

# Der Vierzylinder-Turbodieselmotor für den Volkswagen-Transporter

## The Four-Cylinder Turbo Diesel Engine for the Volkswagen Van

### Zusammenfassung

Die Dieselmotorisierung des Volkswagen-Transporters wird durch den neuen Turbo-Dieselmotor mit einer Nennleistung von 51 kW und einem Hubraum von 1,6 l vervollständigt. Die Schwerpunkte der Entwicklung für den transporterspezifischen Einbau werden beschrieben. Durch einen neuen Turboladertyp kann die Drehmomentencharakteristik auch bei niedrigen Drehzahlen gegenüber dem Saugdieselmotor signifikant angehoben werden. Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch werden in Tafel 1 angegeben.

### Summary

The availability of diesel engines for the Volkswagen Van is now complete with the new 4-cylinder turbo diesel engine having a rated output of 51 kW and a displacement volume of 1.6 liters, Figure 3. The highlights of the development work specifically aimed at engine installation in the Van, Figure 2, are described in this article. Due to the application of a new turbocharger model, the engine's torque characteristic at low speeds was significantly increased in comparison with the naturally aspirated diesel. Performance and fuel consumption are summarized in Table 1.

VW-Dieselmotorvarianten		Fahrzeugtyp		Einsatz und Angebot				
4 Zyl.	1.5	37 kW D	PKW	1976	1977	1978	1979	1980
		40 kW D	PKW	1976	1977	1978	1979	1980
	1.6	37 kW D	Transporter	1976	1977	1978	1979	1980
		51 kW TD	PKW	1976	1977	1978	1979	1980
		51 kW TD	Transporter	1976	1977	1978	1979	1980
5 Zyl.	2.0	51 kW D	PKW	1976	1977	1978	1979	1980
		64 kW TD	PKW	1976	1977	1978	1979	1980
6 Zyl.	2.4	55 kW D	LT	1976	1977	1978	1979	1980
		75 kW TD	LT	1976	1977	1978	1979	1980

Bild 1: Dieselmotorisierungen in Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen

Fig. 1: Availability of diesel engines for line of passenger cars and light trucks

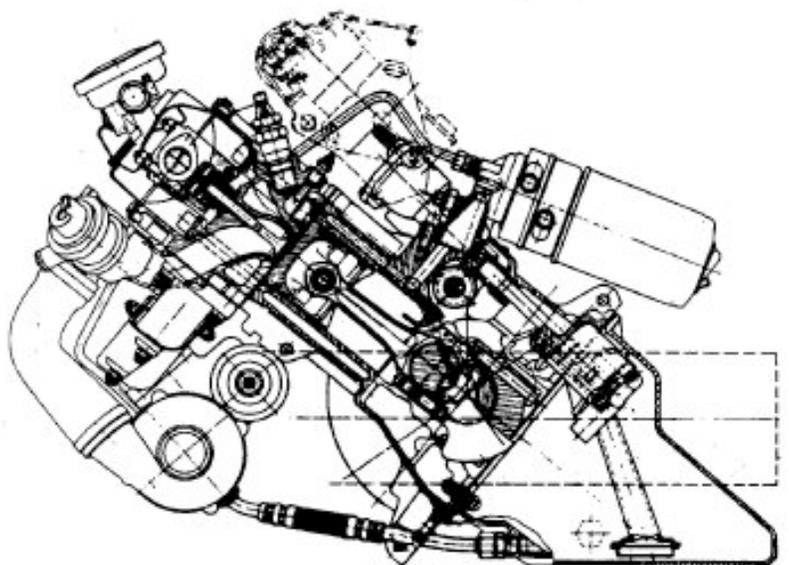
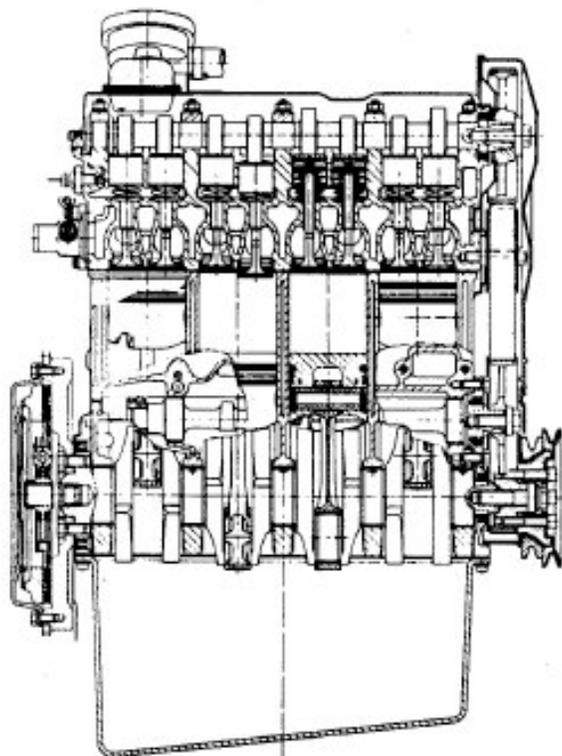


Bild 2: Längs- und Querschnitt des Vierzylinder-Turbodieselmotors von VW

Fig. 2: Longitudinal and sectional views of VW's 4-cylinder turbo diesel engine

### 1 Einleitung

Seit der Einführung des Vierzylinder-Saugdieselmotors im Herbst 1976 wurde die Dieselmotoren-Baureihe von Volkswagen systematisch auf Fünf- und Sechszylindermotoren erweitert und dann in der Folge durch die turbogeladenen Versionen ergänzt. Die entsprechenden Entwicklungen wurden von Hofbauer [1] und Brandstetter/Dziggel [2, 3] beschrieben.

Die Dieselmotorisierung des Volkswagen-Transporters bestand bisher nur aus einem Vierzylinder-Saugdieselmotor, über den in [4] berichtet wurde. Mit dem aufgeladenen Motor im Transporter vervollständigt Volkswagen die Turbodieselapplikation in seinem Personen- und Nutzfahrzeugprogramm. Die nach dem Baukastenprinzip konzipierte Baureihe verwendet einen größtmöglichen Gleichteileumfang, berücksichtigt jedoch nutzfahrzeug- und turbospezifische Anforderungen. In Bild 1 sind die Einsatztermine, bezogen auf den jeweiligen Fahrzeugtyp, zusammengestellt.

Basis für den Einbau ist der transporterspezifische Vierzylinder-Saugdieselmotor mit einem Hubraum von 400 cm<sup>3</sup>/Zyl. in Kombination mit Bauteilumfängen, die weitestgehend von den Serien Pkw-Turbo-Dieselmotoren abgeleitet wurden.

Hervorzuheben ist ein neuer Turboladertyp, mit dem bereits bei niedrigen Drehzahlen ein hohes Drehmoment erzielt wird, eine für den Nutzfahrzeugbetrieb besonders wichtige Eigenschaft. Mit dem

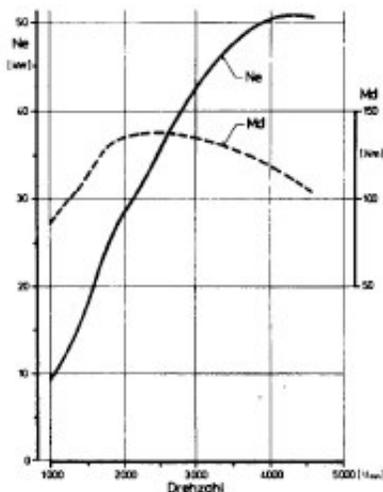


Bild 3: Leistung- und Drehmomentverlauf  
Fig. 3: Curves of engine power and torque

leistungsstärkeren Dieselmotor werden neben den wassergekühlten Ottomotoren gesteigerte Anforderungen an die Fahrleistung bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit erfüllt.

Im Rahmen dieser Entwicklung wurden für den Volkswagen-Transporter die Nebenantriebe für Dieselmotoren neu konzipiert, um dem ständig zunehmenden Bedarf an Sonderfahrzeugen zu entsprechen.

2 Hauptmerkmale des neuen Motors

Der längseingebaute Vierzylinder-Reihenmotor mit einem Hub von 86,4 und einer Bohrung von 76,5 mm hat eine Schräglage von 50° 30' für den Einbau im Fahrzeugheck, Bild 2.

Leistungs- und Drehmomentverlauf sind in Bild 3 dargestellt. Die Nennleistung von 51 kW (70 PS) wird bei 4500/min erreicht. Das max. Drehmoment von 138 Nm liegt bei 2500/min. Die gegenüber der serienmäßigen Personenwagen-

applikation besonders im unteren Drehzahlbereich verbesserte Drehmomentcharakteristik wird durch den neuen K14-Lader von Kühnle, Kopp & Kausch erreicht. Gegenüber dem K24-Lader wurde der Verdichter geringfügig, die Turbinenseite jedoch grundsätzlich überarbeitet. Hauptänderungen betrafen Abmessungen und Schaufelform sowie eine Korrektur des Turbinengehäuses. Die Lagerung wurde zur Verringerung der Reibleistung optimiert. Zum Abbau von Schwingungsbeschleunigungen an Turbolader und Abgasanlage wurde eine Laderstütze eingeführt.

Hauptbauteil des Einspritzsystems ist die Bosch-Verteiler-Pumpe VE mit neu angepasstem, ladedruckabhängigem Vollstanschlag (LDA), wobei einbaubedingt eine Sonderkonstruktion erforderlich war, Bild 4. Gegenüber der entsprechenden Einspritzpumpe für die Pkw-Motoren wird ein steilerer Nocken mit einer um ca. 15% höheren Fördergeschwindigkeit eingesetzt. Ferner wird die Zapfdüse Typ Bosch DN O SD 293 mit Abspritzdruck 155 bar verwendet. Das Wirbelkammer-Brennverfahren ist identisch mit dem der anderen Turbodieselmotoren. Die Verdichtung beträgt 23:1.

Der erhöhte Luftdurchsatz des Turbodieselmotors erfordert ein vergrößertes Luftfilter, das im Motorraum fahrzeugseitig links angeordnet ist.

2.1 Triebwerk

Maßnahmen für die erhöhte thermische und mechanische Belastung des Motors, wie Deckplattenverstärkung am Kurbelgehäuse, Materialanpassungen für Zylinderkopf, Ventile und Wirbelkammer-einsatz, Bearbeitung der Kurbelwelle, Kolbenkühlung u. v. a., haben bereits in den Pkw-Turbodieselmotoren eingesetzt und sind im Detail in [2] beschrieben.

Wegen der erhöhten Lebensdauieranforderung des leichten Nutzfahrzeugs erhalten die Motoren die Kolbenringbestük-

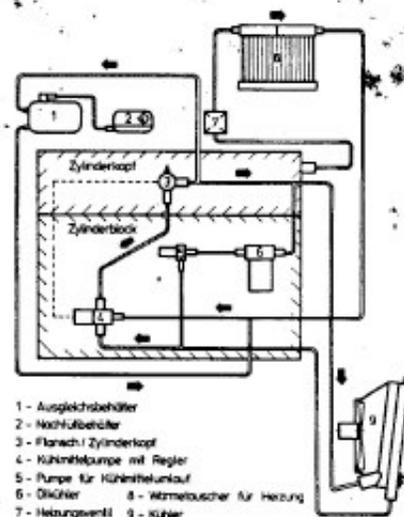


Bild 5: Schema des Kühlmittelkreislaufes  
Fig. 5: Schematic of cooling system

kung des Sechszylinder-Turbodieselmotors [3].

Der in die Riemenscheibe integrierte Schwingungsdämpfer hat eine speziell angepaßte Abstimmung unter besonderer Berücksichtigung der zahlreichen Nebenantriebe.

Der Turbodieselmotor hat eine Kolbenbodenkühlung und wegen der höheren Ölumlaufrmenge eine von 26 auf 30 mm verbreiterte Ölpumpe. Eine verstärkte Kühlung des Schmieröls erfolgt wie beim Saugdieselmotor über den Ölkühler, der mit dem Kühlmittelkreislauf in Verbindung steht. Neben der herkömmlichen Ölkontrolle besitzt der Motor einen zweiten am Ölfilterhalter befestigten Öldruckschalter für das Öldruckwarnsystem. Beim Absinken des Öldrucks unter 0,9 bar wird dies dem Fahrer optisch und akustisch vermittelt. Dieses System wurde von Volkswagen zunächst bei Personenwagen im amerikanischen Markt eingesetzt und hat sich bewährt, da es z. B. bei Unterbefüllung auf

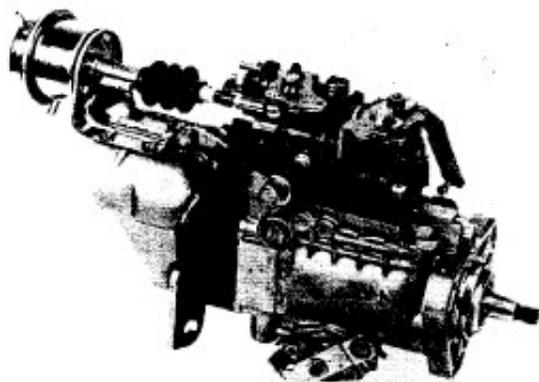


Bild 4: Verteilereinspritzpumpe mit LDA  
Fig. 4: Distributor pump featuring manifold-pressure compensation

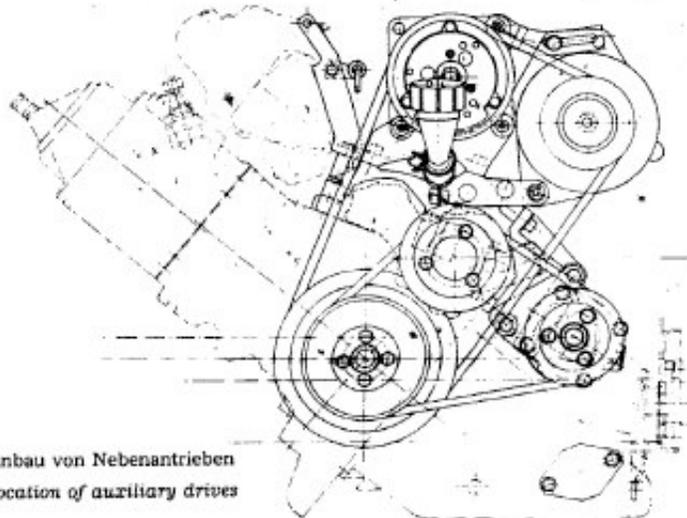


Bild 6: Anbau von Nebenantrieben  
Fig. 6: Location of auxiliary drives

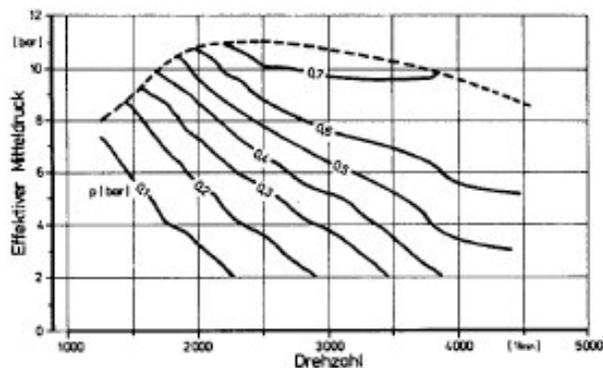


Bild 7: Ladedruck im Motorkennfeld  
Fig. 7: Boost pressure on engine map

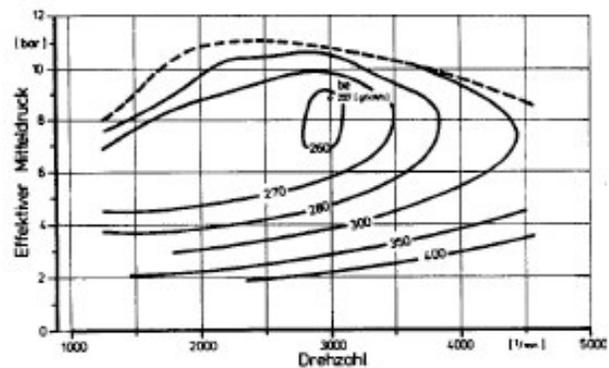


Bild 8: Spezifischer Kraftstoffverbrauch im Motorkennfeld  
Fig. 8: Specific fuel consumption on engine map

ein Öl/Luft-Gemisch anspricht. Die Ölmenge wurde auf 4,5 l angehoben.

2.2 Kühlung

Das Kühlsystem, schematisch dargestellt in Bild 5, wurde vom Saugdieselmotor übernommen und durch eine Reihe von Maßnahmen leistungsfähiger gemacht. Eine Pedalbodenanhebung des Fahrzeugs verbessert die Abströmverhältnisse derart, daß der erhöhte Wärmefall mit gleichem Kühlertyp abgeführt werden kann.

In der Grundausstattung wird ein 200/300-W-Zweistufenlüfter verwendet, Fahrzeuge mit Anhängerkupplung, Klimaanlage oder in der Tropenausführung erhalten einen 200/450-W-Kühlerlüfter.

Da die Nachheizung nach extremer Belastung (Abstellen nach Bergfahrt mit hoher Motorbelastung) sehr hoch sein kann und eine Thermosyphonwirkung wegen des im Fahrzeug vorne liegenden Kühlers unzureichend ist, wird bei abgeschaltetem Motor und einer Kühlmitteltemperatur über 107 °C die elektrische Nachlaufpumpe (Pos. 5 in Bild 5) eingeschaltet. Durch Umwälzung des Kühlmittels im Hauptstrom wird eine im Zylinderkopf örtlich mögliche Dampfblasenbildung vermieden. Die Nachlaufpumpe ist auch bei jedem Startvorgang des Motors eingeschaltet, damit ein Festgehen bei längerem Pumpenstillstand vermieden wird.

Die Kühlmittelschlauchstutzen sind in ihrer Form optimiert. Durch zusätzliche Verwendung von Federbandschellen wird ein alterungsbedingtes Setzen der

Schlauchverbindung auf ein Minimum reduziert.

2.3 Nebenantriebe

Sonderfahrzeuge und Spezialaufbauten gewinnen immer mehr an Bedeutung. Spezifische Anwendungsbeispiele von Nebenantrieben sind:

- Hebebühnen und Steiger, die für Montage-, Reparatur- und Reinigungsarbeiten aller Arten eingesetzt werden, Hochdruckspülwagen und dergl., deren Anlagen über eine am Fahrzeugmotor angebaute und mit einer Magnetkupplung schaltbare Hydraulikpumpe angetrieben werden
- Kühlaufbauten verschiedenster Art, ermöglicht durch den zusätzlich eingebauten Klimakompressor
- Fahrzeuge mit hohem elektrischen Energiebedarf, z. B. für Post- und Fernmeldewesen, für die ein zweiter Generator erforderlich ist und
- Antrieb einer Lenkhilfepumpe zur allgemeinen Erhöhung des Bedienungs- und Fahrkomforts

In Bild 6 ist eine der zahlreichen Nebenantriebskombinationen, nämlich Klimakompressor und Lenkhilfepumpe, dargestellt. Verwendet werden in Zusammenarbeit mit den Keilriemenherstellern neu entwickelte Keilriemen, die durch besonderen Strukturaufbau, Material- und Verarbeitungsqualität wartungsfrei sind.

2.4 Ladedruck und Kraftstoffverbrauch im Kennfeld

Die Entwicklung eines Turboladers mit frühzeitigem Ladedruckaufbau wurde

bereits erwähnt. Das Kennfeld des Ladedrucks ist für den gesamten Betriebsbereich im Motorkennfeld in Bild 7 dargestellt. Vergleicht man beispielsweise den Ladedruck an der Vollast, so stellt sich ein Überdruck von 0,2 bar bei 1450 und von 0,6 bar bei 2000/min ein. Mit dem Typ K24 des gleichen Herstellers würden dieselben Werte erst bei 1800 bzw. über 3000/min erreicht. Wesentlich für die neue Laderentwicklung ist auch das bessere dynamische Ansprechverhalten, das durch ein vermindertes Massenträgheitsmoment des Laufwerks und reduzierte Lagerreibung erreicht wird.

Der spezifische Kraftstoffverbrauch ist in Bild 8 aufgetragen. Das Minimum beträgt 257 g/kWh, jedoch werden in einem großen Teillastbereich Werte unter 270 g/kWh erzielt.

3 Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch mit dem VW-Transporter

Der neue Turbodieselmotor ist mit den verschiedensten Fahrzeugausführungen kombinierbar. In Tafel 1 sind für den VW-Bus bzw. den Transporter mit Kastenaufbau Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch für die beiden Dieselmotorisierungen mit 5-Gang-Getriebe zusammengestellt.

Literaturhinweise

- [1] Hofbauer, P.: Der Dieselmotor für das Kompaktauto VW Golf. MTZ 38 (1977) 6, S. 261, und 7/8, S. 301
- [2] Brandstetter, W. und R. Dziggel: Die Vier- und Fünf-Zylinder-Turbodieselmotoren für VW und Audi. MTZ 43 (1982) 2, S. 45
- [3] Brandstetter, W. und R. Dziggel: Die neue Sechszylinder-Motorenreihe für den Lastentransporter von Volkswagen. ATZ 85 (1983) 4, S. 165
- [4] Steinecke, H. und K. Sator: Der Volkswagen-Transporter mit Dieselmotor. ATZ 93 (1981) 3, S. 113

Anschriften der Verfasser:

Dr. Walter Brandstetter  
Lauenburger Straße 12, 3170 Gifhorn  
Dipl.-Ing. Reiner Dziggel  
Max-Born-Straße 1, 3300 Braunschweig

Tafel 1: Fahrleistungsdaten und Kraftstoffverbrauch nach DIN 70 030 für den Bus/Kastenaufbau (Vergleich 51 kW Turbodiesel mit 37 kW Saugdiesel, beide mit 5-Gang-Getriebe)

Table 1: Performance data and fuel consumption as per DIN 70 030 for the Van (comparison between turbo diesel with 51 kW and naturally aspirated engine with 37 kW, both having 5-speed transmissions)

		Turbodiesel	Saugdiesel
0 ... 80 km/h	s	15.9	25.7
40 ... 80 km/h	s	23.8	35.6
V <sub>max</sub>	km/h	127	110
Stadtzyklus	l/100 km	8.7	9.6
90 km/h	l/100 km	7.9	8.0

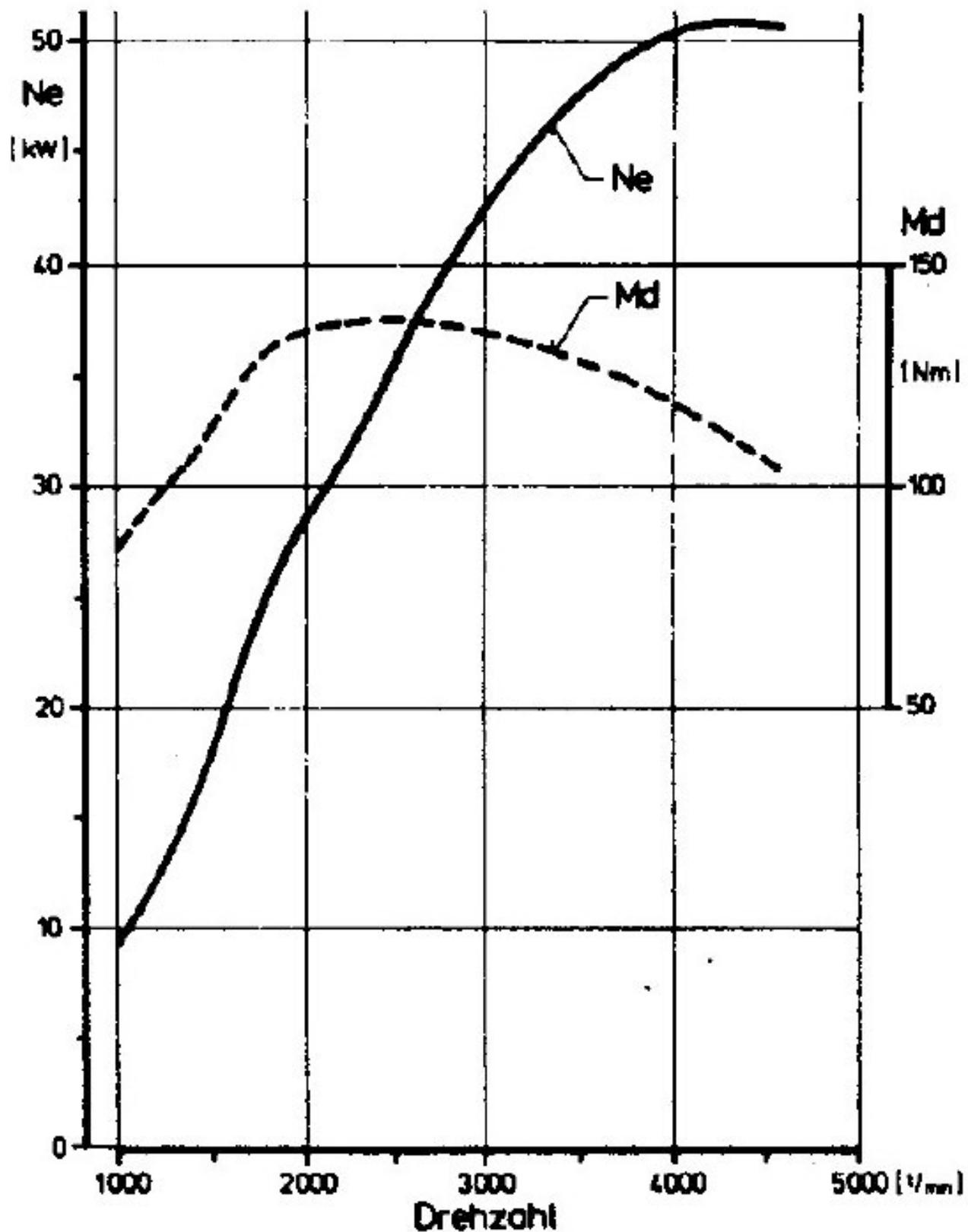
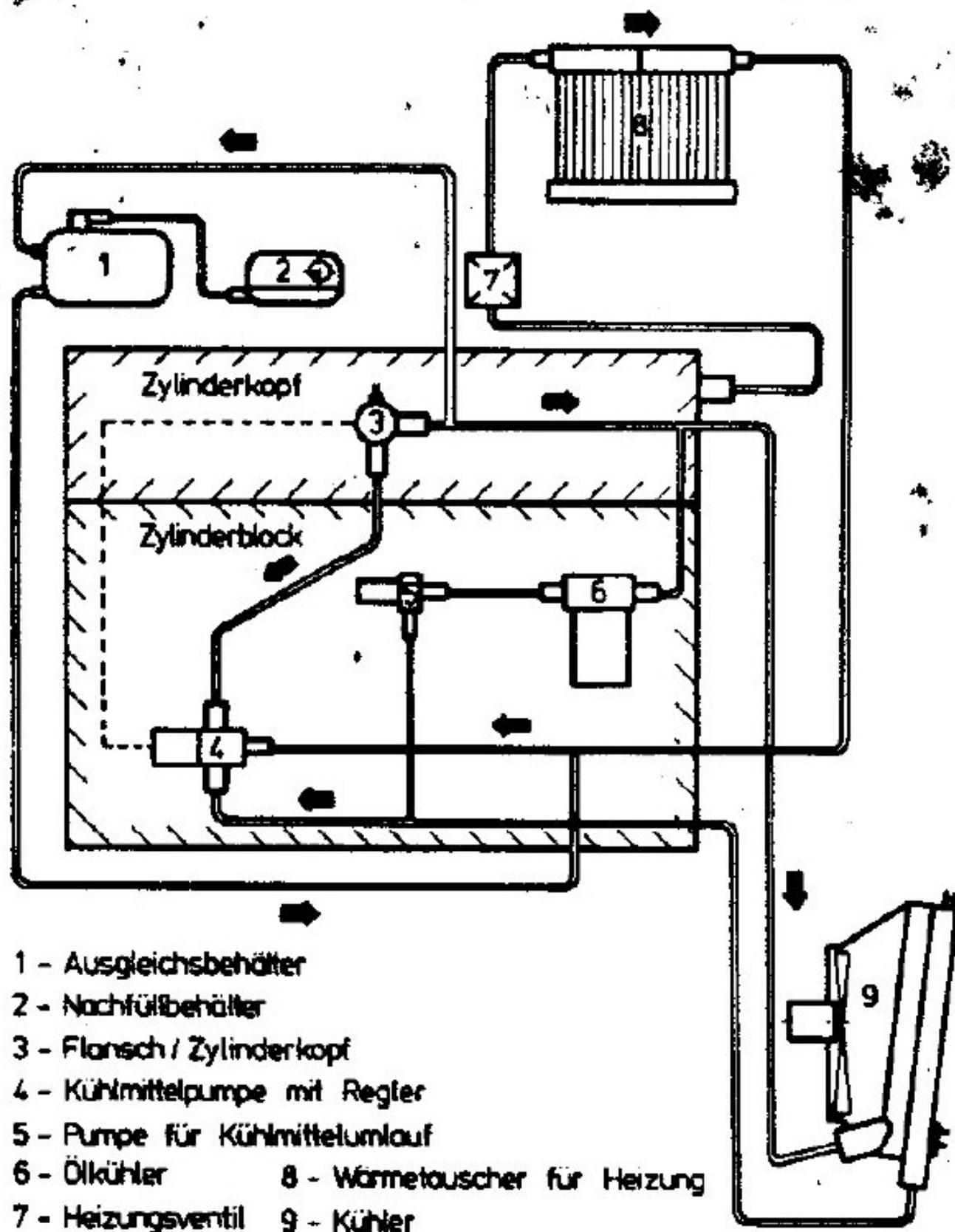


Bild 3: Leistung- und Drehmomentverlauf

Fig. 3: Curves of engine power and torque



**Bild 5: Schema des Kühlmittelkreislaufes**

**Fig. 5: Schematic of cooling system**

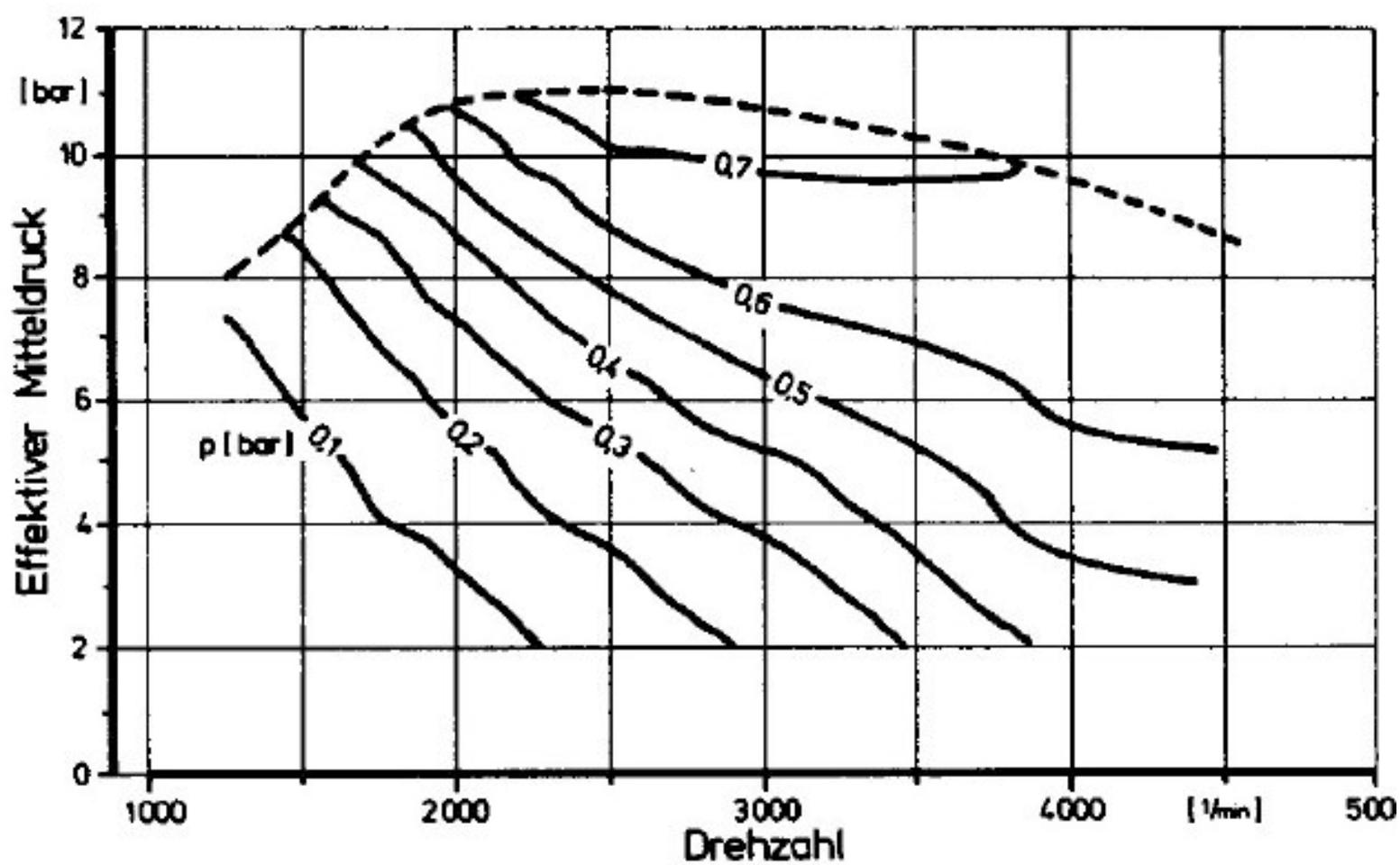


Bild 7: Ladedruck im Motorkennfeld

Fig. 7: Boost pressure on engine map

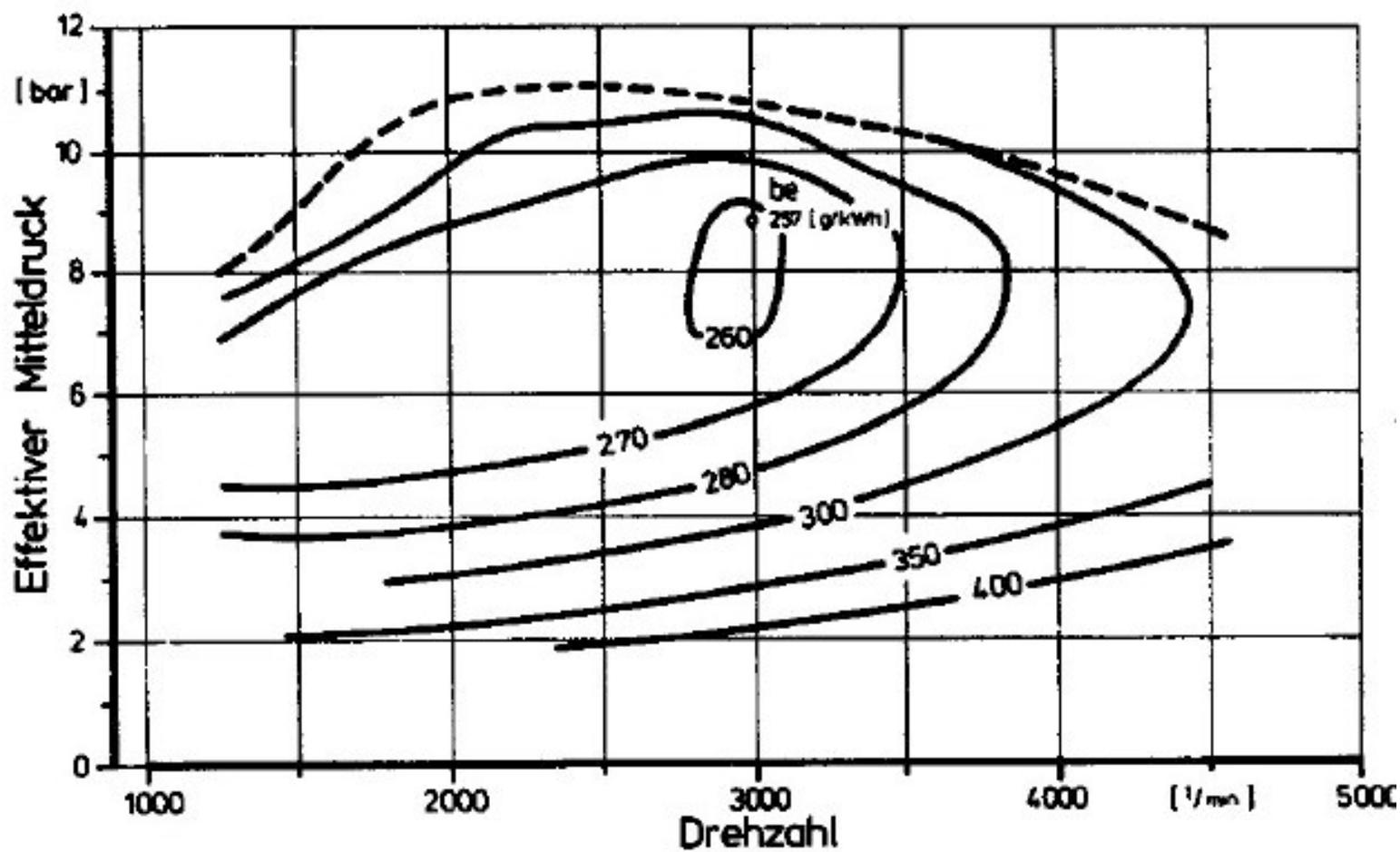


Bild 8: Spezifischer Kraftstoffverbrauch im Motorkennfeld

Fig. 8: Specific fuel consumption on engine map