

E MESSERGEBNISSE UND KRITIK DER MESSMETHODEN

1. Die Leistungsmessung am Raketofen

Die einfachste Methode zur Bestimmung der Nutzleistung eines Raketofens besteht in der Messung des von ihm erzeugten Rückstoßes bei gleichzeitiger Ermittlung des zugehörigen Verbrauches an Brennstoff und Sauerstoff. Aus diesen Werten läßt sich mit Hilfe des Rückstoßgesetzes Gl. (4) bereits die effektive Ausströmgeschwindigkeit bestimmen. Ist dann der Brennstoff seiner Zusammensetzung nach bekannt, so ist auch der thermische Wirkungsgrad des Ofens mit Hilfe von Gl. (6) sofort zu ermitteln.

Wenn diese Meßmethode als Leistungsmessung bezeichnet wurde, so besteht doch ein grundlegender Unterschied zwischen ihr und den Leistungsmeßmethoden, die sonst in der Technik üblich sind. Soll z. B. die Leistung einer Verbrennungskraftmaschine bestimmt werden, so bedient man sich des Pronyschen Zaumes oder der elektrischen Generatorbremse. In beiden Fällen wird die tatsächliche Motorleistung abgenommen. Beim Pronyzaum wird sie in Wärme verwandelt und vom Kühlwasser abgeführt, bei der Generatorbremse wird sie in elektrischen Strom umgesetzt.

Bei dem Rückstoßprüfstand ist es anders. Hier wird nur eine Kraft gemessen. Da kein Weg vorhanden ist, über den dauernd Arbeit geleistet werden könnte, wird die Leistung auf dem Prüfstand nicht abgenommen. Tatsächlich leistet der Raketofen auf dem Prüfstand also keine äußere Nutzarbeit. Seine Eigengeschwindigkeit und somit auch sein mechanischer Wirkungsgrad [Gl. (8)] sind hier null.

Dennoch ist die innere Leistungsumsetzung auf dem Prüfstand die gleiche wie im Freiflug. Solange die Ausströmgeschwindigkeit und der sekundliche Treibstoffverbrauch gleich bleiben, werden auch in der gleichen Zeit gleiche Wärmemengen in Arbeit umgesetzt.

Will man diese Leistungsumsetzung eines Rückstoßofens in PS ausdrücken, so muß man also bilden

$$N = \frac{P c_{a\text{eff}}}{75} [\text{PS}], \quad (61)$$

wenn P den Rückstoß und $c_{a\text{eff}}$ wieder die Ausströmgeschwindigkeit darstellen. Bei dem Ofen 2 B ist z. B.

$$N = \frac{330 \cdot 1600}{75} = 7040 \text{ PS.}$$

Der so erhaltene Wert ist nun zwar formal richtig, entwirft aber doch ein schiefes Bild von den wahren Verhältnissen. Bei dem Automobil- oder Flugmotor ist die PS-Leistung nämlich stets verfügbar, wenn der Motor die gleiche Drehzahl hat, wie bei der Leistungsmessung. Bei dem Rückstoßmotor ist diese Leistung dagegen nur dann völlig nutzbar zu machen, wenn die Eigengeschwindigkeit des fliegenden Aggregats gleich der Ausströmgeschwindigkeit der Gase (bzw. der Hälfte davon), vgl. Gl. (8), ist. Im anderen Falle entführen die Gase stets einen Anteil der Leistungsumsetzung, der der Geschwindigkeitsdifferenz $c - v$ entspricht und gegeben ist durch

$$N_v = \frac{G_{\text{sec}}}{g} (c - v)^2. \quad (62)$$

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß die Angabe der PS-Leistung eines Rückstoßofens zwar unter Einschränkungen möglich, aber keinesfalls zweckmäßig ist. Man wird auf sie daher besser verzichten und den Rückstoß allein als das Kriterium der Leistung betrachten. Alle hier geführten Erwägungen zu der Leistungsfrage haben ausschließlich akade-

mischen Wert und tun der Vollwertigkeit der Leistungsmessung auf dem Prüfstand keinen Abbruch.

Über die praktische Durchführung der Rückstoß- und Treibstoffverbrauchsmessung wurde bereits an anderer Stelle berichtet.

Unter den auf dem Prüfstand durchgeführten Leistungs-Meßreihen ist von besonderer Wichtigkeit die gewonnene Beziehung zwischen der Ausströmgeschwindigkeit und dem Mischungsverhältnis zwischen Brennstoff und Sauerstoff. Das Ergebnis dieser Meßreihe stimmt vorzüglich mit der theoretischen Vorausberechnung (Tafel 4) überein. Von besonderem Interesse ist dabei, daß der Wert für das günstigste Treibstoffgemisch sich von dem theoretischen Wert $V = 0,8$ auf den praktisch günstigsten Wert $V = 1,0$ verschoben hat. Vergleicht man diese Tatsache mit der Lage der drei Kurven $\sqrt{RT_i} = f(V)$ in Tafel 12, so ist deutlich zu sehen, daß die Übereinstimmung mit den wahren Verhältnissen am besten für den dort angenommenen Fall 2 zutrifft. Nach Seite 16 heißt das also: in dem Bereich des hohen Brennstoffüberschusses bindet der Sauerstoff zunächst allen in dem überschüssigen Spiritus enthaltenen Wasserstoff zu H_2O . Der nicht zu CO oxydierbare Kohlenstoff verläßt dabei als Ruß den Ofen.

Diese Annahme stimmt übrigens bestens mit der Beobachtung überein, daß die Flamme im Bereich hohen Brennstoffüberschusses eine starke Rotfärbung annimmt. Diese wird am einfachsten durch das Vorhandensein glühender Rußteilchen erklärt. Es ist eine Aufgabe später vorzunehmender Gasanalysen, quantitative Untersuchungen über das Verbrennungsprodukt in diesem Mischungsbereich vorzunehmen.

2. Druckmessungen in Ofen und Düse

Aus den theoretischen Betrachtungen über die Vorgänge im Raketofen geht hervor, wie außerordentlich wichtig Druckmessungen in Ofen und Düse sind, wenn man einen genauen Einblick in die Verbrennungsverhältnisse bekommen will. Besonders aufschlußreiche Meßergebnisse ergeben drei Stellen des Strömungsbereiches: Ofeninneres, Düsenhals und Düsenmündung.

Bei einem richtig betriebenen Ofen soll der Mündungsdruck mit dem Außendruck übereinstimmen; die anderen Drucke ergeben sich dann dimensionsmäßig aus den früher ermittelten Beziehungen Gl. (22) und (25 d).

Grundsätzlich muß an allen Stellen der statische Druck gemessen werden, d. h. derjenige Druck, den ein mit den Gasen mitfliegendes Manometer anzeigen würde. Diesen bekommt man durch Anlegen einer kleinen Bohrung senkrecht zur Strömungsachse.

Bei der praktischen Durchführung dieser Meßmethode können nun einige Fehler unterlaufen, die im folgenden einer kurzen kritischen Betrachtung unterzogen werden sollen.

Der größte Fehler, der bei der Durchmessung gemacht werden kann, entsteht, wenn die Bohrung nicht genau senkrecht zur Strömungsachse liegt. An allen Meßstellen, an denen bereits