

B e r i c h t
über
Vereisungsversuche am
Höhenrudergewichtsausgleich der Fw 200

Inhaltsverzeichnis:

T e i l I

Zusammenfassung

Versuchsordnung und Durchführung

Versuchsergebnisse (Versuche 1-13)

Folgerungen

T e i l II

Zusammenfassung

Versuchsordnung und Durchführung

Versuchsergebnisse (Versuch 1-5)

Folgerungen

Der Bericht umfaßt 22 Seiten

2 Skizzenblätter

1 Zahlentafel

26 Abbildungen (Teil I)

18 Abbildungen (Teil II)

1 Diagramm

AERODYNAMISCHE VERSUCHSANSTALT GOETTINGEN E.V.

Institut für Kälteforschung

Der Institutsleiter

gez. Ritz

Der Bearbeiter

gez. Hentrich

Göttingen, 23.4.1942.
Schd.

2

Teil I

Zusammenfassung

Es wurden die Wärmemengen ermittelt, die zur Enteisung des Gewichtsausgleichs in einem Höhenleitwerksmodell bei verschiedenen Flugzuständen nötig sind. Es ergab sich, daß die vorgesehene Wärmemenge in allen praktisch vorkommenden Fällen ausreichte, um bei einer Vereisungszeit bis zu etwa 15 min die Beweglichkeit des Ausgleichsgewichtes zu gewährleisten. Längere Vereisungszeiten (bis zu 30 min) führten jedoch bei einigen Flugzuständen zur Blockierung. Erst bei einer etwa 3-fach größeren Wärmemenge als vorgesehen wurde eine Enteisung erzielt, bei der auch längere Vereisungszeiten keine Gefährdung hervorrufen können.

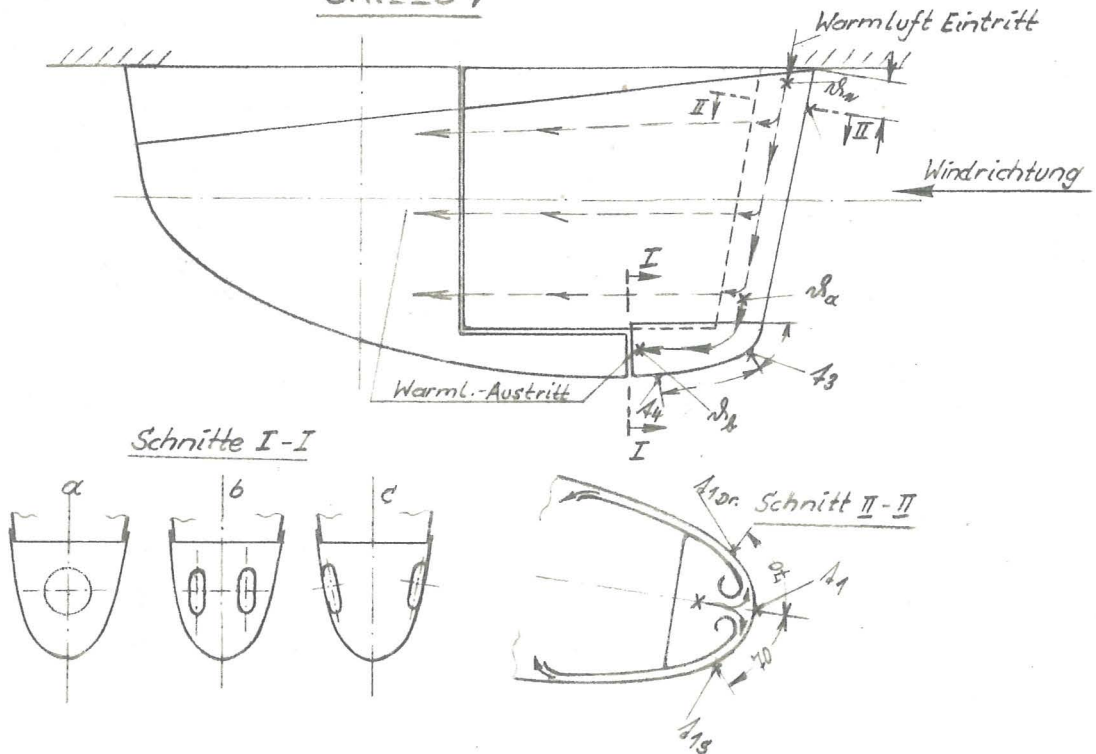
Versuchsanordnung und-Durchführung.

Die Versuche wurden an einem Höhenleitwerksmodell mit Höhenrudergewichtsausgleich, welcher von der Firma Focke-Wulf hergestellt war, durchgeführt. Die Beheizung des Modells erfolgte durch Warmluft. Ein Teil der Warmluft wurde zur Beheizung der Höhenflosse verwandt, während der andere Teil an der hinteren Oeffnung der Endkappe auf das Ausgleichgewicht ausgeblasen wurde. (Siehe Skizze 1). Als Ausblasöffnung wurden dabei drei verschiedene Formen ausprobiert (s. Skizze 1), Schnitt I-I a, b und c). Zwischen Flosse und Endkappe war eine Drosselklappe angebracht, durch welche die Warmluftmenge für die Endkappe besonders variiert werden konnte. Die Mengenmessung erfolgte durch eine Meßblende in der Warmluftleitung vor dem Modell (Gesamtmenge) und durch Messung des Gesamtdruckes und des statischen Druckes in der Endkappe (Durchflußmenge in der Endkappe).

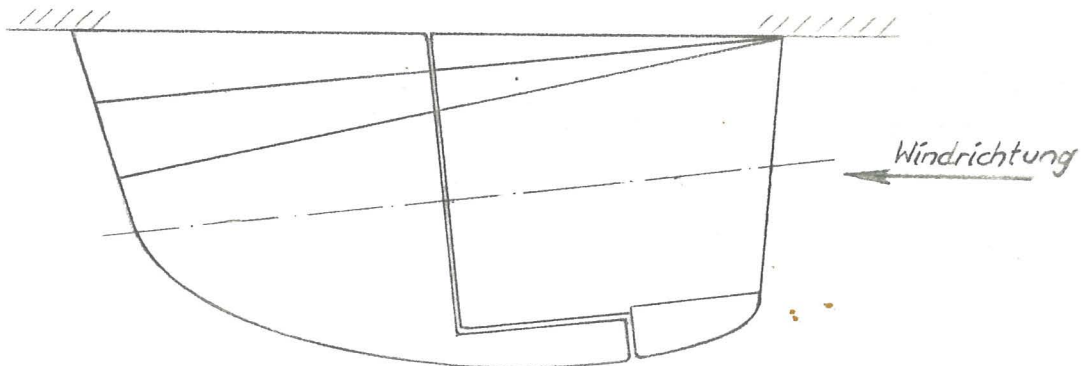
Die interessierenden Warmluft- und Außenhauttemperaturen wurden mit Thermoelementen gemessen, die von der AVA am Modell angebracht waren. Das Modell war horizontal in die Meßstrecke des Kältekanals eingebaut (s. Abb. 1)

2a

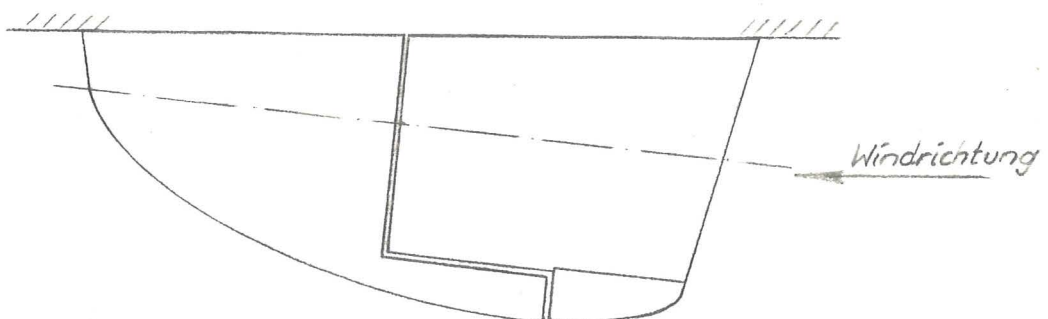
Skizze 1



Skizze 2



Skizze 3



3

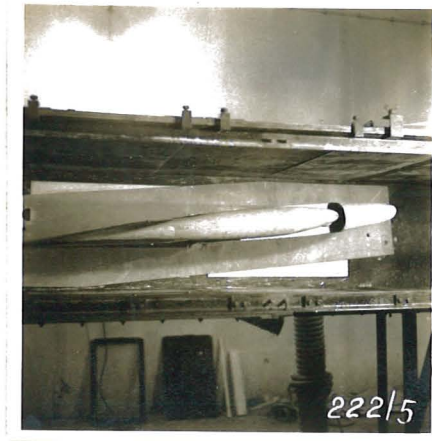


Abb. 1

Als Flugzustände waren vorgesehen:

Gruppe I: Normalflug (Schiebewinkel = 0° , s. Skizze 1)

Bei Anstellwinkeln des Höhenleitwerks von 0° und $+6^\circ$ und Ruderausschlägen von 0° , $+4^\circ$ und -4° .

Gruppe II: Schiebeflug (Schiebewinkel = -6° , s. Skizze 2)

bei Anstellwinkeln des Höhenleitwerks und Ruderausschlägen wie in Gruppe I.

Gruppe III: Schiebeflug (Schiebewinkel = $+6^\circ$, s. Skizze 3)

bei Anstellwinkeln des Höhenleitwerks und Ruderausschlägen wie in Gruppe I.

Bei der Durchführung der Versuche aus Gruppe 1 ergab sich, daß eine Reihe von Versuchen aus Gruppe 2 und 3 in Fortfall

kommen konnte, da sich die Ungefährlichkeit verschiedener Flugzustände in Bezug auf Vereisung erwiesen hatte.

Bezeichnungen:

G_e [kg/h]	= Gesamtwarmluftmenge	} s. Sk. 1
G_s "	= Warmluftmenge für Höhenflosse	
G_k "	= Warmluftmenge für Endkappe	
T_e [°C]	= Eintrittstemperatur der Warmluft	} siehe Skizze I m. Schr. II-II
T_a "	= Austrittstemperatur " " beim Austritt aus der Flosse	
T_b "	= Austrittstemperatur der Warmluft beim Austritt aus der Endkappe	

4

t_1 [°C]	=	Außenhauttemperatur	i. Staupunkt i.d. Flossennase
t_{1s}	"	"	a.d. Flossennase Saugseite
t_{1Dr}	"	"	" Druckseite
t_3	"	"	i.vord. Teil d. Endkappe Staupunkt
t_4	"	"	i.hint. Teil der Endkappe Staupunkt
t_R	"	Raumtemperatur	

Konstante Versuchsdaten:

- $w = 50$ [m/s] = Anblasgeschwindigkeit
- $\tau = 1,5$ [g/m³] = Spritzwassermenge
- $p_L = 3,0$ [at] = Zerstäubungsdruck des Spritzwassers.

In der folgenden Tabelle sind die Versuchsdaten und Meßwerte dargestellt. Dabei sind die Außenhauttemperaturen eingetragen, welche jeweils zu Beginn des Versuches gemessen wurden, als etwaige Eisansätze noch so gering waren, daß sie die Strömungsverhältnisse nicht störten. (siehe Tabelle Seite 5)

Versuchsergebnisse

Gruppe I

Versuch 1 An der Unterseite des Ausgleichgewichtes geringer Eisansatz. Eisbarrierenbildung in der zweiten Hälfte der Höhenflosse auf Saug- und Druckseite. Keine Behinderung der Rudertätigkeit. (Siehe Abb. 2)



Abb. 2

Gr.	Vers. Nr.	Ver- Raumt.eis. t_R	Ver- zeit	Flug- zustand			Wärmeluftmenge			Temperaturmessungen							Ausblas- anordnung (s. Schn. I-I)	
				γ	α	β	G_e	G_s	G_k	\bar{T}_e	\bar{T}_a	\bar{T}_b	t_1	t_{1s}	t_{1Dr}	t_3		t_4
I	1	-5,3	40'	0	0	0	199	146	53	73,5	58,5	46,7	7,3	10,5	10,5	10,7	10,0	a
	2	-5,4	40'	0	0	-4	197	150	47	72,8	65,6	45,3	8,5	11,0	11,0	11,7	10,5	a
	3	-5,8	40'	0	0	-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	-5,5	30'	0	+6	-4	194	130	64	75,8	58,2	42,5	12,7	10,5	15,0	12,0	10,2	a
	5	-5,7	30'	0	+6	-4	194	124	70	74,6	56,9	40,8	10,7	8,5	15,0	13,7	12,5	b
	6	-5,4	30'	0	+6	+4	195	119	76	71,8	53,9	36,8	10,5	7,7	14,2	10,2	8,7	b
	7	-5,5	30'	0	+6	-4	194	121	73	76,6	52,7	48,6	11,7	9,7	14,5	15,0	15,0	c
II	8	-5,3	30'	-6	+6	-4	192	116	76	72,8	56,3	-	13,7	12,7	12,7	2,5	-	b
	9	-5,1	30'	-6	+6	-4	256	152	104	76,6	57,5	-	16,0	14,7	14,5	6,7	-	b
	10	-1,8	30'	-6	+6	-4	250	149	101	74,6	54,1	-	15,7	12,7	17,2	7,3	-	b
	11	-5,2	30'	-6	+6	-4	140	140	-	76,2	56,6	-	10,0	8,3	12,5	0	-	-
	12	-5,2	30'	-6	+6	-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	13	-5,3	30'	+6	+6	-4	202	126	76	74,4	59,3	-	11,2	8,3	14,5	0,75	-	b

6

Versuch 2 Eiswulst an der unteren Hälfte der Nase des Ausgleichgewichtes. Spalt zwischen Ausgleichgewicht und Höhenflosse eisfrei. Eisansätze in der zweiten Hälfte der Höhenflosse auf Saug- und Druckseite. Behinderung der Ruderbeweglichkeit durch den Eiswulst am Ausgleichgewicht (Abb. 3, 4 und 4a)



Abb. 3



Abb. 4



Abb. 4a

7

Versuch 3 Außer der Eiskappe an der Flossennase keine Vereisung des Modells (Abb. 5 und 6)



Abb. 5



Abb. 6

Versuch 4 Eiswulst an der unteren Hälfte der Nase des Ausgleichgewichts. Spalt zwischen Ausgleichgewicht und Flosse eisfrei. Geringe Eisansätze in der zweiten Hälfte der Flosse auf Druckseite. Behinderung der Rudertätigkeit durch den Eiswulst an der Nase des Ausgleichgewichtes, der jedoch bei geringem Druck abplatzt (Abb. 7)



Abb. 7

8

Versuch 5 Vereisung im wesentlichen wie bei Versuch 4
(Abb. 8 und 9)



Abb. 8



Abb. 9

Versuch 6 Geringe Eiskappenbildung an der Nase des Aus-
gleichgewichtes. Flosse in der zweiten Hälfte
auf Druckseite stark vereist. Keine Behinderung
der Rudertätigkeit (Abb. 10 und 11).



Abb. 10



Abb. 11

9

Versuch 7 Eiskappe an der Nase des Ausgleichgewichts.
Eisbrücke zwischen Ausgleichgewicht und Flos-
se auf Druckseite. Völlige Blockierung des
Ruders (Abb. 12 und 13)



Abb. 12



Abb. 13

Gruppe II

Versuch 8 Eiskappe an der Unterseite der Nase des
Ausgleichgewichtes. Eisbrücke vom Ausgleich-
gewicht zur Flossendruckseite. Behinderung der
Ruderbeweglichkeit durch die Eisbrücke
(Abb. 14, 15 und 16)



Abb. 14



Abb. 15

10



Abb. 16

Versuch 9 Größere Luftmenge! Eisbildung bis auf die etwas stärkere Eiskappe an der Gewichtsausgleichsnase im wesentlichen wie bei Versuch 8. Durch die stärkere Eiskappe noch zusätzliche Behinderung der Rudertätigkeit (Abb. 17, 18)



Abb. 16



Abb. 17

Versuch 10 Größere Luftmenge und geringere Kälte. Nur kleiner Eiswulst an der unteren Hälfte der Ausgleichgewichtsnase. Keine Behinderung der Rudertätigkeit. (Abb. 19)

11



Abb. 19

Versuch 11 Kappe unbeheizt. Starke Eisbrückenbildung von der Endkappe zum Ausgleichgewicht und vom Ausgleichgewicht zur Flossendruckseite. Völlige Ruderblockierung (Abb. 20 und 21)



Abb. 20



Abb. 21

Versuch 12 Eiskappe an der Flossennase. Eisbildung wie bei Versuch 11. Völlige Ruderblockierung (Abb. 22, 23 und 24).

12



Abb. 22



Abb. 23



Abb. 24

Gruppe III

Versuch 13 Eiswulst an der Unterseite der Gewichtsausgleichsnase, der bei geringem Druck abplatzt. Eisbrücke zwischen Ausgleichgewicht und Flosse, die zur Ruderblockierung führt.
(Abb. 25 und 26)

13



Abb. 25



Abb. 26

Folgerungen

a) Form der Ausblasöffnung in der Endkappe (s. Skizze 1, Schnitt I-I)

In den Versuchen 4, 5 und 6 wurden unter sonst gleichen Bedingungen die drei verschiedenen Ausblasöffnungen erprobt. Dabei erwies sich die Form nach Anordnung "b" als die günstigste. Bei Anordnung "a" war der Eiswulst an der Nase des Gewichtsausgleichs weiter nach vorn gewachsen. Bei Anordnung "c" war der Eiswulst an der Nase des Ausgleichgewichtes zwar nicht so stark, jedoch wuchs hierbei das Eis seitlich über den Spalt zwischen Ausgleichgewicht und Flosse hinaus und bildete eine Eisbrücke, die das Ruder blockierte.

b) Wärmemenge

Es zeigte sich, daß die vorgegebene Wärmemenge bei allen Flugzuständen die Ruderbeweglichkeit bei einer Vereisungszeit bis zu ungefähr 15 min gewährleistete. Darüber hinaus wurde jedoch in verschiedenen Fällen durch Anwachsen des Eiswulstes an der Ausgleichgewichtsnase über das Ende der Endkappe hinaus oder durch Eisbrückenbildung zwischen Endkappe und Flosse das Höhenruder blockiert.

Eine Erhöhung der Warmluftmenge um ungefähr 30% (s. Versuch 9) brachte keine wesentliche Änderung dieser Verhältnisse. Erst eine relative Erhöhung der Wärmemenge

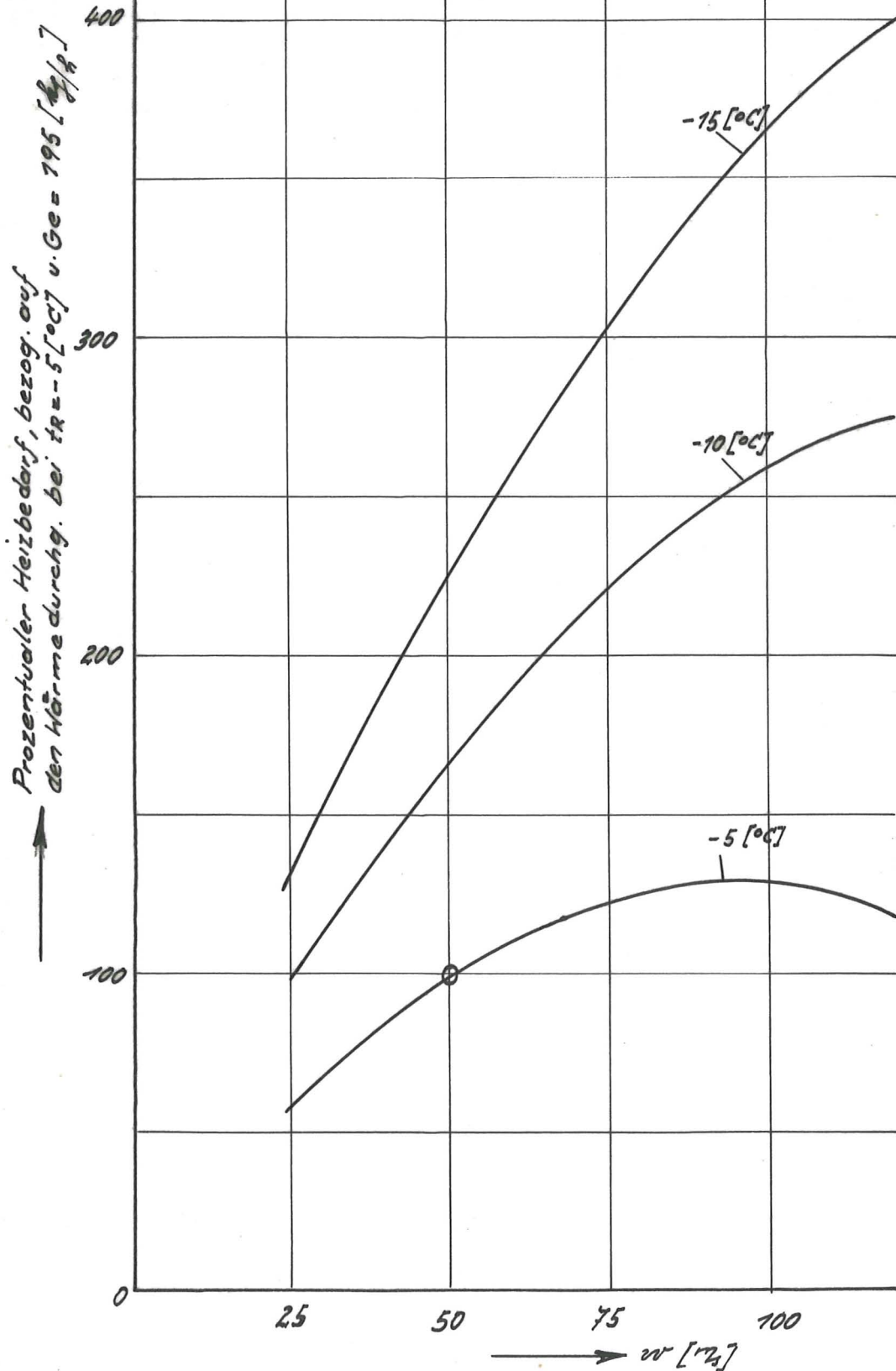
14

auf das ungefähr Vierfache durch zusätzliche Milderung der Klimabedingungen (Raumtemperatur von ungefähr $-5,5^{\circ}\text{C}$ auf ungefähr $-1,8^{\circ}\text{C}$) verhinderte fast jede Eisbildung am Modell auch bei längerer Vereisungszeit.

Für die Extrapolation auf höhere Geschwindigkeiten und andere Kältegrade gibt das folgende Diagramm einen Anhalt.

15

Einfluß von Fluggeschwindigkeit und
Temperatur auf den Heizbedarf



Teil II

Zusammenfassung

An einem warmluftbeheizten Höhenleitwerkmodell mit endscheibenförmigem Höhenrudergewichtsausgleich wurde untersucht, ob die Vereisungen am Gewichtsausgleich die Ruderbeweglichkeit behindern. Es zeigte sich, daß bei Normalflug kaum eine Behinderung der Rudertätigkeit eintrat, während bei Schiebeflug der Gewichtsausgleich und damit das Höhenruder blockiert wurden.

Versuchsordnung und Durchführung

Die Versuche wurden an einem Höhenleitwerksmodell mit Höhenrudergewichtsausgleich, welches die Firma Focke-Wulf angefertigt hatte, durchgeführt. Das Modell war horizontal in die Meßstrecke des Kältekanals eingebaut (siehe ~~Teil I~~, Abb. 1 und Skizze 1). Die Höhenflosse wurde mit Warmluft beheizt. Die Warmluftaustrittsöffnung, die ursprünglich außerhalb der Meßstrecke lag, wurde in dieselbe hineinverlegt, da sonst infolge der Undichtigkeiten in der Außenhaut des Modells bei dem in der Meßstrecke herrschenden Unterdruck Kaltluft durch die Warmluftaustrittsöffnung in das Modell eingesaugt worden wäre (s. Skizze 1).

Die Warmluftmengenmessung erfolgte durch eine Meßblende. Zur Bestimmung der Warmlufteintrittstemperatur war ein Thermoelement angebracht. Als

Als variable Versuchsbedingung waren verschiedene Flugzustände vorgegeben:

Gruppe I Normalflug (Schiebewinkel $\gamma=0^\circ$) bei einem Anstellwinkel des Höhenleitwerks $\alpha=0^\circ$ und Ruderausschlägen $\beta=0^\circ$ und $+4^\circ$.

Gruppe II Schiebeflug mit Schiebewinkel $\gamma = -6^\circ$ (Ausgleichgewicht von innen angeströmt) bei einem Anstellwinkel des Höhenleitwerks $\alpha=+6^\circ$ und Ruderausschlägen $\beta=0^\circ$, -6° und $+6^\circ$. Der Versuch bei Ruderausschlag $\beta = 0$ wurde mit unbeheiztem Modell durchgeführt.

17

Skizze 1

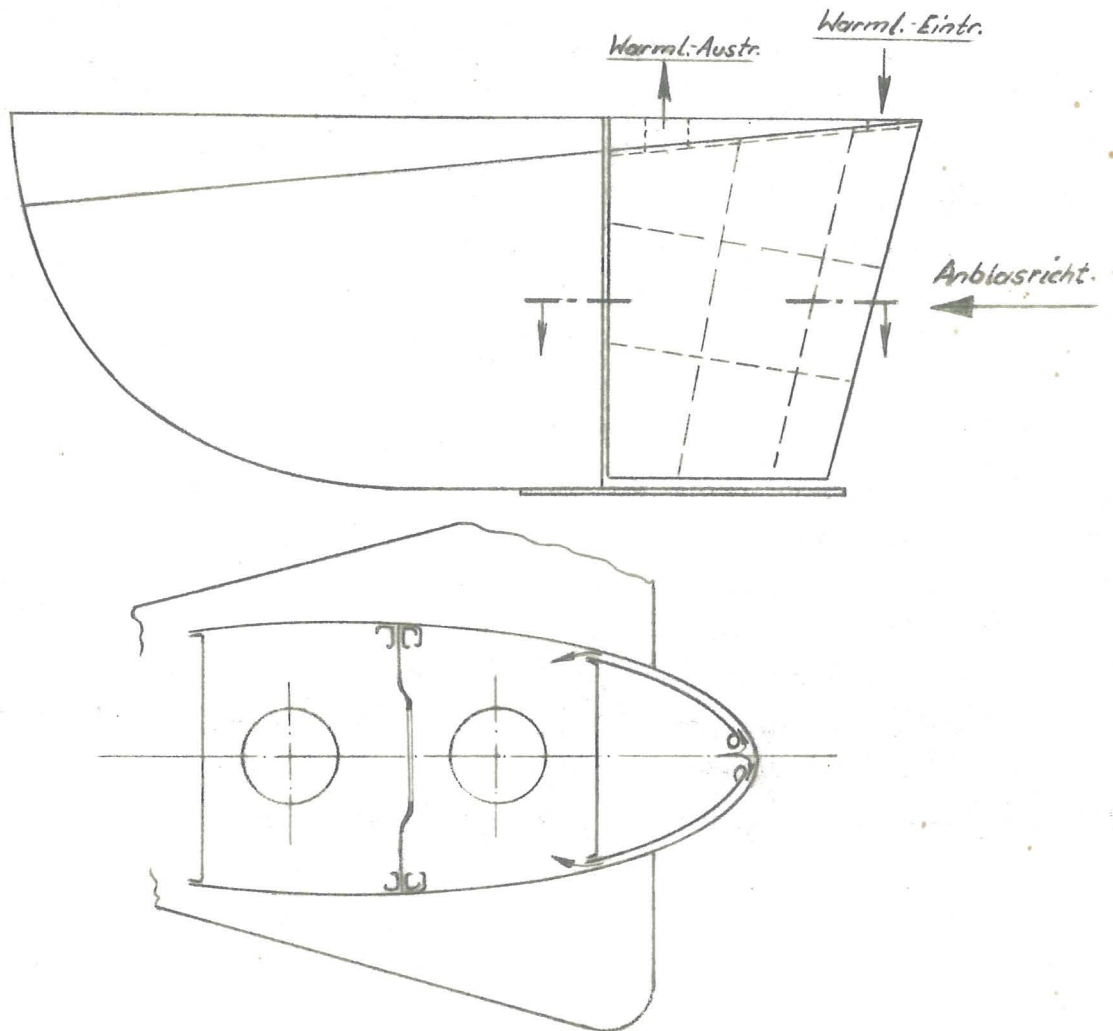


Abb. 1

17 a

Konstante Versuchsbedingungen waren:

Raumtemperatur	$t_R = -5,2$	$^{\circ}\text{C}$
Anblasgeschw.	$w = 50$	m/s
Spritzwassermenge	$\varphi = 1,5$	g/m^3
Zerstäubungsdruck	$p_L = 4,0$	at
Warmluftmenge	$G = 178$	kg/h
Warmlufteintritts- temperatur	$t_{\text{in}} = 76$	$^{\circ}\text{C}$
Vereisungszeit	$Z = 40$	min

Versuchsergebnisse

Gruppe I ($\gamma=0^{\circ}$)

Versuch 1: $\alpha=0^{\circ}$, $\beta=0^{\circ}$.

Der Eisansatz an der Vorderkante des Ausgleichgewichtes verhinderte eine Vereisung des Spaltes zwischen Ausgleichgewicht und Flosse, wo sich nur Eisnadeln ansetzten; so daß die Rudertätigkeit kaum behindert war (Abb. 2 u.3)

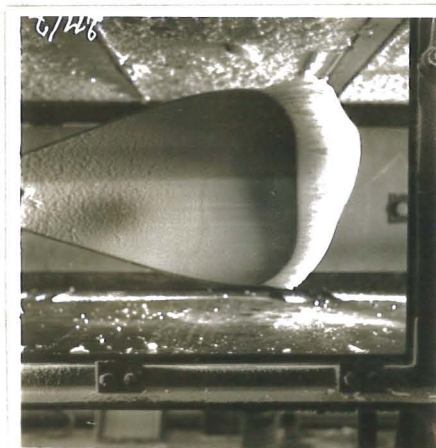


Abb. 2



Abb. 3

18

Versuch 2: $\alpha=0^\circ$, $\beta=+4^\circ$.

Eisansatz am Gewichtsausgleich im wesentli-
chen wie bei Versuch 1. Nur geringe Behin-
derung der Rudertätigkeit (Abb. 4, 5 und 6).



Abb. 4



Abb. 5

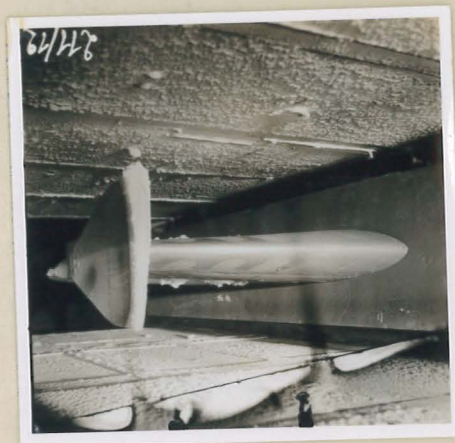


Abb. 6

Gruppe II ($\gamma=-6^\circ$)

Versuch 3: $\alpha=+6^\circ$, $\beta=-4^\circ$.

Spalt zwischen Ausgleichgewicht und Höhen-
flosse völlig vereist. Starke Eisbrückenbil-
dung am äußeren Teil des Modells auf der
Druckseite von der Höhenflosse zum Ruder.

19

Völlige Blockierung des Ruders (Abb. 7, 8, 9
und 10).

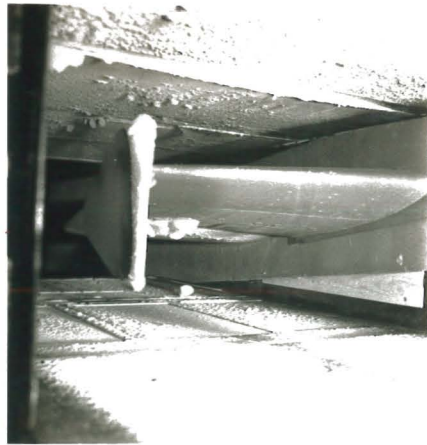


Abb. 7

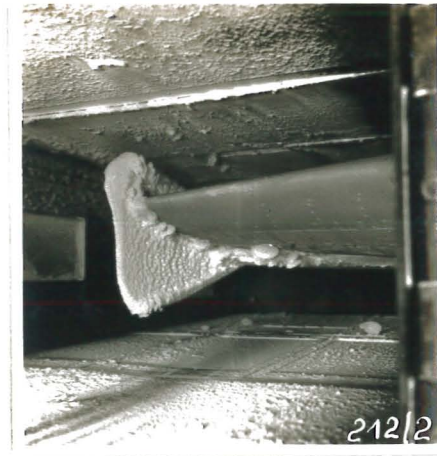


Abb. 8

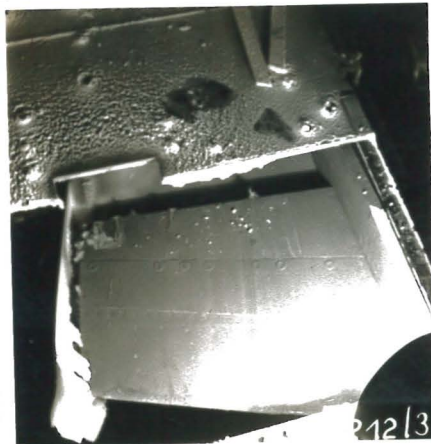


Abb. 9



Abb. 10

20

Versuch 4: $\alpha=+6^\circ$, $\beta=+4^\circ$.

Vereisung des Spaltes zwischen Ausgleich-
gewicht und Höhenflosse; dadurch Rudertätig-
keit behindert (Abb. 11, 12, 13 und 14)



Abb. 11



Abb. 12



Abb. 13



Abb. 14

21

Versuch 5: $\alpha=+6^\circ$, $\beta=0^\circ$ (ohne Warmluftheizung)

Starke Eisbrückenbildung von der Flossennase zum Ausgleichgewicht. Auch der übrige Teil des Ausgleichgewichtes stark vereist. Völlige Blockierung des Ruders (Abb. 15, 16, 17 und 18)



Abb. 15



Abb. 16



Abb. 17



Abb. 18

22

Folgerungen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei dieser Form des Ausgleichgewichtes im Vereisungsfalle bei entsprechender Warmluftzufuhr die Beweglichkeit des Höhenruders im Normalflug gewährleistet ist.

Dagegen tritt beim Schiebeflug und längerer Flugdauer [länger als 15'] Blockierung des Ruders ein. Durch eine Erhöhung der Heizleistung kann diese Gefahr nicht nennenswert vermindert werden, da der die Ruderbeweglichkeit hindernde Eisansatz sich in der Hauptsache am unbeheizten Rudergewichtsausgleich bildet.

Leutrich.