

53 | November 1958

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Eduards Bailitis

Beeinflussung des Rudermomentes durch selbsttätige Zusatzzirkulation

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Prof. Dr.-Ing. G. Weinblum

Beeinflussung des Rudermomentes durch selbsttätige
Zusatzzirkulation.

von

Eduards Bailitis

Hamburg, im November 1958

Beeinflussung des Rudermoments durch selbsttätige
Zusatzzirkulation.

E. Bailitis

I. Einführung.

II. Versuchsplattän.

III. Meßergebnisse.

IV. Vergleich mit anderweitig durchgeführten Untersuchungen
an ähnlichen Profilen.

a) Absaugruder von B. Regenscheit.

b) Geteilte Profile.

V. Absaugung an der Kugel.

VI. Folgerungen.

VII. Zusammenfassung.

I. Einführung.

Um das Schaftmoment des Ruders möglichst klein zu halten, pflegt man die Achse des Ruders in der Nähe des resultierenden Kraftschwerpunktes (Druckpunktes) zu legen. Der Druckpunkt verändert seine Lage mit dem Anstellwinkel. Bei kleinen Anstellwinkeln wird die Lage des Druckpunktes von der Profilform, dem Strömungszustand, dem Seitenverhältnis und der Profildicke weitgehend beeinflusst. Er liegt bei einer dünnen Platte mit großem Seitenverhältnis in gesunder Strömung etwa im vorderen Viertel der Plattentiefe. Bei größeren Anstellwinkeln verlagert er sich nach der Profilmittle, die er bei etwa 90° erreicht.

Durch verschiedene Ruderausführungen versuchte man, bei möglichst kleinem Rudermoment ein größtmögliches Steuermoment zu erreichen. Beim Balanceruder ist die Lage des Ruderschaftes durch die Strömungsverhältnisse bei kleinen Anstellwinkeln gegeben, da ~~das~~ Verlegen des Ruderschaftes nach der Mitte hin Unstabilität (Überbalance) eintritt. Bei einem zweiteiligen Ruder mit festem Profilkopf ist der Ruderschaft des beweglichen Teils so anzuordnen, daß bei der Auslenkung immer noch ein annehmbares Gesamtprofil erhalten bleibt. Dadurch bedingt ist das Schaftmoment eines in der Praxis bewährten zweiteiligen Ruders gleich oder größer als das eines entsprechenden Balanceruders. [1]

Es wäre wünschenswert durch besondere Maßnahmen zu erreichen, daß die Lage des Druckpunktes bei allen in Betracht kommenden Anstellwinkeln unverändert bleibt und nach Möglichkeit bei sämtlichen Anstellwinkeln in der Nähe der Profilmittte liegt. In diesem Falle wäre das Drehmoment am Ruderschaft bei gleich großer Vor- und Rückwärtsfahrt etwa gleich und die zusätzliche Belastung bei Seegang minimal.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob durch eine selbsttätige Zusatzzirkulation das Rudermoment zu beeinflussen ist. Bei kleinen Anstellwinkeln steigt der Unterdruck auf der Saugseite an der Profilnase sehr steil bis zum Maximalwert an und fällt dann allmählich auf den Normalwert ab, der etwa am Profilende erreicht wird (Abb. 1). Auf der Druckseite des Profils liegt der Maximalwert des Überdrucks unweit der Vorderkante und fällt dann allmählich auf den Normalwert ab. Verbindet man nun das Gebiet des höchsten Unterdrucks auf der Saugseite mit der Profilhinterkante, wie das in Abb. 2 angedeutet ist, so ist eine zusätzliche Zirkulation zu erwarten. Die Flüssigkeit wird an der Hinterkante abgesaugt, fließt durch den Kanal zum Spalt an der Vorderkante und tritt wieder in das Strömungsfeld ein. Es ist daher zu erwarten, daß sowohl die steile Unterdruckspitze als auch die Druckzunahme nach der Hinterkante abgeflacht wird.

Auf der Druckseite läßt sich auf diese Art ebenfalls ein zusätzlicher Flüssigkeitstransport nach der Profilhinterkante erreichen. Sieht man die Verbindungskanäle sowohl auf der Saugseite als auch auf der Druckseite vor (Abb. 3), so wird auf der Saugseite eine Absaugung und auf der Druckseite ein Ausblasen bewirkt. Insgesamt dürfte ein gewisser Druckausgleich getrennt auf der Saugseite und Druckseite zu erwarten sein, was einer Verlagerung des Druckpunktes nach der Rudermitte hin entspräche.

II. Versuchsplatten.

Es wurden zwei ebene Rechteckplatten mit dem Seitenverhältnis $\lambda = 1$ und einer Dicke von 1,5 mm untersucht. Die eine Platte bestand aus 1,5 mm starkem Stahlblech, die zweite Platte aus einem E-förmigen Eisenrahmen, dessen beide Seitenflächen mit einem 0,25 mm starken Messingblech beplankt waren. Für die in Abb. 2 angedeutete Zusatzzirkulation wurde eine Seitenfläche an der Vorderkante gelocht. Es waren drei Lochreihen in 5, 12 und 25 mm Abstand von der Vorderkante angeordnet (Abb. 4). Der Lochdurchmesser betrug 4 mm. Die gelochte Deckplatte war an der Hinterkante um 2 mm gekürzt, um eine stabile Absaugung zu gewährleisten (2).

Diese Versuchsplatte stellt die eine Hälfte des endgültigen Versuchsmodells dar. Es sollte hiermit untersucht werden, wie die Meßergebnisse sich verhalten, wenn die gelochte Seite des Modells einmal auf der Saugseite, ein anderes Mal auf der Druckseite liegt. Die Messungen wurden im Windkanal des Instituts für Schiffbau durchgeführt. Da die Hohlplatte eine ungenügende Steifigkeit besaß wurden die Messungen bei einer Windgeschwindigkeit von nur ca. 20 m/sec durchgeführt. Die Querkraft, der Widerstand und das Moment wurden mit dem kleinen Rudermeßgerät des Instituts gemessen [13]. Der Ruderschaft war bei beiden Platten genau bei $1/4$ der Ruderlänge von der Vorderkante angebracht.

III. Meßergebnisse.

In Tab. 1 sind die C_Q -, C_W - und C_M -Werte der Hohlplatte bei Lochung auf der Saugseite eingetragen. Bei Lochung auf der Druckseite ergaben sich die Werte der Tab. 2. Die Ergebnisse der Vergleichsplatte sind der Tab. 3 zu entnehmen. In Abb. 5, 6 und 7 sind die gemessenen C_Q -, C_W - und C_M -Werte der Versuchsplatten graphisch aufgetragen. Zum weiteren Vergleich sind ferner für das Seitenverhältnis $\lambda = 1$ die Meßwerte von O. Flachsbart [3] und N. Scholz [4] mit eingetragen.

Die Meßwerte der Hohlplatte mit Lochung auf der Saugseite weichen demnach deutlich von anderen Werten ab. In Abb. 8 ist die Polarkurve wiedergegeben. Bei gleichem Auftriebsbeiwert ist der Widerstand der Absaugplatte bei Lochung auf der Saugseite etwa 30% kleiner als der Widerstand einer Platte ohne Absaugung, auch bei Lochung auf der Druckseite ist noch eine leichte Widerstandsabnahme vorhanden. Sollte eine Druckpunktverschiebung nach rückwärts durch die Zusatzzirkulation auftreten, so müßten bei gleichem C_Q die auf Plattenmitte bezogenen Momentbeiwerte merklich kleiner werden als die an der ungelochten Vergleichsplatte. Wie der Abb. 9 zu entnehmen, ist das auch der Fall. Der maximale auf Plattenmitte bezogene Momentbeiwert ist bei einer Platte mit einer zusätzlichen Zirkulation etwa 50% kleiner als bei einer gewöhnlichen Platte. Bei kleinem Auftriebsbeiwert sind die C_M -Werte etwa gleich. Bei größeren C_Q -Werten strebt der C_M -Wert der Platte mit zusätzlicher Zirkulation einem Endwert zu, den man etwa bei $C_Q = 0,6$ erreicht.

Den Meßergebnissen ist demnach zu entnehmen, daß mittels zusätzlicher Zirkulation eine Druckpunktverlagerung bei großen Anstellwinkeln bewirkt wird. Das Überraschende dabei ist, daß nur geringe Querkraftverluste entstehen und daß der Widerstand beträchtlich abnimmt. Ob es möglich sein wird bei speziellen Profilformen den Druckpunkt bei allen

in Betracht kommenden Anstellwinkeln in der Nähe der Profilmitte zu halten, ist späteren Untersuchungen vorbehalten. Die erste Frage, ob eine Druckpunktverlagerung mittels zusätzlicher Zirkulation bewirkt werden kann, ist hiermit experimentell belegt.

IV. Vergleich mit anderweitig durchgeführten Untersuchungen an ähnlichen Problemen.

a) Absaugruder von B. Regenscheit.

Die ersten Arbeiten über selbsttätige Absaugung sind von B. Regenscheit durchgeführt worden [5], [6]. B. Regenscheit hat als erster erkannt, daß zur Förderung der Absaugluft Flügelstellen tieferen Druckes, z.B. Flügel Nase, Flügelenden, oder sonstige Widerstandsstellen des Flugzeuges wie Motor gondel, Kühler usw. benutzt werden können, wenn man den Absaugeschlitz mit einer dieser Stellen entsprechend verbindet. In der Annahme, daß die abgesaugte Luft, falls man sie auf der Profilfläche austreten läßt, erhebliche Strömungsstörungen mit einer entsprechenden Widerstandsvergrößerung hervorrufen dürfte, benutzte er den durch den Randwirbel verursachten Unterdruck am Flügelende zur Absaugung. Die Flügelenden wurden mit zweckentsprechenden Randkappen versehen. Dem Bericht F.B. 1673 ist zu entnehmen, daß der Profilwiderstand $C_{Wp} = C_W - C_{Wi}$ (C_{Wi} - induzierter Widerstand) eines NACA 0018 Profils mit dem Seitenverhältnis $\sqrt{l} = 4$ bei geeigneten Randkappen, besonders bei hohen Auftriebszahlen, merklich abnimmt.

Durch die Absaugung erzielt man auch eine Auftriebszunahme. Die Auftriebsänderung durch Absaugung ist in einem ein Absaugruder betreffenden AVA-Geheimpatent vorgeschlagen. Das Absaugruder hat an der Hinterkante einen Schlitz, der durch eine Zunge in zwei gleiche Hälften geteilt ist (Abb. 10). Zur Erzielung eines Steuermomentes wird die Absaugung durch die eine oder andere Schlitzhälfte vorgenommen. Auf diese

Weise erzeugt man das Steuermoment ohne Auslenkung des Profils. Das optimale Zungen-Längen-Verhältnis bei einem NACA 0018 Profil mit dem Seitenverhältnis $\lambda = 2,75$ ist nach Regenscheit gleich $s/l = 0,028$. Bei diesem s/l -Wert hat auch das Profil den kleinsten Widerstand [2].

Der Befund, daß der Widerstand der hier untersuchten Absaugplatte stark abnimmt, stimmt mit den Ergebnissen von B. Regenscheit recht gut überein. Für die Widerstandsverkleinerung scheint unwesentlich zu sein, ob das Totwasser durch die Absaugung aus der Strömung fortgeschafft wird und ob man es an geeigneter Stelle wieder in das Strömungsfeld eintreten läßt. Bei selbsttätiger Absaugung nach B. Regenscheit wird das Totwasser im Bereich der Wirbelstraße am Flügelende eingeleitet, erscheint demnach nicht erneut in der Tragflügelströmung. Bei dem vorliegend geschilderten Versuch wird die an der Hinterkante abgesaugte Flüssigkeit durch den Spalt an der Vorderkante erneut in die Tragflügelströmunggeführt. In einem Gleichgewichtszustand ist eine Flüssigkeitsmenge dauernd im Umlauf. Die Ausbildung eines ausgedehnten Totwassergebietes wird stark verzögert oder in einem gewissen Bereich sogar vermieden.

b) Geteilte Profile.

Untersuchungen über Flügel mit geteiltem Profil sind von R. Seiferth [7] beschrieben worden. Über dem Hauptflügel (Abb. 11), auf den die C_Q -, C_W - und C_M -Werte bezogen werden, ist ein Hilfsflügel angeordnet und der Auftrieb, Widerstand und das Moment in fünf verschiedenen Stellungen gemessen worden. In Ausgangsstellung liegt der Hilfsflügel satt auf dem Hauptflügel auf. Bei der Vergrößerung des Spaltes steigt der Auftrieb fast auf den doppelten Maximalwert. Der Profilwiderstand wird größer, der Momentbeiwert nimmt zu oder ab, je nach der Tiefenverlagerung des Hauptflügels. Die Messungen am Hilfsflügel ergaben, daß bei kleinen Flügelabständen und kleinen Anstellwinkeln der Auftrieb am Hilfsflügel

größer ist als der Gesamtauftrieb. Der Hauptflügel erfährt in dieser Stellung sogar einen Abtrieb. Die Messergebnisse liegen in gewissem Widerspruch zu den hier beschriebenen, was auf eine Unähnlichkeit der beiden Versuchsanordnungen hindeutet. Die Seiferth'sche Versuchsanordnung ähnelt mehr einem Doppeldecker mit besonders kleinem Flügelabstand, was auch vom Verfasser betont wird. Der Spalt zwischen beiden Flügeln, insbesondere bei kleinen Anstellwinkeln, liegt etwa im Staudruckbereich, so daß eine Absaugung sich kaum ausbilden kann. Im Gegensatz zum durchgeführten Plattenversuch wird das Gesamtprofil verändert und die Meßwerte auf einen Teil der Gesamtanordnung bezogen. Demnach besteht keine einwandfreie Vergleichsmöglichkeit.

Der Versuch mit geteiltem Profil ist so durchgeführt, daß einem vorhandenen Profil etwas angebaut wird. Bei der Bildung der Beiwerte wird dieser Anbau nicht berücksichtigt. Aus demselben Grund kann man auch die Ergebnisse der Vorflügelversuche von G. Lachmann und F.H. Page [8] zur Verminderung der Strömungsablösung nicht zum direkten Vergleich heranziehen.

Bei dem durchgeführten Plattenversuch ist der äußere Plattenumriß nicht geändert worden, so daß die Beiwertzahlen immer auf eine identische Profilform zurückgeführt wurden.

Flügel mit mehrfacher Unterteilung haben einen, insbesondere bei kleinen und mittleren Auftriebszahlen, sehr großen Profilwiderstand [9]. Da die Unterteilung so ausgeführt ist, daß ein oder mehrere Spalte zwischen Saug- und Druckseite entstehen, kann man die Ergebnisse der hier beschriebenen Plattenversuche nicht zum Vergleich heranziehen.

Nach den oben geschilderten Versuchsergebnissen wäre zu erwarten, daß bei einer Unterteilung der Saugseite (Abb. 12) der Profilwiderstand vermindert wird. Eine Unterteilung auf der Saug- und Druckseite dürfte ebenfalls einen kleineren Widerstand ergeben, falls der Profilraum durch eine feste

Wand in zwei Hälften (Abb. 13) aufgeteilt wird. Ob sich damit eine Auftriebszunahme erreichen läßt, ist z.Zt. noch nicht zu übersehen.

V. Absaugung an der Kugel.

Durch eine Fremdsaugung kann die Strömung um eine Kugel oder einen Zylinder weitgehend wirbelfrei gestaltet werden [10]. Die geschilderten Versuchsergebnisse lassen es nahelegend erscheinen, durch selbsttätige Zusatzzirkulation auch eine bessere Strömung an der Kugel oder einem Zylinder zu erreichen. Die hohle Versuchskugel müßte auf der Rückseite zweckmäßig gelocht werden oder aus einzelnen Segmenten mit Absaugöffnungen zusammengesetzt werden. Auf der Vorderseite wird nur eine Äquatorzone, etwa bis zu 30° - 40° , gelocht oder segmentiert (Abb. 14). Dem Unterdruck in der Äquatornähe folgend strömt die Flüssigkeit an der Abwindhälfte ins Innere der Kugel und durch die Öffnungen vor der Äquatorzone wieder hinaus, sodaß dauernd eine Flüssigkeitsmenge um die hintere Kugelhälfte in Bewegung gehalten wird. Ist die Energie, die nötig ist um diese Bewegung aufrecht zu erhalten, kleiner als die Energie, die zur Bildung der Ablösungswirbel aufgewendet wird, so wird erwartungsgemäß der Widerstand der Kugel oder des Zylinders mit selbsttätiger Zusatzzirkulation entsprechend kleiner als der Widerstand einer gewöhnlichen Kugel oder eines gewöhnlichen Zylinders.

Die Flüssigkeitsmenge an der Abwindhälfte der Kugel erinnert gewissermaßen an einen Versuch von L. Prandtl [10], [12], mit zwei entgegengesetzt umlaufenden Zylindern. Durch die Rotation der Zylinder erfahren die Flüssigkeitsteilchen an der hinteren Zylinderhälfte eine zusätzliche Beschleunigung normal zur Hauptströmung. Durch die Absaugung wird die Flüssigkeit an der hinteren Hälfte in gleichem Sinne beschleunigt.

VI. Folgerungen.

Den durchgeführten Vorversuchen ist zu entnehmen, daß die Rudereigenschaften durch die selbsttätige Zusatzzirkulation weitgehend beeinflußbar sind. Bei höheren Auftriebszahlen und größeren Anstellwinkeln wird der Druckpunkt bis zu 45% der Ruderlänge von der Vorderkante weg verlegt. Die experimentell ermittelte Lage des Druckpunktes als Funktion der Auftriebsbeiwerte ist in Abb. 15 wiedergegeben. Die durch die Absaugung bewirkte Verlagerung des Druckpunktes ist schon bei $C_Q > 0,1$ deutlich vorhanden. Bei kleinen Auftriebsbeiwerten ist dagegen ~~die durch die Absaugung~~ Verlagerung gering. Für die Praxis ist die Druckpunktlage bei kleinen Anstellwinkeln von maßgeblicher Bedeutung. In der geplanten Fortsetzung der obigen Untersuchungen soll besonders geklärt werden, ob man auch bei Platten durch eine ~~Änderung~~ Änderung der Absaugöffnungen an der Vorderkante eine Beeinflussung der Druckpunktlage bei verschwindend kleinen Anstellwinkeln bewirken kann.

Die Lochung auf der Druckseite brachte kaum eine Veränderung der Widerstands- und Momentenbeiwerte im Vergleich zu einer Platte ohne Absaugung. Man kann demnach erwarten, daß eine Platte mit Lochungen auf Saug- und Druckseite gemäß Abb. 3 etwa die gleichen Auftriebs-, Widerstands- und Momentenbeiwerte haben wird, wie eine Platte mit Lochungen auf der Saugseite. Der noch fehlende experimentelle Beleg soll im weiteren Verlauf der Untersuchungen erbracht werden. Besonders aussichtsreich erscheint das oben genannte Prinzip bei Profilrudern. Das in Abb. 16 skizzierte Profil besteht aus einer festen Trennwand, die vorne eine Nase trägt. Beiderseits der Trennwand sind Kreiszyylinderflächen angeordnet. Der Druckpunkt eines solchen Profils liegt bei Anstellwinkel Null etwa auf halber Tiefe. Bei kleinen Anstellwinkeln und ohne Absaugung verlagert sich der Druckpunkt stark nach vorne, dem folgt wieder eine Verlagerung nach der Mitte hin bei größeren Anstellwinkeln. Es ist zu

erwarten, daß durch die selbsttätige Zusatzzirkulation die Verlagerung des Druckpunktes gemindert oder sogar aufgehoben wird.

Es darf angenommen werden, daß auch bei den in der Praxis bewährten Ruderprofilen, wie z.B. NACA 0018 oder NACA 0015, starke Beeinflussung der Rudereigenschaften durch die selbsttätige Zusatzzirkulation zu erwarten ist. Vermutlich wird man bei kleinen Auftriebszahlen eine nicht so starke Widerstandsverminderung beobachten wie bei einer Platte mit Absaugung, weil der Widerstand eines Profilruders an sich bedeutend kleiner ist als der einer Platte. Die Druckpunktverlagerung wird gewissermaßen von der Profilform mit beeinflusst. Das Programm der geplanten Arbeiten müßte daher sein, die geeigneten Profile und die günstigste Verteilung der Absaugöffnungen zu finden.

VII. Zusammenfassung.

Es werden Versuchsergebnisse einer Platte mit selbsttätiger Absaugung beschrieben. Die an der Hinterkante abgesaugte Luft wird durch die Öffnungen an der Vorderkante wieder der Profilströmung zugeführt. Es wurde gezeigt, daß der Widerstand einer Platte mit dem Seitenverhältnis $\lambda = 1$ durch die Absaugung etwa um 30% vermindert wird im Vergleich zu einer gewöhnlichen Platte. Bei Auftriebswerten $C_Q > 0,1$ erfolgt eine merkliche Druckpunktverlagerung nach der Mitte hin. Bei größeren Anstellwinkeln im gesunden Strömungsbereich wird erreicht, daß der Druckpunkt bis etwa 45% der Plattenlänge von der Vorderkante weg verlegt wird.

Die Arbeit wurde im Institut für Schiffbau der Universität Hamburg durchgeführt. Herrn Dipl.-Ing. H. Thieme danke ich für die entgegenkommende Unterstützung und Diskussionen, die während der Arbeit geführt wurden. Herrn Ing. H. Thiemann habe ich für die Durchführung der Messungen zu danken. BVM und DFG bin ich für die gewährten Mittel zur Durchführung der Arbeit zum Dank verpflichtet.

Hamburg, im November 1958

Tabelle 1

Beiwerttafel einer Platte mit dem Seitenverhältnis $\lambda = 1$.
Absauglochung auf der Saugseite.

α	c_Q	c_W	$-c_{M1/4}$	$+c_{M1/2}$	$-c_{MVK}$	c_n
0°	0	0,0324	0	0	0	0
2°	0,0486	0,0324	-0,0034	0,015	0,0086	0,049
5°	0,142	0,0324	0	0,035	0,035	0,142
10°	0,356	0,0405	0,0186	0,070	0,108	0,357
15°	0,582	0,142	0,064	0,086	0,214	0,600
20°	0,85	0,225	0,129	0,090	0,348	0,877
25°	1,03	0,348	0,168	0,100	0,436	1,077
30°	1,16	0,477	0,227	0,084	0,538	1,243
35°	1,3	0,652	0,279	0,091	0,649	1,438
40°	0,982	0,595	0,214	0,070	0,498	1,134
45°	0,968	0,673	0,227	0,063	0,517	1,160
50°	0,903	0,753	0,249	0,038	0,536	1,147

Tabelle 2

Beiwerttabelle einer Platte mit dem Seitenverhältnis $\lambda = 1$.
Absauglochung auf der Druckseite.

α	c_Q	c_W	$-c_{M1/4}$	$+c_{M1/2}$	$-c_{MVK}$	c_n
0°	0	0,0324	0	0	0	0
2°	0,0445	0,0202	0	0,011	0,011	0,044
5°	0,150	0,0203	0,00344	0,034	0,041	0,150
10°	0,372	0,0729	0,0182	0,076	0,113	0,378
15°	0,587	0,190	0,0498	0,105	0,205	0,622
20°	0,798	0,32	0,0971	0,117	0,311	0,857
25°	0,96	0,477	0,141	0,127	0,409	1,072
30°	1,01	0,611	0,194	0,121	0,59	1,266
35°	0,822	0,595	0,19	0,051	0,531	0,965
40°	0,77	0,668	0,19	0,065	0,445	1,018
45°	0,733	0,744	0,20	0,066	0,470	1,071
50°	0,62	0,818	0,21	0,046	0,468	1,025
90°	0,105	1,1	0,27	0,007	0,543	1,100

Tabelle 3

Beiwerttafel einer Platte mit dem Seitenverhältnis $\nu l = 1$
ohne Absaugung.

α	c_Q	c_W	$-c_{M1/4}$	$+c_{M1/2}$	$-c_{MVK}$	c_n
0°	-0,016	0,0144	+0,0047			-0,016
2°	0,0596	0,0325	0,0015	0,013	0,016	0,060
5°	0,202	0,0668	-0,0023	0,049	0,054	0,207
10°	0,402	0,137	+0,0015	0,104	0,106	0,420
15°	0,638	0,256	0,027	0,144	0,198	0,684
20°	0,867	0,406	0,065	0,173	0,303	0,954
25°	1,068	0,542	0,088	0,212	0,388	1,199
27,5 ^{27,5} $^\circ$	1,142	0,608	0,109	0,214	0,432	1,291
30°	1,20	0,680	0,151	0,194	0,496	1,380
$32,5^\circ$	1,25	0,778	0,146	0,233	0,525	1,468
35°	1,33	0,852	0,169	0,226	0,564	1,578
$37,5^\circ$	1,34	0,920	0,198	0,207	0,603	1,620
40°	1,35	0,993	0,215	0,205	0,635	1,678
50°	0,912	0,852	0,215	0,092	0,522	1,230
90°	0	1,2	0,24	0,059	0,541	1,200

Literatur-Verzeichnis.

- [1] G. Flügel: Neue Ergebnisse der Ruderforschung.
Hansa 87, 1432, 1950.
- [2] G. Regenscheit: Versuche über eine neue strömungstechnische Steuerung.
UM 3104, FB 1673.
- [3] O. Flachsbart: Messungen an ebenen und gewölbten Platten.
AVG IV, 96, 1932.
- [4] N. Scholz: Kraft- und Druckverteilungsmessungen an Tragflächen kleiner Streckung.
Forschung 16, 85, 1949/50.
- [5] B. Regenscheit: Versuche an einem Flügel mit einer Klappe geringer Tiefe und selbsttätiger Absaugung.
UM 3053.
- [6] B. Regenscheit: Versuche zur Verringerung des Tragflügelwiderstandes durch selbsttätige Absaugung.
F.B. 1673.
- [7] R. Seiferth: Untersuchung eines Flügels mit geteiltem Profil.
AVG III, 99, 1935.
- [8] C. Wieselsberger: Untersuchung über Tragflügel mit unterteiltem Profil.
AVG II, 55, 1923.
- [9] C. Wieselsberger: Flügel mit mehrfacher Unterteilung.
AVG II, 59, 1923.
- [10] J. Ackeret: Grenzschichtabsaugung.
VDI 70, 1153, 1926.
- [11] L. Prandtl: Über Wirbelablösung und deren Verhinderung.
AVG III, 6, 1935.
- [12] C. Schaefer: Reibung von inkompressiblen Flüssigkeiten. Einführung in die theoretische Physik I,
969, 1950.
- [13] H. Thiemann: Untersuchungen an Rechteckplatten im Windkanal.
IfS-Bericht Nr. 52.