

42 | November 1957

## SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

H. Thiemann

### Erläuterungen zur Dreikomponenten- Schwimmerwaage im Windkanal

**TUHH**

*Technische Universität Hamburg-Harburg*

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Prof. Dr.-Ing. G. Weinblum

Erläuterungen zur Dreikomponenten-Schwimmerwaage  
im Windkanal.

von  
H. Thiemann

November 1957

Erläuterungen zur Dreikomponenten-Schwimmerwaage  
im Windkanal.

von  
H. Thiemann

Anlass:

Bei der Neubauplanung des Instituts für Schiffbau, in dessen Rahmen auch ein neuer Windkanal errichtet werden soll, ergab sich die Notwendigkeit eine 3 Komponenten-Waage zu schaffen, die den besonderen Bedürfnissen des Instituts für Schiffbau angepasst ist.

a) Diese Waage sollte im Gegensatz zu den im Flugzeugbau sonst üblichen 3 Komponenten-Waagen nicht in vertikaler sondern in horizontaler Ebene arbeiten.

b) Ferner sollte, um die Empfindlichkeit zu steigern und die Fehler infolge Lagerreibung nach Möglichkeit auszuschalten, das Modell frei schwimmend gelagert sein, sodass nur noch die Flüssigkeitsreibung des Mediums vorhanden ist.

c) Es galt ferner, Erfahrungen über das Prinzip zu sammeln (z.B. Empfindlichkeit, Genauigkeit, Schwingungsverhalten u.s.w.), um einen Fehlschlag beim Bau der grossen Waage zu vermeiden.

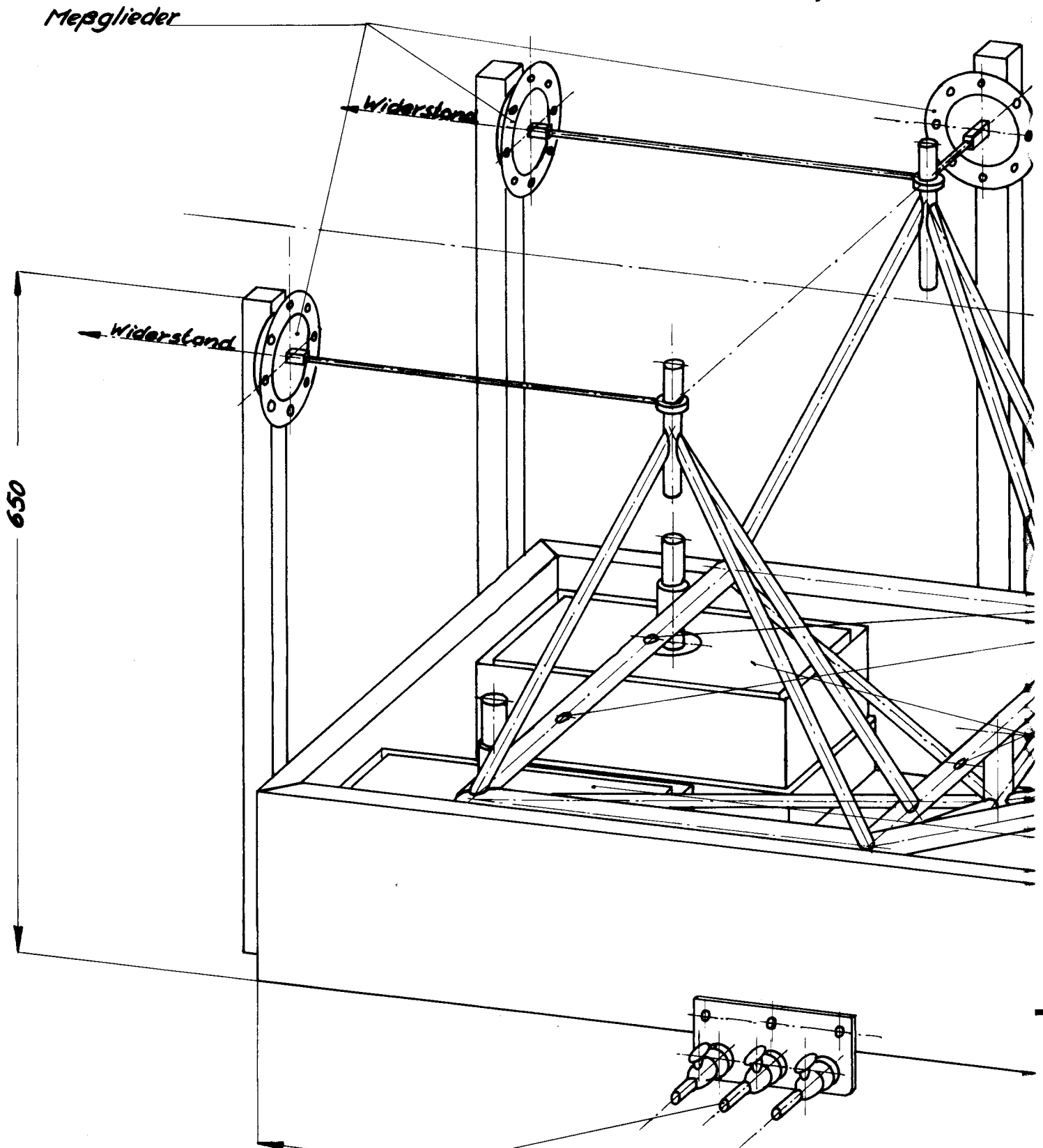
### Aufbau und Arbeitsweise

Um das zu untersuchende Modell frei schwimmend lagern zu können, muss dieses auf drei Schwimmern ruhen, die aus einem leichten, wasserabweisenden Hartschaum (Poresta) mit einem Spez.-Gewicht  $\gamma = 0,018 \text{ kg/dm}^3$  hergestellt sind. Diese Schwimmer, welche zum Schutz gegen Schmutz mit einer dünnen Schicht Araldit versehen worden sind, müssen so angeordnet sein, dass sie möglichst weit voneinander entfernt sind, um bei eventuellen Tauchungsänderungen nur geringe Modellverlagerungen hervorzurufen. Die Flüssigkeitsbehälter sind im Verhältnis zu den Schwimmern relativ klein gehalten worden, um mit einer geringen Flüssigkeitsmenge den Auftrieb schnell vergrößern zu können. Wichtig ist, dass die Behälter nicht miteinander in Verbindung stehen. Das Waagengestell besteht aus nahtlosem Stahlrohr, auf das das Modell direkt aufgeschraubt werden kann, oder aber man verwendet Teilscheiben, wenn verschiedene Anströmwinkel eingestellt werden sollen, z.B. Ruder, Platten etc. In unserem Fall wurde anstatt der Teilscheibe eine kleine Rudermaschine von der Firma Kempf und Remmers eingesetzt. Die Angriffspunkte der Messglieder wurden auf die Höhe der Windkanalachse gebracht, um zusätzliche Momente um die vertikale Achse der Waage zu vermeiden, was ein unerwünschtes Tauchen eines Schwimmers in Abhängigkeit von der Anströmgeschwindigkeit nach sich ziehen würde. Diese Tauchung bedeutet aber eine unkontrollierbare Modellverlagerung während des Versuches, die aber durch Heben und Senken des Flüssigkeitsstandes in dem betreffenden Schwimmerkasten von aussen her rückgängig gemacht werden kann. Als Messglieder wurden verwendet:

- 1) pneumatische Druckdose mit Mano-Vakuumeter
- 2) Federwaage mit Messuhr

Ersteres gestattet eine bequeme Ablesung der Messergebnisse, da die Anzeigeeinstrumente durch dünne Schläuche mit der Druckdose verbunden sind und so in die gewünschte zum Ablesen vorteilhafte Lage gebracht werden können. Die Druckdose hat eine Membrane aus

3-Komponenten-  
Abb. 1



Wähne für Ver-  
änderungen d. Flüssigkeitsstandes

# Schwimmerwaage

Maßstab 1:5

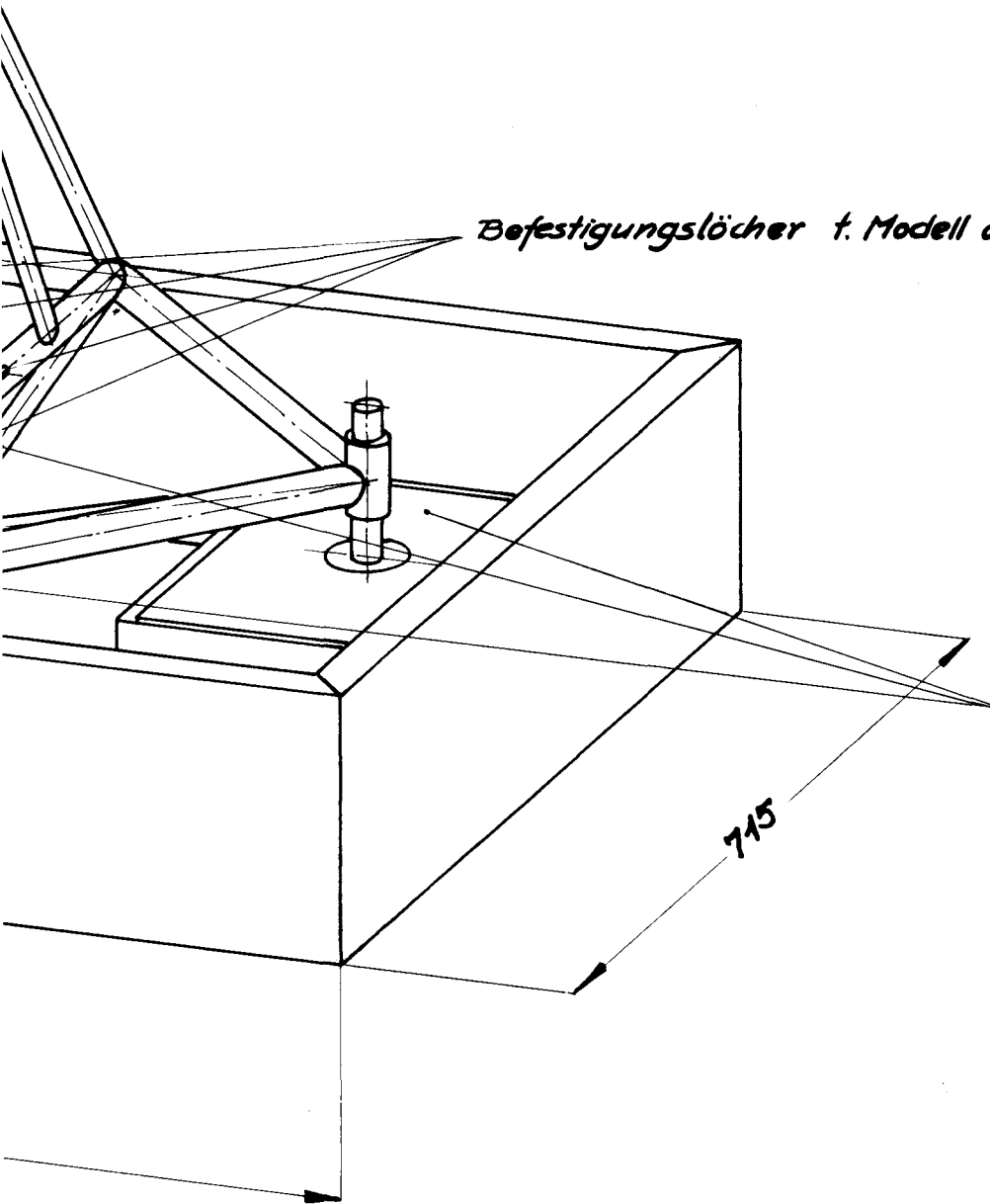
Querkraft →

Windkanalchse →

Befestigungslöcher f. Modell oder Teilscheibe

Schwimmer

715



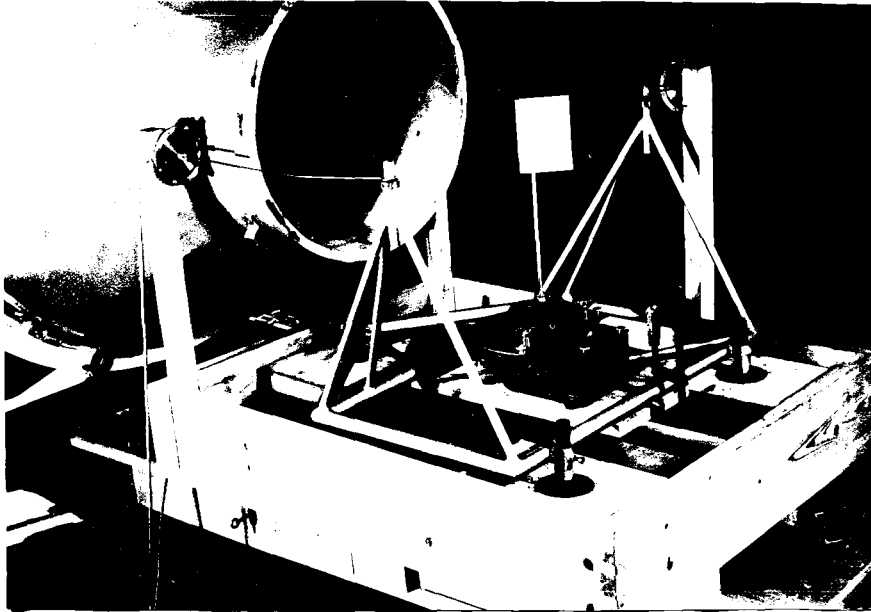


Abb. 2 Waage mit Modell am Windkanal.

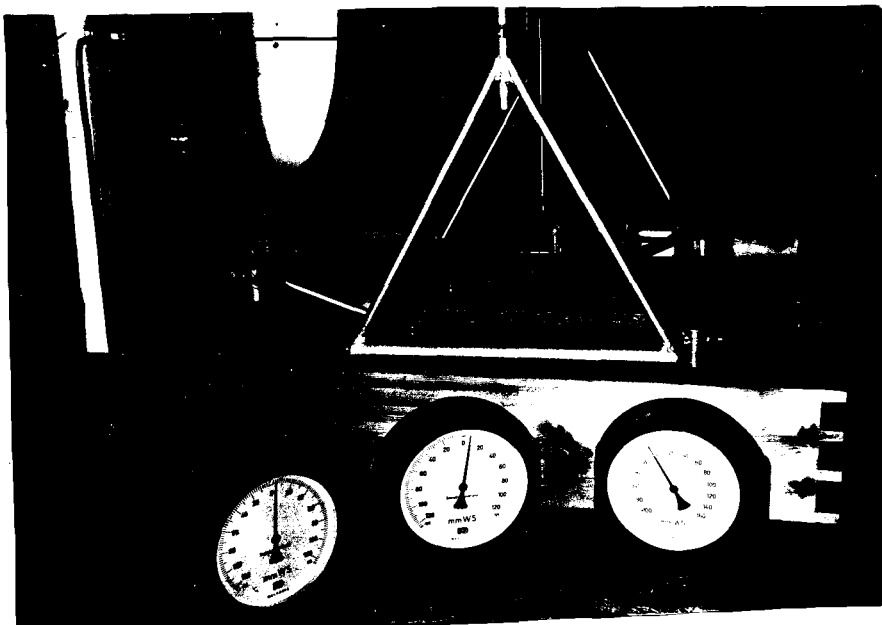


Abb. 3 Waage mit Mano-Vakuummeter.

500[g]

### Abb. 4

Eichkurve Querkraft

Schwimmerwaage  
mit Druckdosen

400

300

200

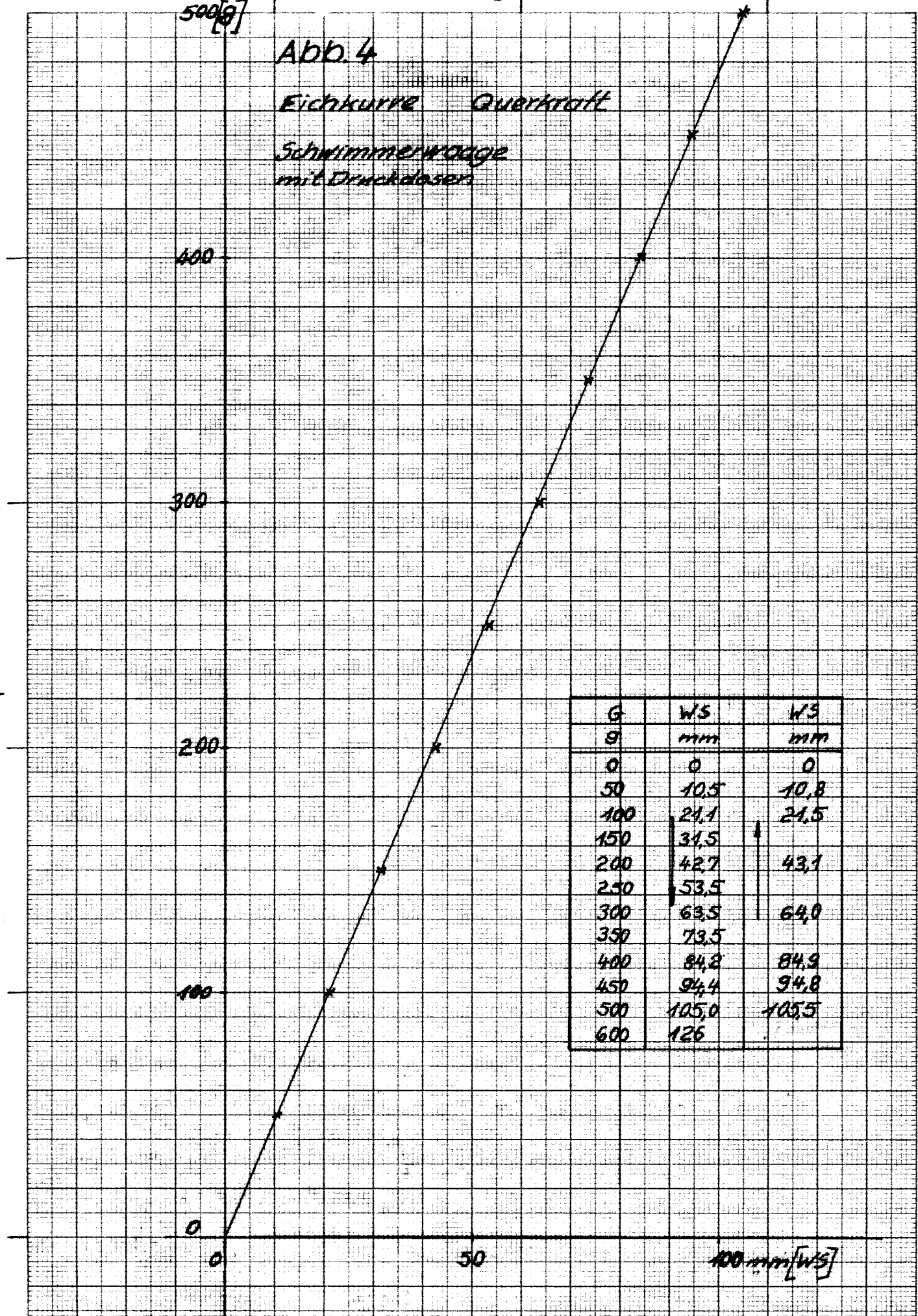
100

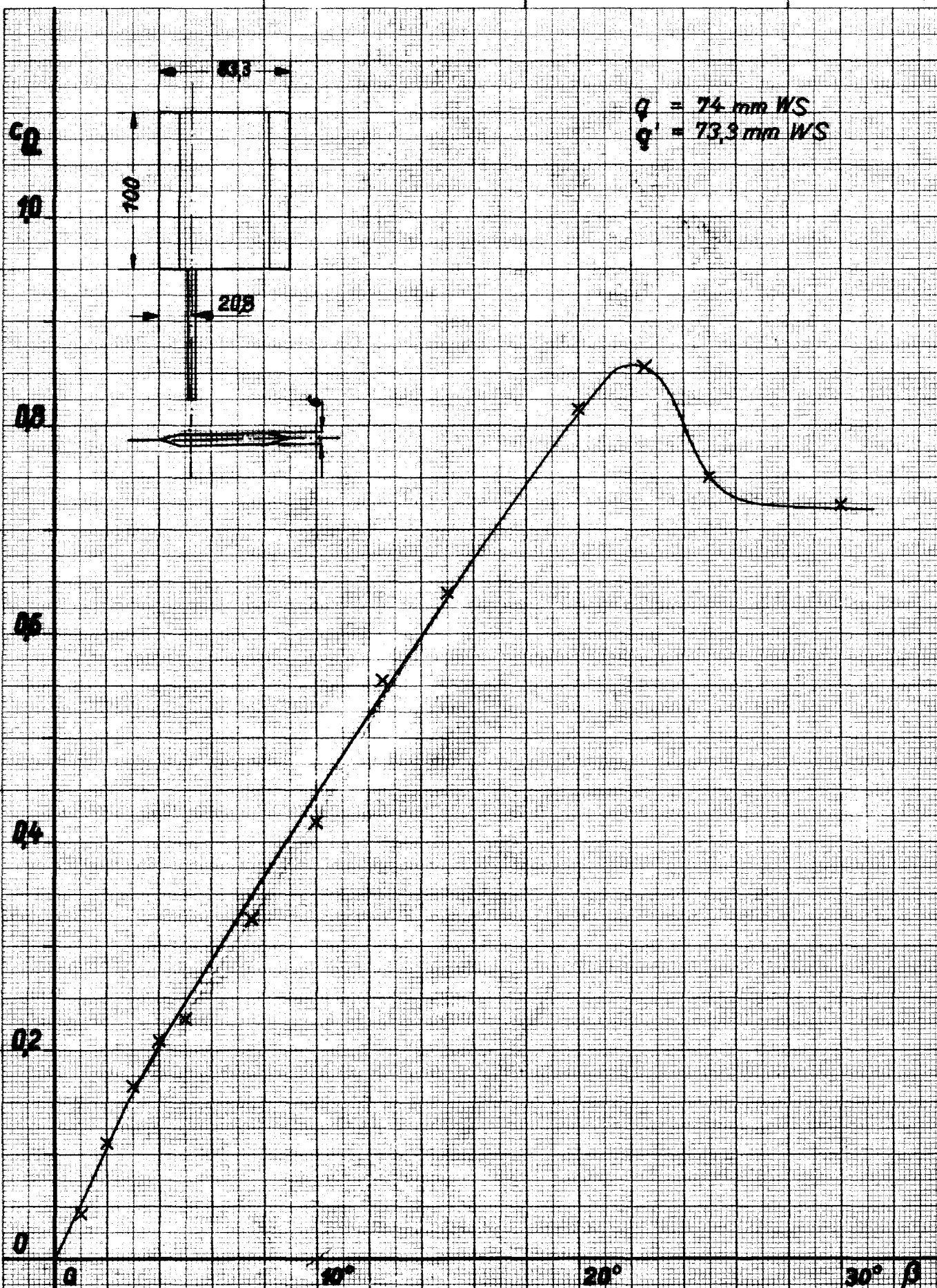
0

50

100 mm [WS]

G	WS	WS
g	mm	mm
0	0	0
50	10,5	10,8
100	21,1	21,5
150	31,5	
200	42,7	43,1
250	53,5	
300	63,5	64,0
350	73,5	
400	84,2	84,9
450	94,4	94,8
500	105,0	105,5
600	126	





$q = 74 \text{ mm WS}$   
 $q' = 73,3 \text{ mm WS}$

Abb. 5

$$c_Q = \frac{R}{\frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot F} = \frac{R}{\rho \cdot F}$$

$$R = \frac{\gamma \cdot L}{\nu} = \frac{30,9 \cdot 0,0037 \cdot 10^6}{15,1} = 0,7705 \cdot 10^6$$

dünnem Gummi, welche nicht straff gespannt sein darf, um eine lineare Eichkurve zu bekommen und den Nullpunkt eindeutig bestimmen zu können.

Zu 2: Die Federwaage wurde ohne Dämpfung benutzt, um festzustellen, ob die bei Federwaagen sonst üblichen Vibrationen auftreten, welche ein Messen nahezu unmöglich machen. Es traten kaum nennenswerte Schwingungen auf, da die Schwimmer als Dämpfer wirkten.

Die drei Messglieder fixieren das Modell in den drei Freiheitsgraden, und zwar zweimal den Widerstand und einmal die Querkraft. Aus der Differenz der beiden Widerstände kann dann das Moment bestimmt werden. Abb. 1, 2, 3.

#### Anwendung:

Bei den verschiedenen Versuchen mit der Waage im Windkanal, wurden kleine Ruder mit einer Re-Zahl von ca  $0,2 \cdot 10^6$  im 500mm Freistrahle untersucht. Ausserdem wurden  $C_{WQ}$ -Messungen an den durch den Strahl hindurch gesteckten Platten verschiedener Breite ausgeführt. Die Querkraft und der Widerstand kamen sehr gut heraus, nur bei den sehr geringen Momenten, die bei kleinen Anstellwinkeln gemessen werden sollten, unter  $1/100$  des auf der Waage noch zu messenden grössten Momentes erwies sich der Abstand zwischen den beiden Widerstandsdruckdosen als zu gross; er liess sich jedoch aus konstruktiven Gründen nicht verkleinern. Die Waage ist für maximal 2 kg Widerstand und Querkraft und für ein Moment von 70 cmkg ausgelegt und hat dabei eine Ansprechempfindlichkeit, die unter einem Gramm liegt; diese Empfindlichkeit wird jedoch von den meisten direkt anzeigenden Messgliedern gar nicht ausgenutzt. Abb. 4 stellt eine mit der Schwimmerwaage aufgenommene Eichkurve dar. Abb. 5 ist die Querkraftkurve eines Ruders mit kleinem Seitenverhältnis.

Folgerung:

Im grossen ganzen besteht bei dem hier beschrifteten Weg die Möglichkeit, das Modell reibungsfrei zu lagern, nur muss die Ausführung und Herstellung der Waage für den dauernden Messbetrieb noch verfeinert und ergänzt werden und aus dem Stadium des Versuches herausgebracht werden.

Hamburg, im November 1957

*A. J. J. J.*