

Einleitung

Nach der Dampfmaschine ist der Heißluftmotor seit 1827 die zweitälteste Wärme-kraftmaschine. Erst Jahrzehnte danach wurden der Otto- und der Diesel-Motor er-funden, die mit Beginn dieses Jahrhunderts Dampfmaschine und Heißluftmotor immer mehr verdrängten. Während der Dampfmaschine die nostalgischen Erinne-rungen blieben, gehen die Versuche mit Heißluftmotoren weiter. Der Grund liegt in seinem einfachen Aufbau, dem guten Wirkungsgrad und der nahezu schadstofffrei-en Verbrennung.

Bei einer Dampfmaschine führt der Wärmefluss über das Wasser und den Dampf. Ein Heißluftmotor vermeidet diesen Umweg. Somit entfallen Dampfkessel und Wasserverbrauch. Im Gegensatz zu den bekannten Verbrennungsmotoren handelt es sich bei dem Heißluftmotor um eine Kolbenmaschine mit äußerer Erhitzung. Die Beheizung des äußeren Zylinderendes kann mit den bekannten Brennstoffen und unter günstigen Bedingungen auch mit Sonnenenergie erfolgen.

Heißluftmotoren wurden in der Vergangenheit für den Antrieb von Aggregaten in Kleinbetrieben, Wasserpumpen, Werkzeugmaschinen und später auch für Dyna-mos zur lokalen Stromerzeugung verwendet. Als neuere Einsatzgebiete gelten der Betrieb von Kraftfahrzeugen, Wärmepumpen für privaten und industriellen Einsatz sowie mobile Stromgeneratoren und die Raumfahrt. Obwohl die Anwendungs-möglichkeiten recht umfangreich sind, muss erst ihre Wirtschaftlichkeit eindeutig bewiesen werden, bevor durch größere Produktionszahlen eine Kostensenkung er-folgen kann.

Die große Zeit der Modell-Heißluftmotoren war das erste Drittel dieses Jahrhun-derts. Da man damals kaum den Ausdruck Modell verwendete, galten diese Moto-ren als Spielzeug. Dass es die funktionsfähigen Maschinchen heute noch gibt, ist das Verdienst vieler Sammler. Für den Betrieb wurde lediglich Wärme, überwiegend durch die Verbrennung von Spiritus gewonnen, benötigt. Nachdem der Heißluft-motor lange Zeit unbeachtet blieb, vergrößert sich die Zahl der Modellbauer nun-mehr stetig, die sich mit diesem umweltfreundlichen Antrieb beschäftigen. Für die große Zahl der an Neuheiten interessierten Amateure besteht hier ein weites An-wendungsgebiet zur Verwirklichung eigener Ideen. So lässt sich der Heißluftmotor u.a. auch für den Antrieb von Schiffsmodellen einsetzen. Da Drehzahlregelung und Umsteuerung ohne zusätzlichen Aufwand nicht möglich sind, hilft ein Verstellpropeller über diese Hürde.

1. Heißluft-Motoren – gestern, heute und morgen

Wärme zum Erzeugen von Bewegungen zu verwenden, ist ein uralter Wunschtraum der Menschheit. Wer jedoch der Erfinder und Erbauer des ersten Heißluftmotors war, ist heute nicht mehr genau festzustellen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts beschäftigten sich viele Menschen mit der Entwicklung von Kraftmaschinen. In der damaligen Zeit war das Dokumentations- und Patentwesen unterentwickelt bzw. nicht vorhanden. Auch bestand kaum ein Erfahrungsaustausch über die Landesgrenzen hinaus. Es darf aber angenommen werden, dass in vielen Ländern gleichzeitig, wenn auch unabhängig voneinander, ähnliche Maschinen gebaut wurden.

Die ersten Heißluftballonflüge der Brüder Montgolfier 1783 in Frankreich gaben die Anregungen zur Entwicklung von Flugapparaten. Seiner Zeit weit voraus war der englische Flugpionier Sir George Cayley, der um 1799 die Grundideen eines Flugzeuges mit starren Flügeln und Rumpf sowie stabilisierende Rumpf- und Steuerflächen skizzierte. 1807 kam er in einer Veröffentlichung zu der Erkenntnis, dass eine Dampfmaschine für Flugzeuge zu groß und zu schwer sei. Daneben wies er darauf hin, dass das Volumen der Luft bei Erwärmung größer und bei Abkühlung kleiner wird. Diese Erscheinung könnte zur Gewinnung kinetischer Energie ausgenutzt werden. Gleichzeitig fertigte G. Cayley die Skizze einer Wärmekraftmaschine an, die er als „Kalorische Maschine“ bezeichnete, und beschrieb ihre Arbeitsweise. Wenn auch diese Konstruktion nicht verwirklicht wurde, kann G. Cayley als derjenige gelten, der zuerst die Anregung zu einem Heißluftmotor gab.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen begann der schottische Pfarrer Robert Stirling an seiner Maschine zu arbeiten. Unter Mithilfe seines Bruders James konnte nach lang währenden Versuchen die Maschine 1827 zum Patent angemeldet werden. Entgegen dem Vorschlag von G. Cayley benutzten die Brüder Stirling zwei Zylinder. Der eine Zylinder wurde an einem Ende erhitzt und am anderen Ende gekühlt. Bei Ausdehnung der Luft entstand im zweiten Zylinder ein Kolbenhub. Von den beiden Kolben arbeitete der eine als Verdränger- oder Steuerkolben und der andere als Arbeitskolben. Da weder eine Frischluftzufuhr erforderlich ist noch ein Luftausstoß erfolgt, wird die in den Zylindern befindliche Luft immer wieder benutzt.

Dieser Heißluftmotor rief damals eine große Anzahl Erfinder auf den Plan. Vor allem deshalb, weil es außer den atmosphärischen Kraftmaschinen keine anderen Antriebe gab, um die Forderungen der beginnenden Industrialisierung zu erfüllen. Unter den Erfindern befand sich auch der schwedische Ingenieur John Ericsson, der 1826 im Alter von 23 Jahren nach England auswanderte. Hier vollendete er 1833 seine Kalorische Maschine mit einer Leistung von 5 PS. Die Arbeitsweise der großes Interesse erregenden Maschine war die Gleiche wie von R. Stirling. Obwohl beide von unterschiedlichen Ausgangspunkten zu arbeiten begannen, kamen sie zu gleichen Ergebnissen. Zusätzlich versah J. Ericsson seine Maschine mit einem Regenerator. Im Jahre 1839 siedelte Ericsson nach New York um und arbeitete dort weiter an seiner Heißluftmaschine. In beiden Ländern wurde er bald durch seine zahlreichen Erfindungen bekannt. Von ihm stammen unter anderem der Dampfmotor, die Druckluft als Leistungsträger, die Schiffsschraube und der rotierende Kanonenlauf. Daneben zeigte Ericsson Zeit seines Lebens großes Interesse an Heißluftmotoren, wobei er im Gegensatz zu Stirling das Prinzip des offenen Kreislaufes verfolgte. Die stets frische Luft musste mit Schiebern gesteuert werden.

Von weitaus größerer Bedeutung war eine offene Maschine ohne Regenerator, die unmittelbar aus der Anordnung von 1855 entstand und etwa ab 1860 gebaut wurde. Ein wesentlicher Fortschritt bestand in der Gedrungenheit der Maschine. Nicht nur Verdränger und Arbeitskolben, sondern auch die Heizquelle befanden sich in dem gemeinsamen Zylinder. Den schematischen Aufbau zeigt Bild 1.1.

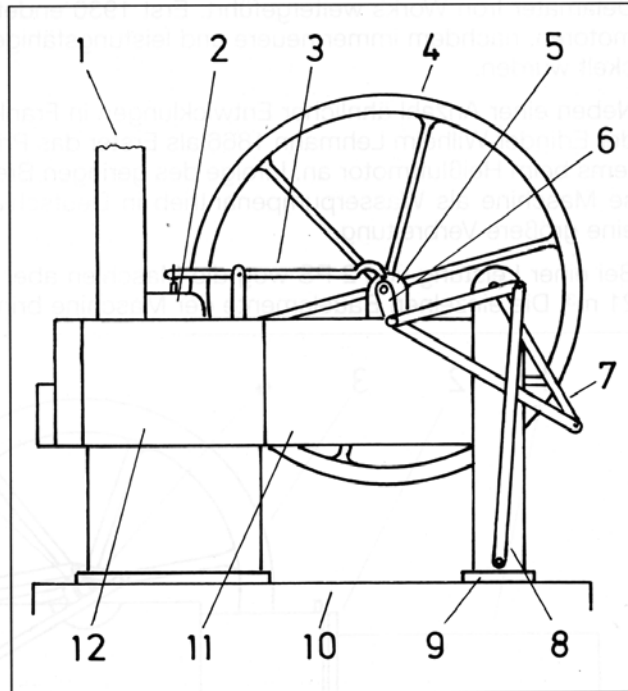


Bild 1.1
Schematische Darstellung
des Heißluftmotors von Ericsson um „1860“

- 1 Rauchrohranschluss für Abgase aus Feuerung und Kreislauf
- 2 Abluftventil
- 3 Hebel für Abluftventil
- 4 Schwungrad
- 5 Steuerung für Luftventil
- 6 Kurbelwelle für Arbeitskolben und Verdränger
- 7 Übertragungsgestänge von Kurbelwelle zum Verdränger
- 8 Übertragungsgestänge vom Arbeitskolben zur Kurbelwelle
- 9 Maschinengestell
- 10 Maschinenfundament
- 11 Zylinder
- 12 Feuerraum mit Erhitzer

7

stellt, von denen die ersten Dampfmaschinen und die folgenden Heißluftmaschinen waren. 5 Jahre später baute Ericsson einen Sonnenmotor für eine Wasserpumpe, die in tausenden von Exemplaren verkauft wurde.

Auch Alexander K. Rider, ein amerikanischer Ingenieur, baute in das geschlossene System seines Heißluftmotors einen Regenerator ein und verbesserte ihn damit wesentlich. Im Gegensatz zu dem Generator von Ericsson war die Konstruktion von Rider infolge der Fortschritte auf dem Gebiet der Thermodynamik sehr viel ausgereifter.

Nach ihren Erfolgen gründeten die beiden Erfinder die Firma Rider-Ericsson Engine Co., die mit ihren Heißluftmotoren bald den amerikanischen Markt beherrschten. Nach dem Tode von Ericsson im Jahr 1889 wurde die Produktion durch die Firma Delamater Iron Works weitergeführt. Erst 1930 endete die Fertigung von Heißluftmotoren, nachdem immer neuere und leistungsfähigere Antriebsmaschinen entwickelt wurden.

Neben einer Anzahl ähnlicher Entwicklungen in Frankreich wandte in Deutschland der Erfinder Wilhelm Lehmann 1866 als Erster das Prinzip des geschlossenen Systems beim Heißluftmotor an. Infolge des geringen Brennstoffverbrauches fand diese Maschine als Wasserpumpenantrieb in Deutschland und Teilen Mitteleuropas eine größere Verbreitung.

Bei einer Leistung von 2 PS wog die Maschine aber 4,1 t bei einem Volumen von 21 m³. Die einzelnen Bauelemente der Maschine bringt Bild 1.2.

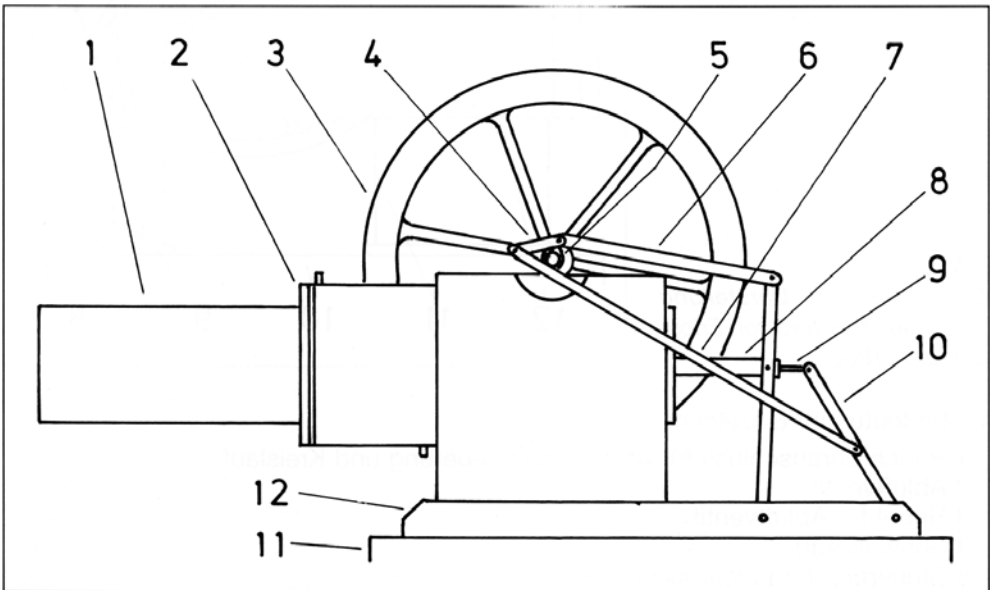


Bild 1.2 Schema der Lehmann-Maschine um 1866

Die einzelnen Positionen entsprechen:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Erhitzer | 7 Koppelstange vom Verdränger |
| 2 Kühler | 8 Schubstange vom Arbeitskolben |
| 3 Schwungrad | 9 Schubstange vom Verdränger |
| 4 Gegenkurbel | 10 Wippe |
| 5 Hauptkurbel | 11 Maschinenfundament |
| 6 Koppelstange vom Arbeitskolben | 12 Maschinengehäuse |

Infolge einer Unmenge von Erfindern, Konstrukteuren und Erbauern von Heißluftmaschinen in den verschiedenen Ländern, ergab sich eine große Anzahl unterschiedlichster Anordnungen und Funktionsabläufe. Wenngleich vieles nicht von Bestand war, wurden doch der mechanischen Wärmetheorie Aufgaben gestellt. Sie ermöglichten eine Anwendung und Prüfung der aufgestellten Lehren und dienten damit auch dem Fortschritt.

Das Verdienst, etwas Ordnung in die Systeme der Heißluftmotoren gebracht und sie nach ihrer Wirkungsweise in Gruppen eingeteilt zu haben, gebührt dem Konstruktor Delabar. Daneben hat er lange Zeit in Dinglers Polyt. Journal über die Fortschritte auf diesem Gebiet berichtet. Er unterschied zunächst zwei große Gruppen. Es war einmal die offene Maschine, die bei jedem Hub Frischluft ansaugt und nach erfolgter Arbeitsleistung wieder ausstößt. Ferner die geschlossene Maschine, bei der dieselbe Arbeitsluft innerhalb des Kreislaufes verbleibt und stets wieder in ihren Ausgangszustand zurückkehrt.

Die erste Gruppe unterteilte Delabar wieder in zwei Abteilungen. Einmal in die Maschinen mit offener Befeuerung, bei der die Heizgase nicht mit dem Arbeitskolben in Berührung kamen, und in solche Maschinen, deren Heizgase unmittelbar arbeitsleistend auf den Kolben wirkten. Aber auch die zweite Gruppe erfuhr eine Aufteilung, je nachdem die Maschinen als niedrigste Spannung die der Außenluft oder eine darüber hinaus erhöhte Spannung aufwiesen.

Da jedoch die Anfangsspannung nur eine untergeordnete Rolle spielt und von der Verwendung höherer Anfangsspannungen wegen der Durchlässigkeit der glühenden Heizköpfe Abstand genommen werden musste, kann diese Unterscheidung entfallen. Dagegen ist die Aufteilung der ersten Gruppe hervorzuheben und danach drei größere Gruppen von Heißluftmotoren zu unterscheiden, nämlich:

1. Offene Heißluftmaschinen, bei denen eine gewisse Menge Luft gewöhnlicher Spannung angesaugt und erhitzt wird, arbeitsleistend wirkt und dann die Maschine wieder verlässt.
2. Feuerluftmaschinen, bei denen die Heizgase allein oder durch Herabminderung der Temperatur mit überschüssiger Luft gemischt auf den Kolben arbeitsleistend wirkt.
3. Geschlossene Maschinen, bei denen ein und dieselbe Luftmenge in einem Kreislauf arbeitet.

Die Maschinen der 1. Gruppe besitzen neben dem Arbeitskolben noch einen zweiten Kolben, den so genannten Verdränger, der die Zuführung der angesaugten Luftmenge an die Heizstelle bewirkt. Beide Kolben können sowohl in einem gemeinsamen Zylinder als auch in zwei getrennten Zylindern arbeiten. Diese Maschinen unterscheiden sich durch die Art der Zustandsänderungen, welche die Luft während ihres Kreislaufes durchmacht.

Die 2. Gruppe besitzt als wesentliche Bauelemente einen Arbeitszylinder, eine Luftpumpe und eine Heizquelle. So vorteilhaft diese Maschinen in Bezug auf die Wärmeausnutzung erscheinen, gelang es zu damaliger Zeit nicht, entsprechende Materialien für Dichtung und Schmierung zu finden, die den auftretenden hohen Temperaturen Widerstand leisten konnten. So war diesen Maschinen eine recht enge Grenze der Verwendung gezogen.

Die Maschinen der 3. Gruppe besitzen ebenfalls einen Verdränger und einen Arbeitskolben, die wahlweise in einem oder zwei Zylindern arbeiten können.