

Windlasten auf Flachdächern niedriger,  
kantiger Baukörper

**T 2176**

T 2176

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

PROFESSOR DR-ING CARL KRAMER  
PROFESSOR H. J. GERHARDT, M. Sc.

STROMUNGSLABORATORIUM  
IM FACHBEREICH  
FLUGZEUG-U. TRIEBWERKBAU  
FACHHOCHSCHULE AACHEN

Abschlußbericht  
zum Forschungsvorhaben

"Windlasten auf Flachdächern  
niedriger. kantiger Baukörper"

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. R. Schauer  
Projektleiter : Prof. H.J. Gerhardt, M. Sc.

Aachen. November 1989

## 1.0 Problemstellung

Die Windsogverteilung auf der Dachfläche quaderförmiger Baukörper hängt von der relativen Höhe  $h/a$  und dem Seitenverhältnis  $b/a$  ab. Dem wird in DIN 1055 Teil 4 in sehr vereinfachter Weise Rechnung getragen. Insbesondere unterscheidet man in Baukörper  $h/a < 0.4$  und  $h/a \geq 0.4$ . Einheitlich wird für alle relativen Gebäudeabmessungen die Randstreifenbreite mit  $a/8$  festgelegt. Grundlage für diese Angaben in DIN 1055 Teil 4 war die Auswertung und Vereinfachung der Ergebnisse einer umfangreichen Grundlagenstudie, die im Strömungslaboratorium der Fachhochschule Aachen durchgeführt wurde. Hierüber wurde in mehreren Veröffentlichungen, z.B. [1], [2], [3], [4], berichtet. In dieser Grundlagenstudie wurden quaderförmige Baukörper mit relativen Höhen  $h/a = 0.25; 0.5; 1.0$  und  $1.5$  untersucht. Hierbei ergibt sich - wie bereits von Ackeret [5] erläutert - bei Übereck-Anströmung in den randnahen luvseitigen Dachrandbereichen ein sehr stabiles Wirbelsystem. Diese "tütenartigen" Wirbelkegel führen zu einer sehr starken Strömungsbeschleunigung und dadurch zu hohen Windsoglasten. Die vorliegenden Ergebnisse von Windkanaluntersuchungen zeigen, daß die Windsoglasten im Eck- und Randbereich der Dachfläche mit abnehmender Verdrängungswirkung deutlich abnehmen. Dabei ist die relative Gebäudehöhe  $h/a$  ein Maß für die Verdrängungswirkung. Die Festsetzung der Randstreifenbreite für vergleichsweise sehr niedrige Baukörper (sehr kleines  $h/a$ ) ausschließlich in Bezug auf die Gebäudebreite  $a$  ist daher fragwürdig. Zur Zeit liegen jedoch in der nationalen und internationalen Literatur keinerlei Angaben über die Windbelastung auf Dächern von relativ sehr niedrigen kantigen Baukörpern ( $h/a < 0.1$ ) vor. Diese Wissenslücke, die für die Baupraxis insbesondere für Industriegroßbauten eine erhebliche Bedeutung besitzt, soll durch die Untersuchung dieser Forschungsarbeit geschlossen werden.

## 2.0 Arbeitshypothese

Es lassen sich zwei unterschiedliche Strömungssituationen auf der Dachfläche quaderförmiger Baukörper unterscheiden. Bei Anströmung über Eck führt die Ablösung an den schiebenden Kanten zur Einrollung der Strömung in Form tütenförmiger Wirbel, wie sie beispielsweise von der Umströmung angestellter Delta-Flügel bekannt sind [5], [6]. Wenn die Verdrängungswirkung des Gebäudes groß genug ist, bilden sich in unmittelbarer Nähe der schiebenden Kanten zusätzlich zu den Primärwirbeln noch Sekundärwirbel aus, die zu extrem großen Sogspitzen im randnahen Eckbereich führen können. Für vergleichsweise hohe Gebäude (Gebäude mit vergleichsweise großer relativer Höhe  $h/a$ ) ergeben sich für den Eck- und Randbereich der Dachfläche die höchsten Windsoglasten bei Anströmung über Eck infolge Ausbildung eines sehr intensiven Wirbelsystems.

Bei Anströmung senkrecht zu einer Gebäudewand löst die Strömung entlang der Dachkante ab. Falls die Gebäudeerstreckung in Strömungsrichtung groß genug ist, kommt es stromab der Luvkante zum Wiederanlegen der Strömung auf der Dachfläche. Stromab der Luvkante entsteht dabei eine Ablösezone mit einem näherungsweise zylindrischen Wirbel, dessen Achse parallel zur Dachkante verläuft. Im Bereich dieses Ablösewirbels kann es wiederum zu erheblichen Sogbelastungen kommen. Die Überströmung der Dachfläche ist vergleichbar der Überströmung einer luvseitigen Stufe. Die Ablösezone hängt von der Höhe der überströmten Stufe ab. Für zweidimensionale Umströmung, d.h. sich senkrecht zur Anströmung sehr weit erstreckendes Gebäude, ist zu erwarten, daß die maximale Sogbelastung im dachkantennahen Bereich nicht wesentlich von der Stufenhöhe beeinflusst wird.

Während also das sich bei Übereckanströmung auf der Dachfläche einstellende tütenförmige Wirbelsystem bei abnehmender relativer Gebäudehöhe schwächer wird, bleibt die Ausbildung des näherungsweise zylindrischen Wirbelsystems bei Anströmung senkrecht zur Dachkante nahezu unverändert bei abnehmender relativer Gebäudehö-

he. Dies legt den Schluß nahe, daß die maximale Windsogbelastung auf der Dachfläche sehr niedriger Baukörper bei Anströmung senkrecht zur Dachkante entsteht. Die Definition der Randstreifenbreite entsprechend der Annahme in DIN 1055 Teil 4, daß nämlich für die Bemessungswindlast das tütenförmige Wirbelsystem ausschlaggebend ist, besitzt dann keine Gültigkeit mehr. Vielmehr muß die Randstreifenbreite und die Bemessungswindbelastung für die nunmehr kritische Windanströmung senkrecht zur Dachkante gewählt werden.

### 3.0 Versuchsmethode

Der Hauptteil der Untersuchungen wurde, um mit DIN 1055 Teil 4 kompatible Ergebnisse zu erhalten, in turbulenzarmer, glatter Strömung im Göttinger Windkanal der Fachhochschule Aachen durchgeführt. Die achteckige Düse besitzt eine Schlüsselweite von 1,1 m. Die maximale Luftgeschwindigkeit beträgt  $U_{\max} = 40$  m/s. Die Gebäudemodelle wurden auf einer Grundplatte befestigt, die vom Düsenaustritt bis zum Aufhängereintritt reichte. Im Modellbereich ergibt sich auf der Grundplatte eine turbulente Grenzschicht mit einer Verdrängungsdicke  $\sigma^* = 3,5$  mm. Die Zunahme der Geschwindigkeit  $u$  mit der Höhe  $h$  innerhalb der Grenzschicht kann näherungsweise durch die Beziehung  $u \approx h^{0,13}$  beschrieben werden. Bild 1 zeigt das Geschwindigkeitsprofil und das Turbulenzgradprofil.

Für quaderförmige Baukörper mit quadratischem Grundriß wurden die Stromlinien auf der Dachfläche mittels der Farbstrahlenmethode sichtbar gemacht. Bei konstanter Baukörperhöhe  $h = 32$  mm wurden relative Höhen  $h/a = 0,04; 0,05; 0,1$  und  $0,2$  untersucht. Ferner wurde bei konstanter Breite  $a = 160$  mm die Druckverteilung für quaderförmige Baukörper des Seitenverhältnisses  $b/a = 1$  und  $2$  für 7 relative Höhen im Bereich  $h/a = 0,025$  bis  $0,288$  bestimmt. Zur Vereinfachung der Messungen diente eine Druckmeßplatte mit quadratischem Grundriß (Kantenlänge 160 mm), in der sich 48 Druck-

gewählt. daß entlang zweier. rechtwinklig aufeinander stoßender Kanten eine sehr hohe Meßstellendichte erzielt wird. Bild 2. Die Meßwerterfassung erfolgte mittels Meßstellenumschalter (Scanivalve), elektrischem Druckaufnehmer und PC. Die Druckverteilung auf der Dachfläche wurden für Anströmrichtungen über Eck und senkrecht zu den Hauptachsen der Gebäudemodelle in turbulenzarmer Strömung gemessen.

Der Einfluß einer vergleichsweise geringen Dachneigung, wie sie für Industriebauten typisch ist, wurde an Gebäudemodellen der Breite  $a = 160$  mm und der relativen Höhen = Traufhöhe/Gebäudebreite =  $h_T/a = 0.05$  und  $0.2$  mit jeweils  $b/a = 1$  und  $2$  untersucht. Für Satteldächer mit Dachneigungswinkeln  $\theta = 10^\circ$  und  $20^\circ$  wurden für diese Gebäudemodelle im luvseitigen Bereich die Druckverteilungen bei Windanströmwinkeln  $\alpha = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$  und  $90^\circ$  gemessen. Die Meßwerterfassung entsprach der oben beschriebenen, jedoch wurde eine Druckmeßplatte mit Kantenlänge 80 mm verwendet. Die Anordnung der 48 Druckmeßstellen ist derjenigen der 160 mm Meßplatte geometrisch ähnlich.

Zur Untersuchung des Turbulenzeinflusses auf das Strömungsfeld bei Anströmung senkrecht zur Dachkante wurde die Druckverteilung in Strömungsrichtung an einem zweidimensionalen Baukörper bestimmt. Hierzu wurde das Modell zwischen die Seitenwände des Grenzschichtwindkanals der Fachhochschule Aachen eingebaut. Der Meßstreckenquerschnitt beträgt  $1,75$  m x  $0,9$  m, die Länge der Anlaufstrecke, deren Boden mit Rauigkeitselementen versehen ist,  $l = 5$  m, die Länge der Meßstrecke  $l_M = 1,75$  m und die maximale Windgeschwindigkeit  $U_{max} = 24$  m/s. Durch geeignete Wahl der Oberflächenrauigkeit sowie eines groben Lattengitters und einer Barriere auf dem Windkanalboden im Eintrittsbereich der Strömung in den Strömungskanal können atmosphärische Windgrenzschichten mit Geschwindigkeitsverteilungen  $u_h/u_G = (h/h_G)^{\alpha_p}$  mit  $\alpha_p = 0.1$  bis  $0.4$  (entsprechend der Windströmung über niedrig bewachsenem Gelände bzw. über City-Centern mit Hochhausbebauung) simuliert werden. Die jeweiligen Geschwindigkeits- und Turbulenzgradverteilungen wurden mittels Heißfilmanemometrie bestimmt. Bild 3

zeigt als typisches Beispiel die simulierte Windströmung über dichtbebautem Innenstadtgebiet mit  $\alpha_p = 0.3$ . Durch einen Vergleich der spektralen Verteilung der Turbulenzintensität mit dem Davenport-Spektrum und anderen, in der Natur gemessenen Spektren ergibt sich ein Modellmaßstab im Bereich  $M = 1:180$  bis  $1:350$ .

#### 4.0 Strömungsfeld auf der Dachfläche niedriger, quaderförmiger Baukörper

##### 4.1 Stromlinienverläufe

Bild 4 zeigt den Stromlinienverlauf für das Modell mit  $h/a = 0,2$ . Man erkennt deutlich die auf der Dachfläche durch den Primärwirbelkegel hervorgerufenen Stromlinien, die ungefähr senkrecht zur Anströmrichtung verlaufen. Die Stromlinien münden in Dachkantennähe in eine Staulinie, welche die Trennlinie zwischen Primärwirbel und Sekundärwirbel, der sich in unmittelbarer Dachkantennähe befindet und entgegengesetzt dem Primärwirbel dreht, darstellt, [6]. Bei Reduzierung der Höhe auf  $h/a = 0,1$ , Bild 5, ist die Staulinie zwischen Primär- und Sekundärwirbel bereits sehr unregelmäßig und deutlich zur Dachkante hin verschoben. Dies deutet darauf hin, daß der Sekundärwirbel nur noch vergleichsweise schwach ausgeprägt ist. Dies wird noch deutlicher für  $h/a = 0,05$ , siehe Bild 6, und für  $h/a = 0,04$ , siehe Bild 5. Man erkennt, daß eine wesentliche Einflußgröße auf das Strömungsfeld auf der Dachfläche eines quaderförmigen Baukörpers bei Anströmung über Eck das Verhältnis Höhe/ Breite des Baukörpers, und somit die Verdrängungswirkung ist, [1] bis [4]. Ausgeprägte Sekundärwirbel, die zu den in der Literatur vielfach beschriebenen hohen Sogspitzen in Dachkantennähe führen, erfordern eine hinreichend große Verdrängungswirkung. Sie treten also nur auf, wenn die relative Höhe einen kritischen Wert überschreitet,  $h/a > (h/a)_{\text{krit}}$ .



## 4.2 Druckverteilungen

Die Ergebnisse der Druckverteilungsmessungen sind im Anhang diesem Bericht als Verteilungen der einhüllenden Druckbeiwerte unter Beachtung aller untersuchten Windrichtungen beigelegt. Für einige typische Gebäudeabmessungen wurden die Meßergebnisse als Isobarenbilder aufbereitet. Die Bilder 8 bis 10 zeigen die Isobaren der einhüllenden Druckverteilungen für die Baukörper der relativen Höhe  $h/a = 0.24; 0.09$  und  $0.05$ . Das Seitenverhältnis betrug einheitlich  $b/a = 2$ . Die angegebenen  $c_p$ -Werte sind über einen hinreichend langen Zeitraum gemittelte Drücke, die mit dem Windstaudruck in Dachkantenhöhe dimensionsbefreit wurden. Sie sind somit kompatibel mit den Winddruckbeiwerten der Windlastannahmen DIN 1055 Teil 4. In die Bilder 8 bis 10 wurde der nach DIN 1055 Teil 4 vorzusehende Rand- und Eckbereich eingezeichnet und die für diese Bereiche anzusetzenden Winddruckbeiwerte angegeben.

Der Isobarenverlauf für das Modell mit  $h/a = 0.24$ , Bild 8, zeigt deutlich das für die Ausbildung stabiler Wirbelkegel typische Bild. Im Randbereich treten lokal begrenzt höhere Sogbeiwerte auf als in DIN 1055 Teil 4 angegeben. Im Mittenbereich wird großflächig der nach DIN anzusetzende Windsogbeiwert ( $c_p = -0.6$ ) überschritten. Lokal treten sogar Beiwerte auf, die nahezu das Doppelte der anzusetzenden Sogbeiwerte betragen.

Für relative Höhen  $h/a \approx 0.09$  wird durch DIN 1055 Teil 4 die Windsogbelastung im Eck- und Randbereich deutlich überschätzt. Sogbelastungen entsprechend  $c_p = -1.0$  und größer ergeben sich nur in einem äußerst schmalen Randstreifen, siehe Bild 9. Die Druckverteilung läßt nur noch im Eckbereich den Einfluß der Wirbelkegel erkennen. Für  $h/a = 0.05$ , siehe Bild 10, sind in der einhüllenden Druckverteilung die bei Übereck-Anströmung entstehenden Wirbelkegel nicht mehr zu erkennen. Die höchste Sogbelastung wird im Randbereich bei Anströmung senkrecht zur Dachkante

erzielt. Die Isobare für  $c_p = -0.6$  läuft nahezu parallel zur Dachkante in einer Entfernung, die etwa dem 1.25-fachen der Gebäudehöhe entspricht. Der kleinste örtliche, zeitlich gemittelte Druckbeiwert beträgt  $c_p = -1.15$ .

Die Druckverteilungsmessungen bestätigen die Auswertung der Stromlinienverläufe. Bei sehr geringer Verdrängungswirkung des Baukörpers bilden sich keine intensiven Wirbelkegel bei Anströmung über Eck. Für derartige Bauten, die typisch für große Industrieanlagen sind, ergeben sich die maximalen Windsoglasten in einem schmalen Randstreifen bei Anströmung ungefähr senkrecht zur Dachkante. Dies wird deutlich, wenn man die in den einzelnen Dachteilbereichen lokal auftretenden größten Unterdruckbeiwerte in Abhängigkeit von der relativen Gebäudehöhe aufträgt, siehe Diagram Bild 11 für  $b/a = 2$  und Diagram Bild 12 für  $b/a = 1$ . Für relative Höhen  $h/a \lesssim 0.05$  ergeben sich die größten Sogbeiwerte auf Flachdächern im Randbereich. Der Grund für das Ansteigen der Sogbeiwerte im Randbereich mit zwischen  $h/a = 0.05$  bis  $0.1$  abnehmender relativer Höhe ist bisher nicht bekannt. Für relative Höhe  $h/a = 0.05$  bis  $0.1$  beträgt die Grenzschichtdicke bereits ein Mehrfaches der Gebäudehöhe ( $\sigma/h \approx 3.3$  bis  $1.7$ ). Für derartig große Eintauchtiefen dürfte nach [7] die Druckverteilung auf der Dachfläche nicht mehr von der Eintauchtiefe  $\sigma/h$  abhängen. Allerdings nimmt der Turbulenzgrad in Dachkantenhöhe mit abnehmender Gebäudehöhe geringfügig zu. Nach [7] könnte dies die Erhöhung der maximalen Sogbeiwerte bedingen.

#### 4.3 Einfluß der Turbulenz

Über den Einfluß der Anströmbedingungen, z. B. Geschwindigkeitsprofil, Turbulenzgradprofil, Eintauchtiefe, etc., auf die Druckverteilung auf der Dachfläche quaderförmiger Baukörper liegen in der Literatur zahlreiche Untersuchungen vor. Eine sehr eingehende Darstellung zu diesem Problemkreis wurde von Berneburg [7] gegeben. Allerdings untersuchte er nur quaderförmige Körper mit

$h/a \geq 1$ . Große Industriehallen besitzen dagegen, wie erwähnt, relative Höhen  $h/a \leq 0.1$ . Ein weiteres Charakteristikum industrieller Großbauten ist eine nahezu einheitliche Höhe  $h \approx 10$  m. Unterschiedliche Anströmbedingungen ergeben sich daher nur durch Unterschiede in der umgebenden Bebauung. Dies bedeutet, daß für eine praxisrelevante Untersuchung des Einflusses der Anströmung auf die Druckverteilung eines großen Industriebaukörpers die Anströmbedingungen bei konstanter Modellhöhe variiert werden sollten. Im vorliegenden Fall wurde der für relativ sehr niedrige Baukörper hauptsächlich interessierende Fall der Anströmung senkrecht zur Dachkante untersucht. Bild 13 zeigt die Ergebnisse. Aufgetragen wurden die im Längsmittelschnitt des untersuchten, zweidimensionalen Modells gemessenen, zeitlich gemittelten Drücke, welche mit dem Windstaudruck in Dachkantenhöhe normiert wurden. Man erkennt, daß mit zunehmender Rauigkeitshöhe und Dichte der umgebenden Bebauung, d. h. mit zunehmendem Geschwindigkeitsexponenten  $\alpha_p$ , sowohl der maximal erreichte, zeitlich gemittelte Unterdruckbeiwert als auch die Erstreckung des Bereiches größerer Unterdrücke kleiner wird. Dies stimmt mit den von Lythe [8] sowie von Surry and Stopar [9] mitgeteilten Ergebnissen für Gebäudemodelle mit  $b/a \leq 1.5$  und  $h/a = 0.2$  bzw.  $0.25$  überein. Allerdings ist nach [9] die Abnahme des Sogmaximums mit zunehmenden Turbulenzgrad in Dachkantenhöhe deutlich kleiner. Für die Baupraxis von Bedeutung ist es, daß in vergleichsweise turbulenzarmer Anströmung die höchsten Unterdruckbeiwerte und die größte Erstreckung des Gebietes mit erhöhter Sogbelastung auftreten. Werden also in Übereinstimmung mit den Angaben der DIN 1055 Teil 4 Untersuchungen in turbulenzarmer, glatter Windkanalströmung durchgeführt, liegen die Ergebnisse auf der sicheren Seite.

#### 4.4 Einfluß der Dachneigung

Die Diagramme Bilder 14 bis 17 zeigen die einhüllenden Isobarenverläufe für die luvseitige Dachfläche der Gebäude mit Seitenverhältnis  $b/a = 2$ . Die einhüllende Druckverteilung für Gebäude mit Seitenverhältnis  $b/a = 1$  entsprechen im Rahmen der Meßgenauig-

keit weitgehend den in diesen Bildern dargestellten Ergebnissen. Die gemessenen Unterdrücke auf der Dachfläche wurden mit dem Staudruck in Traufenhöhe dimensionslos gemacht.

Alle mitgeteilten Ergebnisse zeigen, daß die Unterdrücke im Bereich der geneigten Dachkante erheblich größer sind als diejenigen im Bereich der horizontalen Dachkante. Dies dürfte folgende Ursachen haben:

- Durch die ansteigende Giebelwand wird die Verdrängungswirkung des Baukörpers größer.
- Infolge der ansteigenden Dachkante erfolgt die Ablösung der Luft unter einem größeren Winkel relativ zur Horizontalen. Dies dürfte zu einem stabileren Wirbelsystem bei Ubereck-Anströmung mit größeren konvektiven Beschleunigungen und somit größeren Unterdrücken führen.

Vergleicht man den Isobarenverlauf des vergleichsweise sehr niedrigen Gebäudes mit  $h_T/a = 0.05$  ( $h_T$  = Höhe der Traufe) für Dachneigungswinkel  $\theta = 10^\circ$ , siehe Bild 14, mit demjenigen für  $\theta = 0^\circ$ , siehe Bild 10, so erkennt man, daß im randnahen Giebelbereich die Angaben nach DIN 1055 Teil 4 sogar auf der unsicheren Seite liegen. Dagegen ergibt sich entlang der horizontalen Dachkante für beide Messungen nahezu der gleiche Isobarenverlauf. Der entsprechende Vergleich für relativ höhere Gebäude ( $h_T/a \approx 0.2$ ), siehe Bilder 8 und 15, zeigt wiederum im randnahen Giebelbereich der Dachfläche höhere Windsoglasten als im Bereich der horizontal verlaufenden Dachkante. Auch die Angaben der DIN 1055 Teil 4 decken die gemessenen Sogbeiwerte für den Giebelbereich der Dachfläche nicht ab.

Für vergleichsweise niedrige Baukörper ( $h_T/a = 0.05$ ) und größere Dachneigung ( $\theta = 20^\circ$ ) ergeben sich die größten Sogspitzen im giebelnahen Firstbereich. Die hier gemessenen Sogbeiwerte sind wiederum größer als die nach DIN 1055 Teil 4 anzusetzenden Last-

beiwerte. Auch für relativ höhere Gebäude ( $h_T/A = 0.19$ ) ergeben sich bei dieser Dachneigung in einem recht großen firstnahen Dachbereich vergleichsweise große Windsoglasten, siehe Bild 17.

Es zeigt sich, daß selbst geringe Dachneigungen, die gemäß den Flachdachrichtlinien des Zentralverbandes des deutschen Dachdeckerhandwerkes (ZVDH) als Flachdächer bezeichnet werden, zu deutlich größeren Windsoglasten im giebelnahen Dachbereich führen können, als sie bisher aus Modelluntersuchungen an tatsächlichen Flachdächern ( $\theta = 0^\circ$ ) bekannt sind. Selbst bei relativ sehr niedrigen Baukörpern, bei denen für Flachdächer die in DIN 1055 Teil 4 angegebenen Windlasten die tatsächlich zu erwartenden Lasten überschätzen, kann eine nur geringe Dachneigung im giebelnahen Randbereich zu Sogbeiwerten führen, die selbst durch die Angaben der DIN 1055 Teil 4 nicht abgedeckt werden.

#### 5.0 Schlußfolgerungen für die Windlastnormung

Die an Flachdächern ( $\theta \approx 0^\circ$ ) von Gebäudemodellen mit vergleichsweise sehr geringer relativer Höhe gemessenen Druckverteilungen zeigen, daß für sehr große und sehr niedrige Baukörper ( $h/a \leq 0.09$ ) die Einteilung von quaderförmigen Baukörpern nach DIN 1055 Teil 4 mit zwei unterschiedlichen relativen Höhen ( $h/a \leq 0.4$  und  $h/a > 0.4$ ) zu einer erheblichen Überschätzung der Windlasten im Eck- und Randbereich führt. Dies sollte durch eine realistischere Erfassung des Einflusses der relativen Höhe in einer neuen Windlastvorschrift berücksichtigt werden. Eine einfache Lösung bestünde darin, daß in DIN 1055 Teil 4 z.B. gesonderte Lastannahmen für Gebäude mit  $h/a \leq 0.07$  eingeführt werden. Für Gebäude dieser relativen Höhen entfällt der Eckbereich, für den Randbereich entspricht die äußere Windsogbelastung einem Beiwert  $c_p = -1.0$ .

Für sehr große, sehr niedrige Gebäude erscheint es sinnvoll, die Randstreifenbreite in Abhängigkeit von der Gebäudehöhe - und nicht von der Gebäudebreite - anzugeben. Die Höhe großer Industriehallen beträgt üblicherweise  $h = 7$  m bis 12 m. Diese relativ

einheitliche Höhe bietet sich als Referenzhöhe an. Trägt man die so definierte relative Randstreifenbreite  $B_R/h$  über der relativen Breite des Gebäudes  $a/h$  auf, so würde sich nach DIN 1055 Teil 4 die in Bild 18 dargestellte lineare Abhängigkeit ergeben. Definiert man als Randstreifen den Bereich der Dachfläche, der den Mittenbereich abgrenzt, für welchen ein bestimmter Sogbeiwert, z.B.  $c_{pM} = -0.6$  entsprechend DIN 1055 Teil 4 nicht überschritten werden soll, so ergibt sich die ebenfalls in Bild 18 eingetragene Kurve. Zum Vergleich wurden die entsprechenden Werte für die Forderung, daß im Mittenbereich nur Druckbeiwerte  $c_{pM} > -0.8$  auftreten sollen, eingetragen. Man erkennt, daß für  $a/h \geq 15$  - entsprechend  $h/a \leq 0.07$  - die Randstreifenbreite nur noch von der Gebäudehöhe abhängt und mit  $B_R/h = 1.25$  angegeben werden kann.

Die gestrichelten Kurven in Bild 18 basieren auf den örtlichen Sogmaxima der Druckverteilungsmessungen an vergleichsweise niedrigen, quaderförmigen Baukörpern. Nach DIN 1055 Teil 4 wird für den Mittenbereich  $c_{pM} = -0.6$  angenommen. Die Punkte der für  $c_{pM} = -0.6$  gestrichelten Kurve, die oberhalb der Geraden entsprechend DIN 1055 Teil 4 ( $B_R = a/8$ ) liegen, bedeuten, daß die Definition der Randstreifenbreite entsprechend DIN 1055 Teil 4 örtlich auf der unsicheren Seite liegt. Es ergeben sich demnach im Mittenbereich der Dachfläche lokale Soglasten, die größer sind als diejenigen entsprechend dem angenommenen Beiwert  $c_{pM} = -0.6$ . Im Hinblick auf die Standsicherheit der Tragkonstruktion dürfte dies keine Auswirkung haben, da über den gesamten Mittenbereich gemittelt der angenommene Sogbeiwert auf der sicheren Seite liegt. Für kleinformatige Dacheindeckungen, bzw. Dacheindeckungen, bei denen die Soglasten örtlich abgetragen werden müssen, ergeben sich hier jedoch auf der unsicheren Seite liegende Situationen.

In einem zweiten Teil des Forschungsvorhabens wurde untersucht, wie der Einfluß geringer Dachneigungen, wie sie für große Industriebauten typisch sind, die Druckverteilung auf der Dachfläche beeinflusst. Es zeigte sich, daß bei Dachneigungswinkeln

$\theta = 10^\circ \div 20^\circ$  im Bereich der betrachteten relativen Gebäudehöhen die Windsoglasten im giebelnahen Dachbereich zum Teil erheblich größer sind als bei Dachflächen ohne Gefälle. Selbst die Angaben nach DIN 1055 Teil 4 liegen hier unter Umständen auf der unsicheren Seite. Die im vorliegenden Forschungsvorhaben durchgeführten orientierenden Untersuchungen sollten in einer weiteren Arbeit fortgeführt werden.

## 6.0 Literatur

- [1] Gerhardt, H.J. und Kramer, C.  
Windbelastung auf Flachdächern - Lastannahmen, Sturmschäden,  
Windkanalversuche und Abhilfemöglichkeiten; DDH 96.16 (1975)
- [2] Gerhardt, H.J. und Kramer, C.  
Windkräfte auf flachen und wenig geneigten Dachflächen;  
Dokumentation zum 2. Kolloquium über Industrieaerodynamik,  
FH Aachen. (1976), S. 59 -79
- [3] Kramer, C. und Gerhardt, H.J.  
Windlasten auf Flachdächern, BundesBauBlatt 11 (November  
1977) 496 - 499
- [4] Gerhardt, H.J., Kramer C. und Scherer, S.  
Wind Pressure on Block-Type Buildings; Proc. 3rd Coll. on  
Ind. Aerodynamics, FH Aachen, Juni 1978 und Journal on  
Industrial Aerodynamics 4 (1979)
- [5] Ackeret, J.  
Anwendungen der Aerodynamik im Bauwesen, ZfW 13 (1965),  
109 - 122
- [6] Hummel, D.  
Zur Umströmung scharfkantiger, schlanker Deltaflügel bei  
großen Anstellwinkeln, ZfW 15 (1967), 376 - 385
- [7] Berneburg, H.  
Wirkung unterschiedlicher Anströmarten auf Umströmung und  
Belastung, einfacher Gebäudemodelle, Dissertation TU Berlin  
1981
- [8] Lythe, G.  
The Effects of Parapets on Wind Pressures on Flat Roofs,  
Faculty of Engineering Science, E.S. 400 Report, The Univer-  
sity of Western Ontario 1980
- [9] Surry, D. and Stopar, E.M.F.  
The Wind Loading of Large Low Buildings, Canadian Journal of  
Civil Engineering (zur Veröffentlichung angenommen)



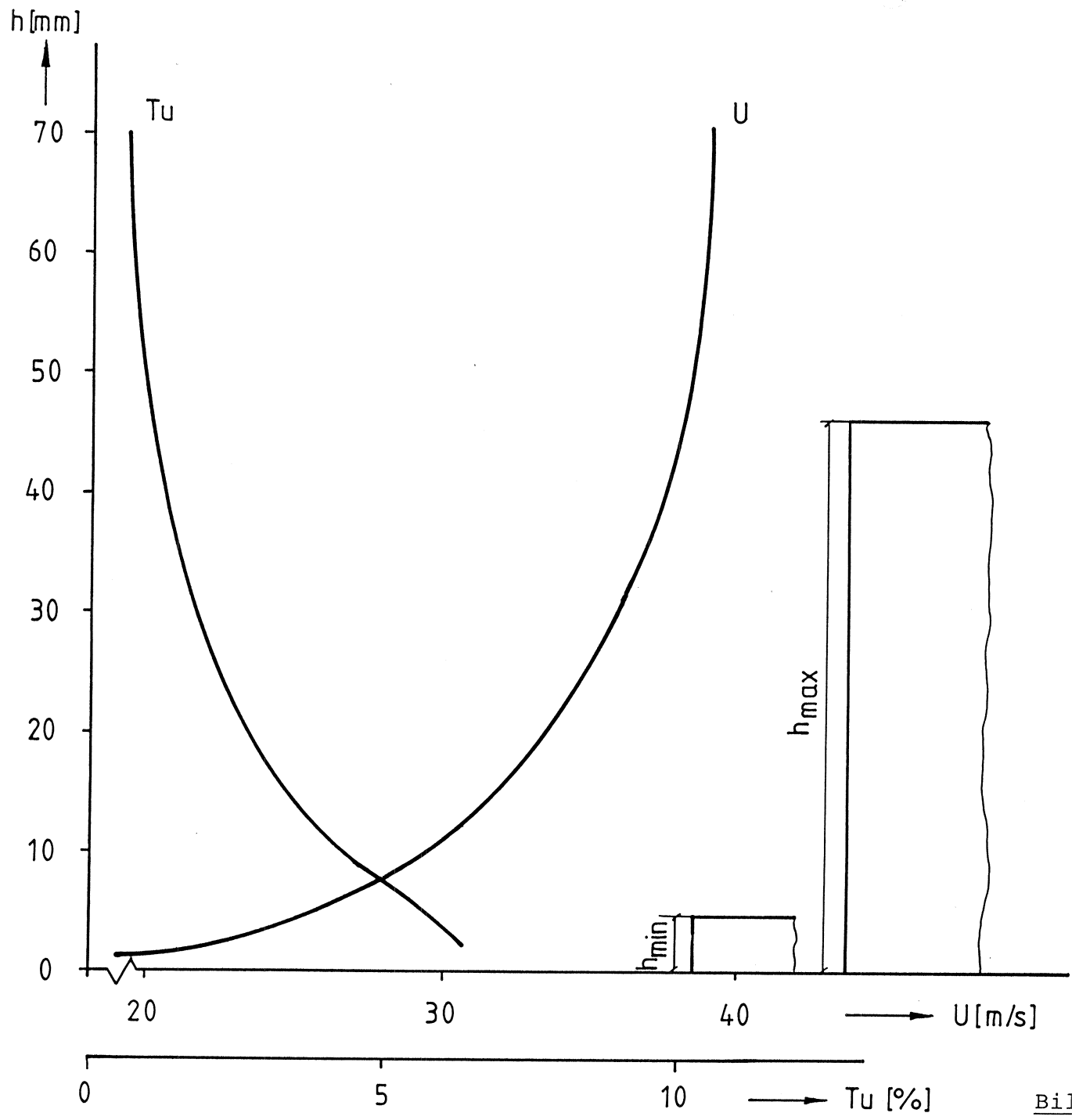


Bild 1

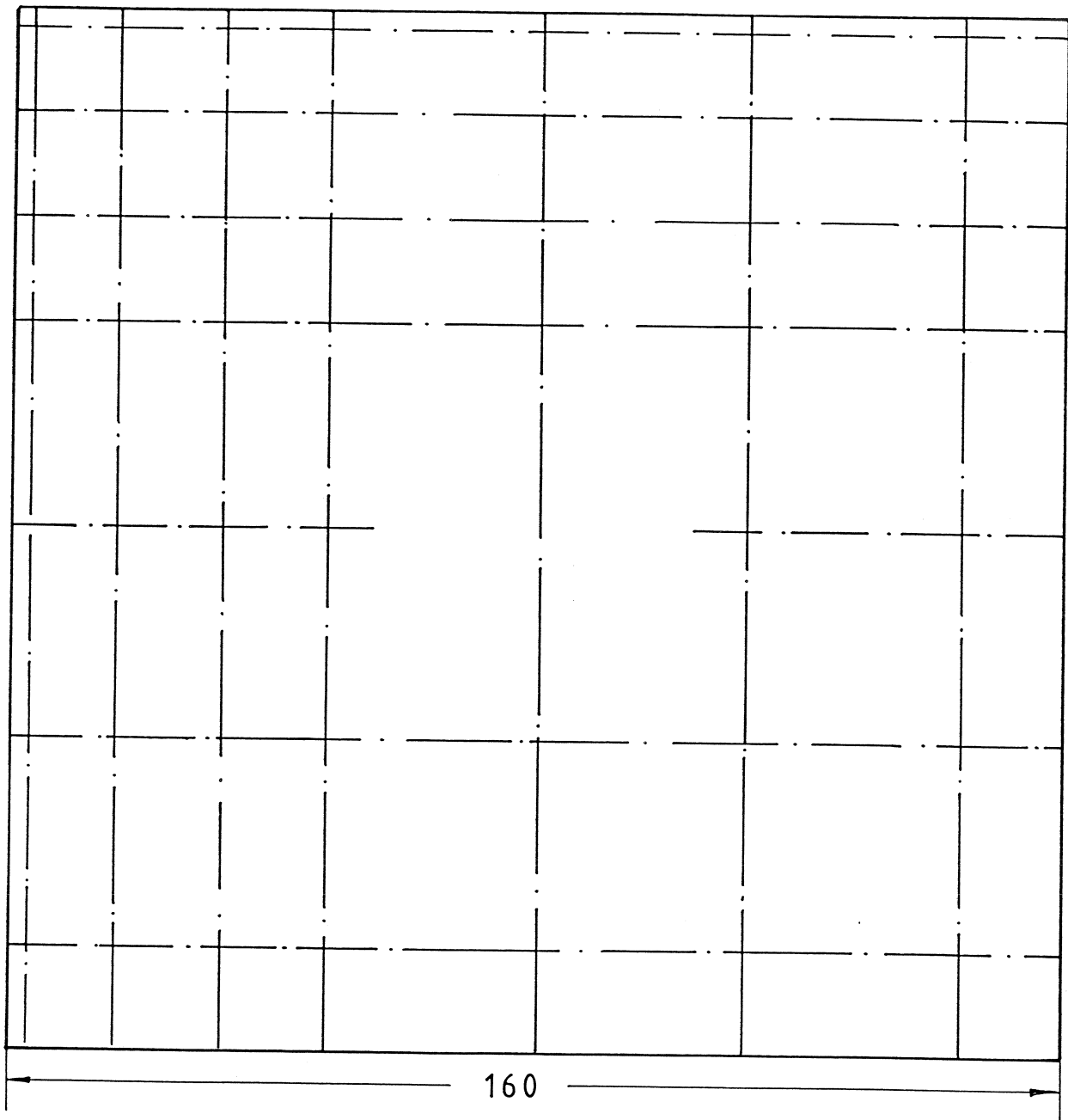


Bild 2

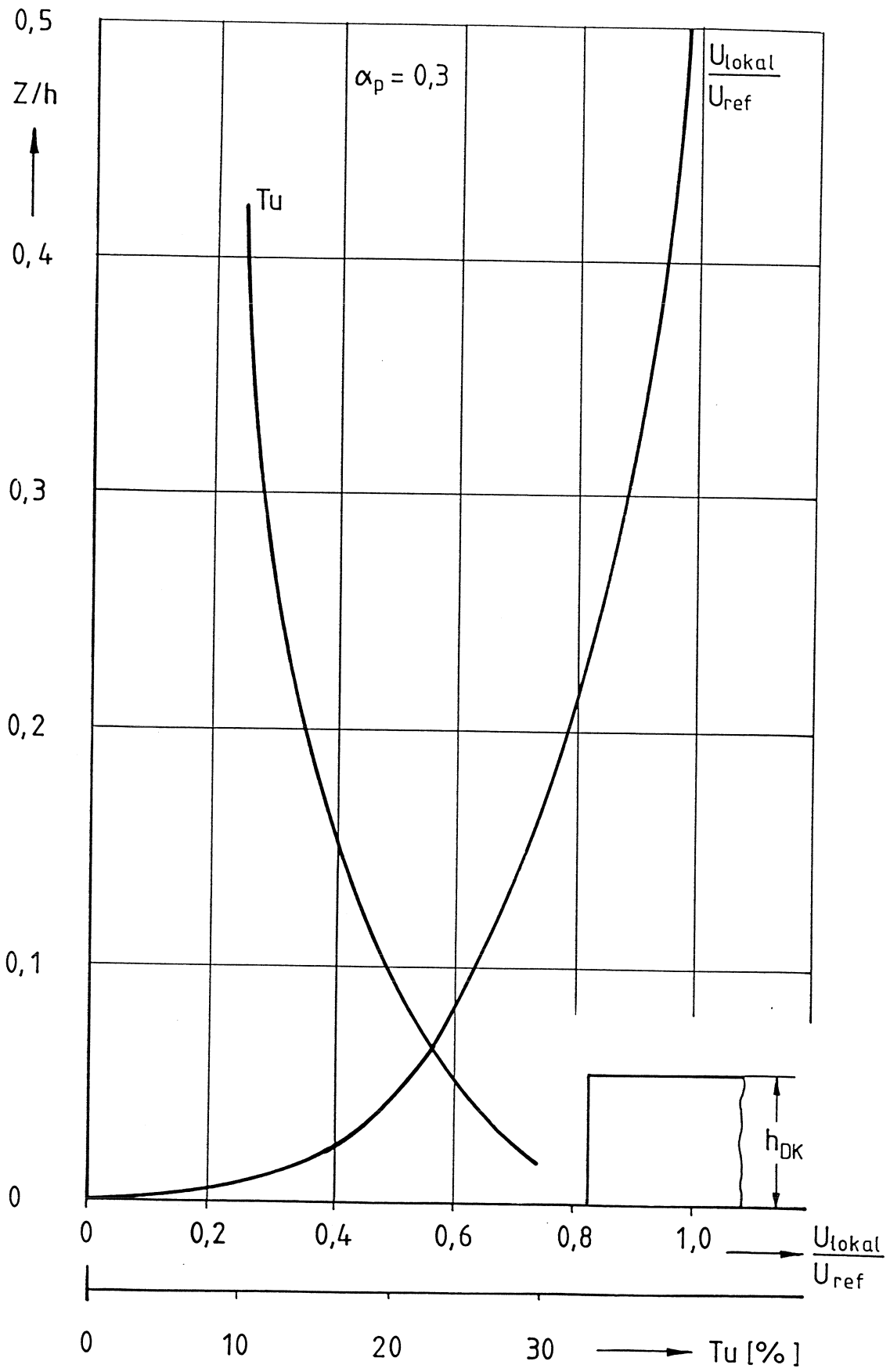
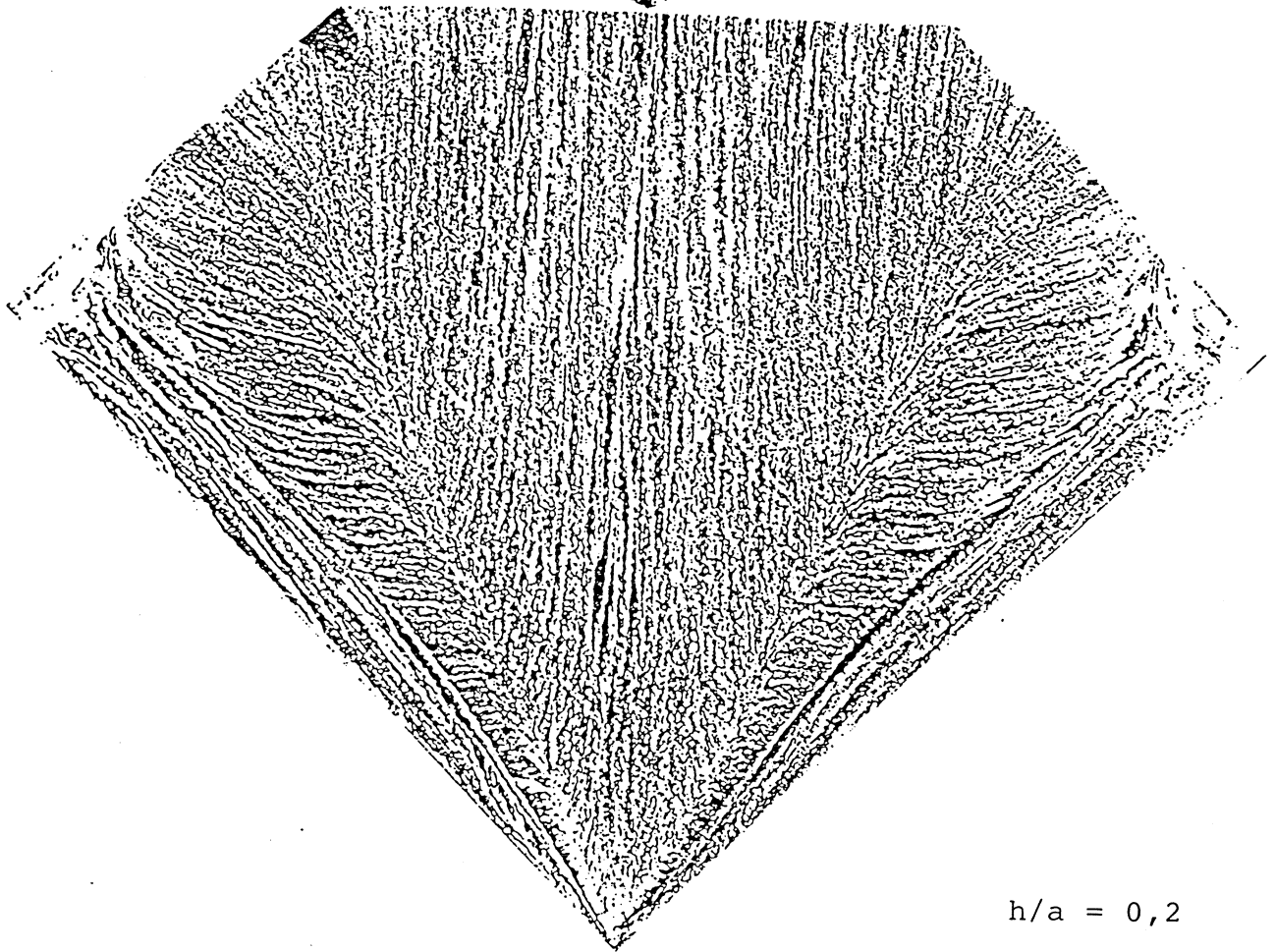
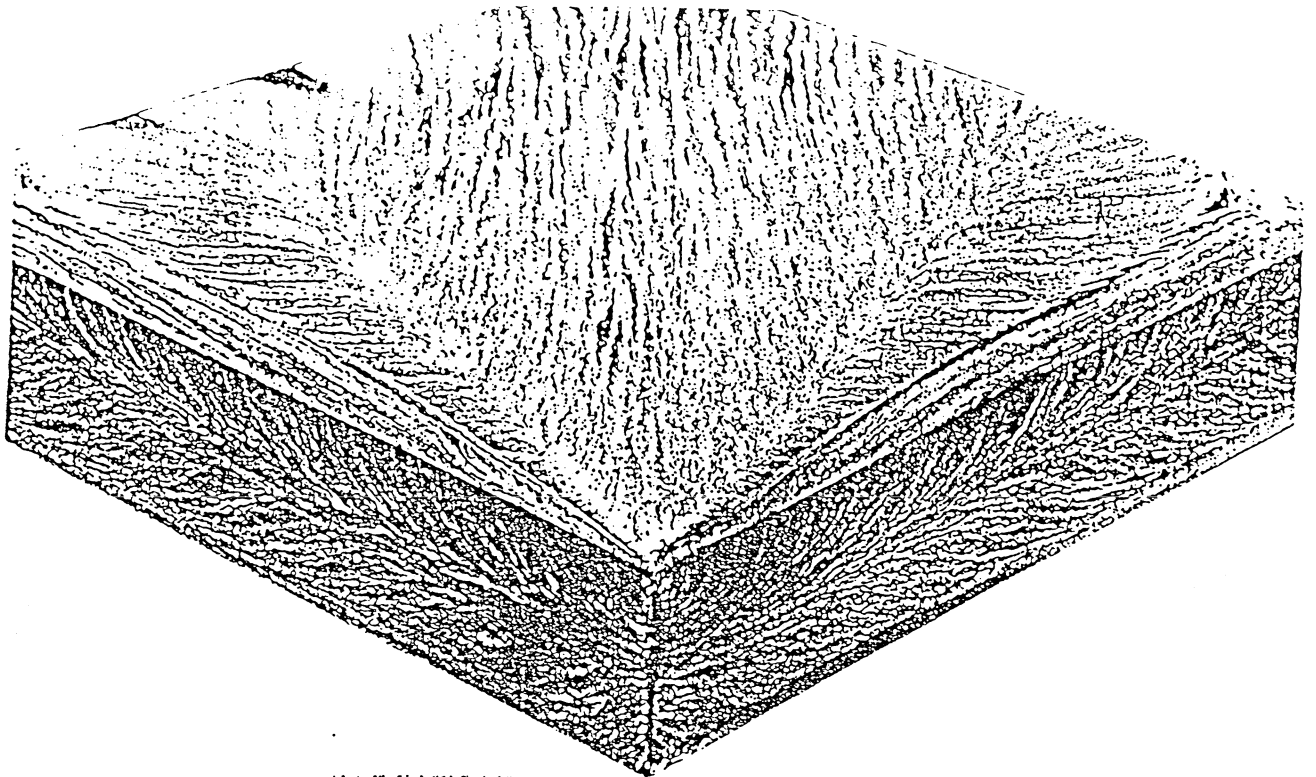


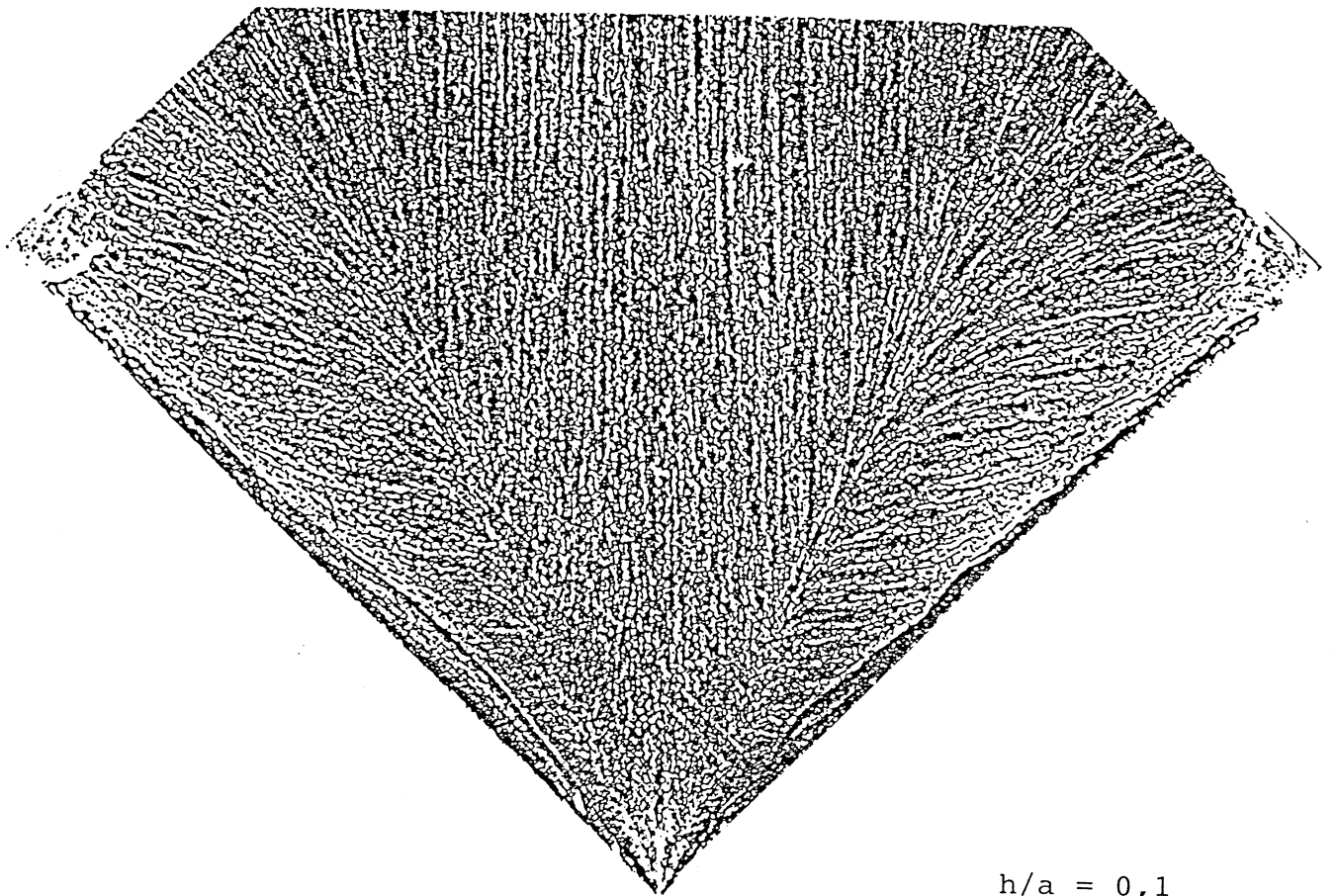
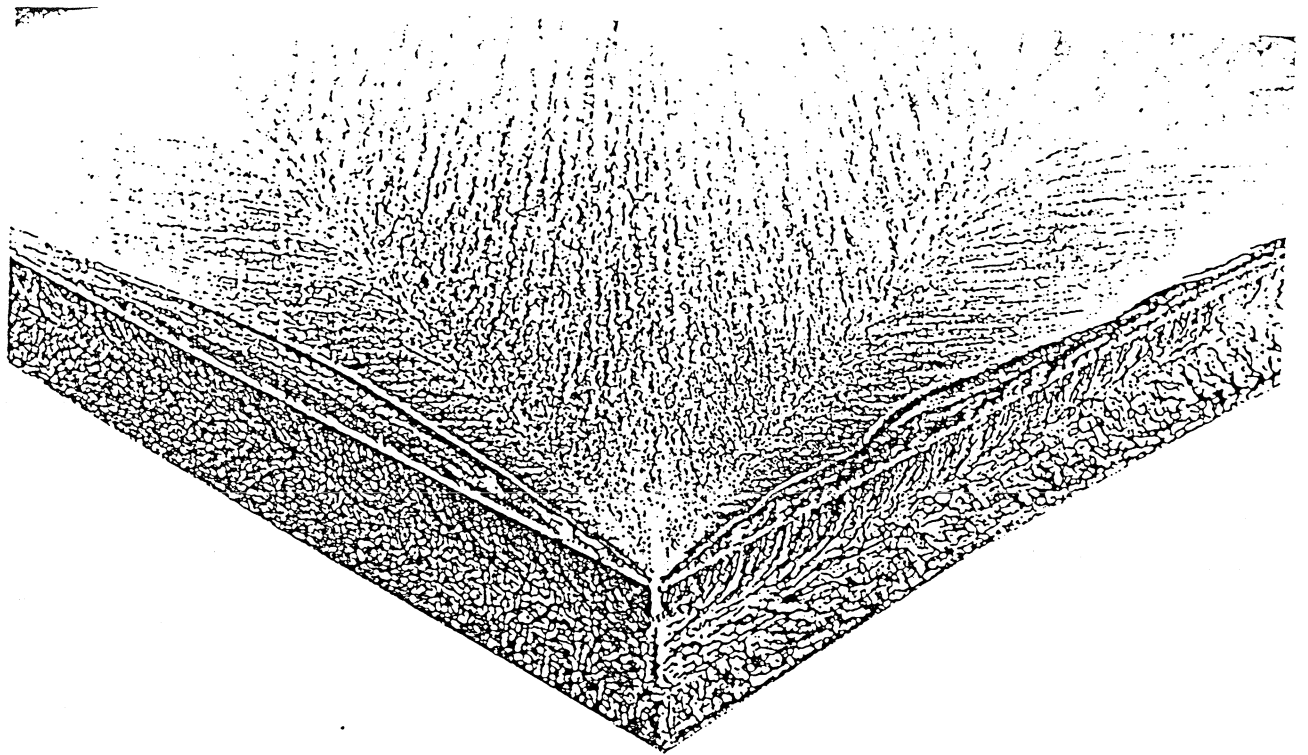
Bild 3



$h/a = 0,2$



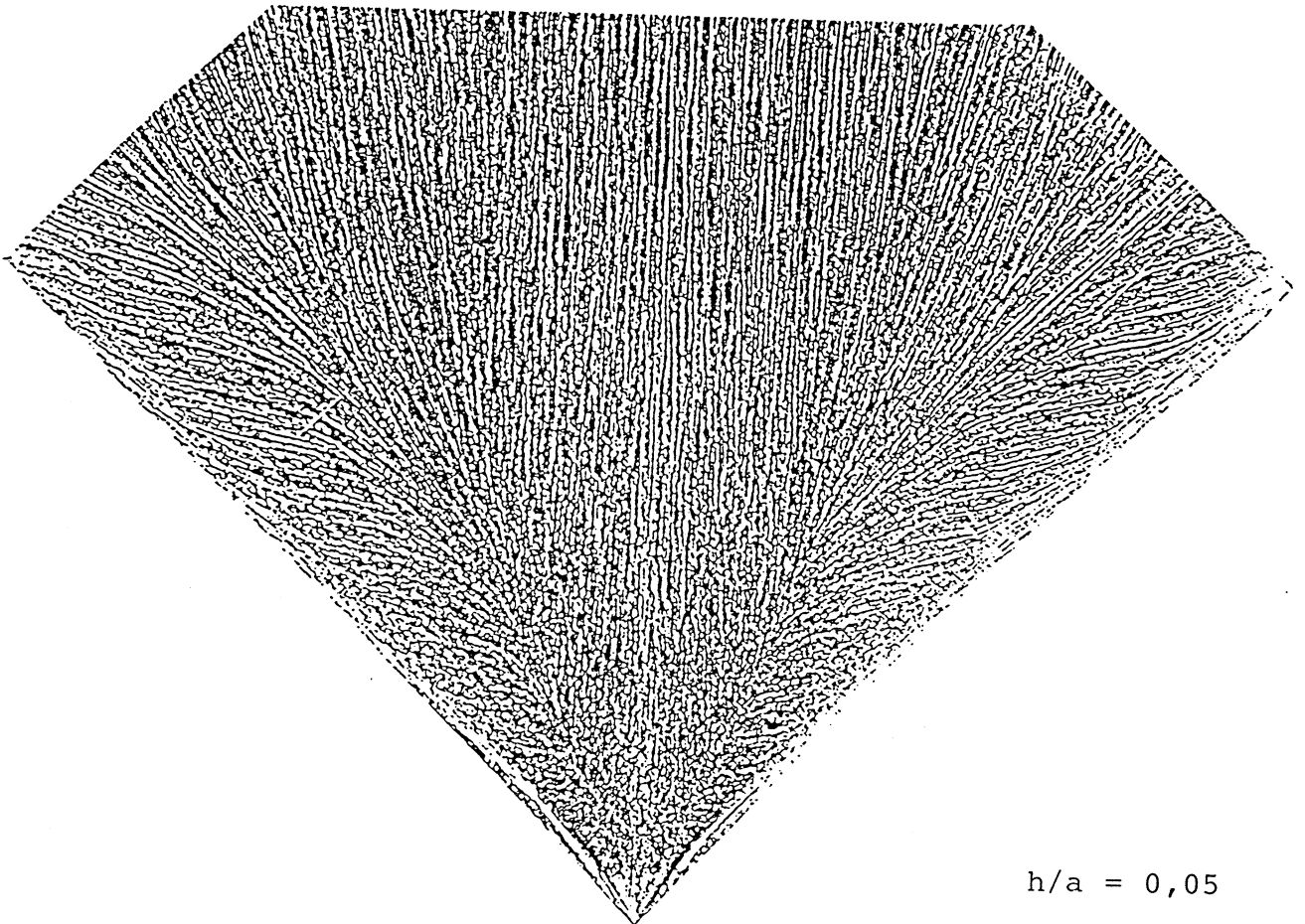
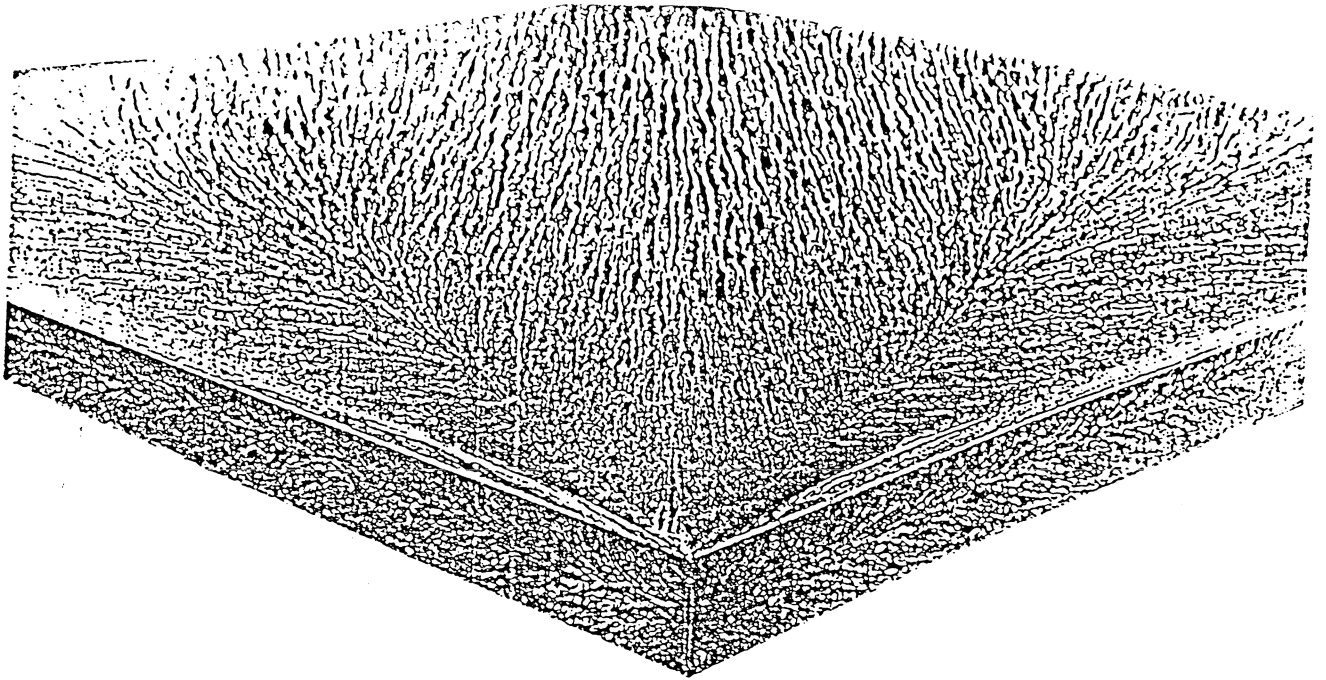
Bild 4



$h/a = 0,1$



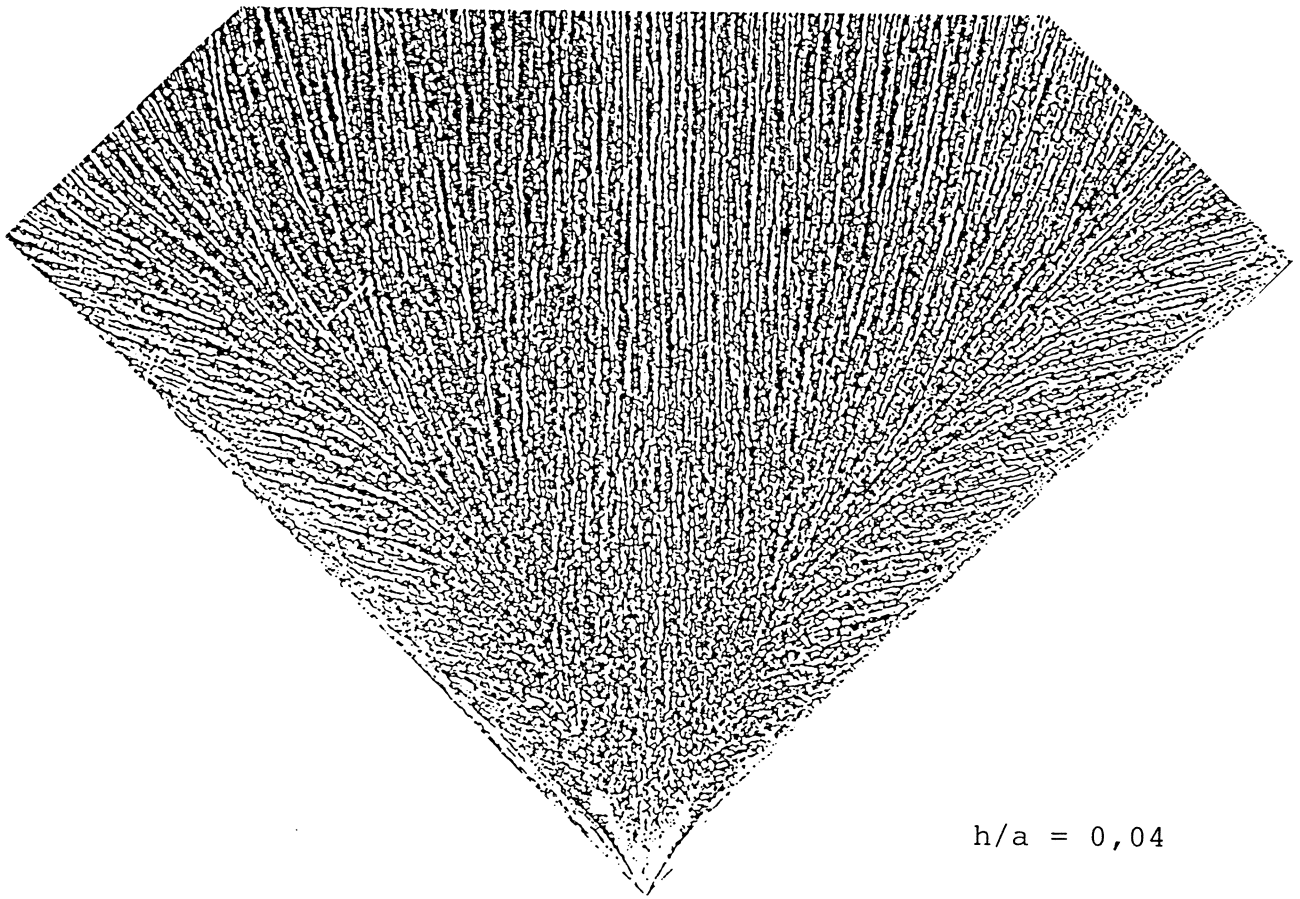
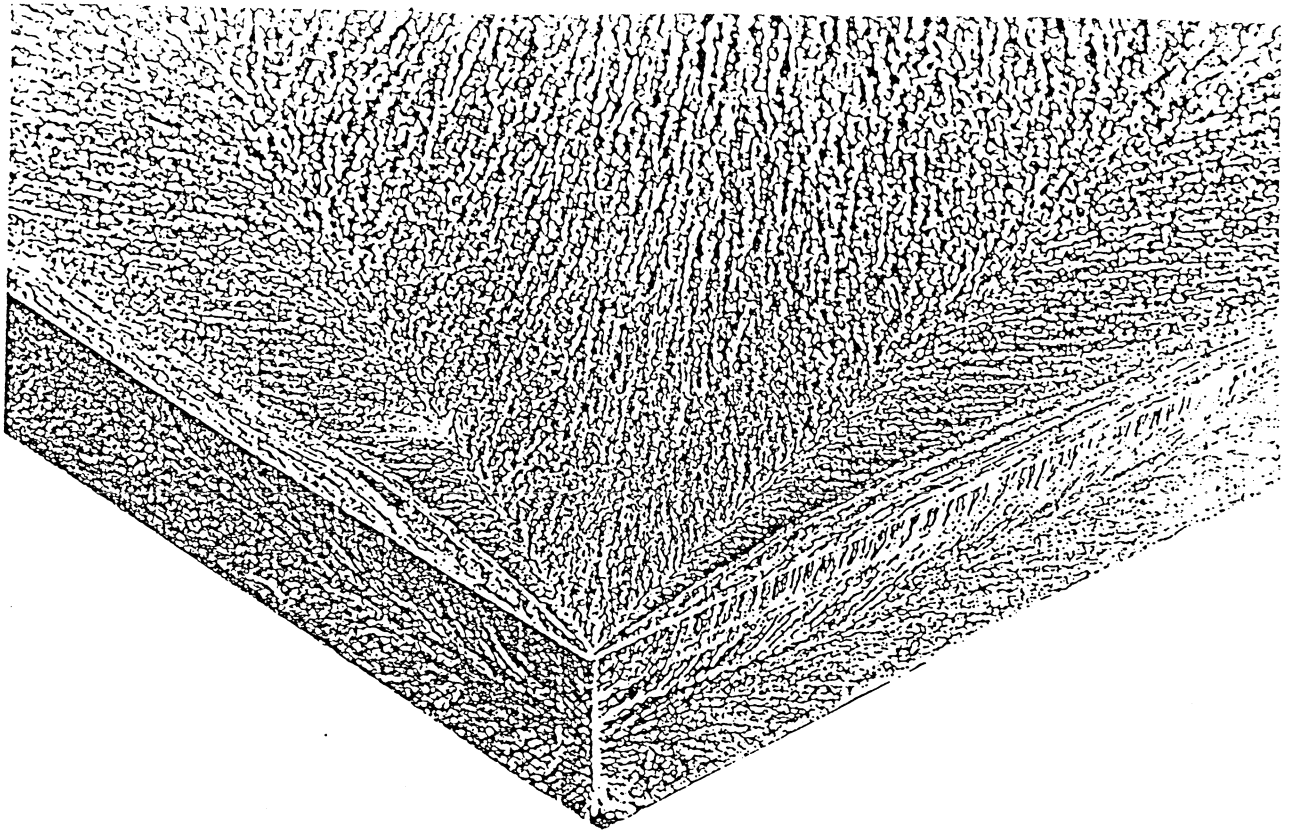
Bild 5



$h/a = 0,05$



Bild 6



$h/a = 0,04$



Bild 7

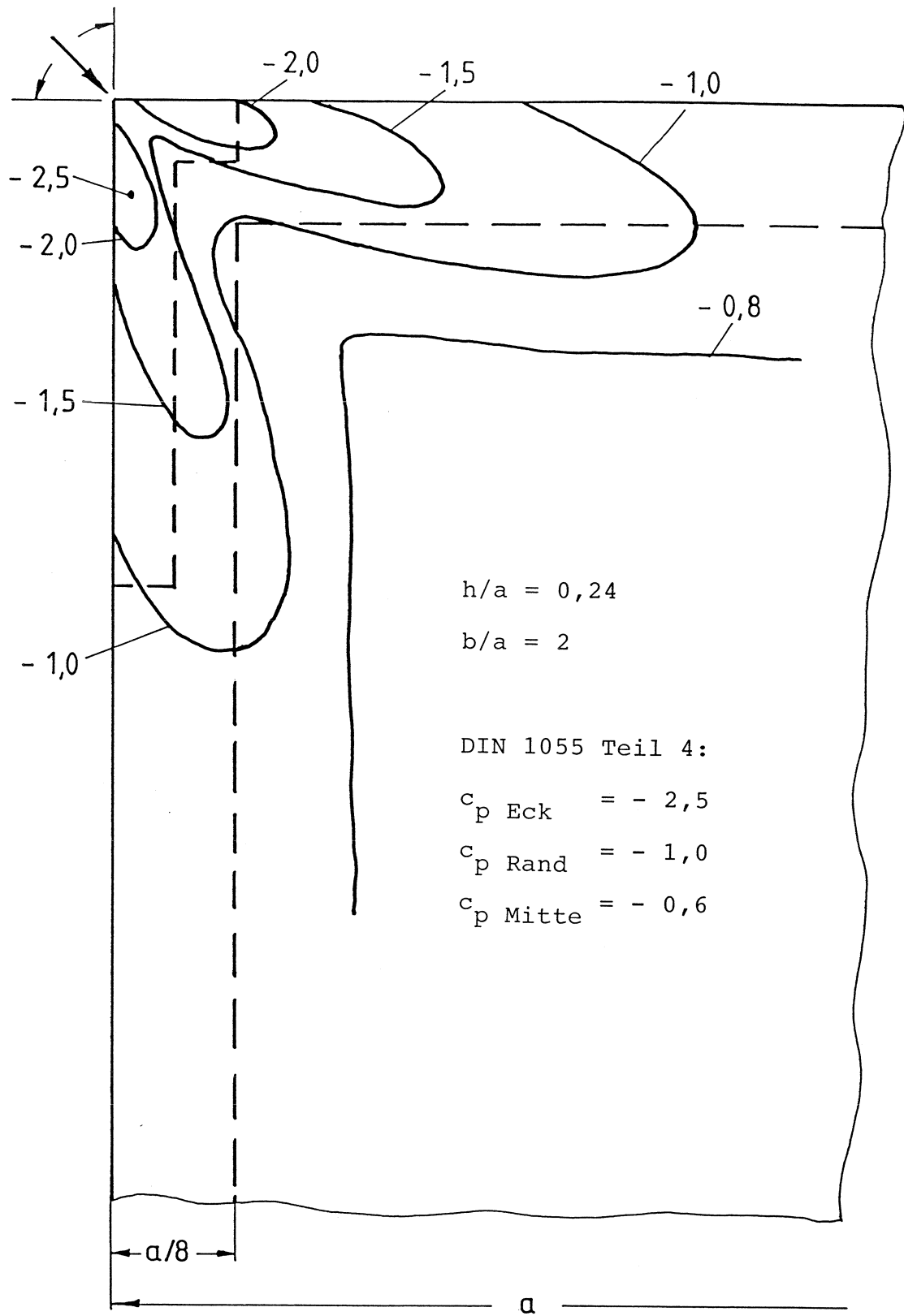


Bild 8



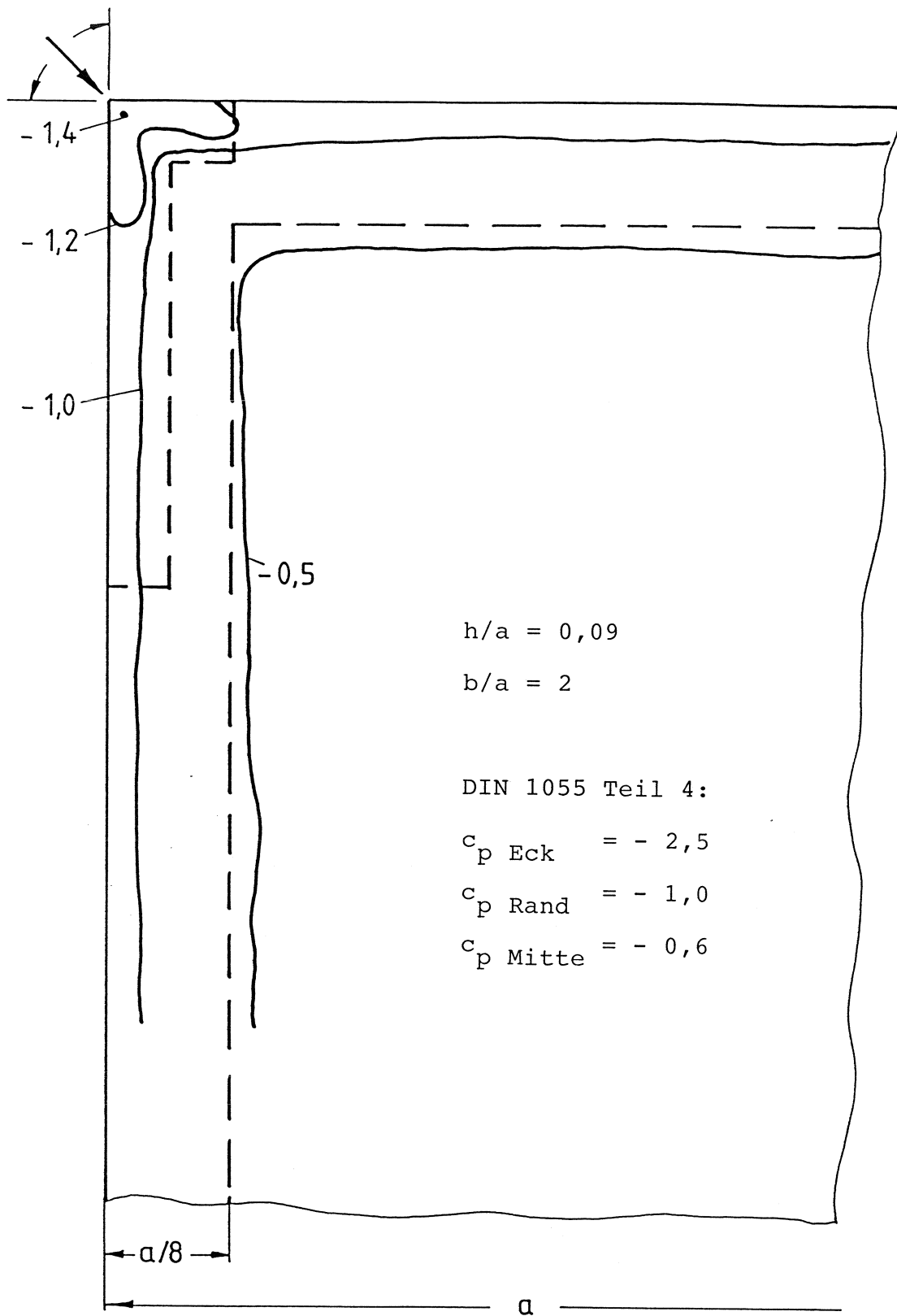


Bild 9

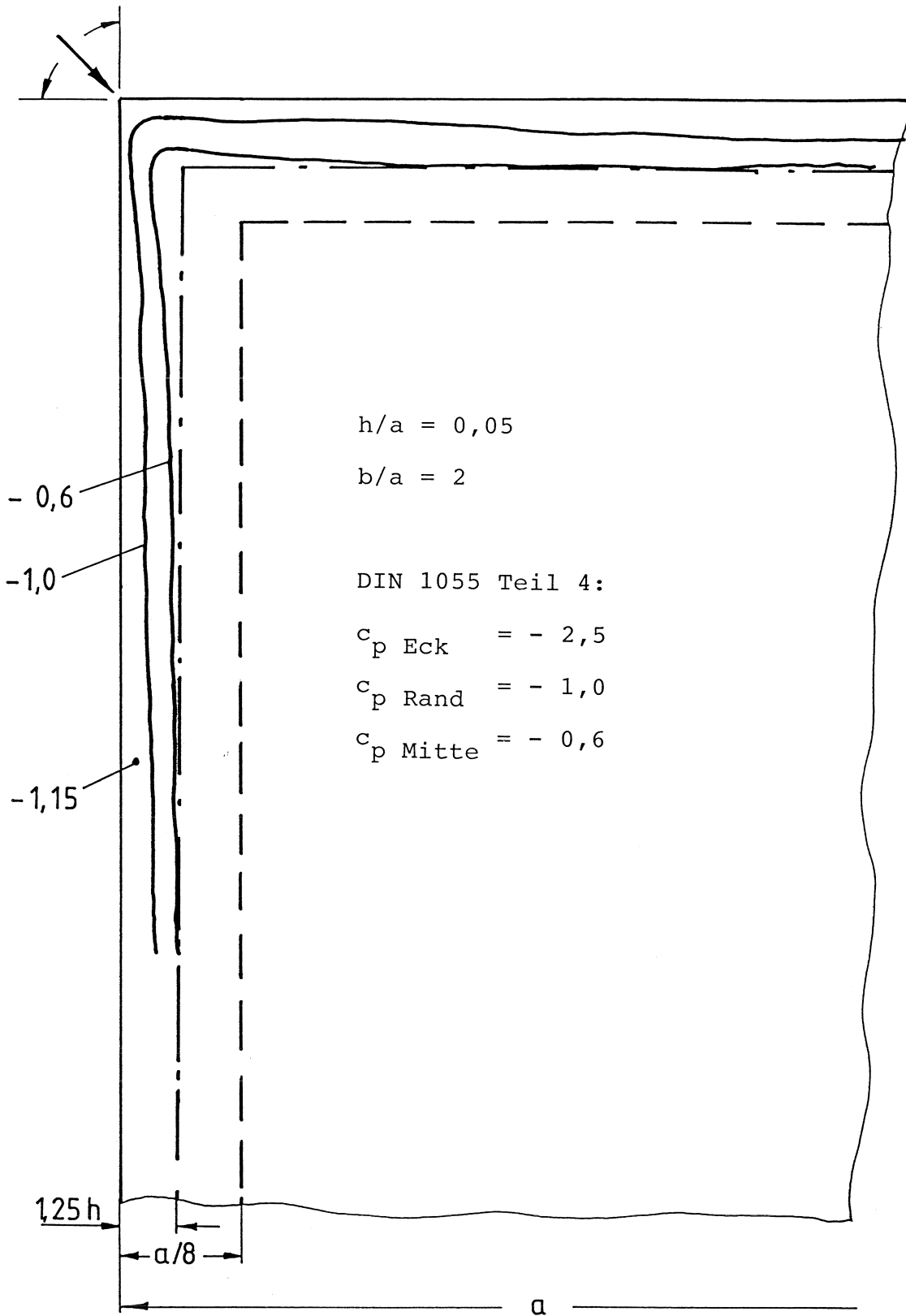
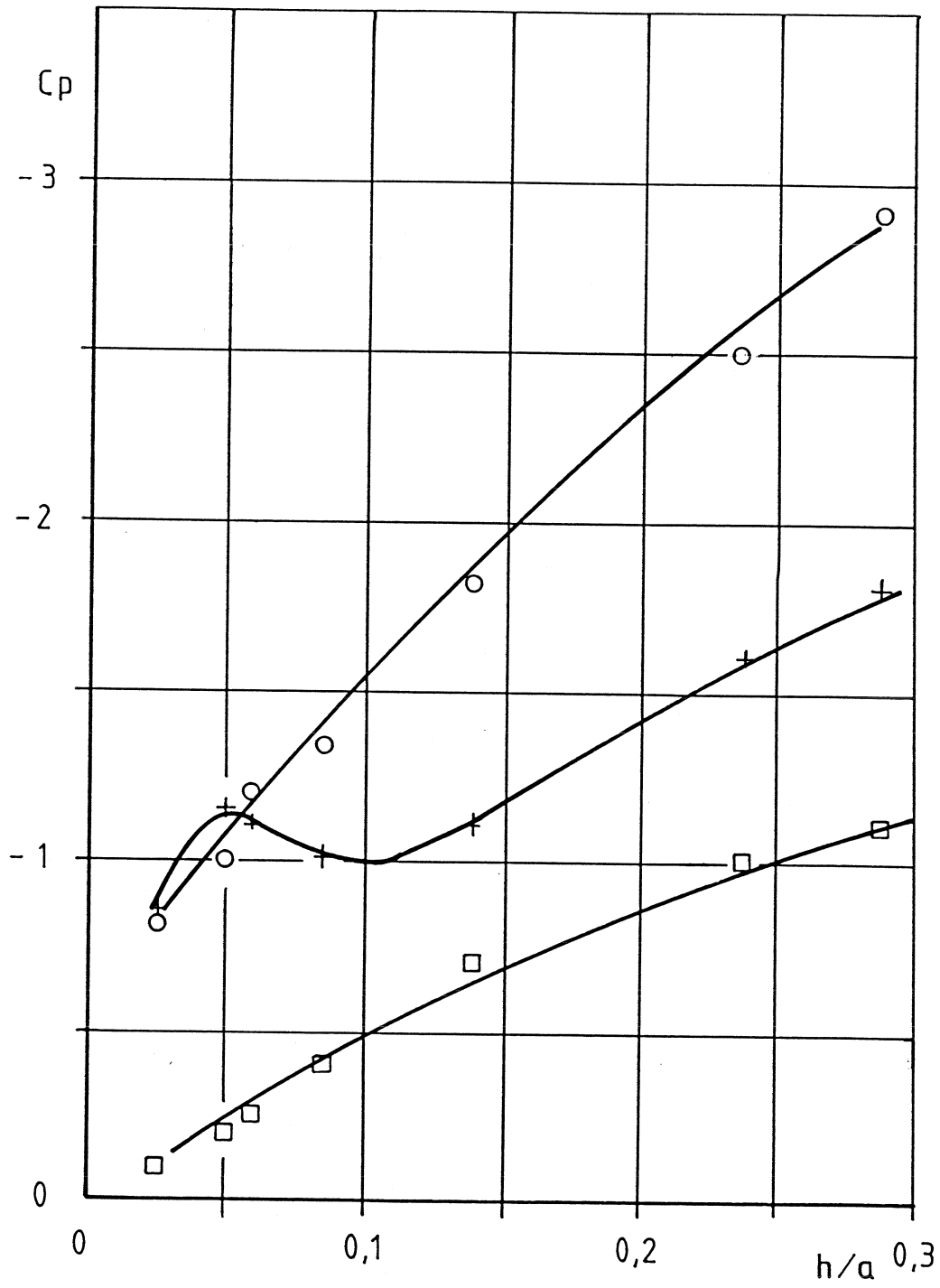


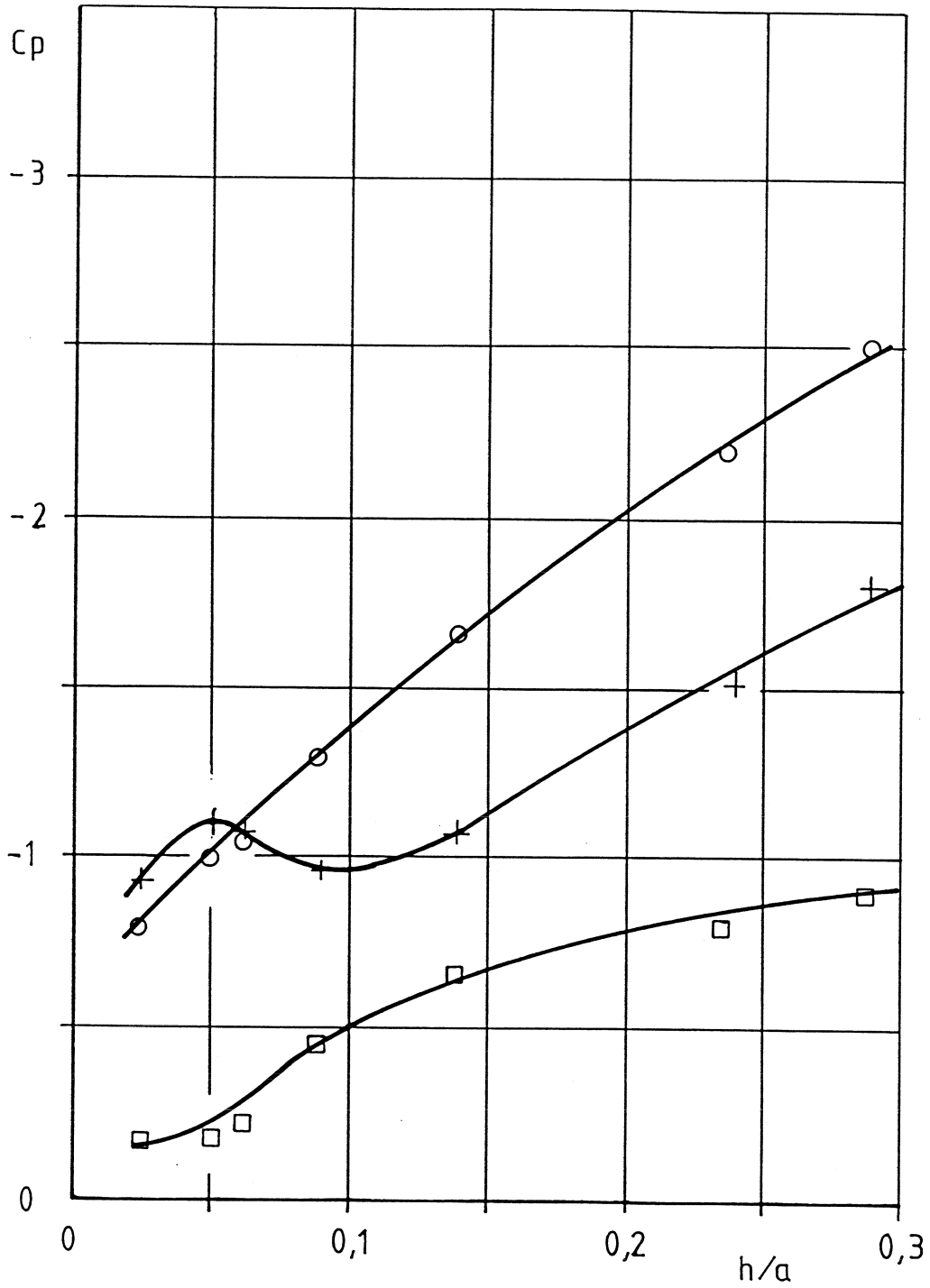
Bild 10



○ Ecke  
 + Rand  
 □ Mitte

$b/a = 2$

Bild 11



○ Ecke  
 + Rand  
 □ Mitte

$b/a = 1$

Bild 12

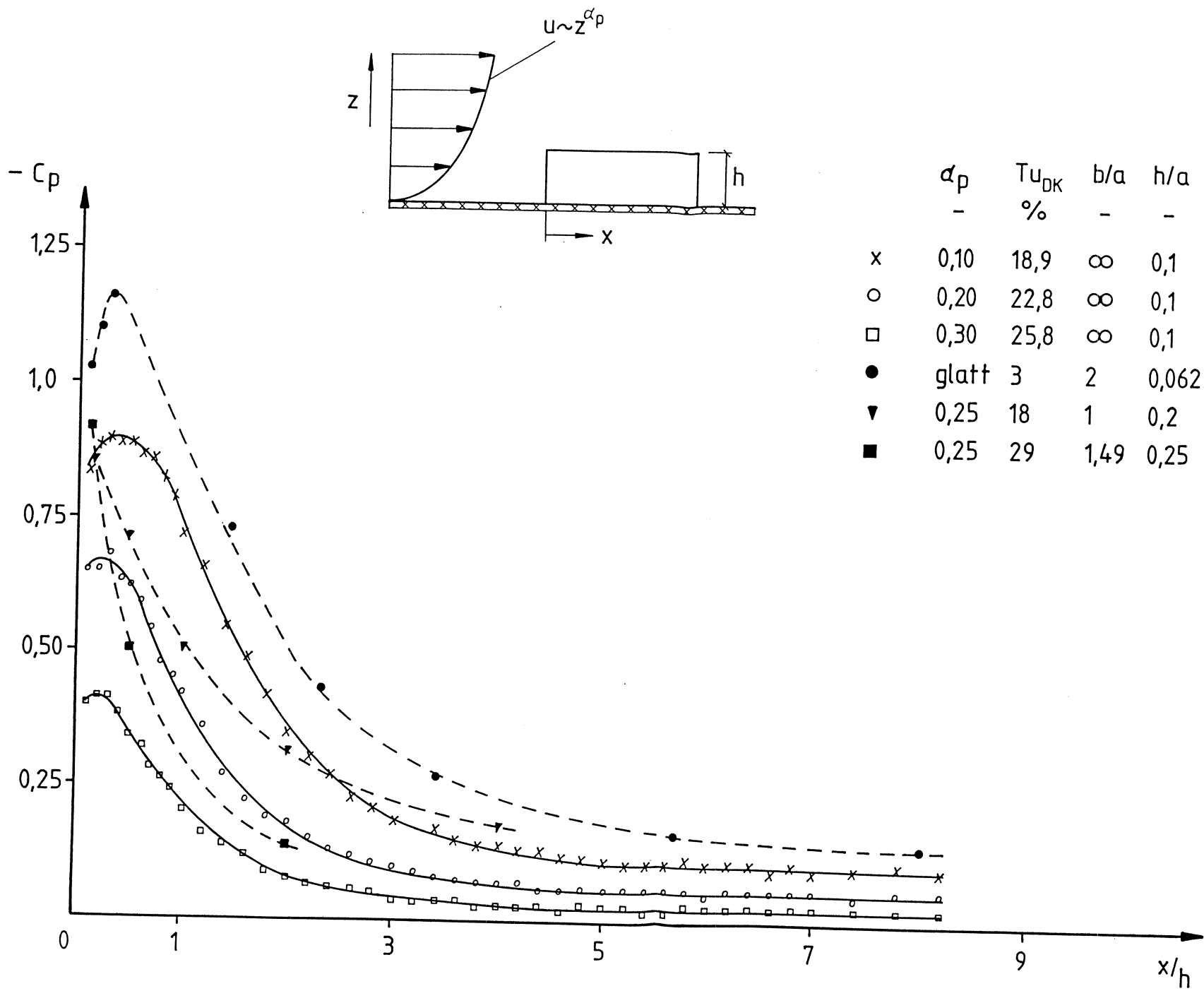
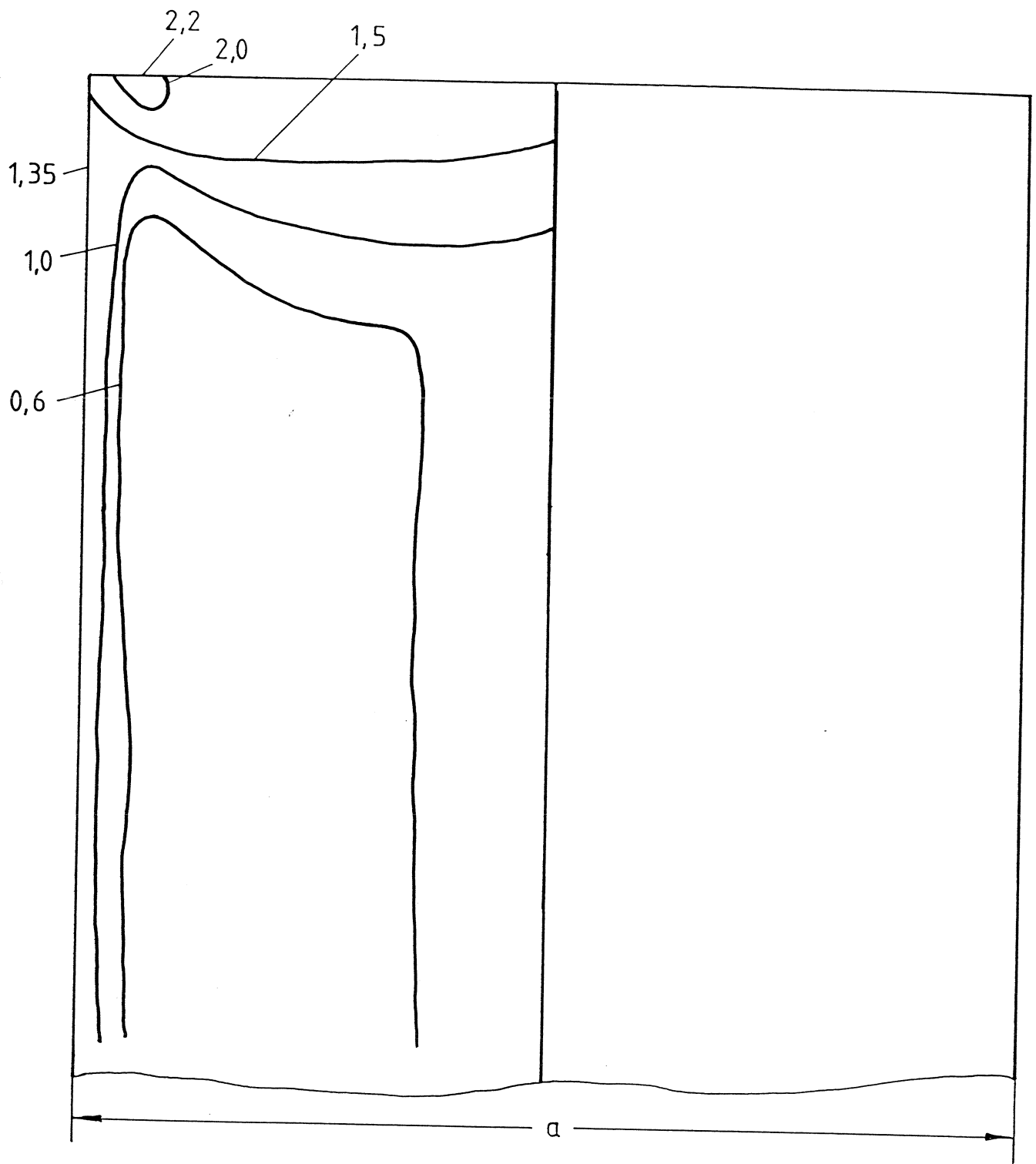
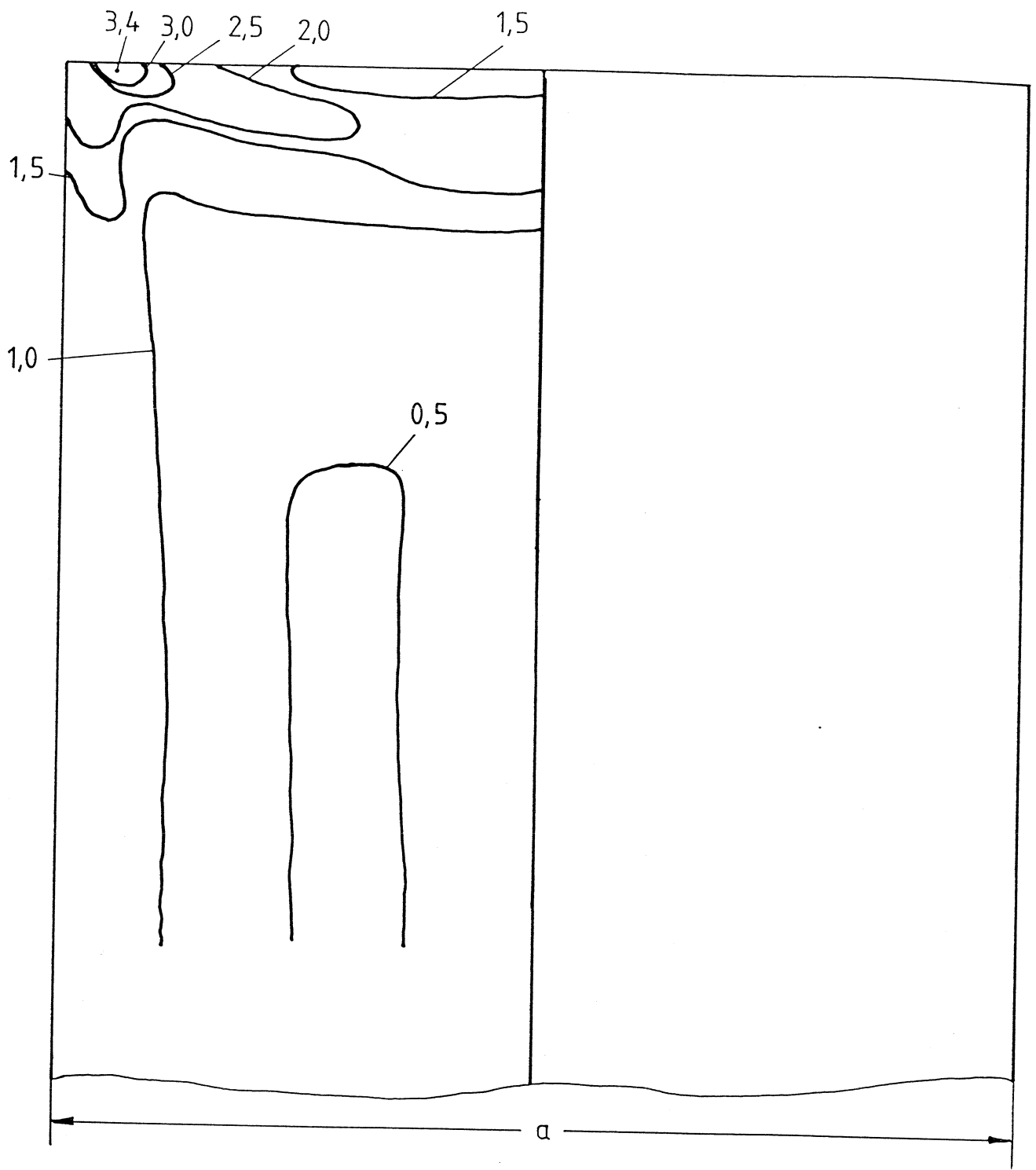


Bild 13



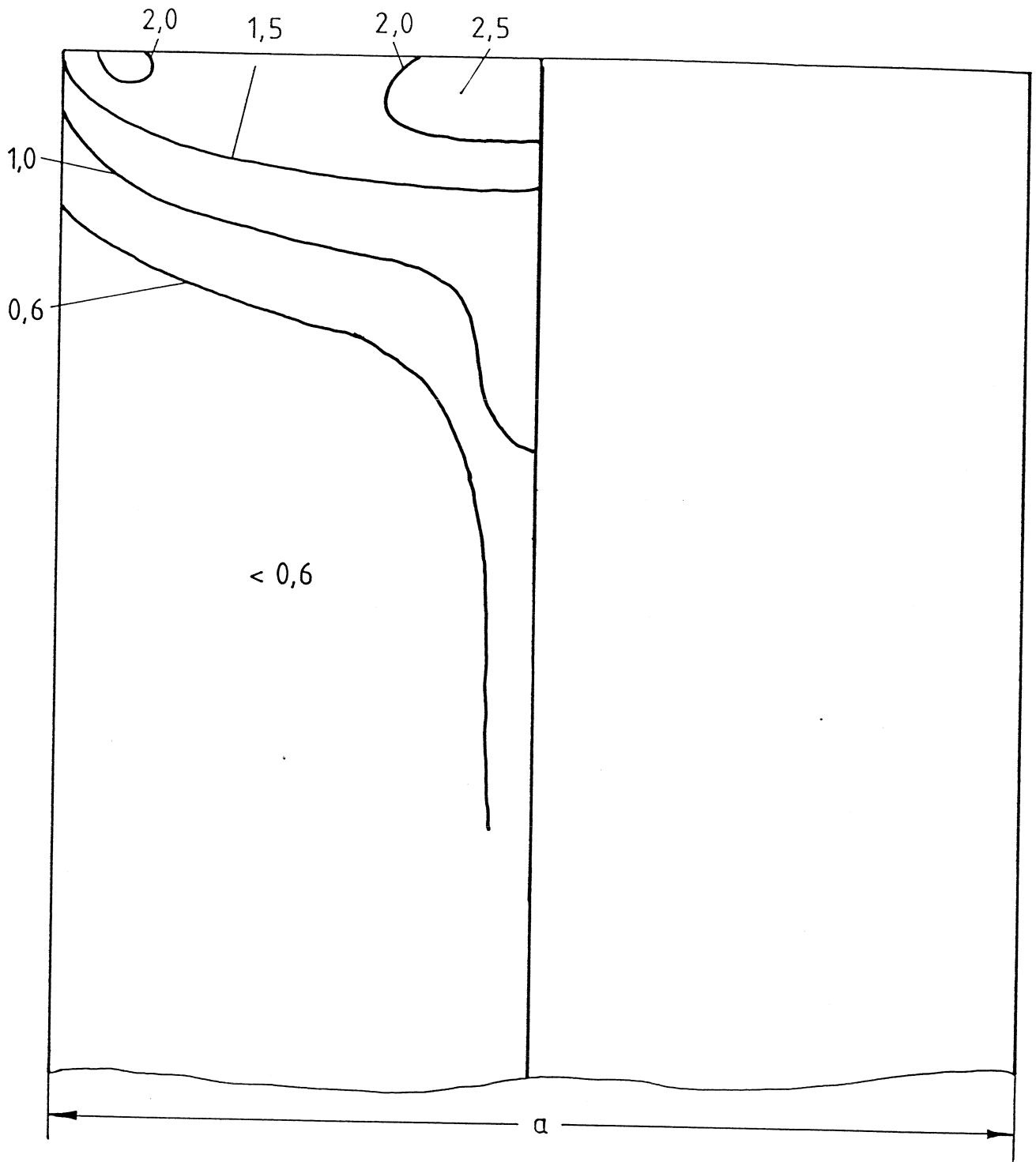
$h_T/a = 0,05 \quad \theta = 10^\circ$

Bild 14



$$h_T/a = 0,2 \quad \theta = 10^\circ$$

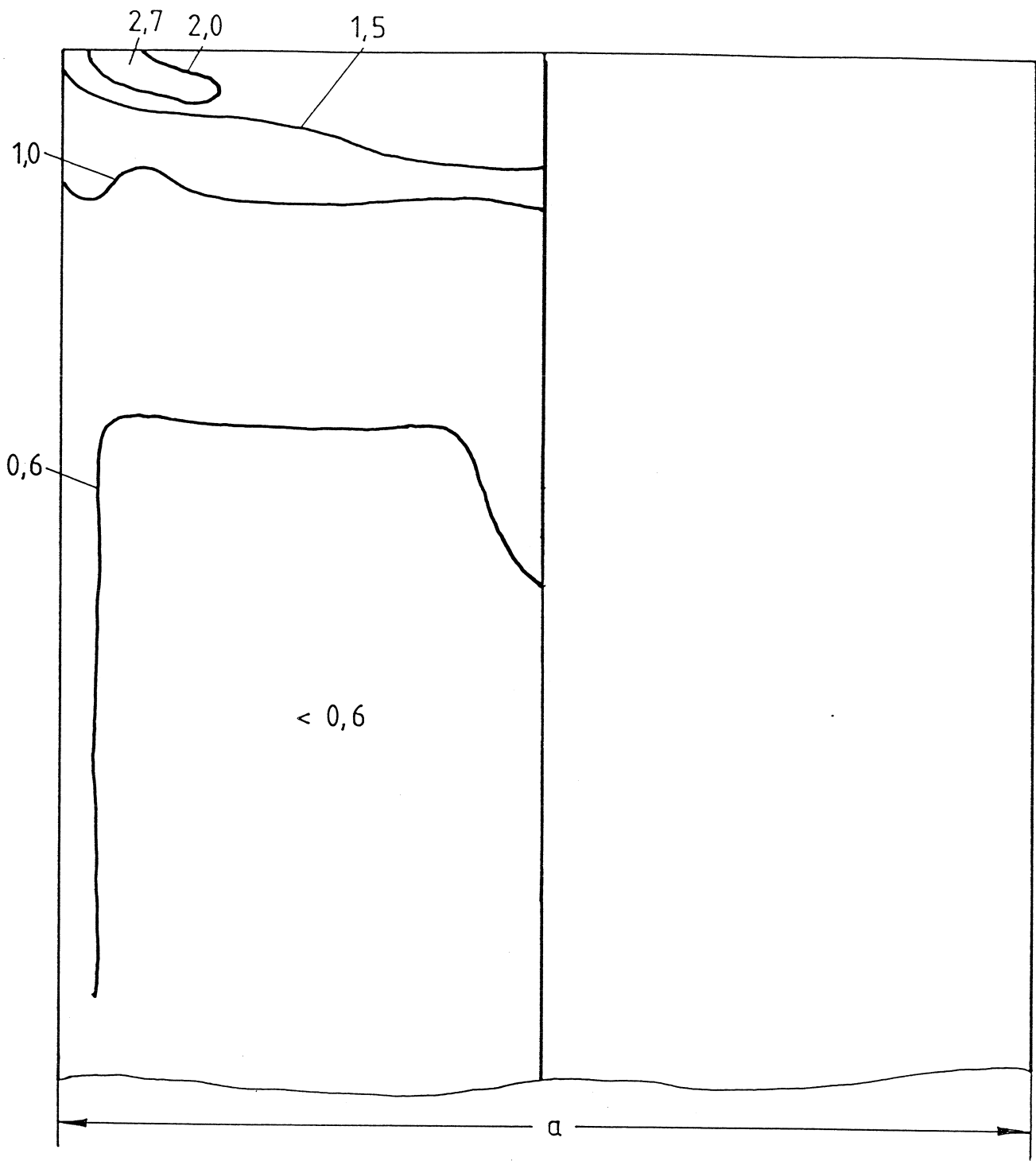
Bild 15



$h_T/a = 0,05 \quad \theta = 20^\circ$

Bild 16





$h_T/a = 0,19$      $\theta = 20^\circ$

Bild 17

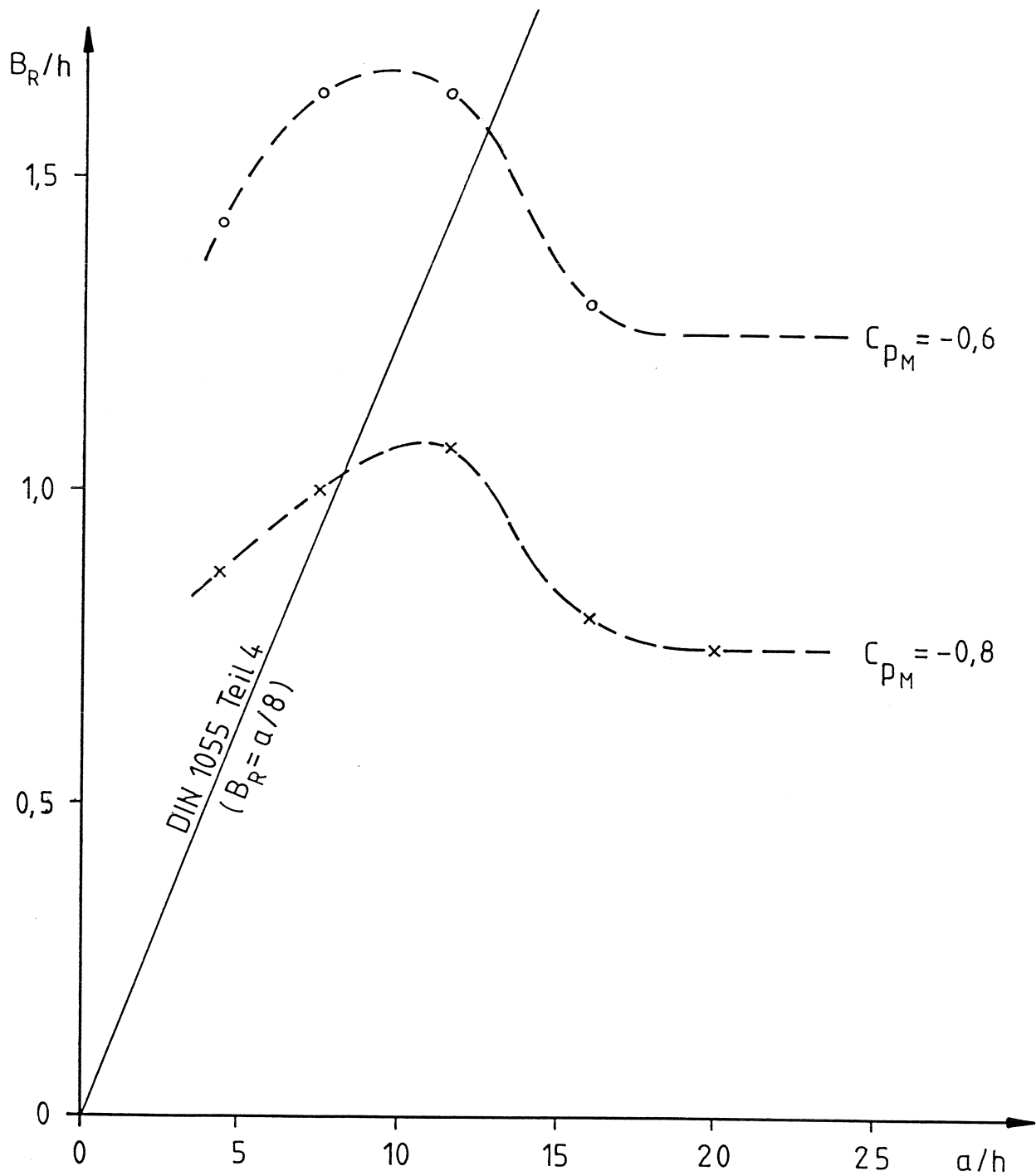


Bild 18

h/a : 0.025    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 45°

+	-0.61	+	-0.78	+	-0.82	+	-0.93		+	-0.82	+	-0.84	+	-0.69
+	-0.25	+	-0.18	+	-0.20	+	-0.21		+	-0.21	+	-0.20	+	-0.18
+	-0.29	+	-0.11	+	-0.13	+	-0.13		+	-0.14	+	-0.13	+	-0.14
+	-0.29	+	-0.11	+	-0.10	+	-0.10		+	-0.11	+	-0.10	+	-0.12
+	-0.32	+	-0.13	+	-0.09	+	-0.08				+	-0.08	+	-0.09
+	-0.36	+	-0.15	+	-0.11	+	-0.10				+	-0.08	+	-0.07
+	-0.51	+	-0.19	+	-0.14	+	-0.12		+	-0.11		+	-0.11	

h/a : 0.05    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 45°

+ -0.99	+ -1.00	+ -1.00	+ -1.01	+ -1.04	+ -1.10	+ -0.99
+ -0.68	+ -0.36	+ -0.42	+ -0.44	+ -0.46	+ -0.36	+ -0.29
+ -0.59	+ -0.14	+ -0.17	+ -0.18	+ -0.18	+ -0.17	+ -0.20
+ -0.57	+ -0.17	+ -0.11	+ -0.12	+ -0.13	+ -0.12	+ -0.15
+ -0.60	+ -0.21	+ -0.13	+ -0.10		+ -0.09	+ -0.11
+ -0.63	+ -0.23	+ -0.14	+ -0.12		+ -0.09	+ -0.09
+ -0.65	+ -0.27	+ -0.18	+ -0.16	+ -0.12	+ -0.11	

h/a : 0.0625    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 45°

+ -1.01	+ -1.02	+ -0.88	+ -0.92	+ -0.95	+ -1.02	+ -0.99
+ -0.93	+ -0.56	+ -0.62	+ -0.64	+ -0.65	+ -0.55	+ -0.36
+ -0.67	+ -0.19	+ -0.23	+ -0.25	+ -0.25	+ -0.22	+ -0.23
+ -0.62	+ -0.24	+ -0.13	+ -0.14	+ -0.15	+ -0.13	+ -0.17
+ -0.61	+ -0.29	+ -0.14	+ -0.09		+ -0.09	+ -0.12
+ -0.62	+ -0.31	+ -0.17	+ -0.13		+ -0.09	+ -0.09
+ -0.61	+ -0.34	+ -0.20	+ -0.17	+ -0.13	+ -0.10	

h/a : 0,0875    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 45°

+	-1.05	+	-1.34	+	-0.89	+	-0.90		+	-0.92	+	-0.98	+	-1.06
+	-1.26	+	-0.79	+	-0.82	+	-0.82		+	-0.85	+	-0.82	+	-0.65
+	-0.83	+	-0.35	+	-0.41	+	-0.46		+	-0.47	+	-0.41	+	-0.33
+	-0.72	+	-0.32	+	-0.21	+	-0.23		+	-0.25	+	-0.21	+	-0.22
+	-0.66	+	-0.48	+	-0.15	+	-0.11				+	-0.12	+	-0.14
+	-0.64	+	-0.48	+	-0.24	+	-0.15				+	-0.12	+	-0.14
+	-0.57	+	-0.47	+	-0.28	+	-0.21		+	-0.16	+	-0.14		

h/a : 0.1375    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 45°

<sup>+</sup> -0.96	<sup>+</sup> -1.67	<sup>+</sup> -1.05	<sup>+</sup> -0.92	<sup>+</sup> -0.83	<sup>+</sup> -0.90	<sup>+</sup> -1.06
<sup>+</sup> -1.63	<sup>+</sup> -0.86	<sup>+</sup> -0.86	<sup>+</sup> -0.85	<sup>+</sup> -0.86	<sup>+</sup> -0.89	<sup>+</sup> -0.87
<sup>+</sup> -1.06	<sup>+</sup> -0.57	<sup>+</sup> -0.63	<sup>+</sup> -0.65	<sup>+</sup> -0.66	<sup>+</sup> -0.64	<sup>+</sup> -0.44
<sup>+</sup> -0.87	<sup>+</sup> -0.32	<sup>+</sup> -0.38	<sup>+</sup> -0.41	<sup>+</sup> -0.42	<sup>+</sup> -0.36	<sup>+</sup> -0.32
<sup>+</sup> -0.70	<sup>+</sup> -0.78	<sup>+</sup> -0.15	<sup>+</sup> -0.16		<sup>+</sup> -0.14	<sup>+</sup> -0.15
<sup>+</sup> -0.61	<sup>+</sup> -0.61	<sup>+</sup> -0.39	<sup>+</sup> -0.11		<sup>+</sup> -0.15	<sup>+</sup> -0.18
<sup>+</sup> -0.49	<sup>+</sup> -0.48	<sup>+</sup> -0.42	<sup>+</sup> -0.25	<sup>+</sup> -0.17	<sup>+</sup> -0.18	

h/a : 0.2375    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 45°

+	-0.88	+ -2.24	+ -1.52	+ -1.21		+ -0.90	+ -0.87	+ -1.06
+	-2.24	+ -0.88	+ -0.87	+ -0.85		+ -1.14	+ -0.91	+ -1.02
+	-1.48	+ -0.78	+ -0.80	+ -0.80		+ -0.81	+ -0.83	+ -0.73
+	-1.17	+ -0.58	+ -0.61	+ -0.63		+ -0.64	+ -0.62	+ -0.47
+	-0.89	+ -1.16	+ -0.27	+ -0.29			+ -0.24	+ -0.19
+	-0.70	+ -0.78	+ -0.58	+ -0.15			+ -0.20	+ -0.23
+	-0.47	+ -0.51	+ -0.61	+ -0.28		+ -0.22	+ -0.24	



h/a : 0.2875    b/a : 1  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung        : turbulenzarm  
 Anströmwinkel    : 0°, 45°

+ -0.85	+ -2.56	+ -1.82	+ -1.37	+ -1.01	+ -0.86	+ -1.03
+ -2.54	+ -0.89	+ -0.88	+ -0.98	+ -1.29	+ -0.93	+ -1.03
+ -1.70	+ -0.84	+ -0.85	+ -0.84	+ -0.85	+ -0.90	+ -0.85
+ -1.33	+ -0.69	+ -0.71	+ -0.71	+ -0.73	+ -0.71	+ -0.56
+ -1.00	+ -1.29	+ -0.35	+ -0.37		+ -0.31	+ -0.20
+ -0.74	+ -0.81	+ -0.73	+ -0.18		+ -0.22	+ -0.26
+ -0.51	+ -0.53	+ -0.66	+ -0.39	+ -0.22	+ -0.26	

h/a : 0.025      b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 30°, 45°, 60°, 90°

+	-0.41	+	-0.54	+	-0.61	+	-0.76	+	-0.80	+	-0.76	+	-0.64
+	-0.43	+	-0.15	+	-0.17	+	-0.17	+	-0.17	+	-0.17	+	-0.18
+	-0.43	+	-0.17	+	-0.11	+	-0.11	+	-0.11	+	-0.11	+	-0.14
+	-0.44	+	-0.18	+	-0.12	+	-0.10	+	-0.08	+	-0.09	+	-0.14
+	-0.47	+	-0.19	+	-0.13	+	-0.11			+	-0.08	+	-0.12
+	-0.59	+	-0.20	+	-0.14	+	-0.12			+	-0.09	+	-0.12
+	-0.82	+	-0.23	+	-0.15	+	-0.12	+	-0.09	+	-0.09		

h/a : 0.05    b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 30°, 45°, 60°, 90°

+ -0.97	+ -0.96	+ -0.89	+ -0.97	+ -1.00	+ -1.08	+ -0.98
+ -0.94	+ -0.34	+ -0.40	+ -0.42	+ -0.43	+ -0.37	+ -0.34
+ -1.01	+ -0.34	+ -0.17	+ -0.16	+ -0.17	+ -0.18	+ -0.21
+ -1.08	+ -0.34	+ -0.18	+ -0.14	+ -0.11	+ -0.12	+ -0.16
+ -1.08	+ -0.36	+ -0.20	+ -0.16		+ -0.11	+ -0.15
+ -1.15	+ -0.38	+ -0.21	+ -0.16		+ -0.11	+ -0.14
+ -1.15	+ -0.40	+ -0.21	+ -0.17	+ -0.12	+ -0.12	

h/a : 0.0625    b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 30°, 45°, 60°, 90°

+	-1.49	+ -1.44	+ -1.04	+ -1.00		+ -0.98	+ -1.05	+ -1.01
+	-1.32	+ -0.64	+ -0.73	+ -0.79		+ -0.80	+ -0.74	+ -0.65
+	-1.12	+ -0.74	+ -0.33	+ -0.31		+ -0.40	+ -0.41	+ -0.40
+	-1.14	+ -0.78	+ -0.36	+ -0.22		+ -0.19	+ -0.22	+ -0.28
+	-1.15	+ -0.81	+ -0.40	+ -0.25			+ -0.14	+ -0.19
+	-1.13	+ -0.88	+ -0.44	+ -0.26			+ -0.14	+ -0.17
+	-1.15	+ -0.81	+ -0.46	+ -0.28		+ -0.17	+ -0.14	

h/a : 0.0875    b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90°

+ -1.40	+ -1.36	+ -0.98	+ -0.94	+ -0.83	+ -0.98	+ -1.02
+ -1.24	+ -0.67	+ -0.73	+ -0.76	+ -0.76	+ -0.73	+ -0.61
+ -1.06	+ -0.70	+ -0.32	+ -0.36	+ -0.38	+ -0.38	+ -0.37
+ -1.08	+ -0.74	+ -0.34	+ -0.20	+ -0.18	+ -0.21	+ -0.26
+ -1.08	+ -0.77	+ -0.38	+ -0.23		+ -0.13	+ -0.18
+ -1.06	+ -0.83	+ -0.41	+ -0.25		+ -0.13	+ -0.16
+ -1.08	+ -0.76	+ -0.43	+ -0.26	+ -0.16	+ -0.14	

h/a : 0.1375    b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90°

+	-1.67	+	-1.75	+	-1.16	+	-0.96		+	-0.80	+	-0.86	+	-1.00
+	-1.78	+	-0.92	+	-0.96	+	-1.07		+	-0.86	+	-0.84	+	-0.80
+	-1.17	+	-0.93	+	-0.62	+	-0.59		+	-0.61	+	-0.56	+	-0.50
+	-1.00	+	-1.05	+	-0.67	+	-0.41		+	-0.36	+	-0.39	+	-0.40
+	-0.93	+	-0.92	+	-0.69	+	-0.45				+	-0.15	+	-0.22
+	-0.94	+	-0.94	+	-0.72	+	-0.48				+	-0.15	+	-0.19
+	-1.02	+	-0.86	+	-0.72	+	-0.50		+	-0.24	+	-0.16		

h/a : 0.2375    b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90°

+ -1.66	+ -2.48	+ -1.52	+ -1.25	+ -0.95	+ -0.82	+ -0.97
+ -2.46	+ -1.25	+ -1.20	+ -1.60	+ -1.24	+ -0.86	+ -0.94
+ -1.56	+ -1.00	+ -0.88	+ -0.91	+ -0.98	+ -0.81	+ -0.79
+ -1.27	+ -1.55	+ -0.88	+ -0.69	+ -0.63	+ -0.68	+ -0.61
+ -0.98	+ -1.19	+ -0.96	+ -0.74		+ -0.32	+ -0.35
+ -0.82	+ -0.86	+ -0.85	+ -0.76		+ -0.27	+ -0.25
+ -0.85	+ -0.75	+ -0.83	+ -0.75	+ -0.49	+ -0.30	

h/a : 0.2875    b/a : 2  
 Dachneigungswinkel : 0°  
 Anströmung : turbulenzarm  
 Anströmwinkel : 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90°

+ -1.68	+ -2.92	+ -1.84	+ -1.46	+ -1.13	+ -0.89	+ -0.95
+ -2.96	+ -1.39	+ -1.30	+ -1.83	+ -1.49	+ -1.00	+ -0.95
+ -1.86	+ -1.00	+ -0.95	+ -1.05	+ -1.13	+ -0.96	+ -0.98
+ -1.50	+ -1.87	+ -0.94	+ -0.81	+ -0.74	+ -0.80	+ -0.75
+ -1.13	+ -1.49	+ -1.17	+ -0.83		+ -0.40	+ -0.39
+ -0.93	+ -1.04	+ -1.07	+ -0.84		+ -0.37	+ -0.29
+ -0.81	+ -0.80	+ -1.01	+ -0.83	+ -0.60	+ -0.38	



Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=1$ ;  $q$ -Korrektur=0,53 (0,73)  
 Dachneigung:  $10^\circ$ ;  $h=8\text{mm}$  (22mm)  
 Anströmwinkel:  $0^\circ 30' 45''$   $60^\circ 90'$

+	+	+	+	+	+	+
-1.95	-2.12	-1.81	-1.72	-1.66	-1.77	-1.79
+	+	+	+	+	+	+
-1.32	-1.59	-1.65	-1.63	-1.74	-1.86	-1.95
+	+	+	+	+	+	+
-1.22	-1.09	-1.24	-1.34	-1.43	-1.45	-1.46
+	+	+	+	+	+	+
-1.14	-0.66	-0.97	-1.15	-1.23	-1.24	-1.24
+	+	+	+	+	+	+
-1.15	-0.53	-0.41	-0.48	-0.69	-0.77	-0.77
+	+	+	+	+	+	+
-1.37	-0.41	-0.28	-0.34	-0.45	-0.80	-0.80
+	+	+	+	+	+	+
-1.19	-0.42	-0.20	-0.21	-0.31	-0.48	-0.83

Satteldach im Böttlinger Kanal  
 $a/b=1$ ;  $q$ -Korrektur=0.87 (0.97)  
 Dachneigung: 10°;  $h=32\text{mm}$  (46mm)  
 Anströmwinkel: 0°30'45"60"90°

+	+	+	+	+	+	+
-2.15	-2.44	-2.47	-2.03	-1.59	-1.50	-1.57
+	+	+	+	+	+	+
-2.26	-1.18	-1.13	-2.41	-2.15	-1.81	-1.87
+	+	+	+	+	+	+
-1.58	-1.19	-1.10	-1.08	-1.03	-1.86	-1.69
+	+	+	+	+	+	+
-1.39	-1.54	-1.06	-1.03	-1.01	-1.01	-1.33
+	+	+	+	+	+	+
-1.23	-1.34	-0.93	-0.85	-0.91	-0.92	-0.92
+	+	+	+	+	+	+
-1.23	-1.25	-0.60	-0.67	-0.69	-0.69	-0.70
+	+	+	+	+	+	+
-1.23	-1.24	-0.85	-0.66	-0.44	-0.47	-0.63

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=1:q$ -Korrektur=0.53 (0.89)  
 Dachneigung: 20°;  $h=8\text{mm}$  (35mm)  
 Anströmwinkel: 0° 30' 45" 60' 90°

+	+	+	+	+	+	+
-1.67	-1.97	-1.98	-1.88	-1.79	-2.00	-2.13
+	+	+	+	+	+	+
-1.22	-1.45	-1.69	-1.80	-1.68	-2.04	-2.41
+	+	+	+	+	+	+
-0.98	-1.01	-1.21	-1.49	-1.62	-1.58	-1.55
+	+	+	+	+	+	+
-0.75	-0.75	-1.06		-1.97	-1.44	-1.46
+	+	+	+	+	+	+
-0.45	-0.45	-0.47	-0.56		-0.88	-0.91
+	+	+	+	+	+	+
-0.31	-0.31	-0.34		-0.40	-0.44	-0.82
+	+	+	+	+	+	+
-0.25	-0.25	-0.19	-0.25	-0.34	-0.35	-0.79

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=1$ ;  $q$ -Korrektur=0.85 (1)  
 Dachneigung: 20°;  $h=30\text{mm}$  (57mm)  
 Anströmwinkel: 0° 30' 45" 60' 90°

+	+	+	+	+	+	+
-1.83	-2.69	-1.90	-1.63	-1.36	-1.33	-1.16
+	+	+	+	+	+	+
-1.16	-1.14	-1.13	-2.02	-1.80	-1.47	-1.43
+	+	+	+	+	+	+
-1.13	-1.12	-1.13	-1.12	-1.04	-1.53	-1.45
+	+	+	+	+	+	+
-1.02	-1.09	-1.10	-1.06	-0.99	-1.09	
+	+	+	+	+	+	+
-0.78	-0.77	-0.85	-0.93	-0.96	-0.96	
+	+	+	+	+	+	+
-0.69	-0.53	-0.66	-0.75	-0.78	-0.79	
+	+	+	+	+	+	+
-0.64	-0.56	-0.90	-0.42	-0.49	-0.52	-0.64

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=0.5$ ;  $q$ -Korrektur=0.53 (.73)  
 Dachneigung:  $10^\circ$ ;  $h=8\text{mm}$  (22mm)  
 Anströmwinkel:  $0^\circ 30' 45''$   $60^\circ 90'$

+	+	+	+	+	+	+
-1.86	-2.16	-1.77	-1.67	-1.63	-1.76	-1.84
+	+	+	+	+	+	+
-1.29	-1.55	-1.59	-1.57	-1.68	-1.85	-2.02
+	+	+	+	+	+	+
-1.95	-1.00	-1.20	-1.29	-1.98	-1.40	-1.41
+	+	+	+	+	+	+
-1.32	-0.64	-0.94		-1.10	-1.18	-1.21
+	+	+	+		+	+
-1.35	-0.96	-0.40	-0.46		-0.66	-0.85
+	+	+	+	+	+	+
-1.24	-0.43	-0.27	-0.35	-0.52	-0.50	-0.80
+	+	+	+	+	+	+
-1.15	-0.43	-0.24	-0.26	-0.37	-0.56	-0.93

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=0.5; q$ -Korrektur=0.53 (0.73)  
 Dachneigung: 10°;  $h=8\text{mm}$  (22mm)  
 Anströmwinkel: 0°, mittl. Meßpos.

+	+	+	+	+	+	+
-1.95	-0.41	-0.26	-0.29	-0.39	-0.59	-0.97
+	+	+	+	+	+	+
-1.26	-0.47	-0.27	-0.29	-0.40	-0.58	-0.96
+	+	+	+	+	+	+
-1.95	-0.51	-0.27	-0.28	-0.39	-0.58	-0.95
+	+	+	+	+	+	+
-1.20	-0.61	-0.27		-0.39	-0.58	-0.94
+	+	+	+	+	+	+
-1.15	-0.63	-0.26	-0.26		-0.57	-0.96
+	+	+	+	+	+	+
-1.95	-0.48	-0.27	-0.37	-0.56	-0.94	
+	+	+	+	+	+	+
-1.20	-0.46	-0.22	-0.26	-0.37	-0.56	-0.92

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=0.5$ ;  $q$ -Korrektur=0.87 (.97)  
 Dachneigung:  $10^\circ$ ;  $h=32\text{mm}$  (46mm)  
 Anströmwinkel:  $0^\circ 30' 45'' 60' 90''$

+	+	+	+	+	+	+
-2.05	-3.98	-2.47	-2.02	-1.59	-1.54	-1.59
+	+	+	+	+	+	+
-2.29	-1.91	-1.07	-2.33	-2.19	-1.83	-1.92
+	+	+	+	+	+	+
-1.64	-1.90	-1.05	-1.03	-0.98	-1.86	-1.83
+	+	+	+	+	+	+
-1.98	-1.65	-0.99	-0.98	-0.98	-0.95	-1.23
+	+	+	+	+	+	+
-1.39	-1.49	-0.99	-0.81	-0.87	-0.87	
+	+	+	+	+	+	+
-1.36	-1.40	-0.71	-0.69	-0.65	-0.68	
+	+	+	+	+	+	+
-1.34	-1.41	-1.09	-0.76	-0.45	-0.50	-0.70

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=0.519$ -Korrektur=0.53 (.89)  
 Dachneigung: 20°;  $h=8\text{mm}$  (35mm)  
 Anströmwinkel: 0° 30' 45" 60' 90°

+	+	+	+	+	+	+
-1.99	-1.99	-1.92	-1.80	-1.73	-1.99	-2.18
+	+	+	+	+	+	+
-1.22	-1.54	-1.72	-1.75	-1.67	-2.06	-2.46
+	+	+	+	+	+	+
-0.78	-0.97	-1.29	-1.44	-1.59	-1.54	-1.51
+	+	+	+	+	+	+
-0.64	-0.69	-1.07		-1.95	-1.41	-1.49
+	+	+	+		+	+
-0.45	-0.47	-0.49	-0.57		-0.89	-1.07
+	+	+	+	+	+	+
-0.38	-0.36	-0.36	-0.41	-0.45	-0.45	-1.01
+	+	+	+	+	+	+
-0.36	-0.29	-0.29	-0.28	-0.26	-0.42	-0.89



Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=0.5$ ;  $q$ -Korrektur=0.85 (1)  
 Dachneigung: 20°;  $h=30\text{mm}$  (57mm)  
 Anströmwinkel: 0° 30' 45" 60' 90°

+	+	+	+	+	+	+
-1.76	-2.71	-1.90	-1.64	-1.98	-1.96	-1.22
+	+	+	+	+	+	+
-1.17	-1.07	-1.07	-1.97	-1.86	-1.52	-1.91
+	+	+	+	+	+	+
-1.06	-1.07	-1.07	-1.05	-0.98	-1.57	-1.59
+	+	+	+	+	+	+
-0.97	-0.99	-1.03	-1.00	-0.94	-0.94	-1.11
+	+	+	+	+	+	+
-0.82	-0.74	-0.82	-0.88	-0.82	-0.81	-0.81
+	+	+	+	+	+	+
-0.74	-0.53	-0.63	-0.72	-0.74	-0.74	-0.75
+	+	+	+	+	+	+
-0.74	-0.56	-0.29	-0.40	-0.47	-0.51	-0.75

Satteldach im Göttinger Kanal  
 $a/b=0.5$ ;  $q$ -Korrektur=0.85 (1)  
 Dachneigung: 20°;  $h=30$ mm (57mm)  
 Anströmwinkel: 0°, mittl. Meßpos.

+	+	+	+	+	+	+
-0.86	-0.97	-0.08	-0.06	-0.08	-0.19	-0.39
+	+	+	+	+	+	+
-0.71	-0.47	-0.08	-0.04	-0.09	-0.19	-0.31
+	+	+	+	+	+	+
-0.74	-0.47	-0.11	-0.05	-0.11	-0.18	-0.31
+	+	+	+	+	+	+
-0.75	-0.49	-0.05		-0.10	-0.16	-0.35
+	+	+	+		+	+
-0.75	-0.43	-0.09	-0.05		-0.18	-0.35
+	+	+	+	+	+	+
-0.72	-0.45	-0.05		-0.11	-0.16	-0.25
+	+	+	+	+	+	+
-0.66	-0.44	-0.10	-0.06	-0.09	-0.14	-0.27

Forschungsvorhaben: Windlasten auf Flachdächern niedriger, kantiger Baukörper (Kurzfassung)

Industriegroßbauten besitzen häufig relative Höhen = Höhe/Breite =  $h/a < 0.1$ . In DIN 1055 Teil 4 wird der Einfluß der relativen Gebäudehöhe bei quaderförmigen Baukörpern dadurch berücksichtigt, daß zwei Höhengruppen ( $h/a \geq 0.4$  und  $h/a < 0.4$ ) eingeführt wurden. Ferner wird die Randstreifenbreite als  $a/8$  spezifiziert. Für Gebäude mit geringen relativen Höhen ( $h/a \leq 0.09$ ) ergeben sich die höchsten Sogbelastungen bei Anströmung senkrecht zu einer Gebäudedekante. Die Größe des Windsoges und die Größe des windkritischen Dachbereiches hängt im wesentlichen von der Gebäudehöhe ab.

In der vorliegenden Forschungsarbeit werden Ergebnisse einer Parameterstudie zum Einfluß der relativen Gebäudehöhe auf die anzusetzenden Dachwindlasten vorgestellt. Die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Für relativ sehr niedrige Gebäude mit Flachdach ( $h/a \leq 0.07$ ) sollten gesonderte Windlasten in den Windlastannahmen aufgenommen werden. Für Gebäude dieser relativen Höhen entfällt der Eckbereich, für den Randbereich mit einer Breite  $B_R = 1.25 h$  entspricht die äußere Windsogbelastung einem Beiwert  $c_p = -1.0$ .
2. Selbst geringe Dachneigungen ( $\theta = 10^\circ$ ) führen an den giebelnahen Dachbereichen bei Anströmung über Eck zu deutlich größeren Windlasten als bei Dachflächen ohne Gefälle. Selbst die Angaben nach DIN 1055 Teil 4 liegen hier unter Umständen auf der unsicheren Seite. Die in dem vorliegenden Forschungsvorhaben durchgeführten orientierenden Untersuchungen zum Einfluß der Dachneigung sollten in einer weiteren Arbeit fortgeführt werden.

Research project: Windloads on flat roofs of very low and very large buildings (Summary)

Industrial complexes consist quite often of very large and very low buildings with relative heights = height/width =  $h/a < 0.1$ . The influence of the relative building height of block-type buildings has been taken into account in the German Standard DIN 1055 Teil 4 by introducing 2 groups of building height ( $h/a \geq 0.4$  and  $h/a < 0.4$ ). The width of the edge region is specified to be  $a/8$ . For buildings with very small relative heights ( $h/a \leq 0.09$ ) the largest wind suction occurs for windflow perpendicular to the roof edge. The magnitude of the wind suction and the width of the edge region with increased wind suction depends only on the building height.

The final report of the research project gives results of a parametric study into the influence of the relative building height on the roof windloads. The most important results of the study may be summarized as follows:

1. It is proposed that the windloads for very large and very low flat roofed buildings ( $h/a \leq 0.07$ ) should be specified separately in the windloading standard. No edge region has to be considered for such buildings, the external windload in the edge region of width  $B_R = 1.25 h$  is equivalent to the coefficient  $c_p = -1.0$ .
2. Even a relative small roof pitch ( $\theta = 10^\circ$ ) leads to a remarkable increase in windloads for the roof area close to the eave. The windload coefficients given in DIN 1055 Teil 4 for flat roofed buildings may be on the unsafe side. Further research is necessary to specify the influence of small roof pitch angles on the roof windloads.