



Dr.-Ing. Gudrun Wendt, Karl Holzer:

***Einfluss des Strömungsprofils
auf das Verhalten von
Wasserzählern***

***Ein kurzer Bericht über aktuelle
Ergebnisse aus dem
FB 1.5 in Braunschweig***

Vorstellung einiger Ergebnisse aus der Diplomarbeit von Karl Holzer zum gleichen Thema

1. *Ermittlung der Fehlerkurven für zwei unterschiedliche Wasserzähler in unterschiedlichen Einbausituationen*

Ziel:

Auswahl geeigneter Vergleichsnormale für COOMET-Ringversuch für Kaltwasser

(angelegt als Studie, nicht vordergründig auf „gesetzliche Vorgaben“ bezogen)

2. *Messung der zugehörigen 3D-Geschwindigkeitsverteilungen*

Ziel:

Zuarbeit für AG Strömungsdiagnostik zur Bewertung der Kennzahlen und der bisherigen Kriterien aus der Richtlinie zur EN 1434

Schwerpunkt: Kleine Nennweiten - 25 mm

Untersuchte Zähler:

Turbinenradzähler, DN 25

Typ: HM-F 13,
 Messbereich: 0,51 – 5,1 m³/h (8,5 – 85 l/min)
 Kalibrier-Faktor: 917 Impulse/Liter
 Hersteller: KEM Küppers Elektromechanik GmbH,
 Karlsfeld



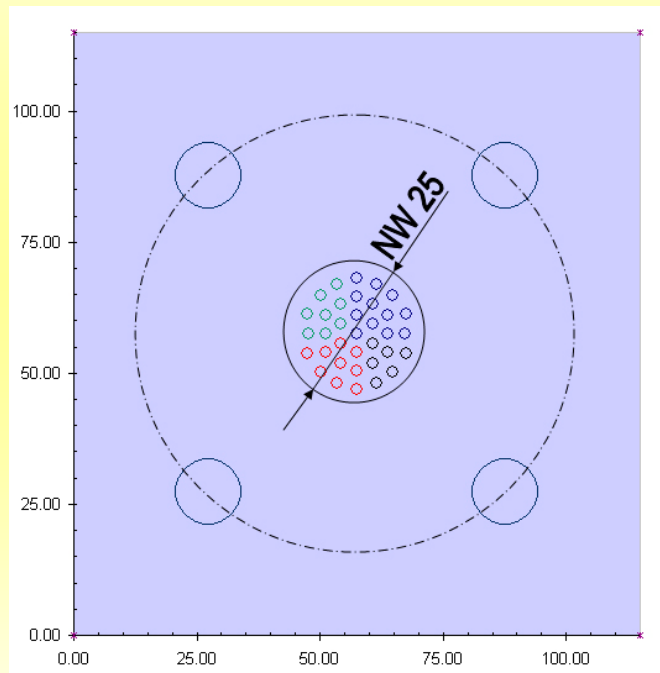
MID, DN 25

Typ: OPTIFLUX 4300,
 Messbereich: 0,53 – 21,2 m³/h (8,8 – 353 l/min)
 Kalibrier-Faktor: 720 Impulse/Liter
 Hersteller: KROHNE Messtechnik GmbH & Co.
 KG, Duisburg



Untersuchte Vorstörnungen in DN 25:

Lochplatte, aus DIN 2527 PN16



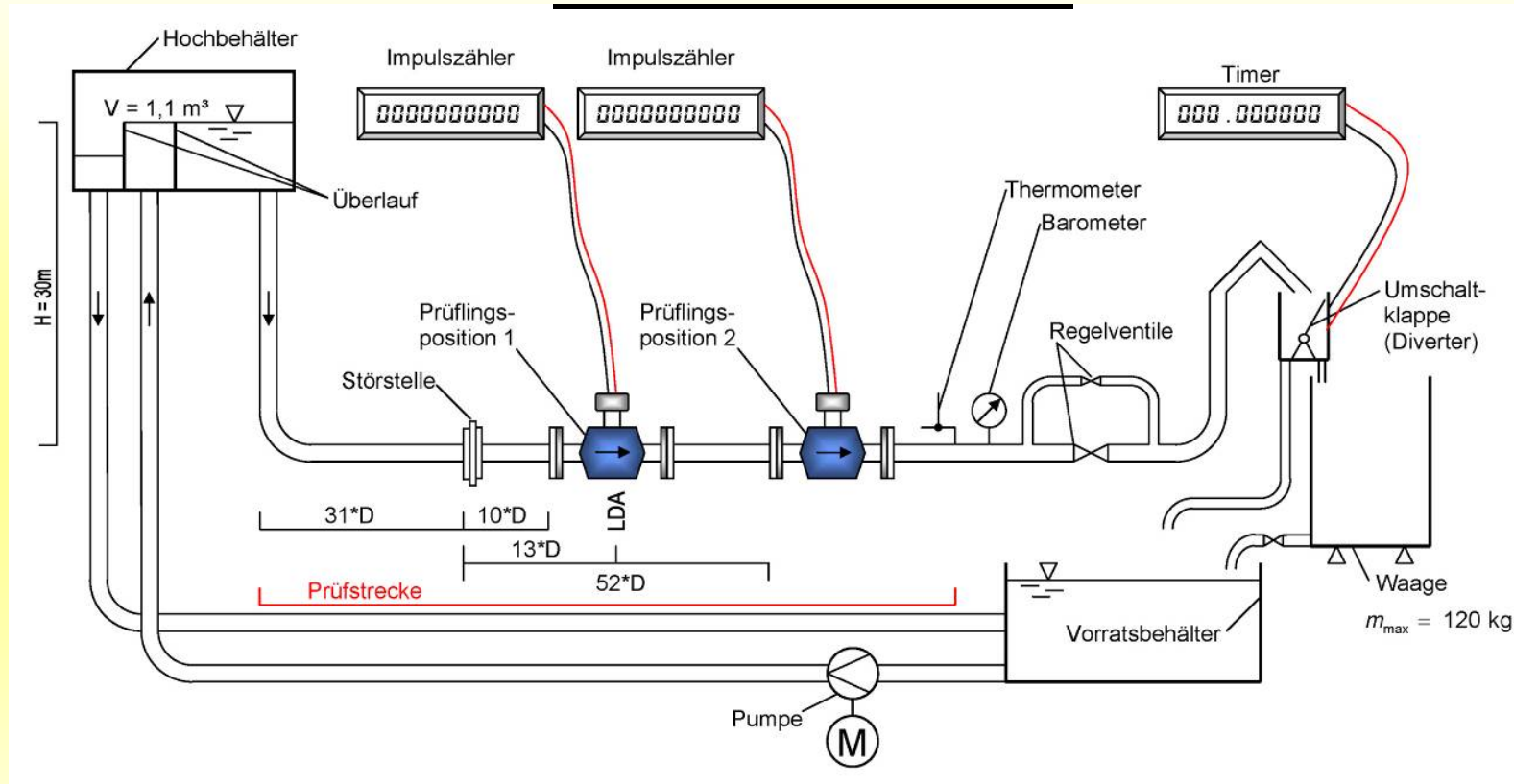
**Dicke und Lochdurchmesser 1,5 mm
Eigenfertigung
(Ziel: Abplattung des Profils?)**

Links- und Rechtsdrallerzeuger nach EN 14154



Externe Fertigung

Verwendeter Prüfstand:



Kleiner gravimetrischer Wasserzählerprüfstand

Durchflussbereich: 0,01 ... 30 m³/h
Maximales Prüfvolumen: 120 Liter
Messunsicherheit: 0,05 %

Messabstände

Ungestört: 44 D
Nach Vorstörung: 13 D für LDA
 10 D (13 D) und 52 D für Zähler

Messprogramm:

LDA

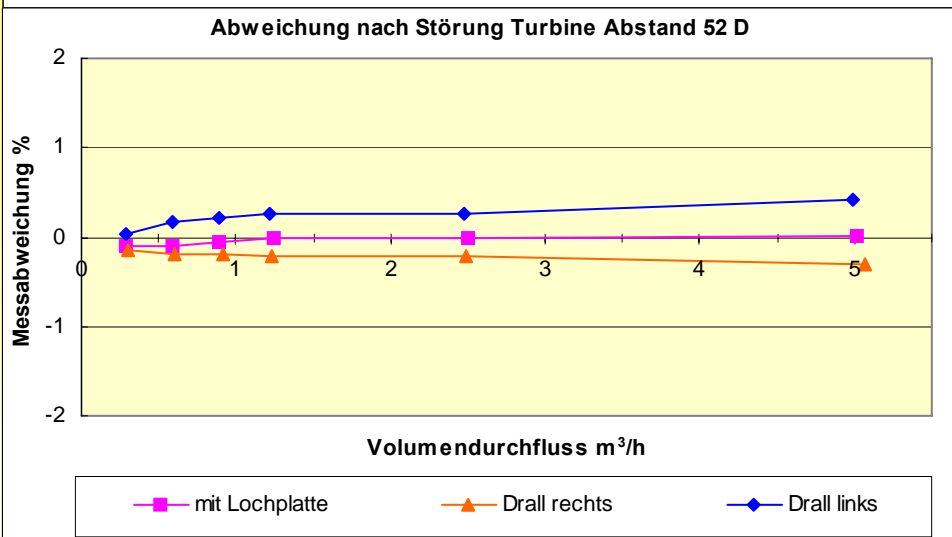
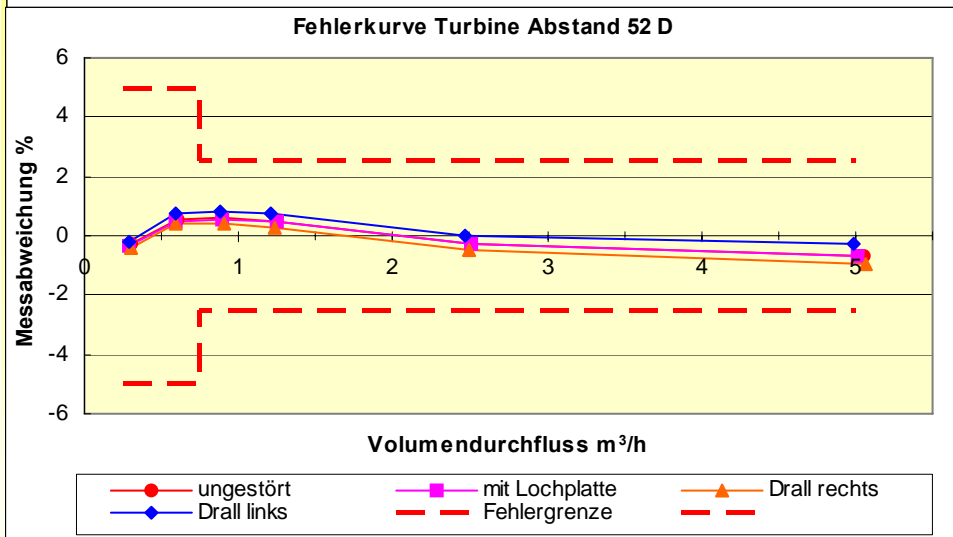
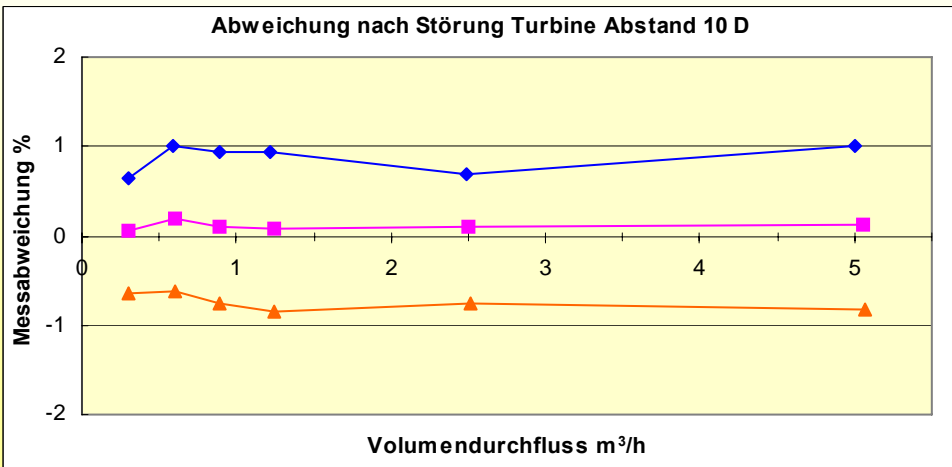
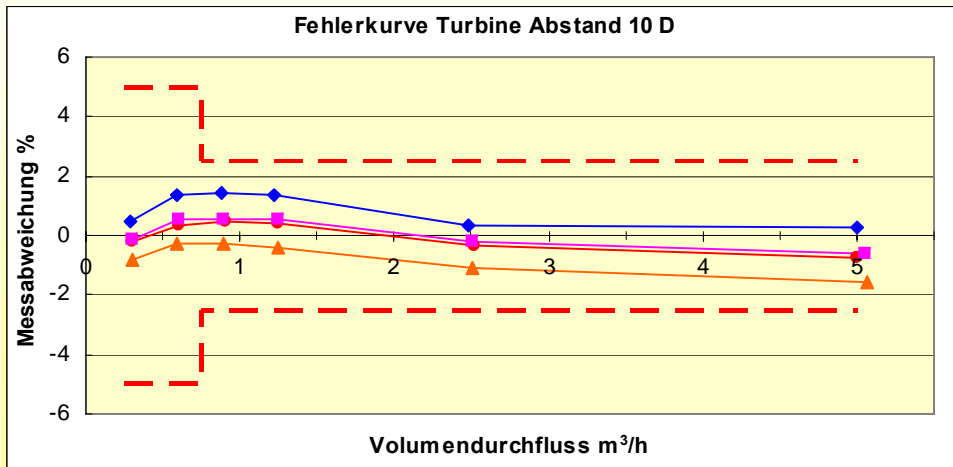
3D Profile für:	ungestört 44 D	}	jeweils für	}	600 l/h
	Lochplatte 13 D				900 l/h
	Drall rechts und links 13 D				2500 l/h

12 komplette 3D Verteilungen

Zähler (Turbine und MID)

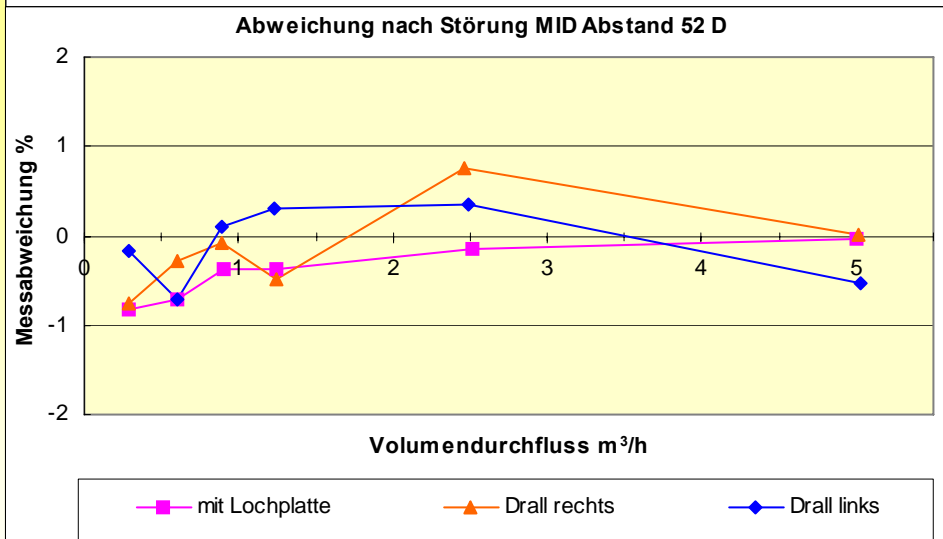
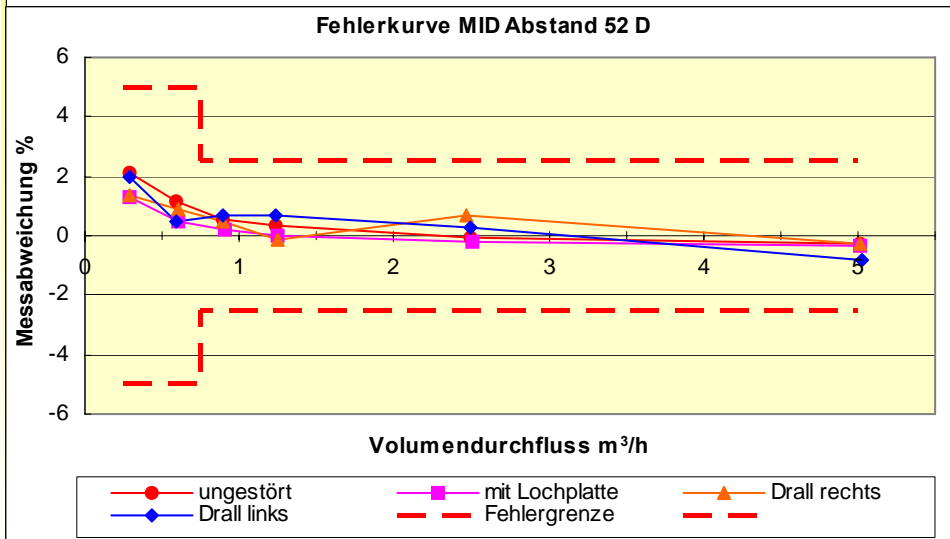
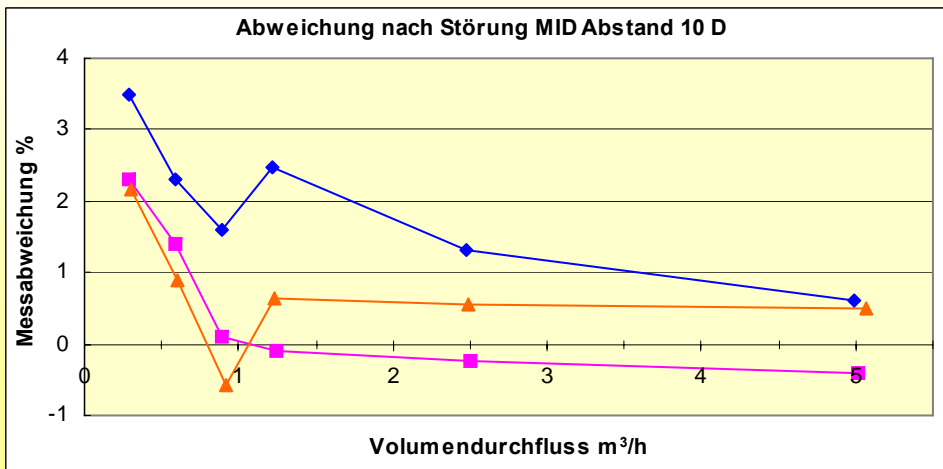
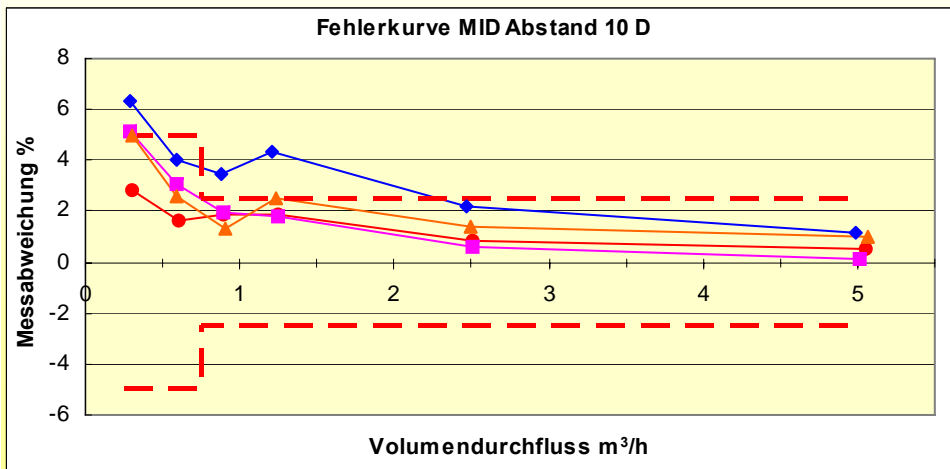
Fehlerkurven für:	ungestört 10 D + 52 D	}	jeweils für	}	300 l/h
	Lochplatte 10 D + 52 D				600 l/h
	Drall rechts und links 10 D + 52 D				900 l/h
					1250 l/h
					2500 l/h
					5000 l/h

16 Fehlerkurven für je 6 Durchflüsse mit 5 Einzelmessungen



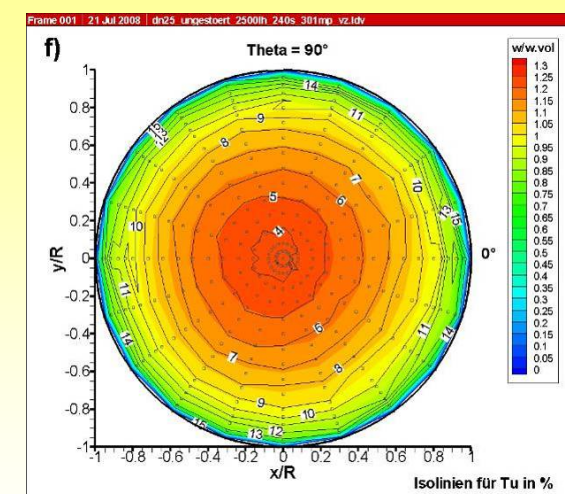
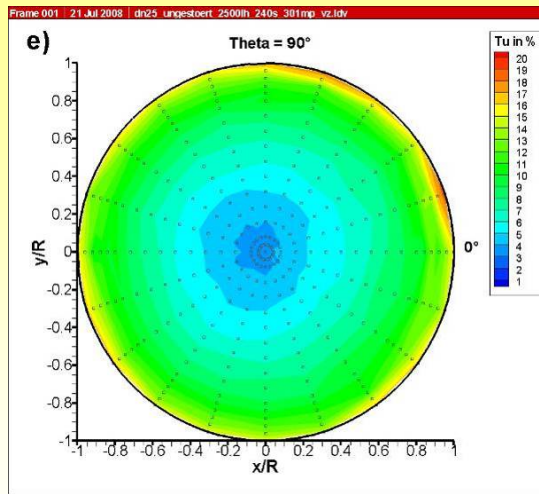
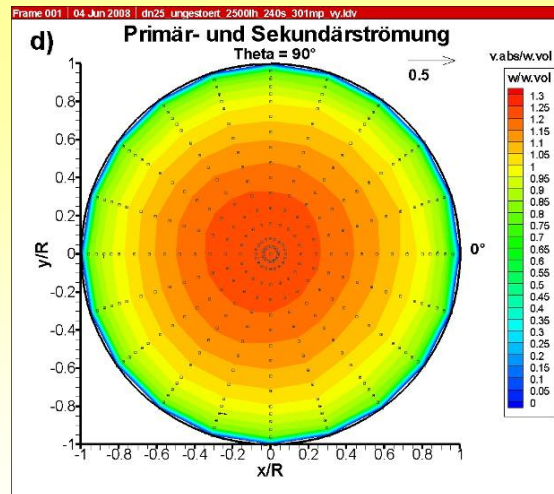
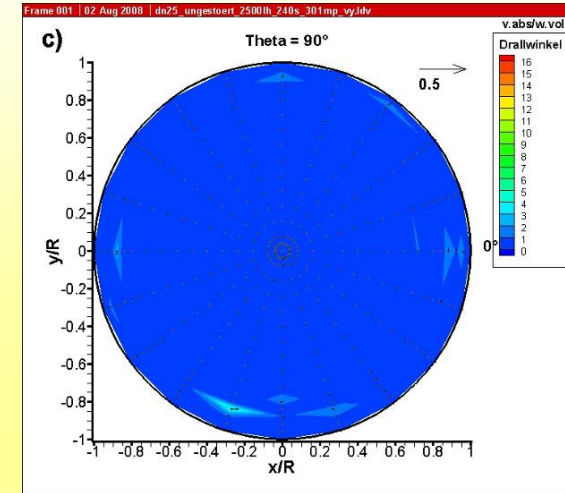
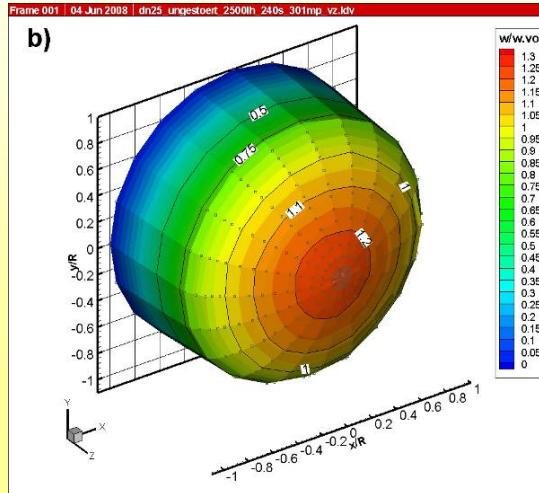
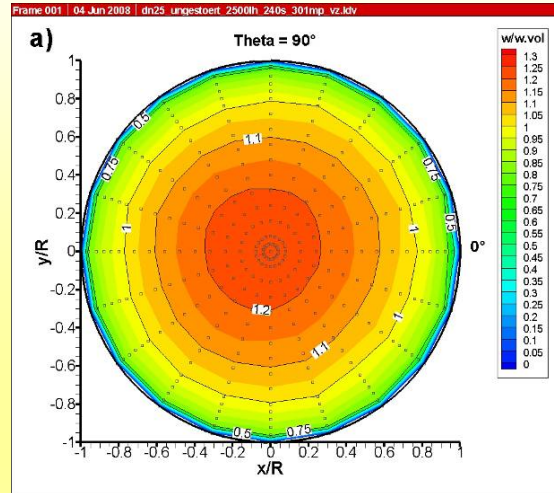
Ausgezeichnete Charakteristiken für Verwendung als transportables Normal

(Abhängigkeiten vorhanden, aber reproduzierbar und vorhersagbar)



*Erklärungsbedarf für Sprünge
(Rotation des Dralls entlang der Rohrleitung???)*

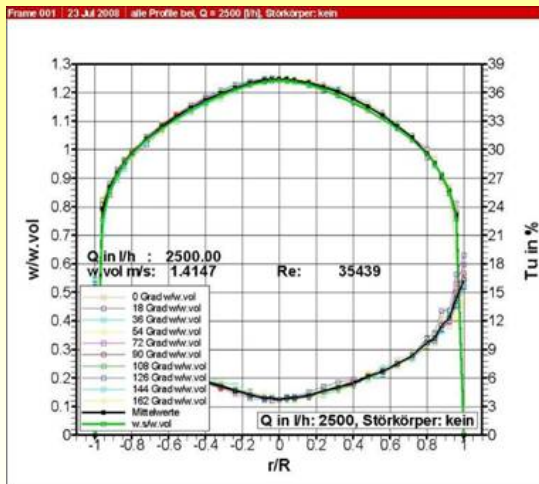
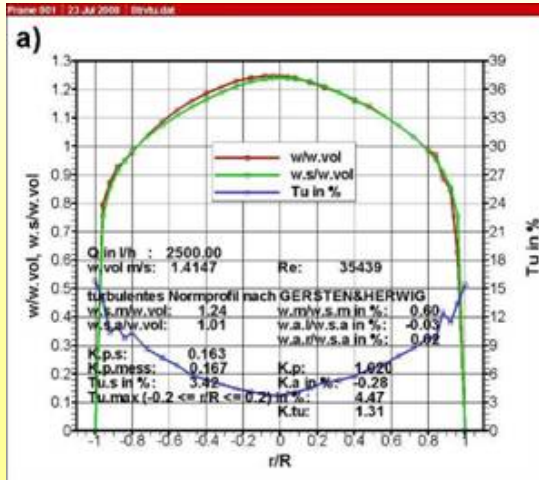
Ungestört – 2500 l/h



Gut ausgebildete turbulente Strömung – alle Kennzahlen im zulässigen Bereich



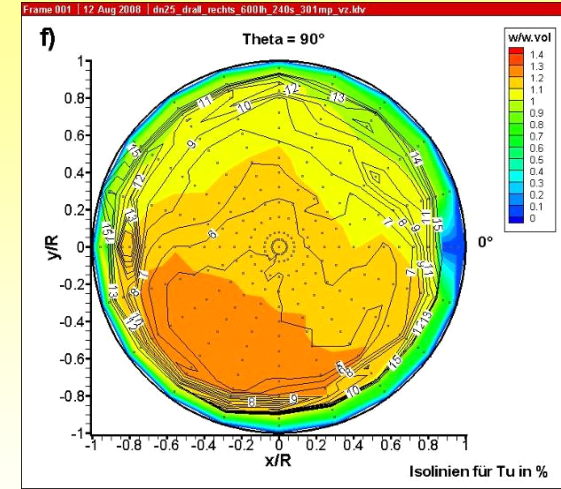
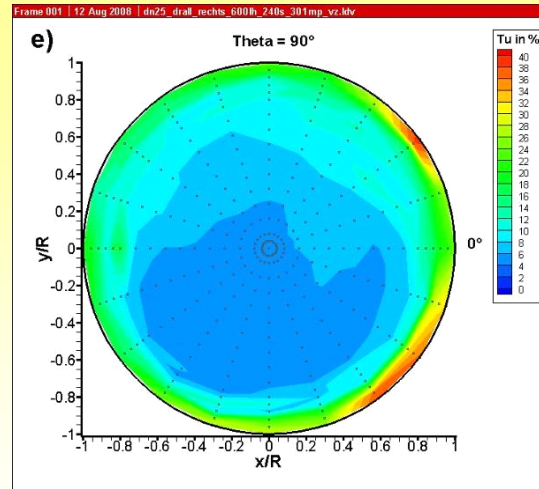
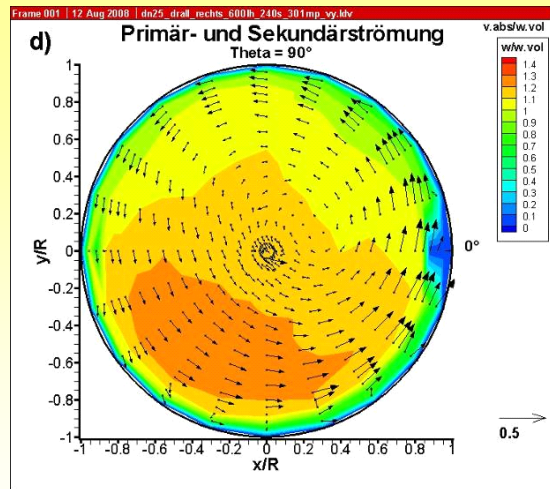
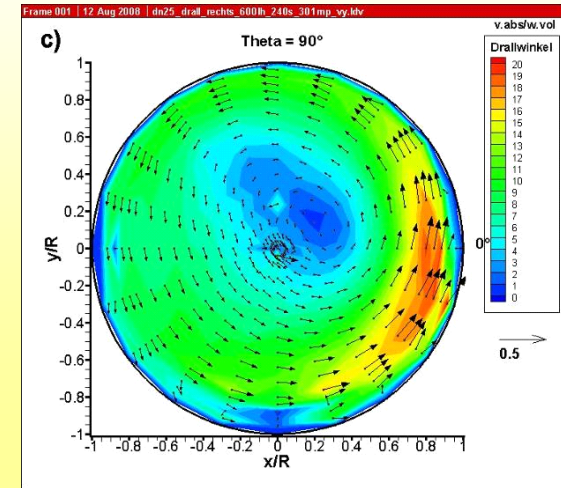
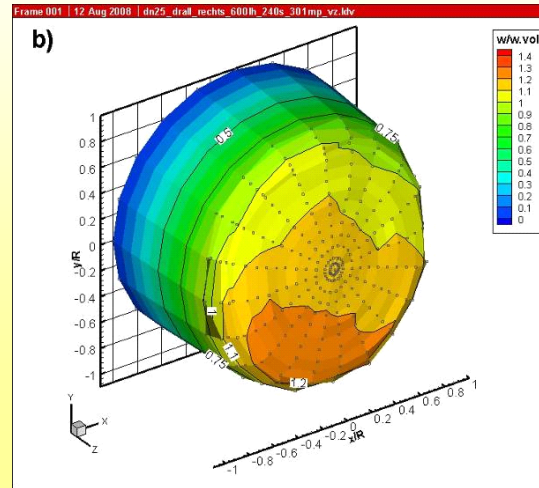
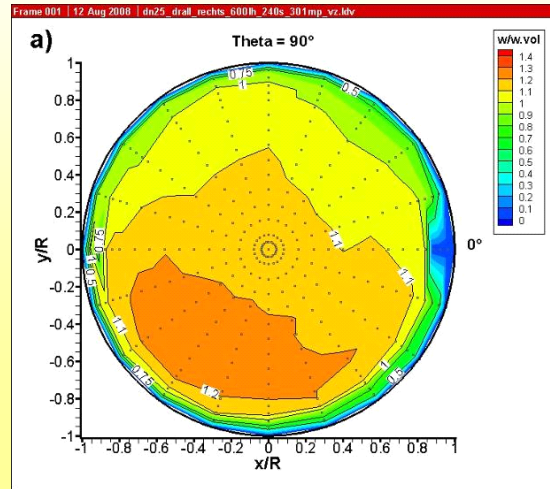
Ungestört – 2500 l/h



Q in l/h:	2'500				$w_{s,m}/w_{vol}$:		1.2412	
w_{vol} in m/s	1.4147				w_m/w_{vol} :		1.2487	
T_w in °C:	20				$w_m/w_{s,m}$ in %:		0.6002	
p_w in bar:	1.5				$K_{p,s}$:		0.1634	
Re:	35'439				$K_{tu,s}$ in %:		3.4161	
Theta		$w_{a,l}/w_{s,a}$	$w_{a,r}/w_{s,a}$	$K_{p,m}$	K_p	K_a	Tu_{max}	$(K_{tu})^*$
		in %	in %			in %	in %	
Vollprofile	0	-0.0314	0.0190	0.1666	1.0201	-0.2829	4.47	1.3085
	18	0.1053	0.1421	0.1630	0.9976	-0.0744	4.53	1.3261
	36	0.8300	0.7469	0.1608	0.9846	-0.0884	4.34	1.2705
	54	1.4513	0.3651	0.1601	0.9802	-0.1357	4.23	1.2383
	72	1.1492	1.4302	0.1592	0.9744	-0.0653	4.18	1.2236
	90	1.1351	0.6893	0.1613	0.9874	-0.0666	4.10	1.2002
	108	1.1871	0.7906	0.1610	0.9857	-0.0730	4.42	1.2939
	126	-1.2311	0.7460	0.1650	1.0099	0.1718	4.57	1.3378
	144	-0.5402	1.0186	0.1659	1.0156	0.2844	4.39	1.2851
162	-0.5716	1.1320	0.1628	0.9966	0.2364	4.51	1.3202	
Min.-Wert	-1.23	0.02	0.1592	0.974	-0.283	4.10	1.200	
Max.-Wert	1.45	1.43	0.1666	1.020	0.284	4.57	1.338	
Max.- Wert	1.45	1.43	0.1666	1.020	0.284	4.57	1.338	
\varnothing^*			0.1626	0.995			1.26	
u=2s in %			3.13	3.13			7.27	
* arithmetisch							* im Bereich $-0.2 = r/R = 0.2$	

$$\left(\begin{array}{l} 0,8 \leq K_p \leq 1,3 \\ -1\% \leq K_a \leq 1\% \\ K_{tu,max} = 2 \end{array} \right)$$

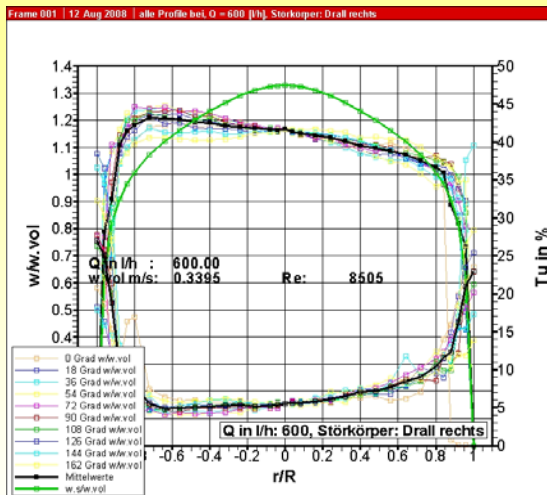
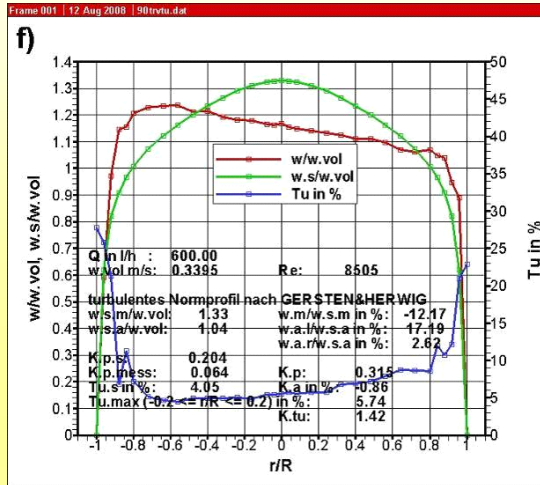
Drall rechts – 600 l/h



Asymmetrische, drallbehaftete Strömung – entspr. Kennzahlen außerhalb des zulässigen Bereichs



Drall rechts – 600 l/h



Q in l/h:	600				$w_{s,m}/w_{vol}$:	1.3285
w_{vol} in m/s	0.3395				w_m/w_{vol} :	1.1669
T_w in °C:	20				$w_m/w_{s,m}$ in %:	-12.16
p_w in bar:	2.69				$K_{p,s}$:	0.2041
Re:	8'505				$K_{tu,s}$ in %:	4.0487

Theta	$w_{a,l}/w_{s,a}$ in %	$w_{a,r}/w_{s,a}$ in %	$K_{p,m}$	K_p	K_a in %	Tu_{max} in %	$(K_{tu})^*$	
Vollprofile	0	10.487	2.3085	0.1336	0.6546	-3.1467	6.09	1.5042
	18	16.2038	-0.8011	0.0775	0.38	-1.9058	6.07	1.4993
	36	19.16	-2.9876	0.0691	0.3386	-1.9814	6.27	1.5487
	54	17.9064	-5.7566	0.0749	0.3669	-2.1679	5.99	1.4795
	72	20.0497	-1.1026	0.0651	0.3188	-1.6152	5.9	1.4573
	90	17.1892	2.6185	0.0643	0.3153	-0.8591	5.74	1.4178
	108	16.8742	1.9991	0.0683	0.3348	-0.7526	5.82	1.4375
	126	14.4131	-0.4201	0.0817	0.4005	-0.5675	5.63	1.3906
	144	10.6644	-0.0803	0.0932	0.4569	-0.2602	5.72	1.4128
	162	8.3246	4.1757	0.0852	0.4177	0.3693	5.73	1.4153
Min.-Wert	8.32	-5.76	0.0643	0.315	-3.147	5.63	1.391	
Max.-Wert	20.05	4.18	0.1336	0.655	0.369	6.27	1.549	
Max.- Wert 	20.05	5.76	0.1336	0.655	3.147	6.27	1.549	
\varnothing^*			0.0813	0.398			1.46	
u=2s in %			50.67	50.65			6.93	
* arithmetisch							* im Bereich -0.2 = r/R = 0.2	

$$\begin{cases}
 0,8 \leq K_p \leq 1,3 \\
 -1\% \leq K_a \leq 1\% \\
 K_{tu,max} = 2
 \end{cases}$$

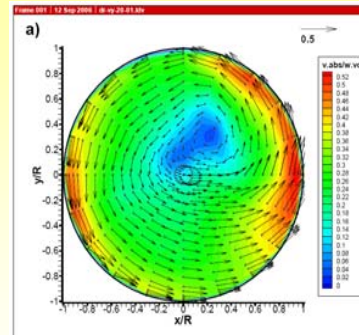
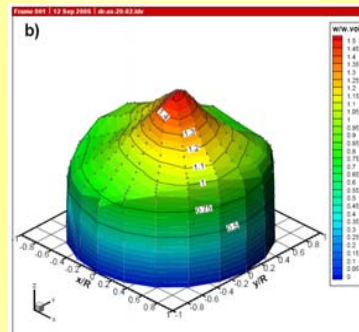
Aber: Es gibt Auffälligkeiten

1. Geschwindigkeitsverteilung nach Drallerzeuger entspricht nicht erwartetem Bild

Frühere
Messungen in
ND 50



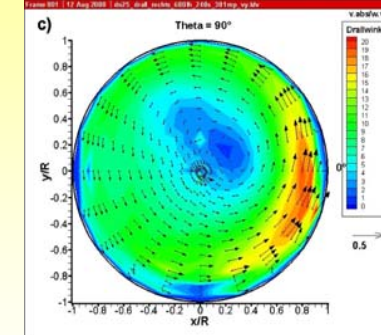
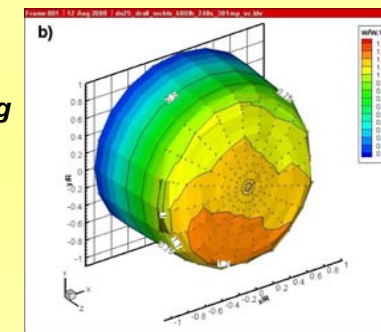
Starke axiale Überhöhung
im Zentrum
fast symmetrische
Verteilung



Aktuelle
Messungen in
ND 25



Keine axiale Überhöhung
im Zentrum
Maximum am Rand
starke Asymmetrie



Drall „o.k.“

Unterschied in
Installation:

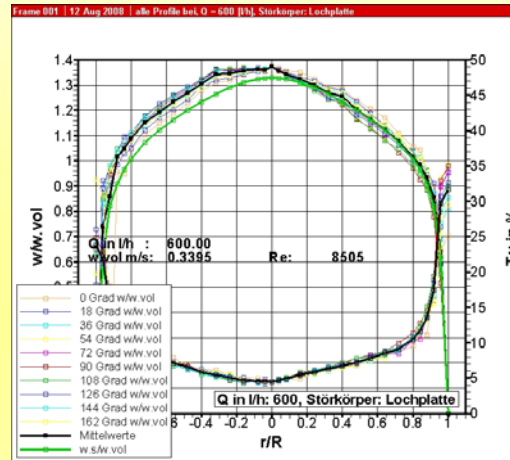
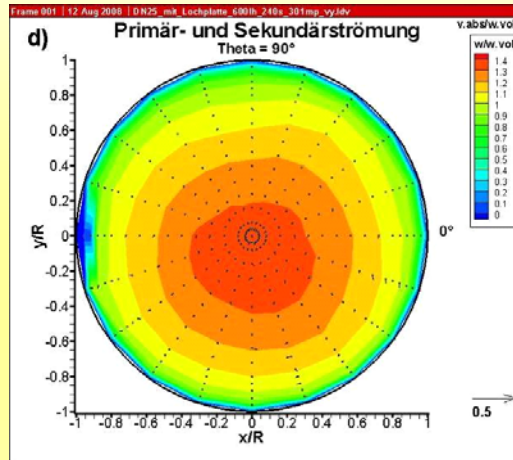
5 D nach Störkörper

13 D nach Störkörper

Kann nicht die einzige Ursache für Profilunterschied sein

2. Lochplatte bringt nicht in allen Fällen die erwünschte Profilabplattung, aber unzulässige Asymmetrien

Lochplatte – 600 l/h



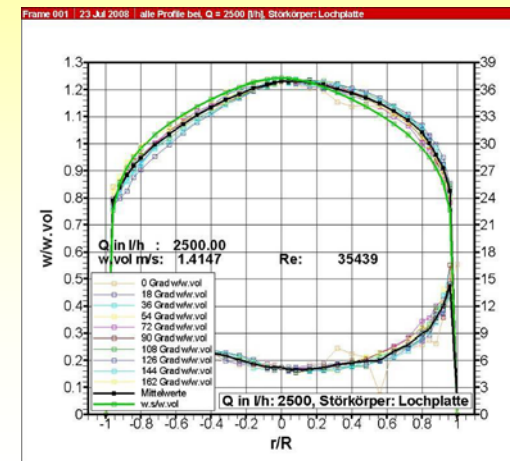
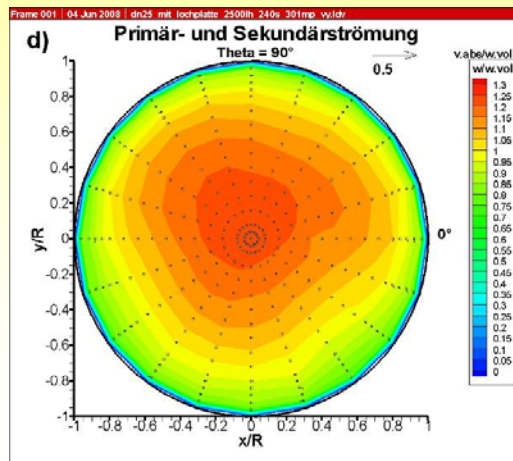
$$w_m/w_{s,m} = + 3,42 \%$$

$$K_p = 1,033$$

$$K_a = 1,465 \%$$

$$K_{tu} = 1,443$$

Lochplatte – 2500 l/h



$$w_m/w_{s,m} = - 0,98 \%$$

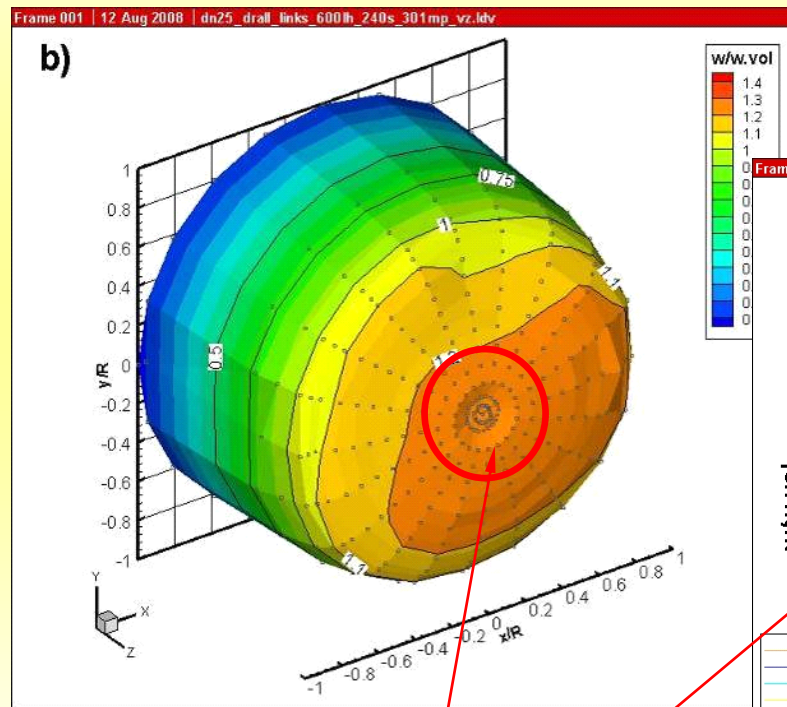
$$K_p = 0,911$$

$$K_a = 1,317 \%$$

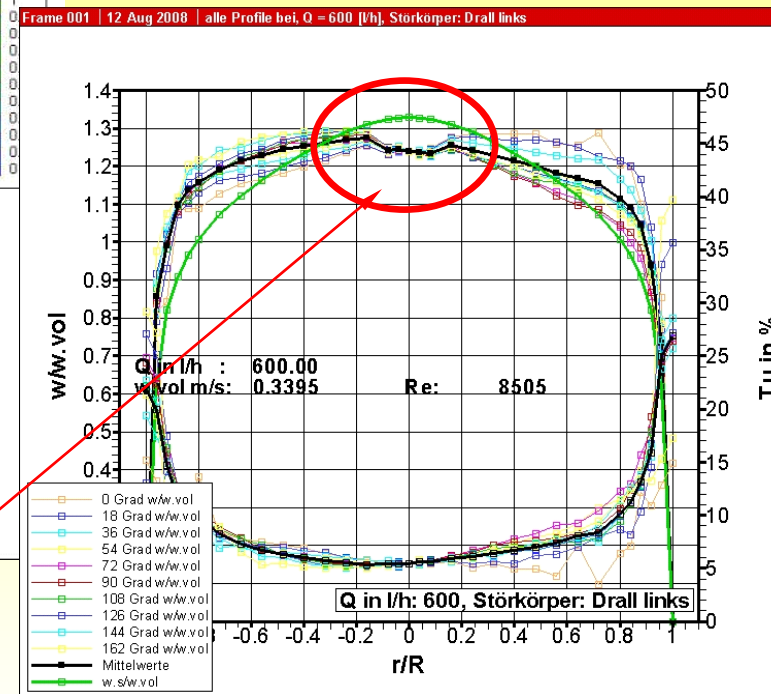
$$K_{tu} = 1,792$$

3. Durchflusskonstanz hat enorme Bedeutung

Beispiel: Drall links – 600 l/h



$$w_m/w_{s,m} = - 6,78 \%$$



„Einbrüche“ durch Durchflussänderung während der Messzeit

Turbine 10D

MID 10D

Q_v	Störkörper	K_p	K_a (%)	K_{tu}	f_T (%)	$\Delta f_T^*)$ (%)	f_{MID} (%)	$\Delta f_{MID}^*)$ (%)
600 l/h	ohne	0,933	0,385	1,158	0,371	-	1,676	-
	Lochplatte	1,033	1,465	1,443	0,554	0,183	3,083	1,405
	Drall rechts	0,397	3,147	1,549	-0,260	0,631	2,574	0,898
	Drall links	0,397	1,256	1,534	1,371	1,000	3,983	2,307
900 l/h	ohne	0,856	0,459	1,217	0,480	-	1,876	-
	Lochplatte	1,031	1,012	1,417	0,571	0,091	1,984	0,108
	Drall rechts	0,435	2,063	1,606	-0,286	-0,766	1,294	-0,582
	Drall links	0,469	1,469	1,549	1,429	0,949	3,479	1,603
2500 l/h	ohne	0,995	0,284	1,338	-0,318	-	0,859	-
	Lochplatte	0,911	1,317	1,792	-0,208	0,110	0,633	-0,226
	Drall rechts	0,437	0,860	1,833	-1,072	-0,754	1,410	0,551
	Drall links	0,388	1,395	1,694	0,370	0,688	2,187	1,328

0,8..1,3 -1%..1% 2

*) Abweichung vom ungestörten Fall

*Nur die ungestörten Fälle erfüllen alle Kriterien +++
= Bestätigung der „Tauglichkeit“ der Richtlinie*

Exakte Fertigung der Störkörper ist notwendig, besonders für kleine Nennweiten

Beispiele:

- Lochplatte bringt Asymmetrie in Strömung
- Links- und Rechtsdrall nicht symmetrisch
- Große Abweichungen zu Ergebnissen in größeren Nennweiten

Vorschlag: - Einheitliche Fertigung und Vertrieb (???)

*Kenntnis und Konstanz des Durchflusses sind notwendig
= unterstreicht die Empfehlungen aus 2.2.c) der Richtlinie*

Vorschlag: - ggf. noch „schärfer“ formulieren

Turbulenzkriterium wird in allen gestörten Fällen erfüllt

Frage: - Zu großzügig gewählt?

Vorschlag: - Überprüfung des Auswahlfeldes

Drallwinkel war selbst in den ungestörten Fällen an einigen Stellen größer 2 °

Vorschlag: - Überprüfung des Auswahlkriteriums

***Herzliche Grüße aus Braunschweig
und vielen Dank für die Aufmerksamkeit!***

