

Inhaltsverzeichnis

1 Profilaerodynamik	1
1.1 Luftkräfte und Kraftbeiwerte	5
1.1.1 Die Luftkraft	6
1.1.2 Auftrieb am Profilschnitt	7
1.1.3 Widerstand am Profilschnitt	7
1.1.3.1 Reibung und Reibungswiderstand	8
1.1.3.2 Druckwiderstand	11
1.1.4 Kraftbeiwerte	12
1.2 Moment, Druckpunkt und Neutralpunkt	16
1.2.1 Das Moment der Luftkraft	16
1.2.2 Druckpunkt und Druckpunktwanderung	19
1.2.3 Neutralpunkt	21
1.3 Strömungsablösung	23
1.4 Charakterisierung der Profile	24
1.4.1 Profilgeometrieparameter	24
1.4.1.1 Profilsehne l	25
1.4.1.2 Profildicke d	25
1.4.1.3 Dickenrücklage ξ_d	25
1.4.1.4 Profilwölbung φ	26
1.4.1.5 Wölbungsrücklage ξ_φ	26
1.4.1.6 Nasenradius ρ_n	26
1.4.1.7 Hinterkantenwinkel τ	27
1.4.1.8 Profilmfamilien	27
1.4.1.9 Erläuterungen zur NACA-Profilfamilie	28
1.4.2 Laminarprofile	33
1.4.3 Druckpunktfeste Profile	34
1.5 Auftrieb und Widerstand im Polardiagramm	35
1.6 Beispielprofile	37
1.7 Reynoldszahleinfluss	41
1.8 Verständnisfragen	45

2	Tragflügelaerodynamik	47
2.1	Der gestreckte, ungepfeilte Flügel	47
2.1.1	Auftrieb und Zirkulation	47
2.1.2	Wirbelsystem	49
2.1.3	Induzierter Widerstand	53
2.1.4	Prandtl'sche Tragflügeltheorie	56
2.2	Einfluss der Flügelform	57
2.3	Anstellwinkel, Einstellwinkel, Schränkung	61
2.3.1	Anstellwinkel	61
2.3.2	Einstellwinkel	62
2.3.3	Schränkung	62
	2.3.3.1 Geometrische Schränkung	63
	2.3.3.2 Aerodynamische Schränkung	63
2.4	Verständnisfragen	64
3	Flugzeugpolare	65
3.1	Widerstandsarten	66
3.1.1	Reibungswiderstand	66
3.1.2	Druckwiderstand (Formwiderstand)	66
3.1.3	Induzierter Widerstand	67
3.1.4	Parasitärer Widerstand	67
	3.1.4.1 Interferenzwiderstand	72
3.2	Gesamtpolare ($C_{A\alpha}$, C_A , C_W , C_M)	73
3.3	Verständnisfragen	75
4	Methoden zur Flugbereichserweiterung	77
4.1	Vorderkantenklappen	78
4.1.1	Krügerklappe	78
4.1.2	Vorflügel	79
4.2	Hinterkantenklappen	81
4.2.1	Spreizklappe	82
4.2.2	Wölbklappe	84
4.2.3	Spaltklappe	86
4.2.4	Fowlerklappe	88

4.3	Grenzschichtbeeinflussung	90
4.3.1	Vortexgeneratoren	90
4.3.2	Ausblasung	91
4.3.3	Absaugung	92
4.4	Bremsklappen	93
4.5	Elemente zur Optimierung des induzierten Widerstandes	94
4.5.1	Winglet	94
4.5.2	Starke Zuspitzung	96
4.6	Adaptive Tragflügel	97
4.6.1	Tragflügel Nase	97
4.6.2	Konturbeule	98
4.6.3	Tragflügelhinterkante	98
4.6.4	Schwenkflügel	99
4.7	Verständnisfragen	99
5	Schwebeschub und Schwebelage	101
5.1	Widerstandspolare	101
5.2	Schwebeschubkurve	103
5.3	Schwebelagekurve	107
5.4	Einflussfaktoren auf die Schwebeschub und Schwebelage	112
5.4.1	Einfluss des Gewichts	112
5.4.2	Einfluss der Flughöhe	113
5.4.3	Einfluss der Konfiguration	115
5.5	Sinkflugpolare	117
5.6	Steigflugpolare	120
5.7	Verständnisfragen	122
6	Propellerblattaerodynamik	123
6.1	Schuberzeugung	125
6.2	Aerodynamik des Propellerblattes	126
6.3	Schrägung	128
6.4	Propellerverstellung	131
6.5	Wirkungsgrad und Leistungskorrektur	133
6.6	Effekte im Flugbetrieb	135

6.7	Verständnisfragen	138
7	Numerische Methoden zur Tragflügelberechnung	139
7.1	Grundlagen	139
7.1.1	Massenerhaltung	141
7.1.2	Impulserhaltung	142
7.1.3	Energieerhaltung	145
7.2	Kutta-Joukowski-Gleichung	152
7.3	Modellierungsmethoden	154
7.3.1	Skelett-Theorie (thin airfoil theory)	156
7.3.2	Prandtl'sche oder einfache Traglinientheorie (1918)	157
7.3.2.1	Helmholtz'scher Wirbelsatz	158
7.3.2.2	Der Wirbelsatz von Thomson	158
7.3.2.3	Ergebnisse der einfachen Traglinientheorie	172
7.3.3	Wirbelleiterverfahren (vortex lattice / lifting surface method) .	176
7.3.4	Panelverfahren (1962)	178
7.4	Einfluss der Reibung	179
7.5	Verständnisfragen	180
Anhang		181
A	NACA Profilparameter	181
A.1	Profilformen (symmetrische Grundformen)	182
A.2	Skelettformen (Profilwölbung)	183
B	Abkürzungsverzeichnis	187
Literatur		205