

2. Versuchsergebnisse eines kleinen Otto-Zweitaktmotors

mit unsymmetrischem Steuerdiagramm

Von Professor Dr. J. Z e m a n

bei der Lehrkanzel für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrwesen an der Technischen Hochschule in Wien,
Professor Dr.-Ing. Ludwig Richter x)

Aufgabenstellung

An der im Vortrage des vergangenen Jahres beschriebenen Maschine sollte der Einfluß unsymmetrischer Steuerdiagramme auf Leistung, Verbrauch und Elastizität untersucht werden. Dabei wurde von einer Zweitakt-Kurbelkastenmaschine in normaler Dreikanalbauart mit symmetrischen Steuerdiagrammen ausgegangen und die Ergebnisse anderer Anordnungen mit dieser Bezugsmaschine verglichen. Untersucht wurden außer der Bezugsmaschine selbst folgende Anordnungen:

- I. Steuerung des Einlasses in den Kurbelkasten durch Schieber, also unsymmetrisch. Steuerung des Arbeitsraumes normal durch die Kolbenkante, also symmetrisch. Kein Schalldämpfer.
- II. Gleiche Anordnung mit Schalldämpfer.
- III. Steuerung des Einlasses in den Kurbelkasten und des Einlasses in den Arbeitsraum durch Schieber, also unsymmetrisch. Es werden verschiedene Einstellungen untersucht. Schalldämpfer wie früher.

Versuchsdurchführung

Mit Hilfe eines Sondervergasers mit auswechselbarem Lufttrichter und verstellbarer Düsenöffnung wurde der gesamte Betriebsbereich des Motors abgetastet. Es hat sich dabei als zweckmäßig erwiesen, bei einem bestimmten Lufttrichter eine Düsenöffnung einzustellen und mit ihr den ganzen Drehzahlbereich durchzumessen, dann mit der nächsten DüsenEinstellung den Vorgang zu wiederholen, u. s. f. Für jeden Lufttrichter ergab sich dann eine Kurvenschaar, wie sie beispielsweise in Bild 1 dargestellt ist. Die Kurven aller untersuchten Lufttrichter kennzeichnen das Verhalten der Maschine in der betreffenden Steueranordnung so vollständig, wie es auf andere Weise nicht erreicht werden kann. Die Auswertung dieser Grundkurven erfolgt nun in der Weise, daß zunächst vertikale Schnitte ($n = \text{konst.}$) gelegt, d. h. der Zusammenhang zwischen dem mittleren Druck p_e und dem bezogenen Brennstoffverbrauch b_e bei unveränderlicher Drehzahl, die sogenannte Judge-Kurve, ermittelt wird. Aus

x) Die Durchführung der Versuche lag in den Händen des Herrn Dipl.-Ing. H. K a z d a .

dieser Kurvenschaar können die Kennlinien als Aufeinanderfolge gleichartiger Punkte bestimmt werden. Theoretisch könnten dabei die Punkte kleinsten Brennstoffverbrauches oder die Punkte größten mittleren Druckes oder dazwischenliegende Punkte verbunden werden. Im vorliegenden Falle war diese Freiheit fast nie gegeben, weil meist nur ein ganz beschränkter Bereich der Judge-Kurve für die praktische Benützung in Frage kam. Die $p_a - b_e$ -Linien zeigen nämlich oft die seltsamsten Formen, die vom theoretischen Verlauf stark abweichen. Am häufigsten sind Eindrückungen der Front, Bild 2, dann aber auch Spitzkehren zu beobachten.

Ohne auf die Ursache dieser Abweichungen von der theoretischen Form einzugehen, kann man feststellen, daß man bezüglich der Auswahl der für die Motorkennlinien heranzuziehenden Punkte kaum jemals in Zweifel kommt, zumal dann, wenn man noch fordert, daß die Kennlinien stetig verlaufen und nur Punkte enthalten sollen, deren zugehörige Düsenöffnungen gleich oder benachbart sind.

Die auf den geschilderten Wege gefundenen Kennlinien, die später besprochen werden sollen, sind zwar insofern konstruierte Linien, als sie nicht zusammenhängend an der Maschine gemessen wurden, doch ist festzuhalten, daß jeder einzelne der zur Konstruktion herangezogenen Punkte für sich tatsächlich an der Maschine festgestellt wurde. Das Ergebnis sind also Kennlinien, die auftreten würden, wenn ein der Maschine bestens angepaßter Vergaser verwendet worden wäre.

Was die Meßgenauigkeit betrifft, so ist zunächst zu bemerken, daß alle Messungen praktisch im Stationärzustand durchgeführt wurden, daß also die bei kühler Maschine, d. i. nach dem Anfahren oder nach kleiner Last oft erheblich günstigeren Werte nicht in den Kurvenblättern aufscheinen. Im übrigen ist aber, wie immer bei Vergasermaschinen, mit einer gewissen Streuung zu rechnen, die teilweise auf den Atmosphärenzustand, teils aber auf Umstände zurückzuführen ist, die sich nicht immer einwandfrei erfassen lassen.

Die Bezugsmaschine

Bei sämtlichen Anordnungen wurden in Übereinstimmung mit den Eigenschaften normaler Gebrauchsmotoren die Steuerungsquerschnitte für eine Drehzahl von ungefähr 2000 U/min ausgelegt, was bedeutet, daß bei dieser Drehzahl auch der Höchstwert des mittleren Druckes auftreten muß. Dann erreicht die Leistung als Verhältnißgleiches des Produktes mittlerer Druck mal Drehzahl ihren Größtwert bei etwa 3000 bis 3500 U/min. Ein Vergleich mit anderen Maschinen kann selbstverständlich nur von den gleichen Voraussetzungen aus erfolgen.

In Bild 3 sind nun die Kennlinien der Bezugsmaschine eingetragen. Es entspricht dabei die oberste Momentenkennlinie dem größten untersuchten Lufttrichter, also bei einem Gebrauchsmotor dem Verhalten bei ganz geöffneter Vergaserdrossel. Die darunter liegenden Kennlinien entsprechen den kleineren verwendeten Lufttrichtern, geben also dem Verhalten des Gebrauchsmotors bei entsprechend eingestellter Vergaserdrossel wieder. In dieser Form sind die Kennlinien, wie schon mehrfach nachgewiesen, für die Beurteilung des Fahrverhaltens am besten geeignet. Zum Vergleich

ist in das Diagramm die Vollastkennlinie eines üblichen Viertaktmotors eingetragen. Daraus geht hervor, daß der Zweitaktmotor seinen höchsten Mitteldruck bei höherer Drehzahl erreicht, daß also der unelastische Bereich etwas weiter hinaufreicht als beim Viertaktmotor, was mit der Erfahrung durchaus übereinstimmt. Weiter unterscheidet sich auch der grundsätzliche Verlauf des spezifischen Brennstoffverbrauches bei Drosselstellungen insoferne, als er bei Viertaktmaschinen höher liegt als der Vollastverbrauch und mit der Drehzahl ansteigt, während er bei der Versuchsmaschine tiefer liegt als der Vollastverbrauch und mit der Drehzahl weit weniger veränderlich ist. Diese Erscheinung wird wenigstens zum Teil durch das Vergasersprühen beim Zweitaktmotor verursacht, das mit sinkender Drehzahl zunimmt.

Weiter ist in das Kurvenblatt auch die Kennlinie eines gebräuchlichen Zweitaktmotors eingezeichnet. Dazu wurden die Angaben Venedigers benützt, die zwar schon aus dem Jahre 1937 stammen, aber ausreichen, um zu zeigen, daß die Bezugsmaschine annähernd den Stand der üblichen Maschinen wiedergibt. Nur der Verbrauch liegt insbesondere bei höheren Drehzahlen über den Werten von Venediger, doch hätte sich dies durch Anwendung eines geeigneten Schalldämpfers wohl auch noch verbessern lassen, wenn nicht Gründe, die ich schon angeführt habe, dagegen gesprochen hätten.

Wichtige Werte für den Vergleich mit den übrigen Anordnungen: Größtwert des mittleren Druckes $p_{e \max} = 4,9 \text{ kg/cm}^2$; bester Verbrauch bei größtem Lufttrichter 410 g/PSH. Große Unterschiede im Brennstoffverbrauch abhängig von Drosselstellung und Drehzahl. Literleistung 28 PS bei 3000 U/min. Bester Brennstoffverbrauch 310 g bei Trichter 11,4.

Anordnung I. Steuerung des Einlasses in den Kurbelkasten unsymmetrisch, Steuerung des Arbeitsraumes symmetrisch gleich der Bezugsmaschine.

Diese Anordnung ergibt, wie das Bild 4 zeigt, eine starke Steigerung des mittleren Druckes bei gleichzeitiger Senkung des Brennstoffverbrauches, der zudem in weit geringerem Maße von Drehzahl und Drosselstellung abhängig ist als bei der Bezugsmaschine.

Die Verbesserungen der Maschine sind am stärksten im Drehzahlbereich um 2000 U/min und nehmen dann langsam ab. Das bedeutet aber, daß auch die Elastizität der Maschine ganz erheblich verstärkt worden ist.

Wichtige Werte für den Vergleich mit den übrigen Anordnungen: Größtwert des mittleren Druckes $p_{e \max} = 5,8 \text{ kg/cm}^2$ (4,9); bester Verbrauch beim größten Lufttrichter 360 g/PSH (410); niederster Verbrauch tritt hier beim Lufttrichter 14 mm auf und beträgt 280 g/PSH (310). Brennstoffverbrauch gleichmäßiger, Elastizität wesentlich verbessert. Literleistung 33 PS bei 3000 U/min.

Anordnung II gleich wie I mit Schalldämpfer. Vorauszuschicken ist, daß keine sehr sorgfältige Abstimmung der Auspuffanlage vorgenommen wurde, sondern daß lediglich durch Verändern des Topfinhaltes ungefähr nach dem erreichbaren mittleren Druck eingestellt im übrigen aber auf wirksame Schalldämpfung geachtet wurde.

Das Ergebnis zeigt Bild 5. Zu verzeichnen ist eine neuerliche starke Steigerung des mittleren Druckes, wobei allerdings auch der Brennstoffverbrauch beim größten Lufttrichter wieder gestiegen ist.

Auch bei dieser Anordnung ist die Erhöhung des mittleren Druckes bei Drehzahlen um 2000 am stärksten und nimmt dann mit der Drehzahl langsam ab. Die Elastizität der Maschine ist also neuerlich verbessert worden und steht nun der einer üblichen Viertaktmaschine nicht mehr nach, nur ist der Bereich etwas verschoben. Auch hinsichtlich der absoluten Höhe des mittleren Druckes ist die Viertaktmaschine durchaus erreicht. Dies geht aus den eingezeichneten Kennlinien der schon früher erwähnten Flatmaschine hervor.

Wichtige Werte für den Vergleich mit den früheren Anordnungen: Größtwert des mittleren Druckes $p_e \text{ max} = 6,2 \text{ kg/cm}^2$ (4,9); bester Verbrauch beim größten Lufttrichter 390 g/PSH (410); niederster Brennstoffverbrauch tritt beim Lufttrichter 14 mm auf und beträgt 280 g/PSH (310). Brennstoffverbrauch ungleichmäßiger als bei der Anordnung I, aber günstiger als bei der Bezugsmaschine. Elastizität neuerlich verbessert. Literleistung 33 PS bei 3000 U/min.

Anordnung III. Steuerung des Einlasses in den Kurbelkasten unsymmetrisch; Steuerung des Arbeitsraumes unsymmetrisch. Schalldämpfer wie bei Anordnung II.

Da der Schieberspiegel verdrehbar angeordnet ist, sind verschiedene Steuerungseinstellungen möglich, von denen hier zwei Extremfälle, "größte Füllung" und "kleinste Füllung" besprochen werden sollen.

Stellung a "größte Füllung". Das Steuerungsdiagramm ist auf Bild 6 dargestellt. Als Ergebnis zeigt sich ein flacherer Verlauf der p_e -Kennlinien mit niedrigeren Höchstwerten im Bereich der Drehzahlen um 2000 U/min, so daß hier ungefähr der Stand der Anordnung I wieder eingenommen wird, d. h. daß der Motor gegenüber Anordnung II wieder unelastischer geworden ist. Der Verlauf des Brennstoffverbrauches hat sich stark verändert. Die Kurven sind flacher geworden, zeigen einen anderen Charakter und sind näher aneinandergerückt, so daß nahezu über den ganzen Verwendungsbereich mit einem Verbrauch zwischen 300 und 400 g/PSH gerechnet werden kann. Die Maschine wäre also im Fahrbetrieb sehr wirtschaftlich.

Vergleichswerte: Größtwert des mittleren Druckes: $5,9 \text{ kg/cm}^2$ (4,9); bester Verbrauch beim größten Lufttrichter 315 g/PSH (410); niederster Verbrauch tritt beim Lufttrichter 11,4 mm und fast ebenso nieder beim Trichter 18 mm auf und liegt bei 290 g/PSH. Elastizität wie bei Anordnung I; Literleistung 33 PS/lit bei 3000 U/min.

Stellung b "kleinste Füllung", Bild 7. Gegenüber der Einstellung "größte Füllung" hat sich nur die p_e -Kennlinie des Lufttrichters 22 mm ungefähr bis zur Deckung mit der Linie des Trichters 18 mm gesenkt. Die Verminderung des Zeitquerschnittes für den Spülmittel Eintritt in den Arbeitsraum wirkt sich also begreiflicherweise so aus wie eine Drosselung am Vergaser. Auch die zu-

gehörige Verbrauchskurve hat sich gesenkt, und zwar noch unter dem Stand, der früher beim Lufttrichter 18 mm auftrat. Die Mindestwerte des Verbrauches haben den niedersten überhaupt gemessenen Wert erreicht, der Gesamtverlauf des Verbrauches ist aber trotzdem nicht so günstig wie bei der Anordnung a.

Vergleichswerte: Größwert des mittleren Druckes $5,5 \text{ kg/cm}^2$ (4,9); bester Verbrauch beim größten Lufttrichter 275 g/PSH (410); niederster Verbrauch tritt ungefähr in gleicher Höhe bei den Trichtern 22,14 und 11,4 mm auf und liegt ebenfalls bei etwa 275 g/PSH. Unterschiede im Brennstoffverbrauch wieder etwas größer, insbesondere steigt der Verbrauch bei sinkender Drehzahl. Elastizität beim größten Lufttrichter schlechter, bei den übrigen Trichtern gleich wie bei "größte Füllung".

Folgerungen

Die durchgeführten Versuche ergaben ein sehr gutes Bild vom Stand und den Entwicklungsmöglichkeiten solch kleiner Vergaser-Zweitaktmotoren.

Zunächst kann man mit Venediger feststellen, daß das Betriebsverhalten der Zweitaktmaschine dem Fahrbetrieb fast besser angepaßt ist als das der Viertaktmaschine. Denn wenn auch die gegenwärtige Zweitaktmaschine der Viertaktmaschine an Elastizität etwas nachsteht, so ist sie ihr doch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit überlegen. Denn da in der Regel mit gedrosseltem Motor gefahren wird, kommt der günstigere Vollastverbrauch der Viertaktmaschine weniger und der bessere Verlauf der Verbrauchskurven bei Drosselstellungen des Zweitaktmotors stärker zur Geltung und bedingen somit den niedrigeren Kilometerverbrauch von Fahrzeugen mit Zweitaktmotoren.

Der schiebergesteuerte Einlaß für den Kurbelkasten verbessert nun den Zweitaktmotor in bemerkenswerter Weise. Sowohl die absolute Höhe des mittleren Druckes wie auch der Kennlinienverlauf deckt sich mit den von Viertaktmaschinen erreichbaren Ergebnissen. Obwohl der Verbrauch bei Vollast höher liegt, ist auch hier der allgemeine Verlauf bei Drosselstellungen günstiger, so daß im Fahrbetrieb das Gesamtergebnis günstiger liegen dürfte. Wird auch noch der Arbeitsraum entsprechend abgesteuert, so läßt sich auch der Vollastverbrauch bei geringfügigen Einbußen an mittleren Druck weiter herabsetzen und reicht dann an den Verbrauch von Viertaktmaschinen heran. An der Unabhängigkeit des Verbrauches von Drehzahl und Drosselstellung aber wird die Viertaktmaschine dann übertroffen.

Beim Entwurf der Versuchsmaschine war die Überlegung ausschlaggebend, daß nur einfachste und billigste Mittel für die Erzielung unsymmetrischer Steuerungen angewendet werden dürfen, da sonst der Motor preismäßig zu stark belastet werden würde. Dieser Gesichtspunkt ist nunmehr durch die Tatsache, daß die gleichen mittleren Drücke also die doppelte Leistung der Viertaktmaschine bei vergleichbaren Verbrauchsziffern erreicht werden können, überholt. Es handelt sich nicht mehr um den Ausgleich der Minderwertigkeit durch Billigkeit, sondern um eine Maschine, deren verdoppelte Leistungsfähigkeit doch mindestens den gleichen Bauaufwand

wie die Viertaktmaschine rechtfertigen würde. Damit ist aber auch die Anwendung teurerer Konstruktionen möglich, d. h. man kann grundsätzlich dazu übergehen, die Unsymmetrie der Steuerdiagramme durch Vorverlegen des Auspuffbeginnes statt durch verspäteten Spülungsbeginn zu erreichen. Dadurch wird das nutzbare Hubvolumen der Spülpumpe und des Arbeitsraumes vergrößert und die Möglichkeit des Überganges zur Längsspülung geschaffen. Das Ergebnis könnte eine Maschine sein, die die doppelte Leistung und den gleichen Vollastverbrauch, aber günstigere Teillastverbräuche als Viertaktmaschinen aufweisen würde.

Betriebserfahrungen

Es ist vielleicht noch von Interesse, daß die Maschine mechanisch in jeder Hinsicht befriedigt hat. Die bisherige Gesamtbetriebszeit dürfte ungefähr bei 600 h liegen, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß der Versuchsbetrieb sehr hart war. Insbesondere kam vielstündiger Vollastbetrieb sehr häufig vor. Schäden traten nicht auf, auch die Schieber, denen wir recht skeptisch gegenüberstanden, haben einwandfrei gearbeitet und zeigten fast keine Abnutzung. Bei der Schmierung hielten wir uns an die gebräuchliche Regel von 1 Teil Öl auf 30 Teile Benzin. Nach den Beobachtungen ist dabei die Maschine stark überschmiert. Man müßte mit viel geringeren Schmierölmengen gut oder besser auskommen. Verwendet wurde Öl der Marke Shell 4 X und als Brennstoff gebleites Normalbenzin. Trotz ziemlich hoher Verdichtung (Verdichtungsverhältnis 5,9) wurden Klopferscheinungen nur bei kleineren Drehzahlen und in harmloser Form beobachtet.

Schluß

Die Versuche sind zunächst so ausgelegt worden, daß die gestellte Frage nach dem Einfluß unsymmetrischer Steuerdiagramme auf Leistung, Verbrauch und Elastizität möglichst rasch beantwortet werden konnte. Es wurden daher zunächst die praktischen Ergebnisse verzeichnet, die Erforschung der inneren Zusammenhänge aber vorläufig zurückgestellt. Die interessierende Frage darf in Hinblick auf die angeführten Versuchsergebnisse wohl dahin beantwortet werden, daß die Einführung unsymmetrischer Steuerdiagramme bei Kurbelkastenmaschinen in jeder Richtung Vorteile zeitigt und geeignet ist, die Entwicklung des Zweitaktmotors weiterzutreiben.

In der anschließenden Diskussion wies U. Schmidt, Berlin, darauf hin, daß auch an der Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge der Technischen Hochschule Berlin dieselben Erfahrungen über die Schwierigkeiten der Einregelung des Vergasers für kleine Zweitaktmotoren vorliegen. Die Ursache hierfür ist durch die in Abhängigkeit von Drehzahl und Belastung veränderliche Restgasmenge im Zylinder und durch die außerordentlich stark wechselnde Luftgeschwindigkeit an der Vergaserdüse gegeben.

Zur Frage der Gemisch-Schmierung meinte U. Schmidt, Berlin, daß die Schwierigkeiten bei der Auswahl eines zweckmäßigen Mischungsverhältnisses von Öl zu Brennstoff in der Forderung nach ausreichender Schmierung bei Motorvollast liegen. Unter Beibehaltung des gleichen Mischungsverhältnisses für Motorvollast und höchste Drehzahl treten bei geringen Teillasten und niederen Drehzahlen erfahrungsgemäß die Erscheinungen einer erheblichen Überschmierung auf. Durch Anordnung einer getrennten, vom Unterdruck vor dem Vergaser-Eintritt gesteuerten Schmiermittel-Zuführung gelingt es, die Schmiermittelmenge drehzahl- und leistungsbhängig zu steuern. Versuche mit einer Reihe von Fahrzeugen über Laufstrecken von 30 000 km haben gezeigt, daß bei einem mittleren Mischungsverhältnis von 1 : 60 bis 1 : 80 noch völlig ausreichende Schmierung der gleitenden Teile des Motors erreicht werden konnte.

Das Sprühen aus dem Vergaser der Zweitaktmaschinen wird von Zeman auf das Zurückschieben eines Teiles der Ladung durch den Arbeitskolben zurückgeführt. U. Schmidt, Berlin, erklärte hierzu, daß nach seinen Beobachtungen, welche er auf Diagramm-Aufnahmen des Druckverlaufs im Kurbelkasten stützte, für dies Zurückschwingen der Ladung nicht nur die Bewegung des Arbeitskolbens, sondern freie Schwingungen im System Ansaugleitung-Kurbelkasten verantwortlich zu machen sind, welche insbesondere im unteren Drehzahlbereich durch Zurückschwingen eines Teiles der Ladung das Sprühen des Vergasers veranlassen können. Durch Anordnung von Schwingungsdämpfern auf der Saugseite gelingt es, den durch das Sprühen verursachten Brennstoffverlust zu vermeiden. Auch durch Vorschalten eines normalen Luftfilters wird der aus der Ansaugleitung zurücktretende Brennstoff im Filtermaterial fast völlig aufgefangen und bei dem neuen Ansaughub nutzbar gemacht.

L. Richter, Wien, führte dann aus, daß der Vortrag von Zeman, welcher zeigte, welche Möglichkeiten noch in der Ausbildung des Zweitaktmotors mit Kurbelkastenpumpe liegen, höhere Aufwendungen für die Brennstoffeinführung rechtfertige und damit die intensive Bearbeitung des Problems der Brennstoffeinspritzung in besonderer Weise erforderlich mache.

Nach Ansicht von Schnürle, Köln, sind die durch die unsymmetrische Steuerung erzielten Ergebnisse beträchtlich. Da sich der Kurbelkastenmotor bisher durch große Einfachheit auszeichnet, besteht die Frage, ob besondere Anordnungen für die Steuerung der Schlitze zweckmäßig und tragbar sind. Diese Frage wird durch die Versuchsergebnisse bejaht. Ersparnisse an Brennstoff lassen sich auch durch verspätete Einführung des Gemisches in den Zylinder und Luftvorlagerung erzielen. Versuche in dieser Richtung sind besonders wünschenswert. Schnürle, Köln, beschäftigte sich dann mit der Frage der Abdichtung der als Flachschieber ausgebildeten

Kurbelwangen. Zeman, Wien, teilte hierzu mit, daß besondere Schwierigkeiten nicht aufgetreten sind.

Endress, Chemnitz, meinte, daß Abdichtschwierigkeiten der Steuerschieber im Kurbelkasten erst im unteren Drehzahlgebiet eine gewisse Rolle spielen.

Zwischen Schnürle, Köln, und Zeman, Wien, wurde sodann über den Grund der erheblichen Leistungs- und Brennstoffverbrauchs-Verbesserung durch die Benutzung unsymmetrischer Steuerdiagramme diskutiert. Es trat hierbei die Frage auf, ob die Verbesserung durch Vergrößerung des Spülmittelaufwandes oder durch Verringerung des Spülverlustes erzielt worden sei. Nach Ansicht von Zeman erfolgte sowohl eine Vergrößerung des Spülmittelaufwandes als auch eine Verringerung des Spülmittelverlustes. Messungen darüber wurden nicht durchgeführt. Das Verdichtungsverhältnis blieb in allen Fällen konstant.

Zeman, Wien, führt Schwierigkeiten durch Selbstzündungen bei den Versuchen auf Versagen der Zündkerzen zurück. Durch Einbau neuer Kerzen ließen sich die Störungen in allen Fällen für kurze Zeit beseitigen, sodaß die von Schnürle, Köln, geäußerte Ansicht, es könne sich um unausgespülte Gasreste handeln, im vorliegenden Falle nicht zutrifft.

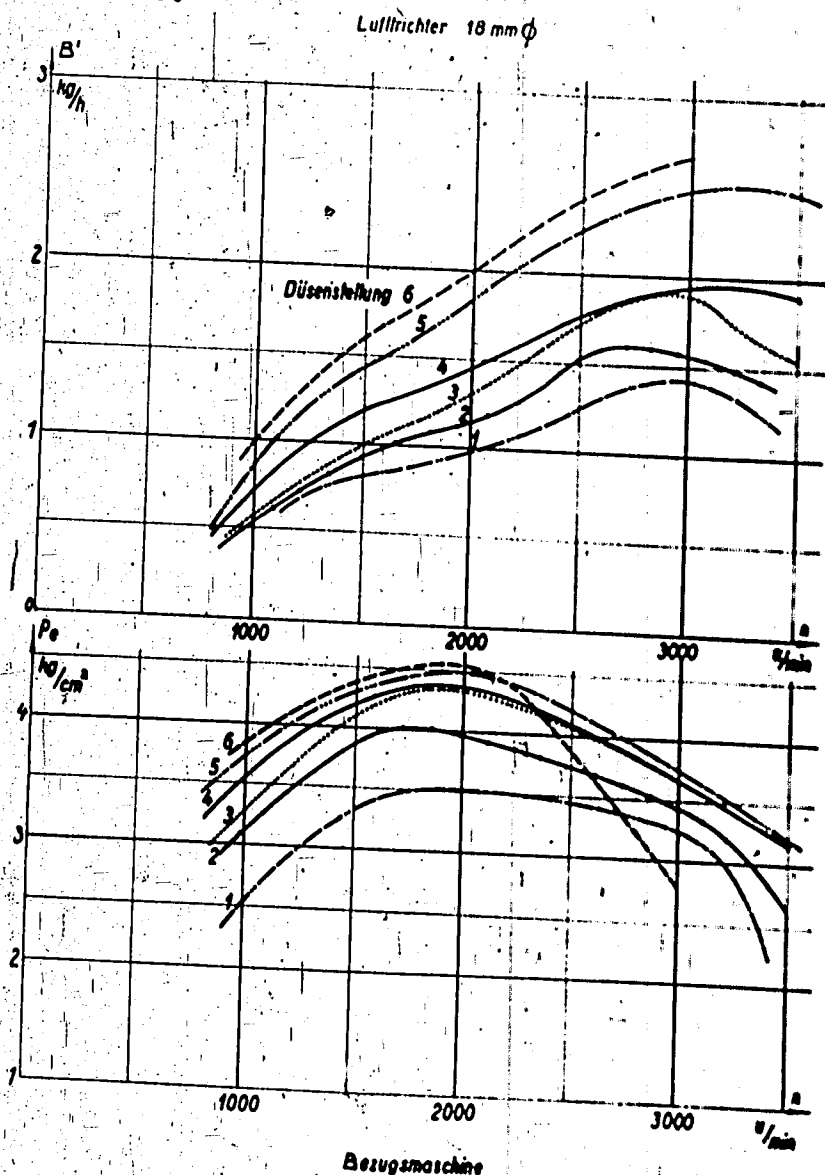


Abb. 1. Mittlerer effektiver Kolbendruck und Kraftstoffverbrauch der Bezugsmaschine bei verschiedener Vergaser-Einstellung.

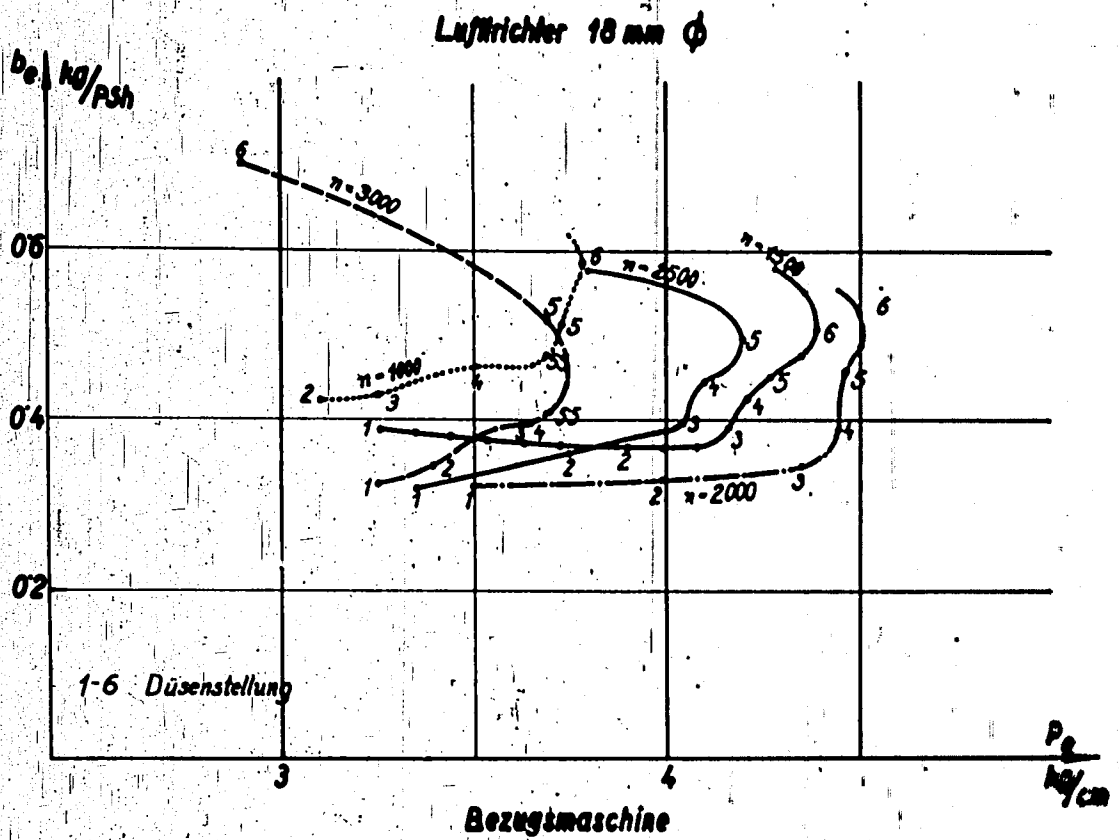


Abb. 2. Zusammenhang zwischen mittlerem effektiven Kolbendruck und spezifischem Kraftstoffverbrauch für verschiedene Vergasereinstellung der Bezugsmaschine.

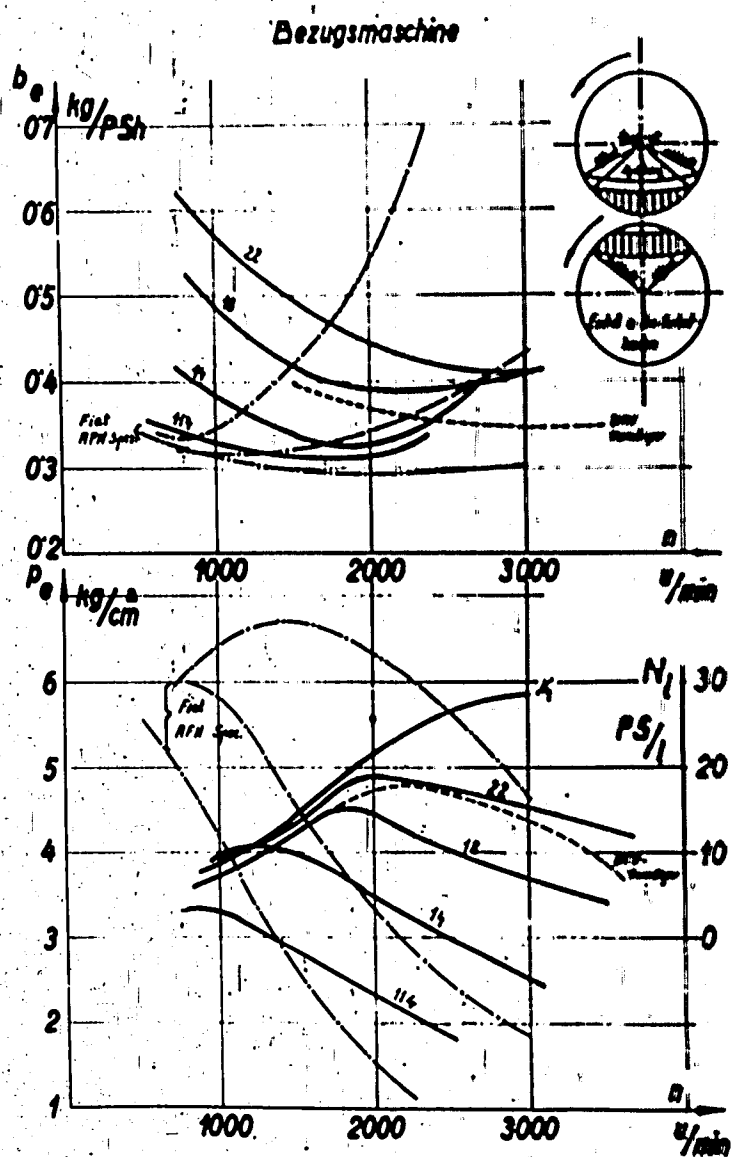


Abb. 3. Mittlerer effektiver Kolbendruck und spezifischer Kraftstoffverbrauch der Bezugsmaschine für verschiedene Vergasereinstellung in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.

Anordnung I

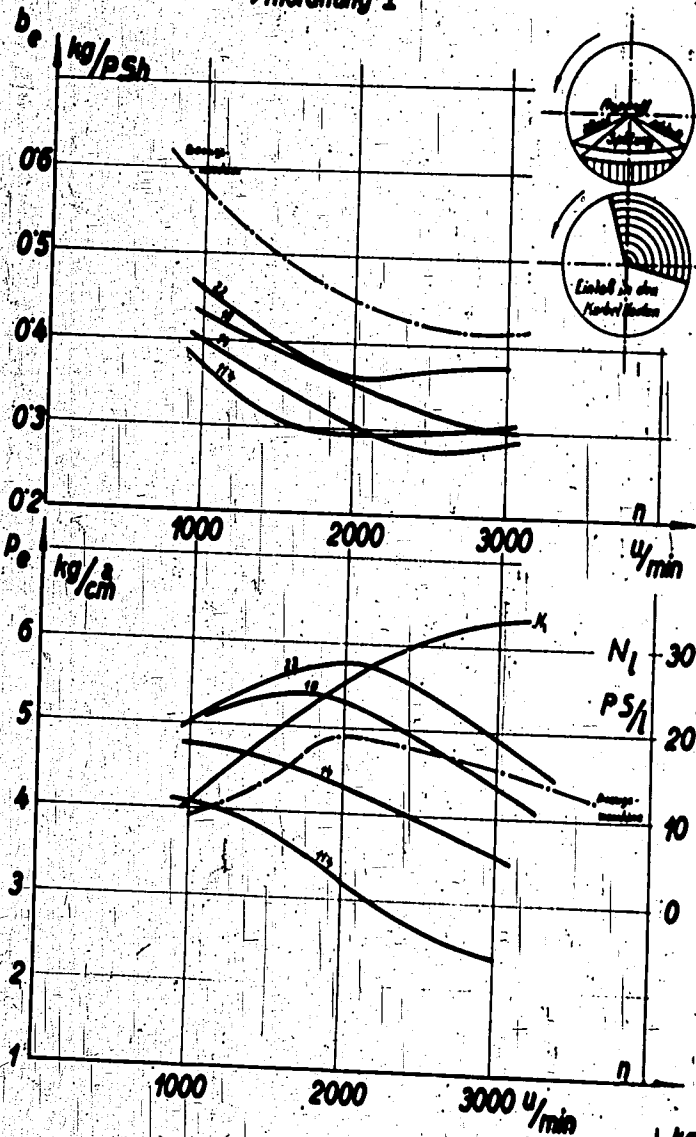


Abb. 4. Mittlerer effektiver Kolbendruck und spezifischer Kraftstoffverbrauch bei unsymmetrischem Einlaß in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.

Anordnung II

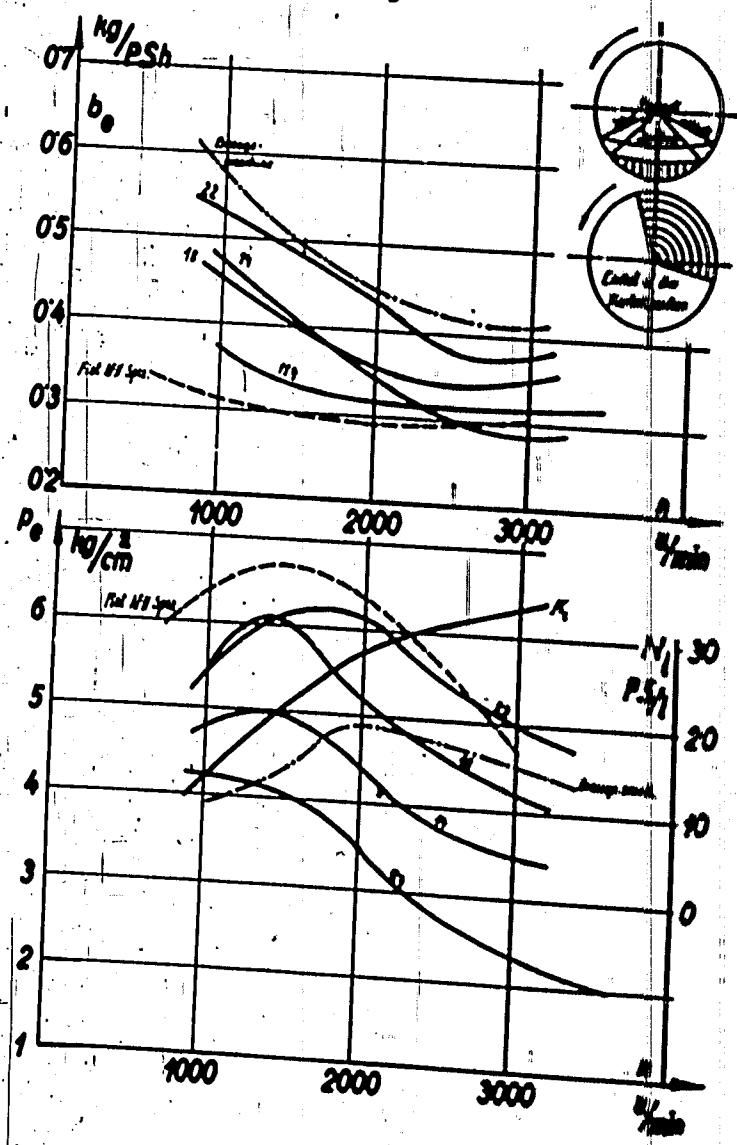


Abb. 5. Mittlerer effektiver Kolbendruck und spezifischer Kraftstoffverbrauch bei unsymmetrischem Einlaß in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.

Anordnung II a

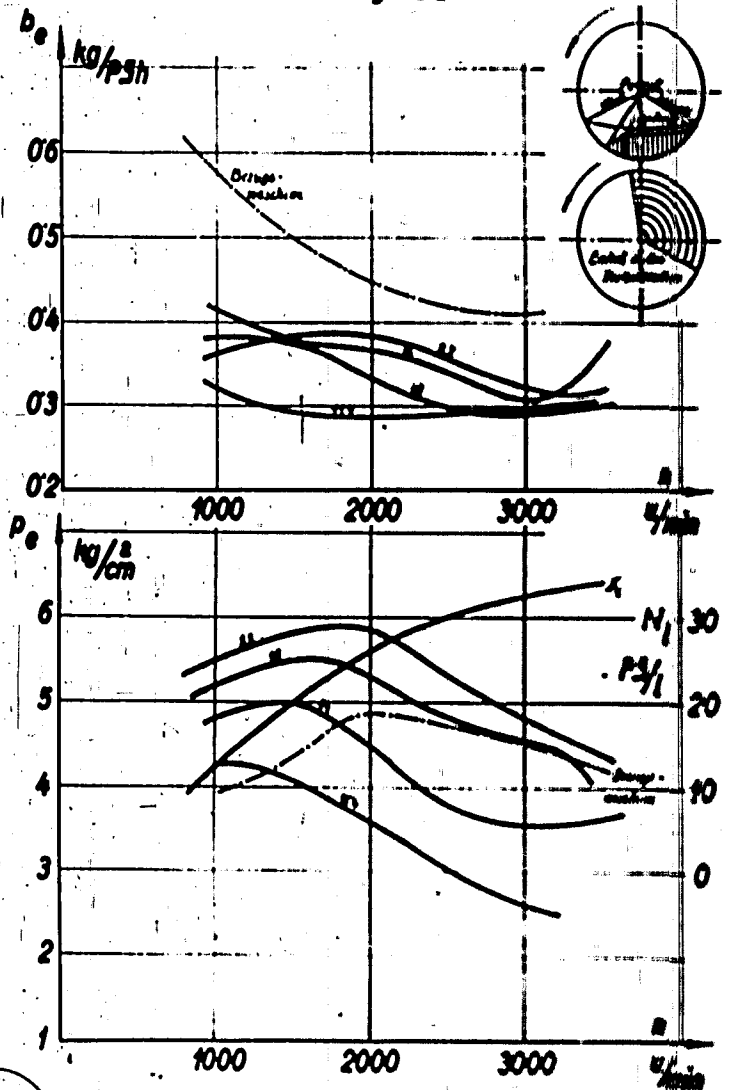


Abb. 6. Mittlerer effektiver Kolbendruck und spezifischer Kraftstoffverbrauch bei unsymmetrischem Einlaß- und Überströmvorgang in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.

Anordnung II b

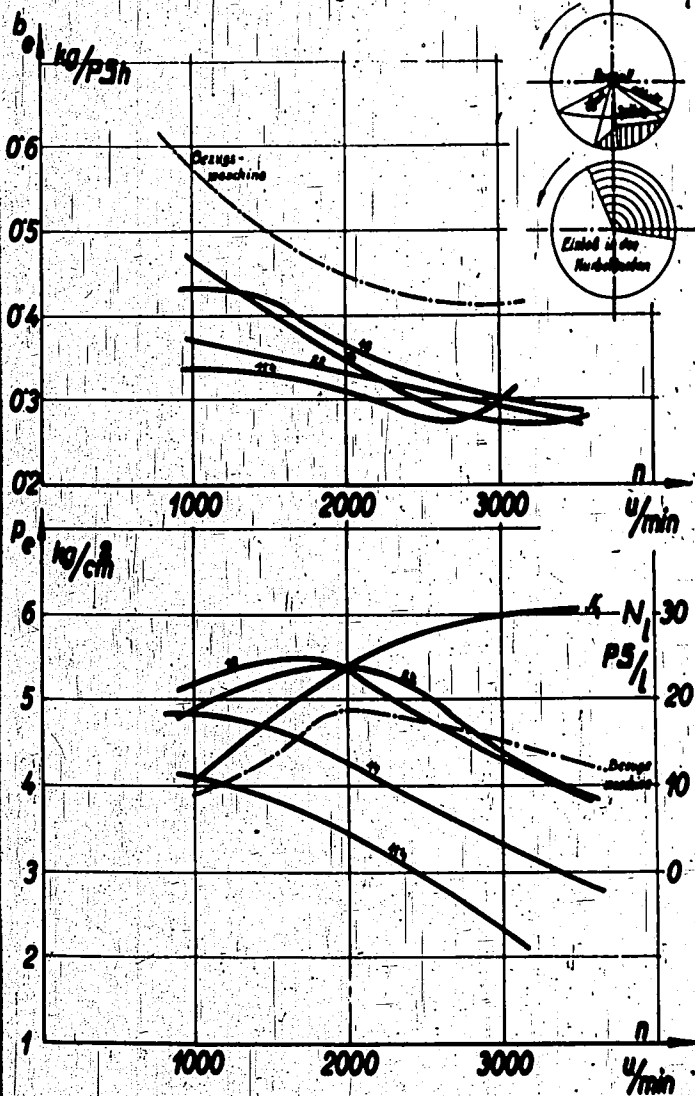


Abb. 7. Mittlerer effektiver Kolbendruck und spezifischer Kraftstoffverbrauch bei unsymmetrischem Einlaß- und Überströmvorgang in Abhängigkeit von der Motordrehzahl.