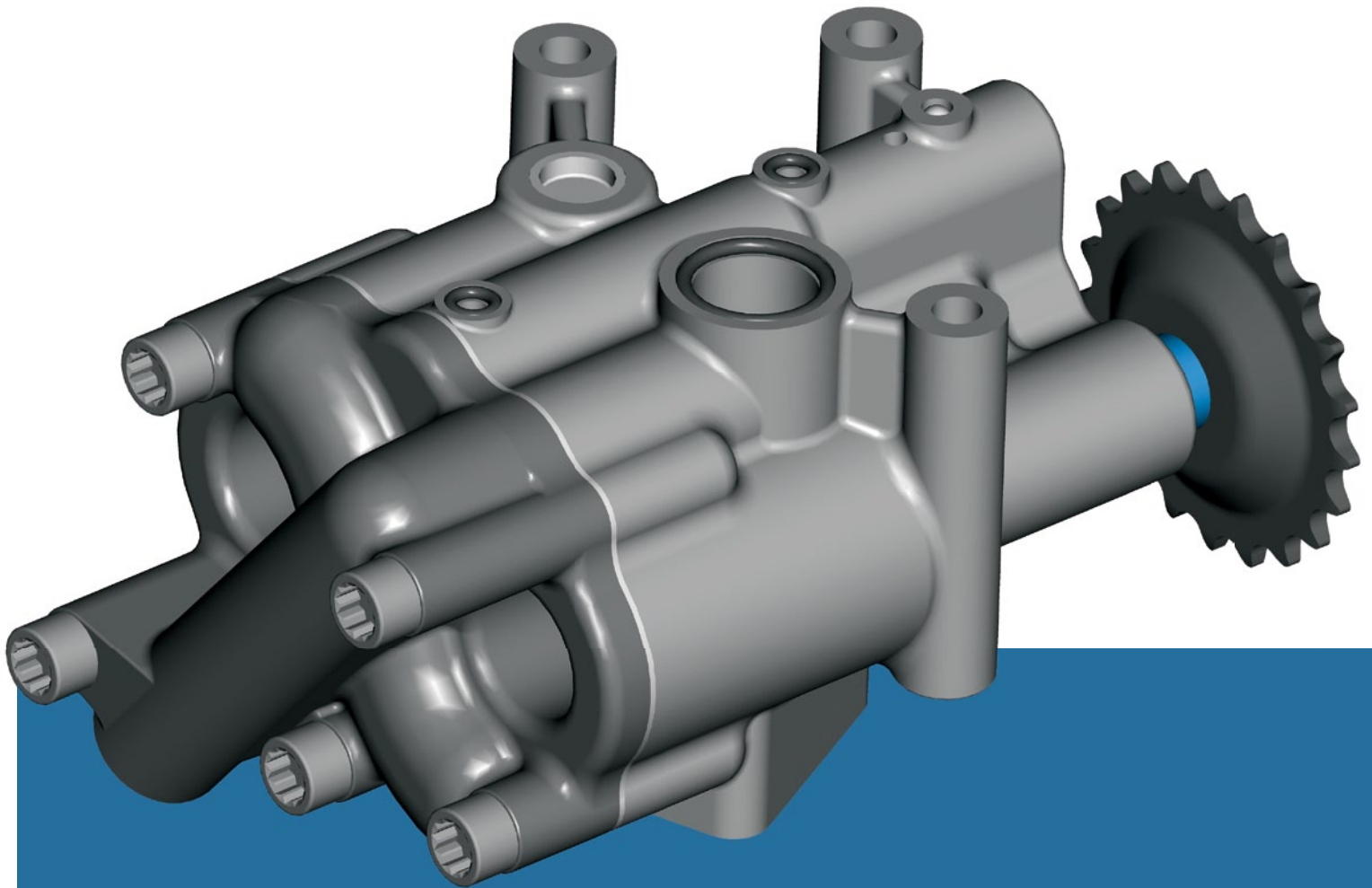


ZWEIFLUTIGE AUSSENZAHNRAD-REGEL- ÖLPUMPE FÜR NUTZFAHRZEUG-MOTOREN



Durch die Verwendung volumenstrom geregelter Ölpumpen für die Schmierölversorgung von Verbrennungsmotoren können Verbrauchs- und CO₂-Vorteile von bis zu 3 % erzielt werden. Während diese sogenannten Regelölpumpen zunehmend in Pkw-Motoren Anwendung finden, dürfte sich dieser Trend zukünftig auch auf Nfz-Motoren übertragen. Bei IFM Motorentechnik wurde hierzu eine neue Regelölpumpe entwickelt, die den Nfz-spezifischen Anforderungen Rechnung trägt.

AUTOR



DIPL.-ING. DIETER VOIGT

ist Inhaber von IFM Motorentchnik
in Braunschweig.

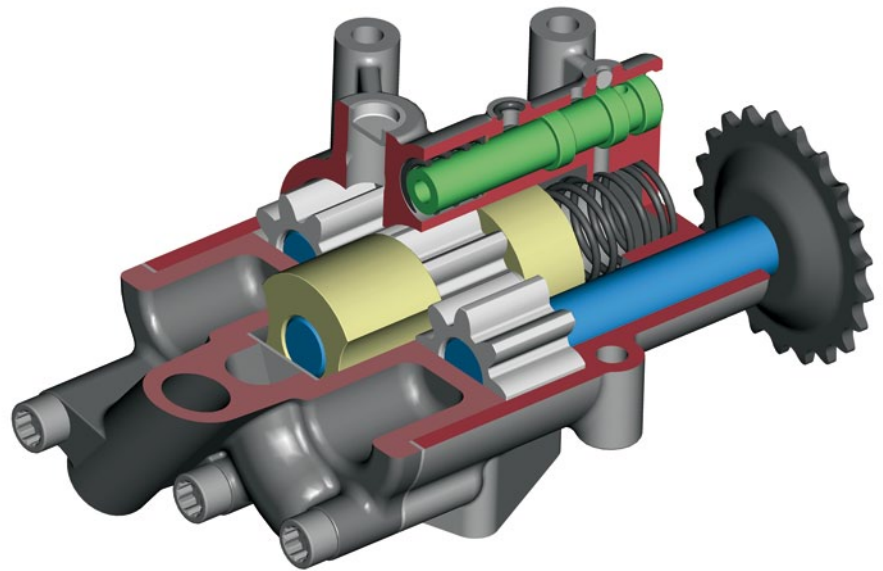
ZIELSETZUNG

Basierend auf langjährige Entwicklungserfahrungen an Pkw-Regelölpumpen [1] wurde die Zielsetzung verfolgt, eine Regelölpumpe für Nfz-Anwendungen zu entwickeln. Nfz-Motoren sind fast ausschließlich als Dieselmotoren ausgeführt und unterscheiden sich von Pkw-Motoren im Wesentlichen durch größere Hubräume und höhere Zylinderzahlen. Sie weisen Betriebsdrehzahlen bis 3000/min auf und werden weitgehend im Dauereinsatz betrieben. Nfz-Regelölpumpen müssen die hieraus resultierenden Anforderungen erfüllen und insbesondere eine hohe Langlebigkeit aufweisen.

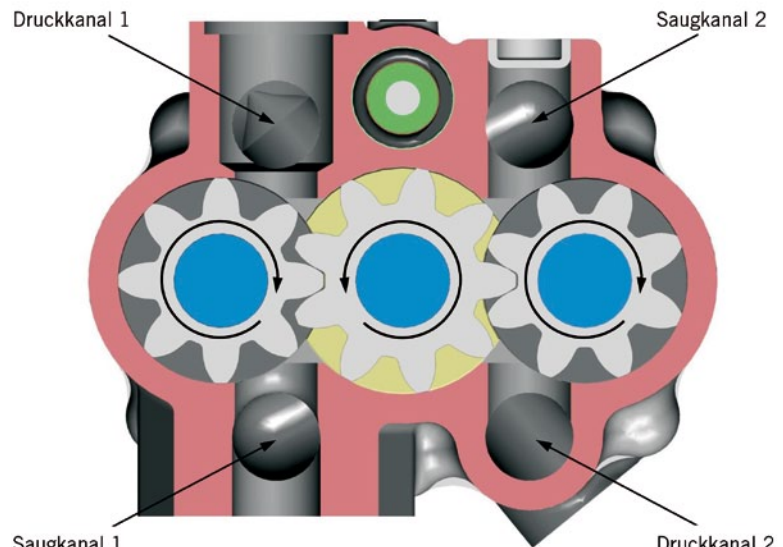
Die aus Pkw-Motoren bekannten Bauarten von Regelölpumpen (RP), wie Außenzahnrad(AZ)-RP [2, 3], Pendelschieber-RP [4, 5] und Flügelzellen-RP [6, 7], kommen prinzipiell auch für Nfz-Motoren in Frage. Nach einer Bewertung deren Nfz-spezifischer Eignungen wurde schließlich das Konzept einer zweiflutigen AZ-Regelölpumpe verfolgt, das hinsichtlich Komplexität, Herstellkosten und Verschleißfestigkeit Vorteile verspricht.

BESCHREIBUNG DER REGELÖLPUMPE

Das Konzept der zweiflutigen AZ-Regelölpumpe besteht aus zwei parallel arbeitenden Förderstufen mit insgesamt nur drei Förderzahnradern. Bei einer Größenauslegung für kleine Nfz-Motoren wurde hierzu eine kompakt bauende Pumpenkonstruktion erstellt, ❶. Das mittlere der drei nebeneinander in Zahneingriff befindlichen Förderzahnradern ist auf einer sogenannten Verschiebeeinheit angeordnet, die durch anliegenden Öldruck gegen eine Rückstellfeder und einen in deren Kammer wirkenden Regeldruck verschiebbar ist. Hierbei wird der axiale Zahneingriff



❶ Zweiflutige Außenzahnrad-Regelölpumpe

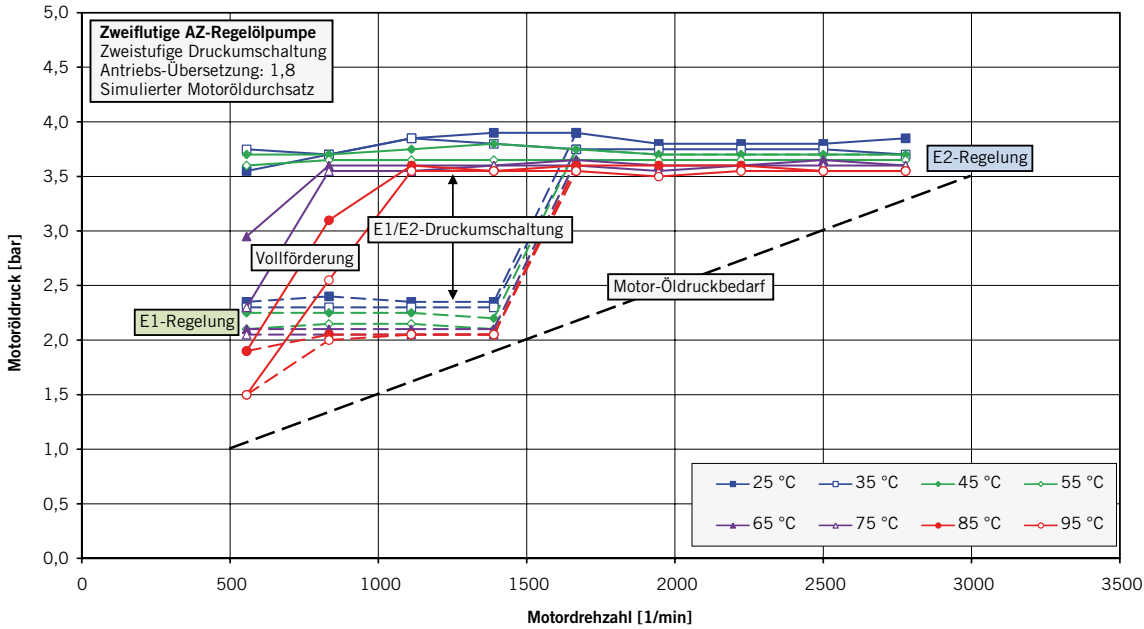


❷ Schnittansicht Mitte Förderzahnrad

des mittleren Förderzahnrad mit den beiden äußeren Förderzahnradern variiert, wodurch beide Förderstufen ihre Fördermengen verstellen. Ein oberhalb der Verschiebeeinheit angeordneter Regelkolben, der vom zu regelnden Öldruck beaufschlagt ist, steuert über den variablen Regeldruck die Position der Verschiebeeinheit und damit die Fördermenge. Abweichungen vom Soll-Öldruck werden vom Regelkolben automatisch durch eine entsprechende Anpassung der Fördermenge korrigiert.

Ein das Pumpengehäuse verschließender Deckel, ❶, weist zwei sich versetzt kreuzende Kanäle auf, über die beide Förder-

stufen der Regelölpumpe verbunden sind. Die Schnittansicht ❷ zeigt hierzu im Pumpengehäuse zwei Saug- und zwei Druckkanäle, die als Zwischenverbindung von den Förderzahnradern zum hinten liegenden Deckel führen. Infolge der wechselnden Drehrichtungen der Förderzahnradern liegen die Saug- beziehungsweise die Druckseiten der beiden Förderstufen jeweils diagonal gegenüber. Die von beiden Druckseiten auf die Verschiebeeinheit entgegengesetzt wirkenden, öldruckabhängigen Querkräfte kompensieren sich, so dass die Verstellung der Verschiebeeinheit im Pumpengehäuse nahezu reibungsfrei erfolgt. Hierdurch wird einerseits eine hohe Regelpräzision erzielt



3 Motoröldrücke

und andererseits lebensdauererhöhend der Verstell-Verschleiß zwischen der Verschiebeeinheit und dem Pumpengehäuse minimiert. Mit der Wahl unterschiedlicher Zahnrad-Zähnezahlen mit acht Zähnen an beiden äußeren Förderzahnradern und neun Zähnen am mittleren Förderzahnrad wird durch abwechselnde Zahneingriffe weiterhin die Langlebigkeit gesteigert.

Durch die relativ kleinen Förderzahnrad sind ohne Kavitationsprobleme höhere Pumpendrehzahlen realisierbar, so dass die Nfz-Regelölpumpe mit einer gewählten Antriebsübersetzung von 1,8 ins Schnelle übersetzt betrieben werden kann. Damit wurde neben der zweiflutigen Pumpenausführung ein weiterer Schritt zur Fördermengenerhöhung umgesetzt.

Die verbundenen Förderstufen saugen das Öl unterhalb von Saugkanal 1 an, während oberhalb von Druckkanal 1 der Ölaustritt zum Nfz-Motor erfolgt. Alternativ hierzu könnten die beiden Förderstufen ohne druckseitige Zusammenführung auch zwei getrennte Ölsysteme versorgen, beispielsweise Kurbel- und Ventiltrieb eines Motors. Die wesentlichen technische Daten der Regelölpumpe im Überblick:

- : Bauart: Außenzahnrad/zweiflutig
- : Zahnmodul: 3,5
- : Anzahl Förderzahnrad: 3
- : Zahnrad-Zähnezahlen: 8 / 9 / 8
- : Zahnradbreite: 25 mm
- : Pumpen-Fördermenge: 26,6 cm³/U
- : Antriebsübersetzung: 1,8.

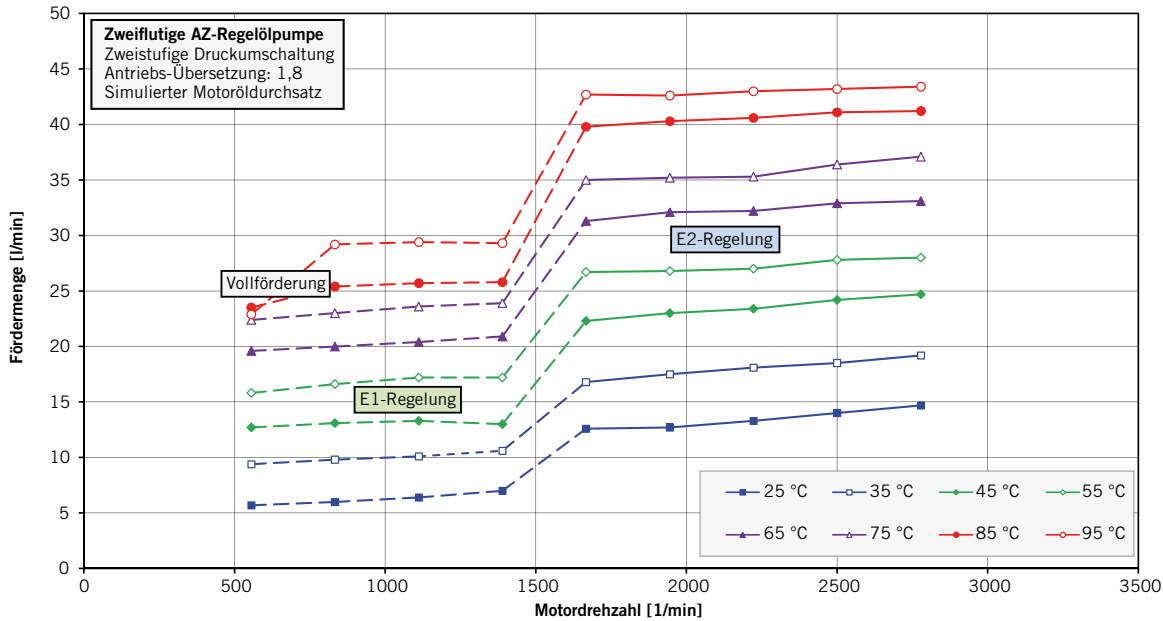
Zur Regelung des Öl drucks über die variable Fördermenge bieten sich verschiedene Verfahren an. Für die Nfz-Regelölpumpe wurde die an Pkw-Motoren [2, 7] bewährte, zweistufige Öl druckregelung durch einen Regelkolben gewählt. Sie erzielt bei nur geringem Aufwand nennenswerte Verbrauchsvorteile und gewährleistet durch den Regelkolben unabhängig vom mit der Motorlaufzeit verschleißbedingt zunehmenden Motoröldrucksatz immer ein konstantes Öl druckniveau. Insbesondere hierdurch kann verbrauchsvorteilhaft ein relativ niedriger Auslegungs-Öldruck der Regelölpumpe gewählt werden. Bei der zweistufigen Öl druckregelung wird der Regelkolben an einer ersten Wirkfläche permanent und an einer zweiten Wirkfläche von einem Magnetventil schaltbar mit dem zu regelnden Öl druck beaufschlagt. Diese elektrisch einfachste Öl druckumschaltung ermöglicht eine generelle Öl druckregelung beispielsweise bei 3,5 bar, wobei im unteren Drehzahlbereich über das Motorsteuergerät verbrauchsmindernd auch auf beispielsweise 2 bar umgeschaltet werden kann. Bei überwiegend im oberen Drehzahlbereich betriebenen Nfz-Motoren kann jedoch ohne nennenswerten Verbrauchsnachteil auf eine Öl druckabsenkung im unteren Drehzahlbereich verzichtet werden, woraus Kosten- und Komplexitätsvorteile durch Entfall der Elektrokomponenten resultieren.

VERSUCHSBETRIEB

Von der in ① gezeigten Regelölpumpe wurde ein Prototyp hergestellt und an einem Pumpen-Prüfstand erprobt. Zur Simulation eines realistischen Motoröldrucksatzes bei Kalt- und Warmbetrieb im zunächst eingeschränkt gewählten Temperaturbereich von 20 bis 100 °C wies der Prüfstands-Ölkreislauf eine speziell hierfür entwickelte Drossel auf. Der hinter einem Filter-Kühler-Modul gemessene Öl druck wurde als sog. Motoröldruck für die Pumpenregelung verwendet. Bei direktem Antrieb von einem Elektromotor konnte die Regelölpumpe problemlos bis zu einer Höchstdrehzahl von 5000/min betrieben werden, wobei für die Auswertungen mit dem gewählten Übersetzungsfaktor 1,8 auf entsprechend geringere Motordrehzahlen umgerechnet wurde.

Nach einer Basiserprobung aller Funktionen der Regelölpumpe erfolgte eine Optimierung des über ein Magnetventil umschaltbaren Druckregelungsverfahrens. Infolge der nahezu reibungsfreien Verstellung der Fördermenge der zweiflutigen Regelölpumpe konnte eine sehr feinfühligten Regelung mit hoher Reproduzierbarkeit der geregelten Öl drücke erzielt werden.

Zur Bewertung ihres Verbesserungspotenzials wurde die Regelölpumpe schließlich auch bei Vollförderung mit blockierter Verschiebeeinheit und manueller Bypass-Abregelung als simulierte Konstantpumpe betrieben.



④ Fördermengen

ÖLDRUCKREGELUNG UND FÖRDERMENGEN

Die zweistufig umschaltbaren Motoröldrücke sind in ④ über der Motordrehzahl dargestellt. Ausgehend von einem linear mit der Drehzahl steigenden Motor-Öldruckbedarf wurde bei 1500/min die elektrisch vorgenommene E1/E2-Druckumschaltung zwischen den gewählten Sollrücken von 2 bar und 3,5 bar vorgenommen. Da der mit Motoröldruck beaufschlagte Regelkolben

als Drucksensor arbeitet, ist der Motoröldruck nur wenig von der Öltemperatur beeinflusst. Bei Motorleerlauf arbeitet die Regelölpumpe ab 90 °C bei Vollförderung, so dass der dadurch nicht mehr steigerbare Motoröldruck zwar unter den E1-Solldruck abfällt, jedoch oberhalb des Motor-Öldruckbedarfs bleibt. Gegebenenfalls ist später bei realer Motorölversorgung eine Anpassung des maximalen Pumpenförderolumens zur Gewährleistung eines ausreichenden Öldrucks im Heißleerlauf vor-

zunehmen. Bedarfswise kann der Motoröldruck im unteren Drehzahlbereich auch auf den E2-Solldruck angehoben werden, um beispielsweise Kolbenkühlösen zu aktivieren.

In ④ sind die vom simulierten Motor durchflusswiderstand abhängigen Fördermengen bei zweistufiger Öldruckregelung dargestellt. Während bei E2-Druckniveau und 95 °C die Fördermenge 44 l/min beträgt, geht die Fördermenge bei E1-Druckniveau und 25 °C viskositätsbedingt auf fast 5 l/min zurück. Die

Führungskraft Ingenieur - kompakt und praxisorientiert



Heinz Meinholz | Gabi Förtsch

Führungskraft Ingenieur

2010. XIV, 411 S. mit 205 Abb. Geb. EUR 59,95

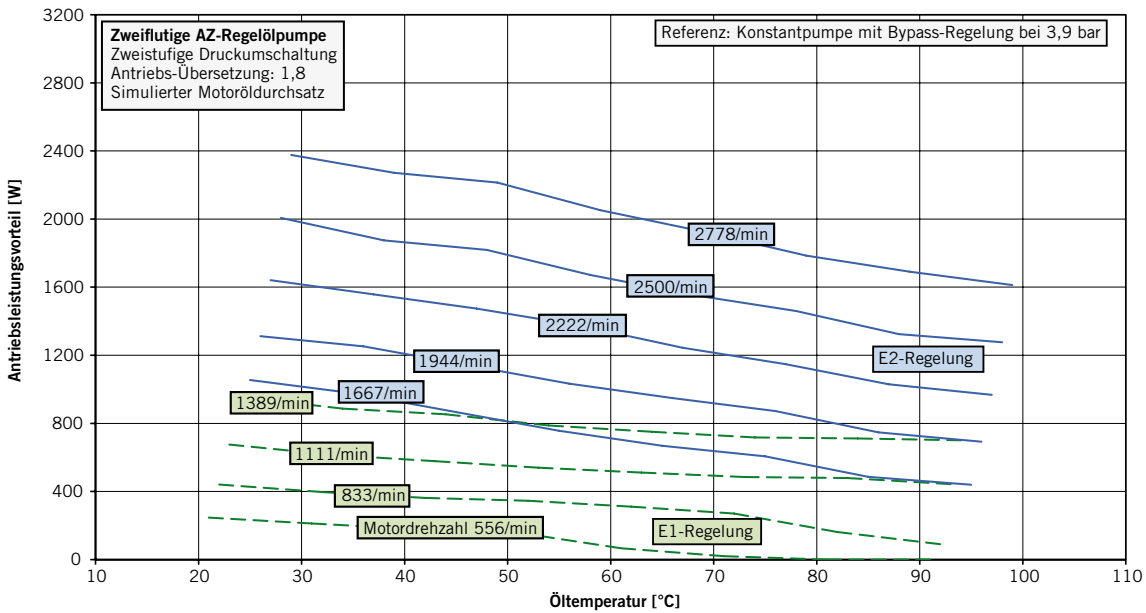
ISBN 978-3-8348-1392-3

Ziel dieses Buches ist die Vermittlung weitreichender Kenntnisse zur Mitarbeiterführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Mit einer strukturierten Kompetenzanalyse können Sie Ihre persönlichen Stärken und Entwicklungspotenziale identifizieren. Anhand der Unterlagen lassen sich selbstständig wichtige Aspekte zur prozessorientierten Personalführung erarbeiten, reflektieren und weiterentwickeln.

Einfach bestellen: buch@viewegteubner.de Telefax +49(0)611.7878-420

TECHNIK BEWEGT.





5 Antriebsleistungsvorteile der Nfz-Regelölpumpe

im Leerlaufbereich ab 90 °C abfallende Fördermenge ist auf die hier nicht mehr steigerbare Vollförderung der Regelölpumpe zurückzuführen, was zu dem in 3 gezeigten Abfall des Motoröldrucks führt.

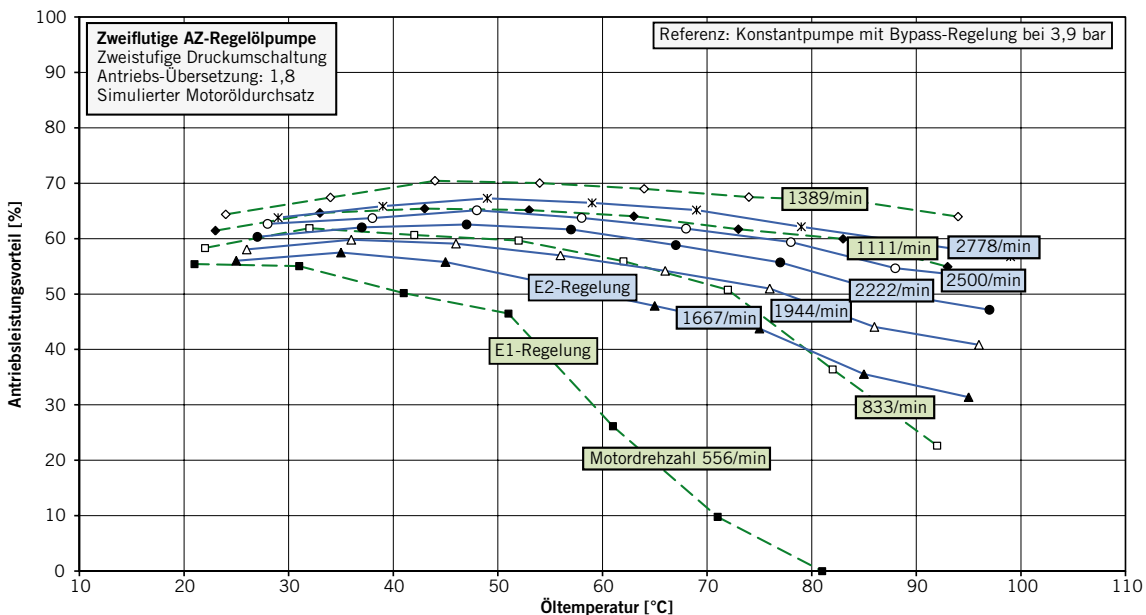
PUMPENANTRIEBSLEISTUNG

Entscheidend für den angestrebten Verbrauchsvorteil von Regelölpumpen sind deren geringere Antriebsleistungen gegenüber konventionellen Konstantpumpen mit Bypass-Regelung. In 5 sind

die ermittelten Antriebsleistungsvorteile der Regelölpumpe gegenüber der simulierten Konstantpumpe mit manuell eingestellter Bypass-Abregelung bei 3,9 bar dargestellt. Abhängig von Drehzahl und Öltemperatur sind Vorteile bis zu 2,4 kW zu verzeichnen. Die Druckabsenkung bei E1-Regelung bewirkt im unteren Drehzahlbereich erhöhte Antriebsleistungsvorteile, was durch die teilweise Überschneidung der E1/E2-Kennlinien zum Ausdruck kommt.

Aus der Darstellung der relativen Antriebsleistungsvorteile in 6 ist ersicht-

lich, dass mit der zweistufigen Öldruckregelung der Regelölpumpe gegenüber einer Konstantpumpe weitgehend um 50 bis 70 % reduzierte Pumpenantriebsleistungen erzielbar sind. Bei niedrigen Drehzahlen und höheren Temperaturen fallen diese Vorteile jedoch ab und spätestens bei Vollförderung im Leerlauf weist die Regelölpumpe keine Vorteile mehr auf. Die prozentualen Antriebsleistungsvorteile der für kleinere Nfz-Motoren ausgelegten Regelölpumpe sind auch für größere Pumpenauslegungen zu erwarten.



6 Relative Antriebsleistungsvorteile

ZUSAMMENFASSUNG

Mit der zweiflutigen Außenzahnrad-Regelölpumpe steht eine Pumpenbauart zur Verfügung, die sich durch einfache Bauteile, eine kompakte Pumpenbauweise und eine hohe Verschleißfestigkeit für die Anwendung bei langlebigen Nfz-Motoren auszeichnet. Während bei überwiegendem Nfz-Betrieb im oberen Motor-drehzahlbereich bereits schon eine Öldruckregelung bei konstantem Öldruckniveau vorteilhaft ist, kann bei häufig wechselnden Betriebsdrehzahlen mit einer zweistufig umschaltbaren Öldruckregelung weiteres Verbesserungspotenzial im unteren Drehzahlbereich ausgeschöpft werden. Gegenüber konventionellen Konstantpumpen werden mit Regelölpumpen durchaus Pumpenantriebsleistungsvorteile von bis zu 70 % erzielt. Hieraus resultieren entsprechend höhere Motorleistungen wie auch Vorteile hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emission. Die bei Pkw-Motoren zunehmend erfolgende Umstellung auf Regelölpumpen ist zeitversetzt auch für Nfz-Motoren zu erwarten.

LITERATURHINWEISE

- [1] Voigt, D.: Kraftstoffverbrauchsvorteile durch Regelölpumpen. In: MTZ 64 (2003), Nr. 12, S. 1050
- [2] Böhme, J.; Fröhlich, G.; Dornhöfer, R.; Grigo, M.: Der neue 1,8-l-TSFI-Motor im Audi A4. In: ATZ/MTZ extra 9/2007, S. 72
- [3] Neußer, J.: Die neuen 4,8-l-V8-Ottomotoren von Porsche mit Benzindirekteinspritzung und variabler Ventilsteuerung. In: MTZ 68 (2007), Nr. 12, S. 1018
- [4] Klütting, M.; Landerl, C.: Neuer Sechszylinder-Ottomotor von BMW. In: 65 (2004), Nr. 11, S. 868
- [5] Jensen, H.; Janssen, M.; Beez, G.; Cooper, B.: Kraftstoffeinsparpotenzial der geregelten Pendelschieberpumpe. In: MTZ 71 (2010), Nr. 2, S. 104
- [6] Bauder, R.; Bach, M.; Köhne, M.; Streng, C.; Hoffmann, H.; Rossi, D.: Der neue 3,0-l-V6-TDI-Motor im Audi Q5. In: ATZ extra 6/2008, S. 36
- [7] Doll, G.; Waltner, A.; Lückert, P.; Kemmler, R.: Der neue 4,6-l-V8-Ottomotor von Mercedes-Benz. In: MTZ 71 (2010), Nr. 10, S. 670



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.MTZonline.de



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
SpringerAutomotive@abo-service.info

GIFA



METEC



THERM
PROCESS



NEWCAST



www.thebrightworldofmetals.com
www.gmtn.de

The Bright World of Metals.

Düsseldorf, Germany
28 June - 02 July 2011

Ein Termin - vier Ereignisse - ein Standort
Erleben Sie vier hochkarätige Fachmessen für
Gießereitechnik, Metallurgie, Thermoprosess-
technik und Präzisionsgussprodukte an einem
Standort und mit einer Eintrittskarte.

Weltweit die Nr. 1 der Branchen, vielfache
Synergien, Verbindungen und Vernetzungen
bei nur einem Messebesuch.
Herzlich willkommen in Düsseldorf!



eco Metals
EFFICIENT PROCESS SOLUTIONS

Messe Düsseldorf GmbH
Postfach 10 10 06
40001 Düsseldorf
Germany
Tel. +49 (0) 2 11/45 60-01
Fax +49 (0) 2 11/45 60-6 68
www.messe-duesseldorf.de


Messe
Düsseldorf