Convair B-36

Die Convair B-36 „Peacemaker“ war ein US-amerikanischer Langstreckenbomber mit sechs Kolbenmotoren, der bei späteren Varianten noch mit vier zusätzlichen Strahltriebwerken ausgerüstet wurde. Er war der größte jemals von der US Air Force geflogene Bomber.
[...]
Die ersten Serien der B-36 hatten reinen Propellerantrieb. Die sechs Pratt-&-Whitney-R-4360-Triebwerke mit Druckpropeller waren hinten in den Tragflächen angebracht und leisteten zusammen zuerst 18.000 PS, später 22.500 PS. Diese Anordnung der Triebwerke verhinderte Turbulenzen, die den Luftstrom über den Tragflächen gestört hätten, erschwerte aber gleichzeitig die Kühlung der Motoren. Ab der B-36D-Serie wurden zusätzlich vier Strahltriebwerke vom Typ General Electric J47 in Zwillingsgondeln außen an den Tragflächen angebracht, um die Startgeschwindigkeit, die Flughöhe und die Fluggeschwindigkeit im Zielgebiet steigern zu können. Im normalen Flug blieben die Turbinen meist abgeschaltet, um Treibstoff zu sparen. Alle existierenden B-36B wurden ebenfalls mit den Strahltriebwerken nachgerüstet. So erhielt die B-36 den Spitznamen „six turnin’ and four burnin’ “ (sechs drehen und vier brennen).
[1]

Abbildung 1: Convair B-36 [2]

Wenn die Abbildung betrachtet wird, drängt sich die Frage auf, wie gross denn der Anteil der vier (im Vergleich zu den grossen Propelletriebwerken) kleinen Strahltriebwerken am Antrieb ist.

Die der Tabelle (Abbildung 2) in km/h angegebene Reisegeschwindigkeit ist falsch. 230 mph [1] sind nicht 400 km/h, sondern 370 km/h. Die Höchstgeschwindigkeit von 435 mph ist richtig umgerechnet auf 700 km/h.

Eine andere Quelle [3] gibt dagegen für die Reisegschwindigkeit 325 km/h und für die Höchstgeschwindigkeit 613 km/h. Eine weitere Quelle [4] gibt die gleichen Daten wie Wikipedia, 230 mph (370 km/h) und 435 mph (700 km/h).

[1] mph = miles per hour, 1 Meile = 1.609 km

Technische Daten [Bearbeiten | Quelltext bearbeiten]

Kenngröße	Daten der B-36J[16]
Besatzung	15
Länge	49,40 m
Spannweite	70,10 m
Höhe	14,22 m
Flügelfläche	443,32 m²
Flügelstreckung	11,1
Leermasse	77.580 kg
max. Startmasse	185.973 kg
Reisegeschwindigkeit	230 mph (ca. 400 km/h)
Höchstgeschwindigkeit	435 mph (ca. 700 km/h)
Dienstgipfelhöhe	45.700 ft (ca. 13.900 m)
Reichweite	10.000 mi (ca. 16.000 km)
Triebwerke	• sechs 28-Zylinder-Vierfachsternmotoren Pratt & Whitney R-4360-53 Wasp Major mit je 3.800 PS (ca. 2.800 kW) • vier General Electric J47-GE-19-Turbojets mit je 5.200 lbs. (ca. 23 kN) Schub
Bewaffnung	• 16 20-mm-Maschinenkanonen M24A1 • 39.000 kg Bombenlast

Abbildung 2: Technische Daten der Convair B-36 [1]

Die Quelle [3] gibt für die Pratt & Whitney-Motoren R4360-41 die Leistung 3500 PS, während [1] für die Motoren R4360-53 die Leistung 3800 PS angibt. Tatsächlich war die Leistung der Pratt & Whitney-Motoren für die verschiedenen Typennummern unterschiedlich gross. Sie stieg von 2200 auf 3200 kW an (2990 bis 4350 PS) [5] .

Auch vom Strahltriebwerk General Electric J47 gibt es verschiedene Typen, J47-GE-1 bis J47-GE- 33 [7]. Das Triebwerk J47-GE-19 lieferte einen Schub von 23 kN, wie in [1] angegeben.

Wird ein Körper durch eine Kraft F mit der Geschwindigkeit v bewegt, so wird dafür die Leistung

$$P = F \cdot v \tag{1}$$

aufgewendet. Damit kann die Leistung eines Strahltriebwerks, das bei der Geschwindigkeit v den Schub F liefert, berechnet werden.

Die Schubkraft eines Strahltriebwerks ist eine komplexe Funktion der Fluggeschwindigkeit [8].

> Geschwindigkeitsabhängigkeit der Schubkraft eines Strahltriebwerks
> Die Schubkraft eines Strahltriebwerks ist komplex geschwindigkeitsabhängig: Sie steigt mit der Fluggeschwindigkeit an, da der sogenannte Staudruck (ram effect) die Luft im Lufteinlauf des Triebwerks verdichtet, was die Leistung des Turbinenverdichters erhöht. Bei sehr hohen Geschwindigkeiten über der Schallgeschwindigkeit kann der Schub jedoch wieder abnehmen, da die Luftkompression überwiegend durch den Staudruck erfolgt und der Anteil der Gasturbine an der Druckentwicklung sinkt.
> Einfluss der Geschwindigkeit:
> • Niedrige bis überschallfähige Geschwindigkeiten:
> • Erhöhte Verdichtung: Je schneller das Flugzeug fliegt, desto mehr Luft wird im Lufteinlauf gestaut und verdichtet (Staudruck-Effekt).
> • Leistungssteigerung: Diese erhöhte Luftdichte steigert die Leistung der Gasturbine und somit den Schub.
> • Ausgleich: Bei reinen Turbojet-Triebwerken wird der Schub durch diesen Effekt oft so weit gesteigert, dass der Verlust durch die geringere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Flugzeug und Abgasstrahl kompensiert wird.

Somit kann für Fluggeschwindigkeiten zwischen 100 und 200 m/s die Schubkraft näherungsweise als konstant betrachtet werden

Bei Höchstgeschwindigkeit 700 km/h = 194 m/s ist die Leistung eines Strahltriebwerks mit 23 kN Schub gegeben durch

$$P = 23 \cdot 10^3 \cdot 194 = 4.46 \cdot 10^6 \,, \tag{2}$$

also 4.46 MW, und die Leistung aller 4 Triebwerke ist 17.84 MW.

Die angegebene Motorleistung der Pratt & Whitney-Motoren ist die Startleistung [5].

> Die ersten Baureihen entwickelten 2200 kW (3000 bhp) Startleistung, während sie gegen Ende der Bauzeit bereits 2.834 kW (3800 bhp) abgeben konnten.

Diese Leistung entspricht der bei der Höchstgeschwindigkeit abgegebenen Leistung.

Ein Pratt & Whitney Motor R-4360-53 hat eine Leistung von 2800 kW oder 2.80 MW [6]. Die 6 Propellertriebwerke liefern also 16.80 MW. Die totale Leistung aller 10 Triebwerke ist 34.64 MW.

Damit wird

$$\frac{17.84}{16.80 + 17.84} = 0.515 \,. \tag{3}$$

Bei Höchstgeschwindigkeit ist also der Anteil der Strahltriebwerke an der gesamten Motorleistung über 51 %.

Literatur

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Convair_B-36

[2] https://foto-history.livejournal.com/12895269.html

[3] https://www.flugrevue.de/klassiker/convair-b-36-peacemaker-der-riesen-bomber/

[4] https://interestingengineering.com/military/the-convair-b-36-peacemaker

[5] https://de.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_R-4360

[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_R-4360_Wasp_Major

[7] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Electric_J47

[8] Google: Geschwindigkeitsabhängigkeit der Schubkraft eines Strahltriebwerks