

26 | Februar 1956

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Prof. Dr. K. Wieghardt

Der Windkanal des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Prof. Dr.-Ing. G. Weinblum

Bericht Nr.26

Der Windkanal des Instituts für Schiffbau
der Universität Hamburg

von

Prof. Dr. K. Wieghardt

(Erster Bericht vom 20.1.1955, vgl. auch Schiff
und Hafen 7 (1955), S.81 und Hansa 92 (1955),
S.410, sowie Umschau 55 (1955), S.124)

Hamburg, Februar 1956

Ergänzungsbericht zu S III (Schiffbau) Wi 65/4.

Der Windkanal des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg.

(Erster Bericht vom 20.1.1955, vgl. auch Schiff und Hafen 7 (1955), S.81 und Hansa 92 (1955), S.410, sowie Umschau 55 (1955), S.124.)

Der Messkäfig.

Im Berichtsjahr 1955 wurde der Messkäfig errichtet, der bereits im vorigen Bericht als geplant beschrieben worden ist. Es handelt sich dabei um eine teilweise Ummantelung des Freistrahls von 1m Durchmesser (32 m/s Luftgeschwindigkeit), der aus der Kanaldüse austritt. Der Strahl wird nun von 20 Längsstreifen aus Hartpappe (3mm Dicke und 127mm Breite) zylindrisch umkleidet, daß die Schlitz zwischen den Streifen 20 % der gesamten Mantelfläche ausmachen. Der jetzige Käfig ist 3,54m lang, doch ist eine Verlängerung auf 5 oder 6m geplant, wenn erst praktische Erfahrungen mit dieser Konstruktion gesammelt sein werden. Einzelheiten der Halterung dieser Streifen sind aus den Abb. 1 bis 3 zu ersehen. Zum Einbau von größeren Modellen kann die eine Seite des Gerüsts, an dem sechs der zwanzig Streifen befestigt sind, nach oben aufgeklappt und so der Messkäfig geöffnet werden, wie in Abb. 2. Das genaue Ausrichten des Modells - etwa parallel zur Kanalachse \perp kann allerdings erst im geschlossenen Käfig erfolgen, da das geöffnete Gerüst dazu nicht steif genug ist. (Das Modell in den Abb. 1 bis 3 ist natürlich nur zur Veranschaulichung leicht aufgehängt.)

Druck- und Geschwindigkeitsverteilung im leeren Kanal.

Der Messkäfig soll die sonst unvermeidbare Auflösung des Strahls vom Rand her verzögern, während gleichzeitig - im Gegensatz zum geschlossenen Kanal - ein Ausgleich des statischen Drucks überall im Strahl mit dem des Außenraums, also des Versuchsraums, durch die Öffnungen hindurch ermöglicht ist.

In Abb. 4 ist über der Lauflänge x (Abstand von der Düse) der statische Druck p längs der Kanalachse aufgetragen, und zwar dimensionslos gemacht mit dem Vorkammerdruck p_0 , der etwas kleiner ist als der Staudruck $q = \frac{\rho}{2} U^2$ in Strahlmitte (ρ Luftdichte, U Geschwindigkeit); im Mittel ist $p_0 = q/1,064$. (Rechnerisch wäre bei der Düse mit dem Kontraktionsverhältnis 4:1 ein Verhältnis q/p_0 von $4^2/(4^2-1) = 16/15 = 1,067$ zu erwarten.)

Am Anfang der Meßstrecke ist von der Kontraktionsströmung in der Düse her noch ein axialer Druckabfall vorhanden, auch ist der statische Druck noch nicht konstant über den Querschnitt (vgl. Abb. 5 und 6). Spätestens nach einer Lauflänge von 0,5 m oder 1/2 Durchmesser hinter der Düse, weicht der Druck jedoch weniger als 1% des Staudrucks von dem (konstanten) Außendruck ab.

Die horizontale und vertikale Staudruckverteilung $\frac{\rho}{2} U^2/p_0$ über dem Radius r in Querschnitten bei verschiedenen Lauflängen x ist in den Abb. 5 bis 9 dargestellt. Im Anfangsquerschnitt bei $x = 0$ und auch noch bei $x = 0,07$ m ist der statische Druck in Strahlmitte größer als weiter außen und entsprechend der Staudruck und die Geschwindigkeit in der Mitte etwas kleiner als weiter außen. Bei $x = 0,30$ m sind diese Verteilungen über dem Querschnitt aber schon ausgeglichen, wenn auch noch ein Überdruck p/p_0 von rund 1,5 % über dem Außendruck herrscht, der erst von $x = 0,5$ m ab unter 1 % sinkt.

In welcher Weise der Strahl auch im Messkäfig allmählich vom Rand her zerstört wird, zeigen die Staudruckprofile bei $x = 1,75$ m (halbe Länge des jetzigen Käfigs) und am Ende des Käfigs bei $x = 3,54$ m. (Der statische Druck ist hier innerhalb der Messgenauigkeit gleich null.) Die Dicke des Strahlkerns sei durch einen mittleren Kerndurch-

messer $d(99\%)$ definiert, innerhalb dessen der Staudruck um weniger als 1 % vom inneren Mittelwert nach außen hin abnimmt. Dieser Kerndurchmesser ist bei $x = 0,30$ m etwa $0,94$ m und nimmt dann langsam ab, so daß bei $x = 1,75$ m $d(99\%) = 0,76$ m und am Ende bei $x = 3,45$ m $d(99\%) = 0,71$ m ist.

Zum Vergleich gibt Abb. 10 die Staudruckprofile des Freistrahls ohne Messkäfig in $1,75$ m und $3,5$ m Entfernung von der Düse. Schon bei $x = 1,75$ m ist hier der Strahl - wohl beeinflusst von den Abmessungen des Versuchsraums und der Rückströmung darin - nicht mehr kreisförmig, sondern in senkrechter Richtung etwas breiter als in horizontaler; $d(99\%)$ ist hier rd. $0,72$ m, bzw. rd. $0,58$ m. Bei $x = 3,5$ m wäre dieser Strahl für Messzwecke natürlich ganz unbrauchbar. Beim geführten Strahl im Käfig ist dagegen der Kerndurchmesser nach $3,5$ Durchmessern Lauflänge $d(99\%) = 0,71$ m noch immer stärker, als im Freistrahle halber Länge ($d(99\%)$ im Mittel rd. $0,65$ m).

Ebenso wie im Freistrahle verbreitert sich der Strahl auch im Käfig etwas, und man kann schon mit der Hand eine leichte Luftströmung aus den Schlitten heraus fühlen. Die Integration der Geschwindigkeitsprofile über den Querschnitten ergibt, daß bis zum Ende des Käfigs bei $x = 3,54$ m insgesamt 5 % der anfänglichen Luftmenge aus den Schlitten austritt.

Aus all diesen Messungen geht hervor, daß eine Annäherung an den "idealen Freistrahle" (ohne Strahlauflösung und Überdruck) erreicht worden ist. Es ist sogar denkbar, daß der Messkäfig durch die starke Unterdrückung der Turbulenz am Strahlrand auch noch im Kern eine kleine Verringerung des Turbulenzgrades bewirkt. Zu dessen Ermittlung sind Druckmessungen an Kugeln beabsichtigt. Aus räumlichen Gründen konnte beim Bau des Kanals Turbulenzarmut nicht angestrebt werden, obwohl das freilich gerade zur Untersuchung langgestreckter Modelle sehr erwünscht wäre. Vielleicht kann der Kanal deshalb beim Neubau des Instituts entsprechend umgebaut werden, und zwar in Anlehnung an den Holstein'schen in Göttingen, der 1945 demontiert wurde¹. Das würde insbesondere bedeuten: eine starke Vergrößerung des Kontraktionsverhältnisses von 4:1 etwa auf 16:1 und den Einbau der Meßstrek-

ke in eine Unterdruckkammer.

Kanalkorrektur.

Die Kanalkorrektur für längliche Rotationskörper (genau: für Rankine'sche Ovoide) im Freistrahle oder Messkäfig nach F. Vandrey (vgl. 2) sind in Abb. 11 speziell für den obigen Kanal für drei Körper mit 0,2 m, 0,3 m und 0,4 m Durchmesser aufgetragen. Für Körper mit quadratischem Hauptspant erhält man die Korrektur näherungsweise durch Multiplikation mit $4/\pi = 1,27$.

Schlussbemerkung.

Die Grundlagen für die oben beschriebene Meßstrecke wurden von Dr. F. Vandrey und Verf. 1949/50 im Admiralty Research Laboratory in Teddington, England, entwickelt und an einem kleinen Windkanalmodell (Strahldurchmesser 18 cm) ausprobiert [2,3]. Dort wurden dann zwei große Wasser-Umlaufkanäle nach diesem Prinzip gebaut. Ein weiterer Wasserkanal mit Messkäfig soll in der University of Minnesota entstehen (vgl. 4). Inzwischen ist auch ein Wasserkanal für Propeller im National Physical Laboratory in Teddington entsprechend umgebaut worden, da sich experimentell eine Verringerung der Kanalkorrekturen für Propellermessungen durch den Käfig ergeben hat.

Im Gegensatz zu diesen Wasserkanälen ist Verf. noch kein anderer Windkanal mit Messkäfig bekannt, obwohl ja auch in der Aerodynamik die Untersuchung von Körpern, die in Strömungsrichtung sehr langgestreckt sind, an Bedeutung gewonnen hat. Allerdings interessiert sich die Luftfahrtforschung vor allem für den Bereich hoher Unter- und Überschallgeschwindigkeiten. Hierfür werden bereits Kanäle benutzt, die dem Messkäfig äußerlich ähneln, obwohl diesen eine ganz andere Idee zu Grunde liegt, nämlich die Verhinderung der Reflexion von Mach'schen Wellen an den Strahlgrenzen zurück in die Meßstrecke.

Schrifttum.

1. H. Holstein: Der große turbulenzarme Kanal der AVA. Betz-Festschrift 1945, S. 60.
2. F. Vandrey und K. Wieghardt: Experiments on a Slotted-Wall Working Section in a Wind Tunnel. Aeron. Research Council, Current Paper 206 (1952).
3. F. Vandrey: Further Experiments with a Slotted-Wall Test Section. ARC C.P. 207 (1953).
4. F.H. Todd: The Hydromechanics Research Programme of the Bureau of Ships, U.S. Navy. Autumn Meeting of the Institution of Naval Architects 1953.

Hamburg, 1. Febr. 1956

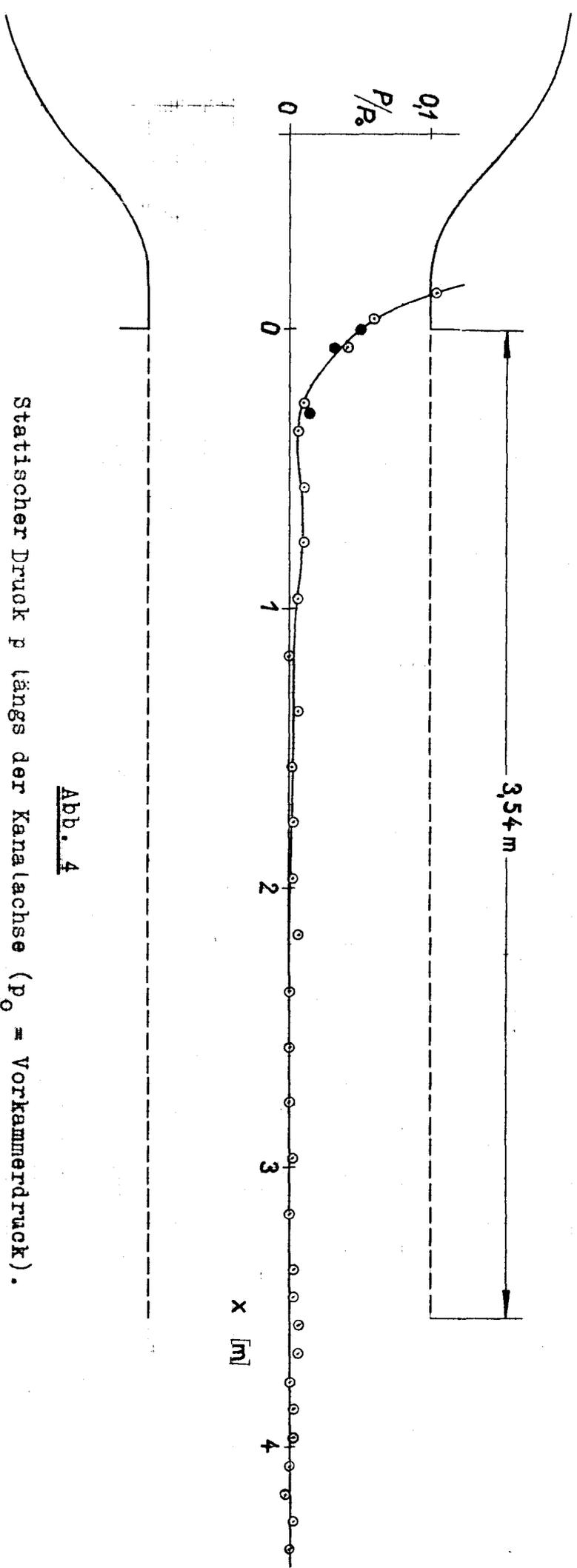


Abb. 4

Statischer Druck p längs der Kanalachse ($p_0 = \text{Vorkammerdruck}$).

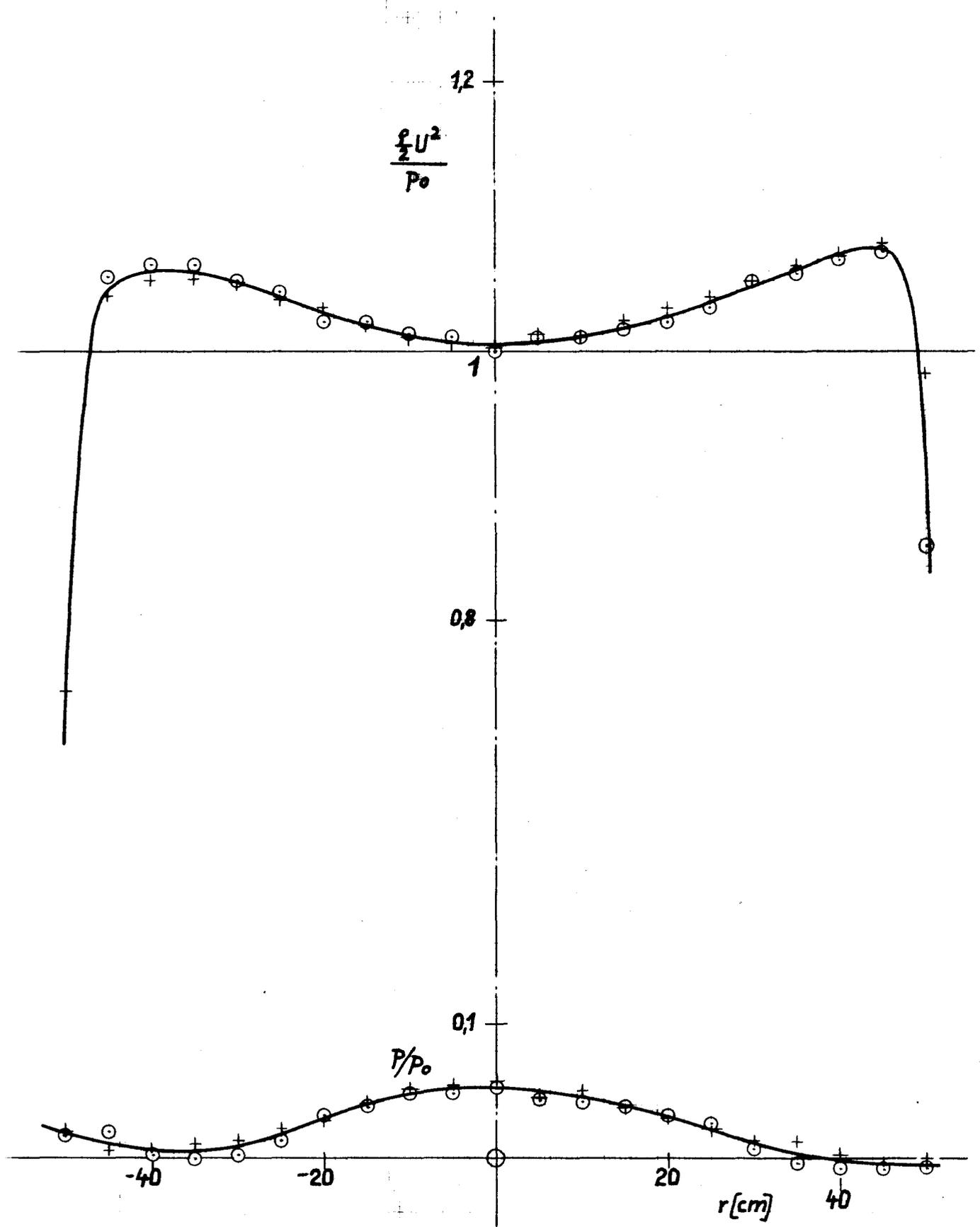


Abb. 5

Radiales Staudruckprofil bei $x = 0$
 (○ horizontal, + vertikal)

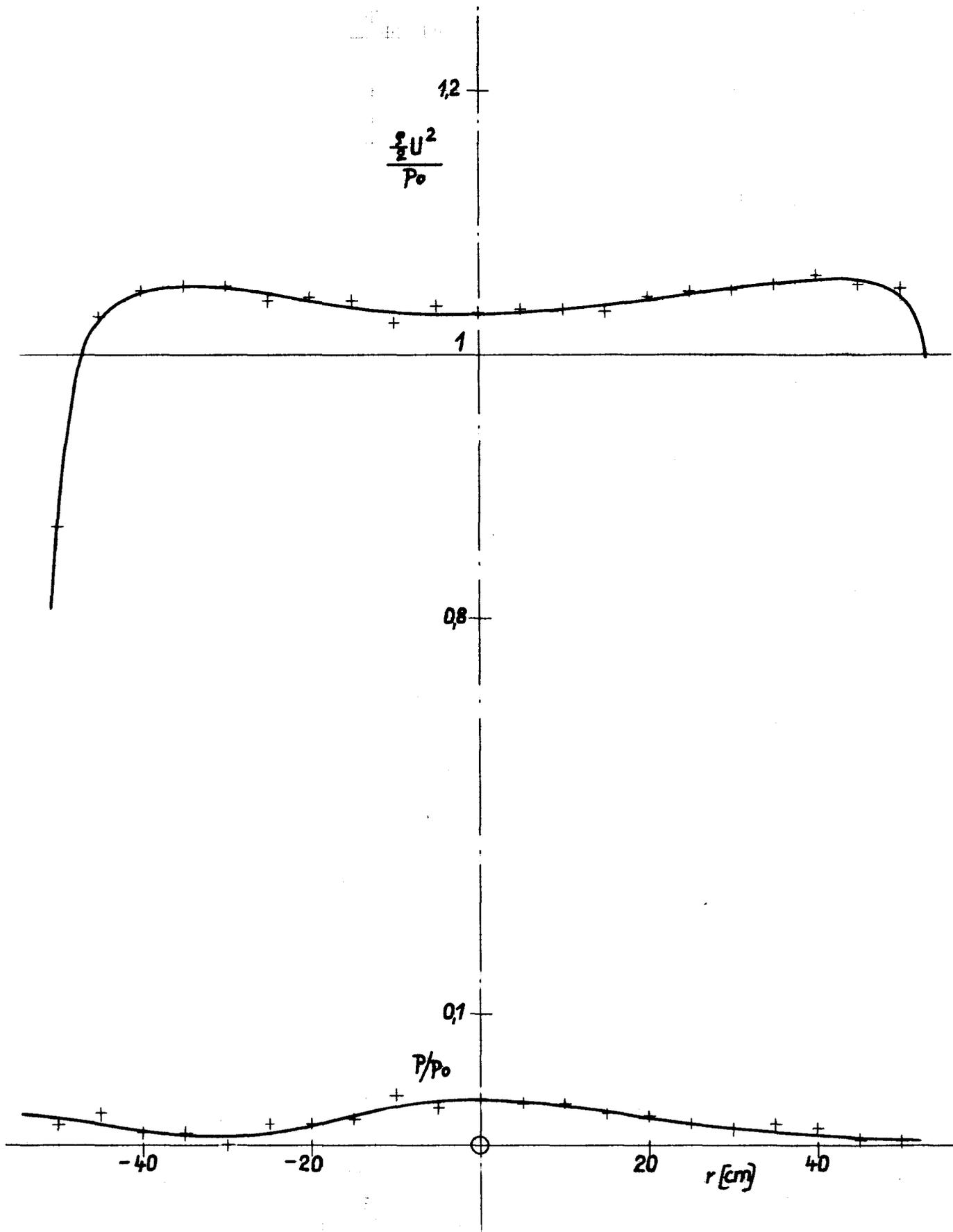


Abb. 6

Radiales Staudruckprofil bei $x = 0,07$ m
 (⊙ horizontal, + vertikal)

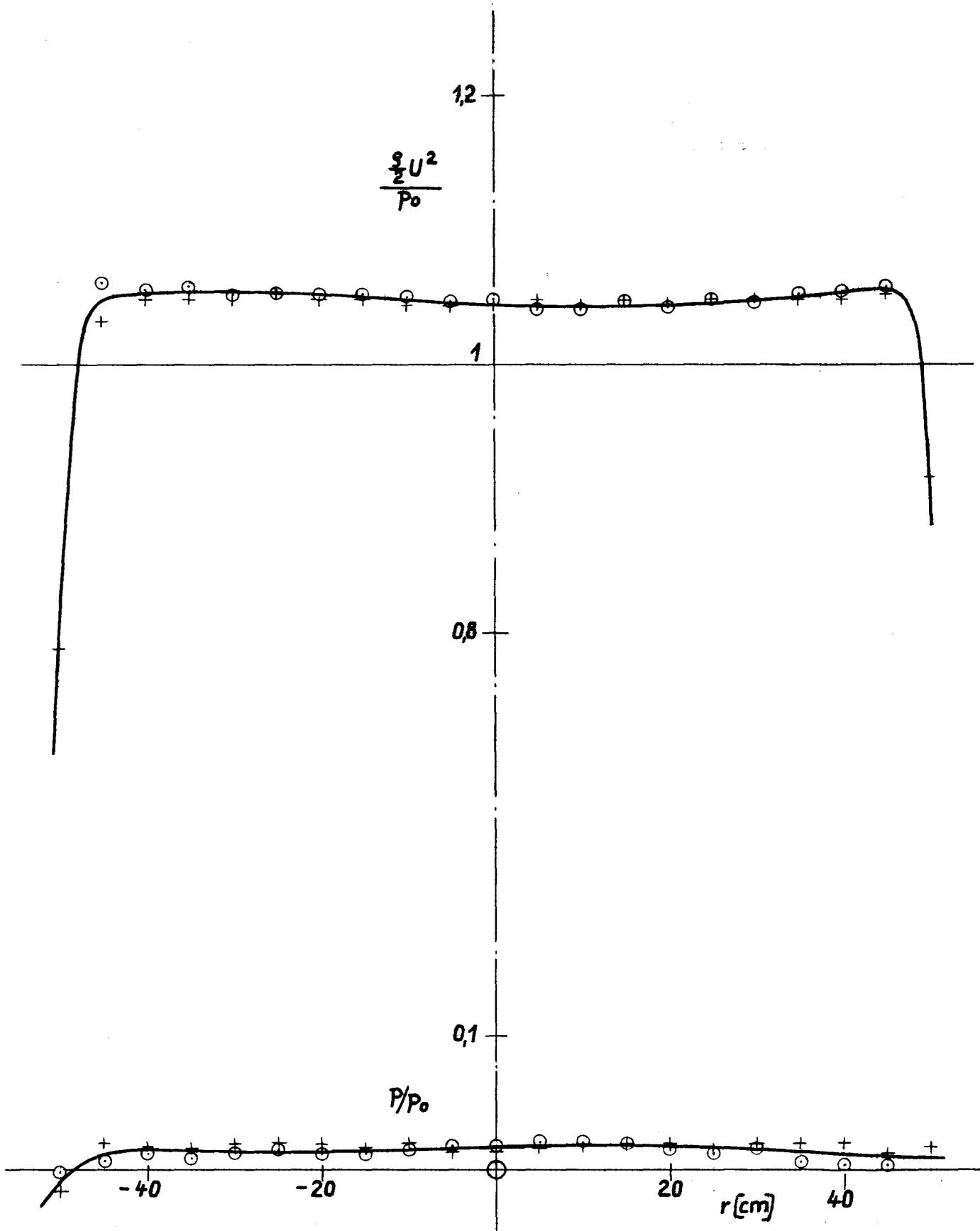


Abb. 7

Radiales Staudruckprofil bei $x = 0,30$ m
 (⊙ horizontal, + vertikal)

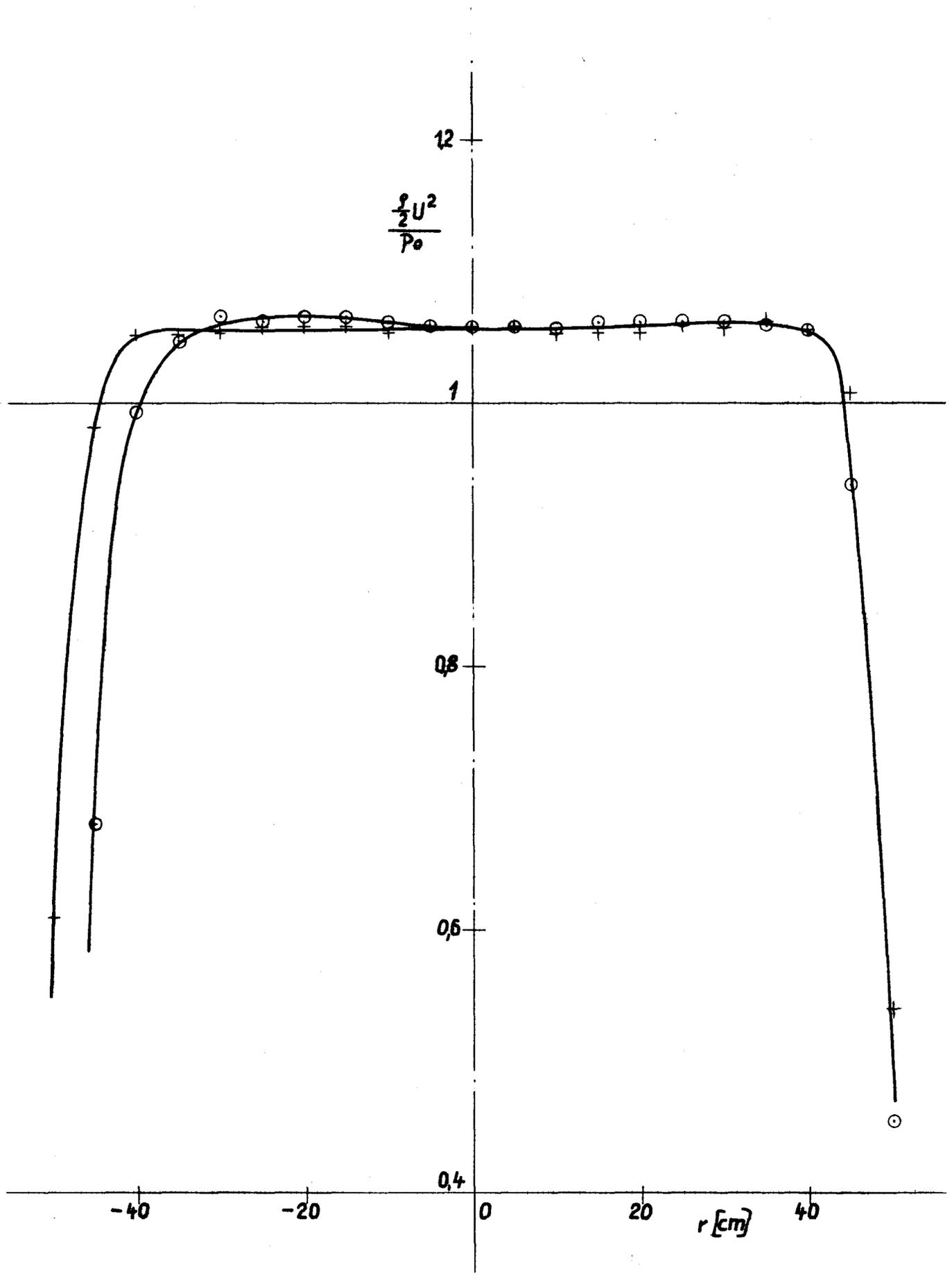


Abb. 8

Radiales Staudruckprofil bei $x = 1,75 \text{ m}$
 (⊙ horizontal, + vertikal)

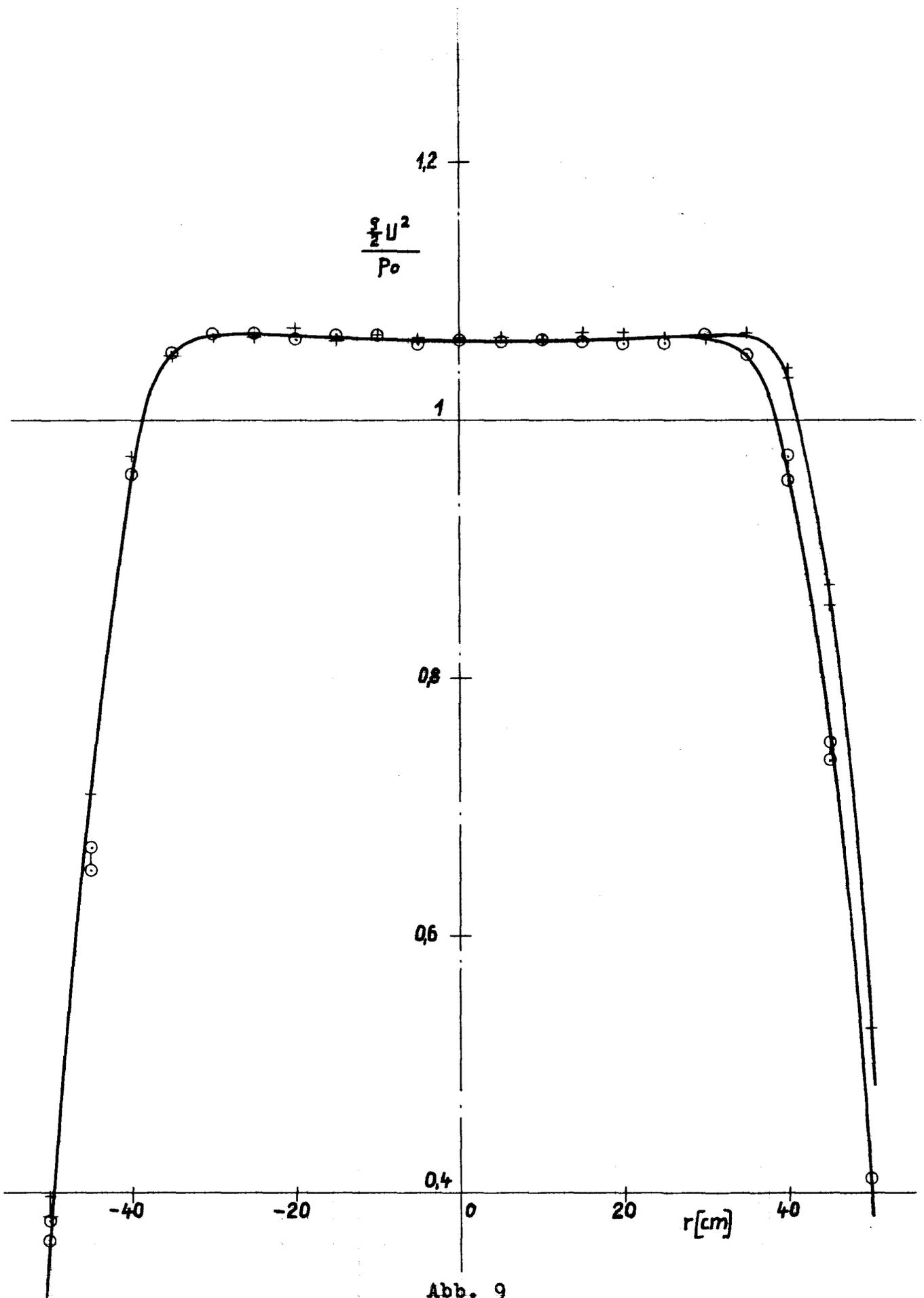


Abb. 9

Radiales Staudruckprofil bei $x = 3,54 \text{ m}$
 (○ horizontal, + vertikal)

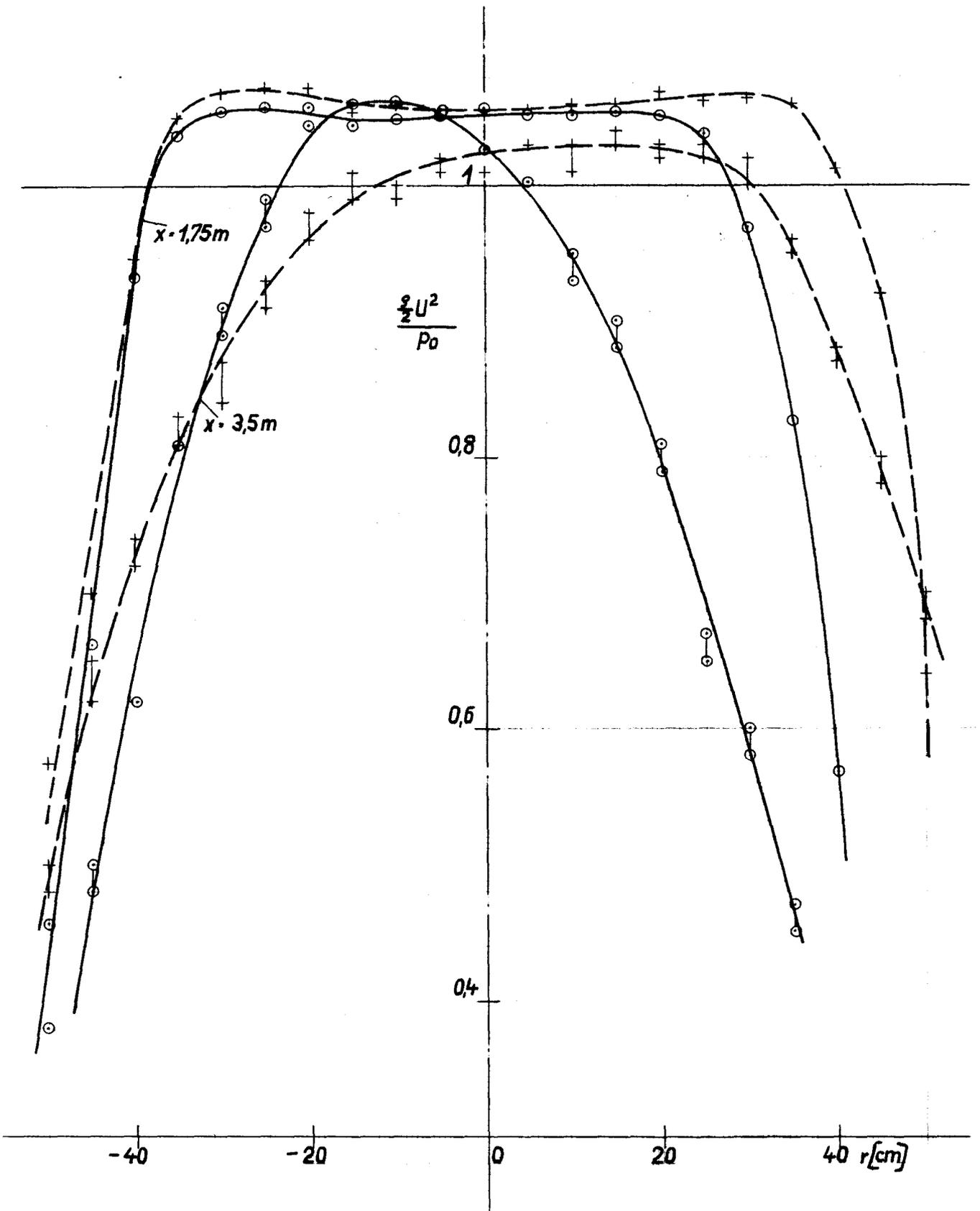


Abb. 10

Staudruckprofile im ungeführten Freistrahle
 (1 m Durchmesser) bei $x = 1,75$ und $x = 3,50$ m.
 (—○— horizontal, -+-- vertikal).

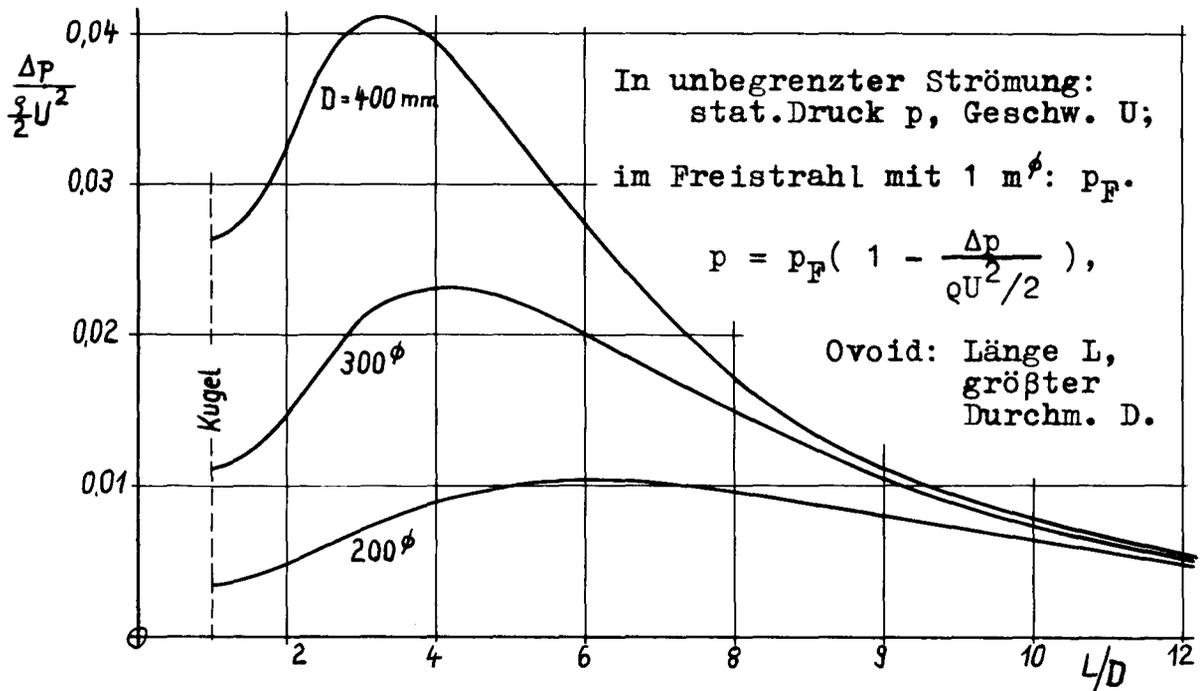


Abb. 11

Kanalkorrektur nach F. Vandrey für Rotationskörper in einem Freistrahel oder Messkäfig von 1 m Durchmesser.