

# Schnellaufende Verbrennungsmaschinen

Von

**Harry R. Ricardo**

B. A. A. M. I. C. E. M. I. A. E.

Übersetzt und bearbeitet von

**Dr. A. Werner** und **Dipl.-Ing. P. Friedmann**

Mit 280 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1926

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-662-28250-2      ISBN 978-3-662-29768-1 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-29768-1  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1926

## **Vorwort zur englischen Ausgabe.**

Der Verfasser dankt an dieser Stelle seinem Kollegen H. A. Hetherington für seine liebenswürdige Hilfe, seinen Assistenten J. F. Alcock und R. J. Cousins für Unterstützung bei den Versuchen und angebrachte Kritik sowie für viele wichtige Angaben, auch Herrn H. T. Tizard für freundschaftliche Ratschläge sowie für die Hergabe seiner hervorragenden Versuchsangaben, von denen der Verfasser sehr freimütigen Gebrauch gemacht hat. Auch der Asiatic Petroleum Company gebührt der Dank des Verfassers für ihre Erlaubnis, die Ergebnisse der in ihrem Auftrage durchgeführten Untersuchungen über das Verhalten der verschiedenen verfügbaren flüssigen Brennstoffe frei und ohne Rückhalt zu veröffentlichen, ferner der Vauxhall Motor Company für die Genehmigung, nicht nur ihren normalen Wagenmotor, sondern auch eine ihrer Spezialrennmaschinen zu beschreiben, Herrn J. W. Burt für seine Untersuchung von Schiebersteuerungen, allen Motorfabrikanten, die so freundlich Angaben usw. zur Verfügung stellten, und schließlich nicht zum wenigsten der Technischen Abteilung des Air Ministry, deren Anregung so viele wichtige Forschungsarbeiten über Verbrennungsmotoren ihre Ausführung verdanken.

**Harry R. Ricardo.**

## **Vorwort zur deutschen Ausgabe.**

Ricardo ist heute der beste Kenner der schnellaufenden Verbrennungsmaschine. Seine Theorien über alle wärmetechnischen und mechanischen Vorgänge in dieser Maschine sind so grundlegend und zum Teil so ganz neuartig, daß auch der eingeweihte Ingenieur auf fast jeder Seite vor neue Erkenntnisse gestellt wird. Daher haben die Bearbeiter geglaubt, sein Werk auch den deutschen Ingenieuren in einer ihrem Bildungsgang angepaßten Bearbeitung zugänglich machen zu müssen. Ricardo besitzt die Fähigkeit, jeden, auch den kleinsten Vorgang in der Maschine, in die Einzelteile zu zergliedern und wissenschaftlich zu erklären, und er hat auch die Gabe, seine Gedanken einfach und folgerichtig wiederzugeben. Dabei ist er nicht nur Theoretiker, sondern auch Praktiker im besten Sinne des Wortes. Er begnügt sich nie mit der Aufstellung einer Theorie oder mit der

Erklärung eines Vorganges; in langjährigen Versuchen hat er jeden seiner Gedankengänge an Versuchsmaschinen überprüft und darin bestätigt gefunden, seine Konstruktionen in die Praxis umgesetzt und darin Erfolg erzielt. So bringt sein Buch nicht nur für den Theoretiker eine Fülle von Bereicherung seines Wissens, sondern auch der Praxis und der Industrie großen Vorteil; vielen, die das Werk gründlich studieren, wird es eine wertvolle Hilfe zur Vermeidung überflüssiger Fehler sein.

Der rote Faden, der sich durch Ricardos Werk von Anfang bis zu Ende zieht, der in jedem Kapitel von neuem hervortritt, ist der Gedanke der Wirtschaftlichkeit im Verbrauch von Energie. Die übermäßig schnelle Ausbeutung der auf der Erde vorhandenen Brennstoffvorräte zwingt zur Sparsamkeit und verlangt gebieterisch, an jedem einzelnen Konstruktionsteil höchsten Wirkungsgrad zu erstreben; denn die vorhandenen Brennstoffvorräte müssen so lange reichen, bis neue, noch recht weit liegende Hilfsquellen gefunden sind. Die Frage der Brennstoffe, die Möglichkeit, ihre chemischen Bestandteile zu höchster Verbrennungsenergie umzuwandeln, nehmen deshalb auch den ersten und umfangreichsten Teil des ganzen Buches ein. An einer eigens dazu gebauten Versuchsmaschine mit veränderlicher Verdichtung hat Ricardo alle vorhandenen Brennstoffarten geprüft und auf ihre Eignung für den Betrieb von schnellaufenden Verbrennungsmaschinen hin miteinander verglichen. Die Neigung zur Detonation, einem bisher ungeklärten Vorgang, ist danach das wichtigste Merkmal für die Beurteilung eines Brennstoffes. Ricardo stellt eine neue eigene Theorie der Detonation auf, die seine Versuche mit verschiedenen Formen von Verdichtungsräumen auch zu beweisen scheinen. Er widerlegt die bisherige Anschauung, daß die Kühlung den maßgebenden Einfluß auf den Wirkungsgrad eines Verbrennungsraumes hat. Nur die Lage der Zündkerzen und die Wirbelung haben Einfluß. Seine Versuche geben ihm recht und beweisen, wie man mit einfachen Mitteln eine Verbrennungskammer entwerfen kann, die hohen Wirkungsgrad der Verbrennung ergibt.

Im zweiten Teil des Buches zeigt Ricardo die Übertragung seiner Theorien auf die praktische Ausführung. Seine Betrachtungen über den Entwurf der Maschine, die sich mit den Baustoffen für Zylinder und Kurbelgehäuse, vor allem auch für die Kurbelwellen und das Triebwerk befassen, sind rein praktisch gehalten und von großer Erfahrung getragen. Seine Anleitung für den Entwurf der Steuerungen, für die Beurteilung des Einflusses der Öffnungs- und Schließzeiten, für die Berücksichtigung der bewegten Massen usw. werden in ihrer Einfachheit auch dem deutschen Konstrukteur neue Einsicht ermöglichen. Bei den Kolben behandelt Ricardo vor allem die Reibungs-

verluste, die sie hervorrufen. Er beweist durch Überlegung und durch Versuche an einer besonders für diesen Zweck gebauten Maschine, wie außerordentlich wichtig die Ausführung des Kolbens und die Temperatur des Kühlwassers für die Verminderung der Reibungsverluste im Zylinder sind. Seine Versuche mit Kreuzkopfkolben, einer in Deutschland für schnellaufende Maschinen wohl unbekanntem Bauform, gehören vielleicht zu den interessantesten Seiten des ganzen Werkes.

Im dritten Teil behandelt Ricardo die Verwendung der schnellaufenden Verbrennungsmaschine für verschiedene Zwecke; bei den Maschinen für Straßenfahrzeuge geht er auf die Notwendigkeit der Berücksichtigung des Wagenwiderstandes, der Steigfähigkeit und der Schaltung und ihren Einfluß auf die Bauart der Maschine ein, während er die Rennmotoren nur als Spitzenleistungen wirtschaftlich arbeitender Maschinen anerkennt.

Im Kapitel über Flugmotoren werden die Erfahrungen des Krieges und eine Fülle erprobter Bauarten dargestellt und die bekannten Möglichkeiten der Erhaltung der Leistung in großen Höhen geistvoller, aber schärfster Kritik unterzogen. Die zeitweilige Überschätzung von Höhenmotoren führt Ricardo auf das notwendige Maß zurück. Den Abschluß des Buches bilden Sonderausführungen von Maschinen für Tanks und die Erfahrungen der englischen Heeresverwaltung mit solchen Maschinen, die dem deutschen Leser neu sein dürften.

Die Bearbeiter sind besonders erfreut, daß der Verlag ihnen ermöglicht hat, dieses nach ihrer Überzeugung heute besonders zeitgemäße und dem vorwärtsstrebenden deutschen Ingenieur unentbehrliche Werk in guter Ausstattung herauszubringen. Sie sind überzeugt, daß der Inhalt des Buches jedem Konstrukteur von schnellaufenden Verbrennungsmaschinen Freude, Befriedigung und Bereicherung seiner Kenntnisse bringen wird.

Berlin, im Februar 1926.

**A. Werner, P. Friedmann.**

## Inhaltsverzeichnis.

|  | Seite |
|--|-------|
| Einleitung . . . . .   | 1     |
| I. Leichtflüchtige flüssige Brennstoffe für Verbrennungsmaschinen . . . . .  | 5     |
| Die Neigung von Brennstoffen zur Detonation S. 8. Innere Verdampfungswärme S. 10. Verdampfbarkeit S. 16. Der Endpunkt der Verdampfung S. 16. Verhalten beim Anlassen S. 18. Heizwert S. 18. Der Gemischheizwert S. 21. Der thermische Wirkungsgrad bei Betrieb mit verschiedenen Brennstoffen S. 21. Die Höchstleistung S. 26. Brennstoffe für Luftfahrzeuge S. 26. Zusammenfassung S. 29. Die Versuchsmaschine S. 34. |       |
| II. Die Detonation . . . . .   | 43    |
| Die Art der Brennstoffe und die Detonation S. 47. Grenzen der Zündfähigkeit S. 48. Die Temperaturen des Kreisprozesses S. 52. Verdichtungstemperatur S. 57. Verbrennungstemperaturen S. 58.  |       |
| III. Die Wärmeverteilung in einer schnelllaufenden Viertaktverbrennungsmaschine . . . . .  | 67    |
| Der Wärmeverlust während der Verbrennung S. 68. Der Wärmeverlust während der Expansion S. 68. Die Wärmeverluste während des Auspuffhubes S. 69. Der Einfluß der Temperatur im Kühlwassermantel S. 74. Gasgeschwindigkeit und mittlerer indizierter Kolbendruck S. 78. Einfluß der Zylindergröße auf Leistung und Wirkungsgrad S. 82.   |       |
| IV. Der Einfluß der Gestalt des Verbrennungsraumes. . . . .  | 88    |
| Durchwirbelung S. 89. Die Stellung der Zündkerze S. 91. Bestimmung des Wirkungsgrades des Verbrennungsraumes S. 103.   |       |
| V. Schmierung und Lagerabnutzung . . . . .   | 111   |
| Die Abnutzung von Lager und Welle S. 116. Der Höchstdruck im Lager S. 118. Die Grenzen der Belastungszahl S. 118. Die Höchstbelastung S. 119. Die Abmessungen der Lager S. 119. Belastungszahl und Abnutzung S. 119. Lager für pendelnde Zapfen S. 120. Die Arten von Schmieröl S. 120.  |       |
| VI. Die Vergasung . . . . .  | 122   |
| VII. Die Zündung . . . . .   | 133   |
| Die Intensität des Zündfunkens S. 133. Die Zündkerzen S. 134.  |       |
| VIII. Entwurf der Maschine . . . . .   | 136   |
| Entwurf und Baustoff S. 140. Kurbelgehäuse S. 140. Der Zylinderblock S. 143. Kurbelwellen S. 150. Gegengewichte S. 152. Abnutzung der Kurbelwellen S. 154. Pleuelstangen S. 155. Kolbenbolzen S. 159. Ventile S. 161. Anzahl der Ventile S. 163.   |       |
| IX. Einzelne Bauteile . . . . .  | 164   |
| Kugel- und Rollenlager S. 164. Hilfsantriebe S. 168. Arten der Schmierung S. 174. Druckschmierung S. 174. Umlaufende Ölmenge S. 176. Bauart der Ölpumpe S. 176. Ölüberdruckventile S. 177. Ölfilter S. 179.  |       |

|   | Seite |
|---|-------|
| X. Ventile und Steuerung . . . . .                                  | 183   |
| Entwurf der Steuerdaumen und des Ventilantriebes S. 197. Zu-        |       |
| lässige Ventilbeschleunigung S. 200. Flache oder pilzförmige Stößel |       |
| S. 210. Entwurf von harmonischen Nocken S. 210. Innennocken         |       |
| S. 212. Voranheben der Ventile S. 213. Ventildedern S. 214.         |       |
| XI. Entwurf des Kolbens . . . . .                                   | 218   |
| Einfluß der Temperatur auf die Kolbenreibung S. 221. Ableitung      |       |
| der Wärme S. 222. Eindringen von Schmieröl in den Verbrennungs-     |       |
| raum S. 224. Das Schlagen der Kolben S. 232. Kolbenringe S. 234.    |       |
| Breite der Kolbenringe S. 234. Radiale Dicke S. 234. Kreuzkopf-     |       |
| kolben S. 235.  |       |
| XII. Maschinen für Straßenfahrzeuge . . . . .                       | 243   |
| Der 14 PS-Vauxhall-Motor S. 255. Schiebermotoren S. 259. Be-        |       |
| rechnung der Schieberschlitz S. 262. Rennwagen S. 269.              |       |
| XIII. Flugmotoren . . . . .   | 289   |
| Luft- oder Wasserkühlung S. 299. Entwurf der Zylinder S. 301.       |       |
| Flugmotoren für große Höhen S. 323.                                 |       |
| XIV. Schnellaufende Maschinen von hoher Leistung für Tanks          | 336   |
| Betriebserfahrungen S. 359. Verbrennungsraum S. 359. Kolben         |       |
| S. 359. Kreuzkopfführungen S. 360. Auspuffleitung S. 360. Kurbel-   |       |
| wellen S. 360. Schwingungsdämpfer S. 361. Schmierung S. 361.        |       |
| Ventil-Federteller S. 362. Steuerung S. 362.                        |       |
| Sachverzeichnis . . . . .   | 369   |