

**Windkanaluntersuchungen an Gebäuden  
von rechteckigem Grundriß mit Flach- und  
Satteldächern**

Bericht erstattet von

Dipl.-Ing. **G. Lusch**, München

vorgelegt von

Prof. Dr.-Ing. **E. Truckenbrodt**, München

# INHALT

	Seite
1. Aufgabenstellung . . . . .	25
2. Modelle und Versuchsdurchführung . . . . .	25
3. Auswertung . . . . .	31
4. Ergebnisse . . . . .	32
4.1 Einfluß des Anström winkels . . . . .	32
4.2 Einfluß des Dachneigungswinkels . . . . .	33
4.3 Einfluß der Gebäudehöhe . . . . .	36
4.4 Einführung des Windangriffswinkels . . . . .	37
5. Zusammenfassung—Summary—Résumé . . . . .	37
6. Schrifttum . . . . .	38
7. Anhang . . . . .	39

## Übersicht

An Gebäudemodellen mit rechteckigem Grundriß, verschiedener Höhe, sowie Satteldächern verschiedener Neigung wurden systematische Druckverteilungsmessungen im Windkanal des Instituts für Strömungsmechanik der TH München durchgeführt und dabei die Einflüsse der Gebäudehöhe, des Dachwinkels und des Anströmwinkels auf die Druckverteilung untersucht.

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Wiederaufbau, durchgeführt.

### 1. Aufgabenstellung.

Im Zusammenhang mit einer Überarbeitung des deutschen Normblattes DIN 1055, Blatt 4 mit Beiblatt über Lastannahmen im Hochbau, Verkehrslasten-Windlast und nach einem Vergleich mit den entsprechenden ausländischen Vorschriften hat es sich als notwendig erwiesen, die Bestimmungen über die Grundwindlasten auf Bauwerke einer Nachprüfung zu unterziehen; vgl. [1] und [2].

An einem Bauwerk beliebiger Gestalt, das vom Wind angeströmt wird, treten Druck- und Sogkräfte auf. Dabei erreichen Druckkräfte maximal den Betrag des Staudruckes der vom Bauwerk ungestörten Strömung. Sogkräfte dagegen können Werte annehmen, die ein negatives Vielfaches des Staudruckes betragen.

Durch systematische Meßreihen an Modellen einfacher Gebäude mit Satteldächern soll die Abhängigkeit der Druckverteilung von der Gebäudehöhe, dem Dachwinkel und dem Anströmwinkel bestimmt werden. Auf zusätzliche Aufbauten wie Dachlüfter, Mansarden und Kamine soll verzichtet werden. Außerdem sollen für die Untersuchungen die Windverhältnisse als stationäre, gleichförmige Strömung vorausgesetzt werden, was näherungsweise für alle starren Bauwerke mit niedrigen Eigenfrequenzen zulässig ist.

### 2. Modelle und Versuchsdurchführung.

Als Modelle für die geplanten Messungen wurden vollwandige Rechteckkörper mit den Verhältnissen Länge/Tiefe, d. h.  $l/t=2$  und Höhe/Länge, d. h.  $h/l=1/4, 1/2, 3/4$  und 1 gewählt, vgl. Bild 1. Als Dachformen fanden symmetrische Satteldächer mit den Neigungswinkeln  $\alpha=0^\circ$  (Flachdach),  $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$  und  $60^\circ$  Verwendung. Wie im einzelnen noch ausgeführt wird, wurden die Modelle mit Druckmeßbohrungen versehen. Die Untersuchungen wurden bei Luftgeschwindigkeiten zwischen  $v=20$  m/s und 40 m/s sowie Anströmrichtungen zwischen  $\beta=0^\circ$  und  $90^\circ$  im Windkanal Nr. I des Instituts für Strömungsmechanik der TH München durchgeführt.\*) Wegen der Symmetrie der Modelle gelten die Versuchsergebnisse für sämtliche Windangriffsrichtungen zwischen  $\beta=0^\circ$  und  $360^\circ$ . Das Versuchsprogramm umfaßte damit Meßreihen an 24 Gebäudemodellen bei jeweils 5 Anströmrichtungen.

Um die Vielzahl der verschiedenen geometrischen Parameter möglichst einfach verwirklichen zu können, wurde ein Rechteckkörper hergestellt, der auf einer

Grundplatte versenkbar angeordnet und mit den verschiedenen Dachformen versehen werden konnte. Seine Länge betrug  $l=300$  mm (vgl. Bild 1) und seine Tiefe  $t=150$  mm; seine Höhe über Boden konnte zwischen  $h=0$  und  $h=300$  mm durch unter der Grundplatte befestigte Gewindebolzen stufenlos verstellt werden. Als Material wurde Plexiglas mit einer Stärke von 5 mm gewählt, das sich wegen seiner Formbeständigkeit, seiner glatten Oberfläche und der leichten Bearbeitungsmöglichkeit am geeignetsten erwies, vgl. Bild 2 bis 8. Wie bereits gesagt, wurden die einzelnen Flächen der Modelle mit einer Vielzahl von Meßbohrungen versehen. Entsprechend den Bildern 9 bis 14 wurden diese Bohrungen auf einer Längswand, je einer Giebelwand und je einer Dachfläche auf vertikalen Schnittebenen angeordnet. In der Nähe der Gebäudekanten, wo besonders hohe Sogkräfte auftreten, wurden die Bohrungen dichter gelegt. Auf der Längswand wurden 9 Ebenen mit je 13 Bohrungen, auf den Dachflächen ebenfalls 9 Ebenen mit je 4 Bohrungen beim Flachdach und bis zu je 9 Bohrungen beim  $60^\circ$ -Dach und auf den Giebelwänden 7 Ebenen mit je 13 bis zu je 18 Bohrungen angeordnet. Die Meßbohrungen besaßen einen Durchmesser von 1 mm und konnten bis zu 5 mm an die Gebäudekanten herangebracht werden.

Aus Bild 15 ist der Versuchsaufbau zu ersehen. Das Modell wurde versenkbar auf einer kreisrunden, drehbaren Scheibe von 920 mm Durchmesser in der  $2320 \times 1700$  mm großen rechteckigen Grundplatte angeordnet und konnte so in jeder beliebigen Stellung justiert werden. Die düsenartige Kante der Grundplatte wurde zur Vermeidung von Wirbelbildungen der Zuströmung angeschrägt. Von den Anschlußnippeln der einzelnen Druckbohrungen im Innern des Gebäudes wurden Schläuche von 1,5 mm Durchmesser durch den Boden des Modells zu einem seitlich an der Grundplatte befestigten Anschlußblech gezogen. Von hier aus führten Plastikschläuche von 5 mm Durchmesser zum Meßraum. Die Bilder 16 bis 18 zeigen die Meßeinrichtungen.

Der Staudruck  $q$  des ungestörten Luftstroms wurde mittels eines Prandtlrohres über ein Betz-Manometer und der Druck  $p$  an den Meßbohrungen mittels eines Vielfachmanometers mit 60 Anschlüssen gegen den statischen Druck des ungestörten Strahls  $p_\infty$  gemessen. Durch Division der am Vielfachmanometer abgelesenen Druckdifferenz

$$\Delta p = p - p_\infty \quad [\text{kp/m}^2 = \text{mm WS}] \quad (1)$$

durch den Staudruck

$$q = (\rho/2) v^2 \quad [\text{kp/m}^2 = \text{mm WS}] \quad (2)$$

\*) Der verwendete Windkanal hat bei einem Düsendurchmesser von 1,5 m eine Meßstrecke von 3,0 m und kann maximal mit einer Windgeschwindigkeit von 60 m/s betrieben werden.

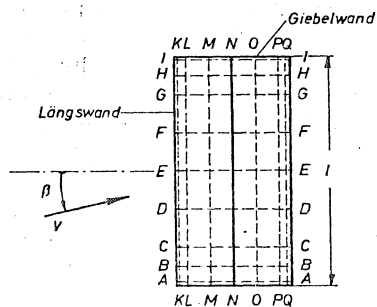
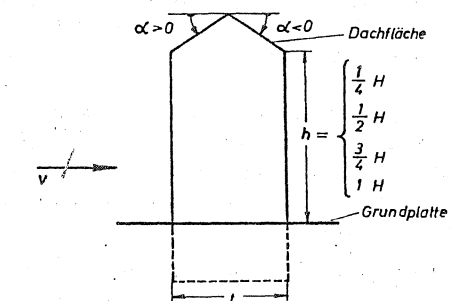
erhält man die dimensionslosen Druckbeiwerte

$$c = \Delta p / q [-] \quad (3)$$

Diese werden für die jeweiligen Meßpunkte in den Schnittebenen der Modelle aufgetragen.

Vorversuche mit drei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten ( $v=21 \text{ m/s}$ ,  $29 \text{ m/s}$  und  $41 \text{ m/s}$  entsprechend einem Staudruck  $q=25 \text{ kp/m}^2$ ,  $50 \text{ kp/m}^2$  und  $100 \text{ kp/m}^2$ ) zeigten, daß die am Modell auftretenden Druckdifferenzen dem Staudruck proportional waren. Dies bestätigt, daß durch die überströmten scharfen Modellkanten eine Ablösung der Strömung erfolgt und kein Kennzahleffekt (Einfluß der Reynoldsschen Zahl) auftritt. Sämtliche Untersuchungen wurden mit der Geschwindigkeit  $v=29 \text{ m/s}$ , d. h.  $q=50 \text{ kp/m}^2$  durchgeführt. Bei diesem Wert der Anströmgeschwindigkeit kann der Windkanal optimal geregelt und die Ablesung an den Manometern zufriedenstellend vorgenommen werden. Auf die Modellhöhe bezogen ergeben sich hierfür Reynoldssche Zahlen zwischen  $1,36 \cdot 10^5$  und  $5,4 \cdot 10^5$ .

In der Umgebung der Modellkanten ergaben sich durch Ablösung der Strömung stark verwirbelte Totwassergebiete mit örtlich begrenzten Stellen hohen Unterdruckes, welche ein teils aperiodisches Schwanken der Meßflüssigkeit in den Manometerröhrchen zur Folge hatten. Diese Druckschwankungen betragen in



- Gebäudelänge  $l = 300 \text{ mm}$   
 Gebäudetiefe  $t = 150 \text{ mm}$   
 Gebäudehöhe  $h = 75 \text{ mm}, 150 \text{ mm}, 225 \text{ mm}, 300 \text{ mm}$   
 Dachwinkel  $\alpha = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 60^\circ$   
 Anströmwinkel  $\beta = 0^\circ, 22,5^\circ, 45^\circ, 67,5^\circ, 90^\circ$   
 A - A bis Q - Q : Schnittebenen mit Meßbohrungen I Grundriß

Für die Auswertung wurden folgende Symbole verwendet:

- $l : t : h = 4 : 2 : 4$  ———  
 $4 : 2 : 3$  — · — ·  
 $4 : 2 : 2$  · · · · ·  
 $4 : 2 : 1$  — · — · — ·

Bild 1. Übersicht über das Meßprogramm.

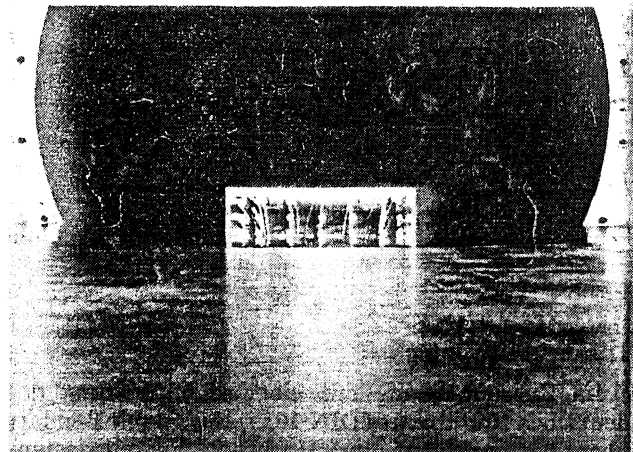


Bild 2. Gebäudemodell ( $h/l = 1/4$ , Flachdach) im Windkanal.



Bild 3. Gebäudemodell ( $h/l = 1/2$ , Flachdach) im Windkanal.

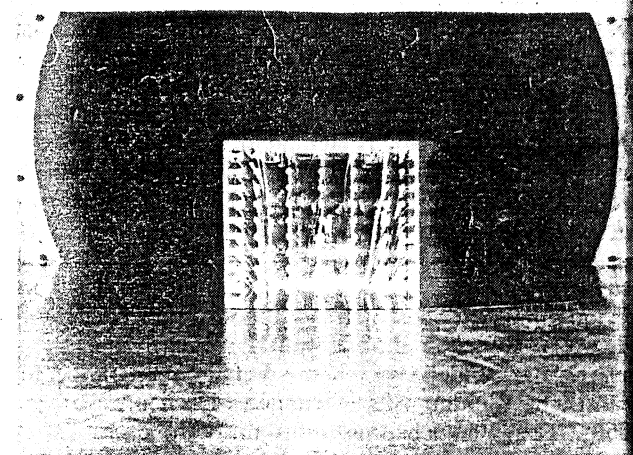


Bild 4. Gebäudemodell ( $h/l = 3/4$ , Flachdach) im Windkanal.

einzelnen Fällen bis zu  $\pm 50\%$  des mittleren Meßwertes, was entsprechend längere Ablesenzeiten bedingte.

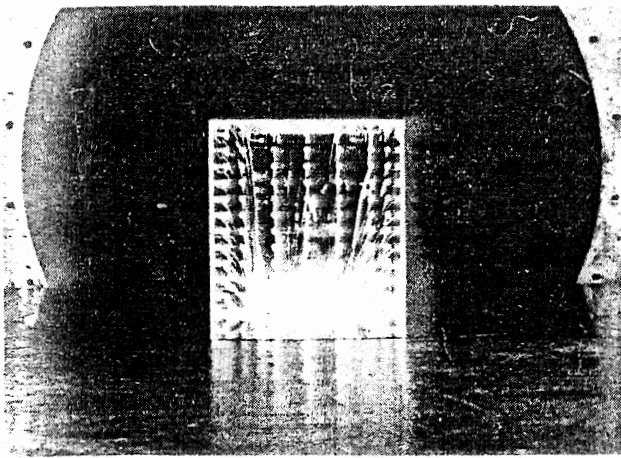


Bild 5. Gebäudemodell ( $h/l=1$ , Flachdach) im Windkanal.

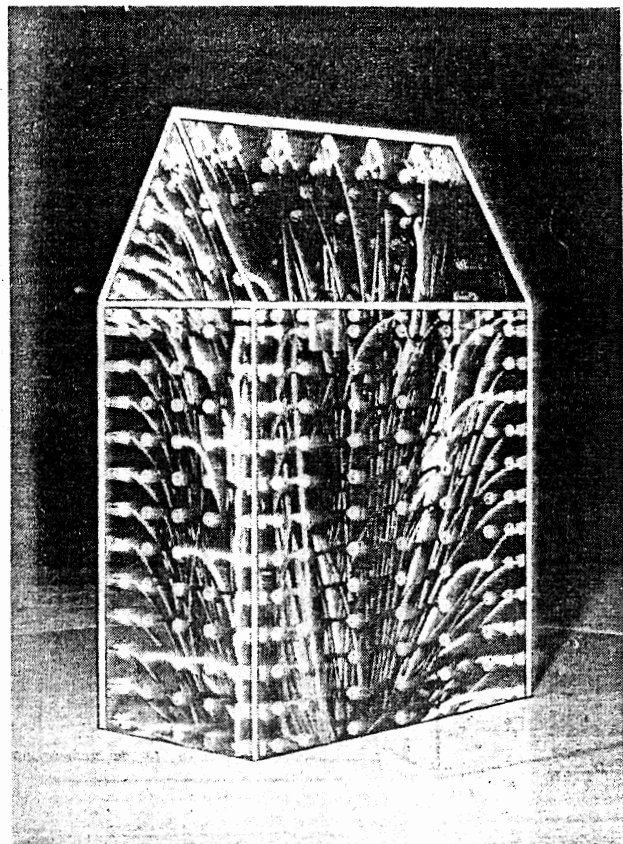


Bild 8. Gebäudemodell ( $h/l=1$ , 60°-Satteldach) im Windkanal.

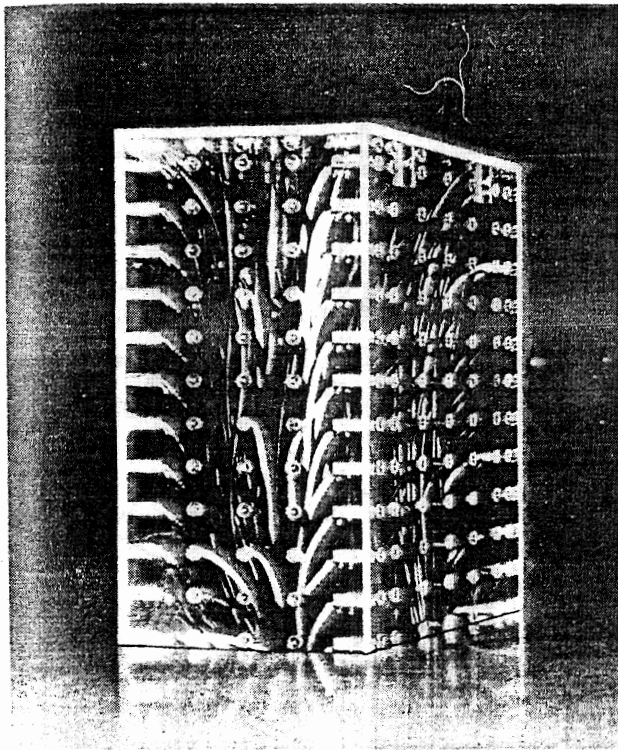


Bild 6. Gebäudemodell ( $h/l=1$ , Flachdach) im Windkanal.

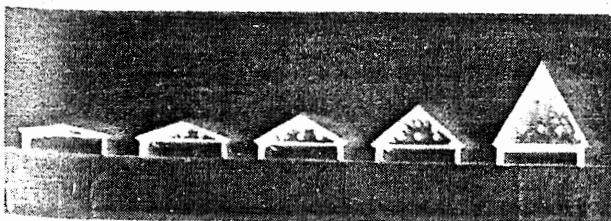


Bild 7. Auswechselbare Satteldächer mit den Neigungswinkeln  $\alpha=10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ$  und  $60^\circ$ .

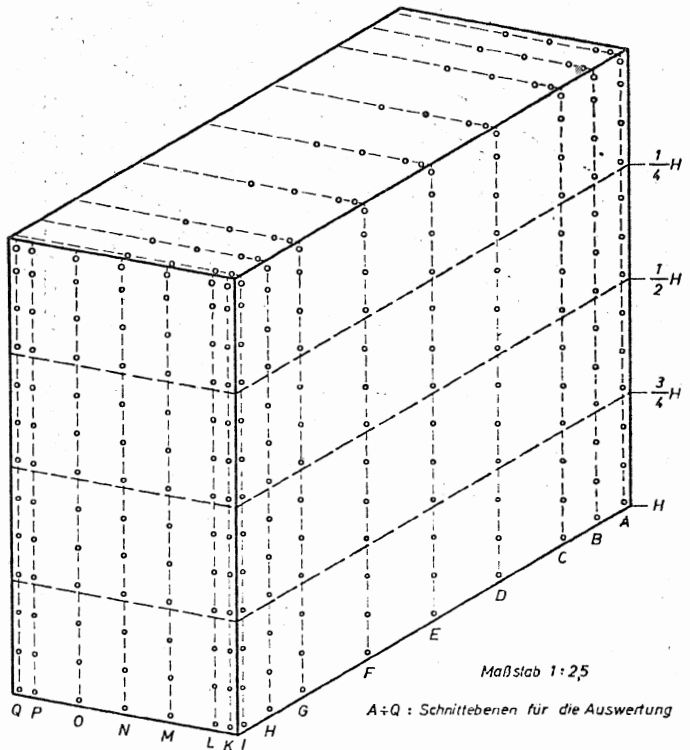


Bild 9. Anordnung der Meßbohrungen am Modell des Gebäudes mit Flachdach.

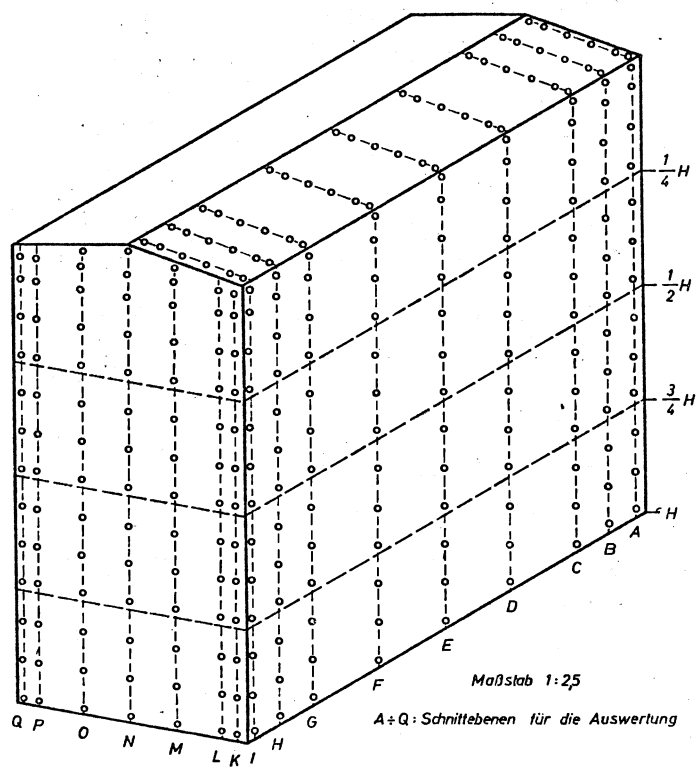


Bild 10. Anordnung der Meßbohrungen am Modell des Gebäudes mit 10°-Satteldach.

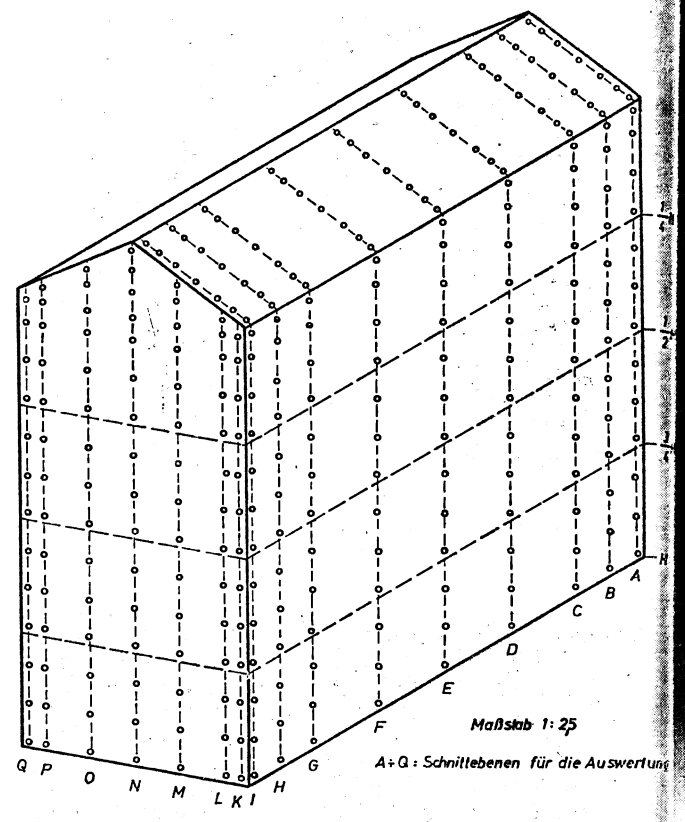


Bild 12. Anordnung der Meßbohrungen am Modell des Gebäudes mit 30°-Satteldach.

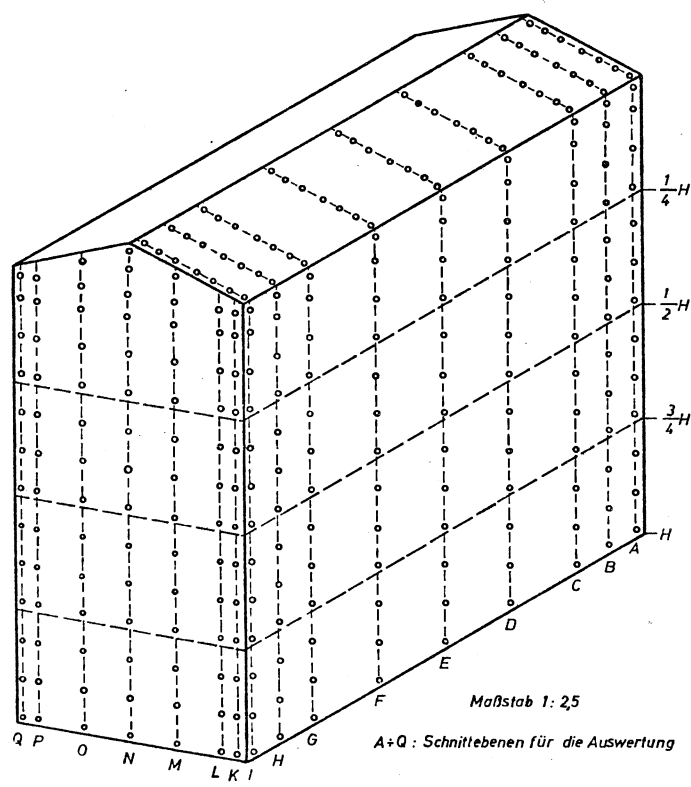


Bild 11. Anordnung der Meßbohrungen am Modell des Gebäudes mit 20°-Satteldach.

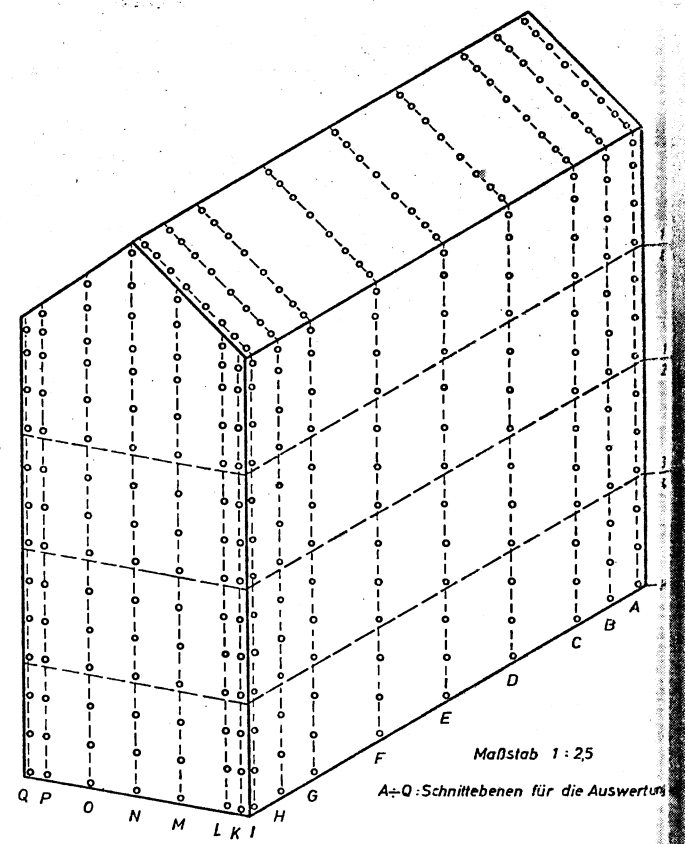


Bild 13. Anordnung der Meßbohrungen am Modell des Gebäudes mit 40°-Satteldach.

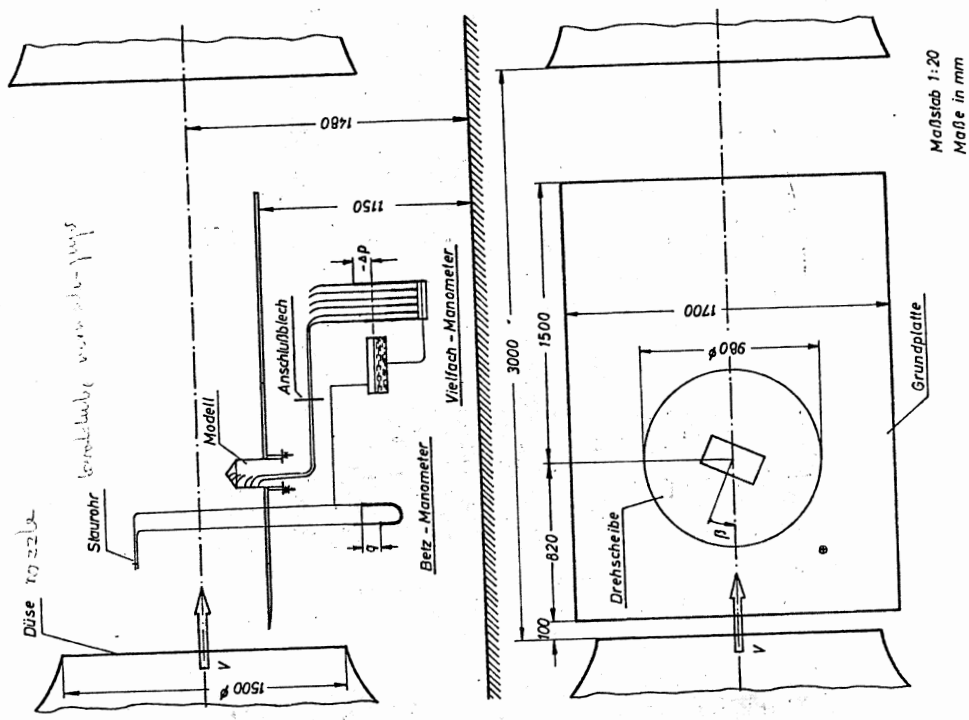


Bild 15. Versuchsaufbau im Windkanal.

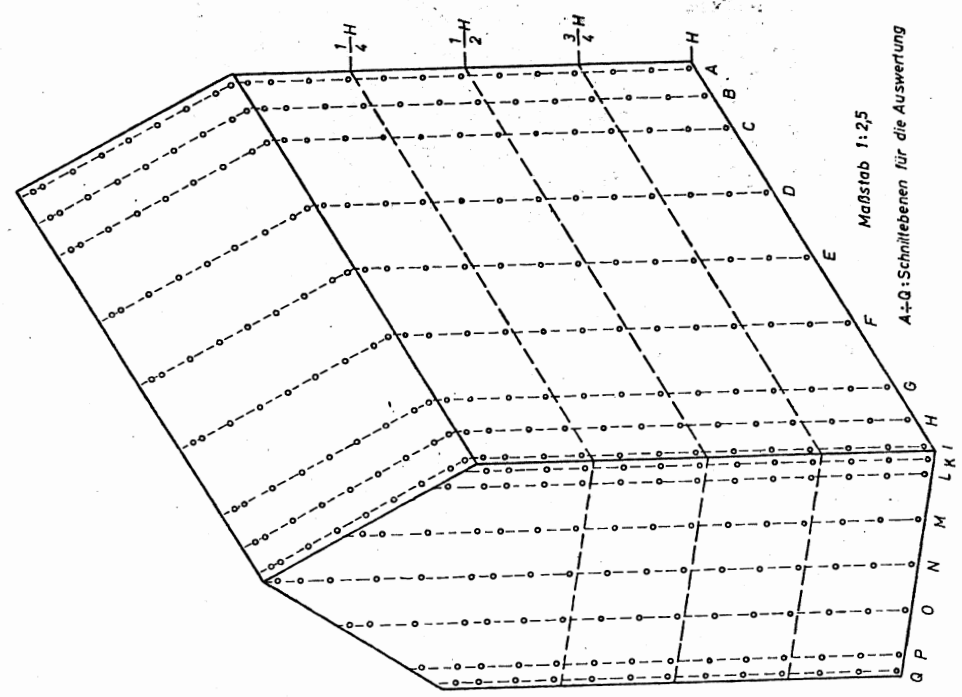


Bild 14. Anordnung der Meßbohrungen am Modell des Gebäudes mit 60°-Satteldach.



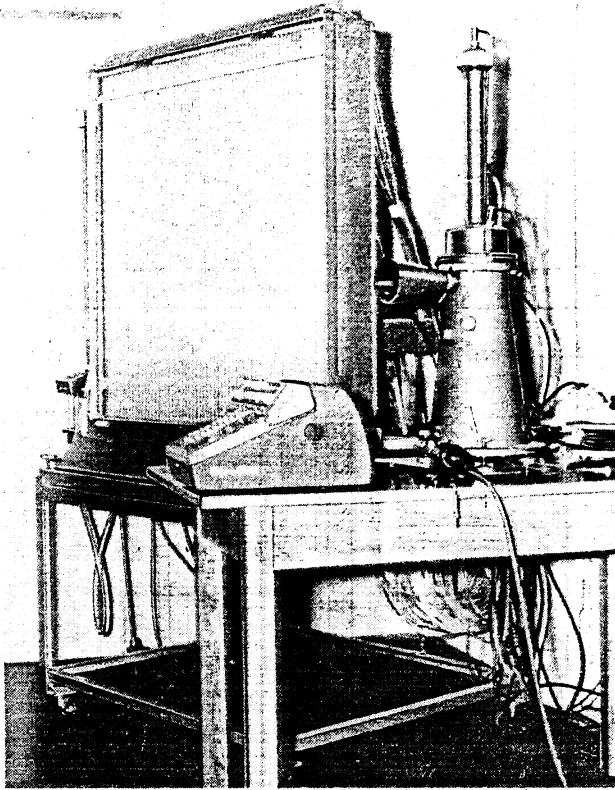


Bild 16. Meßstand mit Vielfachmanometer (Druckmeßbohrungen), Betz-Manometer (Staudruck) und Tischrechenmaschine.

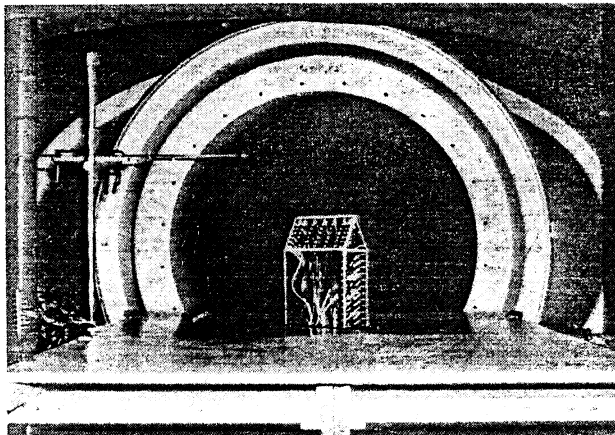


Bild 17. Gebäudemodell ( $h/l=1$ ,  $60^\circ$ -Satteldach) im Windkanal.

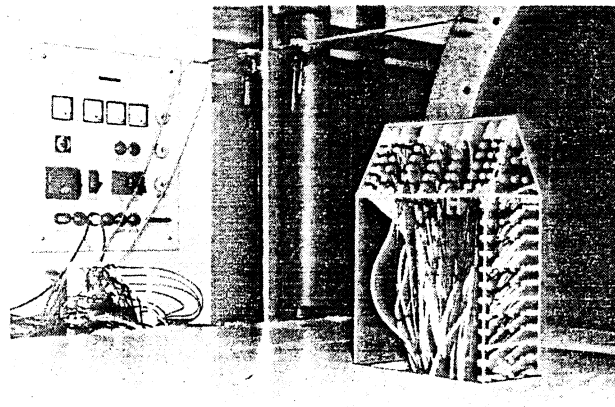


Bild 18. Gebäudemodell ( $h/l=1$ ,  $60^\circ$ -Satteldach) im Windkanal.



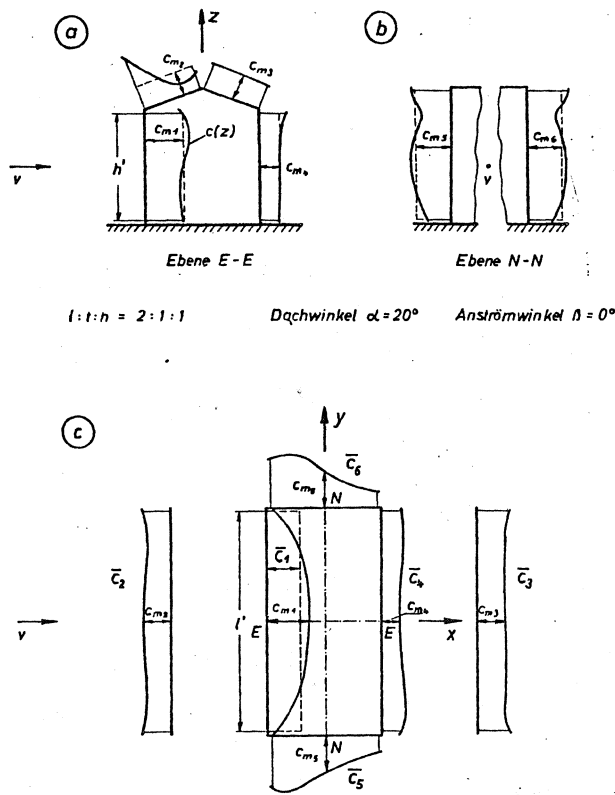


Bild 19.  
Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  einzelner  
Gebäudeflächen aus Einzeldruckmessungen.

### 3. Auswertung.

Die unmittelbar gemessenen Druckbeiwerte  $c$  sind jeweils für die verschiedenen Dachwinkel in den Berichten [3a] bis [3f] wiedergegeben. Dort sind über den in den Bildern 1, sowie 9 bis 14 beschriebenen Schnitten die örtlichen Druckbeiwerte vektoriell aufgetragen. Durch Verbindung der Endpunkte der Druckvektoren erhält man einen geschlossenen Kurvenzug, welcher die Druckverteilung über dem betrachteten Schnitt der Gebäudeebene darstellt. Das Integral unter dieser Kurve ist gleich der Größe des Winddruckes bzw. der Windkraft auf die Schnittlinie. Da die Meßbohrungen nicht in den Kanten angeordnet werden konnten und die Druckwerte an den Kanten durch Extrapolation der Druckverteilungskurven der beiden zusammenstoßenden Wände schlecht bestimmt werden können, wurde nur über den mit Druckmeßbohrungen versehenen Teil des Schnittes integriert. Die einzelnen Druckverteilungskurven wurden ausplanimetriert und für jede Linie eines Schnittes ein mittlerer Schnittdruckbeiwert  $c_m$  ausgerechnet, vgl. Bild 19. Und zwar gilt z. B. für die senkrechten Schnitte

$$c_m = \frac{1}{h'} \int c \cdot dz \quad (4)$$

Diese mittleren Schnitt-Druckbeiwerte wurden dann entsprechend Bild 19c über dem Grundriß des Bauwerks sowie über den aufgeklappten Dachflächen aufgetragen. Die aus den Messungen gewonnenen mittleren Schnitt-Druckbeiwerte  $c_m$  sind für die verschiedenen Dachwinkel im Anhang als Bild A 1 bis A 30 wiedergegeben.

Durch Planimetrieren der  $c_m$ -Kurven und nochmalige Mittelwertbildung findet man den Flächen-Druckbeiwert  $\bar{c}$  für die betrachtete Gebäudefläche. Und zwar gilt z. B. für die Längswand des Gebäudes

$$\bar{c} = \frac{1}{l'} \int c_m \cdot dy \quad (5)$$

Diese Werte sind für die verschiedenen Anordnungen im Anhang tabellenmäßig zusammengestellt.

l	l	h	
4	2	4	—
4	2	3	· · · · ·
4	2	2	· · · · ·
4	2	1	—

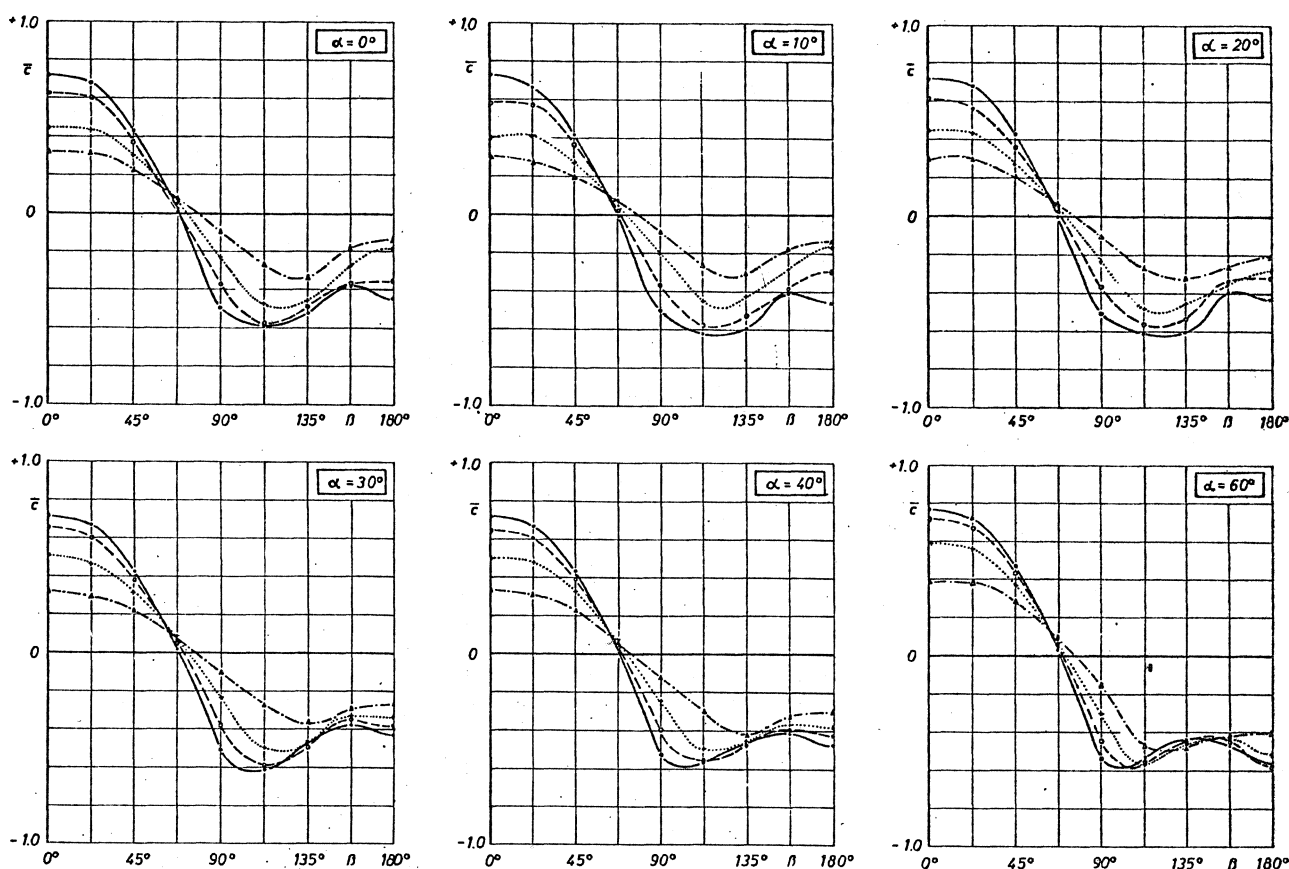
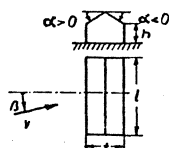


Bild 20. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der Längswände als Funktion des Anströmwinkels  $\beta$ .

Bei vorgegebener Windgeschwindigkeit  $v$  erhält man den mittleren Winddruck zu

$$w = \bar{c} \cdot q = \bar{c} \cdot \frac{\rho}{2} v^2 \text{ [kp/m}^2\text{]} \quad (6)$$

und die mittlere Windkraft zu

$$W = \bar{c} \cdot q \cdot F = \bar{c} \cdot \frac{\rho}{2} v^2 \cdot F \text{ [kp]} \quad (7)$$

Sowohl die Druckbeiwerte  $c$  als auch der Winddruck  $w$  und die Windkraft  $W$  hängen ab vom Dachwinkel  $\alpha$ , der Gebäudehöhe  $h/l$  und dem Anströmwinkel  $\beta$ .

#### 4. Ergebnisse.

Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Druckverteilungsmessungen zusammengestellt und besprochen. Die Definitionen der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  sind in Bild 1 zu entnehmen.

Einen guten Überblick über den Einfluß des Anströmwinkels, des Dachwinkels und der Gebäudehöhe auf die Belastung der Bauwerke durch Windkräfte erhält man durch Diskussion der Flächen-Druckbeiwerte.

#### 4.1 Einfluß des Anströmwinkels.

In den Bildern 20 bis 22 sind die mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der einzelnen Gebäudeflächen (Längswände, Giebelwände, Dachflächen) für jeweils konstante Dachneigungswinkel  $\alpha$  als Funktion des Anströmwinkels  $\beta$  mit der Gebäudehöhe  $h$  als Parameter aufgetragen.

Für die Längswände (Bild 20) ergeben sich innerhalb eines Anströmwinkelbereichs von  $0^\circ < \beta < 180^\circ$ , mit dem sowohl windzugewandte als auch windabgewandte Wände erfaßt werden, Druckbeiwerte in der Größenordnung von  $-0,65 < \bar{c} < +0,8$ . Die größten Sogkräfte treten auf bei  $\beta \approx 110^\circ$ , also bei einer Anströmung von schräg rückwärts.

Für die Giebelwände (Bild 21) wurde die Auftragung für den Bereich  $90^\circ < \beta < 270^\circ$  vorgenommen, um eine entsprechende Darstellung wie in Bild 20 zu erhalten. Hierbei ergeben sich Druckbeiwerte zwischen  $-0,8 < \bar{c} < +0,8$  mit einem Minimum bei  $\beta \approx 180^\circ$ , also bei einer Anströmung parallel zur Giebelwand.

Sowohl bei den Giebel- als auch bei den Längswänden ergibt sich ein ähnlicher, vom Anströmwinkel

1	1	h	—
4	2	4	—
4	2	3	—
4	2	2	—
4	2	1	—

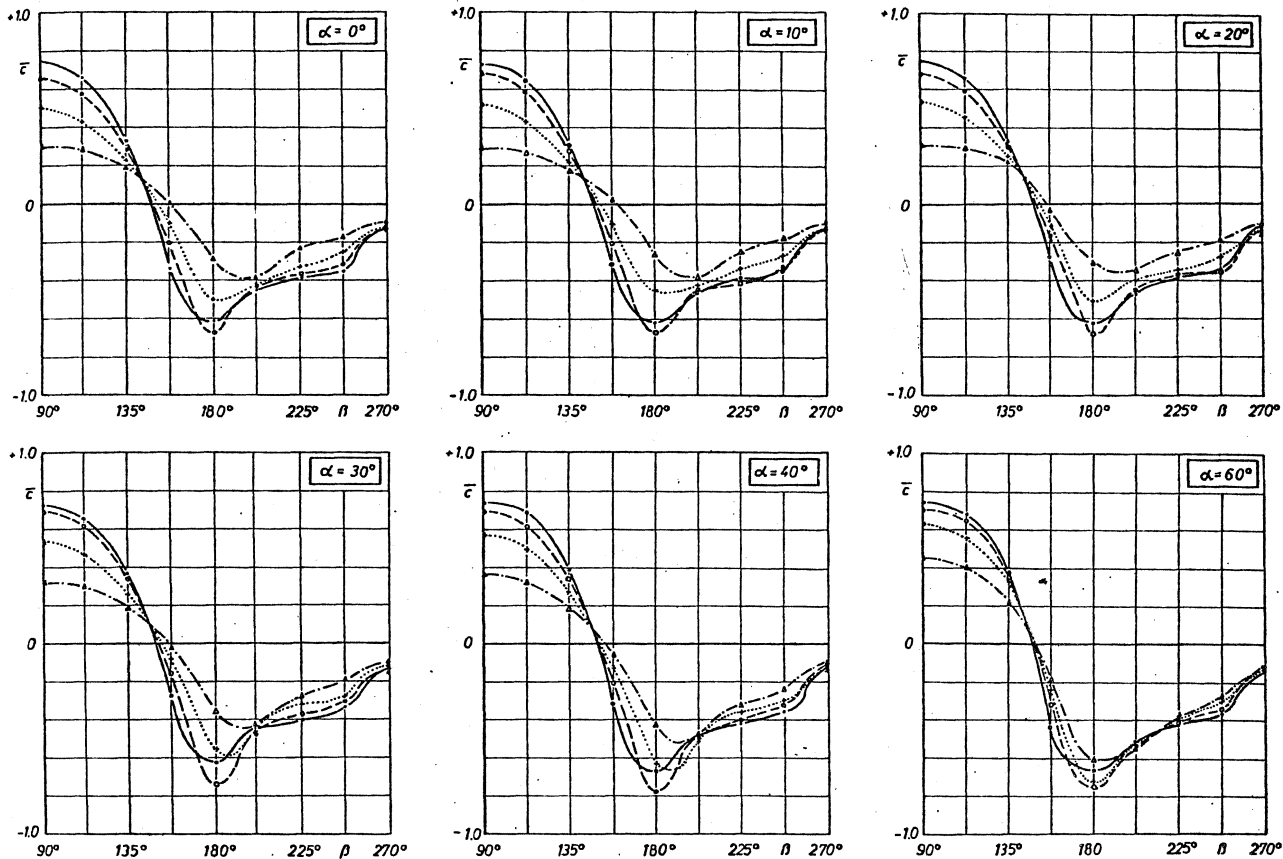
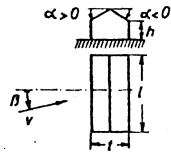


Bild 21. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der Giebelwände als Funktion des Anströmwinkels  $\beta$ .

abhängiger Druckverlauf, auf den der Dachwinkel nur geringen Einfluß hat.

Bild 22 zeigt die mittleren Druckbeiwerte für die Dachflächen. Man sieht, daß bis zu einem Dachwinkel von  $\alpha=20^\circ$  nur Sogkräfte (negative Druckbeiwerte) auftreten, die auch beim  $30^\circ$ -Dach noch überwiegen. Beim Dach mit  $\alpha=10^\circ$  und einer Anströmrichtung  $\beta=22,5^\circ$  ergibt sich der größte Druckbeiwert zu  $\bar{c} \approx -1,0$ . Allgemein ist zu erkennen, daß die maximalen Sogkräfte bei Schräganströmung ( $0 < \beta < 90^\circ$ ) auftreten. Bei einem Dachneigungswinkel  $\alpha=60^\circ$  sind die Druckbeiwerte sowohl positiv als auch negativ, und zwar  $-0,6 < \bar{c} < +0,6$ . Zu erwähnen ist der relativ große Einfluß der Gebäudehöhen auf die Druckbeiwerte. Für einen Dachwinkel  $\alpha=40^\circ$  können z. B. bei verschiedener Höhe sowohl Sog als auch Druck auf den Dachflächen vorkommen.

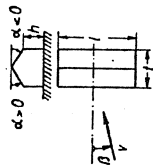
#### 4.2 Einfluß des Dachneigungswinkels.

Wie man aus den Bildern 20 bis 22 entnimmt, ist der Einfluß der Dachneigungswinkel auf die mittleren Druckbeiwerte bei den Längs- und Giebelwänden erwartungsgemäß nur gering. Anders sind die Verhältnisse bei den Dachflächen.

In den Bildern 23 bis 27 sind die mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  für die Dachflächen für jeweils eine der untersuchten Anströmrichtungen als Funktion des Dachneigungswinkels dargestellt. Für den Fall der Anströmung senkrecht zur Längswand, d. h.  $\beta=0$ , können die Meßergebnisse mit den Angaben des deutschen Normblattes über Windlasten auf geneigte Flächen verglichen werden (Bild 23). Da es sich bei den untersuchten Modellen um vollwandige Bauwerke handelt, muß für den Vergleich von dem Ausdruck für den Druckbeiwert ( $\bar{c}=1,2 \sin \alpha - 0,4$ ), wie ihn die Norm vorschreibt, noch der bereits darin enthaltene Beiwert für den Innendruck von  $(-0,2)$  abgezogen werden. Damit ergibt sich für die Vergleichskurve die Beziehung

$$\bar{c} = 1,2 \sin \alpha - 0,6. \quad (8)$$

Diese Kurve ist in Bild 23 eingezeichnet. Man sieht, daß sich für Neigungswinkel  $0^\circ < \alpha < +30^\circ$  zwischen Messungen und Vorschrift beachtliche Abweichungen im ungünstigen Sinne ergeben, während für den Bereich der windabgewandten Dachflächen ( $\alpha < 0^\circ$ ) geringere Unterdrücke auftreten, als nach den Vorschriften zu erwarten wäre.



1	1	1	1	1
4	2	4	2	4
1	1	1	1	1
4	2	4	2	4
1	1	1	1	1

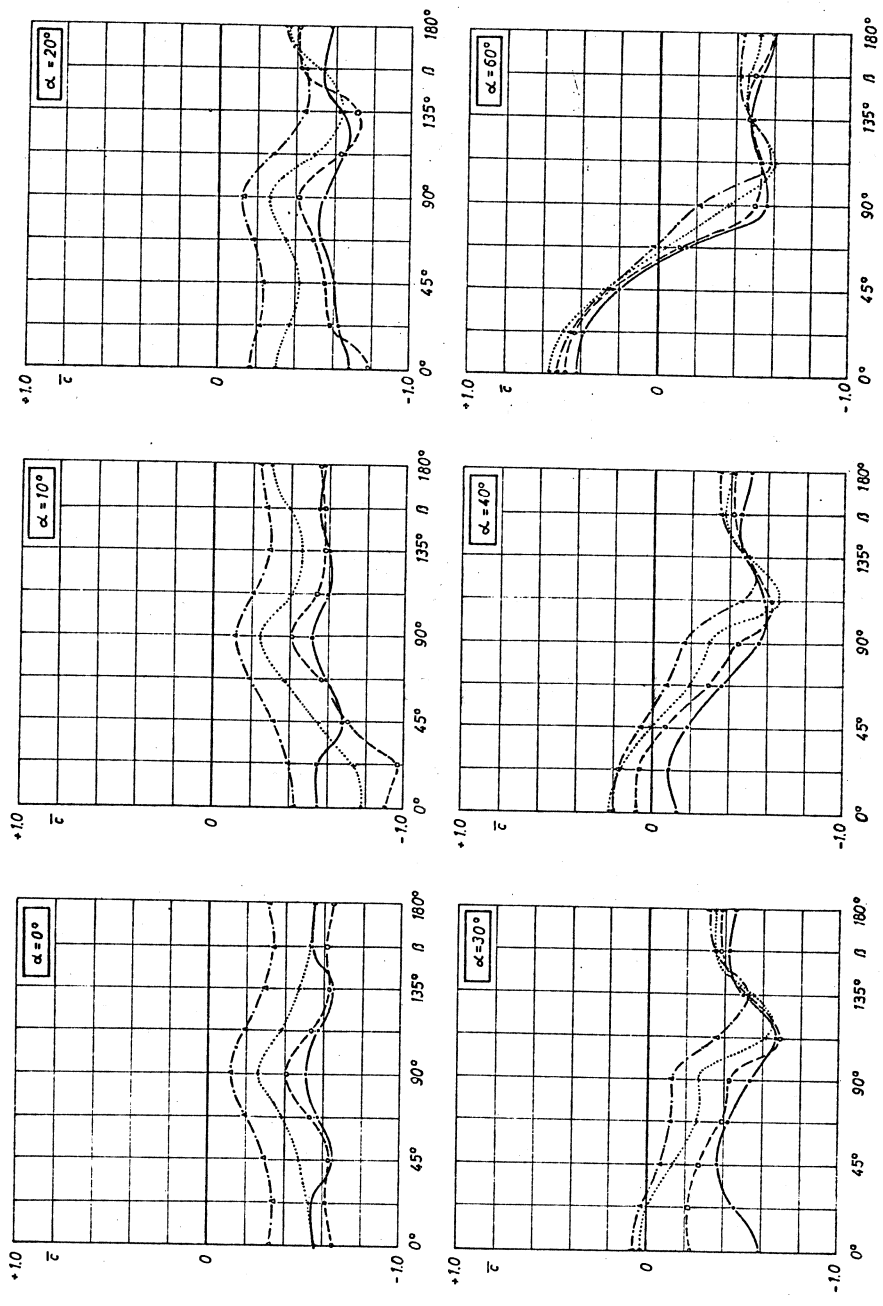


Bild 22. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}_p$  der Dachflächen als Funktion des Anströmwinkels  $\beta$ .

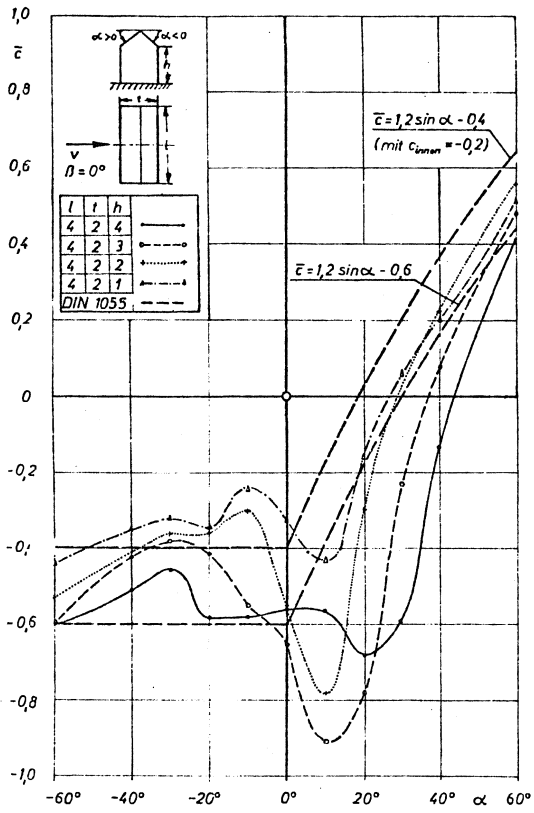


Bild 23. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  für Dachflächen verschiedener Neigung; Anströmwinkel  $\beta = 0^\circ$ .

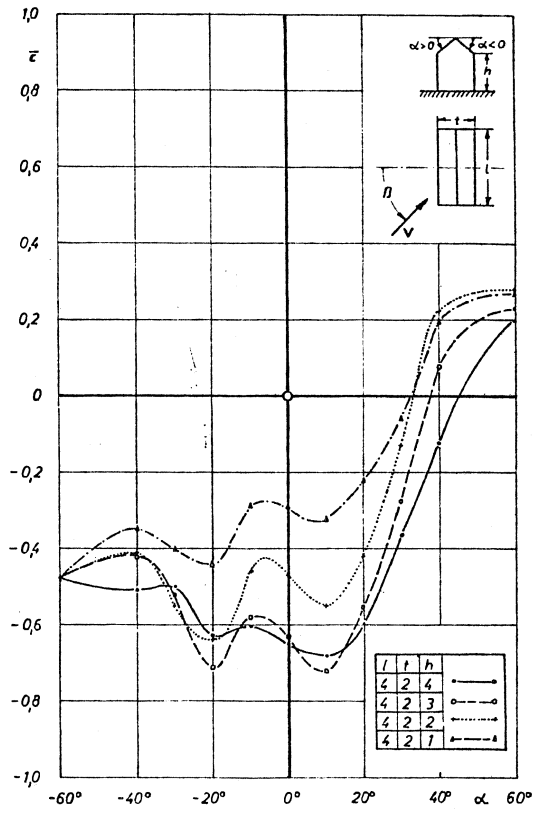


Bild 24. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  für Dachflächen verschiedener Neigung; Anströmwinkel  $\beta = 22,5^\circ$ .

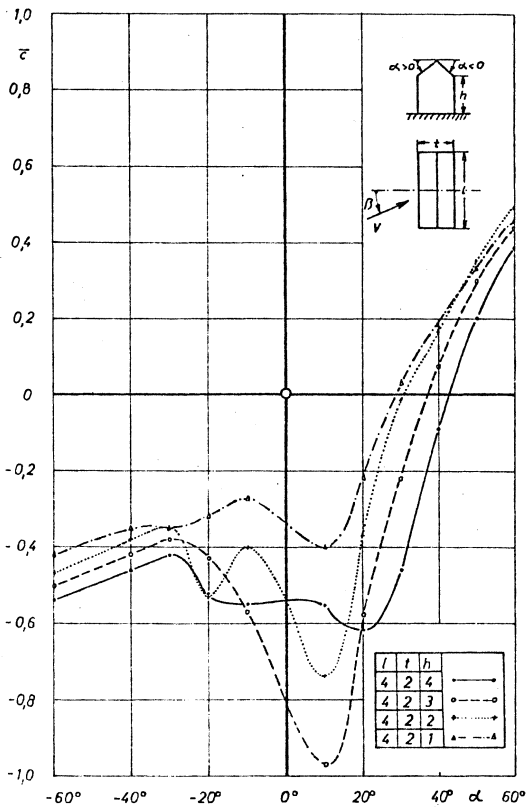


Bild 25. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  für Dachflächen verschiedener Neigung; Anströmwinkel  $\beta = 45^\circ$ .

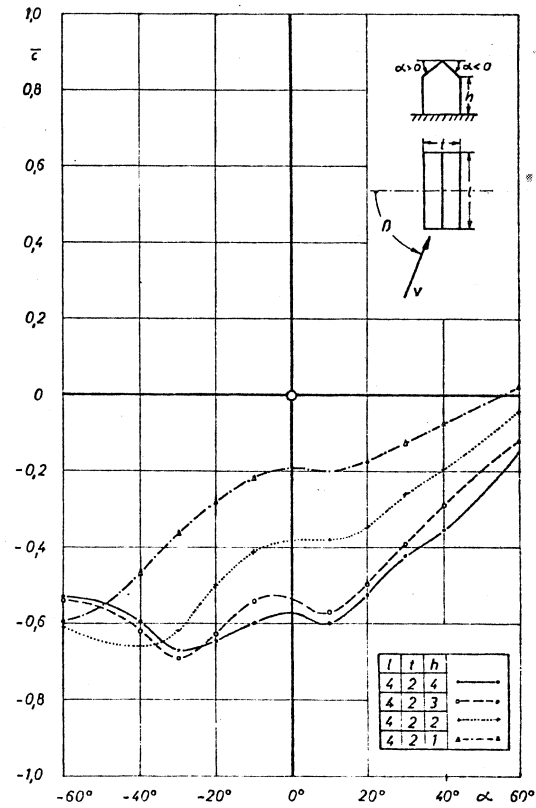


Bild 26. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  für Dachflächen verschiedener Neigung; Anströmwinkel  $\beta = 67,5^\circ$ .

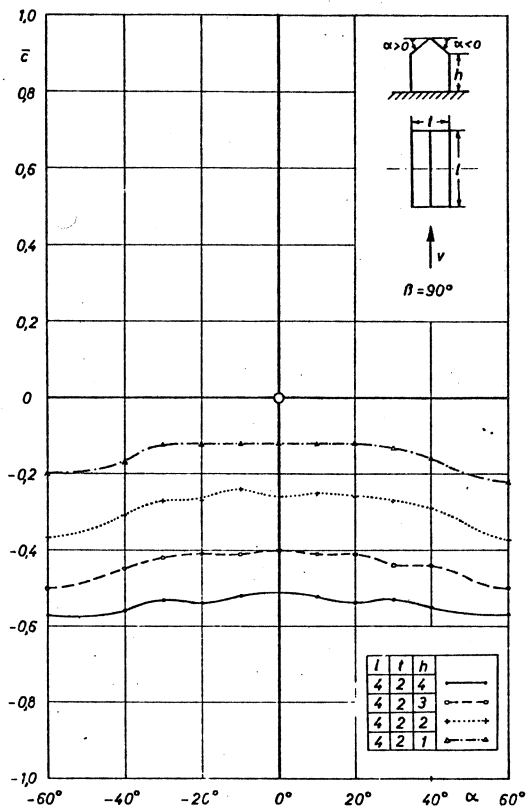


Bild 27. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  für Dachflächen verschiedener Neigung; Anströmwinkel  $\beta=90^\circ$ .

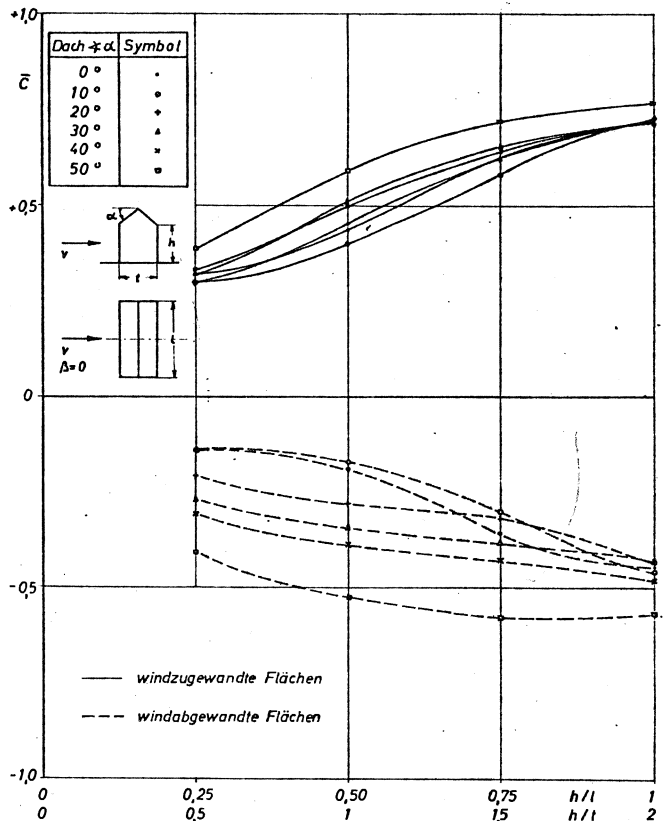


Bild 28. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der Längswände bei Normalanströmung ( $\beta=0^\circ$ ) in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe  $h/l$  bzw.  $h/t$ .

### 4.3 Einfluß der Gebäudehöhe.

In den Bildern 28 bis 30 sind die mittleren Druckbeiwerte für Längs- und Giebelwände sowie Dachflächen der untersuchten Modelle bei Normalanströmung ( $\beta=0^\circ$ ) in Abhängigkeit von dem Verhältnis Gebäudehöhe/Gebäuelänge bzw. Gebäudetiefe aufgetragen.

Aus dem Verlauf der Kurven in Bild 28 ist zu erkennen, daß mit größer werdender Höhe die absoluten Druckbeiwerte sowohl für die windzugewandten als auch für die windabgewandten Längswände zunehmen. Für die Giebelwände ist in Bild 29 ein ähnliches Anwachsen der Sogbeiwerte bis zu einem Verhältnis  $h/l=3/4$  zu beobachten. Der Einfluß des Dachneigungswinkels auf die Druckverteilung auf den Dachflächen ist erwartungsgemäß viel größer als der Einfluß des Höhenverhältnisses (vgl. Bild 30).

Wenn auch die hier mitgeteilten Ergebnisse einen mehr oder weniger großen Einfluß der Gebäudehöhe auf die Druckverteilung zeigen, so erscheint doch eine Berücksichtigung in den Windlastannahmen nicht unbedingt erforderlich. Man kommt zu dieser Aussage, wenn man bedenkt, daß bei niedrigen, starren Gebäuden, bei denen kleinere Druckbeiwerte auftreten, die Windbelastung keine ausschlaggebende Rolle spielt. Man kann also in allen Fällen mit den ungünstigsten Druckbeiwerten, d. h. mit denjenigen für  $h/l \approx 1$  bzw.  $h/t \approx 2$ , rechnen.

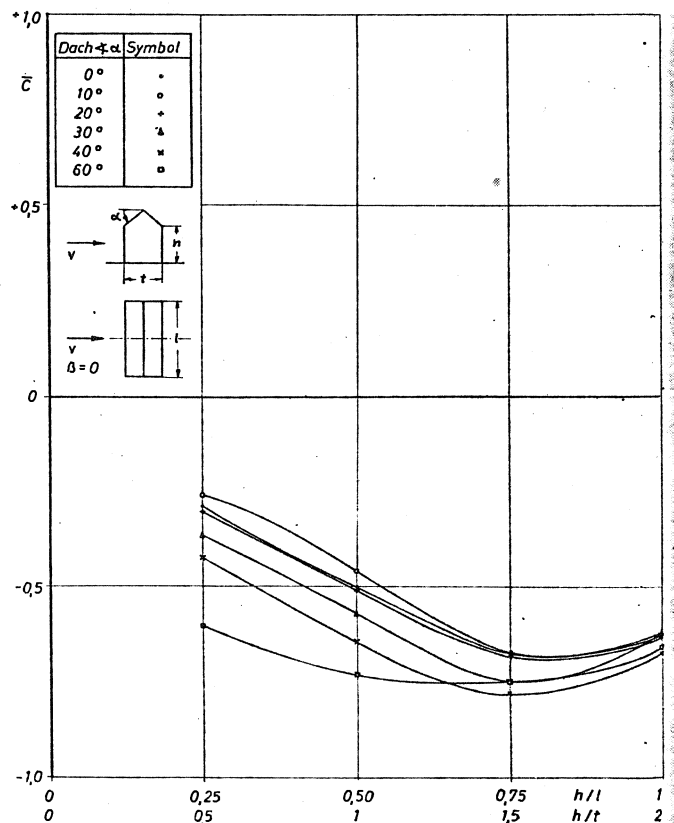


Bild 29. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der Giebelwände bei Normalanströmung ( $\beta=0^\circ$ ) in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe  $h/l$  bzw.  $h/t$ .

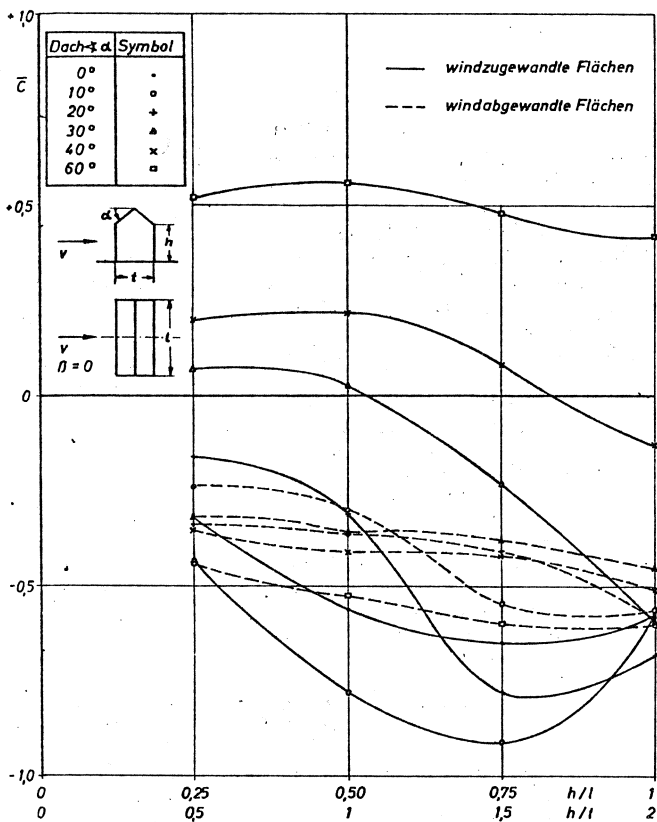


Bild 30. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der Dachflächen bei Normalanströmung ( $\beta=0^\circ$ ) in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe  $h/l$  bzw.  $h/t$ .

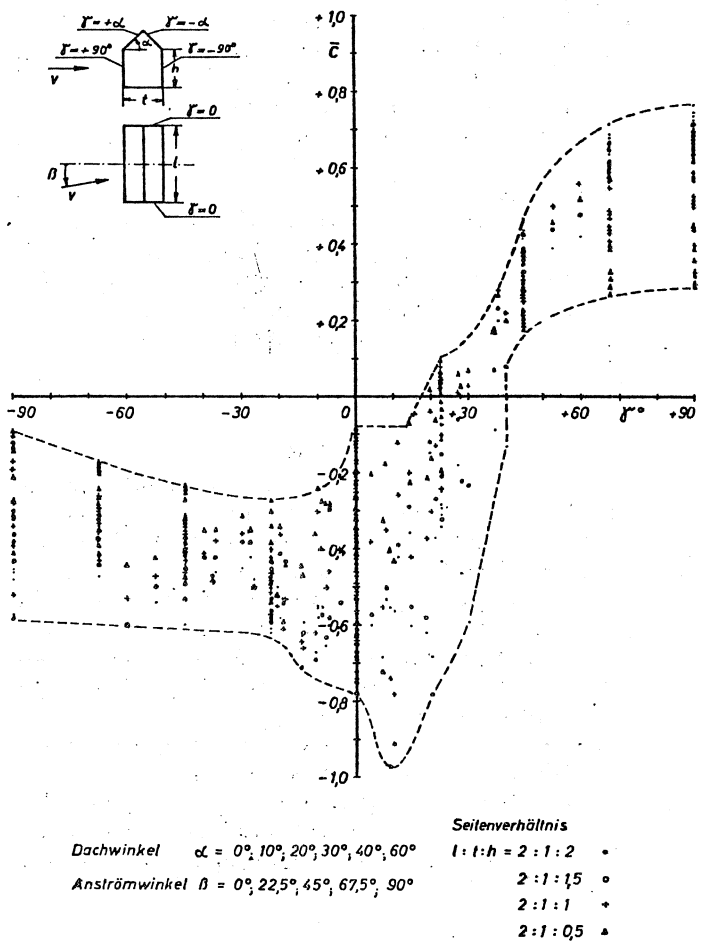


Bild 31. Winddruck auf Gebäude von rechteckigem Grundriß. Mittlere Druckbeiwerte  $\bar{c}$  der einzelnen Flächen in Abhängigkeit vom Windangriffswinkel  $\gamma$ .

#### 4.4 Einführung des Windangriffswinkels.

In Bild 31 werden sämtliche im Rahmen dieser Meßreihe erhaltenen mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  in einem Diagramm zusammengefaßt. Dazu wird ein Windangriffswinkel  $\gamma$  eingeführt, der als der Winkel zwischen Windrichtung und vom Wind getroffener Fläche definiert wird. Beispielsweise ist im Fall der Anströmung senkrecht zu einer Längswand eines Gebäudes für die windzugewandte Längswand  $\gamma=+90^\circ$ , für die windabgewandte Längswand  $\gamma=-90^\circ$ , für die unter dem Winkel  $\pm\alpha^\circ$  geneigten Dachflächen  $\gamma=\pm\alpha^\circ$  und für die Giebelwände  $\gamma=0^\circ$ , vgl. Bild 31. Bei Schräganströmung ( $0^\circ < \beta < 90^\circ$ ) lassen sich die Windangriffswinkel für geneigte Dachflächen durch trigonometrische Beziehungen bestimmen. Jeder einzelne Punkt in Bild 31 bedeutet einen mittleren Druckbeiwert  $\bar{c}=\bar{c}(F, h/l, \alpha, \beta)$ . Die Fläche  $F$  kann dabei sowohl eine Wand- als auch eine Dachfläche sein. Durch Einzeichnen der Hüllkurven läßt sich der Bereich angeben, durch den alle bei der vorliegenden Versuchsreihe aufgetretenen mittleren Flächen-Druckbeiwerte erfaßt werden.

#### 5. Zusammenfassung.

An vollwandigen Gebäudemodellen von Rechteckgrundriß mit symmetrischen Satteldächern verschiedener Neigung wurden Windkanaluntersuchungen durchgeführt und dabei die Druckverteilungen an den Außenwänden und auf den Dächern in Abhängigkeit von der Anströmrichtung gemessen. Die mittleren Druckbeiwerte für die einzelnen Wand- und Dachflächen wurden in Abhängigkeit von der Anströmrichtung, vom Dachneigungswinkel und von der Gebäudehöhe bestimmt. Weiterhin wurden die mittleren Druckbeiwerte als Funktion des Windangriffswinkels dargestellt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß die in den deutschen Normen über Windlast im Hochbau enthaltenen Bestimmungen über die Grundwindlasten in einigen wichtigen Punkten nicht mit den Versuchsergebnissen übereinstimmen und einer Verbesserung bedürfen, vgl. hierzu [1], [2] und [4].



### Summary

In the course of a research project sponsored by the Ministry of Reconstruction of the State of Nordrhein-Westfalen the specification DIN 1055 section "Assumption of Loads acting upon Building Structures, Live Loads, Loads due to Wind" is explained and critically reviewed. The differences to the specifications of foreign countries are extensively discussed. Recent findings of tests of structural models in wind canals and especially own investigations are used for comparison. Furthermore, proposals for additional tests in wind canals are made. Of special importance appears to be the mutual influence of various structures. On the basis of these findings proposals are made which may serve as an aid in revising the present specification.

### Résumé

Dans le cadre d'une recherche commandée par le Ministère à la Reconstruction de la Westphalie-Rhénanie du Nord, la norme DIN 1055, feuille 4 «Charges à introduire dans le calcul de résistance des bâtiments, charges dues au service, charges dues aux actions du vent» est décrite d'une façon critique. En faisant une comparaison une importance a été donnée aux différences entre cette norme et les cahiers de charge correspondants de l'étranger.

Les résultats de nouveaux essais en soufflerie sur des bâtiments, y compris nos propres recherches, se prêtent à une vérification. En outre, on donne des indications sur des essais souhaitables en soufflerie. Une importante question restera encore à résoudre: l'influence mutuelle des bâtiments.

Quelques propositions sont données, se basant sur les résultats obtenus pouvant servir comme documents de départ aux délibérations sur une mise à jour de la norme.

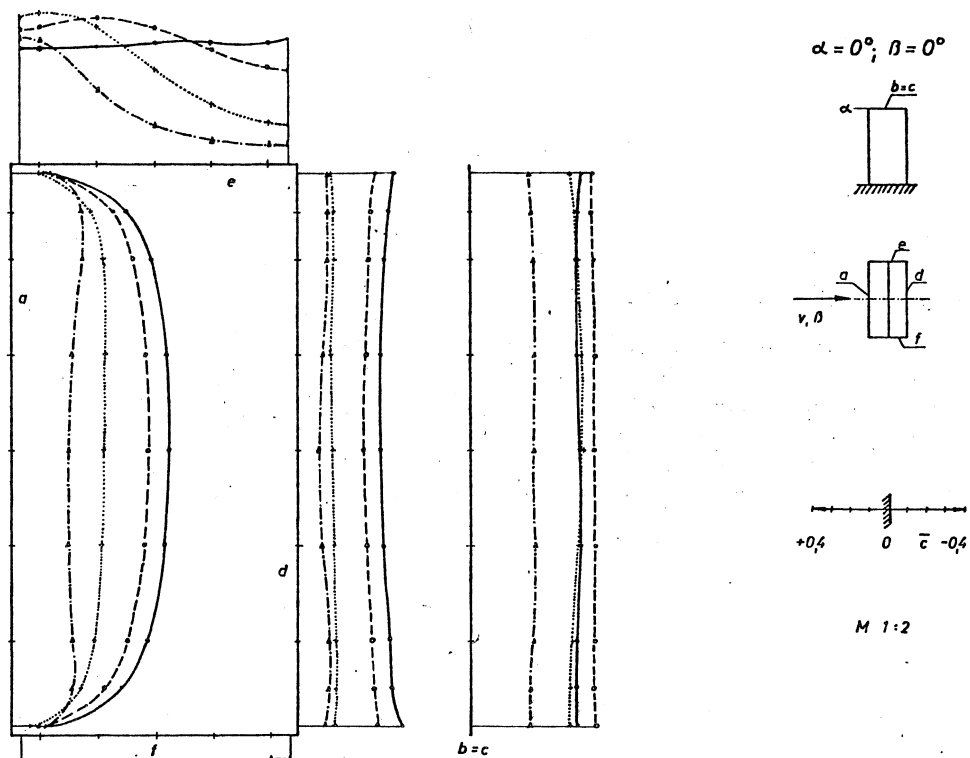
### 6. Schrifttum

- [1] G. Lusch: Internationale Normen zur Windbelastung an Bauwerken (Zusammenstellung, Stand 1960). Bericht Nr. 61/1 des Instituts für Strömungsmechanik der TH München (1961).
- [2] G. Lusch: Zusammenfassende Darstellung der Arbeiten über Windkräfte an Bauwerken. Bericht Nr. 61/2 des Instituts für Strömungsmechanik der TH München (1961).
- [3] G. Lusch: Ergänzungen zum vorliegenden Bericht Nr. 61/3 des Instituts für Strömungsmechanik der TH München (1961).
  - a) Windkanaluntersuchungen an einem Gebäude von rechteckigem Grundriß mit Flachdach. Bericht Nr. 61/3a.
  - b) Windkanaluntersuchungen an einem Gebäude von rechteckigem Grundriß mit 10°-Satteldach. Bericht Nr. 61/3b.
  - c) Windkanaluntersuchungen an einem Gebäude von rechteckigem Grundriß mit 20°-Satteldach. Bericht Nr. 61/3c.
  - d) Windkanaluntersuchungen an einem Gebäude von rechteckigem Grundriß mit 30°-Satteldach. Bericht Nr. 61/3d.
  - e) Windkanaluntersuchungen an einem Gebäude von rechteckigem Grundriß mit 40°-Satteldach. Bericht Nr. 61/3e.
  - f) Windkanaluntersuchungen an einem Gebäude von rechteckigem Grundriß mit 60°-Satteldach. Bericht Nr. 61/3f.
- [4] G. Lusch: Erläuterungen zum Normblatt DIN 1055, Blatt 4 — Windlasten. Bericht Nr. 61/4 des Instituts für Strömungsmechanik der TH München (1961).

## ANHANG

### Zusammenstellung der Schnitt-Druckbeiwerte.

Zur Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  (Flächen-Druckbeiwerte) nach (5) sind in den Bildern A 1 bis A 30 die Schnitt-Druckbeiwerte nach (4) über den Gebäudegrundrissen und den aufgeklappten Dachebenen graphisch dargestellt. Die Geometrie der verschiedenen Gebäude ist in den Bildern 1, sowie 9 bis 14 ersichtlich; die örtlichen Druckbeiwerte wurden den Berichten [3a] bis [3f] entnommen. Die durch Planimetrieren erhaltenen mittleren Druckbeiwerte  $c$  sind jeweils tabellenmäßig zusammengestellt.



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b = c	d	e	f	
1	H	+0.72	-0.56		-0.45	-0.62	-0.61
3/4	$\frac{3}{4} H$	+0.62	-0.65		-0.36	-0.67	-0.67
1/2	$\frac{1}{2} H$	+0.44	-0.56		-0.19	-0.51	-0.49
1/4	$\frac{1}{4} H$	+0.32	-0.32		-0.14	-0.29	-0.29

Bild A 1. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

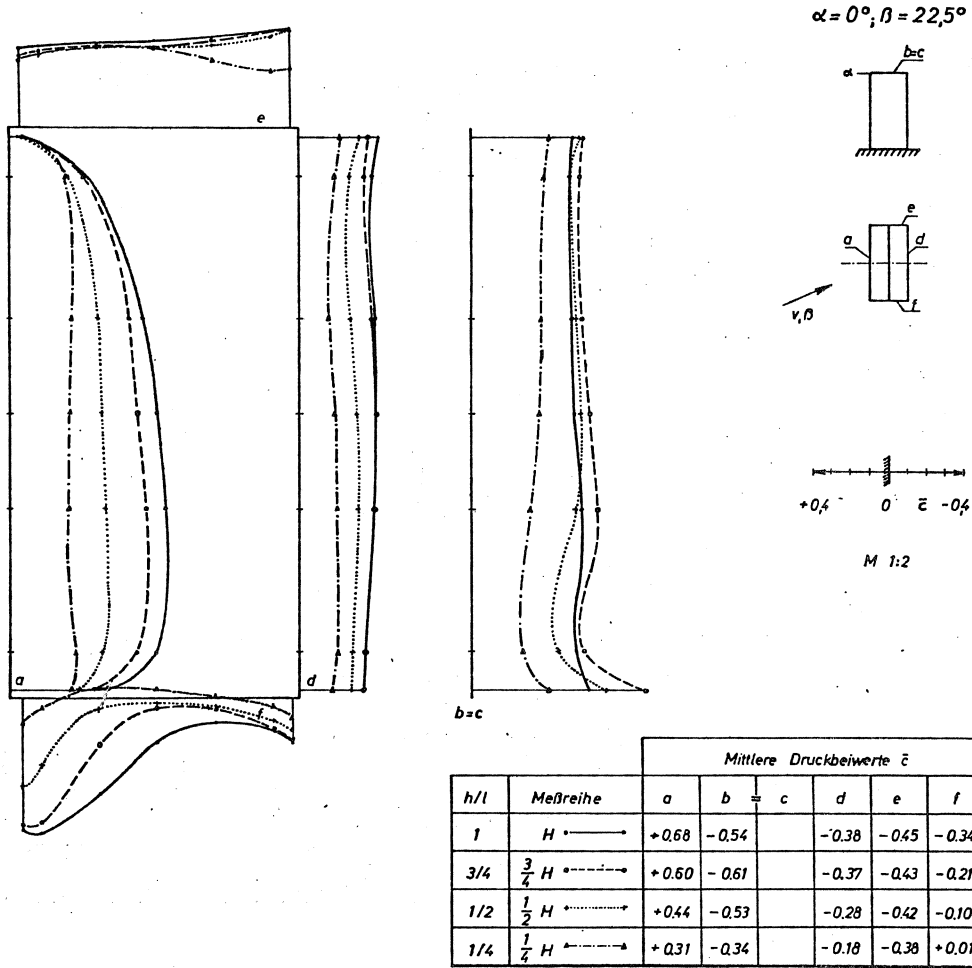
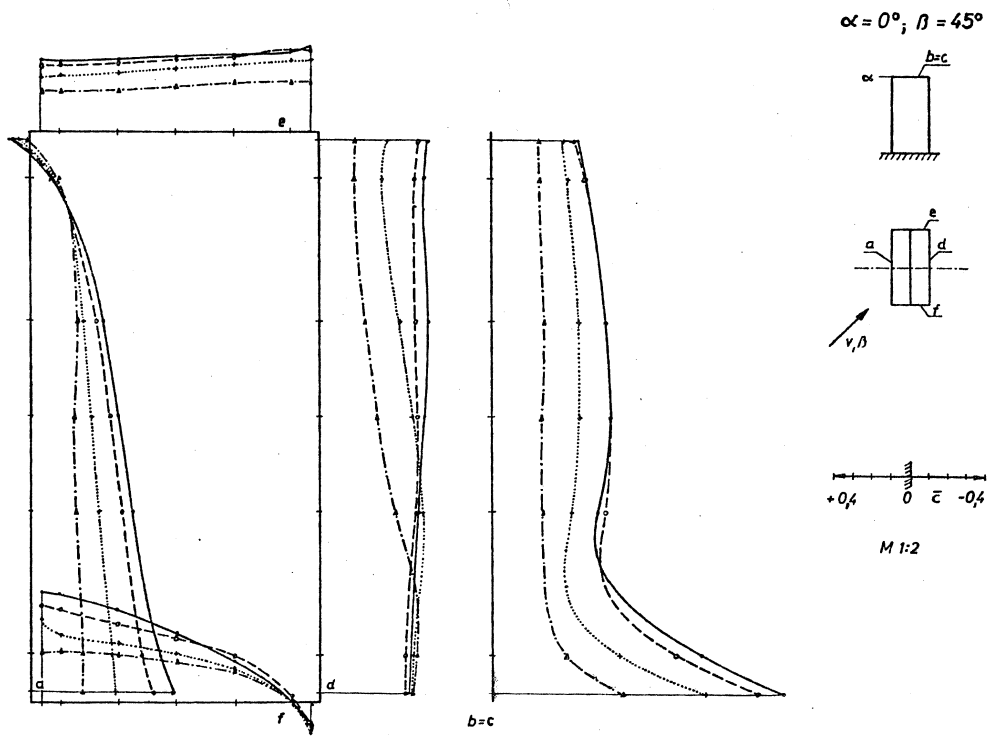
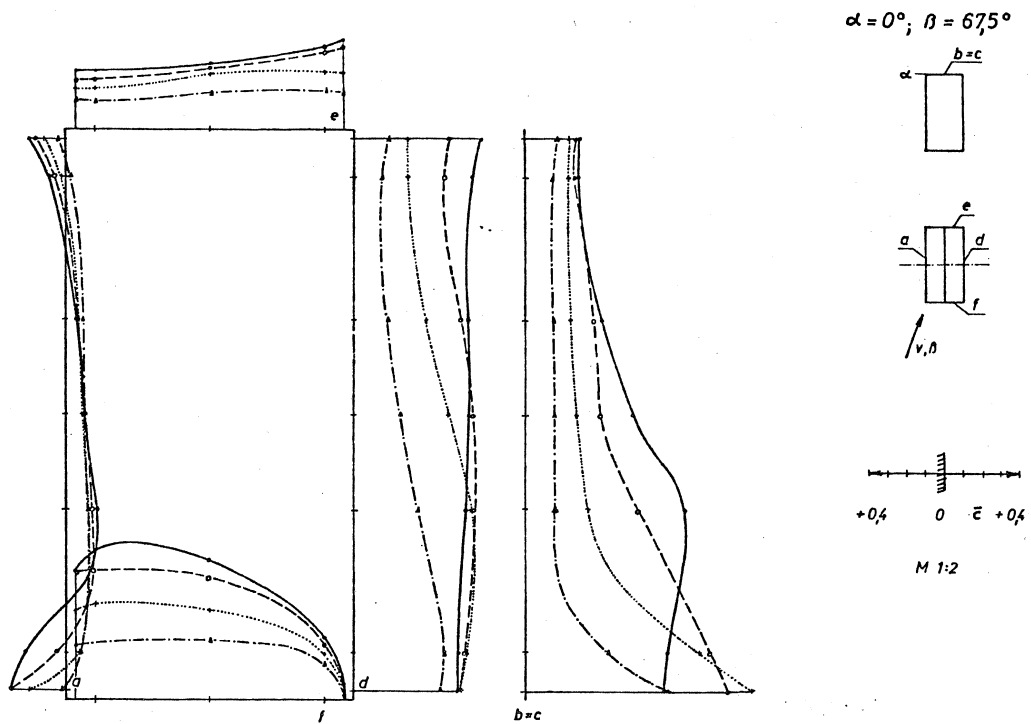


Bild A 2. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



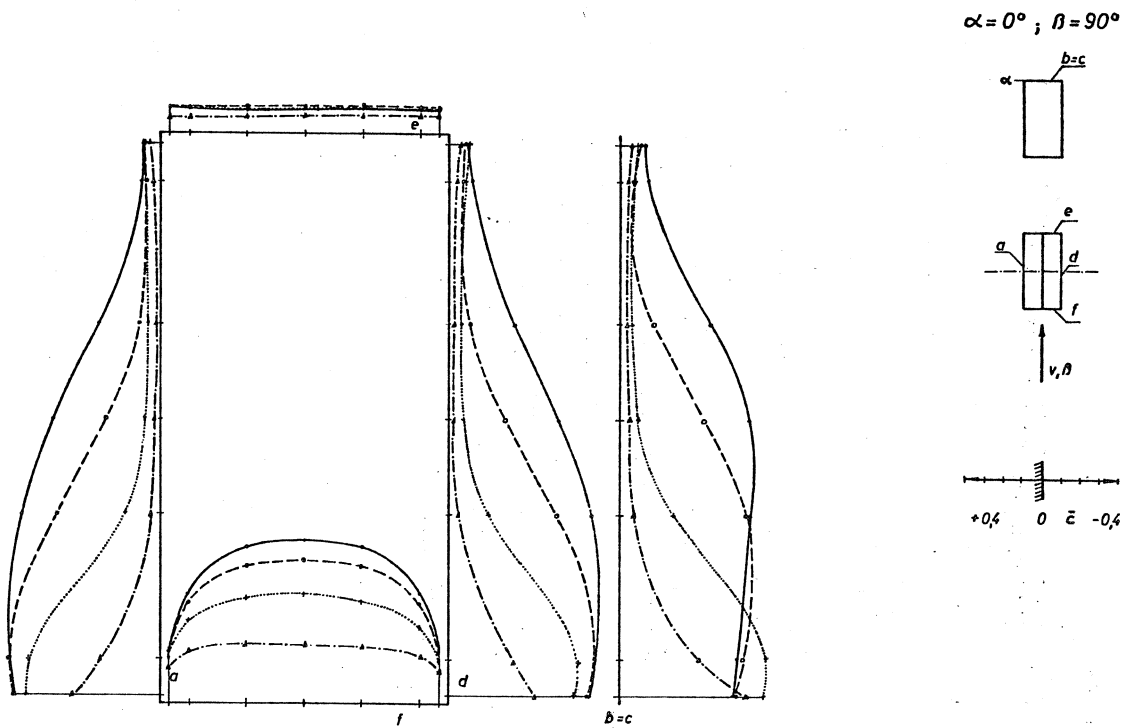
$h/l$	Meßreihe	Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
		a	b	c	d	e	f
1	$H \rightarrow$	+0,43	-0,65		-0,53	-0,39	+0,33
3/4	$\frac{3}{4} H \rightarrow$	+0,38	-0,63		-0,49	-0,37	+0,30
1/2	$\frac{1}{2} H \rightarrow$	+0,30	-0,47		-0,46	-0,33	+0,22
1/4	$\frac{1}{4} H \rightarrow$	+0,23	-0,29		-0,33	-0,23	+0,19

Bild A 3. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{\epsilon}$					
$h/l$	Meßreihe	$a$	$b = c$	$d$	$e$	$f$	
1	$H \leftarrow \rightarrow$	+0,02	-0,57		-0,59	-0,35	+0,66
3/4	$\frac{3}{4} H \circ \cdots \circ$	0	-0,53		-0,58	-0,32	+0,57
1/2	$\frac{1}{2} H \leftarrow \rightarrow$	+0,06	-0,38		-0,48	-0,26	+0,43
1/4	$\frac{1}{4} H \triangle \cdots \triangle$	+0,08	-0,19		-0,27	-0,17	+0,29

Bild A 4. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{\epsilon}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	-0,49	-0,51		-0,51	-0,12	+0,75
3/4	$\frac{3}{4}H$ $\dashrightarrow$	-0,36	-0,40		-0,37	-0,13	+0,66
1/2	$\frac{1}{2}H$ $\dashrightarrow$	-0,21	-0,26		-0,23	-0,12	+0,50
1/4	$\frac{1}{4}H$ $\dashrightarrow$	-0,08	-0,12		-0,10	-0,09	+0,30

Bild A 5. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $\epsilon_m$ .



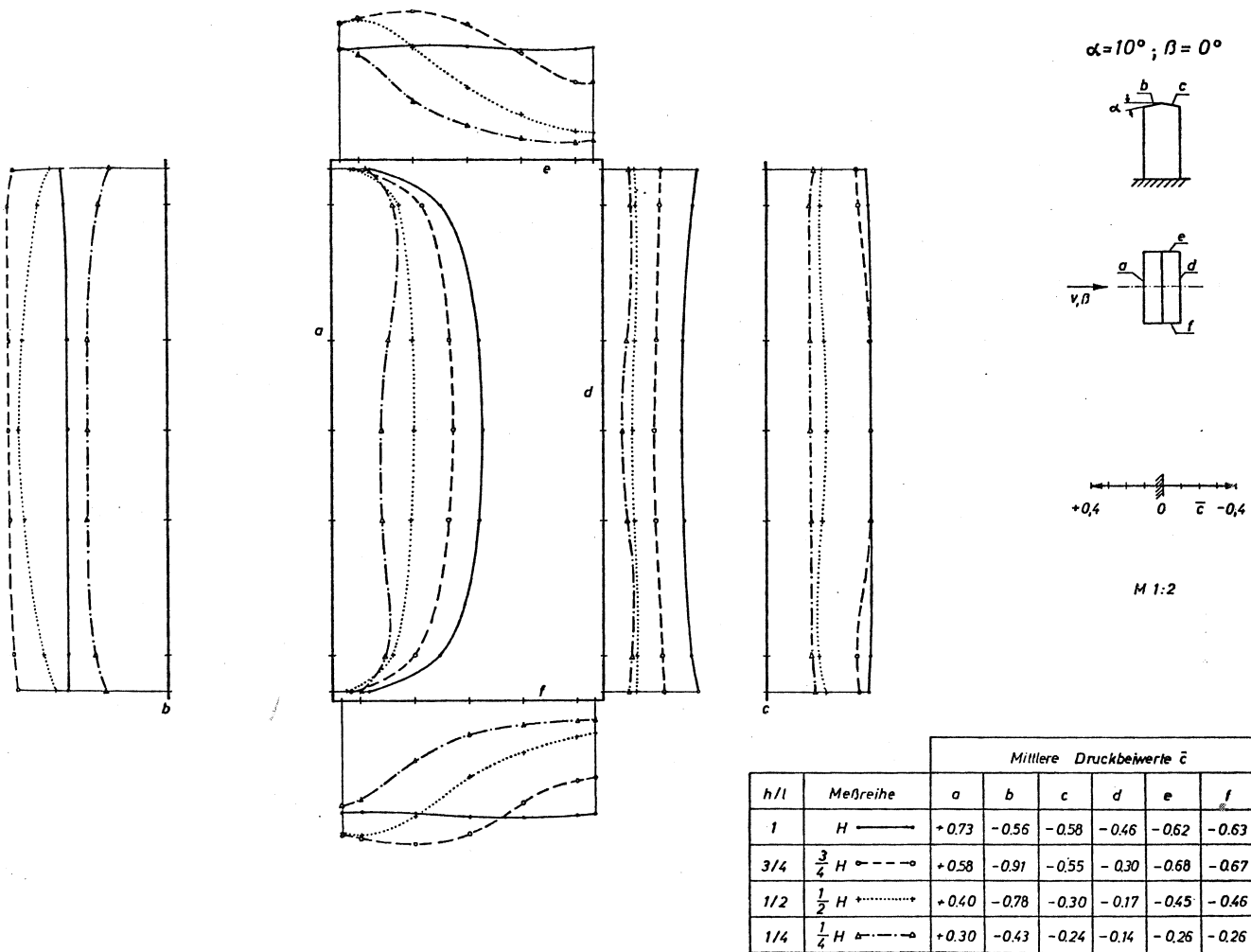


Bild A 6. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

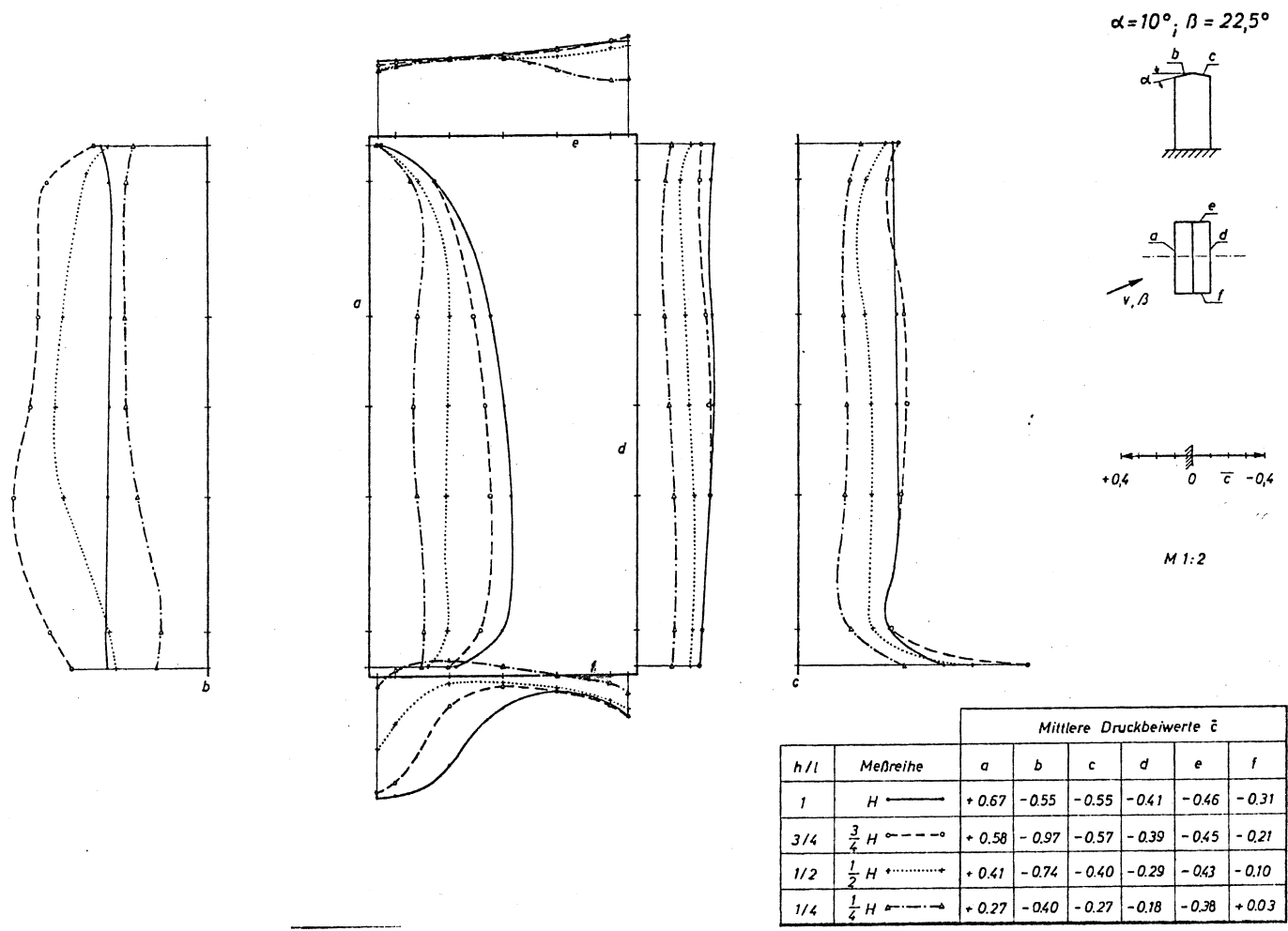
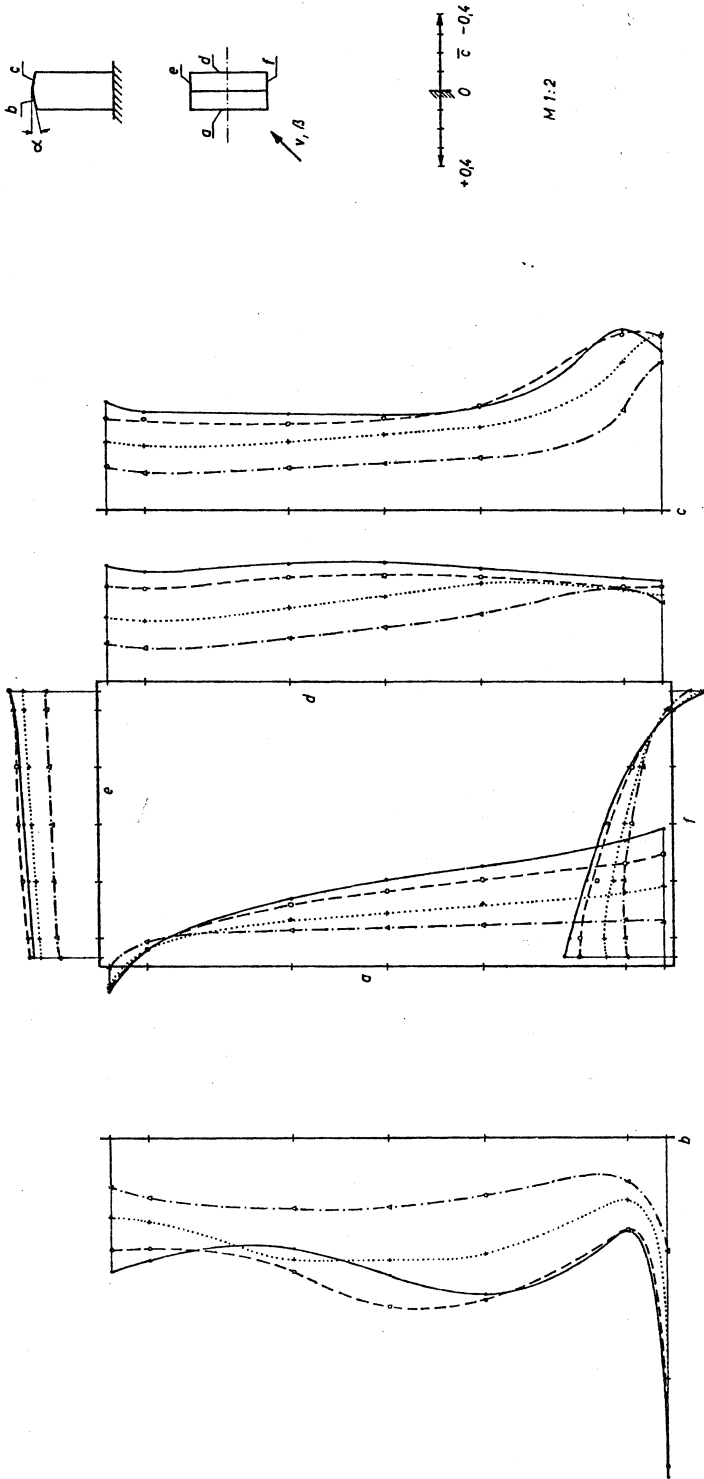


Bild A 7. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_{Mj}$ .

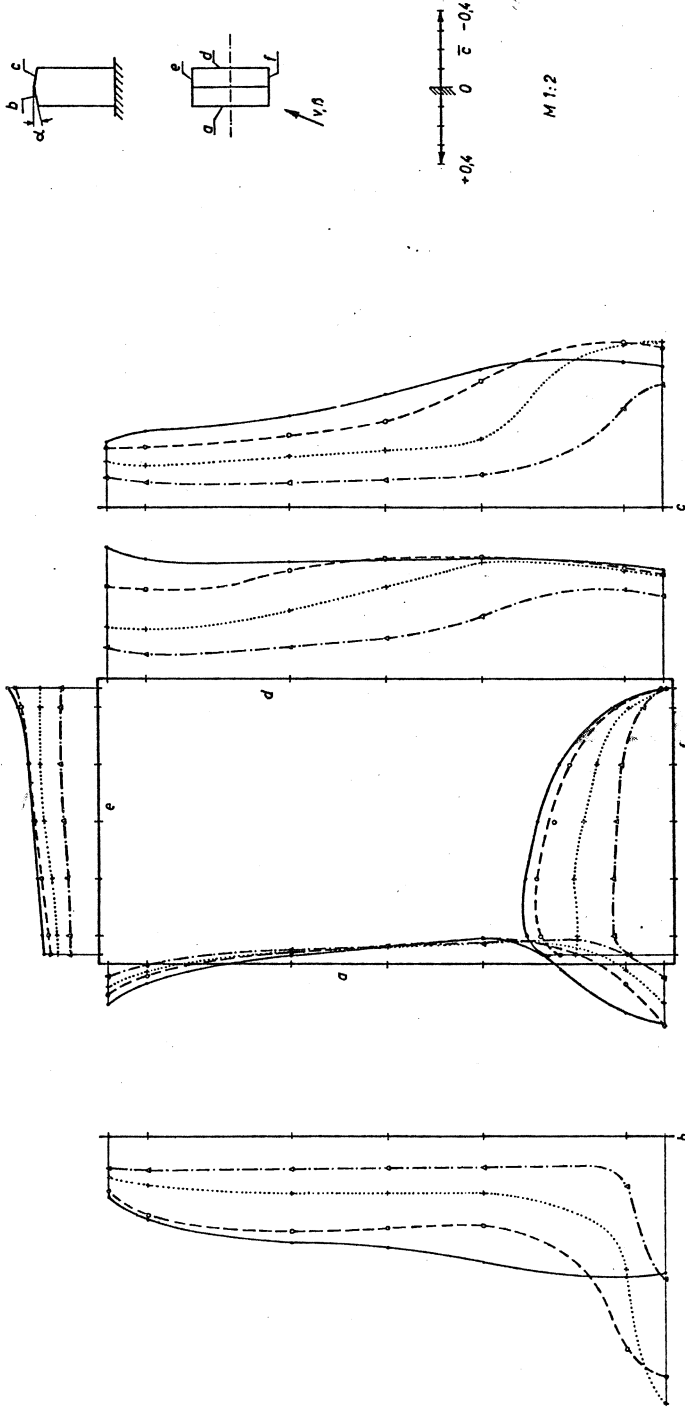
$\alpha = 10^\circ; \beta = 45^\circ$



h/l	Mehreihe	Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$						
		a	b	c	d	e	f	
1	H	+0.42	-0.68	-0.60	-0.60	-0.39	+0.32	
3/4	$\frac{3}{4}H$	+0.37	-0.72	-0.58	-0.53	-0.41	+0.29	
1/2	$\frac{1}{2}H$	+0.27	-0.55	-0.46	-0.43	-0.34	+0.23	
1/4	$\frac{1}{4}H$	+0.20	-0.32	-0.29	-0.31	-0.24	+0.19	

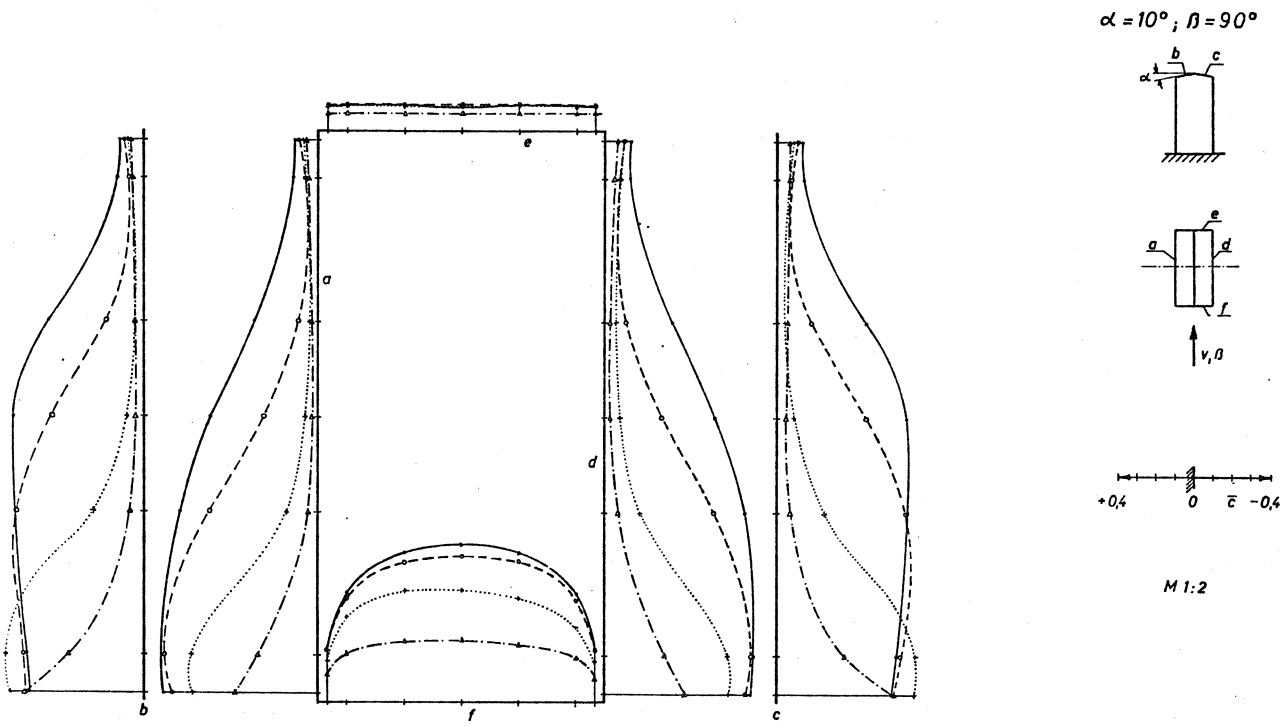
Bild A 8. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

$\alpha = 10^\circ; \beta = 67,5^\circ$



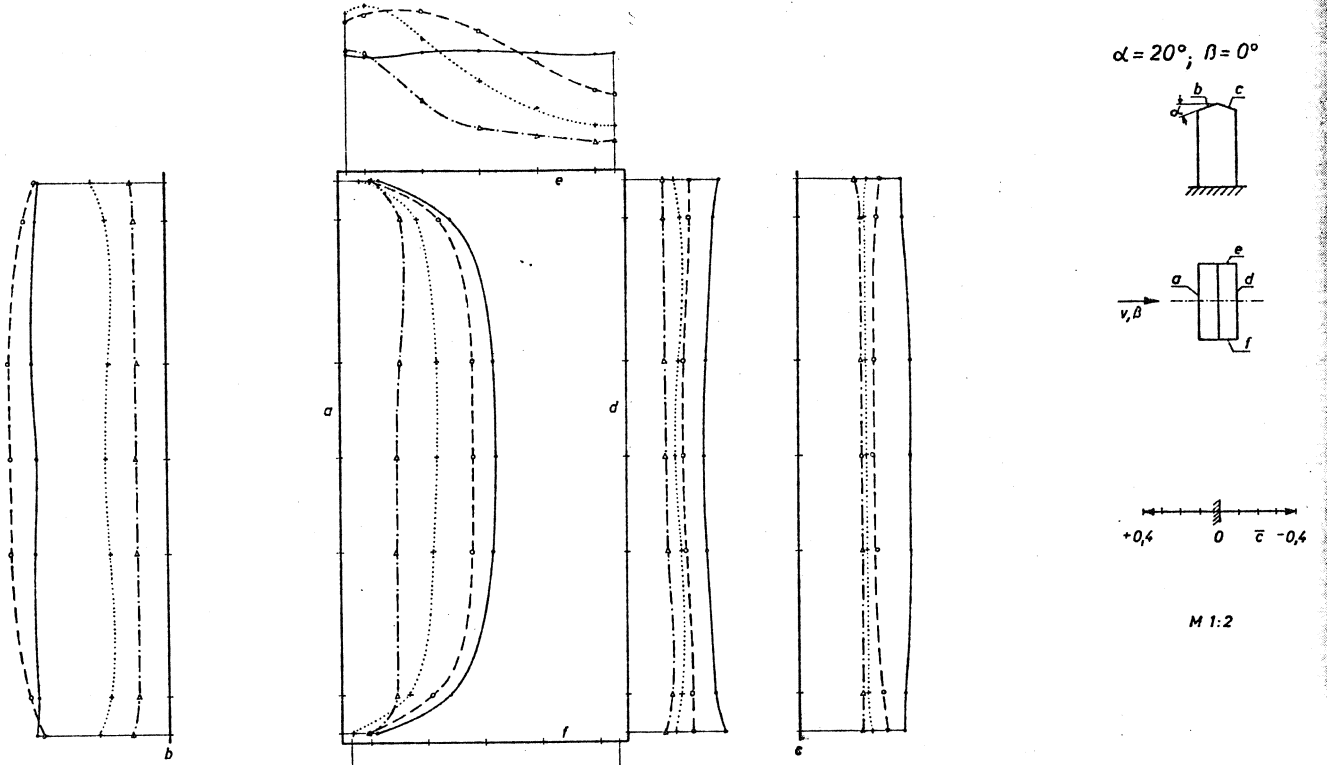
h/l	MeBreihe	Mittlere Druckbeiwerte $\bar{\epsilon}$					
		a	b	c	d	e	f
1	H	0	-0.60	-0.60	-0.62	-0.34	+0.64
3/4	$\frac{3}{4}H$	+0.04	-0.57	-0.54	-0.58	-0.33	+0.59
1/2	$\frac{1}{2}H$	+0.05	-0.38	-0.41	-0.46	-0.27	+0.43
1/4	$\frac{1}{4}H$	+0.08	-0.20	-0.21	-0.27	-0.17	+0.27

Bild A 9. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $\epsilon_m$ .



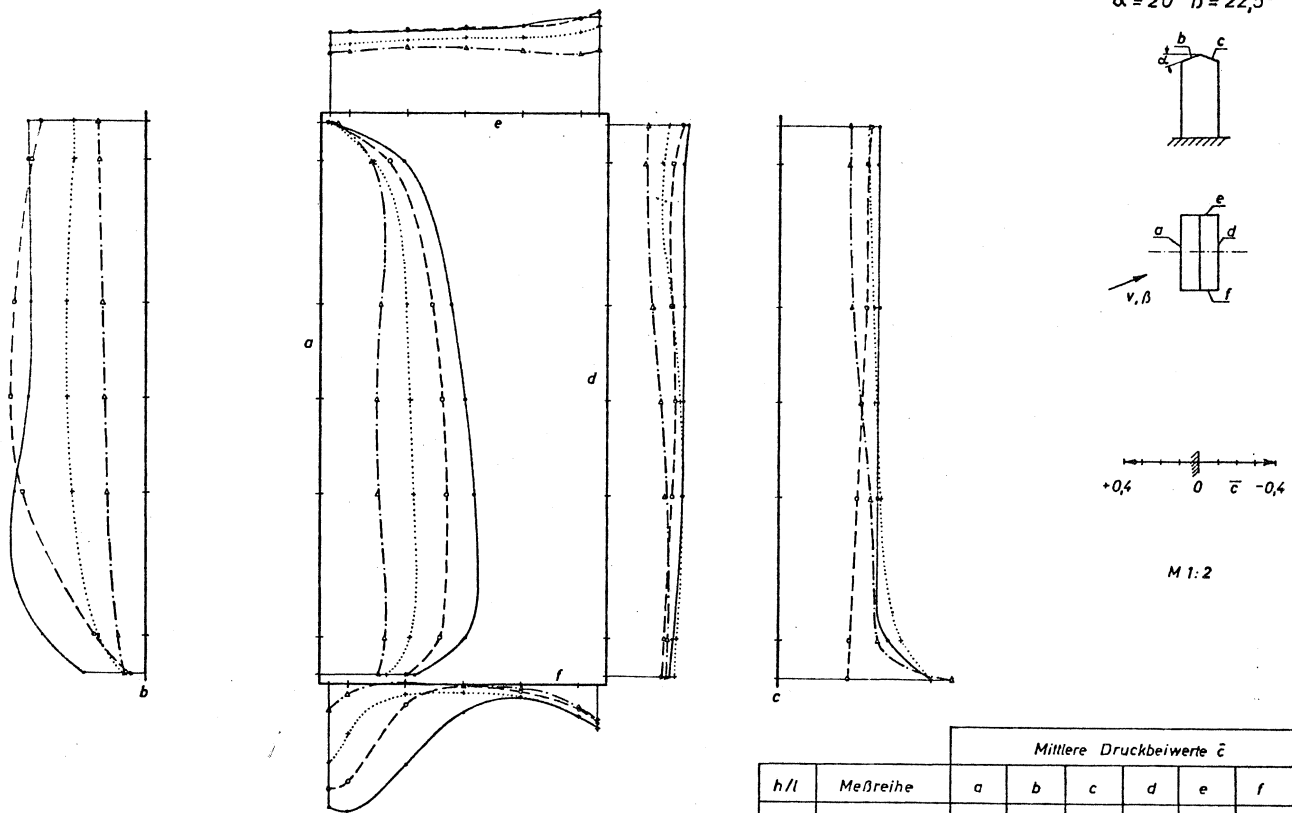
		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{\epsilon}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	-0.51	-0.52	-0.52	-0.51	-0.13	+0.73
3/4	$\frac{3}{4}H$ $\dashrightarrow$	-0.37	-0.41	-0.41	-0.37	-0.14	+0.68
1/2	$\frac{1}{2}H$ $\dashrightarrow$	-0.20	-0.25	-0.24	-0.21	-0.13	+0.52
1/4	$\frac{1}{4}H$ $\dashrightarrow$	-0.09	-0.12	-0.12	-0.09	-0.09	+0.29

Bild A 10. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longleftarrow$	+0.72	-0.68	-0.58	-0.43	-0.62	-0.63
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\longleftarrow$	+0.62	-0.78	-0.41	-0.32	-0.68	-0.69
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\longleftarrow$	+0.45	-0.30	-0.36	-0.28	-0.52	-0.50
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\longleftarrow$	+0.30	-0.16	-0.34	-0.21	-0.30	-0.31

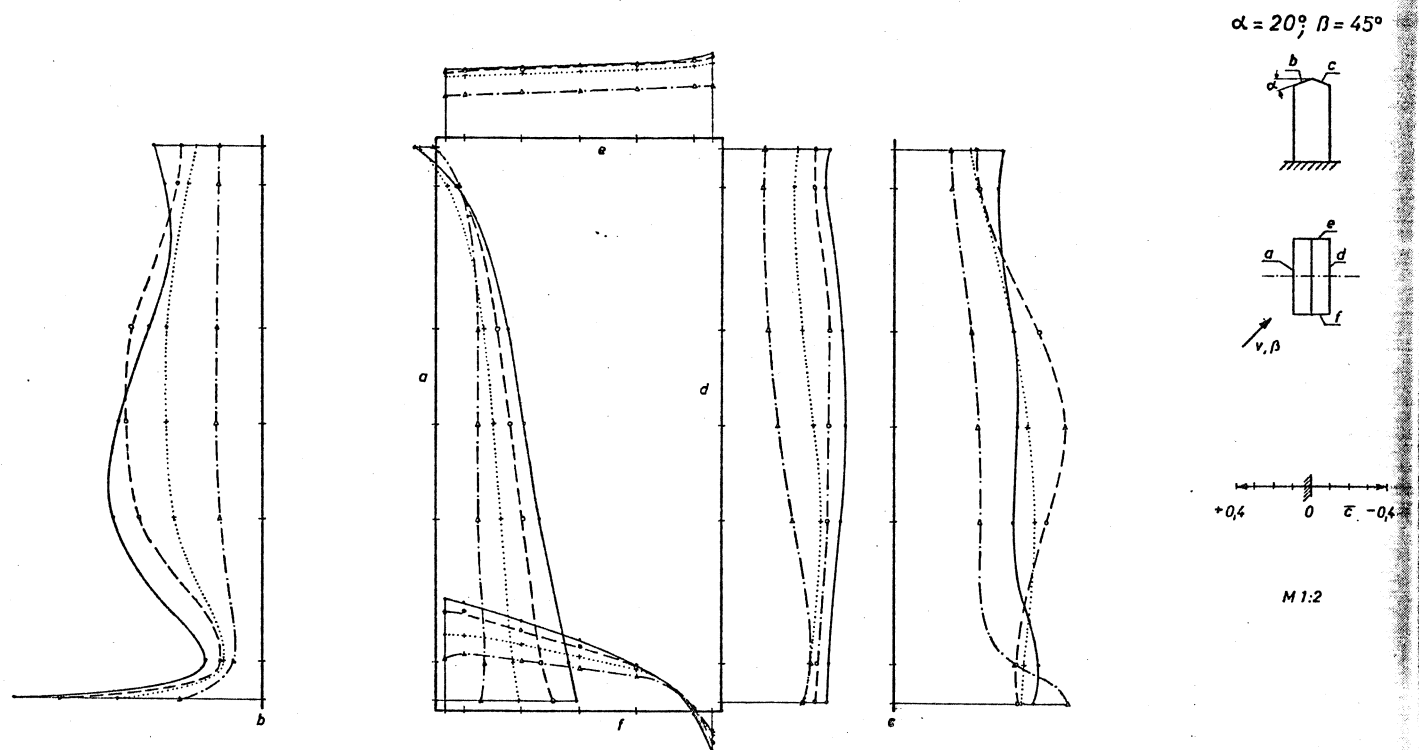
Bild A 11. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	$H$ ———→	+0.69	-0.62	-0.53	-0.39	-0.46	-0.29
3/4	$\frac{3}{4}H$ - - - - -→	+0.57	-0.58	-0.43	-0.33	-0.46	-0.15
1/2	$\frac{1}{2}H$ ······→	+0.44	-0.37	-0.53	-0.35	-0.40	-0.10
1/4	$\frac{1}{4}H$ ← - - - - →	+0.31	-0.21	-0.44	-0.26	-0.34	-0.03

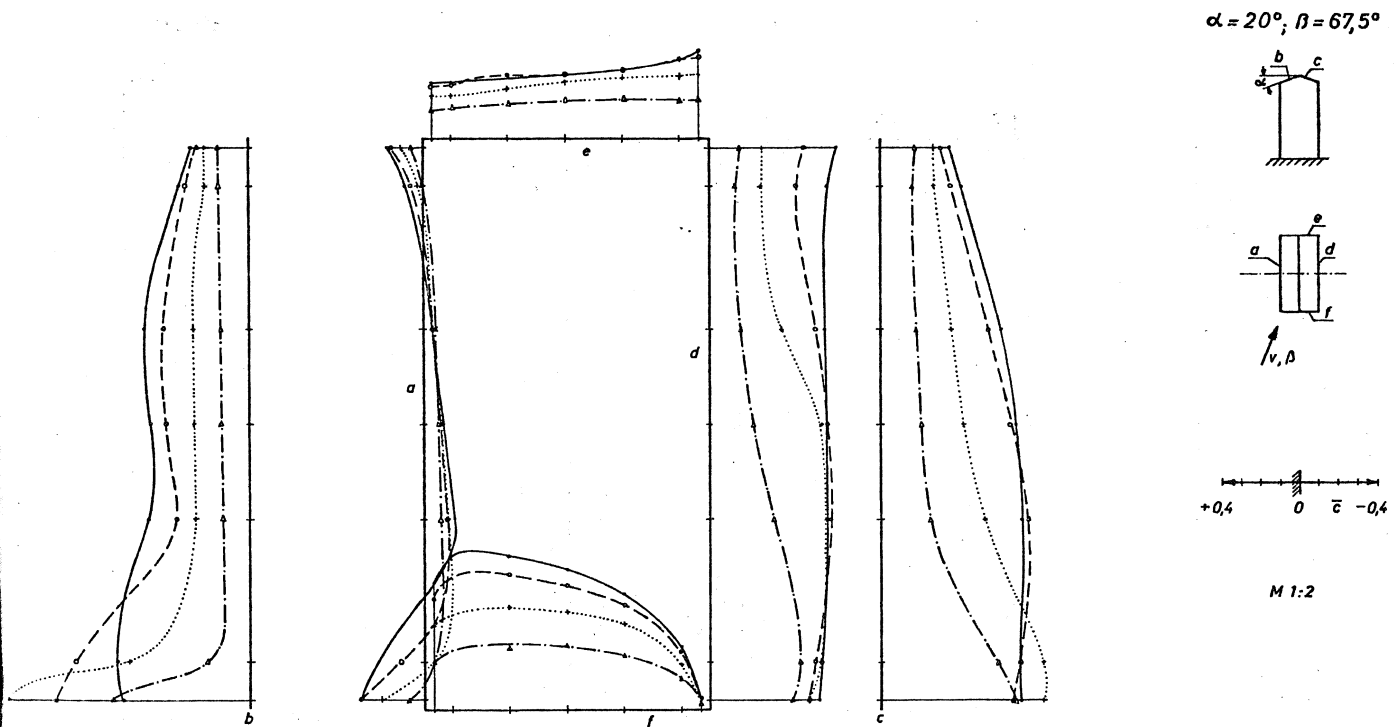
Bild A 12. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .





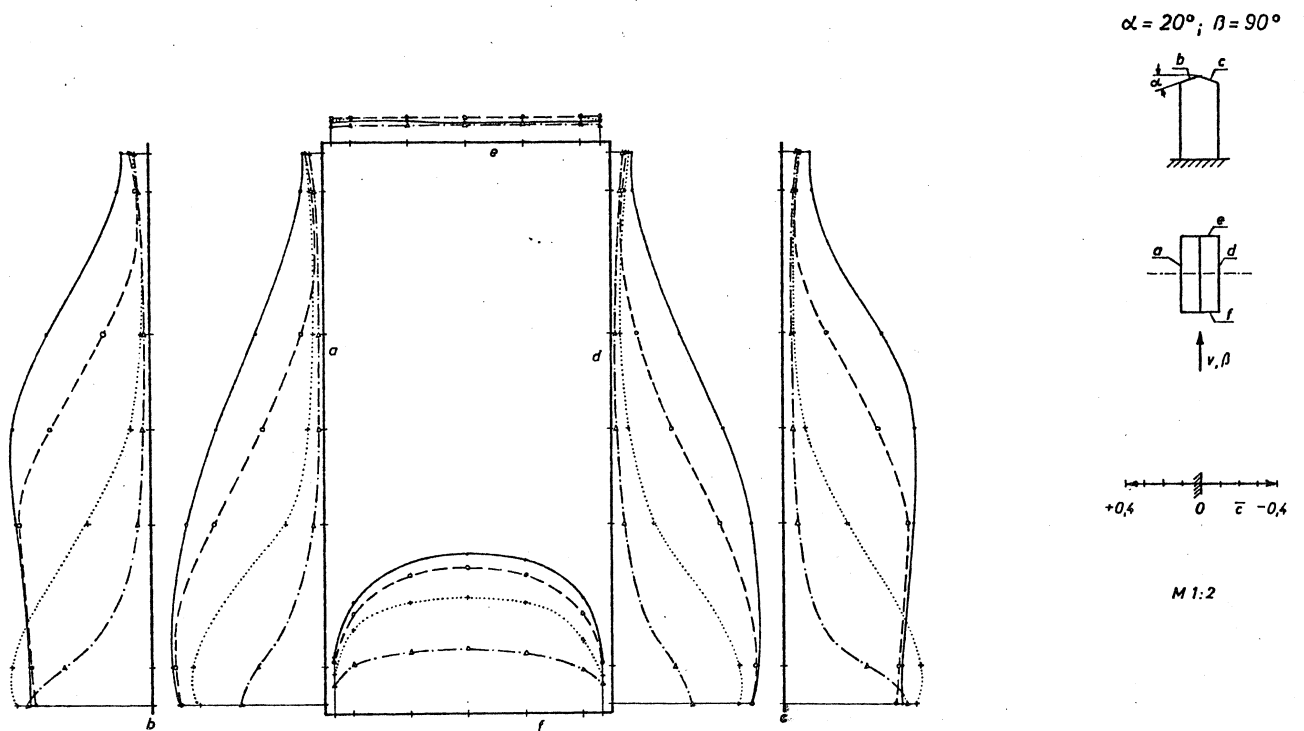
		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	+0,44	-0,60	-0,63	-0,60	-0,38	+0,33
3/4	$\frac{3}{4}H$ $\dashrightarrow$	+0,37	-0,55	-0,71	-0,53	-0,37	+0,30
1/2	$\frac{1}{2}H$ $\dashrightarrow$	+0,28	-0,42	-0,64	-0,45	-0,35	+0,25
1/4	$\frac{1}{4}H$ $\dashrightarrow$	+0,21	-0,22	-0,44	-0,32	-0,25	+0,23

Bild A 13. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	$H \rightarrow$	+0,01	-0,53	-0,65	-0,61	-0,34	+0,66
3/4	$\frac{3}{4} H \dashrightarrow$	+0,03	-0,50	-0,63	-0,56	-0,35	+0,59
1/2	$\frac{1}{2} H \dashrightarrow$	+0,07	-0,35	-0,50	-0,48	-0,28	+0,45
1/4	$\frac{1}{4} H \dashrightarrow$	+0,06	-0,17	-0,28	-0,27	-0,19	+0,29

Bild A 14. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	$H \longrightarrow$	-0.51	-0.54	-0.54	-0.52	-0.12	+0.74
3/4	$\frac{3}{4} H \dashrightarrow$	-0.37	-0.41	-0.41	-0.37	-0.14	+0.67
1/2	$\frac{1}{2} H \dashrightarrow$	-0.22	-0.26	-0.27	-0.23	-0.14	+0.53
1/4	$\frac{1}{4} H \dashrightarrow$	-0.09	-0.12	-0.12	-0.10	-0.10	+0.30

Bild A 15. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

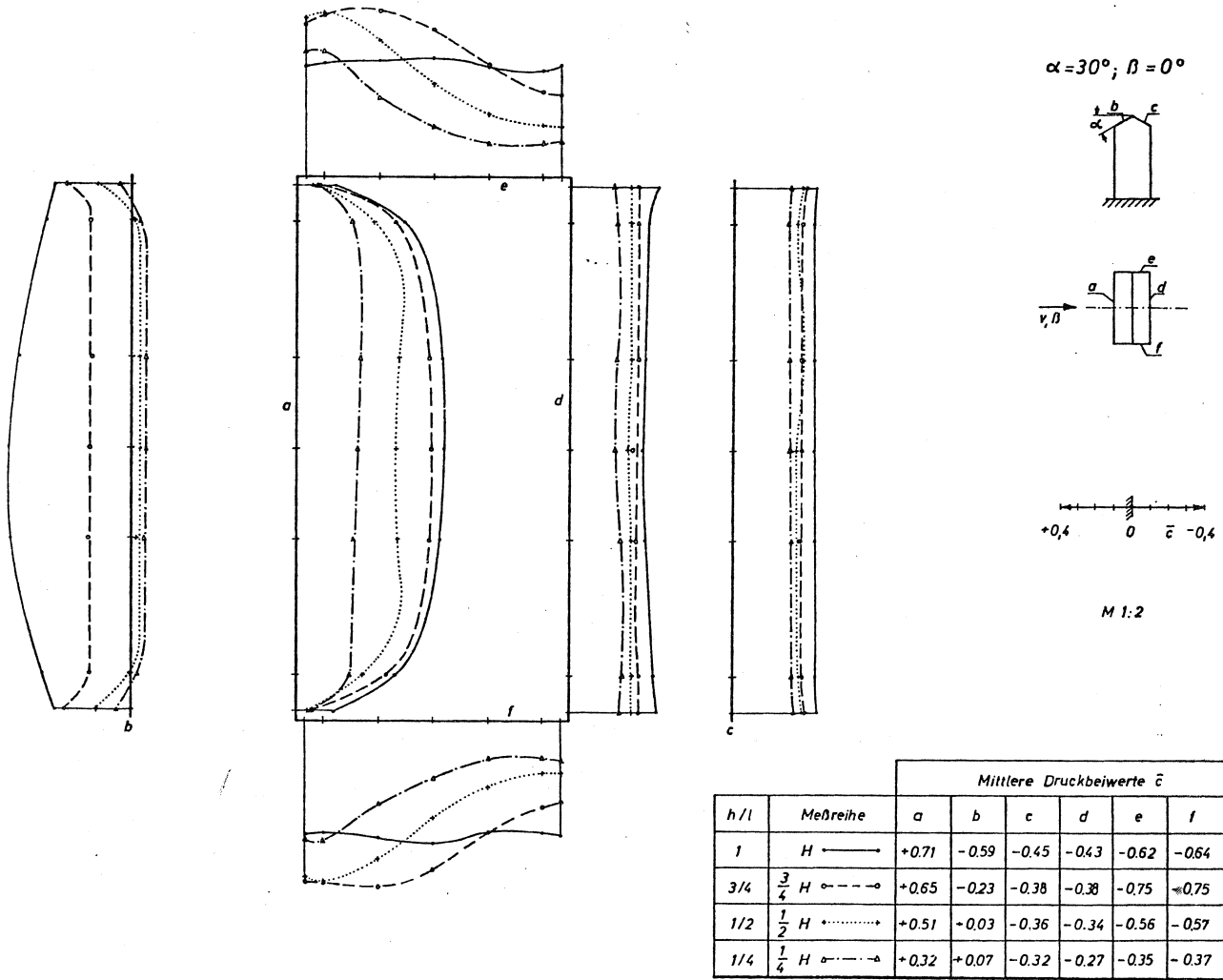


Bild A 16. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

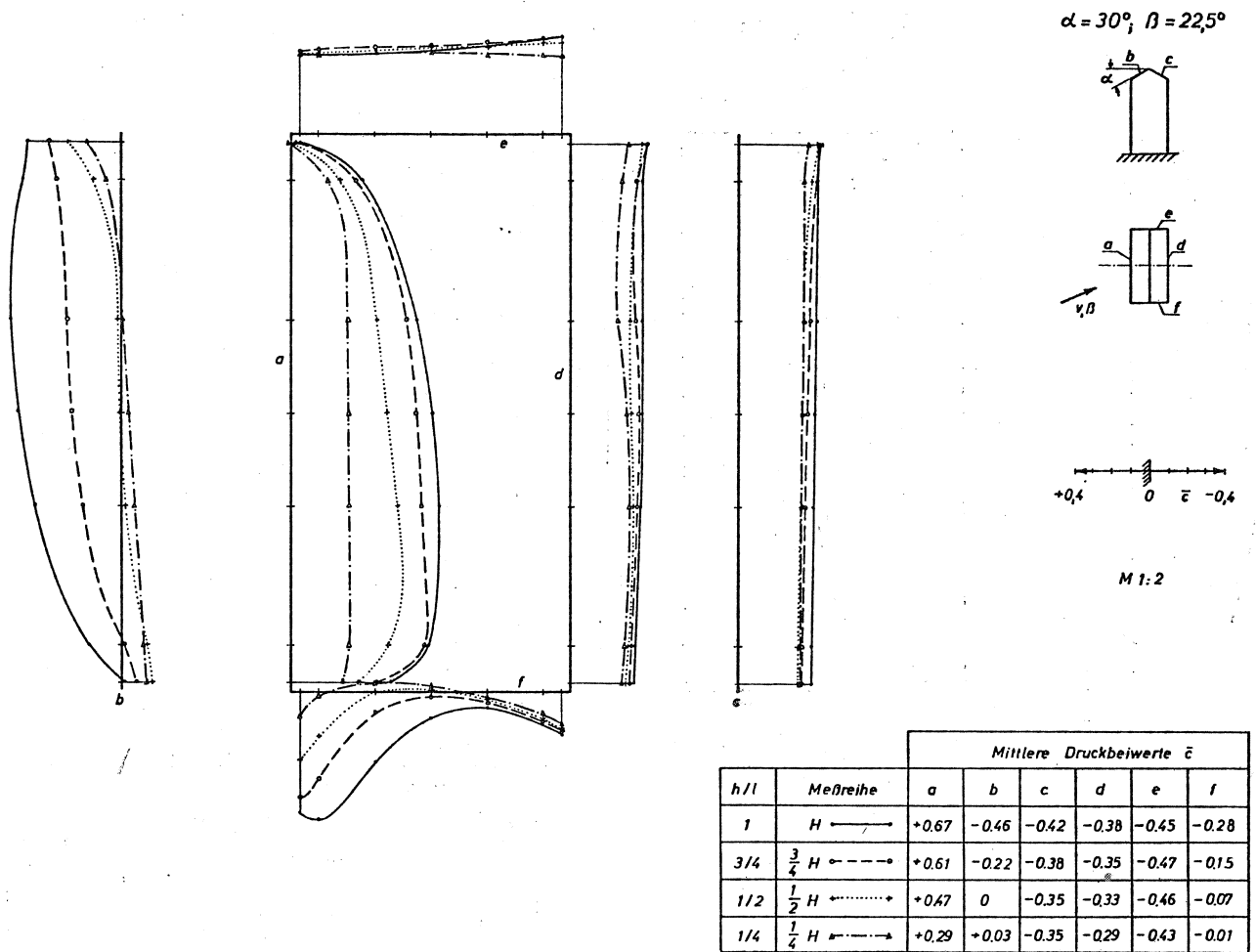
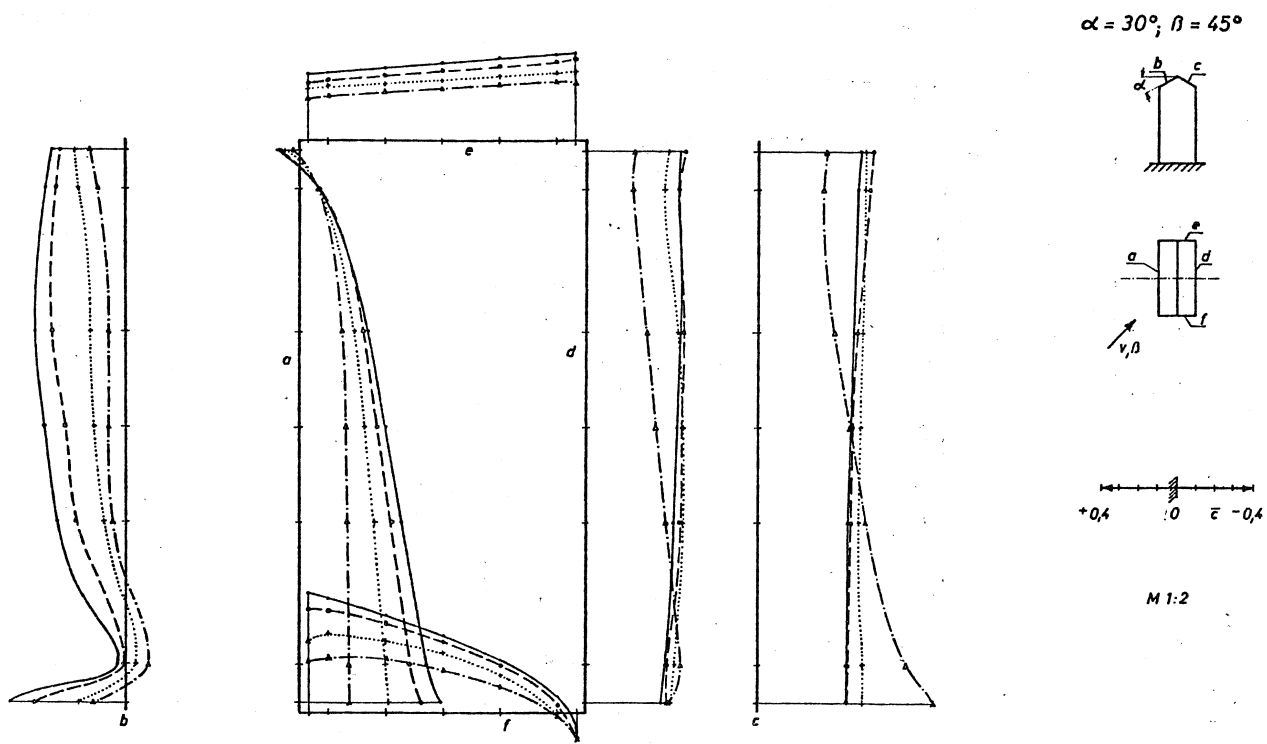
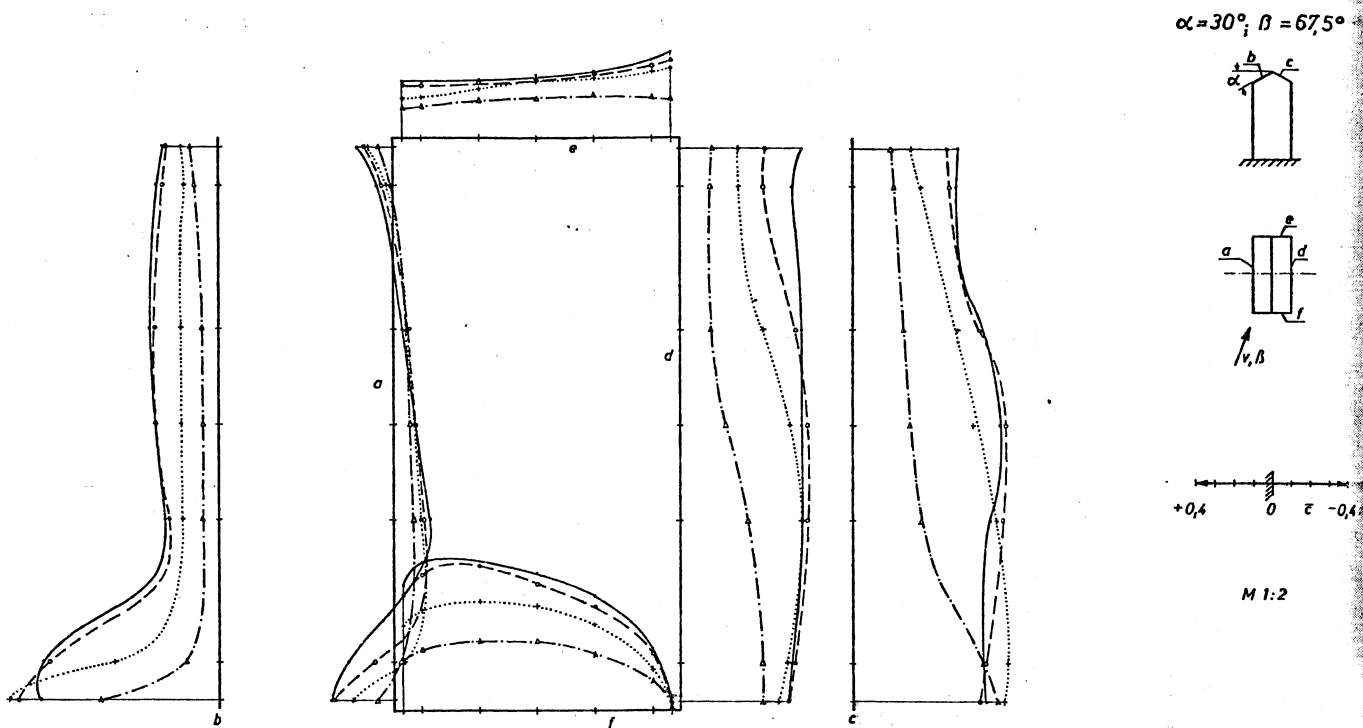


Bild A 17. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



h/l	Meßreihe	Mittlere Druckbeiwerte $\bar{\epsilon}$					
		a	b	c	d	e	f
1	H $\longleftrightarrow$	+0.43	-0.37	-0.50	-0.47	-0.41	+0.37
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\longleftrightarrow$	+0.38	-0.27	-0.52	-0.49	-0.37	+0.33
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\longleftrightarrow$	+0.31	-0.13	-0.55	-0.48	-0.32	+0.26
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\longleftrightarrow$	+0.22	-0.06	-0.52	-0.37	-0.27	+0.18

Bild A 18. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $\epsilon_m$ .

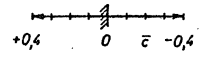
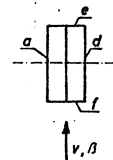
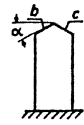


		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	+0,02	-0,42	-0,67	-0,62	-0,34	+0,65
3/4	$\frac{3}{4}H \dashrightarrow$	+0,06	-0,39	-0,69	-0,59	-0,31	+0,61
1/2	$\frac{1}{2}H \dashrightarrow$	+0,08	-0,26	-0,62	-0,50	-0,28	+0,47
1/4	$\frac{1}{4}H \dashrightarrow$	+0,07	-0,12	-0,36	-0,27	-0,20	+0,31

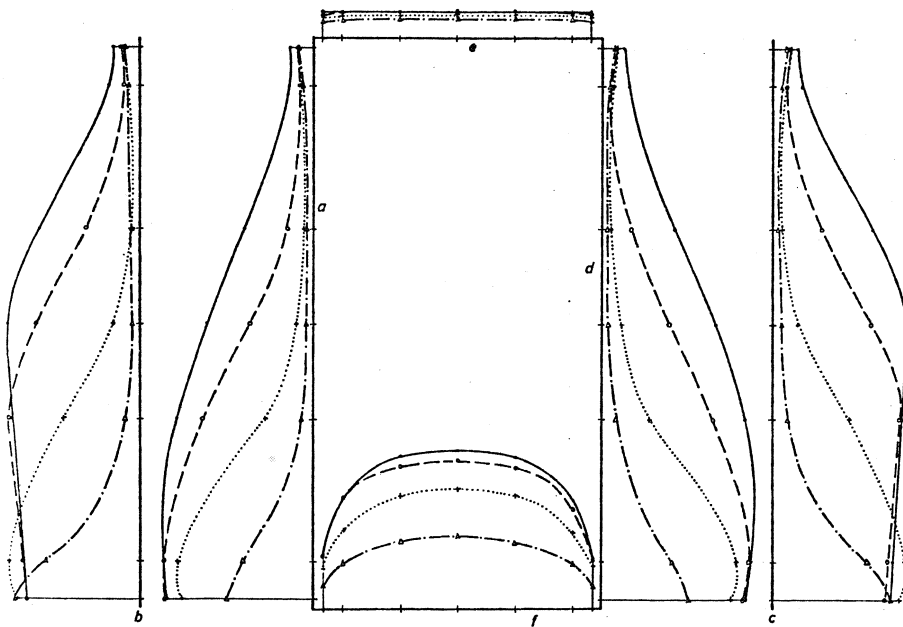
Bild A 19. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



$\alpha = 30^\circ; \beta = 90^\circ$



M 1:2



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	$H \rightarrow$	-0.51	-0.53	-0.53	-0.53	-0.14	+0.73
3/4	$\frac{3}{4} H \circ \cdots \cdots$	-0.38	-0.44	-0.42	-0.39	-0.14	+0.69
1/2	$\frac{1}{2} H \cdots \cdots \rightarrow$	-0.23	-0.27	-0.27	-0.24	-0.12	+0.53
1/4	$\frac{1}{4} H \circ \cdots \cdots \rightarrow$	-0.10	-0.13	-0.12	-0.11	-0.10	+0.32

Bild A 20. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

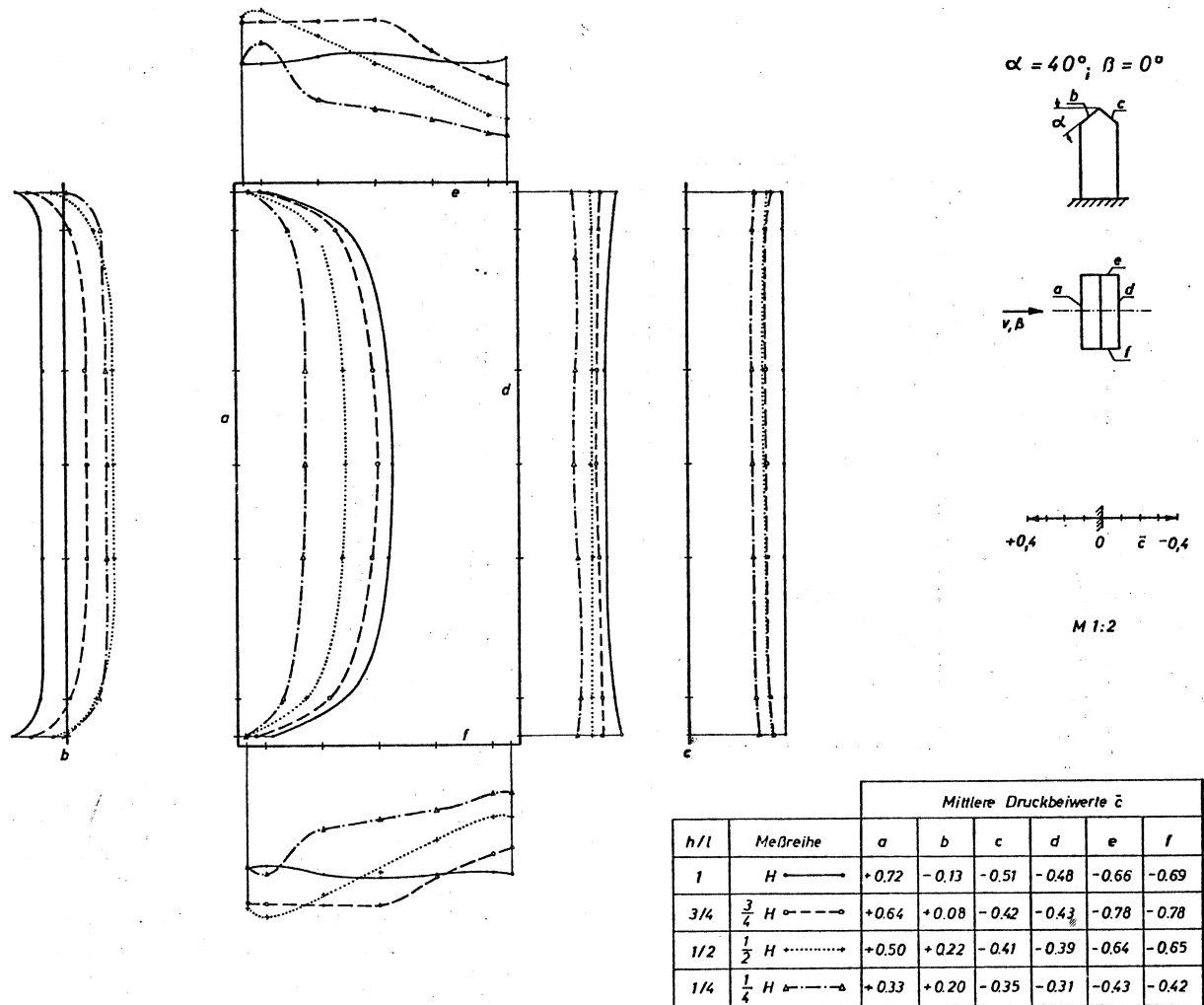
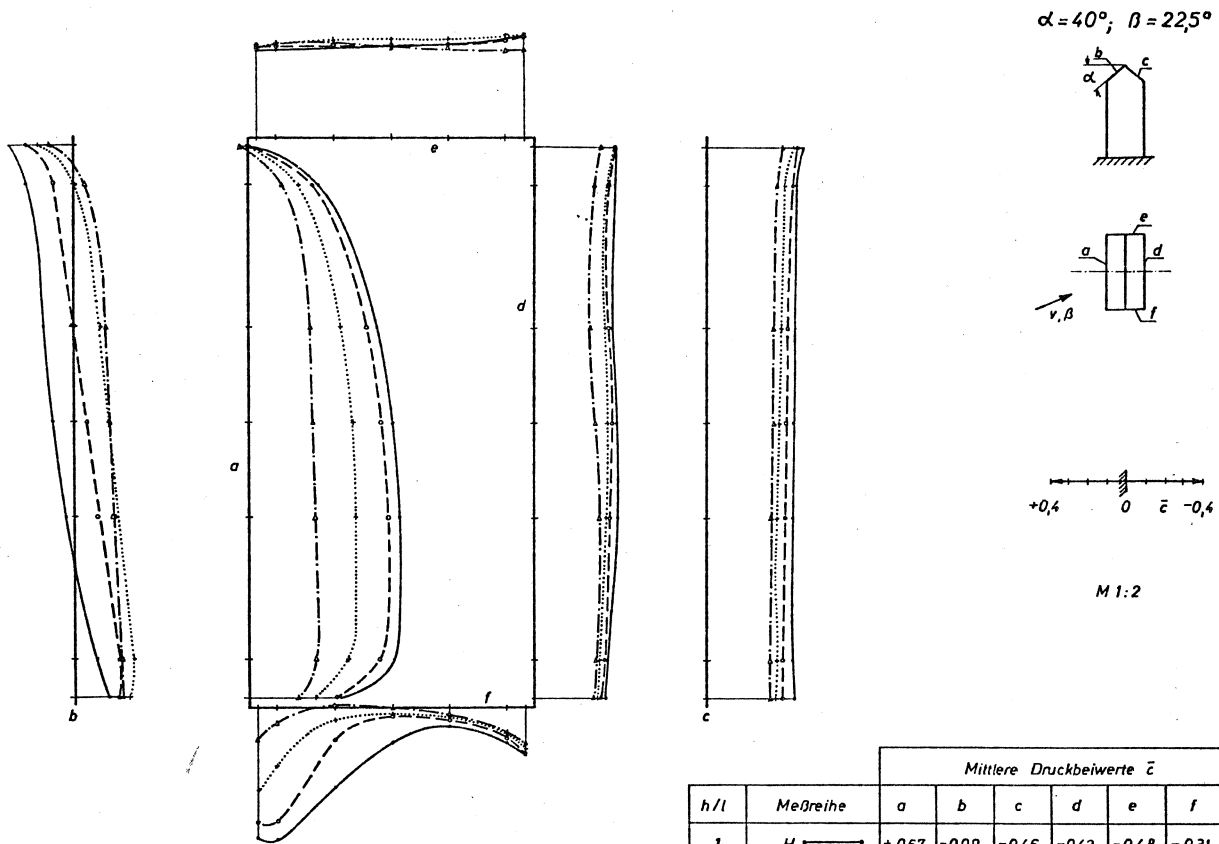
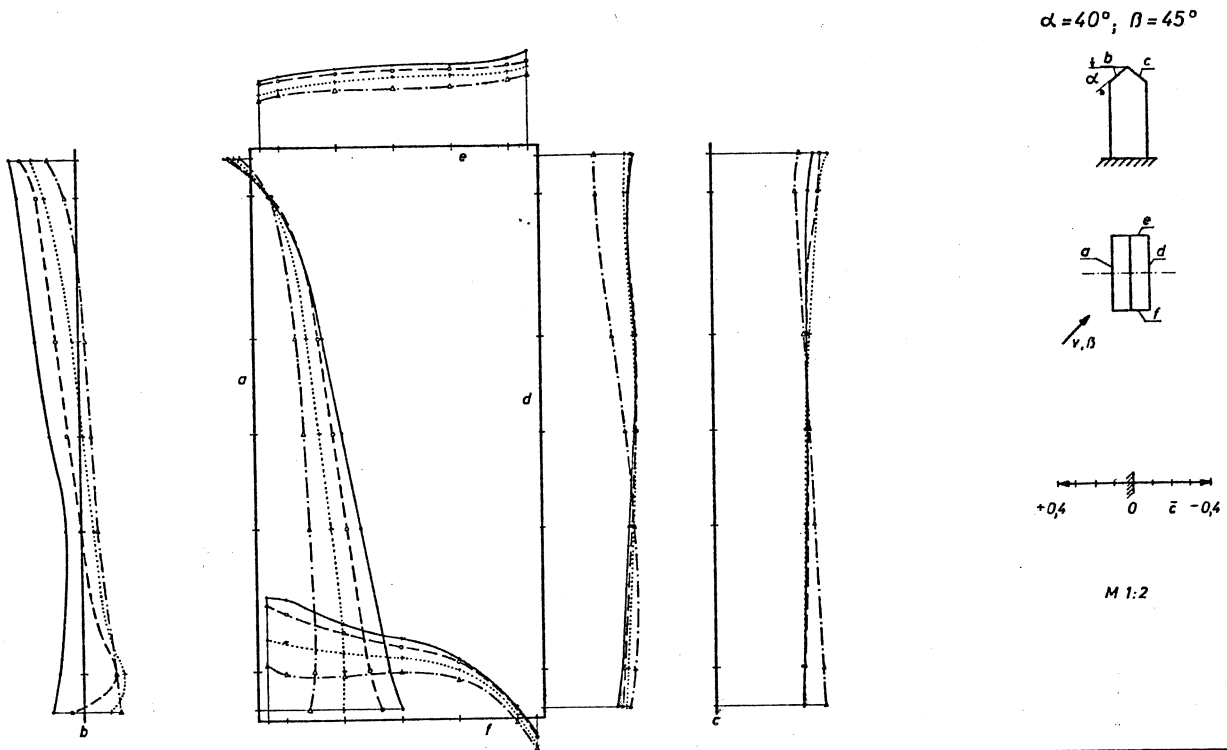


Bild A 21. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



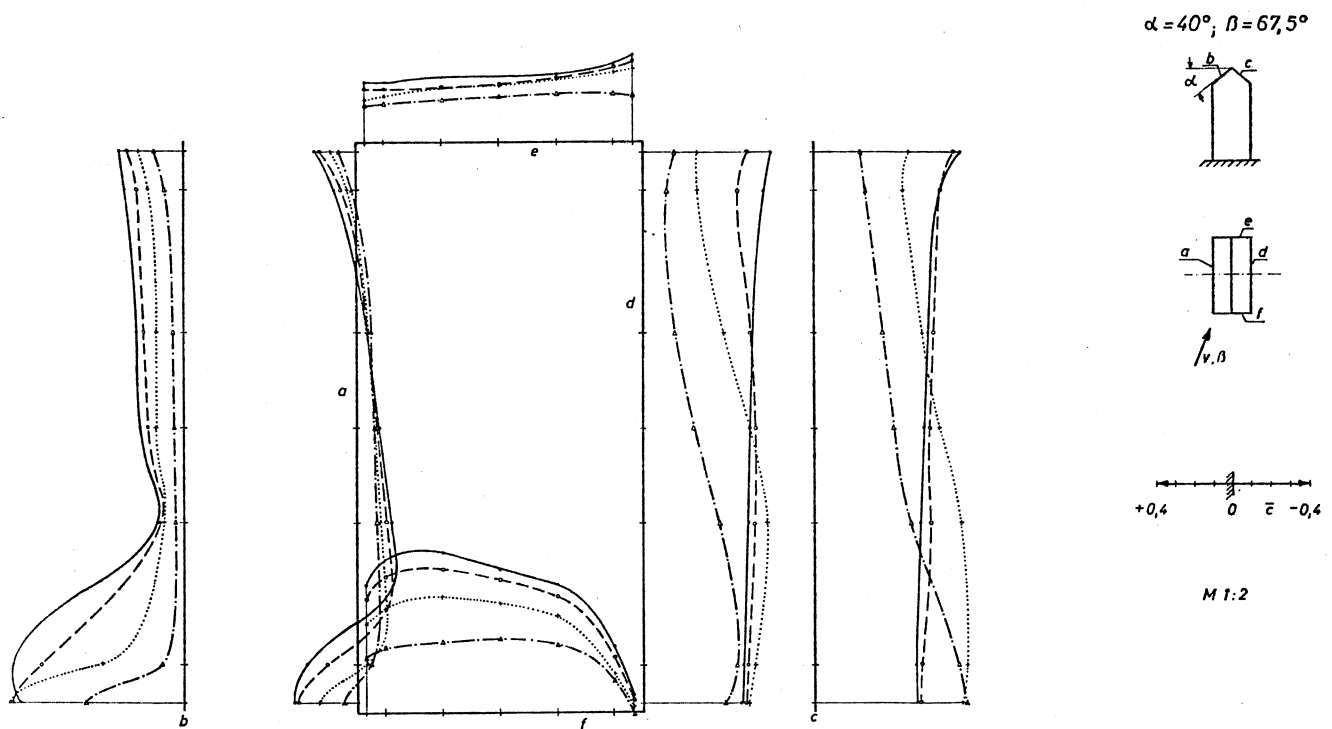
		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	+0.67	-0.09	-0.46	-0.42	-0.48	-0.31
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\dashrightarrow$	+0.61	+0.07	-0.42	-0.39	-0.49	-0.20
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\dashrightarrow$	+0.48	+0.17	-0.38	-0.37	-0.51	-0.11
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\dashrightarrow$	+0.31	+0.18	-0.35	-0.32	-0.48	-0.05

Bild A 22. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



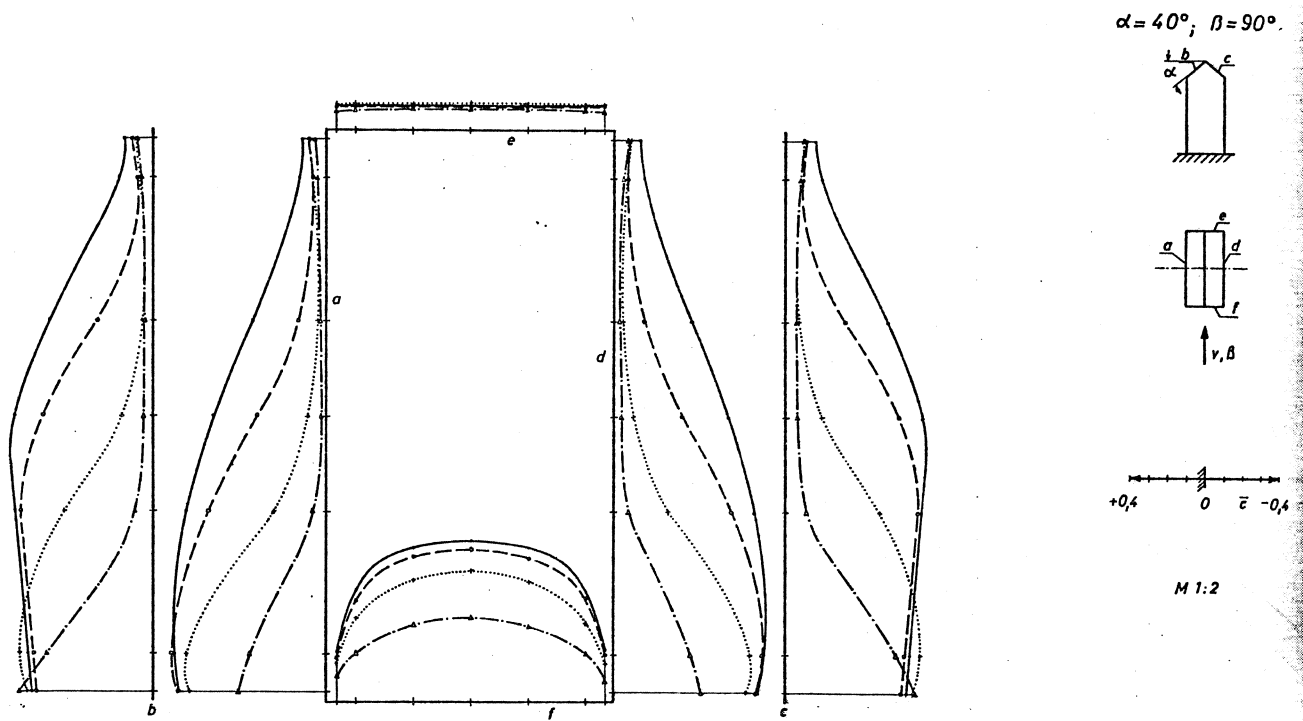
		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{\epsilon}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	+0.44	-0.18	-0.48	-0.46	-0.42	+0.39
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\longleftarrow$	+0.39	-0.06	-0.50	-0.47	-0.40	+0.35
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\longleftarrow$	+0.32	+0.01	-0.50	-0.46	-0.36	+0.27
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\longleftarrow$	+0.23	+0.06	-0.50	-0.42	-0.31	+0.19

Bild A 23. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{\epsilon}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



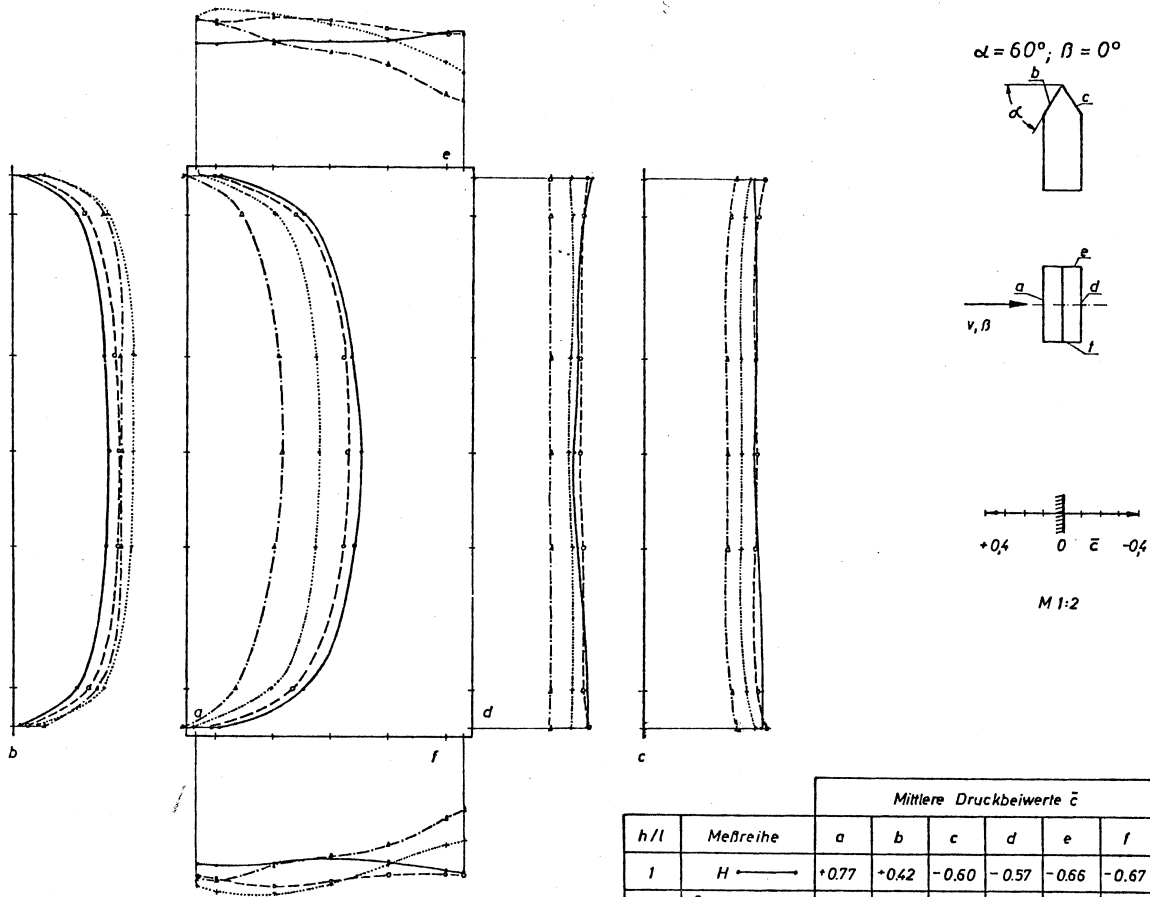
		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longleftarrow$	+0,03	-0,36	-0,59	-0,57	-0,36	+0,69
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\longleftarrow$	+0,05	-0,29	-0,62	-0,56	-0,32	+0,62
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\longleftarrow$	+0,07	-0,20	-0,66	-0,51	-0,30	+0,49
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\longleftarrow$	+0,07	-0,07	-0,47	-0,30	-0,24	+0,33

Bild A 24. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	-0.53	-0.55	-0.56	-0.54	-0.13	+0.74
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\dashrightarrow$	-0.40	-0.44	-0.45	-0.40	-0.12	+0.69
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\dashrightarrow$	-0.24	-0.29	-0.31	-0.25	-0.14	+0.57
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\dashrightarrow$	-0.11	-0.16	-0.17	-0.12	-0.10	+0.36

Bild A 25. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longleftarrow$	+0.77	+0.42	-0.60	-0.57	-0.66	-0.67
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\circ \dashrightarrow$	+0.72	+0.48	-0.60	-0.58	-0.75	-0.75
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\circ \dashrightarrow$	+0.59	+0.56	-0.53	-0.52	-0.72	-0.74
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\circ \dashrightarrow$	+0.39	+0.52	-0.44	-0.41	-0.59	-0.62

Bild A 26. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .

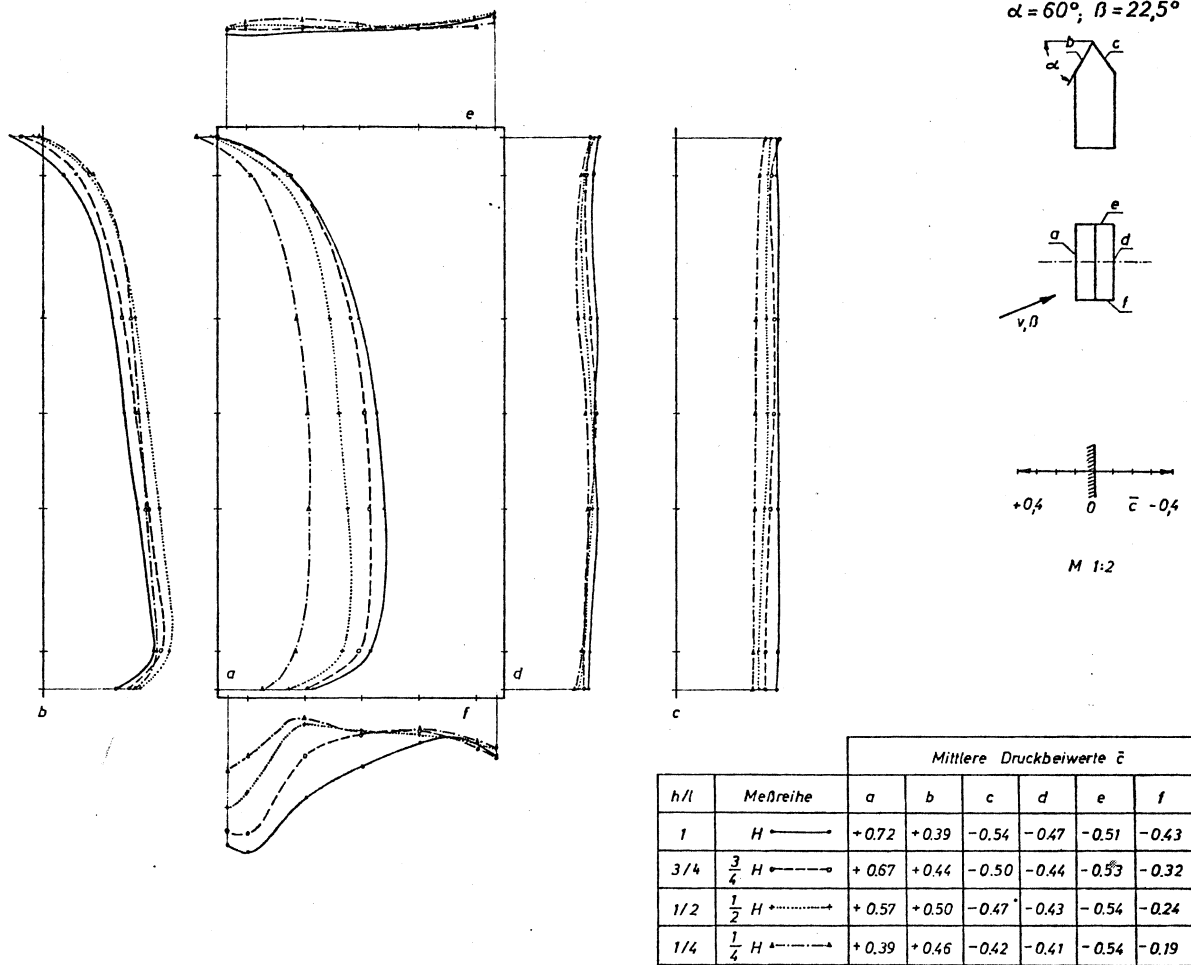
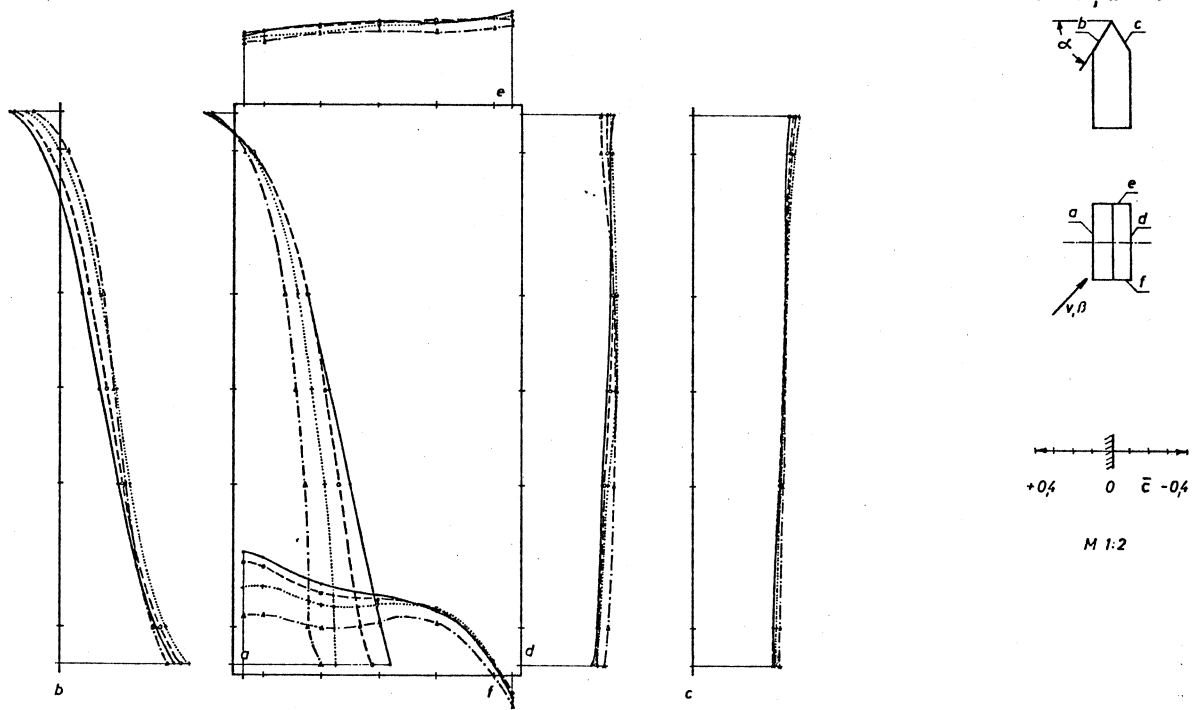


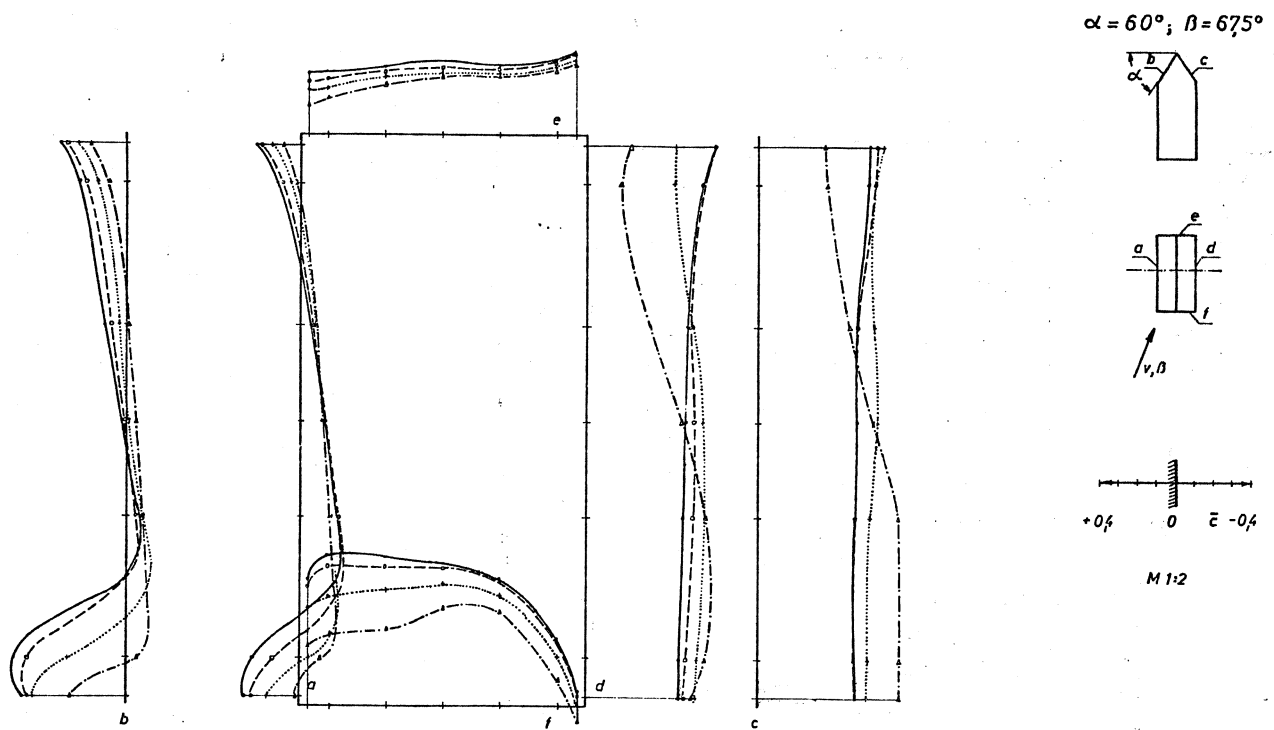
Bild A 27. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .





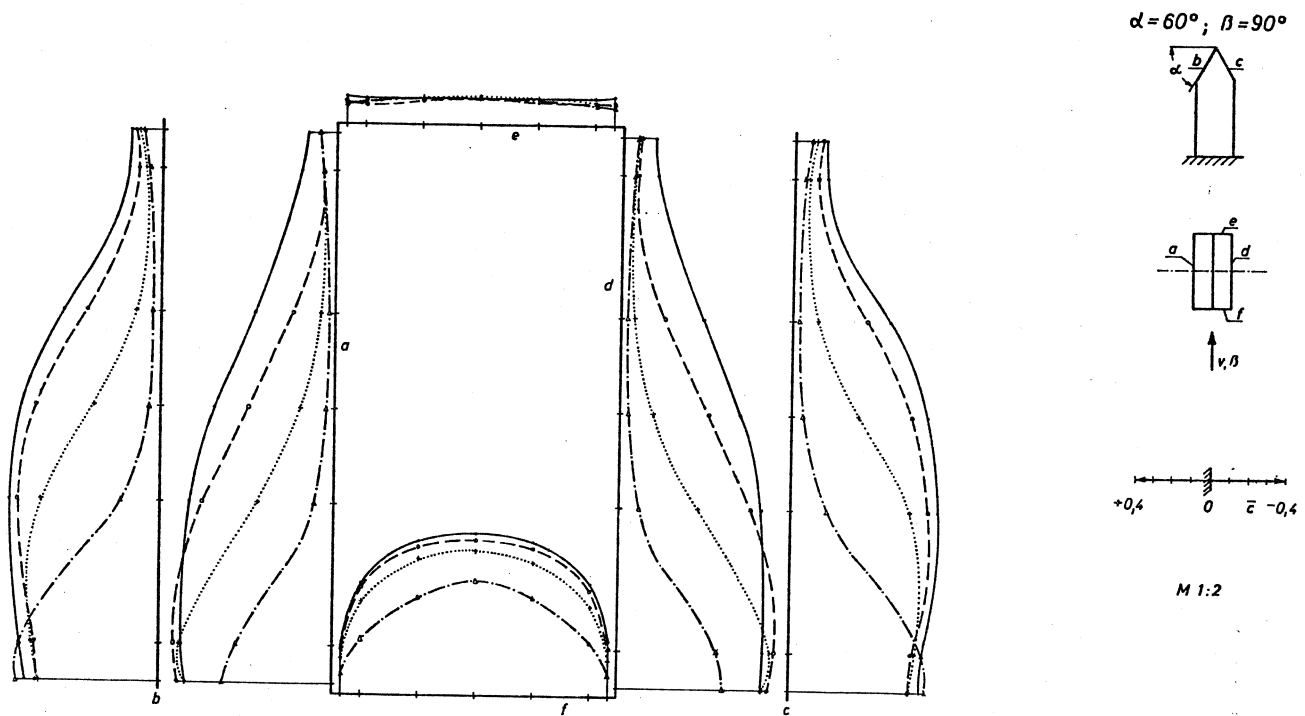
		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	$H \longrightarrow$	+0.47	+0.20	-0.48	-0.44	-0.42	+0.38
3/4	$\frac{3}{4} H \dashrightarrow$	+0.43	+0.23	-0.47	-0.45	-0.42	+0.36
1/2	$\frac{1}{2} H \dashrightarrow$	+0.37	+0.28	-0.48	-0.46	-0.40	+0.33
1/4	$\frac{1}{4} H \dashrightarrow$	+0.28	+0.27	-0.48	-0.47	-0.38	+0.22

Bild A 28. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



		Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
$h/l$	Meßreihe	a	b	c	d	e	f
1	H $\longrightarrow$	+0.04	-0.15	-0.53	-0.54	-0.37	+0.68
3/4	- H $\circ\cdots\cdots\circ$	+0.06	-0.12	-0.54	-0.57	-0.35	+0.65
1/2	- H $\cdots\cdots\cdots\rightarrow$	+0.09	-0.04	-0.61	-0.57	-0.31	+0.55
1/4	- H $\ast\cdots\cdots\rightarrow$	+0.10	+0.02	-0.59	-0.46	-0.28	+0.40

Bild A 29. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .



h/l	Meßreihe	Mittlere Druckbeiwerte $\bar{c}$					
		a	b	c	d	e	f
1	H $\longleftarrow$	-0.55	-0.57	-0.57	-0.55	-0.14	+0.74
3/4	$\frac{3}{4}$ H $\longleftarrow$	-0.44	-0.50	-0.50	-0.45	-0.12	+0.70
1/2	$\frac{1}{2}$ H $\longleftarrow$	-0.30	-0.37	-0.37	-0.30	-0.14	+0.63
1/4	$\frac{1}{4}$ H $\longleftarrow$	-0.14	-0.22	-0.20	-0.14	-0.13	+0.45

Bild A 30. Bestimmung der mittleren Druckbeiwerte  $\bar{c}$  aus den Schnitt-Druckbeiwerten  $c_m$ .