

Das Klopfverhalten bei Motoren mit großer Überschneidung der Ventil-
steuerzeiten und beim DVL-Einspritzverfahren mit aufgeteilter Ein-
spritzung.

Von Dr.-Ing. P.Kornacker, DVL, Berlin-Adlershof.

Gegenüber dem Motor ohne große Überschneidung der Steuerzeiten, wie er dem DVL-Überlade-Prüfverfahren für Kraftstoffe zugrunde gelegt ist, sind durch die neuere Motorenentwicklung Änderungen eingetreten, die auch auf die Gestalt der Klopfgrenze erheblichen Einfluss haben. Der Übergang zu Motoren mit großer Überschneidung der Steuerzeiten ergibt wegen der möglichen Füllung des Totraumes und der Kühlung des Verbrennungsraumes, insbesondere der Auslaßventile, eine Leistungssteigerung bzw. eine relativ geringere thermische Belastung des Motors. Bezogen auf das Klopfverhalten des Motors ergibt sich durch die Änderung des Restgaseinflusses und durch die wahrscheinlich andere Temperaturverteilung im Verbrennungsraum gegenüber dem Motor ohne oder mit nur geringer Überschneidung der Steuerzeiten eine wesentlich andere Gestalt der Klopfgrenzkurve. Im allgemeinen verläuft beim Motor mit großer Überschneidung der Steuerzeiten die Klopfgrenzkurve flacher als beim Motor ohne Überschneidung der Steuerzeiten. Diese Abflachung der Klopfgrenzkurve kann soweit gehen, dass insbesondere bei kleineren Ladelufttemperaturen und Kraftstoffen mit einer an sich flachen Charakteristik der Klopfgrenzkurve diese durchgehend eine mit Anreicherung des Gemisches abfallende Tendenz aufweist. Bei Kraftstoffen mit sehr steiler Charakteristik der Klopfgrenzkurve, also insbesondere bei aromatenreichen Kraftstoffen, wird der Verlauf ebenfalls erheblich flacher, bleibt jedoch in seiner normalen Form mit einem Minimum bei geringem Luftüberschuss (λ etwa 1,1) erhalten. Der Motor mit großer Überschneidung der Steuerzeiten zeigt insbesondere bezogen auf die Verwendung der aromatenreichen Kraftstoffe ein etwas günstigeres Klopfverhalten als der Motor ohne wesentliche Überschneidung der Steuerzeiten, lediglich in dem Betriebsbereich des Motors bei gedrosseltem Betrieb können, falls der Druck hinter dem Motor größer wird als vor dem Motor, bei höheren Ladelufttemperaturen infolge der zusätzlichen Aufheizung durch rückströmende Auspuffgase u.U. Schwierigkeiten auch bezüglich des Klopfverhaltens auftreten, jedoch werden diese Betriebszustände im praktischen Motorbetrieb voraussichtlich kaum vorkommen.

Ein weiteres in der DVL entwickeltes Arbeitsverfahren, das Verfahren der aufgeteilten Einspritzung, befasst sich mit der Ver-

ringerung der Klopfneigung von Ottomotoren.

Auf Grund der in der DVL im Institut für motorische Arbeitsverfahren und Thermodynamik durchgeführten Untersuchungen über Selbstzündungs- und Klopfvorgänge und der daraus abgeleiteten Erkenntnisse ergab sich im wesentlichen, dass für die Selbstzündung eine bestimmte Anlaufzeit erforderlich ist, deren Größe von einem Exponentialgesetz der Temperatur und von einer Potenz des Druckes des noch nicht verbrannten Gemischteiles im Verbrennungsraum abhängt. Weiterhin besteht beim Ottomotor noch eine Abhängigkeit des Klopfvorganges vom Mischungsverhältnis. Bei der normalen Gemischbildung mit Einspritzung des Kraftstoffes in den Saughub ist die Aufbereitungszeit und die Anlaufzeit bis zum Eintreten der Selbstzündung mit zunehmender Überladung sehr schnell erreicht, sodass Klopfen eintritt. Um den Motor auch bei höheren Überladungen noch kloppfrei betreiben zu können, wurde die Gemischbildung in der Weise abgeändert, dass während der Einspritzung in den Saughub nur eine geringe Menge Kraftstoff eingespritzt wird, so dass das Gemisch infolge des hohen Luftüberschusses nur geringe Klopfneigung aufweist. Der zweite Teil des Kraftstoffes zur Erzielung des verlangten Gesamt-mischungsverhältnisses wird zum Teil während des Verdichtungshubes und zum Teil sogar erst während der Verbrennung eingespritzt, wodurch die Zeit bis zum Ablauf der Verbrennung im Zylinder kleiner wird als die zur Auslösung des Klopfvorganges erforderliche Anlaufzeit.

Mit diesem Verfahren wurden an verschiedenen Motormustern umfangreiche Versuche durchgeführt, die zeigten, dass insbesondere bei Betrieb des Motors mit Luftüberschuss die Klopfgrenze je nach Motormuster und Kraftstoff zwischen 2 - 4 kg/cm² Mitteldruck gehoben wurde. Der Verlauf der Klopfgrenze ist bei diesem Verfahren ebenfalls erheblich flacher als bei normaler Gemischbildung.