

# Inhaltsverzeichnis

---

Zusammenstellung der wichtigsten Bezeichnungen . . . . .	X
Vorwort des Verfassers . . . . .	XIII

## Teil 1

<b>Grundfaktoren der Fahrtleistung von Yachten . . . . .</b>	<b>1</b>
Einleitung: Der Kern des Problems . . . . .	3
Fahrtleistung . . . . .	5
A Kräfte und Geometrie beim Segeln am Wind . . . . .	8
Aerodynamische und hydrodynamische Kräfte . . . . .	10
Die Zehn-Grad-Yacht . . . . .	16
Zielgeschwindigkeit nach Luv . . . . .	23
B Das Zusammenwirken von Rumpf und Segel bei leichtem und starkem Wind . . . . .	25
Schotstellung . . . . .	31
Krängungskräfte . . . . .	33
Rumpf-Reaktion . . . . .	35
C Die Wirksamkeit von Schwert und Kielflosse . . . . .	37
Seitenverhältnis . . . . .	40
12-m-R-Yachten . . . . .	43
D Der optimale Kurs am Wind . . . . .	47
Rumpfwiderstand . . . . .	47
Segelfläche . . . . .	54
Verlagerung von Ballast . . . . .	55

## VI *Inhaltsverzeichnis*

E	Der Einfluß der Stabilität auf die Fahrtleistung . . . . .	60
	Stabilität . . . . .	60
	Entwicklung . . . . .	65
F	Allround-Eigenschaften . . . . .	70
	America-Pokal . . . . .	74
	Wasserlinien . . . . .	74
G	Hochgeschwindigkeitssegeln . . . . .	84
	Mehrrumpfboote . . . . .	86
	Transatlantik-Rennen . . . . .	89
	Geschwindigkeitsweltrekorde . . . . .	100
	Tragflügelboote . . . . .	103
	Auftriebssteuerung – Längsstabilität . . . . .	113
	Querstabilität . . . . .	115
	Das Rigg . . . . .	116
	Starrsegel . . . . .	117
	Weitere Lösungen . . . . .	123
H	Land- und Eissegelyachten . . . . .	128
	Eisjachten . . . . .	128
	Scheinbarer Wind . . . . .	131
	Stabilität . . . . .	135
	Geschwindigkeitspotential . . . . .	137
	Segelboote . . . . .	141
	Widerstand . . . . .	145
	Literaturverzeichnis und Anmerkungen . . . . .	154

## Teil 2

	<b>Grundlagen aus der Strömungsmechanik: Die Dynamik des Tragflügels . . . . .</b>	<b>165</b>
A	Grundkonzepte und Annahmen . . . . .	167
	1 Luft und Wasser – Analogien und Unterschiede . . . . .	167
	2 Ideale und reale Flüssigkeiten; zweidimensionale Strömung . . . . .	170
	3 Die Potentialströmung; der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit, Druck und Kraft . . . . .	172
	a) Die Bernoullische Gleichung . . . . .	175
	b) Der Einfluß der Reibung auf das Stromlinienbild . . . . .	182
	4 Zirkulation und Magnus-Effekt . . . . .	186
	a) Der rotierende Zylinder als Tragflügel . . . . .	190
	b) Das Flettner-Rotorschiff . . . . .	194
	5 Die Entstehung des Auftriebes am Tragflügel . . . . .	199
	a) Die Kutta-Joukowskysche Hypothese . . . . .	204
	b) Wie schnell entsteht Auftrieb? . . . . .	206
	c) Praktische Konsequenzen . . . . .	209

6	Nähere Betrachtung einiger Tragflügeleigenschaften . . . . .	213
a)	Darstellungsarten der Druckverteilung . . . . .	213
b)	Der Anstieg des Auftriebs mit dem Anstellwinkel bei zweidimensionaler Strömung . . . . .	216
c)	Faktoren, die den Auftrieb begrenzen . . . . .	220
d)	Das eigentümliche Verhalten einiger dicker Profile . . . . .	223
B	Über den Zähigkeitsbedingten Widerstand . . . . .	228
1	Grenzschicht, Druckwiderstand, Reibungswiderstand . . . . .	228
a)	Laminare und turbulente Grenzschichten . . . . .	232
b)	Zur Berechnung des Reibungswiderstandes . . . . .	237
2	Strömungsgünstige Formgebung . . . . .	241
C	Reynolds-Zahl-Effekte . . . . .	252
1	Was man aus dem Verhalten eines Golfballes lernen kann . . . . .	253
2	Das Reynoldssche Ähnlichkeitsgesetz . . . . .	257
3	Wege zur Verminderung des Widerstandes . . . . .	259
4	Der Einfluß der Reynolds-Zahl auf den Widerstand . . . . .	266
a)	Oberflächenrauigkeit . . . . .	270
b)	Körperform (Oberflächenkrümmung) und Druckgradient . . . . .	274
c)	Verringerung des Reibungswiderstandes durch Polymere und flexible Oberflächen . . . . .	285
5	Der Einfluß der Reynolds-Zahl auf den Auftrieb . . . . .	297
a)	Der Einfluß von Nasenform, Wölbung und Dicke auf das Ablöseverhalten von Profilen . . . . .	297
b)	Die Strömung um dünne Profile . . . . .	302
c)	Dicke oder dünne Profile? . . . . .	308
d)	Das Rigg der <i>Lady Helmsman</i> . . . . .	314
e)	Aerodynamische Eigenschaften dünner Profile . . . . .	319
f)	„Gefütterte“ Segel . . . . .	327
g)	Die Bedeutung der Gestalt der Druckverteilung und der Einfluß des Mastes . . . . .	329
h)	Der Einfluß der Rauigkeit auf den Auftrieb . . . . .	339
D	Dreidimensionale Tragflügel . . . . .	343
1	Das Wirbelsystem eines Tragflügels endlicher Spannweite . . . . .	347
2	Mechanische und elektromagnetische Analogien . . . . .	355
a)	Elektromagnetische Analogie für einen einfachen Tragflügel . . . . .	359
b)	Der Tragflügel mit veränderlicher Zirkulationsverteilung . . . . .	361
3	Induzierte Geschwindigkeiten und induzierter Widerstand . . . . .	367
a)	Effektiver Anstellwinkel und induzierter Widerstand . . . . .	371
b)	Elliptischer Umriß und elliptische Auftriebsverteilung . . . . .	375
c)	Segelrisse . . . . .	380
d)	Das Dreieck als Flügelgrundriß . . . . .	388
4	Das effektive Seitenverhältnis . . . . .	395

VIII *Inhaltsverzeichnis*

5 Der Einfluß der Flügelform . . . . . 408  
a) Der Einfluß der Umrißform auf den effektiven Anstellwinkel . . . . . 410  
b) Der Einfluß von Zuspitzung und Verwindung . . . . . 425  
c) Der Einfluß des Seitenverhältnisses auf den Höchstauftrieb . . . . . 443  
d) Pfeileffekte und Tragflügel mit kleinem Seitenverhältnis . . . . . 449  
e) Zur Theorie schlanker Körper . . . . . 461  
Literaturverzeichnis und Anmerkungen . . . . . 474

Teil 3

**Segelforschung: Konsequenzen für die Praxis** . . . . . 485  
A Fahrtleistungsvoraussagen: Möglichkeiten und Grenzen . . . . . 487  
B Allgemeines über den Entwurf von Segeln . . . . . 502  
1 Belastung . . . . . 506  
C Wie und warum Segelkräfte bestimmt werden . . . . . 520  
1 Bestimmung der Segelkräfte durch Messung der Kräfte im Rigg . . . . . 525  
2 Bestimmung der Segelkräfte durch Messung von Haltekräften . . . . . 527  
3 Bestimmung der Segelkräfte durch Korrelation der Ergebnisse von Großausführungs- und Modellversuchen (*Gimcrack*-Koeffizienten). . . . . 529  
a) Instrumente . . . . . 533  
4 Analytische bestimmte Segelbeiwerte . . . . . 539  
5 Bestimmung der Segelkräfte aus Windkanalversuchen . . . . . 546  
D Ergebnisse aus dem Windkanal: Einflußfaktoren der Segelkräfte und ihre Auswirkungen auf die Fahrtleistung . . . . . 552  
1 Untersuchungen am Finn-Rigg . . . . . 552  
a) Der Einfluß des Baumniederholerzuges . . . . . 553  
b) Der Einfluß der Spannung im Vor- und Unterliek . . . . . 556  
c) Der Einfluß der Höhe des Riggs über der Wasseroberfläche . . . . . 558  
d) Der Einfluß der Windgeschwindigkeit auf die Segelform . . . . . 559  
2 Der Einfluß der Segelform auf die Fahrtleistung . . . . . 560  
3 Segeltrimm . . . . . 570  
a) Die Kontrolle des Baumniederholers . . . . . 578  
b) Der Einfluß des Windgradienten auf die Verwindung . . . . . 585  
c) Die Kontrolle der Segelwölbung . . . . . 587  
d) Die Entwicklung des Finn-Mastes . . . . . 594  
e) Andere Wege der Kontrolle der Segelwölbung . . . . . 600  
4 Mehr über Profilverstärkung, die Bedeutung der Profilverstärkung an der Vorderkante und Trimmfäden . . . . . 606  
a) Windkanaluntersuchungen an Profilverstärkungen . . . . . 607  
b) „Gefütterte“ Segel . . . . . 613  
c) Die Bedeutung der Profilverstärkung an der Vorderkante . . . . . 615  
d) Trimmfäden . . . . . 621

5	Die gegenseitige Beeinflussung der Segel . . . . .	633
a)	Der Spalteffekt . . . . .	637
b)	Der Einfluß des Großsegels auf das Vorsegel . . . . .	646
c)	Der Einfluß des Vorsegels auf das Großsegel . . . . .	648
d)	Einige Windkanalergebnisse über das Zusammenwirken von Segeln . . . . .	648
e)	Der Einfluß der Genua-Überlappung auf die Fahrtleistung . . . . .	657
6	Segeln vor dem Wind . . . . .	659
a)	Rollen in ruhigem Wasser . . . . .	660
b)	Selbsterregte Rollschwingungen . . . . .	665
c)	Windkanalversuchsergebnisse . . . . .	673
d)	Der Einfluß des Kurswinkels $\gamma_A$ . . . . .	673
e)	Der Einfluß des Segeleinstellwinkels $\delta_G$ . . . . .	676
f)	Der Einfluß der Windgeschwindigkeit . . . . .	677
g)	Der Einfluß der Dämpfung . . . . .	679
h)	Rolldämpfungs-Segel . . . . .	679
	Literaturverzeichnis und Anmerkungen . . . . .	682
Anhang . . . . .		688
A	Größen und Einheiten . . . . .	688
B	Potenzschreibweise . . . . .	692
C	Das griechische Alphabet . . . . .	692
Namen- und Sachwortverzeichnis . . . . .		693