

Einarbeitung gängiger Windkanalkorrekturverfahren für die offene, geschlossene und 3/4-offene Messstrecke des Regensburg Wind Tunnel (RWT)

Wolfgang Schwanzer
Bat-Erdene Damdindorj
Franz Wilhelm
Quirin Stöckl

Mechanical Engineering, Galgenbergstr. 30, D-93053 Regensburg – Germany, Head: Prof. Dr.-Ing. Stephan Lämmlein

e-Mail: w_s_rain@gmx.de

e-Mail: bat_olgan@yahoo.de

e-Mail: wwfbayern@web.de

e-Mail: q.stoeckl@web.de

<http://www.fh-regensburg.de>



1. Problemstellung

Das Ziel dieser Arbeit ist die Einarbeitung gängiger Windkanalkorrekturverfahren für die (3/4)-offene und geschlossene Messstrecke des RWT. Dabei werden für die (3/4)-offene Messstrecke Korrekturen von Mercker und Wiedemann /1/ verwendet. Für die geschlossene Messstrecke wird auf das Werk von Barlow, Rae und Pope /2/ verwiesen.

Im Gegensatz zur Anströmung in freier Atmosphäre ergeben sich bei Windkanalversuchen fünf physikalisch bedingte Fehler. Die Korrekturen dieser fünf Interferenzeffekte setzt sich folgt zusammen:

- Strahlaufweitung (solid blockage)
- Strahlblenkung (streamline curvature)
- Düsenblockierung (nozzle blockage)
- Kollektorblockierung (wake blockage)
- Horizontaler Auftrieb (horizontal buoyancy)

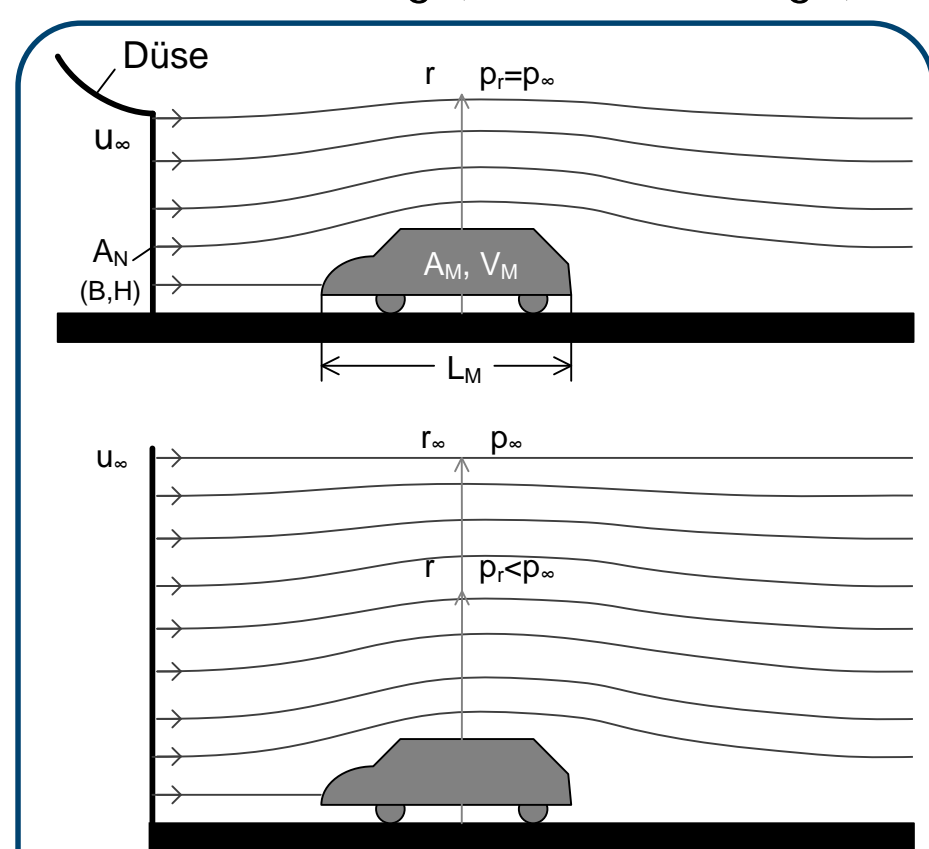


Abb. 1: Strahlaufweitung in der Windkanalströmung und in freier Atmosphäre

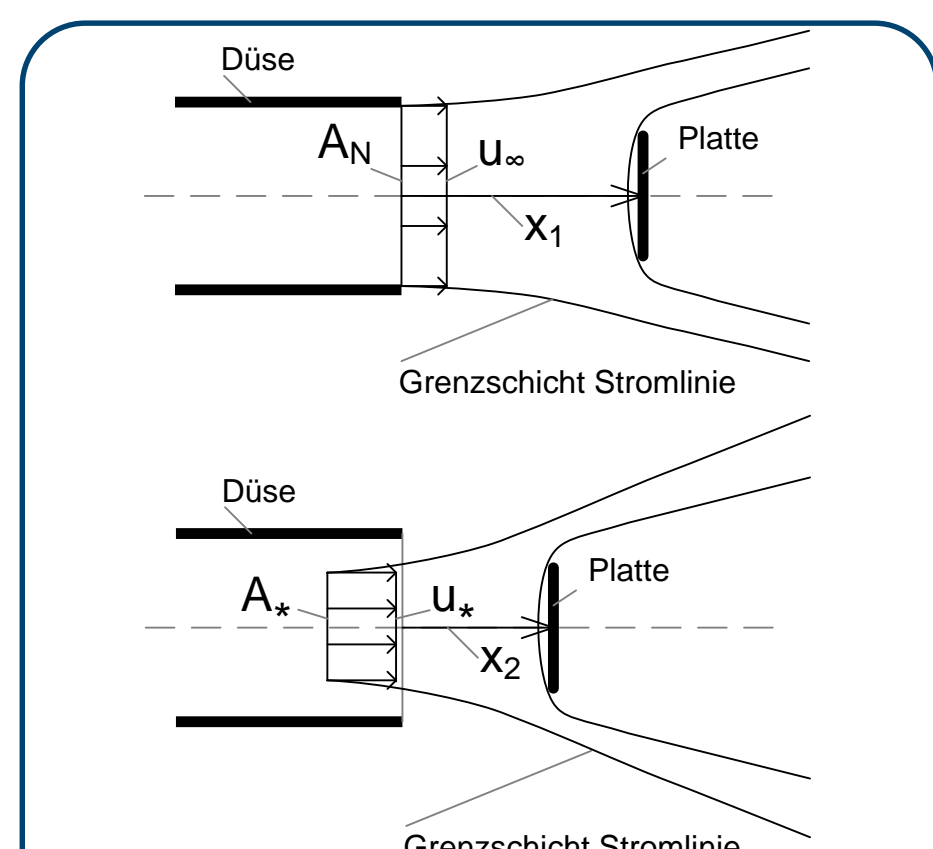


Abb. 2: Strahlblenkung durch die Nähe des Modells zur Düse

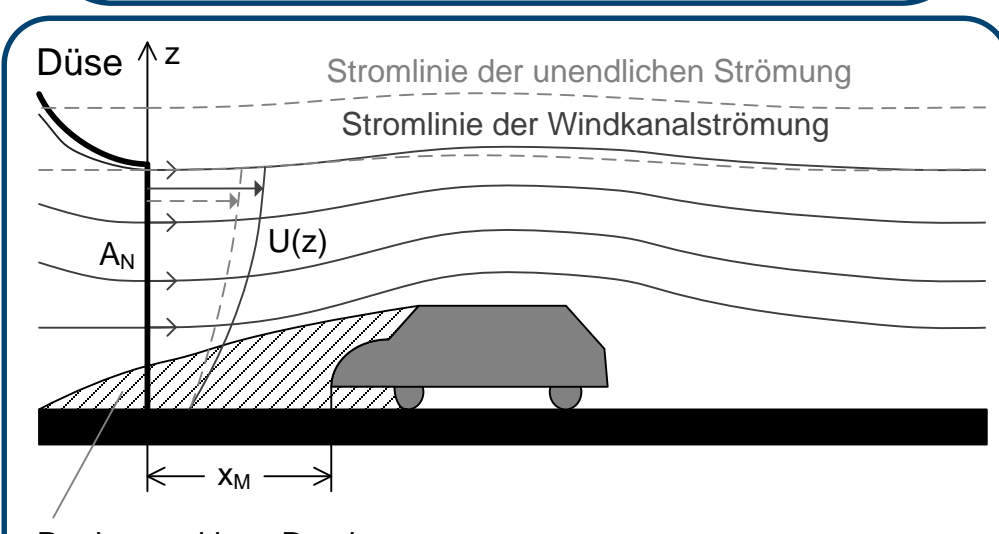


Abb. 3: Düsenblockierungseffekt durch die Nähe des Modells zur Düse

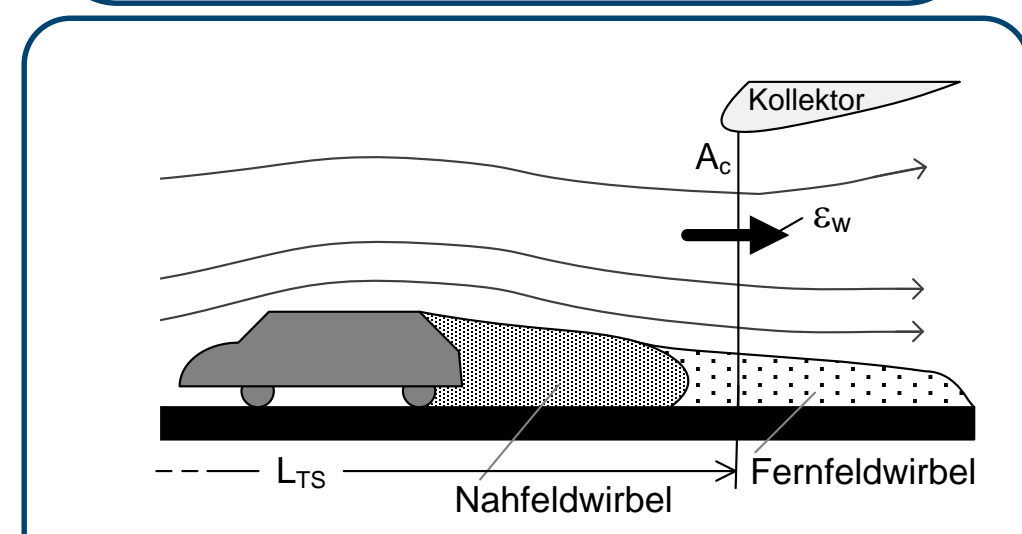


Abb. 4: Kollektorblockierung durch das Modell

a) Korrekturen für die (3/4)-offene Messstrecke

Der gemessene $c_{W,m}$ -Wert wird durch den horizontalen Auftrieb, die Strahlblenkung und -aufweitung sowie der Düsen- und Kollektorblockierung korrigiert.

$$c_{W,kor} = \frac{c_{W,m} + \Delta c_{W,HB}}{(1 + \epsilon_S + \epsilon_N + \epsilon_C)^2}$$

$$\Delta c_{W,HB} = \frac{1,75 \cdot V_M}{A_M} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{dc_p}{dx} \right)_N + \left(\frac{dc_p}{dx} \right)_C \right]$$

$$\epsilon_S = \tau \cdot \left(\frac{V_M}{L_M} \right)^{0,5} \cdot \frac{A_M}{A_C^{3/2}}$$

$$\epsilon_N = \frac{\epsilon_Q \cdot R_N^3}{(x_M^2 + R_N^2)^{3/2}}$$

$$\epsilon_C = \frac{\epsilon_W \cdot R_C^3}{\left[(L_{TS} + x_M)^2 + R_C^2 \right]^{3/2}}$$

$$\epsilon_Q = \frac{A_M}{2 \cdot A_N} \cdot \frac{x_S}{(x_S^2 + R_N^2)^{0,5}}$$

$$\epsilon_W = \frac{A_M}{A_C} \cdot \frac{c_{W,m}}{4 + 0,41}$$

a) Korrekturen für die geschlossene Messstrecke

Der gemessene $c_{W,m}$ und c_A -Wert wird durch den horizontalen Auftrieb, die Strahlaufweitung und der Nachlaufwirbelblockierung korrigiert.

$$c_{W,kor} = c_W^* \cdot \left(1 - 3 \cdot \epsilon_{Solid\ Blockage} - 2 \cdot \epsilon_{Wake\ Blockage} \right)$$

$$c_{A,kor} = c_A \cdot (1 - \sigma - 2 \cdot \epsilon)$$

$$c_W^* = \frac{F_W^*}{q_\infty \cdot b \cdot c}$$

$$F_W^* = F_W - \Delta F_{W,HB}$$

$$\Delta F_{W,HB} = \frac{6 \cdot h^2}{\pi} \cdot \Lambda \cdot \sigma \cdot \frac{dp}{dx} \cdot b$$

$$\epsilon = \epsilon_{Solid\ Blockage} + \epsilon_{Wake\ Blockage}$$

$$\epsilon_{Solid\ Blockage} = \Lambda \cdot \sigma$$

$$\epsilon_{Wake\ Blockage} = \frac{c}{4 \cdot h} \cdot c_W^*$$

2. Ziel der Untersuchung

Damit die Korrekturverfahren in die bestehende Auswerte-Software des RWT implementiert werden kann, ist es notwendig die Charakteristik des Windkanals genau zu kennen. Daher sind Versuche zum statischen Druckverlauf in den verschiedenen Messstreckenkonstellationen durchgeführt worden. Dieser wird benötigt, um den „horizontalen Auftrieb“ in der Messstrecke bestimmen zu können.

In Abb. 5 ist der Verlauf des statischen Druckbeiwertes der 3/4-offenen Messstrecke mit großem Kollektor dargestellt. Der benötigte Druckbeiwertengradient für die Korrektur ist durch die analytische Ableitung des Ausgleich-Polynoms 2. Grades des Druckbeiwert-Verlaufs gebildet.

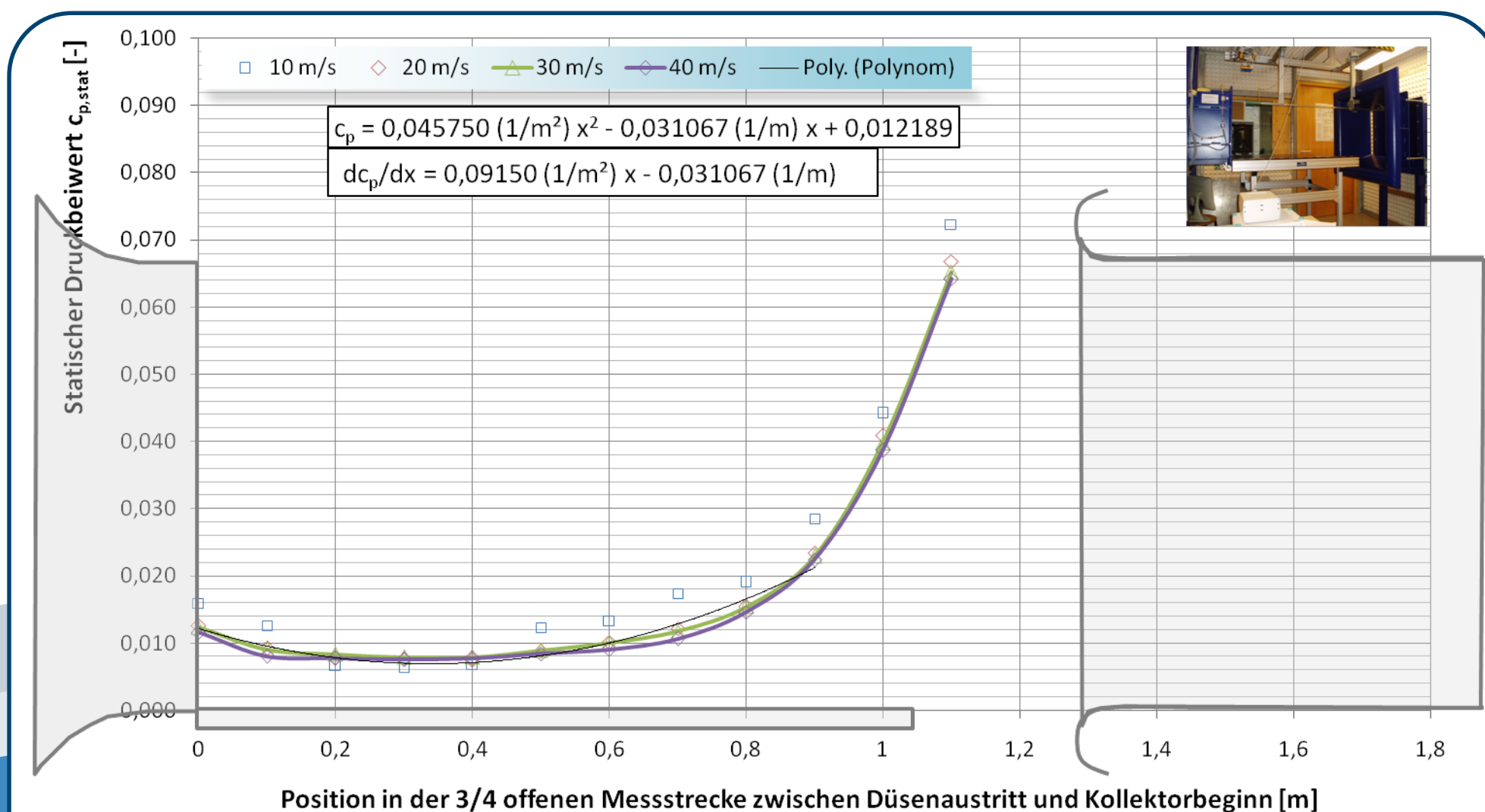


Abb. 5: Statischer Druckbeiwert entlang der Mittelachse in der 3/4-offenen Messstrecke mit großem Kollektor bei verschiedenen Geschwindigkeiten

3. Ergebnisse

Im Allgemeinen ist festzustellen, dass bereits ohne Korrekturen der RWT hervorragende Werte liefert. In Abb. 6 sind die Widerstandsbeiwerte der Kugel150 mit zunehmenden Düsenabstand in der offenen Messstrecke und großem Kollektor dargestellt. In Tab. 1 sind dazu die jeweiligen prozentualen Anteile der Korrekturereinflüsse aufgelistet.

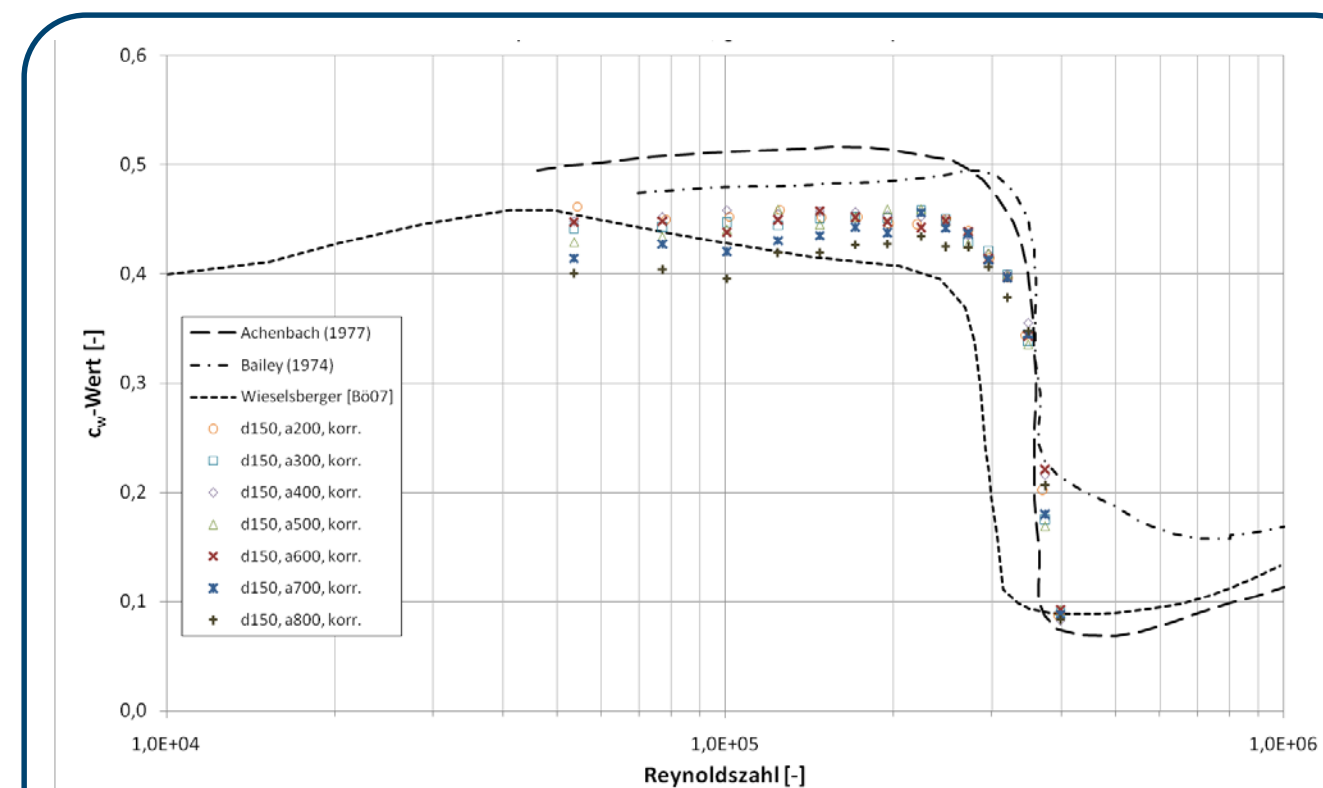


Abb. 6: Widerstandsbeiwert der Kugel150 mit zunehmenden Düsenabstand in offener Messstrecke und großem Kollektor

Die Korrekturen wirken sich dabei nicht in großem Maße aus, i.d.R. zwischen ein und zwei Prozent.

Es ist anzumerken, dass die verwendeten Korrekturen nicht imstande sind, Fehler die bei bestimmten Konfigurationen, z.B. kleiner Düsenabstand oder großer Versperrungsgrad, auftreten zu berichtigen.

Kugel150 Re=300.000	Prozentualer Anteil der jeweiligen Korrekturereinflüsse				
	ϵ_C	ϵ_N	ϵ_S	$\Delta c_{W,HB}$	Ges.
Abstand a [mm]					
200	-0,46	-1,76	0,60	-0,221	-1,838
300	-0,56	-0,95	0,60	0,041	-0,873
400	-0,70	-0,51	0,60	0,306	-0,308
500	-0,86	-0,28	0,60	0,571	0,020
600	-1,08	-0,16	0,60	0,848	0,193
700	-1,31	-0,09	0,59	1,120	0,288
800	-1,59	-0,06	0,59	1,411	0,325

Tab. 1: Prozentualer Anteil der Korrekturereinflüsse mit zunehmenden Abstand der Kugel150 bei Re=300.000