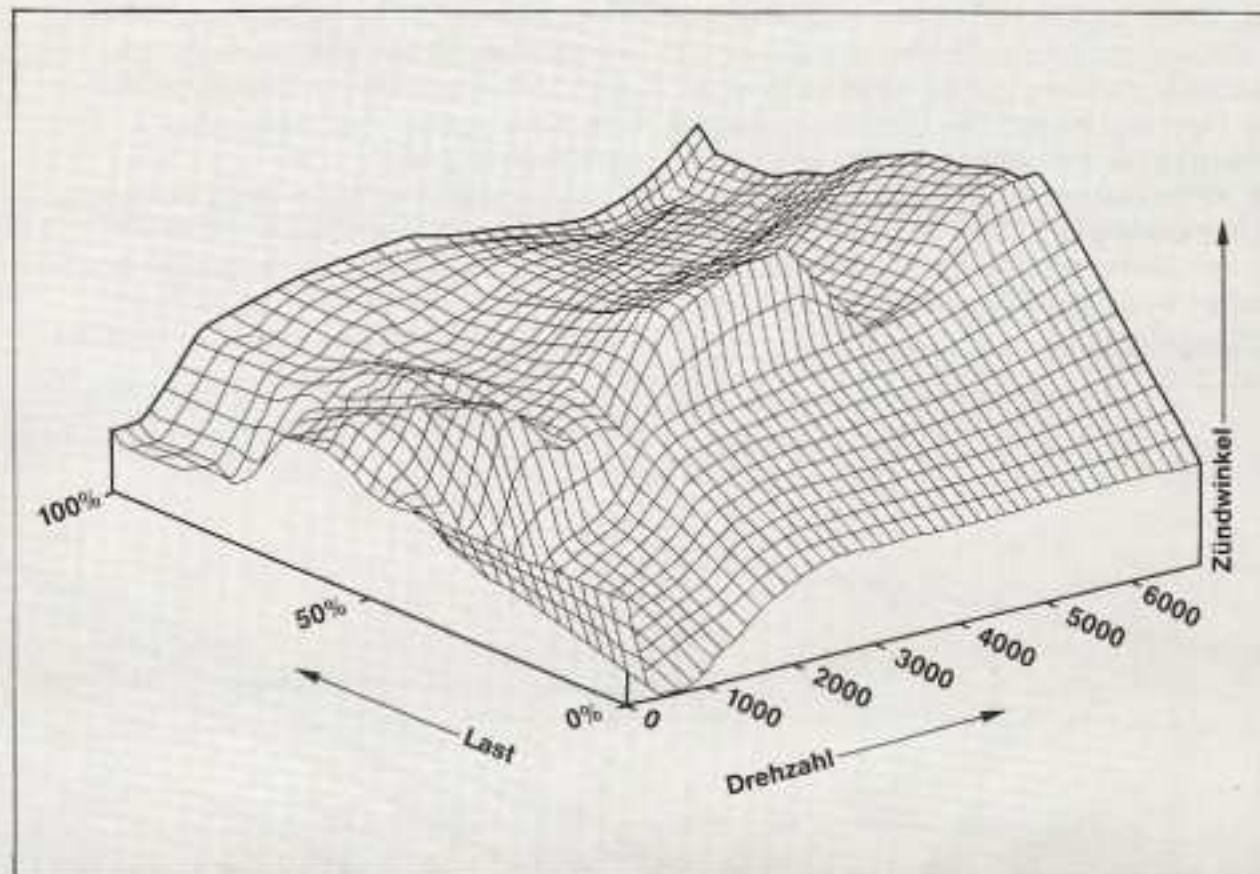
1968 wurde der erste aufgeladene Automotormotor bei BMW entwickelt, 1969 wurde BMW damit Tourenwagen-Europameister. So haben wir umfassende Erfahrung: 10 Jahre Forschung und Entwicklung, 10 Jahre Anpassung an höchste Anforderungen auch an Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit. Das Aufladungsprinzip ist perfekt. Die extreme Leistungsreserve des im BMW 745i realisierten Prinzips zeigt das Triebwerk des BMW M1 Gruppe 5, das auf der Basis des konzeptgleichen 3,2 l Reihen-6-Zylinder-Triebwerks mit Aufladung über 588 DIN kW (über 800 PS) entwickelt.







für diesen gemeinsam mit Bosch entwickelten Fortschritt war die bei BMW verwendete L-Jetronic, eine elektronisch gesteuerte, luftmengenmessende Einspritzanlage – ohne sie wäre die Digitale Motor-Elektronik nicht möglich. Die Digitale Motor-Elektronik faßt die Einspritzsteuerung der L-Jetronic und die Zündwinkelsteuerung zusammen.



Das Diagramm zeigt den Zündwinkel in Abhängigkeit von Drehzahl und Belastung des Triebwerks. Wesentliches Merkmal der Digitalen Motor-Elektronik ist, daß die heute mit einer Transistor-Zündung nur linear mögliche Beeinflussung der Zündwinkel durch eine individuelle Zündwinkel-Kennfeldsteuerung ersetzt wird.

Das Zündkennfeld wird in 16 Lastpunkte und 16 Drehzahlen eingestellt. Damit ergeben sich insgesamt 256 Speicherstellen. Jede Speicherstelle kann individuell optimal vorgegeben werden. Zusätzlich findet nach einem Rechnerprogramm eine Interpolation zwischen den umgebenen acht Stützstellen statt. Das bedeutet, daß gewissermaßen bei jeder Umdrehung eine Neuberechnung und Abfrage erfolgt, um so einen optimalen Zündwinkel zu erreichen.

Wir haben schon viel erreicht. Aber: Es gibt einiges, was wir für die Optimierung von Automobil-Triebwerken noch vorhaben: Zukunftsorientierte Antriebskonzepte, an denen BMW arbeitet.

Neben der ständigen Weiterentwicklung und Feinoptimierung unserer Serienaggregate erfordert die Zukunftssicherung mittel- und langfristige Überlegungen. Die Untersuchungen alternativer zukunftsorientierter Motorenkonzepte und die Entscheidung über die Einleitung der Serienentwicklung einzelner Bauformen sind daher wichtige Aufgaben der Motorenentwicklung.

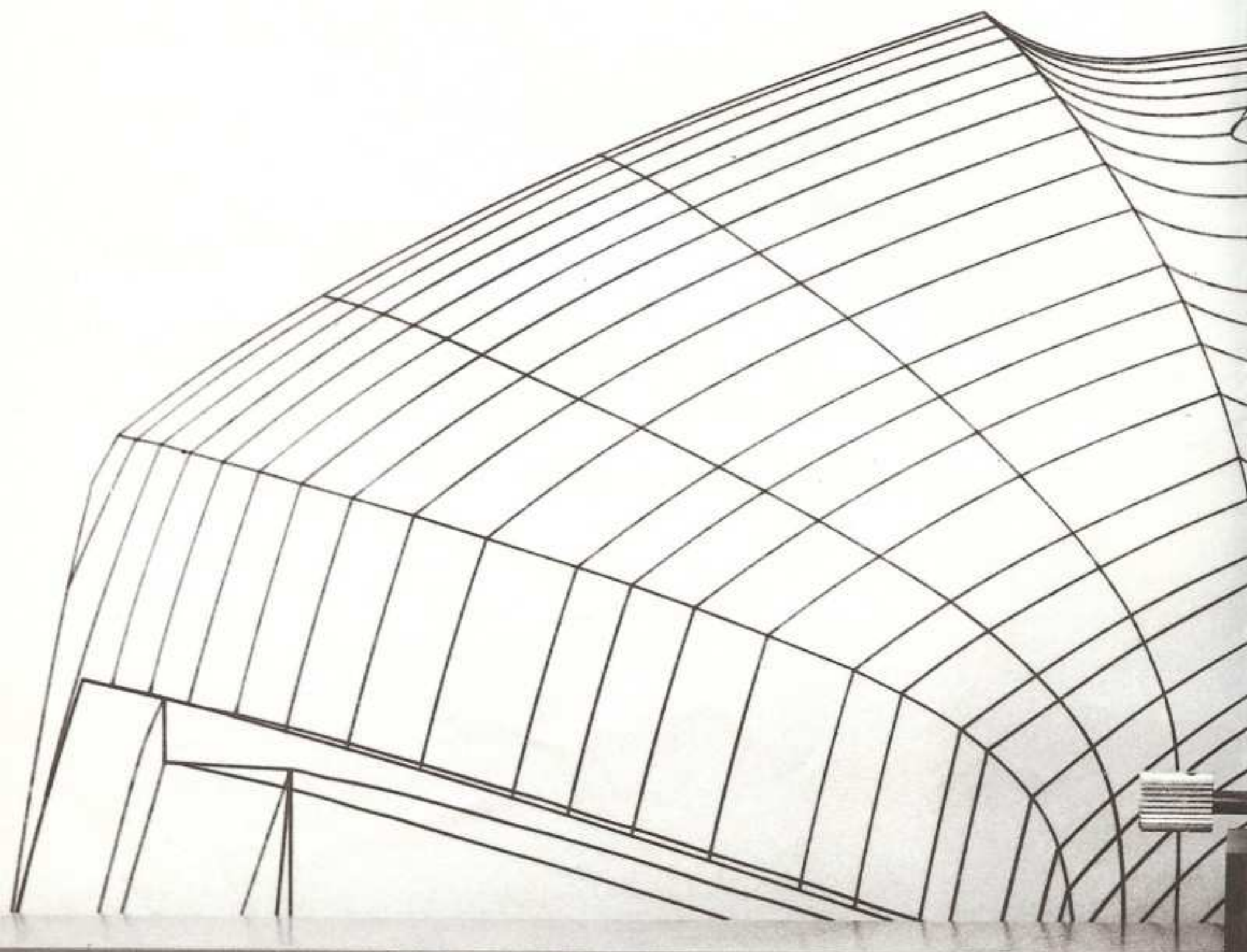
Dabei ist eine Fülle technischer, wirtschaftlicher und gesetzlicher Anforderungen zu berücksichtigen. Zu den technischen Anforderungen gehören Leistung, Drehmoment, Spritzigkeit und Laufkultur, bei den gesetzlichen sind Verbrauch, Abgas und Geräusche zu nennen.

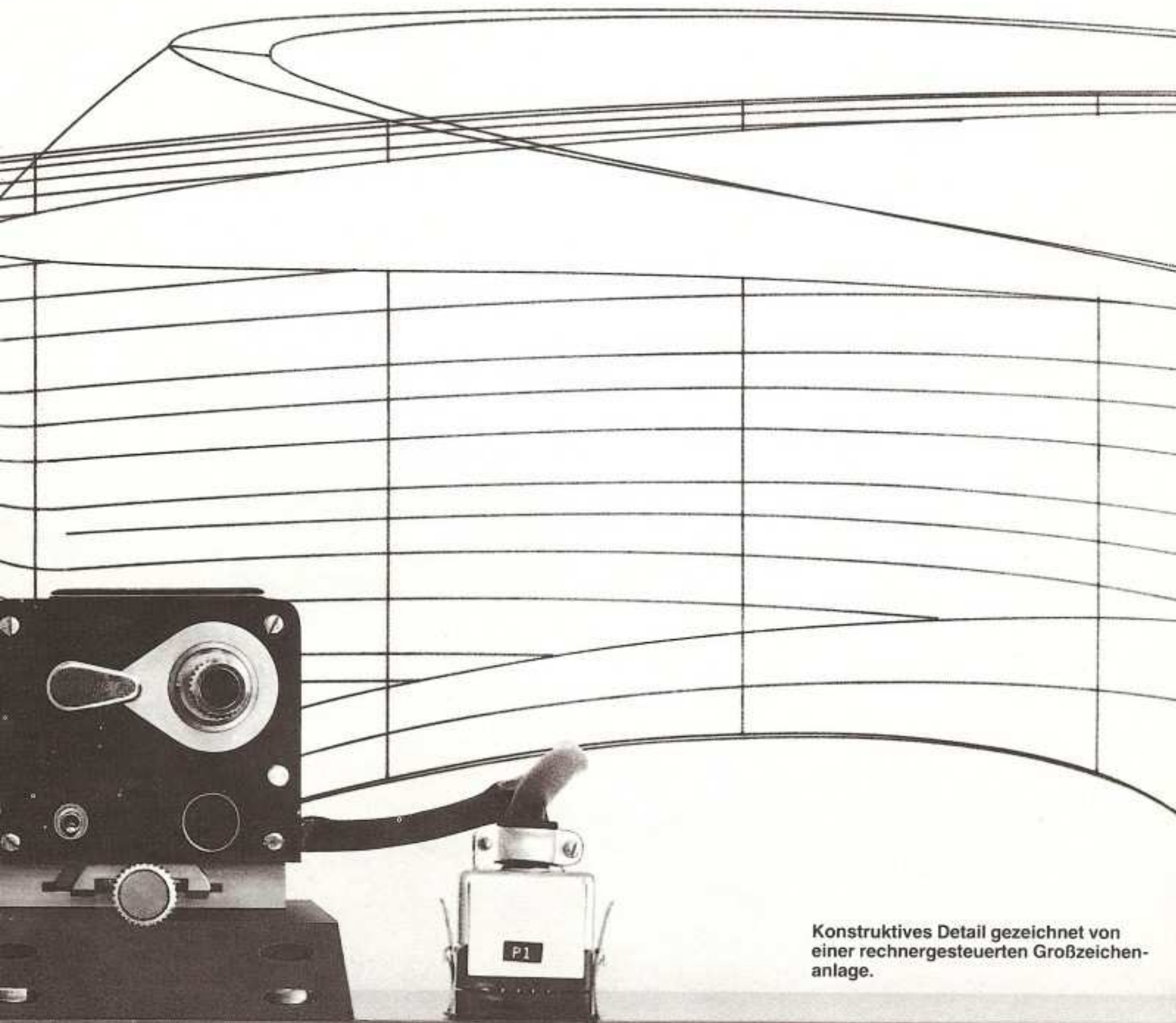
Aufmerksamkeit verdient auch das Zusammenwirken von Motor und Getriebe. Denn der Verbrauch und die Emissionen eines Fahrzeugs werden nicht vom Motor allein bestimmt, sondern ganz wesentlich auch durch die Konzeption des gesamten Antriebsstranges.

So kann der Motor bei gleicher Leistungsabgabe durch die Wahl, Auslegung und Steuerung des Getriebes in unterschiedlich günstigen Bereichen betrieben werden. Dies hat

deutlich Einfluß auf Verbrauch, Geräusch und Abgas, aber auch auf die realisierbare Fahrleistung. Alle diese Größen müssen gleichzeitig unter Berücksichtigung der jeweils zustehenden Bedeutung in einem Optimierungsprozeß, der das gesamte Fahrzeug umschließt, berücksichtigt werden.

Obwohl solche Überlegungen noch ein enormer Entwicklungsaufwand von der Serienreife trennt, zeigen sie jedoch ein interessantes Potential an Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich Verbrauch und Geräusch. Das heute bereits realisierte 5-Gang-Getriebe mit Schongang-Charakteristik ist ein erster Schritt in diese Richtung.





Konstruktives Detail gezeichnet von
einer rechnergesteuerten Großzeichen-
anlage.

Konzept 1: Der BMW Dieselmotor mit Aufladung

Das Grundkonzept

Unbestritten verbrauchsgünstig ist der Dieselmotor. Gerade im Teillastbereich, d.h. im Stadt- und Kurzstreckenverkehr bietet er einen Verbrauchsvorteil bis zu 20% gegenüber herkömmlichen Ottomotoren. Es ist selbstverständlich, daß ein BMW Diesel soviel aktive Sicherheit durch Leistung erzielen muß, wie im Bereich der BMW Fahrzeuge mit Ottomotoren realisiert wird. Diese hohen Leistungswerte könnten bei nicht aufgeladenen Dieselmotoren nur mit einem Hubraum über 3,5 Liter realisiert werden. Ein solcher Motor aber wäre deutlich größer und schwerer als ein leistungsgleicher Ottomotor.

Aus diesen Gründen wurde der BMW Dieselmotor (1) in die BMW Reihen-6-Zylinder-Baureihe mit 2,0 bis 2,3 l Hubraum integriert und von Anfang an als Auflademotor ausgelegt (2). Das ergibt als Gesamtkonzept einen besonders leichten, leistungsfähigen, kultivierten und verbrauchsgünstigen Dieselmotor, der ganz speziell auf den Einsatz in einem BMW zugeschnitten ist.

Der Motoraufbau:

Auf 2,4 Liter erhöhter Hubraum. Kurbelwelle mit vergrößertem Hub: für das Dieserverfahren günstigere langhubigere Ausführung. Zylinderkopf mit ebenem Boden und parallel stehenden Ventilen. Antrieb der Nockenwelle und Einspritzpumpe über Zahnriemen. Einspritzpumpe als Verteilerpumpe mit ladedruckabhängiger Vollastmengen-Anpassung. Abgas-

krümmer zweiflutig: hohe Energieausnutzung im Abgasturbolader. Verdichtungsverhältnis für guten Kaltstart 23:1. Wirbelkammer-Verfahren: Günstige Kombination zwischen Kraftstoffverbrauch, Schadstoffemissionen und Verbrennungsgeräusch. Aufladung mit zweiflutigen Abgaskrümmern und abgasseitiger Regelung. Dadurch hohe Energieausnutzung im Abgasturbolader und so sehr gutes Beschleunigungsverhalten.

Über eine Bypass-Regelung kann der Ladedruck nach Erreichen seines Sollwertes konstant gehalten werden. Durch die Anpassung des Turbinengehäuses und der Steuerzeiten ist dann ein gutes Drehmoment im unteren Drehzahlbereich erzielbar.

Die Ergebnisse.

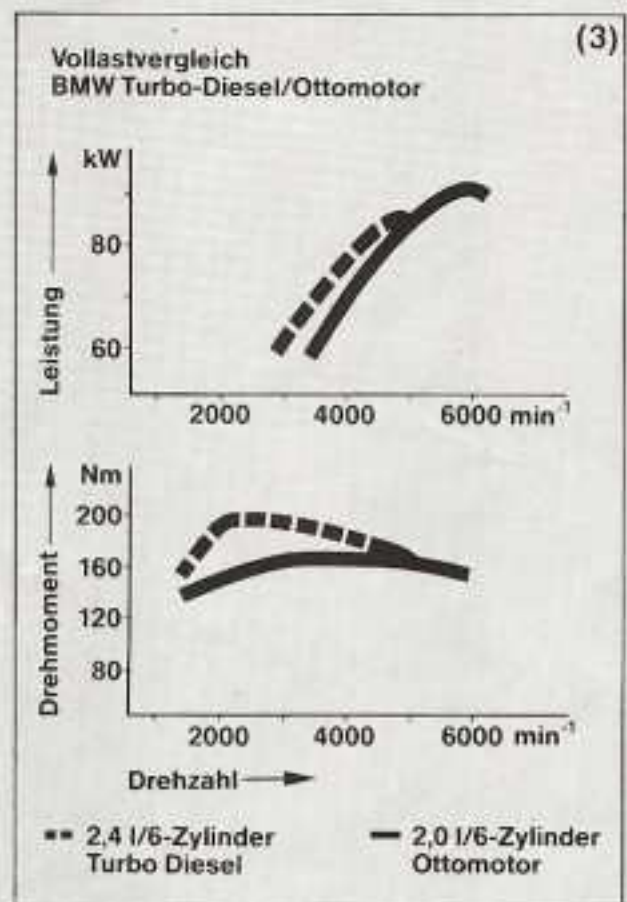
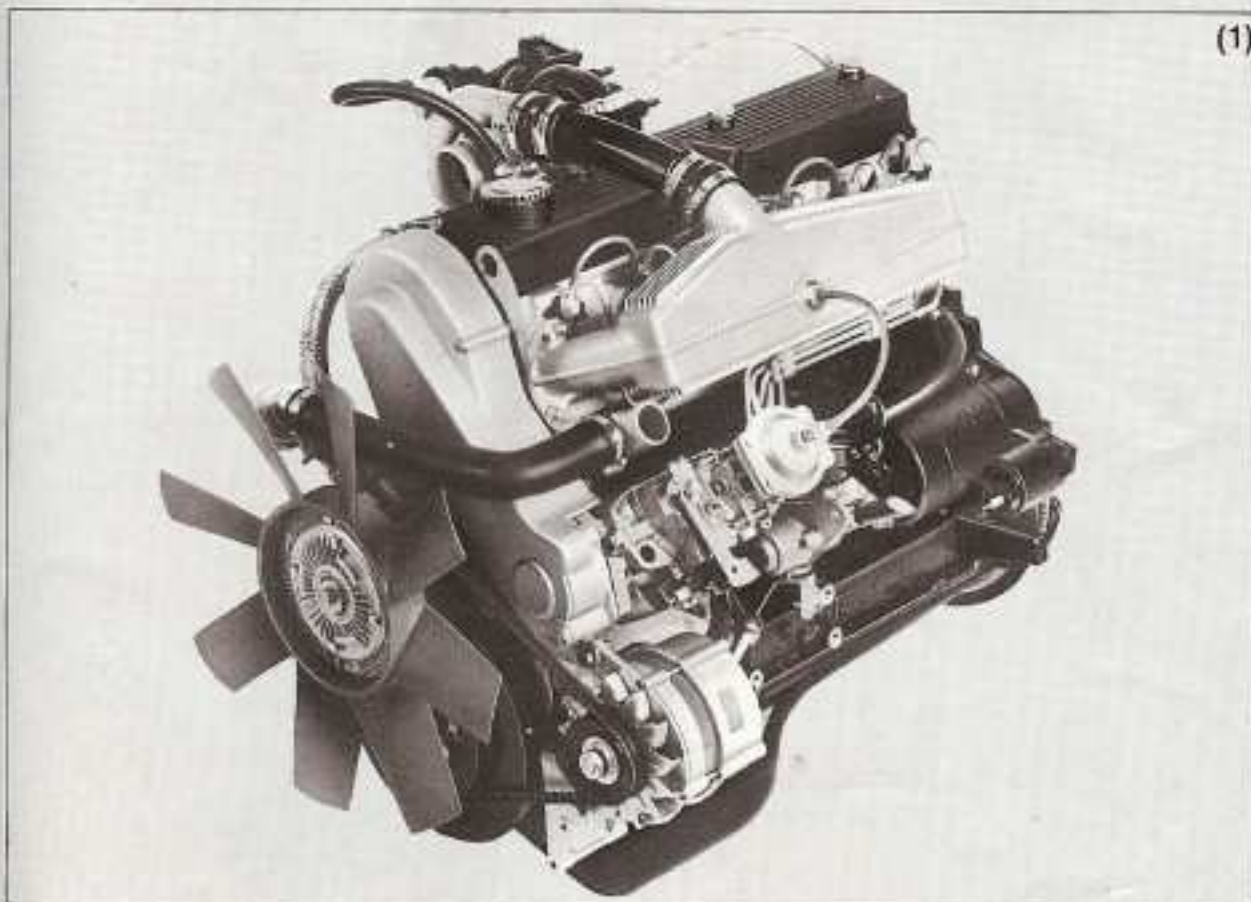
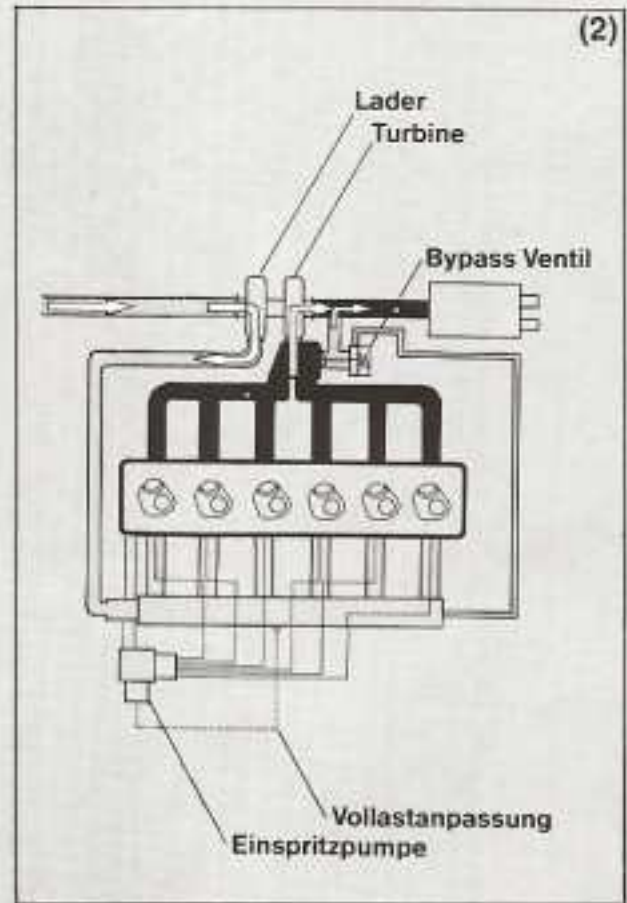
Die heute vorhandenen produktionsreif entwickelten Versuchsmotoren erreichen eine Leistung von 85 DIN kW (115 PS) bei 5000/min und ein Drehmoment von etwa 190 Nm bei 2500/min. Das Motorgewicht liegt bei ca. 185 kg. Die Drehmomentkurve liegt deutlich über der des Ottomotors (3). Aus den Drehmoment- und Leistungsdaten ist zu entnehmen, daß der BMW Diesel mit Aufladung fast gleich gute Fahrleistungen wie ein BMW mit 2,0 l Reihen-6-Zylinder Ottomotor aufweist. Als Reihen-6-Zylinder Dieselmotor mit Abgas-Aufladung erweist er sich als kultiviertes und sehr leistungsfähiges Aggregat.

Auch bei derart guten Fahrleistungen kann ein verbrauchsgünstiges Konzept dargestellt werden. So liegt der Teillastverbrauch um ca. 20% unter den Werten eines entsprechenden Fahrzeugs mit Ottomotor. Bei

Vollast gleichen sich die Verbrauchswerte von Diesel- und Ottomotor an.

Auch beim Diesel wollen wir ausgetretene Pfade verlassen.

Eine weitere Diesel-Alternative wird zur Zeit gemeinsam mit der Steyr Daimler Puch AG untersucht. Dieser Motor soll zeigen, ob weitere Fortschritte besonders beim Kraftstoffverbrauch und der Geräuschabstrahlung unter Berücksichtigung schärfster Abgasgesetze möglich sind. Dazu wird der Motor mit der grundsätzlich verbrauchsgünstigen Direkteinspritzung und einer integrierten Kapselung ausgeführt. Wir gehen davon aus, daß mit diesem Konzept eine neue Dieselmotor-Generation geschaffen wird.



Konzept 2: Der BMW ETA-Motor.

Die Verbrauchsunterschiede zwischen herkömmlichem Otto- und Dieselmotor haben im wesentlichen folgende Ursachen:

Der Ottomotor weist einen ungünstigeren Wirkungsgrad als der Dieselmotor auf, wegen

- des relativ niedrigen Verdichtungsverhältnisses
- der Drosselverluste im Teillastbetrieb aufgrund des üblichen Lastregelverfahrens.

Der Ottomotor hat zusätzlich ein etwa zehnprozentiges Verbrauchshandicap, da ein Liter Ottokraftstoff etwa 10% weniger Energie enthält als ein Liter Dieselmotor.

Bei den Wirkungsgrad-Nachteilen des Ottomotors dominieren die Drosselverluste im niederen Lastbereich, weshalb der Verbrauchsunterschied Otto-Diesel hauptsächlich im Stadt- und Kurzstreckenverkehr zustandekommt. Bei höherer Motorbelastung im Überland- oder Autobahnverkehr schrumpfen die Unterschiede weitgehend zusammen.

Ziel des BMW Konzeptes ist es, die angeführten Wirkungsgradnachteile des Ottomotors soweit wie möglich zu beseitigen, ohne auf die bekannten Ottomotor-Vorteile zu verzichten.

Dazu werden im wirkungsgradoptimierten BMW Ottomotor folgende Maßnahmen zusammengefaßt:

- Verbesserung des Verbrennungswirkungsgrades durch eine optimierte Brennraumform in Verbindung mit einem deutlich erhöhten Verdichtungsverhältnis.
- Verringerung der Drosselverluste durch Verschiebung der Betriebs-

punkte aus einem Bereich relativ hoher Drehzahl und niedriger (also gedrosselter) Last in einen Bereich niedriger Drehzahl und hoher (also weniger gedrosselter) Last (4).

- Erhöhung des Drehmoments bei niederen und mittleren Drehzahlen zur Aufrechterhaltung des Zugkraftüberschusses für die Fahrzeugbeschleunigung. Dies wird durch eine Hubraumerhöhung in Verbindung mit geeigneten Maßnahmen an den Ladungswechsel-Organen (Saugrohr, Ventil-Steuerzeiten, Auspuffanlage) realisiert (5).

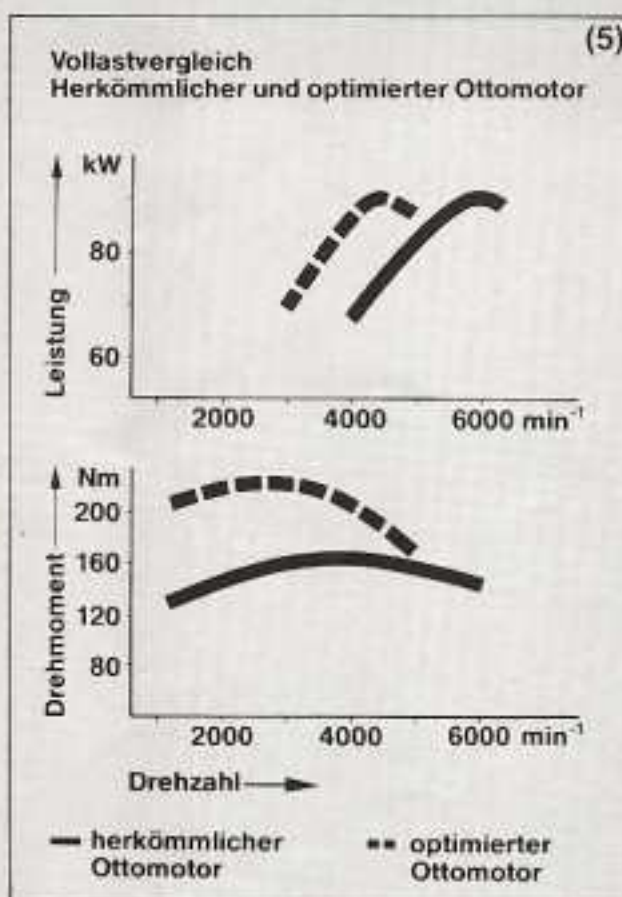
Die Summe der im BMW ETA-Motor enthaltenen Maßnahmen zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs reduzieren diesen im gemischten Fahrbetrieb im Vergleich zu einem Fahrwerkskonzept herkömmlicher Auslegung um etwa 15%. Gegenüber dem Dieselmotor wird damit der Verbrauchsnachteil des herkömmlichen Ottomotors zum großen Teil abgebaut. Gleichzeitig bleiben die klassischen Ottomotor-Vorteile bezüglich Startverhalten, Geräuschemission, Geruchsemission usw. erhalten.

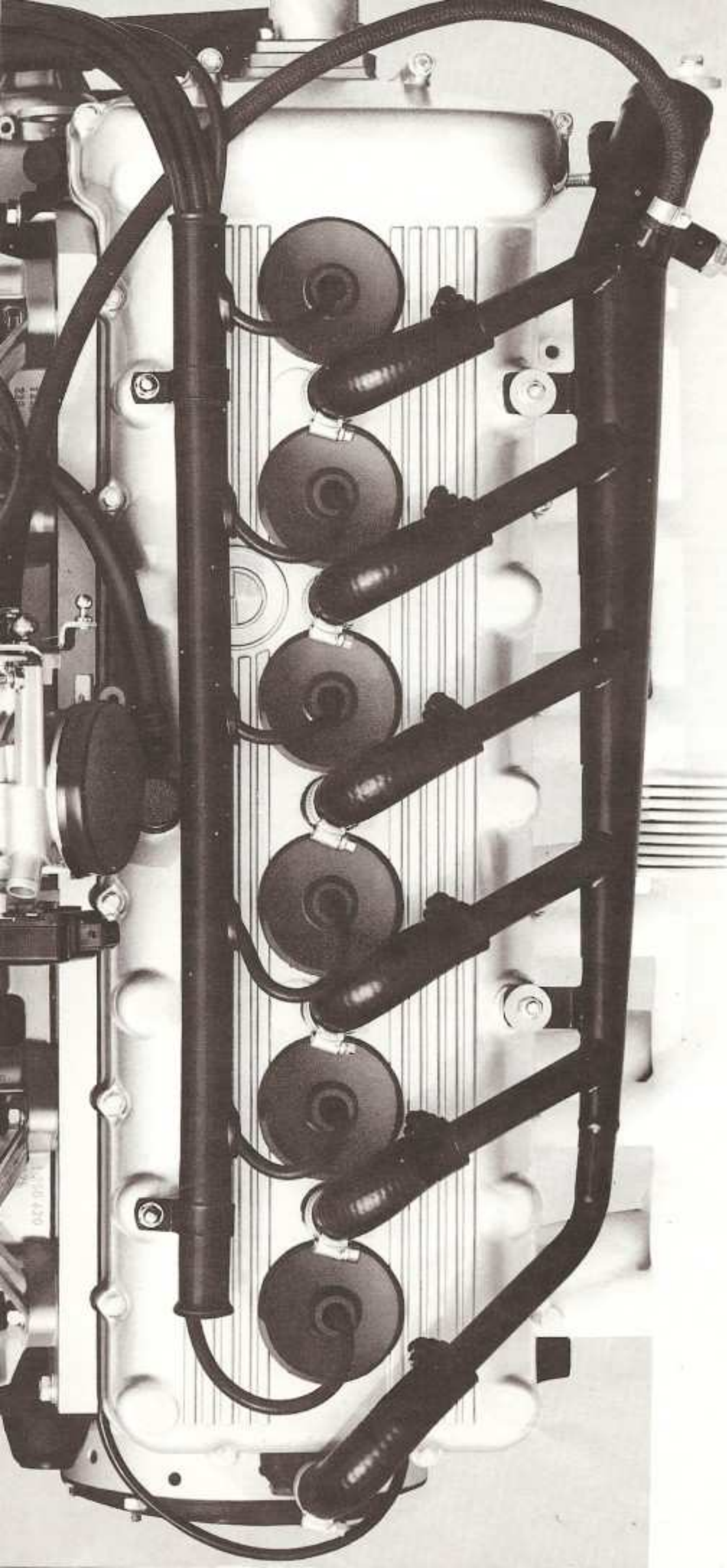
Für die Realisation dieses Konzeptes erscheint uns der 6-Zylinder-Reihenmotor besonders geeignet, da sich seine Qualitäten auch im hier häufiger anfallenden Betriebsbereich sehr niedriger Drehzahlen und gleichzeitig hoher Lasten besonders positiv bemerkbar machen.

Der Zusatz-Aufwand für den wirkungsgradoptimierten BMW Ottomotor beschränkt sich im wesentlichen auf die Hubraumerhöhung. Wie die BMW Untersuchungen zeigen, führt diese richtig eingesetzte Hubraumerhöhung, eingebettet in dadurch mögliche Zusatzmaßnahmen, zu einem besseren

Gesamtergebnis als die konventionelle Auslegung.

Die Gesetzgebung sollte die durch das BMW ETA-Konzept mögliche Verbrauchsverbesserung durch Abkehr von der unzeitgemäßen Hubraum-Besteuerung bzw. -Begrenzung erleichtern.





Konzept 3: BMW Forschungsmotor.

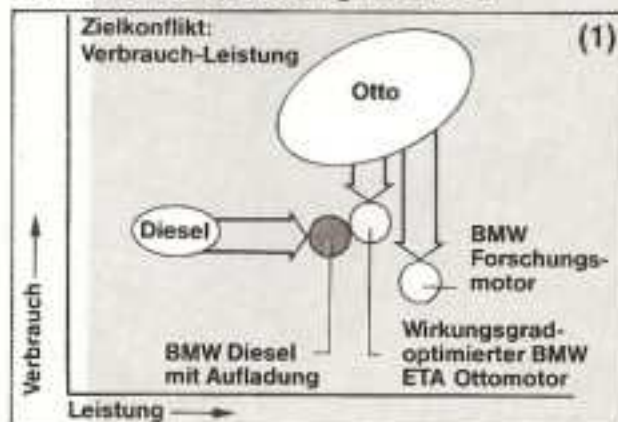
Konventionelle Otto- und Dieselfahrzeuge zeigen zwei charakteristische Unterschiede: das Dieselskonzept ermöglicht hervorragende Kraftstoff-Verbräuche, der Ottomotor hingegen beherrscht klar das Feld, geht es um die Frage der den Pkw-Bau so wesentlich mitbestimmenden spezifischen Leistung. Daraus entsteht der Wunsch, die Verbräuche des Dieselmotors auch mit Ottomotoren zu erreichen, ohne viel von der einmal erworbenen Leistungsdichte des Ottomotors aufgeben zu müssen. Auf der anderen Seite werden erhebliche Anstrengungen unternommen, dem Diesel zu einer höheren Leistungsausbeute zu verhelfen, ohne seine sprichwörtliche Wirtschaftlichkeit zu opfern.

„Verbrauch“ und „Leistung“ stellen also einen Zielkonflikt dar, dem es auszuweichen gilt. Durch konventionelle Abstimmungsarbeiten ist dies nicht mehr möglich; neu durchdachte Gesamtkonzepte müssen entwickelt werden (1).

Ein solches neuartiges Konzept stellt zum Beispiel der turboladene BMW Diesel dar: Er realisiert Leistungen auf Otto-Niveau mit der bekannten Wirtschaftlichkeit eines Diesels. Auch das Konzept des BMW ETA-Motors ermöglicht den Ausbruch aus dem scheinbar festgeschriebenen Zusammenhang zwischen Leistung und Verbrauch.

Es stellt sich jedoch die Frage: Gibt es noch weitere, noch unkonventionellere Maßnahmen, den Kraftstoffverbrauch wesentlich abzusenken, gleichzeitig jedoch die BMW typischen Leistungen beizubehalten?

Dabei ist vor allem dem Teillastbereich Beachtung zu schenken, da es ja gerade die niedrigen Lasten und Drehzahlen im Stadtverkehr sind, die den Verbrauch prägen. Von besonderem Interesse ist die Verlustarbeit, die wegen der Drosselung des Ottomotors im unteren Lastbereich aufgebracht werden muß; sie ist vom Kolben beim Ansaugen gegen den Saugrohrunterdruck zu verrichten. Diese Drosselung bedeutet allein einen Mehraufwand an Kraftstoff von 20 bis 25%. Eine Verbrauchsverbesserung in dieser



Größenordnung wäre also dann realisierbar, wenn es gelingt, einen Ottomotor ungedrosselt im Teillastgebiet zu betreiben.

Wie könnte nun ein Ottomotor aussehen, der zur Lastregelung nicht gedrosselt werden muß?

Als eindeutige Favoriten haben sich hier die sogenannten Abschaltverfahren herausgestellt, was die damit erzielbaren Verbrauchsverbesserungen betrifft. Wegen der beachtlichen erreichbaren Vorteile werden diese BMW Arbeiten auch vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.

Der Fortschritt hat ein neues Konzept: Teillast-Zylinderabschaltung.

Im Stadtverkehr, wenn der Motor in Teillast betrieben wird, werden über große Fahrstrecken hinweg oft nicht mehr als 10 bis 20% der Motornennleistung benötigt. Es liegt nahe, dafür nur so wenig Zylinder einzusetzen, wie zur Abdeckung der Leistungsanforderung gerade benötigt werden.

Dies hätte zwei Vorteile:

- Die gezündeten Zylinder müßten voll mit Frischgas gefüllt, d.h. nur wenig gedrosselt werden.
- Die höhere Energie-Umsetzung im Einzelzylinder verbessert den Verbrennungs-Wirkungsgrad.

Die einfachste Lösung für ein Ab- und Zuschalten von einzelnen Zylindern im Betrieb wäre, die Kraftstoffzufuhr zu diesen Zylindern zu unterbrechen; was besonders problemlos bei Einspritzanlagen erfolgen kann.

Die Drosselklappe müßte entsprechend geöffnet werden, um mit der nun geringeren Anzahl der gezündeten Zylinder die nötige Leistung zur Verfügung zu stellen. Daraus resultiert der gewünschte Verbrauchsvorteil. Ein solches Verfahren hätte jedoch den Nachteil, daß auch die abgeschalteten Zylinder mitgeschleppt werden müssen und sogar noch gegen den – wenn auch verringerten – Saugrohrunterdruck ansaugen müssen; dies kostet unnötig Arbeit und damit Kraftstoff.

Die BMW Lösung für diesen Konflikt:

Damit die von der Kraftstoffversorgung abgetrennten Zylinder nicht gegen den Saugrohrunterdruck an-

saugen müssen, werden diese Saugrohre belüftet, d.h. sie können unge-drosselte Umgebungsluft ansaugen. Noch besser, als Frischluft durch die ungezündeten Zylinder zu fördern, ist es allerdings, sie mit Abgas zu spülen. So werden sie auf Betriebstemperatur gehalten und damit ein Anstieg der Reibleistung und des Verschleißes verhindert.

Unsere Versuche zeigten, daß am Reihen-6-Zylinder-Motor die Abschaltung von drei Zylindern als Gruppe sinnvoll ist. Einzelabschaltungen steigern den Schaltungsaufwand und erhöhen die schädlichen Abgasemissionen, bringen jedoch nur wenig mehr zusätzlichen Verbrauchsgewinn. Bei Abschaltung von drei Zylindern zeigen die BMW Reihen-6-Zylinder-Motoren ein erstaunlich gutes Laufverhalten. Ursache ist der unverändert vorhandene vollständige Massenausgleich und die Möglichkeit zu symmetrischem Zündabstand auch an drei Zylindern.

Eine elektronische Steuerung übernimmt das Erkennen, wann umgeschaltet werden soll. Sie sorgt außerdem für eine kontinuierliche Überführung des einen Betriebsfalles in den anderen, so daß der Fahrer vom Umschaltvorgang nicht mehr merkt als z.B. beim Zuschalten der zweiten Stufe eines Registervergasers.

Wir gehen beim Fortschritt über morgen hinaus.

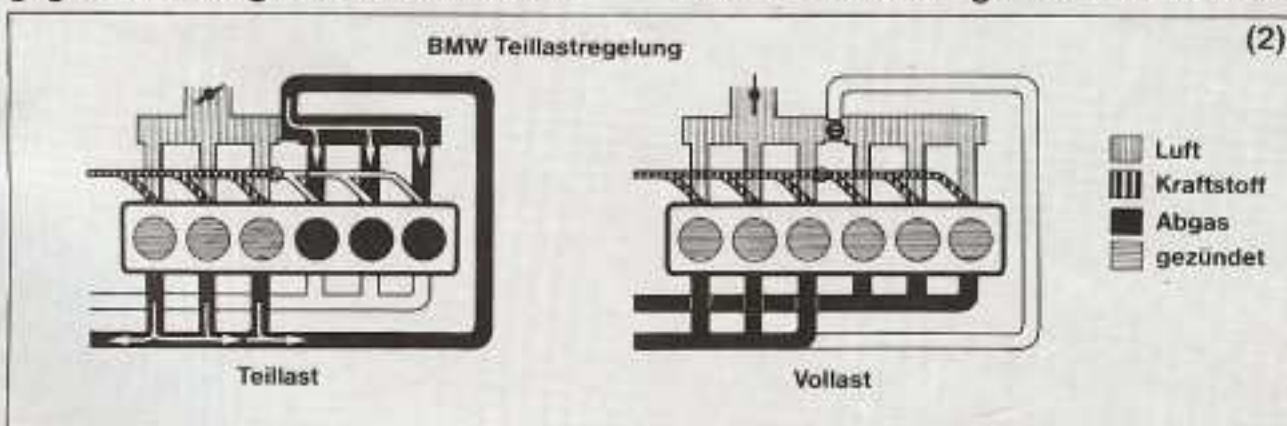
Um jedoch sogar die Grenzen des Machbaren auszuloten, ging die Motorenentwicklung von BMW noch einen Schritt weiter. Es sollte dem Abgas nicht nur Wärme zum Heißhalten der abgeschalteten Zylinder entzogen werden; denn das Abgas enthält zusätzlich Druckenergie, die üblicherweise beim Öffnen des Auslaßventiles nutzlos verpufft. In einer Maschine könnte diese Energie sinnvoll genutzt und dem Fahrzeugantrieb zur Verfügung gestellt werden. Bei der BMW Zylinderabschaltung steht diese benötigte Maschine in Form der abgeschalteten Zylinder kostenlos zur Verfügung; sie wird sogar bereits mit Abgas beschickt. Man muß also verhindern, daß die Druckenergie beim Öffnen des

Auslaßventils verpufft. Dazu entnimmt man kurz vorher über ein sogenanntes Vorauslaßventil diesen hohen Druck und treibt damit die stillgelegten Zylinder. So gibt auch das Abgas Leistung ab und entlastet damit die anderen Zylinder; dies spart in der Summe bis zu 30% Kraftstoff.

Das Konzept der BMW Zylinderabschaltung (2), an dem BMW unter Förderung des BMFT weiterentwickelt, sieht also vor:

- eine Kraftstoffabschaltung drei von sechs Zylindern im Teillastgebiet
- eine Abgasspülung der stillgelegten Zylinder
- eine elektronische, vollautomatische Steuerung der Funktionen.

Damit kann der wesentliche Nachteil des Ottomotors gegenüber dem Dieselmotor – nämlich die Drosselung – vermieden und auch bei niedriger Last ein hoher Verbrennungs-Wirkungsgrad erreicht werden. Einfach ausgedrückt erhalten wir durch dieses Verfahren einen in Vollastleistung und Laufkultur unverwechselbaren BMW 6-Zylinder mit dem Verbrauch eines modernen Dieselfahrzeugs im Teillastgebiet.



Hochleistung – wirtschaftlich gemacht: Votum für das Wesentliche.

Die wachsenden Probleme des Straßenverkehrs lassen sich nicht mit Optimismus meistern, sondern nur mit besserer Technik. Fahrvorschriften können diese bessere Technik nicht ersetzen.

Ein nicht perfekt konstruiertes, leistungsschwaches Automobil wird nicht sicherer, wenn es in langsamen Geschwindigkeitsbereichen bewegt wird. Denn auch unter 100 km/h auf einer Bundesstraße sind Überholmanöver um so verkehrsgerechter und risikoloser durchzuführen, je mehr Leistungsfähigkeit das Triebwerk dem Fahrer zur Verfügung stellt. Und ein zu billig gebautes Fahrwerk z. B. kann unter ungünstigen Umständen schon bei 50 km/h den Kontakt zur Straße verlieren. Mangelndes Vertrauen der Fahrer derartiger Automobile in die Technik ihrer Fahrzeuge führt zur Nervosität und Verkrampfung, die vorhandene Unsicherheiten weiter steigern.

Der Verzicht auf Leistungsfähigkeit ist kein Mittel zur Bewältigung von Problemen. Schon gar nicht beim Automobil. Automobile von BMW sind immer so gebaut, daß ihre Technik den Bedingungen des Verkehrs unter allen Umständen überlegen ist. Dadurch können ihre Fahrer unbelastet reagieren. Und ebenso beweglich wie verantwortungsbewußt agieren. BMW Fahrer können dadurch einfacher Umsicht bewahren, Rücksicht nehmen und Vorsicht üben. Die Technik ihres Automobils verlangt keine Nachsicht.

Die BMW typische Leistungsfähigkeit ist zwar eine Möglichkeit, hohe Reisedurchschnitte zu erreichen. Die überzeugendste Probefahrt aber macht man in einem BMW z. B. auf einer stark befahrenen Bundesstraße, bei Geschwindigkeiten unter 100 km/h. Hier zeigt sich, welchen faszinierenden Komfort und welches Gefühl der Sicherheit die hohe Leistungsfähigkeit und der spezifische Drehmomentverlauf eines BMW Triebwerks bieten. Was also bleibt übrig von hoher Leistung, wenn man sie nicht für Spitzengeschwindigkeiten benutzt? Ganz einfach: das Wesentliche.

Prüfen Sie Ihr Zeitgefühl.

Immer dann, wenn veränderte Umweltbedingungen ein schärferes Bewußtsein produzieren und zu kritischeren Einstellungen führen, ist in allen Lebensbereichen ein spürbarer Zug von der Quantität zur Qualität feststellbar. Und beim Automobil setzen sich statt der klassischen Merkmale steigender Konsumwünsche – mehr Masse und Eindruck – die Vorstellungen der Individualisten durch: nicht möglichst viel Auto fürs Geld, sondern lieber besser statt länger und breiter. Ökonomisches Denken hat keinen Platz für Verschwendung.

Kommen Sie unter das gemeinsame Dach eines zukunftssicheren, weil intelligenten Spitzenklasse-Konzeptes: BMW.

Denn nur eine Form von Luxus hat Zukunft: Jene, die durch Intelligenz lebensfähig gemacht worden ist.