

Vorwort

Zahlreiche Konstruktionen und Patente sind in der Blütezeit der Heißluftmaschine entstanden. Einige davon sind sehr bekannt; andere hingegen weniger. Eines haben diese Maschinen jedoch alle gemeinsam: die Faszination der alten Technik. Für Modellbauer eignen sich diese historischen Maschinenkonstruktionen hervorragend für einen Nachbau in Modellgröße. Deshalb beschäftigt sich diese vorliegende Ausgabe in erster Linie mit historischen Heißluftmotoren und deren Nachbau im Modell.



Ernst-Arno Kruse stellt hier in ausführlichen Bauplänen seine vier, an historische Originalmaschinen angelehnte Heißluftmotoren vor. Dabei ist zu beachten, dass diese Modellnachbauten nach historischen Gesichtspunkten nicht einwandfrei ausgeführt sind, sondern an den Modellmaßstab angeglichen werden mussten. Hauptaugenmerk legte Ernst-Arno Kruse bei seinen Modellen auf Funktion und Optik.

Bei den oben genannten vier Heißluftmotoren handelt es sich um die Maschinen von Buschbaum, Lauberau, Lehmann und van Rennes. Für die letztere Maschine beschreibt Ernst-Arno Kruse zusätzlich die Herstellung von Metallgussteilen unter Verwendung von Formkästen und speziellem Gussand.

Die hier verwendete Legierung trägt die Bezeichnung Sn7/Sb/Pb, hat eine Brinell-Härte von 22,5, ein spezifisches Gewicht von 10,47 und einen Schmelzpunkt von 253 °C, also ideale Voraussetzungen für den Modellbauer. Die wesentlichen Bestandteile dieser Legierung sind Zinn, Antimon und Blei. Antimon ist ein sprödes Metall, welches aber in Bleilegierungen deren Härte wesentlich erhöht. Weil es sich beim Metallgießen um eine Technik handelt, die sicherlich vielen Modellbauern unbekannt ist, wird die Herstellung dieser Teile etwas ausführlicher beschrieben.

Gerd Maier beschäftigt sich seit Jahren mit historischen, in Serienfertigung hergestellten Heißluftmotoren. In seinen Arbeiten dokumentiert er alles was an Informationen zu den unterschiedlichsten Herstellern zu erfahren ist. In dieser Ausgabe erläutert er seine Arbeitsweise und gibt Tipps für interessierte Modellbauer, die beispielsweise historische Patente als Vorlage für ein Heißluftmodell verwenden möchten.

Die beiden Modellbauer Roland Reichelt, Chemnitz, und Werner Wiggers, Kempen haben schon vor Jahren den Charme historischer Heißluftmotoren erkannt. Hier berichten sie von ihrer Tätigkeit und stellen ihre Arbeiten vor.

Kempen, Juni 2000

Udo Mannek

1. Nachbau historischer Stirlingmotoren in Modellgröße

von Ernst-Arno Kruse

Einführung

Die Geschichte der Heißluftmotoren ist auch die Geschichte der Werkzeugmaschinen, der Werkstoffe und nicht zuletzt auch die Geschichte der Menschen in jener Zeit. Im Jahr 1816 hat ein junger schottischer Pfarrer namens Robert Stirling mit Hilfe seines Bruders James einen Heißluftmotor konstruiert und zum Patent angemeldet. Sein Motor war zwar nicht der erste seiner Art, wohl aber ein Meilenstein in der Entwicklung dieser Kraftmaschinen. Robert Stirling konnte zu diesem Zeitpunkt natürlich noch nicht ahnen, dass sein Name einmal zum Gattungsbegriff für diese neue Art von Motoren werden sollte. Der bekannteste seiner Vordenker war wohl Sir George Cayley, der seine „Feuerluftmaschine“ bereits 1807 vorgestellt hatte. Alle Pioniere dieser Zeit mussten sich natürlich der Konkurrenz in Gestalt der Dampfmaschine stellen, die zu diesem Zeitpunkt bereits eine etwa 100-jährige Entwicklung hinter sich hatte.

Als im Jahre 1800 das Watt'sche Dampfmaschinenpatent erlosch, entstanden aller Orten neue Fabriken für Dampfmaschinen mit teilweise kuriosen Entwicklungen, was aber insgesamt mehr zur Verunsicherung der Käufer beitrug. Der große Vorteil der Dampfmaschine war aber der, dass sich auch der Laie unter der Dampfkraft etwas vorstellen konnte. So war der Dampf in der Lage, den Deckel eines Teekessels zu heben, oder er zeigte seine enorme Kraft bei den gar nicht so selten vorkommenden Kesselexplosionen. Dieser Umstand bringt uns direkt zu dem nächsten Problem der damaligen Zeit, nämlich dem Problem der Werkstoffe und deren Bearbeitung.

Erst kurz vor der Jahrhundertwende hatte Henry Maudslay eine Drehbank mit Kreuzsupport und Leitspindel ausgerüstet, welche mit der Arbeitsspindel gekoppelt war. Er eröffnete damit ein neues Kapitel in der Geschichte der Drehmaschinen. Erst jetzt war es möglich, maßhaltige Schrauben und Muttern herzustellen. Bis 1800 wurden diese Teile von Hand gefeilt, was zur Folge hatte, dass jede Mutter nur mit der dazu passenden Schraube zu verwenden war. Zylinder konnte man zwar schon aus Gusseisen herstellen, sie waren aber so hart, dass eine Bearbeitung mit den damaligen Werkzeugen kaum möglich war. Erst ab 1775 war es möglich, Zylinder mit einer Ungenauigkeit von 0,1 % des Durchmessers zu bohren, was aber bei den gewaltigen Zylindermaßen immer noch einige Millimeter sein konnten.

Es war aber ein großer Fortschritt, denn noch wenige Jahre zuvor war man froh über einen wohl fein gegossenen Zylinder, der bei einer lichten Weite von 70 cm an keiner Stelle um mehr als Kleinfingerbreite von der wahren Kreisform abwich. Der Einfallsreichtum bei der Ausführung der Dichtungen für Kolben und Stopfbuchsen war grenzenlos. Die Palette der verwendeten Materialien reichte von Tauwerk über Leder und Hanf bis zu den Exkrementen von Haustieren. Was trotzdem noch an Dampf verloren ging, wurde einfach mit größerer Kesselleistung und stärkerer Befuerung ausgeglichen. Dieses Verfahren konnte der Heißluftmotor natürlich nicht übernehmen. Wurden die Kesselwände bei der Dampfmaschine immerhin von innen noch durch das Kesselwasser „gekühlt“, so

befand sich beim Stirlingmotor hier nur Luft, die ein Durchglühen der Zylinderwand bei zu starker Befeuerung in keiner Weise verhindern konnte. Gleichwohl mussten aber die ersten Heißluftmotoren auf die Zylinder und Dichtungen ihrer Konkurrenz zurückgreifen. Konstruktionsbedingt konnte sich der Druck im Zylinder des Heißluftmotors natürlich nicht mit dem Zylinderdruck seiner Dampfkollegen messen, die inneren Verluste durch Reibung waren aber in etwa gleich groß, sodass der Heißluftmotor in Bezug auf die Leistung schlechter abschnitt. Um den Motor trotzdem zu verkaufen, mussten Punkte hervorgehoben werden, in denen die Heißluft dem Dampf überlegen war. Eine Dampfmaschine war zu dieser Zeit durch die Materialien und die Sicherheitseinrichtungen des Kessels im hohen Grade gefährlich für die Gesundheit und das Leben der Anwohner, diese Gefahren gab es bei der Heißluftmaschine nicht. Sie benötigten zum Betrieb kein ausgebildetes Fachpersonal, waren in sehr viel kürzerer Anheizzeit betriebsbereit, und brauchten durch ihre geringen Abmessungen und ihr Gewicht nicht in einem besonderen Maschinenhaus aufgestellt zu werden.

Das wohl schwierigste Problem war, möglichen Kaufinteressenten das Funktionsprinzip nahe zu bringen. Wie wenig selbst Fachleute der damaligen Zeit dieses Gebiet überblickten, zeigt wohl sehr deutlich das Gutachten von Smeaton, der noch im Jahre 1781 überzeugt war, dass eine Dampfmaschine niemals für Drehbewegungen zu gebrauchen sei und auf gar keinen Fall als Ersatz für ein Wasserrad dienen kann. Selbst Michael Faraday konnte sich die Funktion der Heißluftmotoren nicht erklären. Etwa 200 Jahre früher hätte man diese Motoren sicherlich noch als Teufelswerk betrachtet, mit entsprechender Gefahr für Leib und Leben seiner Erfinder. Wer solch ein Denken belächelt, tut den Menschen der damaligen Zeit Unrecht. Selbst in der heutigen Zeit haben sogar technisch gebildete Leute oftmals Schwierigkeiten, die Funktion zu erklären, was vielleicht auch zeigt, warum dieser Motor nie so recht den Durchbruch geschafft hat. Die Motoren von Robert Stirling waren ja nur der Anfang.

In den folgenden Jahrzehnten wurde die Industrielandschaft förmlich von Neuentwicklungen auf diesem Gebiet überschwemmt. Leute wie Ericsson, Carnot, Lauberau, Heinrici, Lehmann, Franchot, Rider usw. versuchten mit immer abenteuerlicheren Konstruktionen dem idealen Stirling-Prozess nahe zu kommen. Im Jahre 1860 bekam der Heißluftmotor jedoch einen ganz neuen Konkurrenten, dem er langfristig nicht gewachsen war. Der Franzose Lenoire stellte seinen Gasmotor vor, damit wurden die Weichen hin zur inneren Verbrennung gestellt. Einige Jahre später sollten Otto und Diesel diesen Siegeszug vollenden. Im Bereich von kleineren Leistungen konnten sich noch einige Heißluftmotorenhersteller wie z.B. Heinrici eine Zeit lang behaupten, mit Erfindung der Elektromotoren war deren Zeit jedoch auch vorüber. Erst in heutiger Zeit wurde der Heißluftmotor, auch unter Umweltgesichtspunkten, wieder entdeckt. Neue Konstruktionen und bessere Materialien, wie z.B. Keramik, geben Anlass zur Hoffnung.

Allgemeine Hinweise zum Bau der Stirlingmotoren

Buschbaum, Lehmann, Lauberau und van Rennes

Bevor mit dem Bau der Motoren begonnen wird, sollte vorab geklärt werden, ob alle notwendigen Materialien vorhanden sind oder beschafft werden können. Messingrohre und -stangen sowie Muttern und Bleche gibt es in jedem Baumarkt oder Bastelladen. Hier bekommt man auch Madenschrauben mit Innensechskant für die Befestigung von Stellringen, Schwungrädern, Kurbeln usw. Für alle übrigen Schraubverbindungen werden aus optischen Gründen im sichtba-

ren Bereich nur Sechskantschrauben bzw. Sechskantmuttern verwendet. In den Abmessungen M2 und M3 kann man sie über den Versandhandel beziehen. Adressen stehen in vielen Modellbauzeitschriften. Hier gibt es auch Bezugsquellen für Automatenstahl, Alurohre und sonstige Profile. Schwierigkeiten gibt es mit Sicherheit bei der Beschaffung von Präzisionsstahlrohren für die Arbeitszylinder. Wer Glück hat, findet einen Großhandel, der kleinere Stücke mit den erforderlichen Abmessungen abgibt. Für alle anderen bleibt nur der Weg zum Schrottplatz. Die Zylinderrohre vom Lauberau-, van-Rennes- und Lehmann-Motor stammen aus alten Kfz-Stoßdämpfern, deren Herkunft leider nicht mehr zu ermitteln ist. Zylinderrohre mit kleinerem Durchmesser gewinnt man aus Stoßdämpfern von Waschmaschinen. Beim Aufsägen der Stoßdämpfer tritt Öl aus, es muss deshalb ein geeigneter Auffangbehälter zur fachgerechten Entsorgung des Öls bereitgehalten werden. Gasdruckstoßdämpfer stehen unter Druck und sollten deshalb nicht zerlegt werden. Der Zylinder des Buschbaum-Motors war im früheren Leben eine Haltestange aus Messing für eine Duschbrause. Wenn Rohre zur Verfügung stehen, die nur geringfügig von den in den Plänen genannten Maßen abweichen, so wird es sicherlich die Funktion der Motoren nicht beeinträchtigen, wenn alle übrigen, mit den Zylindern im Zusammenhang stehenden Teile diesen Maßen angepasst werden.

In den Zeichnungen wurden weder Toleranzen noch Passungen angegeben, es handelt sich ja nicht um Serienfertigung mit austauschbaren Teilen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass alle Teile, die miteinander in Verbindung stehen, optimal aufeinander abgestimmt sind. Kleinteile, wie z.B. Schrauben, Splinte, Dichtungen usw. sind in den Bauplänen nicht enthalten, sie werden aber an den entsprechenden Stellen der Bauanleitung erwähnt. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Modelle nur als Einzelstücke zur privaten Nutzung nachgebaut werden dürfen. Jegliche kommerzielle Nutzung bedarf der Genehmigung des Verfassers.

Dieses Buch wendet sich in erster Linie an Modellbauer und Bastler, von denen wohl die wenigsten eine Mechanikerausbildung hinter sich haben. Im Folgenden sind deshalb einige Besonderheiten der technischen Zeichnungen erläutert. Alle Maße sind in Millimeter angegeben. Wenn hinter dem Maß ein „D“ steht, so handelt es sich bei dem Kreis, dem Bogen oder dem Teil, auf den der Maßpfeil gerichtet ist, um einen Durchmesser. Ähnliches gilt bei einem „R“ für Radius. Wenn ein Rohr z.B. mit $\varnothing 27,5 \times 1$ bemaßt ist, so handelt es sich hierbei um ein Rohr mit einem Außendurchmesser von 27,5 mm und einer Wandstärke von 1 mm. Kurze Lagerrohre können z.B. mit $\varnothing 5 \times \varnothing 3 \times 8$ bemaßt sein, was einem Außendurchmesser von 5 mm, einem Innendurchmesser von 3 mm und einer Länge von 8 mm entspricht. Bei einigen Hebeln und Pleuelstangen sind die sehr großen Radien der äußeren Konturen nicht angegeben. Diese Maße haben auf die Funktion der Motoren keinen Einfluss, die Teile werden nach optischen Gesichtspunkten anhand der Zeichnung gefertigt. Wenn ein Bauteil mehrere symmetrische Bohrungen enthält, so gilt das Maß der einen Bohrung auch für die übrigen Bohrungen. Ähnliches gilt auch für die Breite der Laufringe an den Kolben. Zur Lackierung hat sich Kfz-Lack aus der Sprühdose bestens bewährt. Grundiert wird vorher mit einem Primer vom gleichen Lackhersteller. Blanke Stahlteile, besonders solche, die starker Hitze ausgesetzt sind, lassen sich kalt brünnieren. Messing- und Aluteile werden nicht lackiert, sondern lediglich poliert.

Bei allen hier vorgestellten Motoren handelt es sich in erster Linie um Vitrinenmodelle, bei denen Leistung und Dauerbetrieb nicht im Vordergrund stehen. Bei

minimaler Befeuerung erreichen die Modelle Drehzahlen von ca. 100–200 U/min, dabei bietet das Spiel der Kurbeln, Hebeln und Stangen einen herrlichen Anblick. Das optische Bild aller Motoren lässt sich natürlich auch nach eigenem Ermessen variieren. So wäre es sicherlich möglich, z.B. beim Lehmann-Motor dem Vorbild entsprechend das Brennerhaus aus Mini-Ziegelsteinen zu bauen. Solche Steine gibt es im Zubehörprogramm für Dampfmaschinen. Grundplatten müssen auch nicht unbedingt aus Aluminium sein. Maschinenhäuser der damaligen Zeit waren oftmals gefliest, was sich mit Mosaikfliesenplatten sehr gut nachbilden lässt. Ein weiterer Blickfang wäre sicherlich auch ein Absperrgeländer aus Relingstützen für Modellschiffe mit mehreren Durchzügen aus Messingdraht.

Um sich bei den Bauanleitungen der Motoren nicht ständig zu wiederholen, werden im Folgenden alle Teile beschrieben, deren Bau bei allen Motoren weitgehend gleich ist. Die jeweiligen Maße werden den Zeichnungen entnommen. Alle Teile, deren Herstellung anhand der Zeichnungen keine Schwierigkeiten bereiten, werden in den Bauanleitungen nicht erwähnt.

Grundplatte

Alle Grundplatten werden aus Alublech gefertigt. Die angegebenen Bohrungen erhalten von unten eine 90 °-Kegelsenkung, sodass sich bei Verwendung von Senkschrauben eine ebene Standfläche ergibt. Die Lage der Bohrungen wird durch die hier zu montierenden Teile vorgegeben, und können bei Bauungenauigkeiten entsprechend angepasst werden. Die äußeren Abmessungen der Grundplatte haben keinen Einfluss auf die Funktion und können nach eigenem Ermessen und Verwendungszweck der Motoren abgeändert werden. Schön wäre sicherlich auch ein Sockel unter der Aluplatte aus hochglanzlackiertem Edelholz, eventuell auch mit graviertem Messingschild versehen.

Brennerhaus

Die Anfertigung des Brennerhauses wird wesentlich erleichtert, wenn zuvor ein den Innenmaßen entsprechender Formklotz aus Hartholz gefertigt wird. Dabei darf der Falz für die Nietverbindung und die leichte Abrundung der Kanten nicht vergessen werden. Um diesen Klotz wird das Alublech gewickelt. Auf keinen Fall darf das Blech direkt mit dem Hammer bearbeitet werden. Die Hammerschläge hinterlassen Spuren, die später nicht mehr zu entfernen sind. Das Gehäuse wird in der Mitte des Falzes mit einer Reihe von weichen Alunieten geschlossen. Die Maße für die Bohrungen der Niete sind nicht im Plan vermerkt. Die Öffnung für den Brenner kann bei Bedarf mit einer Tür versehen werden, die sich aus einem passenden Blech, 2 kleinen Scharnieren und einem Riegel leicht herstellen lässt.

Brennergrundplatte

Dieses Teil dient nur dazu, die Position des Brenners genau festzulegen. Falls als Brenner ein entsprechend passendes Fertigteil verwendet wird, muss die große Bohrung den Außenmaßen des Brenners angepasst werden.

Brennerhausdeckel

Der Aludeckel bekommt rings herum einen Falz eingefräst bzw. gedreht, damit er formschlüssig auf das Brennerhaus passt. Dabei darf an einer Ecke die Aussparung für den Falz des Brennerhauses nicht vergessen werden. Wenn ein Schornstein vorgesehen ist, besteht dieser aus einem Alurohr mit den angegebenen Maßen, das am oberen Ende vorsichtig mit einem entsprechenden Dorn