
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Marktsituation	8
1.2	Zukunftspotential	9
2	Konzept des Geared Turbofan	13
2.1	Erläuterung des Konzepts	13
2.2	Auswirkungen des Konzepts auf die einzelnen Triebwerksteile	14
2.2.1	Fanbereich	14
2.2.2	Niederdruckteil	14
2.2.3	Hochdruckteil	15
2.2.4	Brennkammer	15
2.2.5	Gehäuse	15
2.2.6	Getriebe	16
2.3	Zusammenfassung der Auswirkungen	18
3	Zur Historie des Geared Turbofan-Konzepts	20
3.1	Aubisque & Astafan	20
3.2	ALF502 & LF 507	20
3.3	Garrett TFE731	21
3.4	Rolls-Royce/SNECMA MS45SD-02	21
3.5	IAE V2500 SuperFan	22
3.6	Vorgänger des Pratt & Whitney PW1000G	23
3.6.1	Pratt & Whitney/Allison 578-DX	23
3.6.2	Advanced Ducted Propulsor (ADP)	23
3.6.3	Pratt & Whitney PW8000	23
3.6.4	Advanced Technology Fan Integrator (ATFI)	24
3.7	Pratt & Whitney PW1000G	24
4	Leistungssyntheserechnung	26
4.1	Programm	26
4.2	Eingabeparameter	26
4.2.1	Vorüberlegungen	26
4.2.2	Schub im Reiseflug	26
4.2.3	Nebenstromverhältnis und Massenströme	27
4.2.4	Wellendrehzahlen	29
4.2.5	Polytrophe Wirkungsgrade	30
4.2.6	Brennkammerparameter	35
4.2.7	Druckverluste	35
4.2.8	Schubdüse	36
4.2.9	Luftsystem	37
4.2.10	Leistungsentnahme	37
4.2.11	Mechanische Wirkungsgrade	38
4.2.12	Druckverhältnisse	39
4.3	Ergebnisse der Leistungsrechnung im Auslegungspunkt	40

4.4	Berücksichtigung der Startforderung	42
5	Missionsanalyse	45
5.1	Definition der Flugprofile	45
5.1.1	Mittelstreckenmission	45
5.1.2	Kurzstreckenmission	46
5.2	Bestimmung des Schubs je Zustandspunkt	48
5.3	Ergebnisse der Missionsanalyse	51
5.4	Mögliche Optimierungen	55
6	Massenabschätzung des Getriebes	56
6.1	Vorstellung der empirischen Ansätze	56
6.1.1	Motivation	56
6.1.2	Ansatz nach Worobel und Mayo	56
6.1.3	Ansatz nach Plencner, Senty und Wickenheiser	57
6.1.4	Ansätze nach Grieb	57
6.1.5	Ansatz nach Tong, Jones und Haller	57
6.2	Auswertung der Ansätze	58
7	Ergebnisse	64
7.1	Zusammenfassung	64
7.2	Ausblick	65
A	Anhang	66
A.1	Massenabschätzung für Getriebe hoher Leistung nach Grieb	66
	Literatur	67

Abbildungsverzeichnis

2.1	Entwicklung des Nebenstromverhältnisses ziviler Triebwerke	13
2.2	Quantitative Auswirkungen des <i>geared turbofan</i> Konzept	19
4.1	Mindestschub im Reiseflug für verschiedene Flugzeugmuster	28
4.2	Abhängigkeiten des polytropen Wirkungsgrads für den Fan	33
4.3	Abhängigkeiten des polytropen Wirkungsgrads für den Niederdruckverdichter	33
4.4	Abhängigkeiten des polytropen Wirkungsgrads für den Hochdruckverdichter	34
4.5	Abhängigkeiten des polytropen Wirkungsgrads für die Hochdruckturbinen	34
4.6	Abhängigkeiten des polytropen Wirkungsgrads für die Niederdruckturbinen	35
4.7	Paramaterstudie zu den Wirkungsgraden des Getriebes und der Niederdruckturbinen	41
4.8	Erforderlicher Startschub für verschiedene Flugzeugmuster	43
5.1	Flugprofile für die Missionsanalyse	46
5.2	Kennfeld des Boosters für den konventionellen Turbofan	50
5.3	Kennfeld des Hochdruckverdichters für den konventionellen Turbofan	50
5.4	Kennfeld des Boosters für den <i>geared turbofan</i>	51
5.5	Treibstoffverbrauch während der Mittelstreckenmission	54
5.6	Treibstoffverbrauch während der Kurzstreckenmission	54

6.1	Einfluss des Fandurchmessers auf die Masse des Getriebes	58
6.2	Einfluss der Fandrehzahl die Masse des Getriebes	59
6.3	Einfluss des Untersetzungsverhältnisses auf die Masse des Getriebes	59
6.4	Leistung der Niederdruckturbine während einer Mittelstreckenmission	60
6.5	Abhängigkeit der Niederdruckturbinenleistung von Flugmachzahl und relativer Drehzahl der Hochdruckwelle	61