

Vorwort

Das ungebrochen große Interesse der Modellbauer an der Heißluftmotoren-Reihe hat den Neckar-Verlag veranlasst, nach „Heißluftmotoren II“ auch die Ausgabe „Heißluftmotoren III“ in 2. Auflage herauszugeben.

Bei der nun vorliegenden, gründlich überarbeiteten Auflage wurden Unstimmigkeiten und Fehler im Text sowie in den Zeichnungen berichtigt.

In dieser Ausgabe beschreibt Manfred Heintschel die richtige Vorgehensweise beim Einstellen der Steuerung des Stirlingmotors D 19/17 von Herbert Dülks.

Udo Mannek

Kempfen, März 2000

Mit dem wachsenden Bewusstsein am Umweltschutz nimmt die Bedeutung der Heißluftmotoren stetig zu. Da das Prinzip dieses Motors lediglich auf dem steten Wechsel zwischen Erwärmung und Abkühlung beruht, ist sein Aufbau verhältnismäßig einfach. Infolge seiner äußeren Beheizung ist die Schadstoff- und Geräuschbelastigung gering, sodass besondere Maßnahmen zu ihrer Verringerung nicht erforderlich sind. Um die erforderliche Temperatur zu erreichen, lassen sich feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe sowie Sonne und Kernenergie verwenden. Neben dem Antrieb von Last- und Personenwagen sind Schiffsantriebe möglich. Ferner stationäre und transportable Anlagen zur Stromerzeugung.

Auch wenn in zahlreichen Firmen an der Weiterentwicklung gearbeitet wird, besteht auch in technisch interessierten Kreisen noch teilweise Unkenntnis über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten. Bedauerlicherweise wirkt sich dieses hemmend auf eine wünschenswerte Verbreitung und damit günstigere Fertigungskosten aus.

Modellbauer stehen dagegen im Allgemeinen Neuerungen wesentlich aufgeschlossener gegenüber. Neben der Faszination, die dieser Antrieb für sich alleine schon ausübt, können mit diesen Maschinen auf dem Modellsektor Fahrzeuge zu Wasser und zu Lande sowie Generatoren zur Stromerzeugung betrieben werden.

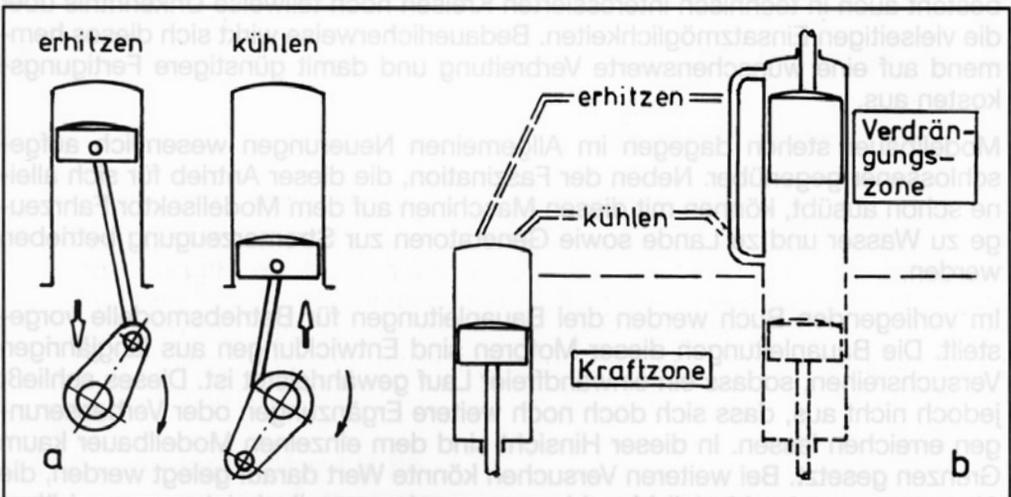
Im vorliegenden Buch werden drei Bauanleitungen für Betriebsmodelle vorgestellt. Die Bauanleitungen dieser Motoren sind Entwicklungen aus langjährigen Versuchsreihen, sodass ein einwandfreier Lauf gewährleistet ist. Dieses schließt jedoch nicht aus, dass sich doch noch weitere Ergänzungen oder Verbesserungen erreichen lassen. In dieser Hinsicht sind dem einzelnen Modellbauer kaum Grenzen gesetzt. Bei weiteren Versuchen könnte Wert darauf gelegt werden, die Abmessungen der Modell-Maschinen zu verringern, die Leistung zu erhöhen bzw. neue Anwendungsgebiete zu erschließen.

Im Anschluss der o.g. Bauanleitungen werden einige erprobte Maschinen vorgestellt, die als Anregungen für weitere Arbeiten auf diesem interessanten und zukunftsreichen Gebiet dienen können.

1. Funktion und Bauweisen

Das Arbeitsprinzip eines Heißluftmotors beruht auf dem steten Wechsel zwischen einem erwärmten und gekühlten Medium. Hierfür sind fast alle Gase, wie z.B. Luft, Wasserstoff und Helium verwendbar. Im kommerziellen Maschinenbau wird Luft nur noch bei Motoren mit kleinen Leistungen und niedrigen Drehfrequenzen eingesetzt. Dagegen kommt wegen des geringen Material- und Kostenaufwandes für den Modellbetrieb ausschließlich Luft in Betracht.

In der einfachsten Form besteht ein Heißluftmotor aus einem Kolben, dessen Zylinderkopf abwechselnd erhitzt und gekühlt wird (a). Aus den hierbei auftretenden Druckänderungen ergibt sich die abgegebene Kraft. Der sich kontinuierlich wiederholende Ablauf des Erhitzens und Abkühlens kann jedoch durch Ergänzung mit einem zweiten Kolben einfacher gelöst werden (b). Dieser zweite Kolben lässt die Luft von einer permanenten Wärme- und Kältekammer in den Zylinder strömen. Es entsteht eine Verdrängungs- und eine Kraftzone.

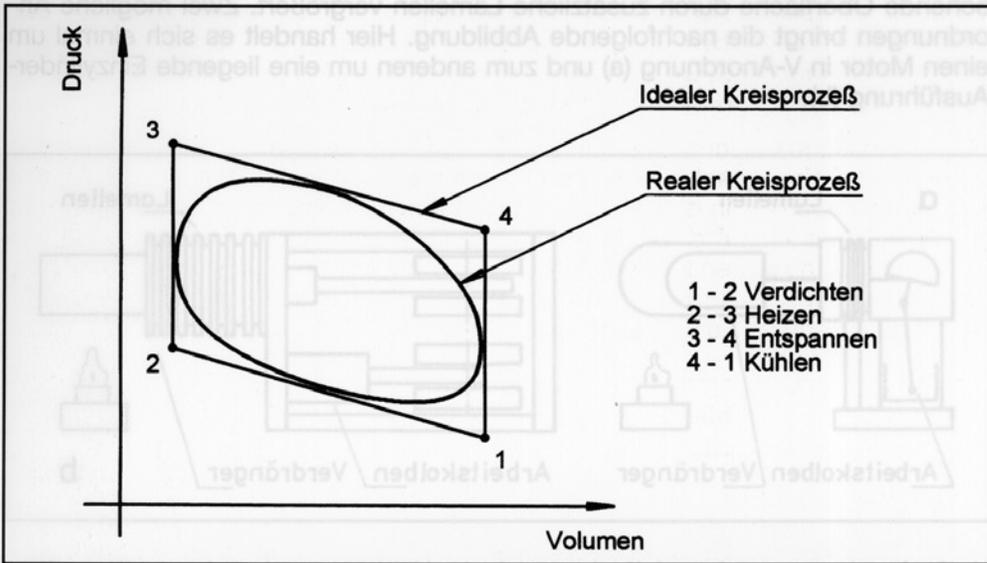


Unterschiede bei den Motoren bestehen darin, ob Verdränger- und Arbeitskolben getrennt parallel oder axial hintereinander bzw. in V-Form angeordnet sind. Der Luftkreislauf erfolgt durch einen Verbindungskanal oder ein Rohr bzw. Schlauch.

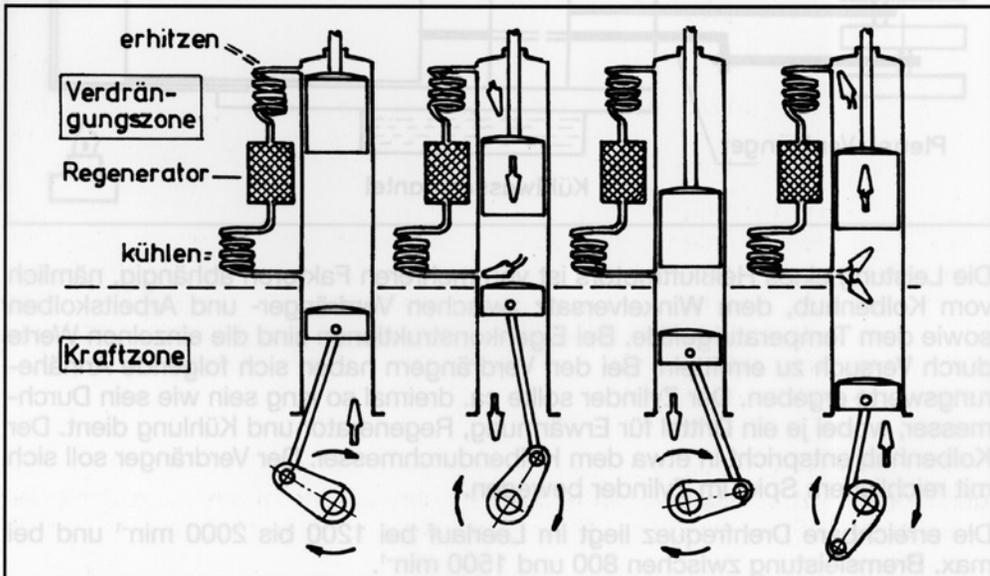
Je Kurbelwellenumdrehung erreicht das Volumen des warmen und kalten Raums seinen höchsten und niedrigsten Wert. Das bedeutet, dass bei einem Motor mit einer Drehfrequenz von etwa 800 min^{-1} der Kreisprozess ca. 13-mal pro Sekunde durchlaufen wird. Hierbei bleibt für die Wärmeübertragung kaum Zeit. Oftmals läuft eine nahezu adiabatische (ohne Wärmeaustausch) Zustandsänderung ab. Die Folge ist eine geringe Nutzleistung, die eine höhere Kompressionsarbeit bedingt. Eine Annäherung an die Isotherme (Verbindungsline mit gleichen Temperaturen) ist nur durch eine verbesserte Wärmeübertragung möglich.

Die Steuerung des Ablaufs ergibt sich aus der Voreilung des Verdrängers gegenüber dem Arbeitskolben. Je nach Drehrichtung beträgt sie, nach der einen oder anderen Seite, zwischen 70 und 90° . Die Voreilung ist durch Versuch zu ermitteln.

Der ideale Kreisprozess ist nur annähernd zu realisieren. Das Druck/Volumen-Diagramm zeigt den realen Kreisprozess eines Stirlingmotors mit kontinuierlicher Steuerung. Bessere Wirkungsgrade lassen sich mit einer diskontinuierlichen Steuerung erreichen. Dabei nähert sich der reale Kreisprozess dem idealen Kreisprozess.

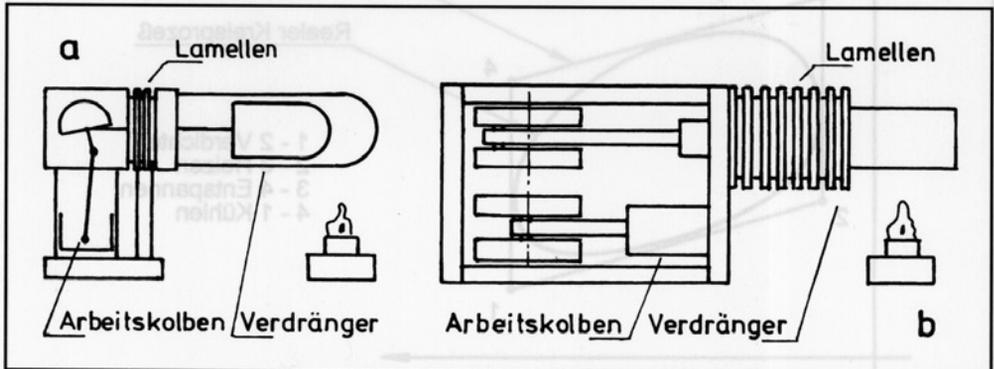


Um den Wirkungsgrad des Motors zu erhöhen, wird ein weiteres Bauteil in den Kreislauf zwischen Wärme- und Kältekammer eingefügt, der Regenerator. Letzterer soll in der Lage sein, ohne große Strömungsverluste, schnell viel Wärme der in Richtung Arbeitszylinder streichenden Luft zu entnehmen und diese der kühleren Luft in Richtung Heizkammer wieder zuzufügen. In der folgenden Abbildung ist der Bewegungsablauf eines Heißluftmotors in vier Phasen dargestellt.

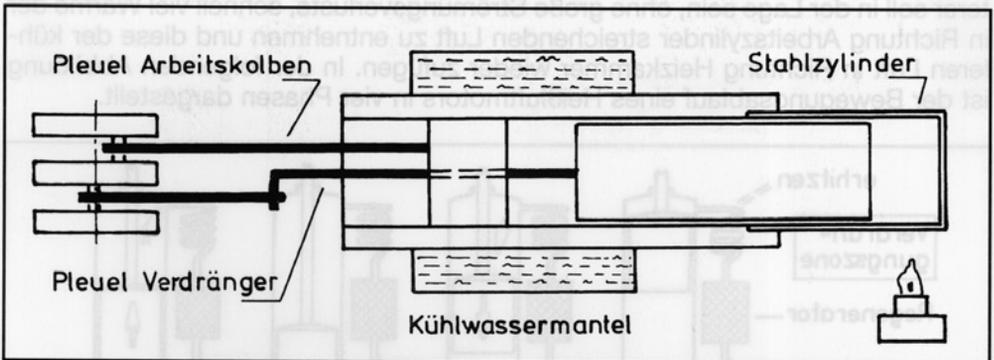


Beim Regenerator sind die Funktionen Erhitzen und Kühlen zeitlich getrennt. Ohne Regenerator müsste der Erhitzer die vier- bis fünffache Wärmeleistung erbringen und dem Kühler dieselbe Menge wieder zuführen.

Im Modellbau unterscheidet man zwischen luft- und wassergekühlten Heißluftmotoren. Um die Wirkung der Luftkühlung zu erhöhen, wird die wärmeaustauschende Oberfläche durch zusätzliche Lamellen vergrößert. Zwei mögliche Anordnungen bringt die nachfolgende Abbildung. Hier handelt es sich einmal um einen Motor in V-Anordnung (a) und zum anderen um eine liegende Einzylinder-Ausführung (b).



Heißluftmotoren werden vielfach mit einem Kühlwassermantel umgeben. Eine Wasserumwälzung kann die Leistungsfähigkeit erhöhen.



Die Leistung eines Heißluftmotors ist von mehreren Faktoren abhängig, nämlich vom Kolbenhub, dem Winkelversatz zwischen Verdränger- und Arbeitskolben sowie dem Temperaturgefälle. Bei Eigenkonstruktionen sind die einzelnen Werte durch Versuch zu ermitteln. Bei den Verdrängern haben sich folgende Annäherungswerte ergeben. Der Zylinder sollte ca. dreimal so lang sein wie sein Durchmesser, wobei je ein Drittel für Erwärmung, Regenerator und Kühlung dient. Der Kolbenhub entspricht in etwa dem Kolbendurchmesser. Der Verdränger soll sich mit reichlichem Spiel im Zylinder bewegen.

Die erreichbare Drehfrequenz liegt im Leerlauf bei 1200 bis 2000 min^{-1} und bei max. Bremsleistung zwischen 800 und 1500 min^{-1} .