

Nach Erscheinen der Ausgaben „Heißluftmotoren IV“ und „Heißluftmotoren V“ ist es nunmehr notwendig geworden, die vorliegende Ausgabe in überarbeiteter Form als zweite Auflage herauszubringen. Alle Fehler wurden, soweit bemerkt, berichtigt. Für diese Arbeit konnte ich die beiden Modellbauer Ernst-Arno Kruse und den während der Überarbeitung dieser Ausgabe verstorbenen Rainer Burmester, die ihre Modelle schon in der ersten Auflage vorgestellt haben, gewinnen. Die vorliegende Ausgabe befasst sich in erster Linie mit der Ausrüstung von Schiffsmodellen mit Stirlingmotoren.

Klaus Koch zeigt in dieser Ausgabe mit seinen Modellen MARINER I und MARINER II zwei Heißluftmaschinen für den Einbau in Schiffsmodelle. Dieter Kolb stellt seine Barkasse Stirling mit Kramer-Motor vor, die er nach der ersten Auflage von „Heißluftmotoren II“ gebaut hat. Peter Beier berichtet von seinem heißluftbetriebenen Boot mit Wendegetriebe, und Wilfried Heckert beschreibt anhand von Bauplänen den Bau seines Heißluftmotors, der für den Einbau in ein Schiffsmodell eigentlich viel zu schade ist.

Es hat sich gezeigt, dass der Heißluftmodellbau einen außergewöhnlichen Boom erlangt hat. Leider ist diese Entwicklung am Schiffsmodellbau bisher weitgehendst vorbeigegangen. Möge diese Ausgabe dazu beitragen, dass in dieser Hinsicht eine positive Entwicklung eintritt.

Es ist wünschenswert, dass sich zukünftig neben den zahlreichen Modellbauern auch die Industrie und Wissenschaft ernsthafter mit dem Stirlingprinzip befasst.

Udo Mannek

Kempen, Februar 2000

Einleitung

Als der 135 v. Chr. ermordete jüdische Schriftgelehrte Ben Akiba die Feststellung traf, dass alles schon einmal da gewesen sei, konnte er kaum ahnen, wie zeitlos diese Erkenntnis sein würde. Wenn heutzutage Schiffsmodelle mit Heißluftmotoren angetrieben werden, so stellt dies ebenfalls keine Neuheit dar. Als technisches Spielzeug wurden Anfang des 20. Jahrhunderts Heißluftmotoren nicht nur für stationäre Anlagen, sondern auch für den Schiffsmodellantrieb eingesetzt.

Auf der Suche nach umweltfreundlichen Antriebsarten sind in den vergangenen Jahren weltweit Versuche mit Heißluftmotoren durchgeführt worden. Daneben entstanden eine Reihe von kleineren Anlagen mit Pilotcharakter. Dass die Beschäftigung mit Modell-Heißluftmotoren größer ist als angenommen werden konnte, zeigte das Echo auf die Veröffentlichung „Heißluftmotoren I“ in der Reihe Modell-Spezial des Necker-Verlages.

Da mittlerweile so viel bisher unbekanntes Material angefallen ist, soll dieses anhand mehrerer Beispiele und Bauvorschläge dem an Neuheiten interessierten Modellbauer näher gebracht werden. Das Prinzip des Heißluftmotors ist denkbar einfach. Es beruht auf dem Unterschied des Volumens zwischen erhitzter und abgekühlter Luft. Gegenüber der Dampfmaschine entfällt beim Heißluftmotor der Umweg über den Dampf und damit der Kessel mit seiner Wassernachspeisung bei längeren Fahrten. Daher werden sicher auch viele Dampffreunde dieser wieder entdeckten Antriebsart aufgeschlossen gegenüberstehen. Hinzu kommt, dass die Arbeitsanforderungen nicht größer, sondern eher geringer sind, da der doch etwas aufwändige Kesselbau entfällt.

Verständlicherweise waren nach dem „Dornröschenschlaf“ des Modell-Heißluftmotors eine Reihe von Versuchen und Probeläufen erforderlich. Da all dies für einen Einzelnen eine langwierige Angelegenheit ist, war es für die Redaktion eine große Hilfe, auf die Erfahrungen anderer Modellbauer zurückgreifen zu können. In diesem Zusammenhang seien besonders die Arbeiten der Herren Ernst-Arno Kruse, Hiddenhausen, und Rainer Burmester, Hamburg, dankend erwähnt.

Einige Eigenschaften des Heißluftmotors – wie bedingte Drehzahlregelung und Lauf nur in einer Richtung – mögen am Anfang als nachteilig empfunden werden. Mit einem durch ein Servo ferngesteuerten Verstellpropeller oder Wendegetriebe ergibt sich das gleiche Fahrverhalten wie bei den bekannten Antrieben. Vorteile sind dagegen geringe Betriebskosten und lange Fahrzeiten sowie Fortfall der Batterien einschließlich Ladegerät gegenüber dem E-Antrieb.

Der Heißluftmotor ist – und das besonders für Schiffsmodelle – eine noch recht „junge“ Antriebsart. Die bekannten Antriebe, wie E-Motor, Verbrenner, Dampfmaschine und Dampfturbine, erfuhren in den Jahren ihres Einsatzes vielfache Veränderungen und Verbesserungen. Da dies der Heißluftmotor noch vor sich hat, sind hier der Experimentierfreudigkeit kaum Grenzen gesetzt. Während der bisherigen Arbeiten konnten eine ganze Reihe von Erfahrungen gesammelt werden. Hieraus ergeben sich Anregungen für Versuche, die zur Weiterentwicklung führen können. Oftmals kommen gerade von denen, die sich erstmals mit einer neuen Materie beschäftigen – infolge ihrer Unvoreingenommenheit – überraschende Gedanken.

1. Schiffe mit Stirlingmotoren

Wer sich für die Entwicklung und Möglichkeiten des Stirlingmotors interessiert, ist überwiegend auf fremdsprachige Literatur angewiesen. Als *hot-air engines* wurden früher verschiedene Konstruktionen bezeichnet, unter denen die bedeutendste auf der Erfindung von Robert Stirling beruhte, welche 1816 patentiert wurde.

Mitte der Dreißigerjahre des 20. Jahrhunderts begannen die Philips Gloeilampenfabriken in Eindhoven mit einer Weiterentwicklung dieser Kraftmaschinenart. Seit den vierziger Jahren ist es üblich, sie Stirlingmotor (Stirling engine) zu nennen, entsprechend Ottomotor oder Dieselmotor. Der frei gewordene Begriff „Heißluftmotor“ dient jetzt als Oberbegriff für den Stirling- und den Vakuummotor. Dieses gilt nur für die Modellausführungen, denn den so genannten Flammenfresser (Vakuummotor) gibt es nur im Modellformat.

Im In- und Ausland arbeiten mehrere Unternehmen an modernen Versionen des Stirlingmotors, damit er in bestimmten Fällen an die Stelle des Verbrennungsmotors treten kann. Nicht nur stationär, sondern auch als Antriebsmaschine für Kraftfahrzeuge und Schiffe. Für die neuen Konstruktionen wäre die Bezeichnung „Heißluftmotor“ schon deshalb nicht mehr angebracht, weil ihr gasförmiges Arbeitsmedium nicht mehr erhitzte Luft ist, sondern Helium und neuerdings auch Wasserstoff. Man nennt sie deshalb auch Stirling-Heißgasmotoren. Je nach Typ liegt ihre Drehzahl zwischen 1000 und 3000 min^{-1} . Die Bremsleistung beträgt bis zu 100 kW, projiziert wird z.B. bis zu 5000 kW.

Bei den Wärmekraftmaschinen, deren Arbeitsmedium nicht wie bei der Dampfmaschine und -turbine Wasserdampf ist, unterscheidet man Bauformen mit innerer und äußerer Verbrennung. Innere Verbrennung findet beim Otto- und Dieselmotor statt, äußere dagegen beim Stirlingmotor, und zwar nicht im Zwei- oder Viertakt, sondern kontinuierlich. Das führt zu geringeren Abgastemperaturen, zumal wenn das Abgas zum Vorwärmen der Verbrennungsluft genutzt wird. Damit ergibt sich im Vergleich zum Otto- und Dieselmotor ein bedeutend geringerer Abgasanteil an den Wärmeverlusten. Der Stirlingmotor hat den weiteren Vorteil, dass er mechanische Arbeit innerhalb eines thermodynamisch geschlossenen Kreislaufs leistet. Das darin befindliche Arbeitsmedium bleibt stets dasselbe, es gibt weder Einlass noch Auspuff.

Da die Heizquelle beliebig sein kann, ist auch ein geschlossener Heizprozess möglich, und zwar durch Verbrennen und Regenerieren von Alkalimetall. Schließlich lässt sich Wärme ohne Verbrennung am Motor aus einem Lithiumfluorid-Wärmespeicher zuführen. Versuche haben ergeben, dass ein Stirlingmotor mit Wärmespeicher in einem Fahrzeug einen mehrfach größeren Aktionsradius gestattet als – bei gleichem Gewicht – der elektrische Antrieb mit Energiespeicherung in Akkumulatoren. Stirlingmotoren mit geschlossenem Heiz- und Arbeitssystem geben keinerlei Verbrennungsprodukte an die Umgebung ab, sondern allein Wärme mit dem Kühlwasser. Sie sind deshalb geradezu ideal umweltfreundlich. Im Übrigen eignet sich diese Technik besonders für den Unterwassereinsatz.

Das hauptsächliche Interesse richtete sich über Jahre hin auf die Verwendung in Kraftfahrzeugen. Dabei ging es vorzugsweise um Elektrofahrzeuge mit einem Stirlingmotor zum Batterieladen und nicht so sehr um den Direktantrieb. Solchen Plänen und Versuchen standen letztlich nicht technische Gründe, sondern die im

Vergleich zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren hohen Fertigungskosten entgegen. Deshalb wandte man sich wieder und vornehmlich der Verwendung in der Schifffahrt zu. Verständlich, dass sich die Entwicklung dabei auf Gebiete konzentriert, auf denen sich die besonderen Vorteile des Stirlingmotors aus technischen Gründen nutzen lassen oder wo auf lange Sicht die Herstellungskosten durch geringe Betriebskosten aufgewogen werden. Spezielle Bereiche dabei sind:

- Torpedeantrieb mit Metallverbrennung
- Stromerzeugung auf Handelsschiffen und in U-Booten
- Große Schiffsmaschinen mit Kohlefeuerung.

Im Folgenden geht es nur um die Verwendung von Stirlingmotoren in Schiffen: Über den Anfang ist in den einschlägigen Büchern nichts zu finden. Lediglich besonders und allein herausgestellt wird das Fahrgastschiff ERICSSON von 1853. Daraus ist aber nicht zu schließen, dass es vorher keine Schiffe mit diesem Antrieb gegeben hat, sind doch auch nachher, und zwar bis in die Neunzigerjahre, zunehmend solche Schiffe in Betrieb gewesen. Die ERICSSON aber war das erste und einzige große Schiff und ist es auch bis heute geblieben. Die Vielzahl der Boote mit Stirlingantrieb in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verschwand mit dem Aufkommen der Verbrennungsmotoren und hatte nicht mehr etwas so Spektakuläres an sich wie die ERICSSON.

Die ERICSSON war ein Schaufelraddampfer von fast 90 m Länge und 14 m Breite bei einer Wasserverdrängung von 2200 t. Der Heißluftmotor nahm fast den ganzen Schiffsraum ein und bestand aus je vier Verdränger- und Arbeitszylindern. Die Schaufelräder hatten einen Durchmesser von 32 Fuß gleich 9,75 m. Die Anordnung der gewaltigen Maschine zeigt Bild 1.1.

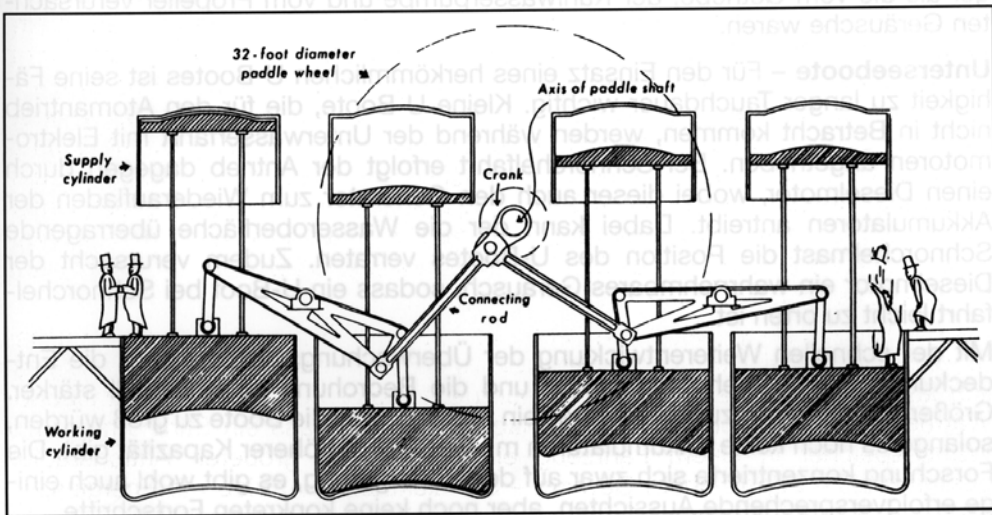
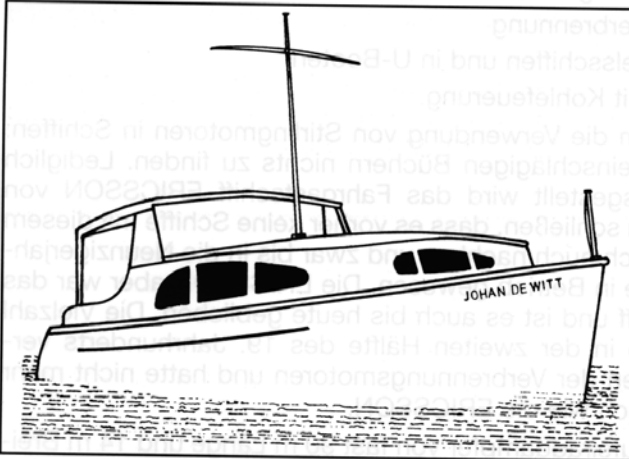


Bild 1.1 Stirlingmotor des Fahrgastschiffes ERICSSON

Das Aufsehen, das die ERICSSON damals erregte, beruhte weniger auf einer gelungenen Konstruktion als auf ihrer Größe. Schon die Jungfernfahrt war ein Fiasko: Da die Maschine nur die Hälfte der von Ericsson angegebenen Leistung abgab, war die Geschwindigkeit verhältnismäßig gering. Darüber hinaus war das Schiff nicht seetüchtig, es kenterte und sank in einem Sturm in der Hafeneinfahrt von New York.

Motorjachten – 1959 baute Philips (Niederlande) den Prototyp eines modernen Stirlingmotors als Einzylinder-Ausführung mit rhombischem Antriebsgestänge und einer Leistung von 30 kW (40 PS) bei 1500 min⁻¹. Als Antrieb der 10 m langen Motorjacht JOHAN DE WITT aus Bild 1.2 diente die Anlage bis 1977 Vorführzwecken.



*Bild 1.2
Niederländische Motorjacht
JOHAN DE WITT mit Stirling-
motor*

Um 1971 folgte die Firma United Stirling (Schweden) mit einer 10-m-Jacht, deren Motor 75 kW (102 PS) bei 3000 min⁻¹ leistete. Es zeigte sich, dass die von den Motoren selbst verursachten Verbrennungs- und Laufgeräusche deutlich geringer als die vom Getriebe, der Kühlwasserpumpe und vom Propeller verursachten Geräusche waren.

Unterseeboote – Für den Einsatz eines herkömmlichen U-Bootes ist seine Fähigkeit zu langer Tauchdauer wichtig. Kleine U-Boote, die für den Atomtrieb nicht in Betracht kommen, werden während der Unterwasserfahrt mit Elektromotoren angetrieben. Bei Schnorchelfahrt erfolgt der Antrieb dagegen durch einen Dieselmotor, wobei dieser auch den Generator zum Wiederaufladen der Akkumulatoren antreibt. Dabei kann der die Wasseroberfläche überragende Schnorchelmast die Position des U-Bootes verraten. Zudem verursacht der Dieselmotor ein wahrnehmbares Geräusch, sodass ein U-Boot bei Schnorchelfahrt leicht zu orten ist.

Mit der schnellen Weiterentwicklung der Überwachungssysteme wird die Entdeckungsgefahr zunehmend größer und die Bedrohung im Krisenfall stärker. Größere Batterien einzusetzen wäre kein Ausweg, weil die Boote zu groß würden, solange es noch keine Akkumulatoren mit wesentlich höherer Kapazität gibt. Die Forschung konzentrierte sich zwar auf deren Steigerung, es gibt wohl auch einige erfolgversprechende Aussichten, aber noch keine konkreten Fortschritte.

Eine näher liegende Möglichkeit zur Verlängerung der Tauchfahrten bieten luftunabhängige Kraftmaschinen. So hat die schwedische Marine eine brauchbare Lösung im Hybridantrieb (Zwitterantrieb) gefunden. Sie besteht darin, dass zusätzlich zu dem bisherigen Akkumulatorensystem ein zweites, luftunabhängiges System eingesetzt wird. Dieses geschieht vornehmlich bei geringer Unterwassergeschwindigkeit. Während dieser Zeit wird die im Akkumulator gespeicherte Energie für höheren Leistungsbedarf bei Angriffs- und Fluchtmanövern aufgespart.