Zeitschrift: IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen

Band: 2 (1933-1934)

Artikel: Winddruck an Gebäuden: eine Untersuchung des Einflusses der Modellgrösse

Autor: Nøkkentved, Chr.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-3406

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

WINDDRUCK AN GEBÄUDEN.
EINE UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES DER MODELLGRÖSSE.

ACTION DU VENT SUR LES BÂTIMENTS.
RECHERCHES SUR L'INFLUENCE DE LA GRANDEUR DES MODÈLES.

WIND PRESSURE ON BUILDINGS.
AN INVESTIGATION INTO THE INFLUENCE OF THE SIZE OF THE MODELS.

Dr. techn. CHR. NØKKENTVED, Professor an der Technischen Hochschule, Kopenhagen.

Wie schon früher nachgewiesen [1]), entstehen bei einem durch einen Luftstrom beanspruchten Gebäude Wirbelflächen, wie sie nebenstehende Abbildung 1 darstellt.

Zu Beginn der Luftströmung entsteht im ersten Augenblick ein Potentialstrom, der sehr bald an den scharfen Knicken des Gebäudeumrisses und damit auch der Stromlinien Wirbel auslöst, d. h. also vor dem Gebäude und oben am Dachfirst. Die Wirbelbildung setzt sich fort, bis die dargestellten Wirbelflächen entstanden sind, die derart sanfte Formen haben, daß ihnen die Stromlinien ohne Wirbelbildung folgen können. Die Wirbelflächen wirken nun wie materielle Grenzflächen zwischen einem Potentialfeld außen und einem Totwasserbereich innen.

Es ist ebenso nachgewiesen, daß der gleiche Druck außerhalb wie innerhalb der Wirbelflächen herrscht; man kann also die Drücke auf das Gebäude jedenfalls in erster Annäherung finden, wenn man das Potentialfeld außerhalb der Wirbelflächen kennt. Der Vergleich von ausgeführten Stromlinienversuchen, wo die Geschwindigkeiten im Potentialfeld gemessen und die Drücke berechnet wurden, und Druckversuchen im Windkanal zeigen gute Übereinstimmung.

Schließlich wurde früher schon erwähnt, daß die Neigung der vorderen Wirbelfläche eine große Bedeutung für die Druckverteilung auf das Gebäude hat. Ist die Wirbelfläche flacher als die vordere Dachfläche, so erhält man dort Druck, es entsteht Sog, wenn die Wirbelfläche steiler als die Dachfläche ist. Eine geringe Änderung in der Neigung der vorderen Wirbelfläche kann deshalb große Bedeutung für den Druck besitzen.

Hat man sich erst diese Verhältnisse klar gemacht, so liegt es sehr nahe, anzunehmen, daß die Größe der REYNOLD'schen Zahl Einfluß auf die Druckverteilung an einem Gebäude haben muß.

Aber während man schon lange wußte, daß Druck und Druckverteilung sich bei runden Körpern mit der REYNOLD'schen Zahl ändern, wo der Ausgangspunkt der Wirbelflächen, die Ablösungsstelle der Strömung nicht genau definiert ist, sondern entlang der runden Kontur gleiten kann, hat man seither angenommen, daß der Widerstandsbeiwert und die Druckverteilung für einen

[1]) Siehe „Ingeniøren" 2. Juli 1932 und Internat. Vereinig. für Brücken- und Hochbau, Abh. 1 (1932) Seite 372.

scharfkantigen Baukörper unabhängig von Modellmaßstab und Windgeschwindigkeit sind[2]). Man hatte nur der rückliegenden Wirbelfläche Beachtung geschenkt, deren Ablösungsstelle ja an einen bestimmten Punkt gebunden war, z. B. an den Dachfirst bei einem Gebäude. Man glaubte sogar, einen experimentellen Beweis für die praktische Unabhängigkeit von der Modellgröße zu haben. Eiffel hat nämlich Versuche mit verschiedenen Modellgrößen des gleichen Gebäudes ausgeführt, wobei das größte 50 mal so groß als das kleinste war; bei diesen Versuchen fand er genau den gleichen Druck bei dem großen wie bei dem kleinen Modell[3]).

Nimmt man jedoch die vordere Wirbelfläche mit in seine Betrachtungen auf, so ist es sehr wahrscheinlich, daß der Druck mit der REYNOLD'schen Zahl variiert, oder was dasselbe ist, mit dem Verhältnis zwischen Bewegungsenergie und Reibung. Dies hat sich auch tatsächlich aus einer Reihe von Versuchen ergeben, die Dr. IRMINGER und der Verfasser teils im Laboratorium für Baustatik an der technischen Hochschule Kopenhagen, und teils im Fluglaboratorium an der technischen Hochschule Stockholm ausgeführt haben[4]).

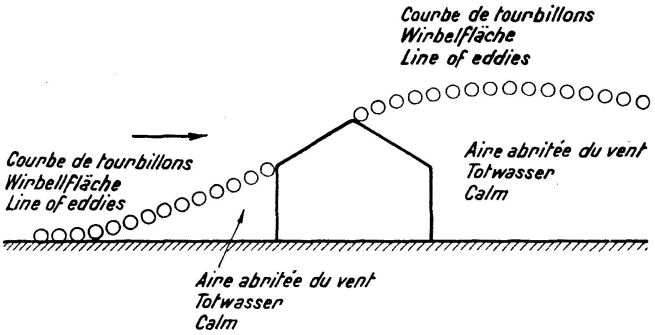

Fig. 1.

Die Versuche wurden mit verschiedenen gleich ausgebildeten Modellen ausgeführt, die aus 4 gelenkig verbundenen Flächen, 2 Seitenflächen und 2 Dachflächen, bestanden. Hierdurch konnte man bei der Messung des Dachwinkels einen sehr großen Genauigkeitsgrad in der Gleichartigkeit der Modelle erreichen. Die Breite des Modelles war 4 mal so groß wie die Höhe der Seitenflächen, und die Dachneigung betrug 20°. Andere Dachneigungen wurden ebenso untersucht, doch ergab 20° den ausgeprägtesten Unterschied. Um ein zweidimensionales Strömungsbild zu erhalten, war jedes Ende des Modelles von einem lotrechten Schirm begrenzt.

In Kopenhagen, wo der Windkanal englischen Typ mit 30 cm Seitenlänge hat, wurden Modelle mit 20 und 30 mm Höhe untersucht, in Stockholm, das einen Windkanal vom Göttinger Typ mit 1,6 m Durchmesser der Düse hat, wurden Modelle mit 100 und 150 mm Höhe untersucht.

Auf der Abbildung 2 sind in den Modellquerschnitt die verschiedenen Druckkurven eingezeichnet, jede mit Angabe der entsprechenden REYNOLD'schen Zahl. Die Abbildung 3 gibt die Abhängigkeit zwischen dem Druck im Punkt 2 (vorderes Loch auf der vorderen Dachfläche) und der REYNOLD'schen Zahl an.

---

[2]) Siehe hier: O. Flachsbart: Winddruck auf vollwandige Bauwerke und Gitterfachwerke. Internat. Vereinig. für Brücken- und Hochbau, Abh. 1, 1932, Seite 158.

[3]) Siehe hier: Eiffel: Nouvelles Recherches sur la résistance de l'Air et l'Aviation, 2. Edition, Paris 1919, Seite 287.

[4]) Für die freundliche Überlassung des Windkanales des Laboratoriums zur Ausführung unserer Versuche darf ich Herrn Professor I. Malmer danken.

Man sieht, wie mit wachsender REYNOLD'scher Zahl eine deutliche Änderung im Strömungsbild eintritt; besonders deutlich ist die Änderung für den Punkt 2, wo der Sog von 15% nt ($^1/_2\,\varrho\,v^2$) bei $R = 2 \cdot 10^4$ auf 40% nt bei $R = 40 \cdot 10^4$ wächst. Die vordere Wirbelfläche wird also bei wachsender REYNOLD'scher Zahl steiler, was den wachsenden Sog verursacht.

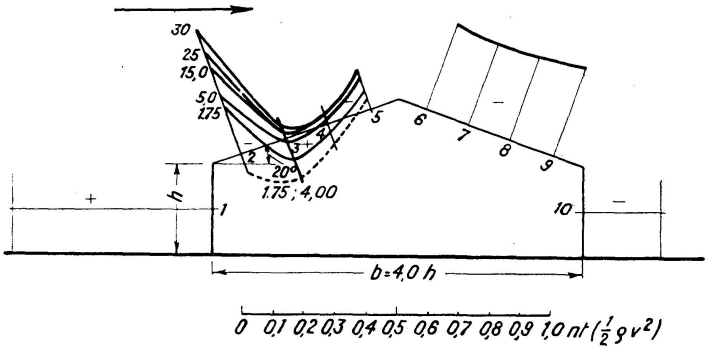

Fig. 2.

Es ist ganz typisch, daß fast ausschließlich der Sog im vordersten Punkt der Dachfläche wächst, während die Änderungen in den anderen Punkten des Daches nur gering sind. Dies hängt damit zusammen, daß die Neigung der Wirbelfläche nur wenig größer als die Dachneigung ist, wodurch ein

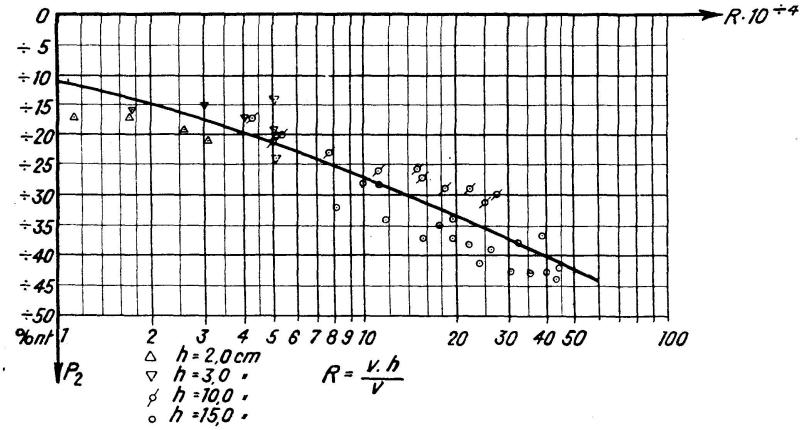

Fig. 3.

begrenzter Totwasserbereich mit nur lokalem Sog entsteht (siehe Kurve für 15° in Abh. 1, 1932, S. 372).

Leider konnten wir keine Versuche mit noch größeren REYNOLD'schen Zahlen durchführen; aber zweifellos wächst für zunehmende REYNOLD'sche Zahlen der Sog im vordersten Punkt zuerst noch etwas, und darnach breitet sich der Totwasserbereich mit größerem Sog über die ganze vordere Dachfläche aus, da die Neigung der Wirbelfläche andauernd steigt. Sollte sich dies als zutreffend erweisen, so ist die Folgerung, daß man bei wirklichen Gebäuden mit größeren Saugkräften rechnen muß, als was man seither aus ausgeführten Versuchen abgeleitet hat. Diese Erscheinungen sind deshalb nicht ohne Bedeutung für die praktische Auswertung der Modellversuche.

In diesem Zusammenhang ist indessen auch ein anderer Umstand von Bedeutung, nämlich die Rauhigkeit der Erde, da eine größere Rauhigkeit das Verhältnis zwischen Reibung und kinetischer Energie verändert. Dies

untersuchten wir in der Weise, daß wir vor und unter dem Modelle ganz grobes Sandpapier anbrachten; wir fanden dann die in Abb. 2 dargestellte punktierte Druckkurve, die sich übrigens innerhalb des untersuchten Intervalles nicht änderte, nämlich bei $R = 1{,}75 \cdot 10^4$ bis $4{,}00 \cdot 10^4$. Man sieht, daß nun die ganze vordere Dachfläche auf Druck beansprucht ist, während vorher nur Sog herrschte; die Wirkung, die verhältnismäßig groß ist, muß davon herrühren, daß die vordere Wirbelfläche viel flacher als vorher geworden ist, flacher als die Dachneigung. Die Rauhigkeit der Erde hat also die gleiche Bedeutung wie eine große Verminderung der REYNOLD'schen Zahl, was ganz einleuchtend erscheint, da die Reibung im Verhältnis zur kinetischen Energie gewachsen ist.

Ist die Neigung der Wirbelfläche geringer als die Dachneigung, d. h. herrscht Druck auf dem Dach, so haben wir festgestellt, variiert die Druckkurve nur sehr wenig mit der REYNOLD'schen Zahl; das gleiche gilt, wenn die Neigung der Wirbelfläche steiler als die Dachneigung ist (entsprechend einem Sog auf der ganzen vorderen Dachfläche). Es wird sich bestimmt zeigen, daß jede Gebäudeform ihre kritische Höhe hat (kritische REYNOLD'sche Zahl), bei welcher die vordere Wirbelfläche gerade tangential entlang der Dachfläche läuft und deswegen den Übergang zwischen zwei wesensverschiedenen Druckkurven bildet; die kritische Höhe variiert im übrigen mit der Rauhigkeit der Erde. Eine Änderung der Höhe in der Nähe der kritischen Höhe ergibt eine schnelle Änderung der Druckverhältnisse, wogegen eine Änderung der Höhe in einem gewissen Abstand von der kritischen Höhe keinen nennenswerten Einfluß ausübt. Dies erklärt, warum Eiffel bei seinen gleichausgebildeten Gebäuden denselben Druck fand, wo die kritische Höhe für die verwandte Gebäudeform wahrscheinlich mehrere Meter betrug, während die Höhe seines größten Modells 40 cm war.

Welchen Einfluß diese Verhältnisse auf wirkliche Gebäude haben, ist schwierig zu übersehen. Die Erde ist ja für gewöhnlich sehr rauh, was einer Verminderung der REYNOLD'schen Zahl entspricht. Dagegen ist die REYNOLD'sche Zahl eines wirklichen Gebäudes außerordentlich groß im Verhältnis zu der von Modellen (für $h = 4{,}5$ m und $v = 30$ m/sec. ist $R = 930 \cdot 10^4$). Da die Rauhigkeit in der einen Richtung wirkt und die Größe in der anderen, so kann man im voraus nichts über die vereinte Wirkung sagen. Bevor diese Verhältnisse nicht näher untersucht sind, kann man sich nur mit großer Zurückhaltung über die Zahlgrößen auslassen, die man in Praxis anwenden soll.

Soll man soweit kommen, die Druckverteilung an einem Gebäude überschauen zu können und weiter noch mit Hilfe von Modellversuchen voraussagen zu können, für welchen Winddruck ein Gebäude berechnet werden soll, so muß man jetzt zweifellos die Untersuchungen auf eine genaue Erforschung der Wirbelflächen konzentrieren, um damit die Gesetze für ihre Form und Entstehung zu finden. Das Einlegen der Wirbelflächen muß man unter Berücksichtigung der REYNOLD'schen Zahl (und der Rauhigkeit der Begrenzungsflächen) vornehmen. Man kann sich z. B. vorstellen, daß die kritische Geschwindigkeitsgradiente, bei der die Wirbelbildung beginnt, eine Funktion der REYNOLD'schen Zahl ist und mit ihr wächst.

Ist man erst soweit gekommen, daß man im wesentlichen das Gesetz für die Bildung und Form der Wirbelflächen kennt, so kann die praktische Lösung der Druckverteilungsberechnung nach meiner Meinung in der Weise geschehen, daß man einige verhältnismäßig einfache geometrische Kurven als Wirbelflächen einlegt, so daß die Lösung der Differentialgleichung für das Potentialfeld, das von den Wirbelflächen begrenzt wird, durchgeführt

werden kann. Es hat sicher keine große Bedeutung, ob die eingelegten Kurven bis ins einzelne richtig sind; wie schon bemerkt, erweisen sich nämlich die Drücke auf das Gebäude als ziemlich konstant, trotzdem die Stromlinienbilder eine andauernd wechselnde Form der Wirbelflächen zeigen.

Es ist möglich, daß man hierdurch nicht zu einer vollkommen zufriedenstellenden mathematischen Behandlung des Strömungsproblemes an einem Gebäude kommt, es ist jedenfalls gegeben, daß dies überhaupt nur bei zweidimensionalen Strömungen geschehen kann. Die mathematische Behandlung erhält sicher auch nicht unmittelbare Bedeutung für die Ausrechnung endlicher Zahlengrößen. Aber die Theorie und die physikalische Betrachtung hat die ungeheuer große indirekte Bedeutung, daß man dadurch zum Verständnis der Verhältnisse kommen kann und die praktische Verwertung eines gegebenen Versuchsmateriales zu meistern lernt.

Doch möge zum Schluß noch hinzugefügt werden, daß man um soweit zu kommen, auch eine ganz andere Kenntnis des natürlichen Windes als seither besitzen muß. Es ist nur zu wünschen, daß auf dieses Gebiet Seite an Seite mit den anderen Untersuchungen eine eingehende Arbeit verwandt wird.

Zusammenfassung.

Auf Grund EIFFEL'scher Versuche sowie einfacher Überlegungen wurde bis jetzt ganz allgemein als richtig angenommen, daß bei scharfkantigen Widerstandskörpern — wie sie z. B. von den meisten Häusern und Hallenbauten dargestellt werden — die Art der Druckverteilung und die Größe der Widerstandsziffer praktisch vollständig unabhängig von der REYNOLD'schen Zahl sei (s. z. B. PRANDTL: Abriß der Strömungslehre, S. 134—35).

Den Gegenstand vorliegender Abhandlung bildet der Nachweis, daß diese Annahme unberechtigt ist. Der direkte Beweis für eine starke R-Abhängigkeit ist vom Verfasser für relativ breite Gebäudeformen und mäßige Dachneigung erbracht worden. Besonders ausgeprägt war die R-Abhängigkeit bei 20° Dachneigung (s. Abb.). Die REYNOLD'sche Zahl konnte unter Benutzung der Windkanäle der Kopenhagener und der Stockholmer technischen Hochschule insgesamt zwischen $1{,}75 \times 10^4$ und 40×10^4 variiert werden.

Durch die Versuche, die der Verfasser 1930—31 im Göttinger Wassertank ausgeführt hat, wird eine qualitative Erklärung der obigen quantitativen Feststellungen nahegelegt. Die Stromlinienversuche nach der AHLBORN'schen Methode haben nämlich gezeigt, daß das luvseitige Totwassergebiet bei Körpern, die sich direkt an die Kanalwand anschließen (z. B. Bauwerkmodellen) sehr viel größer und für die Art der gesamten (sowohl luv- wie leeseitigen) Druckverteilung bedeutungsvoller ist, als bei entsprechenden freischwebenden Doppelmodellen. Der Winkel, den die Unstetigkeitsschicht in Dachrinnenhöhe mit der Dachneigung einschließt (Abh. 1, S. 372), ist offenbar ausschlaggebend dafür, welche der drei denkbaren Strömungsformen:

1. Anliegen an der ganzen vorderen Dachfläche,
2. Abreißen an der Dachrinne und Entstehung eines engbegrenzten Wirbelgebietes an der vorderen Dachrinne (mit starker örtlicher Saugwirkung),
3. Abreißen an der Dachrinne, und Beginn des leeseitigen Totwassers an dieser Stelle,

wirklich entsteht. Dieser Winkel kann indessen nicht eine allgemeine Konstante der Modellform sein, muß vielmehr von der Bilanz zwischen Trägheits- und Reibungskräften abhängen, und damit im allgemeinen eine gewisse Abhängigkeit von R und von der bezogenen Rauhigkeit der Sohle (Kanalwand) zeigen.

Demnach kann die bis jetzt angenommene Unabhängigkeit von R nur innerhalb gewisser R-Gebiete erwartet werden, wobei freilich auf Grund des obigen auch anzunehmen ist, daß bei sehr steilen und anderseits bei außerordentlich flachen Dächern sowohl die praktisch in Frage kommenden Modelle als auch die zugehörigen Großobjekte im allgemeinen innerhalb ein und derselben Gebiete liegen. Aber es gibt dazwischen eine große Mannigfaltigkeit von Körperformen, bei denen zu befürchten ist, daß eine kritische Grenze zwischen Modell und Wirklichkeit liegt, was die Übertragbarkeit gefährdet und starke Vorsicht erfordert. — Besonders kompliziert wird das Problem durch die ebenfalls experimentell erwiesene nicht geringe Abhängigkeit von der bezogenen Rauhigkeit.

Résumé.

A la suite des essais exécutés par EIFFEL et d'après des considérations élémentaires, on a cru jusqu'à maintenant, en ce qui concerne les corps à arêtes vives, tels que maisons et hangars, la répartition des pressions et la résistance globale étaient presque totalement indépendantes des chiffres de REYNOLD's (voir par exemple PRANDTL: „Abriss der Strömungslehre", p. 134/135). Dans le présent mémoire, l'auteur montre que cette hypothèse n'est pas exacte. Il met directement en évidence la possibilité d'une forte variation des pressions, lorsque la valeur de R varie, pour un type déterminé de bâtiment assez large, à rampants peu inclinés. Cette influence est d'ailleurs particulièrement accentuée pour une inclinaison de 20° (voir figure). Dans les tunnels aérodynamiques des Ecoles Techniques Supérieures de Stockholm et de Copenhague, on a pu faire varier les chiffres de REYNOLD's de $1{,}75 \times 10^4$ à 40×10^4.

Les essais effectués par l'auteur dans le canal hydrodynamique de Goettingue, en 1930/1931, fournissent une explication qualitative des résultats quantitatifs ci-dessus. Les essais sur les filets liquides, exécutés selon la méthode d'AHLBORN, ont montré que pour un corps placé directement sur la paroi du canal (bâtiment en réduction, par exemple), la région des remous à l'amont est beaucoup plus étendue que pour un modèle deux fois plus grand, et identique, mais librement suspendu; par suite, elle exerce une influence bien plus considérable sur la répartition d'ensemble des pressions, tant en amont qu'en aval.

L'angle que forment entre eux la couche tourbillonnaire antérieure et le versant antérieur du modèle exerce évidemment une influence déterminante sur la forme du graphique d'écoulement des filets du fluide (voir „Mémoires" 1, page 372), puisque, selon la valeur de cet angle, on aura l'une des trois formes d'écoulement suivantes:

1. les filets suivent intégralement le versant antérieur;
2. les filets se dégagent de l'avant-toit antérieur, mais sont de nouveau attirés vers le versant antérieur;
3. les filets se dégagent de l'avant-toit antérieur, sans revenir sur le modèle, de telle sorte que le versant antérieur du toit, tout entier, se trouve compris dans la zone tourbillonnaire postérieure.

Toutefois, l'angle considéré ci-dessus, entre la couche tourbillonnaire antérieure et le versant antérieur du toit n'est pas constant pour une forme de modèle déterminée; il doit dépendre au contraire du rapport entre les efforts d'inertie et de frottement, c'est-à-dire du chiffre de REYNOLDS et de la rugosité du sol (en l'espèce, la paroi du canal).

Il ne faut donc pas compter sur une indépendance absolue entre les pressions et les chiffres de REYNOLDS, ainsi qu'on l'admettait antérieurement. Il résulte en outre de ce qui précède que pour les toitures à pente très raide, il y a tout lieu de considérer que dans la pratique, on se trouve toujours en présence de filets affectant l'allure 1 ci-dessus; pour les toitures très peu inclinées, on aura toujours en pratique l'allure 3, les modèles utilisés et les bâtiments réels correspondants imposant ainsi aux filets une allure identique; par contre, entre ces deux cas extrêmes, se trouvent des formes offrant toute une gamme de profils, dont la modification progressive permettrait très probablement de mettre en évidence une modification d'allure entre les filets de fluide correspondant d'une part au modèle, d'autre part au bâtiment réel et par suite une limite critique entre la correspondance exacte du modèle et de la réalité. Il est donc dangereux d'appliquer à la pratique les résultats obtenus au cours des essais sur des modèles. La prudence s'impose. La complexité du problème est encore aggravée du fait que l'état de rugosité du sol exerce une influence considérable sur la répartition des pressions.

Summary.

One has hitherto assumed, on the basis of EIFFEL's experiments and general elementary considerations, that pressure distribution and collective resistance, in the case of sharp-edged bodies like Houses and Halls, was independent of the REYNOLD's number (e. g. see PRANDTL: Abriss der Strömungslehre, S. 134—135).

In the present discussion it is shown that this assumption is only correct under certain conditions. Direct proof of a strong R-dependence is given by the author for a definite type of building, broad in proportion to height and with a flat roof slope. The R-dependence was particularly marked with a roof slope of 20° (see figure). In the windtunnels of the Royal technical Colleges of Stockholm and Copenhagen, the REYNOLD's number could be varied between $1{,}75 \times 10^4$ and 40×10^4.

The experiments carried out by the author in the water channel at Göttingen in 1930—31 give a qualitative explanation of the quantitative measurements. The streamflow experiments, made according to AHLBORN's method, have shown that for a body placed close up to the wall of the channel (e. g. a model building placed on the „ground") the dead water region on the upstream side will be much greater, and of more importance for the whole pressure distribution, both on the upstream (windward) and the downstream (leeward) sides, than for a corresponding twin model exposed on all sides.

The angle between the foremost vortex layer and the roof surface apparently governs the whole flow picture (see Publications 1, P. 372) the magnitude of the determining which of the three possible flow conditions is obtained, i. e.:

1. Streamflow sweeps up the whole windward slope.
2. Streamflow leaves the roof at the windward eaves, but is sucked back to the roof surface again, forming a very limited eddy área with a corresponding powerful suction.
3. Streamflow leaves the windward eaves, and does not again reach the building, whereby the whole of the windward roof slope comes into the rear eddy region.

But the aforesaid angle (between the foremost vortex layer and the roof surface) cannot, in general be constant for a given form of model; on the contrary it must be dependent upon the balance between the kinetic forces and friction and, therefore, upon the REYNOLD's number and the relative roughness of the ground (windtunnel wall).

On this account the previously mentioned assumed independence betwenn pressure and REYNOLD's number can only be expected for a certain range of R; in the light of the foregoing, one must expect that, for very steep roofs, where streamflow conditions 1 practically always obtain, or for very flat pitches when conditions 3 are practically always found, the experimental building models and the corresponding actual buildings will show the same flow conditions; on the other hand, there is a multiplicity of intermediate building forms for which one must expect to find a critical point where the flow conditions for the model no longer hold good for the actual building, making it risky to apply indiscriminently in practice, the data obtained from experiments with models. The problem is further complicated by the fact, that the roughness of the ground has considerable influence upon the distribution of pressure.