

# Luft-Wasser Experimente im vertikalen DN200-Rohr

Technischer Fachbericht

M. Beyer, D. Lucas, J. Kussin, P. Schütz

Oktober 2008

Wissenschaftlich-Technische Berichte  
**FZD-504**  
Oktober 2008

M. Beyer, D. Lucas, J. Kussin, P. Schütz

## **Luft-Wasser Experimente im vertikalen DN200-Rohr**

Technischer Fachbericht



**Forschungszentrum  
Dresden** Rossendorf



## **Technischer Fachbericht**

### **Luft-Wasser Experimente im vertikalen DN200-Rohr**

#### **Technical Report**

#### **Air-water experiments in a vertical DN200-pipe**

Reaktorsicherheitsforschung-Vorhaben-Nr./  
Reactor Safety Research-project No.:

150 1329

Vorhabentitel: **TOPFLOW-Experimente, Modellentwicklung und Validierung von CFD-Codes für Wasser-Dampf-Strömungen mit Phasenübergang**

Project Title: **TOPFLOW-Experiments, development and validation of CFD models for steam-water flows with phase transfer**

Autoren / Author(s): **M. Beyer, D. Lucas, J. Kussin, P. Schütz**

Dienststelle der Autoren /  
Performing Organisation: **Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V.  
Institut für Sicherheitsforschung**

Berichtsdatum / **Oktober 2008**

Publication Date:

Berichts-Nr. / Report-No.: **FZD-504**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 150 1329 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



### Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart <b>Technischer Fachbericht</b>	
3a. Titel des Berichts <b>Luft-Wasser Experimente im vertikalen DN200-Rohr</b>		
3b. Titel der Publikation		
4a. Autoren des Berichts (Name, Vorname(n)) <b>M. Beyer, D. Lucas, J. Kussin, P. Schütz</b>		5. Abschlussdatum des Vorhabens <b>30.09.2010</b>
4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))		6. Veröffentlichungsdatum <b>Oktober 2008</b>
		7. Form der Publikation <b>Broschüre</b>
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  <b>Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. Institut für Sicherheitsforschung Postfach 510119 01314 Dresden</b>		9. Ber.Nr. Durchführende Institution
		10. Förderkennzeichen <b>150 1329</b>
		11a. Seitenzahl Bericht <b>255</b>
		11b. Seitenzahl Publikation
13. Fördernde Institution (Name, Adresse)  <b>Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 11019 Berlin</b>		12. Literaturangaben <b>38</b>
		14. Tabellen <b>5</b>
		15. Abbildungen <b>51</b>
16. Zusätzliche Angaben		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzreferat <p>Die im Rahmen dieser Versuchsserie erzielten umfangreichen experimentellen Ergebnisse bilden eine hochwertige Datenbasis für Luft-Wasser-Strömungen in einem vertikalen DN200-Rohr, die für die Entwicklung und Validierung von CFD-Modellen, beispielweise bzgl. Blasenkoaleszenz und -fragmentierung, genutzt werden können. Besonderes interessant ist die Untersuchung der Entwicklung der Zweiphasenströmung über der Rohrhöhe. Aus diesem Grund wurden für jede der 92 betrachteten Kombinationen aus Gas- und Wasser-Volumenstromdichten bis zu 18 Messungen mit variablen Abständen zwischen Gaseinspeisung und Messebene durchgeführt. Dabei wurde der Druck an der Gaseinspeisestelle konstant auf 0,25 MPa(a) gehalten. Diese Randbedingung bietet den Vorteil, dass die so gemessenen Daten die Entwicklung der Strömung über der Rohrhöhe widerspiegeln, d.h. eine Konfiguration beschreiben, bei der das Gas an einer festen Höhenposition eingespeist wird und die Messungen in verschiedenen darüberliegenden Ebenen erfolgen. Wesentliche Ergebnisse dieser Messserie sind radiale zeitgemittelte Profile für den Gasgehalt und die Gasgeschwindigkeit sowie zeit- und querschnittsgemittelte Blasengrößenverteilungen. Außerdem liegen blasengrößen- und orts aufgelöste Gasgehaltsdaten vor. Wie bereits bei früheren Versuchsserien wurden auch in diesem Fall die Strömungsformen analysiert, wobei die Klassifizierung anhand der Blasengröße erfolgte.</p> <p>Ein wesentlicher Bestandteil dieser neuen Luft/Wasser-Versuche war die Qualitäts- und Plausibilitätsprüfung der Messdaten. Es konnte festgestellt werden, dass die Daten einen eindeutigen, widerspruchsfreien Trend bzgl. ihrer Entwicklung mit zunehmendem Abstand von der Gaseinspeisung aufweisen. Zur Plausibilitätsprüfung wurden Vergleiche des Gasgehaltsverlaufes über der Rohrhöhe mit theoretisch zu erwartenden Kurven durchgeführt.</p> <p>Zusätzlich zu diesen Ergebnissen enthält der Bericht eine Einschätzung des Einflusses des Bohrungsdurchmessers an der Gaseinspeisung auf die sich einstellende Strömung.</p>		
19. Schlagwörter <b>Zweiphasenströmung, Gasblasen, Gasgehaltsverteilungen, Gasgeschwindigkeit</b>		
20. Verlag		21. Preis



### Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of Report <b>Technical Report</b>	
3a. Report Title <b>Air-water experiments in a vertical DN200-pipe</b>		
3b. Title of Publication		
4a. Author(s) of the Report (Family Name, First Name(s)) <b>M. Beyer, D. Lucas, J. Kussin, P. Schütz</b>	5. End of Project <b>30.09.2010</b>	
	6. Publication Date <b>Oktober 2008</b>	
4b. Author(s) of the Publication (Family Name, First Name(s))	7. Form of Publication <b>Booklet</b>	
	9. Originator's Report No.	
8. Performing Organisation(s) (Name, Address)  <b>Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. Institut für Sicherheitsforschung Postfach 510119 01314 Dresden</b>	10. Reference No. <sup>7)</sup> <b>150 1329</b>	
	11a. No. of Pages Report <b>255</b>	
	11b. No. of Pages Publication	
	12. No. of References <b>38</b>	
13. Sponsoring Agency (Name, Address)  <b>Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 11019 Berlin</b>	14. No. of Tables <b>5</b>	
	15. No. of Figures <b>51</b>	
	16. Supplementary Notes	
17. Presented at (Title, Place, Date)		
18. Abstract <p>The extensive experimental results presented in this report provide a high-quality database for air-/water flows in a vertical pipe with a nominal diameter of 200 mm. This database can be used for the development and validation of CFD-like models for two-phase flows, e.g. for bubble coalescence and fragmentation. In particular, the investigations aim on the evolution of the two-phase flow along the pipe height. Therefore, up to 18 single measurements with varying distances between the gas injection and measurement plane were realised for each of the 92 combinations of gas and water flow rates. The pressure at the position of the activated gas injection was kept constant at 0.25 MPa(a). This boundary condition has the advantage that the measured data represent exactly the evolution of the flow along the pipe, i.e. they reflect a configuration at which the gas injection is at a fixed height position, while the measurement plane varies.</p> <p>Important results of this test series are time averaged radial profiles of the gas fraction, and the gas velocity, as well as the time and cross-section averaged bubble size distributions. Furthermore, gas fraction data resolved regarding the bubble size and spatial distribution are presented. As in previous test series, flow patterns were analysed, whereby the classification results from the bubble size.</p> <p>A substantial part of these new air/water experiments were quality and plausibility checks of the measured data. In the result, a clear and consistent trend regarding their evolution with increasing distance from the position of the gas injection was found. Comparisons of the trend of time and cross section averaged gas volume fraction along the pipe height with the theoretically expected values were carried out.</p> <p>The influence of the orifice diameter of the gas injection on flow patterns is also discussed in the report.</p>		
19. Keywords <b>Two-phase flow, Gas bubbles, Gas volume fraction distribution, Gas velocity</b>		
20. Publisher		21. Price





# Inhaltsverzeichnis

1. Versuchsdokumentation .....	11
1.1 Versuchsziel .....	11
1.2 Versuchsdurchführung.....	12
1.2.1 Beschreibung der Versuchsanlage und Aufbau der Testsektion.....	12
1.2.2 Abschätzung der Druckrandbedingungen .....	16
1.2.3 Versuchsprozedur .....	19
1.3 Messmatrix .....	20
1.4 Messtechnik.....	22
1.4.1 Spezialmesstechnik.....	22
1.4.1.1 Funktionsweise von Gittersensoren.....	22
1.4.1.2 Konstruktion des Gittersensors .....	23
1.4.2 Betriebsmesstechnik .....	25
1.4.2.1 Beschreibung der Betriebsmesstechnik .....	25
1.4.2.2 Kalibrierung .....	26
1.5 Auswertung.....	28
1.5.1 Messdatenkalibrierung .....	28
1.5.2 Gasgehaltsprofile .....	31
1.5.3 Gasgeschwindigkeiten .....	33
1.5.4 Blasenidentifikation .....	34
1.5.5 Blasengrößenverteilungen und blasenklassenaufgelöste Informationen .....	37
1.6 Ungenauigkeitsabschätzung.....	38
1.6.1 Gasgehalt.....	39
1.6.2 Blasendurchmesser.....	39
1.6.3 Azimutal gemittelte Gasgeschwindigkeiten .....	40
1.6.4 Fehler bei der Berechnung der Drücke an der Gaseinspeisestelle .....	44
1.7 Genauigkeitsprüfung an Hand der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit.....	47
2. Ergebnisse .....	52
2.1 Strömungsformen .....	52
2.1.1 Beobachtete Strömungsformen.....	52
2.1.2 Kriterien zur Beschreibung von Strömungsformen.....	52
2.1.3 Abhängigkeit der Strömungsform von der relativen Teststreckenhöhe.....	53
2.1.4 Abhängigkeit der Strömungsform vom Durchmesser der Einspeisebohrungen.....	59
2.1.5 Strömungsformen in den Messreihen II bis IV.....	60
2.1.6 Zusammenfassung der beobachteten Strömungsformen.....	65
2.2 Plausibilität der integralen Gasgehaltswerte .....	67
2.2.1 Driftgeschwindigkeit zur Validierung experimenteller Ergebnisse .....	67
2.2.2 Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten .....	68
2.2.3 Interpretation der Entwicklung des Gasgehalts mit zunehmenden L/D.....	71
2.3 Verteilung des Blasendurchmessers .....	74

2.3.1	Öffnungsdurchmesser der Gaseinspeisung .....	74
2.3.2	Mittelwerte der Blasengrößenverteilung .....	76
3.	Schlussfolgerungen .....	86
4.	Literaturverzeichnis .....	88
5.	Verzeichnisse.....	92
5.1	Formelverzeichnis.....	92
5.2	Indizes .....	93
5.3	Abkürzungen.....	94
5.4	Abbildungen.....	95
5.5	Tabellen .....	99
6.	Anhang .....	100
I.	Profile der Messpunkte .....	101
II.	Median- und Modalwerte .....	193
III.	Zusätzliche Abhängigkeiten zur Genauigkeitsprüfung nach Kapitel 1.7.....	197
IV.	Betriebsdaten.....	200
V.	Kalibrierprotokolle .....	218
VI.	Beschreibung der zur Luft/Wasser-Messserie L12 verfügbaren Datenfiles.....	246

# 1. Versuchsdokumentation

## 1.1 Versuchsziel

Ziel der in diesem Bericht vorgestellten Experimente war die Schaffung einer hochwertigen Datenbasis für Luft-Wasser-Strömungen in einem vertikalen Rohr mit einem Nenndurchmesser von 200 mm. Diese Datenbasis kann für die Entwicklung und Validierung von CFD-Modellen für Zweiphasenströmungen genutzt werden. Basierend auf den Erfahrungen vorangegangener Experimentalserien wurde hier besonderes auf eine durchgängig hohe Qualität und Konsistenz der Daten geachtet. Die Messungen wurden nun so durchgeführt, dass sie die Entwicklung der Zweiphasenströmung entlang des Rohres bei konstanten Bedingungen für die Gaseinspeisung wiedergeben.

In Prasser et al. 2007a werden die vorangegangenen Experimente sowie deren Ergebnisse ausführlich beschrieben. Der Bericht beinhaltet auch Ergebnisse zur Entwicklung von Strömungsformen, zum Verhalten der Zwischenphasengrenzfläche sowie zum Wärme- und Impulsaustausch zwischen den Phasen. Für die Experimente mit Variabler Gaseinspeisung befindet sich die Messebene immer am oberen Rohrende, während das Gas über Bohrungen in der Rohrwand in unterschiedlichen Abständen von dieser Messebene eingespeist wird. Ein Nachteil der vorangegangenen Experimente bestand darin, dass sich der Druck an den einzelnen Positionen der Gaseinspeisung auf Grund des hydrostatischen Drucks unterschiedlich einstellte, da der Druck an der Messebene weitgehend konstant war.

In CFD-Simulationen zur Evolution polydisperser Blasenströmungen zeigte sich, dass vor allem die Modelle zu Blasenkoaleszenz- und -fragmentation weiter optimiert werden müssen (Lucas & Krepper 2007). Bei relativ geringen Gasgehalten kann der Effekt der Zunahme der Blasengröße auf Grund des abnehmenden hydrostatischen Drucks einen größeren Einfluss auf die Blasengrößenverteilung haben als Koaleszenz- und Fragmentationseffekte. In Prasser et al., 2007a wird an Hand von experimentellen und numerischen Ergebnissen erläutert, welchen wesentlichen Einfluss die Blasenexpansion auf die Blasengrößenverteilung haben kann.

Daher wurde in der neuen Serie der Druck an der jeweiligen Gaseinspeisung konstant gehalten. Die Messdaten repräsentieren dann die Entwicklung der Strömung entlang des Rohrs, wie sie bei einer Einspeisung an einer konstanten Höhenposition und Verschiebung der Messebene beobachtet würde. Ein weiterer Nachteil der vorangegangenen Messung bestand in den unterschiedlichen Wassertemperaturen, die während den Messserien zwischen 20 °C und 37 °C schwankten. Im Gegensatz dazu wurden nun alle Messungen bei einer nahezu konstanten Temperatur von  $T = 30$  °C durchgeführt. Die Abweichungen waren kleiner als 1 K. Das ist wichtig, weil die Koaleszenzraten und Zerfallsfrequenzen über die Oberflächenspannung von der Temperatur abhängen. Des Weiteren wurde die Anzahl der gemessenen Kombinationen von Luft- und Wasservolumenströmen gegenüber den früheren Messungen deutlich erhöht.

Neben der detaillierten Versuchsbeschreibung widmet sich der vorliegende Bericht auch ausführlich der Überprüfung der Stimmigkeit der Daten untereinander. Das

betrifft zum einen die kontinuierliche Entwicklung der zeitgemittelten Profile und Blasengrößenverteilungen mit zunehmenden L/D als auch den Vergleich der aus den Messwerten abgeleiteten Gasvolumenströme mit den Einstellwerten. Letzteres ermöglicht eine globale Fehlerschätzung und zeigt die Abhängigkeit der Genauigkeit der Messungen von den jeweiligen Strömungsbedingungen. Im zweiten Kapitel erfolgt eine Interpretation der aus den Messwerten abgeleiteten integralen Gasgehalte, der Blasengrößenverteilungen sowie der mittleren Blasengrößen.

## 1.2 Versuchsdurchführung

### 1.2.1 Beschreibung der Versuchsanlage und Aufbau der Testsektion

Wie bereits die Experimente zum Vorläuferprojekt „Aufbau und Durchführung von Experimenten an der Mehrzweck-Thermohydraulikversuchsanlage TOPFLOW für generische Untersuchungen von Zweiphasenströmungen und die Weiterentwicklung und Validierung von CFD-Codes“ wurden auch die für diese umfangreiche Versuchsserie erforderlichen Messungen an der **Transient two Phase flow test facility (TOPFLOW)** am Institut für Sicherheitsforschung des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf durchgeführt. Aufbau und Funktion dieser Anlage sind ausführlich in Schaffrath et al. 2001, Beyer et al. 2004 und Prasser et al. 2006 beschrieben, so dass in diesem Bericht nur auf die Systeme und Anlagenteile eingegangen wird, die zur Durchführung dieser Versuchsserie relevant waren.

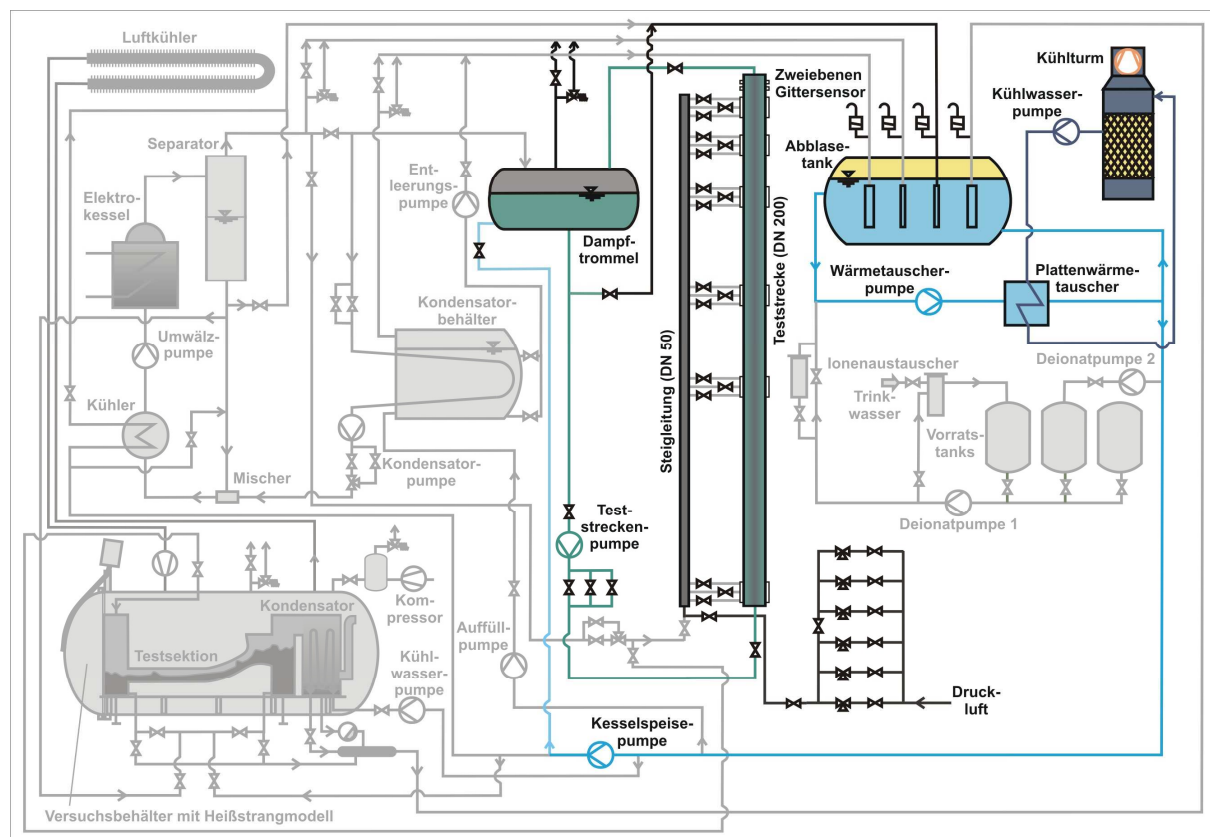


Bild 1-1 Schema der Versuchsanlage TOPFLOW; Teststreckenkreislauf und Druckluftsystem farbig hervorgehoben

Das sind vor allem der Teststreckenkreislauf und das Druckluftsystem, die in Bild 1-1 farbig dargestellt sind. Zusätzlich zu diesen Anlagenkomponenten sind Teile des Abblase- und Kühlsystems hervorgehoben, die zur Regelung der Temperatur in der Teststrecke erforderlich waren.

Um die Entwicklung der Strömung, vor allem der Blasengrößenverteilungen und des Gasgehaltes, analysieren zu können, kommt eine spezielle Bauform der vertikalen Teststrecke DN200 mit einem Innendurchmesser von 195,3 mm zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um die sogenannte Variable Gaseinspeisung, die während des Vorläuferprojektes aufgebaut und montiert wurde.

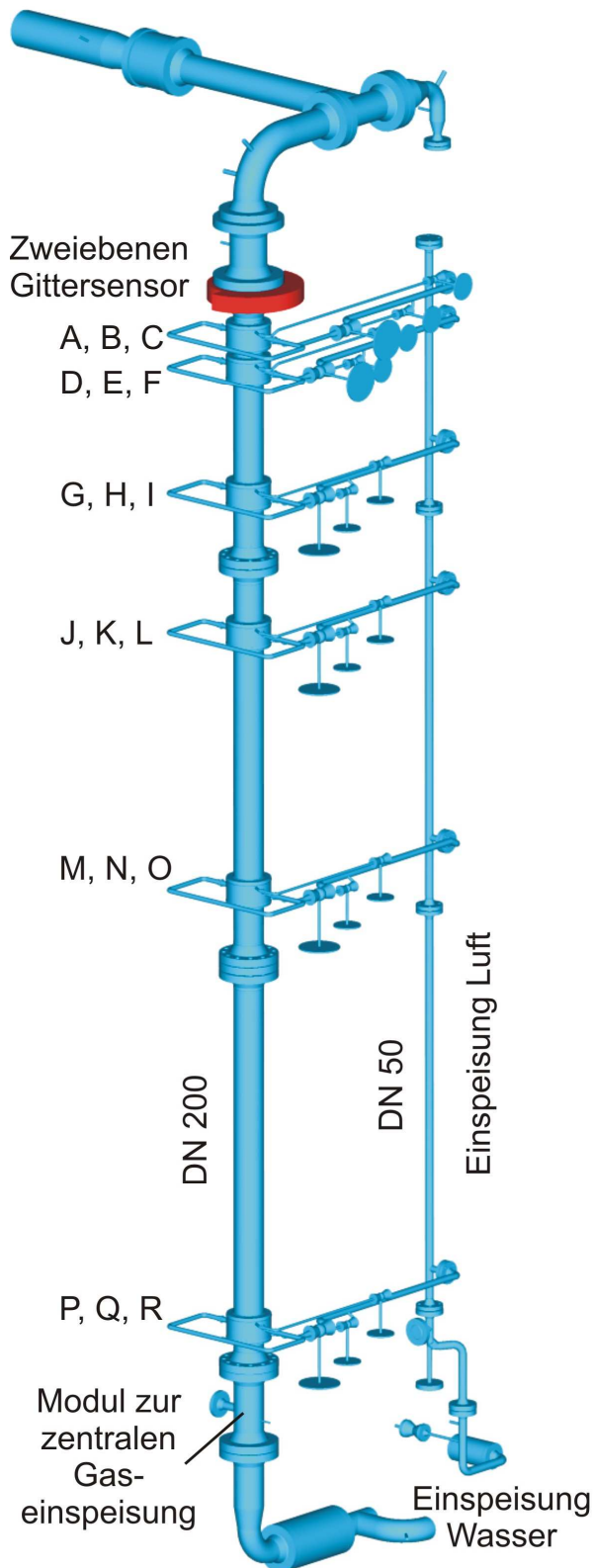


Bild 1-2 Variable Gaseinspeisung in die vertikale Teststrecke DN200

Bild 1-2 zeigt den geometrischen Aufbau der Variablen Gaseinspeisung mit sechs annähernd logarithmisch über der Höhe verteilten Einspeisemodulen. Jedes Modul (Bild 1-3) besteht aus drei Kammern, aus denen Gas durch Bohrungen in den Innenraum der Teststrecke eingepert wird. Die Randeinspeisung des Gases bietet den Vorteil, dass die Zweiphasenströmung ungestört bis zur Messebene aufsteigen kann, ohne durch Einspeisevorrichtungen innerhalb des Rohres in anderen Höhenpositionen beeinflusst zu werden.

Zwei der drei Kammern (jeweils oben und unten) sind mit  $72 \times 1$  mm Bohrungen versehen, die mittleren Kammern enthalten  $32 \times 4$  mm Öffnungen. Zur rotations-symmetrischen Gaseinspeisung sind alle Bohrungen pro Kammer gleichmäßig über dem Umfang des Rohres verteilt. Diese Konstruktion bietet die Möglichkeit, den Einfluss unterschiedlicher Primärblasendurchmesser auf die Entwicklung der Strömung zu analysieren. Die Kammern sind einzeln absperrbar mit der Einspeiseleitung für Gas verbunden, die an das Druckluftsystem angeschlossen ist (Bild 1-1).

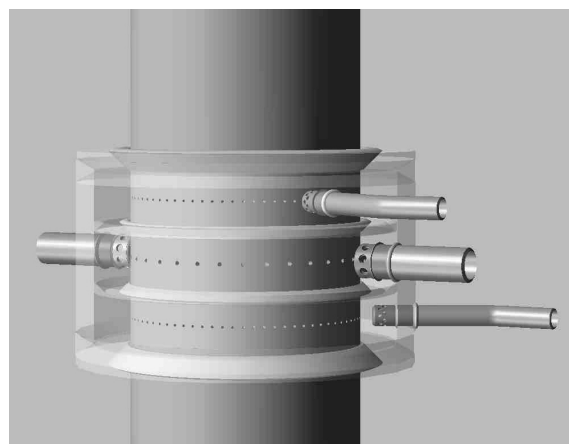


Bild 1-3 Gaseinspeisemodul

Die Zuführung der flüssigen Phase erfolgt im unteren Bereich der Teststrecke über eine Absperrarmatur und einen 90° Bogen. Während der Experimente war unterhalb der Teststrecke (Bild 1-2) ein Modul zur zentralen Gaseinspeisung montiert, das bei dieser Versuchsserie aber nicht verwendet wurde. Durch den großen Abstand bis zur Messebene kann der Einfluss dieses Bauteils auf die Strömung jedoch vernachlässigt werden. Eine Beschreibung der Konstruktion dieser Einspeisevorrichtung ist in Prasser et al. 2007a enthalten.

Die Messebene befand sich bei diesen Experimenten immer am oberen Ende der Teststrecke (Bild 1-2). Dabei kam ein Zweiebenen-Niedertemperatur-Gittersensor zum Einsatz, der in Kapitel 1.4.1 genauer beschrieben ist. Tabelle 1 listet die Einlaufängen zwischen den einzelnen Gaseinspeisungen und der in Strömungsrichtung ersten Messebene des Gittersensors auf.

Tabelle 1: Absolute und relative Einlaufängen an der Testsektion Variable Gaseinspeisung

Einspeisekammer	Höhenposition	Bohrungsdurchmesser [mm]	Einlaufänge [mm]	L/D-Verhältnis
1	A	1 mm	221	1.1
1	B	4 mm	278	1.4
1	C	1 mm	335	1.7
2	D	1 mm	494	2.5
2	E	4 mm	551	2.8
2	F	1 mm	608	3.1
3	G	1 mm	1438	7.4
3	H	4 mm	1495	7.7
3	I	1 mm	1552	7.9
4	J	1 mm	2481	12.7
4	K	4 mm	2538	13.0
4	L	1 mm	2595	13.3
5	M	1 mm	4417	22.6
5	N	4 mm	4474	22.9
5	O	1 mm	4531	23.2
6	P	1 mm	7688	39.4
6	Q	4 mm	7745	39.7
6	R	1 mm	7802	39.9



Stromabwärts der Gittersensoren fließt das Zweiphasengemisch durch einen 500 mm langen geraden Rohrabschnitt und nachfolgend durch einen 90° Bogen sowie ein T-Stück zur Dampftrommel, in der die Phasenseparation erfolgt (Bild 1-1 und Bild 1-2).

### 1.2.2 Abschätzung der Druckrandbedingungen

Wie bereits erwähnt bestand ein Ziel dieser Versuchsserie darin, möglichst exakt die Entwicklung einer Zweiphasenströmung über der Rohrhöhe wiederzugeben. Das wäre der Fall, wenn die Gaseinspeisung immer an derselben Position erfolgt und die Messung in verschiedenen Abständen (= Höhenpositionen) davon durchgeführt würde. Da bei der Variablen Gaseinspeisung aber die Höhe der Einspeisung variiert wird, während die Position der Messebene konstant bleibt, muss demzufolge eine Druckkorrektur erfolgen. Daher wurde in den Messungen ein konstanter Druck von 0,25 MPa(a) an der jeweils aktiven Einspeiseposition angestrebt. Bild 1-4 zeigt einen Schnitt durch die Variable Gaseinspeisung und die Positionen der Temperatur (TI4-08) sowie der Druckmessstelle (PI4-07) oberhalb der Gittersensoren. Der Abstand zwischen diesen Messstellen und der in Strömungsrichtung ersten Messebene des Gittersensors betrug 0,87 m. Differenzdruckmessungen zwischen den einzelnen Einspeisepositionen und der Messebene sind an dieser Teststrecke nicht verfügbar.

Um konstante Druckrandbedingungen an der Gaseinspeiseposition zu gewährleisten, wurden jeweils für alle gemessenen Kombinationen aus den Leerrohrgeschwindigkeiten für die Gas- bzw. flüssige Phase unter Berücksichtigung der einzelnen Einspeisehöhen die sich ergebenden zweiphasigen Druckverluste entlang der Teststrecke ermittelt, aus denen dann der an der Druckmessstelle oberhalb der Gittersensorposition einzustellende Druck abgeleitet werden kann. Die Berechnung des zweiphasigen Druckverlustes berücksichtigt sowohl den hydrostatischen Druckverlust  $\Delta p_H$  als auch den Reibungsdruckverlust  $\Delta p_R$ . Die Beschleunigungsdruckverluste wurden aufgrund ihres geringen Anteils (< 1 %) an den Gesamtdruckverlusten bei diesen Berechnungen vernachlässigt. Der hydrostatische Druckverlust bestimmt sich entsprechend:

$$\Delta p_H = \rho_F \cdot g \cdot \Delta L \quad (1.1)$$

wobei  $g$  die Erdbeschleunigung ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) und  $\Delta L$  der Abstand zwischen Gaseinspeisung und Druckmessstelle sind. Die Dichte des zweiphasigen Gemisches  $\rho_F$  berechnet sich nach Gleichung (1.2):

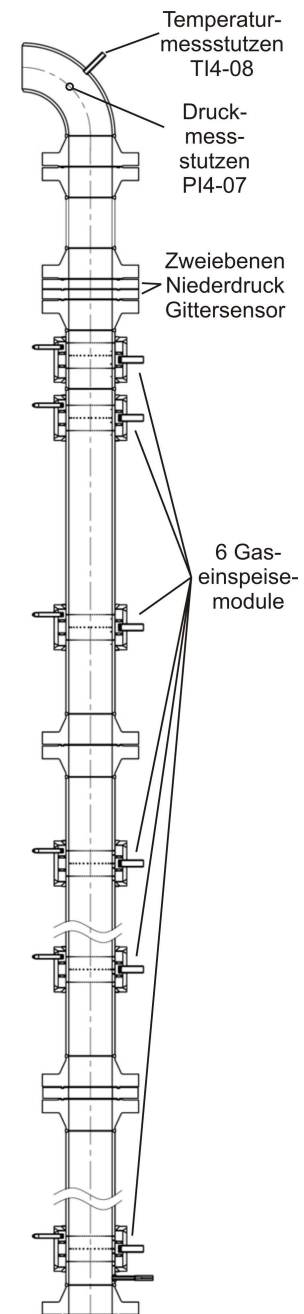


Bild 1-4 Variable Gaseinspeisung mit Position der Temperatur und Druckmessstelle

$$\rho_F = \varepsilon \cdot \rho_G + (1 - \varepsilon) \cdot \rho_W \quad (1.2)$$

In dieser Gleichung steht  $\varepsilon$  für den volumetrischen Gasgehalt sowie  $\rho_G$  bzw.  $\rho_W$  jeweils für die Luft- bzw. Wasserdichte. Die Bestimmung der Stoffwerte erfolgte mit Hilfe der Datenbank IAPWS-IF97 (Wagner et al. 2000). Der volumetrische Gasgehalt wurde entsprechend Gleichung (1.3) abgeschätzt.

$$\varepsilon = \frac{J_G}{J_G + J_W + \bar{U}_D} \quad (1.3)$$

Gleichung (1.3) nutzt die Leerrohrgeschwindigkeiten der beiden Phasen und die mittlere Driftgeschwindigkeit  $\bar{U}_D$ . Da  $\bar{U}_D$  vor den Experimenten noch unbekannt ist, wurde mit einem konstanten Wert von 0,25 m/s gerechnet. Dieser Wert ist eine gute Näherung für die Driftgeschwindigkeit von Blasen mit einem Durchmesser im Bereich von 5 bis 9 mm, in dem das Maximum der Blasengrößenverteilung für die meisten in dieser Versuchsserie betrachteten Matrixpunkte liegt. Die Ungenauigkeit, die durch diese Annahme entsteht, wird im Kapitel Ungenauigkeitsabschätzung (Kapitel 1.6.4) analysiert.

Zur Bestimmung des zweiphasigen Reibungsdruckverlustes wurde die Methode nach LOCKHART/MARTINELLI (Huhn et al. 1975) verwendet, bei der die Strömung nach dem Schlupfmodell betrachtet wird. Zunächst bestimmt man die Reibungsdruckverluste der an der Strömung beteiligten Einzelphasen, wobei angenommen wird, dass die Phasen jeweils allein im Rohr strömen, d. h. jeweils den gesamten Rohrquerschnitt ausfüllen. Mit Hilfe der Korrekturfunktion  $\Phi$  - auch Zweiphasenmultiplikator genannt - berechnet man den zweiphasigen Reibungsdruckverlust:

$$\left( \frac{\Delta p}{\Delta L} \right)_F = \Phi_W^2 \left( \frac{\Delta p}{\Delta L} \right)_W = \Phi_G^2 \left( \frac{\Delta p}{\Delta L} \right)_G \quad (1.4)$$

Gleichung (1.4) liefert das Verhältnis der Funktionen  $\Phi_G$  zu  $\Phi_W$ , abhängig vom Quotienten der Reibungsdruckverluste beider Phasen, das als LOCKHART/MARTINELLI - Parameter bezeichnet wird:

$$X_{LM} = \left[ \frac{(\Delta p / \Delta L)_W}{(\Delta p / \Delta L)_G} \right]^{0,5} = \frac{\Phi_G}{\Phi_W} \quad (1.5)$$

Zur Berechnung der Reibungsdruckverluste der Einzelphasen  $p$  werden zunächst die Reynolds-Zahlen nach Gleichung (1.6) bestimmt.

$$Re_p = \frac{J_p \cdot d_i}{\nu_p} \quad (1.6)$$

Hierbei ist  $J$  die Leerrohrgeschwindigkeit,  $d_i$  der Innendurchmesser des Rohres (0,195 m) und  $\nu$  die kinematische Viskosität der Einzelphasen. Unter Berücksichtigung der Versuchsmatrix (Tabelle 2) ergibt sich für die Wasserphase ein Bereich von:  $10^5 < Re_W < 4 \cdot 10^6$  bzw. für die Gasphase von:  $75 < Re_A < 10^6$ . Für

laminare Strömungen ( $Re < 2320$ ) berechnet sich der Rohrreibungsbeiwert  $\lambda$  nach Gleichung (1.7) (Matek et al. 2000). Für turbulente Strömungen ist die Rohrrauigkeit  $k$  (0,1 mm) mit zu berücksichtigen, so dass  $\lambda_p$  unabhängig von der Reynolds-Zahl nach Gleichung (1.8) bestimmt wurde (VDI 1988a).

$$\lambda_p = \frac{64}{Re_p} \quad (1.7)$$

$$\lambda_p = \frac{1}{[2 \cdot \lg(d_i/k) + 1,14]^2} \quad (1.8)$$

Unter Verwendung des Rohrreibungsbeiwerts  $\lambda_p$  berechnet sich der Reibungsdruckverlust der einzelnen Phase  $p$  zu:

$$\Delta p_p = \lambda_p \cdot \frac{\rho_p}{2} \cdot j_p^2 \cdot \frac{\Delta L}{d_i} \quad (1.9)$$

Mit den so bestimmten Reibungsdruckverlusten der Einzelphasen kann man die Druckverlustgradienten  $(\Delta p/\Delta L)_G$  und  $(\Delta p/\Delta L)_W$  berechnen und mit Gl. 1.5  $X_{LM}$  ermitteln.

Für die Bestimmung der Funktionen  $\Phi_W$  und  $\Phi_G$  in Abhängigkeit vom Parameter  $X_{LM}$  wurde das Verfahren nach WALLIS (Huhn et al. 1975) ausgewählt. Dieses Verfahren beruht ebenfalls auf dem Schlupfmodell und nimmt an, dass beide Phasen in getrennten Zylindern strömen, deren Querschnittsflächen zusammen den realen Rohrquerschnitt ergeben. Der Druckverlust in jedem Zylinder ist dem realen Druckabfall der gesamten Strömung gleich und wird aus der Einphasenströmung mit mittleren Geschwindigkeitswerten berechnet.

Der allgemeine Lösungsansatz ist hierbei:

$$\left(\frac{1}{\Phi_G^2}\right)^{1/n} + \left(\frac{1}{\Phi_W^2}\right)^{1/n} = 1 \quad (1.10)$$

Daraus folgt mit Gleichung (1.5):

$$\Phi_G^2 = \left[1 + X_{LM}^{2/n}\right]^n \quad X_{LM} < 1 \quad (1.11)$$

$$\Phi_W^2 = \left[1 + 1/X_{LM}^{2/n}\right]^n \quad X_{LM} > 1 \quad (1.12)$$

wobei der Parameter  $n$  vom Strömungszustand abhängt:

$n = 3,5$	$Re_W > 10^3, Re_G < 10^3$	Die Reynolds-Zahlen der einzelnen Phasen wurden gemäß Gleichung (1.6) bestimmt.
$n = 4$	$Re_W > 10^3, Re_G > 10^3$	

Ergebnis dieser Rechnungen sind die zweiphasigen Druckverluste in der Teststrecke für alle gemessenen Kombinationen aus den Leerrohrgeschwindigkeiten für Luft und Wasser, die sich aus den hydrostatischen und den Reibungsdruckverlusten zusammensetzen. Dabei ändert sich der Anteil des Reibungsdruckverlustes am

Gesamtdruckverlust von ca. 2 % für geringe Leerrohrgeschwindigkeiten (Versuchspunkt 041, vgl. Tabelle 2) bis zu 23 % für den Versuchspunkt 184.

Da die Druckmessstelle (PI4-07) im Bogen nach den Gittersensoren angeordnet ist, wurde die Hälfte des Druckverlustes im Bogen  $\Delta p_B$  bei der Bestimmung des Gesamtdruckverlustes mit berücksichtigt. Hierzu wurden die Druckverluste für die einzelnen Phasen  $p$  nach Gleichung (1.13) berechnet (VDI 1988b).

$$\Delta p_{B,p} = k_{B,p} \cdot \frac{\rho_p}{2} \cdot J_p^2 \quad (1.13)$$

Der Koeffizient  $k_{B,p}$  beinhaltet sowohl den Rohrreibungsbeiwert  $\lambda_p$  (nach Gleichung (1.7) bzw. (1.8)) als auch den Widerstandsbeiwert  $\zeta_{B,p}$ , der seinerseits die Umlenk-, Reynolds-Zahl- und Rauigkeitsbeiwerte entsprechend VDI 1988b berücksichtigt. Danach erfolgte die Abschätzung des zweiphasigen Druckverlustes im Bogen, ebenfalls nach der Methodik von LOCKHART/MARTINELLI und WALLIS.

Die so ermittelten Drücke sind als Überdrücke in der Spalte „Druck am GS(ü) PI4-07 [kPa]“ in den Versuchsprotokollen im Anhang IV aufgelistet und wurden zur Durchführung der Experimente genutzt.

### 1.2.3 Versuchsprozedur

Die Variable Gaseinspeisung ist ebenso wie die im Vorläuferprojekt genutzten vertikalen Teststrecken im Teststreckenkreislauf der Versuchsanlage TOPFLOW (Bild 1-1) montiert. Während des Versuchsbetriebs wird Wasser aus der Dampftrommel mittels der Teststreckenpumpe durch die vertikalen Teststrecken gefördert. Dabei erfolgt die Regelung des Wassermassenstromes mit drei parallel geschalteten Regelventilen und den zugehörigen Regelkreisen in den Bereichen 0 - 0,5 kg/s; 0,5 – 5 kg/s und 4,75 – 50 kg/s. Für die Experimente im Rahmen der hier beschriebenen Versuchsserie waren Massenströme zwischen 1,2 und 48 kg/s einzustellen. Zur Gewährleistung der Temperaturreichweitenbedingungen ( $30 \text{ °C} \pm 1 \text{ K}$ ) wurde vor Beginn der Messungen die Temperatur des Inhaltswassers im Teststreckenkreislauf durch den Energieeintrag der laufenden Teststreckenpumpe auf  $30 \text{ °C}$  erhöht. Da die Temperatur des Inhaltswassers beim Betrieb der Pumpe weiter steigt, wurde Speisewasser aus dem Abblasetank (vgl. Bild 1-1) mit einer Temperatur von ca.  $20 \text{ °C}$  mittels der Kesselspeisepumpe in die Dampftrommel gefördert und Inhaltswasser aus der Dampftrommel über die Entleerungsleitung zurück in den Abblasetank geleitet.

Nach Erreichen des Normtemperaturbereichs wurde der Wassermassenstrom eingestellt und Druckluft in den Teststreckenkreislauf eingespeist, um den erforderlichen Druck an der Messstelle PI4-07 oberhalb des Gittersensors annähernd zu erreichen. Ist diese Bedingung erfüllt, kann der Luftvolumenstrom auf seinen Sollwert reduziert werden. Nachfolgend wird durch Veränderung des Abblasevolumenstroms aus der Dampftrommel der Drucksollwert an der Messstelle oberhalb des Gittersensors eingestellt.

Entsprechen alle anlagentechnischen Randbedingungen den Vorgaben, kann die Messung durchgeführt werden. Hierzu ist die Messbereitschaft der Gittersensoren herzustellen und das Strömungsbild am Messrechner mittels online Visualisierung zu kontrollieren. Sind auch diese Bedingungen erfüllt, erfolgt die eigentliche Messung offline. Um charakteristische Strömungsparameter, wie z. B. Gasgehalts- bzw. Geschwindigkeitsverteilungen oder Blasengrößen, aus den Messdaten bestimmen zu können, wurde die Messzeit für alle Experimente dieser Versuchsserie auf 10 s bei einer Frequenz von 2,5 kHz festgelegt. Direkt nach der Messung kann die Qualität der Daten durch visuelle Prüfung am Messrechner kontrolliert werden.

Parallel zur Erfassung der volumetrischen Gasgehalte mit den Gittersensoren werden alle verfügbaren Betriebsdaten des Teststreckenkreislaufs gespeichert. Für diese Messserie sind das vor allem die Wassermassenströme, die Luftvolumenströme sowie Temperatur und Druck oberhalb des Gittersensors. Zur Synchronisierung der Betriebsdaten mit den Gittersensormessdaten wird vom Prozessleitsystem zum Startzeitpunkt der Messung ein Impuls erzeugt, der im Betriebsdatenerfassungssystem für die Zeit der Messung ein Signal setzt und gleichzeitig den Messvorgang in der Elektronikeinheit der Gittersensoren startet. Damit lassen sich aus den gespeicherten Betriebsdaten genau die Werte zur Auswertung auswählen, die dem Messintervall entsprechen. Diese Werte werden dann arithmetisch gemittelt und in den Tabellen im Anhang IV unter der Rubrik Betriebsdaten archiviert.

### 1.3 Messmatrix

In der Abteilung „Experimentelle Thermofluidodynamik“ des FZD werden seit vielen Jahren Versuche zur Untersuchung von Zweiphasenströmungen durchgeführt. Um einen Vergleich der einzelnen Messungen miteinander zu vereinfachen, wurde eine allgemeine Versuchsmatrix erarbeitet. Bei einem Vergleich der Daten verschiedener Messserien sind jedoch die Druckrandbedingungen zu beachten. Im Gegensatz zu der in diesem Bericht beschriebenen Messserie, bei der ein konstanter Druck (0,25 MPa(a)) an der Gaseinspeisung eingehalten wurde, sind frühere Experimente bei Umgebungsdruck in der Dampftrommel (vgl. Bild 1-1) durchgeführt worden.

Tabelle 2 zeigt die aus 231 Versuchspunkten aufgebaute FZD-Matrix. Jeder Versuchspunkt charakterisiert ein Verhältnis aus Leerrohrgeschwindigkeiten für die flüssige und gasförmige Phase. Der Bereich der Leerrohrgeschwindigkeiten ist logarithmisch aufgeteilt und erstreckt sich bei der flüssigen Phase bis ca. 4 m/s bzw. bei der Gasphase bis ca. 19 m/s. Damit deckt die Matrix alle wichtigen Strömungsformen, beginnend bei einer feindispersen Blasenströmung über die Pfropfen- und aufgewühlte Strömung bis zur Ringströmung ab.

In Tabelle 2 sind die für die **aktuelle Versuchsserie (Druck an der Gaseinspeisung: 0,25 MPa(a); Temperatur des Zweiphasengemischs: 30 °C ± 1 K)** ausgewählten Messpunkte farblich dargestellt. Sie lassen sich in vier Reihen gruppieren, wobei bei jeweils zwei Reihen die Leerrohrgeschwindigkeit der flüssigen bzw. gasförmigen Phase konstant bleibt. Diese Auswahl hat den Vorteil, dass man Strömungsphänomene einerseits in Abhängigkeit von nur einem variablen Parameter untersuchen kann und andererseits die Effekte, z. B. zwischen zwei „Wasserreihen“, miteinander vergleichen kann.

Zur Untersuchung der Entwicklung der Zweiphasenströmung über der Höhe der Teststrecke wurden für jeden Versuchspunkt < 149 (Tabelle 2) alle in Tabelle 1 bzw. Bild 1-2 angegebenen Höhenpositionen (A-R) gemessen. Da der maximal mögliche Gasvolumenstrom, der durch die 1 mm Einspeisekammern (vgl. Bild 1-3) ins Rohr eingepert werden kann, durch Anzahl und Durchmesser der Bohrungen begrenzt ist, ergeben sich für die Messpunkte  $\geq 149$  folgende Einschränkungen: Bei den Punkten **149, 151, 160** und **162** wurden alle Höhen mit vier mm Einspeisungen gemessen (B, E, H, K, N, Q) und bei den 1 mm Bohrungen beide Einspeisekammern parallel betrieben.

Tabelle 2: Allgemeine Versuchsmatrix des FZD für vertikale Rohrströmungen, Versuchspunkte der aktuellen Serie farbig markiert

		Leerrohrgeschwindigkeit Gas $J_G$ in m/s																				
		0.0025	0.004	0.0062	0.0096	0.0151	0.0235	0.0368	0.0574	0.0898	0.14	0.219	0.342	0.534	0.835	1.305	2.038	3.185	4.975	7.772	12.14	18.97
Leerrohrgeschwindigkeit Wasser $J_W$ in m/s	4.047	011	022	033	044	055	066	077	088	099	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	231
	2.554	010	021	032	043	054	065	076	087	098	109	120	131	142	153	164	175	186	197	208	219	230
	1.611	009	020	031	042	053	064	075	086	097	108	119	130	141	152	163	174	185	196	207	218	229
	1.017	008	019	030	041	052	063	074	085	096	107	118	129	140	151	162	173	184	195	206	217	228
	0.641	007	018	029	040	051	062	073	084	095	106	117	128	139	150	161	172	183	194	205	216	227
	0.405	006	017	028	039	050	061	072	083	094	105	116	127	138	149	160	171	182	193	204	215	226
	0.255	005	016	027	038	049	060	071	082	093	104	115	126	137	148	159	170	181	192	203	214	225
	0.161	004	015	026	037	048	059	070	081	092	103	114	125	136	147	158	169	180	191	202	213	224
	0.102	003	014	025	036	047	058	069	080	091	102	113	124	135	146	157	168	179	190	201	212	223
	0.0641	002	013	024	035	046	057	068	079	090	101	112	123	134	145	156	167	178	189	200	211	222
	0.0405	001	012	023	034	045	056	067	078	089	100	111	122	133	144	155	166	177	188	199	210	221

Messreihe I  $J_W = 1.017$  m/s

Messreihe III  $J_G = 0.219$  m/s

Messreihe II  $J_W = 0.405$  m/s

Messreihe IV  $J_G = 0.0096$  m/s

Die Daten dieser Messungen wurden in den entsprechenden Files mit der Buchstabenkombination aus beiden Kammern eines Moduls gekennzeichnet (AC, DF, GI, JL, MO, PR). Für die Messpunkte **171, 173, 182, 184** reichte der Querschnitt beider 1 mm Einspeisekammern für den noch höheren Gasvolumenstrom jedoch nicht mehr aus, so dass für diese Punkte lediglich Daten der 4 mm Einspeisungen verfügbar sind.

Die in diesem Kapitel beschriebenen Messungen wurden zwischen dem 11.01.07 und 29.06.07 durchgeführt. Detailliert sind sowohl die Betriebsdaten, die Wassermassen- und Luftvolumenströme sowie die exakten Druck- und Temperaturrandbedingungen als auch die Basisbezeichnung für die Datenfiles (siehe Anhang VI) in den Tabellen

im Anhang IV angefügt. Die im Anhang enthaltenen Norm-Luftvolumenströme ( $V_{GN}$  [nm<sup>3</sup>/h]), die an den Luftreglern eingestellt wurden, berechnen sich aus den in Tabelle 2 vorgegebenen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten zu:

$$V_{GN} = \frac{p_{in} \cdot T_N \cdot J_{G,in} \cdot \pi \cdot d_i^2}{4 \cdot T_{in} \cdot p_N} \quad (1.14)$$

wobei  $p_{in}$  und  $T_{in}$ : Druck (0,25 MPa(a)) und Temperatur (303,15 K) an der Gaseinspeiseposition,  $p_N$  und  $T_N$ : Normdruck (0,1013 MPa(a)) und Normtemperatur (273,15 K) sowie  $J_{G,in}$ : die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit an der Einspeiseposition (entsprechend Versuchsmatrix – Tabelle 2) sind.

## 1.4 Messtechnik

### 1.4.1 Spezialmesstechnik

#### 1.4.1.1 Funktionsweise von Gittersensoren

Grundlage der Funktion von Gittersensoren ist die Messung der elektrischen Leitfähigkeit einer Zweiphasenströmung. Im Falle einer Gas/Wasser-Strömung hat die flüssige Phase (Deionat) eine geringe Leitfähigkeit, während das Gas (Luft) praktisch ein Isolator ist. Die Leitfähigkeitswerte werden an den Kreuzungspunkten eines Drahtgitters erfasst, das sich aus zwei um 90° zueinander gedrehten Drahtebenen aufbaut, die über dem Messquerschnitt montiert und elektrisch untereinander sowie gegen den Sensorgrundkörper isoliert sind. Bild 1-5 zeigt schematisch einen Gittersensor mit 4 x 4 Drahtelektroden sowie die wichtigsten elektronischen Baugruppen.

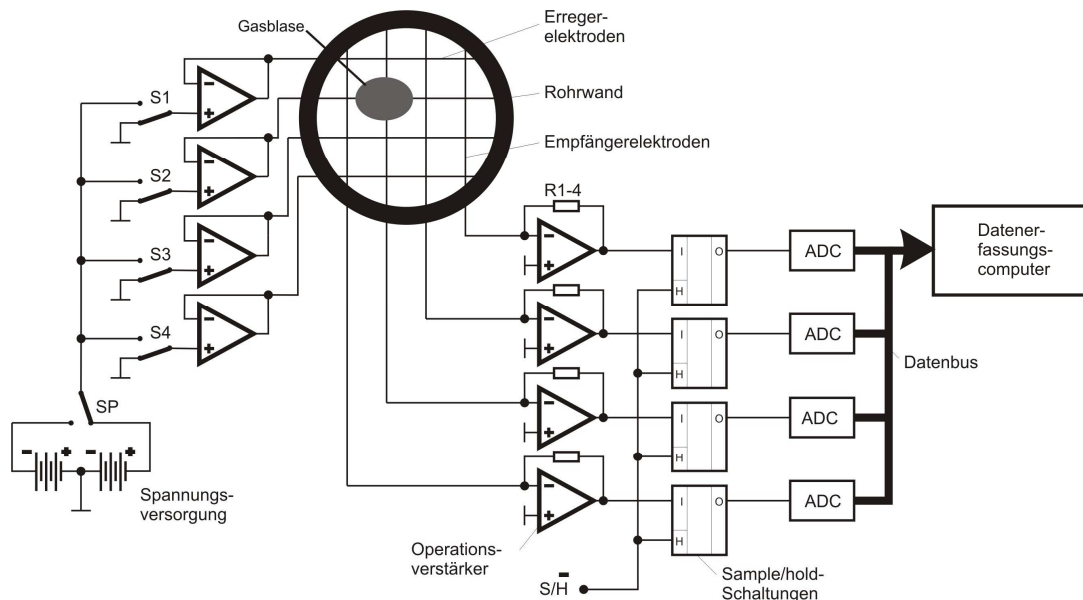


Bild 1-5 Messprinzip eines Gittersensors mit 4 x 4 Drahtelektroden und Grundkomponenten der Signalerfassung

Während der Signalerfassung wird eine Elektrodenenebene als Erreger, die andere als Empfänger genutzt. Die Erregerelektroden werden mittels eines Spannungsimpulses nacheinander aktiviert. Dadurch fließt am Empfängerdraht ein Strom, der ein Maß für die Leitfähigkeit im Messvolumen um den Kreuzungspunkt der beiden Drahtelektroden ist. Die Ströme aller Empfängerdrähte werden gleichzeitig abgetastet, zur besseren Signalverarbeitung in Spannungswerte umgewandelt und in einen 12 bit Wert (Auflösung: 4096 Zustände) digitalisiert. Dieser Prozess wird für alle Sendeelektroden wiederholt. Nachdem die letzte Sendeelektrode aktiviert wurde, sind in der Gittersensorelektronik die Spannungssignale für einen kompletten zwei-dimensionalen Messquerschnitt gespeichert.

Um Polarisierungseffekte an den Elektroden zu vermeiden, teilt sich der Spannungsimpuls, mit dem die Erregerelektroden beaufschlagt werden, in eine positive und eine negative Halbwelle. Bei beiden Erregerspannungen werden die Ströme gemessen und ihre Differenz in der Elektronikeinheit weiterverarbeitet.

Das hier gewählte Messprinzip bietet den Vorteil, dass die so gemessenen Daten nicht aufwendig tomografisch rekonstruiert werden müssen, sondern nach einer Kalibrierung als örtlich und zeitlich hochaufgelöste Informationen über den volumetrischen Gasgehalt direkt verwendet werden können. Bei einer räumlichen Auflösung von 64 x 64 Messpunkten ermöglicht die Elektronikeinheit derzeit Messfrequenzen bis zu 2,5 kHz. Eine detaillierte Beschreibung von Aufbau und Funktion der Gittersensoren enthalten Prasser et al. 1998 und 2000a.

Nachteil der Gittersensoren ist die Beeinflussung der Strömung, da ein invasives Messverfahren zum Einsatz kommt. Dieser Nachteil spielt bei der Messung mit einem Sensor jedoch kaum eine Rolle, da der Gasgehalt in dem Moment erfasst wird, in dem die Sensordrähte die Struktur der Phasengrenze beeinflussen. Er ist jedoch bei der Verwendung von zwei direkt hintereinander montierten Sensoren bzw. einem Zweiebenen-Sensor, wie sie zur Bestimmung lokaler Gasgeschwindigkeiten eingesetzt werden, zu beachten. Weitere Informationen zur Messgenauigkeit der Gittersensoren und Vergleiche mit alternativen Messverfahren sind im Kapitel 1.6 zusammengefasst.

Gittersensoren werden seit mehr als 15 Jahren sowohl im FZD als auch international erfolgreich eingesetzt. Mit ihnen können Gasgehalte in Zweiphasenströmungen bei Drücken bis zu 7 MPa und Temperaturen bis 290 °C gemessen werden. Die derzeit maximal erreichbare zeitliche Auflösung beträgt 0,1 ms. Der minimale bisher realisierte Drahtabstand liegt bei 0,5 x 0,5 mm.

#### **1.4.1.2 Konstruktion des Gittersensors**

Die in diesem Bericht beschriebenen Versuche wurden mit Luft/Wasser-Strömungen entsprechend Tabelle 2 bei einer Wassertemperatur von 30 °C und Drücken am Sensor kleiner als 0,25 MPa(a) durchgeführt. Aus diesen Randbedingungen und aus dem Funktionsprinzip ergeben sich die Anforderungen an die Konstruktion des Gittersensors.

In diesem Fall kam ein Zweiebenen-Niedertemperatur-Gittersensor zum Einsatz, bei dem jede Messebene aus 64 x 64 Drähten aufgebaut ist. Er besteht aus zwei



Leiterplatten (Materialstärke: 2,5 mm), auf die jeweils auf der Ober- und Unterseite die vorgespannten Drahtelektroden in einem Winkel von 90° zueinander aufgelötet sind. Dabei haben die Drähte einen Abstand von 3 mm. Um die mechanische Abdichtung des Sensors zu ermöglichen, wurden die Drahtelektroden mit einem Durchmesser von 0,125 mm in ca. 0,3 mm tief eingefräste Nuten auf der Leiterplatte befestigt. Durch diese Konstruktionsform ergibt sich ein Abstand zwischen den Drahtebenen von ca. 2 mm.

Die derart vorbereiteten Leiterplatten werden zwischen zwei Flanschen und dem Zwischenring montiert (siehe Bild 1-6, Einzelheit Z), wobei sich der Abstand beider Leiterplatten und damit der Messebenen aus der Dicke des Zwischenringes und den gepressten Silikondichtungen zu ca. 40,5 mm ergibt. Der Zwischenring ist zum Teil aus Aluminium gefertigt, um das Gewicht des Sensors zu reduzieren. Des Weiteren werden im Sensor vier Kunststoff-Distanzringe verwendet, um den Anpressdruck auf die Silikondichtungen zu begrenzen und bei wiederholter Montage (Bild 1-7) einen reproduzierbaren Abstand der Messebenen zu gewährleisten.

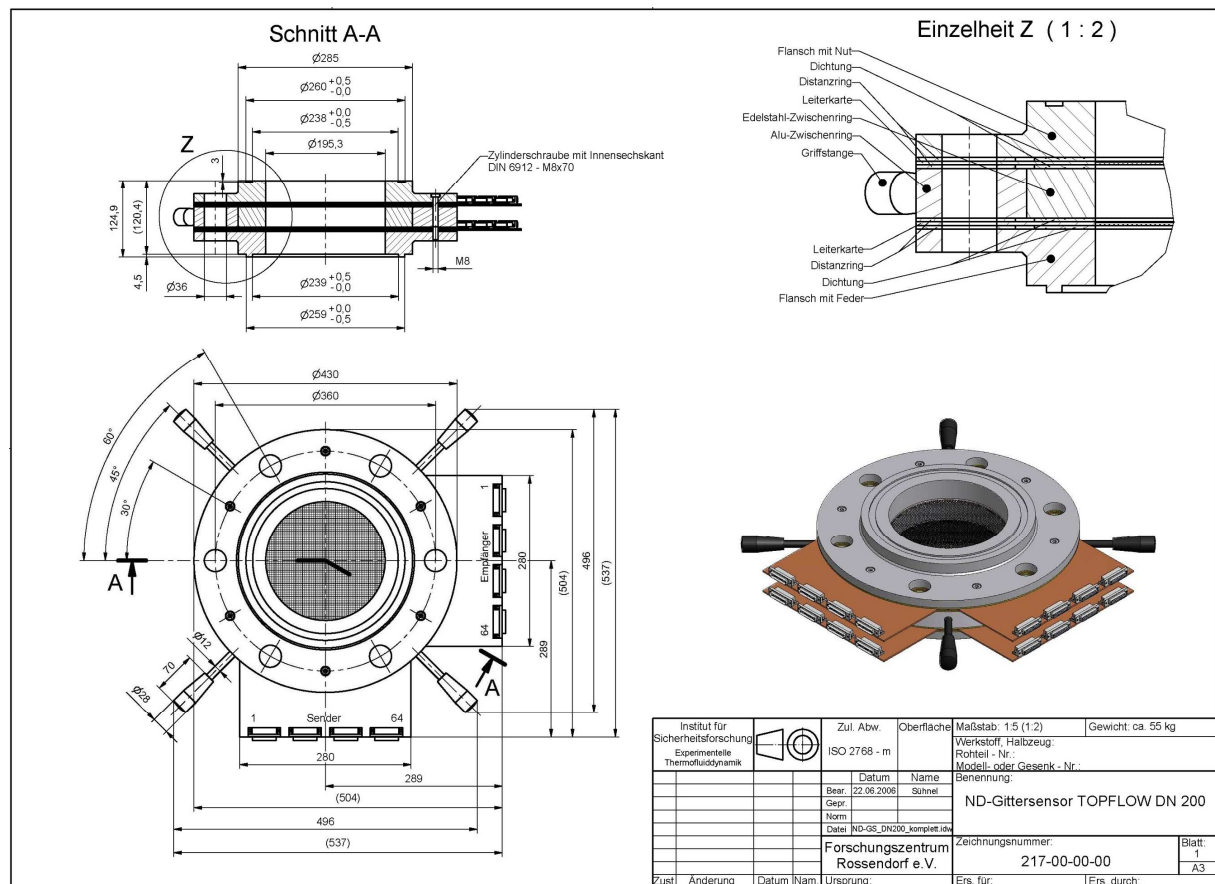


Bild 1-6 Konstruktionszeichnung des doppelten Niedertemperatur-Gittersensors

Für den elektrischen Anschluss der Drahtelektroden laufen Leiterzüge von den Lötstellen der Drähte zu den Buchsen am Rand der Leiterplatte (Bild 1-6), an denen Vorverstärker befestigt werden, die über geschirmte Kabel mit der Elektronikeinheit verbunden sind. Weitere ausführliche Informationen zur Konstruktion von

Drahtgittersensoren enthält Pietruske 2007. Details zum Aufbau der Messelektronik sind in Prasser et al. 2000a beschrieben.

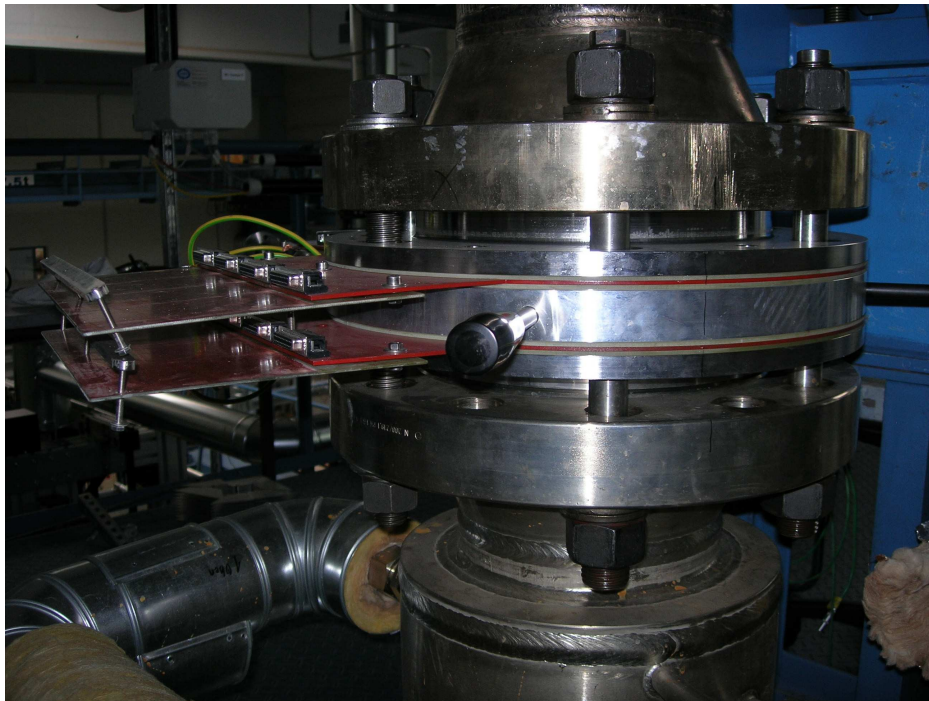


Bild 1-7 Montage des Sensors im oberen Bereich der Teststrecke

## 1.4.2 Betriebsmesstechnik

### 1.4.2.1 Beschreibung der Betriebsmesstechnik

Neben der entsprechenden Spezialmesstechnik ist die genaue Kenntnis der Randbedingungen für eine qualitativ hochwertige Durchführung und Auswertung der Experimente wichtig. Von der sehr umfangreichen Betriebsmesstechnik an der Versuchsanlage TOPFLOW sollen in diesem Bericht nur die für diese Versuchsserie relevanten Messstellen betrachtet werden.

Bild 1-8 zeigt die Positionen wichtiger Messstellen am Teststreckenkreislauf von TOPFLOW. Die verwendete Anlagenkennzeichnung hat folgende Bedeutung: Der erste Buchstabe beschreibt die physikalische Größe (F – Durchfluss, T – Temperatur, P – Druck). Der zweite bzw. dritte Buchstabe klassifiziert den Type (I – Anzeige, C – Regler). Die nachfolgende Nummer kennzeichnet die Messstelle, wobei die erste Ziffer die Zugehörigkeit zum System oder Kreislauf angibt (4 – Teststreckenkreislauf). Alle relevanten Betriebsdaten für die durchgeführten Experimente sind in den Tabellen im Anhang IV aufgelistet.

Die beiden Wasser-Massenstromregler FIC4-01 und FIC4-02 sind vorkonfektionierte Messketten. Die zugehörigen Transmitter ermitteln aus dem Absolutdruck und der Temperatur die Dichte der Flüssigkeit. Mittels der Dichte, dem über einer Venturi-Düse gemessenen Differenzdrucks sowie Geometrieckenngößen bestimmt das Messsystem den Massenstrom. Die Regelung des erforderlichen Wassermassen-

stroms erfolgt mit der von einem Frequenzumrichter gesteuerten Teststreckenpumpe. Die Arbeitspunkte hierfür werden mit den direkt nach den Messsystemen angeordneten Regelventilen eingestellt. Zur Bereitstellung des Luftvolumenstromes dienen die parallel angeordneten Regler FIC4-10 – FIC4-13. Hierbei handelt es sich um thermische Massedurchflussmesser und –regler für Gase vom Type EL-FLOW (FIC4-12 und 13) bzw. IN-FLOW (FIC4-10 und 11) der Firma Bronkhorst.

Zur Messung des Luftmassenstromes wird nach einem Turbulenzfilter vom Gesamtluftstrom ein definierter Teilstrom abgetrennt und durch die Messzelle geleitet. In der Messzelle sind in Strömungsrichtung hintereinander zwei Messwiderstände und dazwischen eine Heizung angeordnet. Die sich einstellende Temperaturdifferenz ist eine Funktion des Luftmassenstromes, der durch die Messzelle fließt. Um aus dem Luftmassenstrom den Luftvolumenstrom zu ermitteln, wird wiederum die Dichte genutzt, die sich aus dem Druck und der Temperatur vor der Heizung bestimmen lässt. Die Regelung des Luftvolumenstromes erfolgt bei den FIC4-11 bis 13 mittels direkt nach der Messzelle angeordneter Magnetventile. Sehr große Luftströme (FIC4-10) steuert eine nachgeschaltete pneumatische betriebene Regelarmatur.

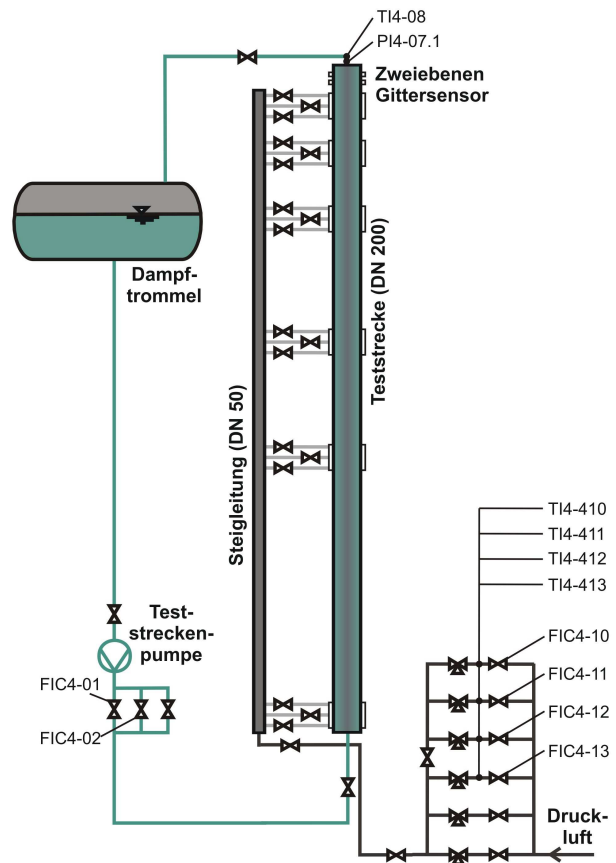


Bild 1-8 Anordnung versuchsrelevanter Messstellen am Teststreckenkreislauf

Um Leckraten der insgesamt sechs parallel geschalteten Luftregler in den Teststreckenkreislauf auszuschließen, sperrt je ein Dreiwegeventil die inaktiven Regelkreise vom Teststreckenkreislauf ab und leitet eventuelle Leckraten in die Versuchshalle ab. Mit den Druckluftreglern von TOPFLOW können Volumenströme bis maximal 750 nm<sup>3</sup>/h stationär eingestellt werden.

Die Messung des Druckes oberhalb der Gittersensoren erfolgt mit einem Drucktransmitter vom Typ Smar LD 301, der auf einen Messbereich von 0 bis 250 kPa eingestellt ist. Die Temperaturen nach den Luftreglern und nach den Gittersensoren werden mit Thermoelementen vom Typ K erfasst.

### 1.4.2.2 Kalibrierung

Zur Aufrechterhaltung der Genauigkeit der Messkanäle ist es erforderlich, die für den Versuchsbetrieb relevanten Messumformer und elektronischen Baugruppen zu

kalibrieren, soweit dies möglich ist. Eine Übersicht über die Ergebnisse der Kalibrierung für die in Bild 1-8 dargestellte Messtechnik ist in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Messstellen im Teststreckenkreislauf, die für die Durchführung und zur Datenauswertung der Luft/Wasser-Versuchsserie L12 verwendet wurden

Messumformer	Messbereich	Kalibrierbereich	Kalibrierdatum	max. Abweichung	Bemerkungen
FIC4-01	4,75 - 50 kg/s		21.05.02	1 %	5 Jahre ab Herstellung garantiert
FIC4-02	0,5 - 5 kg/s		21.05.02	1 %	
FIC4-10	500 - 1000 nm <sup>3</sup> /h	400 - 950 nm <sup>3</sup> /h	02.10.06	0,83 %	Bronkhorst (vom Messwert)
FIC4-11	50 - 500 nm <sup>3</sup> /h	50 - 450 nm <sup>3</sup> /h	04.10.06	6,66 %	Bronkhorst (vom Messwert)
FIC4-12	5 - 50 nm <sup>3</sup> /h	5 - 50 nm <sup>3</sup> /h	15.09.06	1,58 %	Bronkhorst (vom Messwert)
FIC4-13	0,5 - 5 nm <sup>3</sup> /h	0,5 - 5 nm <sup>3</sup> /h	10.10.06	1,9 %	Bronkhorst (vom Messwert)
PI4-07.1	0 - 250 kPa(ü)	0 - 250 kPa	07.02.07	1,5 %	Smar LD 301 (vom Messwert)
TI4-08	-270 - 1200 °C	50 - 300 °C	08.11.06	0,5 K	TE Typ K
TI4-410	-270 - 1200 °C	35 - 50 °C	16.11.06	0,0 K	TE Typ K
TI4-411	-270 - 1200 °C	35 - 50 °C	16.11.06	0,0 K	TE Typ K
TI4-412	-270 - 1200 °C	35 - 50 °C	16.11.06	0,1 K	TE Typ K
TI4-413	-270 - 1200 °C	35 - 50 °C	16.11.06	0,1 K	TE Typ K

Für die Massenstromregler FIC4-01 und FIC4-02 wird vom Hersteller für fünf Jahre nach der Lieferung garantiert, dass der Fehler 1 % vom Messwert nicht übersteigt. Das Herstellungsdatum der an TOPFLOW eingesetzten Geräte war der 21.05.02. Eine Eichung dieser Geräte direkt an der TOPFLOW Anlage ist nicht möglich.

Die Polynomkalibrierung der Luftvolumenstromregler (FIC4-10 – FIC4-13) erfolgte zu den in Tabelle 3 angegebenen Daten beim Hersteller (FIC4-10 – FIC4-12) bzw. bei der Firma Wagner (FIC4-13).

Der Drucktransmitter PI4-07.1 wurde mit einem UNOMAT MCX/1910 kalibriert, der einmal jährlich (letzte Prüfung: 20.06.06) bei der Firma Druck Lfd seinerseits geeicht wird. Die Kalibrierung erfolgt durch Einstellen von mehreren Drücken innerhalb des Kalibrierbereiches, wobei die Punkte einmal beim Druckauflasten und ein zweites Mal beim Druckablasten angefahren und geprüft werden. Danach werden die Ausgangssignale mit dem Sollwert verglichen und falls erforderlich der Aufnehmer entsprechend justiert.

Die Thermoelemente wurden mit einem Metallblock-Kalibrator vom Typ Jupiter 650SN überprüft. Zum Vergleich der Temperaturanzeigen kommt ein Platinthermoelement zum Einsatz. Beide Referenzgeräte wurden letztmalig am 10.10.06 von der

Firma Klasmeier Kalibrier- und Messtechnik GmbH kontrolliert. Nach Feststellung der Abweichungen vom Sollwert, besteht bei den Thermoelementen die Möglichkeit, am Digital/Analog-Wandler die Abweichung zu kompensieren. Die maximale Abweichung im Kalibrierbereich nach der Kompensation ist in Tabelle 3 angegeben.

Technische Parameter der Messtechnik und die detaillierten Ergebnisse der Prüfungen sowie die Dokumente zu den Vergleichsgeräten sind in den Kalibrierprotokollen im Anhang V angefügt.

## 1.5 Auswertung

Nach Beendigung der Experimente liegen die Messdaten in Form von komprimierten Binärfiles vor, in denen in diesem Fall 25000 Messquerschnitte, sogenannte frames, mit jeweils 64 x 64 digitalisierten Spannungswerten in einem speziellen 12 bit Format gespeichert sind. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Schritte beschrieben, die zur numerischen Auswertung der Rohdaten erforderlich sind. Die Struktur aller in diesem Kapitel beschriebenen Dateitypen ist im Anhang VI ausführlich beschrieben.

### 1.5.1 Messdatenkalibrierung

Das Ziel dieser Prozedur ist die Konvertierung der Spannungssignale aus den Messfiles in volumetrische Gasgehalte. Hierzu werden zwei Verfahren genutzt: Einerseits können die Messwerte der Zweiphasenströmung mit Kalibrierwerten einer reinen Wasserströmung gewichtet werden, da, wie in Kapitel 1.4.1.1 bereits erwähnt, die elektrische Leitfähigkeit von Luft vernachlässigbar klein ist:

$$\varepsilon = \frac{U_W - U_{\text{meas}}}{U_W} = 1 - \frac{U_{\text{meas}}}{U_W} \quad (1.15)$$

wobei  $\varepsilon$  – der volumetrische Gasgehalt,  $U_W$  – das Spannungssignal des Kalibrierwertes (Wasser) und  $U_{\text{meas}}$  – das Spannungssignal des Messwertes ist.

Zur Bestimmung der Kalibrierwerte für die einzelnen Gitterpunkte des Sensors werden die Daten im Kalibrierfile vor allem auf Gasfreiheit untersucht und danach die Signale der nutzbaren frames gemittelt. Diese Methode bietet den Vorteil, dass sie für alle Messdaten, unabhängig von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit, anwendbar ist. Der Nachteil besteht darin, dass extra Kalibrierfiles erfasst werden müssen, was in der Regel mit zeitlichem Abstand zu den eigentlichen Messungen erfolgt. Dadurch können die Betriebsbedingungen (Druck, Temperatur, Leitfähigkeit des Wassers) schwanken und somit den Fehler bei der Bestimmung des volumetrischen Gasgehalts vergrößern.

Andererseits besteht die Möglichkeit, eine Histogrammkalibrierung durchzuführen. Bei dieser Methode werden für jeden Gitterpunkt des Sensors Histogramme der digitalisierten Spannungssignale aller frames eines Messfiles numerisch analysiert. In der Regel haben die Histogramme zwei Maxima. Ein Maximum, das nahe beim Nullwert liegt, bildet sich für den Gaswert aus, ein Zweites für den Wasserwert.

Dieses zweite Maximum dient als Kalibrierwert für den jeweiligen Gitterpunkt. Bild 1-9 stellt beispielhaft ein Histogramm für den Versuchspunkt 140 dar.

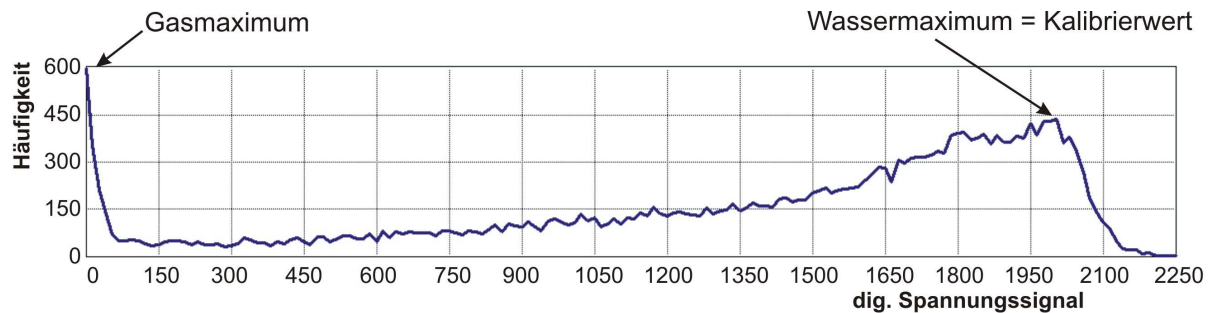


Bild 1-9 Histogramm des Gitterpunktes 43 x 43 für den Versuchspunkt 140

Die Vor- und Nachteile dieser Methode ergeben sich aus dem Prinzip. Der wesentliche Vorteil ist die Bestimmung der Kalibrierwerte unmittelbar aus den Messdaten. Fehler durch Änderungen der Randbedingungen sind mit dieser Methode ausgeschlossen. Ein Nachteil der Histogrammkalibrierung ergibt sich aus der Begrenzung im volumetrischen Gasgehalt, d. h. wenn bei hohen Gasgehalten nur noch wenige Einzelmesswerte vorliegen, bei denen das Messvolumen um den Gitterpunkt vollständig mit Wasser gefüllt ist. In diesem Fall kann kein eindeutiges Wassermaximum im Histogramm mehr ermittelt werden und man erhält von der Histogrammkalibrierung einen fehlerhaften Kalibrierwert. Um die Vorteile dieser Methode trotzdem nutzen zu können, wird die berechnete Matrix aus Kalibrierwerten für jeden Versuchspunkt azimuthal gemittelt und die radialen Profile überprüft.

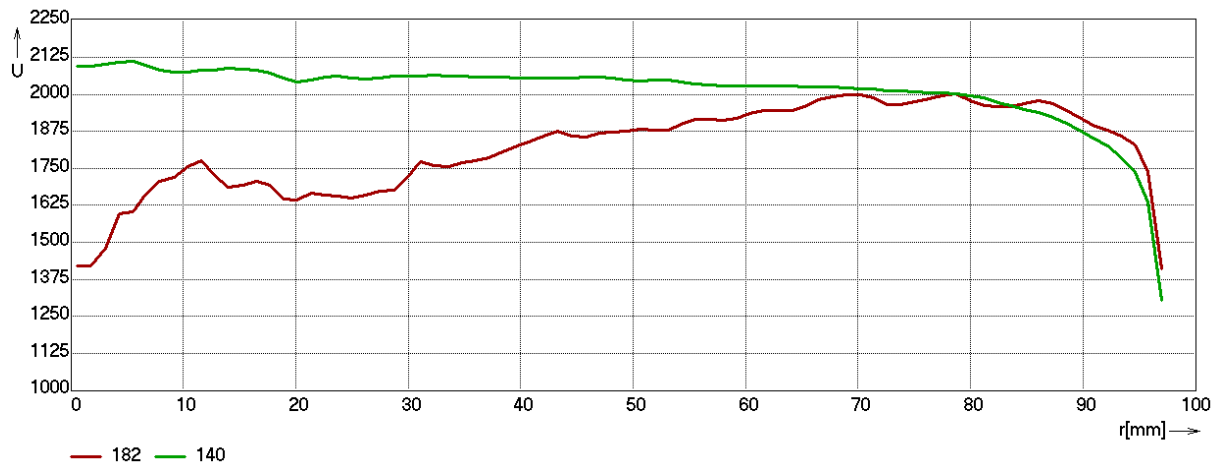


Bild 1-10 Vergleich radial gemittelter Kalibrierprofile für die Versuchspunkte 140 - grün und 182 - rot (Histogrammkalibrierung)

Bild 1-10 zeigt zwei radiale Profile von Kalibrierwerten für die Messpunkte 140 (grün) bzw. 182 (rot). Die vom Zentrum ( $r = 0$ ) aus gesehen relativ lange annähernd konstant bleibende Kurve für den Versuchspunkt 140, die erst unmittelbar am Rand des Sensors steil abfällt, beschreibt ein nahezu ideales Kalibrierprofil und bestätigt

die Anwendbarkeit der Methode für diesen Punkt, wogegen für den Punkt 182 das Kalibrierprofil im Zentrum zusammenbricht. Die rote Kurve zeigt deutlich, dass im Zentrum der Strömung keine befriedigenden Kalibrierwerte mehr zu bestimmen sind, da für die Gitterpunkte im Zentrum des Rohres bei dieser hohen Gas-Leerrohrgeschwindigkeit (Ringströmung) kaum noch frames mit reinem Wasser in den Messdaten vorhanden sind.

Das Absinken der Kalibrierprofile am Rand des Gittersensors ergibt sich aus der Nähe der Gitterrandpunkte zur geerdeten Rohrwand, die ein hohes Massepotential darstellt. Dadurch fließt ein Teil des Erregerpotenzials nicht zum Empfängerdraht, sondern zur Rohrwand ab. Ein weiterer Grund für diesen Effekt besteht darin, dass viele der Messvolumina um die Gitterpunkte am Rand des Sensors kleiner sind als das Standardvolumen im Inneren (vgl. Bild 1-11).

Demzufolge wurde die Kalibrierung der Messdaten dieser Versuchsserie in zwei Schritten durchgeführt: Als Erstes erfolgte die Bestimmung der radialen Kalibrierprofile mittels Histogrammkalibrierung für alle verfügbaren Daten. Beginnend bei den Versuchspunkten mit hohen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten wurden danach die radialen Kalibrierprofile überprüft und Versuchspunkte mit unbefriedigenden Ergebnissen unter Verwendung der Filekalibrierung erneut berechnet. Das bedeutet für diese Messserie, dass die volumetrischen Gasgehalte für die Versuchspunkte 171, 173, 182 und 184 (vgl. Tabelle 2) mit Hilfe von Kalibrierfiles erzeugt wurden, wogegen bei allen anderen Punkten die Histogrammkalibrierung zum Einsatz kam. Die Ergebnisse der Kalibrierung werden in Form eines Textfiles (\*.uw) gespeichert, das die Kalibrierwerte für jeden Gitterpunkt als Matrix enthält. Des Weiteren sind nach erfolgreicher Histogrammkalibrierung die radialen Kalibrierprofile (\*.uwrاد\_80) verfügbar.

Mit den so berechneten Kalibrierwerten werden aus den Messdaten mit Gleichung (1.15) die Werte für die volumetrischen Gasgehalte ermittelt. Da in den Messdaten Signalrauschen (Drahtschwingen, Rauschen in analogen Elektronikkomponenten, Elektrosmog) enthalten ist, werden die berechneten volumetrischen Gasgehalte vor der weiteren Verarbeitung gefiltert. Hierbei kann kein normales Rauschfilter benutzt werden, da auch Messsignale mit geringem Pegel, wie bereits in Prasser et al. 2001 beschrieben, auftreten können. Durchdringt z. B. eine Gasblase das Drahtgitter, so kann der Rand der Blase ein Messvolumen des Gittersensors anschneiden, in dem dann ein kleiner aber realistischer Gasgehalt gemessen wird. Um diese kleinen aber realen Signale von Signalrauschen unterscheiden zu können, kommt ein spezielles Filter zum Einsatz, das die Gasgehaltswerte der umliegenden Gitterpunkte mit berücksichtigt. Das heißt, bevor ein Gasgehaltswert  $\varepsilon_{i,j,k}$ , der kleiner als der Grenzwert des Filters (20 %) ist, auf 0 gesetzt wird, analysiert das Filter die Umgebung dieses Gasgehaltswertes. Liegen sämtliche 26 umliegenden Werte ebenfalls unter dem Grenzwert, wird  $\varepsilon_{i,j,k}$  genullt. Gilt diese Bedingung nicht, so kann man davon ausgehen, dass das Messsignal zum Randbereich einer Gasblase gehört. In diesem Fall bleibt der gemessene Wert unverändert.

Der Grenzwert von 20 % beschränkt die Empfindlichkeit des hier verwendeten Gittersensors in Bezug auf die Blasengröße theoretisch auf einen Äquivalentdurchmesser von 3 mm und zwar in dem ungünstigen Fall, wenn die Gasblase so durch die Messebene des Sensors tritt, dass sie vier Messvolumina

gleichmäßig anschneidet. In der Realität wird der Gittersensor jedoch auch einen Großteil dieser Blasen noch erfassen, da die Wahrscheinlichkeit, dass eine Gasblase den Sensor genau symmetrisch zwischen vier Drahtelektroden durchdringt, sehr gering ist und somit diese Blase in einem der vier Messvolumina einen Gasgehalt > 20 % erzeugt. Nimmt die Blasengröße aber weiter ab, sinkt auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Blase vom Sensor noch erfasst wird.

Nach der Filterung werden die Gasgehalte auf 0 bzw. 100 % begrenzt und im byte Format in einem Binärfile mit der Erweiterung \*.v messquerschnittsweise abgespeichert. Aus numerischen Gründen enthalten diese Files auch Werte für Punkte, die außerhalb des kreisförmigen Messquerschnitts liegen. Diese sind mit der Zahl 255 gekennzeichnet.

### 1.5.2 Gasgehaltsprofile

Nach Kalibrierung der Messdaten liegen diese als lokale momentane volumetrische Gasgehalte  $\varepsilon_{i,j,k}$  ( $i, j$  – Indizes der Gitterpunkte in der Messebene,  $k$  – laufende Nummer des frames) mit einer räumlichen Auflösung von 3 x 3 mm und einer zeitlichen Auflösung von 0,4 ms vor. Um eine Untersuchung der Strömung zu ermöglichen, ist eine zeitliche bzw. räumliche Mittelung dieser Gasgehalte sinnvoll (Prasser et al. 2002). Im Gegensatz zu den Gasgehaltswerten in den \*.v-files werden die zur Mittelung verwendeten Daten nicht auf 0 bzw. 100 % begrenzt.

Die räumliche Mittelung über den Messquerschnitt des Gittersensors basiert auf Wichtungskoeffizienten, die den Anteil jedes Gitterpunktes ( $i,j$ ) an der Gesamtquerschnittsfläche des Sensors definiert. Die Bestimmung dieser Wichtungsfaktoren beschreibt Bild 1-11. Die räumliche Mittelung kann für jeden Messframe individuell durchgeführt werden:

$$\bar{\varepsilon}_k = \varepsilon(t) = \sum_i \sum_j a_{i,j} \cdot \varepsilon_{i,j,k} \quad (1.16)$$

Ergebnis der Datenauswertung mit Gleichung (1.16) ist eine Sequenz von momentanen gemittelten volumetrischen Gasgehalten, die mit der vollen Messfrequenz von 2,5 kHz verfügbar sind. Bei Bedarf können diese Werte in einem Extra-file ausgegeben werden.

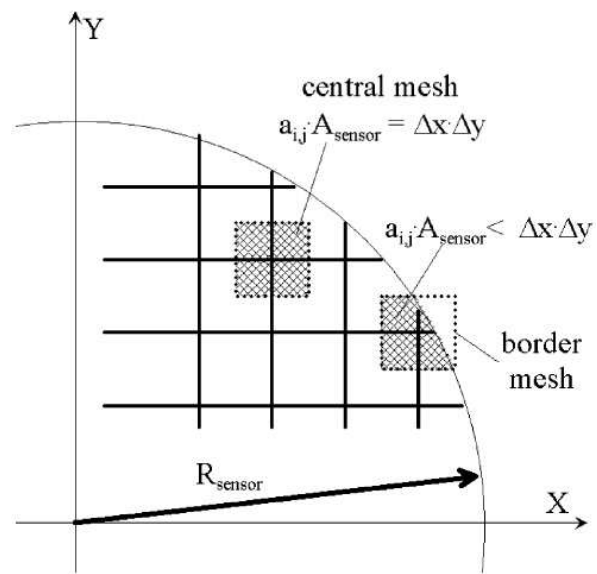


Bild 1-11 Wichtungskoeffizienten für die räumliche Mittelung von lokalen Gasgehalten über dem Messquerschnitt

Eine weitere Möglichkeit ist die zeitliche Mittelwertbildung. Zweidimensionale zeitgemittelte Gasgehaltsverteilungen werden entsprechend Gleichung (1.17) ermittelt:



$$\bar{\varepsilon}_{i,j} = \frac{1}{k_{\max}} \sum_{k=1}^{k_{\max}} \varepsilon_{i,j,k} \quad (1.17)$$

Aus Gleichung (1.16) und (1.17) kann man mittlere Gasgehalte im gesamten gemessenen Strömungsvolumen bestimmen:

$$\bar{\varepsilon} = \sum_i \sum_j a_{i,j} \cdot \bar{\varepsilon}_{i,j} = \frac{1}{k_{\max}} \sum_{k=1}^{k_{\max}} \bar{\varepsilon}_k \quad (1.18)$$

Eine weitere wichtige Darstellungsform der momentanen Gasgehaltswerte bei rotationssymmetrischen Rohrströmungen ergibt sich aus der Kombination von zeitlicher (über die Messzeit von 10 s) und räumlicher Mittelung über  $m$  konzentrische Ringe (vgl. Gleichung (1.19))

$$\bar{\varepsilon}_m = \frac{1}{k_{\max}} \sum_k \sum_i \sum_j a_{i,j,m} \cdot \varepsilon_{i,j,k} , \quad (1.19)$$

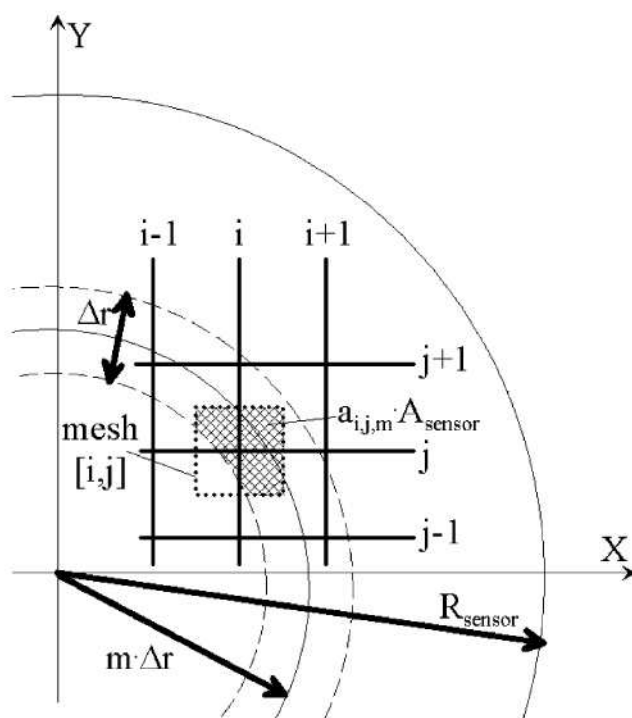


Bild 1-12 Wichtungsfaktoren zur radialen Querschnittsmittelung des lokalen Gasgehalts

dabei sind  $a_{i,j,m}$  Wichtungsfaktoren,

$$(m-1) \cdot \frac{R_{\text{sensor}}}{m_{\max}} \leq r \leq m \cdot \frac{R_{\text{sensor}}}{m_{\max}} \quad (1.20)$$

die den Anteil jedes Gitterpunktes mit den Indizes  $i,j$  an der Fläche eines Ringes mit der Nummer  $m$  (Bild 1-12) definieren. Die ringförmigen Flächen erfassen einen mit Gl. 20 abgegrenzten Bereich vom Gesamtradius des Sensors:

In Gleichung (1.20) steht  $m_{\max}$  für die Gesamtanzahl von Ringen, die bei dem DN200 Gittersensor auf 80 festgelegt wurde.

Außerdem gibt es die Möglichkeit, Gasgehaltsprofile zu erzeugen, die sich auf einen begrenzten Bereich von Blasengrößen beziehen (vgl. Kapitel 1.5.5). Diese Prozedur benötigt jedoch Informationen über die Größe der einzelnen Blasen, die

eine Blaserkennungsroutine ermittelt, die im nachfolgenden Kapitel erläutert wird (Prasser et al. 2002).

Somit stehen zur Auswertung dieser Versuchsserie zeitlich und azimutal gemittelte Gasgehaltsprofile (\*.epsrad\_80) und zeitlich gemittelte lokale Gasgehalte für jeden Punkt des Messquerschnitts (\*.epsxy) zur Verfügung. Zu Kontrollzwecken werden ebenfalls die zeitgemittelten lokalen Gasgehalte pro Messpunkt zusammen mit dem

radialen Abstand vom Zentrum des Rohres in Textfiles mit der Erweiterung \*.epsr ausgegeben. Des Weiteren können zum Vergleich der einzelnen Experimente untereinander die integral-gemittelten Gasgehalte nach Gleichung (1.18) (eps\_all.asc) genutzt werden.

### 1.5.3 Gasgeschwindigkeiten

Die Nutzung eines Sensors mit zwei Messebenen (vgl. Kapitel 1.4.1.2) ermöglicht die Bestimmung von zeitlich und azimuthal gemittelten Gasgeschwindigkeiten. Dazu werden die Signale beider Messebenen für jeden übereinander angeordneten Gitterpunkt kreuzkorreliert. Für zeit-diskrete Serien von Fluktuationenkomponenten des Gasgehaltssignals von der ersten Messebene ( $\varepsilon'_{1,i,j,k}$ ) und der zweiten Messebene ( $\varepsilon'_{2,i,j,k}$ ) des Gittersensors kann die Kreuzkorrelationsfunktion folgendermaßen definiert werden:

$$F_{i,j,\Delta k} = \frac{\sum_k \varepsilon'_{1,i,j,k} \cdot \varepsilon'_{2,i,j,k+\Delta k}}{\sqrt{\sum_k \varepsilon'^2_{1,i,j,k}} \cdot \sqrt{\sum_k \varepsilon'^2_{2,i,j,k}}} \quad (1.21)$$

Der Index  $\Delta k$  entspricht dem Zeitversatz  $\Delta t = \Delta k / f_{\text{meas}}$ . Die Fluktuationenkomponenten errechnen sich durch Subtraktion des zeitgemittelten vom momentanen Wert:  $\varepsilon'_{i,j,k} = \varepsilon_{i,j,k} - \bar{\varepsilon}_{i,j}$ . Die Kreuzkorrelation selbst wird mittels der Fast Fourier Transformation (FFT) durchgeführt. Um die Qualität der lokalen Gasgeschwindigkeiten zu erhöhen, werden die ermittelten Kreuzkorrelationsfunktionen innerhalb von konzentrischen Ringen ( $m$ ) azimuthal gemittelt. Dazu verwendet man die gleichen Wichtungskoeffizienten  $a_{i,j,m}$ , wie zur Bestimmung der radialen Gasgehaltsprofile:

$$F_{m,\Delta k} = \frac{1}{k_{\text{max}}} \sum_i \sum_j a_{i,j,m} \cdot F_{i,j,\Delta k} \quad (1.22)$$

Im nächsten Schritt wird das Maximum der mit Gleichung (1.22) gemittelten Kreuzkorrelationsfunktion gesucht. Die mittlere Geschwindigkeit der Gasphase für einen bestimmten Radiusring  $m$  errechnet sich aus dem Zeitversatz nach:

$$w_G(r) = w_G(m) = \frac{\Delta L}{\Delta k_{\text{max}}} \cdot f_{\text{meas}} \quad (1.23)$$

mit  $\Delta k_{\text{max}}$  entsprechend  $F_{m,\Delta k_{\text{max}}} = \max(F_{m,\Delta k})$

$\Delta L$  in Gleichung (1.23) ist der axiale Abstand zwischen den beiden Messebenen des Gittersensors. Die radiale Mittelung der Kreuzkorrelationsfunktionen vor Bestimmung ihres Maximums liefert stabilere Geschwindigkeitswerte im Gegensatz zur direkten Berechnung der Gasgeschwindigkeiten aus den Punkt-zu-Punkt Kreuzkorrelationen nach Gleichung (1.21), die große Streuungen enthalten. Zu Kontrollzwecken werden die Ergebnisse der Punkt-zu-Punkt Kreuzkorrelation als Wertepaar, bestehend aus dem radialen Abstand des Messpunktes vom Rohrzentrum und dem zugehörigen Geschwindigkeitswert, in Textfiles (\*.v00) gespeichert. Die azimuthal gemittelten Gasgeschwindigkeiten und die mittleren Radien der 80 Ringe enthalten die Textfiles

\*.vel. Visualisierungen der gemittelten Gasgeschwindigkeiten sind im Anhang I als radiale Profile verfügbar.

#### 1.5.4 Blasenidentifikation

Die Blasenerkennung und die Bestimmung wichtiger Kenngrößen der Gasblasen erfolgt mit speziell entwickelten Auswertelgorithmen, die in Prasser et al. 2001 ausführlich beschrieben wurden. Dabei ist eine Blase als Region mit zusammenhängenden Gaszellen in der Gasgehaltsmatrix  $\varepsilon_{i,j,k}$  definiert, die vollständig von Zellen mit Flüssigkeit umgeben ist. Jede zu derselben Blase gehörende Gaszelle wird mit der gleichen Identifikationsnummer markiert. Unterschiedliche Blasen erhalten unterschiedliche Identifikationsnummern. Diese Nummern werden in einem neuen Massiv als Elemente  $b_{i,j,k}$  gespeichert, das die gleiche Dimension wie das Gasgehaltsmassiv hat. Nach Beendigung des Blasenerkennungs-Algorithmus trägt jedes Element  $b_{i,j,k}$  die Identifikationsnummer der Blase, zu der der Gasgehalt der Zelle mit den Indizes  $i,j,k$  gehört.

Die lokalen momentanen Gasgehalte können Werte zwischen 100 % (Gas) und 0 % (Wasser) annehmen, wenn das zugehörige Messvolumen, das sich in der Umgebung des entsprechenden Gitterpunkts befindet, sowohl Gas als auch Wasser gleichzeitig enthält. Außerdem kann Signalrauschen zu Zwischenwerten im Gasgehalt führen. Aus diesem Grund ist es unmöglich, eine scharfe Abgrenzung der Gaszellen gegen die Flüssigkeit numerisch zu definieren, so dass ein Grenzwert eingeführt werden muss. Dieser Grenzwert beeinflusst das Ergebnis der Blasenerkennung. Ein zu kleiner Wert führt zu unrealistischen Koaleszenzen von Einzelblasen, da der Füllalgorithmus Blasen über Messvolumina vereinigt, die jeweils von zwei Blasen berührt werden. Andererseits führt ein zu großer Grenzwert zu unrealistischen Fragmentationen von Gasblasen, wenn die Füllprozedur bei Messvolumina stoppt, bei denen der Gasgehalt durch Signalrauschen reduziert ist. Untersuchungen zum Einfluss des Grenzwertes zeigten, dass die Kombination aus einem rekursiven Füllalgorithmus und einer nachgeschalteten Agglomerationsprozedur für die Messvolumina an der Blasenoberfläche die besten Ergebnisse brachte (vgl. Prasser et al. 2001).

Die Füllprozedur startet bei einem lokalen Maximum des Gasgehalts und stoppt, wenn der lokale Gasgehalt unter den Grenzwert sinkt. Die besten Ergebnisse erhält man, wenn der Grenzwert zum Abbruch der Füllprozedur für jede Blase individuell festgelegt wird. Dies erfolgt durch Subtraktion eines sogenannten „Differenziellen Grenzwertes“ vom Gasgehaltsmaximum der jeweiligen Blase. Jeder erneute Start der Füllprozedur generiert eine neue Blase. Werden keine neuen Startelemente für den Füllalgorithmus mehr gefunden, startet die Agglomerationsprozedur. Dieses Modul sucht nicht mehr nach neuen Blasen, sondern vervollständigt die Blasenoberflächen, indem Messvolumina mit einem Gasgehalt kleiner als der Grenzwert des Füllalgorithmus in die Oberfläche integriert werden. Diese Messvolumina erhalten die gleiche Identifikationsnummer wie die Blase in deren Oberfläche sie integriert wurden, d. h. auf die Position in der Blasenerkennungsmatrix mit den Elementen  $b_{i,j,k}$  wird die entsprechende Blasennummer ergänzt.

Dieser Algorithmus liefert für Zweiphasenströmungen mit Wasser-Leerrohrgeschwindigkeiten größer als 0,1 m/s gute Ergebnisse. Unterhalb dieses Wertes

treten jedoch unrealistische Fragmentationen auf, die darauf zurückzuführen sind, dass bei derart geringen Strömungsgeschwindigkeiten die einzelnen Blasen bei konstanter Messfrequenz mit wesentlich mehr Querschnitten erfasst werden. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass aufgrund von Signalrauschen der Füllalgorithmus innerhalb der Blase beendet wird. Dieser Effekt verstärkt sich noch durch die Tatsache, dass bei Wasser-Leerrohrgeschwindigkeiten  $< 0,1$  m/s Gasblasen beim Durchdringen des Drahtgitters abgebremst werden, was die Verweildauer der Blase in der Messebene weiter erhöht (vgl. auch Prasser et al. 2001). Um diese negativen Effekte zu kompensieren, wurde nach dem Agglomerieren ein Defragmentierungsprozess angefügt. Dieses Programmmodul scannt die Blasenströmung in Richtung der Zeitachse und prüft anhand von Parametern der Einzelblasen (Gasgehalt, Schwerpunkt, Gasgehaltsgradient über der Kontaktfläche), ob unrealistische Fragmentation vorliegen. Ist dies der Fall, wird das kleinere Fragment mit der Identifikationsnummer des größeren in der Blasenerkennungsmatrix überschrieben. Die Ergebnisse der Blasenerkennung werden als Matrix von Identifikationsnummern in einem binären File (\*.b) abgespeichert.

Zusammen mit den Informationen über die Gasgehalte können jetzt wichtige Parameter für jede Blase bestimmt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich aus programmtechnischen Gründen bei der Berechnung der Eigenschaften der Blasen der Index  $i$  auf die laufende Nummer des frames bezieht, während  $j$  und  $k$  in diesem Fall als Indices in der Messebene dienen.

Das **Volumen einer Blase** mit der Nummer  $n$  errechnet sich durch Integration der lokalen Gasgehalte aller mit dieser Nummer gekennzeichneten Messvolumina:

$$V_{b,n} = \Delta x \Delta y \Delta t \cdot w_b \sum_{i,j,k} \epsilon_{i,j,k} \quad \forall [i, j, k]: b_{i,j,k} = n \quad (1.24)$$

Die Summe der Gasgehalte wird mit dem Messvolumen multipliziert, das sich aus dem Produkt des Abstands der Elektroden in  $x$  bzw.  $y$  Richtung mit der Abtastzeit und der Blasengeschwindigkeit ergibt. In diesem Fall beträgt der Elektrodenabstand 3 mm und die Messfrequenz 2500 Hz:

$$\Delta x = \Delta y = 3 \text{ mm und } \Delta t = \frac{1}{f_{\text{sample}}} \quad (1.25)$$

Da die Blaseneinzelgeschwindigkeit nicht bekannt ist, wird die azimuthal gemittelte Geschwindigkeit der Gasphase im Schwerpunkt der Blase als Näherung verwendet.

$$w_b = w_G(r_n) \text{ mit } r_n = \sqrt{(x_{\text{CM},n} - x_0)^2 + (y_{\text{CM},n} - y_0)^2} \quad (1.26)$$

Die **Schwerpunktkoordinaten** einer Blase können durch Mittelung der Koordinaten aller Volumenelemente dieser Blase mit dem Gasgehalt als Wichtungsfunktion bestimmt werden:

$$x_{CM,n} = \frac{\sum_{i,j,k} j \cdot \Delta x \cdot \varepsilon_{i,j,k}}{\sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k}}; \quad y_{CM,n} = \frac{\sum_{i,j,k} k \cdot \Delta y \cdot \varepsilon_{i,j,k}}{\sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k}} \quad (1.27)$$

Danach kann der **Äquivalentdurchmesser** der Blase ermittelt werden, der als Durchmesser einer volumengleichen Kugel nach Gleichung (1.24) definiert ist:

$$D_{b,n} = \sqrt[3]{\frac{6V_{b,n}}{\pi}} \quad (1.28)$$

Zur Beurteilung der Asymmetrien der Blasen werden **Momente** für jede Blase ermittelt, wobei wiederum der Gasgehalt als Wichtungsfunktion dient:

$$rm_{x,n} = \sqrt{\frac{5 \cdot \sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k} \cdot (j \cdot \Delta x - x_{CM,n})^2}{\sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k}}}; \quad rm_{y,n} = \sqrt{\frac{5 \cdot \sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k} \cdot (k \cdot \Delta y - y_{CM,n})^2}{\sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k}}} \quad (1.29)$$

$$rm_{z,n} = \sqrt{\frac{5 \cdot \sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k} \cdot (i \cdot \Delta z - z_{CM,n})^2}{\sum_{i,j,k} \varepsilon_{i,j,k}}}; \quad \Delta z = w_b \cdot \Delta t; \quad \forall [i, j, k]: b_{i,j,k} = n$$

Aus den Momenten für die Koordinaten x und y in der Messebene des Gittersensors ergibt sich das radiale Moment zu:

$$rm_{r,n} = \sqrt{rm_{x,n}^2 + rm_{y,n}^2} \quad (1.30)$$

Weitere Informationen über die Verformung der Blase erhält man durch Bestimmung des maximalen Äquivalentdurchmessers in der x-y-Ebene. Hierzu wird die Fläche aufsummiert, die die Blase in der x-y-Ebene einnimmt. Ähnlich wie in Gleichung (1.24) wird die Summe der lokalen momentanen Gasgehaltswerte der zur Blase gehörenden Messvolumina mit der Fläche eines Messvolumens in x-y-Richtung multipliziert. Diese Prozedur wird für jeden gemessenen Zeitschritt (i) ausgeführt:

$$A_{xy,n,i} = \Delta x \Delta y \sum_{j,k} \varepsilon_{i,j,k} \quad \forall [i, j, k]: b_{i,j,k} = n \quad (1.31)$$

Nachfolgend wird das Maximum der Querschnittsfläche bestimmt und in den **Äquivalentdurchmesser eines flächengleichen Kreises** umgerechnet:

$$D_{xy,n} = \sqrt{\frac{4A_{xy,n,max}}{\pi}} \quad \text{mit} \quad A_{xy,n,max} = \max(A_{xy,n,i}) \quad (1.32)$$

Neben diesen Blaseigenschaften wurden ebenfalls **Anfangs- und Endkoordinaten** der Blasen bestimmt. Um diese Werte berechnen zu können, ist es erforderlich, einen Gasgehaltsgrenzwert für die Zwischenphasengrenzfläche festzulegen. Wie in Prasser 2007b beschrieben, kann für Blasengrößen > 20 mm ein Grenzwert von 50 % als gute Näherung angenommen werden. Verkleinern sich die

Blasendurchmesser, so verringert sich dieser Grenzwert bis ca. 20 %. Betrachtet man den maximalen Gasgehalt in den Blasen, kann man feststellen, dass sich dieser Wert beginnend bei 100 % unterhalb eines Durchmessers von ca. 20 mm mit abnehmendem Blasendurchmesser ebenfalls verringert. Dieser Effekt erklärt sich aus der räumlichen Auflösung des Gittersensors von 3 x 3 mm, in dem Blasen mit kleinen Durchmessern die zugehörigen Messvolumina nicht mehr vollständig füllen können und somit Gasgehalte unter 100 % bewirken. Berücksichtigt man diese Randbedingungen, wird für den Gasgehaltsgrenzwert der Zwischenphasengrenzfläche die Hälfte vom maximalen Gasgehalt der Blase als guter Kompromiss bei den Berechnungen verwendet.

Ein weiterer wichtiger Parameter für die Charakterisierung von Gasblasen ist der **Volumenanteil der Blase bezogen auf das Gesamtvolumen der Strömung:**

$$\varepsilon_{b,n} = \frac{V_{b,n}}{V_{ges}}; \quad V_{ges} = t_{meas} \cdot f_{meas} \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta t \cdot \bar{w}_A \cdot \sum_j \sum_k a_{j,k}; \quad \bar{w}_A = \frac{J_A}{\varepsilon} \quad (1.33)$$

Außer den bereits beschriebenen Parametern werden noch der maximale Gasgehalt und die Anzahl der Messvolumina pro Blase bestimmt und alle Werte in einem Textfile (\*.a) als Tabelle für jede identifizierte Blase abgespeichert.

### 1.5.5 Blasengrößenverteilungen und blasenklassenaufgelöste Informationen

Nach den Auswertungen der Messdaten, die in den vorangestellten Kapiteln beschrieben wurde, liegen dreidimensionale Informationen zur Gasgehaltsverteilung und zur Blasenidentifikation vor. Außerdem steht für jede Messung eine Liste mit Eigenschaften jeder Blase zur Verfügung.

Kombiniert man diese Daten, besteht die Möglichkeit, Blasengrößenverteilungen zu erzeugen. Hierzu werden Histogramme erstellt, in denen sowohl bezogen auf den volumengleichen Äquivalentdurchmesser nach Gleichung (1.28) als auch auf den flächengleichen Äquivalentdurchmesser der Gasblasen entsprechend Gleichung (1.32) der Gasgehalt pro Blasenklasse aufsummiert wird. Diese Informationen sind sowohl für eine lineare Blasenklassenbreite von 0,25 mm als auch für sich logarithmisch ändernde Blasenklassen beginnend mit 0,1 mm verfügbar. Sie sind in Textfiles mit den Erweiterungen \*.his\_lin bzw. \*.his\_log abgespeichert, wobei die linearen Verteilungen vorzugsweise für numerische Untersuchungen und die logarithmischen Informationen zur Visualisierung (Blasengrößenverteilungen in Anhang I) verwendet wurden.

In beiden Typen von Blasengrößenverteilungen wird der Gasgehalt bezogen auf die Klassenbreite ( $\Delta\varepsilon/\Delta D_b$ ) dargestellt, so dass gilt:

$$\varepsilon_{ges} = \sum_0^{D_{b,max}} \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta D_b} \cdot \Delta D_b \quad (1.34)$$

Zusätzlich werden diese Verteilungen, bezogen auf den Gesamtgasgehalt ( $\Delta\varepsilon/\Delta D_b/\varepsilon_{ges}$ ), in beiden Files aufgelistet. Außerdem enthalten sie Blasenanzahl-

verteilungen, bei denen die absolute Blasenanzahl pro Blasenklasse auf die Blasenklassenbreite und die Gesamtmesszeit bezogen wird.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die azimuthal und zeitlich gemittelten Gasgehaltsverteilungen nach Gleichung (1.19) blasenklassenaufgelöst darzustellen. Die so ermittelten Daten werden in den Dateien \*.epsrad\_80\_bub in Abhängigkeit vom Radius und aufgeteilt auf vier Blasenklassen (0 – 4 mm, 4 mm – 5,8 mm, 5,8 mm – 7 mm und 7 mm – 200 mm) gespeichert. Die Blasenklassen wurden mit der Grenze 5,8 mm ausgewählt, die für Luft/Wasser-Strömungen bei Drücken von ca. 0,2 MPa dem Blasendurchmesser entspricht, bei dem die Tomiyama Lift-Kraft ihr Vorzeichen wechselt. Somit ergeben sich zwei schmalere Blasenklassen ober- und unterhalb dieses Wertes sowie zwei Klassen, die den Gasgehalt für die verbleibenden Blasen enthalten. Zusätzlich beinhalten diese Dateien den Gesamtgasgehalt pro Radiusscheibe.

Außerdem wurden hauptsächlich für numerische Zwecke die in diesem Kapitel bereits erwähnten linearen Blasengrößenverteilungen (\*.his\_lin) auf Radiusscheiben aufgeteilt. Dazu wird Position (i,j) und Durchmesser ( $D_b$ ) jeder rekonstruierten Blase geprüft und ihr Gasgehalt entsprechend ihres Durchmessers auf die zugehörige Blasenklasse sowie unter Verwendung der Wichtungsfaktoren  $a_{i,j,m}$  (vgl. Bild 1-12) anteilig auf die jeweiligen Radiusscheiben  $m(r)$  aufgeteilt. Diese Gasgehaltsverteilungen werden, wie in den \*.his\_lin files, auf die Blasenklassenbreite bezogen, so dass man als Ergebnis  $\Delta\varepsilon(r)/\Delta D_b$  erhält. Es gilt:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\Delta D_b} = \frac{1}{2 \cdot R_{\text{Sensor}}^2} \sum_{r=1}^{R_{\text{Sensor}}} \frac{\Delta\varepsilon(r)}{\Delta D_b} \cdot r \cdot \Delta r \quad (1.35)$$

Weiterhin wurden diese Ergebnisse auf den Gesamtgasgehalt pro Radiusscheibe bezogen:  $\Delta\varepsilon(r)/\Delta D_b/\varepsilon_{\text{ges}}(r)$ . Für die Bestimmung der Blasenanzahlverteilungen wurden folgende Bedingungen berücksichtigt: Jede Blase wird pro Radiusscheibe nur einmal erfasst. Durchdringt eine Blase mehrere Radiusscheiben, so wird sie in jeder Scheibe extra erfasst.

Die so berechneten Daten sind in Form von 80 einzelnen Blasengrößenverteilungen, bezogen auf je eine Radiusscheibe wie in Gleichung (1.20) beschrieben, in den Dateien \*.his\_lin\_r verfügbar. Zu Kontrollzwecken enthalten diese Dateien am Ende die über den Radius integrierte Blasengrößenverteilung nach Gleichung (1.35), die den Daten im \*.his\_lin file entspricht.

## 1.6 Ungenauigkeitsabschätzung

Die mit dem Gittersensor ermittelten Werte für Gasgehalt und Blasengröße sind hauptsächlich aufgrund des Drahtabstandes von 3 x 3 mm und des Abstandes der Drahtebenen von 2 mm fehlerbehaftet. Vergleichsmessungen zwischen Gittersensoren und anderen Untersuchungsmethoden lieferten Aussagen zur Genauigkeit der Messtechnik und der Auswertalgorithmen bei der experimentellen Bestimmung dieser Strömungsparameter.

### 1.6.1 Gasgehalt

Der Messfehler von Gittersensoren bei der Ermittlung von Gasgehaltsprofilen wurde durch Vergleichsmessungen mittels Röntgentomographie und Gammadurchstrahlung untersucht. Alle Versuche wurden dabei aufgrund der eingeschränkten Funktionalität der Referenzverfahren in Rohren mit einem Durchmesser von 50 mm durchgeführt.

Die Gammadurchstrahlung einer Luft/Wasser-Strömung mit Variation der Volumenstromdichten beider Medien und Gasgehalten zwischen 0 und 100 % konnte zeigen, dass die maximalen Abweichungen zwischen Gittersensor- und Gamma-Messung bei  $\pm 5\%$  lagen (Prasser 2000b). Die Durchstrahlung einer Dampf/Wasserströmung bei Atmosphärendruck bestätigte diese Feststellung (Manera et al. 2001), wobei berücksichtigt werden muss, dass auch das Referenzverfahren mit Messungenauigkeiten behaftet ist.

Innerhalb einer Luft/Wasser-Strömung fanden auch Vergleichsmessungen zwischen Gittersensor und einem Röntgentomographen statt, der ein genaueres Referenzverfahren darstellt. Ergebnis dieser Untersuchung war die Feststellung, dass die Genauigkeit des über dem Strömungsquerschnitt gemittelten Gasgehalts von der Art der sich einstellenden Zweiphasenströmung abhängt. Hier wurden Unterschiede im absoluten Gasgehalt:

- bei einer Blasenströmung von  $\pm 1\%$  bzw.
- bei Pfropfenströmungen eine systematische Unterschätzung von ca.  $-4\%$

festgestellt (Prasser et al. 2005).

Des Weiteren wird in Prasser et al. 2005 gezeigt, dass die Integration von Gasgehalts- und Geschwindigkeitsprofilen, die mit Gittersensoren in der Teststrecke DN200 gemessen wurden, bei Volumenstromdichten bis etwa 1 m/s zur Reproduktion des eingespeisten Gasvolumenstroms führt, was die grundsätzliche Anwendbarkeit der Sensoren bestätigt (vgl. Kapitel 1.7). Leider lässt sich daraus keine direkte Bewertung der Genauigkeit der Gasgehaltsmessung mit dem Gittersensor ableiten. Um zu einer Abschätzung des Fehlers zu gelangen, wird angenommen, dass auch in der Leitung DN200 der Messfehler dem entspricht, der für eine Blasenströmung in der Nennweite DN50 ermittelt wurde. Die größere systematische Unterbewertung, die bei einer Pfropfenströmung in Rohrleitungen mit kleinerem Querschnitt beobachtet wurde, wird nicht unterstellt, da bekannt ist, dass in Leitungen größeren Durchmessers bei den hier vorliegenden Randbedingungen eine Herausbildung von Gaspfropfen weniger ausgeprägt ist und erst bei sehr hohen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten auftritt (Ohnuki et al. 2000).

### 1.6.2 Blasendurchmesser

Zur Abschätzung des Messfehlers bei der Bestimmung des äquivalenten volumengleichen Blasendurchmessers nach Gleichung (1.28) sind Vergleichsmessungen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera verfügbar. Die Untersuchung fand in einem transparenten Strömungskanal DN100 statt, in dem Luft/Wasserströmungen mit unterschiedlichen Blasengrößen und Wassergeschwindigkeiten zwischen 0 und 0,8 m/s generiert wurden.



Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die örtliche Auflösung eines Gittersensors mit einem Drahtabstand von ca. 3 x 3 mm (Abstand der Ebenen: 1,5 mm, Drahtdurchmesser: 0,12 mm) die Erfassung der Blasendurchmesser auf 1,6 mm begrenzt (Scholz 2000). Außerdem zeigen die Vergleiche zwischen Gittersensordaten und denen der Kamera, dass der volumengleiche Durchmesser bei Wasser-Leerrohrgeschwindigkeiten > 0,2 m/s mit einer Genauigkeit von  $\pm 20\%$  bestimmt wird. Bei kleineren Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers wurden Überbewertungen von bis zu +50 % beobachtet. Es ist dabei jedoch zu berücksichtigen, dass die Streuung der ermittelten Blasengrößen während konstanter Strömungsbedingungen bei der Hochgeschwindigkeitskamera signifikant größer ausfällt als beim Gittersensor, d. h. es kann angenommen werden, dass die angegebenen Abweichungen zwischen beiden Verfahren vorrangig auf die Messungenauigkeit des optischen Verfahrens zurückgehen. Bei höheren Wassergeschwindigkeiten liegen die Ergebnisse in einem Band mit einer konstanten absoluten Streubreite von ca.  $\pm 2$  mm (Prasser et al. 2001).

Im laufenden Projekt ist der Vergleich von Messdaten eines Gittersensors mit einem Röntgentomographen vorgesehen. Da die Röntgentomographie (Messfrequenz bis zu 7 kHz) ein sehr genaues Referenzverfahren darstellt, lassen diese Untersuchungen die bisher beste Fehlerabschätzung der Gittersensordaten erwarten.

### **1.6.3 Azimutal gemittelte Gasgeschwindigkeiten**

In Kapitel 1.5.3 wurde die Methodik der Kreuzkorrelation beschrieben, mit der azimutal gemittelte Gasgeschwindigkeiten aus mit Drahtgittersensoren gemessenen Gasgehaltsmustern bestimmt werden können. Daten zu Fehlern der so berechneten Werte liegen leider nicht vor, da keine Referenzmethode in der Lage ist, in Zweiphasenströmungen mit einer entsprechenden räumlichen Auflösung Geschwindigkeitsdaten zu liefern. Es besteht jedoch die Möglichkeit, anhand des Abstandes der beiden Messebenen (vgl. Kapitel 1.4.1.2) unter Berücksichtigung der mittleren Gasgeschwindigkeit und der Messfrequenz den Diskretisierungsfehler abzuschätzen. Hierzu wurde mittels der Gasleerrohrgeschwindigkeit und des mittleren Gasgehalts die mittlere Gasgeschwindigkeit berechnet. Dividiert man den Abstand zwischen den Messebenen durch diese Geschwindigkeit, erhält man die Laufzeit der Gasphase zwischen den Drahtgittern. Setzt man diese Laufzeit ins Verhältnis zur Abtastzeit ( $1/\text{Messfrequenz}$ ), erhält man den relativen Diskretisierungsfehler der Gasgeschwindigkeit.

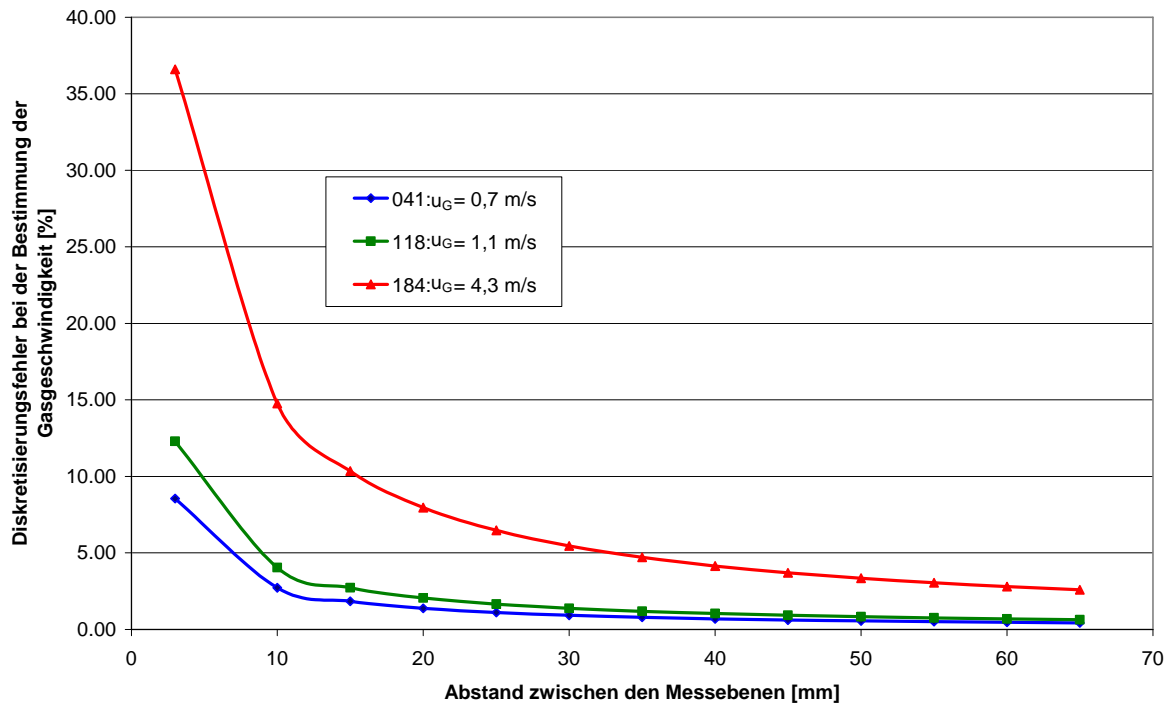


Bild 1-13 Diskretisierungsfehler bei der Bestimmung der lokalen Gasgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Messebenen

Bild 1-13 zeigt die Ergebnisse für ausgewählte Versuchspunkte (041, 118, 184, vgl. Tabelle 2). Es wird deutlich, dass mit abnehmendem Abstand zwischen den Messebenen der Fehler stark ansteigt. Das erklärt sich daraus, dass sich die Laufzeit der Gasphase bei kleinen Abständen zwischen den Messebenen der Abtastzeit annähert. Andererseits verbessert sich die Qualität der Kreuzkorrelationsergebnisse mit geringer werdendem Abstand zwischen den Messebenen, da die Kreuzkorrelationsfunktion eindeutiger ausgeprägte Maxima bildet. Berücksichtigt man diese beiden gegenläufigen Effekte und die konstruktiven Randbedingungen bei der Sensorfertigung, gilt es, einen guten Kompromiss für die Geometrie des Gittersensors zu finden. Der für diese Messserie verwendete Doppelsensor hat einen Abstand zwischen den Messebenen von 40 mm, so dass sich ein Diskretisierungsfehler von maximal 4 % für den Matrixpunkt 184 mit den höchsten Gasgeschwindigkeiten ergibt. Bereits ab Versuchspunkt 118 sinkt der Fehler unter 1 %.

Eine kritische Bewertung der entsprechend Kapitel 1.5.3 bestimmten azimuthal gemittelten Geschwindigkeiten zeigt, dass bei einzelnen Werten trotz Mittelwertbildung Ausreißer auftreten. Um die lokalen Gasgeschwindigkeiten vor allem zur Rekonstruktion der Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten und zur Bestimmung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten benutzen zu können, wurden alle Geschwindigkeitsdaten in den \*.vel files geprüft und Werte, die mehr als ca. 80 - 100 % von der jeweiligen Durchschnittsgeschwindigkeit abweichen (m), durch Interpolation der Werte für die  $m_{-1}$  und  $m_{+1}$  Radiusscheibe ersetzt. Die Anzahl der korrigierten lokalen Gasgeschwindigkeiten ist in Tabelle 4 für jeden Matrixpunkt (vgl. Tabelle 2) und für jede Einlaulänge (siehe Tabelle 1 und Bild 1-2) aufgelistet. Leere Felder bedeuten, dass die durch Kreuzkorrelation und Mittelung bestimmten Daten

unverändert für die Auswertung benutzt wurden, was auf ca. 85 % der Messungen zutrifft. Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf jeweils 80 Radiusscheiben.

In Tabelle 4 sind zwei Tendenzen eindeutig zu erkennen: Einerseits häufen sich die Fehler bei kleinen Wasser-Leerrohrgeschwindigkeiten (Matrixpunkt: 34-37 bzw. 111-114). Eine Begründung dieses Effektes könnte sich aus der Kreuzkorrelation ergeben, deren Ergebnis auf dem Maximum der Kreuzkorrelationsfunktion basiert. Bei der Untersuchung von Zweiphasenströmungen mit kleinen Wasser-Leerrohrgeschwindigkeiten, d. h. auch kleinen lokalen Gasgeschwindigkeiten, ist dieses Maximum nur schwach ausgebildet und bewegt sich im Bereich des Signalrauschens. Somit ist es nicht in jedem Fall möglich, das „richtige“ Signal aus der Ergebnismatrix herauszufiltern.

Andererseits wurden mehrere Ausreißer bei einer Gaseinspeisung über die Höhenpositionen A-F (vgl. Tabelle 1 und Bild 1-2) gefunden. Ein Grund hierfür könnte der geringe Abstand zwischen Gaseinspeisung und Messebenen sein, so dass die hohen radialen Geschwindigkeitskomponenten der Gaseinspeisung zwischen den beiden Messebenen des Gittersensors zu einem radialen Versatz der Gasblasen führen. Dieser Gasversatz bewirkt eine Verschlechterung der Punkt-zu-Punkt Kreuzkorrelationsergebnisse. Außerdem zeigt die Zusammenstellung in Tabelle 4, dass die Fehler bei diesen Höhenpositionen fast ausschließlich bei einer Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit von 0,405 m/s (Messreihe II) auftreten, wogegen die Gasgeschwindigkeiten der Messreihe I eine gute Qualität aufweisen. Auch in diesem Fall scheint sich die geringere Gasgeschwindigkeit negativ auf die Ergebnisse der Kreuzkorrelation auszuwirken.

Tabelle 4 Anzahl der interpolierten azimuthal gemittelten Gasgeschwindigkeiten pro Matrixpunkt und Einlauflänge bezogen auf 80 Radiusscheiben

		Einlauflänge →																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Matrixpunkt ↓	6						1			2									
	8				2														
	17											3							
	19																		
	28					2		4	2			5							
	30			1									2						
	34	19	2	1		3	4			4	1						2	1	5
	35	6	4			3					3							1	2
	36	4		15		14			1										
	37		1	17	2		1												
	38					3													
	39					2						2							
	40																		
	41																		
	42						1												
	50	8			2														
	52			2		3													
	61		3				5												
	63																		
	72	3				11	7												
	74																		
	83			7	9	10	1												
	85																		
	94	3		1	8		3											3	
	96						6												
	105		1	16	10	2	3												
	107					3	5												
	111	11	6	9	6	3		3	7	10	10	3		7	3	13	7	2	3
	112	5	15	5	5	6	5	5	2	7	3	8		9	7	6	1	7	11
	113		10		3	7	3			3	1	5					2		2
114		2	1	5	6	2	5	3	3		4	1		3		5	3		
115		16	8		4				2										
116		13	11																
117			1		2														
118																			
119																			
127	13	15	8																
129																			
138		7															3		
140		5				2													
149		6																	
151																			
160																			
162																			
171																			
173																			
182																			
184																			

#### 1.6.4 Fehler bei der Berechnung der Drücke an der Gaseinspeisestelle

Um den konstanten Druck an der Gaseinspeisung (0,25 MPa) zu gewährleisten, wurden die zweiphasigen Druckverluste in der Teststrecke berechnet (siehe 1.2.2) und damit die Druckrandbedingungen für die Experimente definiert. Hierzu benötigt man die Driftgeschwindigkeit, die vor Beginn der Versuche noch unbekannt war. Aus diesem Grund wurde mit einer konstanten Geschwindigkeit von 0,25 m/s gerechnet, die eine gute Näherung für Blasen im Bereich von 5 bis 9 mm äquivalenter Blasendurchmesser ist. Nach Beendigung der Versuche kann, wie in Kapitel 2.2.2 dieses Berichtes erläutert, aus den vorliegenden Gasgehalts-, Geschwindigkeits- und Blasengrößenverteilungen eine gewichtete Driftgeschwindigkeit berechnet werden. Mit diesen Informationen lässt sich der Fehler bestimmen, der durch die Annahme der konstanten Driftgeschwindigkeit bei der Berechnung der einzustellenden Drücke oberhalb des Gittersensors entsteht. Zu diesem Zweck wurde die Druckverlustberechnung mit den gewichteten Driftgeschwindigkeiten erneut ausgeführt und diese Ergebnisse mit den ursprünglichen Druckwerten verglichen.

Bei den Berechnungen geht die Driftgeschwindigkeit in den Gasgehalt und der wiederum in die Stoffwerte des Zweiphasengemisches ein. Damit ist der Einfluss der Driftgeschwindigkeit auf den in der Teststrecke zu berücksichtigenden Druckverlust für die Versuche mit den größten Einlaufängen (P, Q, R; vgl. Bild 1-2 ) am höchsten. Bild 1-14 bis Bild 1-17 verdeutlichen diese Fehler geordnet nach den Messreihen I - IV, wie in Tabelle 2 definiert.

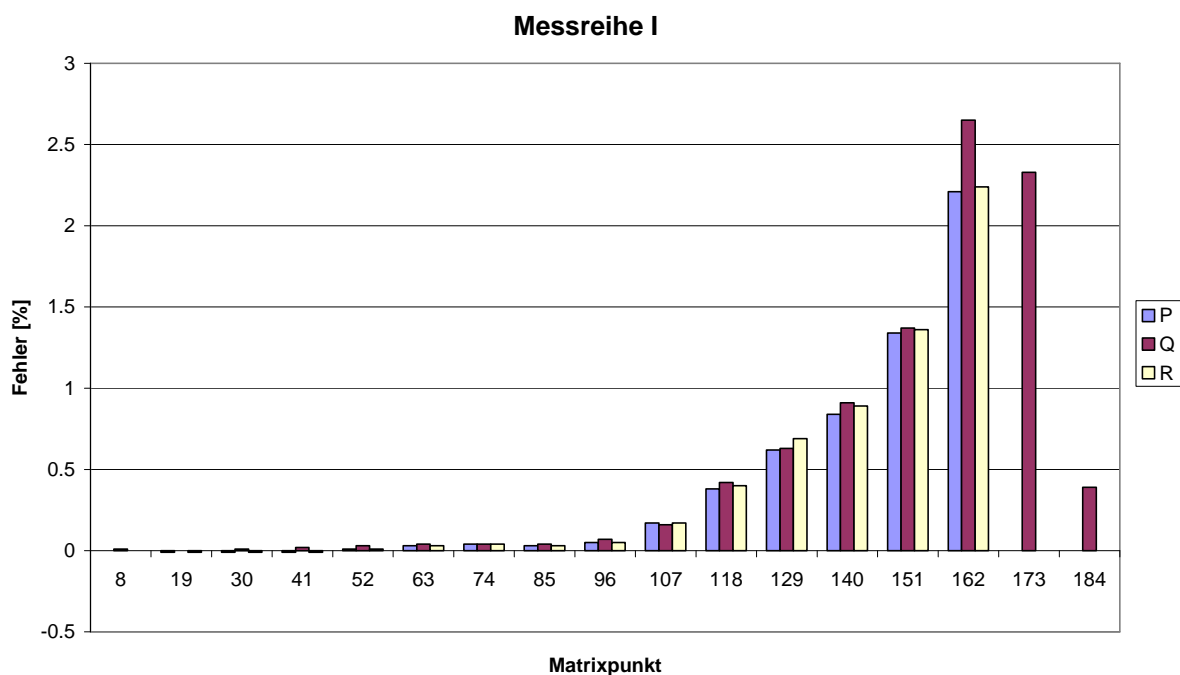


Bild 1-14 Fehler für die Druckrandbedingung oberhalb des Gittersensors für die Messreihe I

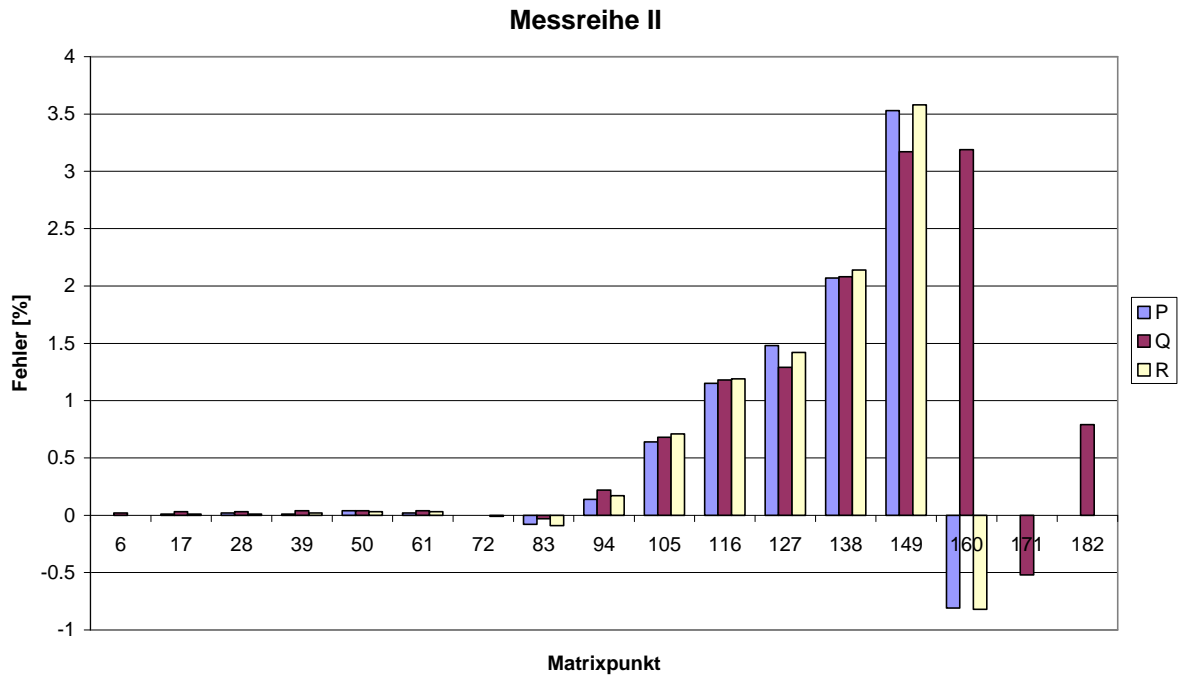


Bild 1-15 Fehler für die Druckrandbedingung oberhalb des Gittersensors für die Messreihe II

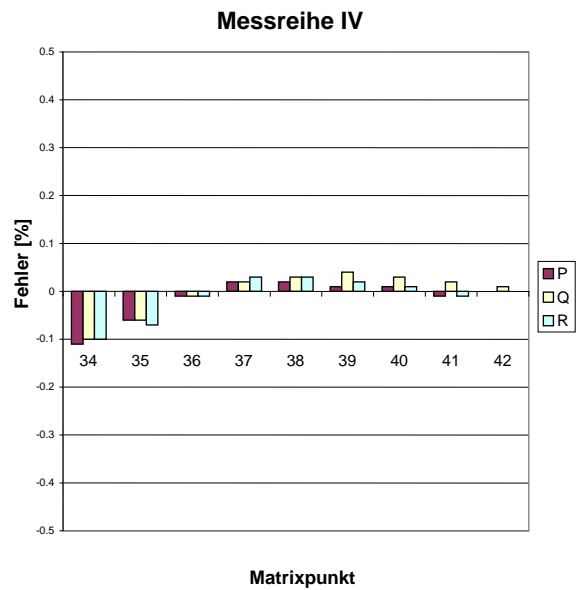
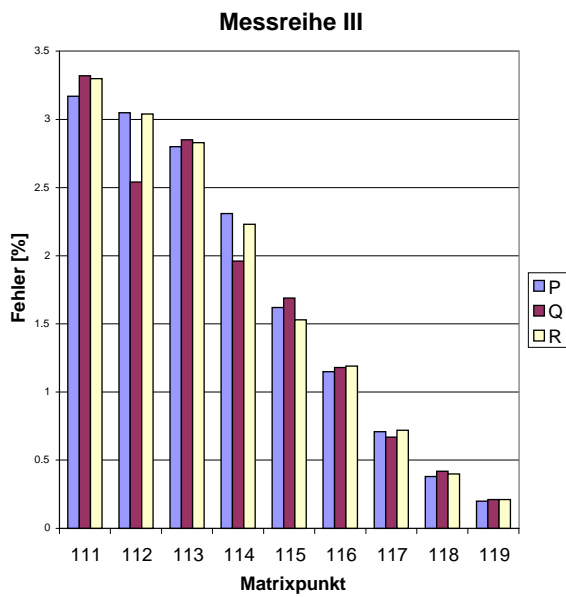


Bild 1-16 & Bild 1-17 Fehler für die Druckrandbedingung oberhalb des Gittersensors für die Messreihen III und IV

Für die Messreihen I und II wurde eine ähnliche Tendenz der Fehler ermittelt, die für Messreihe I im Absolutwert jedoch geringer ausfallen. Dieser Effekt erklärt sich aus dem geringeren Gasgehalt, da die Wasser-Leerrohrgeschwindigkeit um das 2,5-fache über der für die Messreihe II liegt. Kleinere Gasgehalte bedeuten, dass die Driftgeschwindigkeit einen geringeren Einfluss auf den Gesamtdruckverlust hat, wodurch sich kleinere Fehler ergeben. Dieser Effekt erklärt ebenfalls den Anstieg des Fehlers mit zunehmendem Matrixpunkt (ansteigende Gas-Leerrohrgeschwindigkeit). In den Diagrammen in Bild 2-14 und Bild 1-15 ist zu beachten, dass bei den Versuchen 171 – 184 Gas nur durch die 4 mm Bohrungen in die Teststrecke eingespeist wurde, so dass für die Einlaufängen P und R keine Fehler vorliegen. In Messreihe IV ist der Fehler praktisch gleich 0, da der Gasgehalt bei diesen Experimenten sehr gering war. Die Tendenz zu sinkenden Fehlern bei ansteigenden Matrixpunkten (kleinerer Gasgehalt) ist aber bereits zu erkennen. Dieser Trend wird bei der Messreihe IVII deutlicher sichtbar, da die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit wesentlich höher (0,22 m/s) als bei Messreihe IV (0,01 m/s) ist.

## 1.7 Genauigkeitsprüfung an Hand der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit

Aus den gemessenen radialen Profilen des Gasgehaltes  $\varepsilon(r)$  und der Geschwindigkeit der Gasphase  $u_G(r)$  lässt sich die über den Querschnitt integrierte Gas-Leerrohrgeschwindigkeit am Sensor nach:

$$J_{G,S} = \frac{\dot{V}_G}{A} = \frac{2}{R^2} \int_0^R u_G(r) \cdot \varepsilon(r) \cdot r \cdot dr = \langle \varepsilon \cdot U_G \rangle \quad (1.36)$$

berechnen. In Abhängigkeit von der Teststreckenhöhe folgt unter Beachtung des Boyle-Mariotteschen Gesetzes die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit an der Einspeisung:

$$J_{G, \text{Ein}} = J_{G,S} \cdot \frac{p_{\text{Sensor}}}{p_{\text{Ein}}} \quad (1.37)$$

Diese kann mit dem Sollwert  $J_G$  verglichen werden. Im Bild 1-18 ist ein solcher Vergleich für die Messreihe I und die maximale relative Teststreckenhöhe dargestellt. Die zugehörige relative Abweichung:

$$\Delta J_G = \frac{J_{G, \text{Ein}} - J_G}{J_G} \quad (1.38)$$

ist im Bild 1-19 gezeigt.

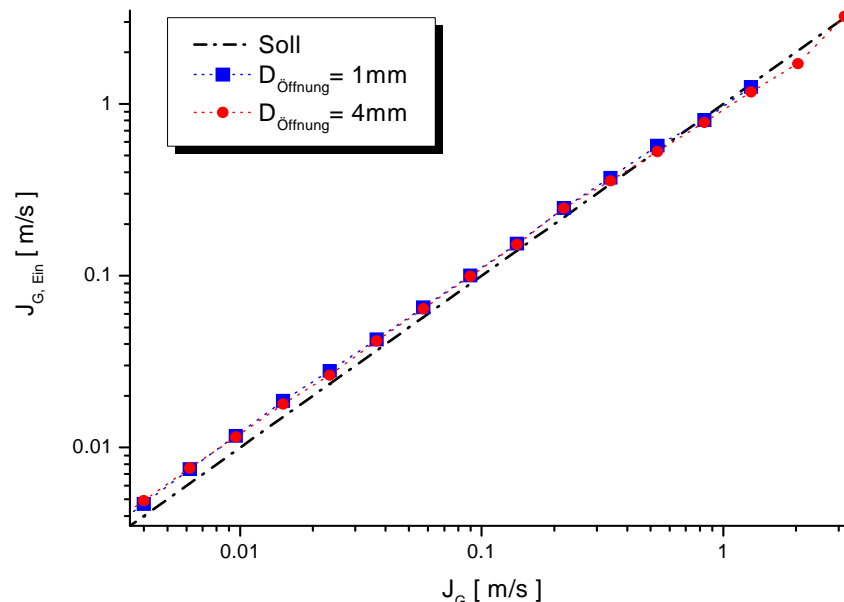


Bild 1-18 Vergleich der berechneten Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_{G, \text{Ein}}$  mit dem Sollwert  $J_G$  bei maximalem  $L/D$  für die Messreihe I ( $J_L = 1,017$  m/s) bei unterschiedlicher Einspeisung  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  und  $4$  mm



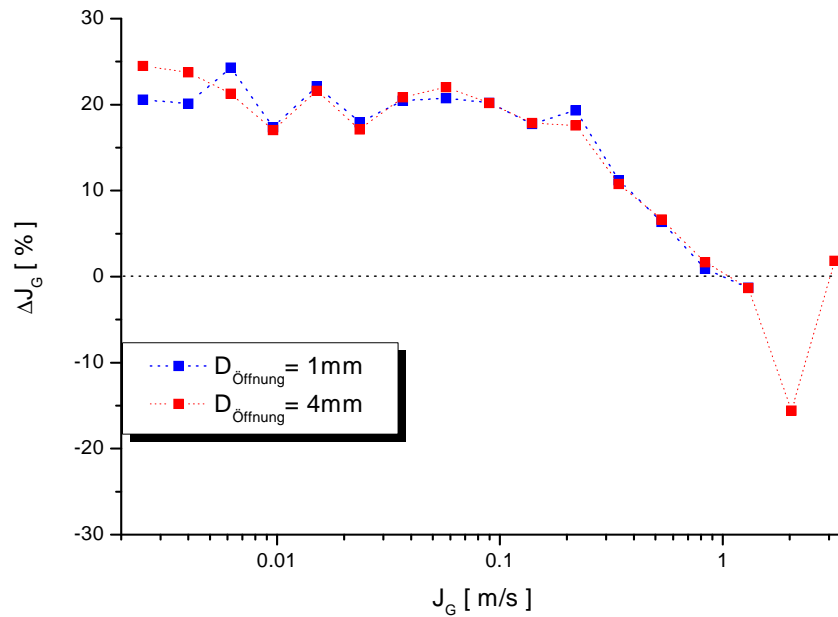


Bild 1-19 Änderung von  $\Delta J_G$  der Messreihe I in Abhängigkeit vom Sollwert der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit für unterschiedliche Durchmesser der Gasein-  
speisung bei maximalem L/D

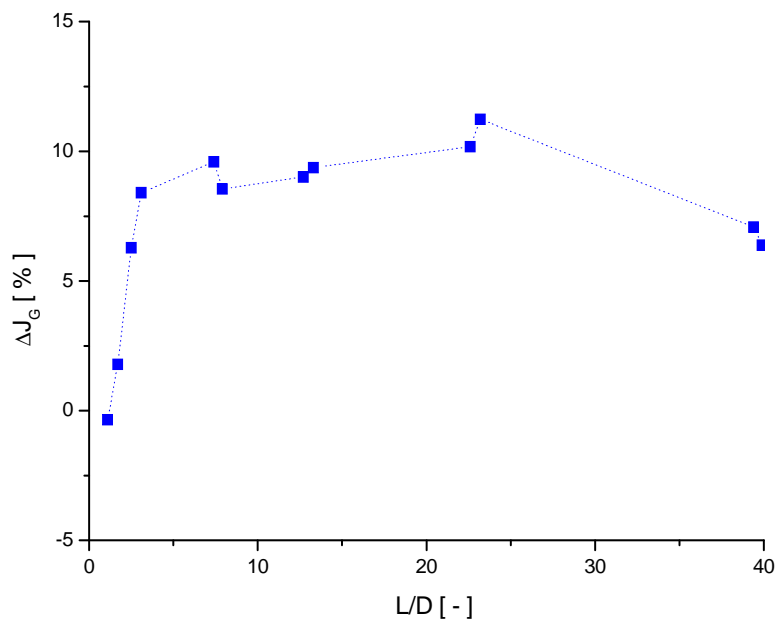


Bild 1-20 Änderung von  $\Delta J_G$  entlang der relativen Aufstiegshöhe L/D am Beispiel  
des Messpunktes 140 der Messreihe I bei  $D_{\text{Öffnung}} = 1\text{ mm}$

Während im Bereich der Blasenströmung die aus den Messungen ermittelte Gasleerrohrgeschwindigkeit um ca. 20 % überschätzt wird, sinkt der Fehler bei

mittleren und höheren Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten ab  $J_G > 0,2$  m/s auf unter ca. 15 %. Dabei werden keine signifikanten Unterschiede von  $\Delta J_G$  in Abhängigkeit von  $D_{\text{Öffnung}}$  beobachtet.

Es ist zu beachten, dass die Abweichungen zum Sollwert sowohl aus der Gasgehalts- als auch der Geschwindigkeitsmessung resultieren. Bei der Berechnung von  $J_{G,S}$  nach Gleichung (1.36) wird die gemessene und über alle Radiusringe azimuthal gemittelte Aufstiegsgeschwindigkeit  $u_G(r)$  verwendet. Zur genaueren Untersuchung der Effekte wird im Abschnitt 2.2 eine gewichtete Driftgeschwindigkeit berechnet.

Bei den einzelnen Messpunkten der Matrix ändert sich die Differenz zum Sollwert  $J_G$  und damit die Genauigkeit der Messung auch entlang der Aufstiegshöhe (Bild 1-20). Unterschiede in der Höhe der Differenz  $\Delta J_G$  zwischen dem Bereich der Einspeisung (Messhöhe A) und der maximalen relativen Höhe  $L/D$  zeigen sich am Beispiel der Messreihe I vor allem im Bereich der Gasleerrohrgeschwindigkeiten von ca. 0,05 m/s  $\leq J_G \leq 0,4$  m/s (s. Bild 1-21).

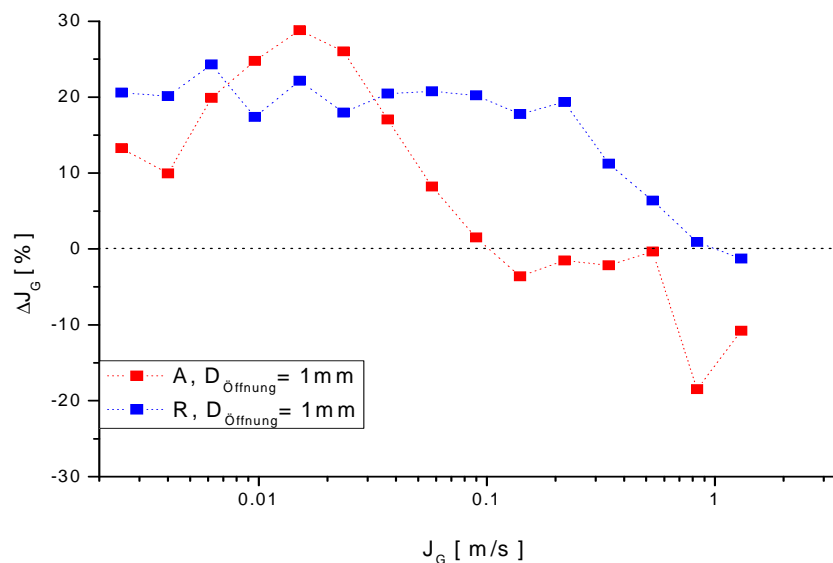


Bild 1-21 Änderung der Differenz  $\Delta J_G$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit für den Bereich der Gaseinspeisung (Messhöhe A) und bei maximaler Teststreckenhöhe (Messhöhe R) der Messreihe I ( $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)

Die Ergebnisse zur Genauigkeitsprüfung bei der Messreihe II sind im Anhang III ab Seite 197 aufgeführt und zeigen tendenziell ähnliche Ergebnisse wie bei der Messreihe I.

Die Messreihe III (konstantes  $J_G = 0,219$  m/s) zeigt die Grenzen der Messmethode im Fall kleiner Flüssigkeitsgeschwindigkeiten. Im Bereich von ca.  $J_L < 0,2$  m/s wird die aus den Messungen des Gasgehalts und der Geschwindigkeit berechneten Gas-

Leerrohrgeschwindigkeit  $J_{G, \text{Ein}}$  bis zu 50 – 100 % größer als der Sollwert  $J_G$  (Bild 2-22 und Bild 1-23). Eine Ursache ist der Messfehler bei der Bestimmung der Blasenaufstiegsgeschwindigkeit, so wie bereits im Kapitel 1.6.3 diskutiert. Der Fehler steigt mit sinkender Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit (Messpunkt 111-113 der Messreihe III sowie Messpunkt 34-36 der Messreihe IV). Des Weiteren bleibt die Abhängigkeit der Blasenaufstiegsgeschwindigkeit vom Blasendurchmesser unberücksichtigt. Die Ermittlung der Geschwindigkeit erfolgt über eine Kreuzkorrelation zweier übereinander liegender Messebenen des Gittersensors (Kapitel 1.5.3). Eine blasengrößenabhängige Zuordnung der Aufstiegsgeschwindigkeit ist bisher noch nicht möglich, so dass bei Berechnung der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_{G, \text{S}}$  nach Gleichung (1.36) die Aufstiegsgeschwindigkeit  $u_G$  ( $r$ ) unabhängig von der Blasengröße eingeht. Treten bei den Gas/Flüssig-Strömungen vermehrt Blasen unterschiedlicher Größe und somit auch unterschiedlicher Aufstiegsgeschwindigkeit auf, kommt es daher zu größeren Differenzen zwischen dem berechneten Wert  $J_{G, \text{Ein}}$  und dem Sollwert  $J_G$ . Die Effekte der blasendurchmesserabhängigen Aufstiegsgeschwindigkeit werden in Kapitel 2.2 näher untersucht.

Eine tendenziell ähnliche Differenz zwischen dem berechneten Wert  $J_{G, \text{Ein}}$  und dem Sollwert  $J_G$  ist auch bei Messreihe IV, allerdings auf deutlich niedrigerem Niveau nachzuweisen (Bild 1-22 und Bild 1-23). Weitere Ergebnisse zur Genauigkeitsprüfung bei der Messung der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit sind im Anhang III ab Seite 197 aufgeführt.

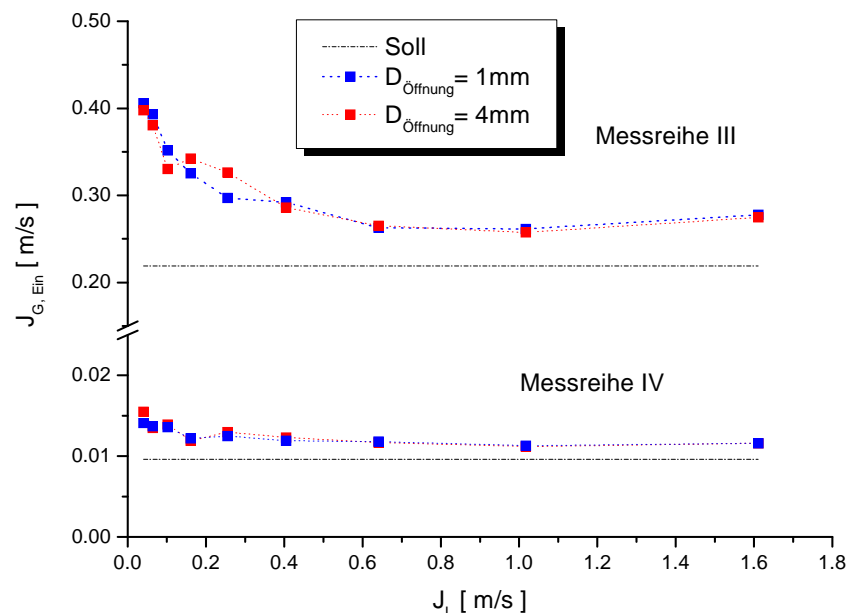


Bild 1-22 Vergleich der berechneten Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_{G, \text{Ein}}$  mit dem konstanten Sollwert  $J_G$  für Messreihen III ( $J_G = 0,219$  m/s) und IV ( $J_G = 0,0096$  m/s) in Abhängigkeit von  $J_L$  bei maximaler relativer Teststreckenhöhe  $L/D$

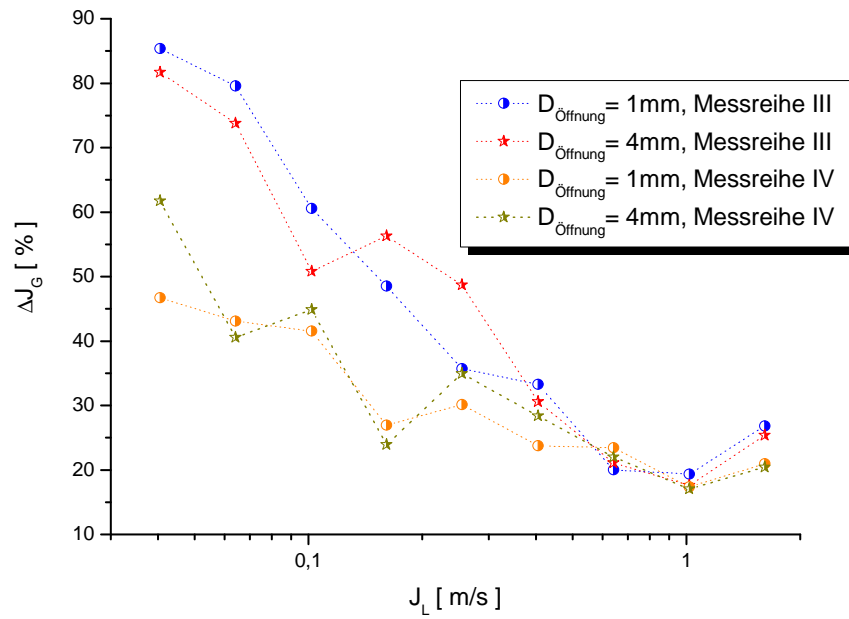


Bild 1-23 Änderung der Differenz  $\Delta J_G$  in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerohrgeschwindigkeit bei maximaler relativer Teststreckenhöhe  $L/D$  für die Messreihen III ( $J_G = 0,219$  m/s) und IV ( $J_G = 0,0096$  m/s)

## 2. Ergebnisse

### 2.1 Strömungsformen

#### 2.1.1 Beobachtete Strömungsformen

Strömungsformen in vertikalen Rohren (s. z. B. Baehr 1996) werden in der Literatur meist an Hand subjektiver Beobachtungen festgelegt. Allgemein lassen sich die Strömungsformen an Hand der charakteristischen Phasenverteilung im Rohr einteilen. Basierend auf den detaillierten Gittersensordaten können objektive Kriterien eingeführt werden (s. Prasser et al., 2003). Für die vorliegenden Messungen wird zwischen Blasenströmung, turbulent-aufgewühlter Strömung und Ringstrahlenströmung unterschieden. Blasenströmungen können dabei noch in solche mit Rand- bzw. Mittenmaximum des Gasgehalts unterteilt werden. In Übereinstimmung mit Ohnuki et al. (2000) und Prasser et al. (2007) tritt in dem verwendeten DN200 Rohr keine Pfropfenströmung, die durch Bildung von Taylorblasen gekennzeichnet ist, auf.

#### 2.1.2 Kriterien zur Beschreibung von Strömungsformen

Im Folgenden werden durch Einführung eines Kriteriums die auftretenden Strömungsformen bei den vorliegenden experimentellen Ergebnissen charakterisiert. Als Kriterium wird der maximal auftretende Blasendurchmesser  $D_{B,max}$  (als Äquivalenzdurchmesser einer kugelförmigen Blase) genutzt. An Hand der Blasengrößenverteilung sowie durch Visualisierung der Gasverteilung kann dann eine entsprechende Einteilung erfolgen. Die Blasengrößenverteilungen für Messreihe I ( $J_L = 1,017$  m/s) bei einer relativen Teststreckenhöhe von  $L/D = 39,7$  und unterschiedlichen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_G$ , sind im Bild 2-1 gezeigt. In Übereinstimmung mit den virtuellen Seitenansichten in Bild 2-2 (1 mm Einspeisung) und Bild 2-3 (4 mm Einspeisung) lassen sich die drei Strömungsbereiche in der Messreihe I wie folgt beschreiben:

##### (1) *Blasenströmung*

Die Strömung wird im Folgenden als Blasenströmung bezeichnet, wenn der maximale gemessene Blasendurchmesser kleiner 50 mm ist ( $D_{B,max} < 50$  mm). Diese Strömung ist durch monomodale Verteilung des Blasendurchmessers charakterisiert. Das Maximum der Blasengrößenverteilung liegt dabei typischerweise zwischen ca. 5 und 8 mm. Eine Blasenströmung tritt bei maximaler Teststreckenhöhe für alle Messungen mit  $J_G \leq 0,0574$  m/s auf.

Wie in Bild 2-4 gezeigt sind die Strömungen bei der größten relativen Teststreckenhöhe für  $J_G \leq 0,0151$  m/s durch ein Randmaximum des Gasgehalts gekennzeichnet, während für  $J_G > 0,0151$  m/s ein Mittenmaximum auftritt.

Randmaxima des Gasgehaltes treten auf Grund der Einspeisung durch Bohrungen in der Rohrwand ebenfalls stets nahe der Gaseinspeisung auf. Mit wachsendem  $L/D$  erfolgt dann der Übergang zu den Profilen der weitgehend entwickelten Strömung (Bild 2-5). Die radialen Gasgehaltsprofile  $\varepsilon(r)$  für alle Messpunkte sind im Anhang ab Seite 101 dargestellt.

## *(2) Turbulent-aufgewühlte Strömung*

Die turbulent aufgewühlte Strömung ist durch eine bimodale Blasengößenverteilung gekennzeichnet. Neben Blasengrößen ähnlich wie bei der Blasenströmung treten größere Blasen mit einem kugeläquivalenten Durchmesser von 50 bis 500 mm auf. Des Weiteren bildet sich mit steigendem  $J_G$  eine rechts-schiefe Häufigkeitsverteilung für die kleinere Blasengrößenfraktion ( $D_B < 50$  mm) aus. Als Kriterium für diese Strömungsform wurde  $50 \text{ mm} \leq D_{B,\text{max}} \leq 500 \text{ mm}$  festgelegt. Turbulent-aufgewühlte Strömung tritt bei maximaler Teststreckenhöhe für die Messreihe I im Bereich von  $0,0898 \text{ m/s} \leq J_G \leq 0,835 \text{ m/s}$  auf. Die Größe der maximal auftretenden Blasendurchmesser beträgt  $D_{B,\text{max}} < 400 \text{ mm}$  (Messpunkt 151). Diese Blasen lassen sich nicht nur an Hand der Blasengrößenverteilung (Bild 2-1 a und b) nachweisen, sie sind auch in der virtuellen Ansicht des Zentralschnittes im Bild 2-2 sichtbar.

## *(3) Ringstrahlenströmung*

Auch bei Ringstrahlenströmungen treten bimodale Blasengrößenverteilungen auf. Als Kriterium für diese Strömungsform wird  $D_{B,\text{max}} > 500 \text{ mm}$  festgelegt. Es kommt zu einem Anstieg des mittleren Blasendurchmessers für die kleinere Blasengrößenfraktion ( $D_B < 50$  mm) im Vergleich zur Blasenströmung sowie zu einer rechts-schiefen Häufigkeitsverteilung. Sehr große Gasstrukturen mit einem kugeläquivalenten Durchmesser von bis zu ca. 1 m treten auf. An Hand der virtuellen Ansicht des Zentralschnittes im Bild 2-2 a lässt sich die Verdrängung der Flüssigkeit in Richtung Rohrwand durch Ausbildung sehr großer zusammenhängender Gasstrukturen in der Rohrmitte erkennen. Beim Messpunkt 184 der Messreihe I sowie bei den Messpunkten 171 und 182 der Messreihe II sind die Gasstrukturen so groß, dass der kugeläquivalente Durchmesser oberhalb 1 m liegt. Ringstrahlenströmung tritt in der Messreihe I bei maximaler Teststreckenhöhe ab einer Gas-Leerohrgeschwindigkeit von  $J_G \geq 1,305 \text{ m/s}$  auf.

### **2.1.3 Abhängigkeit der Strömungsform von der relativen Teststreckenhöhe**

Änderungen der Strömungsform entlang der Blasenaufstiegshöhe treten bei der Messreihe I im Bereich von  $0,0898 \text{ m/s} \leq J_G \leq 0,219 \text{ m/s}$  auf. Beispielgebend wird am Messpunkt 118 der Übergang von der Blasenströmung in der Einspeiseregion bei  $L/D = 1,1$  hin zur turbulent-aufgewühlten Strömung bei  $L/D = 39,9$  an Hand der Blasengrößenverteilung gezeigt (Bild 2-6). Während im Bereich der Gaseinspeisung der maximale Blasendurchmesser ca. 50 mm ist, treten bei  $L/D = 39,9$  deutlich größere Blasen mit einem  $D_{B,\text{max}} = 130 \text{ mm}$  als Resultat der Blasenkoaleszenz auf. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen zur Blasengrößenverteilung wird die Bildung größerer Blasen entlang der Aufstiegshöhe auch an Hand der virtuellen Schnittdarstellung im Bild 2-7 sichtbar. Bei diesen Darstellungen ist stets die Höhe entsprechend der mittleren Gasgeschwindigkeit skaliert und das Verhältnis zwischen dem vertikalen und dem horizontalen Maßstab beträgt 1:1.

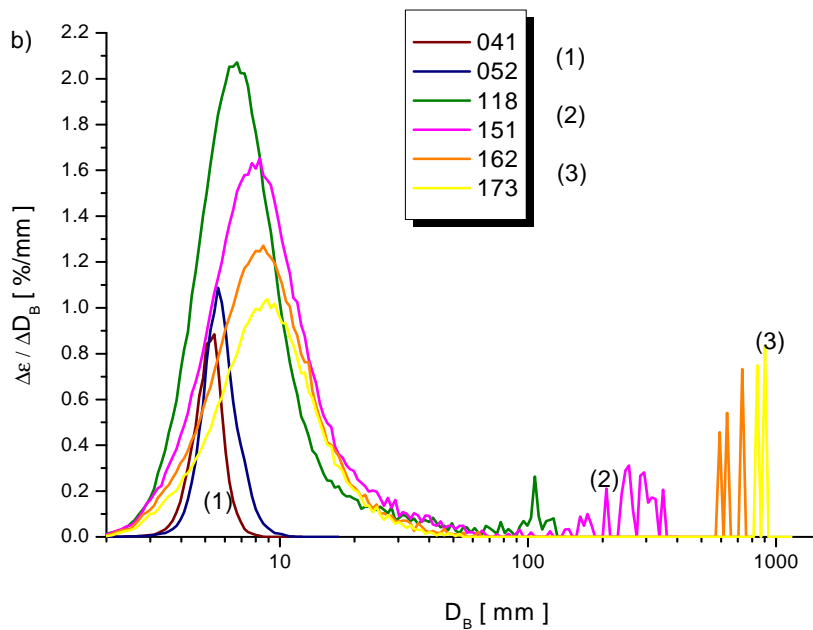
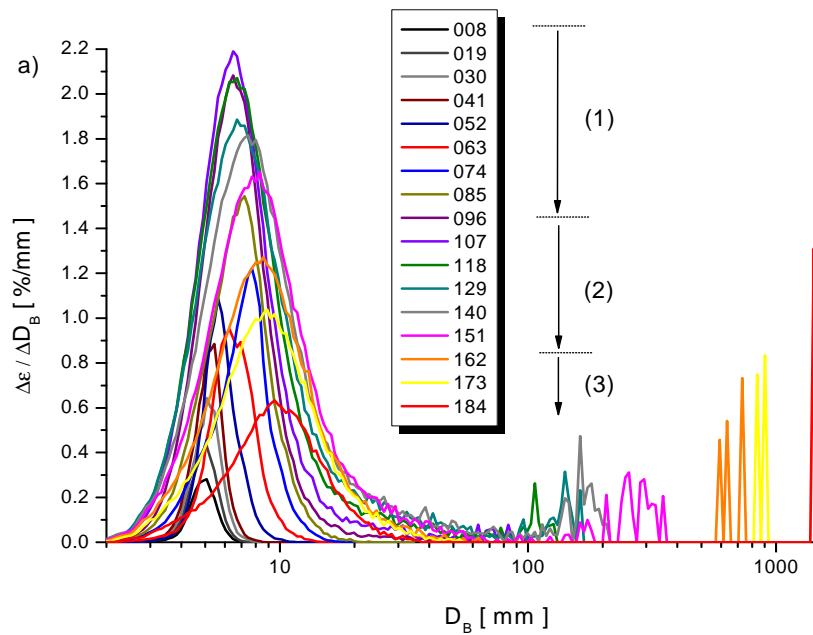


Bild 2-1 a) Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_G$  (Messreihe I  $J_L = 1,017$  m/s,  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm und ab Messpunkt 173  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm, bei  $L/D = 39,7$ ), b) Auswahl einiger charakteristischer Verteilungen. Das Auftreten von größeren Blasen und Gasstrukturen ist ein Zeichen für unterschiedliche Strömungsformen.

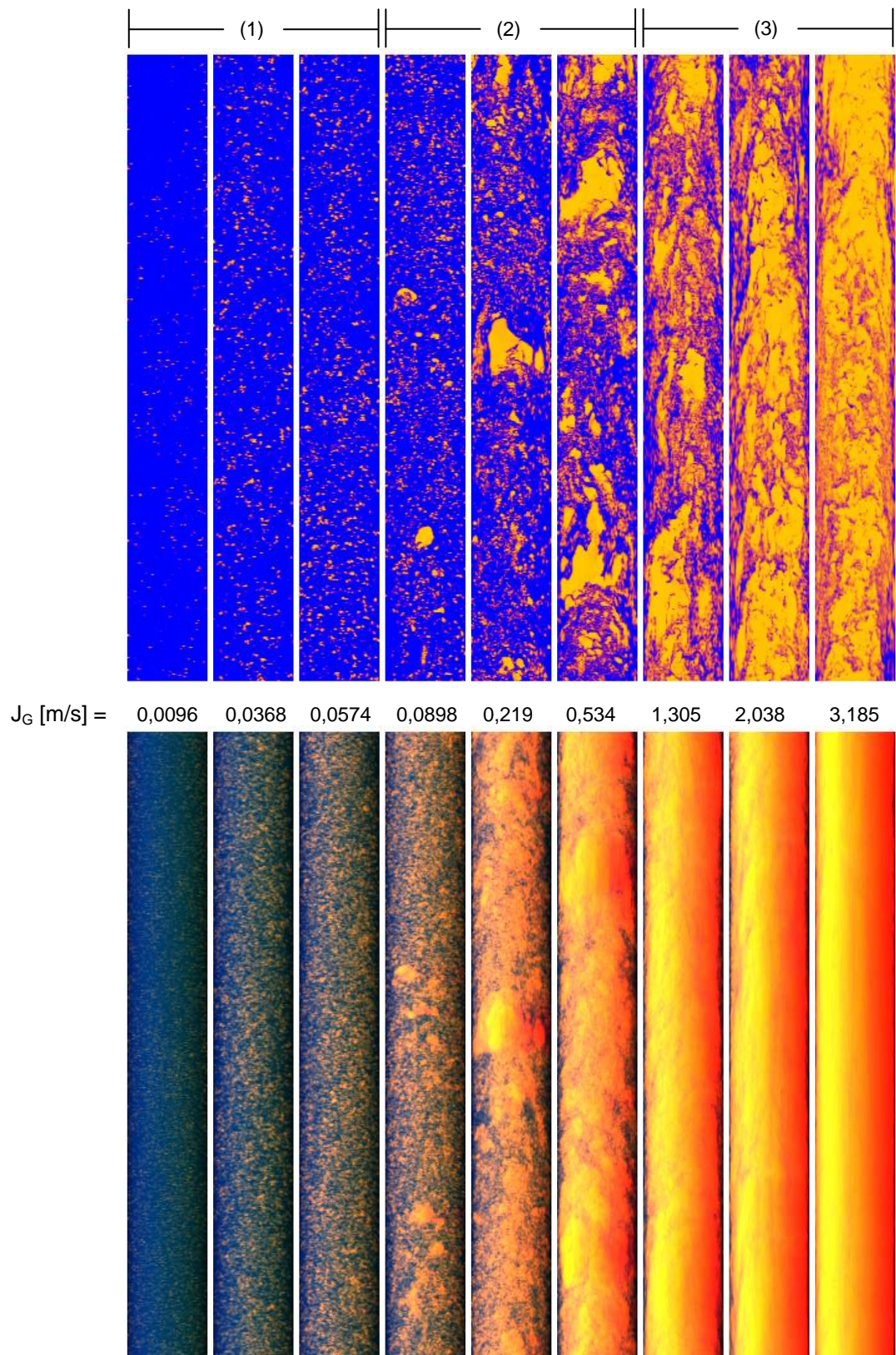


Bild 2-2 a) Ansicht Zentralschnitt und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung in der vertikalen Teststrecke; (Luft von rot nach gelb, Wasser = blau). (1) Blasenströmung (2) Turbulent-aufgewühlte Strömung (3) Ringstrahlenströmung. Messreihe I mit einem  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$  ( $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$  ab  $J_G = 2,038 \text{ m/s}$ ) und maximalem  $L/D$ . Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1



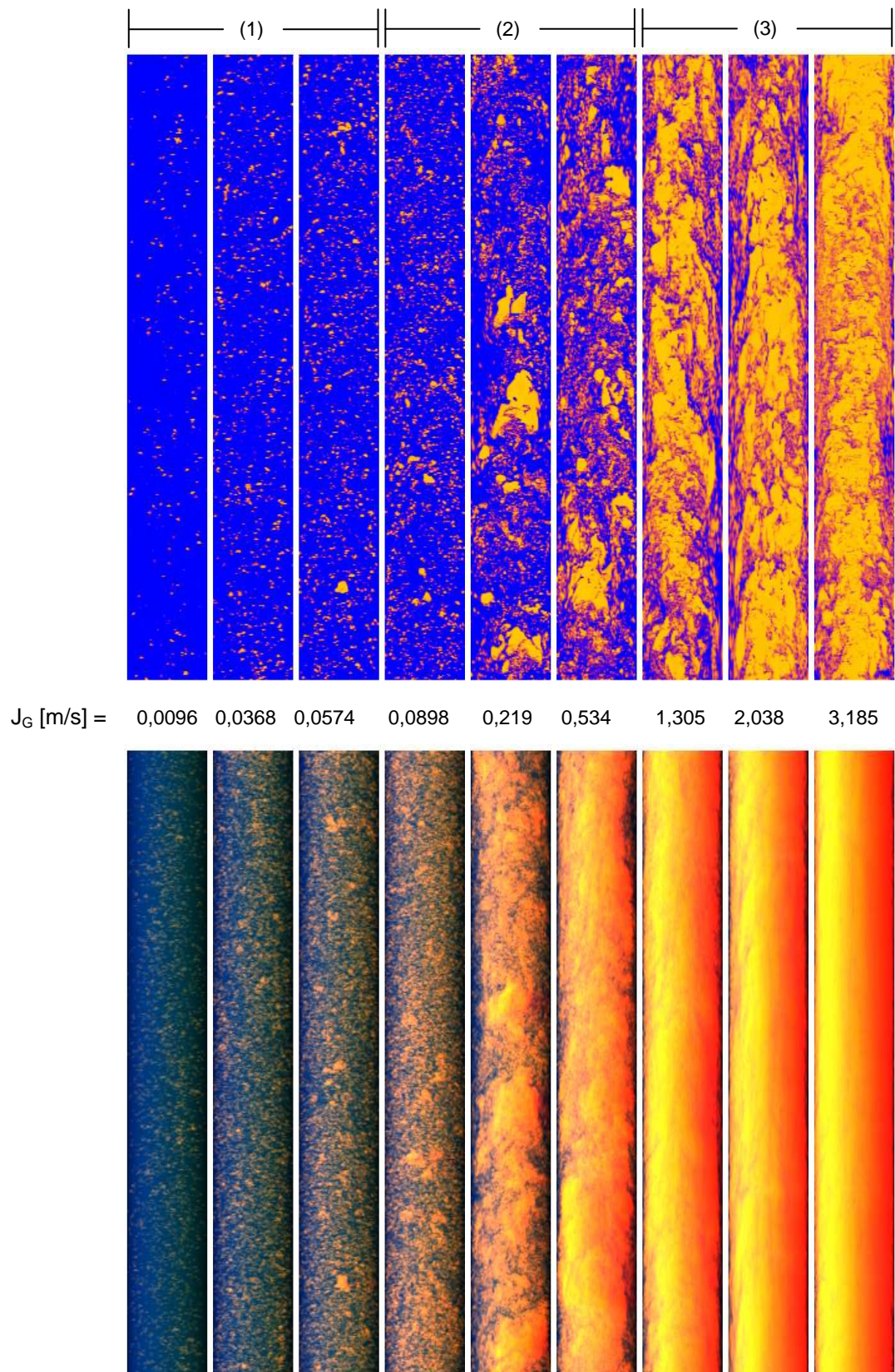


Bild 2-3 Im Vergleich zu Bild 2-2, Messreihe I mit  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm und maximalem  $L/D$  (1) Blasenströmung (2) turbulent-aufgewühlte Strömung (3) Ringstrahlenströmung

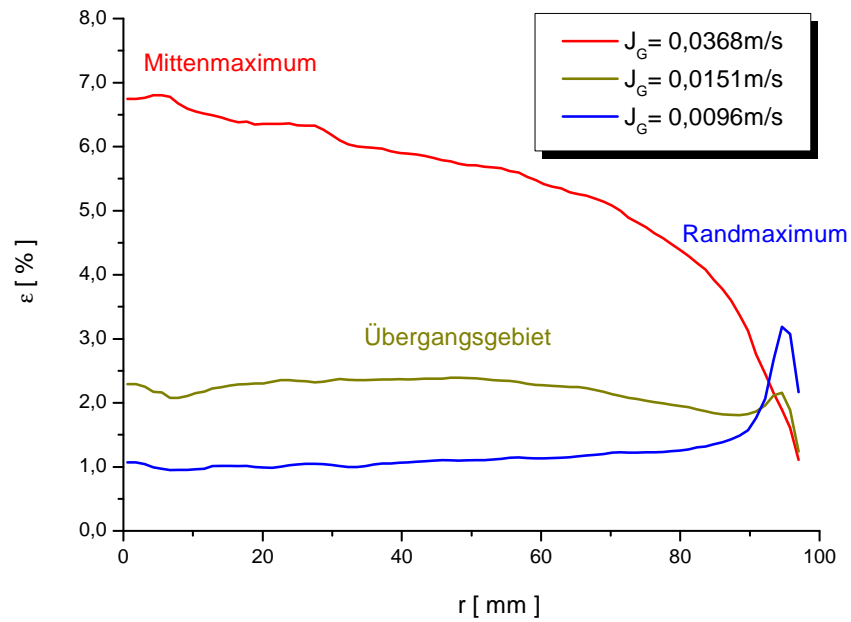


Bild 2-4 Bildung von Gagehaltsmaxima bei einer Blasenströmung in Abhängigkeit vom Radius mit unterschiedlichen Gas-Leerohrgeschwindigkeiten und konstantem  $J_L = 1,017 \text{ m/s}$  (Messreihe I), jeweils maximale Teststreckenhöhe und  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$

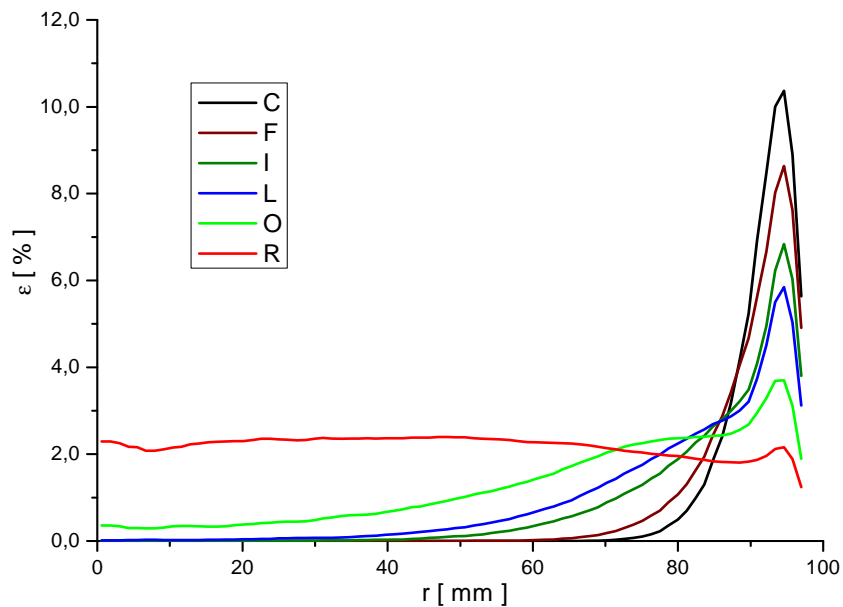


Bild 2-5 Änderung des Gagehaltsmaximum bei einer Blasenströmung entlang der Blasenauftieghöhe am Beispiel des Messpunktes 052 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ,  $J_G = 0,0151 \text{ m/s}$ ,  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

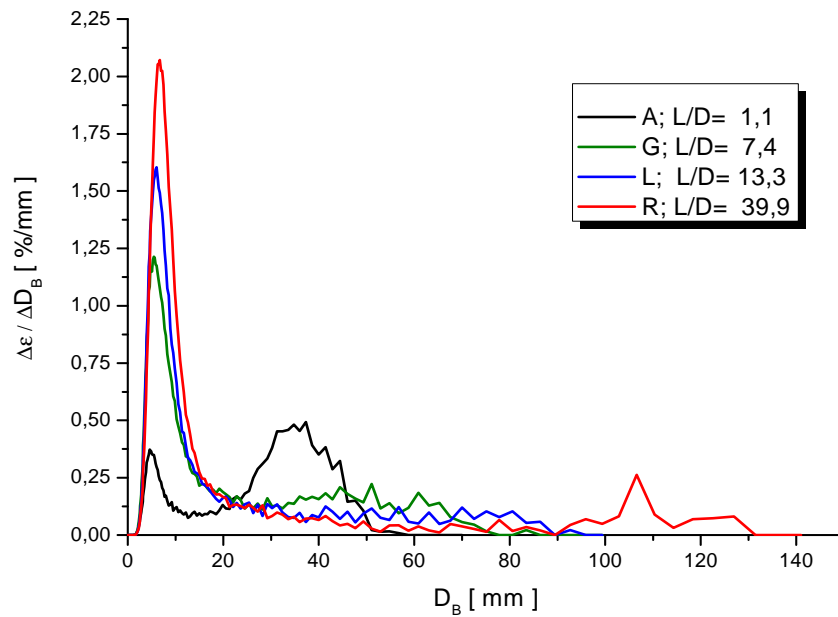


Bild 2-6 Auswahl einiger Durchmessererwartungen entlang der Aufstiegshöhe am Messpunkt 118. Übergang von der Blasenströmung nach Gaseinspeisung bei  $L/D = 1,1$  zur turbulent-aufgewühlten Strömung bei  $L/D = 39,9$ .  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$

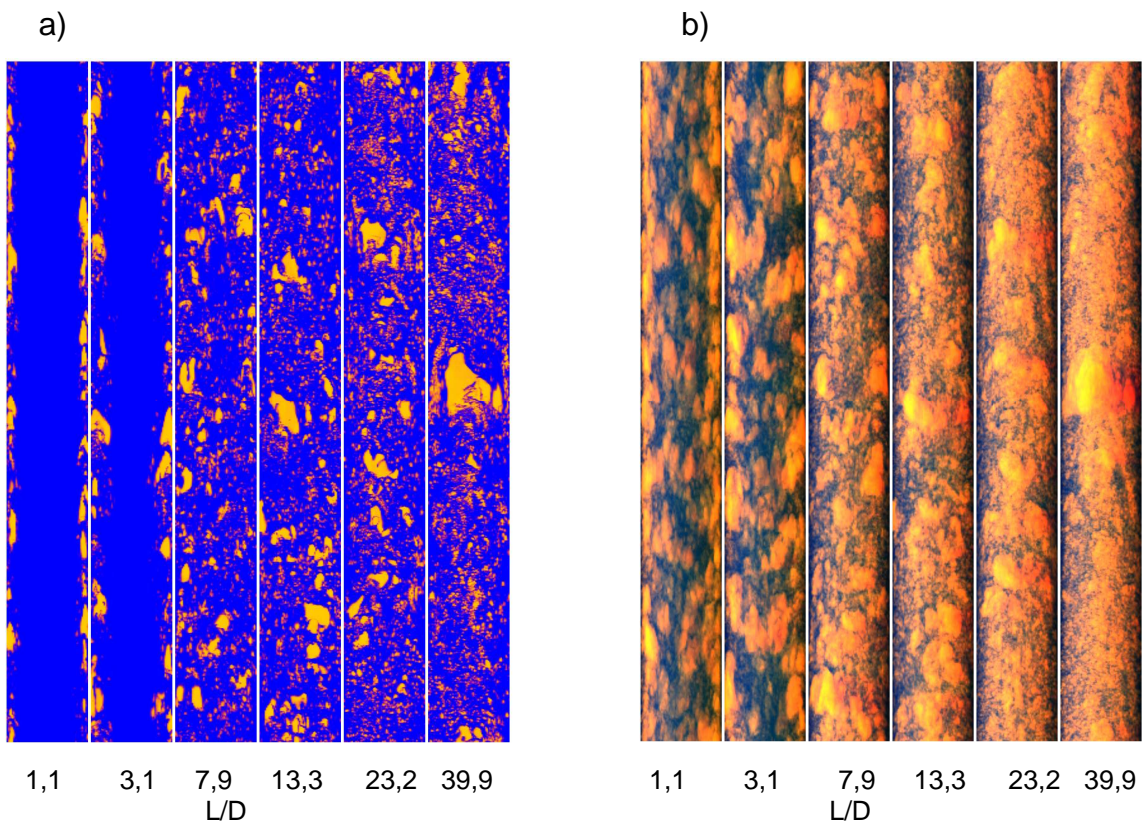


Bild 2-7 a) Ansicht des Zentralschnitts und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung bei unterschiedlichen relativen Teststreckenhöhen  $L/D$ . Messpunkt 118 mit  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$  und  $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ,  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ . Übergang von der Blasen- zur turbulent-aufgewühlten Strömung entlang der Aufstiegshöhe. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1

## 2.1.4 Abhängigkeit der Strömungsform vom Durchmesser der Einspeisebohrungen

Eine Änderung der Strömungsform bei maximalem  $L/D$  als Folge der Vergrößerung des Öffnungsdurchmessers der Begasungseinrichtung von  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$  auf  $4 \text{ mm}$  kann nicht festgestellt werden. Obwohl sich vor allem im Bereich der Blasenströmung die Lage der Blasengrößenverteilung bei  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$  ändert, bleibt die jeweilige Strömungsform erhalten. Im Anhang I sind die Blasengrößenverteilungen bei  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$  und  $4 \text{ mm}$  in Abhängigkeit von der relativen Höhe  $L/D$  für alle Messpunkte dargestellt.

Den Einfluss von  $D_{\text{Öffnung}}$  auf die Blasengrößenverteilung im Bereich der Gaseinspeisung zeigen die Verteilungen und die virtuellen Darstellungen der Gasverteilung am Beispiel des Messpunktes 39 der Messreihe II im Bild 2-8. Obwohl bei einem  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$  deutlich größere Blasen gebildet werden, ändert sich jedoch nicht die vorherrschende Strömungsform ( $D_{\text{max}} < 50 \text{ mm}$ ). Im Kapitel 2.3.1 wird der Einfluss des Öffnungsdurchmessers auf die Lage der Blasengrößenverteilung bei maximalem  $L/D$  an Hand der Messergebnisse näher diskutiert.

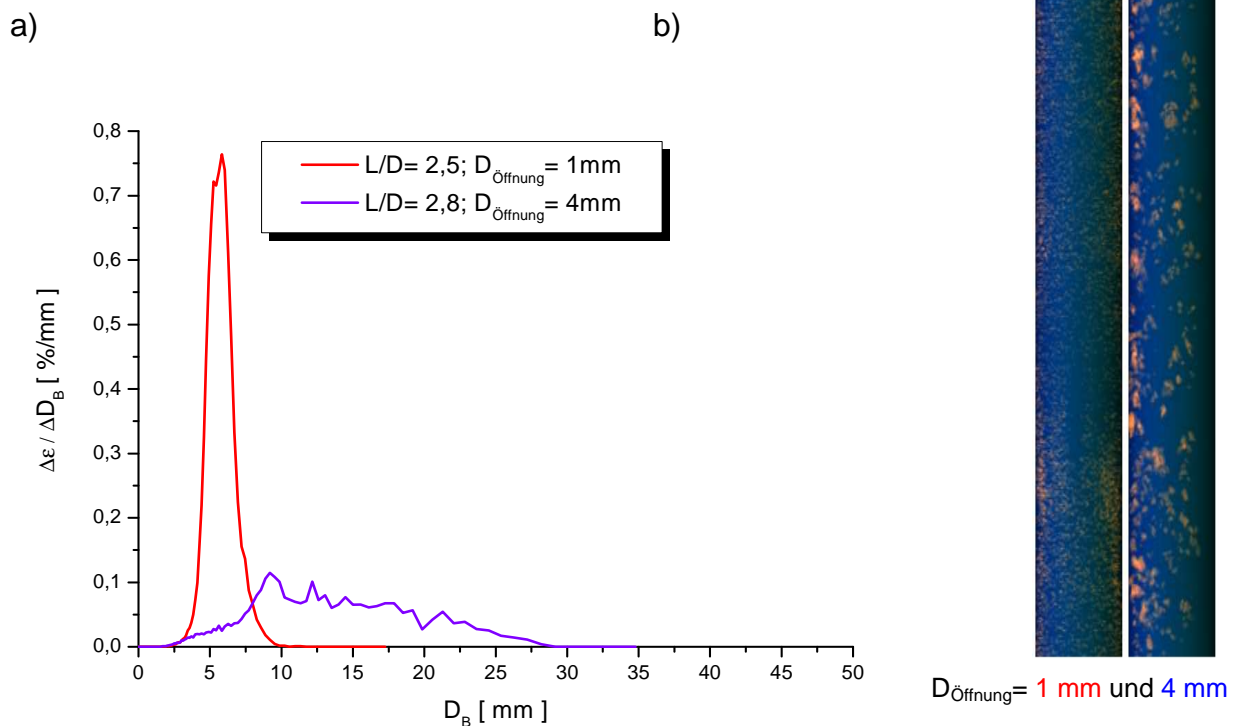


Bild 2-8 a) Verteilung der Blasengrößen und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung am Messpunkt 039 im Bereich der Gaseinspeisung bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der Gaseinspeisung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1

### 2.1.5 Strömungsformen in den Messreihen II bis IV

Die Änderungen der Blasengrößenverteilungen für die Messreihe II ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ) bei relativer Teststreckenhöhe von  $L/D = 39,7$  und variablen  $J_G$ , zeigt Bild 2-9.

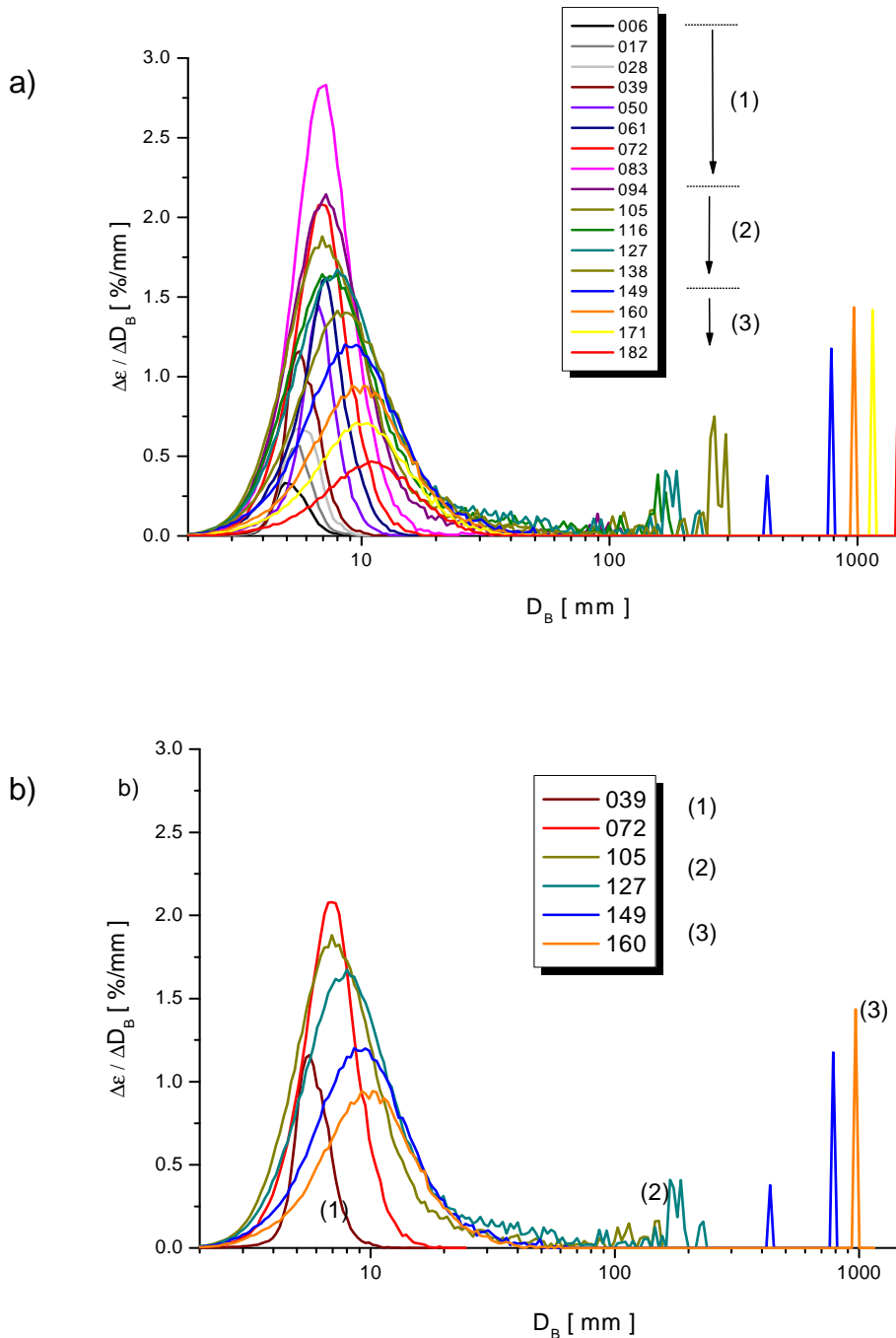


Bild 2-9 a) Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_G$  (Messreihe II  $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ , bei  $L/D = 39,7$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$  und ab Messpunkt 171  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ ), b) Auswahl einiger charakteristischer Verteilungen. Das Auftreten von größeren Blasen und Gasstrukturen ist ein Zeichen unterschiedlicher Strömungsformen.

Wie beim Verlauf der Blasengrößenverteilungen am Beispiel der Messreihe I, treten auch hier die drei Strömungsbereiche (1)-(3) mit den jeweiligen charakteristischen Merkmalen in den Verteilungen auf. Der Übergang von der turbulent-aufgewühlten Strömung zur Ringstrahlenströmung erfolgt im Gegensatz zur Messreihe I bereits bei einer Gas-Leerrohrgeschwindigkeit von  $J_G = 0,835$  m/s (Bild 2-10).

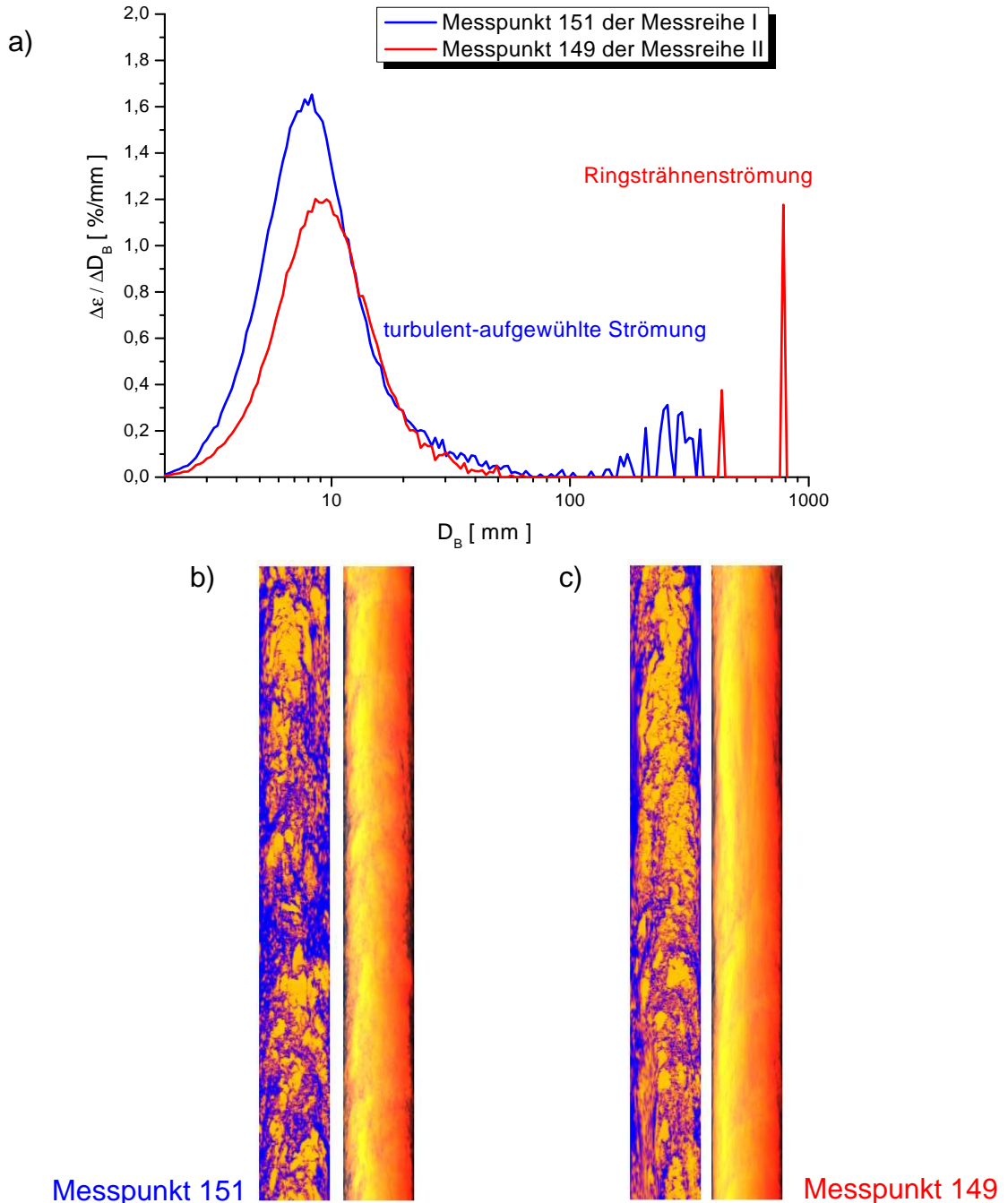


Bild 2-10 a) Verteilung des Blasendurchmessers bei unterschiedlicher Flüssigleerrohrgeschwindigkeit  $J_L$ ; Messpunkt 151 mit  $J_L = 1,017$  m/s und Messpunkt 149 mit  $J_L = 0,405$  m/s, bei  $L/D = 39,7$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm. Ansicht des Zentralschnitts und virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung bei b) turbulent-aufgewühlter Strömung und bei c) Ringstrahlenströmung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1

Als Folge der im Vergleich zur Messreihe I geringeren Flüssig-Leerohrgeschwindigkeit  $J_L$  der Messreihe II kommt es eher zur Ausbildung größerer Gasstrukturen, die zur Bildung der Ringstrahlenströmung führen. Treten bei einer Gas-Leerohrgeschwindigkeit von  $J_G = 0,835$  m/s in der Messreihe I Gasstrukturen mit einem  $D_{B,max}$  von  $< 400$  mm auf, bilden sich bei der Messreihe II deutlich größere Strukturen mit einem  $D_{B,max}$  von bis zu ca. 800 mm aus (Bild 2-10 a). Der Vergleich der virtuellen Seitenansichten zeigt die unterschiedlichen Strömungsformen bei identischer Gas-Leerohrgeschwindigkeit  $J_G$  (Bild 2-10 b und c).

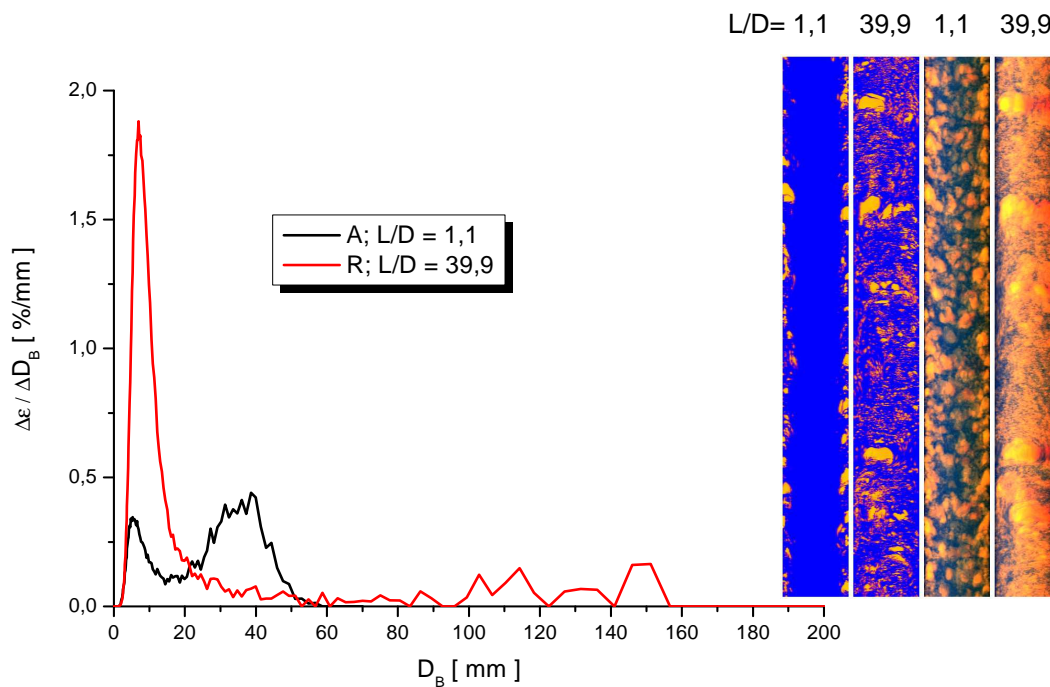


Bild 2-11 Blasendurchmesserverteilung im Bereich der Gaseinspeisung bei  $L/D = 1,1$  und bei vollentwickelter Strömung ( $L/D = 39,9$ ) am Beispiel des Messpunktes 105 der Messreihe II ( $J_L = 0,405$  m/s). Übergang von der Blasenströmung nach Gaseinspeisung zur turbulent-aufgewühlten Strömung;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm. Ansicht des Zentralschnitts und virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1

Bei der Messreihe II kann für den Geschwindigkeitsbereich  $0,0898$  m/s  $\leq J_L \leq 0,140$  m/s ebenfalls die Änderung der Strömungsform beim Blasenanstieg nachgewiesen werden. Am Beispiel des Messpunktes 105 wird der Übergang von der Blasen- hin zur turbulent-aufgewühlten Strömung beim Blasenanstieg an Hand der Größenverteilung sowie des Zentralschnitts und der virtuellen Seitenansicht dargestellt (Bild 2-11). Bilden sich im Bereich der Gaseinspeisung zwei Blasenfraktionen mit einem mittleren Durchmesser von ca. 5 mm und 35 mm sowie einem  $D_{B,max} \approx 50$  mm, entsteht durch Fragmentation und Koaleszenz entlang der Aufstiegshöhe eine Blasenfraktion mit einem mittleren Durchmesser von ca. 7 mm und einer breiten Verteilung der Blasengrößen bis  $D_B > 140$  mm.

Die Blasengrößenverteilungen für Messreihe III ( $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ) bei einer relativen Teststreckenhöhe von  $L/D = 39,7$  und unterschiedlichen Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_L$ , sind in Bild 2-12 dargestellt. Im Gegensatz zu den Messreihen I und II können keine Änderungen der charakteristischen Strömungsformen nachgewiesen werden.

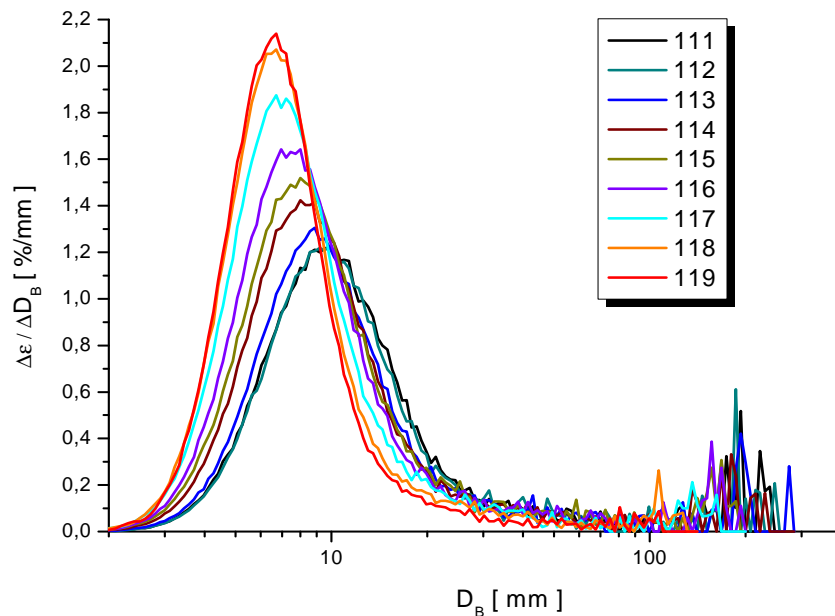


Bild 2-12 Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_L$  (Messreihe III,  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ , jeweils bei  $L/D = 39,7$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

Es herrscht bei allen Messpunkten eine unterschiedlich stark entwickelte turbulent-aufgewühlte Strömung, die neben der Blasengrößenverteilung durch den Zentralschnitt sowie der virtuellen Seitenansicht der Gasverteilung beschrieben wird (Bild 2-13).

An Hand der Blasengrößenverteilung ist ersichtlich, dass selbst am Messpunkt 119 mit der höchsten Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L$  noch keine reine Blasenströmung mit einem  $D_{B,\text{max}} < 50 \text{ mm}$  vorherrscht. Bild 2-12 zeigt eine rechts-schiefe Häufigkeitsverteilung mit einem maximalen Blasendurchmesser von  $D_{B,\text{max}}$  ca. 100 mm. Größere Blasenstrukturen, wie sie bei geringerer Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit entstehen (Messpunkt 111-115,  $0,0405 \text{ m/s} \leq J_L \leq 0,255 \text{ m/s}$ ), können jedoch sowohl in der Blasendurchmesserverteilung (Bild 2-12) als auch bei der Ansicht des Zentralschnittes und der virtuellen Seitenansicht der Gasverteilung beim Messpunkt 119 nicht nachgewiesen werden (Bild 2-13,  $J_L = 1,611 \text{ m/s}$ ).

Ein Übergang in Richtung einer Ringstrahlenströmung findet aufgrund der dafür zu geringen Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  bei keinem der Messpunkte statt.



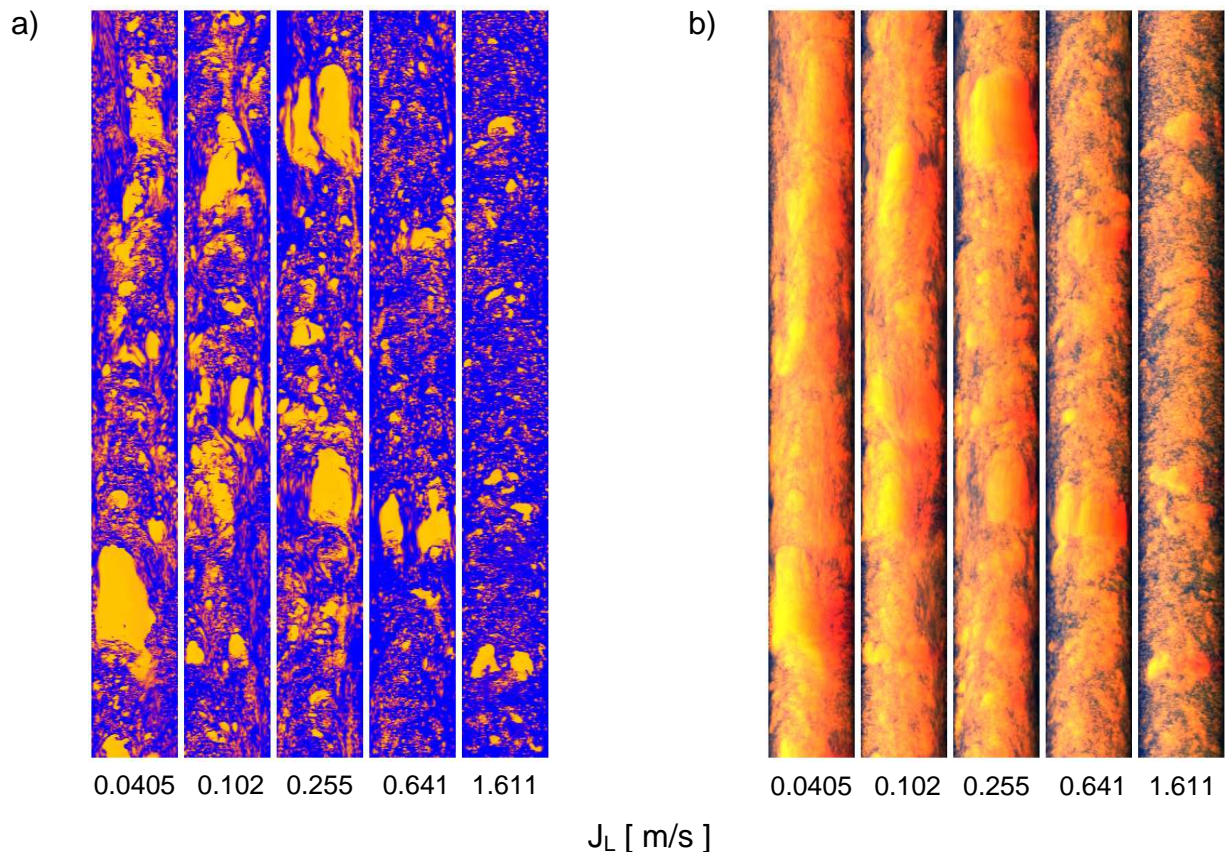


Bild 2-13 a) Ansicht des Zentralschnitts und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung bei Messreihe III ( $J_G = 0,219$  m/s, jeweils bei  $L/D = 39,7$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm). Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1

Modifikationen der Strömungsform entlang der Blasenanstiegshöhe treten nur bei Messpunkten mit höherer Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L > 0,405$  m/s (Messpunkt 117-119) auf. Diese Änderungen werden durch die Blasenverteilung und die virtuellen Seitenansichten der Gasverteilung, wie es am Beispiel des Messpunktes 118 zum Bild 2-6 und Bild 2-7 diskutiert wurde, beschrieben.

Die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit von  $J_G = 0,0096$  m/s der Messreihe IV verursacht unabhängig von den Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten ( $0,0405$  m/s  $\leq J_L \leq 1,611$  m/s) oder der Blasenanstiegshöhe bei allen Messpunkten, eine Blasenströmung ohne Übergang zu einer turbulent-aufgewühlte Strömung (Bild 2-14).

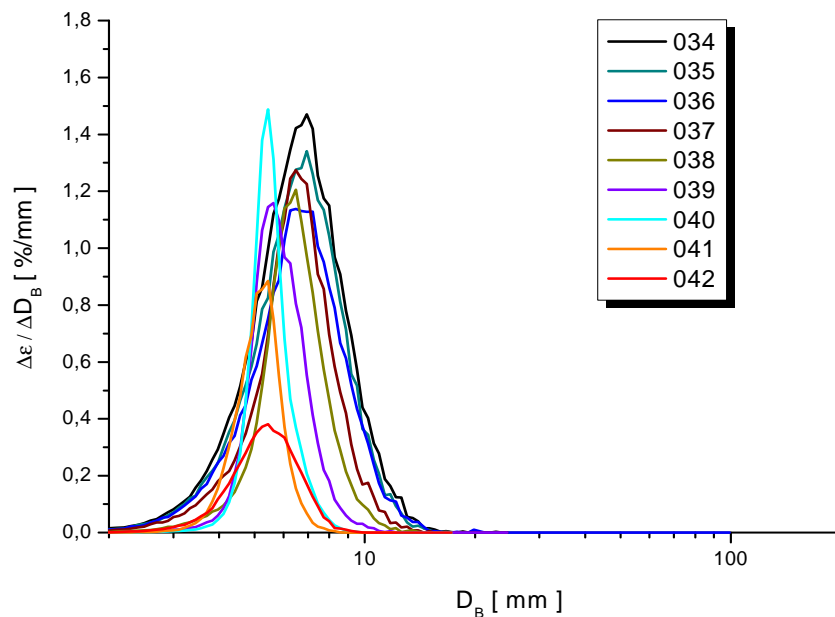


Bild 2-14 Monomodale Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_L$  (Messreihe IV,  $J_G = 0,0096$  m/s, jeweils bei  $L/D = 39,7$ )

### 2.1.6 Zusammenfassung der beobachteten Strömungsformen

An Hand der Ergebnisse lässt sich die Messmatrix in Regionen unterschiedlicher Strömungsformen einteilen (Tabelle 5). Während im linken Bereich der Matrix die Blasenströmung bei eher geringem  $J_G$  vorherrscht, tritt im mittleren und rechten Bereich verstärkt die turbulent-aufgewühlte und ausschließlich am rechten Rand der Matrix die Ringstrahlenströmung auf. Nur bei den Messpunkten 094-107 sowie 117-119 und beim Messpunkt 151 ändert sich die Strömungsform auch entlang der Blasenanstiegshöhe. So ändert sich die Strömungsform bei den Messpunkten 094-107 sowie 117-119 von der Blasenströmung im Bereich von  $L/D = 1,1$  zur turbulent-aufgewühlten Strömung bei  $L/D = 39,9$ .

Am Messpunkt 151 werden bei  $L/D = 1,1$  Gasstrukturen mit einem kugeläquivalenten Durchmesser von  $D_B > 500$  mm nachgewiesen. Diese entstehen jedoch nicht als Folge der Ausbildung einer Ringstrahlenströmung, sondern ausschließlich als Resultat der Randeinspeisung des Gases. Im Rohrzentrum bilden sich bei  $L/D = 1,1$  keine für die Ringstrahlenströmung typischen Gasstrukturen.

Tabelle 5 Messmatrix, farblich unterteilt in Regionen der vorherrschenden Strömungsformen. Farblich unterlegte Messpunkte: Änderung der Strömungsform entlang des Blasenaufstieges.

		Leerrohrgeschwindigkeit der Gasphase $J_G$ [ m/s ]																				
		0.0025	0.0040	0.0062	0.0096	0.0151	0.0235	0.0368	0.0574	0.0898	0.140	0.219	0.342	0.534	0.835	1.305	2.038	3.185	4.975	7.772	12.14	18.97
Leerrohrgeschwindigkeit der flüssigen Phase $J_L$ [ m/s ]	4.047	011	022	033	044	055	066	077	088	099	110	121	132	143	154	165	176	187	198	209	220	231
	2.554	010	021	032	043	054	065	076	087	098	109	120	131	142	153	164	175	186	197	208	219	230
	1.611	009	020	031	042	053	064	075	086	097	108	119	130	141	152	163	174	185	196	207	218	229
	1.017	008	019	030	041	052	063	074	085	096	107	118	129	140	151	162	173	184	195	206	217	228
	0.641	007	018	029	040	051	062	073	084	095	106	117	128	139	150	161	172	183	194	205	216	227
	0.405	006	017	028	039	050	061	072	083	094	105	116	127	138	149	160	171	182	193	204	215	226
	0.255	005	016	027	038	049	060	071	082	093	104	115	126	137	148	159	170	181	192	203	214	225
	0.161	004	015	026	037	048	059	070	081	092	103	114	125	136	147	158	169	180	191	202	213	224
	0.102	003	014	025	036	047	058	069	080	091	102	113	124	135	146	157	168	179	190	201	212	223
	0.0641	002	013	024	035	046	057	068	079	090	101	112	123	134	145	156	167	178	189	200	211	222
	0.0405	001	012	023	034	045	056	067	078	089	100	111	122	133	144	155	166	177	188	199	210	221

Blasenströmung

Turbulent-aufgewühlte Strömung

Ringstrahlenströmung



## 2.2 Plausibilität der integralen Gasgehaltswerte

### 2.2.1 Driftgeschwindigkeit zur Validierung experimenteller Ergebnisse

Mit Hilfe der beiden übereinander positionierten Gittersensoren wird die Gasgeschwindigkeit durch Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktionen aus den Zeitverläufen der lokalen momentanen Gasgehaltsanteile an gleichen Gitterpunkten der Messebene beider Sensoren bestimmt (Kapitel 1.5.3). Die so ermittelten radialen Profile der Gasgeschwindigkeit sind lokale Mittelwerte für die Geschwindigkeit aller Blasen. Zusätzlich zur Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Blasen von der radialen Position ist aber auch eine Abhängigkeit von der Blasengröße zu erwarten. Diese könnte bei einer Auswertung zwar prinzipiell berücksichtigt werden, allerdings wäre dann die statistische Unsicherheit zu groß. Für eine zuverlässige Ermittlung von Gasgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Radius und von der Blasengröße wären deutlich höhere Messzeiten erforderlich.

Die im Kapitel 1.7 diskutierten Abweichungen der aus den Messungen abgeleiteten Gasvolumenstromdichten von den entsprechenden Vorgabewerten resultieren sowohl aus Fehlern der gemessenen Gasgehalte als auch der Geschwindigkeiten. Da davon ausgegangen werden kann, dass die größeren Fehler bei der Geschwindigkeitsmessung liegen, werden im Folgenden theoretisch zu erwartende Gasgehalte auf Basis von in der Literatur verfügbaren Korrelationen zur Driftgeschwindigkeit ermittelt und mit den Messwerten verglichen.

Aus der Definition der Driftgeschwindigkeit

$$U_D = U_G - J = J_G / \varepsilon - (J_G + J_L) \quad (2.39)$$

mit den Volumenstromdichten (= Leerrohrgeschwindigkeiten)  $J$  folgt für den Gasgehalt unmittelbar:

$$\varepsilon = \frac{J_G}{J_G + J_L + U_D} \quad (2.40)$$

Für die Plausibilitätsüberprüfung werden drei verschiedene Annahmen für die Driftgeschwindigkeit herangezogen:

- a) ein konstanter Wert  $U_D = 0,235$  m/s, der für Einzelblasen mit einem Äquivalenzdurchmesser von ca. 6,5 mm gilt, aber typisch für Blasen in einem Größenbereich von ca. 4 mm bis 10 mm ist,
- b) ein „experimenteller“ Wert, der nach Gleichung (2.39) aus den Messwerten für den jeweils (1 mm und 4 mm Bohrungen) größten Abstand zwischen Gaseinspeisung und Messebene berechnet wird, und
- c) ein „gewichteter“ Wert, der sowohl die gemessenen radialen Gasgehaltsprofile als auch die Blasengrößenverteilungen berücksichtigt (s. Kapitel 2.2.2).

Die so berechneten Gasgehaltswerte werden zusammen mit den gemessenen Werten in Abhängigkeit des Abstandes zwischen Gaseinspeisung und der Messebene im Anhang I ab Seite 101 dargestellt.

Eine Abhängigkeit des Gasgehalts von L/D tritt einerseits auf Grund des veränderlichen Drucks und andererseits auf Grund einer Veränderung der Driftgeschwindigkeit auf. Für die Vergleiche a) und b) wird nur der erste Effekt berücksichtigt. Dafür wird die Druckabhängigkeit der Gasvolumenstromdichte berücksichtigt:

$$J_G(p) = J_{G,Soll} \frac{p_{Soll}}{p}, \quad (2.41)$$

wobei  $p$  der gemessene Druck in Sensornähe (an der Druckmessstelle PI4-07.1),  $p_{Soll}$  der Druck an der Einspeisung (0,25 MPa) und  $J_{G,Soll}$  der jeweilige Volumenstrom entsprechend der Messmatrix, Kapitel 1.3, ist.

Daraus resultiert eine annähernd lineare Zunahme des Gasgehalts über die Rohrhöhe. Der Gradient ist dabei für große L/D bei beiden Methoden meist in guter Übereinstimmung mit den experimentellen Werten. Im Fall a) zeigt sich jedoch eine Verschiebung zwischen experimentellen und berechneten Kurven. Diese wird durch den Bezug auf den experimentellen Wert für das maximale L/D-Verhältnis (Annahme b) vermieden. Dennoch gibt es deutliche Abweichungen im Bereich kleiner L/D, die auf Einlaufeffekte, d.h. auf die begrenzte Gültigkeit der Annahme des konstanten Wertes für die Driftgeschwindigkeit, zurückzuführen sind. Um diese genauer zu untersuchen, wurden die „gewichteten Driftgeschwindigkeiten“ entsprechend Annahme c) genutzt. Deren Berechnung ist im folgenden Kapitel genauer beschrieben.

## 2.2.2 Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten

Das Drift-Flux-Modell beruht auf der Annahme, dass die querschnittsgemittelte (eindimensionale) Driftgeschwindigkeit durch zwei wesentliche Effekte verursacht wird:

- Unterschiede im radialen Gasgehalts- und Gasgeschwindigkeitsprofil beeinflussen die mittlere Gasgeschwindigkeit. Dieser Effekt wird durch einen s. g. Profilmfaktor  $C_0$  berücksichtigt.
- Geschwindigkeitsunterschiede zwischen den Phasen an einem festen Punkt der Strömung, die im Wesentlichen von den Blasengrößen und der Blasendichte (Schwarmeffect) abhängen. Das wird durch die lokale Driftgeschwindigkeit  $U_{GL}$  berücksichtigt.

Die querschnittsgemittelte Driftgeschwindigkeit wird dementsprechend nach:

$$U_D = U_G - J = (C_0 - 1)J + \bar{U}_{GL} \quad (2.42)$$

berechnet.

Zur Bestimmung der Parameter  $C_0$  und  $U_{GL}$  wird zunächst die querschnittsgemittelte Gasgeschwindigkeit betrachtet. Diese ergibt sich entsprechend

$$\bar{U}_G = \frac{2}{\langle \varepsilon \rangle \cdot R^2} \int_0^R u_G(r) \cdot \varepsilon(r) r dr \quad (2.43)$$

mit dem über den Rohrquerschnitt gemittelten Gasanteil

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{2}{R^2} \int_0^R \varepsilon(r) \cdot r dr \quad (2.44)$$

Die lokale Gasgeschwindigkeit  $u_G(r)$  hängt nun wiederum von den dort vorliegenden Blasengrößen und dem Schwarmeinfluss ab. Betrachtet man diskrete Blasengrößenverteilungen durch Einführung von Blasengrößenklassen  $i$ , folgt damit die Geschwindigkeit:

$$\bar{U}_G = \frac{2}{\langle \varepsilon \rangle \cdot R^2} \int_0^R \sum_i (u_{G,i}(r) \cdot \varepsilon_i(r)) r dr \quad (2.45)$$

Die orts- und blasengrößenabhängige Gasgeschwindigkeit  $u_{G,i}(r)$  könnte prinzipiell aus den experimentellen Daten ermittelt werden, jedoch ist dafür die Statistik nicht ausreichend. Daher wird die Geschwindigkeit zunächst unter Berücksichtigung der lokalen Driftgeschwindigkeit der Blasenklasse  $i$  und der lokalen Volumenstromdichte  $j$  durch:

$$u_{G,i}(r) = j(r) + u_{D,i}^{\text{lokal}} \quad (2.46)$$

beschrieben. Aus Gleichung (2.45) und (2.46) folgt:

$$\bar{U}_G = \frac{2}{\langle \varepsilon \rangle R^2} \int_0^R j(r) \cdot \varepsilon(r) r dr + \frac{2}{\langle \varepsilon \rangle R^2} \int_0^R \sum_i (u_{D,i}^{\text{lokal}} \cdot \varepsilon_i(r)) r dr$$

Durch Einführung der Parameter  $C_0$  und  $U_{G1}$  entsprechend Gleichung (2.42) ergibt sich:

$$\bar{U}_G = C_0 J + \bar{U}_{G1} \quad (2.47)$$

mit

$$C_0 = \frac{2}{\langle \varepsilon \rangle R^2 \langle j \rangle} \int_0^R j(r) \cdot \varepsilon(r) r dr \quad (2.48)$$

und

$$\bar{U}_{G1} = \frac{2}{\langle \varepsilon \rangle R^2} \int_0^R \sum_i (u_{D,i}^{\text{lokal}} \cdot \varepsilon_i(r)) r dr \quad (2.49)$$

Für die Berechnung der Parameter  $C_0$  und  $\bar{U}_{G1}$  sind bei Kenntnis der experimentellen Werte des Gasanteils  $\varepsilon(r)$ , die Leerrohrgeschwindigkeit des Zweiphasengemisches  $j(r)$  und die lokale Driftgeschwindigkeit der Blasenklasse  $i$   $u_{D,i}^{lokal}$  zu ermitteln.

➤ *Berechnung der lokalen Driftgeschwindigkeit der Blasenklasse  $i$   $u_{D,i}^{lokal}$*

Die lokale Driftgeschwindigkeit der Blasenklasse  $i$  kann näherungsweise aus der Aufstiegsgeschwindigkeit der Einzelblase, ihrer entsprechenden Größe und einem Schwarmfaktor,

$$f_{\text{Schwarm}}(r) = (1 - \varepsilon(r))^{0.25}, \quad (2.50)$$

berechnet werden:

$$u_{D,i}^{lokal} = (1 - \varepsilon(r)) u_{\text{terminal},i} \cdot f_{\text{Schwarm}}(r). \quad (2.51)$$

Die Aufstiegsgeschwindigkeit der Einzelblase ergibt sich aus dem Widerstandsbeiwert  $C_D$  nach:

$$u_{\text{terminal},i} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{D_B \cdot g}{C_D}}. \quad (2.52)$$

Der Widerstandsbeiwert  $C_D$ , der für Einzelblasen größer als 2,6 mm ist, lässt sich mit Hilfe der Eötvös-Zahl:

$$Eo = \frac{g(\rho_f - \rho_B) D_B^2}{\sigma} \quad (2.53)$$

unter Verwendung der Korrelation (u.a. Sokolichin, 2004):

$$C_D = \frac{0,622}{\frac{1}{Eo} + 0,235} \text{ berechnen.} \quad (2.54)$$

➤ *Berechnung der lokalen Volumenstromdichte  $j(r)$*

Die lokale Volumenstromdichte ergibt sich entsprechend:

$$j(r) = j_L(r) + j_G(r) = u_L(r)(1 - \varepsilon(r)) + u_G(r)\varepsilon(r). \quad (2.55)$$

Der Wert für die Liquidgeschwindigkeit  $u_L(r)$  ist unbekannt. Daher wird er aus dem gemessenen radialen Profil der Gasgeschwindigkeit berechnet. Die dafür benötigte Relativgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Rohrradius ergibt sich entsprechend:

$$u_{\text{rel}}(r) = \frac{f_{\text{Schwamm}}(r)}{\varepsilon(r)} \sum_i (\varepsilon_i(r) \cdot u_{\text{terminal},i}(r)) \quad (2.56)$$

Da diese Berechnungsmethode nur eine Näherung darstellt, wird zur Gewährleistung der Massenerhaltung noch ein Korrekturfaktor  $K$  eingeführt. Das radiale Profil der Flüssigkeitsgeschwindigkeit wird dann nach:

$$u_L(r) = (u_G(r) - u_{\text{rel}}(r)) \cdot K \quad (2.57)$$

berechnet. Mit der über den Rohrquerschnitt integrierten Leerrohrgeschwindigkeit des Wassers:

$$J_L = \frac{2}{R^2} \int_0^R u_L(r) \cdot (1 - \varepsilon(r)) r dr = \frac{2}{R^2} \int_0^R (u_G(r) - u_{\text{rel}}(r)) \cdot K (1 - \varepsilon(r)) r dr \quad (2.58)$$

ergibt sich für den Korrekturfaktor:

$$K = \frac{J_L R^2}{2 \int_0^R (u_G(r) - u_{\text{rel}}(r)) (1 - \varepsilon(r)) r dr} \quad (2.59)$$

Mit den Gleichungen (2.42) bis (2.59) kann nun die Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeit für alle Messungen, bei denen die Messwerte der Gasgeschwindigkeit für alle radialen Positionen vorliegen, erfolgen.

Für alle Messpunkte, bei denen die Gasgeschwindigkeit im Zentrum des Rohres auf Grund fehlender Blasen nicht bestimmt werden konnte, wurde für die Berechnung der Gleichung (2.59) ein konstanter Wert der Gasgeschwindigkeit für die fehlenden radialen Positionen angenommen. Dieser Wert wird aus den Gasgeschwindigkeiten gebildet, die an den radialen Position  $r_i$ ,  $r_{i-1}$  und  $r_{i+1}$  gemessen wurden. Hierbei ist  $r_i$  der Radius, bei dem noch 1 % des maximalen radialen Gasgehalts  $\varepsilon(r)$  nachzuweisen ist.

Es ist zu beachten, dass die verwendeten gemessenen Gasgehaltsprofile und Blasengrößenverteilungen als normierte Verteilungen verwendet werden, d.h. die gemessenen Absolutwerte haben kaum Einfluss auf die Ergebnisse.

### 2.2.3 Interpretation der Entwicklung des Gasgehalts mit zunehmendem L/D

Neben der bereits erwähnten Zunahme des Gasgehalts mit wachsendem L/D auf Grund des sinkenden Druckes ist für viele Messpunkte ein Abknicken der Kurven für kleine L/D nach oben (Bild 2-15 a) oder nach unten (Bild 2-15 b) zu beobachten.

Bei kleinen mittleren Gasgehalten (d. h. Matrixpunkten mit kleinen Gas- und großen Flüssigkeits-Leerrohrgeschwindigkeiten) ist vom sonst annähernd linearen Verlauf des Gasgehalts, eine Erhöhung des Gasgehaltes bei kleinen L/D zu beobachten. Diese resultiert aus der Randeinspeisung der Blasen. Bei geringem Gasgehalt wird das Profil der Flüssigkeitsgeschwindigkeit nur wenig beeinflusst, d. h. im



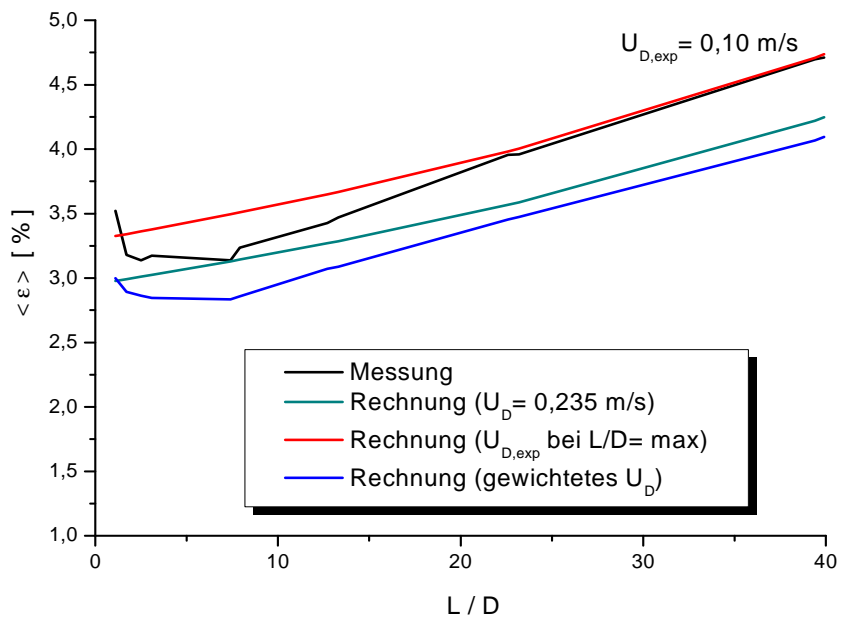
Wandbereich ist die Flüssigkeitsgeschwindigkeit weit geringer als im Zentrum. Mit Annahme einer nur von der Blasengröße abhängigen Relativgeschwindigkeit sind folglich auch die Gasgeschwindigkeit und die querschnittsgemittelte Driftgeschwindigkeit klein. Das führt zu einer Erhöhung des Gasgehalts.

Bei großen Gasgehalten (d. h. Matrixpunkten mit großen Gas- und kleinen Flüssigkeits-Leerrohrgeschwindigkeiten) gibt es hingegen einen erheblichen Einfluss des eingespeisten Gases auf das Profil der Flüssigkeitsgeschwindigkeit. Die Flüssigkeitsgeschwindigkeit am Rand wird erhöht und die Gasgeschwindigkeiten haben ein Maximum am Rand, welches sich mit wachsenden  $L/D$  abflacht. Das ist in den entsprechenden Messwerten für die Gasgeschwindigkeit deutlich zu erkennen. Daher ist die querschnittsgemittelte Driftgeschwindigkeit nahe der Einspeisung groß und der Gasgehalt klein.

Diese Effekte werden durch die Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten, die die o. g. Effekte berücksichtigen, qualitativ richtig wiedergegeben. Da in die Berechnung Messwerte eingehen, gibt es auch eine Abhängigkeit von ihnen. Da die Messwerte im Wesentlichen aber nur für die Wichtung genutzt werden, ist dieser Vergleich trotzdem sinnvoll. Die Entwicklung der mittleren Gasgehalte über die Rohrhöhe kann mit den o. g. Effekten erklärt werden. Allerdings zeigt der Vergleich auch, dass im Bereich der Blasenströmungen offenbar eine systematische Überschätzung des gemessenen Gasgehalts vorliegt.

Eine Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten nach dem oben dargestellten Formalismus erfolgte für alle Messpunkte, obwohl er eigentlich nur für Blasenströmungen gültig ist. Für die Messungen, bei denen eine turbulent-aufgewühlte oder eine Ringstrahlenströmung vorlagen, hat der Vergleich daher nur eingeschränkte Gültigkeit.

a)



b)

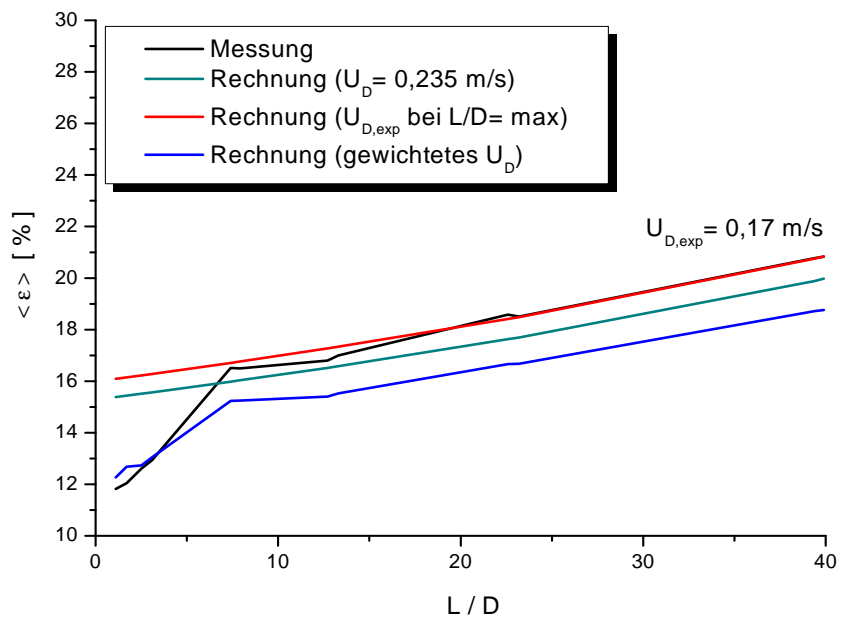


Bild 2-15 Verlauf des gemessenen und des berechneten Gasgehaltes (unterschiedliche Driftgeschwindigkeiten wie in Kapitel 2.2.1 beschrieben) in Abhängigkeit von  $L/D$ . Beispiel für das Abknicken der Kurve im Bereich kleiner  $L/D$  a) nach oben beim Messpunkt 074 mit  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$  und b) nach unten beim Messpunkt 118 mit  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$

## 2.3 Verteilung des Blasendurchmessers

### 2.3.1 Öffnungsdurchmesser der Gaseinspeisung

Das Begasungssystem der vertikalen Teststrecke ermöglicht eine Gaseinspeisung über Bohrungen mit einem Durchmesser von  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  und  $4$  mm, um die Blasengrößenverteilung an der Einspeisung zu variieren. Des Weiteren sind die  $4$  mm großen Öffnungen der Begasungseinrichtung erforderlich, damit bei einer Gas-Leerrohrgeschwindigkeit von  $J_G \geq 2,038$  m/s der notwendige hohe Volumenstrom an Luft realisiert werden kann (Kapitel 1.3). Um die Reichweite des Einflusses des Öffnungsdurchmessers auf die sich bildende Blasendurchmesserverteilung bei maximalen Verhältnis von  $L/D$  beurteilen zu können, werden im Folgenden die dafür notwendigen experimentellen Ergebnisse vorgestellt.

Im Bild 2-16 sind die Blasengrößenverteilungen für unterschiedliche Bohrungsdurchmesser der Teststreckenhöhe  $R$  ( $L/D = 39,9$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm) und  $Q$  ( $L/D = 39,7$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm) für Messpunkte der Messreihe I dargestellt. Während sich signifikante Abweichungen zwischen den Verteilungen bei geringen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten ( $J_G$  bis maximal  $0,015$  m/s) zeigen, verschwinden diese ab einem Wert von  $J_G = 0,14$  m/s (Messpunkt 107) vollständig. Für vorangegangene vergleichbare Experimente ( $D_{\text{Öffnung}} = 0,8$  und  $6$  mm,  $J_L = 1,02$  m/s,  $L/D = 39,2$ ) wurde ein Grenzwert von  $J_G > 0,2$  m/s angegeben, ab dem bei maximaler Teststreckenlänge keine signifikante Änderung der Blasengrößenverteilung für die verschiedenen Einspeisedurchmesser zu beobachten ist (Prasser 2002).

Im Gegensatz zur Messreihe I treten bei der Messreihe II Differenzen in den Verteilungen nur bis zu einer Gas-Leerrohrgeschwindigkeit von  $J_G = 0,0151$  m/s auf und verschwinden fast vollständig ab einer Geschwindigkeit von  $J_G \geq 0,0368$  m/s (Bild 2-17). Steigt die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit weiter an, kann somit von einer Gleichverteilung der Blasengröße bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern ( $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm und  $4$  mm bei maximalem  $L/D$ ) ausgegangen werden.

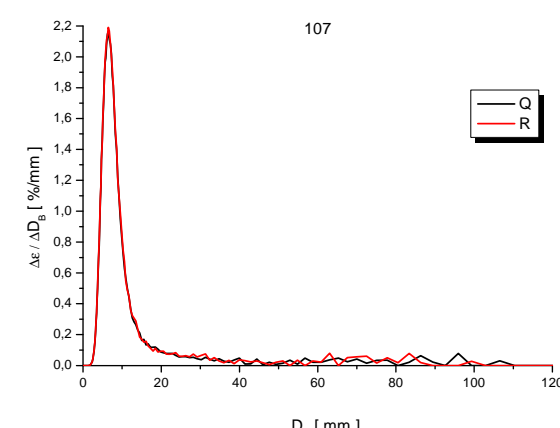
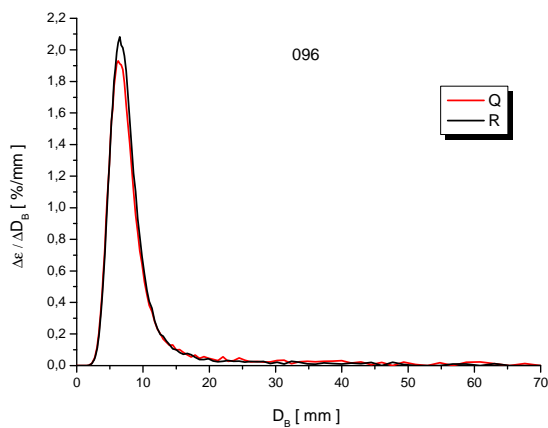
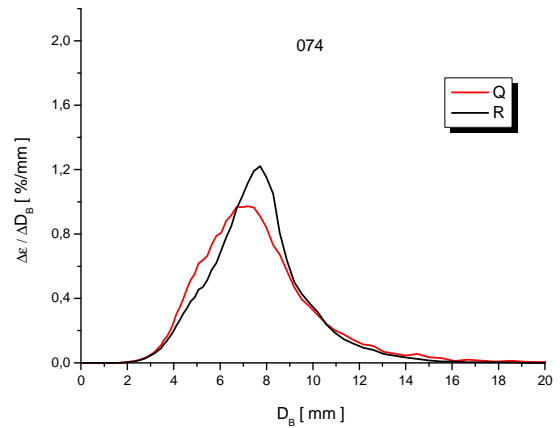
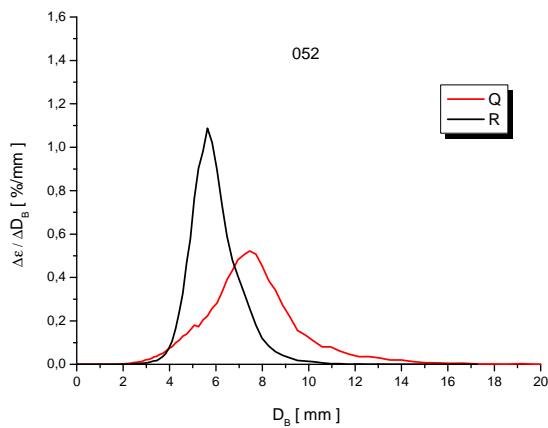
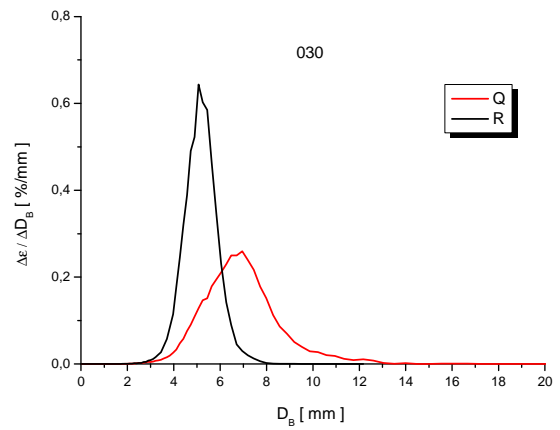
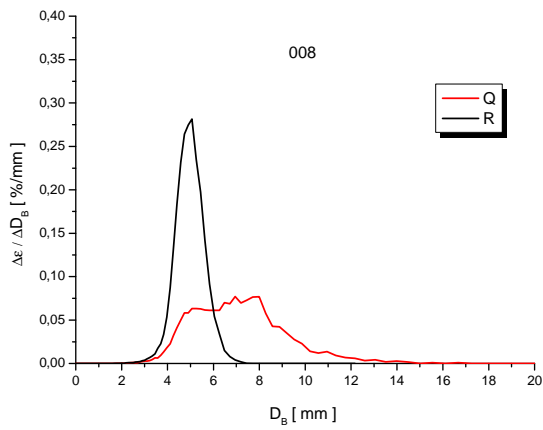


Bild 2-16 Blasengrößenverteilungen bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der Begasungseinrichtung (Teststreckenhöhe R bei  $L/D = 39,9$  mit  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$  und Q bei  $L/D = 39,7$  mit  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ ) sowie für verschiedene Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_G$  von  $0,0025 \text{ m/s}$  für Messpunkt 008 bis  $J_G = 0,14 \text{ m/s}$  für Messpunkt 107 (Messreihe I)

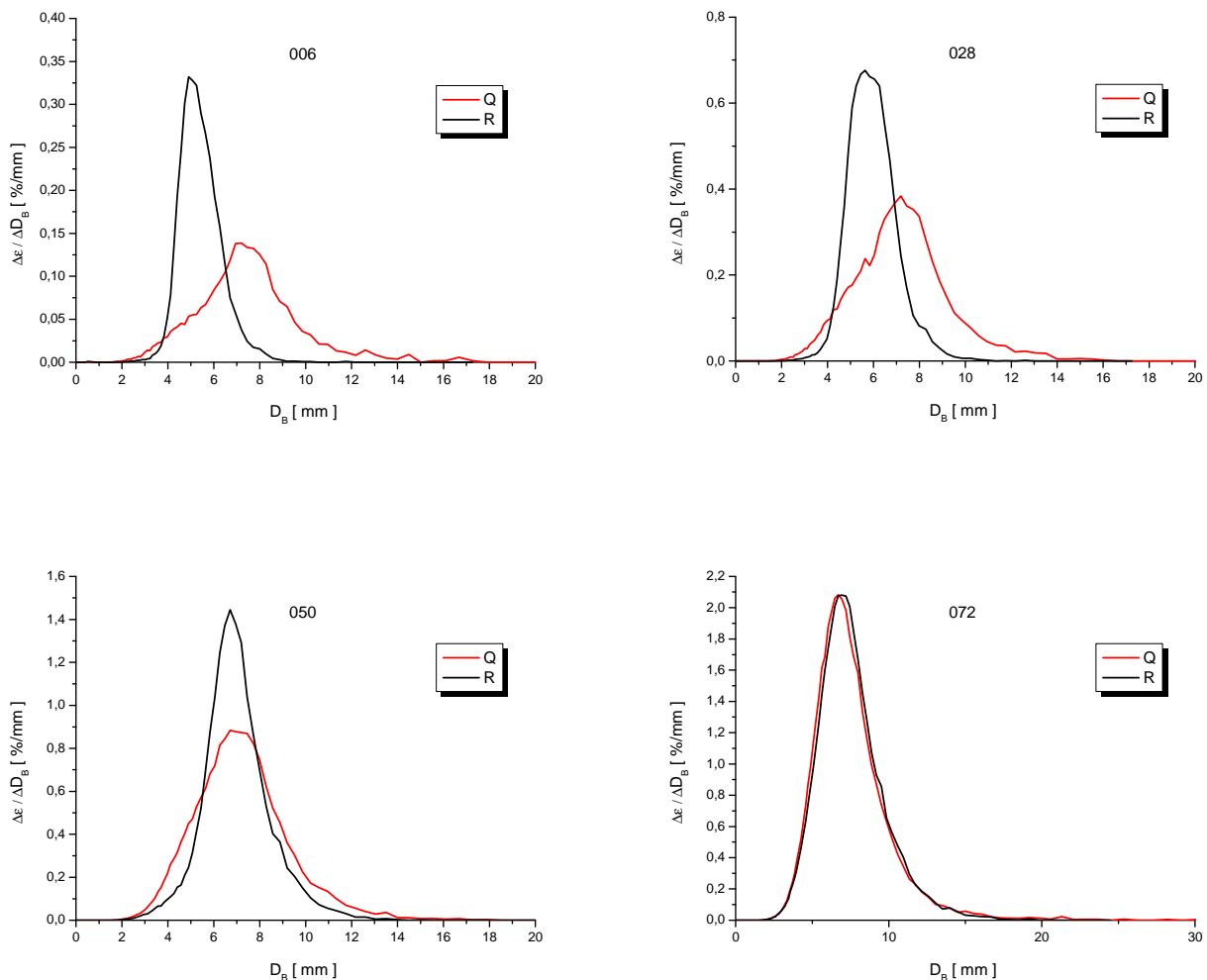


Bild 2-17 Blasengrößenverteilungen bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der Begasungseinrichtung (Teststreckenhöhe R bei  $L/D = 39,9$  mit  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm und Q bei  $L/D = 39,7$  mit  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm), sowie für verschiedene Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_G$  von  $0,0025$  m/s für Messpunkt 006 bis  $J_G = 0,0368$  m/s für Messpunkt 072 (Messreihe II)

### 2.3.2 Mittelwerte der Blasengrößenverteilung

Zur Charakterisierung der Blasengrößenverteilung ist die Einführung von Mittelwerten sinnvoll, um vergleichende Aussagen zur Änderung der Blasengröße bei Variation der Betriebsbedingungen oder beim Blasenauftieg treffen zu können. Im Gegensatz zum einfachen arithmetischen Mittelwert reagiert der Medianwert einer Verteilung gegenüber Ausreißern wesentlich robuster und soll im Folgenden neben dem Modalwert im Wesentlichen für die Beschreibung der mittleren Blasengrößen verwendet werden.

Aus den Blasengrößenverteilungen der Messreihen I-IV, wie sie im Kapitel 2.1 vorgestellt sind, lassen sich charakteristische Mittelwerte bestimmen (Stieß 1994):

⇒ Der *Medianwert*  $D_{50}$  ist diejenige Blasengröße, unterhalb derer 50 % aller Blasengrößen liegen.

⇒ Der *Modalwert*  $D_M$  liegt beim Maximum der Größenverteilung.

Treten bei der Zweiphasenströmung breite Verteilungen mit einem  $D_{B,max} > 50$  mm auf, so werden im Folgenden zwei Medianwerte für einen definierten Blasengrößenbereich angegeben:

- $2,5 \text{ mm} < D_B \leq 50 \text{ mm} = D_{50,1}$
- $50 \text{ mm} < D_B \leq 500 \text{ mm} = D_{50,2}$

Die Medianwerte  $D_{50,1}$  und  $D_{50,2}$  werden aus der Verteilungsfunktion (Verteilungssumme):

$$Q(D_B) = \int_{D_{B,min}}^{D_B} q(D_B) dD_B \quad \text{mit } Q(D_{B,max}) = 1 \quad (2.60)$$

berechnet. Beispielgebend sind im Bild 2-18 die Verteilungsfunktionen  $Q$  der Messreihe III und die Ermittlung der Medianwerte dargestellt. Blasengrößen oberhalb von  $D_B = 500$  mm fließen bei allen Messreihen generell nicht in die Berechnung des Medianwertes  $D_{50,2}$  ein, da für diesen Größenbereich keine statistisch gesicherte Verteilung vorliegt.

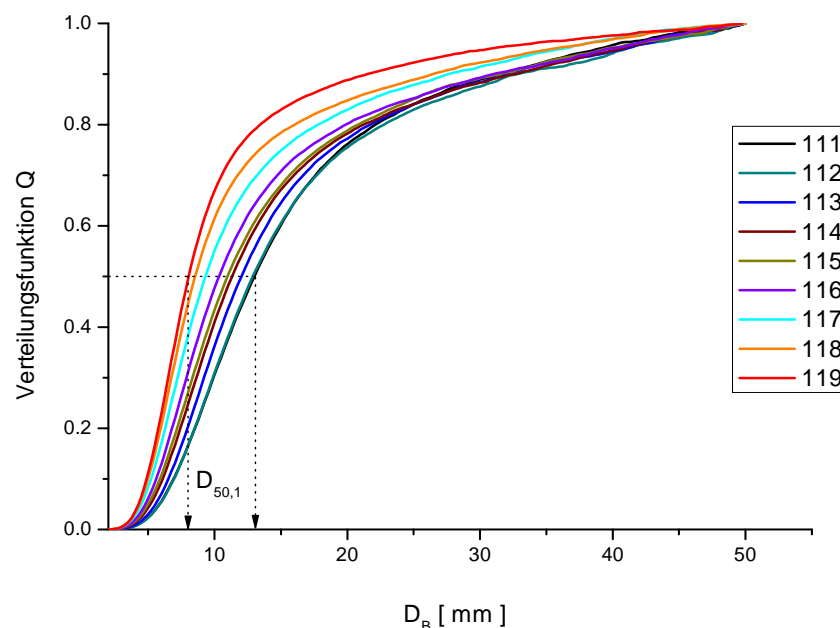


Bild 2-18 Aus der Verteilungsfunktion (Verteilungssumme) wird der Medianwert  $D_{50,1}$  bei  $Q = 0,5$  ( $\pm 0,02$ ) für unterschiedliche Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_L$  der Messreihe III mit  $J_G = 0,219$  m/s und  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm bei maximalem  $L/D$  bestimmt. Der resultierende Medianwert  $D_{50,1}$  liegt zwischen 8,0 mm für Messpunkt 119 und 13 mm für Messpunkt 111

Der Modalwert  $D_M$  als Maximum der Blasengrößenverteilung wird für alle Messpunkte ausschließlich für den Größenbereich  $2,5 \text{ mm} < D_B < 50 \text{ mm}$  angegeben. Im Bereich  $D_B > 50 \text{ mm}$  ist die Streuung der Maximalwerte der Verteilung auf Grund der geringen Anzahldichte zu hoch, um eine statistisch signifikante Beschreibung durch den Modalwert zu ermöglichen.

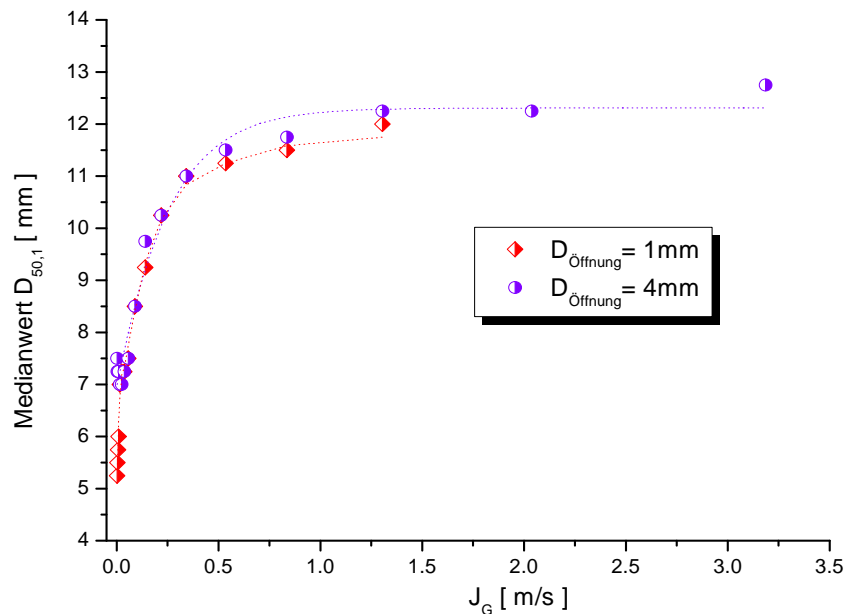


Bild 2-19 Änderung des Medianwertes  $D_{50,1}$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  der Messreihe II bei maximalem Verhältnis  $L/D$  und unterschiedlichen Durchmessern der Bohrungen für die Gaseinspeisung

Für Messreihe II ist im Bild 2-19 die Änderung des Medianwertes  $D_{50,1}$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  aufgetragen. Mit Anstieg von  $J_G$  wird als Folge der zunehmenden Koaleszenz der Blasen, eine Vergrößerung des Medianwertes auf  $D_{50,1} > 12 \text{ mm}$  für beide Bohrungsdurchmesser der Gaseinspeisung nachgewiesen. Während sich der Medianwert im Bereich kleinerer Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten ( $J_G < 0,8 \text{ m/s}$ ) sprunghaft ändert, bleibt er ab einem Wert von  $J_G \approx 1 \text{ m/s}$  nahezu konstant, da eine weitere Erhöhung der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit zur vermehrten Bildung größerer Gasstrukturen im Bereich der Ringstrahlenströmung führt, die nicht durch den Medianwert  $D_{50,1}$  erfasst werden. Zur detaillierten Beschreibung der Abhängigkeit des Medianwertes von  $J_G$  im Bereich kleinerer Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten ist im Bild 2-20 die logarithmische Darstellung gewählt. In Übereinklang mit den vergleichenden Ergebnissen zur Blasengrößenverteilung bei unterschiedlichem Öffnungsdurchmesser  $D_{\text{Öffnung}}$  im Kapitel 2.3.1 zeigt sich nur im Bereich bis  $J_G \leq 0,015 \text{ m/s}$  ein signifikanter Unterschied in der Größe des jeweiligen Medianwertes  $D_{50,1}$ . Aus den Diagrammen im Bild 2-19 und Bild 2-20 sowie in Anlehnung an die im Kapitel 2.1.2 beschriebenen

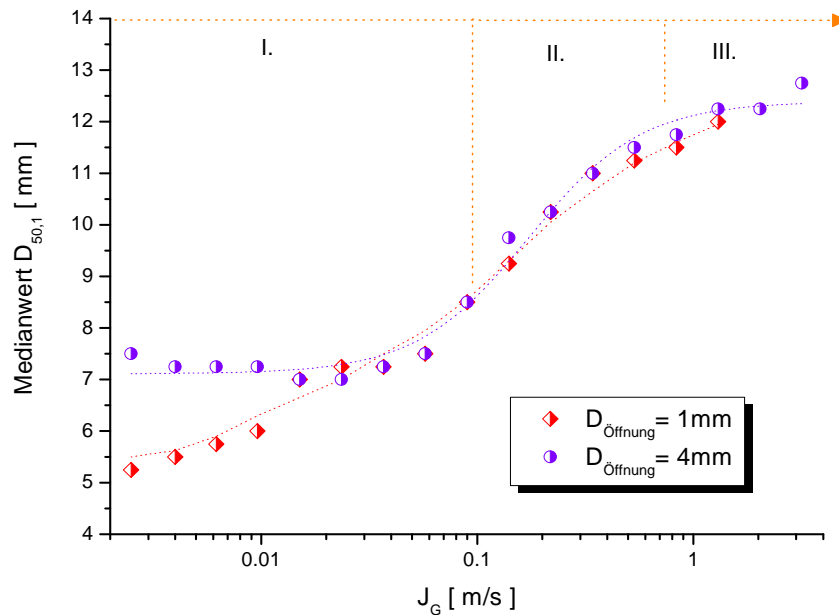


Bild 2-20 Änderung des Medianwertes  $D_{50,1}$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  der Messreihe II ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ) bei maximalem Verhältnis  $L/D$

Kriterien zu den charakteristischen Strömungsformen können die Medianwerte wie folgt zugeordnet werden:

- I) Blasenströmung: ca.  $D_{50,1} = 5 - 8 \text{ mm}$  ( $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )  
ca.  $D_{50,1} = 7 - 8 \text{ mm}$  ( $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )
- II) Turbulent-aufgewühlte Strömung: ca.  $8 \text{ mm} < D_{50,1} < 12 \text{ mm}$
- III) Ringstrahlenströmung: ca.  $D_{50,1} \geq 12 \text{ mm}$

Bei der Messreihe I zeigt die Abhängigkeit des Medianwertes  $D_{50,1}$  von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  einen ähnlichen Verlauf wie bei der Messreihe II (Bild 2-21). Als Folge der höheren Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit und der damit verbundenen Abnahme der Koaleszenz mit gleichzeitiger Zunahme der Fragmentation ( $\varepsilon_{II} > \varepsilon_I$ ) ist er ab ca.  $J_G \geq 0,1 \text{ m/s}$  in etwa 1,2 mm kleiner als der vergleichbare Medianwert bei Messreihe II ( $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ ).



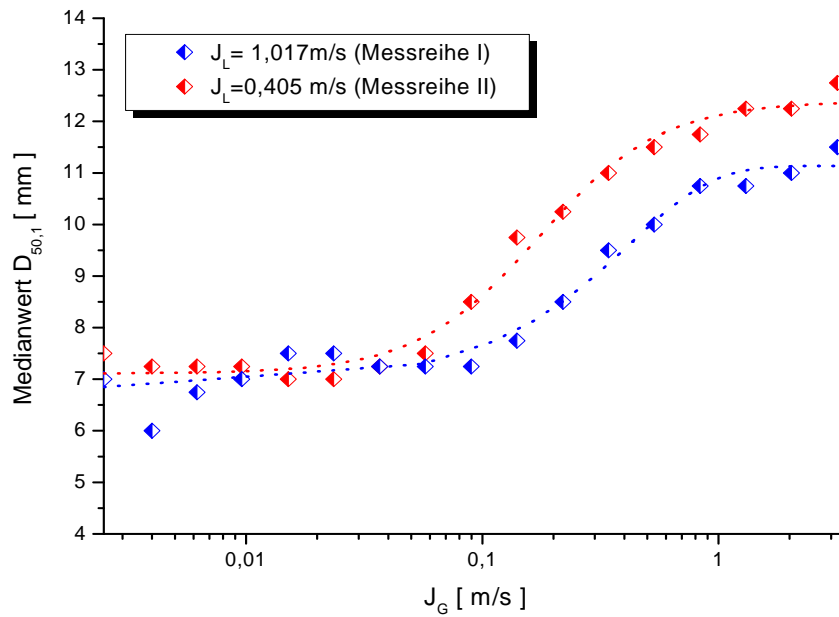


Bild 2-21 Vergleich der Medianwerte  $D_{50,1}$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  für Messreihe I und II bei maximalem Verhältnis  $L/D$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$

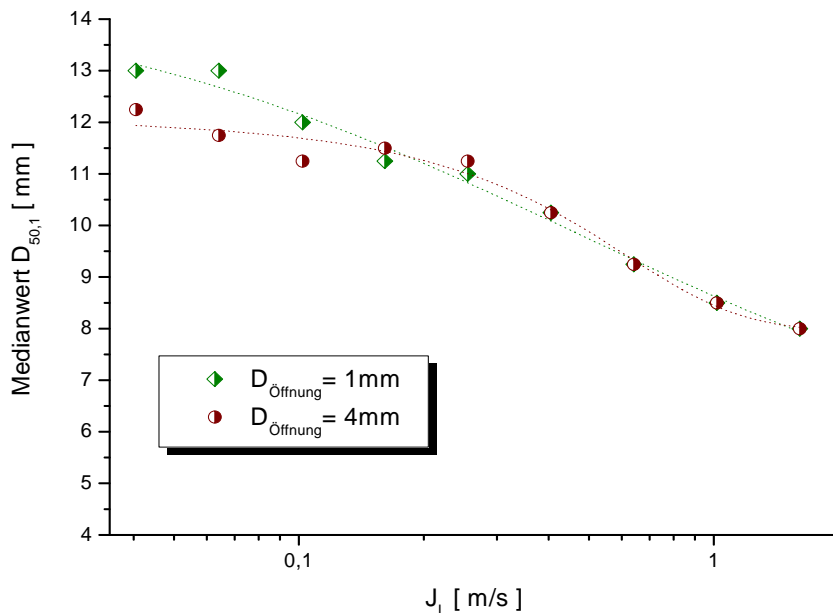


Bild 2-22 Vergleich der Medianwerte  $D_{50,1}$  der Messreihe III ( $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ) in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L$  für unterschiedliche Öffnungsdurchmesser der Begasungseinrichtung  $D_{\text{Öffnung}}$  bei maximalem  $L/D$ .

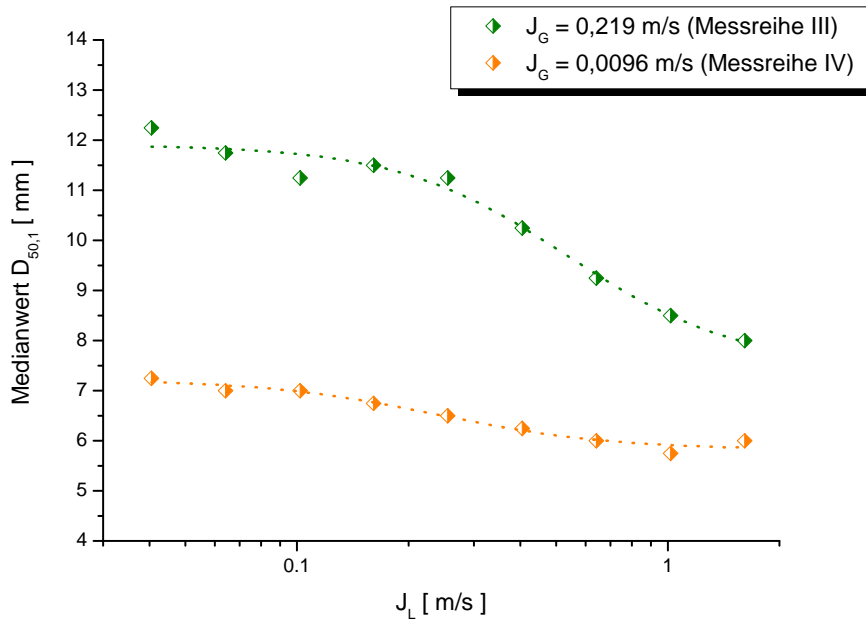


Bild 2-23 Vergleich der Medianwerte  $D_{50,1}$  in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L$  für die Messreihe III und IV bei maximalem Verhältnis  $L/D$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm

Der Einfluss der fluiden Phase auf die Blasengrößenverteilung und des daraus resultierenden Medianwertes  $D_{50,1}$  lässt sich auch an Hand der Medianwerte der Messreihe III (Variation von  $J_L$  bei konstantem  $J_G$ ) beschreiben. Mit Zunahme der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L$  wird die Reduktion des Medianwertes  $D_{50,1}$  beobachtet (Bild 2-22). Dabei sinkt als Folge der Verringerung der Koaleszenz sowie des gleichzeitigen Anstieges der Fragmentation ( $\epsilon_{111} > \epsilon_{119}$ ) bei steigender Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten  $J_L$  der Medianwert von ca.  $D_{50,1} = 12$  mm auf ca.  $D_{50,1} = 8$  mm ( $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm). Der Einfluss des Öffnungsdurchmessers der Begasungseinrichtung auf den sich bildenden Medianwert bei maximalem  $L/D$  begrenzt sich geringfügig auf eine Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit bis maximal  $J_L < 0,1$  m/s. Die Messreihe IV zeigt einen tendenziell ähnlichen Verlauf ( $\epsilon_{036} > \epsilon_{042}$ ), jedoch erwartungsgemäß im Bereich kleinerer Medianwerte von ca.  $6 \text{ mm} \leq D_{50,1} \leq 7,3$  mm (Bild 2-23).

Während bei der Messreihe I & II die turbulent-aufgewühlte Strömung maximale Medianwerte von ca.  $D_{50,1} = 10 - 12$  mm zur Folge hat, bilden sich bei der turbulent-aufgewühlten Strömung der Messreihe III Medianwerte von bis zu  $D_{50,1} = 13$  mm aus. Auf Grund der vergleichsweise geringeren Flüssigleerrohrgeschwindigkeit und der damit verbundenen abnehmenden turbulenten Dispersion, werden die Fragmentationen der Blasen weniger und der Medianwert  $D_{50,1}$  steigt an. Der Übergang zur Ringstrahlenströmung wird jedoch nicht erreicht, da dafür die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit von  $J_G = 0,219$  m/s zu klein ist.

Die Blasenströmung verursacht bei den Messreihen I & II Blasen mit Medianwerten  $D_{50,1}$  von maximal ca. 8 mm. In Übereinstimmung zu diesem Grenzwert stehen die

Ergebnisse der Messreihe IV, wo ein maximaler Medianwert bei  $J_L = 0,0405$  m/s von  $D_{50,1} = 7,2$  mm nachgewiesen werden kann (Bild 2-23) .

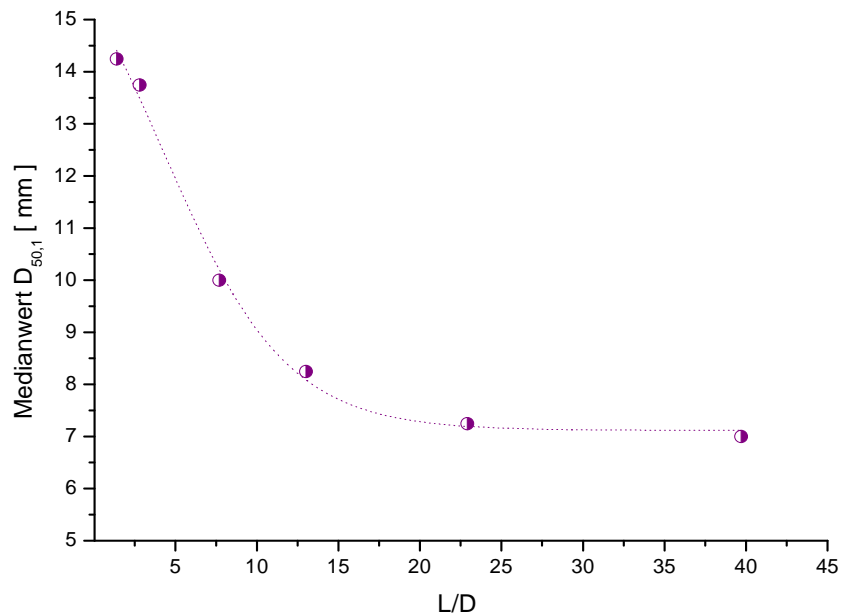


Bild 2-24 Verlauf des Medianwertes  $D_{50,1}$  des Messpunktes 050 ( $J_L = 0,405$  m/s,  $J_G = 0,0151$  m/s) entlang der Aufstiegshöhe bei  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm

Im Bild 2-24 ist die Abhängigkeit des Medianwertes  $D_{50,1}$  an Hand des Messpunktes 050 dargestellt. Es zeigt die stetige Abnahme von  $D_{50,1}$  bei zunehmender Aufstiegshöhe der Blasen als Folge der Turbulenz und der dadurch verursachten Fragmentation. Ab ca.  $L/D \geq 25$  kann keine signifikante Änderung des Medianwertes mehr nachgewiesen werden. Die Abhängigkeit des Medianwertes von der Aufstiegshöhe ist nur für einzelne Messpunkte der Messreihen anzuwenden. Ist die Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G < 0,0151$  m/s, wird die Änderung der Blasengrößenverteilung zu klein, um diese statistisch sicher zu erfassen. Steigt  $J_G$  über  $0,0368$  m/s an, bilden sich im Bereich bis ca.  $L/D \leq 3,1$  bimodale Geschwindigkeitsverteilungen aus, die durch den Medianwert  $D_{50,1}$  statistisch unzureichend genau beschrieben werden.

Die Auswertung der Blasengrößenverteilung mit einem kugeläquivalenten Durchmesser von  $D_B > 50$  mm weist bei allen Messreihen eine Vergrößerung des Medianwertes  $D_{50,2}$  mit steigender Gas- bzw. abnehmender Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit auf. Bei der Messreihe IV entfällt die Auswertung des Medianwertes  $D_{50,2}$ , da keinerlei Gasstrukturen oberhalb eines Blasendurchmessers von  $D_{50,1} > 20$  mm (Bild 2-14) als Folge der geringen Koaleszenz bei relativ kleiner Gas-Leerrohrgeschwindigkeit ( $J_G = 0,0096$  m/s) nachzuweisen sind. In Bild 2-25 ist die Änderung des Medianwertes  $D_{50,2}$  in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L$  für die Messreihe III in logarithmischer Darstellung abgebildet. Während sich bei  $J_L < 0,0405$  m/s große Gasstrukturen mit einem kugeläquivalenten Durchmesser von bis zu ca.  $D_{50,2} = 200$  mm ausbilden, verringert sich die Größe dieser Blasen auf ca.  $D_{50,2} = 80$  mm bei der Steigerung der Fluidgeschwindigkeit auf  $J_L > 1,611$  m/s als Folge der zunehmenden Blasenfragmentation (siehe auch Bild 2-12 und Bild 2-13) .

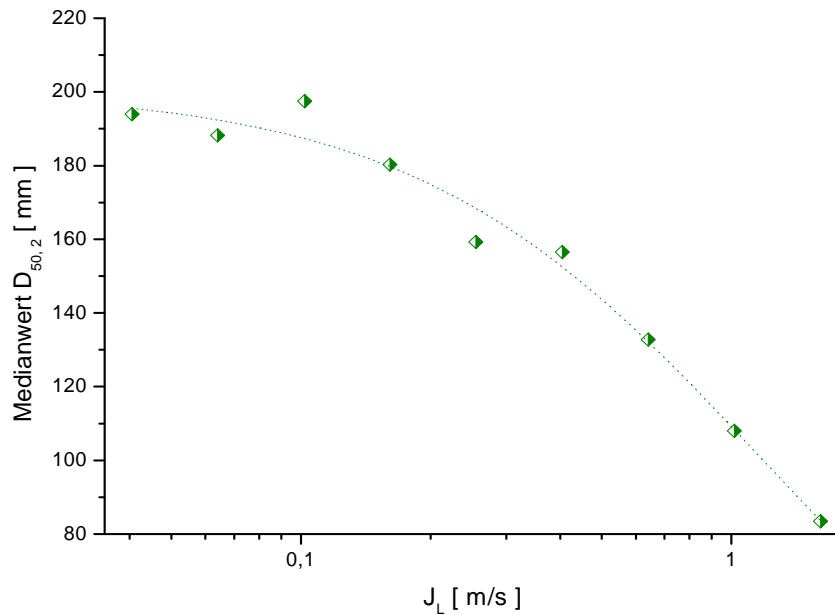


Bild 2-25 Änderung des Medianwertes  $D_{50,2}$  in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_L$  der Messreihe III bei maximalem Verhältnis  $L/D$  und einem  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm

Aus dem Vergleich der Medianwerte  $D_{50,2}$  für den Blasengrößenbereich  $50 \text{ mm} < D_B < 500 \text{ mm}$  der Messreihen I und II lassen sich nach Bild 2-26 zwei wesentliche Effekte ableiten:

- Im Gegensatz zur Änderung des Medianwertes  $D_{50,1}$  (Bild 2-21) folgt mit zunehmender Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  ein nahezu linearer Anstieg von  $D_{50,2}$ .
- Die Medianwerte der Messreihe I sind als Folge der geringeren Koaleszenz und der höheren Fragmentation der Blasen generell kleiner als die der Messreihe II. Die Ursache dafür liegt in der größeren Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_{L,I} > J_{L,II}$  ( $\varepsilon_{II} > \varepsilon_I$ ).

Signifikante Unterschiede zum Verlauf des Medianwertes  $D_{50,2}$  bei einem Öffnungsdurchmesser der Begasungseinrichtung von  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm treten erwartungsgemäß nicht auf.

Der Verlauf des Modalwertes  $D_M$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  ähnelt tendenziell bei allen Messreihen denen des Medianwertes  $D_{50,1}$ . Beispielgebend ist im Bild 2-27 die Änderung des Modalwertes  $D_M$  und des Medianwertes  $D_{50,1}$  der Messreihe II in Abhängigkeit von  $J_G$  aufgetragen. Während sich die Modal- und Medianwerte bis zu einer Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  von ca. 0,05 m/s nur unwesentlich voneinander unterscheiden, treten mit zunehmender Geschwindigkeit  $J_G$  Differenzen zwischen den Mittelwerten von bis zu 2,5 cm auf. Die Ursache für diese Differenz liegt in der Form der Häufigkeitsverteilung.

Ab ca.  $J_G > 0,1$  m/s treten vermehrt Blasen mit einem Durchmesser größer als dem des Modalwertes auf, was zu einer asymmetrischen Blasengrößenverteilung führt. Die resultierende rechts-schiefe Häufigkeitsverteilung, wie sie beispielsweise für den Messpunkt 116 im Bild 2-28 dargestellt ist, verursacht den im Vergleich zum Medianwert  $D_{50,1}$  resultierenden kleineren Modalwert  $D_M$ .

Für alle vier Messreihen ist die Abhängigkeit des Median- und Modalwertes der Blasengrößenverteilung, bei maximalem Verhältnis  $L/D$ , von der Flüssig- bzw. Gas-Leerrohrgeschwindigkeit im Anhang II ab Seite 193 dargestellt.

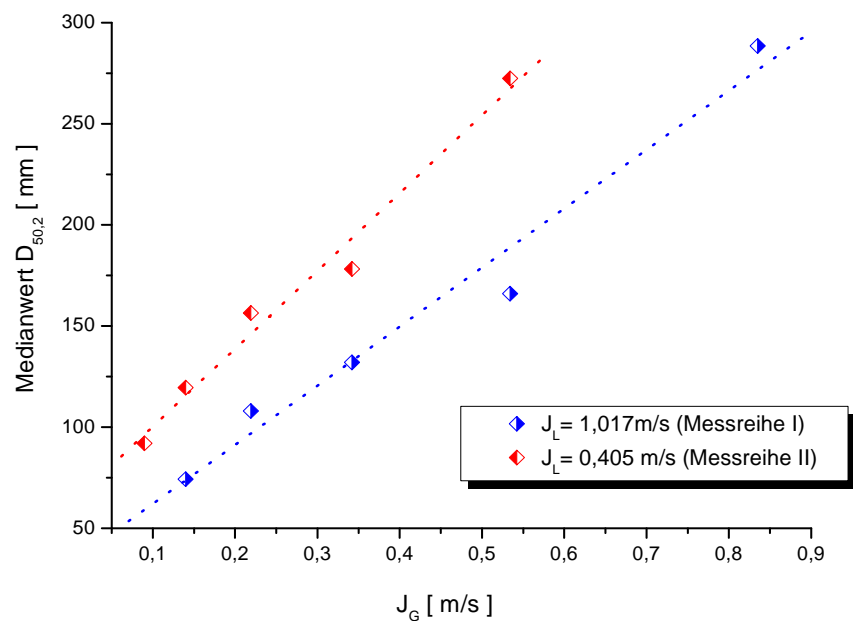


Bild 2-26 Vergleich der Medianwerte  $D_{50,2}$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  für Messreihe I und II bei maximalem Verhältnis  $L/D$ ,  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm

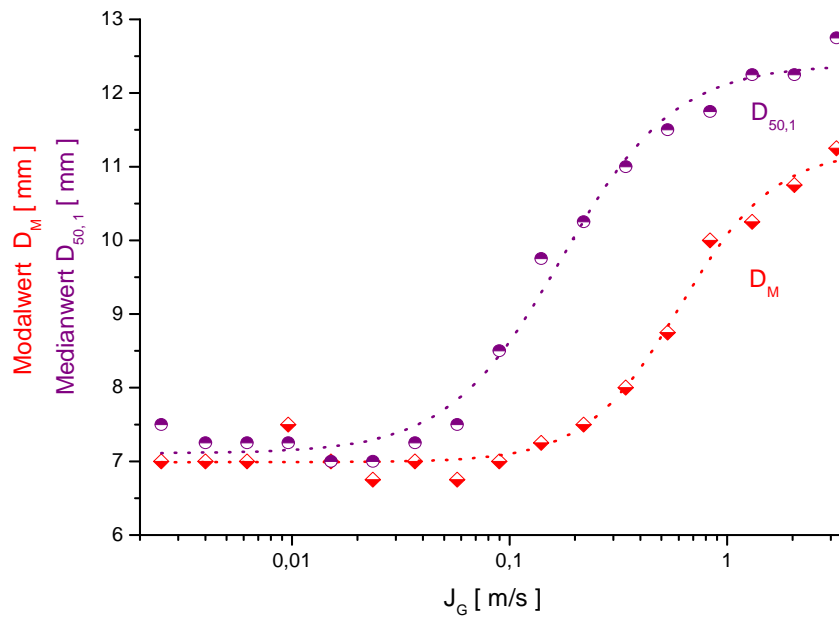


Bild 2-27 Änderung des Modalwertes  $D_M$  und des Medianwertes  $D_{50,1}$  in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit  $J_G$  für Messreihe II bei maximalem Verhältnis  $L/D$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm

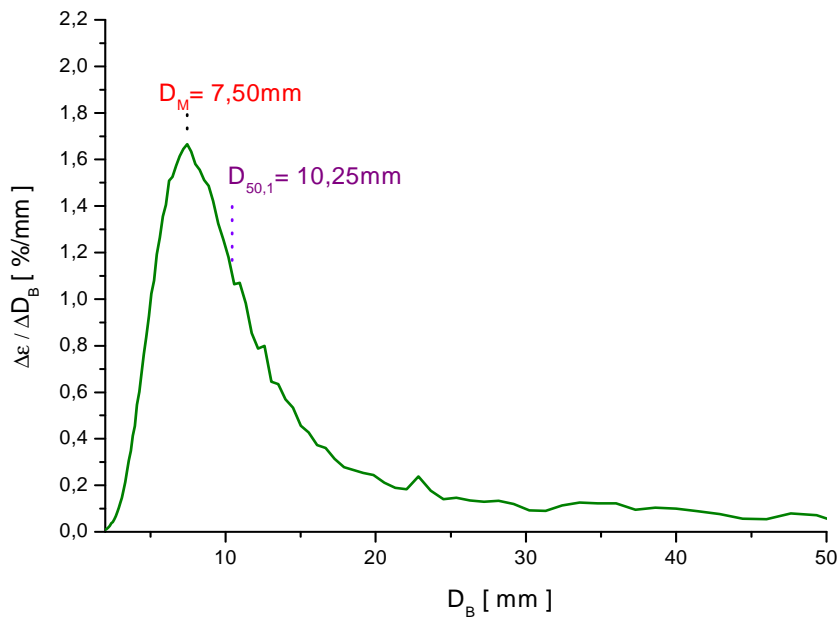


Bild 2-28 Beispiel für eine rechts-schiefe Häufigkeitsverteilung des Blasendurchmessers bis zu  $D_B \leq 50$  mm (Ausschnitt der Verteilung). Messpunkt 116 der Messreihe II bei maximalem Verhältnis  $L/D$  und  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm

### 3. Schlussfolgerungen

Die im Rahmen dieser Versuchsserie erzielten umfangreichen experimentellen Ergebnisse bilden eine hochwertige Datenbasis für Luft-Wasser-Strömungen in einem vertikalen DN200-Rohr, die für die Entwicklung und Validierung von CFD-Modellen, beispielweise bzgl. Blasenkoaleszenz und -fragmentierung, genutzt werden können. Experimentelle Daten liegen sowohl für Blasenströmungen als auch turbulent-aufgewühlte und Ringströmung vor. Besonders interessant ist die Untersuchung der Entwicklung der Zweiphasenströmung über der Rohrhöhe. Aus diesem Grund wurden für jede der 92 betrachteten Kombinationen aus Gas- und Wasser-Volumenstromdichten bis zu 18 Messungen mit variablen Abständen zwischen Gaseinspeisung und Messebene durchgeführt. Dabei wurde im Gegensatz zu früheren Versuchsserien der Druck an der Gaseinspeisestelle konstant auf 0,25 MPa(a) gehalten. Diese Randbedingung bietet den Vorteil, dass die so gemessenen Daten die Entwicklung der Strömung über der Rohrhöhe widerspiegeln, d.h. eine Konfiguration beschreiben, bei der das Gas an einer festen Höhenposition eingespeist wird und die Messungen in verschiedenen darüberliegenden Ebenen erfolgen. Die Wassertemperatur, die einen entscheidenden Einfluss auf Blasenkoaleszenz und -fragmentierung hat, wurde für alle Messungen konstant bei 30 °C gehalten. Die maximale Abweichung betrug 1 K. Die Primärblasengröße wurde variiert, indem Gas durch 1 bzw. 4 mm Öffnungen in der Rohrwand eingepert wurde.

Wesentliche Ergebnisse dieser Messserie sind radiale zeitgemittelte Profile für den Gasgehalt und die Gasgeschwindigkeit sowie zeit- und querschnittsgemittelte Blasengrößenverteilungen. Außerdem liegen blasengrößen- und ortsaufgelöste Gasgehaltsdaten vor. Zur effektiven Auswertung wurden die einzelnen Tests in 4 Messreihen entweder mit konstanter Gas- oder Wasser-Leerrohrgeschwindigkeit gruppiert.

Wie bereits bei früheren Versuchsserien wurden auch in diesem Fall die Strömungsformen analysiert, wobei die Klassifizierung anhand der Blasengröße erfolgte. Um die umfangreichen Blasengrößenverteilungen miteinander vergleichen zu können, wurden Median- und Modalwerte genutzt.

Ein wesentlicher Bestandteil dieser neuen Luft/Wasser-Versuche war die Qualitäts- und Plausibilitätsprüfung der Messdaten. Hierzu wurden zunächst die o.g. radialen Profile und Blasengrößenverteilungen für alle Höhenpositionen eines Messpunkts und eines Öffnungsdurchmessers der Gaseinspeisung verglichen (s. Anhang 1). Es konnte festgestellt werden, dass die Daten einen eindeutigen, widerspruchsfreien Trend bzgl. ihrer Entwicklung mit zunehmendem Abstand von der Gaseinspeisung aufweisen. Weiterhin wurden aus den radialen Gasgehalts- und Geschwindigkeitsverteilungen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten rekonstruiert und mit den Vorgabewerten verglichen, wobei größtenteils eine gute Übereinstimmung erzielt werden konnte. Die Gründe für die systematischen Überschätzungen im Bereich kleiner Gasgehalte werden derzeit noch untersucht.

Zur weiteren Plausibilitätsprüfung wurden Vergleiche des Gasgehaltsverlaufes über der Rohrhöhe mit theoretisch zu erwartenden Kurven durchgeführt. Hierzu wurden mittlere Driftgeschwindigkeiten unter Berücksichtigung der Profileffekte und der

blasengrößenabhängigen Aufstiegsgeschwindigkeit von Einzelblasen bestimmt. Dabei wurden zwar gemessene radiale Gasgehalts-, Geschwindigkeits- und Blasengrößenverteilungen genutzt, diese wurden aber mit ihren integralen Werten normiert, was den Einfluss der Messwerte auf die berechneten Gasgehalte minimiert. Die mittels dieser gewichteten Driftgeschwindigkeiten berechneten Gasgehalte beschreiben den experimentell bestimmten Verlauf über der Rohrhöhe und hierbei besonders die Effekte beim Einlaufen der Zweiphasenströmung gut. Die vor allem bei geringen Gasgehalten auftretenden leichten Überschätzungen der experimentellen Werte werden derzeit ebenfalls noch analysiert.

Zusätzlich zu diesen Ergebnissen enthält der Bericht eine Einschätzung des Einflusses des Bohrungsdurchmessers an der Gaseinspeisung auf die sich einstellende Strömung. Dabei konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass bei Wasserleerrohrgeschwindigkeiten von ca. 0,4 m/s ab einer Gasleerrohrgeschwindigkeit  $> 0,015$  m/s keine Unterschiede in der Blasengrößenverteilung bei maximalem L/D mehr zu finden sind.

Da im Rahmen des laufenden TOPFLOW-II Projektes Messungen mit einem schnellen Röntgentomographen, bei dem keine Strömungsbeeinflussung durch die Messung zu erwarten ist, parallel zum Gittersensor geplant sind, kann anhand eines Vergleiches der Daten beider Messmethoden die Genauigkeit der Gittersensoren besser beurteilt werden. Dadurch ist es eventuell auch möglich, die Ursachen für die Gasgehaltsüberschätzung bei der Messung kleiner Gasgehalte und die festgestellten Abweichungen bei der Rekonstruktion der Gasleerrohrgeschwindigkeiten zu ermitteln.



#### 4. Literaturverzeichnis

1. Baehr, H. D., Stephan, K. (1996). Wärme-Stoffübergang. Springer Verlag, 2. Auflage, Berlin 1996.
2. Beyer, M., Carl, H., Schütz, P., Pietruske, H., Lenk, S. (2004). Betriebshandbuch für die Mehrzweck-Thermohydraulikversuchsanlage TOPFLOW. FZR-405, Juli 2004.
3. Gnotke, O. (2004). Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Bestimmung von veränderlichen Blasengrößen und Blasengrößenverteilungen in turbulenten Gas-Flüssigkeits-Strömungen. Dissertation am Fachbereich Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt, April 2004.
4. Gregor, S., Prasser, H.-M., Beyer, M. (2006). Thermohydraulische Modellierung der Kondensation von Dampf in einer unterkühlten Flüssigkeitsströmung. FZR-440, Juli 2006.
5. Guet, S., Ooms, G., Oliemans, R. V. A., Mudde, R. F. (2004). Bubble size effect on low liquid input drift-flux parameters. Chemical Engineering Science 59, 3315 – 3329, 2004.
6. Hibiki, T., Ishii, M. (2002). Distribution parameter and drift velocity of drift-flux model in bubbly flow. International Journal of Heat and Mass Transfer 45, 707-721, 2002.
7. Hibiki, T., Ishii, M. (2003). One-dimensional drift-flux model for two-phase flow in a large diameter pipe. International Journal of Heat and Mass Transfer 46, 1773-1790, 2003.
8. Huhn, J., Wolf, J. (1975). Zweiphasenströmung gasförmig/flüssig. Fachbuchverlag Leipzig, 1975.
9. Jakobsen, H. A., Sannaes, B. H., Grevskott, S., Svendsen, H. F. (1997). Modeling of Vertical Bubble-Driven Flows. Industrial and Engineering Chemistry Research 36, 4052-4074, 1997.
10. Johansen, S. T., Boysan, F. (1988). Fluid Dynamics in Bubble Stirred Ladles: Part II. Mathematical Modeling Metallurgical Transactions B. 19B, 755-764, 1988.
11. Lucas, D., Krepper, E. (2007). CFD models for polydispersed bubbly flows. FZD-486, Sept. 2007.
12. Manera, A., Prasser, H.-M., Van der Hagen, T. H. J. J., Mudde, R. F., de Kruijf, J. M. (2001). A comparison of void-fraction measurements during flashing-induced instabilities obtained with a wire-mesh sensor and a gamma-transmission set-up. 4th International Conference on Multiphase Flow, paper: 436, New Orleans, Louisiana, USA, May 27-June 1, 2001.
13. Matek, W., u. a. (2000). Roloff/Matek Maschinenelemente. Lehr- und Tabellenbuch, Vieweg Verlag, 14. Auflage, Wiesbaden, 2000.

14. Mudde, R. F., Simonin, O. (1999). Two- and Three-Dimensional Simulations of a Bubble Plume Using a Two-Fluid Model. *Chemical Engineering Science* 54, 5061-5069, 1999.
15. Ohnuki, A., Akimoto, H. (2000). Experimental study on transition of flow pattern and phase distribution in upward air-water two-phase flow along a large vertical pipe. *Int. Journal of Multiphase Flow* 26, 367-386, 2000.
16. Pietruske, H., Prasser, H.-M. (2007). Wire-mesh sensors for high-resolving two-phase flow studies at high pressures and temperatures. *Flow Measurement and Instrumentation* 18/2, 87-94, 2007.
17. Prasser, H.-M., Böttger, A., Zschau, J. (1998). A new electrode-mesh tomograph for gas/liquid flows. *Flow Measurement and Instrumentation* 9, 111–119, 1998.
18. Prasser, H.-M., Zschau, J., Peters, D., Pietzsch, G., Taubert, W., Trepte, M. (2000a). Wire-mesh sensor—now 10000 frames per second. Annual report of Institute of Safety Research 1999, FZR-284, ISSN 1437-322X.
19. Prasser, H.-M. (2000b). High-speed measurement of the void fraction distribution in ducts by wire-mesh sensors. International Meeting on Reactor Noise, Athen, 11.-13.10., 2000.
20. Prasser, H.-M., Scholz, D., Zippe, C. (2001). Bubble size measurement using wire-mesh sensors. *Flow Measurement and Instrumentation* 12, 299-312, 2001.
21. Prasser, H.-M., Krepper, E., Lucas, D. (2002). Evolution of the two-phase flow in a vertical tube - decomposition of gas fraction profiles according to bubble size classes using wire-mesh sensors. *International Journal of Thermal Sciences* 41, 17-28, 2002.
22. Prasser, H.-M. (2004). Influence of the Gas Injection on the Void Fraction Profiles and Bubble Size Distributions of a Air-Water Flow in Vertical Pipes. ICMF 2004, Yokohama, Japan, May-June, 2004.
23. Prasser, H.-M., Lucas, D., Krepper, E., Baldauf, D., Böttger, A., Rohde, U., Schütz, P., Weiss, F.-P., Zippe, C., Zippe, W., Zschau, J. (2003). Strömungskarten und Modelle für transiente Zweiphasenströmungen. Abschlußbericht des vom BmWT geförderten zum Forschungsvorhaben 150 1215, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V. Institut für Sicherheitsforschung.
24. Prasser, H.-M., Misawa, M., Tiseanu, I. (2005). Comparison between Wire-mesh sensor and ultra-fast X-ray tomograph for an air/water flow in a vertical pipe. *Flow Measurement and Instrumentation* 16, 73-83, 2005.
25. Prasser, H.-M., Beyer, M., Carl, H., Manera, A., Pietruske, H., Schütz, P., Weiß, F.-P. (2006). The multipurpose thermalhydraulic test facility TOPFLOW: an overview on experimental capabilities, instrumentation and results. *Kerntechnik* 71, 163-173, 2006.

26. Prasser, H.-M., Beyer, M., Carl, H., Manera, A., Pietruske, H., Schütz, P. (2006). Experimente zu aufwärtsgerichteten Gas/Flüssigkeitsströmungen in vertikalen Rohren. Technischer Fachbericht des vom BmWT geförderten Forschungsvorhaben 150 1265, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Institut für Sicherheitsforschung.
27. Prasser, H.-M., Lucas, D., Beyer, M., Vallée, C., Krepper, E., Höhne, T., Manera, A., Carl, H., Pietruske, H., Schütz, P., Zaruba, A., Allissa, S., Shi, J.-M., Weiss, F.-P., (2007). Aufbau und Durchführung von Experimenten an der Mehrzweck-Thermohydraulikversuchsanlage TOPFLOW für generische Untersuchungen von Zweiphasenströmungen und die Weiterentwicklung und Validierung von CFD-Codes. Abschlußbericht des vom BmWT geförderten zum Forschungsvorhaben 150 1265, Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Institut für Sicherheitsforschung.
28. Prasser, H.-M., Beyer, M., Carl, H., Manera, A., Pietruske, H., Schütz, P. (2007a). Experiments on upwards gas/liquid flow in vertical pipes. FZD-482, 2007.
29. Prasser, H.-M., (2007b). Evolution of interfacial area concentration in a vertical air-water flow measured by wire-mesh sensors. Nuclear Engineering and Design 237, 1608-1617, 2007.
30. Schaffrath, A., Krüssenberg, A.-K., Weiß, F.-P., Hicken, E.-F., Beyer, M., Carl, H., Prasser, H.-M., Schuster, J., Schütz, P., Tamme, M. (2001). TOPFLOW - a new multipurpose thermalhydraulic test facility for the investigation of steady state and transient two-phase flow phenomena. Kerntechnik 66, 2001.
31. Scholz, D. (2000). Bewertung der Genauigkeit eines Gittersensors zur Visualisierung einer Zweiphasenströmung durch Vergleich mit optischen Hochgeschwindigkeitsaufnahmen. FZR-300, 2000.
32. Sihana, S. (2002). Bestimmung der Strömungsform von Zweiphasenströmungen mittels Absorption von Röntgenstrahlen und Benutzung von neuronalen Netzen. Dissertation am Fachbereich Prozesswissenschaften der Technischen Universität Berlin, 2002.
33. Sokolichin, A. (2004). Mathematische Modellbildung und numerische Simulation von Gas-Flüssigkeits-Blasenströmung. Habilitation an der Universität Stuttgart, 2004.
34. Stieß, M. (1995). Mechanische Verfahrenstechnik Band I, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
35. Tomiyama, A. (1998). Struggle with Computational Bubble Dynamics. Proceedings of Third Int. Conf. Multiphase Flow, ICMF 1998, Lyon, France, June 8-12, 1998.
36. VDI-Wärmeatlas, 5. Auflage (1988a), Lb1-Lb3.
37. VDI-Wärmeatlas, 5. Auflage (1988b), Lc5-Lc6.

38. Wagner, W., Cooper, J. R., Dittmann, A., Kijima, J., Kretzschmar, H.-J., Kruse, A., Mareš, R., Oguchi, K., Sato, H., Stöcker, I., Šifner, O., Takaishi, Y., Tanishita, I., Trübenbach, J., Willkommen, Th. (1997). The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power* 122, 150-182, 2000.

## 5. Verzeichnisse

### 5.1 Formelverzeichnis

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
A	m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche
C <sub>D</sub>	-	Widerstandsbeiwert
D	m	Durchmesser
D <sub>M</sub>	mm	Modalwert für den Blasengrößenbereich 0 - 50 mm
D <sub>50,1</sub>	mm	Medianwert für den Blasengrößenbereich 0 - 50 mm
D <sub>50,2</sub>	mm	Medianwert für den Blasengrößenbereich 50 - 500 mm
E <sub>o</sub>	-	Eötvös-Zahl
f	1/s	Messfrequenz
f	-	Schwarmfaktor
F	-	Faktor
g	m/s <sup>2</sup>	Gravitationsbeschleunigung
H, h	m	Höhe
h	1/mm	Häufigkeit
J, j	m/s	Querschnittsgemittelte und lokale Leerrohrgeschwindigkeit
k	mm	Rohrrauigkeit, Druckverlustkoeffizient
ΔL	m	Abstand zwischen Gaseinspeisung und Messebene
m	Kg/s	Massenstrom
n	-	Parameter, Blasenummer
p	Pa	Druck
Q	%	Verteilungsfunktion oder Verteilungssumme
R, r	m	Radius
rm	m	Moment
t	s	Zeit
T	°C	Temperatur
U	V	Spannung
U, u	m/s	Querschnittsgemittelte und lokale Geschwindigkeit
U <sub>D</sub>	m/s	Driftgeschwindigkeit
D <sub>D, exp</sub>	m/s	aus experimentellen Werten bestimmte Driftgeschwindigkeit bei maximalem L/D
V	m <sup>3</sup>	Volumen
w	m/s	Geschwindigkeit
X <sub>LM</sub>	-	LOCKHART/MARTINELLI Parameter
<X>		über den Strömungsquerschnitt gemittelter Wert X
$\bar{X}$		über Blasengröße gemittelter Wert; arithmetischer Mittelwert

x	m	Koordinate
y	m	Koordinate
z	m	Koordinate
$\alpha$	-	Anteil
$\Phi$		Zweiphasenmultiplikator nach LOCKHART/MARTINELLI
$\Delta$	-	Differenz
$\varepsilon$	%	Volumetrischer Gasgehalt
$\lambda$	-	Rohrreibungsbeiwert
$\nu$	m <sup>2</sup> /s	kinematische Viskosität
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Dichte
$\zeta$	-	Widerstandsbeiwert
$\sigma$	N/m	Oberflächenspannung

## 5.2 Indizes

Zeichen	Bezeichnung
0	Ursprung
1,2	Bezeichnung der Messebenen
a	Absolutdruck
b	Blasenidentifikationsnummer
B	Bogen, Blase
CM	Schwerpunkt
D	Drift
exp	experimentell
F	Fluid (Zweiphasengemisch)
G, g	Gas
ges	gesamt
H	Hydrostatisch
l, L	flüssig
l,j,k	Innen, Index, Blasengrößenklasse, Klasse
in	Gaseinspeisung
m	Anzahl der konzentrischen Ringdomänen zur azimutalen Mittelung
Min	Minimal
Max	Maximal
meas	Messung
N	Norm

Öffnung	Begasungsöffnung
P	Phase
rel	Relativ
R	Reibung
ü	Überdruck
W,l	Flüssigphase, Wasser

### 5.3 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CFD	<b>C</b> omputational <b>F</b> luid <b>D</b> ynamics
DN	Nenndurchmesser
FZD	<b>F</b> orschungs <b>Z</b> entrum <b>D</b> resden-Rossendorf e.V.
GS	Gittersensor
PI	Druckmessstelle
TOPFLOW	<b>T</b> ransient <b>t</b> wo <b>P</b> hase <b>F</b> LOW test facility
TI	Temperaturmessstelle
FIC	Wasser-Massenstromregler

## 5.4 Abbildungen

Bild 1-1	Schema der Versuchsanlage TOPFLOW; Teststreckenkreislauf und Druckluftsystem farbig hervorgehoben .....	12
Bild 1-2	Variable Gaseinspeisung in die vertikale Teststrecke DN200 .....	14
Bild 1-3	Gaseinspeisemodul .....	14
Bild 1-4	Variable Gaseinspeisung mit Position der Temperatur und Druckmessstelle .....	16
Bild 1-5	Messprinzip eines Gittersensors mit 4 x 4 Drahtelektroden und Grundkomponenten der Signalerfassung .....	22
Bild 1-6	Konstruktionszeichnung des doppelten Niedertemperatur-Gittersensors .....	24
Bild 1-7	Montage des Sensors im oberen Bereich der Teststrecke .....	25
Bild 1-8	Anordnung versuchsrelevanter Messstellen am Teststreckenkreislauf.....	26
Bild 1-9	Histogramm des Gitterpunktes 43 x 43 für den Versuchspunkt 140....	29
Bild 1-10	Vergleich radial gemittelter Kalibrierprofile für die Versuchspunkte 140 - grün und 182 - rot (Histogrammkalibrierung).....	29
Bild 1-11	Wichtungskoeffizienten für die räumliche Mittelung von lokalen Gasgehalten über dem Messquerschnitt.....	31
Bild 1-12	Wichtungsfaktoren zur radialen Querschnittsmittelung des lokalen Gasgehalts .....	32
Bild 1-13	Diskretisierungsfehler bei der Bestimmung der lokalen Gasgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Abstand der Messebenen.....	41
Bild 1-14	Fehler für die Druckrandbedingung oberhalb des Gittersensors für die Messreihe I .....	44
Bild 1-15	Fehler für die Druckrandbedingung oberhalb des Gittersensors für die Messreihe II .....	45
Bild 1-16 & Bild 1-17	Fehler für die Druckrandbedingung oberhalb des Gittersensors für die Messreihen III und IV .....	45
Bild 1-18	Vergleich der berechneten Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_{G, \text{Ein}}$ mit dem Sollwert $J_G$ bei maximalem $L/D$ für die Messreihe I ( $J_L = 1,017$ m/s) bei unterschiedlicher Einspeisung $D_{\text{Öffnung}} = 1$ und 4 mm.....	47
Bild 1-19	Änderung von $\Delta J_G$ der Messreihe I in Abhängigkeit vom Sollwert der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit für unterschiedliche Durchmesser der Gaseinspeisung bei maximalem $L/D$ .....	48
Bild 1-20	Änderung von $\Delta J_G$ entlang der relativen Aufstiegshöhe $L/D$ am Beispiel des Messpunktes 140 der Messreihe I bei $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm ....	48
Bild 1-21	Änderung der Differenz $\Delta J_G$ in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit für den Bereich der Gaseinspeisung	



	(Messhöhe A) und bei maximaler Teststreckenhöhe (Messhöhe R) der Messreihe I ( $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ ).....	49
Bild 1-22	Vergleich der berechneten Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_{G,\text{Ein}}$ mit dem konstanten Sollwert $J_G$ für Messreihen III ( $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ) und IV ( $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ) in Abhängigkeit von $J_L$ bei maximaler relativer Teststreckenhöhe $L/D$ .....	50
Bild 1-23	Änderung der Differenz $\Delta J_G$ in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit bei maximaler relativer Teststreckenhöhe $L/D$ für die Messreihen III ( $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ) und IV ( $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ )....	51
Bild 2-1	a) Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten $J_G$ (Messreihe I $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ , $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ und ab Messpunkt 173 $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ , bei $L/D = 39,7$ ), b) Auswahl einiger charakteristischer Verteilungen. Das Auftreten von größeren Blasen und Gasstrukturen ist ein Zeichen für unterschiedliche Strömungsformen. ....	54
Bild 2-2	a) Ansicht Zentralschnitt und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung in der vertikalen Teststrecke; (Luft von rot nach gelb, Wasser = blau). (1) Blasenströmung (2) Turbulent-aufgewühlte Strömung (3) Ringstrahlenströmung. Messreihe I mit einem $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ ( $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ ab $J_G = 2,038 \text{ m/s}$ ) und maximalem $L/D$ . Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1 .....	55
Bild 2-3	Im Vergleich zu Bild 2-2, Messreihe I mit $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ und maximalem $L/D$ (1) Blasenströmung (2) turbulent-aufgewühlte Strömung (3) Ringstrahlenströmung .....	56
Bild 2-4	Bildung von Gagehaltsmaxima bei einer Blasenströmung in Abhängigkeit vom Radius mit unterschiedlichen Gas-Leerrohrgeschwindigkeiten und konstantem $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ (Messreihe I), jeweils maximale Teststreckenhöhe und $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ .....	57
Bild 2-5	Änderung des Gasgehaltsmaximum bei einer Blasenströmung entlang der Blasenanstiegshöhe am Beispiel des Messpunktes 052 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ , $J_G = 0,0151 \text{ m/s}$ , $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ ).....	57
Bild 2-6	Auswahl einiger Durchmesserverteilungen entlang der Aufstiegshöhe am Messpunkt 118. Übergang von der Blasenströmung nach Gaseinspeisung bei $L/D = 1,1$ zur turbulent-aufgewühlten Strömung bei $L/D = 39,9$ . $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ .....	58
Bild 2-7	a) Ansicht des Zentralschnitts und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung bei unterschiedlichen relativen Teststreckenhöhen $L/D$ . Messpunkt 118 mit $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ und $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ . $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ . Entlang der Aufstiegshöhe, Übergang von der Blasen- zur turbulent-aufgewühlten Strömung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1 .....	58
Bild 2-8	a) Verteilung der Blasengrößen und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung am Messpunkt 039 im Bereich der Gaseinspeisung bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der Gaseinspeisung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1 .....	59

Bild 2-9	a) Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Gas-Leerrohr- geschwindigkeiten $J_G$ (Messreihe II $J_L = 0,405$ m/s, bei $L/D = 39,7$ und $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm und ab Messpunkt 171 $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm), b) Auswahl einiger charakteristischer Verteilungen. Auftreten von größeren Blasen und Gasstrukturen als Zeichen unterschiedlicher Strömungsformen.....	60
Bild 2-10	a) Verteilung des Blasendurchmessers bei unterschiedlicher Flüssig- leerrohr- geschwindigkeit $J_L$ ; Messpunkt 151 mit $J_L = 1,017$ m/s und Messpunkt 149 mit $J_L = 0,405$ m/s, bei $L/D = 39,7$ und $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm. Ansicht des Zentralschnitts und virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung bei b) Turbulent-aufgewühlter Strömung und bei c) Ringstrahlenströmung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1.....	61
Bild 2-11	Blasendurchmesserverteilung im Bereich der Gaseinspeisung bei $L/D = 1,1$ und bei vollentwickelter Strömung ( $L/D = 39,9$ ) am Beispiel des Messpunktes 105 der Messreihe II ( $J_L = 0,405$ m/s). Übergang von der Blasenströmung nach Gaseinspeisung zur turbulent-aufgewühlten Strömung; $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm. Ansicht des Zentralschnitts und virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung. Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1 .....	62
Bild 2-12	Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Flüssig- leerrohr- geschwindigkeiten $J_L$ (Messreihe III, $J_G = 0,219$ m/s, jeweils bei $L/D = 39,7$ und $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm) .....	63
Bild 2-13	a) Ansicht des Zentralschnitts und b) virtuelle Seitenansicht der Gasverteilung bei Messreihe III ( $J_G = 0,219$ m/s, jeweils bei $L/D = 39,7$ und $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm). Vertikaler zu horizontaler Maßstab = 1:1 ...	64
Bild 2-14	Monomodale Verteilung des Blasendurchmessers für unterschiedliche Flüssig- leerrohr- geschwindigkeiten $J_L$ (Messreihe IV, $J_G = 0,0096$ m/s, jeweils bei $L/D = 39,7$ ).....	65
Bild 2-15	Verlauf des gemessenen und des berechneten Gasgehaltes (unterschiedliche Driftgeschwindigkeiten wie in Kapitel 2.2.1 beschrieben) in Abhängigkeit von $L/D$ . Beispiel für das Abknicken der Kurve im Bereich kleiner $L/D$ a) nach oben beim Messpunkt 074 mit $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm und b) nach unten beim Messpunkt 118 mit $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm.....	73
Bild 2-16	Blasengrößenverteilungen bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der Begasungseinrichtung (Teststreckenhöhe R bei $L/D = 39,9$ mit $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm und Q bei $L/D = 39,7$ mit $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm), sowie für verschiedene Gas- leerrohr- geschwindigkeiten $J_G$ von 0,0025 m/s für Messpunkt 008 bis $J_G = 0,14$ m/s für Messpunkt 107 (Messreihe I) .....	75
Bild 2-17	Blasengrößenverteilungen bei unterschiedlichen Öffnungsdurchmessern der Begasungseinrichtung (Teststreckenhöhe R bei $L/D = 39,9$ mit $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm und Q bei $L/D = 39,7$ mit $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm), sowie für verschiedene Gas- leerrohr- geschwindigkeiten $J_G$ von 0,0025 m/s für Messpunkt 006 bis $J_G = 0,0368$ m/s für Messpunkt 072 (Messreihe II).....	76

Bild 2-18	Aus der Verteilungsfunktion (Verteilungssumme) wird der Medianwert $D_{50,1}$ bei $Q = 0,5 (\pm 0,02)$ für unterschiedliche Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeiten $J_L$ der Messreihe III, mit $J_G = 0,219$ m/s und $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm, bei maximalem L/D bestimmt. Der resultierende Medianwert $D_{50,1}$ liegt zwischen 8,0 mm für Messpunkt 119 und 13 mm für Messpunkt 111 .....	77
Bild 2-19	Änderung des Medianwertes $D_{50,1}$ in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_G$ der Messreihe II bei maximalem Verhältnis L/D und unterschiedlichen Durchmessern der Bohrungen für die Gaseinspeisung .....	78
Bild 2-20	Änderung des Medianwertes $D_{50,1}$ in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_G$ der Messreihe II ( $J_L = 0,405$ m/s) bei maximalem Verhältnis L/D.....	79
Bild 2-21	Vergleich der Medianwerte $D_{50,1}$ in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_G$ für Messreihe I und II bei maximalem Verhältnis L/D und $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm .....	80
Bild 2-22	Vergleich der Medianwerte $D_{50,1}$ der Messreihe III ( $J_G = 0,219$ m/s) in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit $J_L$ für unterschiedliche Öffnungsdurchmesser der Begasungseinrichtung $D_{\text{Öffnung}}$ bei maximalem L/D.....	80
Bild 2-23	Vergleich der Medianwerte $D_{50,1}$ in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit $J_L$ für Messreihe III und IV bei maximalem Verhältnis L/D und $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm.....	81
Bild 2-24	Verlauf des Medianwertes $D_{50,1}$ des Messpunktes 050 ( $J_L = 0,405$ m/s, $J_G = 0,0151$ m/s) entlang der Aufstiegshöhe bei $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm .....	82
Bild 2-25	Änderung des Medianwertes $D_{50,2}$ in Abhängigkeit von der Flüssig-Leerrohrgeschwindigkeit $J_L$ der Messreihe III bei maximalem Verhältnis L/D und einem $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm .....	83
Bild 2-26	Vergleich der Medianwerte $D_{50,2}$ in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_G$ für Messreihe I und II bei maximalem Verhältnis L/D, $D_{\text{Öffnung}} = 1$ mm .....	84
Bild 2-27	Änderung des Modalwertes $D_M$ und des Medianwertes $D_{50,1}$ in Abhängigkeit von der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit $J_G$ für Messreihe II bei maximalem Verhältnis L/D und $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm.....	85
Bild 2-28	Beispiel für eine rechts-schiefe Häufigkeitsverteilung des Blasendurchmessers bis zu $D_B \leq 50$ mm (Ausschnitt der Verteilung). Messpunkt 116 der Messreihe II bei maximalem Verhältnis L/D und $D_{\text{Öffnung}} = 4$ mm .....	85

## 5.5 Tabellen

Tabelle 1:	Absolute und relative Einlaufängen an der Testsektion Variable Gaseinspeisung.....	15
Tabelle 2:	Allgemeine Versuchsmatrix des FZD für vertikale Rohrströmungen, Versuchspunkte der aktuellen Serie farbig markiert .....	21
Tabelle 3:	Messstellen im Teststreckenkreislauf, die für die Durchführung und zur Datenauswertung der Luft/Wasser-Versuchsserie L12 verwendet wurden .....	27
Tabelle 4	Anzahl der interpolierten azimuthal gemittelten Gasgeschwindigkeiten pro Matrixpunkt und Einlaufänge bezogen auf 80 Radiusscheiben.....	43
Tabelle 5	Messmatrix, farblich unterteilt in Regionen der vorherrschenden Strömungsformen. Farblich unterlegte Messpunkte: Änderung der Strömungsform entlang des Blasenanstieges. ....	66

## 6. Anhang

Ab Seite 101 erfolgt die Zusammenstellung der Ergebnisse aller Messpunkte:

I) Profile der Messpunkte.....	101
II) Median- und Modalwerte.....	193
III) Zusätzliche Abhängigkeiten zur Genauigkeitsprüfung nach Kapitel 1.7.....	197
IV) Betriebsdaten .....	199
V) Kalibrierungsprotokolle.....	217
VI) Beschreibung der zur Luft/Wasser-Messserie L12 verfügbaren Datenfiles.....	245

*Hinweise zu den dargestellten Diagrammen bei den Profilen der Messpunkte im Anhang I*

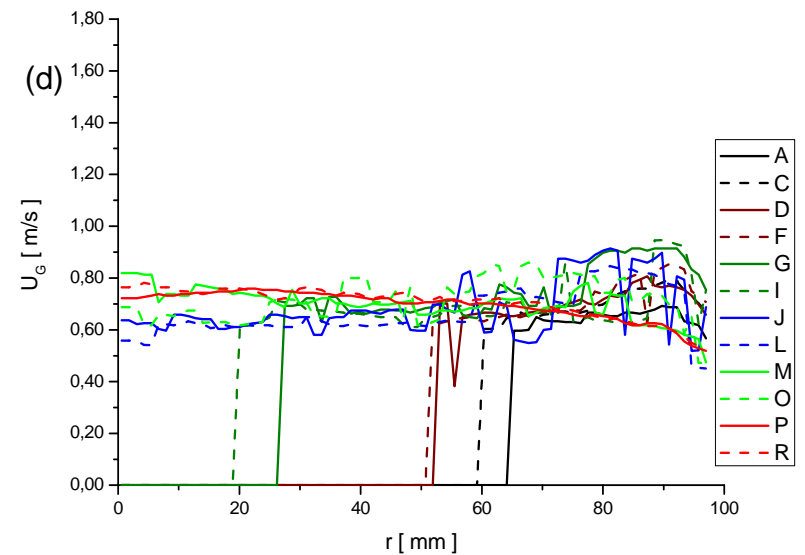
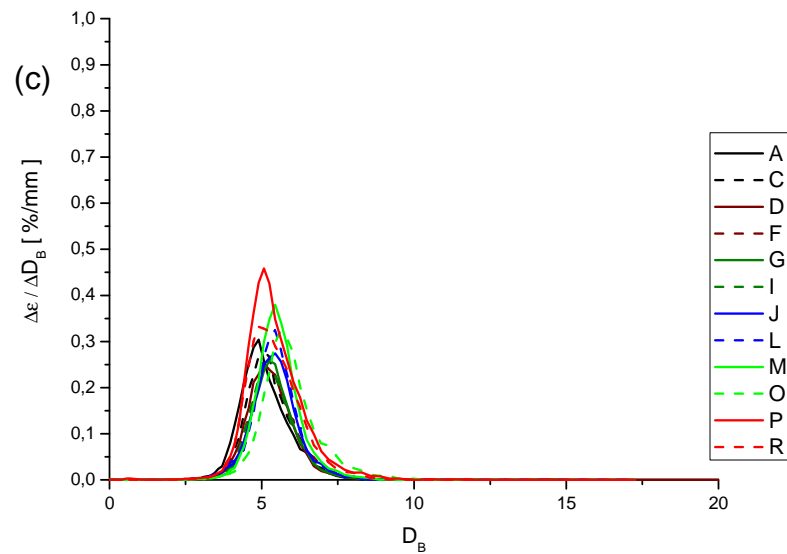
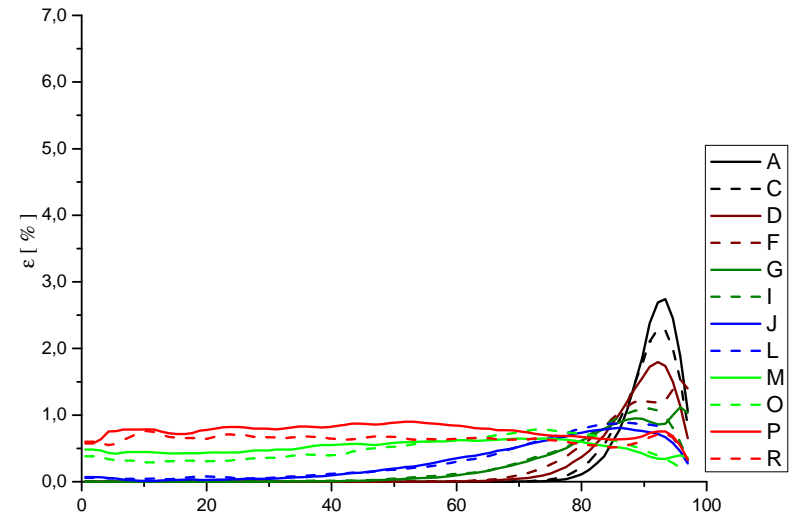
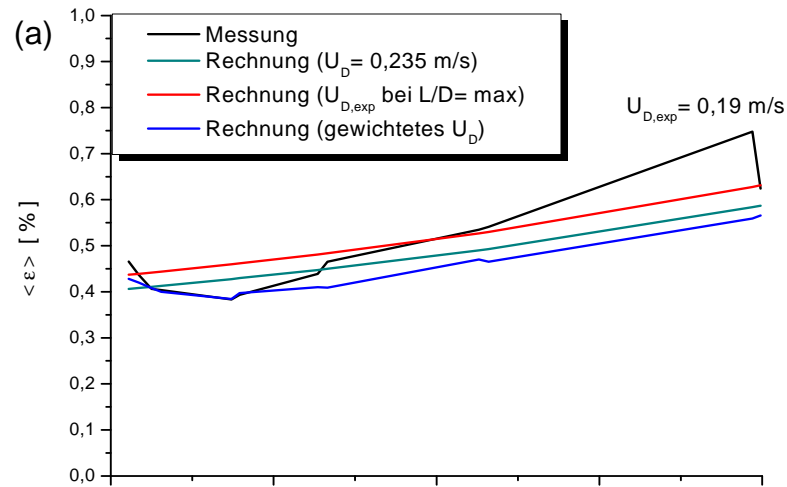
Diagramme sind wie folgt angeordnet

- a) Links oben: Vergleich des gemessenen und des berechneten Gasgehaltes bei drei unterschiedliche Annahmen zur Bestimmung der Driftgeschwindigkeit (Seite 67).
- b) Rechts oben: Abhängigkeit des Gasgehalts vom Strömungsquerschnitt  $\varepsilon$  (r) für unterschiedliche Blasenanstiegshöhen.
- c) Links unten: Verteilung der Blasengrößen ( $D_B$ ).
- d) Rechts unten: Radiale Abhängigkeit der Gasgeschwindigkeit  $U_G$

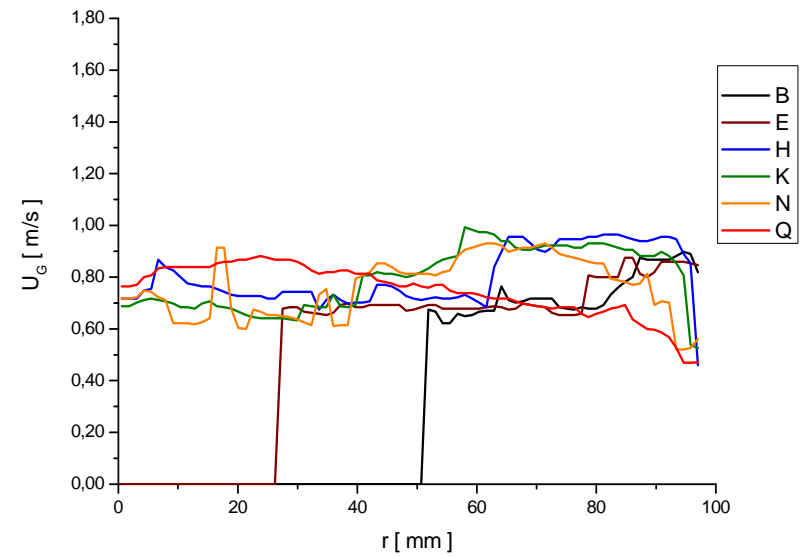
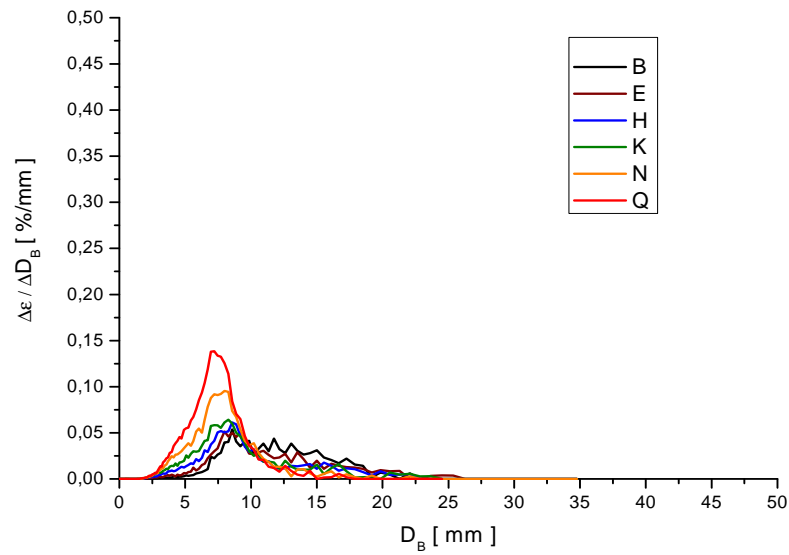
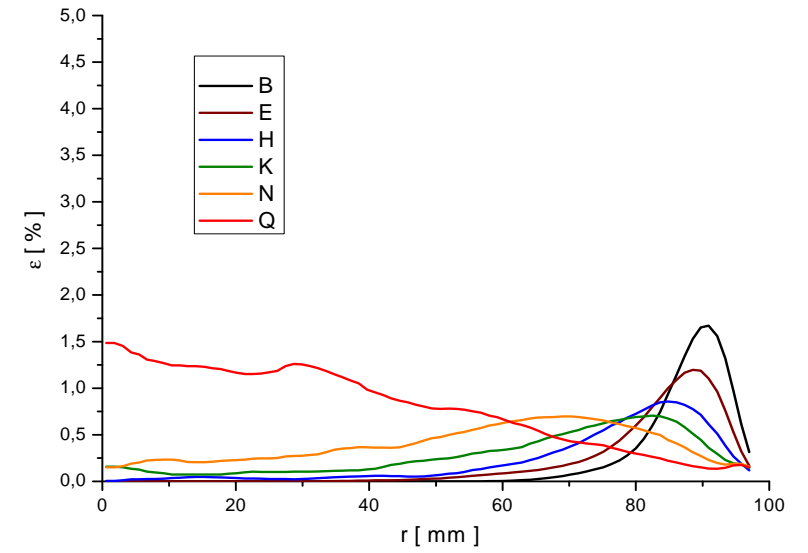
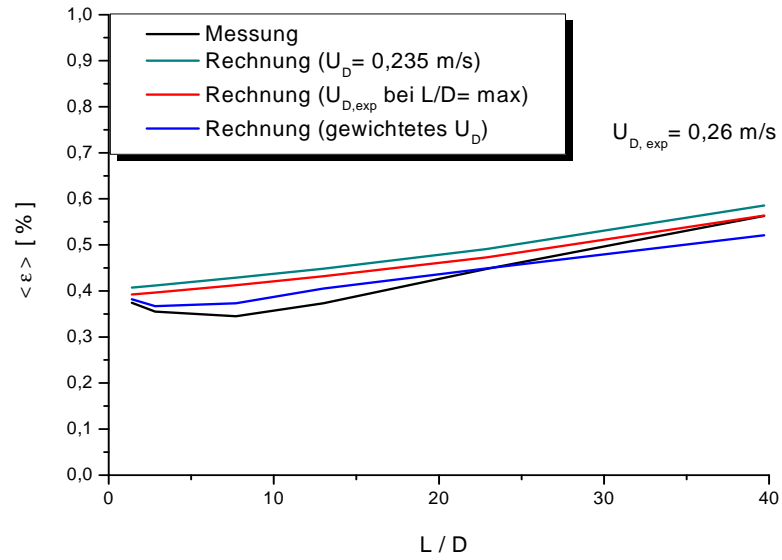
Dazu ist die Differenz der Gas-Leerrohrgeschwindigkeit zum Sollwert ( $\Delta J_G$  nach Gleichung (1.38)) für die relativen Teststreckenhöhen angegeben.

## I. Profile der Messpunkte

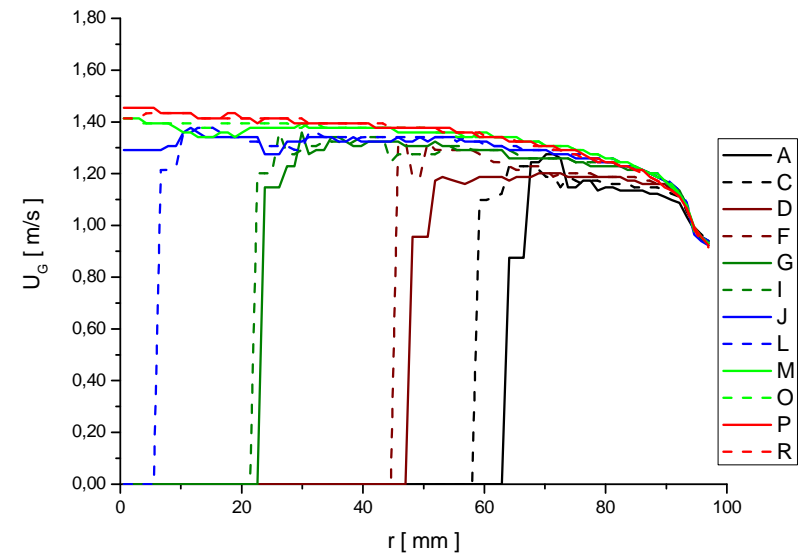
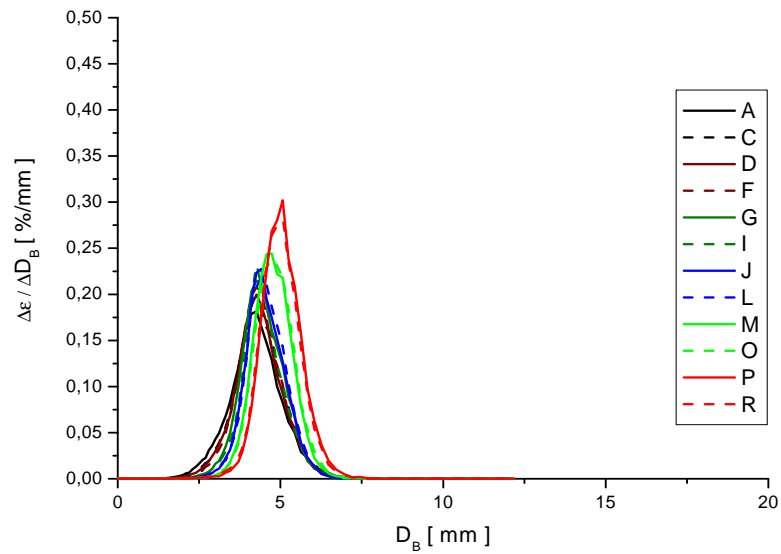
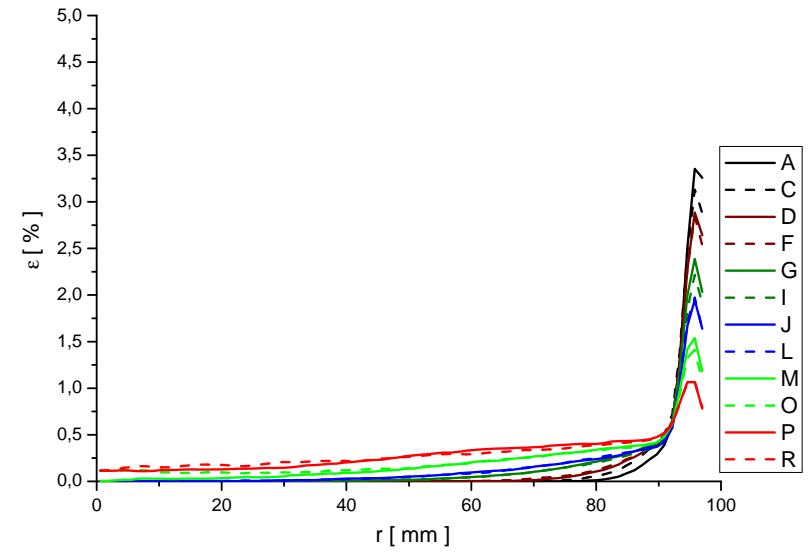
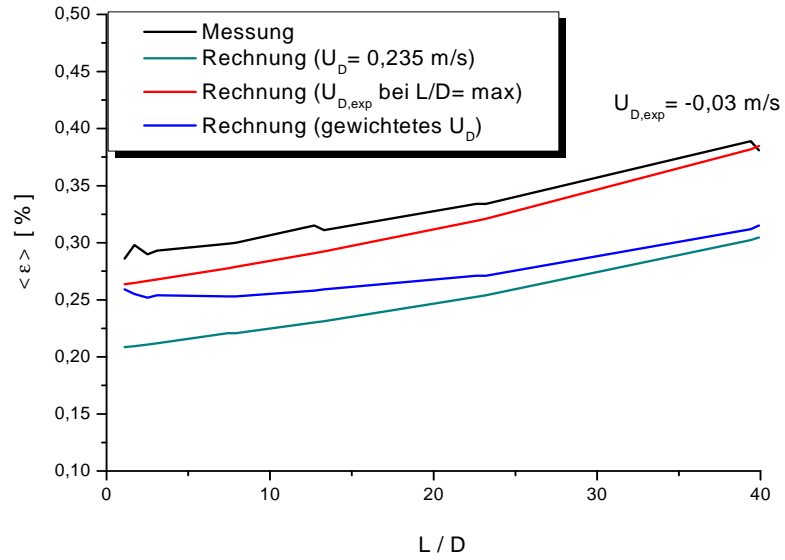
(a) Gasgehalt  $\langle \varepsilon \rangle$  (L/D), (b) Gasgehalt  $\varepsilon$  (r), (c) Blasendurchmesserverteilung ( $D_B$ ), vertikalen Gasgeschwindigkeit  $U_G$  (r)  
 Pkt. 006 ( $J_L = 0,405$  m/s;  $J_G = 0,0025$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)



Pkt. 006 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0025 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

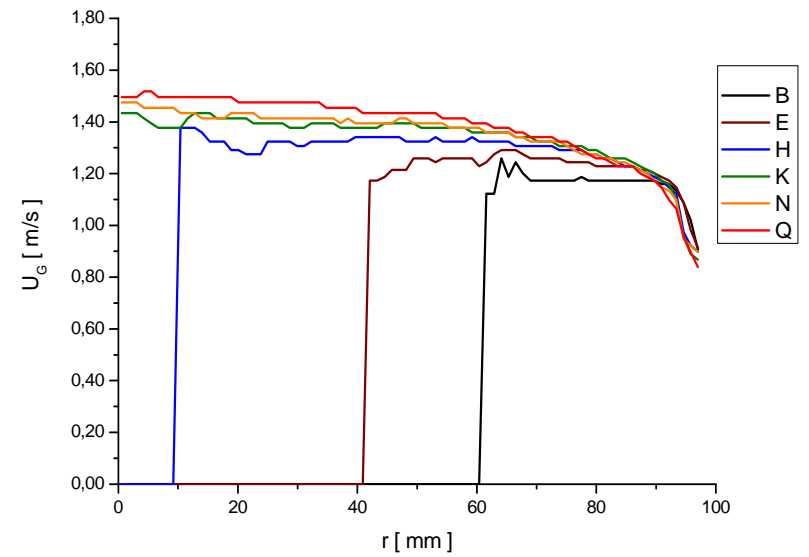
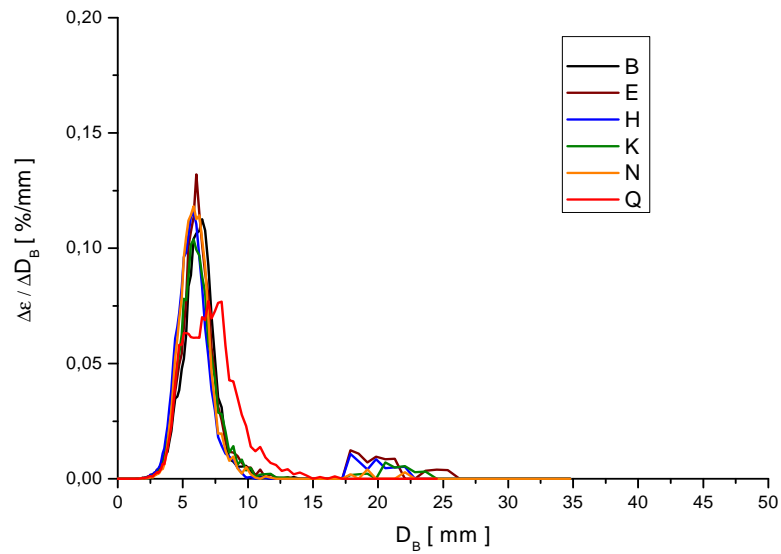
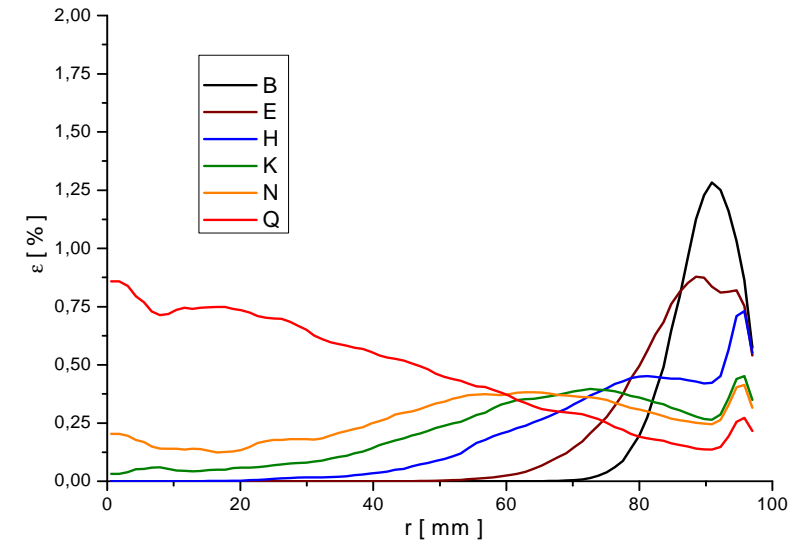
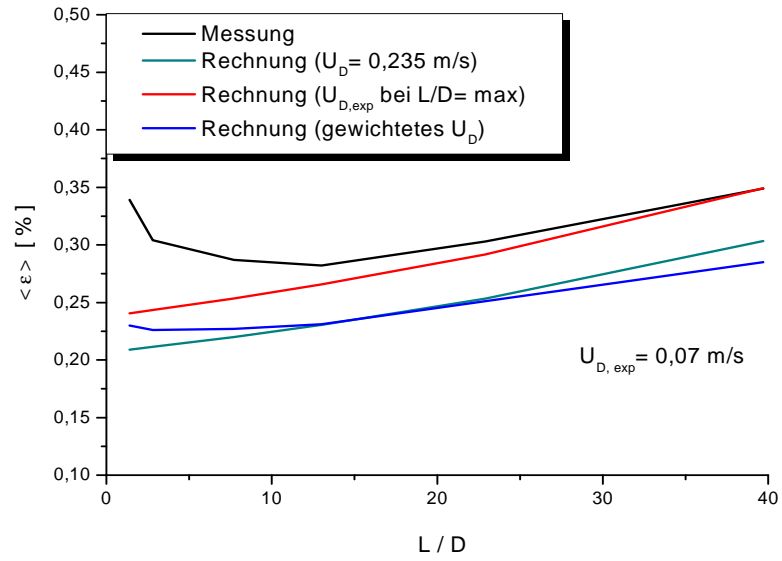


Pkt. 008 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0025 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

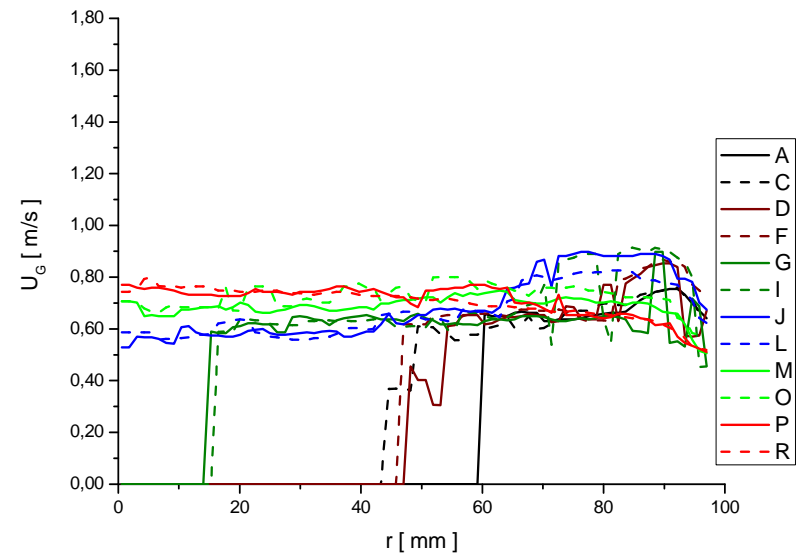
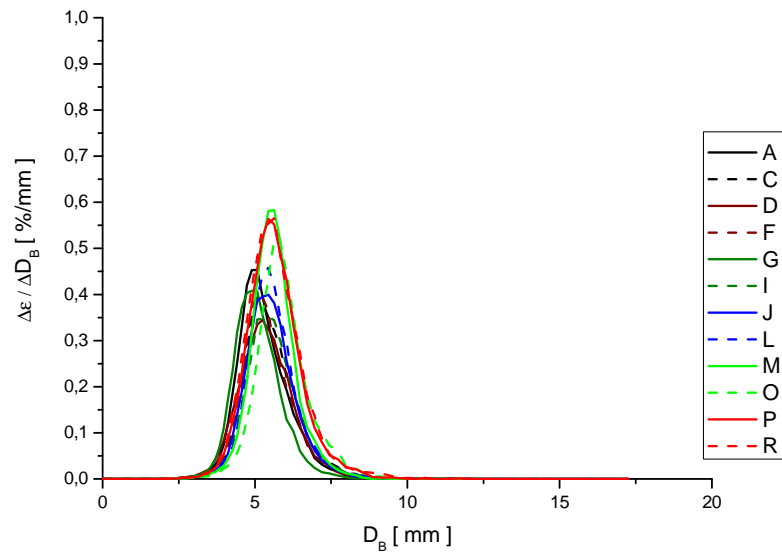
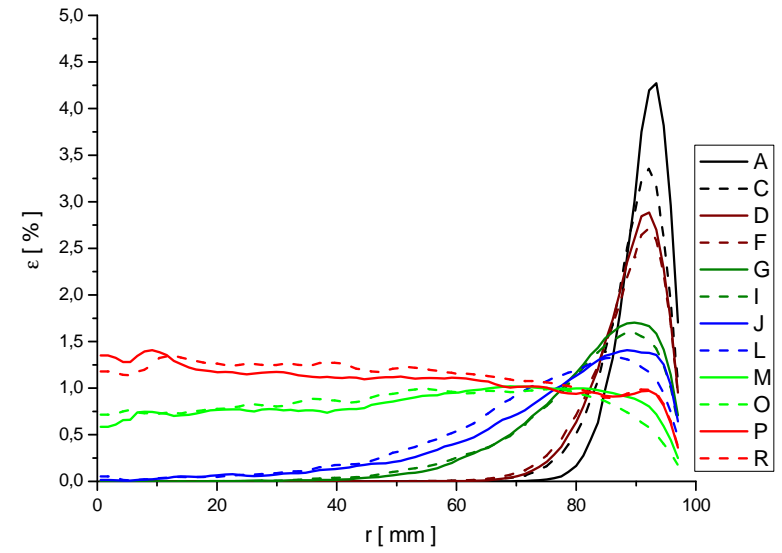
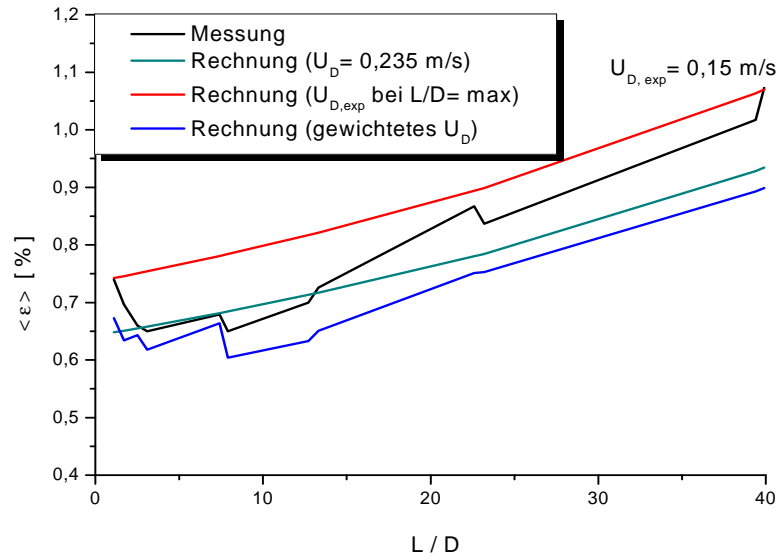




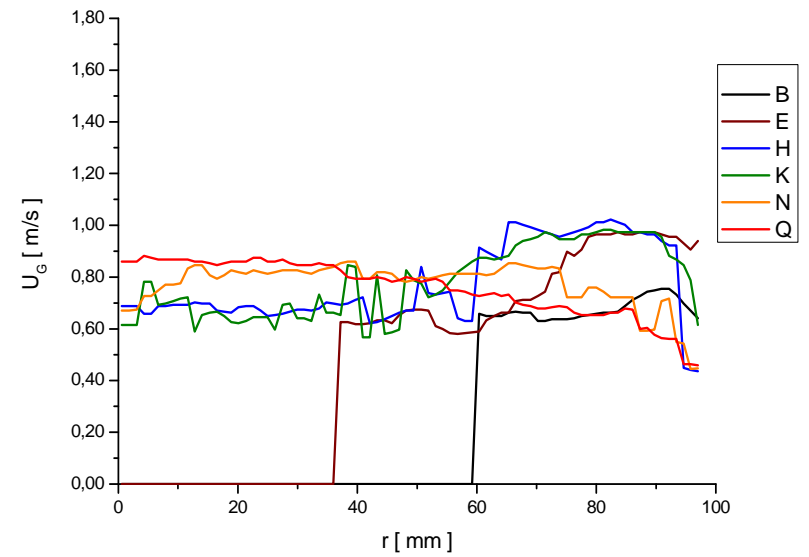
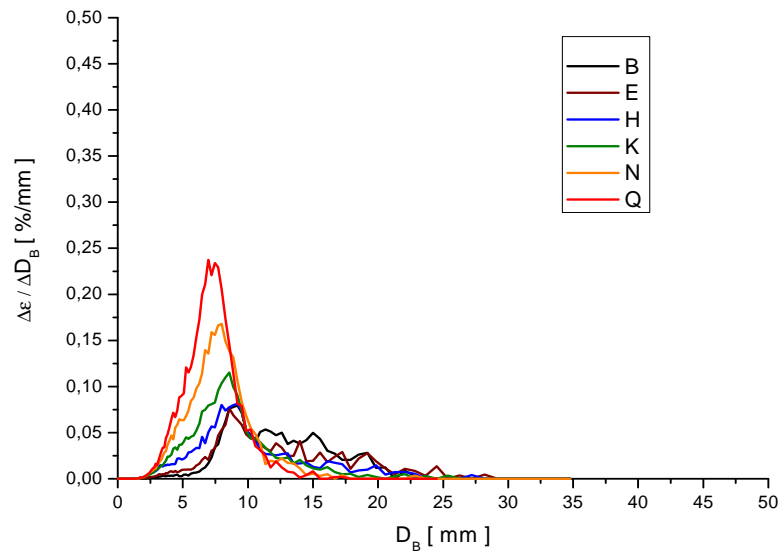
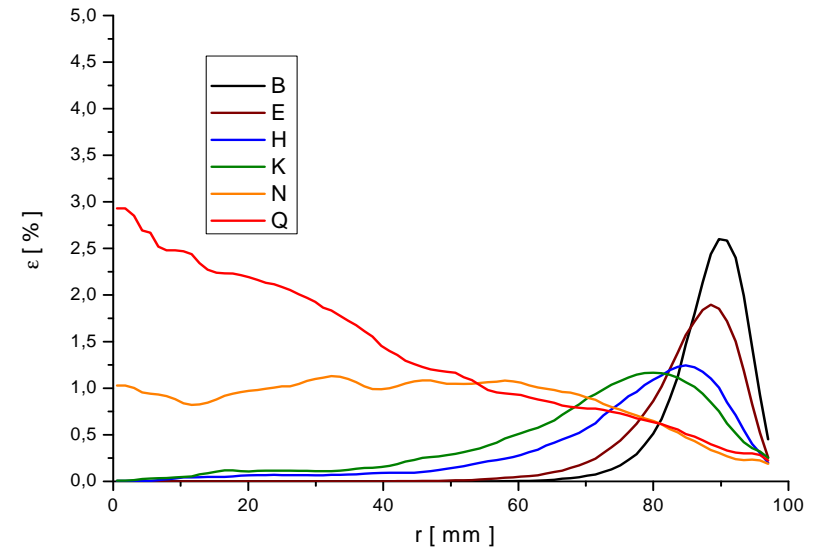
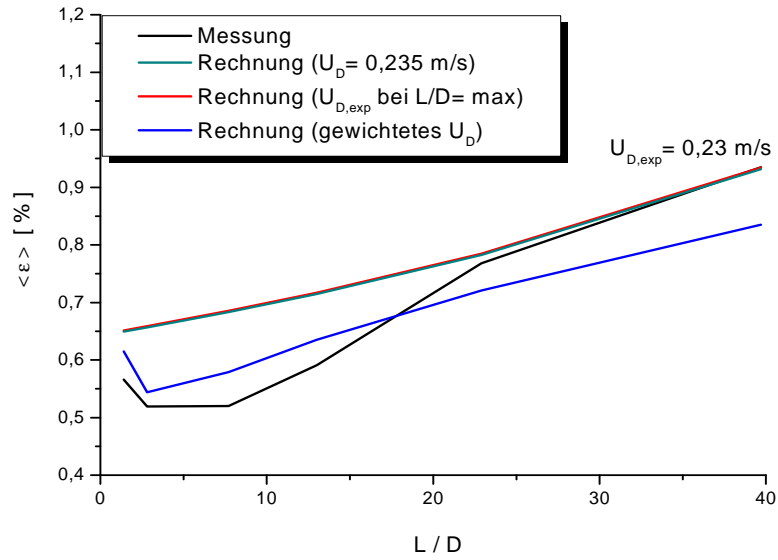
Pkt. 008 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0025 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



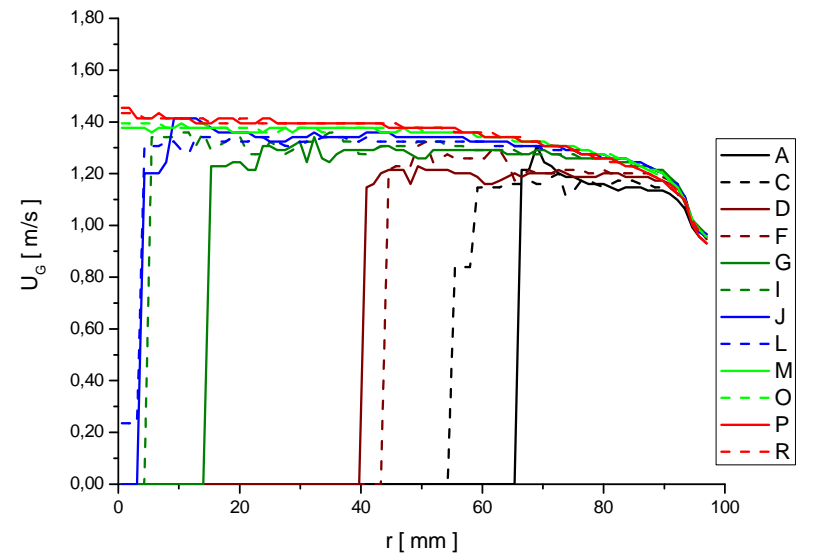
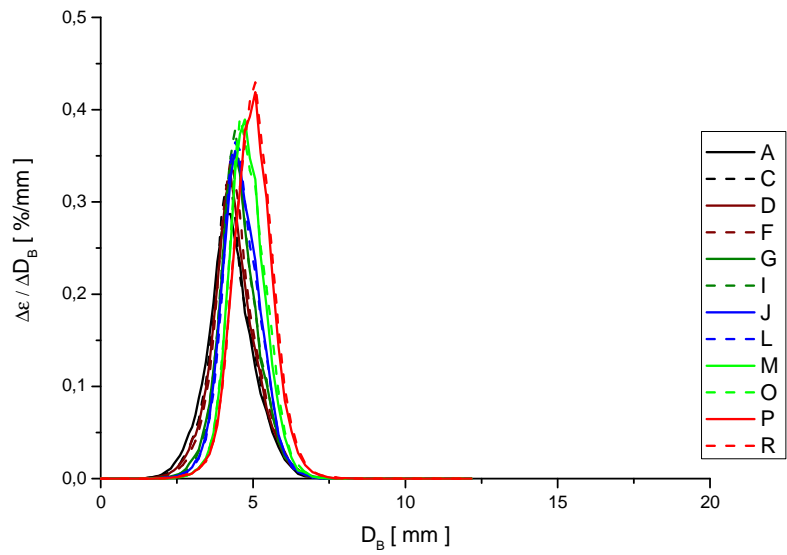
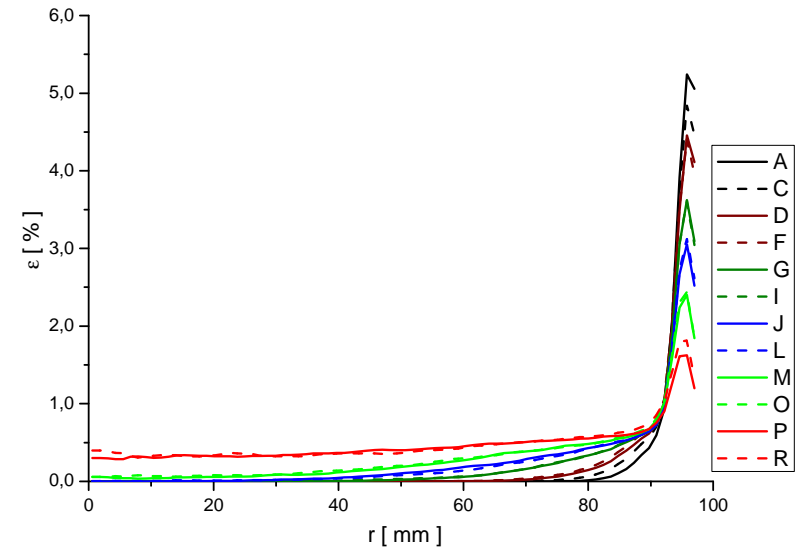
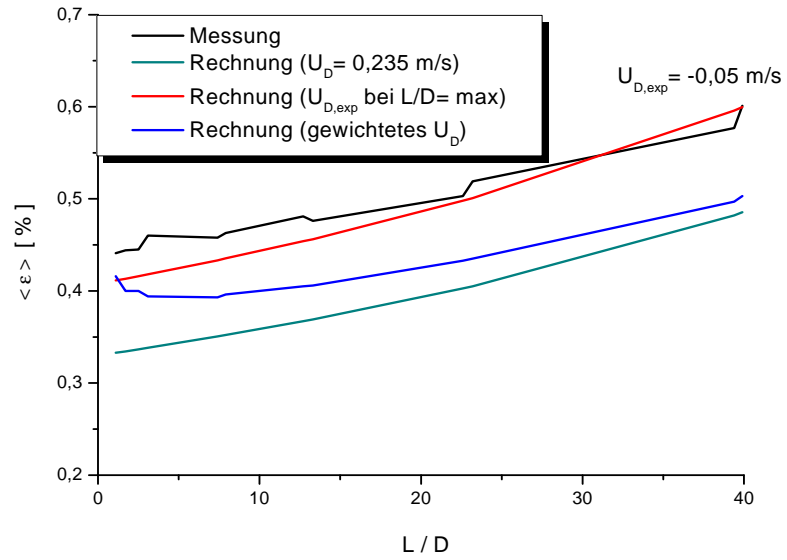
Pkt. 017 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0040 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



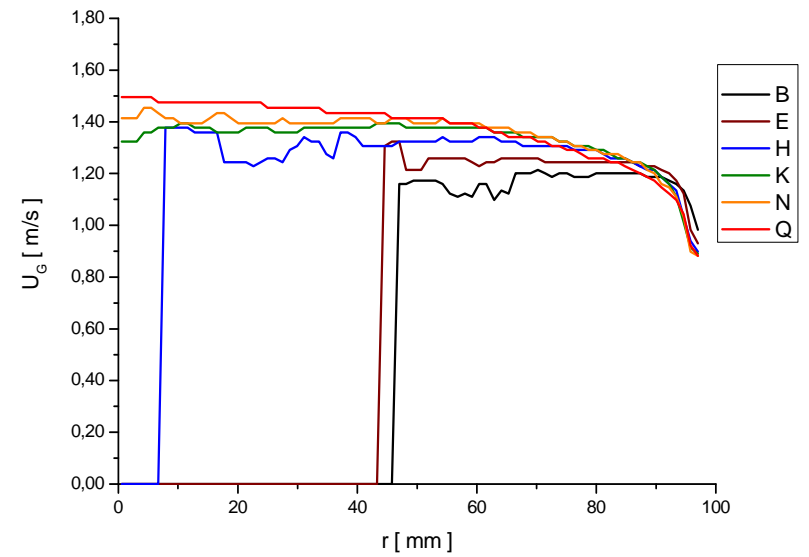
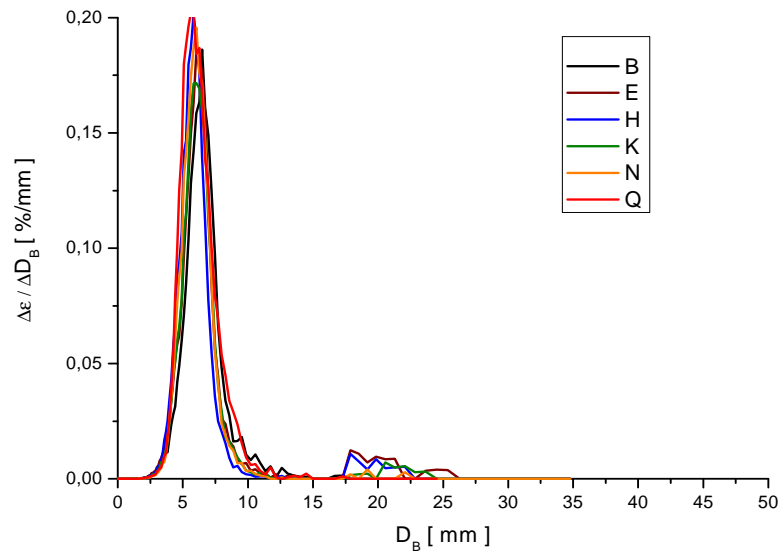
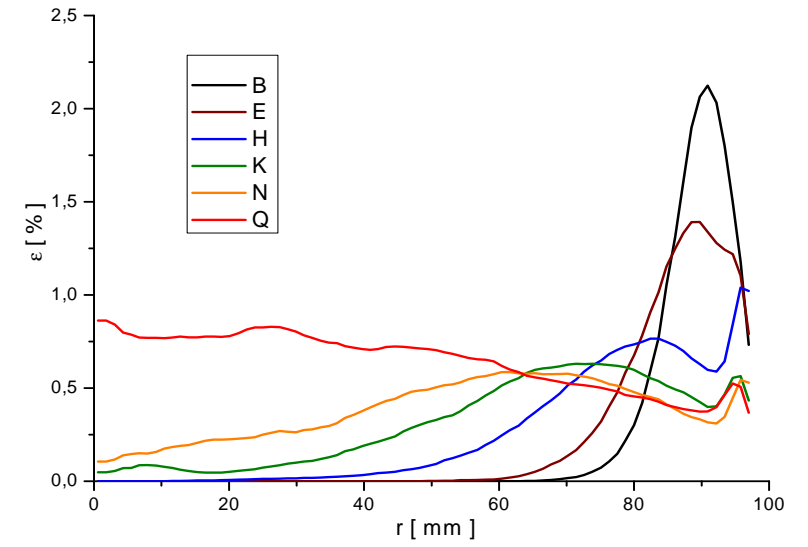
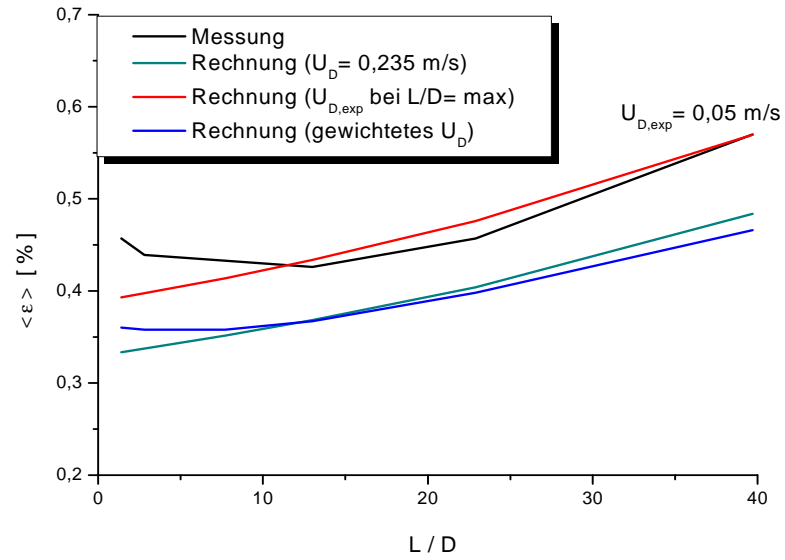
Pkt. 017 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0040 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



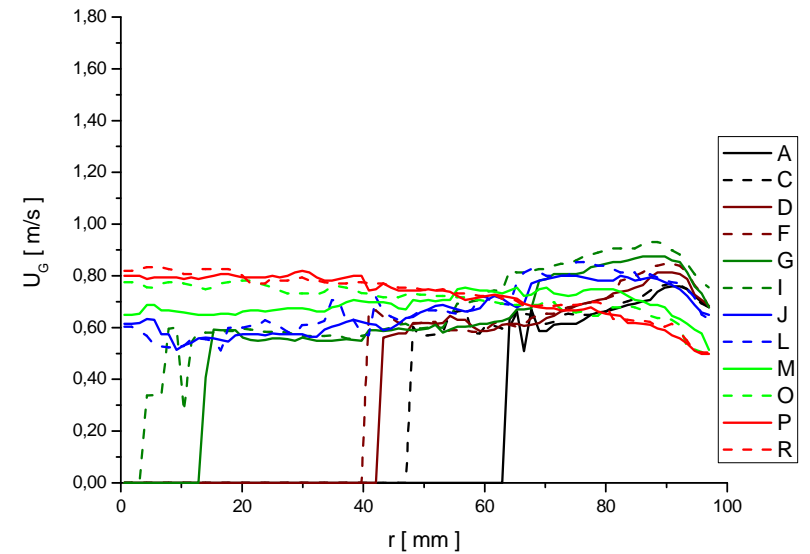
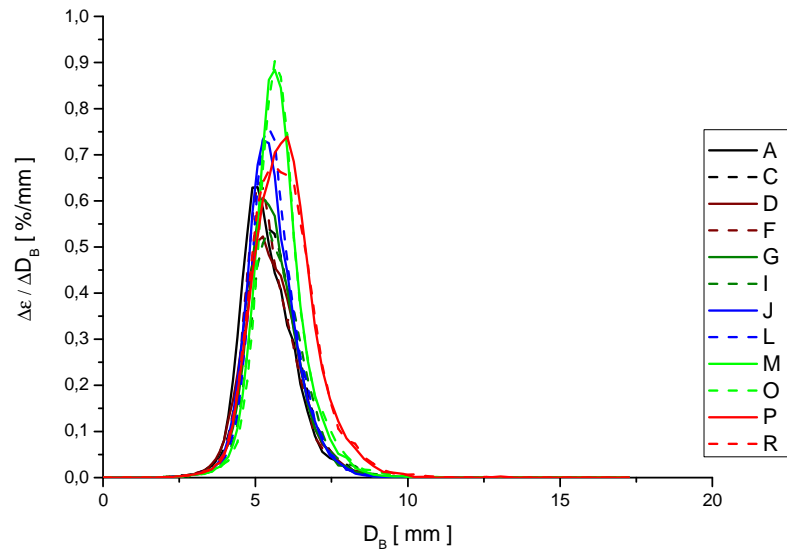
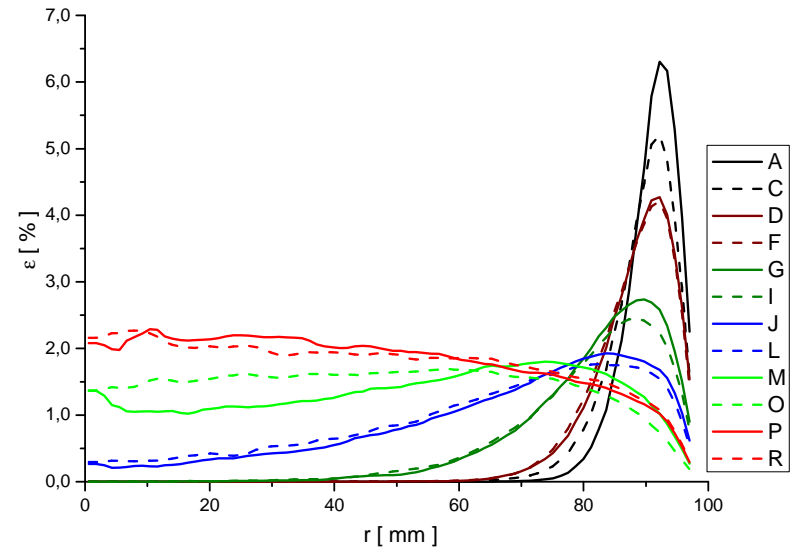
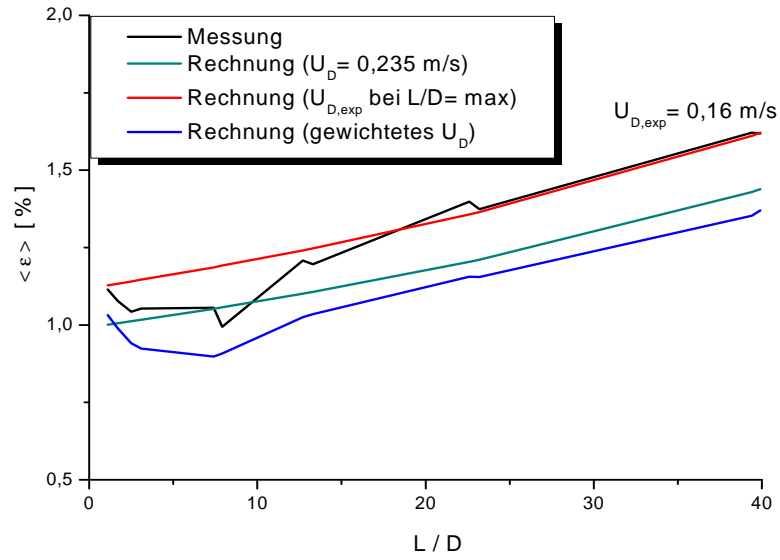
Pkt. 019 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0040 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



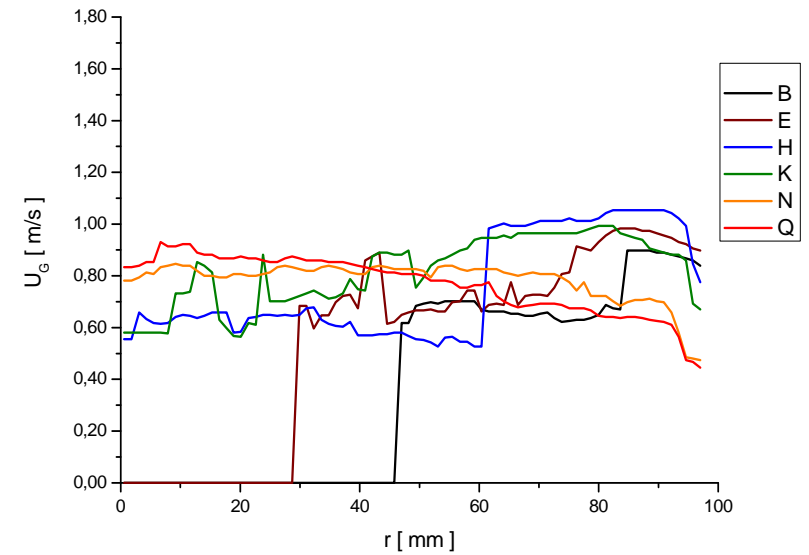
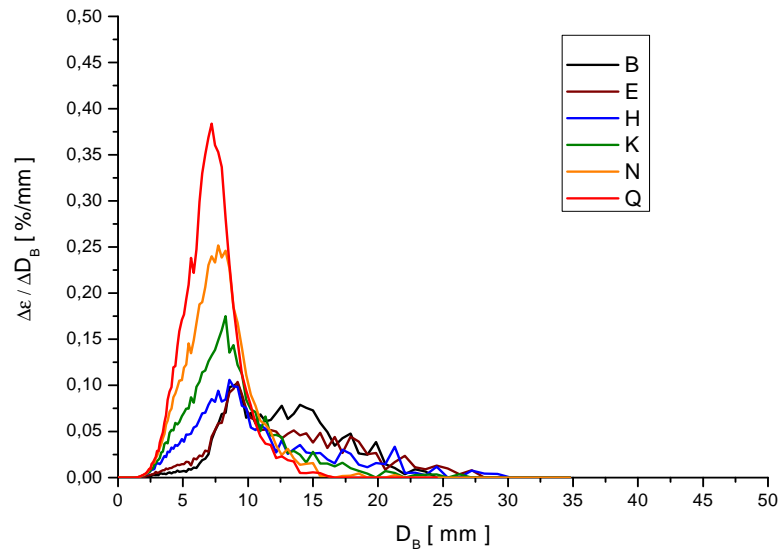
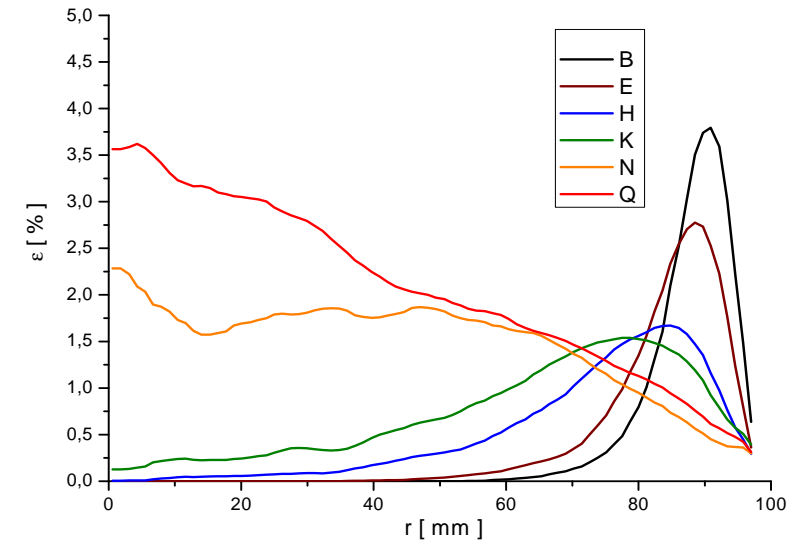
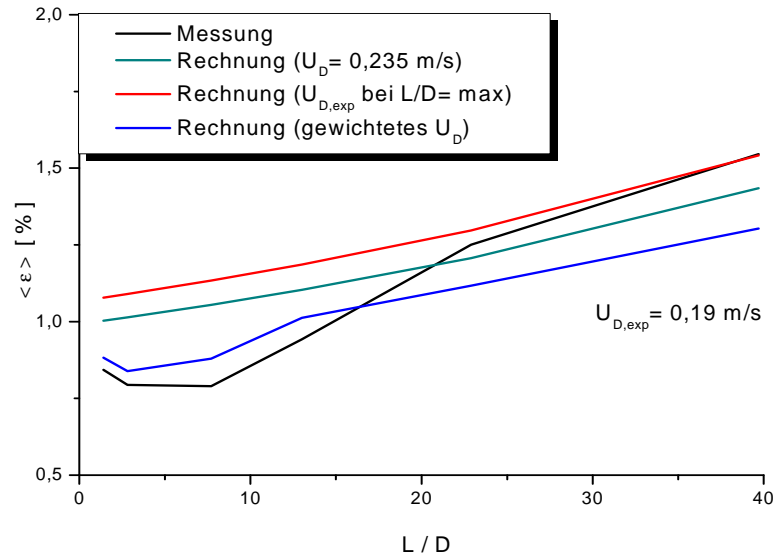
Pkt. 019 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0040 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



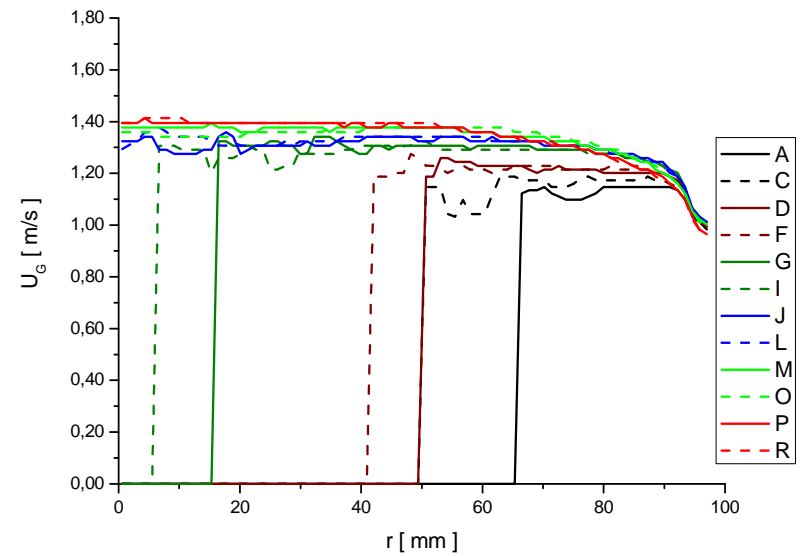
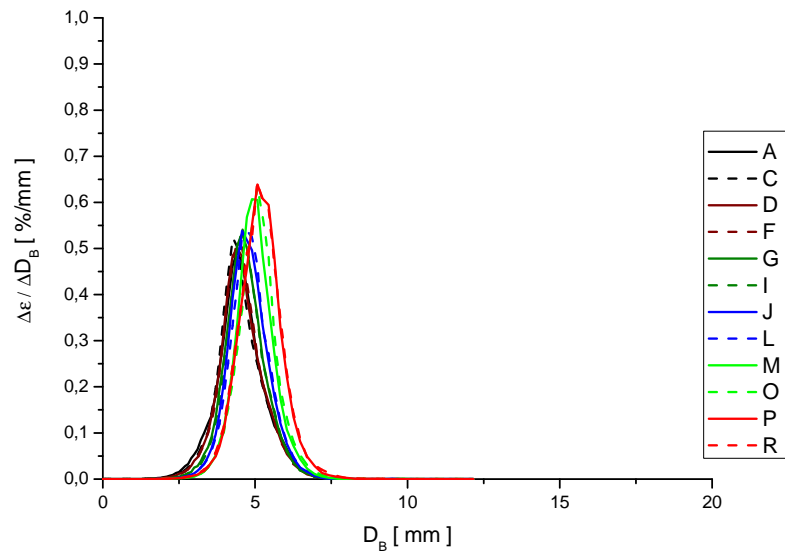
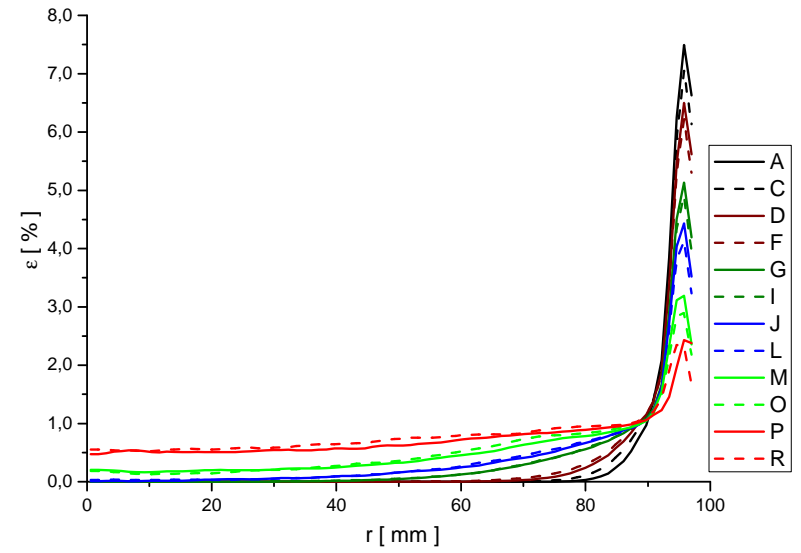
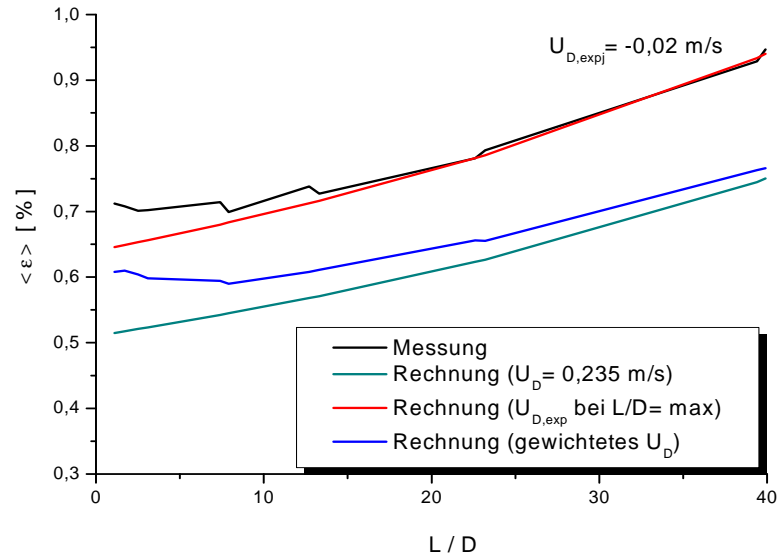
Pkt. 028 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0062 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt. 028 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0062 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

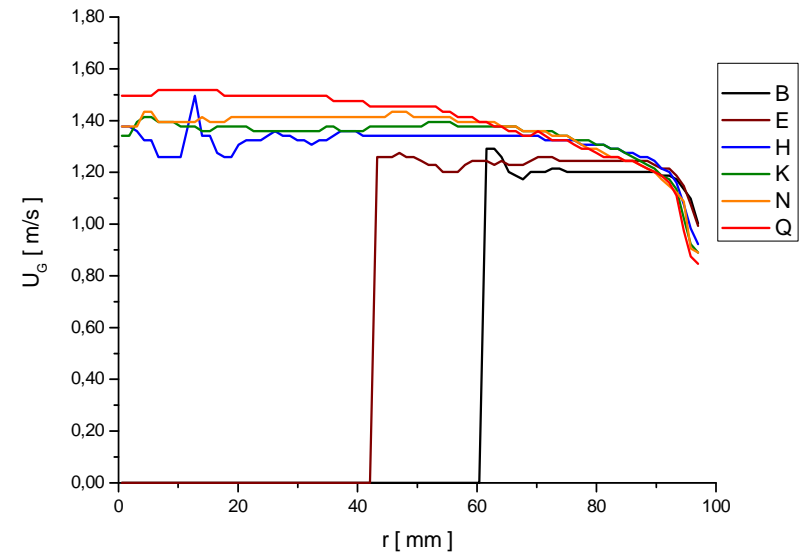
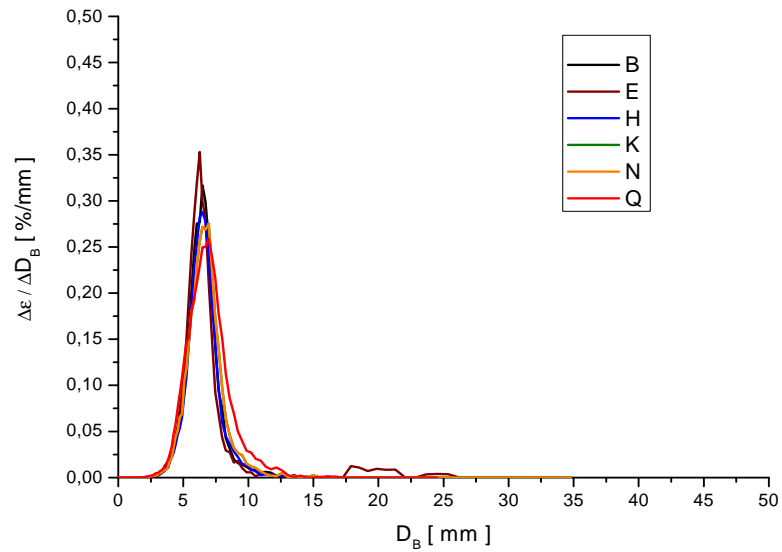
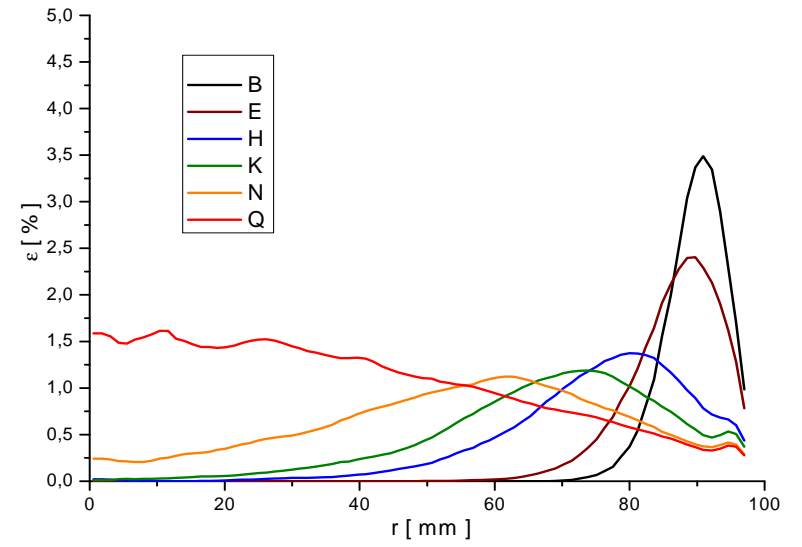
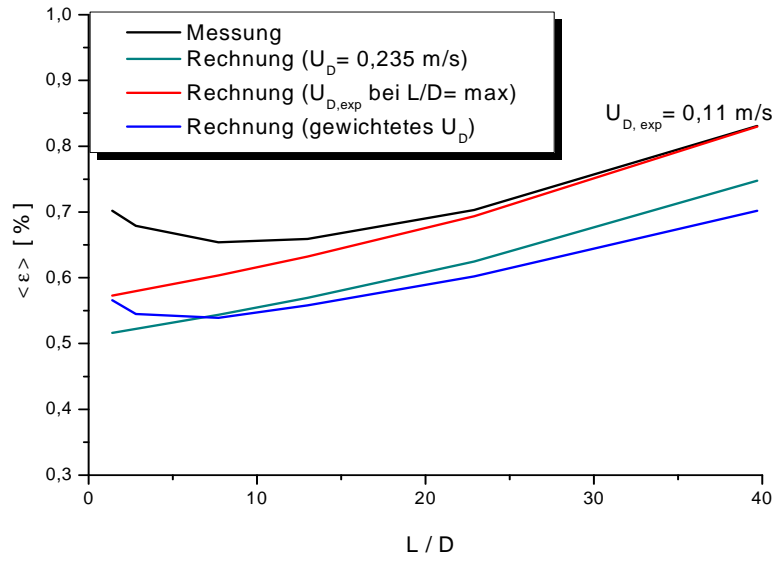


Pkt. 030 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0062 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

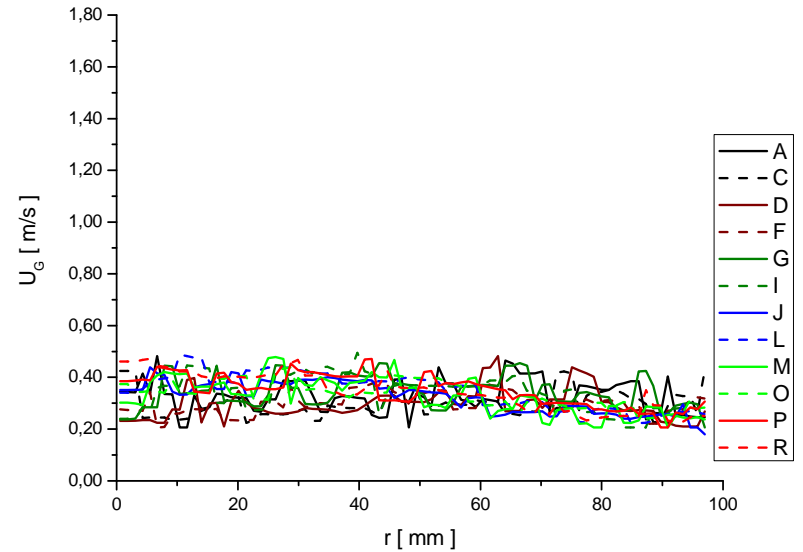
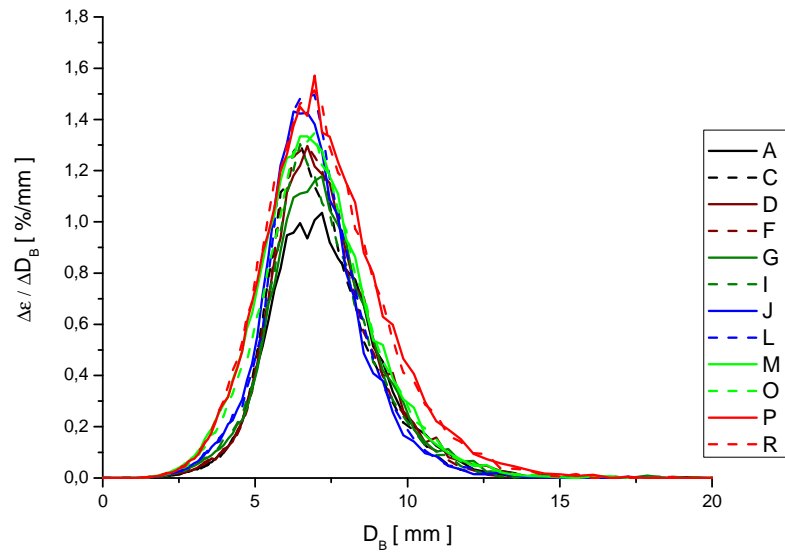
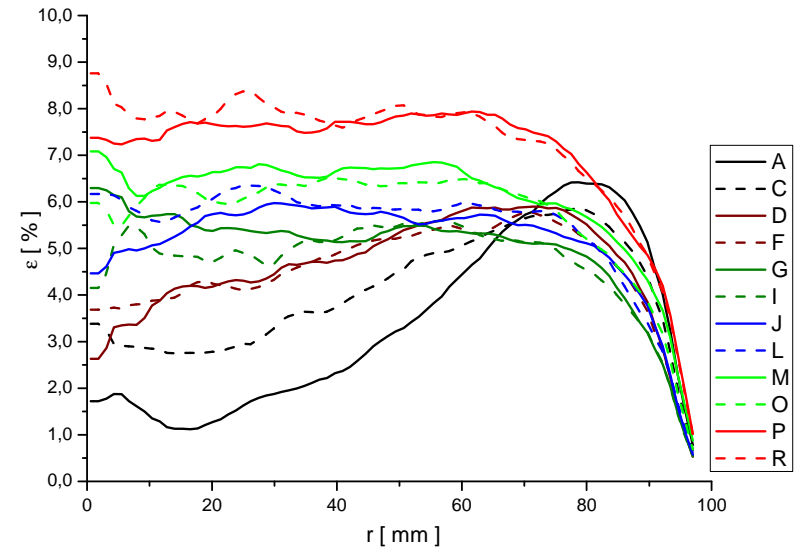
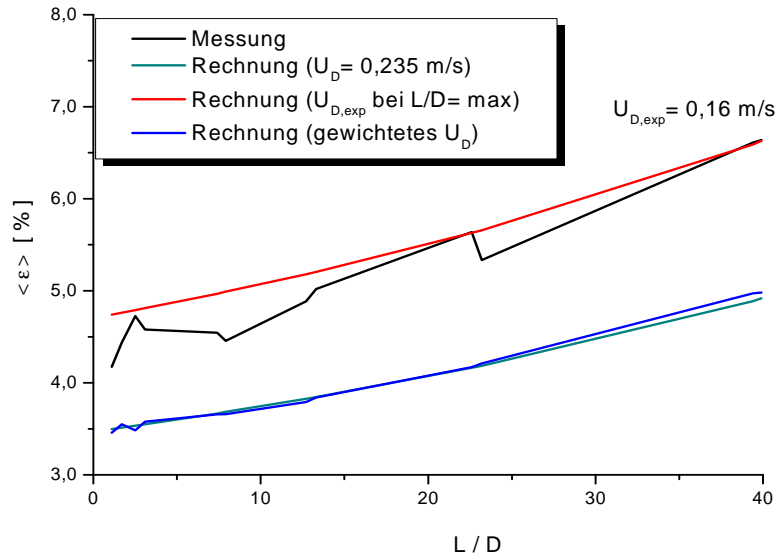




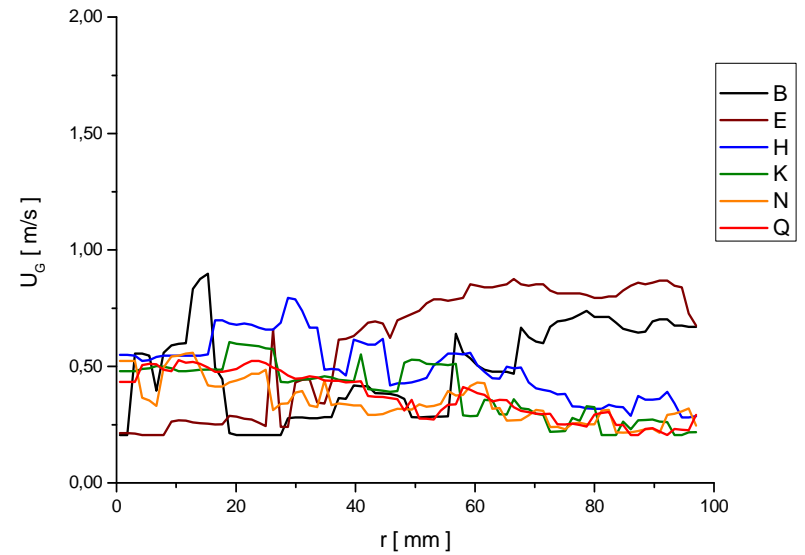
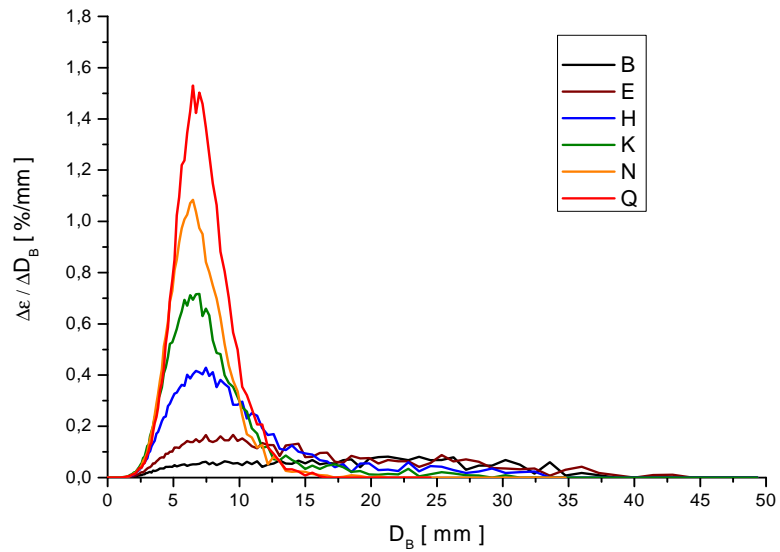
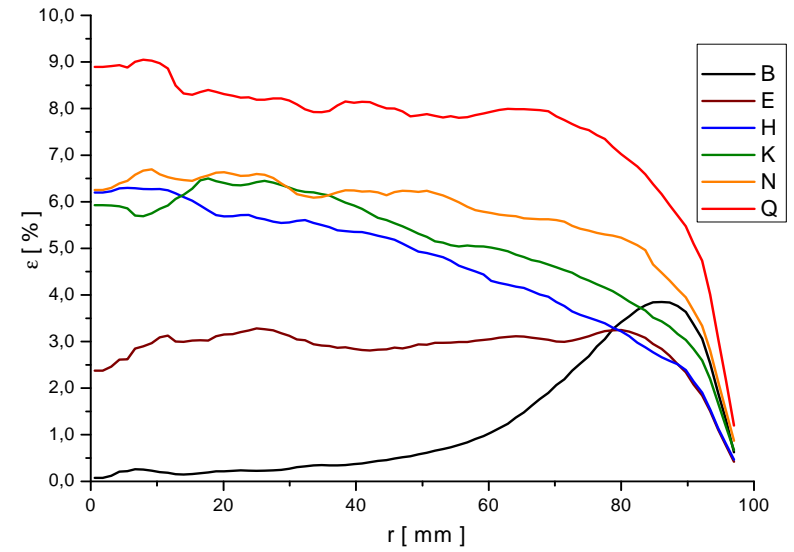
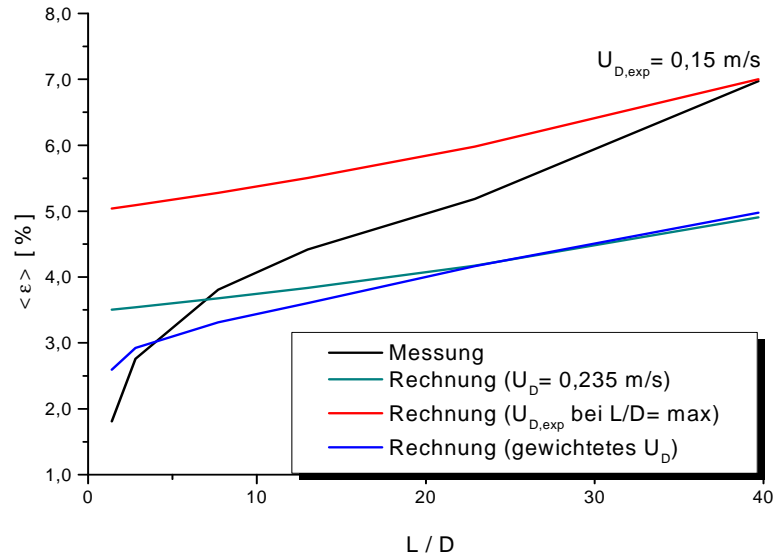
Pkt.030 ( $J_L = 1,017$  m/s;  $J_G = 0,0062$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm)



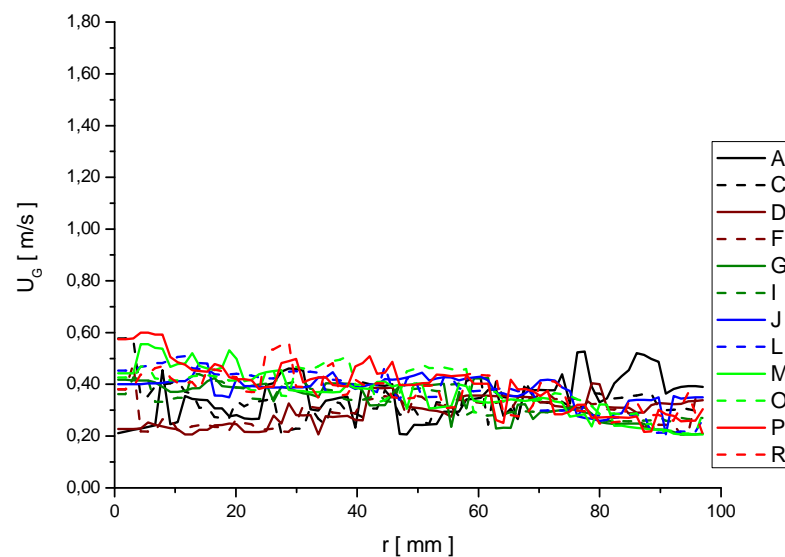
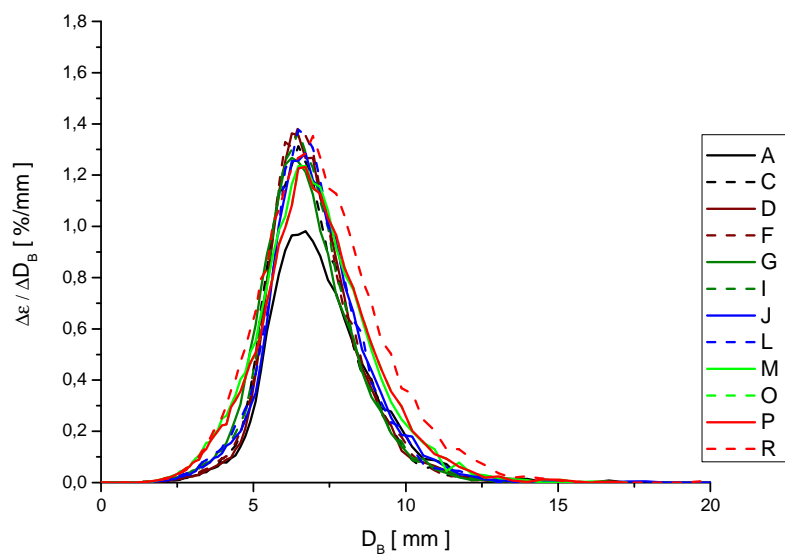
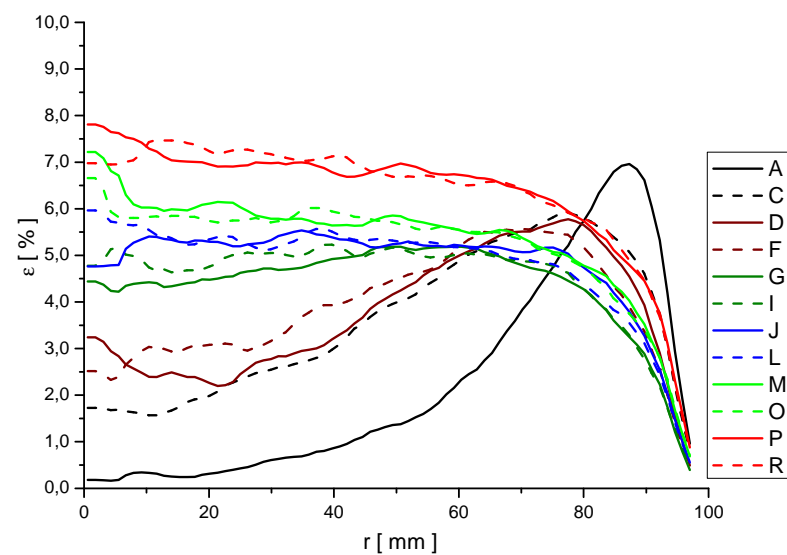
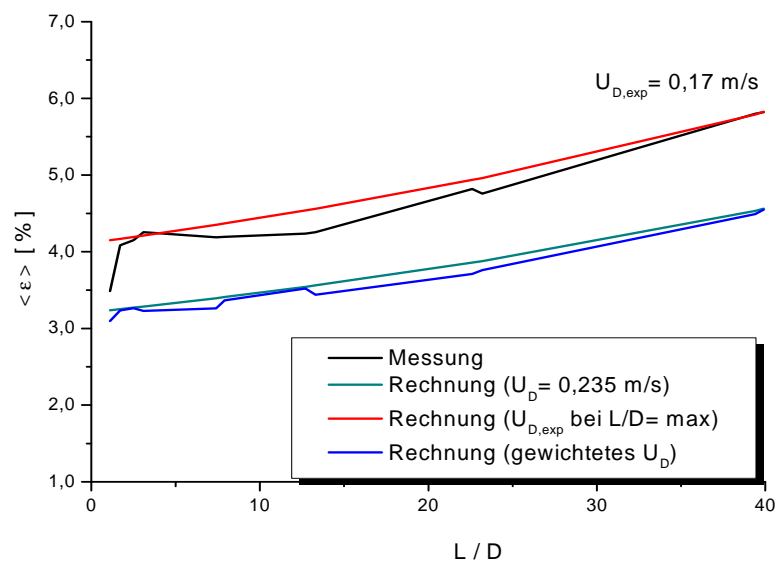
Pkt. 034 ( $J_L = 0,0405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



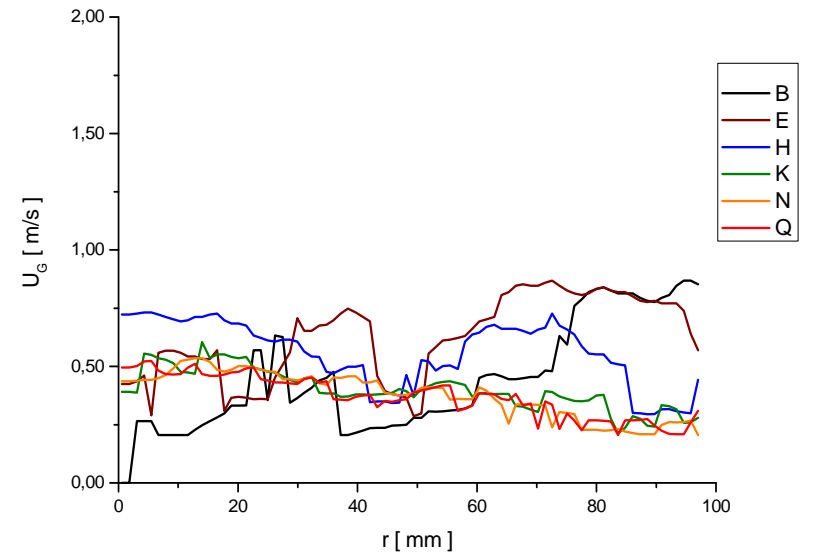
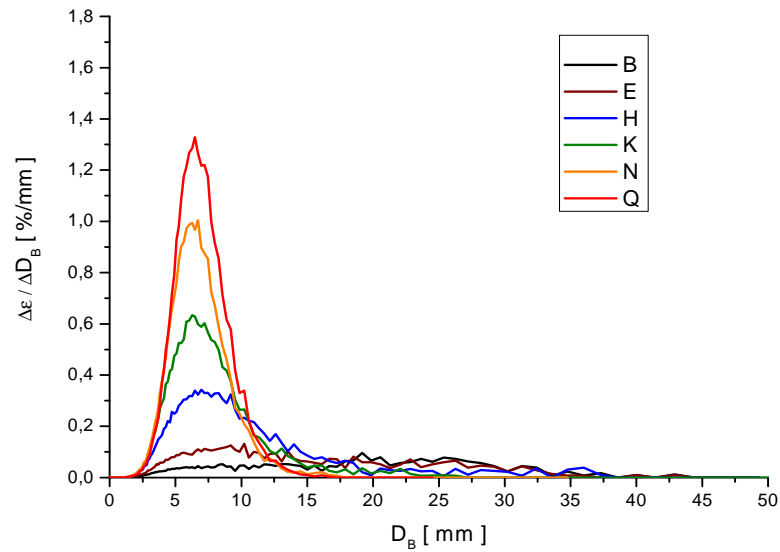
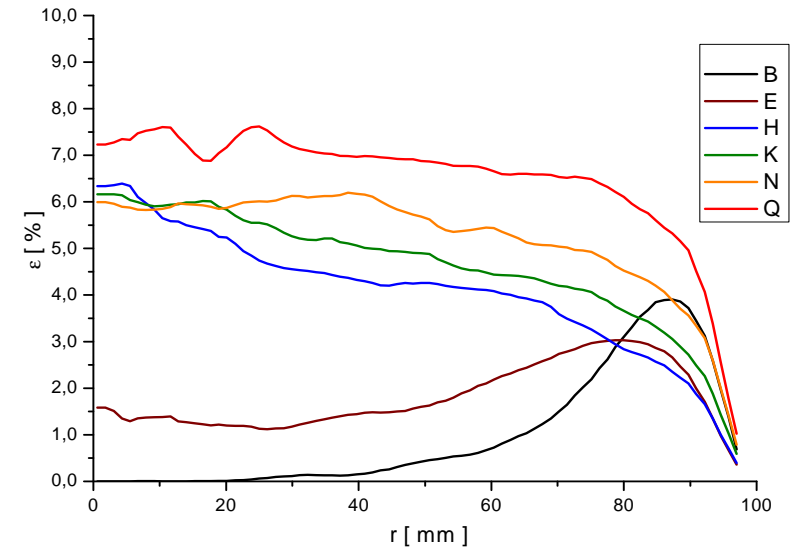
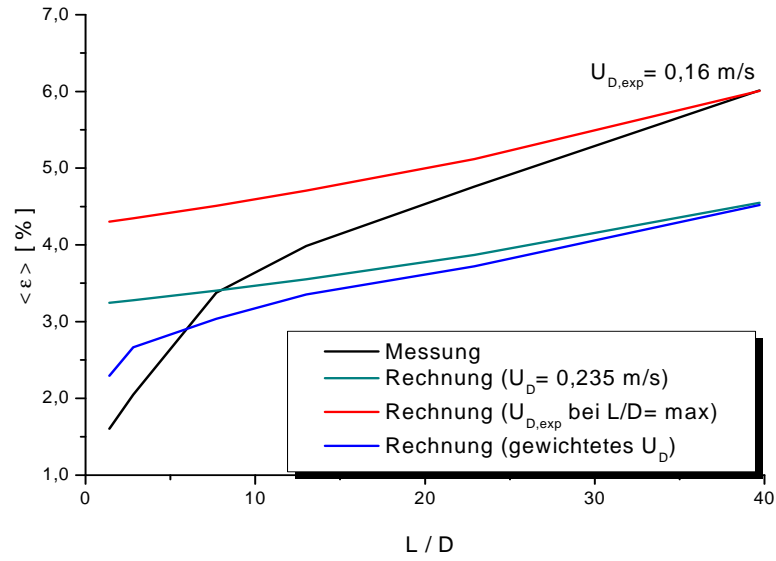
Pkt.034 ( $J_L = 0,0405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



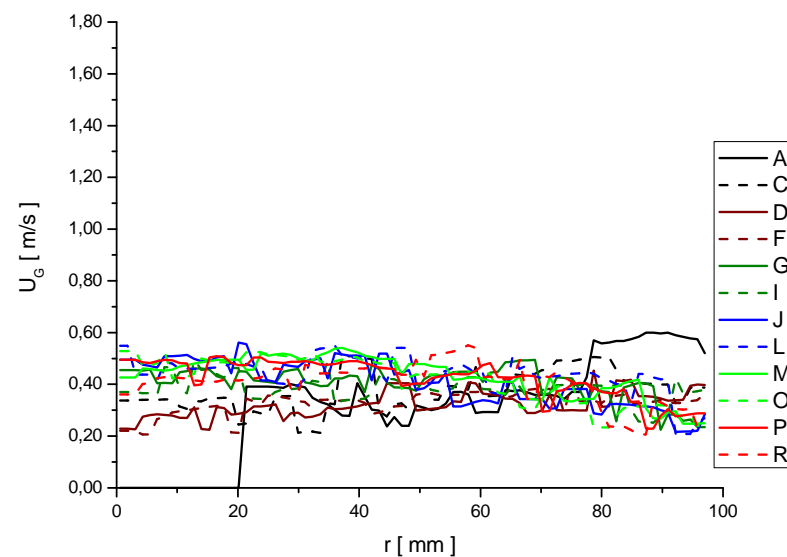
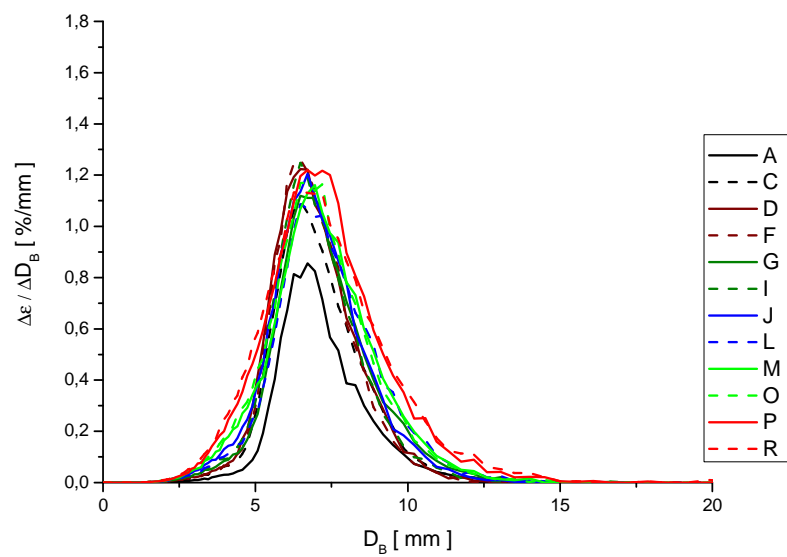
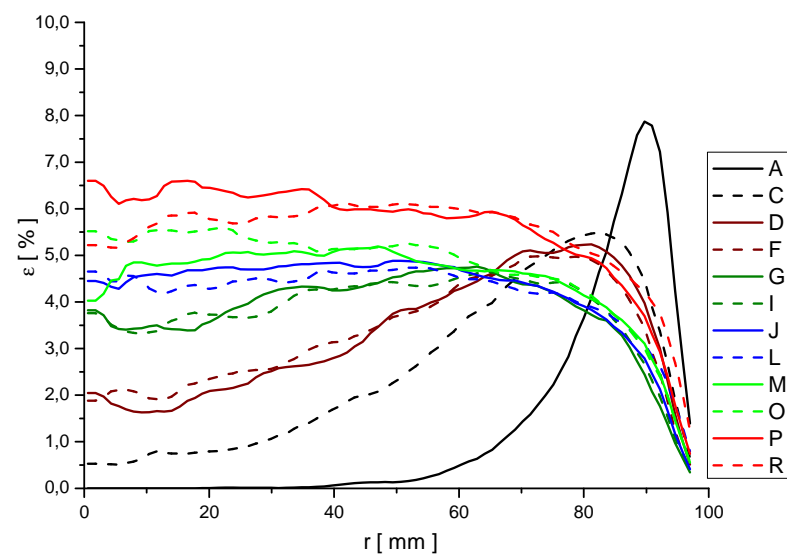
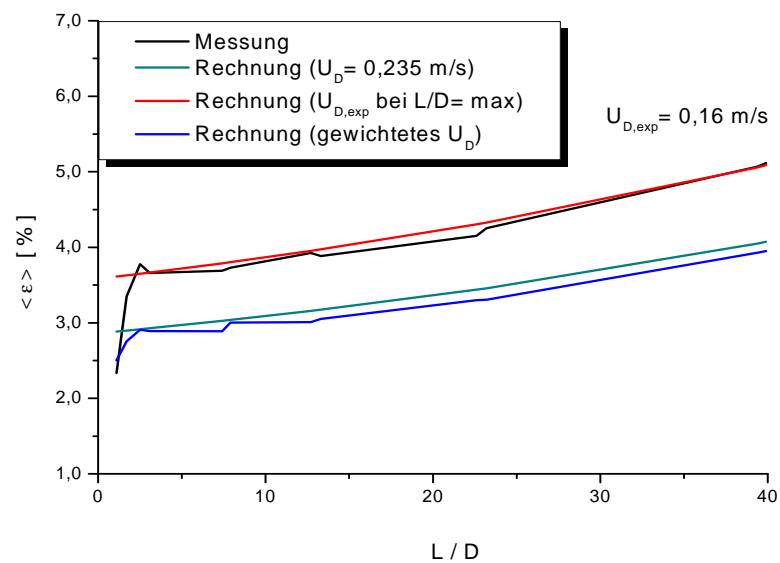
Pkt. 035 ( $J_L = 0,0641$  m/s;  $J_G = 0,0096$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)



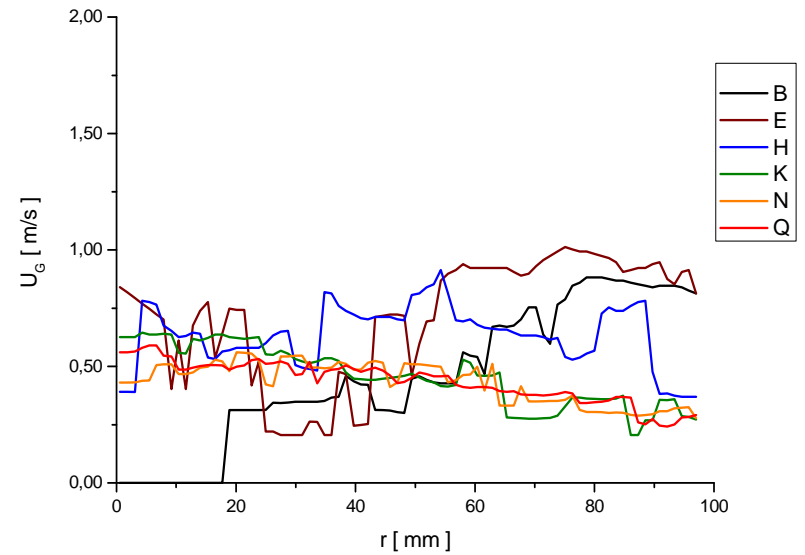
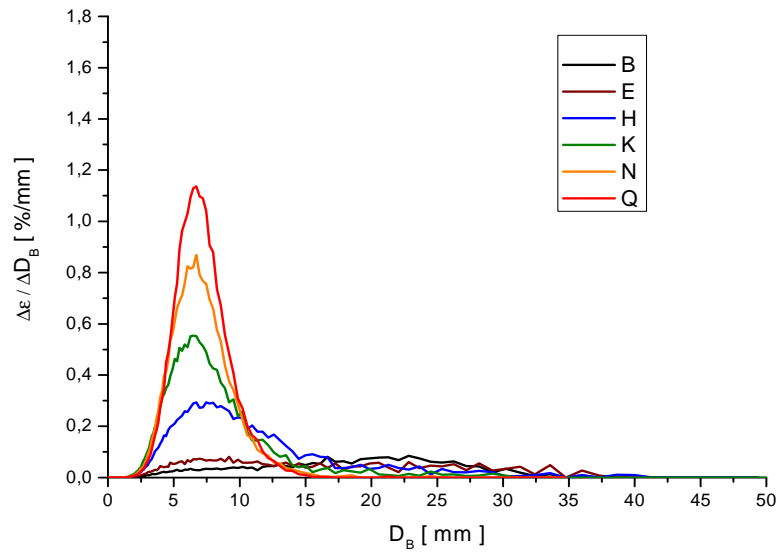
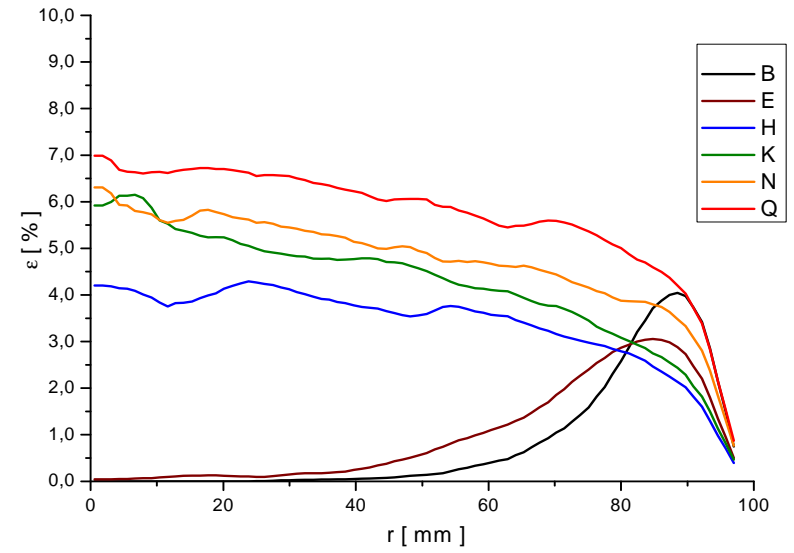
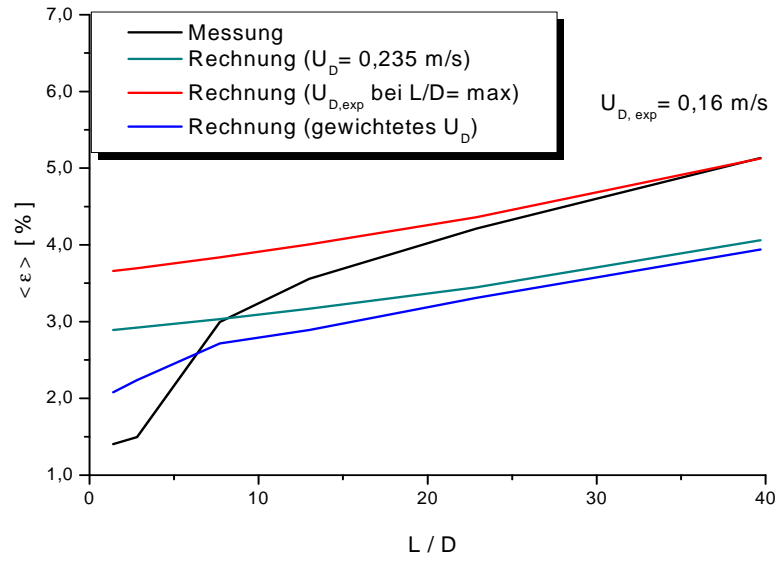
Pkt.035 ( $J_L = 0,0641 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



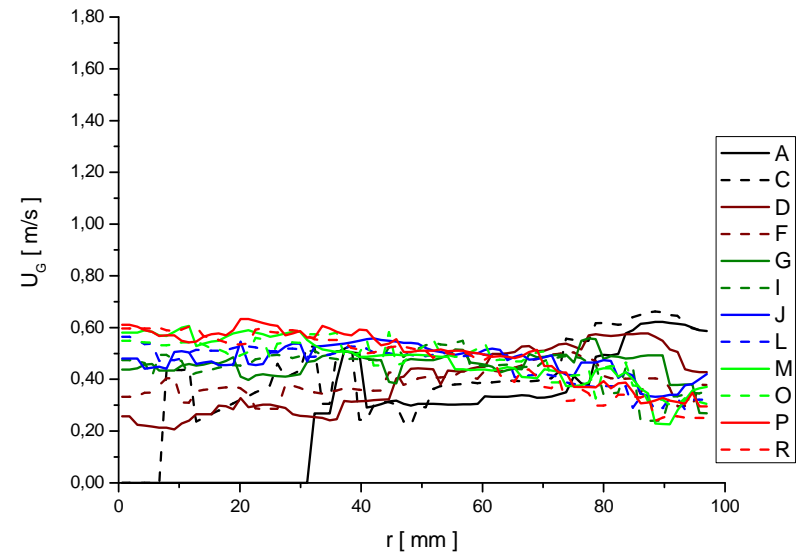
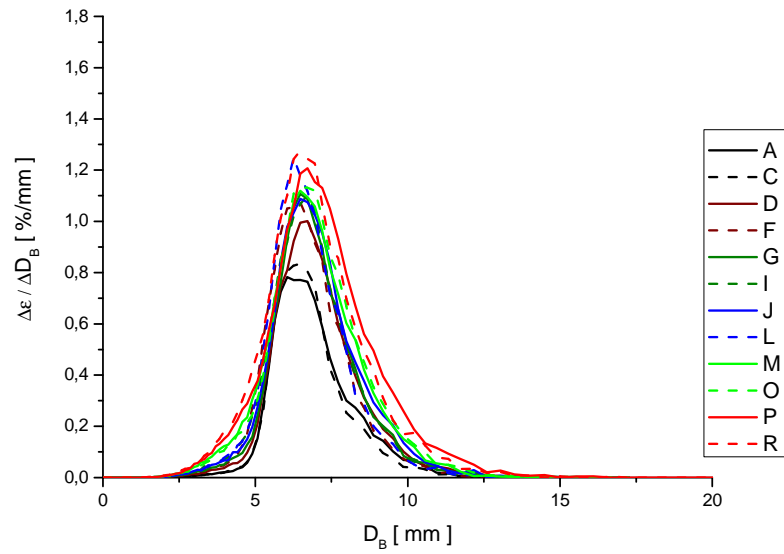
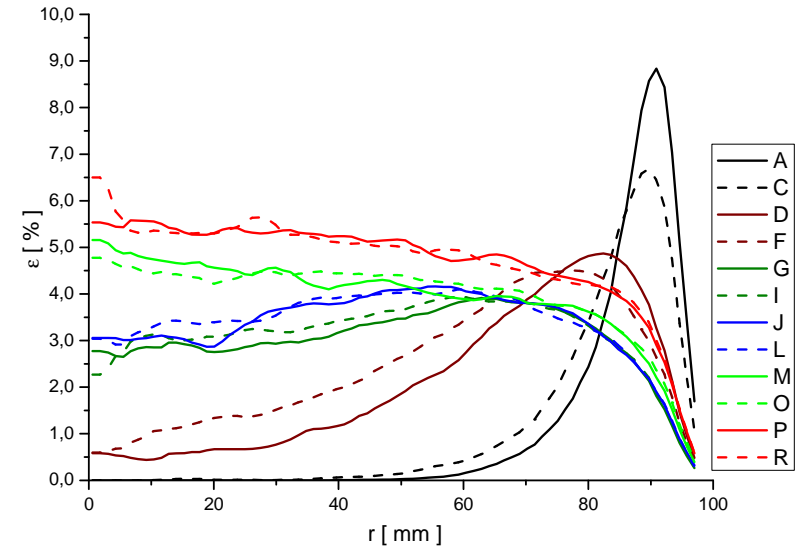
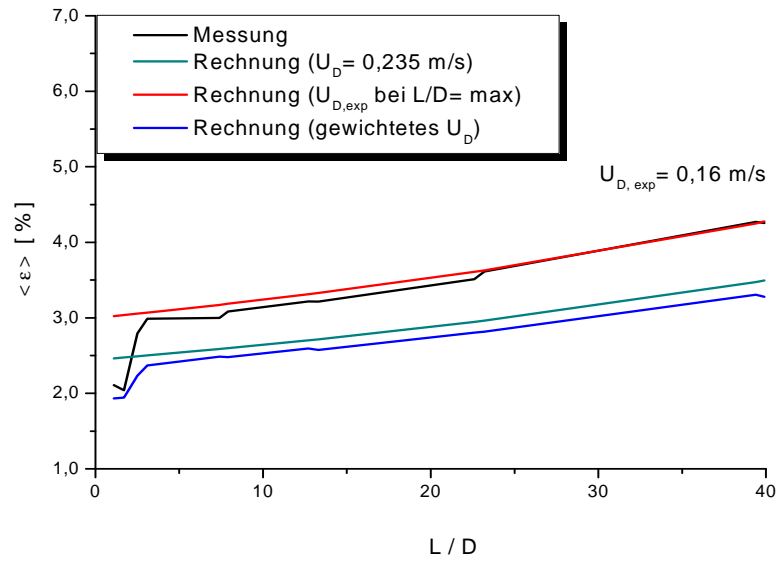
Pkt. 036 ( $J_L = 0,102 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.036 ( $J_L = 0,102 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

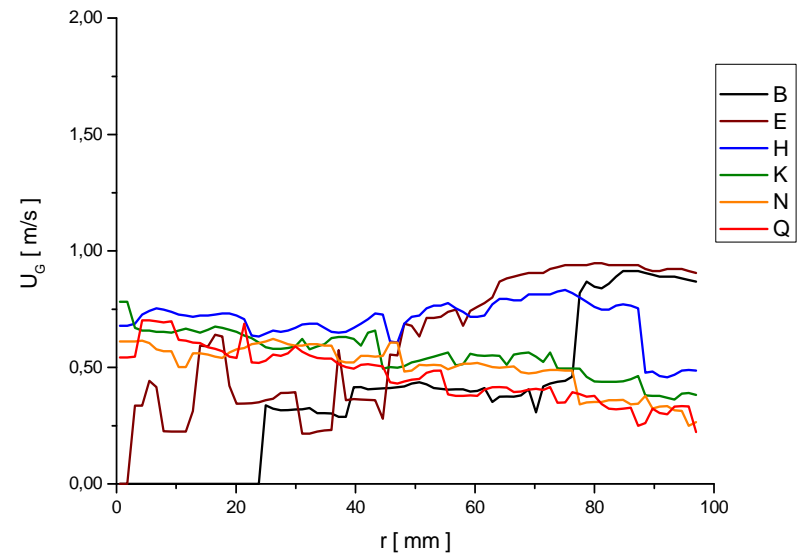
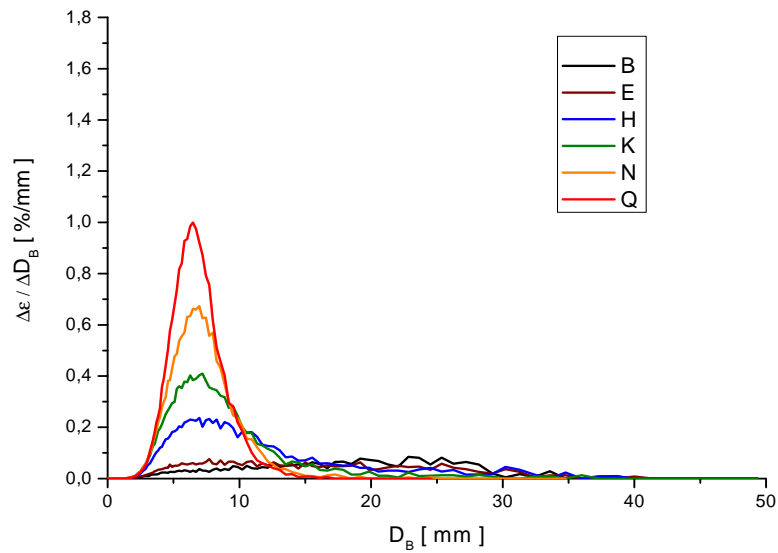
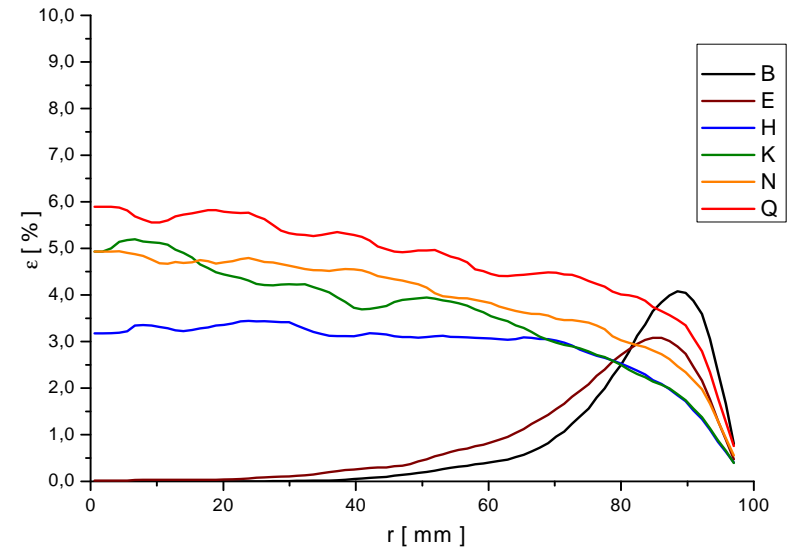
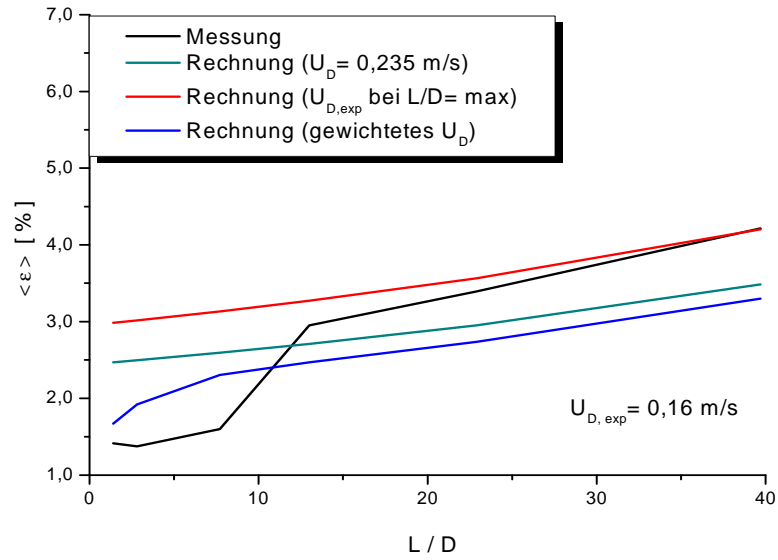


Pkt. 037 ( $J_L = 0,161 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

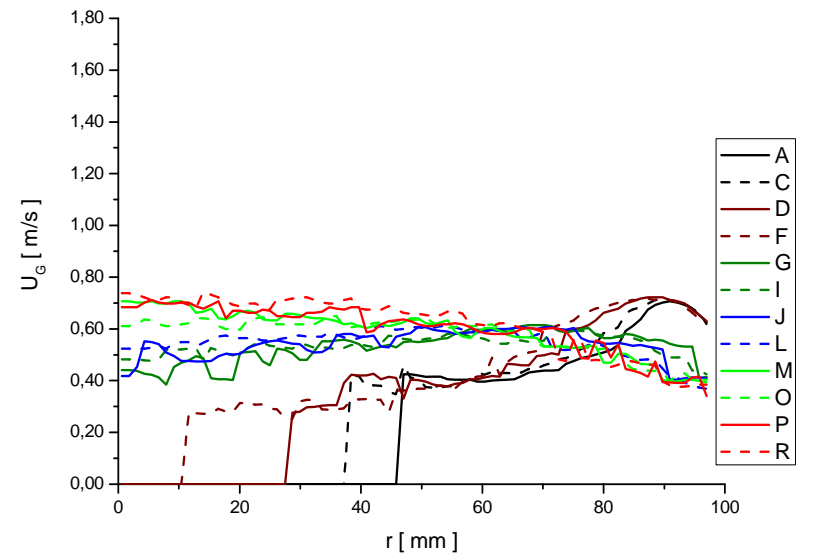
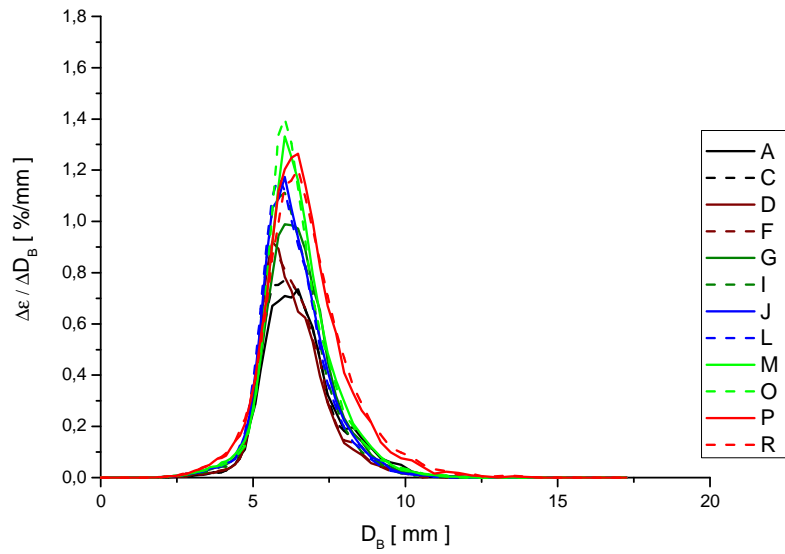
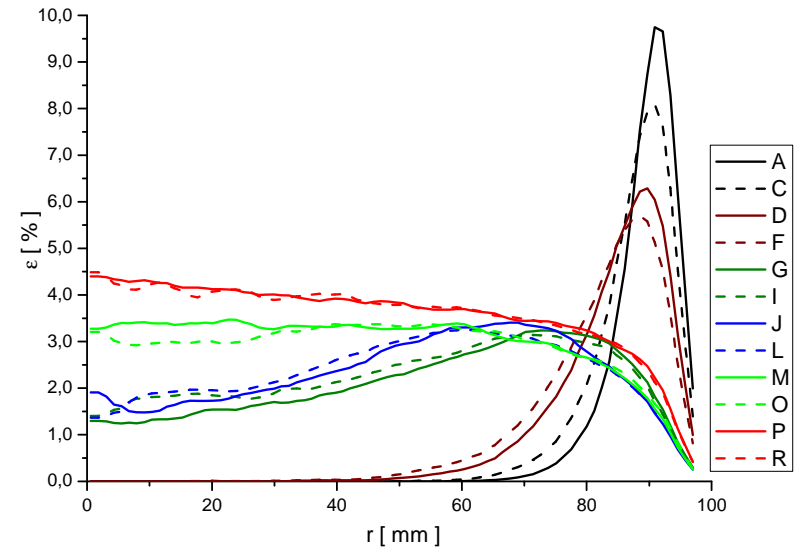
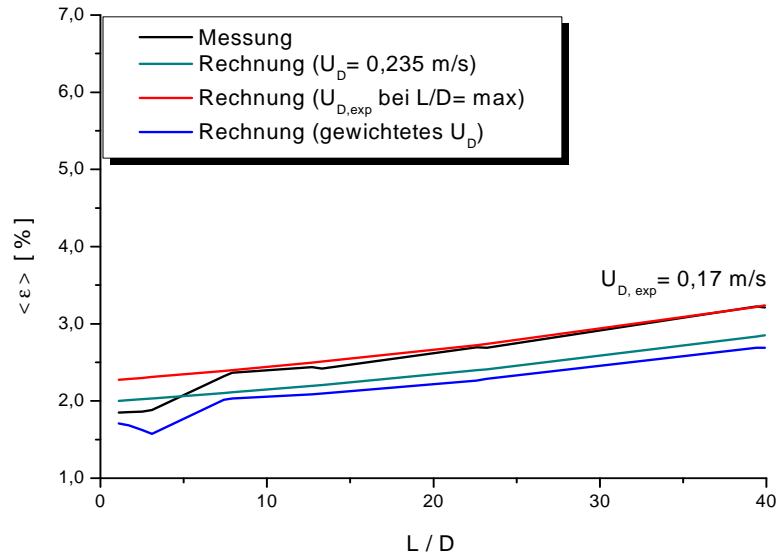




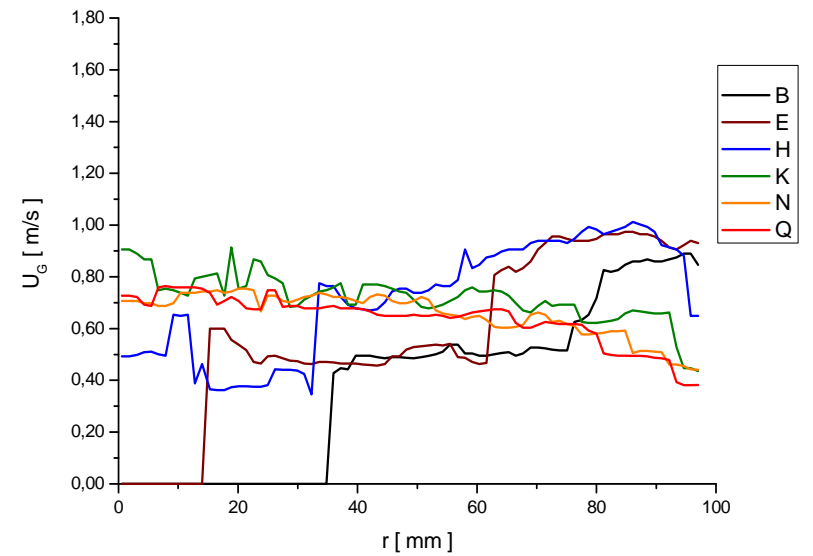
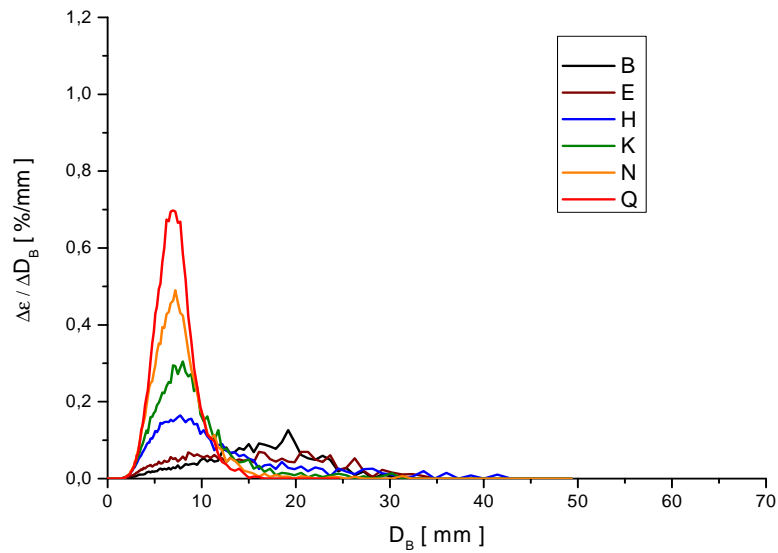
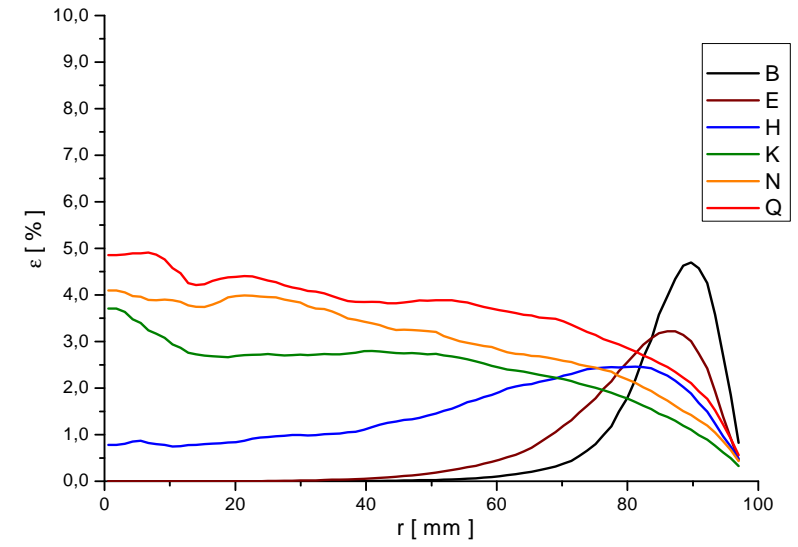
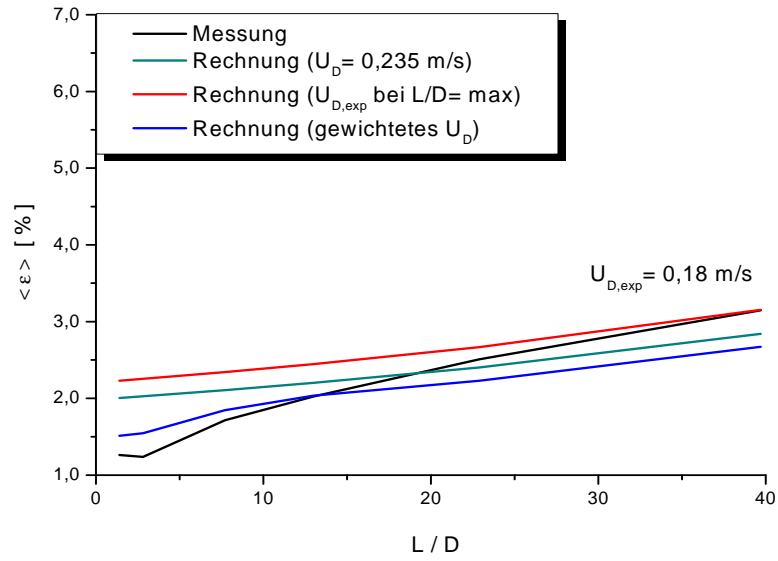
Pkt.037 ( $J_L = 0,161 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



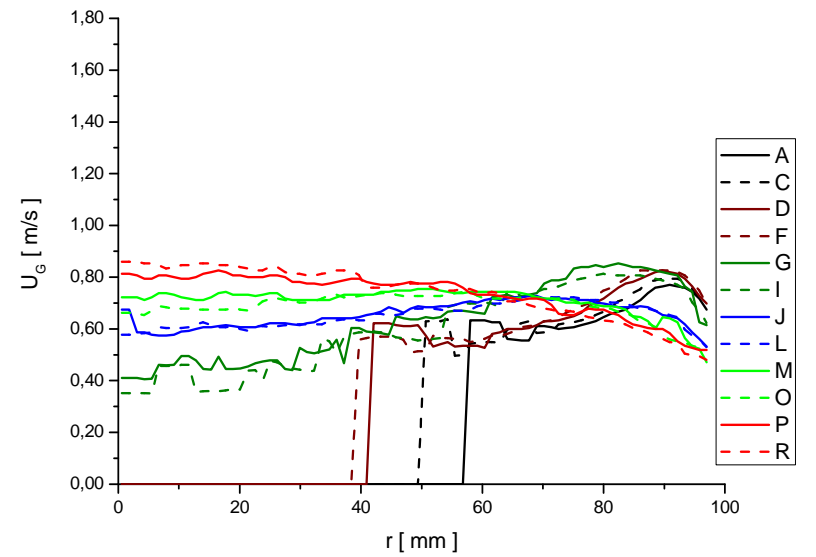
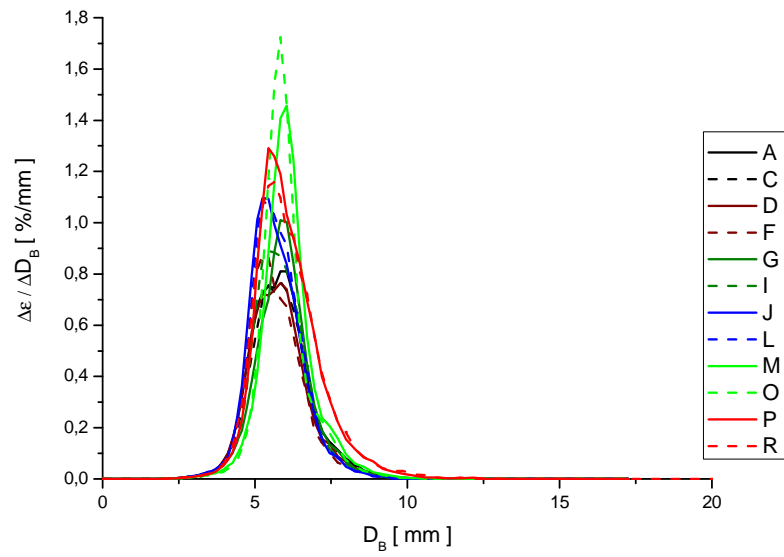
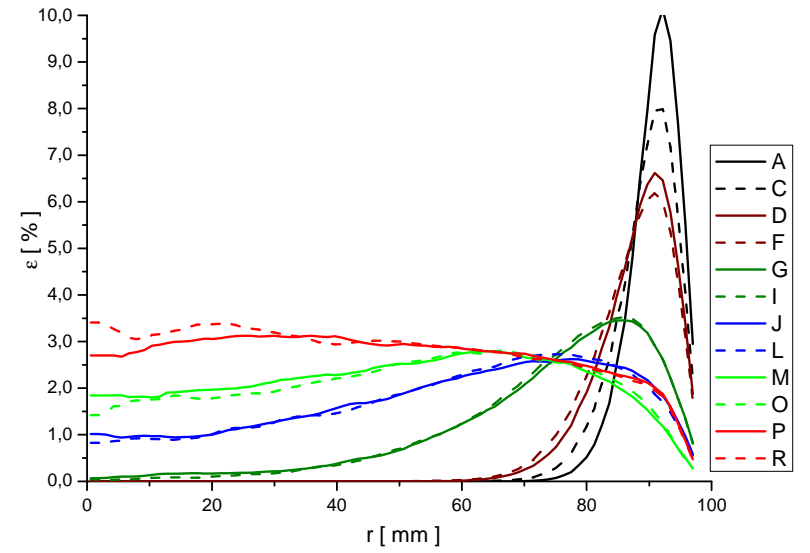
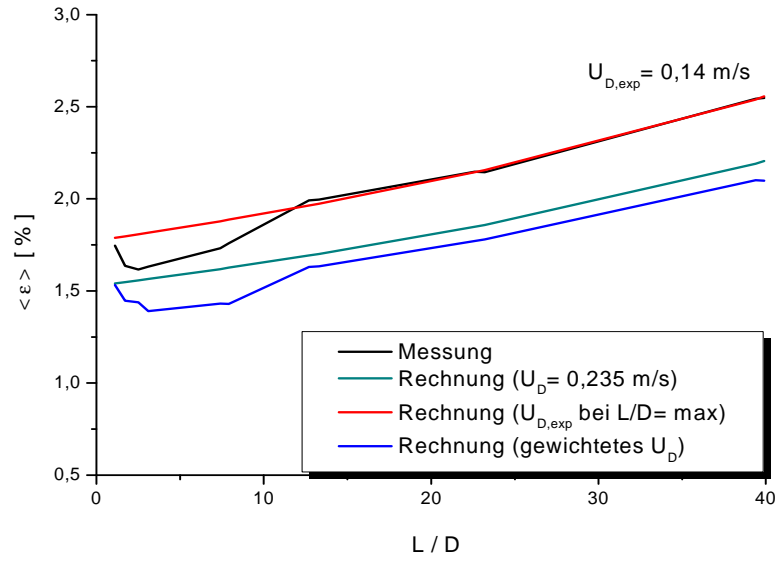
Pkt. 038 ( $J_L = 0,255 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



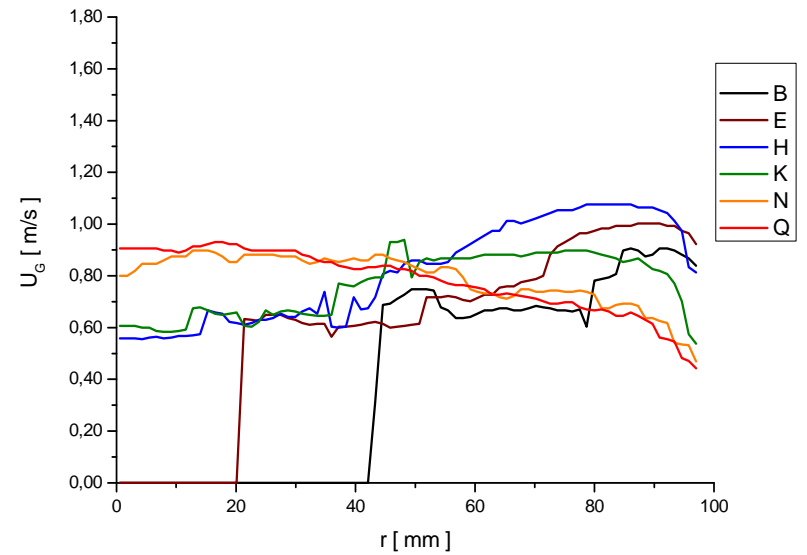
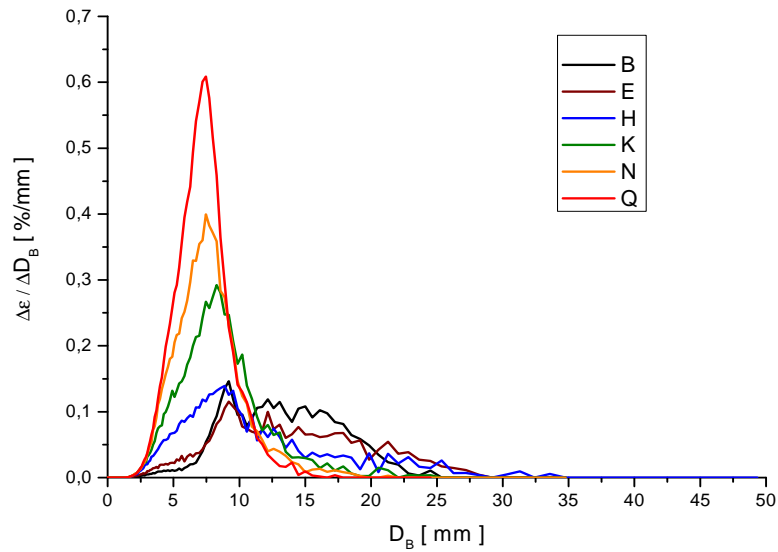
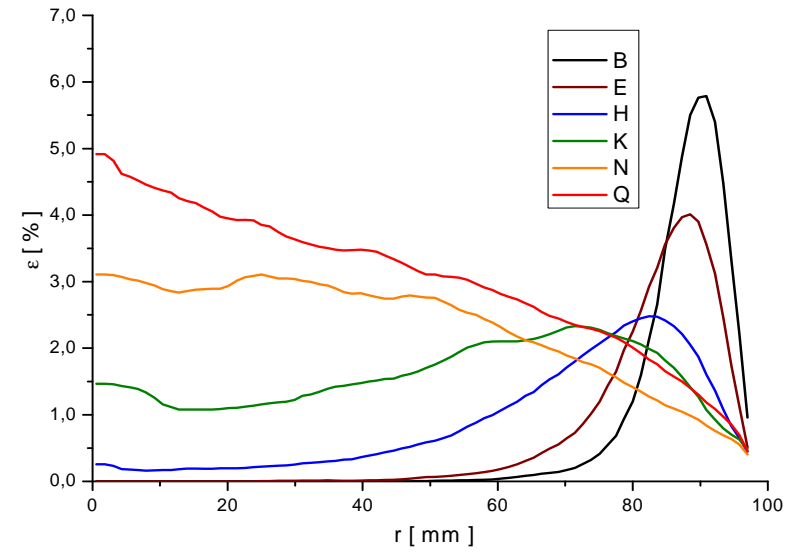
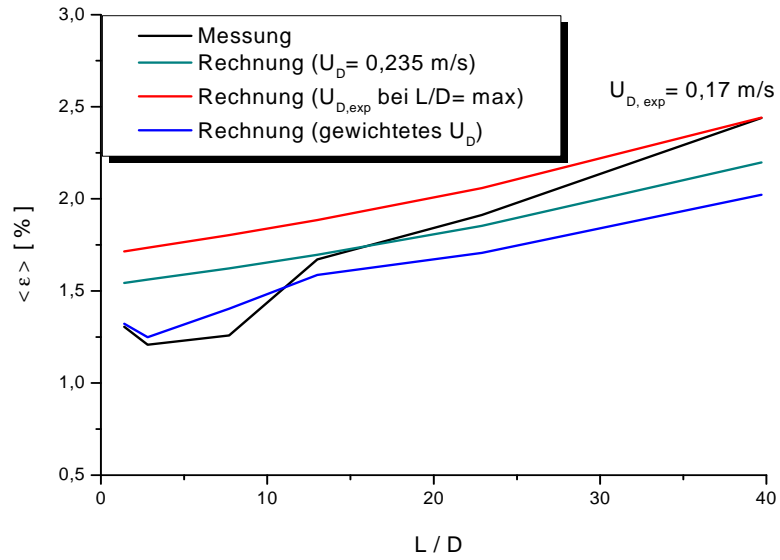
Pkt.038 ( $J_L = 0,255 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



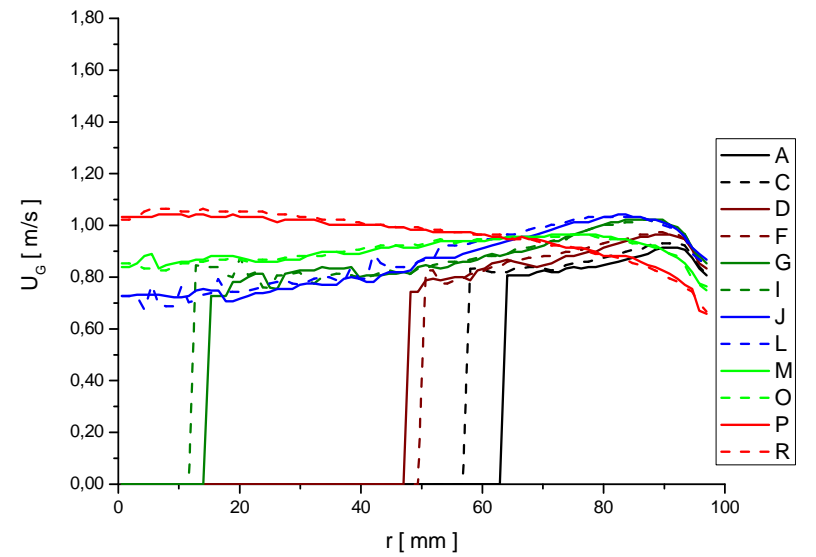
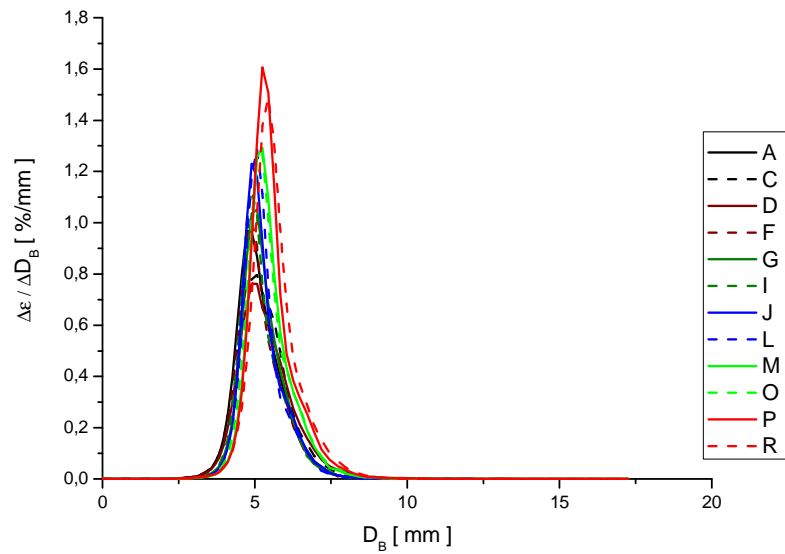
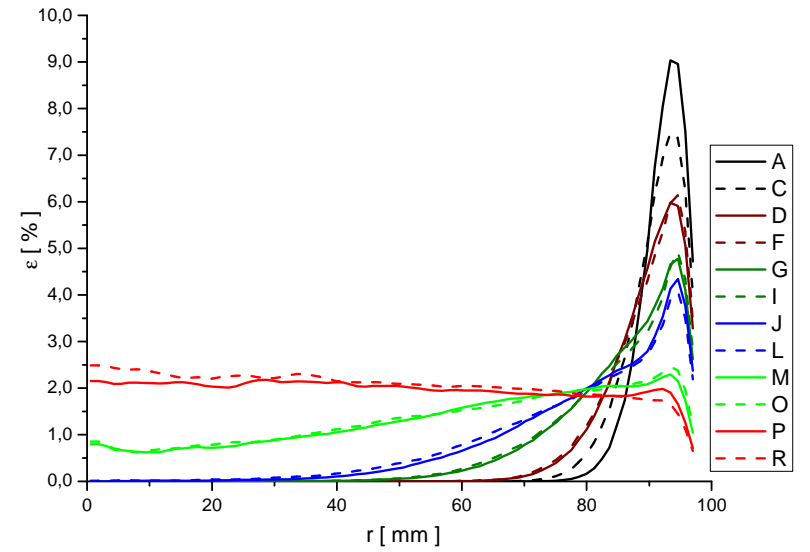
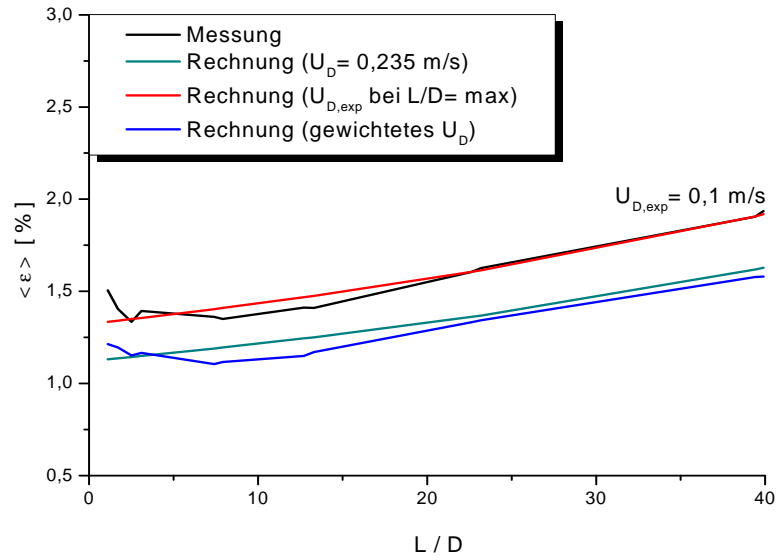
Pkt. 039 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



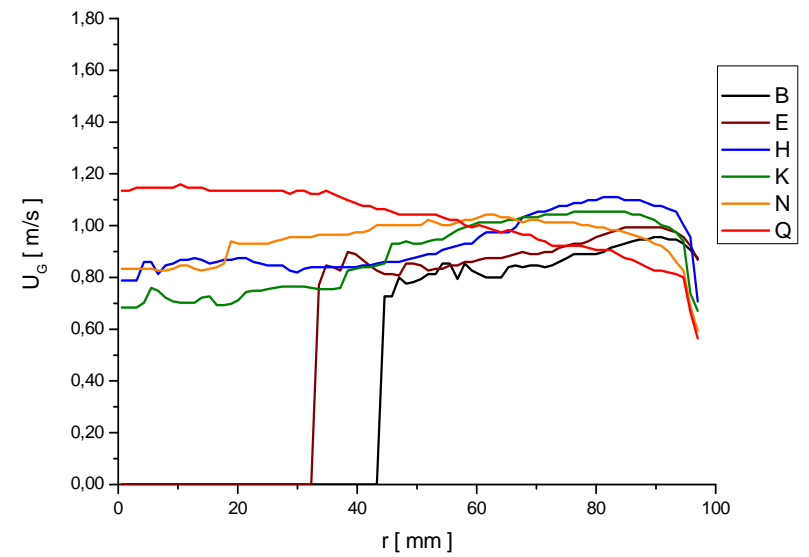
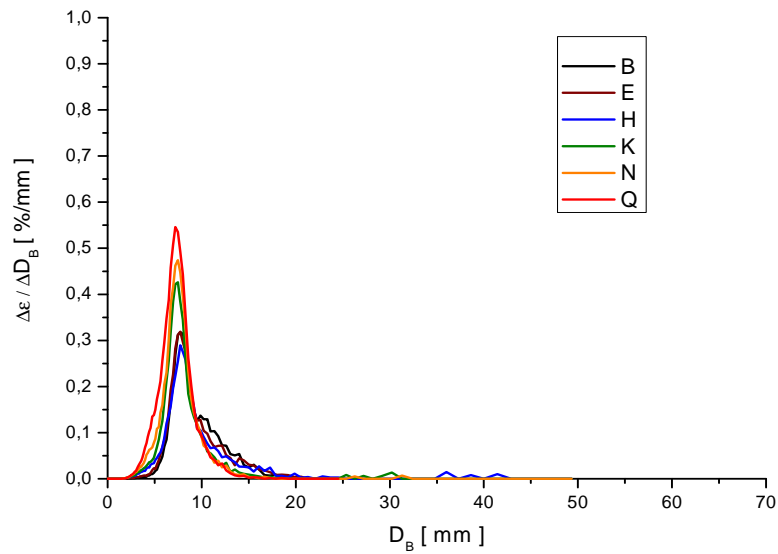
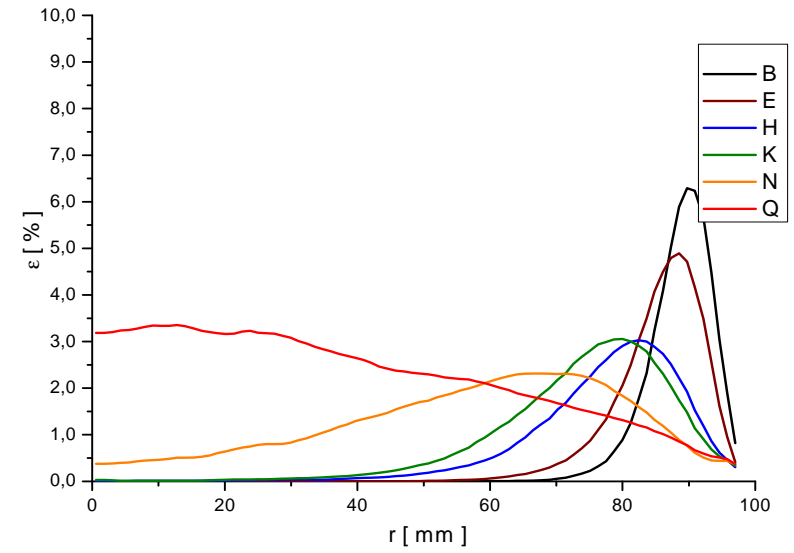
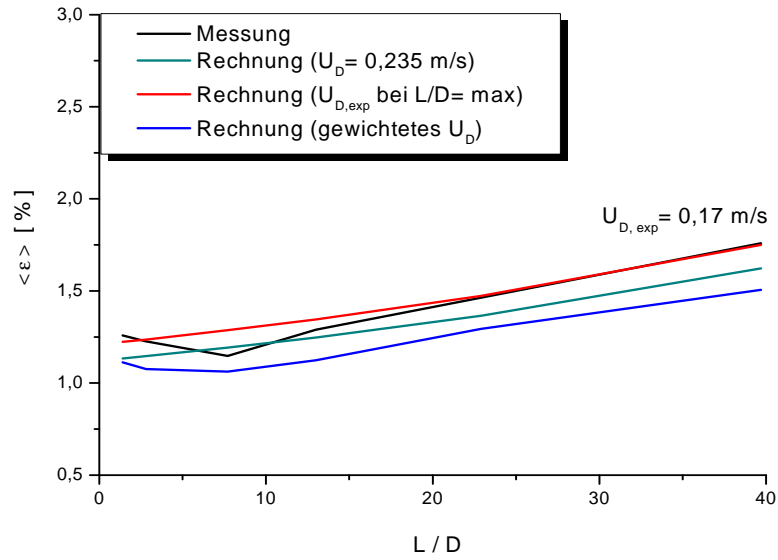
Pkt.039 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



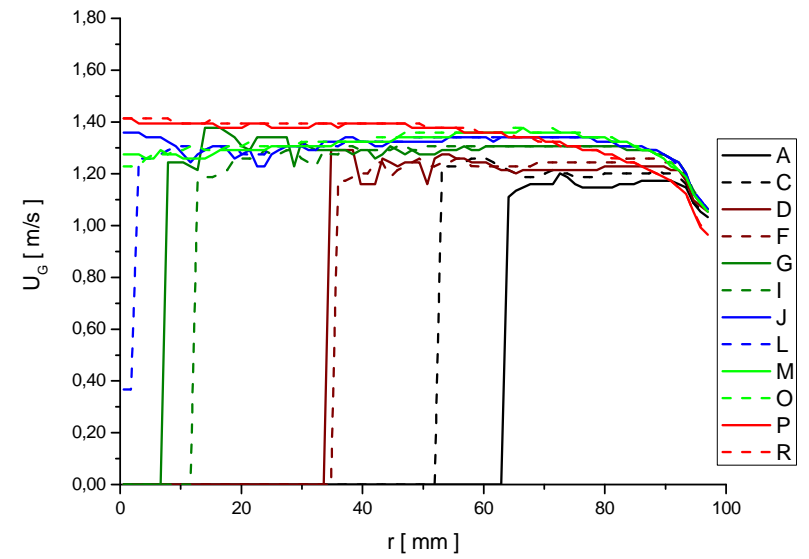
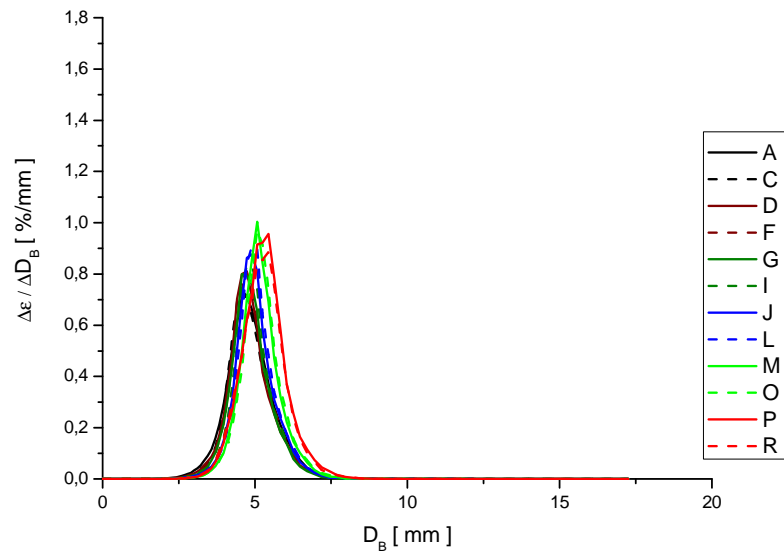
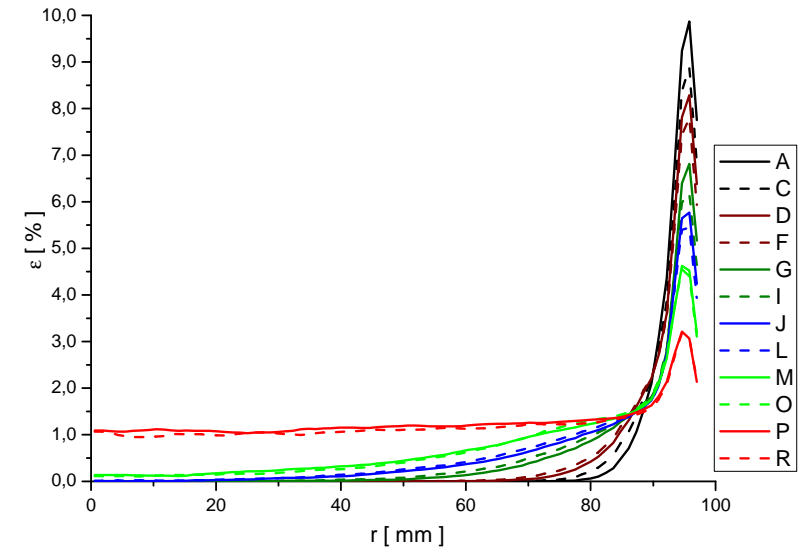
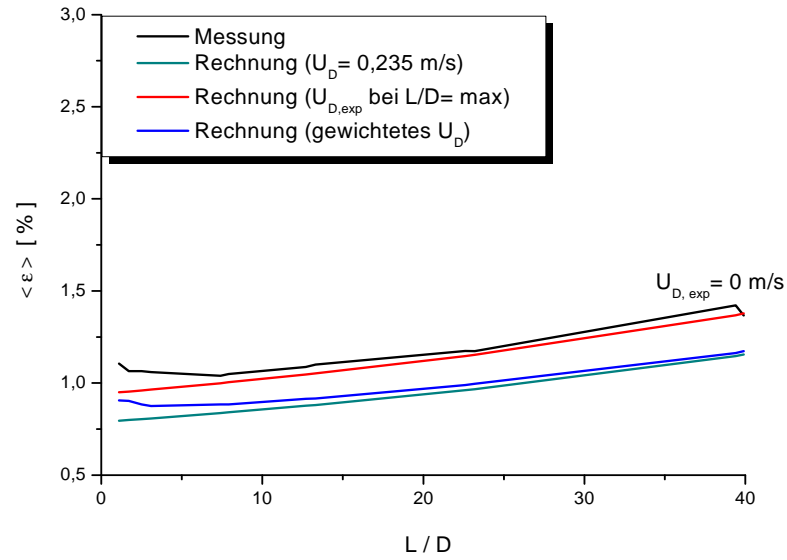
Pkt. 040 ( $J_L = 0,641 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.040 ( $J_L = 0,641 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

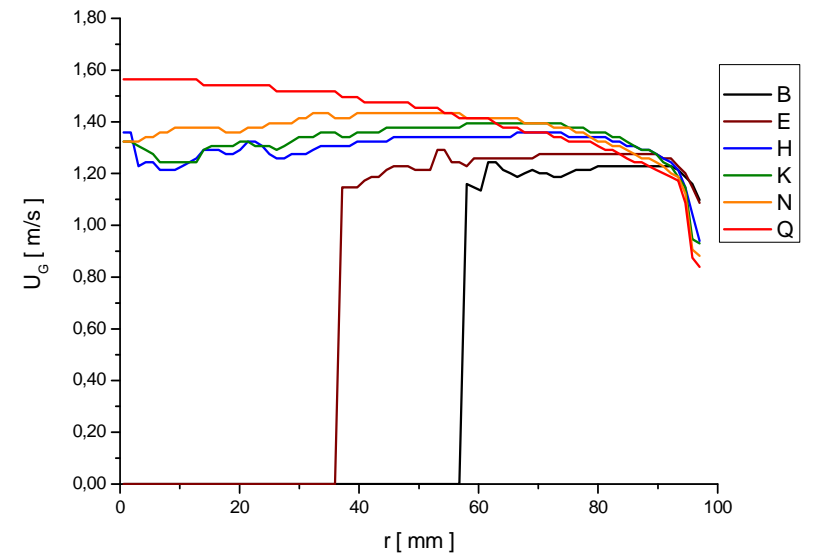
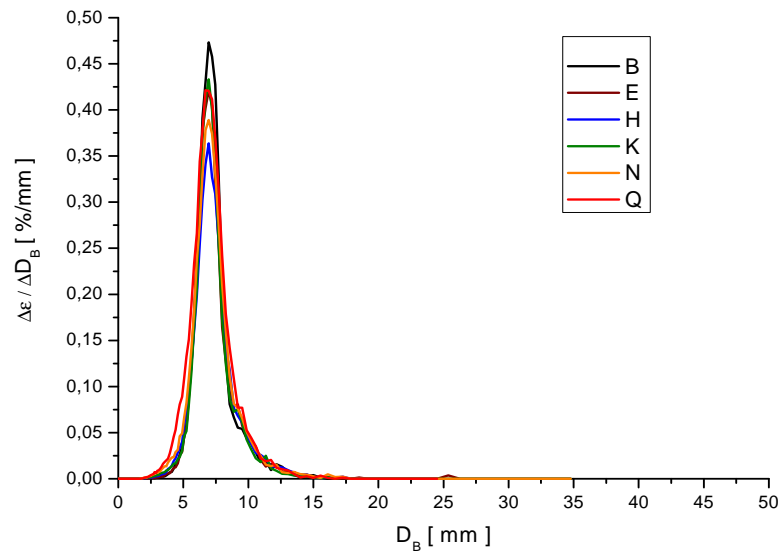
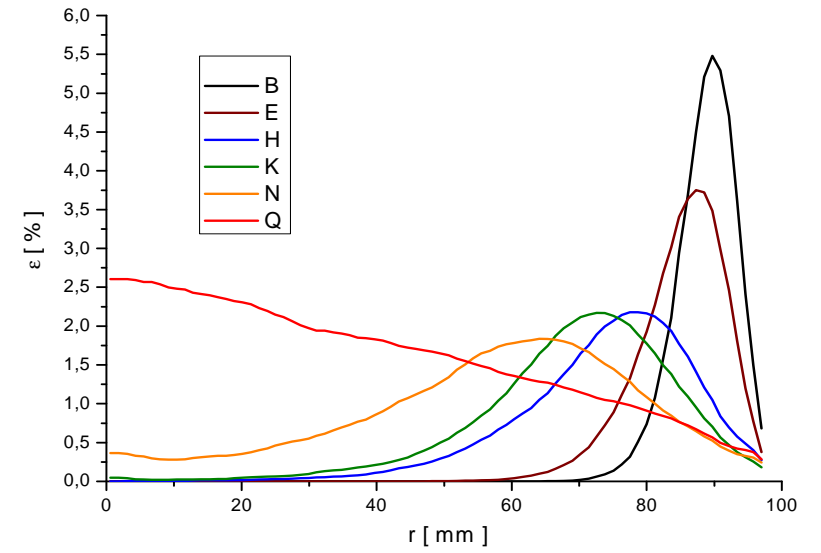
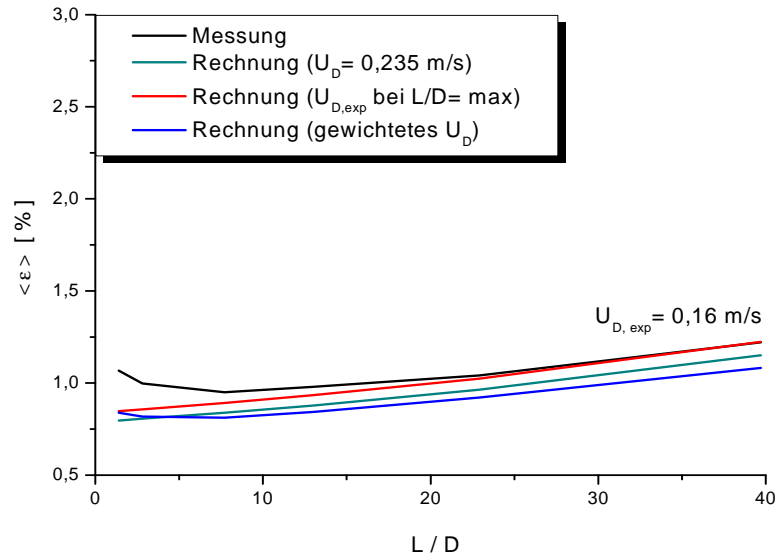


Pkt. 041 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

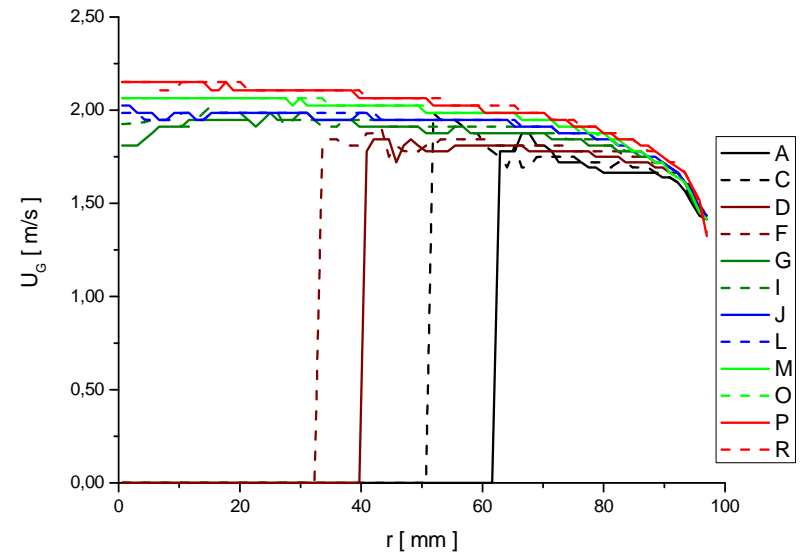
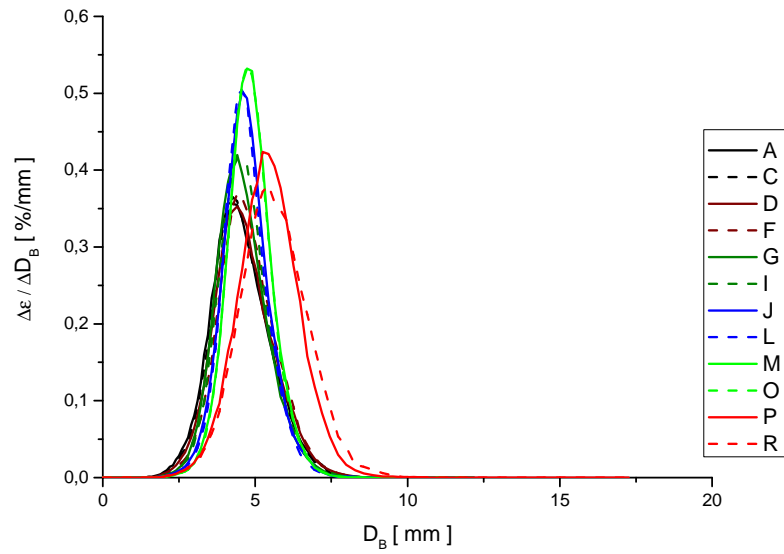
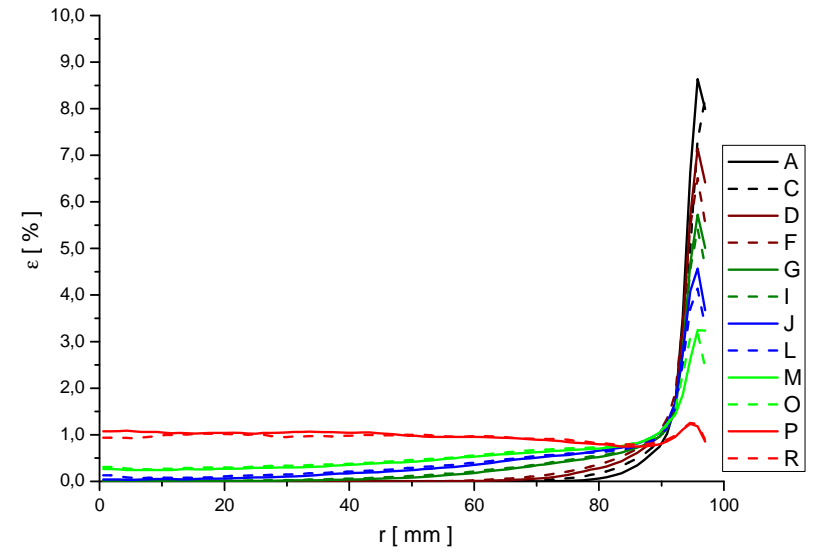
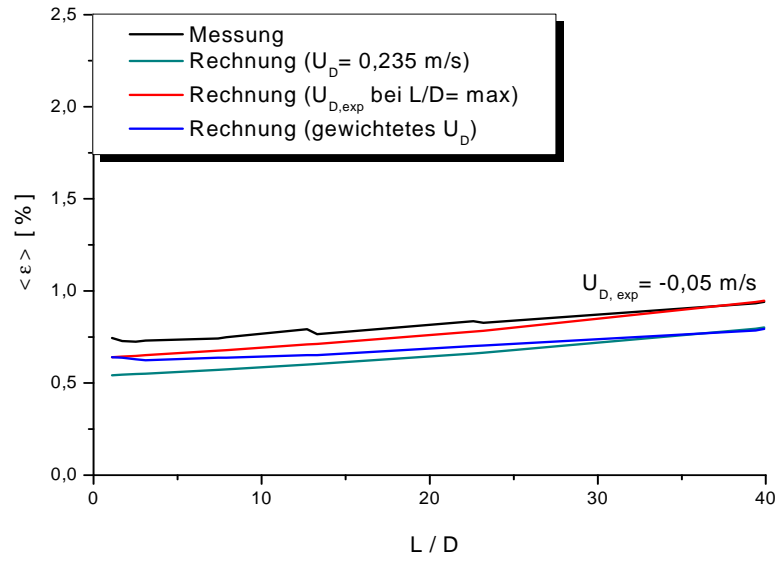




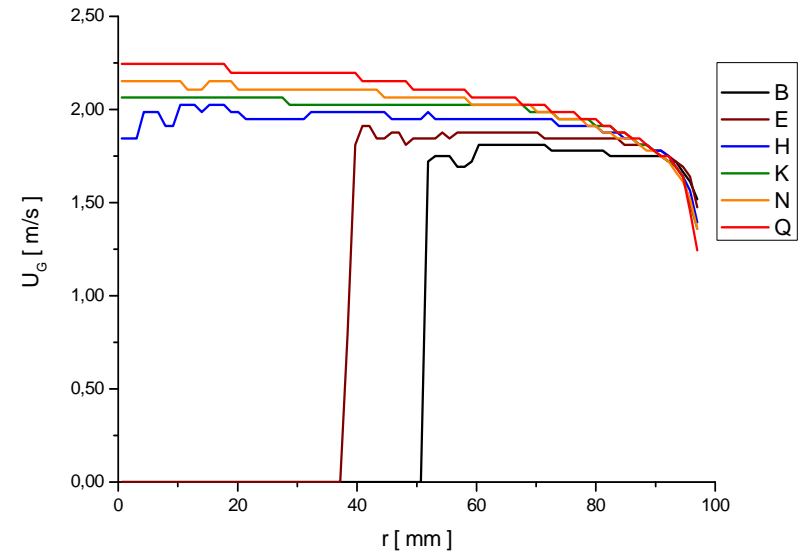
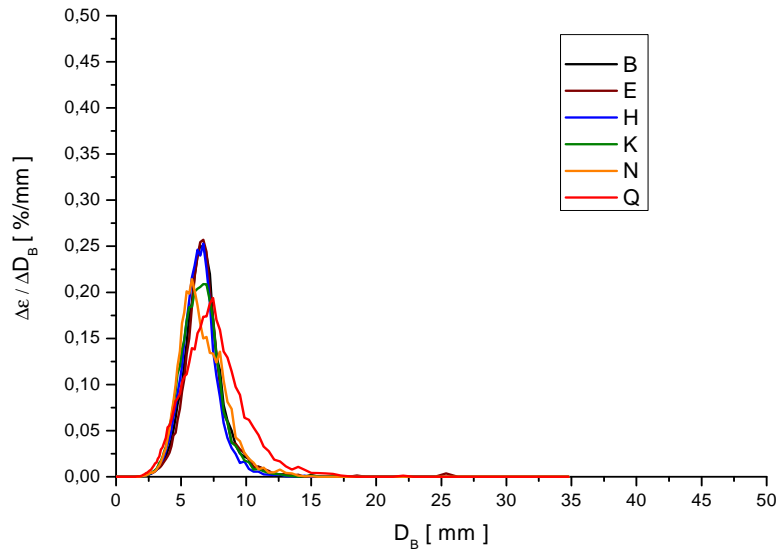
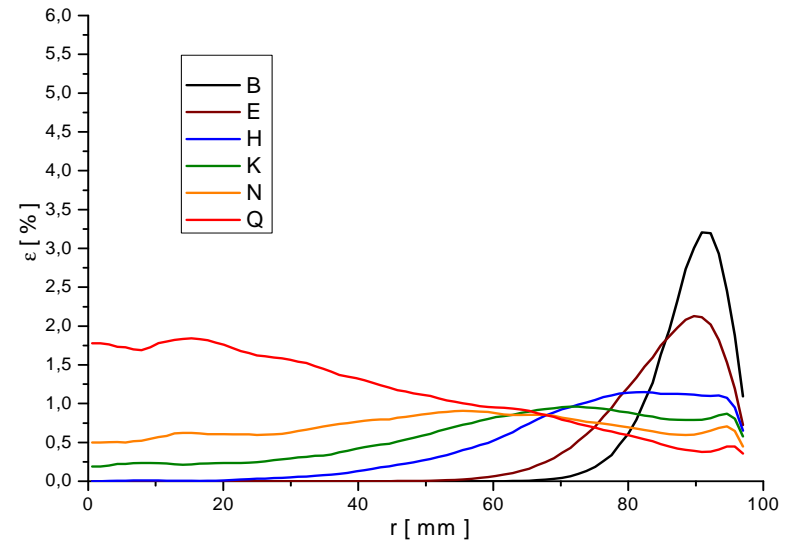
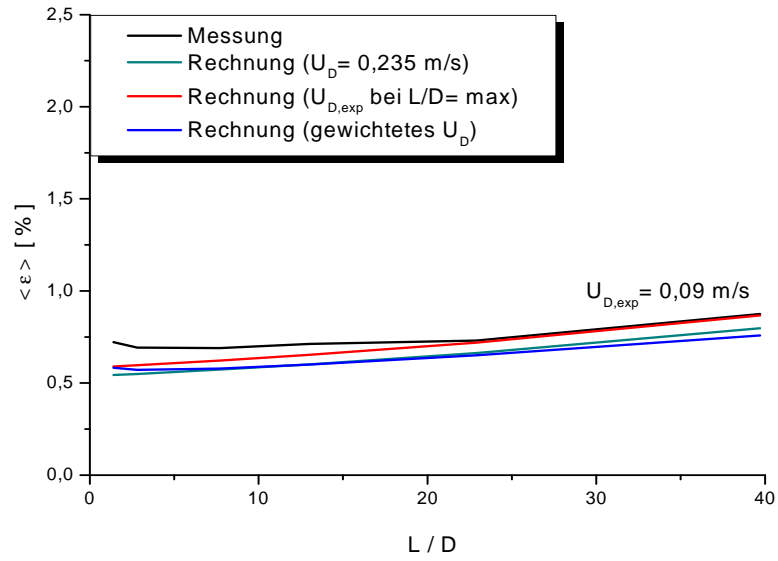
Pkt.041 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



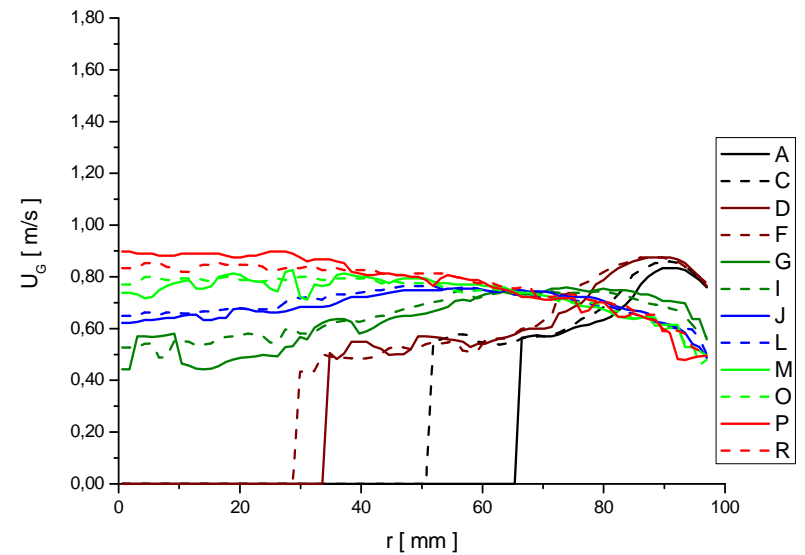
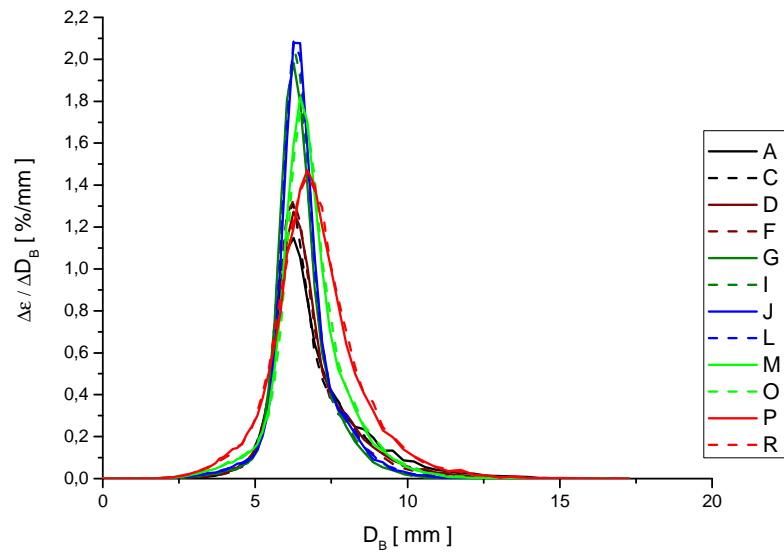
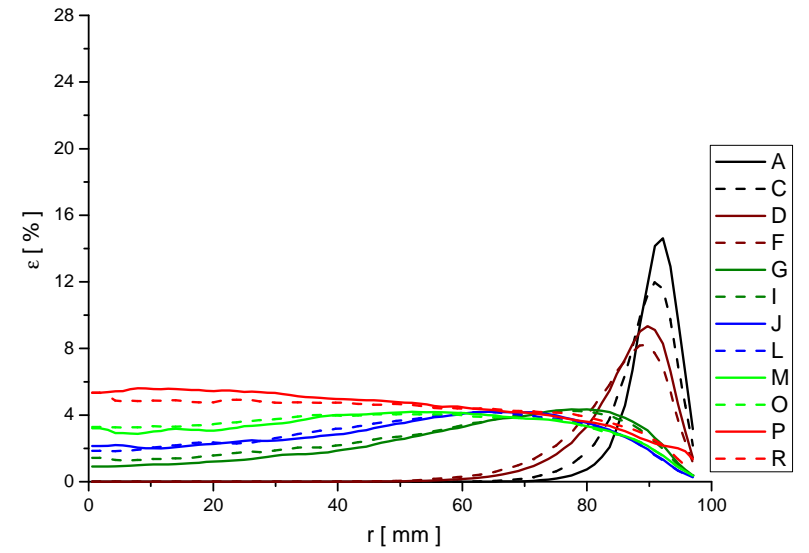
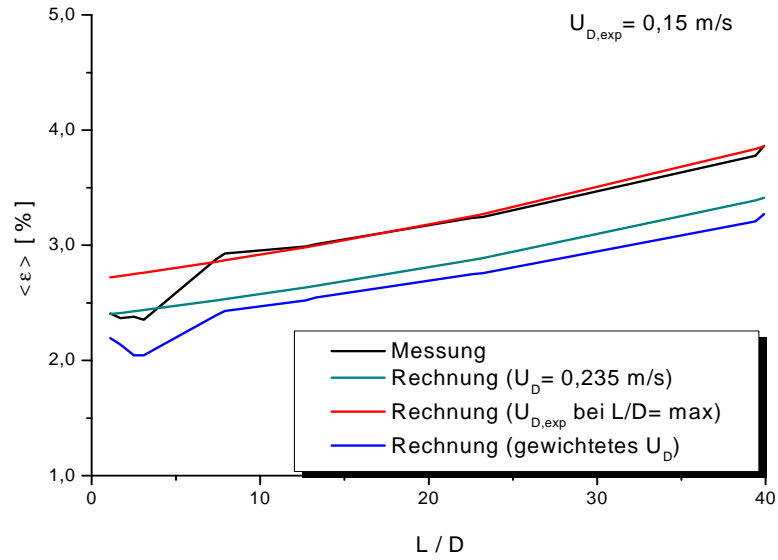
Pkt. 042 ( $J_L = 1,611 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



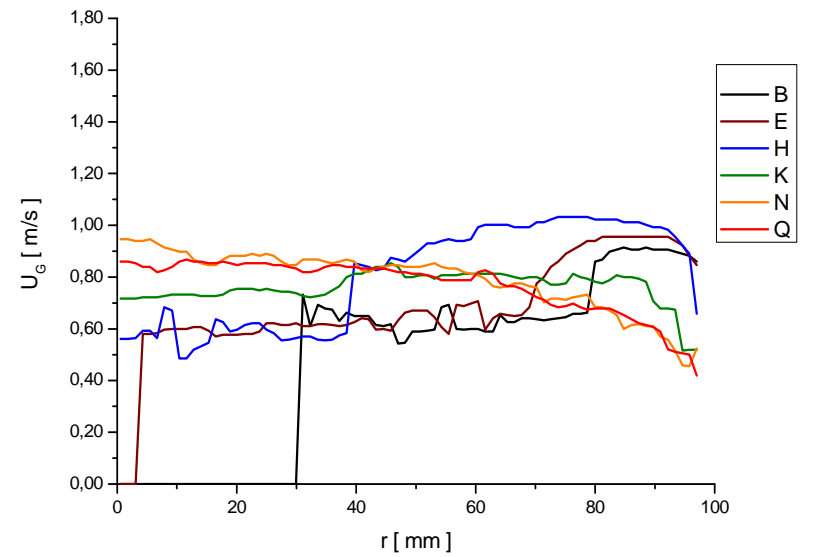
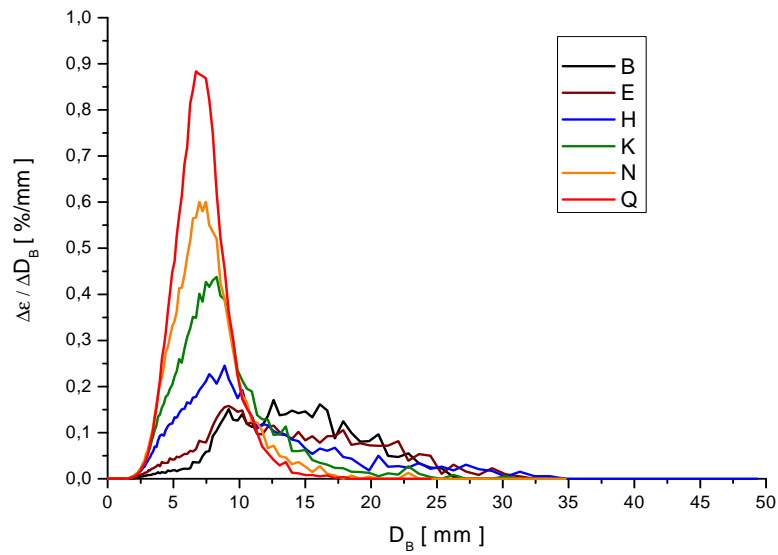
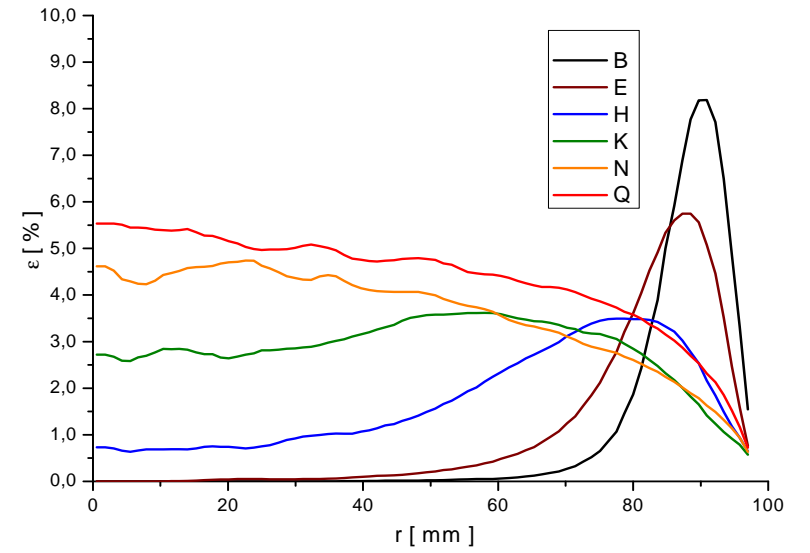
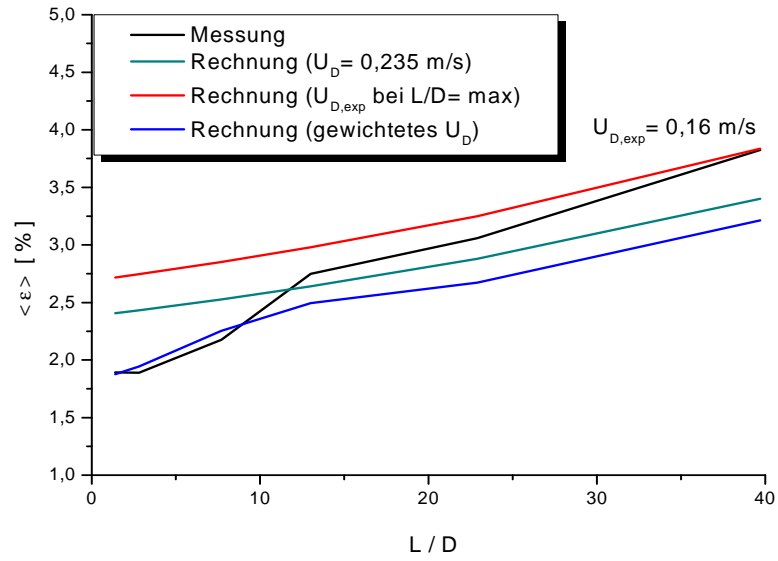
Pkt.042 ( $J_L = 1,611 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



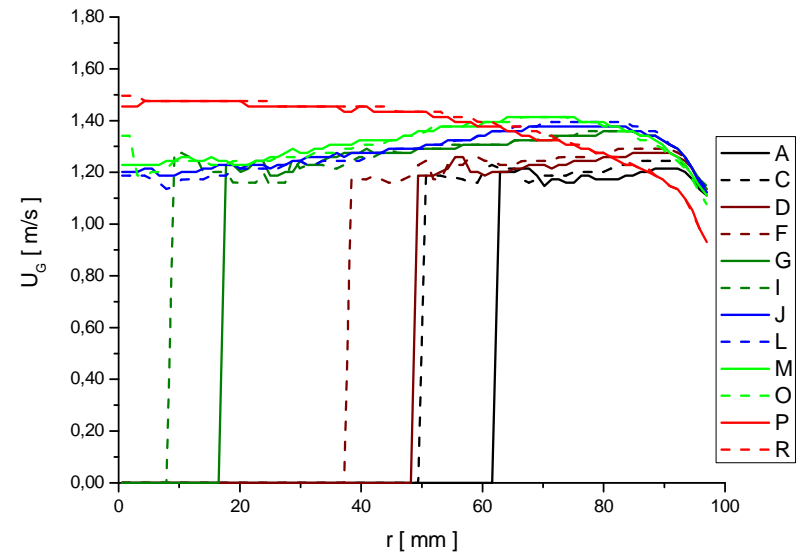
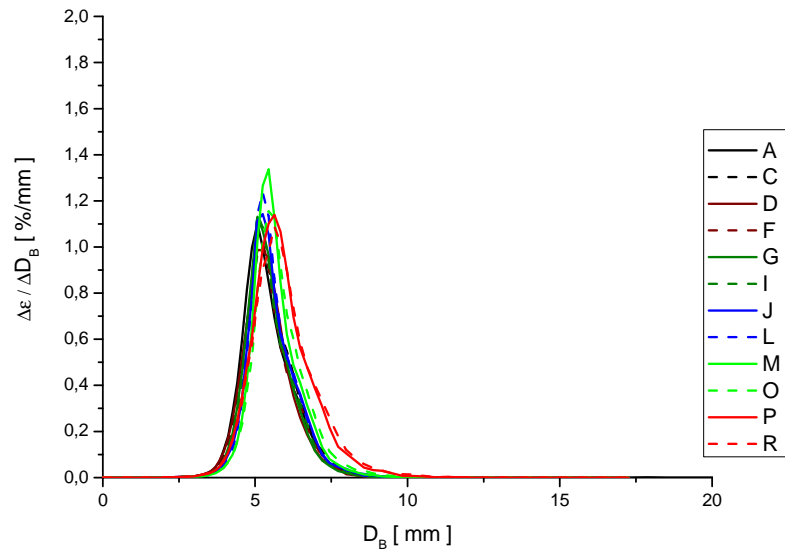
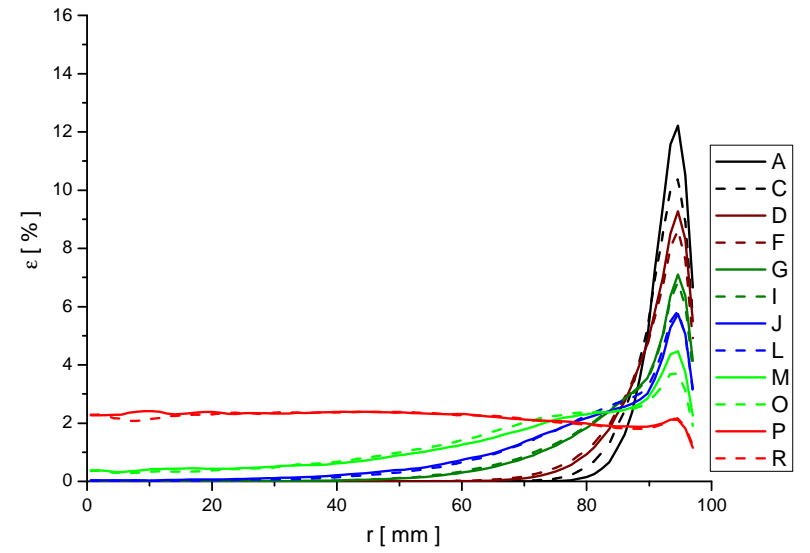
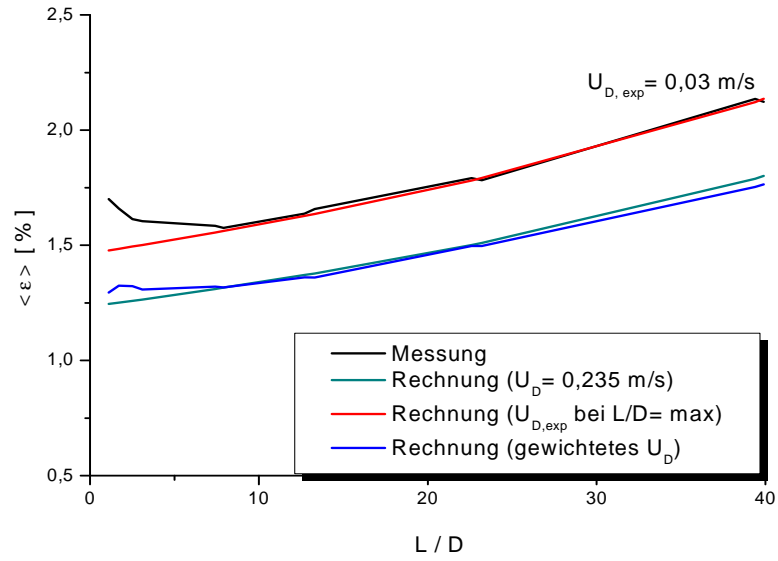
Pkt.050 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0151 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



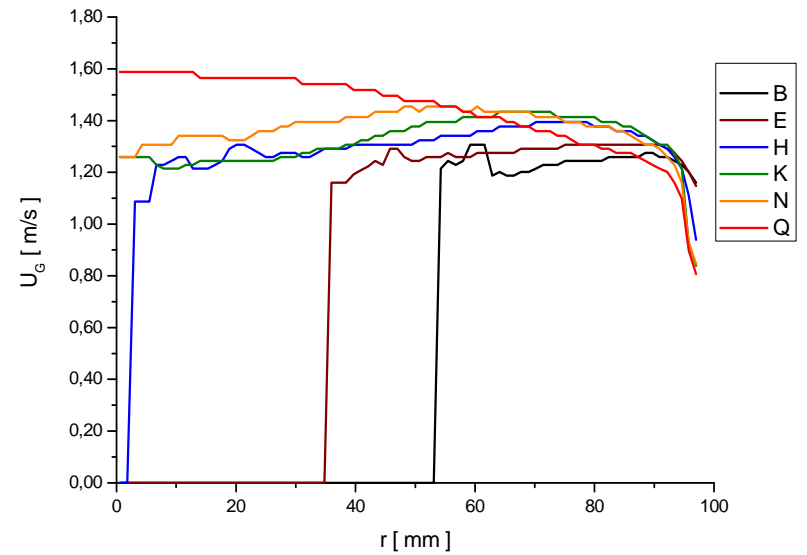
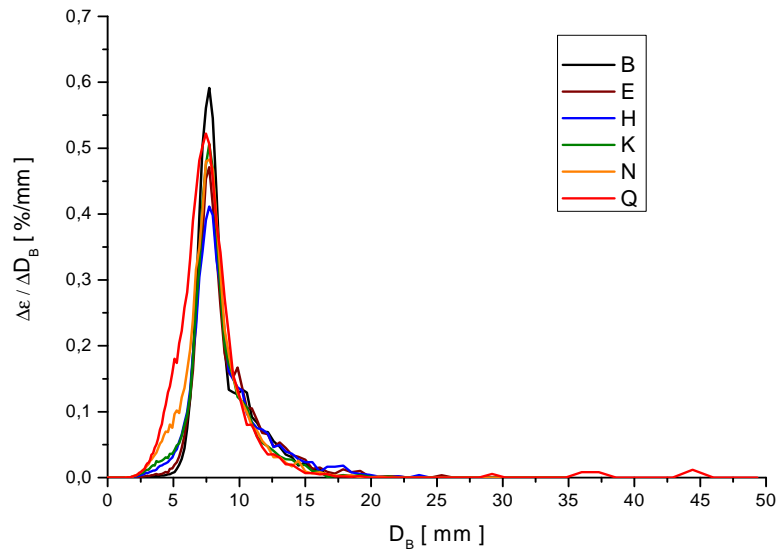
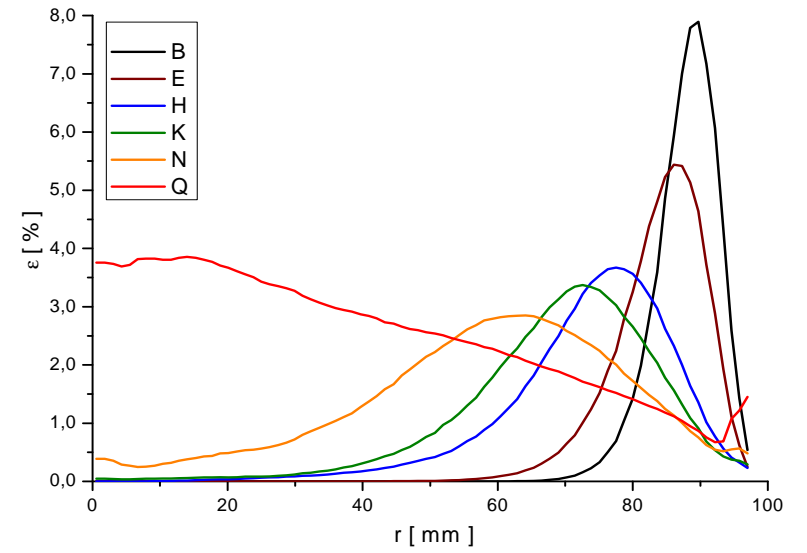
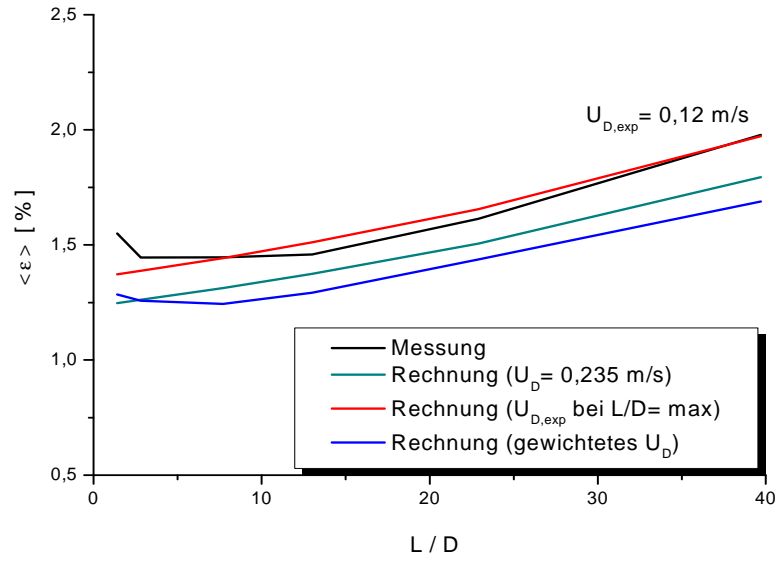
Pkt.050 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0151 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



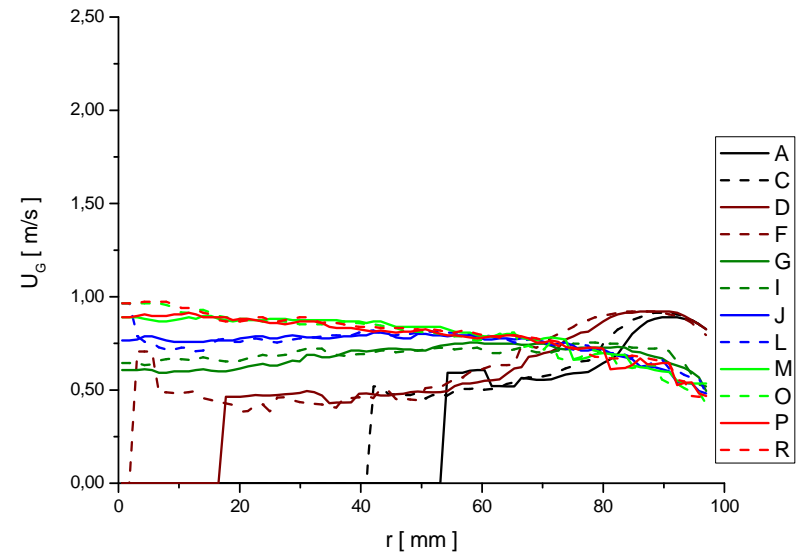
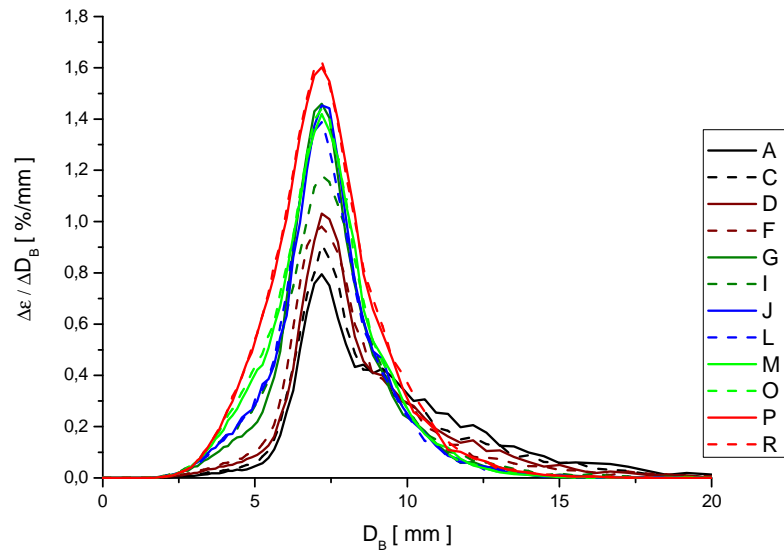
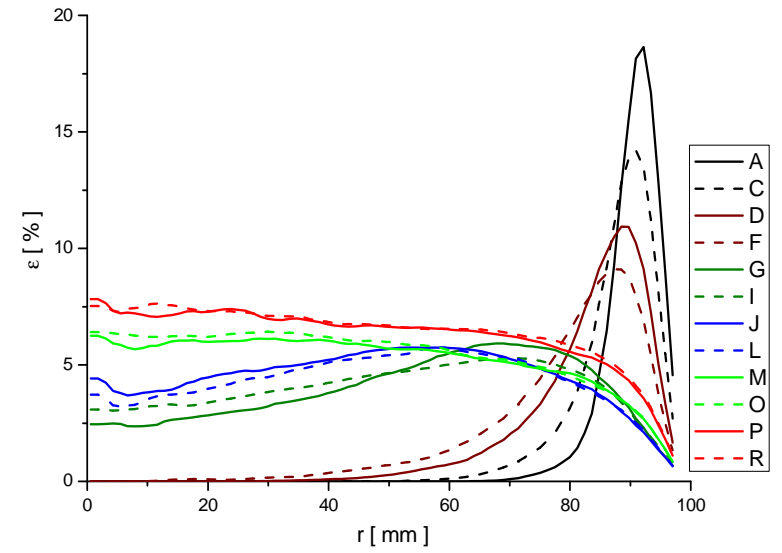
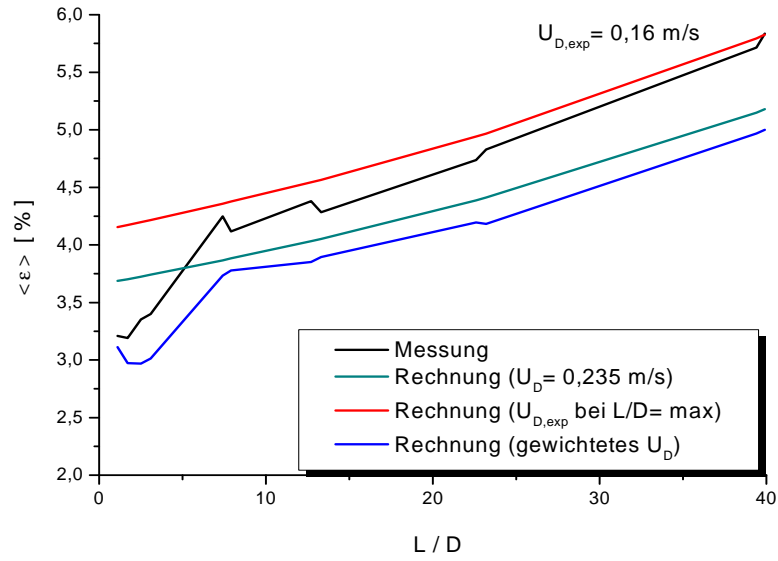
Pkt. 052 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0151 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.052 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0151 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

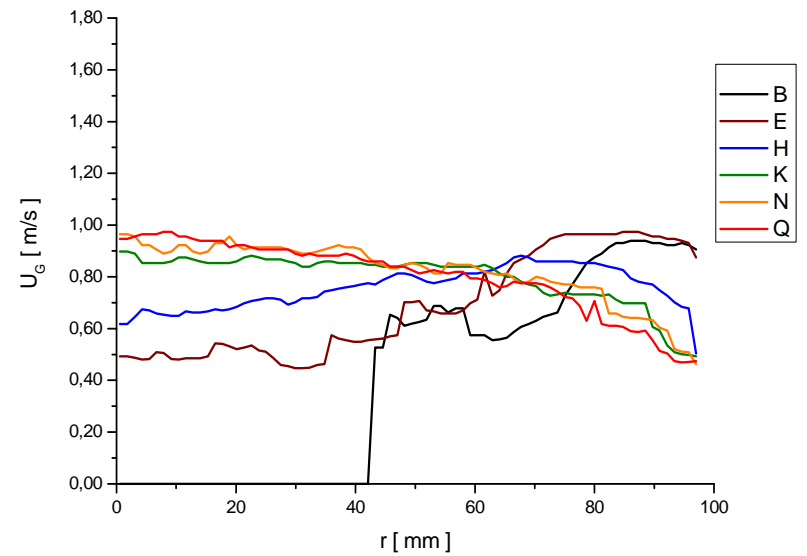
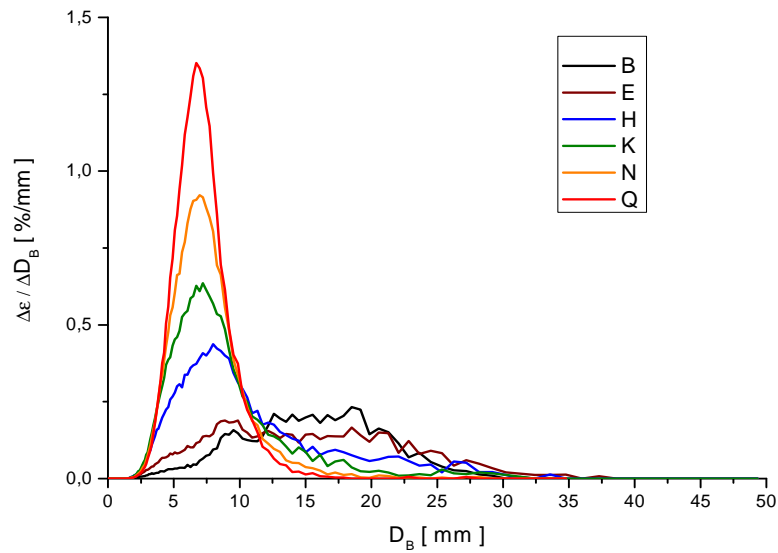
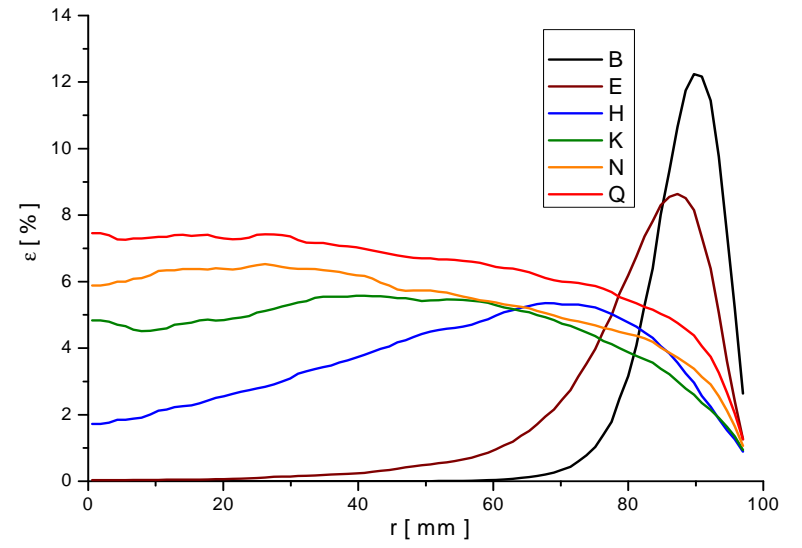
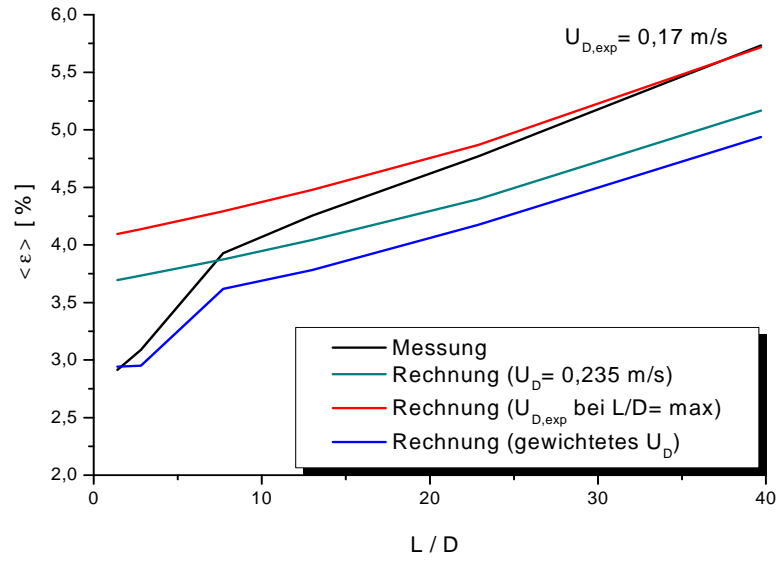


Pkt. 061 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0235 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

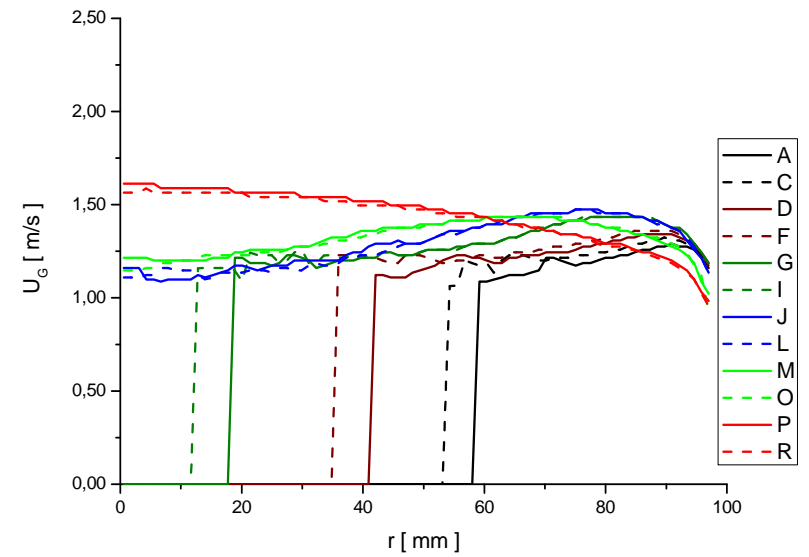
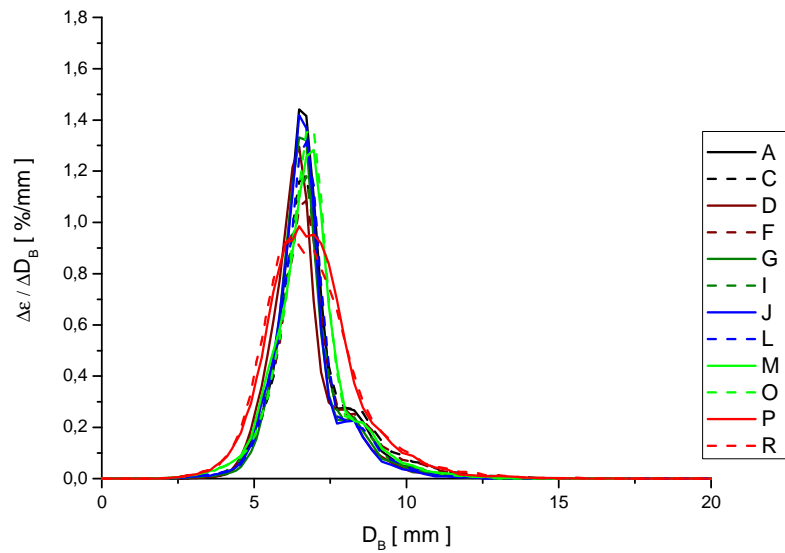
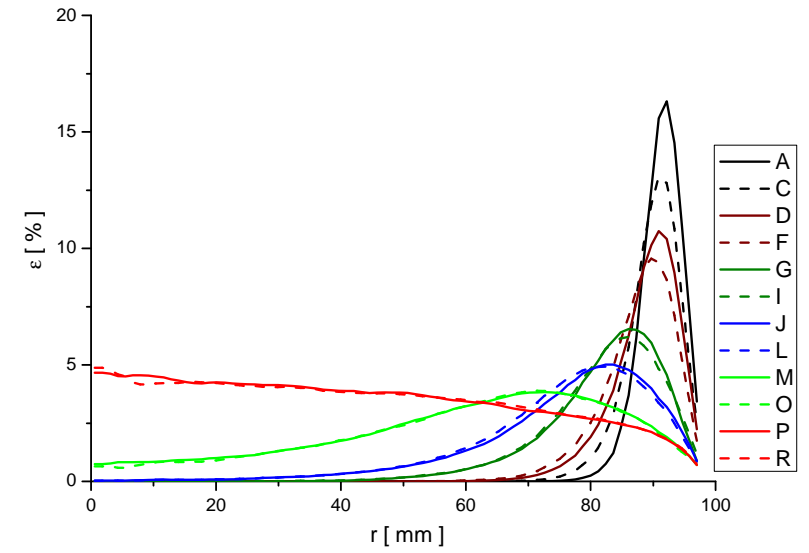
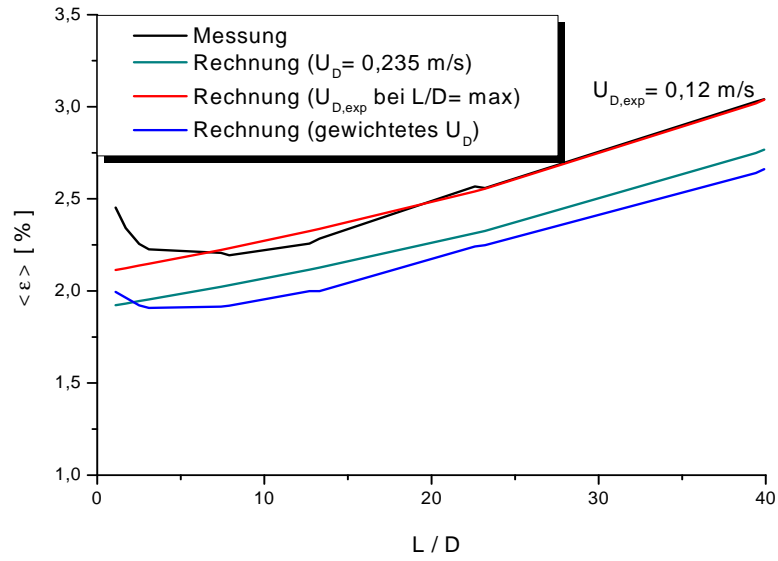




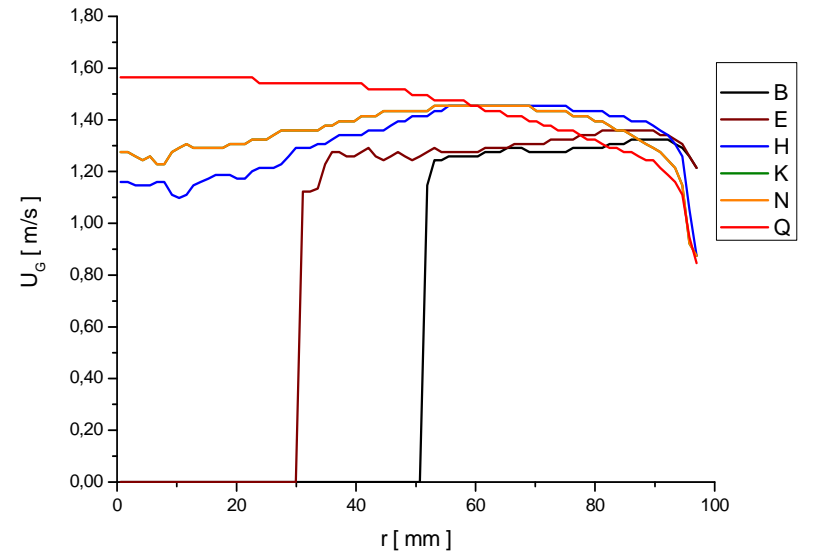
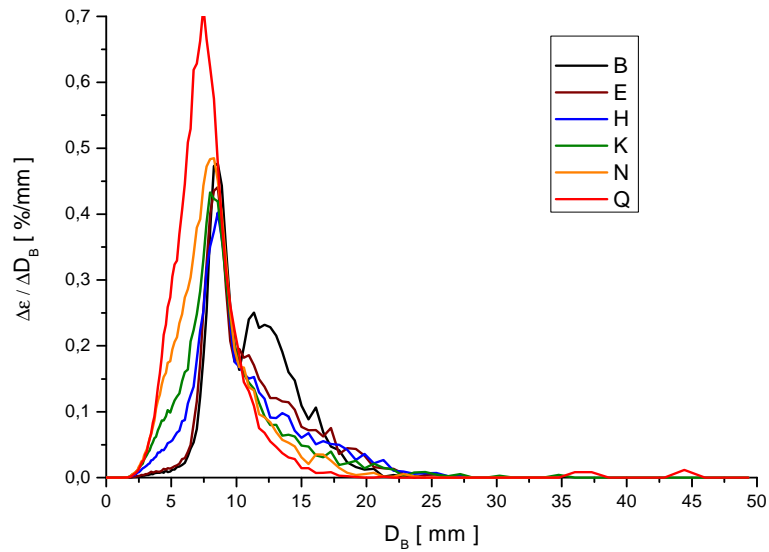
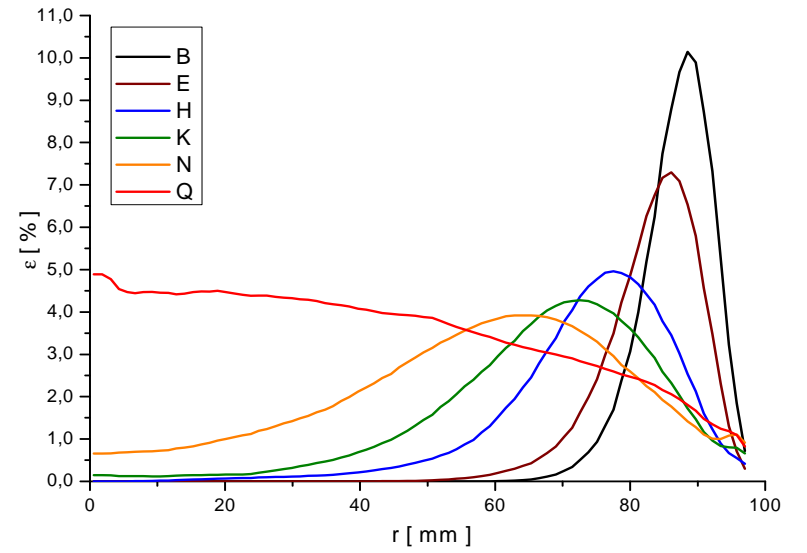
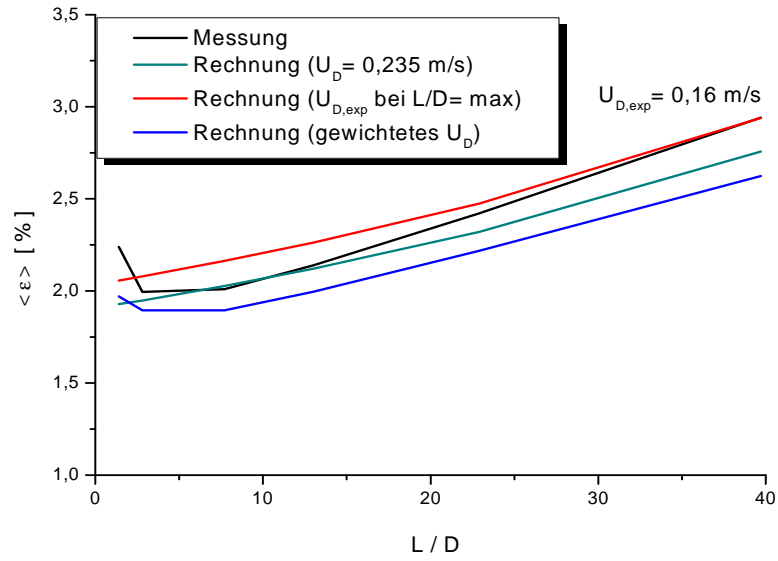
Pkt.061 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0235 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



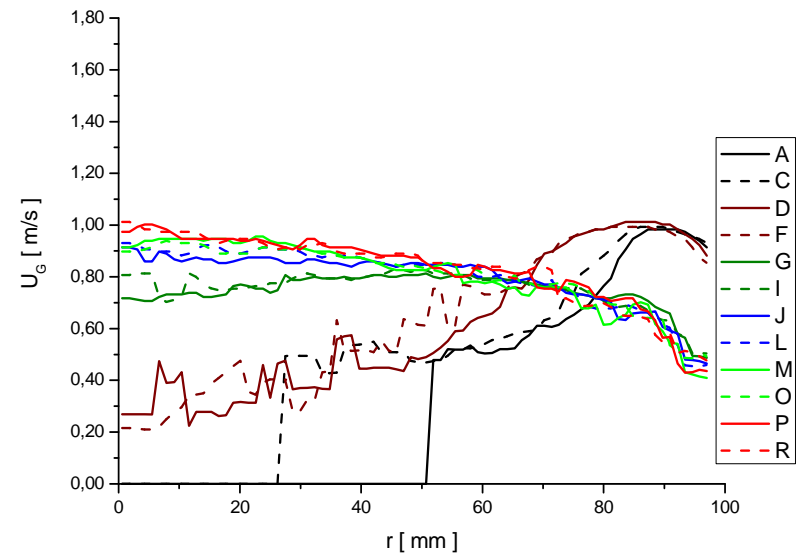
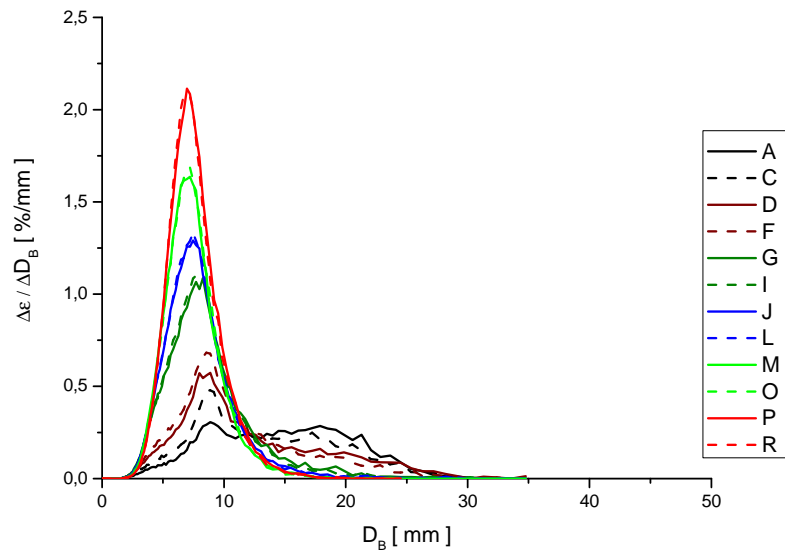
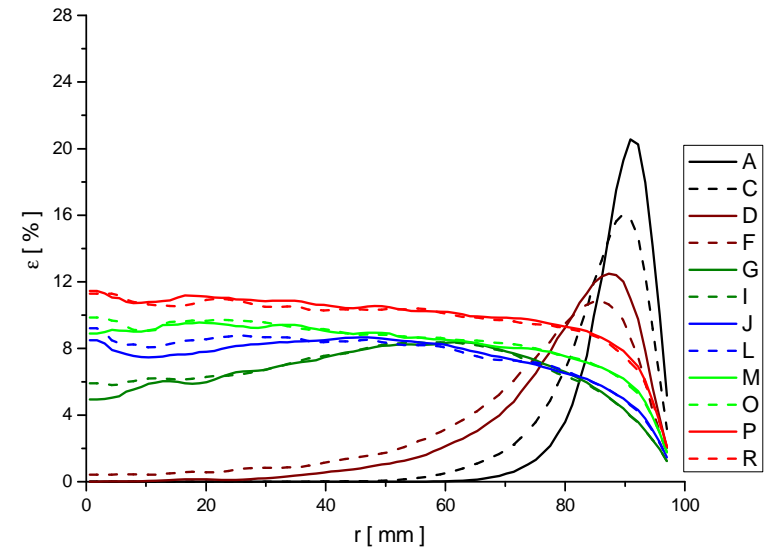
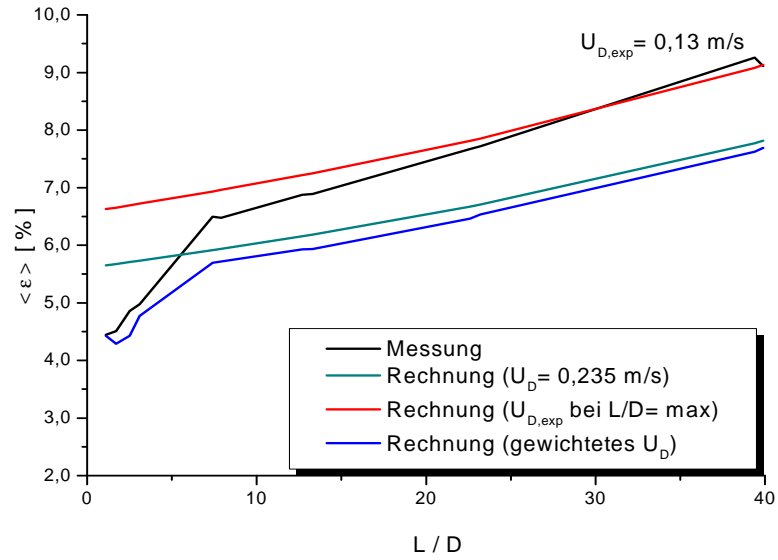
Pkt. 063 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0235 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



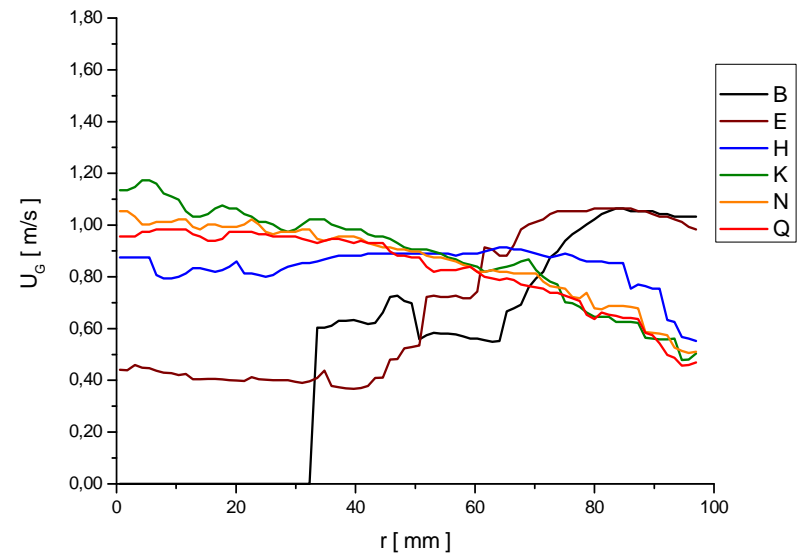
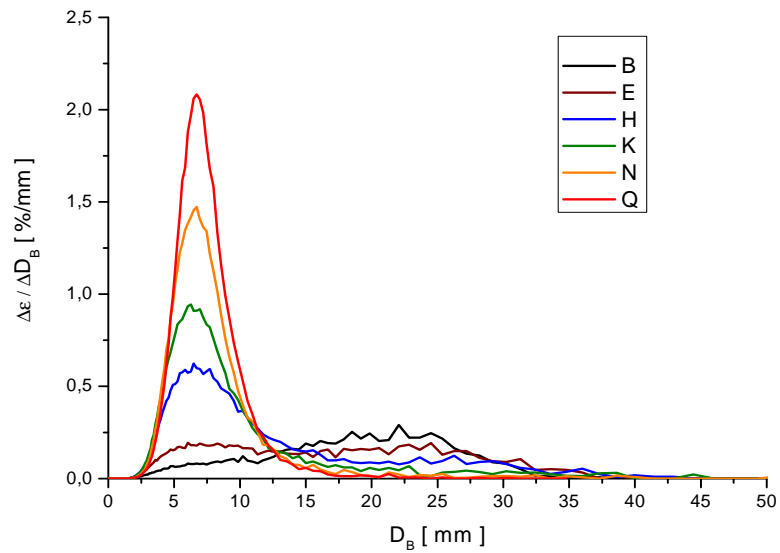
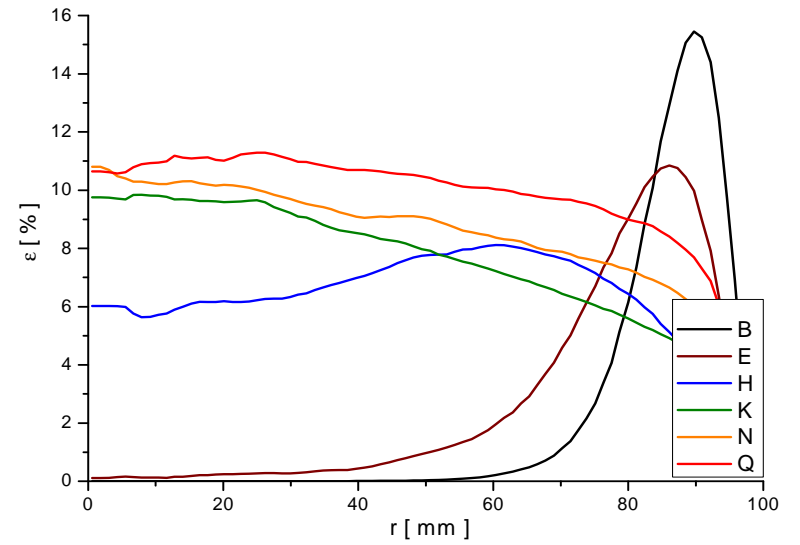
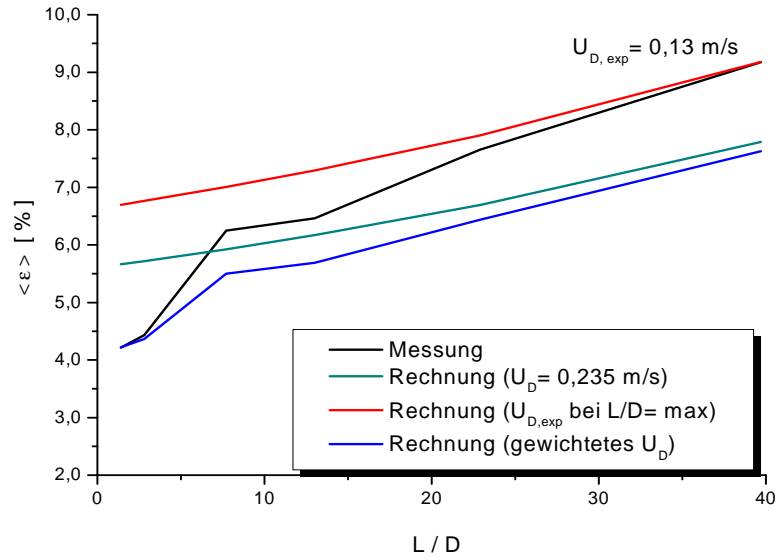
Pkt.063 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0235 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



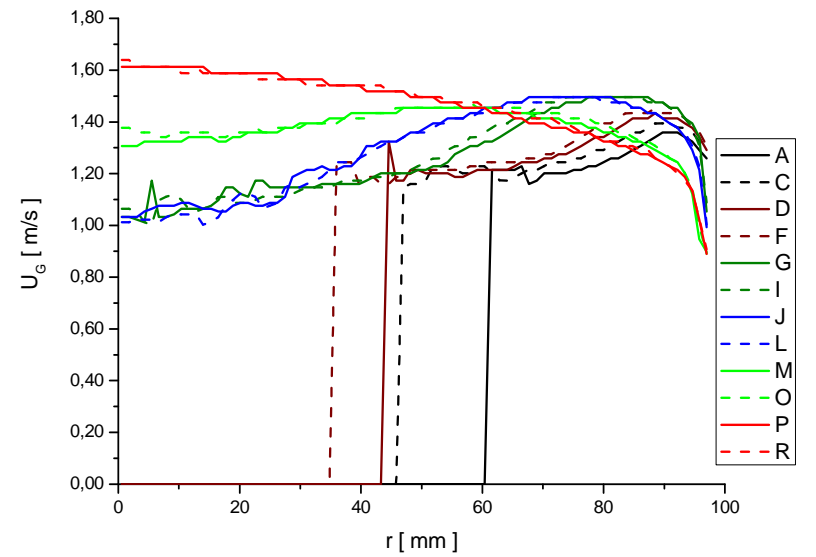
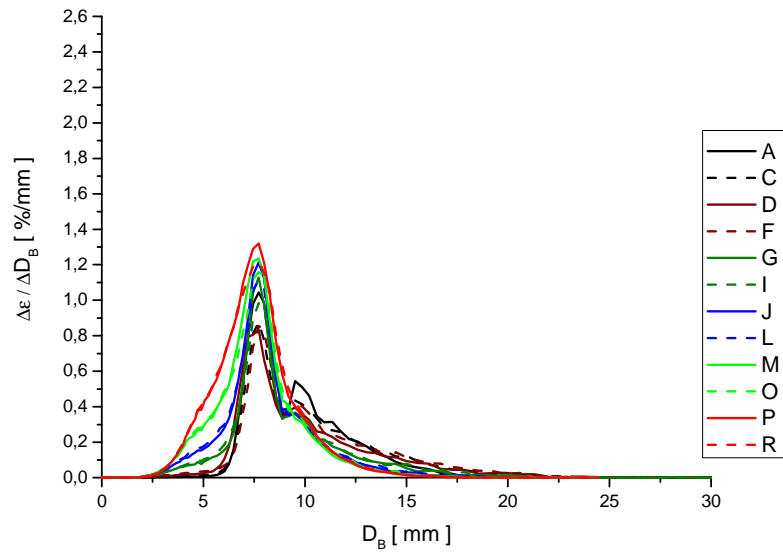
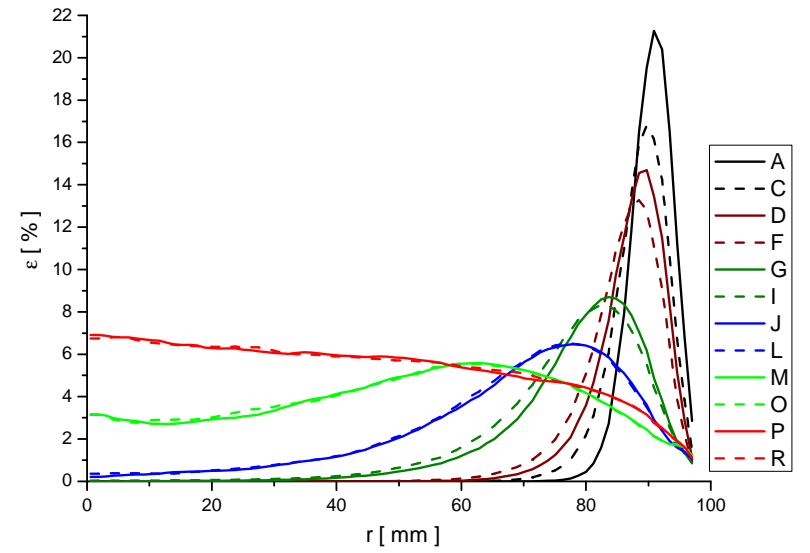
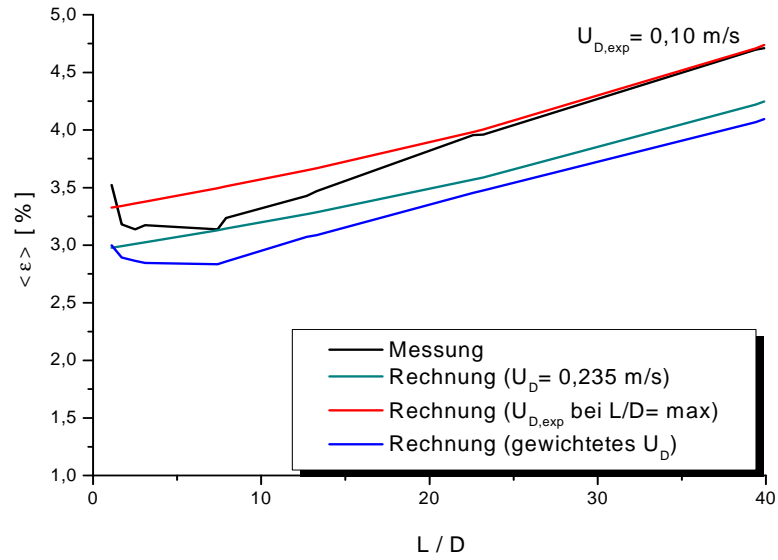
Pkt. 072( $J_L = 0,405$  m/s;  $J_G = 0,0368$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)



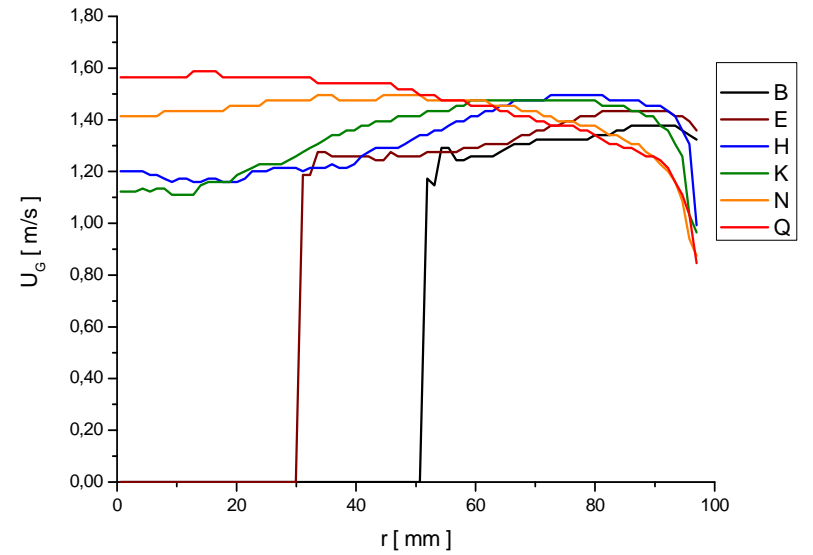
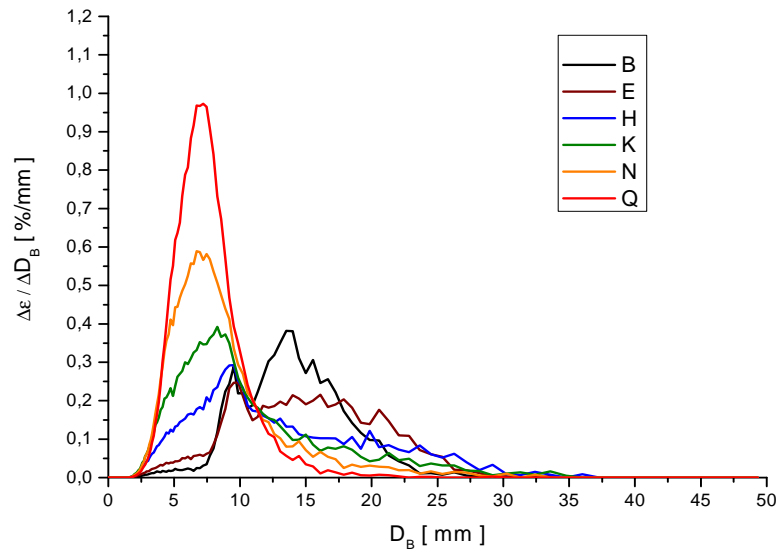
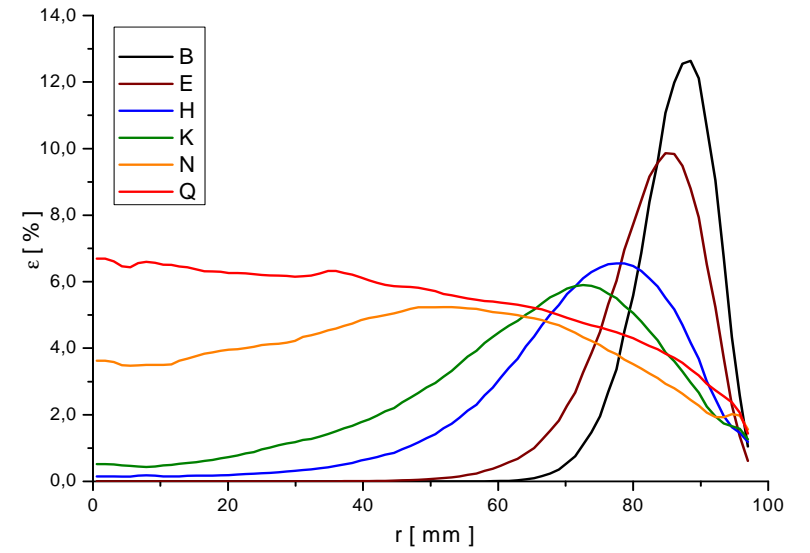
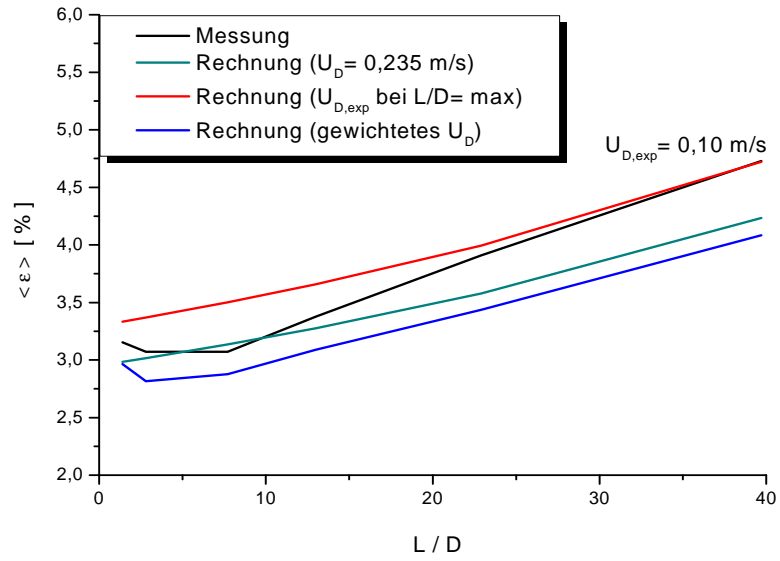
Pkt.072 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0368 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



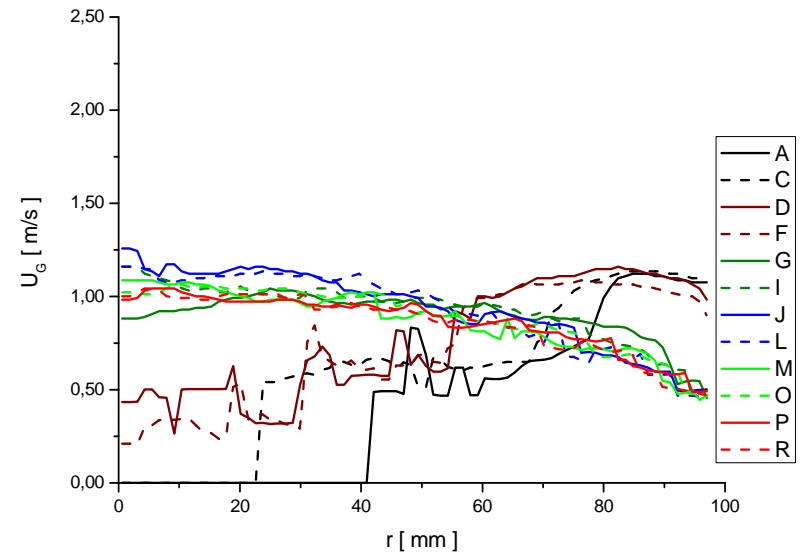
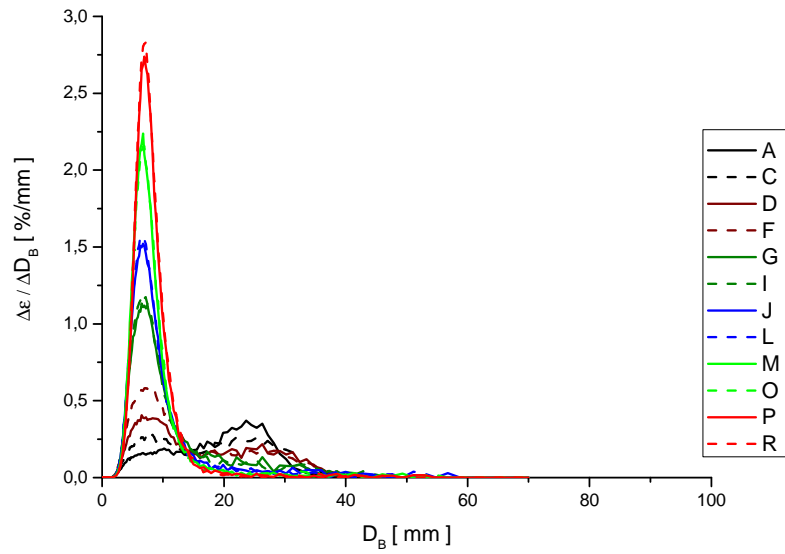
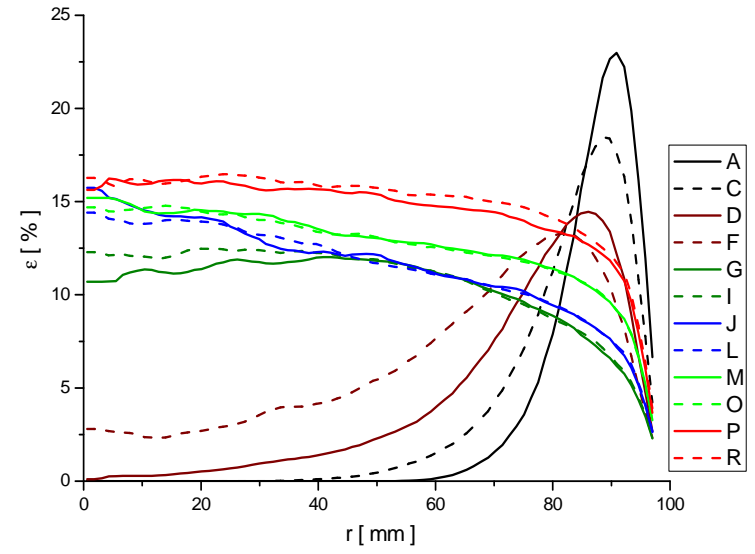
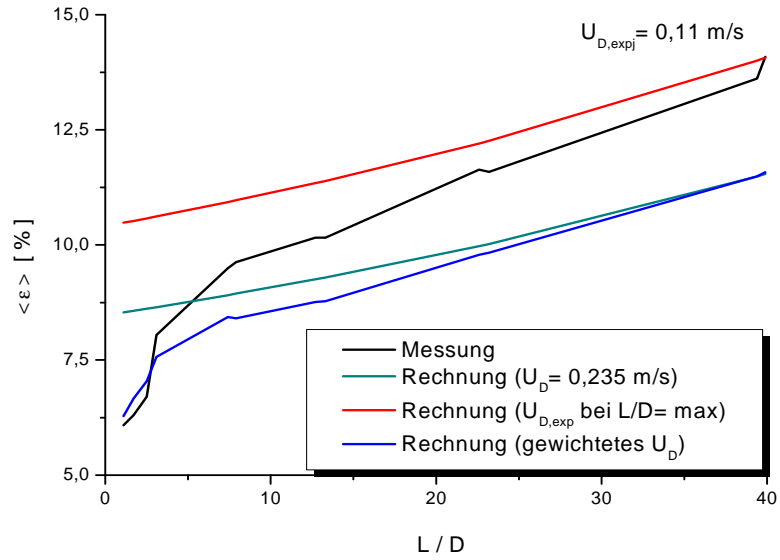
Pkt. 074 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0368 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.074 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0368 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

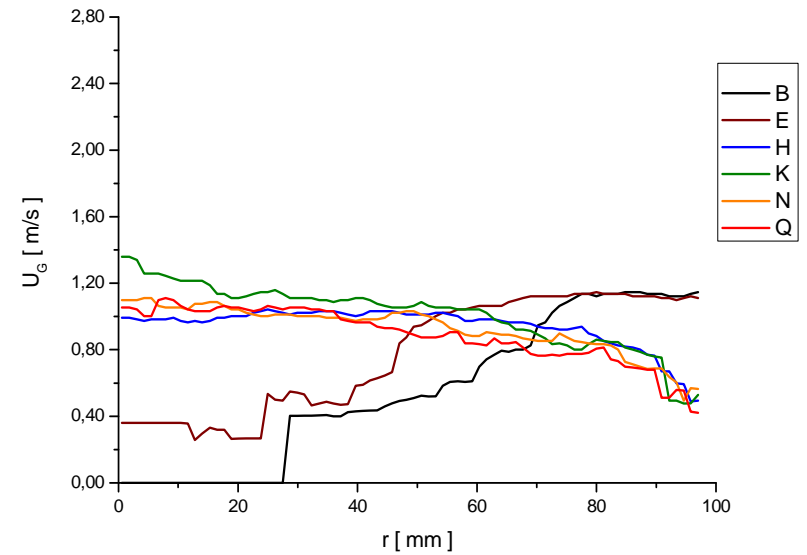
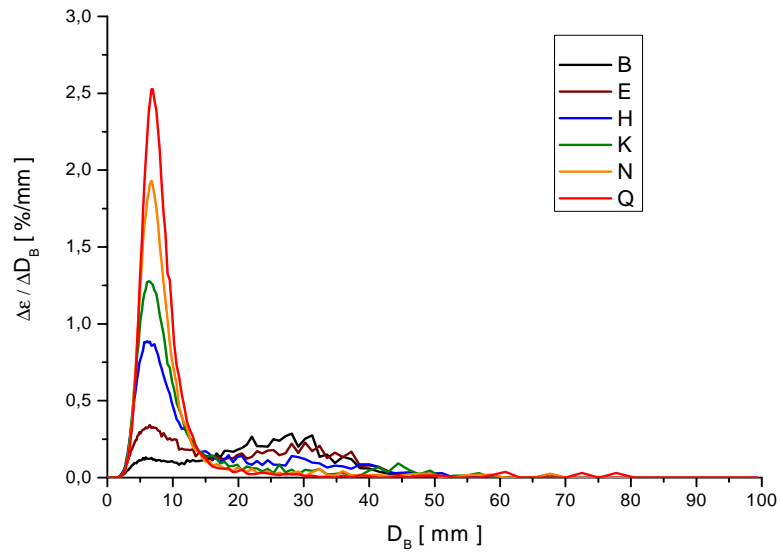
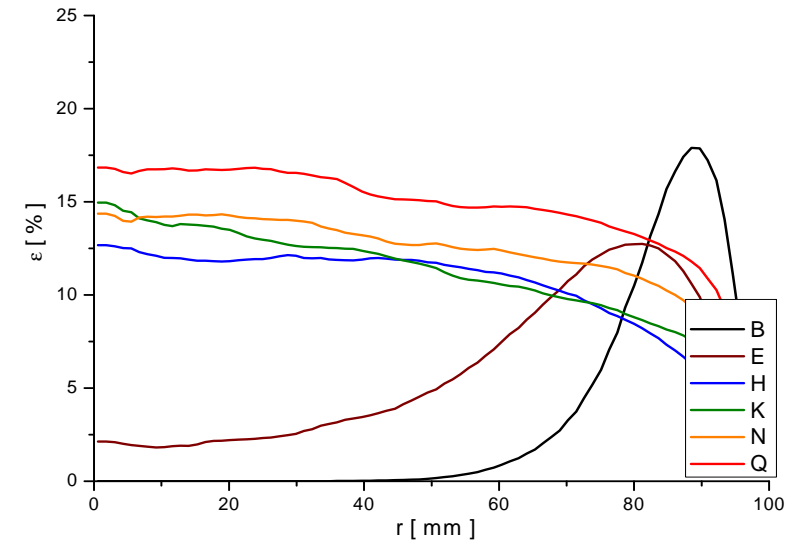
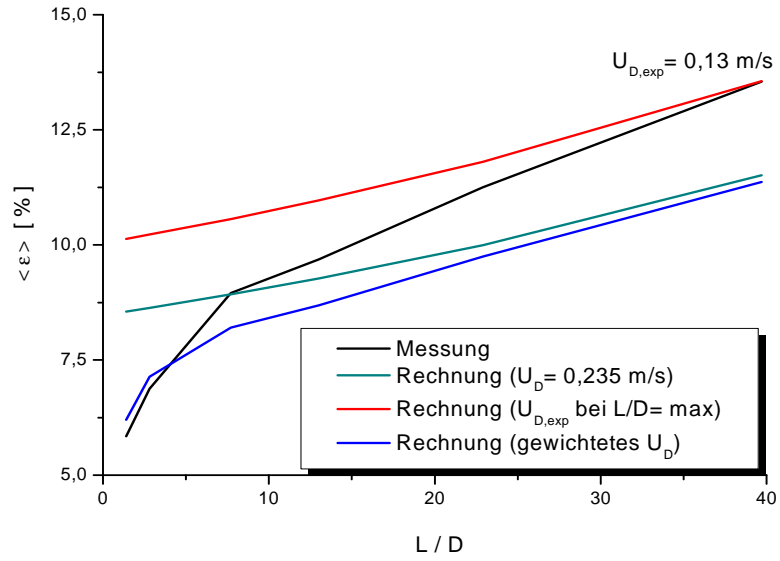


Pkt. 083 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0574 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

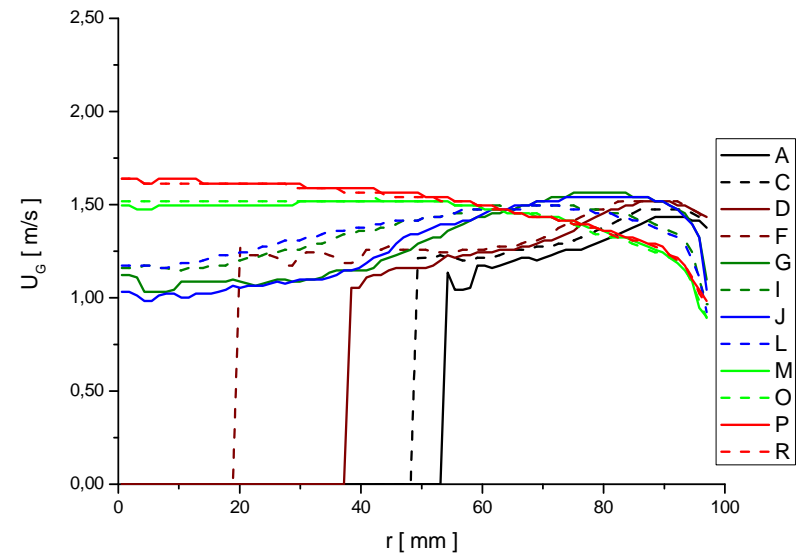
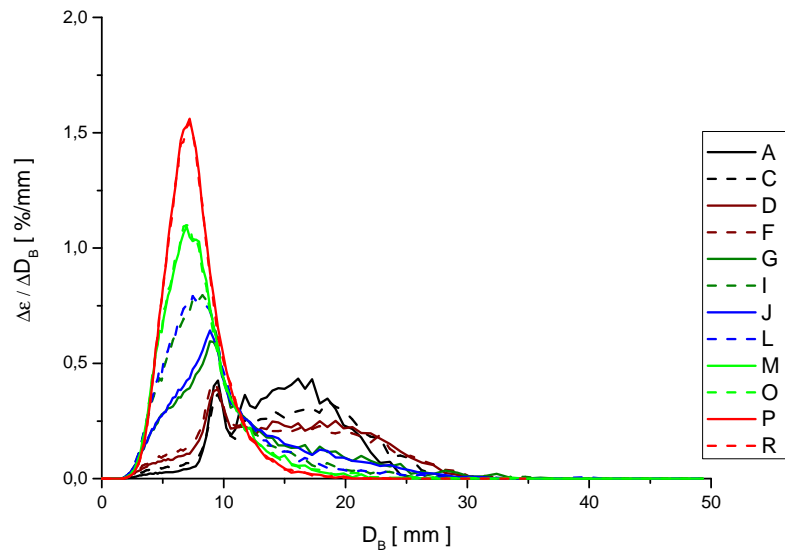
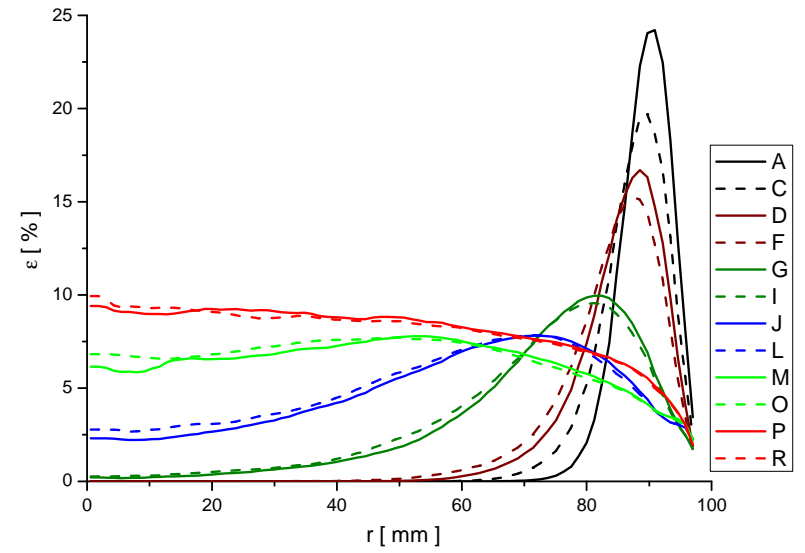
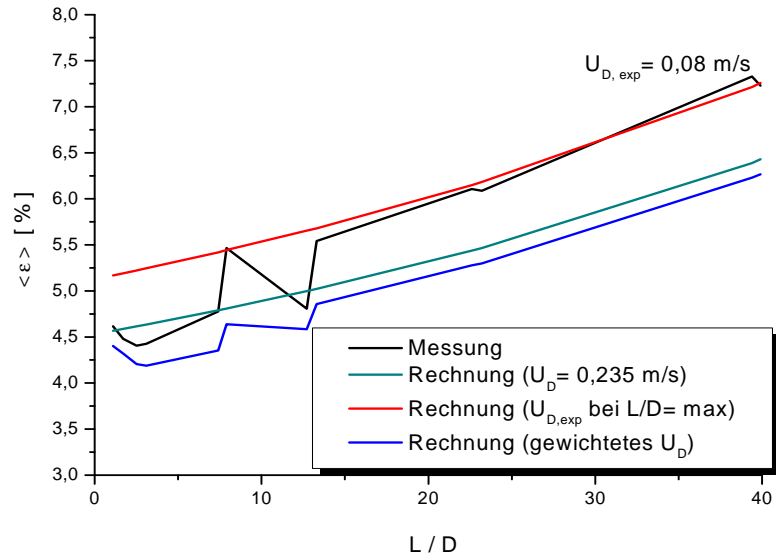




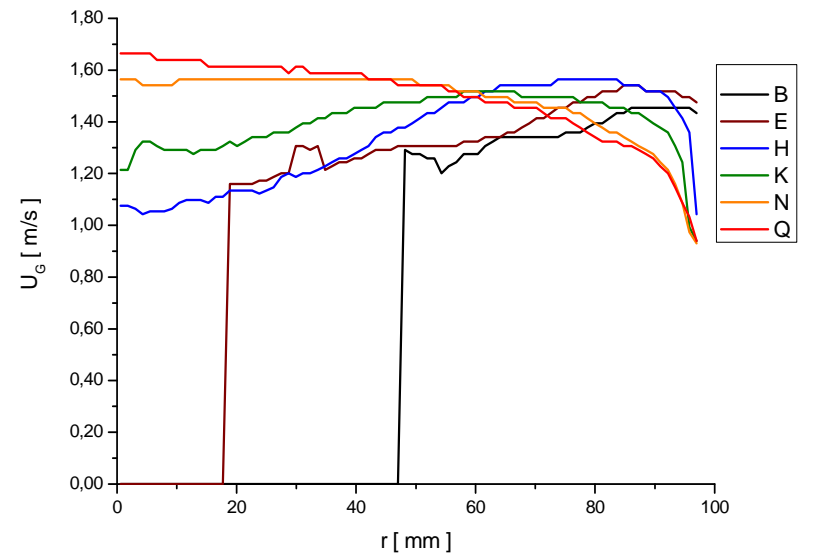
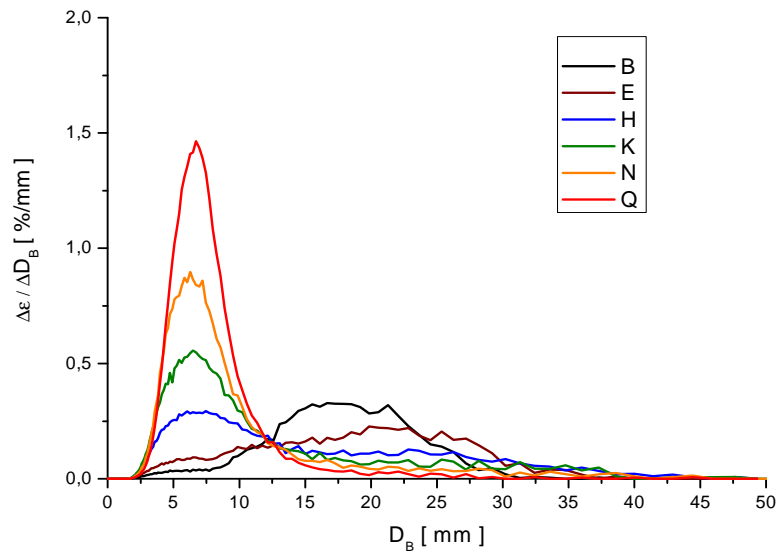
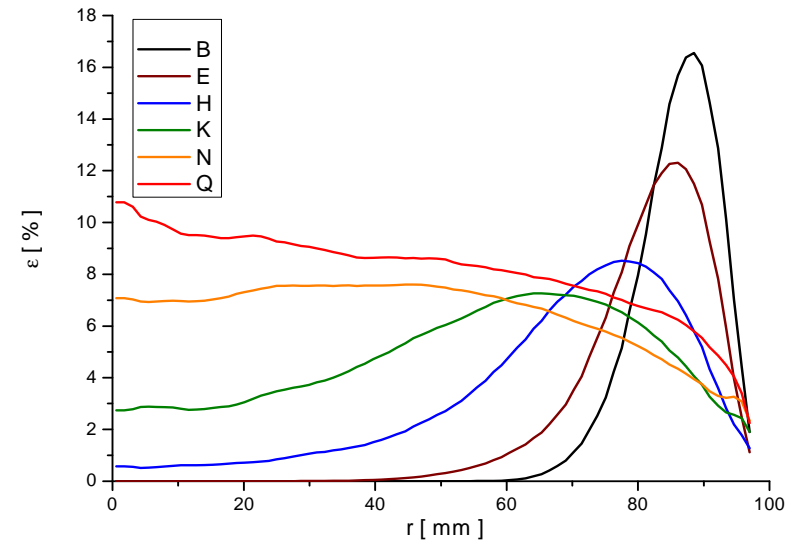
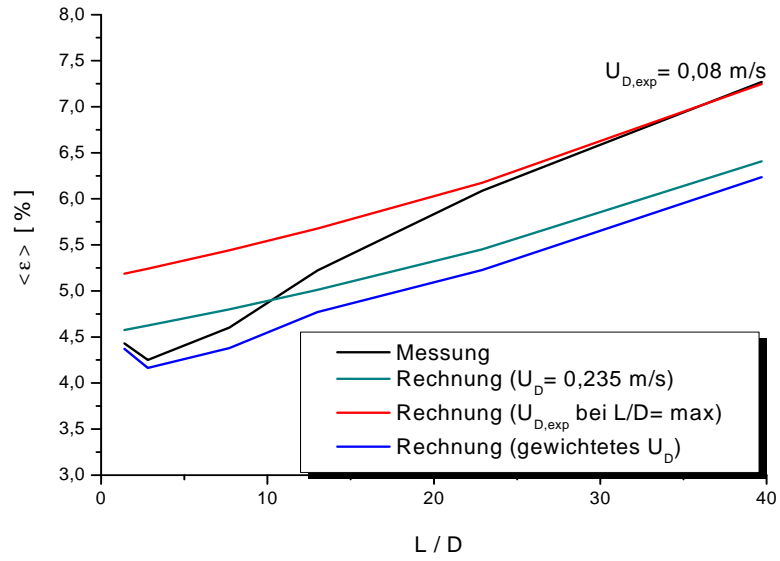
Pkt.083 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0574 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



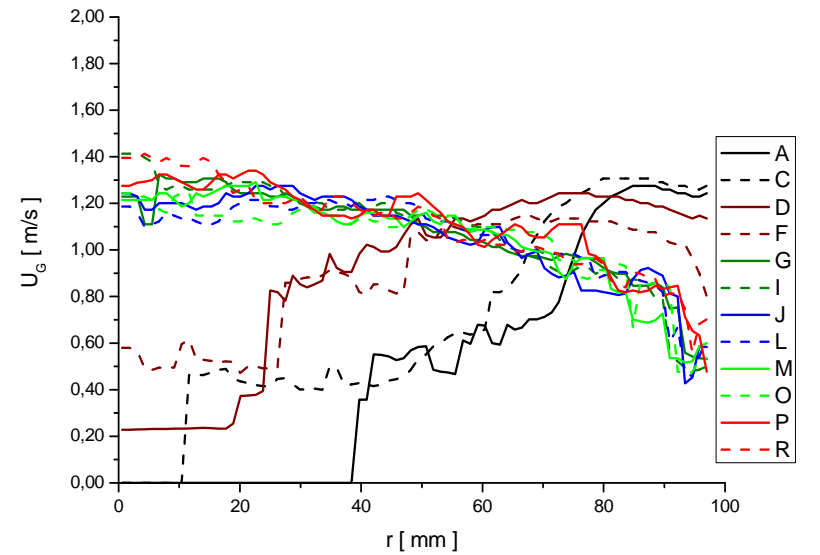
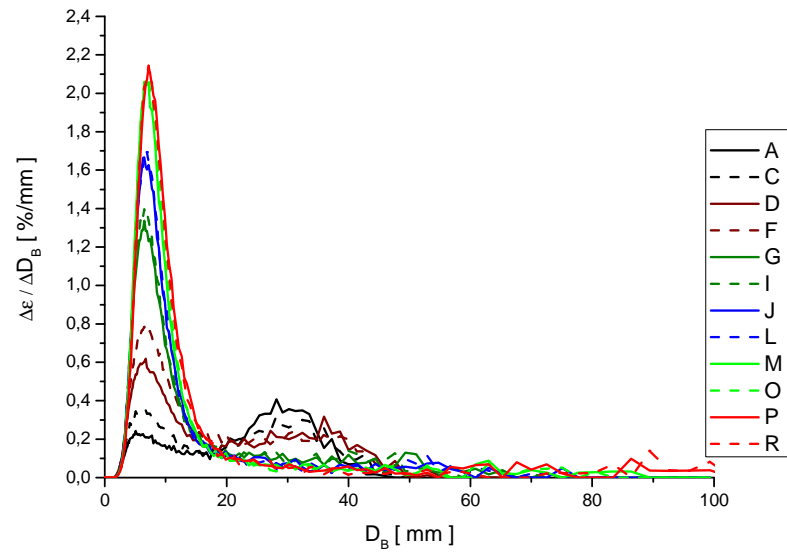
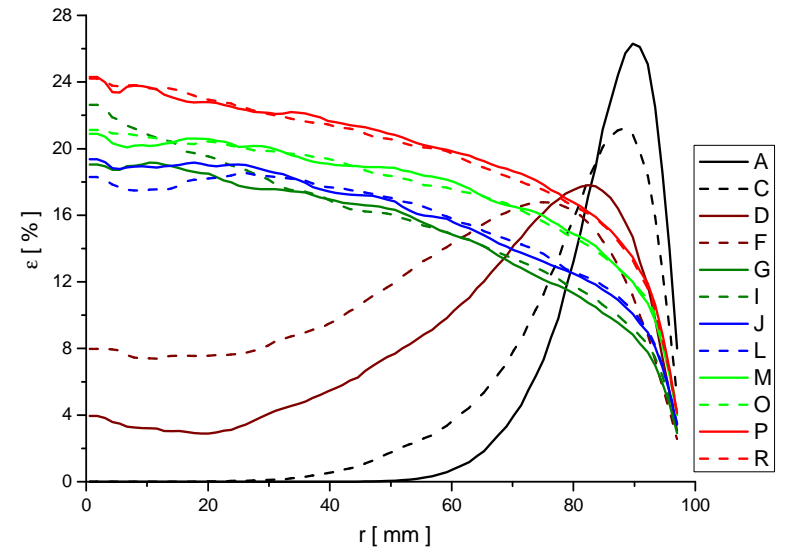
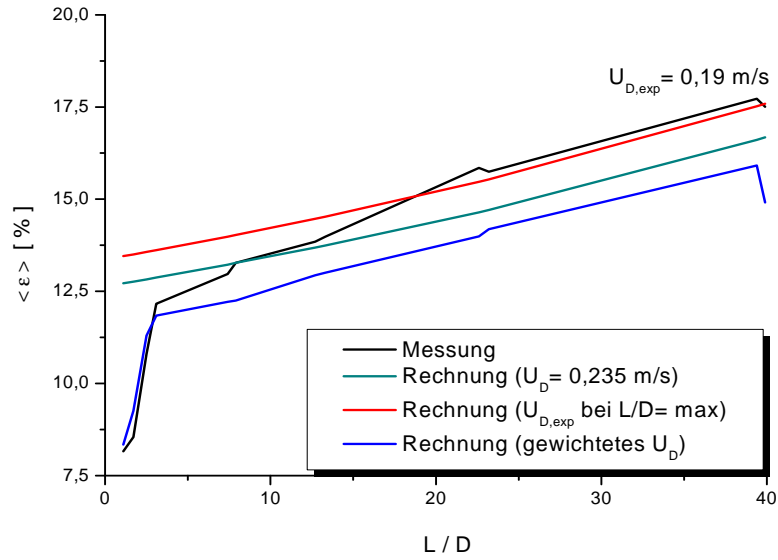
Pkt. 085 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0574 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



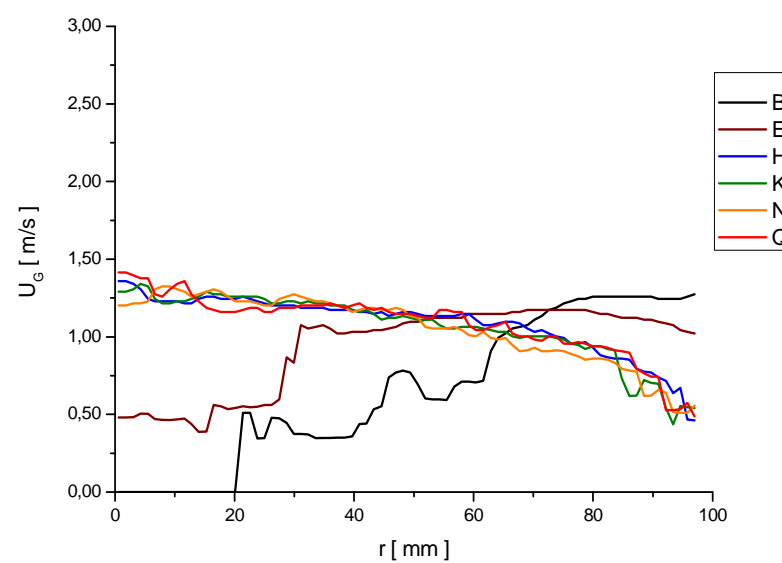
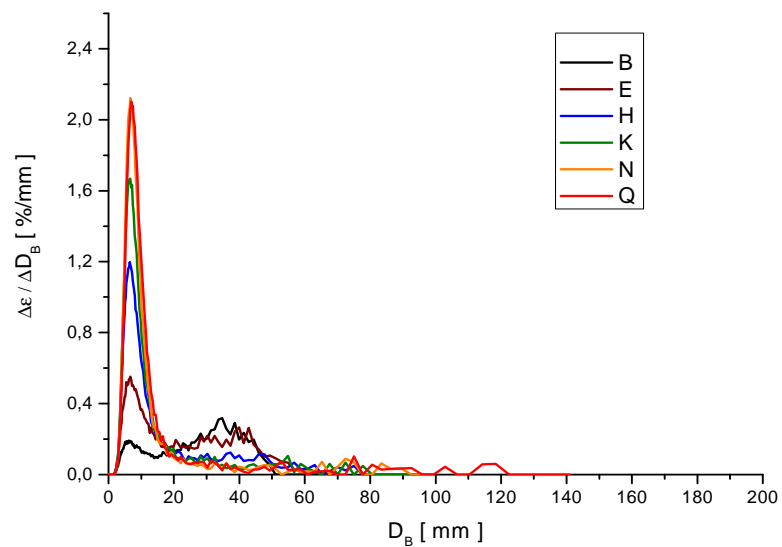
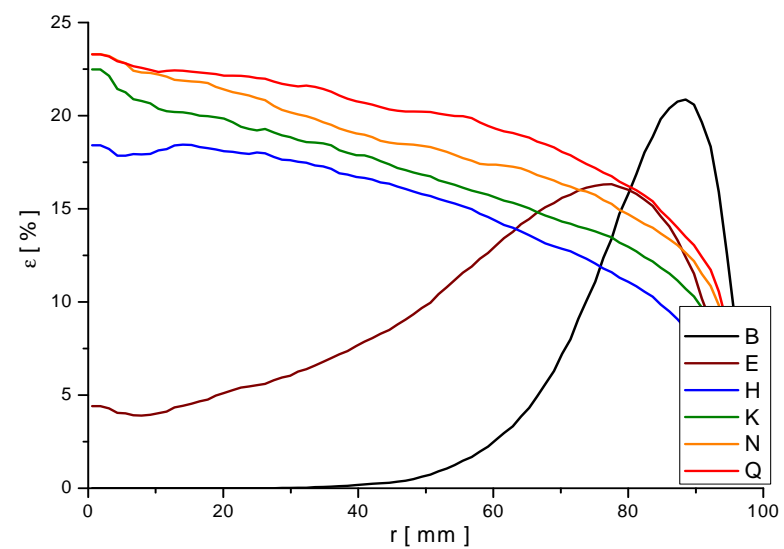
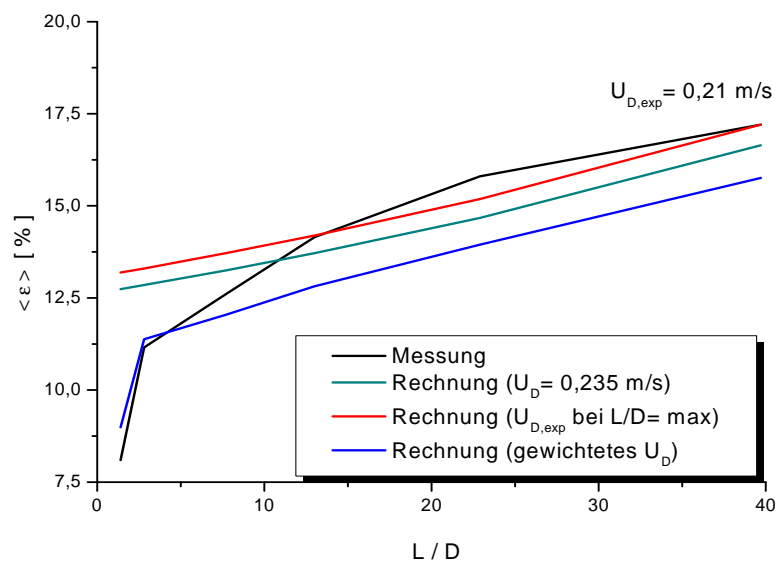
Pkt.085 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0574 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



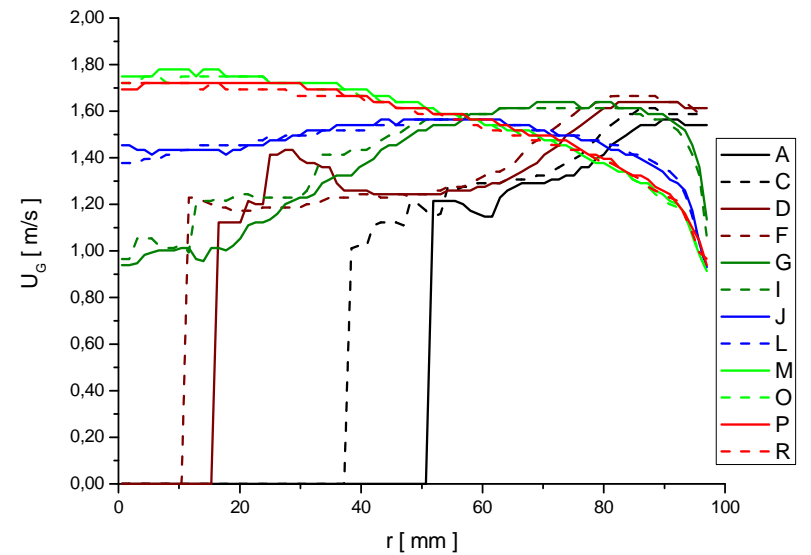
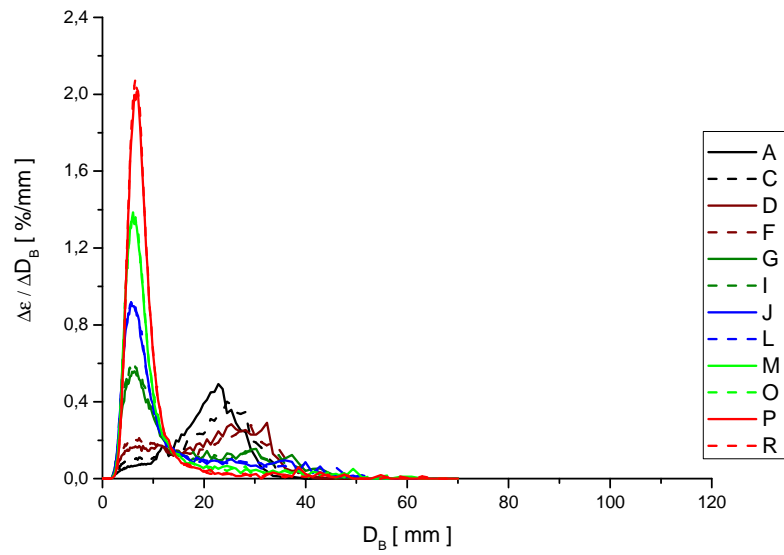
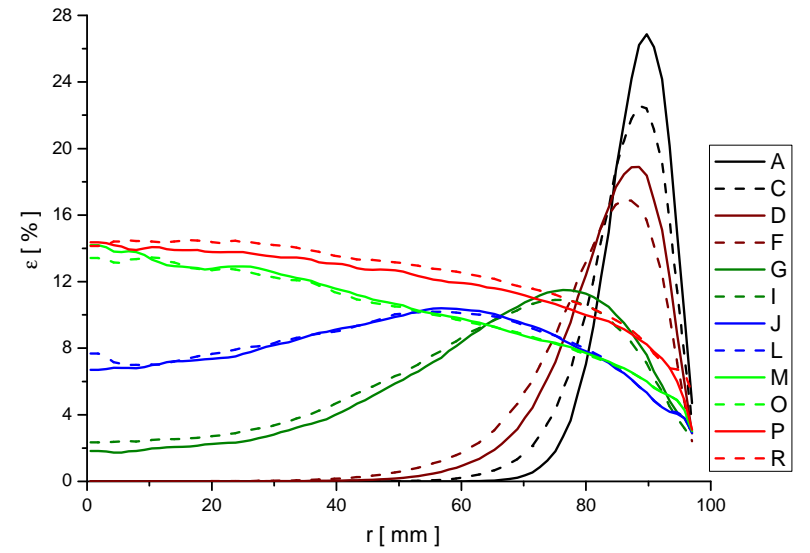
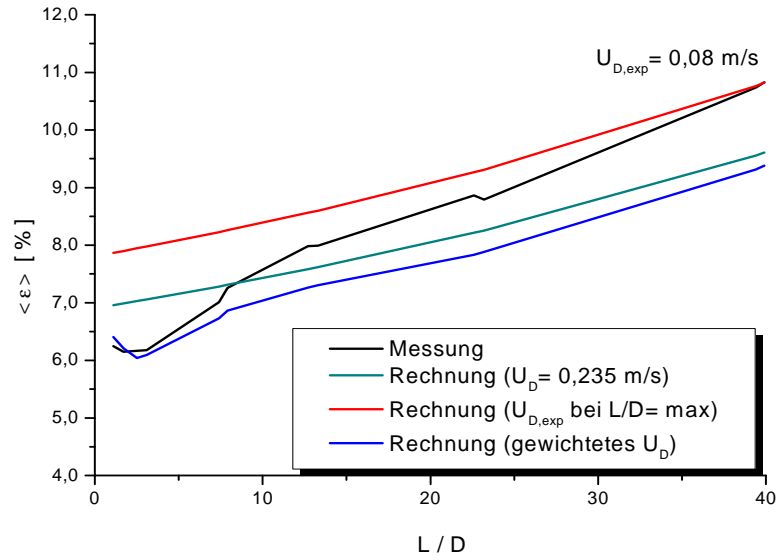
Pkt. 094 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0898 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



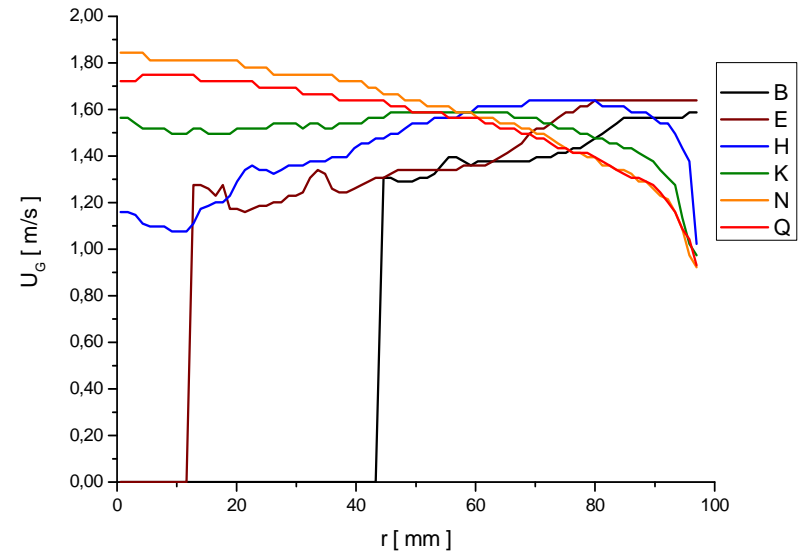
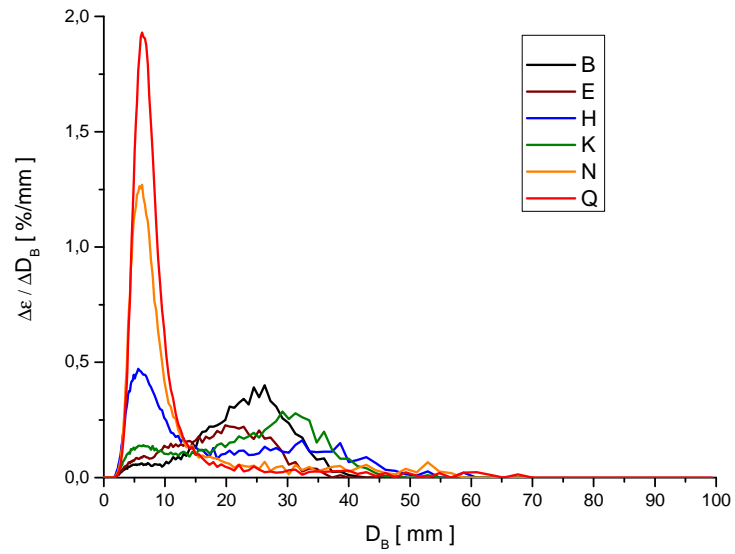
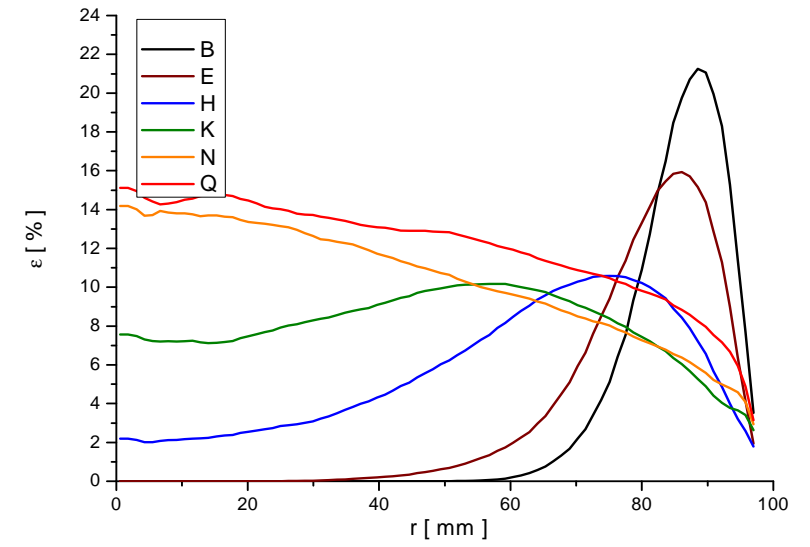
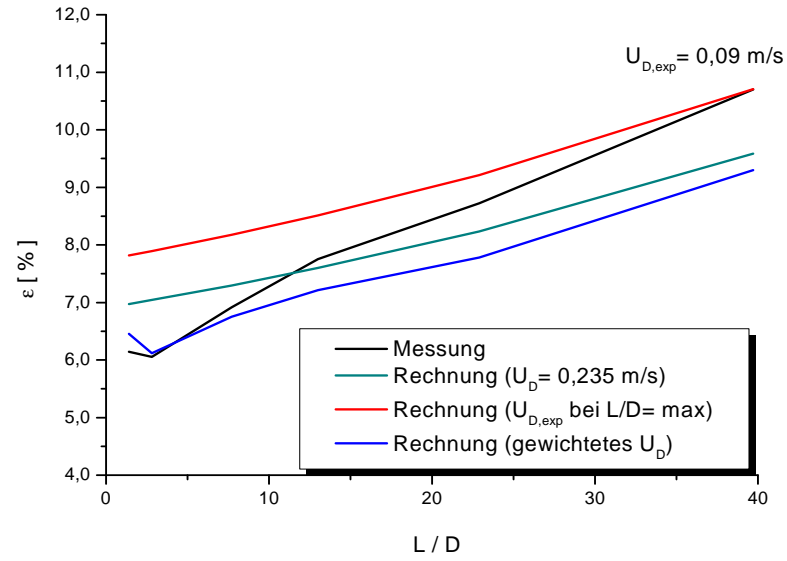
Pkt.094 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0898 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



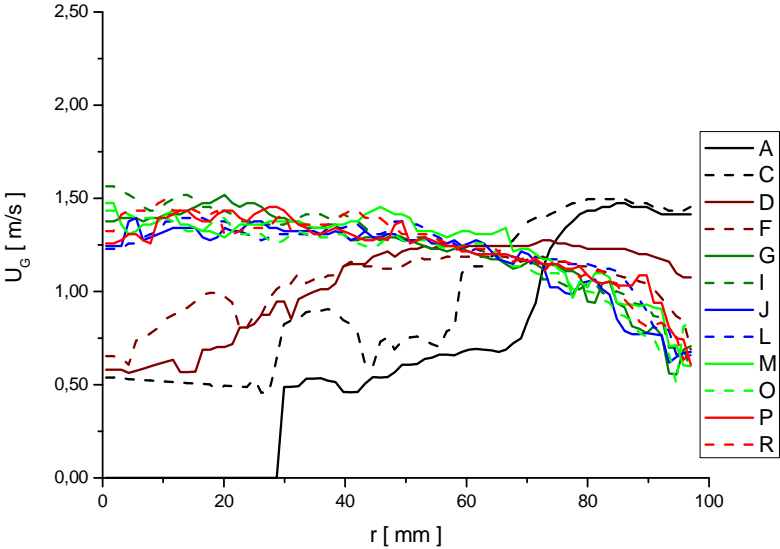
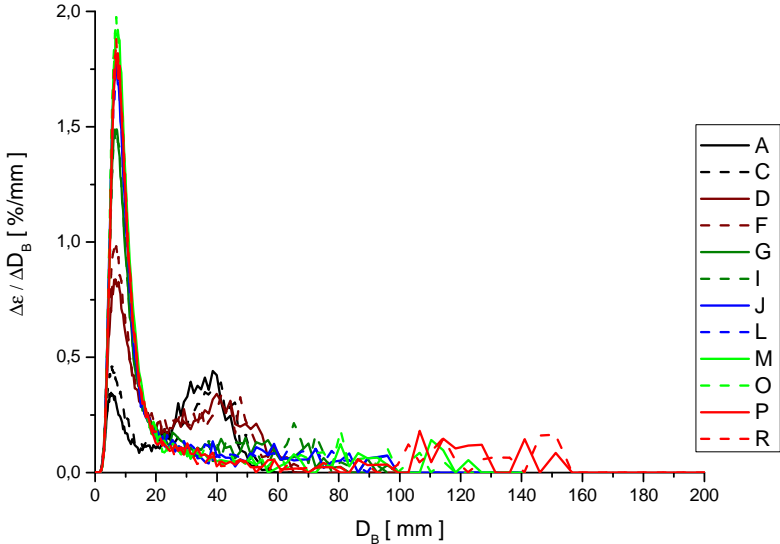
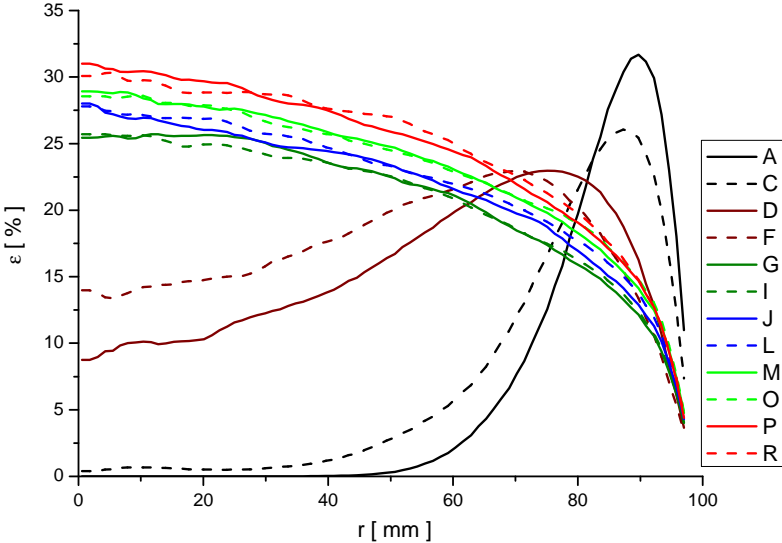
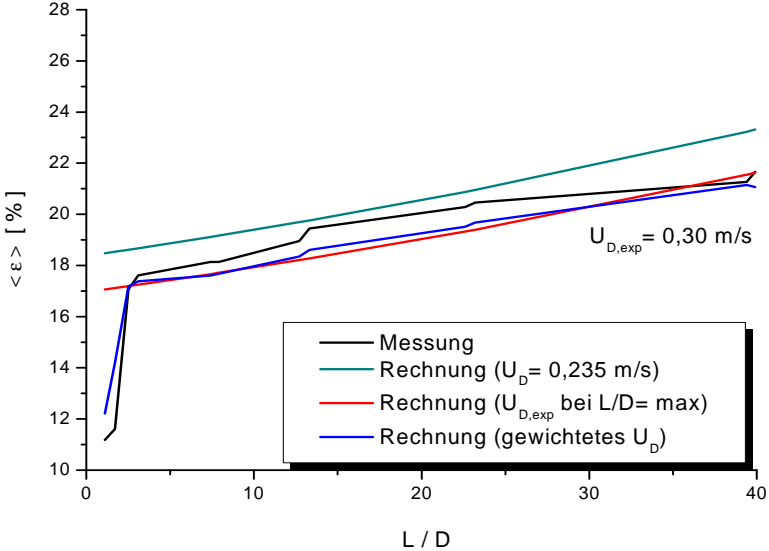
Pkt. 096 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0898 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.096 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,0898 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

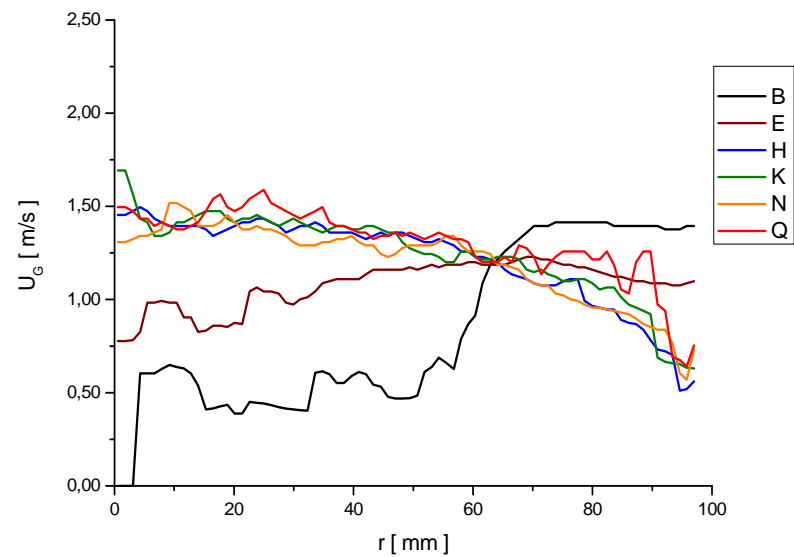
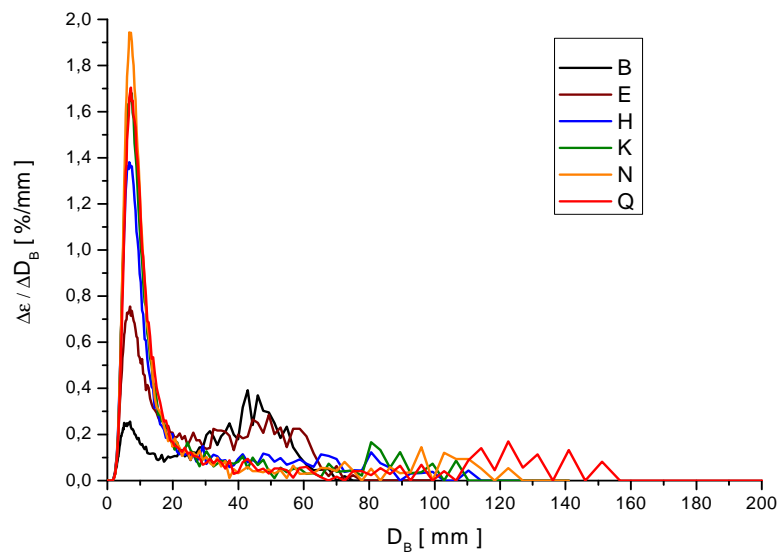
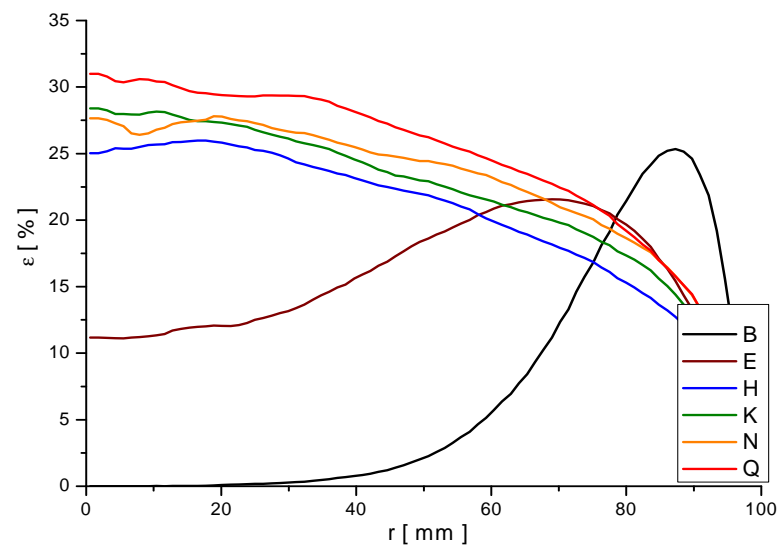
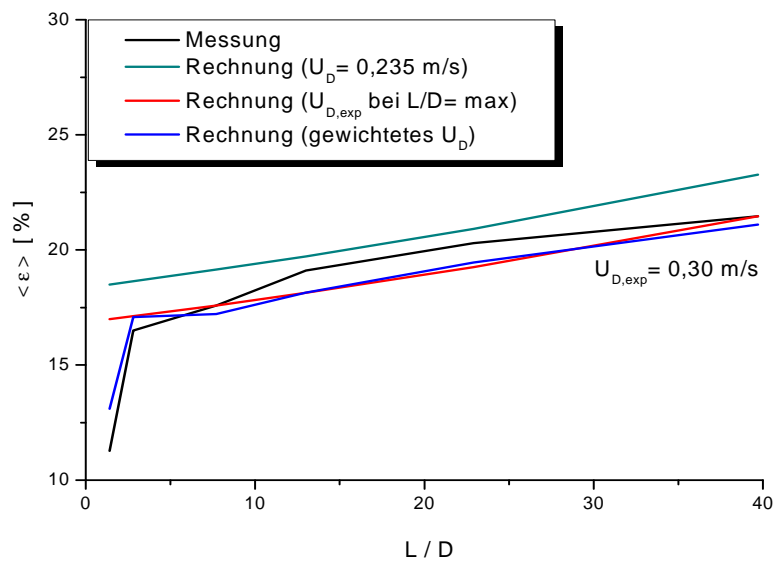


Pkt. 105 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,140 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

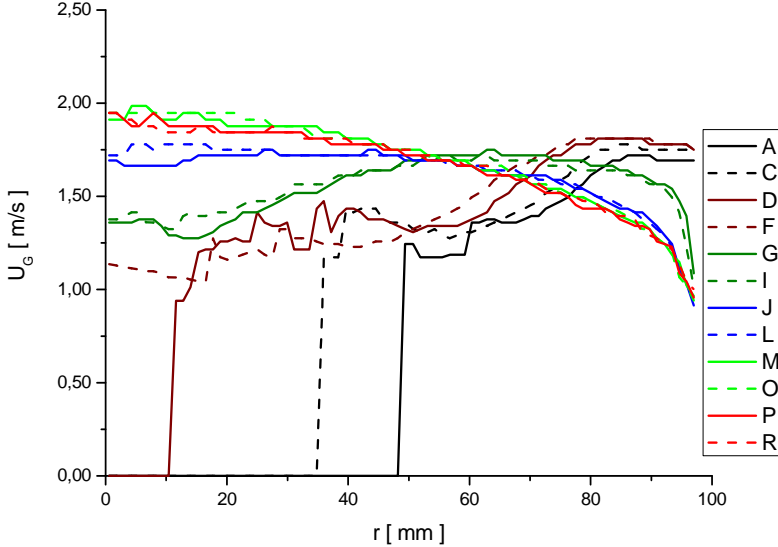
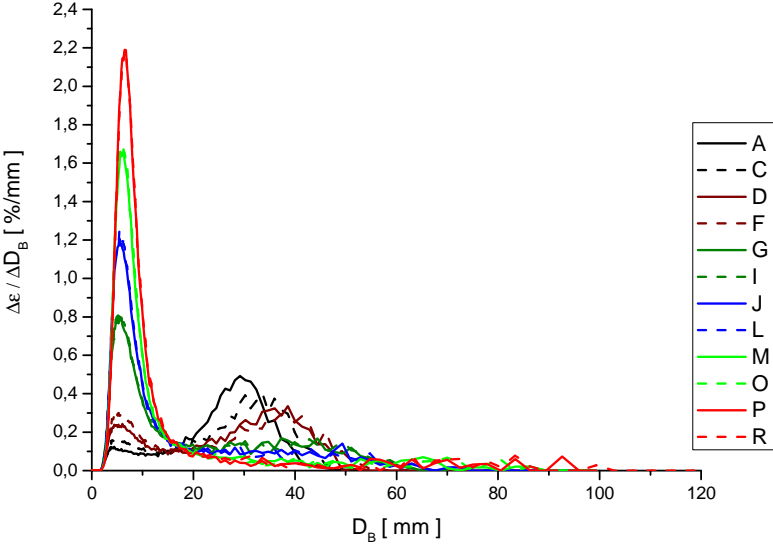
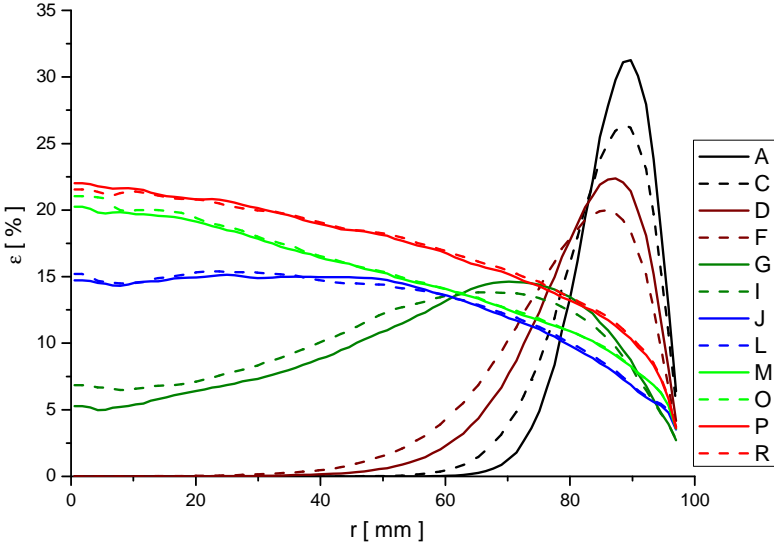
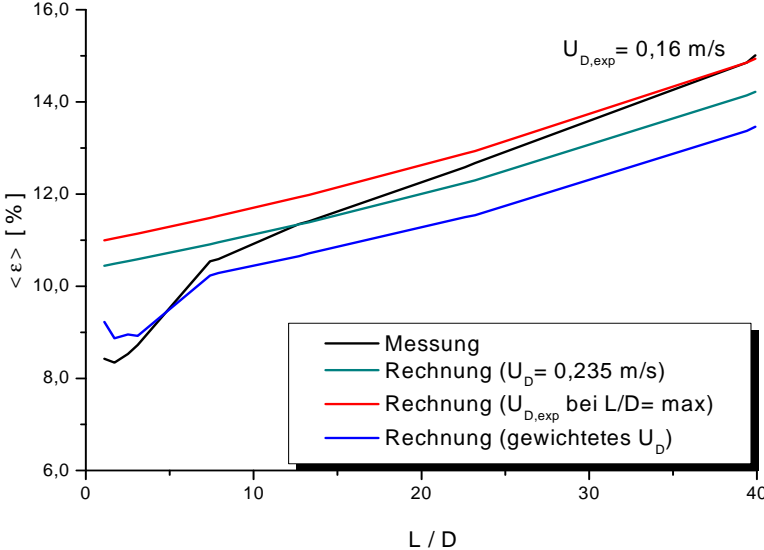




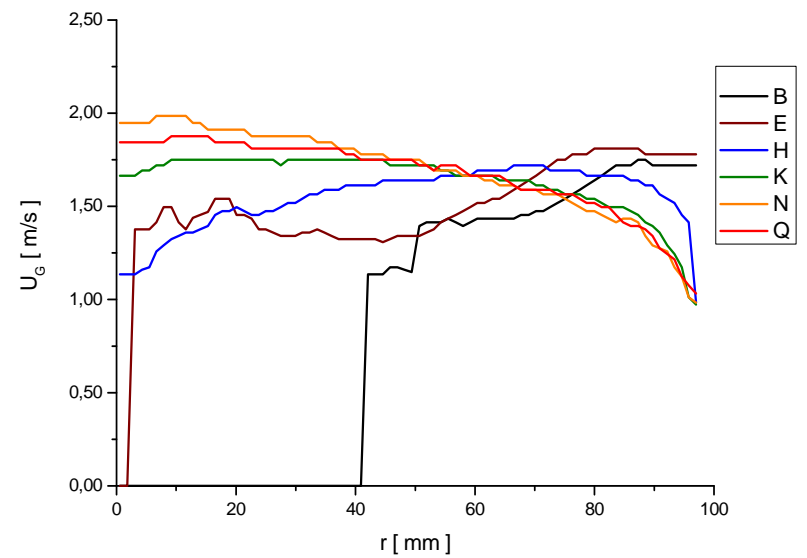
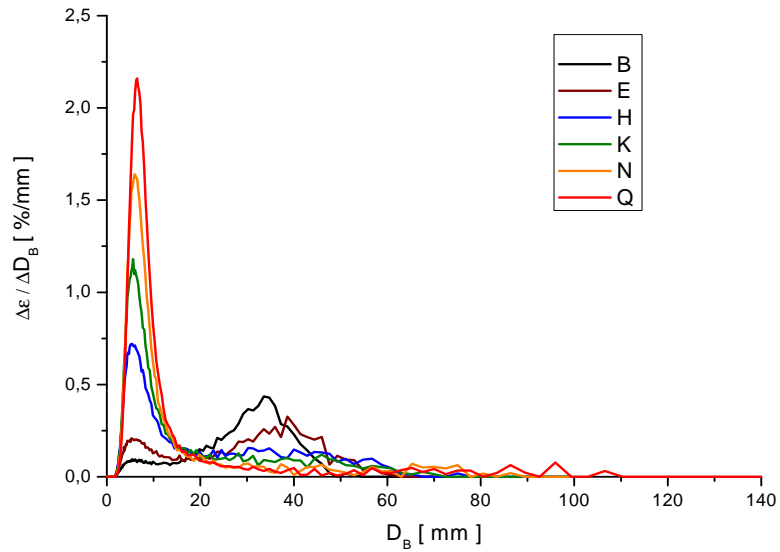
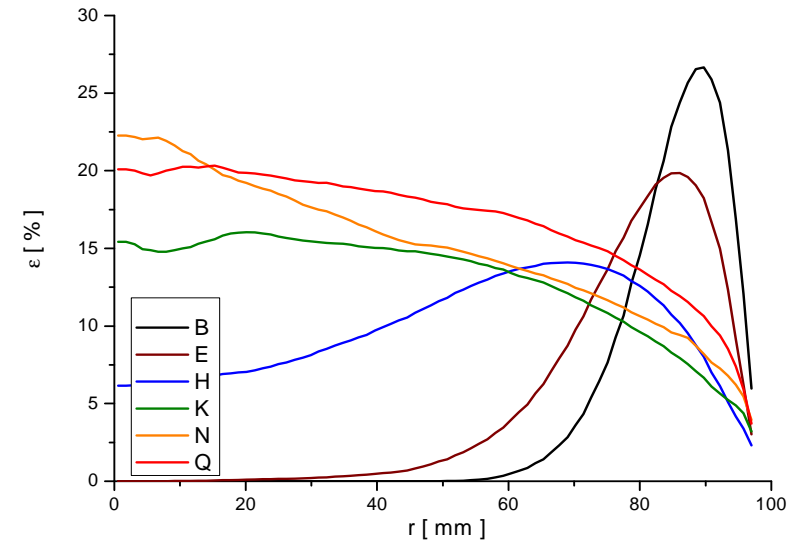
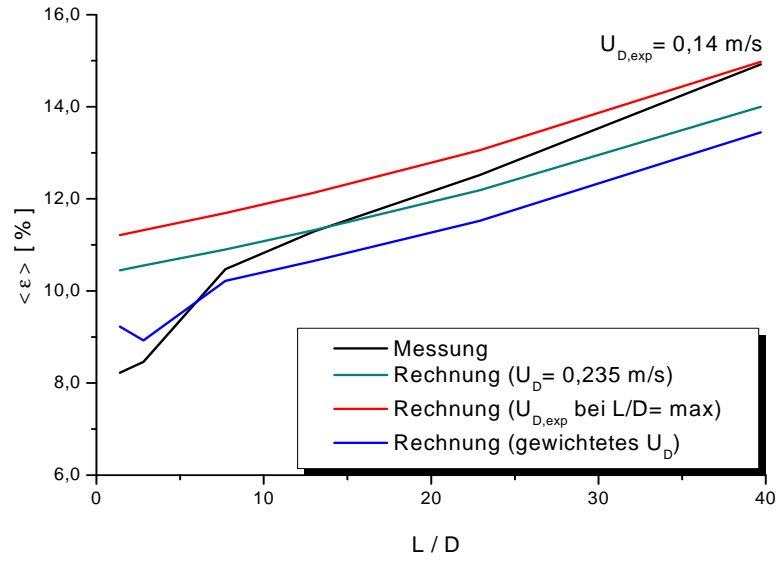
Pkt.105 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,140 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



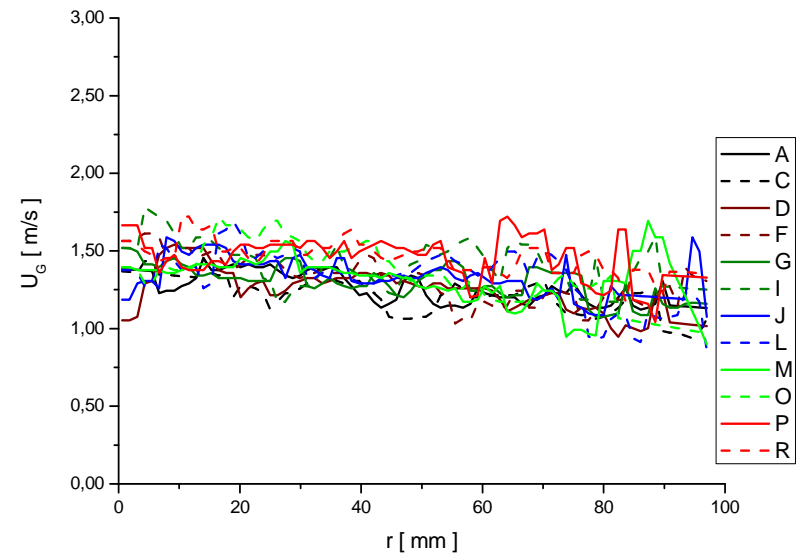
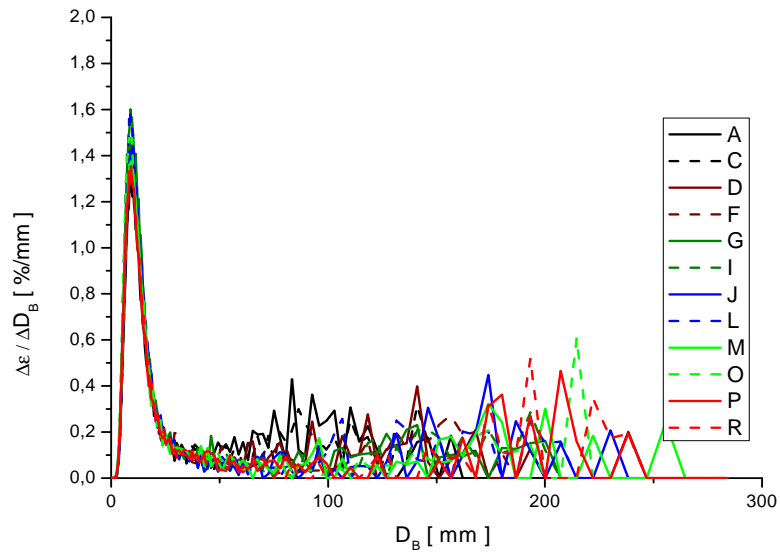
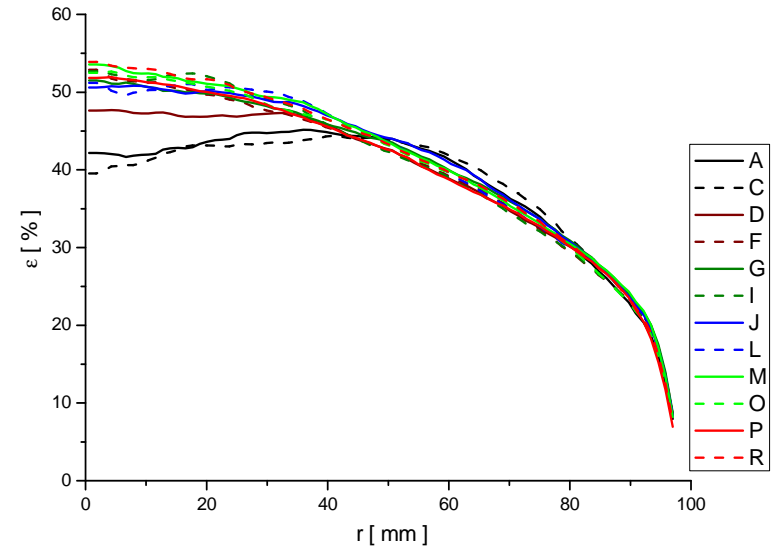
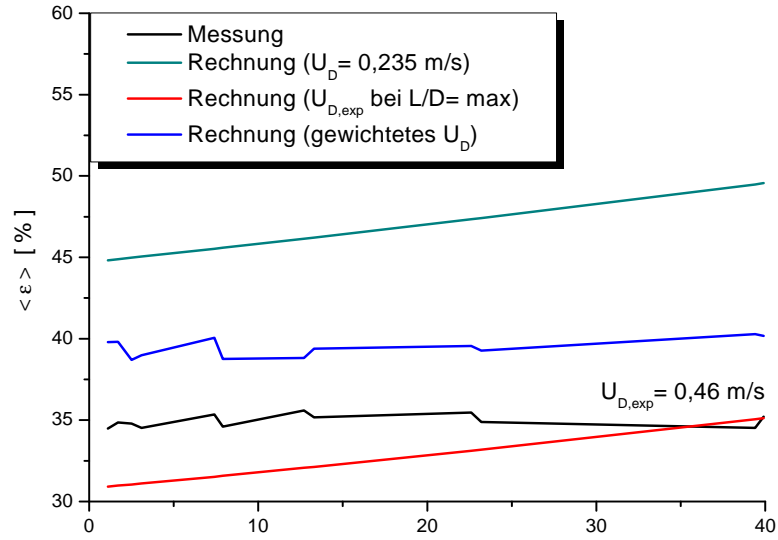
Pkt. 107 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,140 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



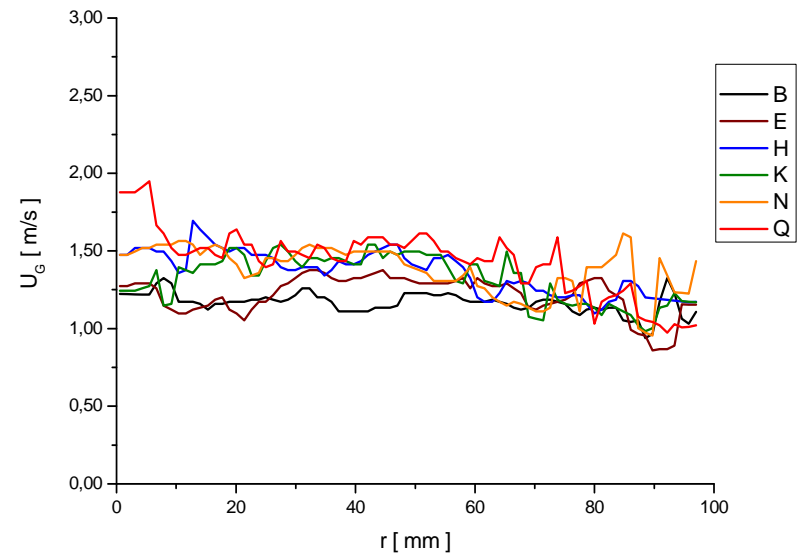
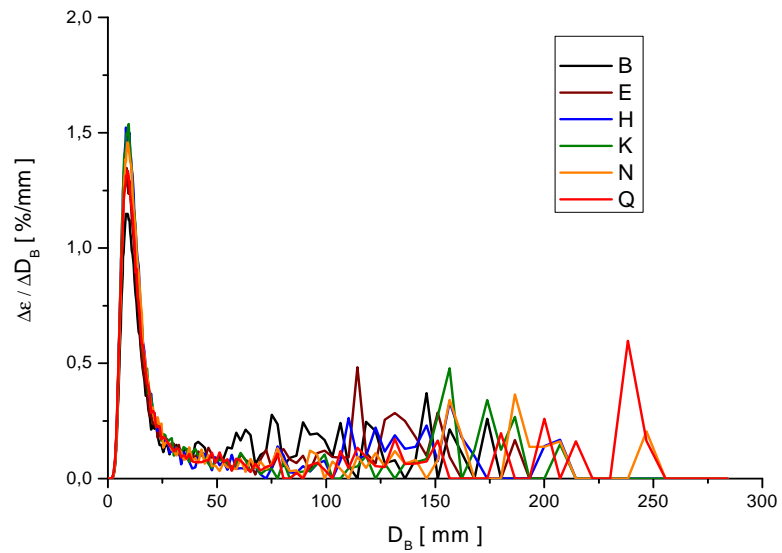
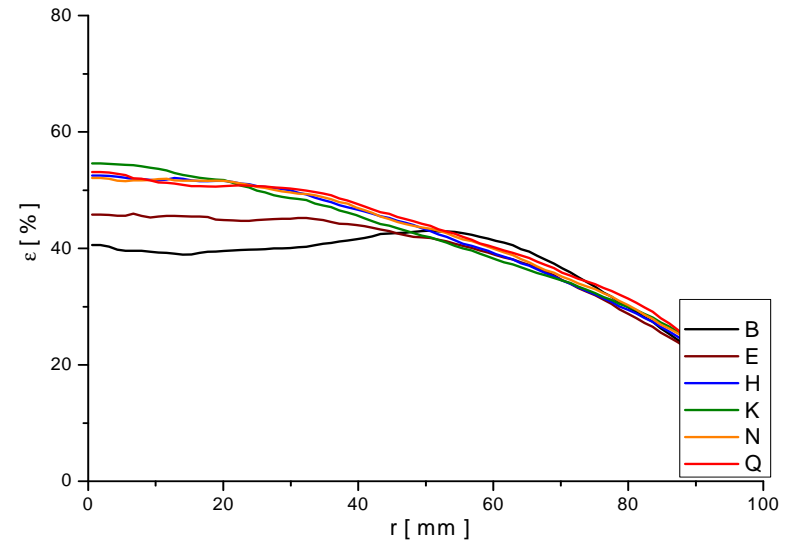
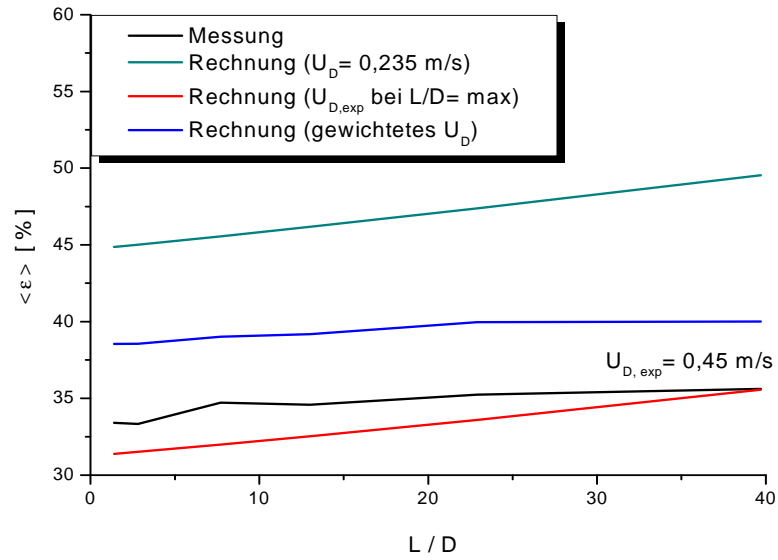
Pkt.107 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,140 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



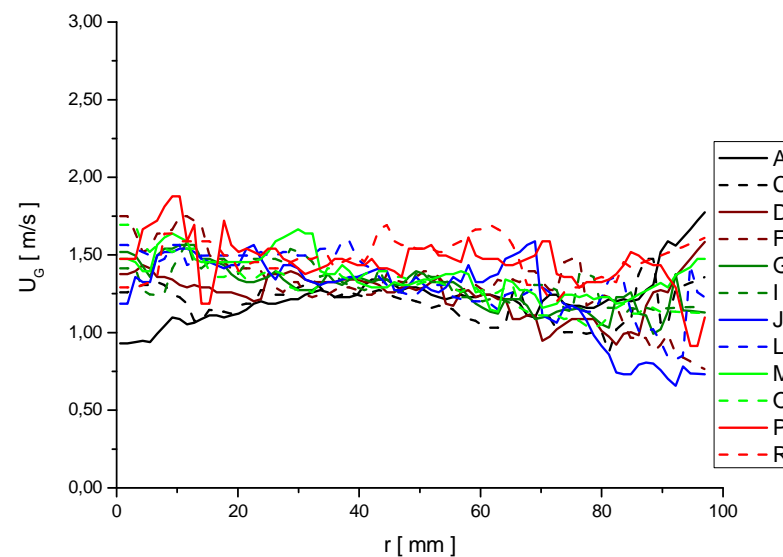
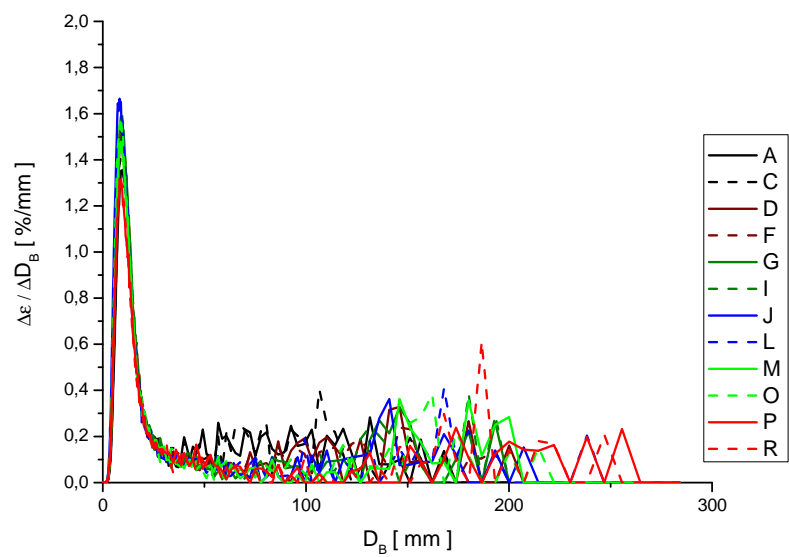
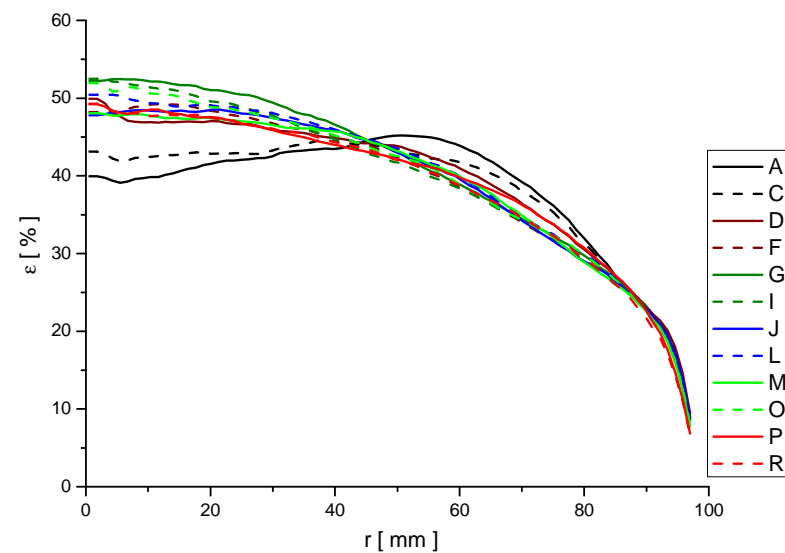
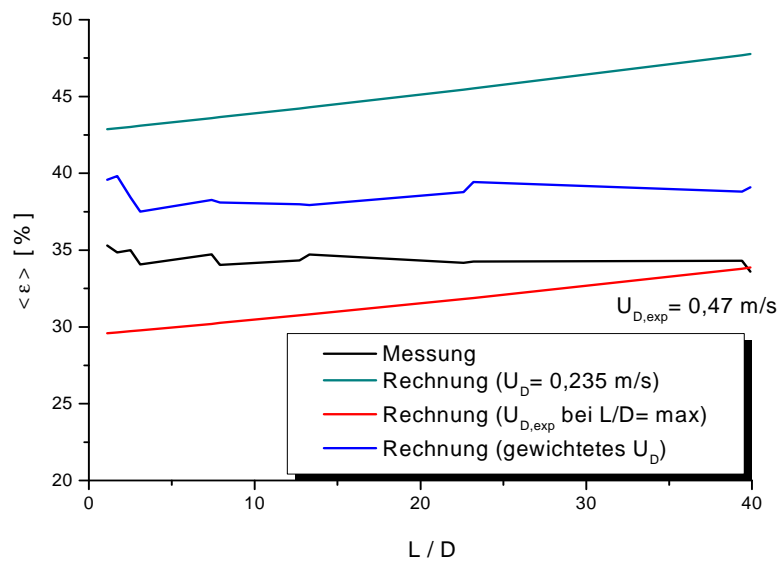
Pkt. 111 ( $J_L = 0,0405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



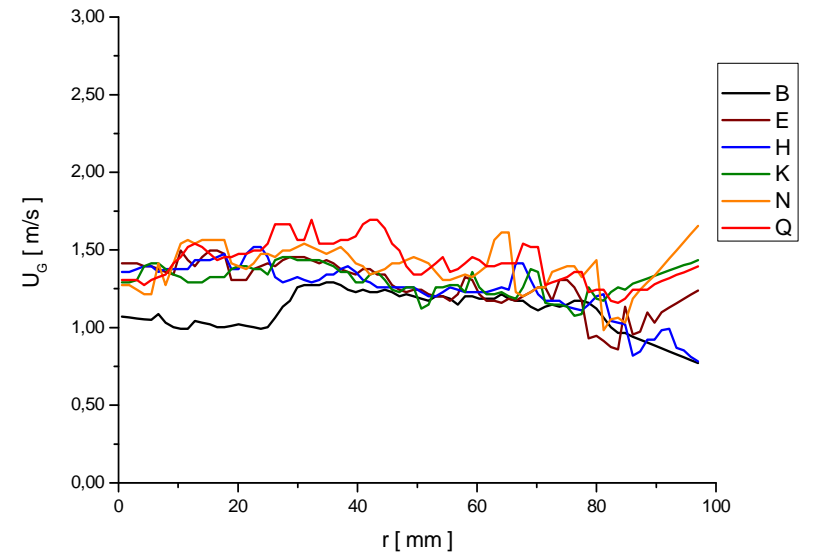
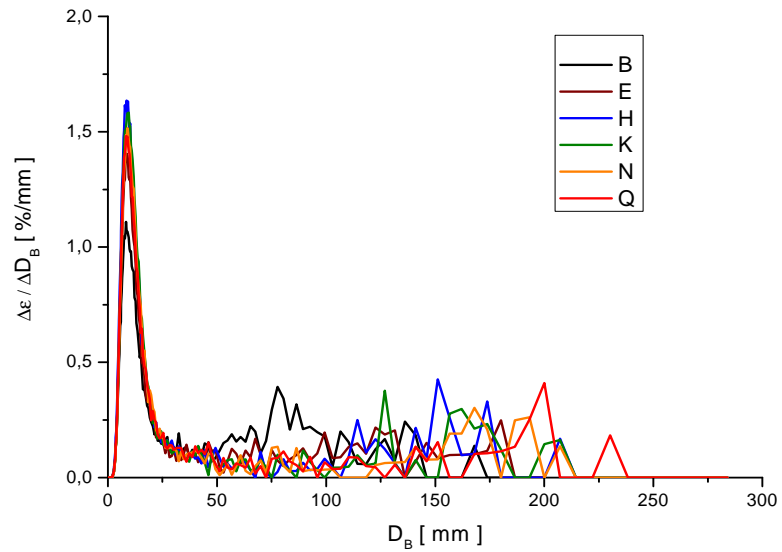
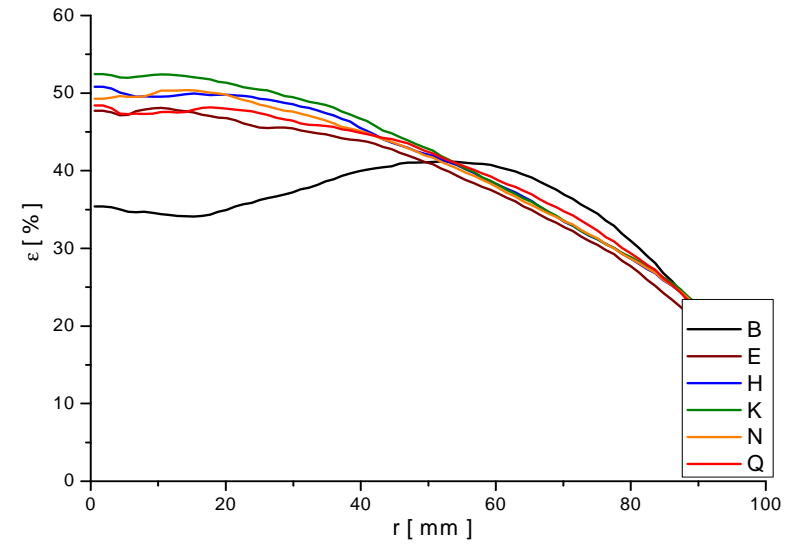
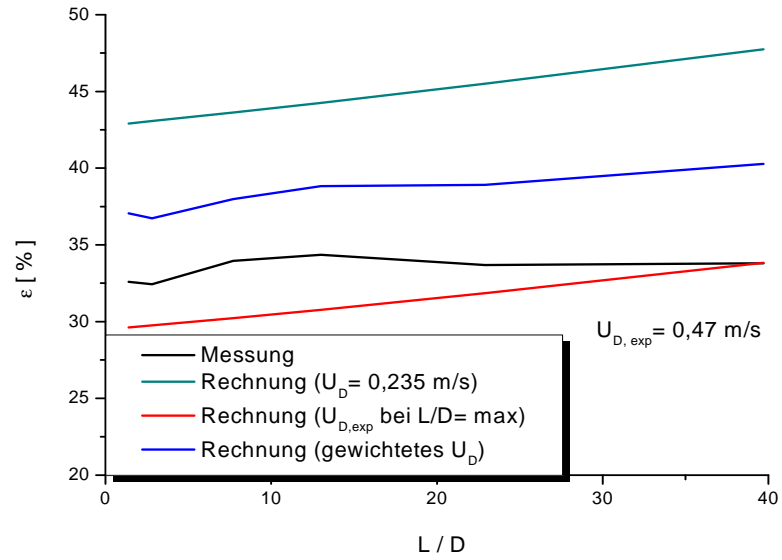
Pkt.111 ( $J_L = 0,0405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



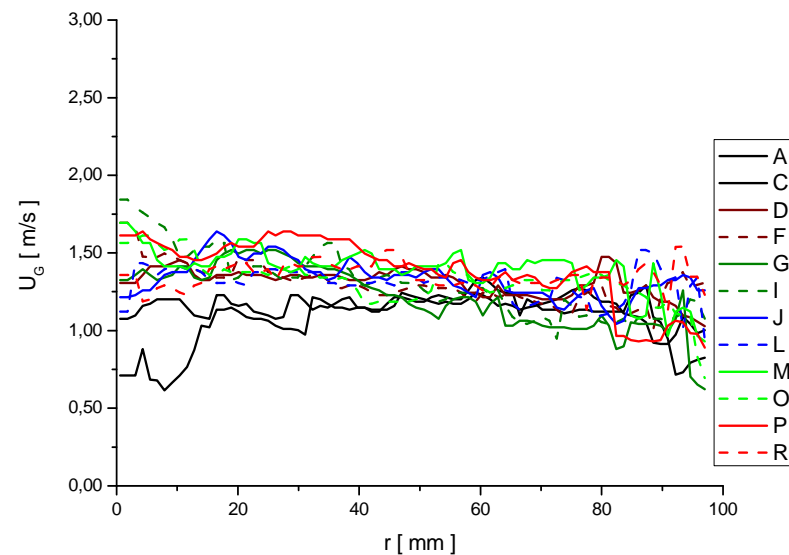
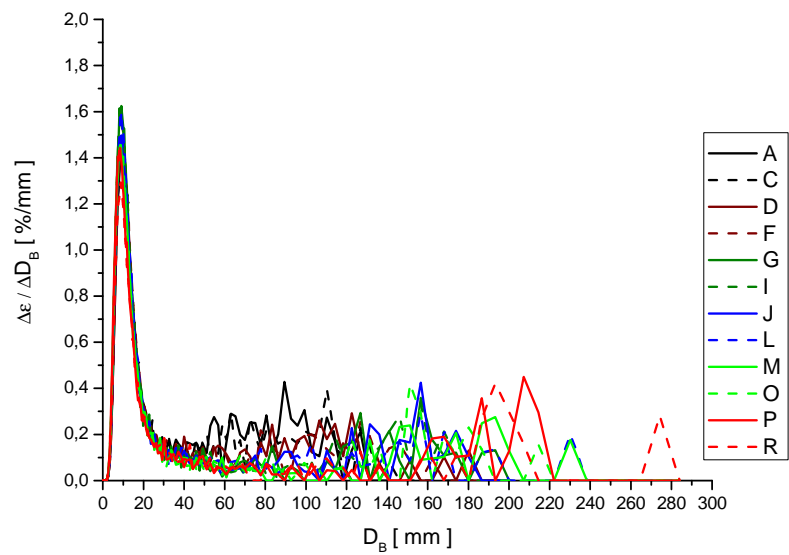
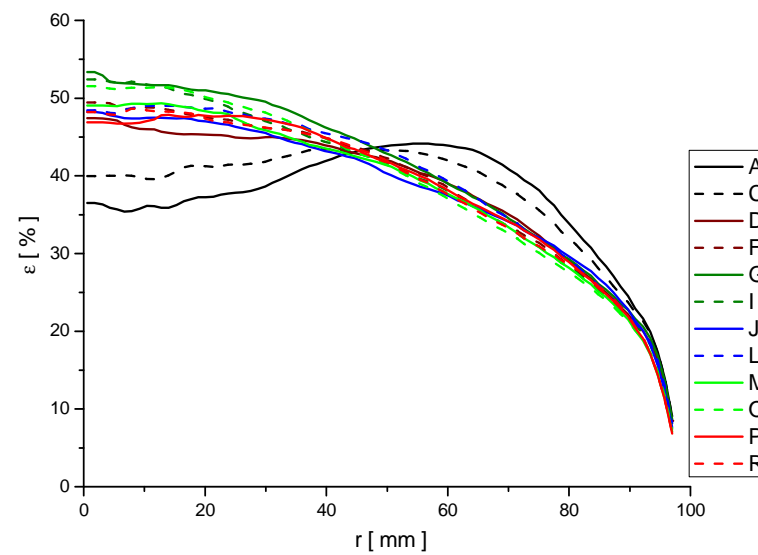
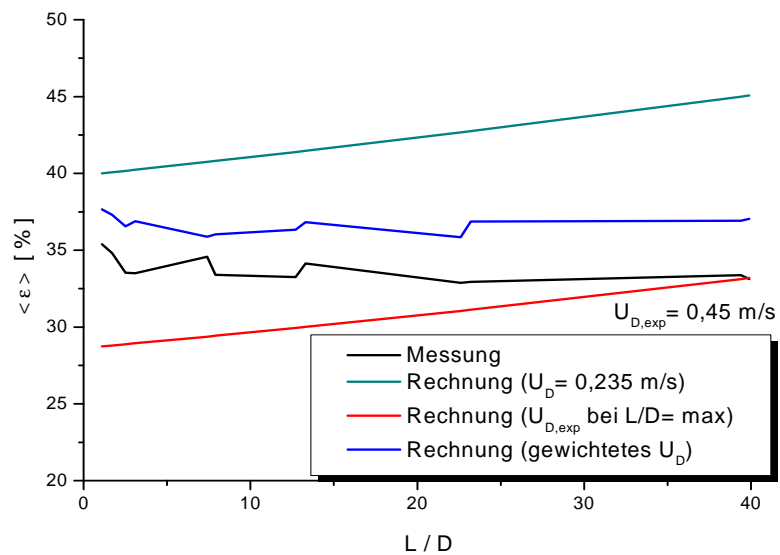
Pkt. 112 ( $J_L = 0,0641$  m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)



Pkt.112 ( $J_L = 0,0641$  m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm)

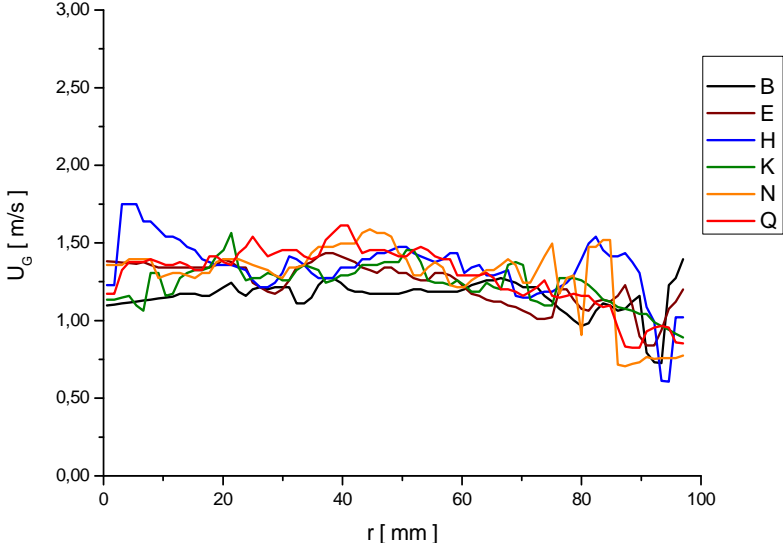
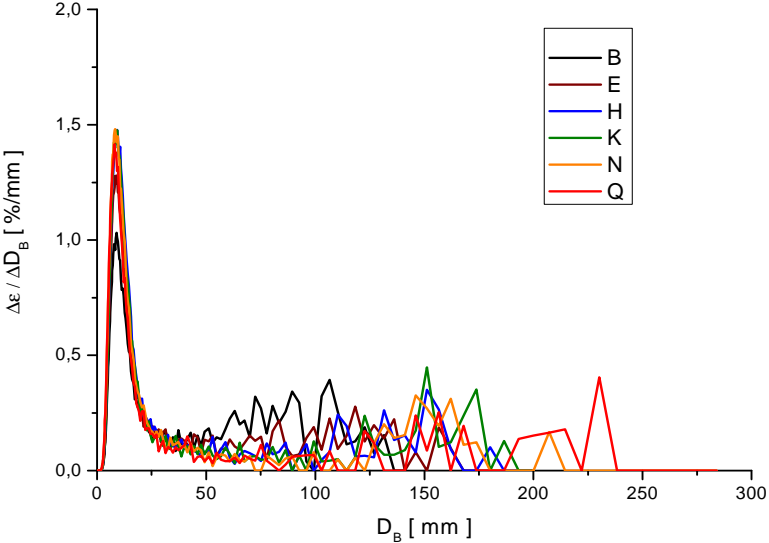
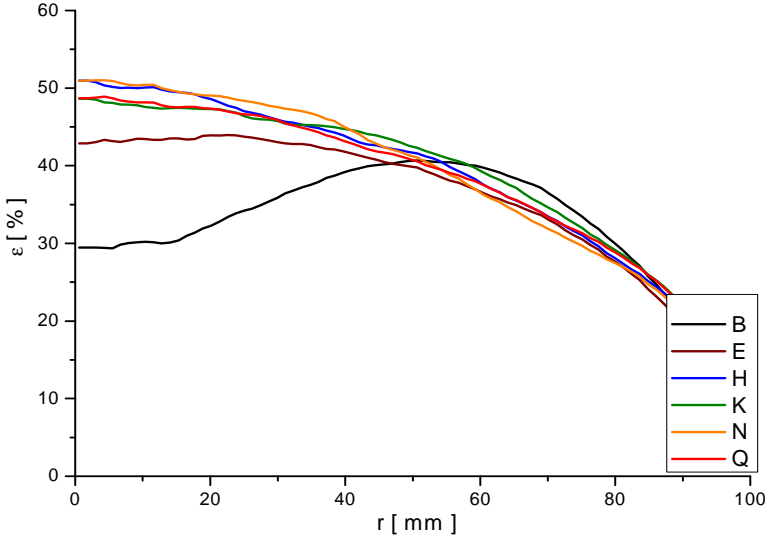
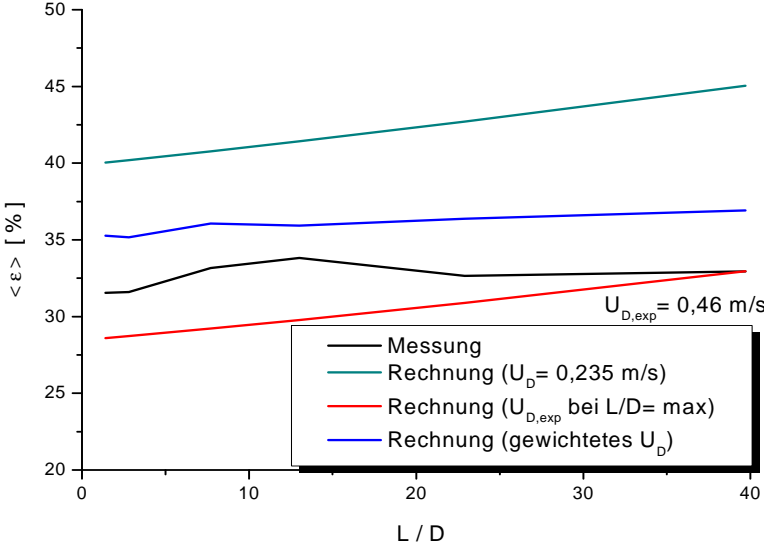


Pkt. 113( $J_L = 0,102$  m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)

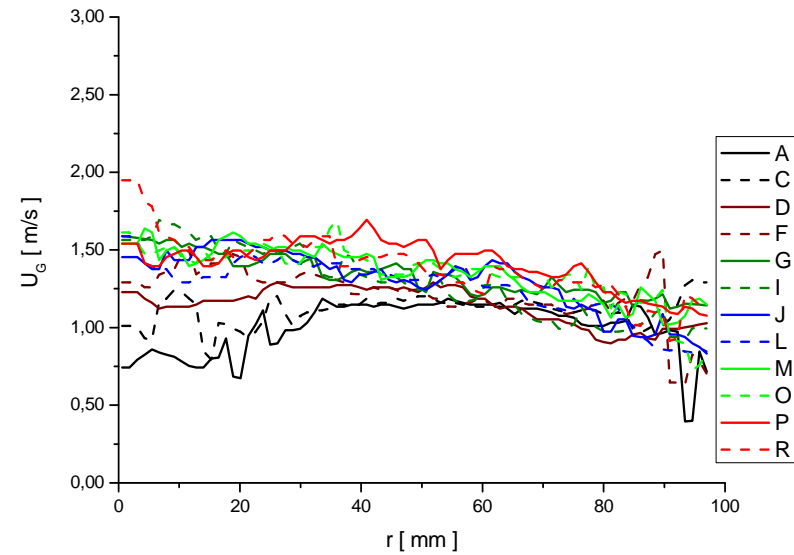
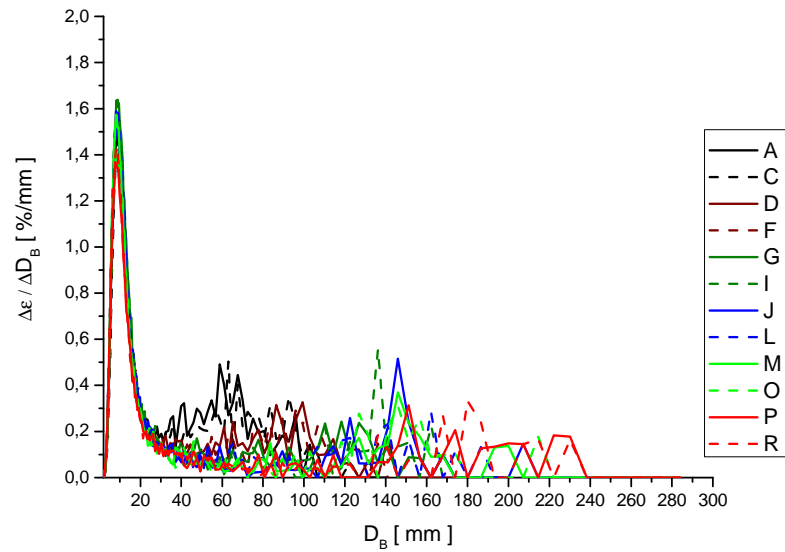
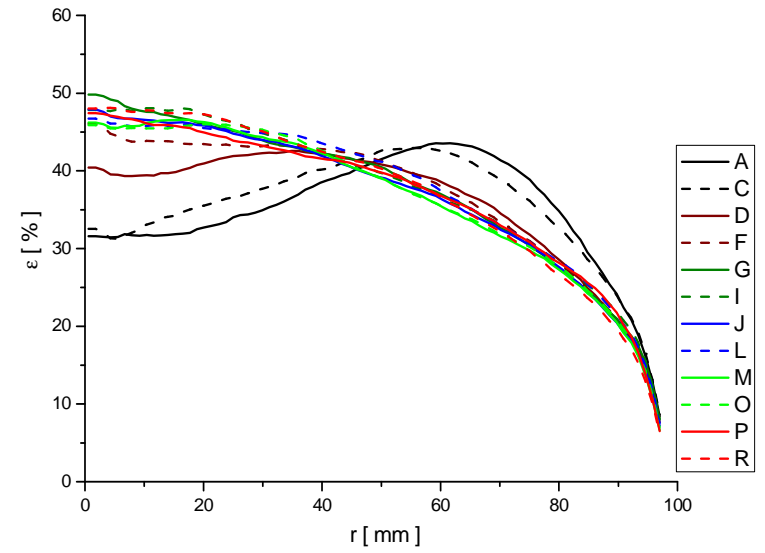
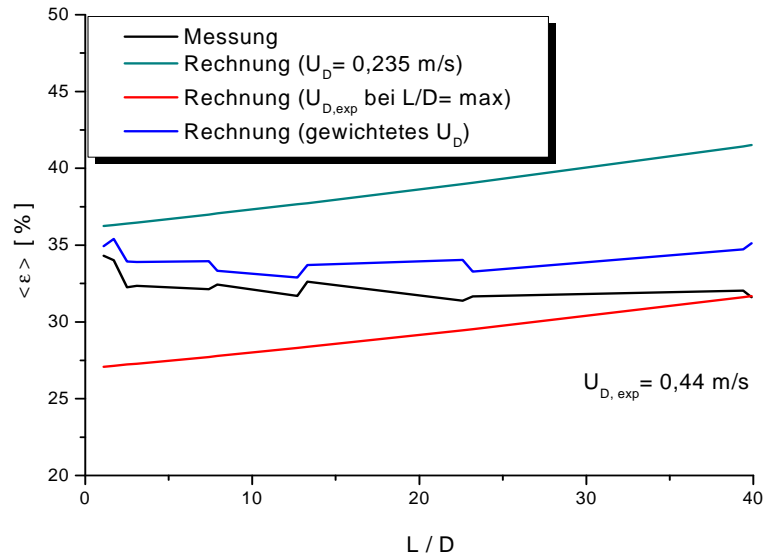




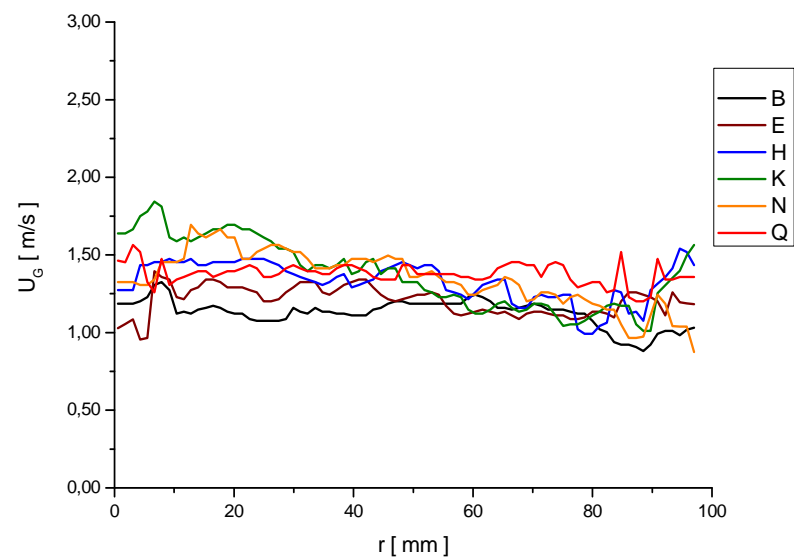
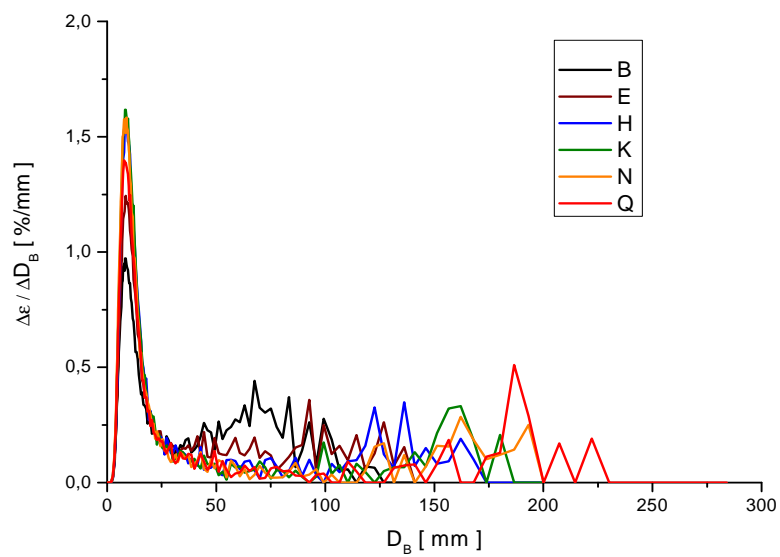
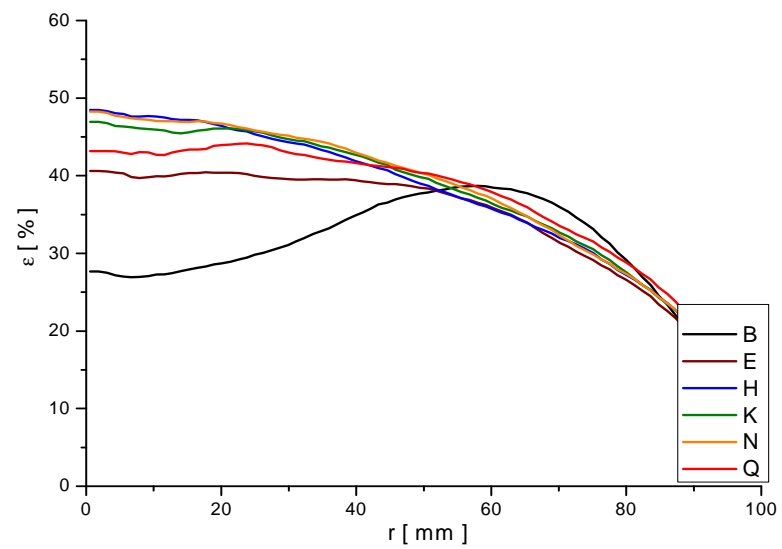
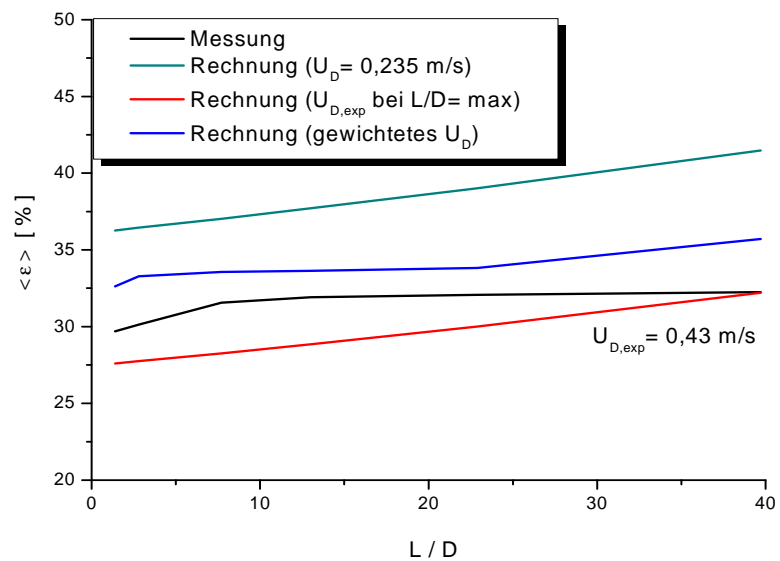
Pkt.113 ( $J_L = 0,102 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



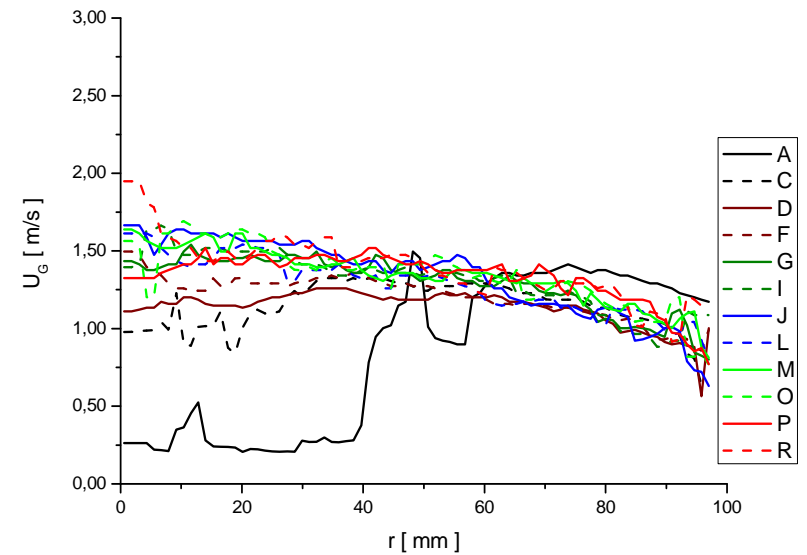
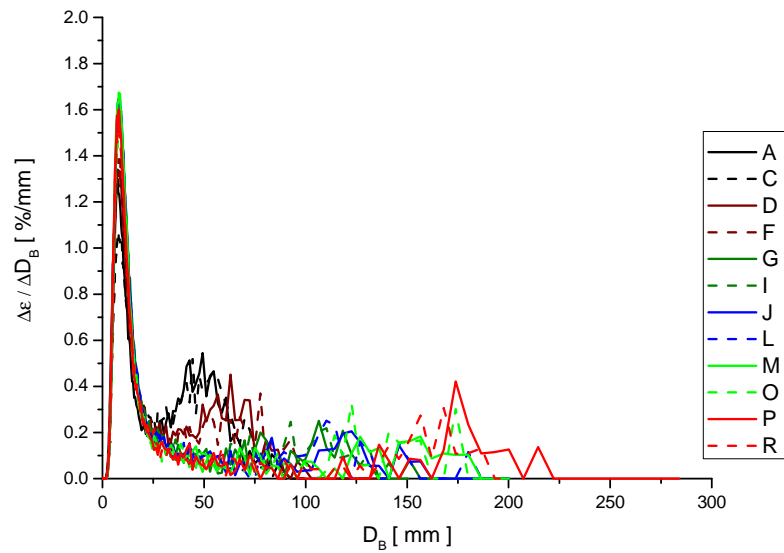
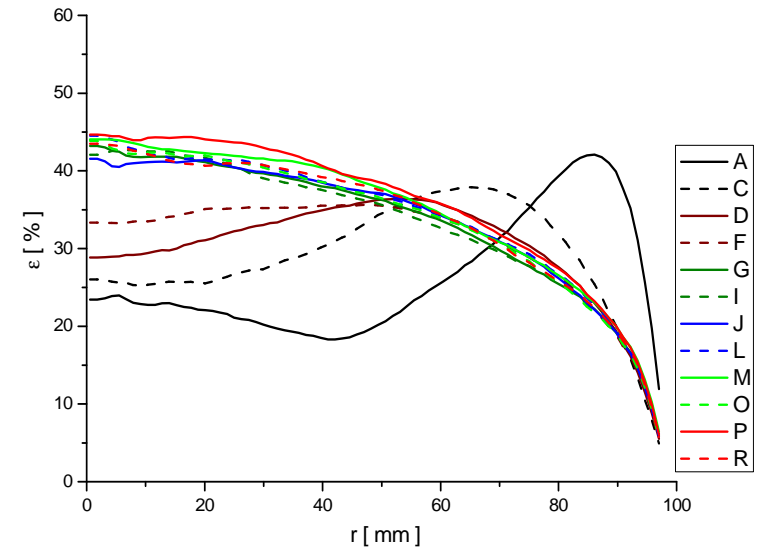
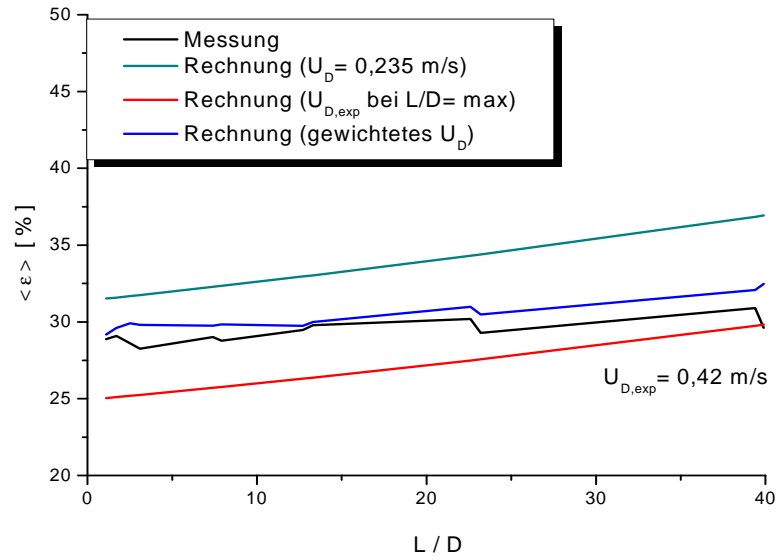
Pkt. 114 ( $J_L = 0,161$  m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)



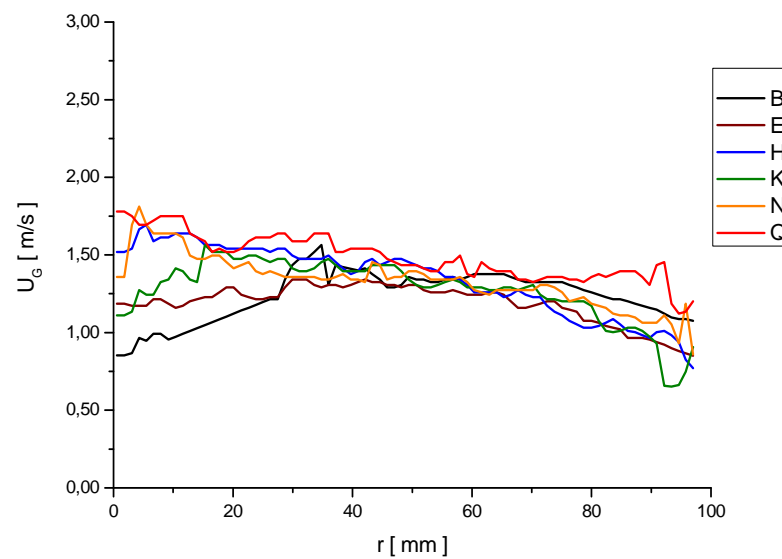
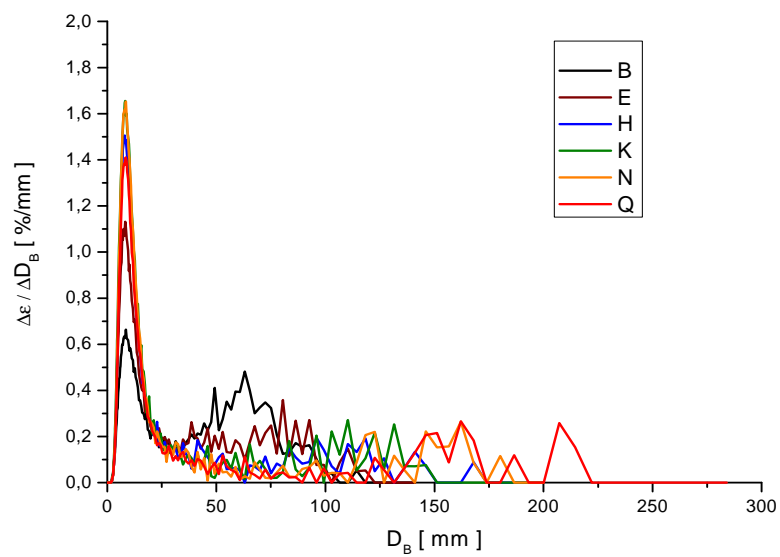
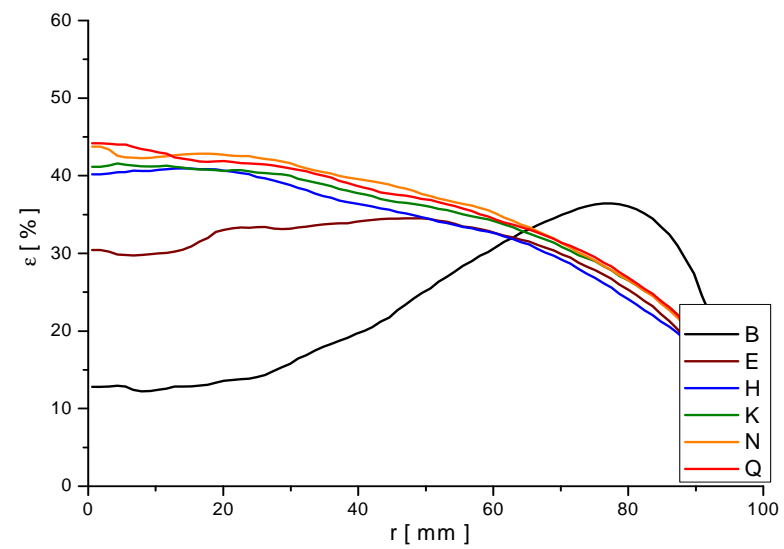
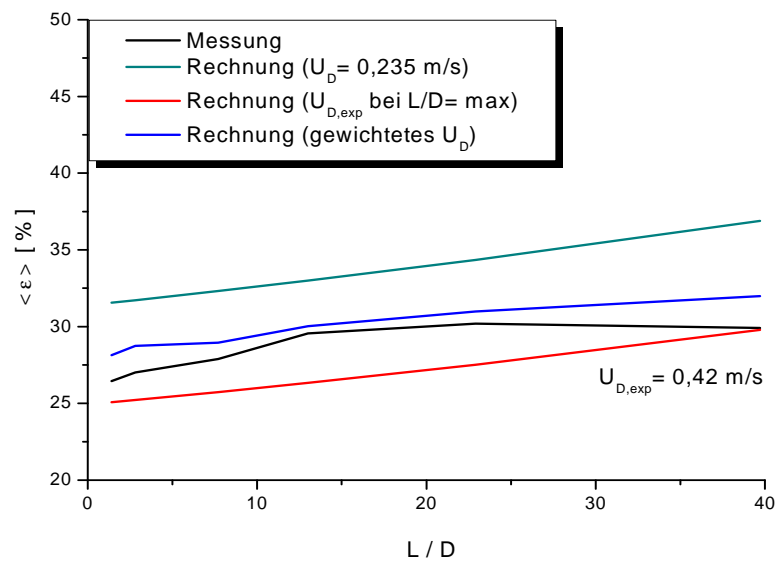
Pkt.114 ( $J_L = 0,161$  m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm)



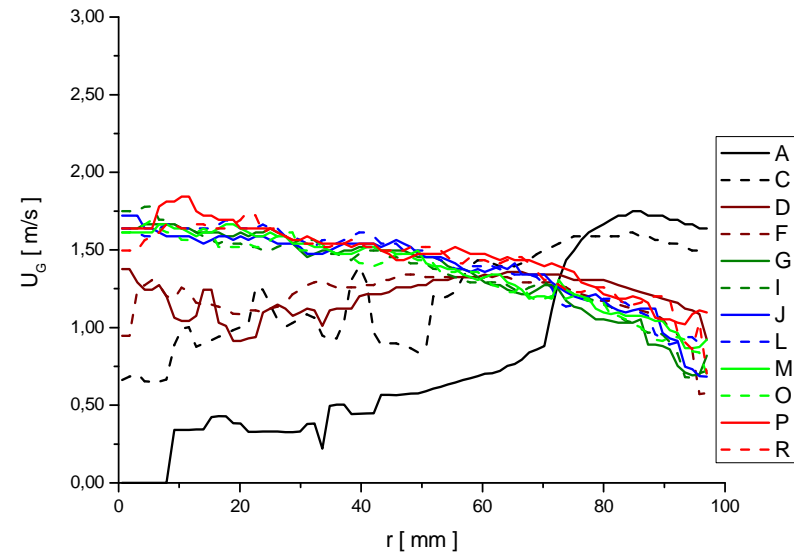
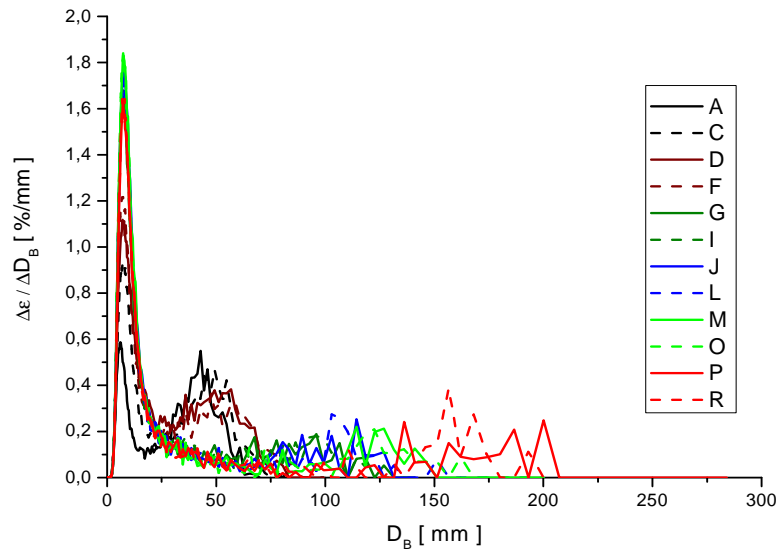
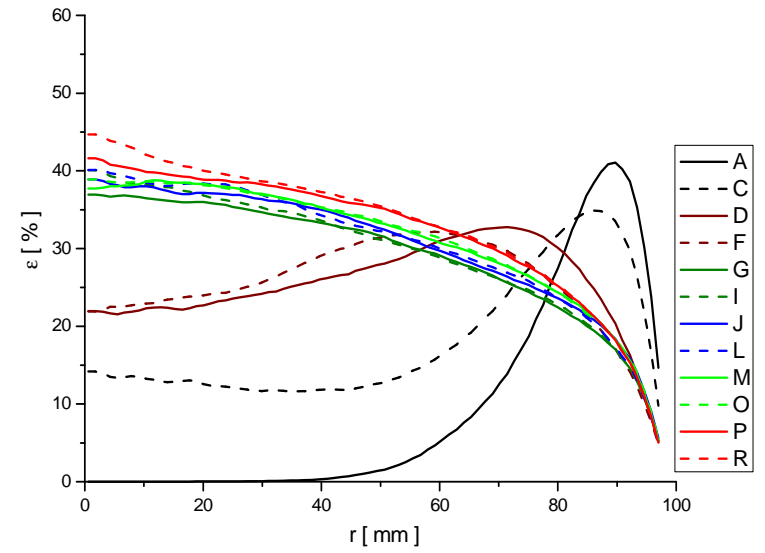
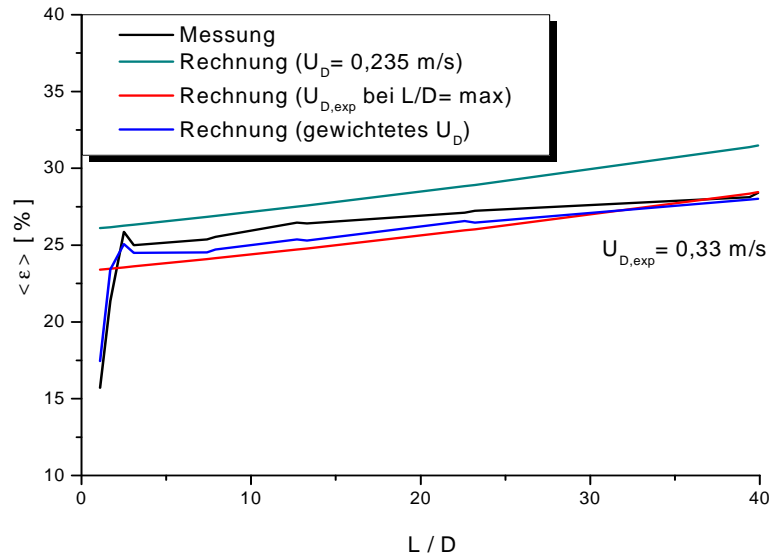
Pkt. 115 ( $J_L = 0,255 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



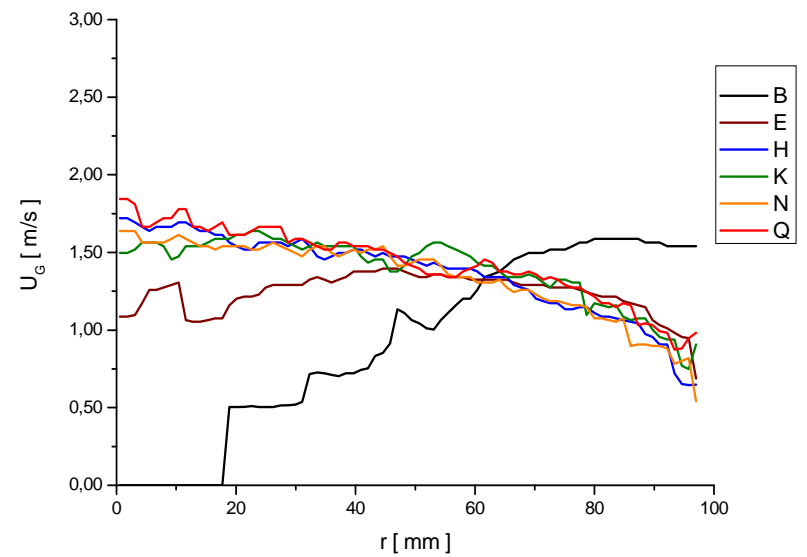
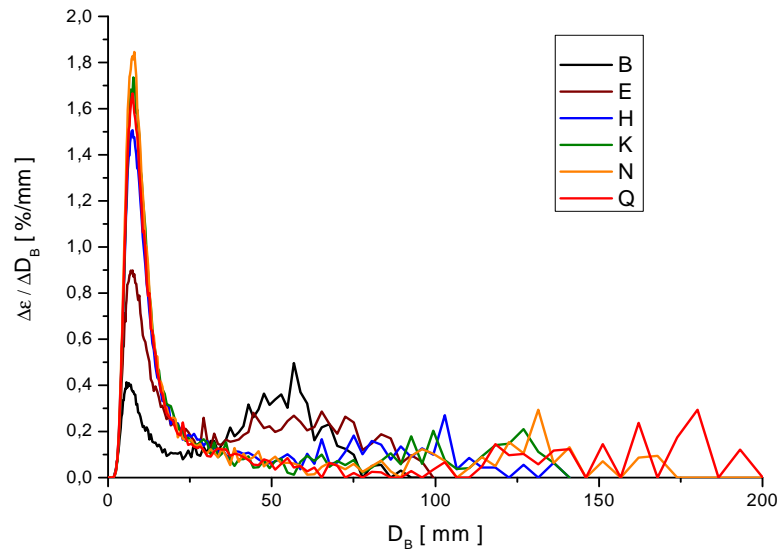
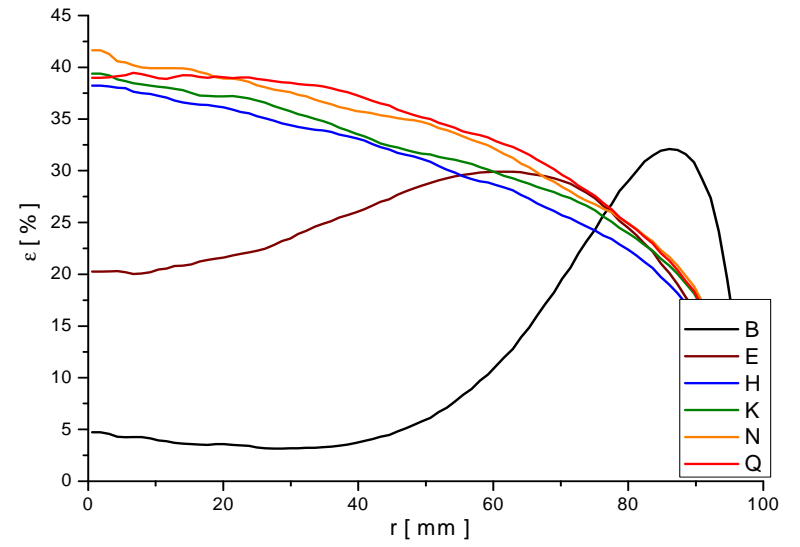
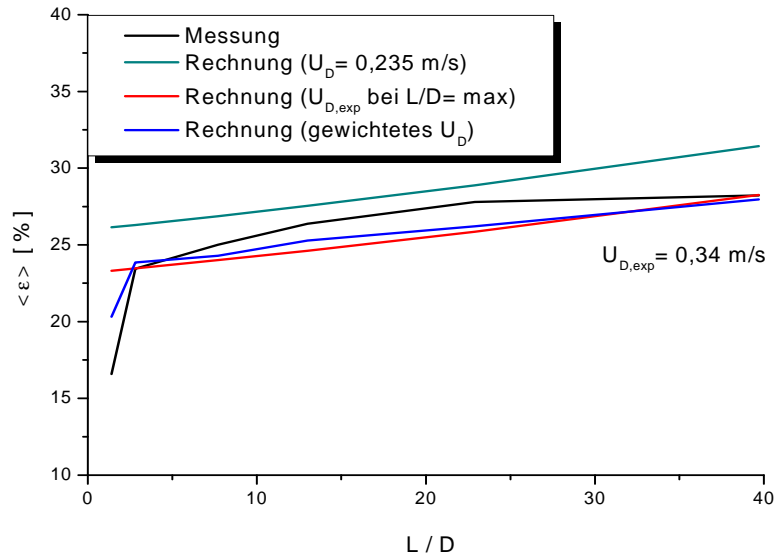
Pkt.115 ( $J_L = 0,255 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



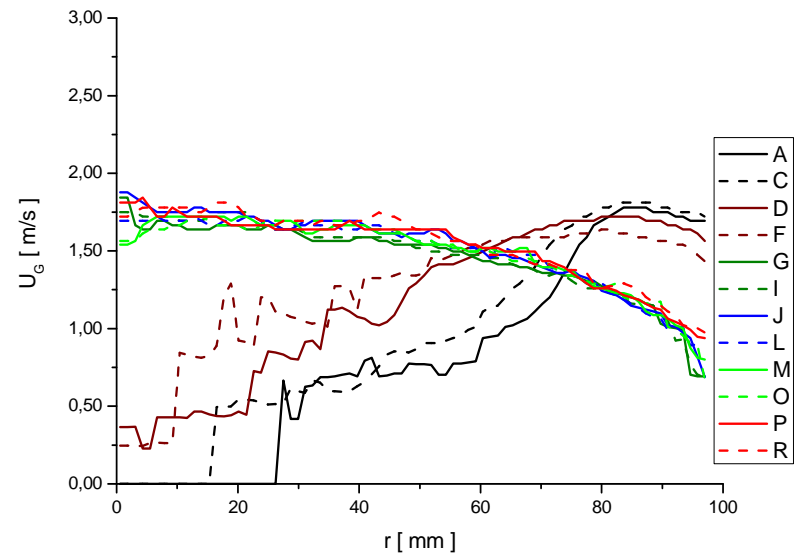
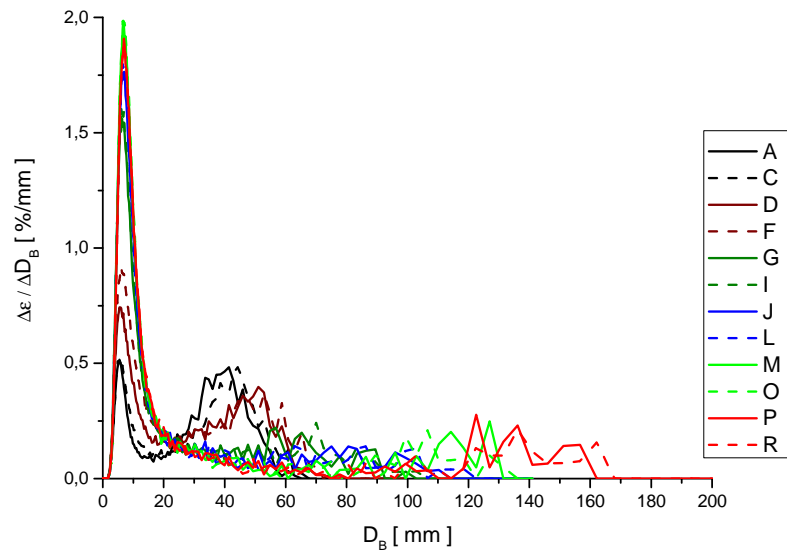
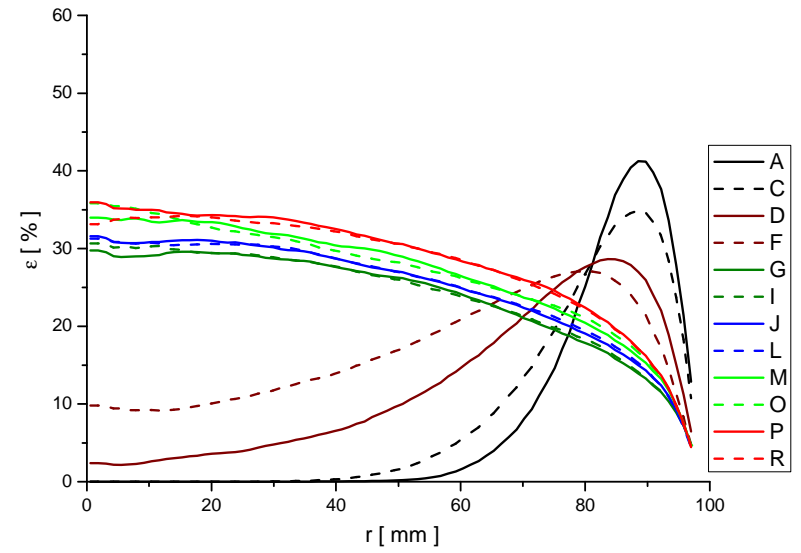
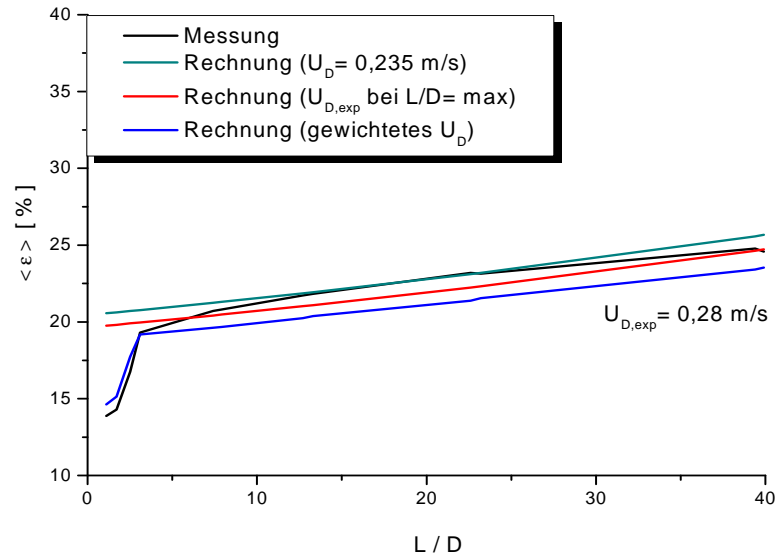
Pkt. 116 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.116 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

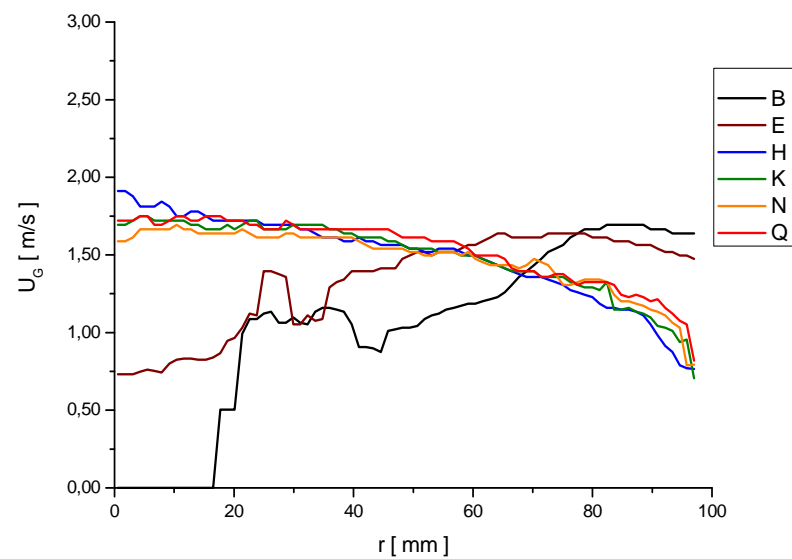
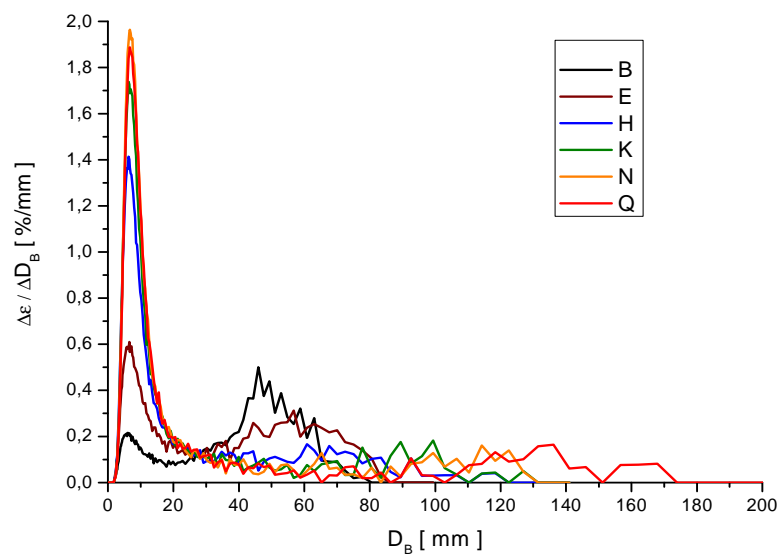
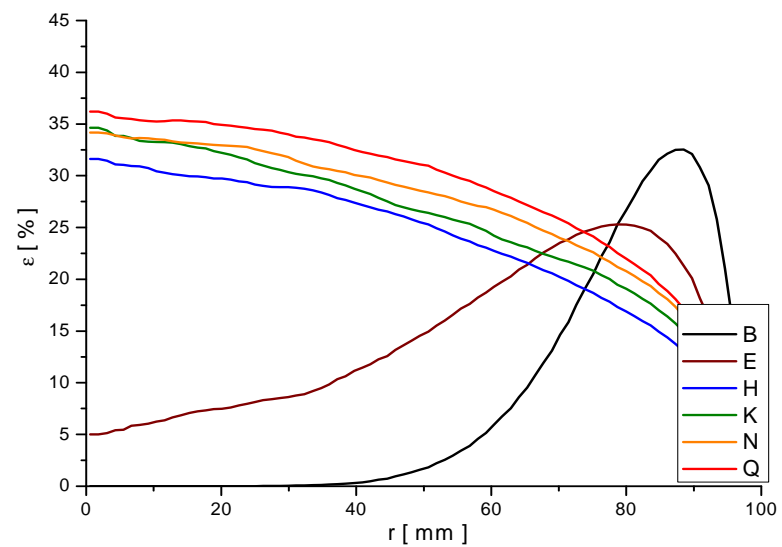
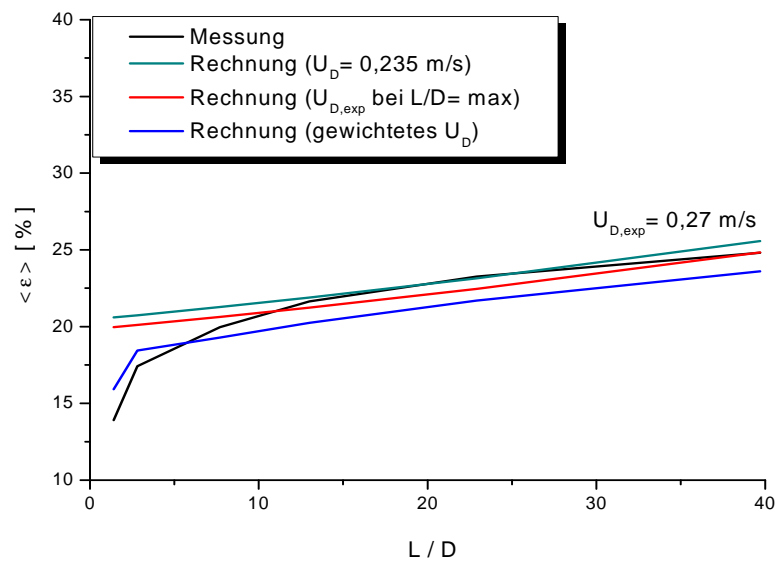


Pkt. 117 ( $J_L = 0,641 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

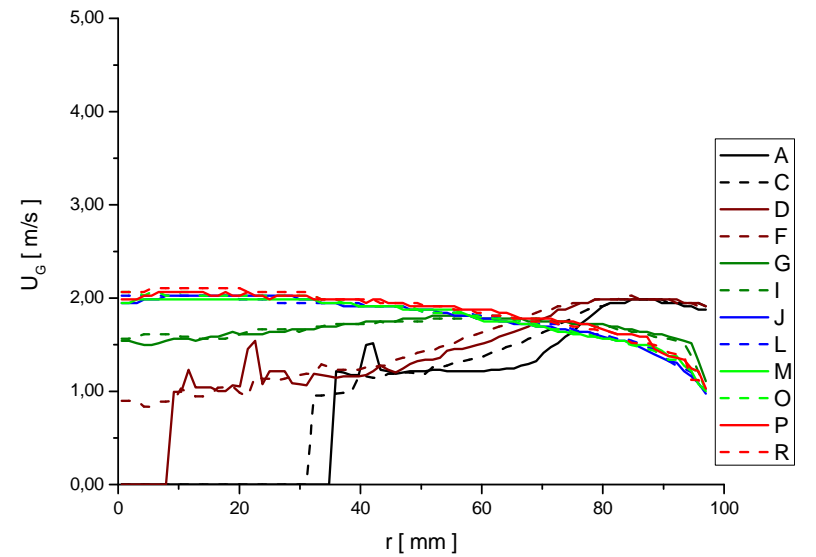
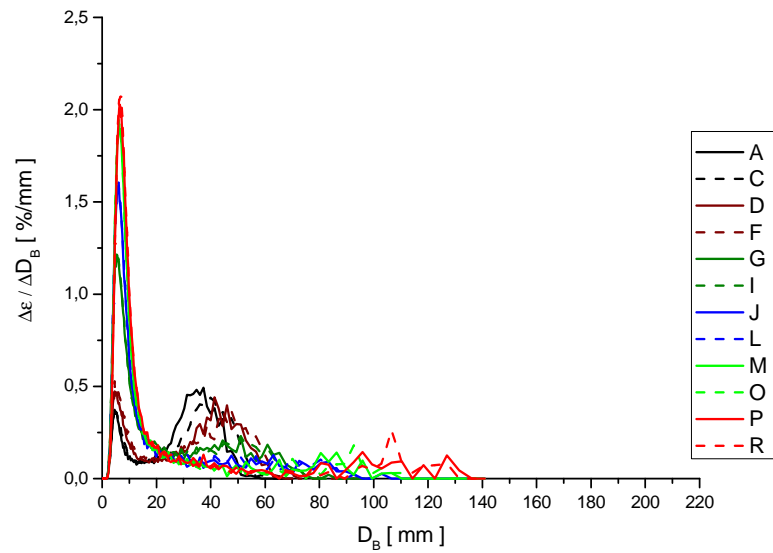
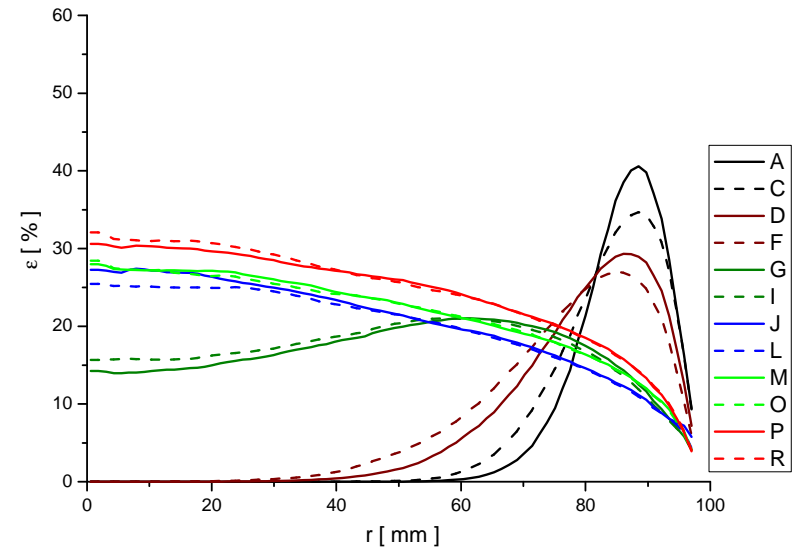
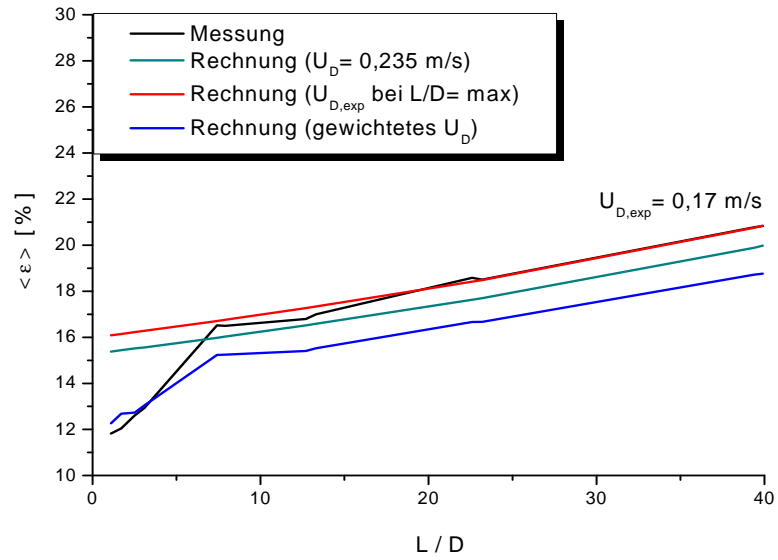




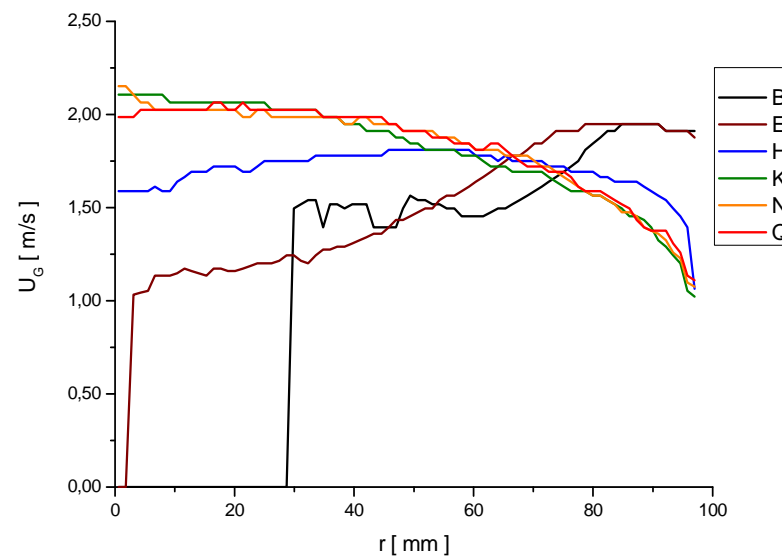
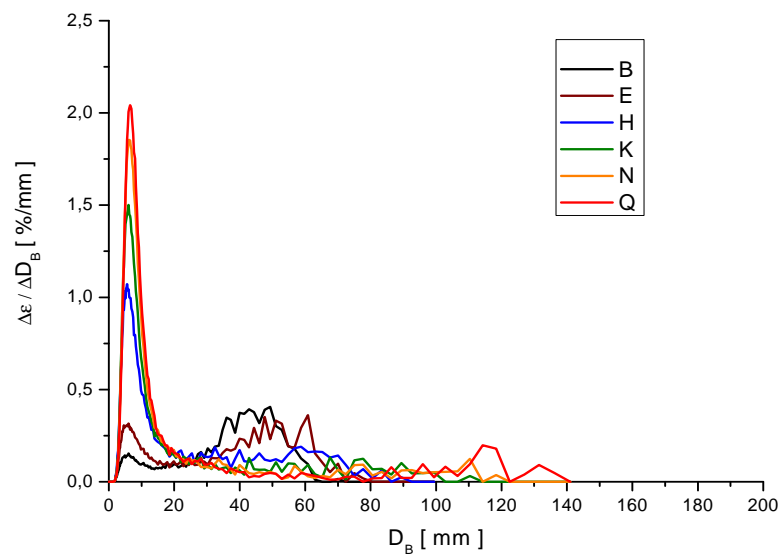
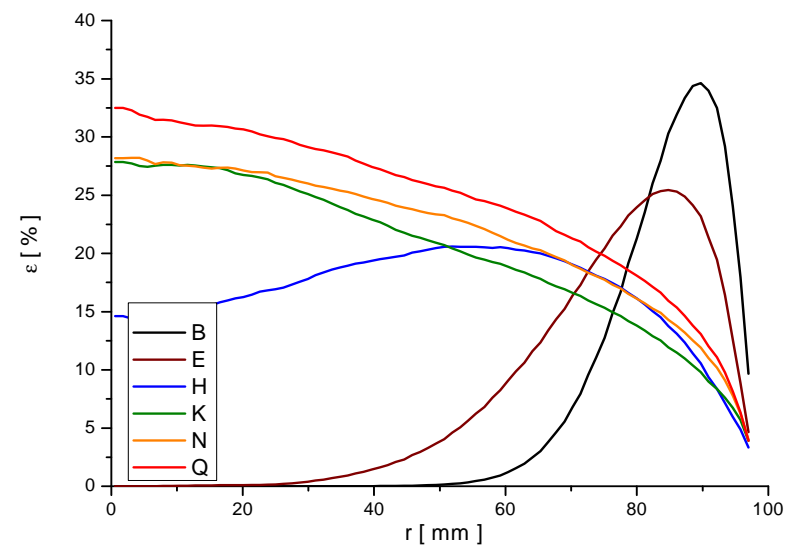
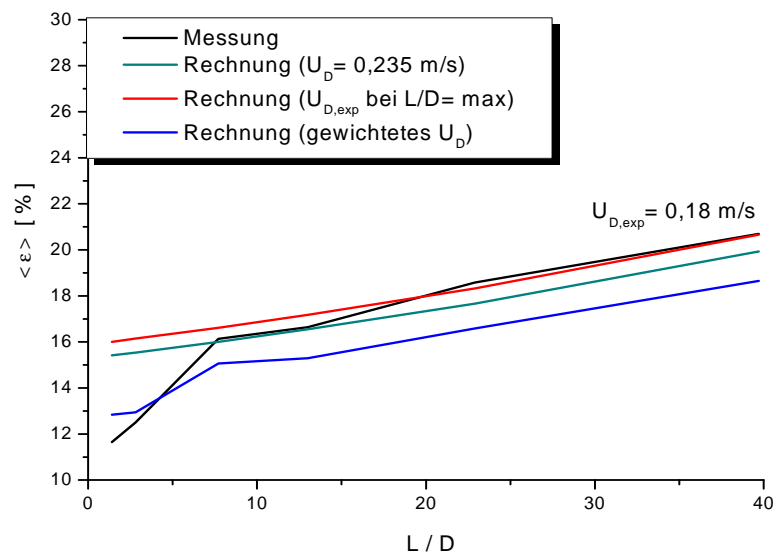
Pkt.117 ( $J_L = 0,641 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



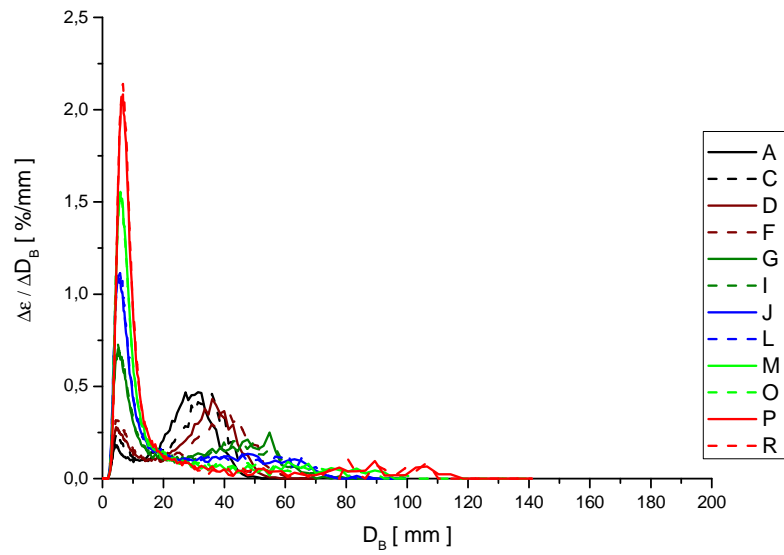
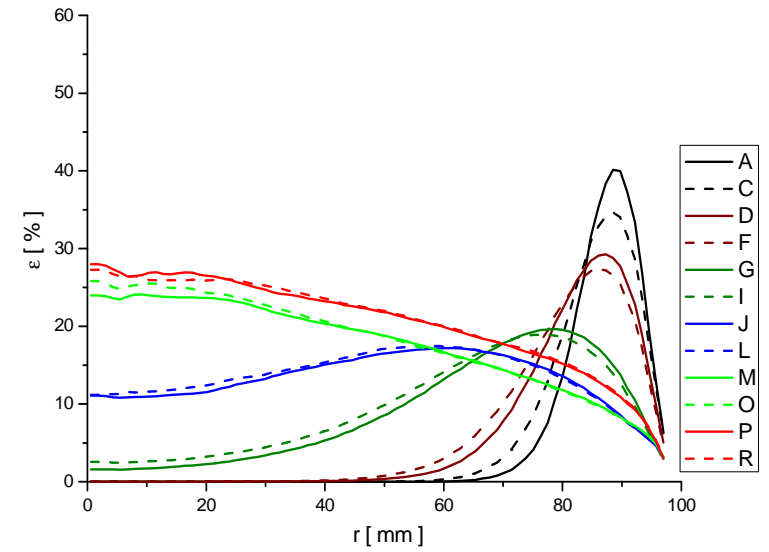
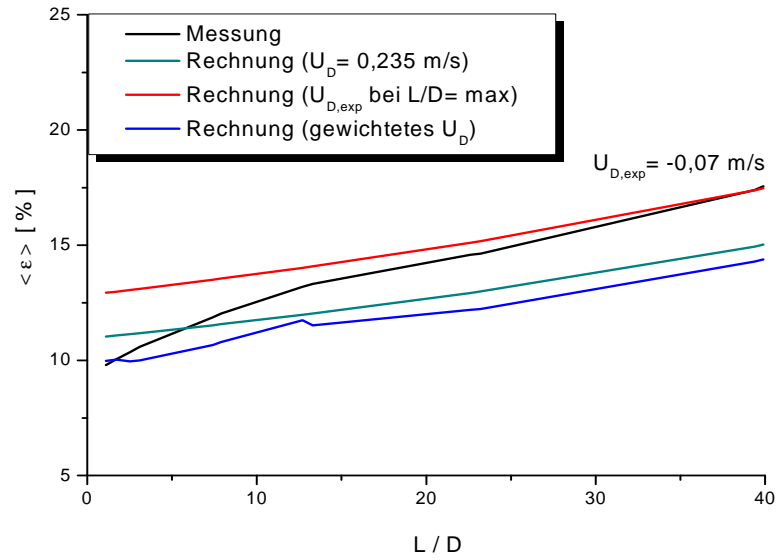
Pkt. 118 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



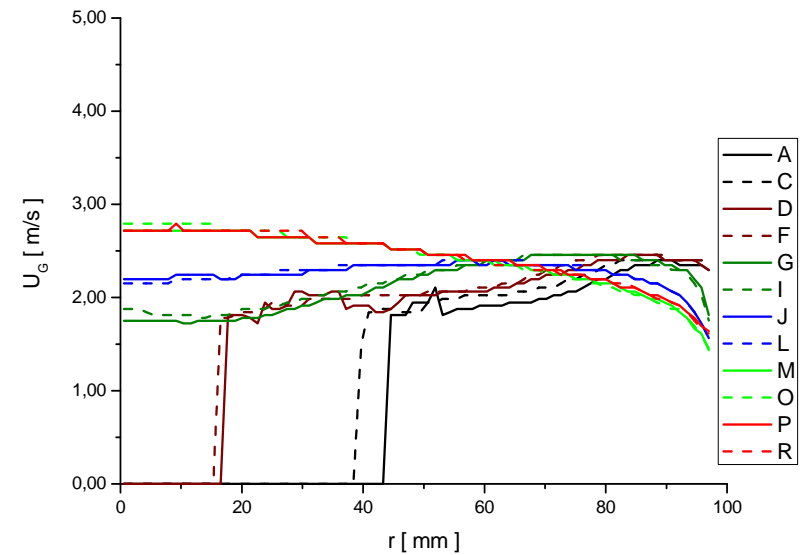
Pkt.118 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



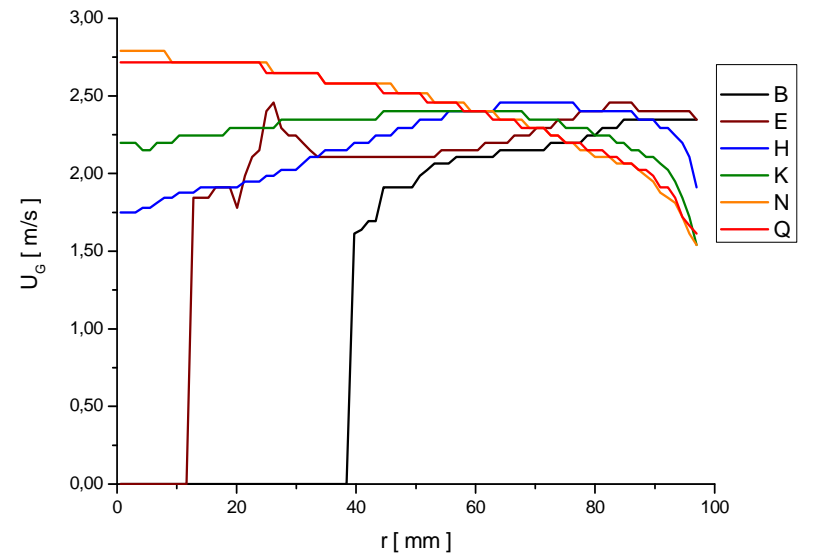
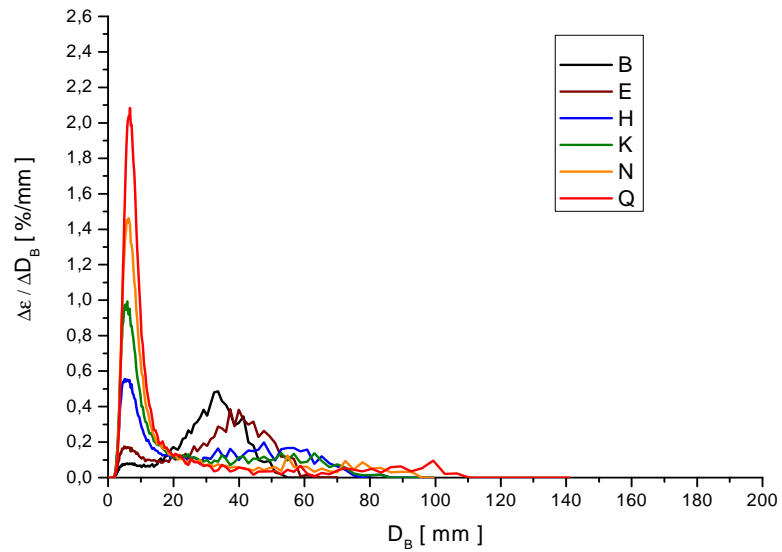
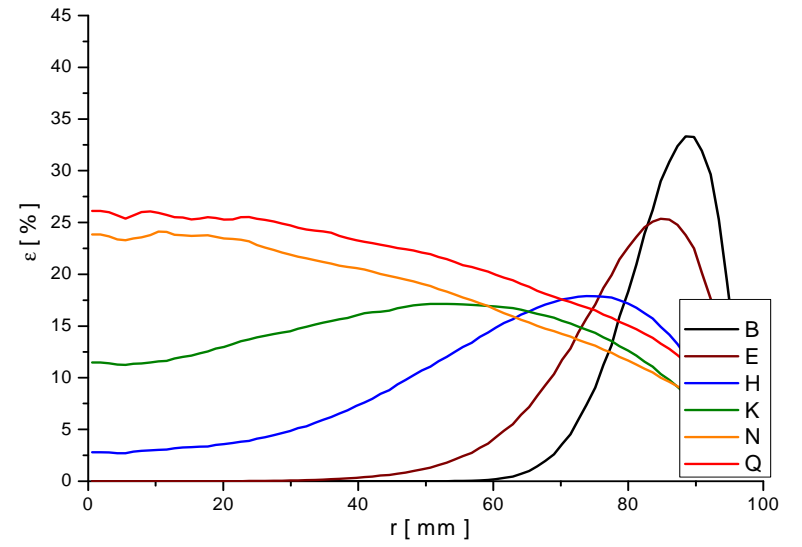
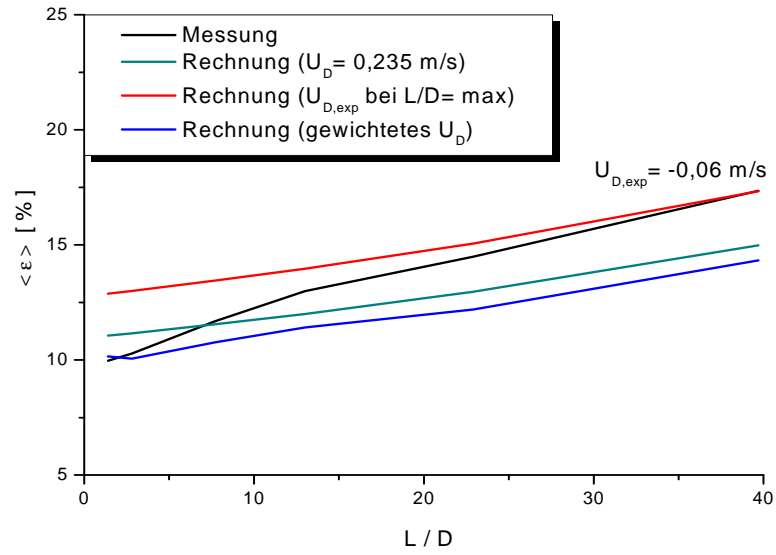
Pkt. 119 ( $J_L = 1,611$  m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 1$  mm)



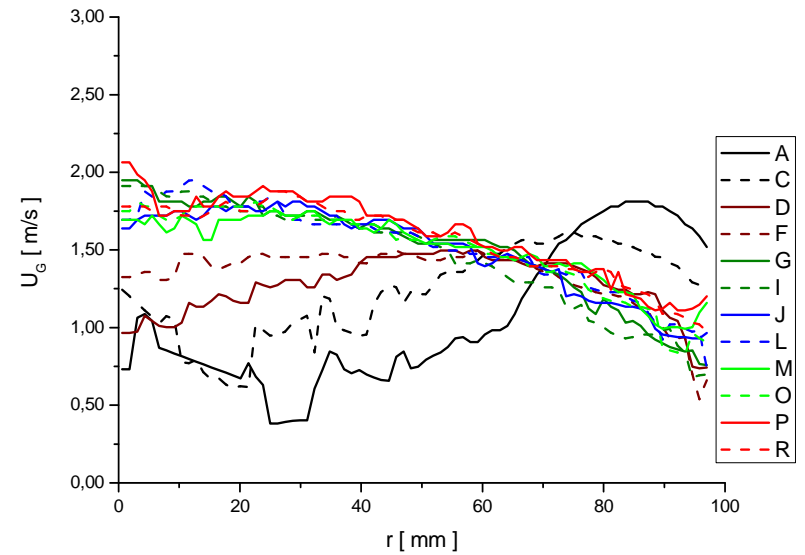
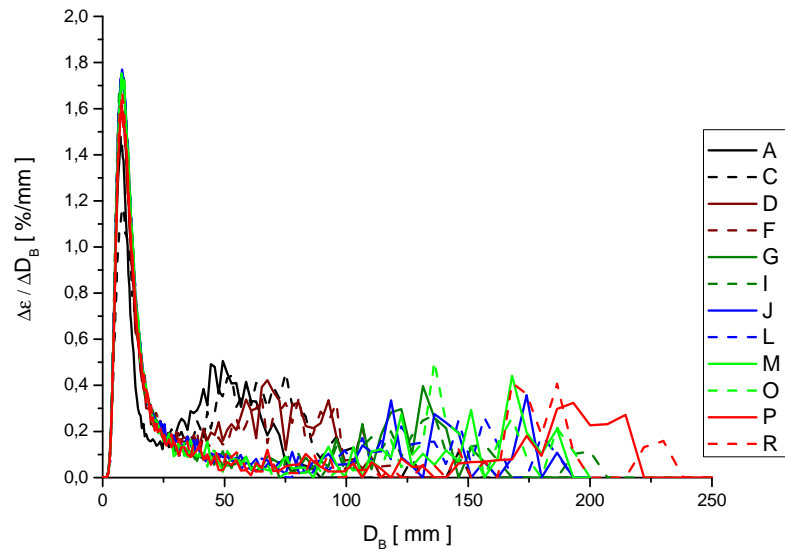
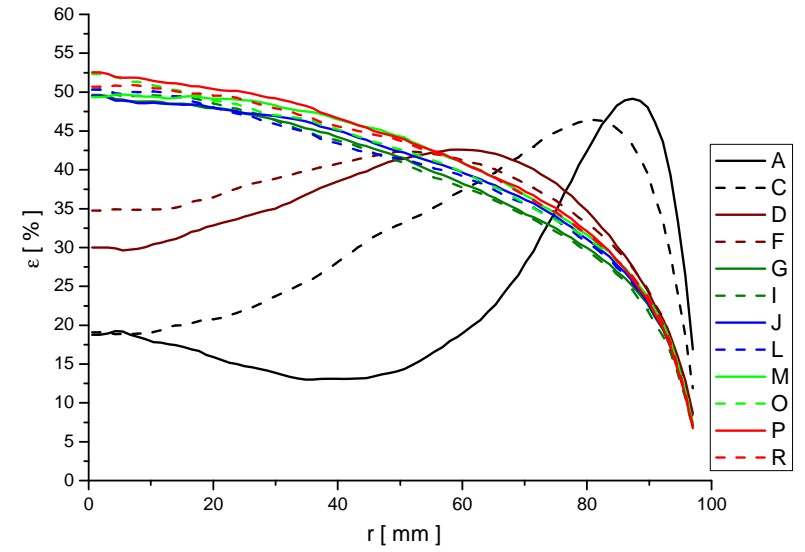
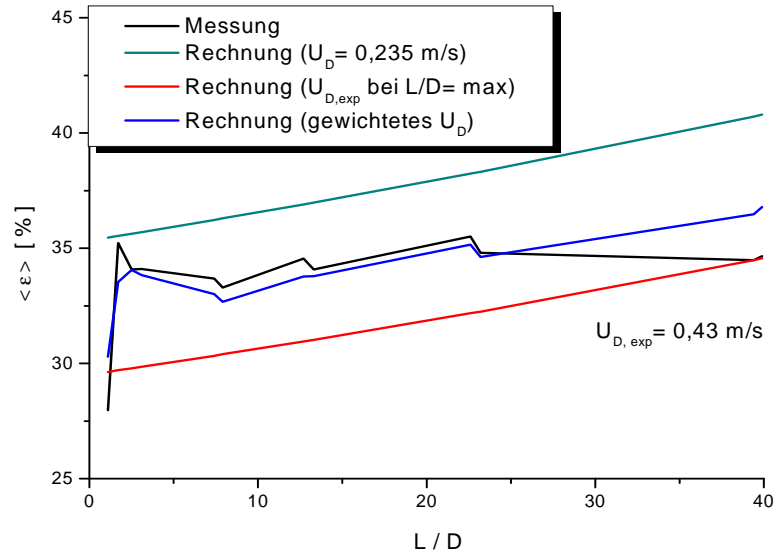
Pkt.119  
( $J_L =$



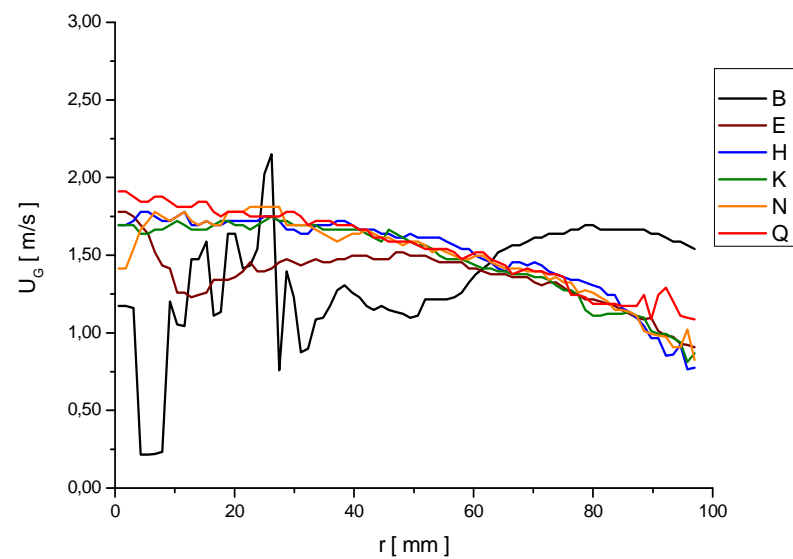
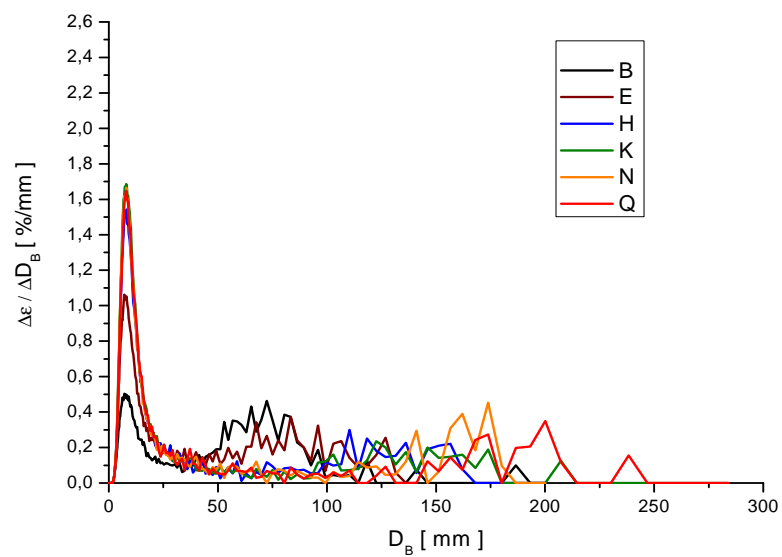
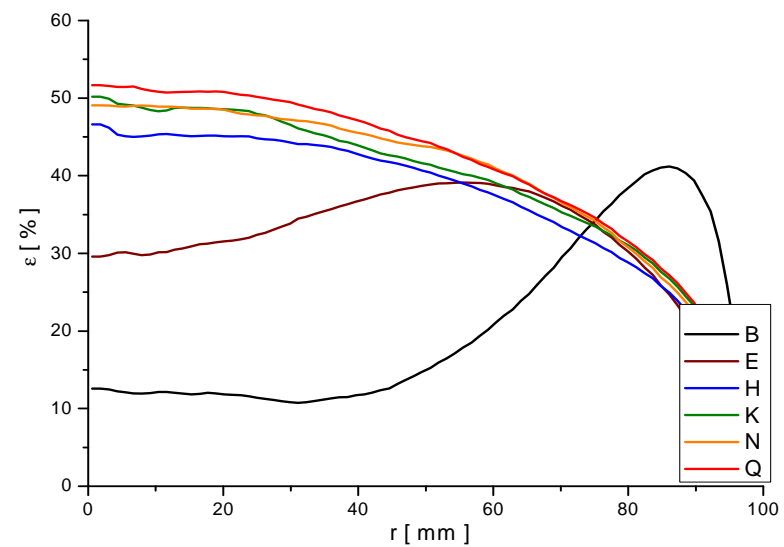
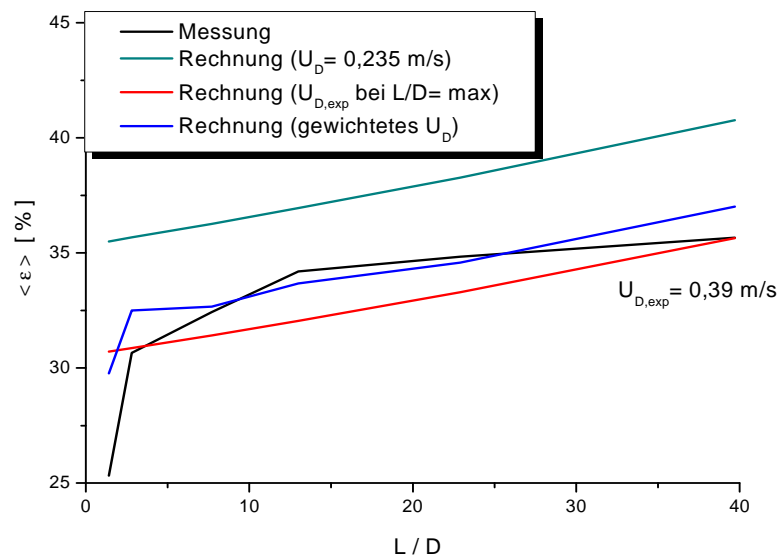
1,611 m/s;  $J_G = 0,219$  m/s;  $D_{\text{Öffnung}} = 4$  mm)



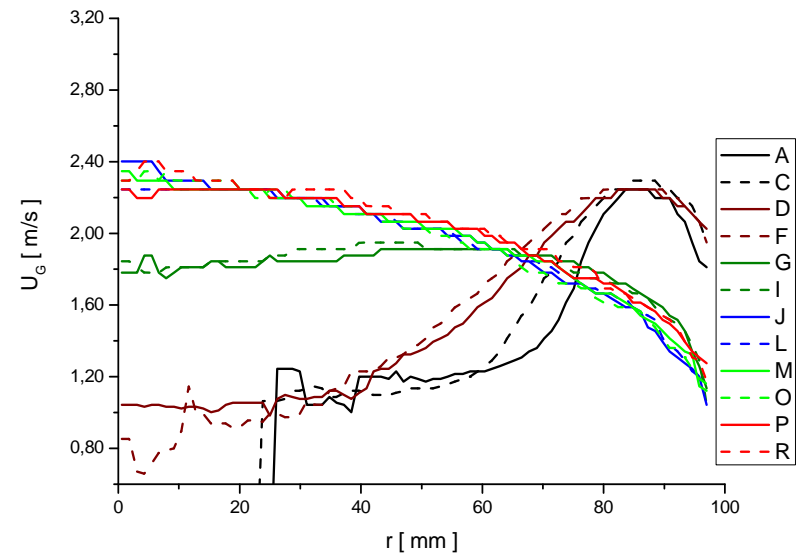
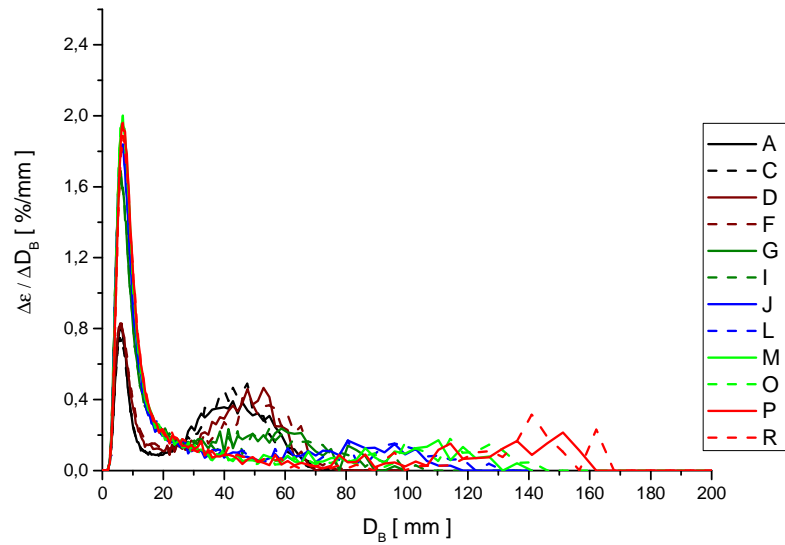
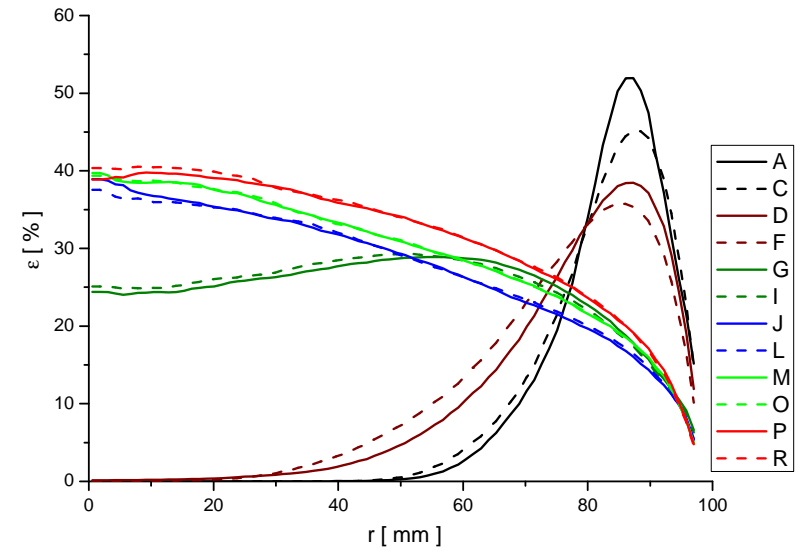
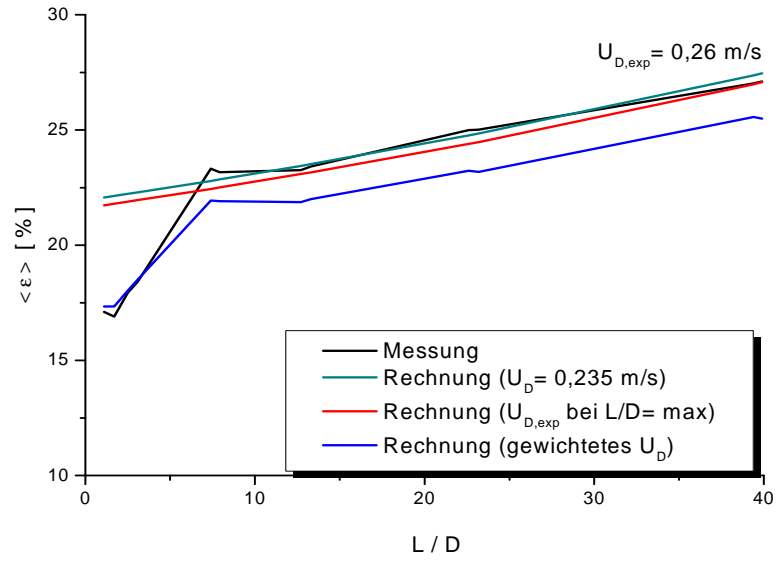
Pkt. 127 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,342 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.127 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,342 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

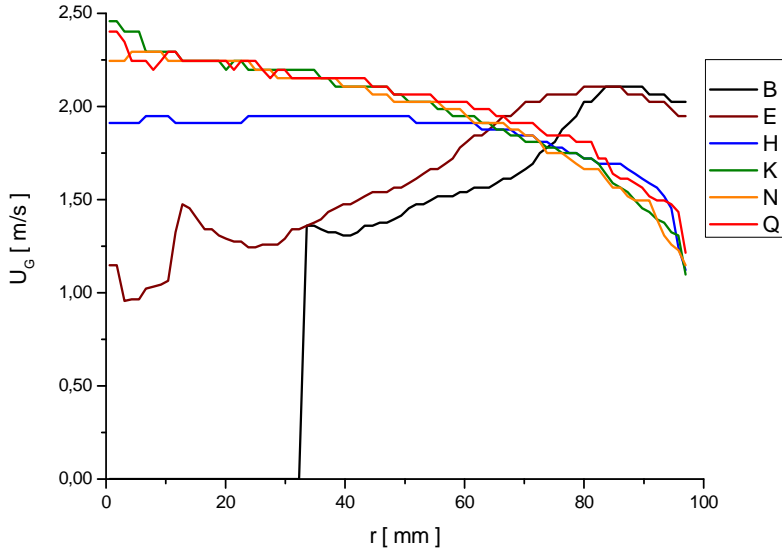
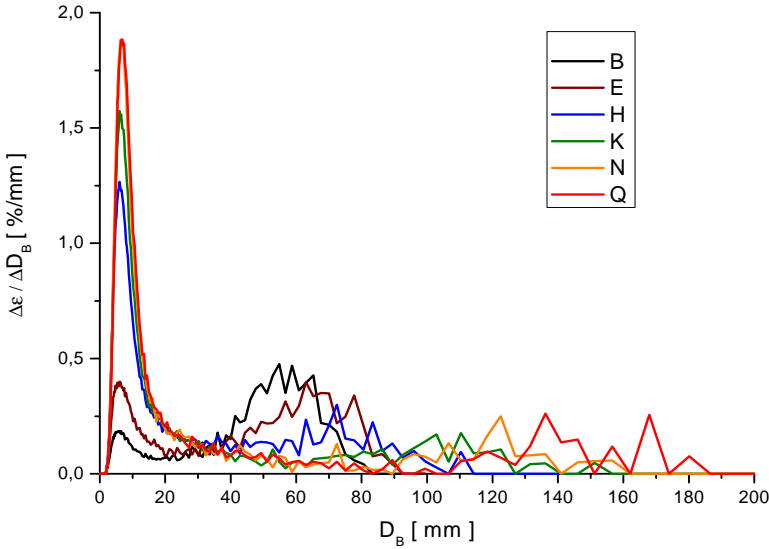
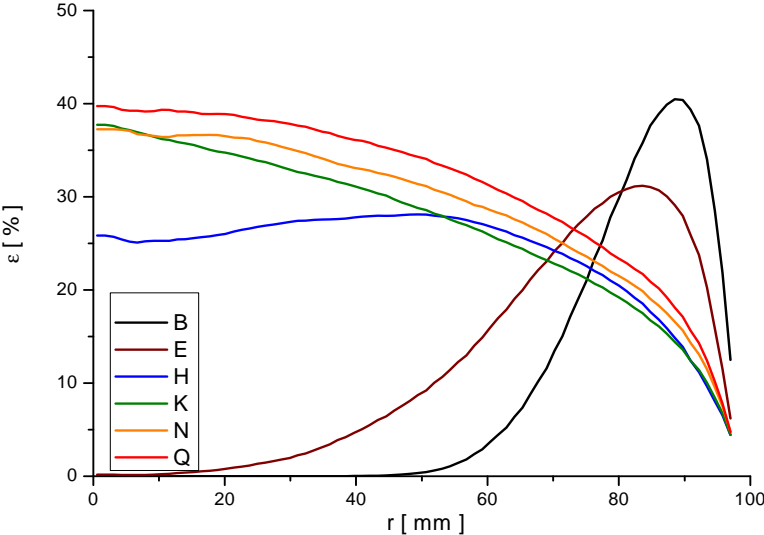
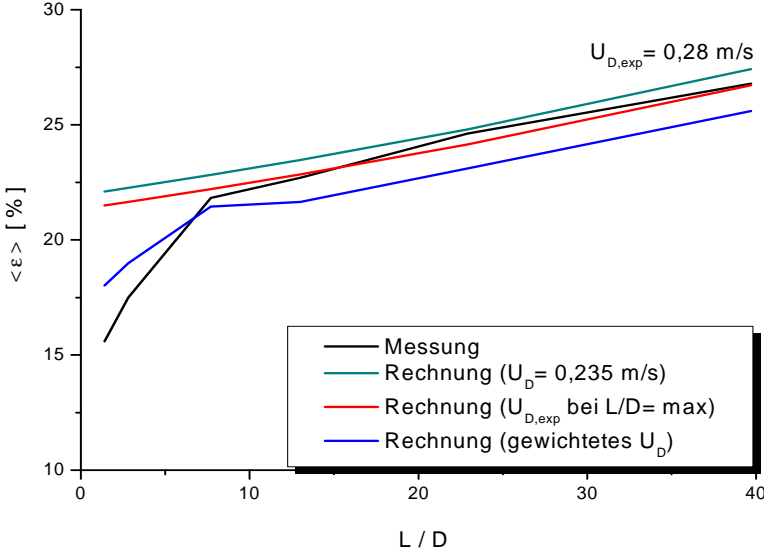


Pkt. 129 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,342 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

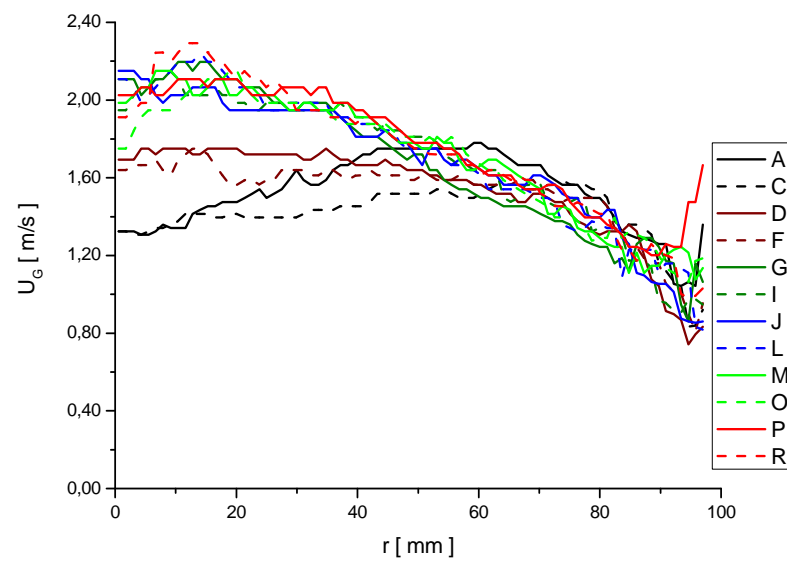
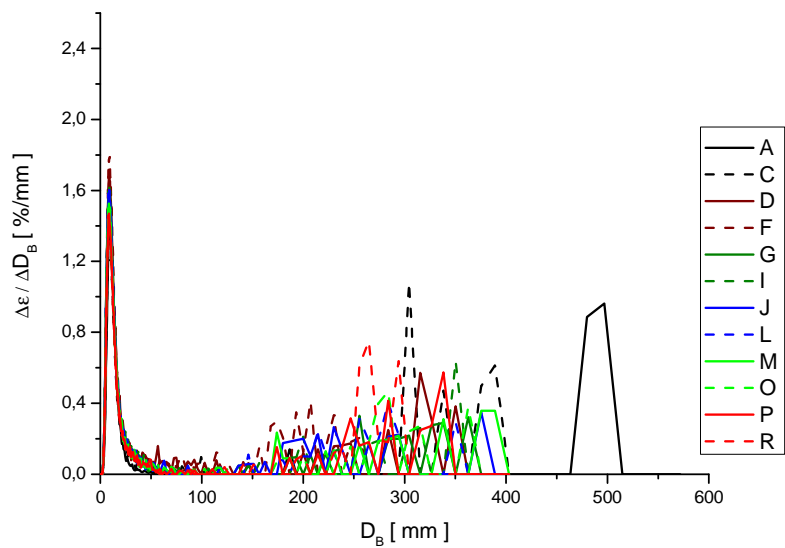
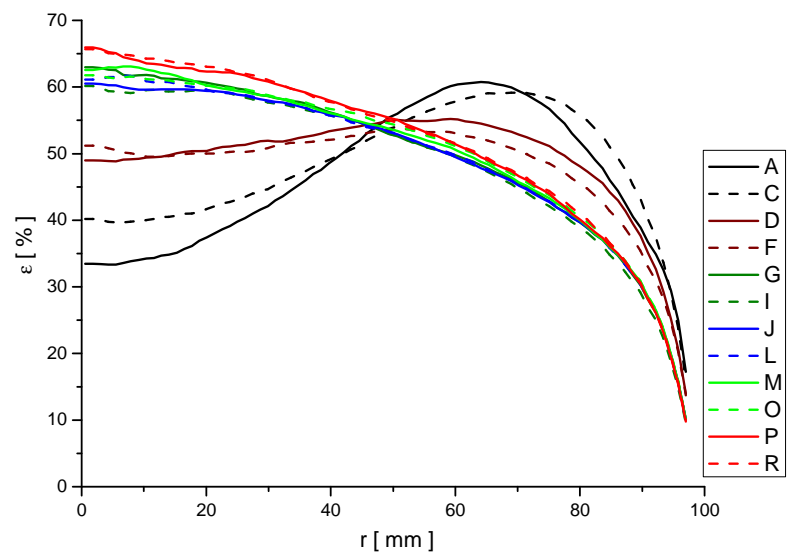
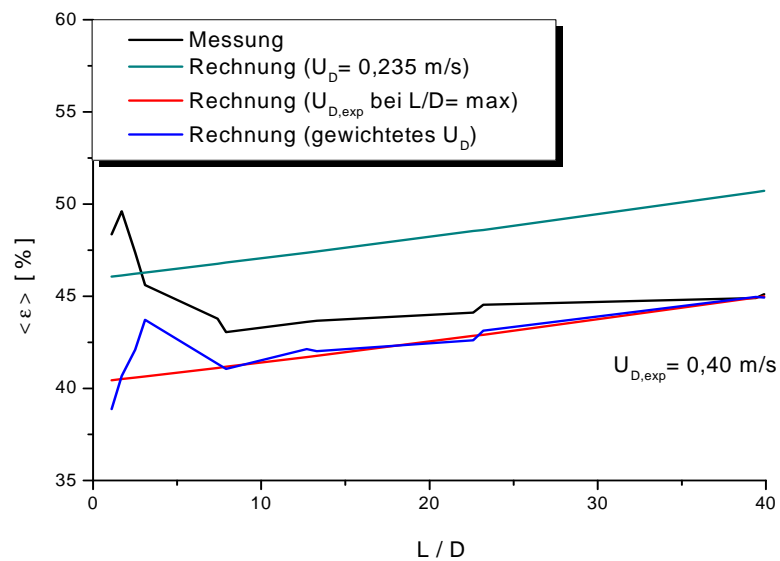




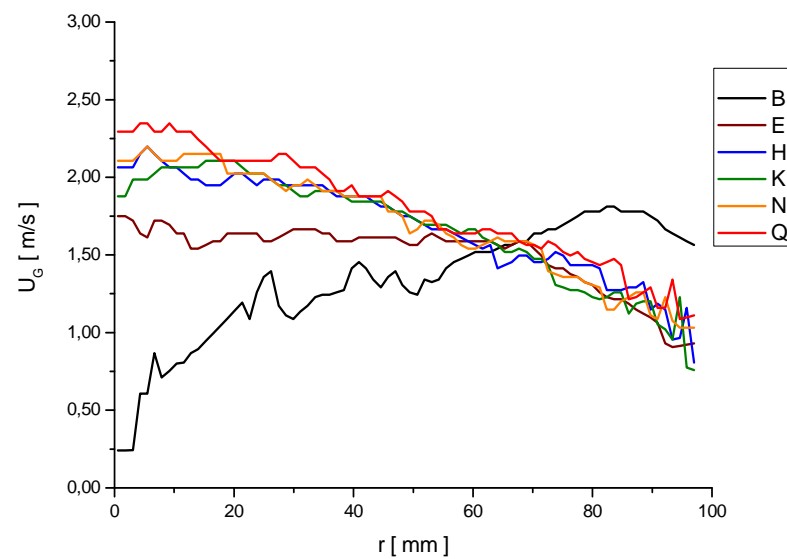
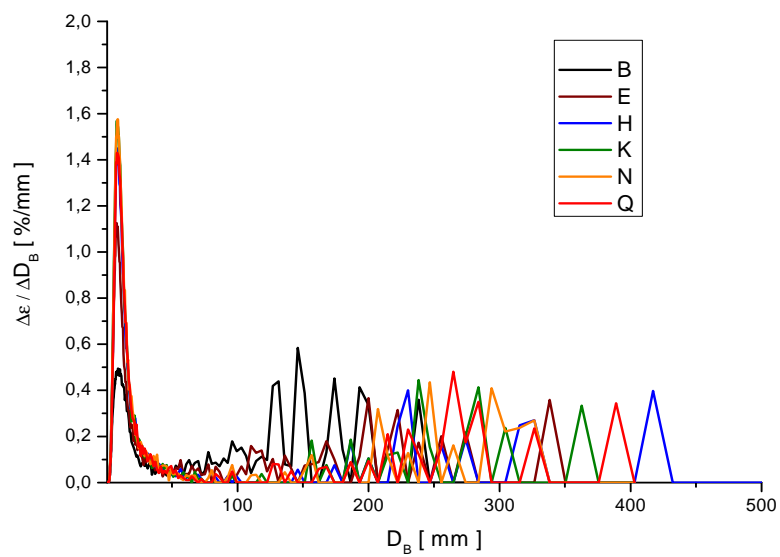
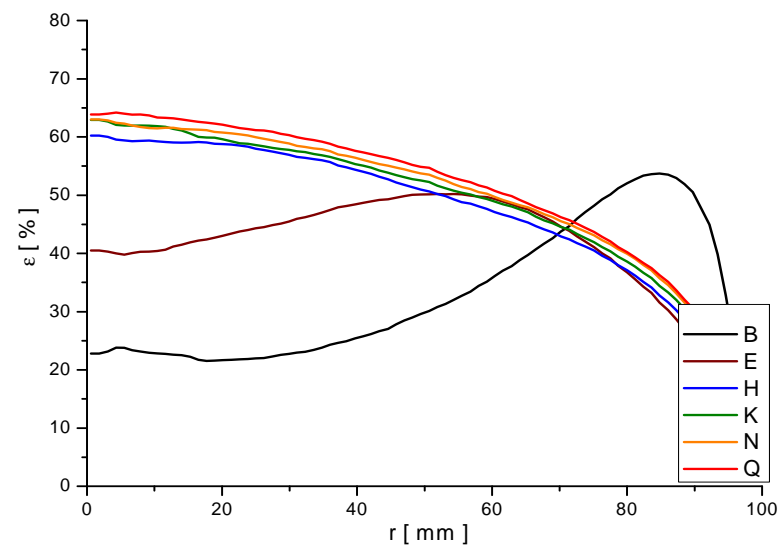
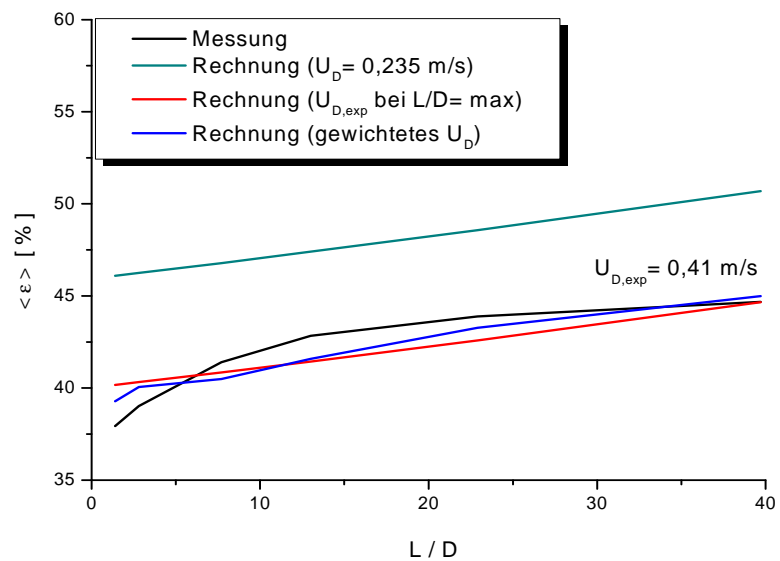
Pkt.129 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,342 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



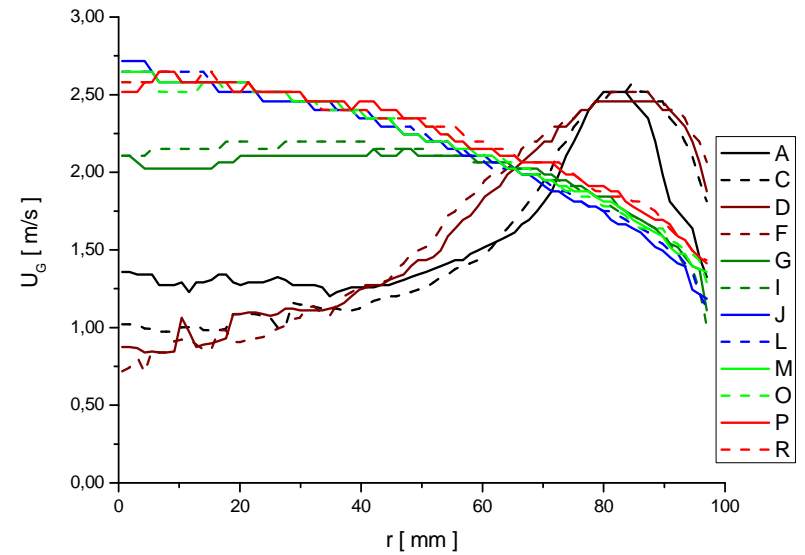
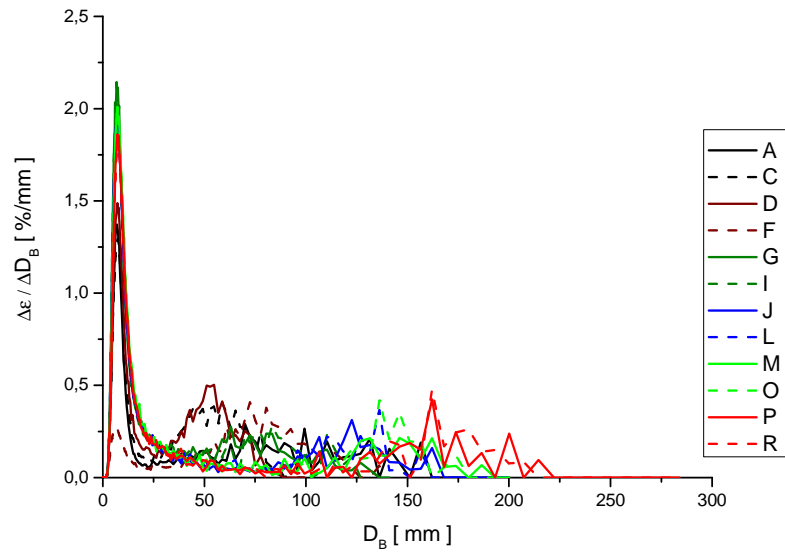
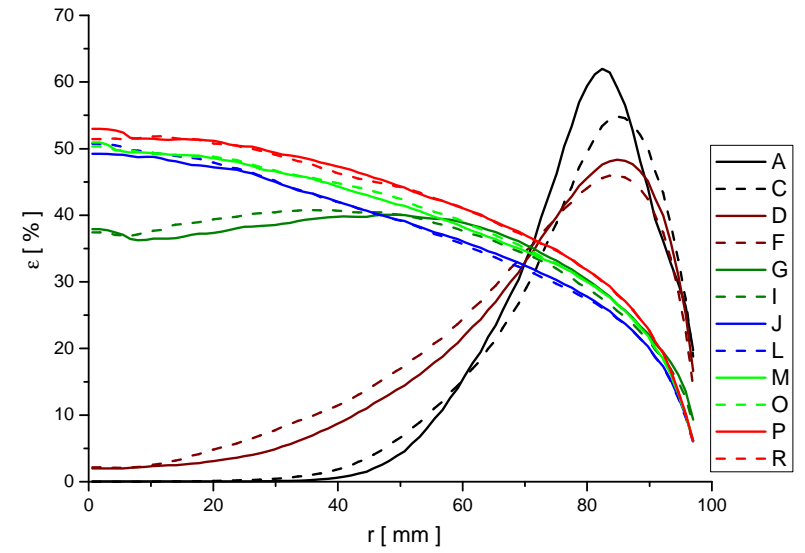
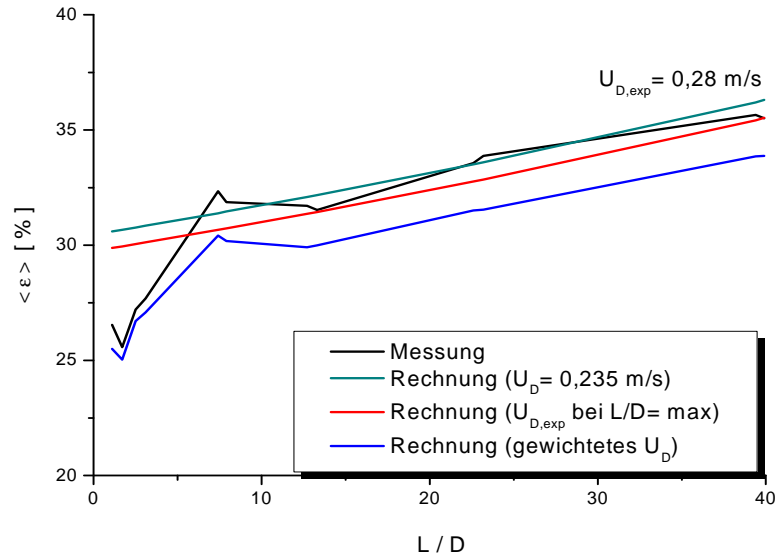
Pkt. 138 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,534 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



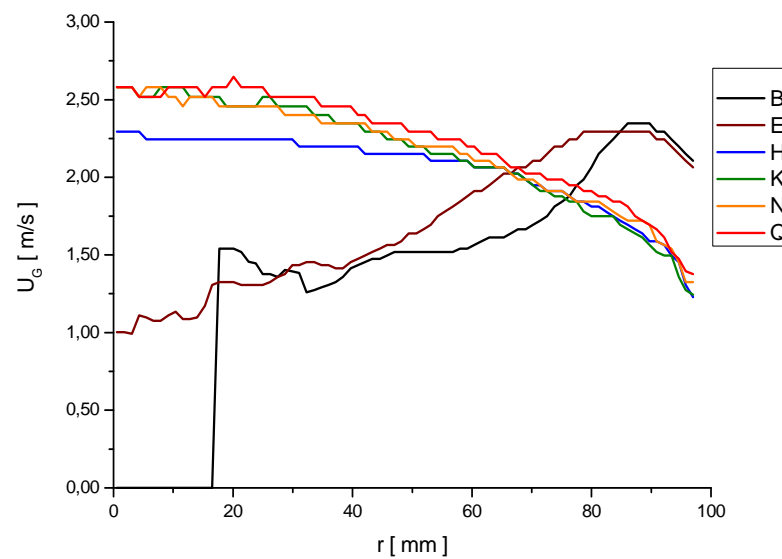
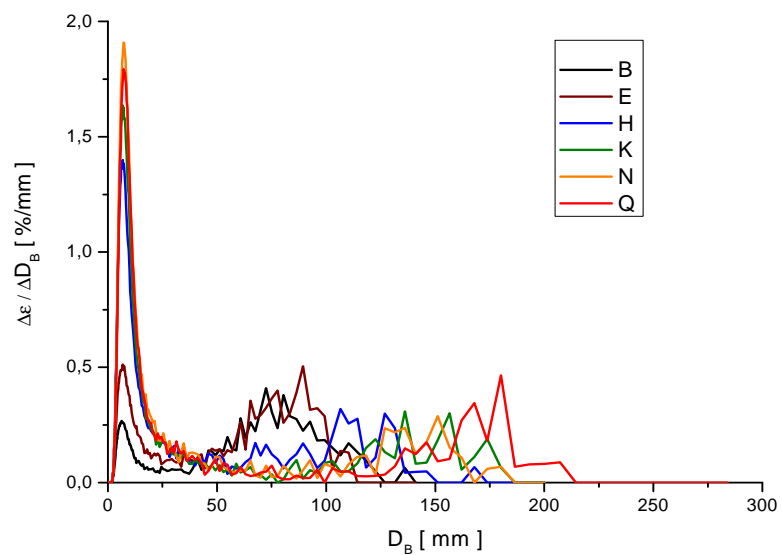
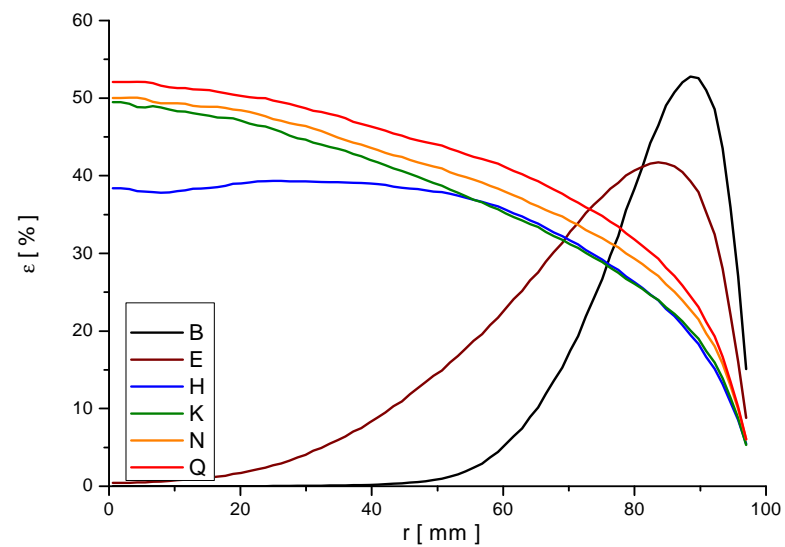
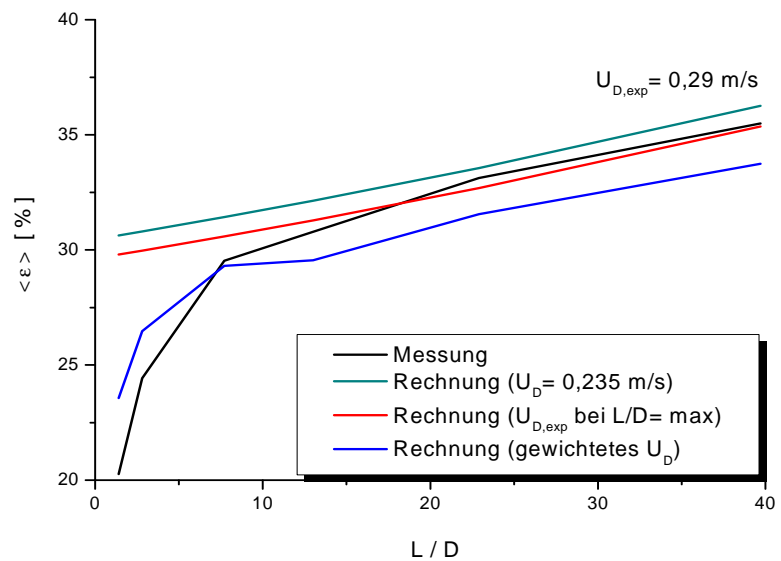
Pkt.138 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,534 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



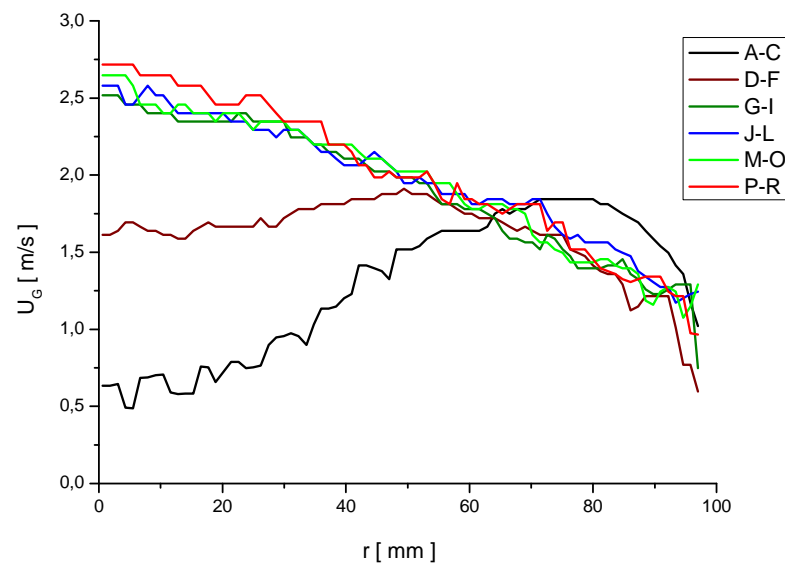
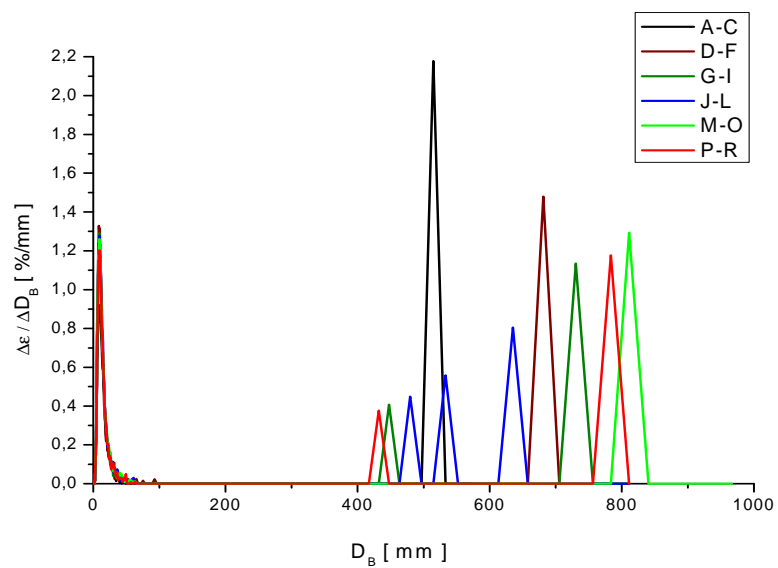
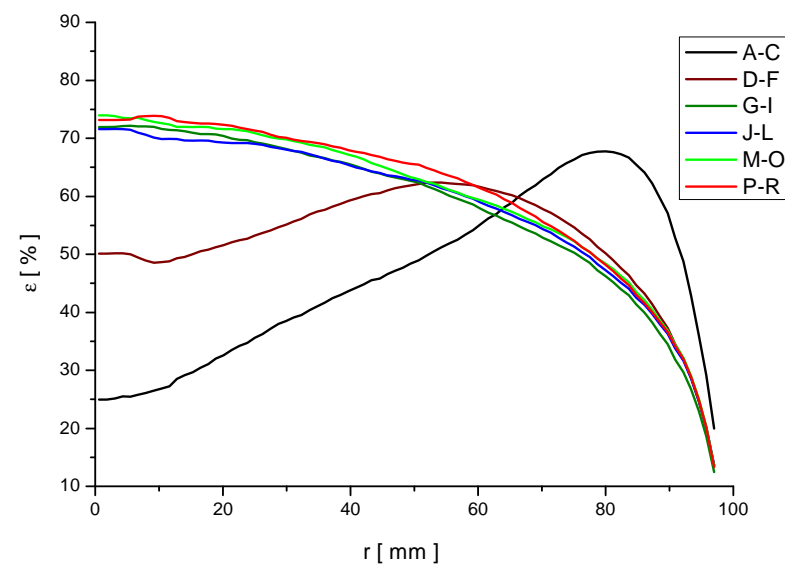
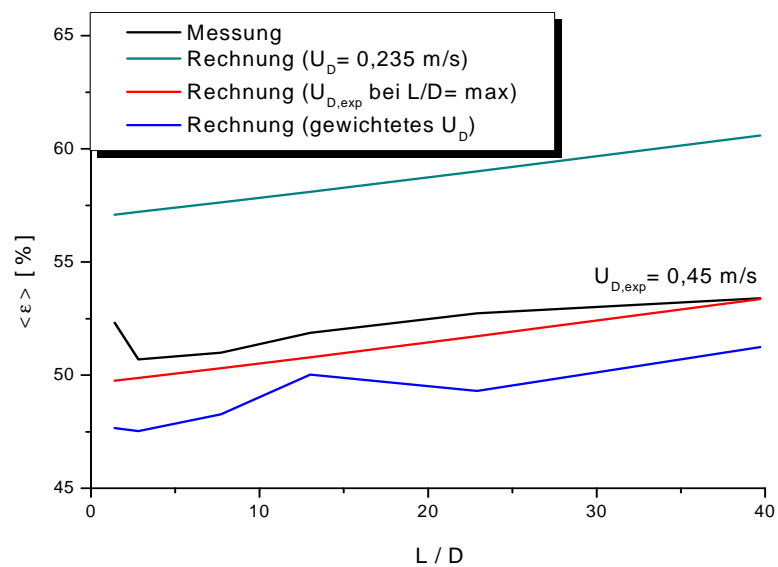
Pkt. 140 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,534 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



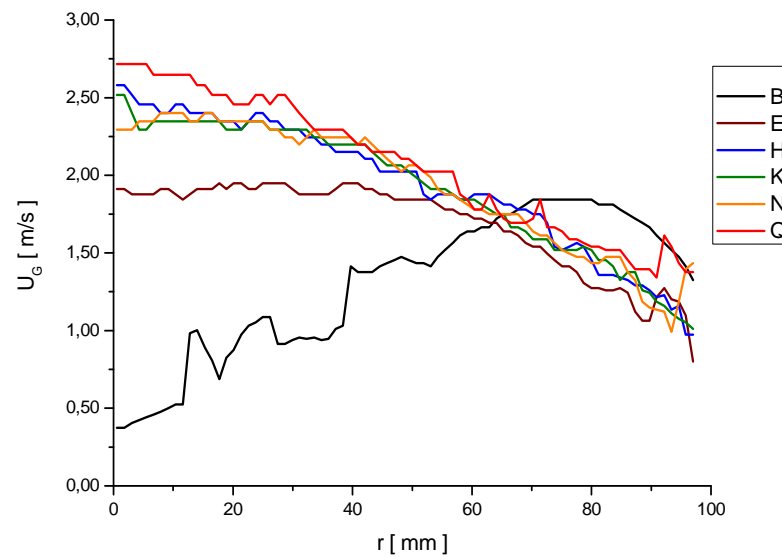
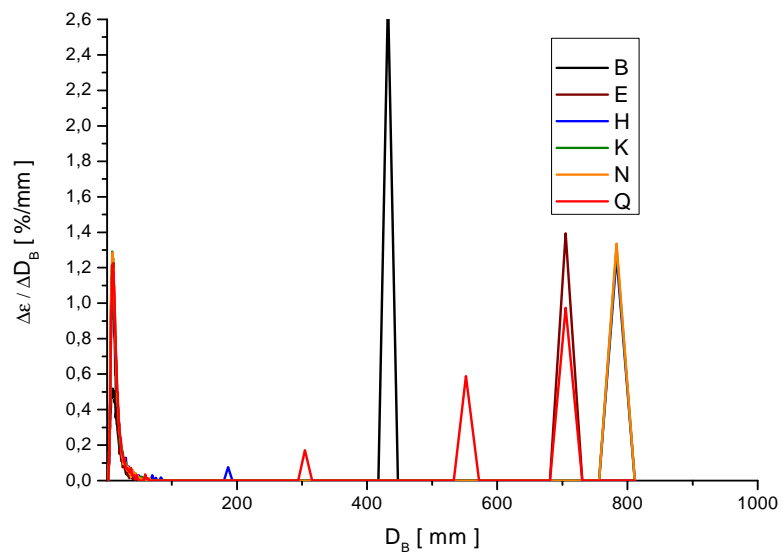
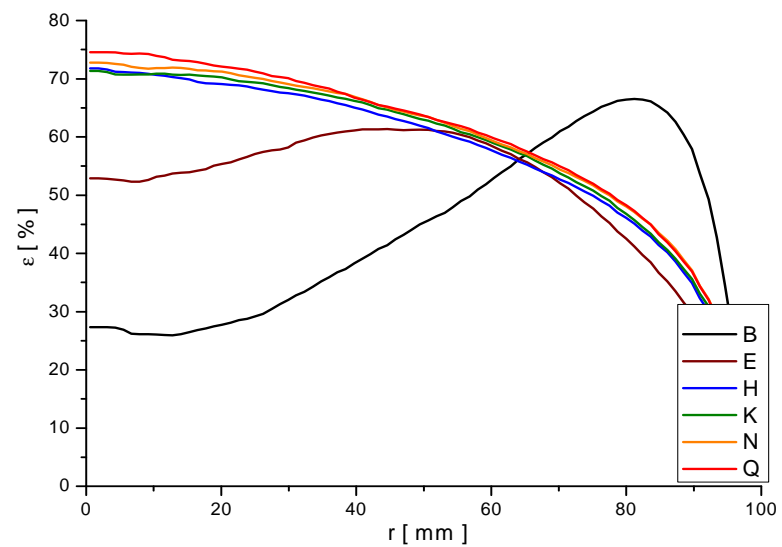
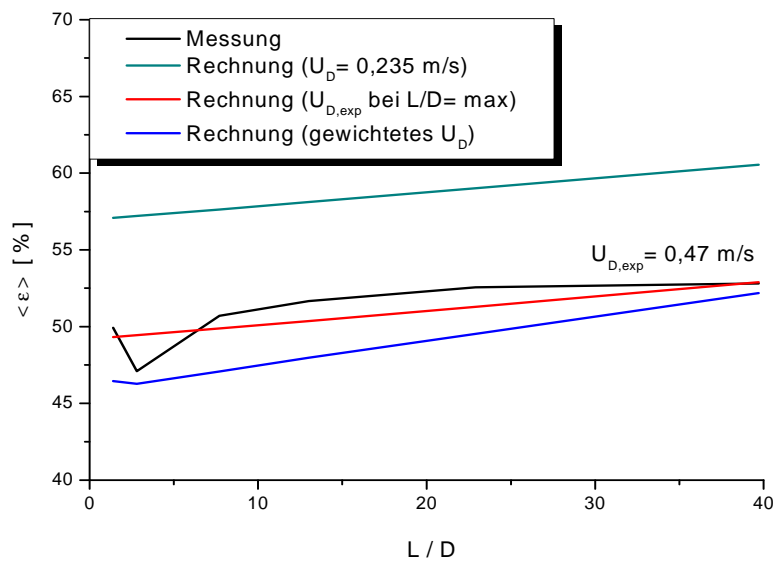
Pkt.140 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,534 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



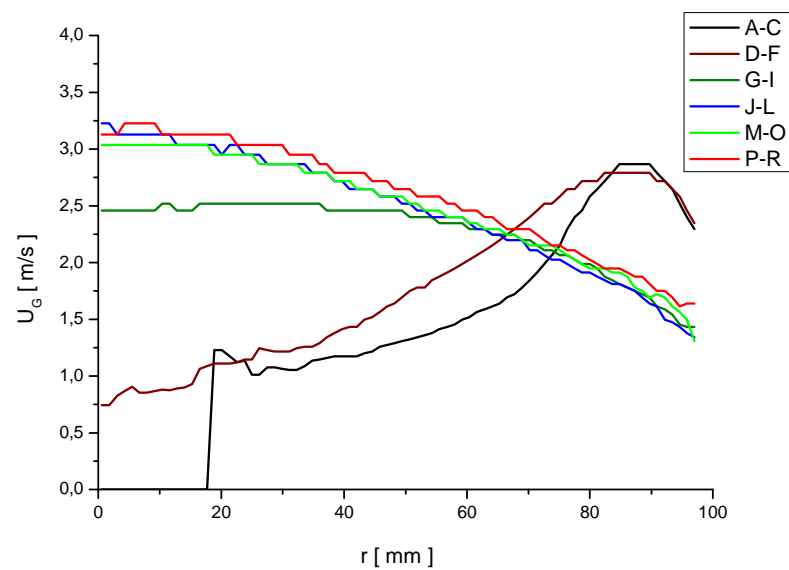
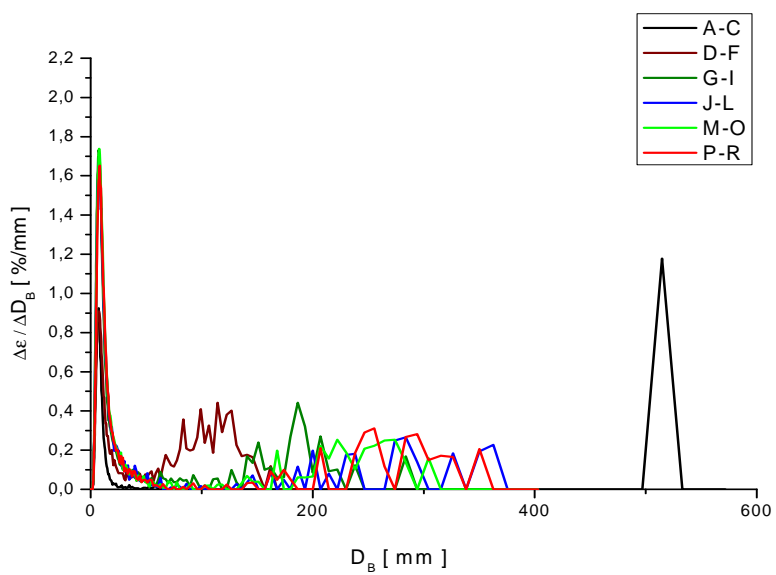
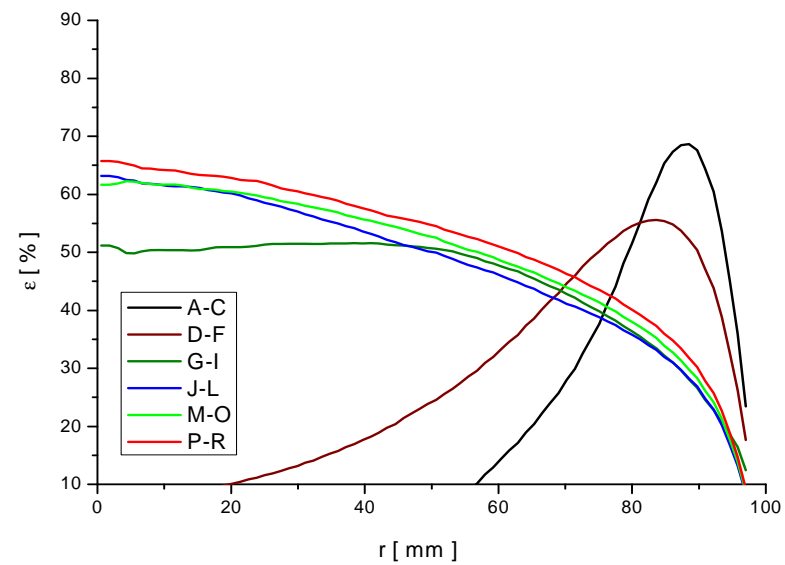
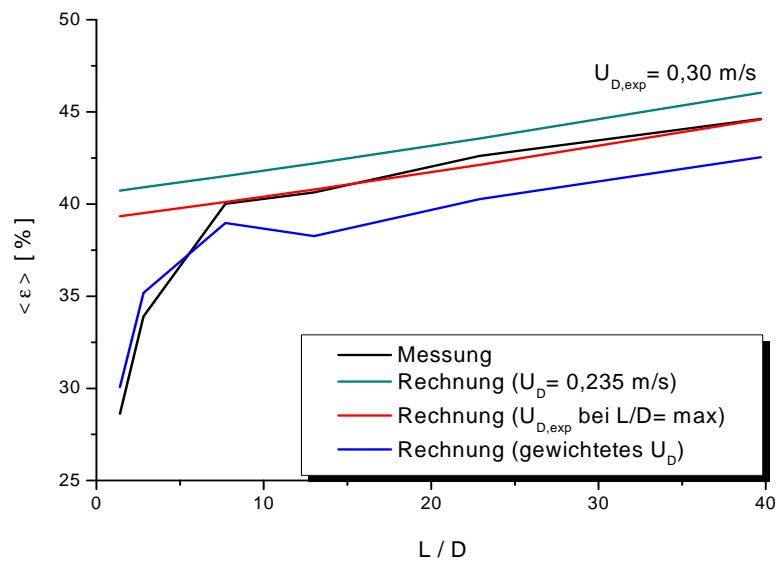
Pkt. 149 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,835 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



Pkt.149 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,835 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

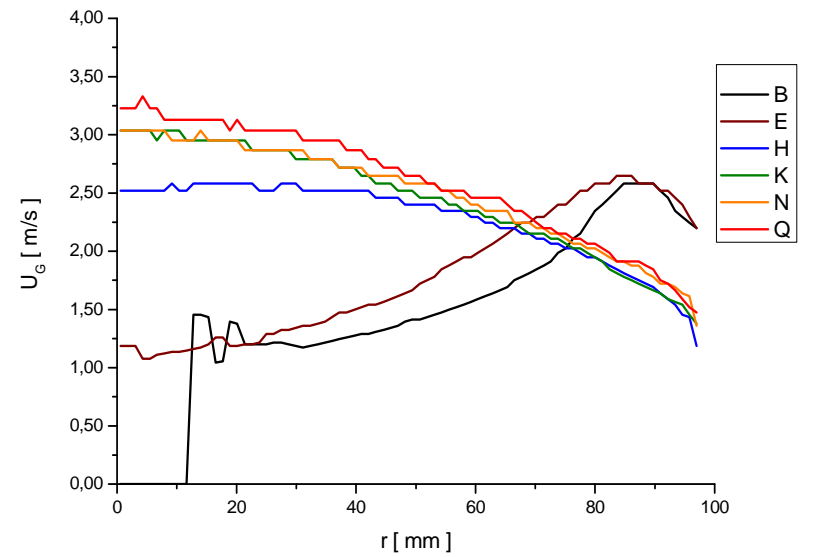
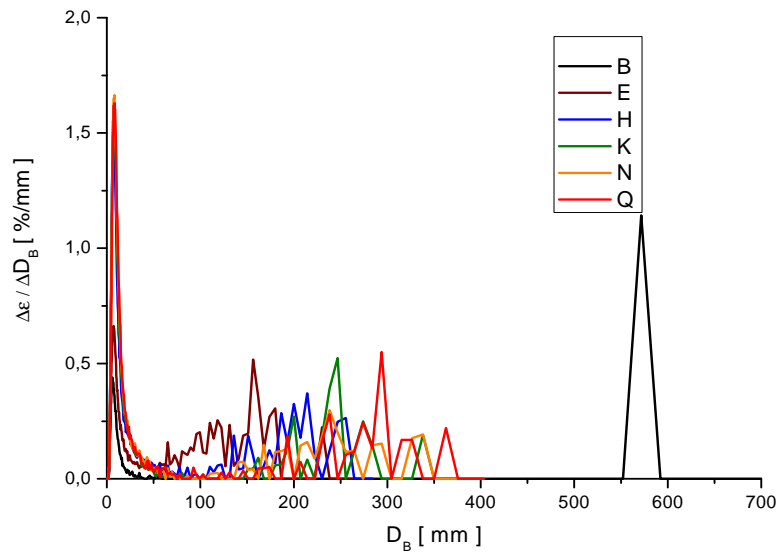
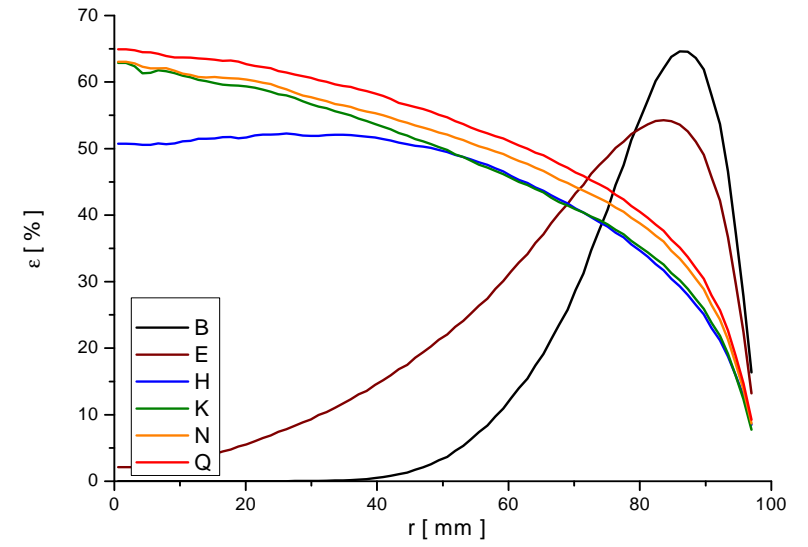
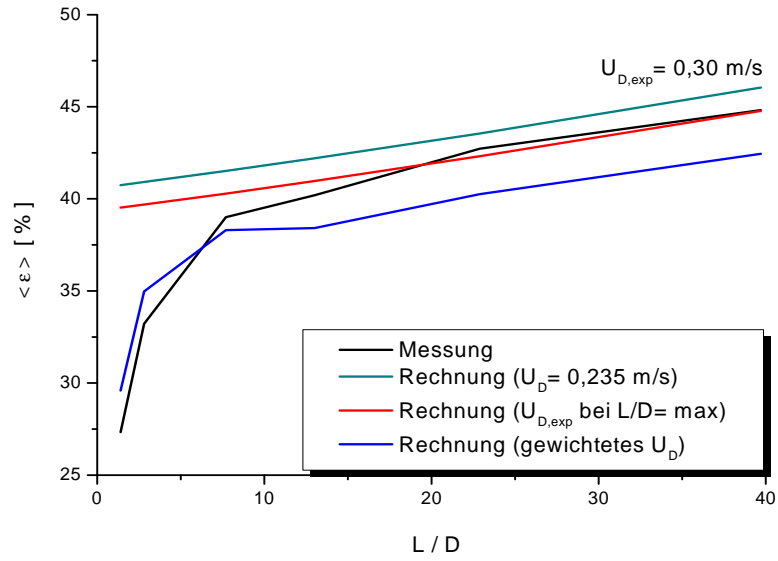


Pkt. 151 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,835 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )

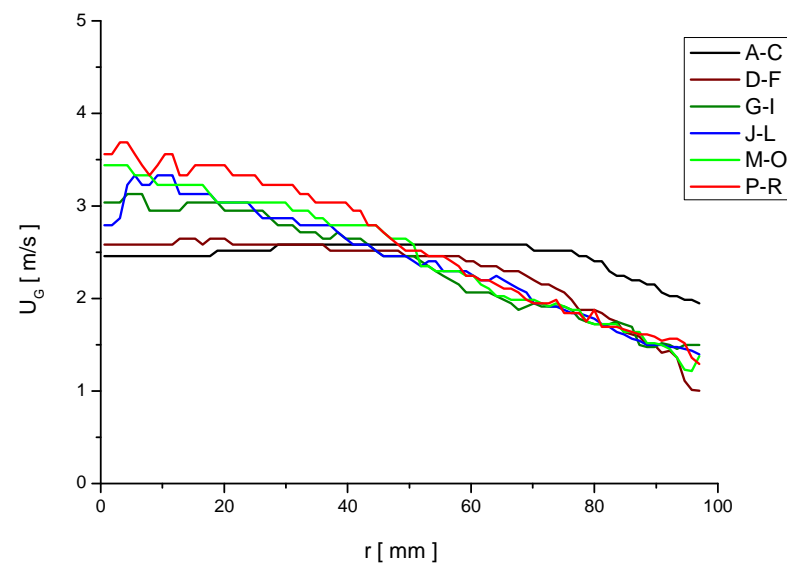
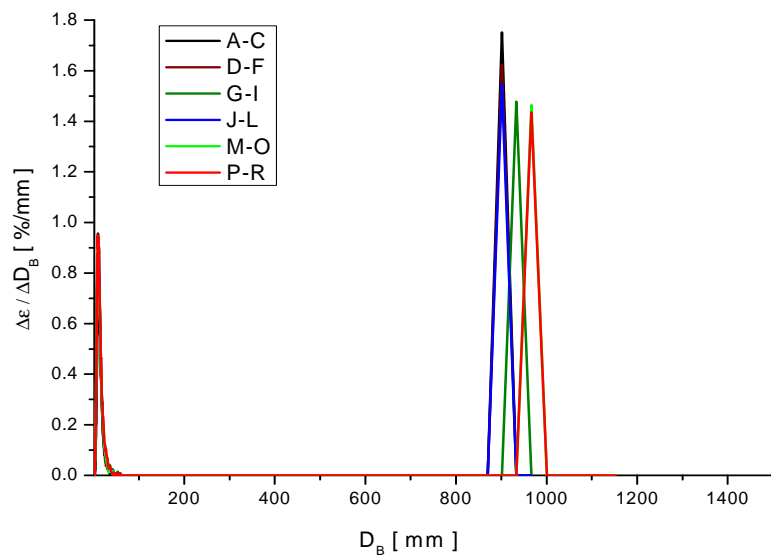
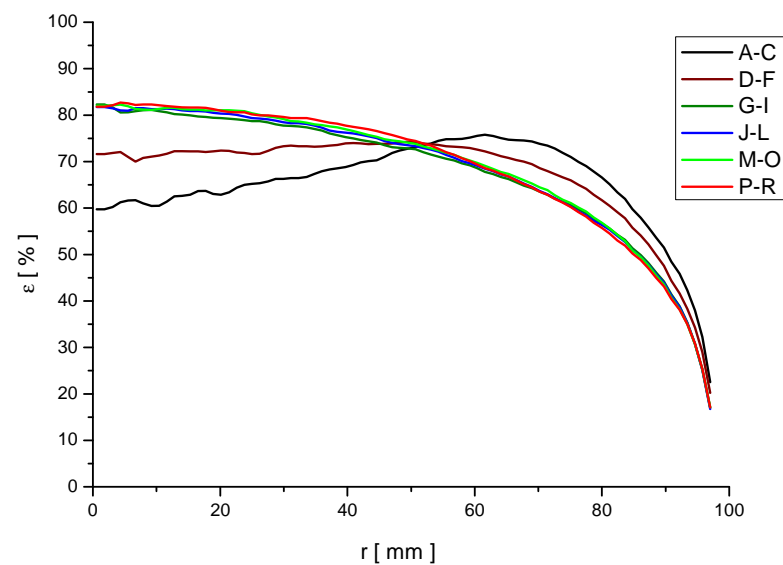
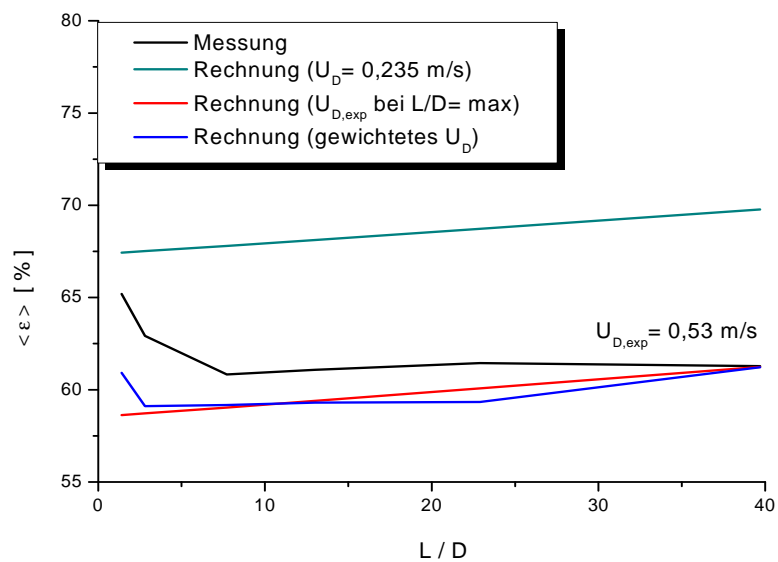




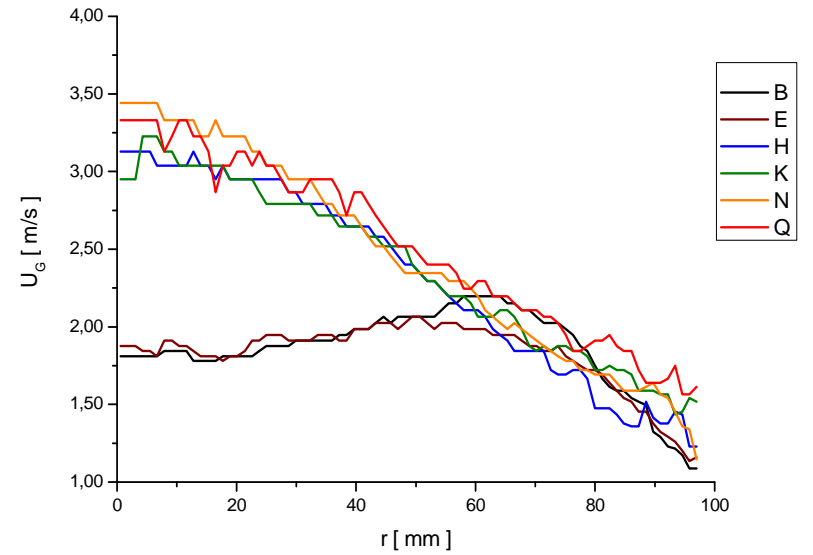
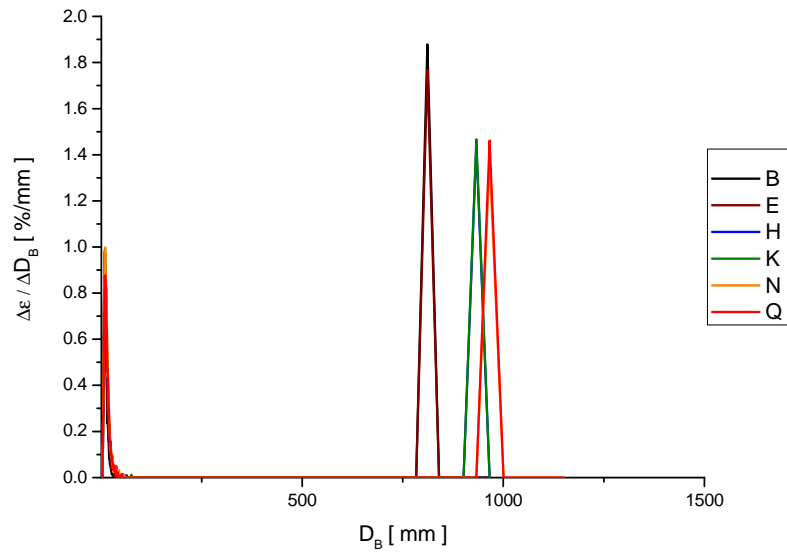
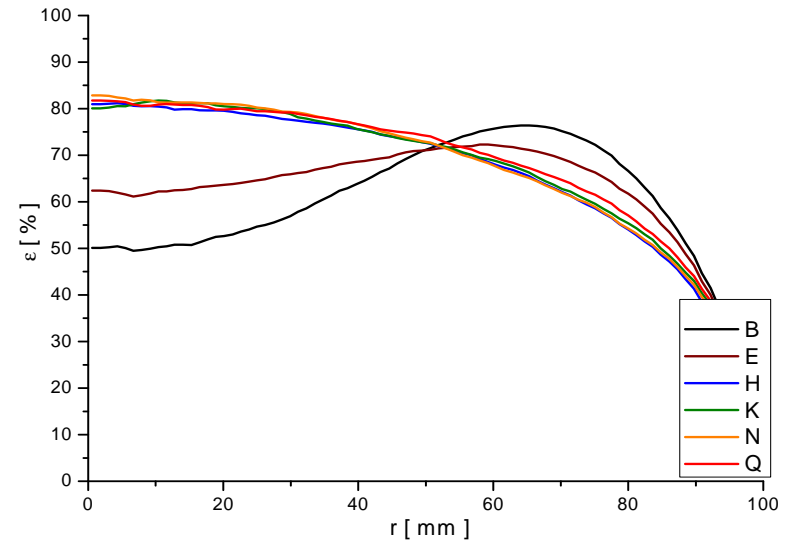
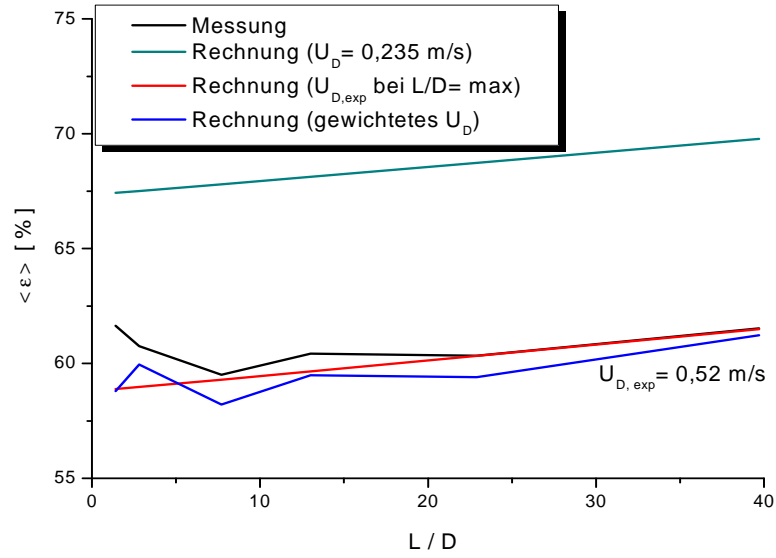
Pkt.151 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 0,835 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



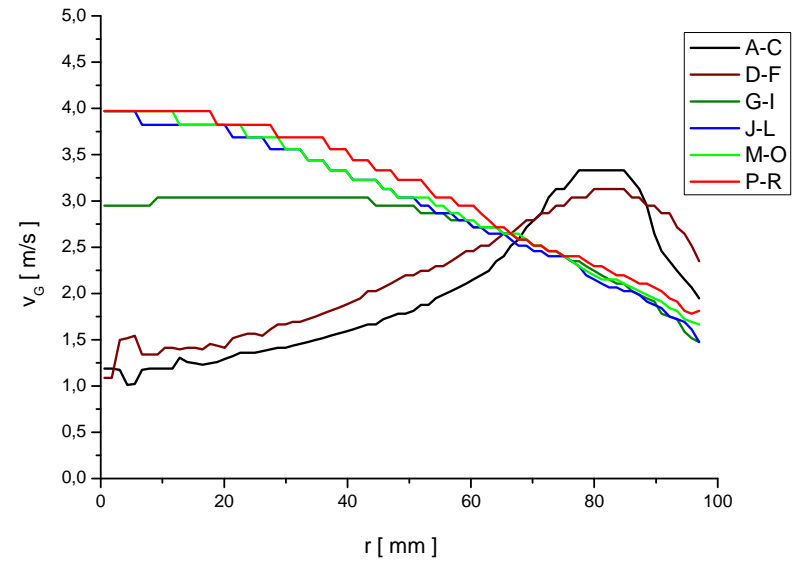
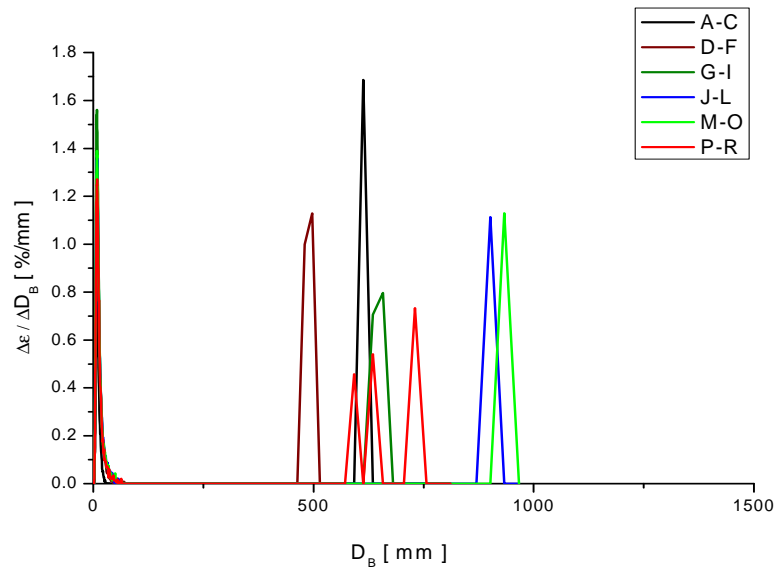
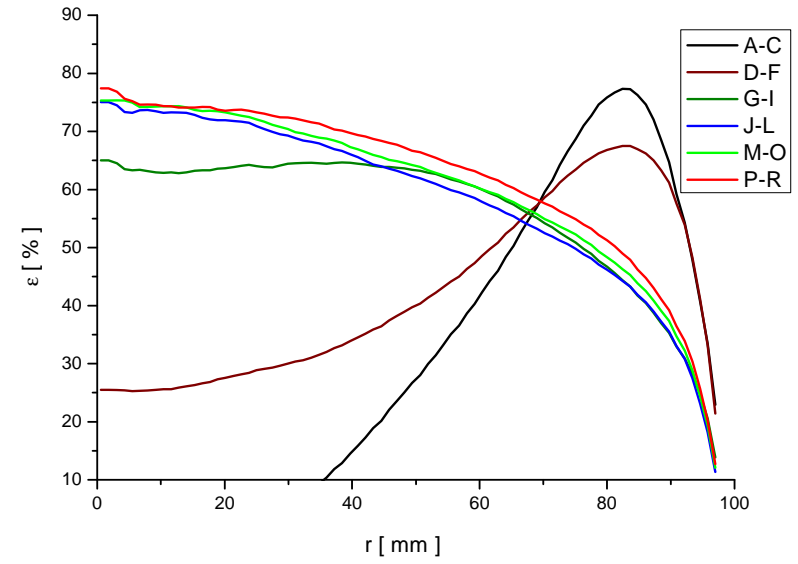
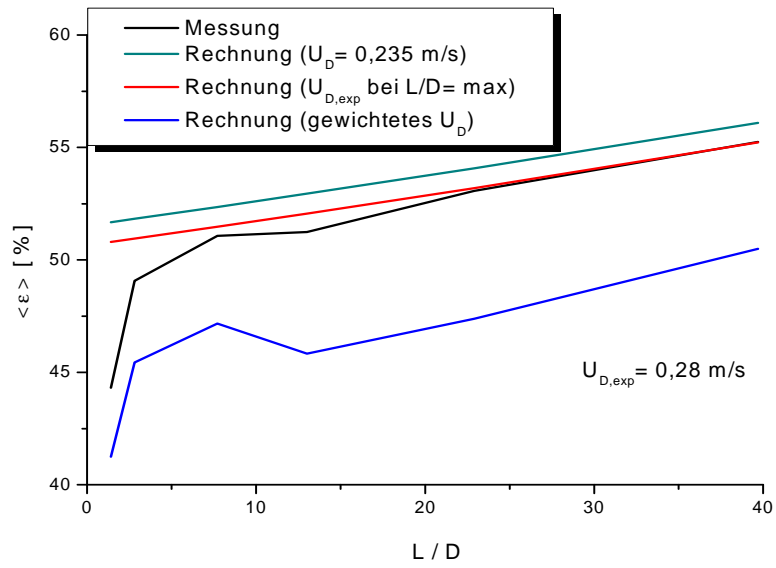
Pkt. 160 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 1,305 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



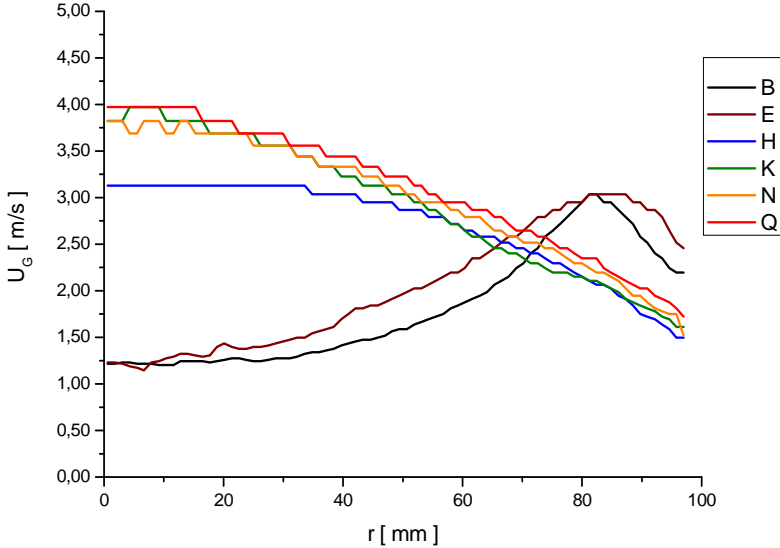
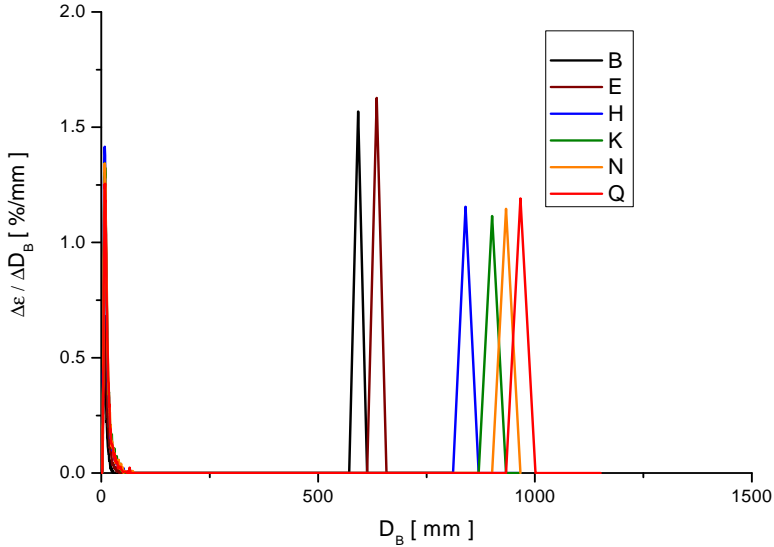
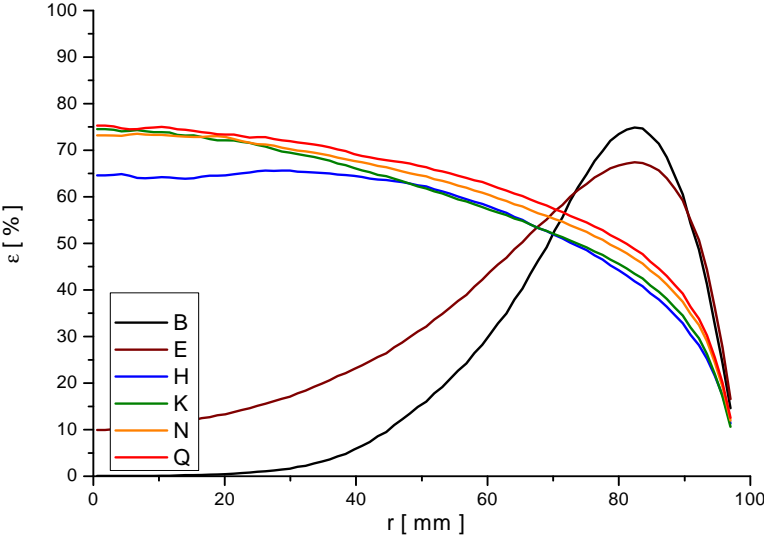
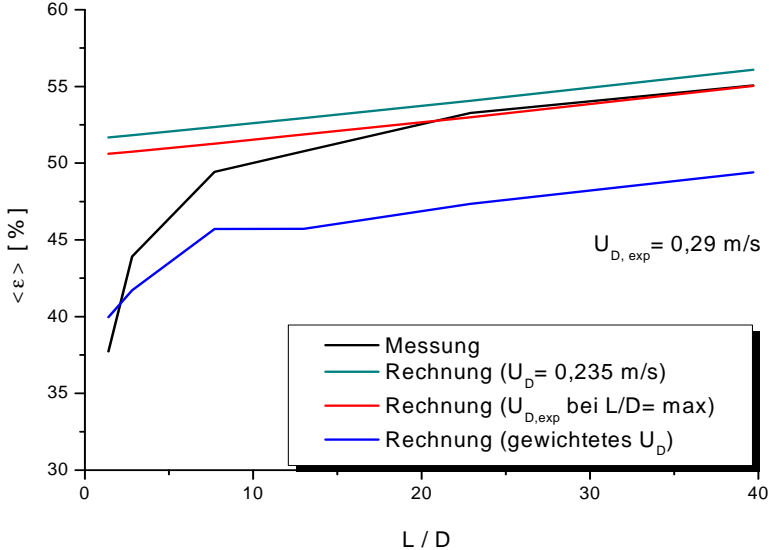
Pkt.160 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 1,305 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



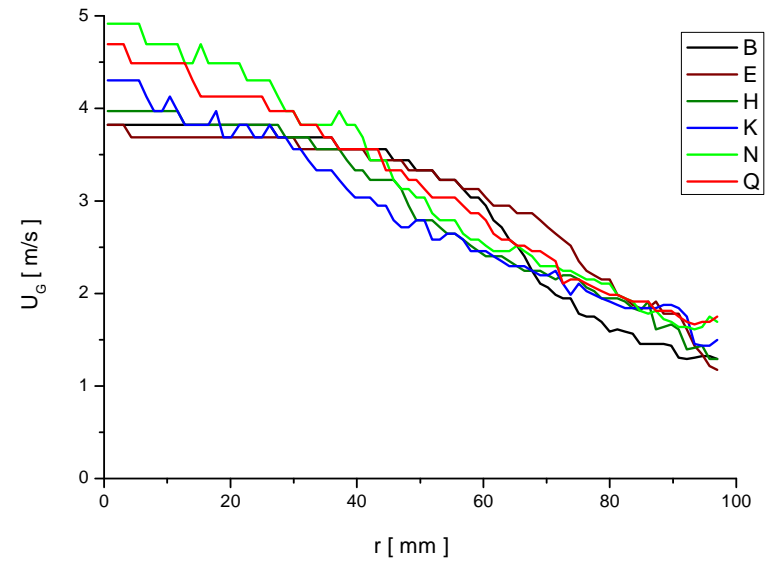
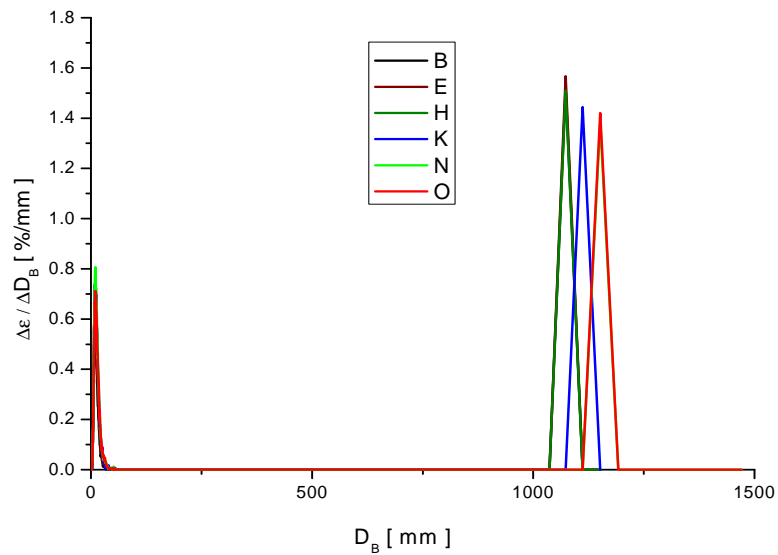
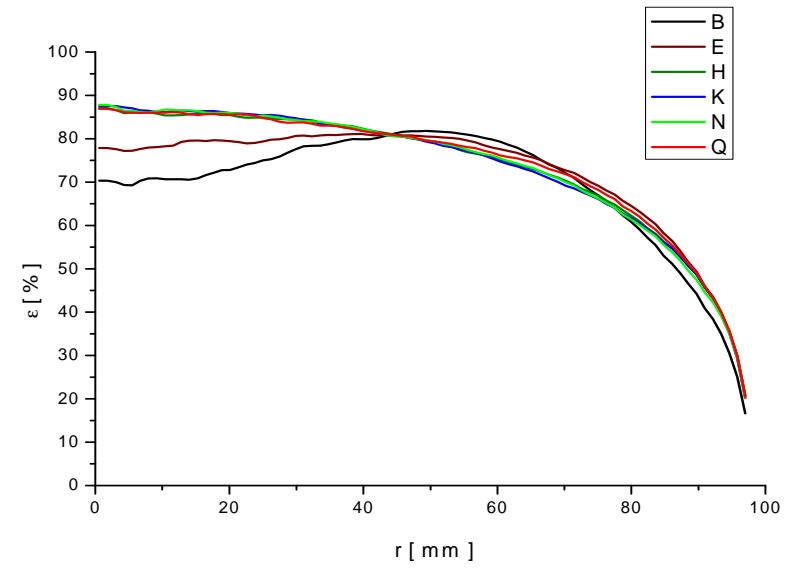
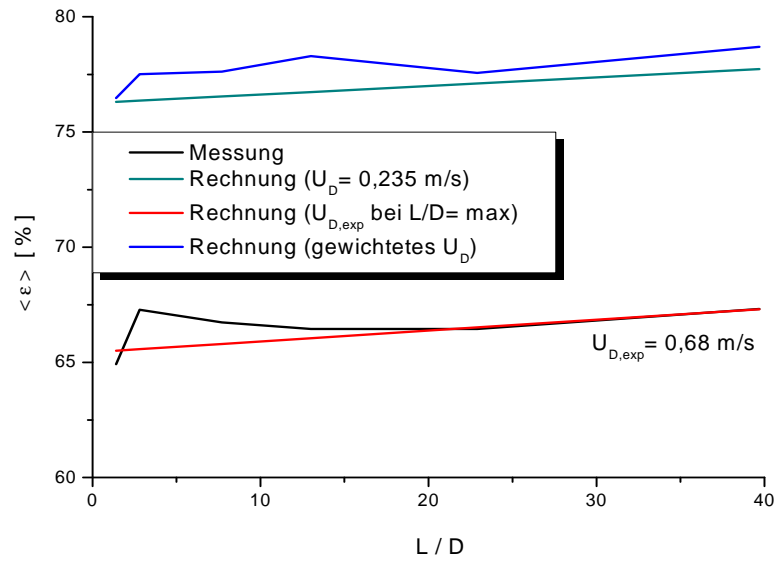
Pkt. 162 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 1,305 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 1 \text{ mm}$ )



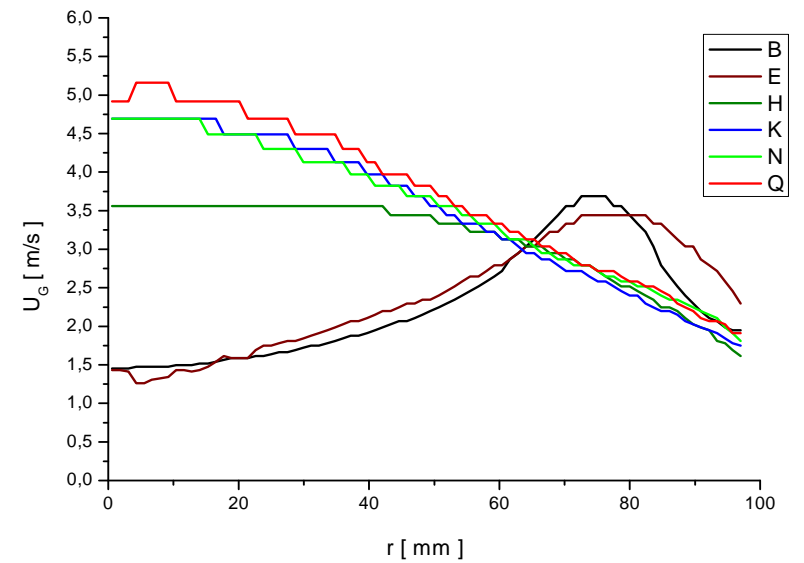
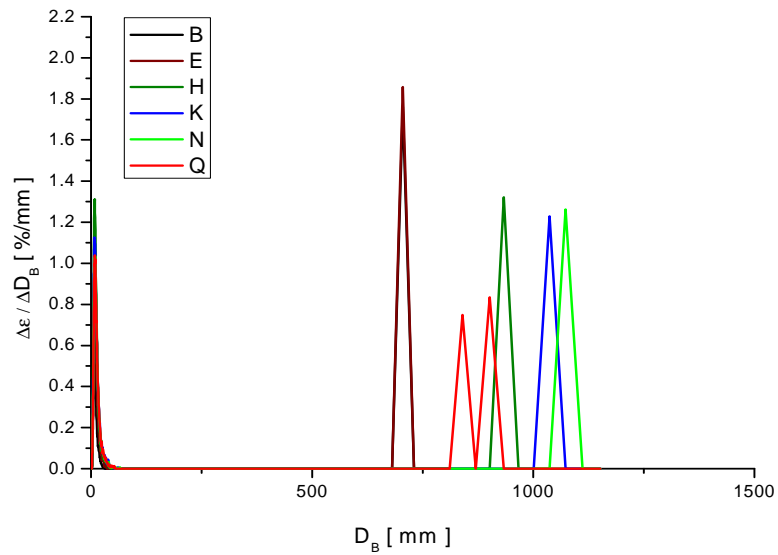
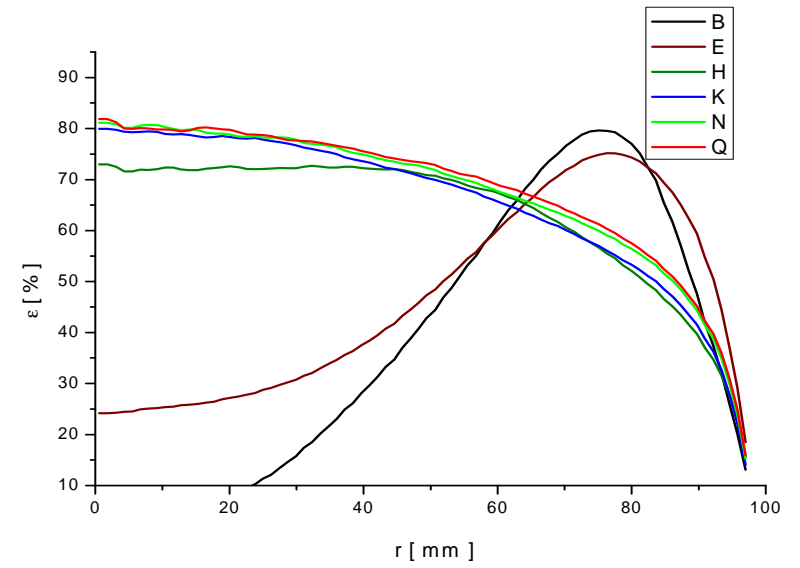
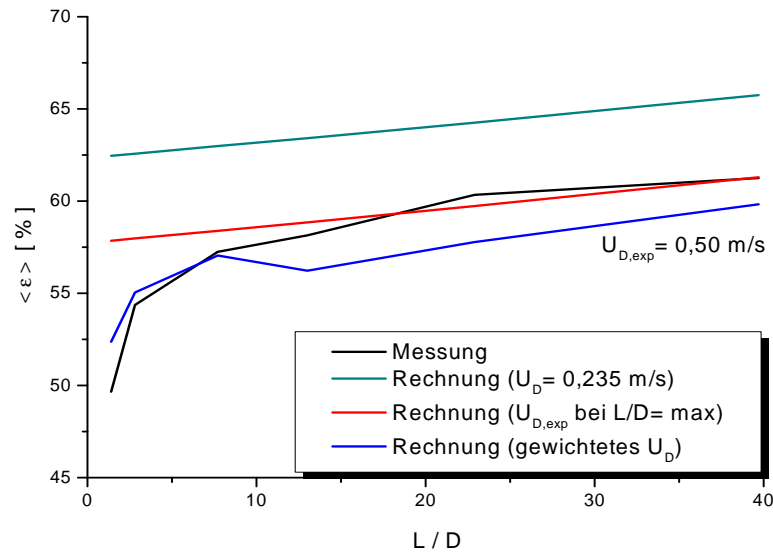
Pkt.162 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 1,305 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



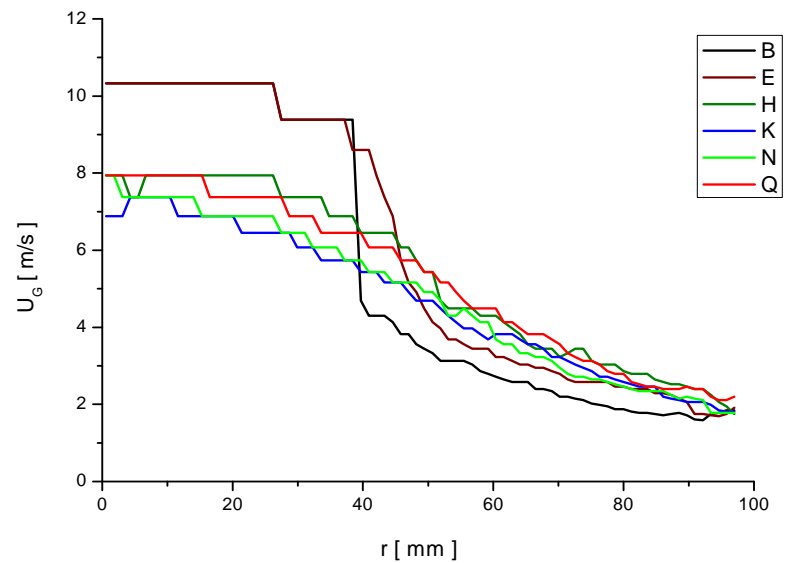
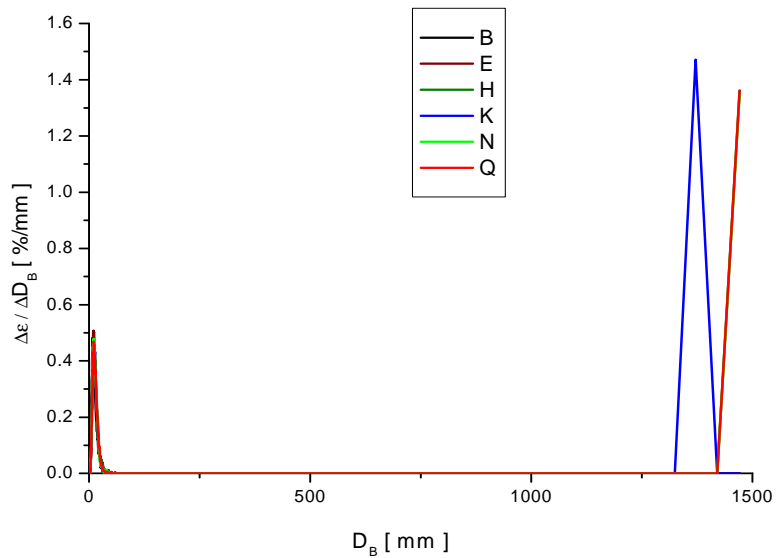
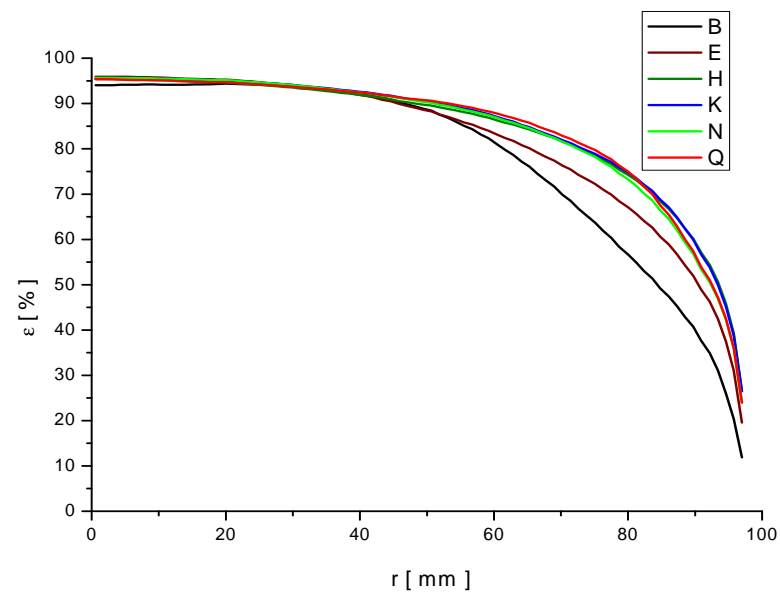
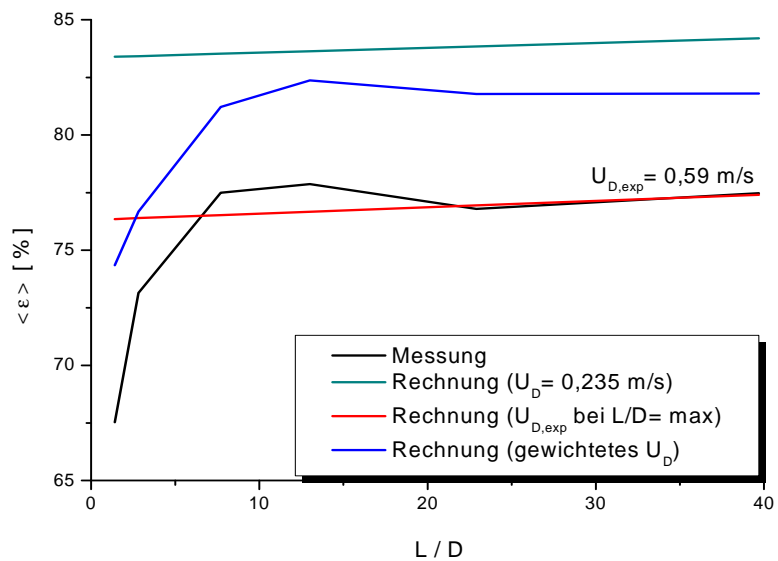
Pkt. 171 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 2,038 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



Pkt. 173 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 2,038 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

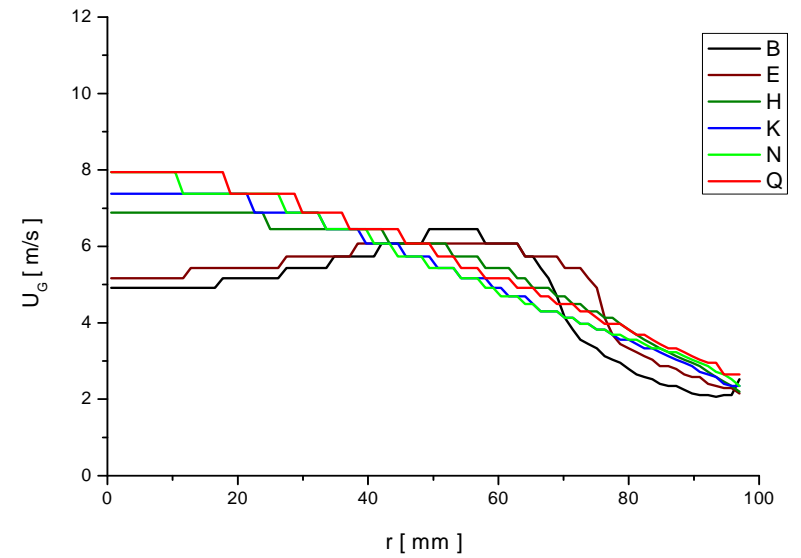
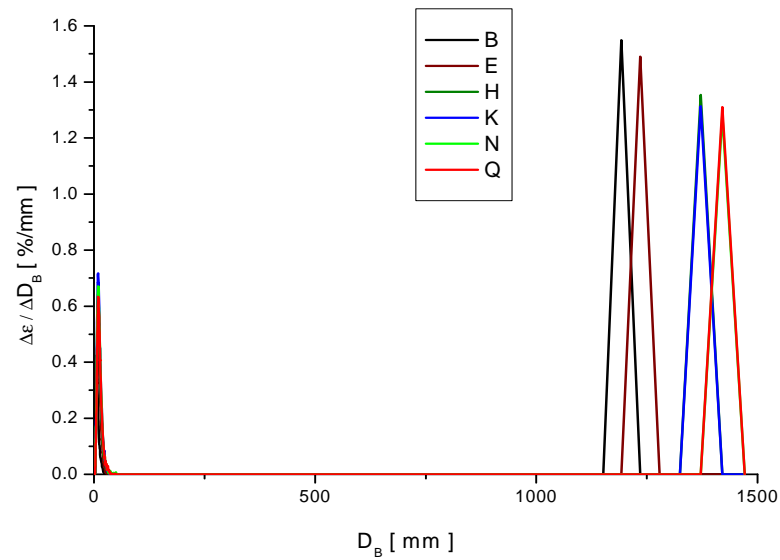
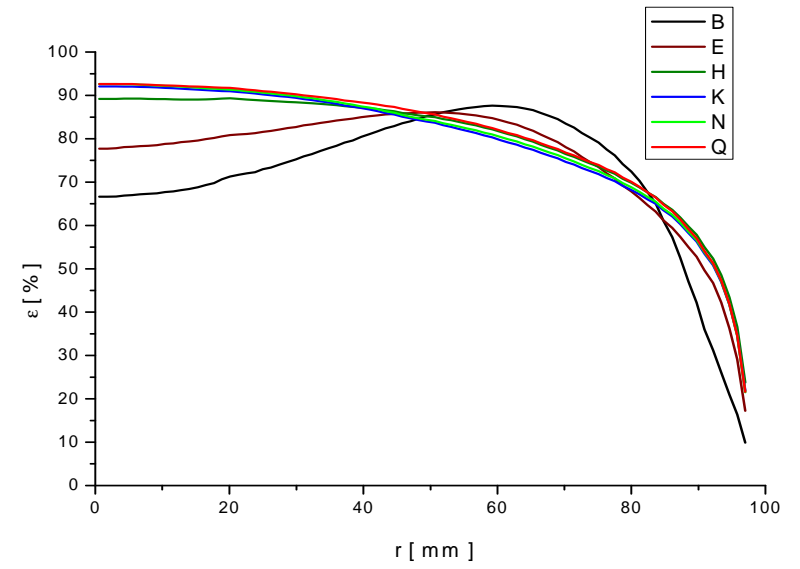
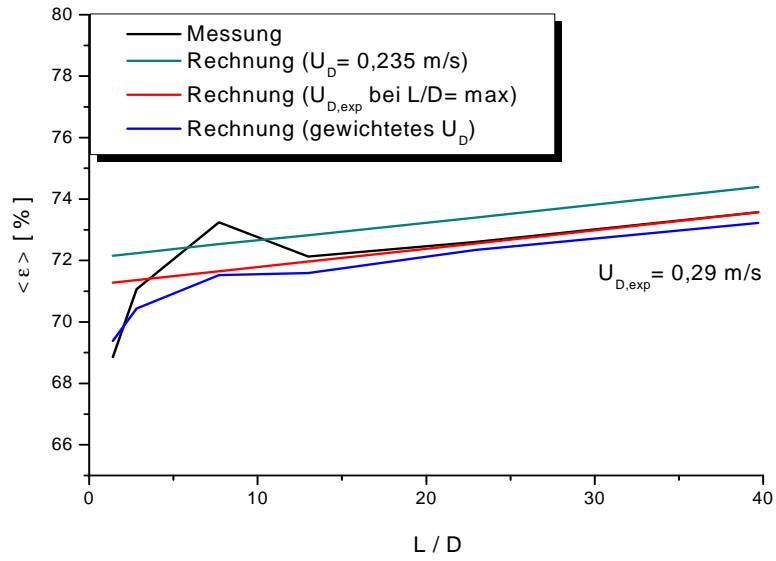


Pkt. 182 ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 3,185 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )



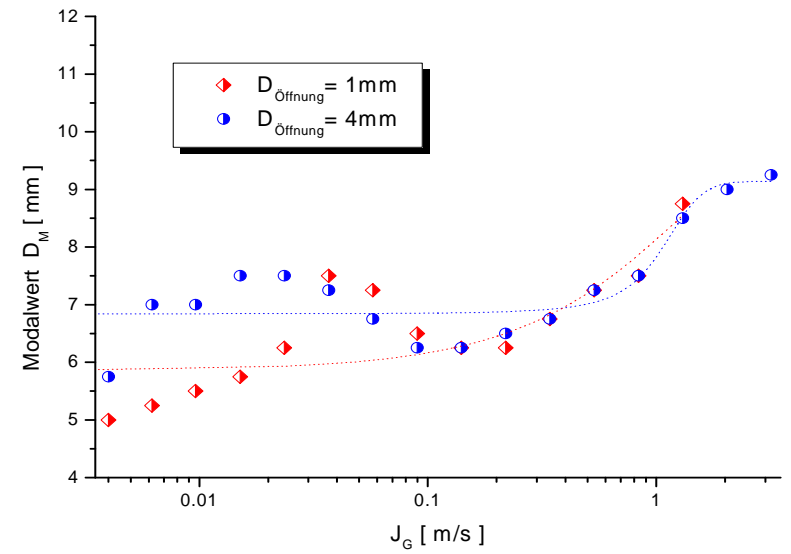
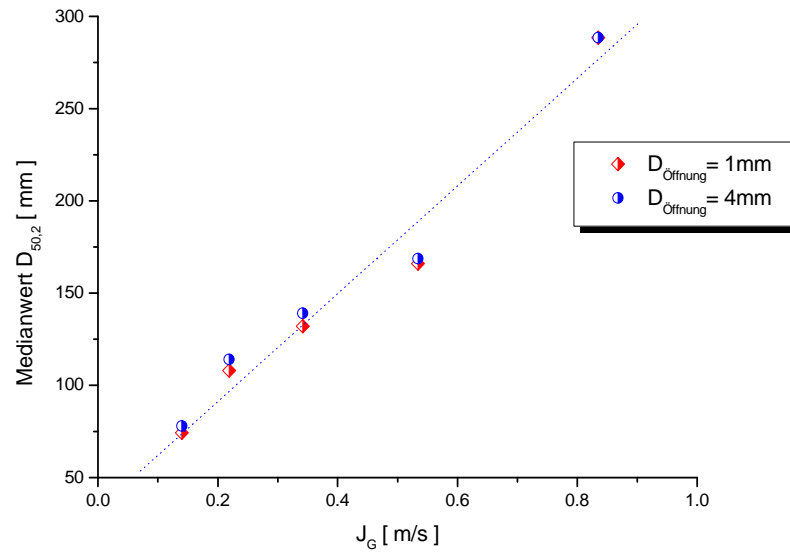
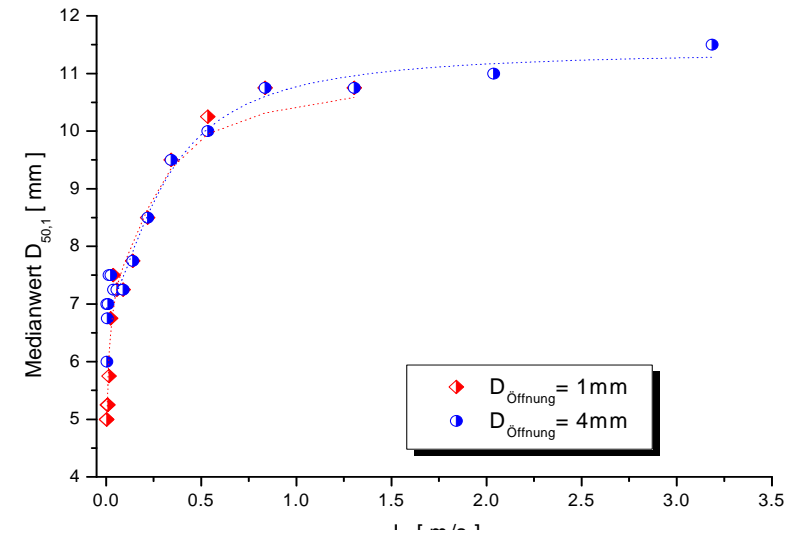
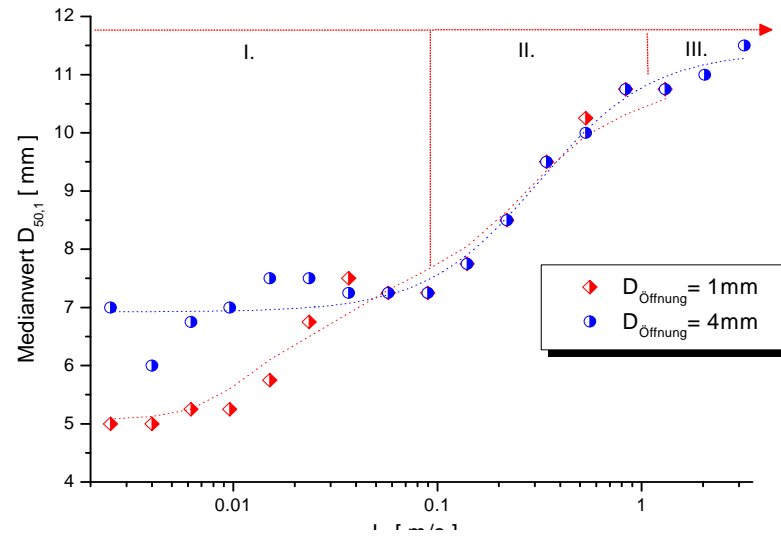


Pkt. 184 ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ ;  $J_G = 3,185 \text{ m/s}$ ;  $D_{\text{Öffnung}} = 4 \text{ mm}$ )

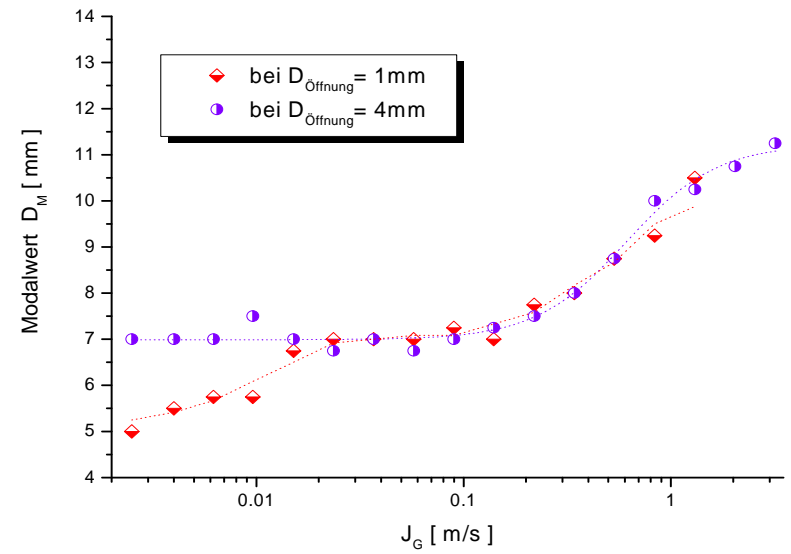
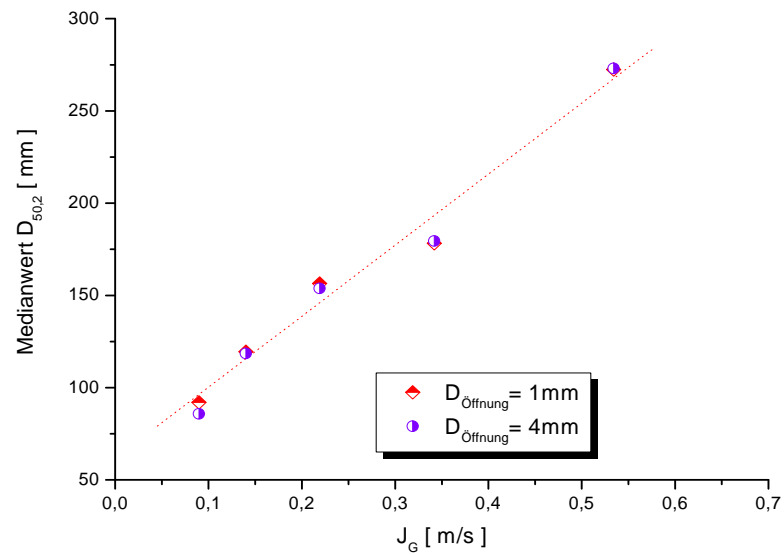
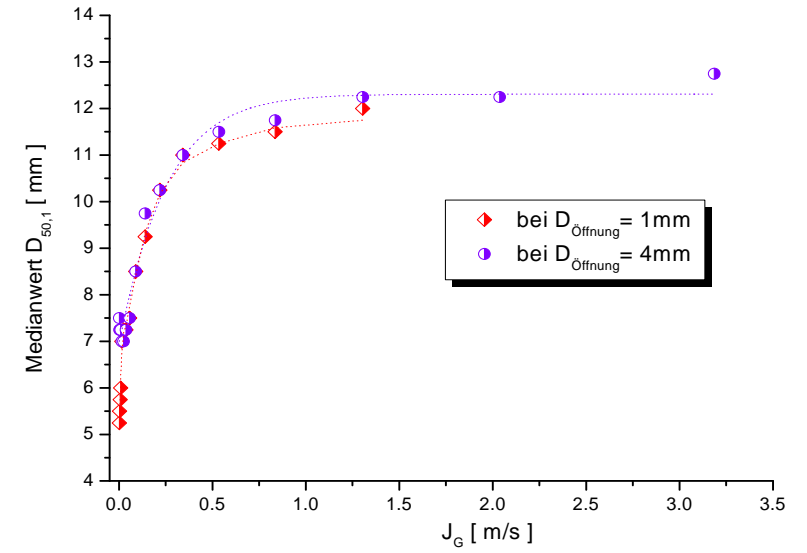
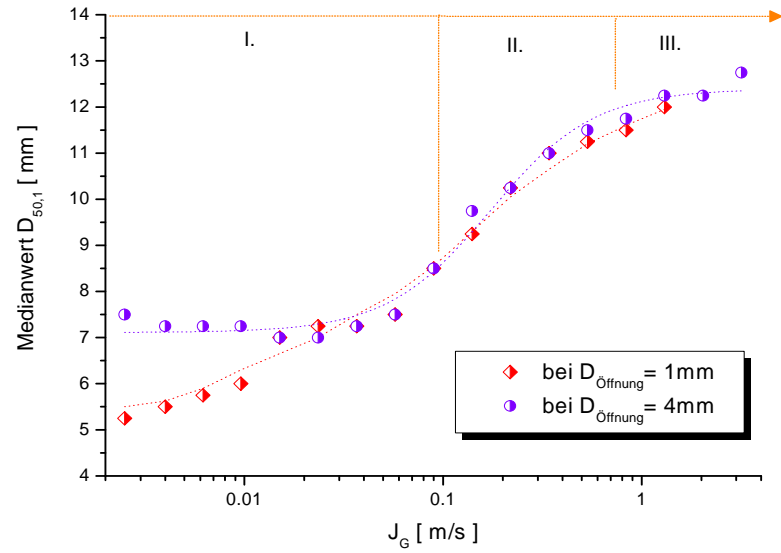


## II. Median- und Modalwerte

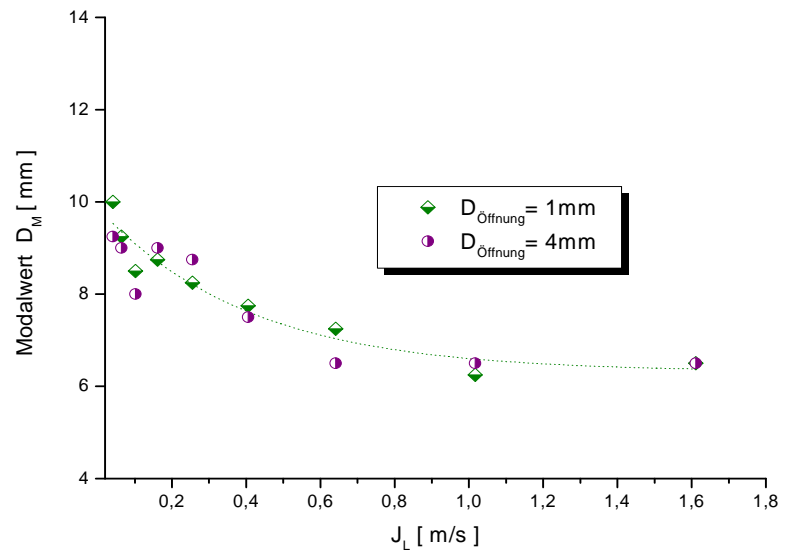
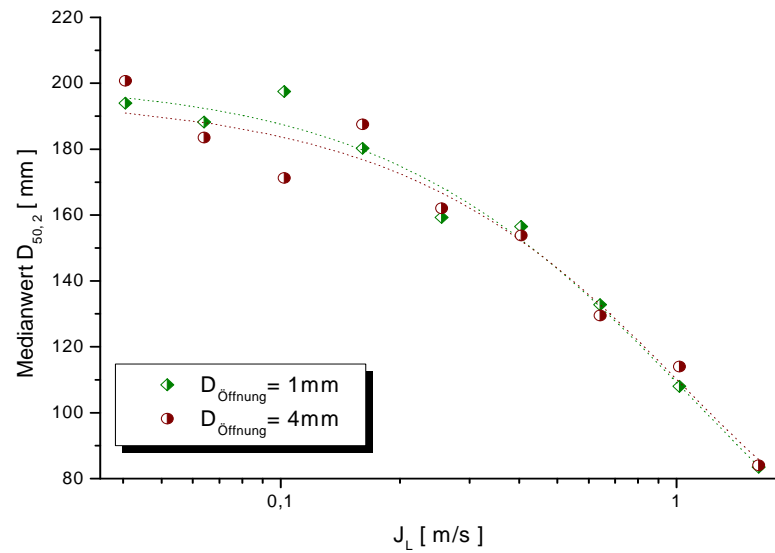
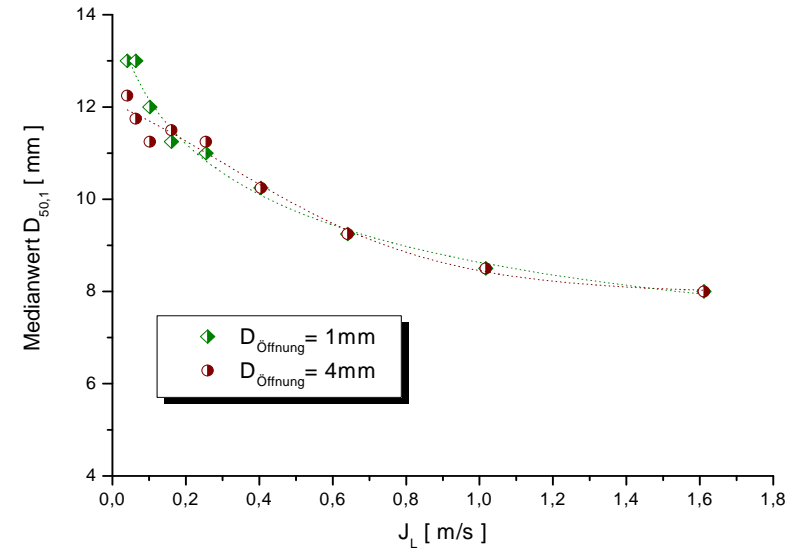
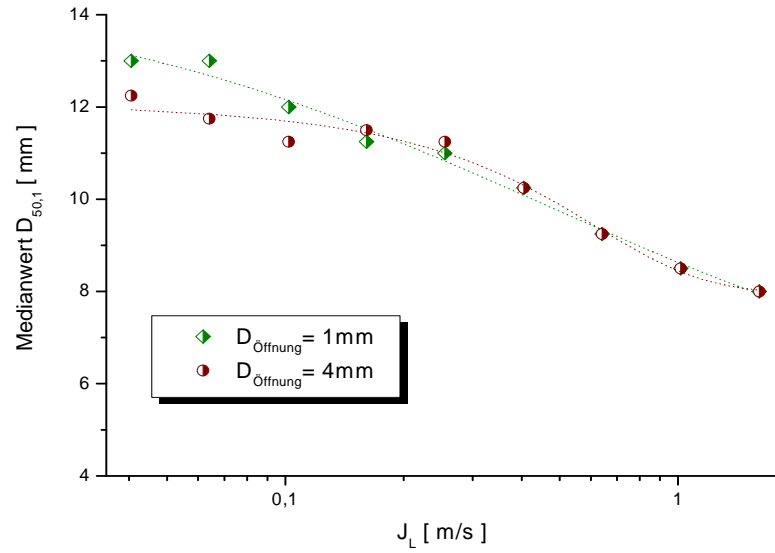
Messreihe I ( $J_L = 1,017 \text{ m/s}$ )



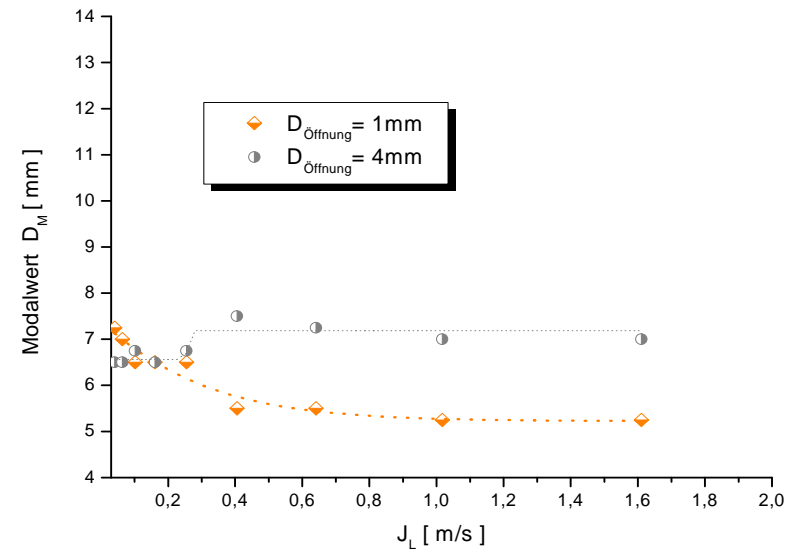
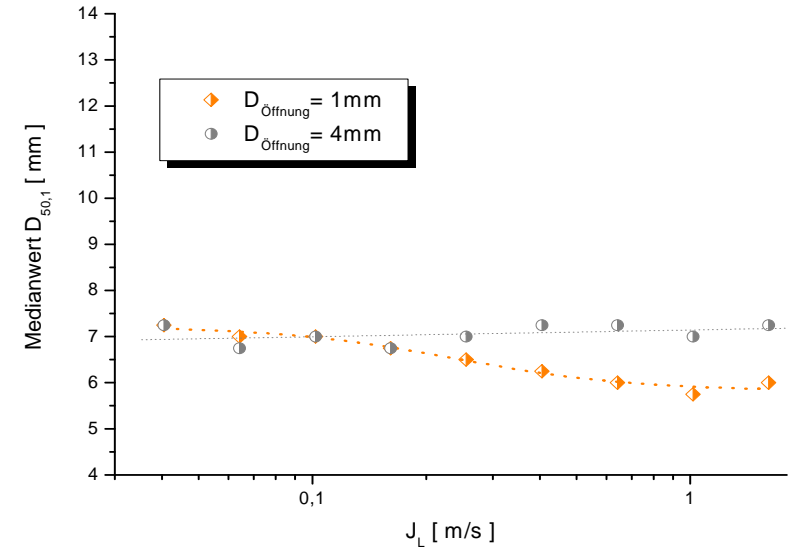
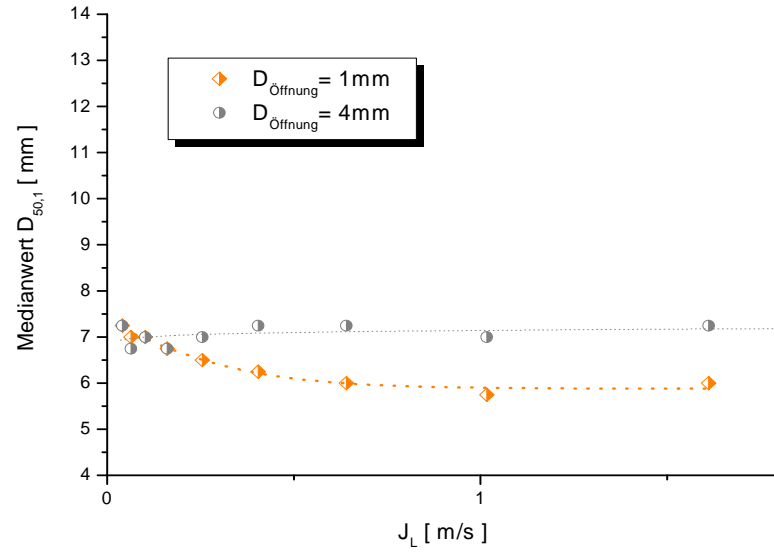
### Messreihe II ( $J_L = 0,405 \text{ m/s}$ )



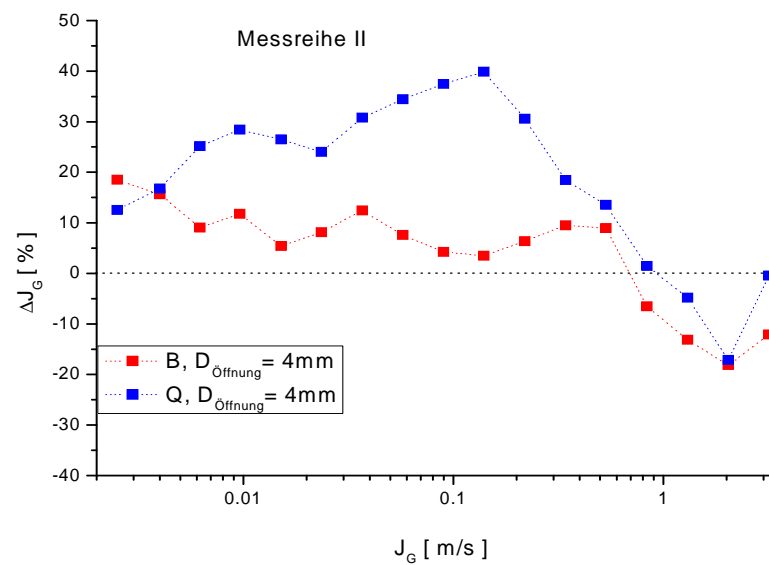
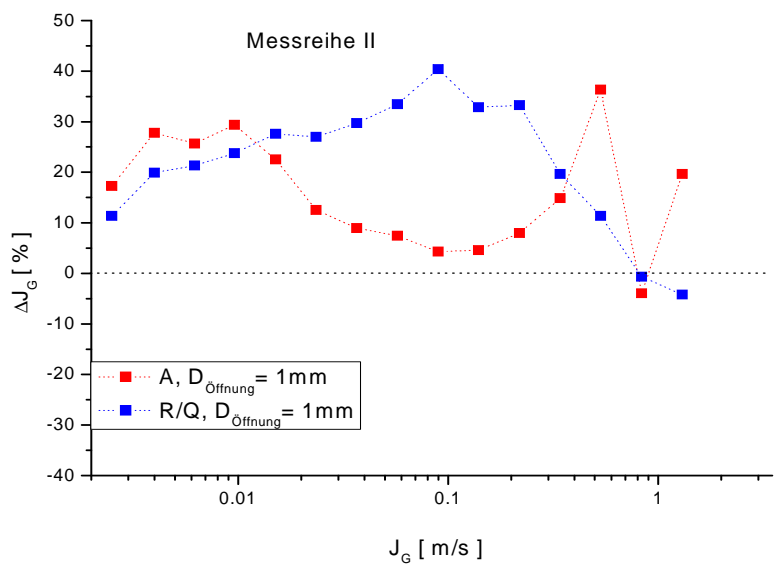
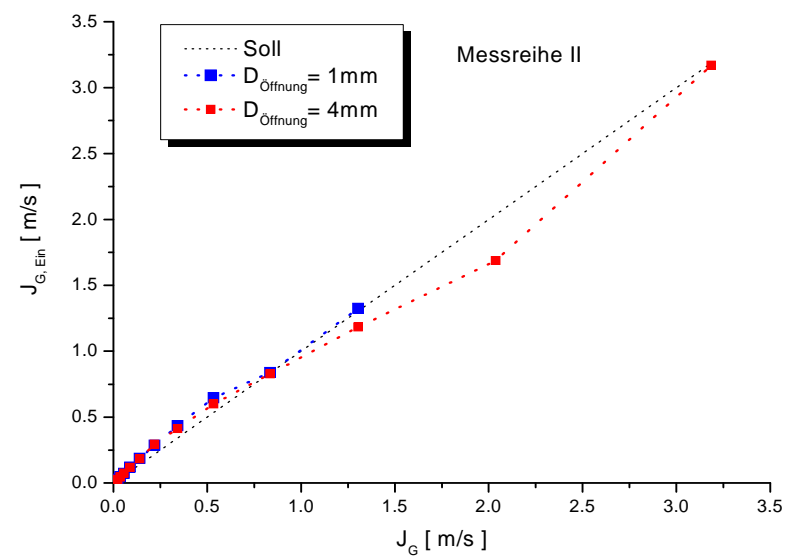
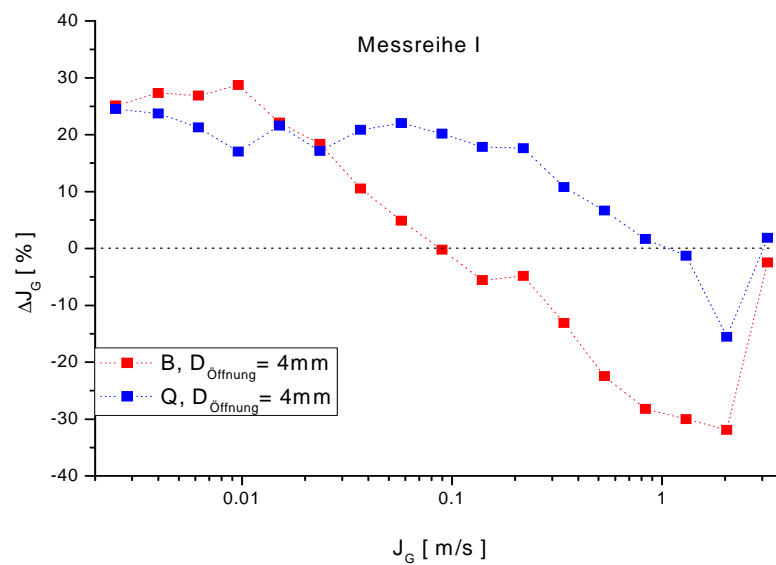
Messreihe III ( $J_G = 0,219 \text{ m/s}$ )

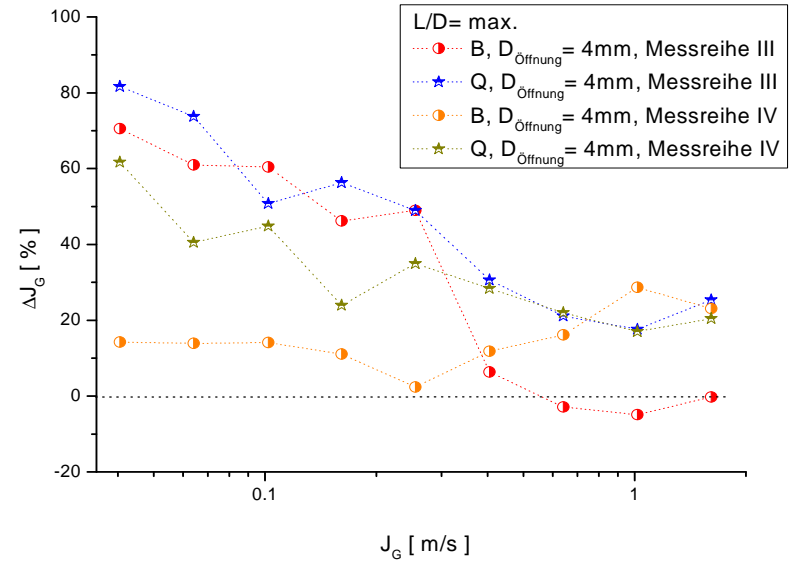
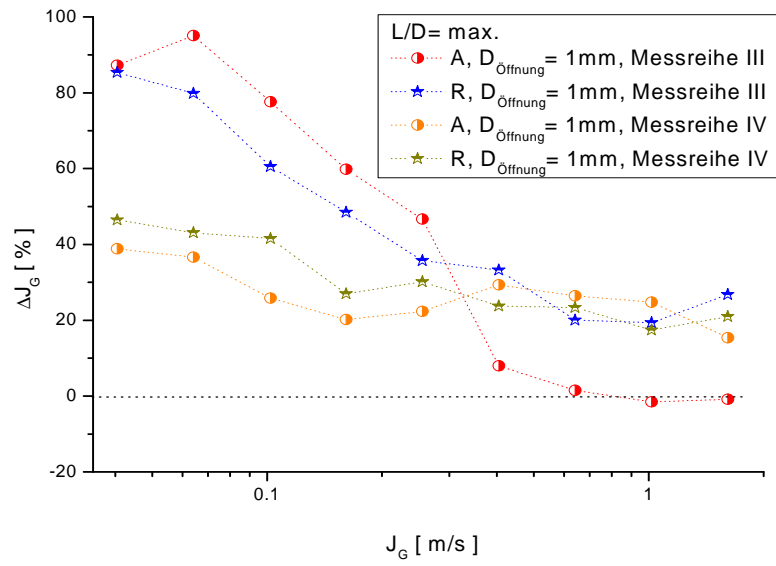


Messreihe IV ( $J_G = 0,0096 \text{ m/s}$ )



### III. Zusätzliche Abhängigkeiten zur Genauigkeitsprüfung nach Kapitel 1.7





# **Anhang IV**

## **Betriebsdaten**



#### IV. Betriebsdaten

In den nachfolgenden Tabellen sind die Betriebsdaten zu den Messungen dieser Serie aufgelistet. Die Spalten enthalten folgende Informationen:

Matrixpunkt	Versuchspunkt entsprechend der Versuchsmatrix des FZD (Tab. 2)
Höhenposition	Buchstabe, der den Abstand zwischen Gaseinperlung und 1. Messebene des Gittersensors charakterisiert (Bild. 2, Tab. 1)
Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	Überdruck-Sollwert, der an der Messstelle PI4-07 oberhalb des Gittersensors einzustellen ist, um an der Gaseinspeiseposition einen konstanten Druck von 0,25 MPa zu erhalten
$J_{\text{Gas}}$ [m/s] Einspeisung	Sollwert der Leerrohrgeschwindigkeit der Gasphase an der Gaseinspeiseposition (Tab. 2)
$J_{\text{Wasser}}$ [m/s]	Sollwert der Leerrohrgeschwindigkeit der Wasserphase
$V_{\text{Gas}}$ [nm <sup>3</sup> /h]	Sollwert des Gasvolumenstroms an der Einspeisestelle (0,25 MPa), berechnet auf Normbedingungen (vgl. Abschnitt 1.3, Gl. 14)
$m_{\text{Wasser}}$ [kg/s]	Sollwert des Wassermassenstroms
Datum	Datum der Messung
File 1 (x)	Messdatenfile der in Strömungsrichtung 1. Messebene
File 2 (y)	Messdatenfile der in Strömungsrichtung 2. Messebene
DIAdem	Interne Nummer zur Synchronisation der Gittersensormessdaten mit den Betriebsdaten
Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)	arithmetische Mittelwerte über 10 s Messzeit für die realen Betriebsdaten:
$V_{\text{Gas}}$ [nm <sup>3</sup> /h]	Istwert des Gasvolumenstroms an der Einspeisestelle (Normbedingungen)
$m_{\text{Wasser}}$ [kg/s]	Istwert des Wassermassenstroms
t GS [°C]	Istwert der Temperatur (TI4-08) oberhalb des Gittersensors
p(ü) GS [kPa]	Istwert des Überdrucks an der Messstelle PI4-07 oberhalb des Gittersensors

**Matrix für Luftversuche TOPFLOW**

Normbedingungen: pN [bar]	1.013	D <sub>innen</sub> :	0.1953 m	Versuchsserie L12
	TN [K]	273.15	Fläche:	0.0300 m <sup>2</sup>
Einspeisung: Luft pa [bar]	2.5	Dichte <sub>w</sub> :	995.7 kg/m <sup>3</sup>	Doppelgittersensor in VGE
	Medium t [°C]	30.0	Dichte <sub>g</sub> :	2.882 kg/m <sup>3</sup>
				1 bzw. 4 mm Randeinspeisung

Matrix- punkt	Höhen- position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t GS [°C]	p(ü) GS [kPa]
006	A	139.2	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	5	0.600	12.076	30.4	139.2
006	B	138.7	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.006.mes	6	0.599	12.089	30.4	138.7
006	C	138.1	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	7	0.599	12.066	30.5	138.1
006	D	136.6	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	4	0.600	12.079	30.3	136.6
006	E	136.0	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.006.mes	8	0.599	12.080	30.6	135.9
006	F	135.4	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	10	0.600	12.086	31.0	135.3
006	G	127.3	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	11	0.600	12.074	29.4	127.3
006	H	126.8	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.006.mes	12	0.599	12.049	29.1	126.8
006	I	126.2	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	13	0.599	12.078	29.3	126.2
006	J	117.2	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	14	0.600	12.060	29.4	117.2
006	K	116.6	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.006.mes	18	0.599	12.074	29.7	116.6
006	L	116.0	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	17	0.600	12.083	29.6	116.1
006	M	98.2	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	20	0.599	12.078	29.7	98.2
006	N	97.7	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.006.mes	21	0.600	12.083	29.8	97.6
006	O	97.1	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	22	0.599	12.082	29.9	97.0
006	P	66.3	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	23	0.599	12.069	29.9	66.2
006	Q	65.8	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.006.mes	24	0.600	12.074	30.0	65.7
006	R	65.2	0.0025	0.405	0.600	12.081	11.01.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.006.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.006.mes	25	0.599	12.078	30.0	65.3
008	A	138.8	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	1	0.600	30.327	29.4	138.8
008	B	138.3	0.0025	1.017	0.600	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.008.mes	18	0.600	30.326	30.3	138.2
008	C	137.7	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	6	0.600	30.318	30.6	137.8
008	D	136.1	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	7	0.600	30.328	31.0	136.1
008	E	135.5	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.008.mes	8	0.600	30.335	29.5	135.4
008	F	135.0	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	9	0.600	30.330	29.0	135.1
008	G	126.7	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	12	0.600	30.325	30.2	126.7
008	H	126.2	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.008.mes	11	0.600	30.328	29.9	126.2
008	I	125.6	0.0025	1.017	0.600	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	26	0.600	30.324	29.5	125.7
008	J	116.3	0.0025	1.017	0.600	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	27	0.600	30.341	29.7	116.2
008	K	115.8	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.008.mes	16	0.600	30.337	29.2	115.7
008	L	115.2	0.0025	1.017	0.600	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	28	0.600	30.328	29.9	115.2
008	M	97.1	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	19	0.600	30.319	30.2	97.2
008	N	96.5	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.008.mes	23	0.600	30.332	30.1	96.5
008	O	96.0	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	26	0.600	30.360	29.3	95.9
008	P	64.6	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	27	0.600	30.325	29.5	64.6
008	Q	64.0	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.008.mes	28	0.600	30.336	29.8	63.9
008	R	63.4	0.0025	1.017	0.600	30.336	07.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.008.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.008.mes	29	0.600	30.335	30.0	63.5
017	A	139.2	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	1	0.958	12.091	29.1	139.2
017	B	138.7	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.017.mes	3	0.959	12.067	29.3	138.7
017	C	138.1	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	4	0.960	12.094	29.4	138.2
017	D	136.6	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	7	0.960	12.077	29.8	136.7
017	E	136.0	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.017.mes	8	0.960	12.086	30.0	136.0
017	F	135.5	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	10	0.960	12.075	30.1	135.5
017	G	127.4	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	11	0.960	12.080	30.3	127.4
017	H	126.8	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.017.mes	12	0.960	12.083	30.4	126.8
017	I	126.3	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	13	0.960	12.092	30.4	126.3
017	J	117.2	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	14	0.960	12.090	29.8	117.2
017	K	116.7	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.017.mes	18	0.960	12.083	29.4	116.8
017	L	116.1	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	17	0.960	12.069	29.2	116.2
017	M	98.4	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	22	0.960	12.065	29.6	98.4
017	N	97.8	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.017.mes	23	0.960	12.068	29.8	97.8
017	O	97.3	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	24	0.960	12.068	29.9	97.4
017	P	66.5	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	25	0.960	12.071	30.0	66.5
017	Q	65.9	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.017.mes	26	0.960	12.079	30.1	65.9
017	R	65.4	0.0040	0.405	0.959	12.081	08.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.017.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.017.mes	28	0.960	12.079	30.3	65.3

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
019	A	138.8	0.0040	1.017	0.959	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	10	2.295	19.110	29.92	139.2
019	B	138.3	0.0040	1.017	0.959	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.019.mes	12	2.296	19.119	30.0	138.6
019	C	137.7	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	6	0.959	30.342	30.0	137.7
019	D	136.1	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	8	0.960	30.339	30.1	136.0
019	E	135.6	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.019.mes	9	0.960	30.340	30.3	135.7
019	F	135.0	0.0040	1.017	0.959	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	25	2.295	19.114	29.6	135.4
019	G	126.7	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	15	0.959	30.340	29.5	126.7
019	H	126.2	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.019.mes	16	0.959	30.338	29.1	126.2
019	I	125.6	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	19	0.959	30.317	29.4	125.6
019	J	116.4	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	21	0.960	30.330	29.6	116.4
019	K	115.8	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.019.mes	22	0.959	30.336	29.8	115.8
019	L	115.3	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	23	0.959	30.355	30.0	115.3
019	M	97.1	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	24	0.959	30.329	30.2	97.1
019	N	96.6	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.019.mes	25	0.960	30.339	30.3	96.6
019	O	96.0	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	26	0.960	30.342	30.5	96.0
019	P	64.6	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	27	0.959	30.340	30.7	64.6
019	Q	64.1	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.019.mes	28	0.960	30.355	30.8	64.1
019	R	63.5	0.0040	1.017	0.959	30.336	18.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.019.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.019.mes	29	0.960	30.331	30.9	63.5
028	A	139.3	0.0062	0.405	1.487	12.081	15.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	8	1.485	12.081	29.9	139.4
028	B	138.7	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.028.mes	7b	1.486	12.078	30.0	138.6
028	C	138.2	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	6b	1.486	12.075	30.2	138.2
028	D	136.6	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	5b	1.486	12.074	30.2	136.6
028	E	136.1	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.028.mes	4b	1.486	12.079	30.3	136.2
028	F	135.5	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	3b	1.486	12.085	30.3	135.5
028	G	127.5	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	16a	1.486	12.073	29.9	127.5
028	H	126.9	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.028.mes	14a	1.486	12.069	29.9	126.8
028	I	126.4	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	13a	1.486	12.096	30.0	126.4
028	J	117.3	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	12a	1.486	12.073	30.0	117.2
028	K	116.8	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.028.mes	11a	1.486	12.079	30.1	116.9
028	L	116.2	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	10a	1.486	12.076	30.0	116.2
028	M	98.5	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	6a	1.486	12.082	29.6	98.5
028	N	98.0	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.028.mes	5a	1.486	12.080	29.5	98.0
028	O	97.4	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	4a	1.486	12.071	29.5	97.4
028	P	66.8	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	3a	1.486	12.103	29.2	66.8
028	Q	66.2	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.028.mes	2a	1.486	12.084	29.2	66.2
028	R	65.7	0.0062	0.405	1.487	12.081	27.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.028.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.028.mes	1a	1.485	12.091	29.1	65.8
030	A	138.9	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	29	1.486	30.317	31.0	138.9
030	B	138.3	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.030.mes	28	1.486	30.338	30.7	138.4
030	C	137.7	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	27	1.486	30.330	30.4	137.6
030	D	136.1	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	24	1.486	30.348	30.2	136.1
030	E	135.6	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.030.mes	22	1.486	30.345	29.9	135.5
030	F	135.0	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	21	1.486	30.344	29.6	135.1
030	G	126.8	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	16	1.486	30.319	29.7	126.9
030	H	126.2	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.030.mes	15	1.486	30.320	31.0	126.3
030	I	125.7	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	14	1.486	30.337	30.7	125.8
030	J	116.4	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	13	1.486	30.345	30.2	116.5
030	K	115.9	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.030.mes	11	1.486	30.334	29.9	115.8
030	L	115.3	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	10	1.486	30.331	29.7	115.4
030	M	97.2	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	9	1.486	30.341	29.3	97.3
030	N	96.7	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.030.mes	8	1.486	30.309	29.7	96.7
030	O	96.1	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	6	1.486	30.332	30.9	96.1
030	P	64.8	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	5	1.486	30.330	30.7	64.7
030	Q	64.2	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.030.mes	4	1.486	30.340	30.5	64.2
030	R	63.6	0.0062	1.017	1.487	30.336	06.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.030.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.030.mes	1	1.486	30.369	30.1	63.6

Matrix- punkt	Höhen- position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
034	A	139.6	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	1	2.296	1.206	29.23	139.5
034	B	139.0	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.034.mes	3	2.296	1.208	29.4	138.9
034	C	138.5	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	5	2.296	1.207	29.4	138.4
034	D	137.0	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	6	2.296	1.209	29.4	136.9
034	E	136.5	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.034.mes	7	2.296	1.206	29.5	136.4
034	F	135.9	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	9	2.296	1.208	29.6	135.9
034	G	128.1	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	10	2.296	1.207	29.6	128.2
034	H	127.5	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.034.mes	11	2.296	1.206	29.7	127.6
034	I	127.0	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	13	2.296	1.208	29.8	127.0
034	J	118.2	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	14	2.296	1.205	29.9	118.1
034	K	117.7	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.034.mes	15	2.296	1.207	29.9	117.8
034	L	117.1	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	16	2.296	1.206	30.0	117.0
034	M	99.9	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	17	2.296	1.204	30.5	99.7
034	N	99.4	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.034.mes	18	2.296	1.208	30.5	99.4
034	O	98.8	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	19	2.296	1.207	30.6	98.8
034	P	69.0	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	20	2.296	1.206	30.8	69.0
034	Q	68.4	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.034.mes	21	2.296	1.198	31.0	68.4
034	R	67.9	0.0096	0.041	2.302	1.208	20.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.034.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.034.mes	22	2.296	1.207	31.0	67.8
035	A	139.6	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	17	2.296	1.907	30.0	139.6
035	B	139.0	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.035.mes	16	2.296	1.908	29.9	139.1
035	C	138.5	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	9	2.296	1.912	30.9	138.4
035	D	137.0	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	8	2.295	1.911	30.6	136.9
035	E	136.4	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.035.mes	7	2.296	1.912	30.5	136.3
035	F	135.9	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	5	2.294	1.909	30.4	135.9
035	G	128.0	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	4	2.295	1.904	30.3	128.0
035	H	127.5	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.035.mes	3	2.296	1.908	30.2	127.6
035	I	126.9	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	2	2.296	1.913	30.1	126.8
035	J	118.1	0.0096	0.064	2.302	1.912	28.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	1	2.295	1.912	30.1	118.1
035	K	117.6	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.035.mes	12a	2.296	1.912	29.8	117.7
035	L	117.1	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	13a	2.296	1.913	29.9	117.1
035	M	99.8	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	1b	2.296	1.914	30.2	99.8
035	N	99.2	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.035.mes	2b	2.296	1.911	30.3	99.3
035	O	98.7	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	3b	2.296	1.911	30.4	98.8
035	P	68.8	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	4b	2.296	1.910	30.6	68.8
035	Q	68.2	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.035.mes	5b	2.296	1.911	30.8	68.4
035	R	67.7	0.0096	0.064	2.302	1.912	25.05.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.035.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.035.mes	6b	2.296	1.911	30.9	67.8
036	A	139.5	0.0096	0.102	2.302	3.043	28.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	18	2.296	3.044	30.1	139.7
036	B	139.0	0.0096	0.102	2.302	3.043	28.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.036.mes	14	2.296	3.050	29.8	139.1
036	C	138.4	0.0096	0.102	2.302	3.043	28.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	11	2.296	3.040	29.6	138.4
036	D	136.9	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	5	2.296	3.042	29.5	137.0
036	E	136.4	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.036.mes	6	2.296	3.042	29.6	136.3
036	F	135.8	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	7	2.296	3.045	29.7	135.7
036	G	127.9	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	8	2.296	3.040	29.8	127.7
036	H	127.4	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.036.mes	10	2.296	3.044	29.9	127.4
036	I	126.9	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	11	2.296	3.042	30.0	126.9
036	J	118.0	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	15	2.296	3.043	30.2	118.0
036	K	117.5	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.036.mes	13	2.296	3.042	30.1	117.6
036	L	116.9	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	18	2.296	3.043	30.4	116.9
036	M	99.6	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	19	2.296	3.041	29.3	99.7
036	N	99.1	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.036.mes	20	2.296	3.042	29.6	99.2
036	O	98.5	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	21	2.296	3.042	29.7	98.5
036	P	68.5	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	23	2.296	3.043	30.0	68.5
036	Q	68.0	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.036.mes	24	2.296	3.042	30.2	68.1
036	R	67.4	0.0096	0.102	2.302	3.043	21.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.036.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.036.mes	25	2.296	3.044	30.3	67.3

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
037	A	139.5	0.0096	0.161	2.302	4.802	28.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	19	2.296	4.793	30.2	139.5
037	B	138.9	0.0096	0.161	2.302	4.802	28.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.037.mes	13	2.295	4.798	29.7	138.9
037	C	138.4	0.0096	0.161	2.302	4.802	28.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	12	2.296	4.800	29.6	138.5
037	D	136.9	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	6	2.296	4.797	30.0	136.8
037	E	136.3	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.037.mes	7	2.296	4.795	30.1	136.2
037	F	135.8	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	8	2.296	4.801	30.3	135.9
037	G	127.9	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	9	2.296	4.805	30.5	127.9
037	H	127.3	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.037.mes	12	2.296	4.795	30.7	127.4
037	I	126.8	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	13	2.296	4.806	30.8	126.8
037	J	117.9	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	14	2.296	4.807	29.2	118.0
037	K	117.3	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.037.mes	15	2.296	4.794	29.4	117.3
037	L	116.8	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	16	2.296	4.804	29.6	116.9
037	M	99.4	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	17	2.296	4.797	29.9	99.5
037	N	98.9	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.037.mes	18	2.296	4.801	30.1	99.0
037	O	98.3	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	19	2.296	4.802	30.3	98.3
037	P	68.2	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	20	2.296	4.801	30.4	68.2
037	Q	67.6	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.037.mes	21	2.296	4.809	30.6	67.6
037	R	67.1	0.0096	0.161	2.302	4.802	31.05.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.037.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.037.mes	24	2.296	4.808	30.7	67.1
038	A	139.4	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	1	2.296	7.608	29.1	139.3
038	B	138.9	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.038.mes	3	2.296	7.606	29.2	138.9
038	C	138.3	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	4	2.296	7.616	29.3	138.4
038	D	136.8	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	5	2.296	7.616	29.4	136.8
038	E	136.2	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.038.mes	6	2.296	7.607	29.4	136.2
038	F	135.7	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	7	2.296	7.606	29.5	135.7
038	G	127.7	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	8	2.296	7.597	29.6	127.7
038	H	127.2	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.038.mes	10	2.296	7.611	29.7	127.2
038	I	126.6	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	11	2.296	7.599	29.7	126.5
038	J	117.7	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	12	2.296	7.600	30.3	117.6
038	K	117.2	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.038.mes	13	2.296	7.604	30.4	117.1
038	L	116.6	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	15	2.296	7.611	30.5	116.6
038	M	99.1	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	16	2.296	7.603	30.6	99.0
038	N	98.6	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.038.mes	17	2.296	7.604	30.6	98.6
038	O	98.0	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	18	2.296	7.601	30.7	98.0
038	P	67.7	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	20	2.296	7.604	30.8	67.8
038	Q	67.2	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.038.mes	21	2.296	7.604	30.9	67.2
038	R	66.6	0.0096	0.255	2.302	7.606	23.07.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.038.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.038.mes	22	2.296	7.608	30.9	66.6
039	A	139.3	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	1	2.296	12.075	30.4	139.2
039	B	138.8	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.039.mes	2	2.296	12.090	30.5	138.8
039	C	138.2	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	3	2.296	12.086	30.5	138.3
039	D	136.7	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	4	2.296	12.081	30.7	136.8
039	E	136.1	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.039.mes	5	2.296	12.073	30.7	136.0
039	F	135.6	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	6	2.296	12.085	30.8	135.5
039	G	127.6	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	7	2.296	12.081	30.9	127.6
039	H	127.0	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.039.mes	8	2.296	12.084	31.0	127.1
039	I	126.5	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	9	2.296	12.095	29.5	126.6
039	J	117.5	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	11	2.296	12.080	29.8	117.4
039	K	116.9	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.039.mes	12	2.296	12.086	29.9	116.9
039	L	116.4	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	13	2.296	12.077	30.0	116.4
039	M	98.8	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	14	2.295	12.086	30.1	98.7
039	N	98.2	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.039.mes	15	2.296	12.074	30.2	98.3
039	O	97.7	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	16	2.296	12.076	30.3	97.7
039	P	67.2	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	17	2.296	12.083	30.6	67.2
039	Q	66.6	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.039.mes	19	2.296	12.079	30.7	66.6
039	R	66.1	0.0096	0.405	2.302	12.081	01.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.039.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.039.mes	20	2.296	12.086	30.8	66.1

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
040	A	139.2	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	26	2.296	19.133	30.4	139.2
040	B	138.6	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.040.mes	25	2.296	19.118	30.2	138.6
040	C	138.1	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	23	2.296	19.110	30.1	138.0
040	D	136.5	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	22	2.296	19.123	30.0	136.5
040	E	136.0	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.040.mes	21	2.296	19.114	29.9	136.0
040	F	135.4	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	19	2.296	19.121	29.7	135.4
040	G	127.3	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	17	2.296	19.130	30.5	127.3
040	H	126.8	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.040.mes	15	2.296	19.126	30.4	126.8
040	I	126.2	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	14	2.296	19.120	30.3	126.2
040	J	117.2	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	12	2.296	19.125	30.2	117.2
040	K	116.6	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.040.mes	9	2.296	19.128	30.0	116.6
040	L	116.0	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	8	2.296	19.119	29.9	116.0
040	M	98.3	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	7	2.296	19.132	29.7	98.3
040	N	97.7	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.040.mes	6	2.296	19.129	29.6	97.7
040	O	97.2	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	5	2.296	19.117	29.5	97.2
040	P	66.4	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	4	2.296	19.124	29.2	66.5
040	Q	65.9	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.040.mes	3	2.296	19.118	29.1	65.9
040	R	65.3	0.0096	0.641	2.302	19.120	27.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.040.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.040.mes	2	2.296	19.122	29.8	65.3
041	A	138.9	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	46	2.295	30.340	30.5	139.0
041	B	138.3	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.041.mes	42	2.295	30.325	29.8	138.3
041	C	137.8	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	41	2.296	30.347	29.4	137.9
041	D	136.2	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	40	2.296	30.328	29.3	136.1
041	E	135.6	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.041.mes	38	2.296	30.354	29.5	135.6
041	F	135.1	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	37	2.296	30.331	29.8	135.0
041	G	126.8	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	31	2.296	30.331	30.6	126.7
041	H	126.3	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.041.mes	30	2.296	30.320	30.4	126.2
041	I	125.7	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	29	2.296	30.340	30.2	125.7
041	J	116.5	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	24	2.296	30.346	29.4	116.5
041	K	116.0	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.041.mes	19	2.296	30.332	29.1	116.0
041	L	115.4	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	18	2.296	30.340	29.5	115.3
041	M	97.4	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	12	2.296	30.335	29.6	97.4
041	N	96.8	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.041.mes	11	2.296	30.337	29.6	96.8
041	O	96.2	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	10	2.296	30.343	29.6	96.2
041	P	65.0	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	9	2.296	30.322	29.7	64.9
041	Q	64.4	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.041.mes	8	2.296	30.332	29.7	64.4
041	R	63.9	0.0096	1.017	2.302	30.336	14.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.041.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.041.mes	3	2.296	30.333	29.9	64.0
042	A	138.2	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	6b	2.296	48.063	30.2	138.2
042	B	137.6	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.042.mes	5b	2.295	48.029	30.0	137.7
042	C	137.0	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	1b	2.295	48.049	30.4	137.1
042	D	135.4	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	30a	2.296	48.077	30.7	135.4
042	E	134.8	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.042.mes	25a	2.296	48.061	30.4	134.9
042	F	134.2	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	24a	2.296	48.050	30.3	134.3
042	G	125.8	0.0096	1.611	2.302	48.054	29.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	6	2.294	48.038	30.0	125.8
042	H	125.2	0.0096	1.611	2.302	48.054	29.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.042.mes	5	2.295	48.048	29.8	125.1
042	I	124.6	0.0096	1.611	2.302	48.054	29.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	3	2.295	48.049	29.6	124.6
042	J	115.1	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	17a	2.296	48.053	30.5	115.1
042	K	114.5	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.042.mes	14a	2.296	48.056	30.7	114.4
042	L	113.9	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	13a	2.296	48.073	30.9	113.9
042	M	95.3	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	12a	2.295	48.040	30.0	95.3
042	N	94.7	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.042.mes	10a	2.296	48.065	29.5	94.7
042	O	94.2	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	6a	2.296	48.065	29.6	94.2
042	P	61.9	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	5a	2.296	48.052	29.8	61.9
042	Q	61.3	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.042.mes	3a	2.296	48.061	30.1	61.3
042	R	60.7	0.0096	1.611	2.302	48.054	19.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.042.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.042.mes	1a	2.295	48.057	30.8	60.7

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t GS [°C]	p(ü) GS [kPa]
050	A	139.4	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	25	3.611	12.094	29.6	139.2
050	B	138.9	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.050.mes	24	3.611	12.095	29.6	138.8
050	C	138.3	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	23	3.611	12.081	29.5	138.2
050	D	136.8	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	21	3.611	12.079	29.3	136.8
050	E	136.3	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.050.mes	19	3.611	12.084	29.2	136.4
050	F	135.7	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	17	3.611	12.087	29.1	135.6
050	G	127.8	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	16	3.611	12.104	29.0	127.9
050	H	127.2	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.050.mes	15	3.611	12.080	29.9	127.3
050	I	126.7	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	14	3.611	12.082	30.5	126.8
050	J	117.8	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	13	3.611	12.077	30.4	117.7
050	K	117.2	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.050.mes	12	3.611	12.087	30.3	117.3
050	L	116.7	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	11	3.610	12.079	30.3	116.8
050	M	99.2	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	9	3.611	12.077	29.9	99.2
050	N	98.7	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.050.mes	8	3.611	12.084	29.8	98.7
050	O	98.1	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	6	3.611	12.074	29.7	98.1
050	P	67.9	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	5	3.611	12.074	29.6	68.1
050	Q	67.3	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.050.mes	4	3.611	12.085	29.4	67.5
050	R	66.8	0.0151	0.405	3.621	12.081	23.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.050.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.050.mes	1	3.610	12.093	29.3	66.9
052	A	138.9	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	27	3.611	30.331	30.9	138.9
052	B	138.4	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.052.mes	26	3.611	30.334	30.5	138.5
052	C	137.8	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	25	3.611	30.330	30.0	137.8
052	D	136.2	0.0151	1.017	3.621	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	22	3.609	30.346	30.0	136.2
052	E	135.7	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.052.mes	23	3.611	30.326	29.5	135.8
052	F	135.1	0.0151	1.017	3.621	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	24	3.611	30.353	29.7	135.2
052	G	126.9	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	16	3.611	30.339	30.0	126.9
052	H	126.4	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.052.mes	14	3.611	30.335	29.4	126.3
052	I	125.8	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	13	3.611	30.338	29.0	125.7
052	J	116.6	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	12	3.611	30.338	29.8	116.7
052	K	116.1	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.052.mes	11	3.611	30.332	30.6	116.1
052	L	115.5	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	8	3.611	30.363	30.3	115.5
052	M	97.6	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	7	3.611	30.340	29.6	97.7
052	N	97.0	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.052.mes	6	3.611	30.330	29.4	97.0
052	O	96.4	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	4	3.611	30.342	29.5	96.3
052	P	65.3	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	3	3.611	30.332	30.4	65.3
052	Q	64.8	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.052.mes	2	3.611	30.353	29.6	64.9
052	R	64.2	0.0151	1.017	3.621	30.336	22.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.052.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.052.mes	1	3.610	30.348	29.2	64.3
061	A	139.5	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	9b	5.655	12.077	30.4	139.6
061	B	139.0	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.061.mes	8b	5.652	12.081	30.3	139.1
061	C	138.5	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	7b	5.653	12.085	30.2	138.6
061	D	137.0	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	6b	5.652	12.087	30.1	137.0
061	E	136.4	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.061.mes	5b	5.656	12.087	29.9	136.5
061	F	135.9	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	4b	5.656	12.072	29.7	136.0
061	G	128.0	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	3b	5.652	12.079	30.6	128.2
061	H	127.5	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.061.mes	2b	5.647	12.053	30.5	127.6
061	I	126.9	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	1b	5.651	12.082	30.4	126.8
061	J	118.2	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	13a	5.655	12.072	30.3	118.5
061	K	117.6	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.061.mes	11a	5.651	12.084	30.1	117.5
061	L	117.1	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	10a	5.652	12.066	30.1	117.3
061	M	99.8	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	9a	5.652	12.104	30.0	99.8
061	N	99.3	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.061.mes	7a	5.651	12.079	29.9	99.2
061	O	98.7	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	6a	5.653	12.089	29.9	98.7
061	P	68.9	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	5a	5.656	12.033	29.7	68.8
061	Q	68.3	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.061.mes	4a	5.654	12.093	29.6	68.2
061	R	67.8	0.0235	0.405	5.636	12.081	16.05.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.061.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.061.mes	1a	5.653	12.071	29.5	67.8

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t GS [°C]	p(ü) GS [kPa]
063	A	139.0	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	25b	5.652	30.318	29.9	139.0
063	B	138.4	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.063.mes	24b	5.651	30.341	29.7	138.5
063	C	137.9	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	22b	5.651	30.343	29.5	137.9
063	D	136.3	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	21b	5.655	30.350	29.2	136.4
063	E	135.8	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.063.mes	20b	5.654	30.342	29.4	135.9
063	F	135.2	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	18b	5.653	30.347	29.6	135.2
063	G	127.1	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	17b	5.652	30.354	30.2	127.2
063	H	126.5	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.063.mes	13b	5.650	30.344	30.7	126.5
063	I	126.0	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	11b	5.650	30.313	30.8	125.9
063	J	116.8	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	10b	5.652	30.330	29.6	116.8
063	K	116.3	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.063.mes	9b	5.652	30.338	29.4	116.5
063	L	115.7	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	8b	5.652	30.343	29.2	115.6
063	M	97.9	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	7b	5.651	30.334	29.6	97.9
063	N	97.3	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.063.mes	6b	5.653	30.335	29.9	97.3
063	O	96.8	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	5b	5.648	30.336	30.2	96.8
063	P	65.8	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	4b	5.652	30.339	30.9	65.9
063	Q	65.3	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.063.mes	3b	5.652	30.339	30.7	65.4
063	R	64.7	0.0235	1.017	5.636	30.336	06.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.063.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.063.mes	1a	5.653	30.344	30.4	64.7
072	A	139.7	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	22	8.977	12.073	31.0	139.7
072	B	139.2	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.072.mes	19	8.981	12.088	30.8	139.2
072	C	138.7	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	18	8.983	12.071	30.8	138.6
072	D	137.2	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	17	8.981	12.091	30.7	136.9
072	E	136.7	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.072.mes	16	8.983	12.092	30.6	136.5
072	F	136.1	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	15	8.982	12.082	30.3	136.1
072	G	128.4	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	14	8.981	12.084	30.1	128.2
072	H	127.9	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.072.mes	13	8.981	12.080	30.0	127.6
072	I	127.4	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	12	8.981	12.084	29.9	127.2
072	J	118.7	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	11	8.981	12.064	29.8	118.7
072	K	118.2	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.072.mes	10	8.981	12.083	29.5	118.0
072	L	117.7	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	9	8.983	12.087	29.4	117.6
072	M	100.8	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	8	8.983	12.073	29.3	100.8
072	N	100.2	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.072.mes	6	8.983	12.083	29.1	100.2
072	O	99.7	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	5	8.983	12.068	29.0	99.7
072	P	70.4	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	4	8.979	12.087	30.7	70.6
072	Q	69.9	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.072.mes	3	8.982	12.076	30.4	70.1
072	R	69.3	0.0368	0.405	8.825	12.081	20.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.072.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.072.mes	2	8.982	12.090	30.2	69.0
074	A	139.1	0.0368	1.017	8.825	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	6	8.850	30.348	30.0	139.1
074	B	138.5	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.074.mes	27	8.982	30.349	30.1	138.5
074	C	138.0	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	25	8.981	30.339	29.8	137.8
074	D	136.4	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	24	8.982	30.353	29.5	136.2
074	E	135.9	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.074.mes	23	8.980	30.350	29.1	136.1
074	F	135.3	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	22	8.980	30.339	29.7	135.3
074	G	127.2	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	21	8.984	30.334	30.7	127.1
074	H	126.7	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.074.mes	20	8.983	30.344	30.4	126.6
074	I	126.1	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	19	8.981	30.332	30.2	126.1
074	J	117.1	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	17	8.984	30.333	29.9	117.3
074	K	116.6	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.074.mes	15	8.982	30.338	29.6	116.4
074	L	116.0	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	13	8.986	30.330	32.9	115.9
074	M	98.3	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	12	8.980	30.325	30.9	98.6
074	N	97.8	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.074.mes	10	8.981	30.341	30.6	97.8
074	O	97.2	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	9	8.984	30.348	30.5	97.1
074	P	66.5	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	8	8.983	30.334	30.1	66.6
074	Q	66.0	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.074.mes	7	8.981	30.325	29.5	66.1
074	R	65.4	0.0368	1.017	8.825	30.336	21.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.074.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.074.mes	6	8.984	30.320	29.2	65.3



Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t GS [°C]	p(ü) GS [kPa]
083	A	140.0	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	25	13.897	12.078	30.4	140.1
083	B	139.5	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.083.mes	24	13.896	12.085	30.4	139.6
083	C	139.0	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	22	13.896	12.072	30.3	138.8
083	D	137.6	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	21	13.898	12.072	30.2	137.7
083	E	137.0	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.083.mes	20	13.893	12.086	30.0	136.7
083	F	136.5	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	18	13.897	12.080	30.0	136.6
083	G	129.0	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	17	13.896	12.075	29.8	128.9
083	H	128.5	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.083.mes	16	13.896	12.079	30.7	128.6
083	I	128.0	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	14	13.897	12.075	30.5	128.0
083	J	119.6	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	13	13.898	12.079	30.5	119.4
083	K	119.1	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.083.mes	12	13.897	12.074	30.4	119.2
083	L	118.6	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	11	13.893	12.066	30.3	118.7
083	M	102.2	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	8	13.893	12.087	30.2	102.1
083	N	101.6	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.083.mes	6	13.894	12.073	30.2	101.6
083	O	101.1	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	5	13.894	12.074	30.1	101.3
083	P	72.6	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	4	13.895	12.104	29.4	72.6
083	Q	72.1	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.083.mes	2	13.894	12.080	29.4	71.8
083	R	71.6	0.0574	0.405	13.765	12.081	14.05.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.083.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.083.mes	1	13.891	12.088	29.3	71.4
085	A	139.2	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	41	13.898	30.346	30.6	139.3
085	B	138.7	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.085.mes	37	13.897	30.325	29.8	138.8
085	C	138.1	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	31	13.894	30.331	30.8	137.9
085	D	136.6	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	30	13.893	30.335	30.6	136.6
085	E	136.1	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.085.mes	25	13.893	30.329	30.1	136.2
085	F	135.5	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	24	13.894	30.323	29.9	135.6
085	G	127.6	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	19	13.892	30.347	29.6	127.5
085	H	127.0	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.085.mes	18	13.895	30.348	29.4	127.1
085	I	126.5	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	17	13.896	30.320	29.3	126.6
085	J	117.6	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	16	13.890	30.317	30.1	117.6
085	K	117.0	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.085.mes	15	13.896	30.320	30.0	116.9
085	L	116.5	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	14	13.894	30.347	29.8	116.2
085	M	99.0	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	13	13.895	30.341	29.1	98.9
085	N	98.5	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.085.mes	12	13.886	30.330	29.0	98.5
085	O	97.9	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	8	13.893	30.340	29.9	97.9
085	P	67.7	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	6	13.894	30.329	30.5	67.6
085	Q	67.2	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.085.mes	7	13.895	30.348	30.6	67.1
085	R	66.6	0.0574	1.017	13.765	30.336	05.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.085.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.085.mes	1	13.895	30.342	30.0	66.8
094	A	140.4	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	23	21.609	12.074	30.2	139.9
094	B	139.9	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.094.mes	21	21.592	12.070	30.2	140.0
094	C	139.5	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	20	21.608	12.085	30.0	140.0
094	D	138.1	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	19	21.593	12.082	29.9	138.1
094	E	137.6	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.094.mes	18	21.610	12.078	29.6	136.9
094	F	137.1	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	17	21.609	12.094	29.6	136.6
094	G	129.9	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	15	21.606	12.079	29.3	129.9
094	H	129.4	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.094.mes	14	21.609	12.074	29.2	130.0
094	I	128.9	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	13	21.610	12.071	29.1	129.3
094	J	120.9	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	12	21.608	12.074	29.0	121.0
094	K	120.4	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.094.mes	11	21.610	12.076	30.0	120.8
094	L	119.9	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	9	21.611	12.089	29.8	120.1
094	M	104.2	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	8	21.608	12.071	29.7	103.7
094	N	103.7	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.094.mes	6	21.610	12.068	29.5	103.3
094	O	103.2	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	7	21.609	12.080	29.6	103.2
094	P	75.9	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	5	21.606	12.097	29.4	75.9
094	Q	75.4	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.094.mes	3	21.608	12.086	29.1	75.6
094	R	75.0	0.0898	0.405	21.535	12.081	15.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.094.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.094.mes	1	21.608	12.084	29.1	74.9

Matrix- punkt	Höhen- position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t GS [°C]	p(ü) GS [kPa]
096	A	139.4	0.0898	1.017	21.535	30.336	15.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	3	21.605	30.330	30.4	139.4
096	B	138.9	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.096.mes	40	21.611	30.324	29.8	138.9
096	C	138.3	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	39	21.609	30.344	29.9	138.0
096	D	136.8	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	38	21.608	30.322	30.6	136.7
096	E	136.3	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.096.mes	36	21.609	30.332	30.4	136.2
096	F	135.8	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	34	21.607	30.324	29.9	135.6
096	G	128.0	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	33	21.609	30.339	29.6	128.0
096	H	127.5	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.096.mes	30	21.609	30.340	29.1	127.5
096	I	126.9	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	28	21.609	30.335	29.6	126.8
096	J	118.2	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	16	21.608	30.336	30.1	118.5
096	K	117.7	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.096.mes	15	21.609	30.336	29.9	117.5
096	L	117.2	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	14	21.610	30.350	29.8	117.1
096	M	100.1	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	10	21.607	30.336	30.7	100.2
096	N	99.6	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.096.mes	9	21.612	30.332	30.5	99.7
096	O	99.1	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	8	21.607	30.332	30.4	99.5
096	P	69.5	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	5	21.609	30.327	30.0	69.8
096	Q	68.9	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.096.mes	3	21.609	30.347	29.8	69.1
096	R	68.4	0.0898	1.017	21.535	30.336	19.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.096.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.096.mes	1	21.610	30.341	29.5	68.1
105	A	141.0	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	36	33.596	12.076	29.8	140.9
105	B	140.6	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.105.mes	34	33.595	12.082	29.7	140.6
105	C	140.1	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	33	33.595	12.085	29.6	140.3
105	D	138.8	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	31	33.594	12.081	29.5	138.4
105	E	138.3	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.105.mes	30	33.593	12.079	29.4	138.2
105	F	137.9	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	29	33.594	12.081	29.2	137.7
105	G	131.2	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	26	33.594	12.090	29.1	130.9
105	H	130.7	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.105.mes	25	33.598	12.087	29.0	130.8
105	I	130.2	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	23	33.592	12.085	29.1	130.4
105	J	122.7	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	17	33.593	12.069	30.1	122.8
105	K	122.3	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.105.mes	20	33.592	12.085	30.2	122.2
105	L	121.8	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	14	33.595	12.079	29.9	121.8
105	M	107.0	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	12	33.595	12.071	29.7	107.2
105	N	106.6	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.105.mes	9	33.594	12.078	29.5	106.6
105	O	106.1	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	8	33.595	12.079	29.5	106.3
105	P	80.5	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	3	33.591	12.085	29.2	80.5
105	Q	80.1	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.105.mes	2	33.592	12.080	29.1	80.1
105	R	79.6	0.1400	0.405	33.574	12.081	10.05.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.105.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.105.mes	1	33.592	12.088	29.1	79.6
107	A	139.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	33	33.592	30.337	30.5	139.4
107	B	139.2	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.107.mes	28	33.589	30.332	29.7	139.3
107	C	138.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	30	33.593	30.315	30.2	138.7
107	D	137.3	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	25	33.591	30.326	29.2	137.2
107	E	136.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.107.mes	24	33.592	30.329	29.0	136.7
107	F	136.2	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	21	33.593	30.340	28.9	136.2
107	G	128.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	18	33.592	30.328	30.8	128.9
107	H	128.2	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.107.mes	17	33.594	30.333	30.7	128.3
107	I	127.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	16	33.592	30.338	30.5	127.8
107	J	119.2	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	15	33.598	30.340	30.4	119.4
107	K	118.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.107.mes	14	33.590	30.327	30.3	118.6
107	L	118.2	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	13	33.589	30.334	30.2	118.2
107	M	101.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	11	33.592	30.339	30.0	101.4
107	N	101.2	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.107.mes	10	33.592	30.336	29.9	101.2
107	O	100.7	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	8	33.590	30.346	29.8	100.9
107	P	72.1	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	5	33.592	30.341	29.3	72.1
107	Q	71.5	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.107.mes	3	33.589	30.342	30.2	71.6
107	R	71.0	0.1400	1.017	33.574	30.336	04.06.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.107.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.107.mes	1	33.589	30.360	30.0	71.1

Matrix- punkt	Höhen- position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
111	A	143.9	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	22	52.525	1.208	30.3	143.5
111	B	143.5	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.111.mes	21	52.528	1.208	30.2	143.6
111	C	143.2	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	20	52.377	1.206	30.1	143.4
111	D	142.3	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	19	52.528	1.208	30.0	141.8
111	E	142.0	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.111.mes	18	52.538	1.207	30.0	142.5
111	F	141.7	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	17	52.473	1.209	29.9	141.1
111	G	137.1	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	16	52.535	1.208	29.8	137.0
111	H	136.7	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.111.mes	15	52.527	1.206	29.7	136.1
111	I	136.4	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	14	52.527	1.210	29.7	136.3
111	J	131.2	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	12	52.523	1.209	29.6	130.9
111	K	130.9	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.111.mes	11	52.517	1.207	29.5	131.0
111	L	130.6	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	9	52.477	1.209	29.4	130.6
111	M	120.4	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	7	52.535	1.210	29.2	120.9
111	N	120.1	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.111.mes	5	52.483	1.206	29.5	120.5
111	O	119.8	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	4	52.520	1.215	30.6	119.5
111	P	102.2	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	3	52.543	1.202	30.5	102.0
111	Q	101.8	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.111.mes	2	52.538	1.213	30.3	101.5
111	R	101.5	0.2190	0.041	52.519	1.208	09.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.111.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.111.mes	1	52.525	1.200	30.2	101.3
112	A	143.6	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	25	52.542	1.913	30.0	143.9
112	B	143.3	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.112.mes	24	52.538	1.912	29.9	143.2
112	C	143.0	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	23	52.535	1.910	29.9	143.4
112	D	142.1	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	22	52.535	1.913	29.9	142.0
112	E	141.7	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.112.mes	21	52.545	1.911	29.9	141.6
112	F	141.4	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	20	52.535	1.912	29.8	141.2
112	G	136.6	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	19	52.403	1.913	29.8	137.0
112	H	136.3	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.112.mes	18	52.545	1.913	29.8	136.7
112	I	136.0	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	17	52.537	1.912	29.8	136.0
112	J	130.6	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	15	52.530	1.914	29.8	130.6
112	K	130.3	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.112.mes	14	52.538	1.913	29.8	130.0
112	L	129.9	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	13	52.535	1.912	29.7	130.0
112	M	119.4	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	11	52.548	1.911	29.7	119.4
112	N	119.1	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.112.mes	9	52.523	1.914	29.7	118.9
112	O	118.8	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	5	52.485	1.912	29.7	119.0
112	P	100.6	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	3	52.542	1.909	29.7	100.6
112	Q	100.2	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.112.mes	2	52.538	1.915	29.7	100.0
112	R	99.9	0.2190	0.064	52.519	1.912	02.04.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.112.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.112.mes	1	52.515	1.906	29.6	99.7
113	A	143.3	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	28	52.523	3.043	30.6	143.0
113	B	143.0	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.113.mes	26	52.507	3.043	30.5	143.1
113	C	142.7	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	24	52.518	3.043	30.4	142.3
113	D	141.7	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	23	52.535	3.043	30.3	141.7
113	E	141.4	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.113.mes	20	52.525	3.042	30.2	141.3
113	F	141.0	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	18	52.523	3.043	30.1	140.8
113	G	136.0	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	17	52.522	3.041	30.0	136.2
113	H	135.7	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.113.mes	16	52.535	3.044	29.9	135.3
113	I	135.3	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	15	52.535	3.042	29.8	135.0
113	J	129.7	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	14	52.518	3.043	29.7	130.0
113	K	129.4	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.113.mes	13	52.532	3.041	29.6	129.2
113	L	129.0	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	12	52.532	3.044	29.3	128.9
113	M	118.0	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	11	52.522	3.044	30.1	118.6
113	N	117.7	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.113.mes	7	52.525	3.045	29.9	117.5
113	O	117.3	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	6	52.540	3.044	29.9	117.5
113	P	98.3	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	5	52.520	3.045	29.8	98.7
113	Q	97.9	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.113.mes	3	52.518	3.046	29.6	97.5
113	R	97.6	0.2190	0.102	52.519	3.043	29.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.113.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.113.mes	1	52.397	3.045	29.5	97.7

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
114	A	142.9	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	33	52.538	4.803	30.3	142.8
114	B	142.6	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.114.mes	31	52.522	4.801	30.2	142.3
114	C	142.2	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	30	52.540	4.802	30.1	141.9
114	D	141.2	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	29	52.533	4.801	30.0	141.4
114	E	140.8	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.114.mes	25	52.548	4.804	29.8	140.8
114	F	140.5	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	23	52.528	4.802	29.8	140.6
114	G	135.2	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	22	52.107	4.802	30.7	135.3
114	H	134.8	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.114.mes	19	52.528	4.802	30.6	134.8
114	I	134.4	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	18	52.527	4.803	30.4	134.5
114	J	128.5	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	17	52.527	4.802	30.4	128.5
114	K	128.1	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.114.mes	16	52.528	4.802	30.2	128.2
114	L	127.8	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	15	52.525	4.803	30.2	127.8
114	M	116.1	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	11	52.508	4.802	29.9	116.5
114	N	115.8	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.114.mes	10	52.248	4.803	29.8	115.8
114	O	115.4	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	9	52.518	4.802	29.8	115.5
114	P	95.2	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	3	52.518	4.802	29.5	95.5
114	Q	94.8	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.114.mes	2	52.537	4.801	29.3	94.8
114	R	94.5	0.2190	0.161	52.519	4.802	30.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.114.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.114.mes	1	52.527	4.803	29.2	94.1
115	A	142.4	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	26	52.543	7.610	30.2	142.2
115	B	142.0	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.115.mes	25	52.528	7.606	30.0	142.1
115	C	141.7	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	24	52.277	7.606	29.8	141.6
115	D	140.6	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	23	52.533	7.612	29.6	140.8
115	E	140.2	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.115.mes	21	52.537	7.622	29.5	139.9
115	F	139.8	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	20	52.523	7.629	29.1	140.1
115	G	134.1	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	19	52.542	7.603	30.4	134.2
115	H	133.7	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.115.mes	17	52.537	7.579	30.3	133.4
115	I	133.3	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	13	52.527	7.589	30.1	132.9
115	J	127.0	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	12	52.535	7.587	30.0	127.3
115	K	126.6	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.115.mes	11	52.547	7.586	30.0	126.9
115	L	126.2	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	9	52.523	7.599	29.8	126.3
115	M	113.7	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	8	52.538	7.600	29.6	114.3
115	N	113.3	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.115.mes	7	52.533	7.604	29.5	113.2
115	O	112.9	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	4	52.537	7.609	29.4	112.9
115	P	91.3	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	3	52.528	7.610	29.3	91.3
115	Q	90.9	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.115.mes	2	52.532	7.612	29.2	91.7
115	R	90.5	0.2190	0.255	52.519	7.606	16.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.115.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.115.mes	1	52.300	7.600	29.0	90.8
116	A	141.8	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	26	52.545	12.079	30.1	142.3
116	B	141.4	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.116.mes	25	52.553	12.068	30.0	141.0
116	C	141.0	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	24	52.557	12.075	29.9	141.3
116	D	139.8	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	21	52.553	12.063	29.7	139.6
116	E	139.4	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.116.mes	19	52.550	12.081	31.3	139.4
116	F	139.0	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	18	52.528	12.096	30.6	138.9
116	G	132.8	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	16	52.543	12.084	30.3	132.9
116	H	132.4	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.116.mes	15	52.533	12.079	30.2	132.8
116	I	132.0	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	14	52.548	12.081	30.2	132.1
116	J	125.1	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	12	52.535	12.077	30.1	125.2
116	K	124.7	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.116.mes	11	52.537	12.063	30.0	123.9
116	L	124.3	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	9	52.547	12.098	29.8	124.3
116	M	110.8	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	8	52.548	12.082	29.7	110.9
116	N	110.4	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.116.mes	7	52.548	12.071	29.6	110.0
116	O	110.0	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	6	52.548	12.063	29.5	109.8
116	P	86.7	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	4	52.558	12.086	29.3	86.9
116	Q	86.3	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.116.mes	3	52.523	12.082	29.2	86.1
116	R	85.8	0.2190	0.405	52.519	12.081	13.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.116.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.116.mes	2	52.515	12.078	29.1	85.6

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
117	A	141.1	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	26	52.527	19.128	29.9	141.0
117	B	140.6	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.117.mes	25	52.540	19.120	29.8	140.8
117	C	140.2	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	24	52.535	19.116	29.6	140.0
117	D	138.9	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	23	52.540	19.111	29.5	138.9
117	E	138.5	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.117.mes	22	52.542	19.139	29.4	138.5
117	F	138.0	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	20	52.538	19.117	29.0	137.8
117	G	131.4	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	19	52.535	19.127	29.3	131.6
117	H	130.9	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.117.mes	18	52.393	19.138	29.1	130.9
117	I	130.5	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	16	52.548	19.124	29.7	130.5
117	J	123.1	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	15	52.530	19.130	30.2	123.5
117	K	122.6	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.117.mes	12	52.373	19.113	30.1	122.5
117	L	122.2	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	11	52.525	19.137	30.0	122.2
117	M	107.6	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	10	52.545	19.117	29.8	107.8
117	N	107.2	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.117.mes	9	52.517	19.118	29.7	107.2
117	O	106.7	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	5	52.525	19.121	29.6	107.0
117	P	81.6	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	4	52.533	19.113	29.5	81.6
117	Q	81.1	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.117.mes	3	52.520	19.130	29.2	81.3
117	R	80.7	0.2190	0.641	52.519	19.120	14.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.117.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.117.mes	2	52.560	19.127	29.2	80.6
118	A	140.2	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	23	52.572	30.335	29.8	140.0
118	B	139.7	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.118.mes	22	52.557	30.328	30.7	139.4
118	C	139.2	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	20	52.155	30.330	30.3	138.9
118	D	137.8	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	19	52.557	30.349	30.0	137.6
118	E	137.3	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.118.mes	18	52.560	30.343	29.6	137.6
118	F	136.9	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	17	52.558	30.328	29.4	136.5
118	G	129.7	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	16	52.565	30.333	30.4	129.8
118	H	129.2	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.118.mes	15	52.552	30.331	30.1	129.2
118	I	128.7	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	14	52.552	30.315	29.9	128.8
118	J	120.7	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	13	52.557	30.346	29.7	121.2
118	K	120.2	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.118.mes	12	52.577	30.332	29.5	120.0
118	L	119.7	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	11	52.560	30.331	29.0	119.8
118	M	104.0	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	8	52.563	30.345	30.7	104.3
118	N	103.5	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.118.mes	7	52.568	30.342	30.7	103.5
118	O	103.1	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	5	52.553	30.348	30.5	103.1
118	P	75.9	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	3	52.555	30.330	29.7	75.8
118	Q	75.4	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.118.mes	2	52.535	30.330	29.5	75.4
118	R	74.9	0.2190	1.017	52.519	30.336	14.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.118.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.118.mes	1	52.567	30.335	29.3	75.2
119	A	138.9	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	32	52.540	48.040	30.6	138.7
119	B	138.4	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.119.mes	29	52.532	48.046	30.3	138.5
119	C	137.8	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	28	52.542	48.060	29.6	137.9
119	D	136.3	0.2190	1.611	52.519	48.054	15.06.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	21	52.488	48.045	30.6	136.2
119	E	135.8	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.119.mes	24	52.530	48.035	30.1	135.7
119	F	135.3	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	22	52.520	48.045	31.1	135.6
119	G	127.5	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	21	52.533	48.039	30.7	127.5
119	H	126.9	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.119.mes	20	52.520	48.069	30.3	126.8
119	I	126.4	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	19	52.527	48.047	29.9	126.1
119	J	117.7	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	16	52.528	48.054	29.3	117.5
119	K	117.1	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.119.mes	14	52.530	48.045	29.3	117.2
119	L	116.6	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	11	52.537	48.041	30.8	116.7
119	M	99.5	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	10	52.532	48.048	29.6	99.4
119	N	98.9	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.119.mes	8	52.527	48.026	29.2	99.1
119	O	98.4	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	7	52.518	48.042	29.4	98.4
119	P	68.7	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	4	52.527	48.046	30.2	68.5
119	Q	68.2	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.119.mes	3	52.447	48.044	29.7	68.3
119	R	67.6	0.2190	1.611	52.519	48.054	08.03.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.119.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.119.mes	2	52.532	48.067	29.4	67.6

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t GS [°C]	p(ü) GS [kPa]
127	A	142.8	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	25	81.927	12.076	30.5	142.6
127	B	142.4	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	24	81.932	12.077	30.4	142.8
127	C	142.0	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	23	81.910	12.076	30.4	142.1
127	D	141.0	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	22	81.908	12.085	30.3	141.2
127	E	140.6	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	21	81.913	12.076	30.3	140.7
127	F	140.3	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	20	81.908	12.079	30.2	140.5
127	G	134.9	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	19	81.908	12.070	30.1	134.5
127	H	134.5	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	18	81.918	12.095	30.1	134.4
127	I	134.1	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	17	81.920	12.102	30.0	134.2
127	J	128.1	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	13	81.920	12.076	29.7	128.6
127	K	127.7	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	12	81.898	12.079	29.7	127.6
127	L	127.4	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	11	81.918	12.077	29.6	127.8
127	M	115.5	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	10	81.918	12.068	29.5	115.7
127	N	115.2	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	9	81.900	12.082	29.5	115.6
127	O	114.8	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	8	81.903	12.080	29.4	115.1
127	P	94.3	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	7	81.905	12.089	29.3	94.1
127	Q	93.9	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	6	81.907	12.094	29.3	94.0
127	R	93.6	0.3420	0.405	82.016	12.081	23.04.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	2	81.903	12.071	29.3	93.7
127	P	94.3	0.3420	0.405	82.016	12.081	26.07.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	5	81.980	12.084	29.3	94.1
127	Q	93.9	0.3420	0.405	82.016	12.081	26.07.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.127.mes	2	82.002	12.089	29.2	93.7
127	R	93.6	0.3420	0.405	82.016	12.081	26.07.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.127.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.127.mes	4	82.020	12.076	29.3	93.5
129	A	140.8	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	30	81.963	30.334	30.4	140.6
129	B	140.4	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.129.mes	27	81.958	30.362	30.1	140.5
129	C	139.9	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	25	81.927	30.308	29.8	139.6
129	D	138.6	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	24	81.922	30.343	29.5	138.6
129	E	138.2	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.129.mes	22	81.953	30.355	29.4	138.3
129	F	137.7	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	21	81.953	30.323	29.7	137.7
129	G	131.1	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	20	81.952	30.351	30.3	131.7
129	H	130.6	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.129.mes	17	81.943	30.335	30.8	130.5
129	I	130.2	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	19	81.982	30.340	30.7	130.3
129	J	122.7	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	15	81.925	30.347	30.4	122.7
129	K	122.3	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.129.mes	14	81.943	30.320	30.1	122.5
129	L	121.8	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	13	81.955	30.356	29.9	122.1
129	M	107.2	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	12	81.943	30.332	29.6	107.6
129	N	106.8	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.129.mes	11	81.952	30.341	29.3	106.9
129	O	106.3	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	10	81.950	30.339	29.3	106.5
129	P	81.0	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	5	81.942	30.346	29.4	81.3
129	Q	80.6	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.129.mes	1	81.947	30.335	30.9	80.6
129	R	80.1	0.3420	1.017	82.016	30.336	21.05.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.129.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.129.mes	3	81.955	30.330	30.3	80.2
138	A	143.9	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	25	128.207	12.072	30.2	144.5
138	B	143.6	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.138.mes	24	128.243	12.065	30.2	144.8
138	C	143.3	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	23	128.078	12.082	30.1	142.9
138	D	142.4	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	22	127.953	12.073	30.1	142.8
138	E	142.1	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.138.mes	20	128.467	12.092	30.0	142.4
138	F	141.8	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	19	128.048	12.084	30.0	141.4
138	G	137.2	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	17	128.205	12.094	29.9	136.1
138	H	136.9	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.138.mes	16	128.060	12.073	29.8	136.6
138	I	136.6	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	15	128.190	12.088	29.7	136.1
138	J	131.5	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	14	127.130	12.087	29.6	132.1
138	K	131.2	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.138.mes	13	128.087	12.069	29.6	131.8
138	L	130.9	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	12	128.187	12.085	29.6	130.4
138	M	120.9	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	11	128.352	12.075	29.5	121.4
138	N	120.6	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.138.mes	10	128.250	12.088	29.5	120.8
138	O	120.3	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	9	128.242	12.082	29.5	120.3
138	P	103.0	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	6	128.227	12.080	29.2	102.9
138	Q	102.7	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.138.mes	5	127.975	12.091	29.2	102.9
138	R	102.4	0.5340	0.405	128.06	12.081	12.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.138.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.138.mes	2	128.233	12.076	29.2	102.6

Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
140	A	141.6	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_A_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_A_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	35	127.835	30.340	30.3	141.8
140	B	141.2	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.140.mes	32	127.535	30.324	29.8	141.1
140	C	140.8	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_C_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_C_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	30	127.492	30.316	29.5	140.8
140	D	139.7	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_D_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_D_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	28	127.488	30.327	30.3	140.3
140	E	139.3	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.140.mes	25	127.373	30.338	30.4	139.7
140	F	138.8	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_F_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_F_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	24	127.507	30.342	30.2	138.7
140	G	132.8	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_G_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_G_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	23	127.515	30.328	30.0	133.6
140	H	132.4	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.140.mes	22	127.370	30.348	29.8	132.5
140	I	132.0	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_I_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_I_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	20	127.502	30.338	29.6	132.0
140	J	125.3	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_J_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_J_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	19	127.433	30.320	29.4	125.3
140	K	124.9	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.140.mes	18	127.340	30.343	29.3	124.3
140	L	124.5	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_L_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_L_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	16	127.482	30.329	29.0	124.5
140	M	111.3	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_M_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_M_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	14	126.850	30.332	30.6	111.1
140	N	110.9	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.140.mes	13	127.375	30.320	30.4	110.8
140	O	110.5	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_O_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_O_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	12	127.525	30.342	30.0	109.6
140	P	87.7	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_P_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_P_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	10	127.465	30.336	29.7	87.3
140	Q	87.2	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.140.mes	9	127.463	30.329	29.7	87.3
140	R	86.8	0.5340	1.017	128.06	30.336	01.02.2007	L12_195_VGE_R_r01_t30_x.2x64x64.140.mes	L12_195_VGE_R_r01_t30_y.2x64x64.140.mes	5	127.378	30.321	29.5	86.8
149	A	145.0	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_AC_r01_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_AC_r01_t30_y.2x64x64.149.mes	16	200.045	12.089	29.7	144.9
149	B	144.8	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.149.mes	17	200.222	12.076	29.7	144.4
149	C	144.5	0.8350	0.405	200.24	12.081								
149	D	143.8	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_DF_r01_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_DF_r01_t30_y.2x64x64.149.mes	12	200.392	12.071	29.6	144.1
149	E	143.6	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.149.mes	13	200.297	12.088	29.6	143.7
149	F	143.3	0.8350	0.405	200.24	12.081								
149	G	139.7	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_GI_r01_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_GI_r01_t30_y.2x64x64.149.mes	9	200.443	12.073	29.5	139.3
149	H	139.4	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.149.mes	11	200.303	12.074	29.6	139.0
149	I	139.2	0.8350	0.405	200.24	12.081								
149	J	135.1	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_JL_r01_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_JL_r01_t30_y.2x64x64.149.mes	6	200.425	12.074	29.5	134.4
149	K	134.8	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.149.mes	7	200.015	12.077	29.5	135.7
149	L	134.6	0.8350	0.405	200.24	12.081								
149	M	126.6	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_MO_r01_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_MO_r01_t30_y.2x64x64.149.mes	4	200.030	12.080	29.3	126.8
149	N	126.3	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.149.mes	5	200.340	12.089	29.3	126.9
149	O	126.1	0.8350	0.405	200.24	12.081								
149	P	112.2	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_PR_r01_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_PR_r01_t30_y.2x64x64.149.mes	1	200.453	12.088	29.3	112.5
149	Q	111.9	0.8350	0.405	200.24	12.081	11.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.149.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.149.mes	2	200.207	12.087	29.3	111.9
149	R	111.7	0.8350	0.405	200.24	12.081								
151	A	142.6	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_AC_r01_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_AC_r01_t30_y.2x64x64.151.mes	23	200.235	30.327	30.1	142.9
151	B	142.2	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.151.mes	24	199.980	30.336	30.1	142.3
151	C	141.9	0.8350	1.017	200.24	30.336								
151	D	140.9	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_DF_r01_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_DF_r01_t30_y.2x64x64.151.mes	19	200.428	30.332	29.6	140.8
151	E	140.5	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.151.mes	20	200.292	30.331	29.7	140.4
151	F	140.2	0.8350	1.017	200.24	30.336								
151	G	134.9	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_GI_r01_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_GI_r01_t30_y.2x64x64.151.mes	15	200.342	30.336	29.3	134.4
151	H	134.6	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.151.mes	17	200.745	30.341	29.4	134.8
151	I	134.2	0.8350	1.017	200.24	30.336								
151	J	128.4	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_JL_r01_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_JL_r01_t30_y.2x64x64.151.mes	11	200.008	30.338	30.7	128.3
151	K	128.0	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.151.mes	14	199.973	30.337	30.7	128.2
151	L	127.6	0.8350	1.017	200.24	30.336								
151	M	116.2	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_MO_r01_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_MO_r01_t30_y.2x64x64.151.mes	6	199.977	30.330	30.2	116.5
151	N	115.8	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.151.mes	8	200.315	30.331	30.4	115.8
151	O	115.4	0.8350	1.017	200.24	30.336								
151	P	95.5	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_PR_r01_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_PR_r01_t30_y.2x64x64.151.mes	1	200.410	30.306	29.9	95.6
151	Q	95.2	0.8350	1.017	200.24	30.336	15.05.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.151.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.151.mes	3	200.085	30.347	30.1	95.4
151	R	94.8	0.8350	1.017	200.24	30.336								

Matrix- punkt	Höhen- position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)				
											V <sub>Gas</sub> [m <sup>3</sup> /h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]	
160	A	146.1	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_AC_r01_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_AC_r01_t30_y.2x64x64.160.mes	11b	310.595	12.066	29.7	146.1	
160	B	145.9	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.160.mes	12b	312.612	12.083	29.7	145.2	
160	C	145.7	1.3050	0.405	312.95	12.081									
160	D	145.2	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_DF_r01_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_DF_r01_t30_y.2x64x64.160.mes	9b	310.645	12.059	29.5	145.4	
160	E	145.0	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.160.mes	10b	312.580	12.076	29.6	144.7	
160	F	144.8	1.3050	0.405	312.95	12.081									
160	G	142.0	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_GI_r01_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_GI_r01_t30_y.2x64x64.160.mes	6b	310.570	12.057	29.5	142.3	
160	H	141.8	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.160.mes	7b	312.848	12.072	29.5	143.1	
160	I	141.6	1.3050	0.405	312.95	12.081									
160	J	138.4	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_JL_r01_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_JL_r01_t30_y.2x64x64.160.mes	4b	310.622	12.073	29.4	138.7	
160	K	138.2	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.160.mes	5b	312.528	12.072	29.4	138.9	
160	L	138.0	1.3050	0.405	312.95	12.081									
160	M	131.8	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_MO_r01_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_MO_r01_t30_y.2x64x64.160.mes	1a	311.982	12.061	29.3	130.3	
160	N	131.6	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.160.mes	2a	312.797	12.080	29.3	132.0	
160	O	131.5	1.3050	0.405	312.95	12.081									
160	P	120.7	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_PR_r01_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_PR_r01_t30_y.2x64x64.160.mes	4a	312.308	12.065	29.3	119.0	
160	Q	120.5	1.3050	0.405	312.95	12.081	30.01.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.160.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.160.mes	3b	312.812	12.087	29.3	119.0	
160	R	120.3	1.3050	0.405	312.95	12.081									
162	A	143.6	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_AC_r01_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_AC_r01_t30_y.2x64x64.162.mes	14	312.727	30.325	30.1	144.0	
162	B	143.3	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.162.mes	15	312.758	30.327	30.1	143.5	
162	C	143.0	1.3050	1.017	312.95	30.336									
162	D	142.2	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_DF_r01_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_DF_r01_t30_y.2x64x64.162.mes	11	311.215	30.327	29.7	141.2	
162	E	141.9	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.162.mes	12	312.800	30.336	29.8	142.2	
162	F	141.6	1.3050	1.017	312.95	30.336									
162	G	137.2	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_GI_r01_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_GI_r01_t30_y.2x64x64.162.mes	9	312.497	30.324	29.4	136.0	
162	H	136.9	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.162.mes	10	312.530	30.322	29.6	135.6	
162	I	136.6	1.3050	1.017	312.95	30.336									
162	J	131.6	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_JL_r01_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_JL_r01_t30_y.2x64x64.162.mes	7	312.223	30.325	29.5	131.5	
162	K	131.3	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.162.mes	8	312.765	30.328	29.6	132.4	
162	L	131.0	1.3050	1.017	312.95	30.336									
162	M	121.4	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_MO_r01_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_MO_r01_t30_y.2x64x64.162.mes	5	312.158	30.311	29.3	122.8	
162	N	121.1	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.162.mes	6	312.508	30.327	29.4	120.7	
162	O	120.8	1.3050	1.017	312.95	30.336									
162	P	104.0	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_PR_r01_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_PR_r01_t30_y.2x64x64.162.mes	2	312.452	30.299	29.1	103.8	
162	Q	103.7	1.3050	1.017	312.95	30.336	29.01.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.162.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.162.mes	4	312.748	30.335	29.2	102.2	
162	R	103.4	1.3050	1.017	312.95	30.336									
171	A	147.0	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	B	146.9	2.0380	0.405	488.74	12.081	02.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.171.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.171.mes	22	485.362	12.054	29.9	146.6	
171	C	146.7	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	D	146.3	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	E	146.2	2.0380	0.405	488.74	12.081	02.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.171.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.171.mes	17	485.303	12.068	29.7	145.6	
171	F	146.0	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	G	143.9	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	H	143.8	2.0380	0.405	488.74	12.081	02.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.171.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.171.mes	16	485.767	12.090	29.7	143.3	
171	I	143.6	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	J	141.2	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	K	141.1	2.0380	0.405	488.74	12.081	02.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.171.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.171.mes	9	485.220	12.067	29.6	142.0	
171	L	140.9	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	M	136.3	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	N	136.1	2.0380	0.405	488.74	12.081	02.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.171.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.171.mes	8	485.835	12.092	29.6	134.7	
171	O	136.0	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	P	127.9	2.0380	0.405	488.74	12.081									
171	Q	127.8	2.0380	0.405	488.74	12.081	02.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.171.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.171.mes	2	485.825	12.093	29.6	127.9	
171	R	127.6	2.0380	0.405	488.74	12.081									



Matrix-punkt	Höhen-position	Druck am GS (ü) PI4-07 [kPa]	J <sub>Gas</sub> [m/s] Einspeisung	J <sub>Wasser</sub> [m/s]	V <sub>Gas</sub> [nm³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	Datum	File 1 (x)	File 2 (y)	DIAdem	Betriebsdaten (Mittelwerte über 10 s)			
											V <sub>Gas</sub> [m³/h]	m <sub>Wasser</sub> [kg/s]	t <sub>GS</sub> [°C]	p(ü) GS [kPa]
173	A	144.6	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	B	144.3	2.0380	1.017	488.74	30.336	02.02.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.173.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.173.mes	21	485.818	30.361	29.9	143.0
173	C	144.1	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	D	143.4	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	E	143.1	2.0380	1.017	488.74	30.336	02.02.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.173.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.173.mes	19	485.313	30.323	29.8	143.1
173	F	142.9	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	G	139.3	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	H	139.0	2.0380	1.017	488.74	30.336	02.02.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.173.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.173.mes	12	485.790	30.350	29.8	138.4
173	I	138.8	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	J	134.7	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	K	134.5	2.0380	1.017	488.74	30.336	02.02.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.173.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.173.mes	10	485.318	30.338	29.7	134.9
173	L	134.2	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	M	126.3	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	N	126.1	2.0380	1.017	488.74	30.336	02.02.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.173.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.173.mes	6	485.293	30.314	29.8	126.5
173	O	125.8	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	P	112.1	2.0380	1.017	488.74	30.336								
173	Q	111.8	2.0380	1.017	488.74	30.336	02.02.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.173.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.173.mes	4	485.285	30.345	29.7	111.6
173	R	111.6	2.0380	1.017	488.74	30.336								
182	A	147.7	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	B	147.5	3.1850	0.405	763.80	12.081	26.01.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.182.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.182.mes	7b	763.957	12.096	29.3	148.5
182	C	147.4	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	D	147.1	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	E	147.0	3.1850	0.405	763.80	12.081	26.01.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.182.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.182.mes	6b	763.887	12.059	29.4	147.7
182	F	146.9	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	G	145.3	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	H	145.2	3.1850	0.405	763.80	12.081	26.01.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.182.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.182.mes	1b	763.923	12.086	30.0	145.8
182	I	145.1	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	J	143.3	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	K	143.2	3.1850	0.405	763.80	12.081	26.01.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.182.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.182.mes	10a	763.953	12.088	29.1	143.0
182	L	143.1	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	M	139.6	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	N	139.5	3.1850	0.405	763.80	12.081	26.01.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.182.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.182.mes	6a	763.763	12.078	29.4	139.2
182	O	139.4	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	P	133.4	3.1850	0.405	763.80	12.081								
182	Q	133.3	3.1850	0.405	763.80	12.081	26.01.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.182.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.182.mes	5a	764.033	12.051	30.0	133.2
182	R	133.2	3.1850	0.405	763.80	12.081								
184	A	145.3	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	B	145.1	3.1850	1.017	763.80	30.336	26.01.2007	L12_195_VGE_B_r04_t30_x.2x64x64.184.mes	L12_195_VGE_B_r04_t30_y.2x64x64.184.mes	8b	763.653	30.336	29.5	147.1
184	C	144.9	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	D	144.3	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	E	144.1	3.1850	1.017	763.80	30.336	26.01.2007	L12_195_VGE_E_r04_t30_x.2x64x64.184.mes	L12_195_VGE_E_r04_t30_y.2x64x64.184.mes	3b	763.920	30.349	30.0	145.4
184	F	143.9	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	G	140.9	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	H	140.7	3.1850	1.017	763.80	30.336	26.01.2007	L12_195_VGE_H_r04_t30_x.2x64x64.184.mes	L12_195_VGE_H_r04_t30_y.2x64x64.184.mes	2b	763.817	30.330	30.0	140.9
184	I	140.5	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	J	137.2	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	K	137.0	3.1850	1.017	763.80	30.336	26.01.2007	L12_195_VGE_K_r04_t30_x.2x64x64.184.mes	L12_195_VGE_K_r04_t30_y.2x64x64.184.mes	9a	763.763	30.307	29.3	138.4
184	L	136.8	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	M	130.4	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	N	130.2	3.1850	1.017	763.80	30.336	26.01.2007	L12_195_VGE_N_r04_t30_x.2x64x64.184.mes	L12_195_VGE_N_r04_t30_y.2x64x64.184.mes	8a	763.580	30.328	29.4	130.4
184	O	130.0	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	P	118.8	3.1850	1.017	763.80	30.336								
184	Q	118.6	3.1850	1.017	763.80	30.336	26.01.2007	L12_195_VGE_Q_r04_t30_x.2x64x64.184.mes	L12_195_VGE_Q_r04_t30_y.2x64x64.184.mes	4a	763.697	30.325	30.4	118.6
184	R	118.4	3.1850	1.017	763.80	30.336								

# **Anhang V**

## **Kalibrierprotokolle**

POLYNOMIAL FUNCTIONS

== Calculation method ==

The polynomial functions are calculated using the collection of measuring points listed in the results on the calibration certificate as a source, excluding the result at zero flow (0%).

The "Least Square method" is used for the polynomial fit, resulting in a polynomial of the 3rd degree that will accurately describe the calibration curve.

== Identifications ==

Serial number : M1206151A  
 Model number : F-106CI-FZD-03-V  
 Certificate no. : BHTG04/387873  
 Flow (\*) : 1000 m3n/h AiR *(FIC 4-10)*

== Polynomial description ==

Scaled polynomial for flow :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Scaled polynomial for setpoint (only applicable for controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which: x = output signal [mA]  
 y = flow [m3n/h]  
 z = setpoint signal [mA]  
 A / H = calculated parameters

Unscaled polynomial for flow (only applicable for FLOW-BUS devices) :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Unscaled polynomial for setpoint (only applicable for FLOW-BUS controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which: x = output signal [%FS/100]  
 y = flow [%FS/100]  
 z = setpoint signal [%FS/100]  
 A / H = calculated parameters

== Calculated polynomial parameters ==

Scaled polynomial:		Unscaled polynomial:	
A = -2.4012E+02	E = +4.0057E+00	A = -3.0726E - 04	E = +3.5784E - 04
B = +5.8618E+01	F = +1.6347E - 02	B = +9.7793E - 01	F = +1.0217E+00
C = +3.7567E - 01	G = -1.0136E - 06	C = +6.3994E - 02	G = -6.3348E - 02
D = -1.0474E - 02	H = +6.8095E - 10	D = -4.2903E - 02	H = +4.2559E - 02

== Notes ==

\* Reference conditions of flow unit: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

---

**CALIBRATION CERTIFICATE**

---

We herewith certify that the instrument mentioned below has been calibrated in accordance with the stated values and conditions. The calibration standards used are traceable to national standards of the Dutch Weights & Measures (NMI).

== Identifications ==

	<u>Calibrated Instrument</u>	<u>Calibration Standard</u>
Type :	Flow meter	Turbine meter
Serial number :	M1206151A	80038
Model number :	F-106CI-FZD-03-V	FTM T-1600-TD
Certificate no. :	BHTG04/387873	NMi/G1S3760

*F104-10*

== Conditions ==

	<u>Customer</u>		<u>Calibration</u>
Fluid :	AiR	Fluid :	AiR
Pressure :	5.5 bar (g)	Pressure :	0.0 bar (g)
Temperature :	15..25 °C	Temperature :	20.9 °C
Flow (*) :	1000 m3n/h	Room temperature :	20.9 °C
Output range :	4 - 20 mA	Atm. pressure :	1003 hPa

== Results ==

Nominal Flow Setting	Calibrated Output Signal	Customer Flow(*)	
0.0 %	4.032 mA	0.0000	m3n/h
10.0 %	5.601 mA	98.01	m3n/h
20.0 %	7.201 mA	197.8	m3n/h
40.0 %	10.402 mA	398.4	m3n/h
60.0 %	13.599 mA	600.0	m3n/h
80.0 %	16.804 mA	801.5	m3n/h
95.0 %	19.078 mA	942.1	m3n/h

== Notes ==

\* Reference conditions of flow units: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

Maximum calibrated flow is 95%.

Calibrator : H.V.

Date : 02-10-2006

Signed : .....

QC : .....

**POLYNOMIAL FUNCTIONS**

== Calculation method ==

The polynomial functions are calculated using the collection of measuring points listed in the results on the calibration certificate as a source, excluding the result at zero flow (0%).

The "Least Square method" is used for the polynomial fit, resulting in a polynomial of the 3rd degree that will accurately describe the calibration curve.

== Identifications ==

Serial number : M1206032A  
 Model number : F-206BI-FGD-99-V  
 Certificate no. : BHTG04/388850  
 Flow (\*) : 500 m<sup>3</sup>/h Air *(FIC 4-11)*

== Polynomial description ==

Scaled polynomial for flow :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Scaled polynomial for setpoint (only applicable for controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which: x = output signal [mA]  
 y = flow [m<sup>3</sup>/h]  
 z = setpoint signal [mA]  
 A / H = calculated parameters

Unscaled polynomial for flow (only applicable for FLOW-BUS devices) :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Unscaled polynomial for setpoint (only applicable for FLOW-BUS controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which: x = output signal [%FS/100]  
 y = flow [%FS/100]  
 z = setpoint signal [%FS/100]  
 A / H = calculated parameters

== Calculated polynomial parameters ==

Scaled polynomial:		Unscaled polynomial:	
A = -9.5306E+01	E = +3.9682E+00	A = +2.1354E - 03	E = -1.9882E - 03
B = +1.9912E+01	F = +3.5682E - 02	B = +8.8605E - 01	F = +1.1151E+00
C = +1.1916E+00	G = -2.5106E - 05	C = +3.8531E - 01	G = -3.9228E - 01
D = -3.6590E - 02	H = +3.9282E - 08	D = -2.9974E - 01	H = +3.0689E - 01

== Notes ==

\* Reference conditions of flow unit: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

CALIBRATION CERTIFICATE

We herewith certify that the instrument mentioned below has been calibrated in accordance with the stated values and conditions. The calibration standards used are traceable to national standards of the Dutch Weights & Measures (NMI).

== Identifications ==

	Calibrated Instrument	Calibration Standard
Type :	Flow controller	Turbine meter
Serial number :	M1206032A	80038
Model number :	F-206BI-FGD-99-V	FTM T-1600-TD
Certificate no. :	BHTG04/388850	NMI/G1S3760

*FIC 4-11*

== Conditions ==

	Customer		Calibration
Fluid :	AiR	Fluid :	AiR
Pressure :	5.5 bar (g)	Pressure :	0.0 bar (g)
Temperature :	15..25 °C	Temperature :	22.9 °C
Flow (*) :	500 m3n/h	Room temperature :	22.9 °C
Output range :	4 - 20 mA	Atm. pressure :	1007 hPa

== Results ==

Nominal Flow Setting	Calibrated Output Signal	Customer Flow(*)	
0.0 %	4.032 mA	0.0000	m3n/h
10.0 %	5.596 mA	46.67	m3n/h
20.0 %	7.198 mA	96.78	m3n/h
40.0 %	10.399 mA	199.2	m3n/h
60.0 %	13.597 mA	303.4	m3n/h
80.0 %	16.804 mA	402.9	m3n/h
90.0 %	18.400 mA	446.2	m3n/h

== Notes ==

\* Reference conditions of flow units: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

Maximum calibrated flow is 90%.

Calibrator : H.V.

Date : 04-10-2006

Signed : .....

QC : .....

POLYNOMIAL FUNCTIONS

== Calculation method ==

The polynomial functions are calculated using the collection of measuring points listed in the results on the calibration certificate as a source, excluding the result at zero flow (0%).

The "Least Square method" is used for the polynomial fit, resulting in a polynomial of the 3rd degree that will accurately describe the calibration curve.

== Identifications ==

Serial number : M1206032B  
 Model number : F-203AC-FGB-44-V  
 Certificate no. : BHTG22/384269  
 Flow (\*) : 50 m3n/h AiR (FIC 4-12)

== Polynomial description ==

Scaled polynomial for flow :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Scaled polynomial for setpoint (only applicable for controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which: x = output signal [mA]  
 y = flow [m3n/h]  
 z = setpoint signal [mA]  
 A / H = calculated parameters

Unscaled polynomial for flow (only applicable for FLOW-BUS devices) :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Unscaled polynomial for setpoint (only applicable for FLOW-BUS controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which: x = output signal [%FS/100]  
 y = flow [%FS/100]  
 z = setpoint signal [%FS/100]  
 A / H = calculated parameters

== Calculated polynomial parameters ==

Scaled polynomial:		Unscaled polynomial:	
A = -1.4008E+01	E = +4.0280E+00	A = -2.2335E-03	E = +1.7476E-03
B = +3.6846E+00	F = +3.0453E-01	B = +1.0538E+00	F = +9.5167E-01
C = -5.9982E-02	G = +1.1509E-03	C = -1.9394E-01	G = +1.7983E-01
D = +1.8419E-03	H = -1.8030E-05	D = +1.5089E-01	H = -1.4086E-01

== Notes ==

\* Reference conditions of flow unit: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

---

**CALIBRATION CERTIFICATE**

---

We herewith certify that the instrument mentioned below has been calibrated in accordance with the stated values and conditions. The calibration standards used are traceable to national standards of the Dutch Weights & Measures (NMI).

== Identifications ==

	<u>Calibrated Instrument</u>	<u>Calibration Standard</u>
Type :	Flow controller	Rotor meter
Serial number :	M1206032B	80236
Model number :	F-203AC-FGB-44-V	FRM R-100-TD
Certificate no. :	BHTG22/384269	Nmi/G1S3283

*F104-12*

== Conditions ==

	<u>Customer</u>		<u>Calibration</u>
Fluid :	AiR	Fluid :	AiR
Pressure :	5.5 bar (g)	Pressure :	6.5 bar (a)
Temperature :	15..25 °C	Temperature :	23.5 °C
Flow (*) :	50 m3n/h	Room temperature :	23.5 °C
Output range :	4 - 20 mA	Atm. pressure :	1005 hPa

== Results ==

Nominal Flow Setting	Calibrated Output Signal	Customer Flow(*)	
0.0 %	4.032 mA	0.0000	m3n/h
10.0 %	5.606 mA	5.079	m3n/h
20.0 %	7.201 mA	10.12	m3n/h
40.0 %	10.401 mA	19.88	m3n/h
60.0 %	13.602 mA	29.66	m3n/h
80.0 %	16.802 mA	39.70	m3n/h
100.0 %	20.001 mA	50.43	m3n/h

== Notes ==

\* Reference conditions of flow units: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

Calibrator : M.Se.

Date : 15-09-2006

Signed : 

QC : 



**POLYNOMIAL FUNCTIONS**

## == Calculation method ==

The polynomial functions are calculated using the collection of measuring points listed in the results on the calibration certificate as a source, excluding the result at zero flow (0%).

The "Least Square method" is used for the polynomial fit, resulting in a polynomial of the 3rd degree that will accurately describe the calibration curve.

## == Identifications ==

Serial number : M1206032C  
 Model number : F-202AC-FGB-33-V  
 Certificate no. : WAGNER/012943  
 Flow (\*) : 5 m<sup>3</sup>/h AiR

*(FIC 4-13)*

## == Polynomial description ==

Scaled polynomial for flow :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Scaled polynomial for setpoint (only applicable for controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which:  $x =$  output signal [mA]  
 $y =$  flow [m<sup>3</sup>/h]  
 $z =$  setpoint signal [mA]  
 A / H = calculated parameters

Unscaled polynomial for flow (only applicable for FLOW-BUS devices) :  $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3$   
 Unscaled polynomial for setpoint (only applicable for FLOW-BUS controllers) :  $z = E + Fy + Gy^2 + Hy^3$

in which:  $x =$  output signal [%FS/100]  
 $y =$  flow [%FS/100]  
 $z =$  setpoint signal [%FS/100]  
 A / H = calculated parameters

## == Calculated polynomial parameters ==

Scaled polynomial:		Unscaled polynomial:	
A = -1.4053E +00	E = +4.0310E +00	A = -2.1057E -03	E = +1.9405E -03
B = +3.6894E -01	F = +3.0160E +00	B = +1.0597E +00	F = +9.4251E -01
C = -5.7328E -03	G = +1.1765E -01	C = -1.8998E -01	G = +1.8382E -01
D = +1.6851E -04	H = -1.7083E -02	D = +1.3805E -01	H = -1.3346E -01

## == Notes ==

\* Reference conditions of flow unit: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

## CALIBRATION CERTIFICATE

We herewith certify that the instrument mentioned below has been calibrated in accordance with the stated values and conditions. The calibration standards used are traceable to national standards of the Dutch Weights & Measures (NMI).

### Identifications

	<u>Calibrated Instrument</u>	<u>Calibration Standard</u>
Type :	Flow controller	Rotor meter
Serial number :	M1206032C	9721314D
Model number :	F-202AC-FGB-33-V	FRM R-025-TD
Certificate no. :	WAGNER/012943	NMi/G1S5817

FIC 4-13

### Conditions

	<u>Customer</u>		<u>Calibration</u>
Fluid :	AiR	Fluid :	AiR
Pressure :	5.5 bar (g)	Pressure :	4.0 bar (g)
Temperature :	25 °C	Temperature :	22.2 °C
Flow (*) :	5 m3n/h	Room temperature :	22.2 °C
Output range :	4 - 20 mA	Atm. pressure :	1009 hPa

### Results

Nominal Flow Setting	Calibrated Output Signal	Customer Flow(*)
0.0 %	4.032 mA	0.0000 m3n/h
10.0 %	5.600 mA	0.5093 m3n/h
20.0 %	7.200 mA	1.019 m3n/h
40.0 %	10.400 mA	2.000 m3n/h
60.0 %	13.600 mA	2.975 m3n/h
80.0 %	16.800 mA	3.975 m3n/h
100.0 %	20.000 mA	5.028 m3n/h

### Notes

\* Reference conditions of flow units: 0.00 °C, 1013.25 hPa (a).

Calibrator : F.J.

Date : 10/10/2006

Signed : .....

QC : .....

Messumformer-Typ:	Smar LD 301
Serien-Nr.:	51131
Serien-Nr.Messzelle:	60906
Messbereich:	-2486,42 kPa bis 2486,42 kPa
Messgrenze (Untere/Obere):	-2486,42 kPa / 2486,42 kPa
Messspanne (Min/Max)	62,16 kPa bis 2486,42
Eingestellter Messanfang:	0,00 kPa
Eingestelltes Messende:	250,0 kPa
Eingestellte Messspanne:	250,0 kPa
Ausgangssignal:	4-20 mA linear
Gerätebezeichnung:	<b>PI 4-07.1</b>
Vergleichsgerät/Messgerät/Gerätenummer:	UNOMAT MCX/1910
Vergleichsgerät/Druckmodul/Gerätenumm	MCX-PM/1194
Kalibrierdatum:Vergleichsgerät	20.06.2006

Ausgang: 4-20 mA (2...10VDC über 220 Ω Prüfwiderstand)

Prüf- Druck kPa	Prüf- Druck %	Soll mA	Ist mA	Messabweichung %
0,000	0	4,000	4,051	1,28
50,000	20	7,200	7,231	0,43
100,000	40	10,400	10,440	0,38
150,000	60	13,600	13,645	0,33
200,000	80	16,800	16,834	0,20
250,000	100	20,000	19,956	-0,22

Prüf- Druck kPa	Prüf- Druck %	Soll mA	Ist mA	Messabweichung %
250,000	100	20,000	19,947	-0,27
200,000	80	16,800	16,822	0,13
150,000	60	13,600	13,641	0,30
100,000	40	10,400	10,425	0,24
50,000	20	7,200	7,241	0,57
0,000	0	4,000	4,062	1,55

Kalibrierdatum: 07.02.2007  
 Kalibriert von: Lindner,Klaus  
 Bemerkung:

Messaufnehmer	Thermoelement Typ K
Serien-Nr.:	<b>367</b>
Messbereich:	-270°C bis +1200°C
Messstellenbezeichnung:	<b>TI 4-08</b>
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	Metallblockkalibrator Jupiter 650SN / 181031/2
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	Platinthermoelement / 181031/2
Kalibrierdatum:Vergleichsgerät-Temperatur	10.10.2006
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	MCX / 1910
Kalibrierdatum:Vergleichsgerät-Temperatur	20.06.2006
Analog / Digitalwandler	PhoenixContact IB IL TEMP 2 UTH / 33268369
Kalibrierdatum:Vergleichsgerät-Temperatugeber	20.06.2006

Thermoelement			Analog/Digitalwandler			max. Ab- weichung
Temperatur in °C			Temperatur in °C			
Soll	Ist	Differenz	Soll	Ist	Differenz	°C
50,0	49,9	-0,1	50,0	49,6	-0,4	-0,5
100,0	100,2	0,2	100,0	99,7	-0,3	-0,1
150,0	150,2	0,2	150,0	149,9	-0,1	0,1
200,0	200,0	0,0	200,0	200,1	0,1	0,1
250,0	250,2	0,2	250,0	250,1	0,1	0,3
300,0	300,1	0,1	300,0	300,2	0,2	0,3

Kalibrierdatum: A/D Wandler 18.10.2006  
 Kalibrierdatum:Thermoelemen 18.10.2006

Kalibriert von: Lindner,Klaus  
 Bemerkung:

Messaufnehmer	Thermoelement Typ K
Serien-Nr.:	<b>897</b>
Messbereich:	-270°C bis +1200°C
Messstellenbezeichnung:	<b>TI 4-410</b>
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	Metallblockkalibrator Jupiter 650SN / 181031/2
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	Platinthermoelement / 181031/2
Kalibrierdatum: Vergleichsgerät-Temperatur	10.10.2006
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	MCX / 1910
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	20.06.2006
Analog / Digitawandler	PhoenixContact IB IL TEMP 2 UTH / 33277813

Thermoelement gemeinsam mit  
Analog/Digitalwandler

Temperatur in °C		
Soll	Ist	Differenz
35,0	35,0	0,0
40,0	40,0	0,0
50,0	50,0	0,0

max. Ab-  
weichung

°C
0,0
0,0
0,0

Kalibrierdatum: A/D Wandler  
Kalibrierdatum: Thermoelement

16.11.2006

Kalibriert von: Lindner, Klaus  
Bemerkung:

Messaufnehmer	Thermoelement Typ K
Serien-Nr.:	<b>873</b>
Messbereich:	-270°C bis +1200°C
Messstellenbezeichnung:	<b>TI 4-411</b>
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	Metallblockkalibrator Jupiter 650SN / 181031/2
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	Platinthermoelement / 181031/2
Kalibrierdatum: Vergleichsgerät-Temperatur	10.10.2006
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	MCX / 1910
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	20.06.2006
Analog / Digitawandler	PhoenixContact IB IL TEMP 2 UTH / 33277486

Thermoelement gemeinsam mit  
Analog/Digitalwandler

max. Ab-  
weichung

Temperatur in °C			°C
Soll	Ist	Differenz	
35,0	35,0	0,0	0,0
40,0	40,0	0,0	0,0
50,0	50,0	0,0	0,0

Kalibrierdatum: A/D Wandler                      16.11.2006  
Kalibrierdatum: Thermoelement

Kalibriert von:                                      Lindner, Klaus  
Bemerkung:

Messaufnehmer	Thermoelement Typ K
Serien-Nr.:	<b>895</b>
Messbereich:	-270°C bis +1200°C
Messstellenbezeichnung:	<b>TI 4-412</b>
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	Metallblockkalibrator Jupiter 650SN / 181031/2
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	Platinthermoelement / 181031/2
Kalibrierdatum: Vergleichsgerät-Temperatur	10.10.2006
Vergleichsgerät: Temperaturgeber/Gerätenummer	MCX / 1910
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	20.06.2006
Analog / Digitawandler	PhoenixContact IB IL TEMP 2 UTH / 33277486

Thermoelement gemeinsam mit  
Analog/Digitalwandler

max. Ab-  
weichung

Temperatur in °C			°C
Soll	Ist	Differenz	
35,0	35,1	0,1	0,1
40,0	39,9	-0,1	-0,1
50,0	49,9	-0,1	-0,1

Kalibrierdatum: A/D Wandler                      16.11.2006  
Kalibrierdatum: Thermoelement

Kalibriert von:                                      Lindner, Klaus  
Bemerkung:

Messaufnehmer	Thermoelement Typ K
Serien-Nr.:	<b>894</b>
Messbereich:	-270°C bis +1200°C
Messstellenbezeichnung:	<b>TI 4-413</b>
Vergleichsgerät: Temperatugeber/Gerätenummer	Metallblockkalibrator Jupiter 650SN / 181031/2
Vergleichsgerät: Thermometer/Gerätenummer	Platinthermoelement / 181031/2
Kalibrierdatum: Vergleichsgerät-Temperatur	16.11.2006
Vergleichsgerät: Temperatugeber/Gerätenummer	MCX / 1910
Kalibrierdatum: Thermometer/Gerätenummer	20.06.2006
Analog / Digitawandler	PhoenixContact IB IL TEMP 2 UTH / 33277185

Thermoelement gemeinsam mit  
Analog/Digitalwandler

max. Ab-  
weichung

Temperatur in °C			
Soll	Ist	Differenz	°C
35,0	35,0	0,0	0,0
40,0	40,0	0,0	0,0
50,0	50,1	0,1	0,1

Kalibrierdatum: A/D Wandler                      16.11.2006  
Kalibrierdatum: Thermoelement

Kalibriert von:                                      Lindner, Klaus  
Bemerkung:





GE Infrastructure  
Sensing

CALIBRATION  
CERTIFICATE

Druck Nederland B.V.  
Zuideinde 37, 2991 LJ  
Postbus 232, 2990 AE, Barendrecht,  
The Netherlands

T 0180 - 611 555, F 0180 - 618 131  
druck.nl@druck.com, www.gesensing.com

Page 1 of 3

Certificate Number: 20060036 D

Customer

Name

Forschungszentrum Rossendorf

Address

01314 DRESDEN

Your reference

n.a.

Our order number

4008659

Instrument

Manufacturer

GE Druck

Type

MCX

Serial Number

1910

Identification Number

n.a.

Reference Standard

Manufacturer and type

Druck DPI 515

Druck DPI 150

Serial Number

51500850

2252346

Calibration Due

12 Oct. 2006

18 Jan. 2007

Environmental conditions

Temperature

20 °C ± 1 °C

Relative Humidity

40-70%

Date of calibration: 20 June 2006

Date of signing : 20 June 2006

P. de Greef  
Deputy head of laboratory

A.G. v.d. Berghe  
Head of laboratory

The measurements have been checked using  
standards which are traceable to international  
standards

Druck Nederland B.V.  
Zuideinde 37, 2991 LJ  
Postbus 232, 2990 AE, Barendrecht,  
The Netherlands



**Range** 0 to 10000 mbar g.

Type Sensor PM  
Serial number sensor 1194

**As Found / Left**

Applied pressure mbar g.	Instrument reading mbar g.	Deviation mbar g.
0.00	0.0	0.00
2000.00	2001.5	1.50
4000.00	4001.2	1.20
6000.00	5998.1	-1.90
8000.00	7995.4	-4.60
10000.00	9994.3	-5.70
8000.00	7996.6	-3.40
6000.00	5999.8	-0.20
4000.00	4002.6	2.60
2000.00	2002.0	2.00
0.00	0.0	0.00

Max. deviation 0.050 % of Reading

Comment:



**Range** 0 to 120 bar g.

Type Sensor PM  
Serial number sensor 1194

**As Found**

**As Left**

Applied pressure bar g.	Instrument reading bar g.	Deviation bar g.
0.0000	0.000	0.0000
20.0000	19.977	-0.0230
40.0000	39.955	-0.0450
60.0000	59.934	-0.0660
80.0000	79.922	-0.0780
100.0000	99.889	-0.1110
120.0000	119.866	-0.1340
100.0000	99.894	-0.1060
80.0000	79.929	-0.0710
60.0000	59.942	-0.0580
40.0000	39.965	-0.0350
20.0000	19.985	-0.0150
0.0000	0.005	0.0050

Applied pressure bar g.	Instrument reading bar g.	Deviation bar g.
0.0000	0.000	0.0000
20.0000	20.003	0.0030
40.0000	40.003	0.0030
60.0000	60.006	0.0060
80.0000	80.014	0.0140
100.0000	100.035	0.0350
120.0000	120.027	0.0270
100.0000	100.038	0.0380
80.0000	80.030	0.0300
60.0000	60.026	0.0260
40.0000	40.013	0.0130
20.0000	20.006	0.0060
0.00000	0.004	0.0040

Max. deviation 0.102 % of Reading

Max. deviation 0.026 % of Reading

Comment:



## GE Industrial Sensing

Druck Nederland B.V.  
Zuideinde 37, 2991 LJ  
Postbus 232, 2990 AE, Barendrecht,  
The Netherlands

T 0180 - 611 555, F 0180 - 618 131  
druck.nl@druck.com, www.gesensing.com

## CALIBRATION CERTIFICATE

Page 1 of 6

Certificate Number: 20060057 E

Customer	
Name	Forschungszentrum Rossendorf
Address	01314 DRESDEN
Your reference	N.A.
Our ordernumber	4008659
Instrument	
Manufacturer	GE Druck
Type	MCX
Serial number	1910
ID number	N.A.
Results	AS-LEFT
Remarks	
Environmental conditions	
Temperature	20 °C ± 1 °C
Relative Humidity	40-70 %

Date of calibration: 20 June 2006

Approval

  
P. de Greef  
Deputy head of laboratory

The measurements have been executed using standards which are traceable to (inter)national standards.

This certificate is issued provided that Druck Nederland B.V. does not assume any liability



**Reference Standards**

<u>Manufacturer</u>	<u>Model</u>	<u>Serial Number</u>	<u>Certificate Number</u>	<u>Due Date</u>
ALMEMO	2290-3 TEMPERATURE INDICATOR	942599	2003/020	10/6/2008
DATRON	1281 DIGITAL MULTIMETER	43394	06-1030	24/1/2007
FLUKE	5500 CALIBRATOR	7820027	F1282003	26/3/2007
FLUKE	PM6680B COUNTER	SM785650	645446	6/1/2009

**Test Results**

<u>Range</u>	<u>Output</u>	<u>Measured</u>	<u>Lower limit</u>	<u>Upper limit</u>
<i>CURRENT MEASURE</i>				
<i>52mA Range</i>				
	0.0000 mA	0.001 mA	-0.006 mA	0.006 mA
	3.9999 mA	4.001 mA	3.994 mA	4.006 mA
	7.9998 mA	8.002 mA	7.993 mA	8.006 mA
	11.9998 mA	12.002 mA	11.993 mA	12.006 mA
	15.9997 mA	16.002 mA	15.993 mA	16.007 mA
	20.0003 mA	20.003 mA	19.993 mA	20.007 mA
	35.0013 mA	35.003 mA	34.994 mA	35.009 mA
	50.0017 mA	50.004 mA	49.993 mA	50.010 mA
<i>CURRENT GENERATE</i>				
<i>24 mA Range</i>				
	0.0000 mA	0.001 mA	-0.007 mA	0.007 mA
	4.0000 mA	4.000 mA	3.993 mA	4.007 mA
	8.0000 mA	8.000 mA	7.993 mA	8.007 mA
	12.0000 mA	12.000 mA	11.993 mA	12.007 mA
	16.0000 mA	16.000 mA	15.993 mA	16.007 mA
	20.0000 mA	20.001 mA	19.993 mA	20.007 mA
<i>DC VOLTAGE MEASURE</i>				
<i>100mV Range</i>				
	0.0005 mV	0.000 mV	-0.005 mV	0.005 mV
	24.9997 mV	24.999 mV	24.994 mV	25.006 mV
	49.9991 mV	49.999 mV	49.992 mV	50.006 mV
	74.9988 mV	75.000 mV	74.991 mV	75.007 mV
	98.9984 mV	99.000 mV	98.989 mV	99.007 mV
<i>DC VOLTAGE MEASURE</i>				
<i>600mV Range</i>				
	199.999 mV	200.00 mV	199.94 mV	200.06 mV
	399.998 mV	400.01 mV	399.92 mV	400.08 mV
	589.997 mV	590.01 mV	589.90 mV	590.10 mV

The measurements have been executed using standards which are traceable to (inter)national standards.

This certificate is issued provided that Druck Nederland BV does not assume any liability



**Test Results**

<u>Range</u>	<u>Output</u>	<u>Measured</u>	<u>Lower limit</u>	<u>Upper limit</u>	
<i>6V Range</i>					
	0.00000 V	0.0000 V	-0.0004 V	0.0004 V	
	1.99999 V	2.0000 V	1.9994 V	2.0005 V	
	3.99999 V	4.0001 V	3.9993 V	4.0007 V	
	5.89997 V	5.9001 V	5.8991 V	5.9008 V	
<i>DC VOLTAGE MEASURE</i>					
<i>60V Range</i>					
	6.1000 V	6.100 V	6.095 V	6.105 V	
	9.9999 V	10.000 V	9.994 V	10.005 V	
	29.9998 V	30.000 V	29.993 V	30.007 V	
	59.0003 V	59.002 V	58.990 V	59.010 V	
<i>DC VOLTAGE GENERATE</i>					
<i>100 mV Range</i>					
	0.0000 mV	-0.000 mV	-0.005 mV	0.005 mV	
	25.0000 mV	25.000 mV	24.994 mV	25.006 mV	
	50.0000 mV	50.001 mV	49.993 mV	50.007 mV	
	75.0000 mV	75.000 mV	74.992 mV	75.008 mV	
	99.0000 mV	98.999 mV	98.991 mV	99.009 mV	
<i>DC VOLTAGE GENERATE</i>					
<i>12 V Range</i>					
	0.00000 V	0.0001 V	-0.0004 V	0.0004 V	
	2.00000 V	2.0000 V	1.9995 V	2.0005 V	
	4.00000 V	4.0001 V	3.9994 V	4.0006 V	
	8.00000 V	8.0001 V	7.9993 V	8.0007 V	
	10.00000 V	10.0001 V	9.9992 V	10.0008 V	
	11.50000 V	11.5000 V	11.4991 V	11.5009 V	
<i>FREQUENCY MEASURE</i>					
<i>655Hz Range at 1 Volt</i>					
	1.001 Hz	1.00 Hz	1.00 Hz	0.99 Hz	1.01 Hz
	5.999 Hz	6.00 Hz	6.00 Hz	5.99 Hz	6.01 Hz
	59.999 Hz	60.00 Hz	60.00 Hz	59.99 Hz	60.01 Hz
	649.992 Hz	650.00 Hz	650.00 Hz	649.94 Hz	650.04 Hz
<i>FREQUENCY MEASURE</i>					
<i>1310Hz Range at 1 Volt</i>					
	659.99 Hz	660.0 Hz	660.0 Hz	659.9 Hz	660.1 Hz
	899.98 Hz	900.0 Hz	900.0 Hz	899.9 Hz	900.1 Hz
	1299.98 Hz	1300.0 Hz	1300.0 Hz	1299.9 Hz	1300.1 Hz
<i>FREQUENCY MEASURE</i>					
<i>10000Hz Range at 1 Volt</i>					
	1499.9725 kHz	1500 Hz	1500.000 kHz	1498.973 kHz	1500.973 kHz
	2999.9465 kHz	3000 Hz	3000.000 kHz	2998.947 kHz	3000.947 kHz

The measurements have been executed using standards which are traceable to international standards.

This certificate is issued provided that Druck Nederland B.V. does not assume any liability



**Test Results**

<u>Range</u>	<u>Output</u>		<u>Measured</u>	<u>Lower limit</u>	<u>Upper limit</u>
	5999.8976 kHz	6000 Hz	6000.000 kHz	5998.898 kHz	6000.898 kHz
	9989.8356 kHz	9990 Hz	9990.000 kHz	9988.836 kHz	9990.836 kHz

*PULSE GENERATE*

*100 Hz Range at 1 Volt*

	1.000 Hz	1.00 Hz	1.00 Hz	0.99 Hz	1.01 Hz
	25.000 Hz	25.00 Hz	25.00 Hz	24.99 Hz	25.01 Hz
	50.000 Hz	50.00 Hz	50.00 Hz	49.99 Hz	50.01 Hz
	75.000 Hz	75.00 Hz	75.00 Hz	74.99 Hz	75.01 Hz
	99.000 Hz	99.00 Hz	99.00 Hz	98.99 Hz	99.01 Hz

*PULSE GENERATE*

*10000 Hz Range at 1 Volt*

	110.0000 kHz	110 Hz	110.036 kHz	109.000 kHz	111.000 kHz
	1000.0000 kHz	1000 Hz	999.977 kHz	999.000 kHz	1001.000 kHz
	5000.0000 kHz	5000 Hz	4999.758 kHz	4999.000 kHz	5001.000 kHz
	9990.0000 kHz	9990 Hz	9989.159 kHz	9989.000 kHz	9991.000 kHz

*RESISTANCE MEASURE*

*400 Ohm Range*

	10.000 Ohm		9.98 Ohm	9.93 Ohm	10.07 Ohm
	90.000 Ohm		89.98 Ohm	89.93 Ohm	90.07 Ohm
	200.000 Ohm		199.98 Ohm	199.93 Ohm	200.07 Ohm
	300.000 Ohm		299.99 Ohm	299.93 Ohm	300.07 Ohm
	390.000 Ohm		389.99 Ohm	389.93 Ohm	390.07 Ohm

*RESISTANCE MEASURE*

*2000 Ohm Range*

	500.00 Ohm		500.0 Ohm	499.4 Ohm	500.6 Ohm
	1000.00 Ohm		1000.0 Ohm	999.4 Ohm	1000.6 Ohm
	1500.00 Ohm		1500.0 Ohm	1499.4 Ohm	1500.6 Ohm
	1990.00 Ohm		1990.1 Ohm	1989.4 Ohm	1990.6 Ohm

*RESISTANCE GENERATE*

*400 Ohm Range*

	10.000 Ohm		10.00 Ohm	9.91 Ohm	10.09 Ohm
	90.000 Ohm		90.00 Ohm	89.91 Ohm	90.09 Ohm
	200.000 Ohm		200.01 Ohm	199.91 Ohm	200.09 Ohm
	300.000 Ohm		300.00 Ohm	299.91 Ohm	300.09 Ohm
	390.000 Ohm		389.99 Ohm	389.91 Ohm	390.09 Ohm

*RESISTANCE GENERATE*

*2000 Ohm Range*

	500.00 Ohm		500.1 Ohm	499.4 Ohm	500.6 Ohm
	1000.00 Ohm		1000.1 Ohm	999.4 Ohm	1000.6 Ohm
	1500.00 Ohm		1500.2 Ohm	1499.4 Ohm	1500.6 Ohm
	1990.00 Ohm		1990.1 Ohm	1989.4 Ohm	1990.6 Ohm

The measurements have been executed using standards which are traceable to international standards.

This certificate is issued provided that Druck Nederland BV does not assume any liability



**Test Results**

<u>Range</u>	<u>Output</u>	<u>Measured</u>	<u>Lower limit</u>	<u>Upper limit</u>
<i>RTD Pt100 MEASURE ITS-90</i>				
<i>850 °C Range</i>				
-190.000 °C	190.00 degC	-189.97 °C	-190.23 °C	-189.77 °C
0.000 °C	0.00 degC	-0.05 °C	-0.23 °C	0.23 °C
100.000 °C	100.00 degC	99.94 °C	99.77 °C	100.23 °C
500.000 °C	500.00 degC	500.13 °C	499.77 °C	500.23 °C
800.000 °C	800.00 degC	800.12 °C	799.77 °C	800.23 °C
<i>RTD Pt100 GENERATE ITS-90</i>				
<i>50 °C Range, true and nominal value are in °C</i>				
-190.000 °C	22.83 Ohms	-190.08 °C	-190.28 °C	-189.72 °C
0.000 °C	100 Ohms	-0.03 °C	-0.28 °C	0.28 °C
20.000 °C	107.79 Ohms	19.98 °C	19.72 °C	20.28 °C
160.000 °C	161.05 Ohms	159.95 °C	159.72 °C	160.28 °C
500.000 °C	280.98 Ohms	499.84 °C	499.72 °C	500.28 °C
830.000 °C	384.6 Ohms	829.95 °C	829.72 °C	830.28 °C
<i>THERMOCOUPLE TYPE K MEASURE ITS-90</i>				
<i>1372 °C Range</i>				
-220.00 °C	-220.0 °C	-220.1 °C	-220.5 °C	-219.5 °C
0.00 °C	0.0 °C	0.0 °C	-0.2 °C	0.2 °C
300.00 °C	300.0 °C	300.0 °C	299.8 °C	300.2 °C
900.00 °C	900.0 °C	900.0 °C	899.8 °C	900.2 °C
1360.00 °C	1360.0 °C	1360.0 °C	1359.8 °C	1360.2 °C
<i>THERMOCOUPLE TYPE J MEASURE ITS-90</i>				
<i>1200 °C Range</i>				
-200.00 °C	-200.0 °C	-200.0 °C	-200.2 °C	-199.8 °C
0.00 °C	0.0 °C	0.0 °C	-0.2 °C	0.2 °C
300.00 °C	300.0 °C	300.0 °C	299.8 °C	300.2 °C
600.00 °C	600.0 °C	600.0 °C	599.8 °C	600.2 °C
1180.00 °C	1180.0 °C	1180.0 °C	1179.8 °C	1180.2 °C
<i>THERMOCOUPLE TYPE T MEASURE ITS-90</i>				
<i>400 °C Range</i>				
-240.00 °C	-240.0 °C	-240.1 °C	-240.6 °C	-239.4 °C
-180.00 °C	-180.0 °C	-180.1 °C	-180.6 °C	-179.4 °C
0.00 °C	0.0 °C	0.0 °C	-0.2 °C	0.2 °C
100.00 °C	100.0 °C	100.0 °C	99.8 °C	100.2 °C
390.00 °C	390.0 °C	389.9 °C	389.8 °C	390.2 °C
<i>THERMOCOUPLE TYPE K GENERATE ITS-90</i>				
<i>1372 °C Range, true and nominal value are in °C</i>				
-190.00 °C	-5730 μV	-189.9 °C	-190.5 °C	-189.5 °C
0.00 °C	0 μV	-0.0 °C	-0.5 °C	0.5 °C
300.00 °C	12209 μV	299.9 °C	299.8 °C	300.2 °C

The measurements have been executed using standards which are traceable to international standards

This certificate is issued provided that Druck Nederland BV does not assume any liability





**Test Results**

<u>Range</u>	<u>Output</u>	<u>Measured</u>	<u>Lower limit</u>	<u>Upper limit</u>
	900.00 °C	37326 μV	900.0 °C	899.8 °C
	1370.00 °C	54819 μV	1369.9 °C	1369.8 °C
<i>THERMOCOUPLE TYPE J GENERATE ITS-90</i>				
<i>1200 °C Range, true and nominal value are in °C</i>				
	-200.00 °C	-7890 μV	-200.0 °C	-200.2 °C
	0.00 °C	0 μV	-0.0 °C	-0.2 °C
	300.00 °C	16326 μV	300.0 °C	299.8 °C
	600.00 °C	33102 μV	600.0 °C	599.8 °C
	1180.00 °C	68406 μV	1180.0 °C	1179.8 °C
<i>THERMOCOUPLE TYPE T GENERATE ITS-90</i>				
<i>400 °C Range, true and nominal value are in °C</i>				
	-240.00 °C	-6105 μV	-240.0 °C	-240.6 °C
	-170.00 °C	-5070 μV	-169.9 °C	-170.3 °C
	0.00 °C	0 μV	-0.0 °C	-0.2 °C
	100.00 °C	4279 μV	99.9 °C	99.8 °C
	390.00 °C	20255 μV	390.0 °C	389.8 °C
<i>INTERNAL COLD JUNCTION</i>				
<i>Measure T/C</i>				
	23.760 °C	23.76 °C	23.70 °C	23.36 °C
<i>Simulation T/C</i>				
	23.455 °C	23.455 °C	23.40 °C	23.06 °C

The measurements have been executed using standards which are traceable to international standards

This certificate is issued provided that Druck Nederland B.V. does not assume any liability

# DEUTSCHER KALIBRIERDIENST

Kalibrierlaboratorium für Temperatur  
*Calibration laboratory for temperature*

# DKD

Akkreditiert durch die / *accredited by the*

Akkreditierungsstelle des DKD bei der

PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB)



Deutscher  
 Akkreditierungs  
 Rat  
**DAR**  
 DKD-K-19001



**Klasmeier**

Kalibrier- und Messtechnik GmbH  
 Browertsraße 39  
 36039 Fulda

Kalibrierschein  
*Calibration Certificate*

Kalibrierzeichen  
*Calibration label*

936
DKD-K-19001
2006-10

Gegenstand <i>Object</i>	<b>Metallblock-Kalibrator</b>
Hersteller <i>Manufacturer</i>	<b>ISOTECH Isothermal Technology Ltd.</b>
Typ <i>Type</i>	<b>Jupiter 650SN</b>
Fabrikat/Serien-Nr. <i>Serial number</i>	<b>181031/2 + 181031/2</b>
Auftraggeber <i>Customer</i>	<b>Forschungszentrum Rossendorf e.V. Postfach 510119 D-01314 Dresden</b>
Auftragsnummer <i>Order No.</i>	<b>4537/06</b>
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines <i>Number of pages of the certificate</i>	<b>4</b>
Datum der Kalibrierung <i>Date of calibration</i>	<b>10.10.2006</b>

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Der DKD ist Unterzeichner der multi-lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.

Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

*This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).*

*The DKD is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates.*

*The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.*

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel haben keine Gültigkeit.

*This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Accreditation Body of the DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Stempel <i>Seal</i>	Datum <i>Date</i>	Stellv. Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Deputy Head of the calibration laboratory</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
	11.10.2006	 Dipl.-Ing. (FH) Thomas Klasmeier	 Boris Kalb

Klasmeier Kalibrier- und Messtechnik GmbH, Browerstraße 39, 36039 Fulda, Tel./Fax 0661-55011 / 57498

## **1. Kalibriergegenstand**

Der Kalibriergegenstand ist ein Block-Kalibrator für den Temperaturbereich von 50 bis 650 °C. Der Metallblock (Einsatz) enthält verschiedene Bohrungen mit unterschiedlichen Durchmessern zur Aufnahme der Thermometer, die kalibriert werden sollen, und eine Bohrung mit 3,5 mm Durchmesser zur Aufnahme des zum Kalibrator gehörenden Normal-Thermometers. Das Normalthermometer wird in 4-Leiter-Schaltung angeschlossen. Die maximale Einbautiefe der Thermometer beträgt 140 mm.

## **2. Meßbedingungen**

Bei der Kalibrierung wurden folgende Bedingungen eingehalten:

- Der Kopf des Blocks wurde während der Kalibrierung mit Mineralwolle zusätzlich thermisch isoliert.
- Am Regler wurden keine Offsets eingestellt.
- Am Temperatur-Indikator wurden keine Offsets eingestellt.
- Alle Thermometer sind maximal eingetaucht.

Die im DKD-Kalibrierlaboratorium benutzte Temperaturskala ist die Internationale Temperaturskala von 1990 (ITS-90).

Das zur Kalibrierung verwendete Normal-Widerstandsthermometer Ser.-Nr. 25582/3 ist rückführbar auf nationale Normale, ebenso die Widerstandsmeßeinrichtung T.T.I. 2 Ser.-Nr. 141162/1.

### **2.1 Umgebungsbedingungen**

Die Umgebungstemperatur betrug  $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .

Die Netzspannung, an der der Kalibrator angeschlossen war, betrug 230 V (Wechselspannung 50 Hz).

### 3. Kalibrierverfahren

Grundlage für die Kalibrierung ist die DKD-Richtlinie für die Kalibrierung von Temperatur-Block-Kalibratoren (DKD-R-5-4, und der ISOTECH-Jupiter Untersuchungsbericht).

Entsprechend o. gen. Richtlinie wurden die Kalibrierung an 5 Temperaturwerten vorgenommen, die beginnend bei 100 °C sich in Schritten bis 600°C und wieder fallend auf 100°C erstreckten. Die Messungen erfolgten nach Temperaturstabilisierung am jeweiligen Kalibrierpunkt über einen Zeitraum von 10 min (siehe Meßschrieb).

### 4. Kalibrierergebnisse

Die Kalibrierergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben. Dabei sind in den ersten beiden Spalten die Soll- und Ist-Werte des Temperatur-Reglers aufgeführt, in der dritten Spalte die mit einem Normal-Widerstandsthermometer gemessene richtige Temperatur am Boden einer Bohrung des Blocks (Kalibriertemperatur) und in der vierten Spalte die Anzeige des Temperatur-Indikators des Kalibrators in Verbindung mit dem zugehörigen Thermometer.

Die Meßwerte, die für die Kalibrierpunkte in den beiden Meßzyklen erhalten wurden, sind als Mittelwert angegeben. Die fünfte Spalte enthält die Meßunsicherheit der Kalibrierung.

Regler		Kalibrier-Temperatur	angezeigte Temperatur Temp.-Indik. in Verb. mit Thermometer Ser.-Nr. 181031/2	Mess- unsicherheit
Sollwert in °C	Istwert in °C	in °C	in °C	in ±K
100	100	99,972	100,0	0,2
200	200	199,804	199,8	0,3
400	400	399,763	400,0	0,5
500	500	499,78	500,2	1,0
600	600	599,869	600,3	1,0

### 5. Messunsicherheit

Die angegebenen Messunsicherheiten setzen sich zusammen aus den Messunsicherheiten des verwendeten Normals, des Kalibrierverfahrens und den über Voruntersuchungen bekannten Meßunsicherheitsanteilen, die aus der Temperaturverteilung im Block, den Wärmeübergangsbedingungen in den Bohrungen des Blocks, der Länge des Widerstandselements im Widerstandsthermometer, der thermischen Belastung durch unterschiedliche Anzahl von Prüflingen und der Kurzzeitstabilität des Thermometers Ser.-Nr. 181031/2 in Verbindung mit dem Temperatur-Indikator des Block-Kalibrators resultieren.

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% im zugeordneten Werteintervall.

### **Hinweise zum Einsatz von Temperatur-Blockkalibratoren**

Durch den Kalibrierschein eines DKD-Kalibrierlabors wird bestätigt, daß der Temperatur-Blockkalibrator die hohen Anforderungen an die Kalibrierbarkeit eines solchen Gerätes erfüllt, wie sie in der DKD-Richtlinie R5-4 festgelegt sind. Dennoch sind beim Einsatz des Kalibrators die folgenden Punkte zu beachten:

Die Kalibrierung von Temperatur Blockkalibratoren bezieht sich vorwiegend auf die Temperatur des Festkörperblocks. Die Temperatur des im Block zu kalibrierenden Thermometers kann von dieser Temperatur abweichen. Der kalibrierte Metallblockkalibrator ist ein Arbeitsnormal mit einer zertifizierten Messunsicherheit. Die Kalibrierung fand in einem DKD-Kalibrierlaboratorium unter optimalen Bedingungen statt. Der Einsatz des Kalibrators zur Kalibrierung von Temperaturfühlern führt daher zu einer Erhöhung der Meßunsicherheit. Falls im Kalibrierschein nichts anderes angegeben ist, muß sichergestellt sein, daß

- das Meßelement sich in der homogenen Temperaturzone befindet.
- der Innendurchmesser der im Kalibrator benutzten Bohrung (evt. der Hülse) im Temperaturbereich -80°C bis 660°C maximal 0,5 mm und im Temperaturbereich 660°C bis 1300°C maximal 1,0 mm größer ist als der Außendurchmesser des zu kalibrierenden Thermometers.
- die Eintauchtiefe des zu kalibrierenden Thermometers mindestens das 15-fache des Außendurchmessers des zu kalibrierenden Thermometers beträgt.
- das zu kalibrierende Thermometer einen Außendurchmesser  $d \leq 6\text{mm}$  hat.

Bitte achten Sie besonders darauf, ob bei der Kalibrierung Ihres Temperatur-Blockkalibrators ein Wärmeträgermittel eingesetzt wurde. Wenn dies der Fall ist, so gilt die Kalibrierung nur bei Einsatz des Kalibrators mit einem entsprechenden Wärmeträgermittel.

Bei der Kalibrierung von Thermometern mit Außendurchmesser  $d > 6\text{mm}$  ist eine zusätzliche Meßabweichung durch Wärmeableitung zu berücksichtigen. Falls solche Messungen durchgeführt werden sollen, so kann die zusätzliche Wärmeableitung für den bei Ihnen untersuchten Thermometertyp von Ihrem DKD-Kalibrierlabor bestimmt werden. Ein guter Test auf mögliche Wärmeleitfehler besteht darin, zu kontrollieren, ob sich die Anzeige des prüfenden Thermometers ändert, wenn es um 20mm angehoben wird. Beiträge zur Meßunsicherheit, die durch das von Ihnen zu kalibrierende Thermometer bedingt sind. (z.B. Inhomogenitäten von Thermoelementen), sind ebenfalls nicht in der Meßunsicherheit des Kalibrators enthalten.

Maßgeblich für die Kalibrierung sind die Angaben im Kalibrierschein, nicht die Herstellerangaben. Sprechen Sie bitte unbedingt vor der Kalibrierung die Einsatz- und Kalibrierbedingungen mit Ihrem DKD-Kalibrierlabor ab.

Wenn im Kalibrierschein nichts anderes angegeben ist, muß (unabhängig von Herstellerangaben) sichergestellt sein, daß

- der Kalibrator in vertikaler Stellung betrieben wird.
- keine zusätzlichen thermischen Isolierungen benutzt werden
- die Umgebungstemperatur  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  beträgt.

Zur Überprüfung von Temperatur-Blockkalibratoren wird empfohlen, regelmäßige Kontrollmessungen mit einem kalibrierten Thermometer vorzunehmen. Ohne Kontrollmessungen mit einem kalibrierten Thermometer wird eine jährliche Rekalibrierung des Temperatur-Blockkalibrators dringend empfohlen.

ISOTECH-Untersuchungsberichte können unter: [www.klasmeier.com/untersuchungsberichte](http://www.klasmeier.com/untersuchungsberichte) heruntergeladen werden.

# **Anhang VI**

**Beschreibung der zur Luft/Wasser-Messserie L12  
verfügbaren Datenfiles**

## VI. Beschreibung der zur Luft/Wasser-Messserie L12 verfügbaren Datenfiles

### VI.1 Namenskonvention der Datenfiles

Die Messdaten und die Ergebnisse der Auswertung werden in Files mit der folgenden Struktur abgespeichert:

NNN\_DDD\_VVV\_YY\_rzz\_tcc\_d.1x64x64.pkt.typ;

Die Buchstabenkombinationen haben folgende Bedeutung:

- NNN - Identifikationsnummer der Messserie (L12 – Luft/Wasser-Experimente in der Teststrecke Variable Gaseinspeisung),
- DDD - Innendurchmesser der Teststrecke in mm – 195 steht für 195.3 mm,
- VVV - Bauform der Teststrecke, in diesem Fall VGE für Variable Gaseinspeisung,
- YY - Gaseinspeiseposition ein bzw. zwei Buchstaben sind möglich, vgl. Bild 2, Tab. 1 und Abschnitt 1.3,
- rzz - Randeinspeisung mit 72 x 1 mm Bohrungen oder 32 x 4 mm Bohrungen, zz ist der Durchmesser in mm,
- t30 - Wassertemperatur in der Teststrecke: 30 °C ± 1 K,
- d - entweder x für die Daten der in Strömungsrichtung ersten Messebene oder y für die Zweite,
- 2x64x64 - ein Zweiebenensensor mit 64 x 64 Drahtelektroden wurden eingesetzt,
- pkt - Versuchs- oder Matrixpunkt entsprechend Tab. 2,
- typ - Filetyp, vgl. Tab. VI.1.

### VI.2 Beschreibung der Datenfiles

Tab. VI.1: Für die Versuchsserie L12 verfügbare Filetypen

Filetyp	Beschreibung	Format
*.a	Geometrische Eigenschaften aller identifizierten Blasen (Abschnitt: 1.5.4, Kurzinformation: VI.3)	text
*.b	Matrix mit Blasenidentifikationsnummern (Abschnitt: 1.5.4)	binary
*.epsr	Zeitgemittelte Gasgehalte für alle Kreuzungspunkte des Gittersensors, dargestellt als Wertepaare, bestehend aus dem Abstand des Punktes vom Zentrum des Rohres und dem jeweiligen Gasgehalt (Abschnitt: 1.5.2, Filestruktur: VI.4)	text
*.epsrad_80	Zeit- und azimuthal (innerhalb von 80 Radiusdomänen) gemittelte Gasgehalte (Abschnitt: 1.5.2, Filestruktur: VI.5)	text
*.epsrad_80_bub	In Blasenklassen aufgeteilte Informationen der *.epsrad_80-files (Abschnitt: 1.5.5, Filestruktur: VI.6)	text
*.epsxy	Zeitgemittelte Gasgehalte für alle Kreuzungspunkte des Gittersensors als Matrix (Abschnitt: 1.5.2, Filestruktur: VI.7)	text
*.his_lin	Blasengrößenverteilung bezogen auf lineare Blasenklassen (Abschnitt: 1.5.5, Filestruktur: VI.8)	text

*.his_lin_r	Blasengrößenverteilungen bezogen auf lineare Blasenklassen aufgeteilt auf 80 Radiusdomänen (Abschnitt: 1.5.5, Filestruktur: VI.9)	text
*.his_log	Blasengrößenverteilung bezogen auf logarithmische Blasenklassen (Abschnitt: 1.5.5, Filestruktur: VI.10)	text
*.log	File mit wichtigen Informationen über die Funktion der Auswerteprogramme und über die verwendeten Parameter	text
*.mes	Messdaten, generiert von der Gittersensorelektronik und der Messsoftware	binär
*.ud	Gewichtete Driftgeschwindigkeiten (Kapitel 2.2.1, Filestruktur: VI.11)	text
*.uw	Kalibriermatrix für alle Kreuzungspunkte des Gittersensors (Abschnitt 1.5.1, Filestruktur VI.12)	text
*.uwrاد_80	Azimutal (auf 80 Radiusseiben aufgeteilt) gemittelte Kalibrierwerte aus *.uw (Abschnitt 1.5.1, Filestruktur VI.13)	text
*.v	Gasgehaltswerte für die einzelnen Kreuzungspunkte des Gittersensors für alle gemessenen frames, Werte zwischen 0 und 100 % (Abschnitt: 1.5.1)	binär
*.v00	Lokale Gasgeschwindigkeiten als Wertepaare, bestehend aus dem Abstand des Messpunktes vom Zentrum des Rohres und der jeweiligen Geschwindigkeit, nur zur internen Verwendung (Abschnitt: 1.5.3, Filestruktur VI.14)	text
*.vel	Lokale azimutal (80 Radiusdomänen) gemittelte Gasgeschwindigkeiten (Abschnitt: 1.5.3, Filestruktur VI.15)	text

### VI.3 Geometrische Blaseneigenschaften

Tab. VI.2 Auszug aus einem \*.a File (Blaseneigenschaften)

bb	im	jm	km	ifront	jfront	kfront	iback	jback	kback	rmi	rmj	rmk	rmxy	max	v	rv	n	deps	rxymax
[-]	[ms]	[mm]	[mm]	[ms]	[mm]	[mm]	[ms]	[mm]	[mm]	[ms]	[mm]	[mm]	[mm]	[%]	[ms*mm <sup>2</sup> ]	[s <sup>3</sup> (ms*mm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> ]	[-]	[%]	[mm]
1	3.6	18.7	132.2	0.4	15.0	120.0	9.6	21.0	135.0	5.4	13.1	13.0	18.4	100	1348.93	6.85	888	0.0004527	9.031
2	18.0	98.2	103.1	0.4	21.0	102.0	52.0	36.0	135.0	23.9	97.0	72.5	121.1	100	304569.4	41.74	1358	0.1022072	55.256
3	6.0	165.9	44.1	0.4	147.0	51.0	15.6	177.0	48.0	9.2	15.6	13.4	20.6	100	3991.92	9.84	2134	0.0013396	12.017
4	8.5	27.5	66.7	0.4	18.0	66.0	16.0	42.0	72.0	8.7	16.3	12.9	20.8	100	3754.53	9.64	1964	0.0012599	10.822
5	14.9	93.6	25.1	9.2	93.0	24.0	19.2	99.0	24.0	5.7	10.2	8.4	13.2	100	1180.37	6.56	667	0.0003961	7.183
6	...																		

Die \*.a – files beinhalten eine Tabelle (Tab VI.2), die für alle identifizierten Blasen folgende Eigenschaften zusammenfasst:

- bb - Blasenidentifikationsnummer,
- im, jm, km - Schwerpunktkoordinaten der Blase in i – Strömungsrichtung und j, k – Messquerschnitt,
- ifront, jfront
- kfront - Koordinaten des Blasenansfangs,



- iback, jback
- kback - Koordinaten des Blasenendes,
- rmi, rmj, rmk - Blasenmomente in i – Strömungsrichtung und j, k – Messquerschnitt,
- rmxy - Radiales Blasenmoment in Messquerschnittsebene,
- max - Maximum des Gasgehalts pro Blase,
- v - Blasenvolumen,
- rv - Radius einer volumengleichen Kugel,
- n - Anzahl der Messvolumina pro Blase,
- deps - Anteil des Gasgehaltes pro Blase bezogen auf das gesamte Strömungsvolumen,
- rxymax - Maximaler kreisäquivalenter Radius der Blase in der Messebene.

In der zweiten Zeile der Tabelle VI.2 sind die Maßeinheiten für die Blaseigenschaften angegeben. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass sich bei den Blaseigenschaften im Gegensatz zu den Gasgehaltsberechnungen der Index i auf die laufende Nummer des frames bezieht (Zeitachse oder z-Richtung) und die Indizes j bzw. k für den Messquerschnitt gelten. Alle Eigenschaften in Richtung der Zeitachse sind in Zeiteinheiten angegeben (ms).

#### VI.4 Zeitgemittelte Gasgehaltsverteilungen

Die Textfiles \*.epsr enthalten die lokalen zeitgemittelten Gasgehalte in Form von Wertepaaren, aufgeteilt auf zwei Spalten: Die linke Spalte enthält den radialen Abstand jedes einzelnen Messpunktes (x,y) von der Mittelachse des Rohres in mm, während in der rechten Spalte der Gasgehalt in % zugeordnet ist. Die Reihenfolge richtet sich nach der Anordnung der Messpunkte im Gittersensor. Es sind 64 x 64 Punkte nacheinander aufgelistet, wobei die Punkte außerhalb des Messquerschnitts einen Gasgehalt von 0.00 % haben. Beispielhaft ist in Tabelle VI.3 ein Auszug aus einem \*.epsr file dargestellt. Er enthält 20 reale Messpunkte für eine Erregerелеktrode am Rand des Gittersensors sowie im oberen und unteren Bereich jeweils zwei Punkte außerhalb des Sensors.

Tab. VI.3 Ausschnitte aus den Gasgehaltsfiles \*.epsr und \*.epsrad\_80

.....	0.6	51.439	
100.601	0.00	1.8	51.439
99.612	0.00	3.1	51.475
98.704	1.36	4.3	51.519
97.880	3.13	5.5	51.403
97.142	6.25	6.7	51.433
96.491	8.56	7.9	51.564
95.930	9.97	9.2	51.695
95.459	12.97	10.4	51.851
95.082	14.27	11.6	51.890
94.797	13.94	12.8	51.726
94.607	14.91	14.0	51.554
94.512	16.05	15.3	51.449
94.512	16.81	16.5	51.428
94.607	15.61	17.7	51.337
94.797	14.72	18.9	51.004
95.082	13.24	20.1	50.789
95.459	12.15	21.4	50.684
95.930	10.09	22.6	50.596
96.491	8.45	23.8	50.460

97.142 5.61	25.0 50.117
97.880 4.06	26.2 49.974
98.704 3.11	27.5 49.713
99.612 0.00	28.7 49.375
100.601 0.00	29.9 49.118
.....	.....
Auszug aus einem *.epsr-file	Ausschnitt einer epsrad_80 Datei

### VI.5 Zeit- und azimutal gemittelte Gasgehaltsverteilungen

Diese Datei (\*.epsrad\_80) beinhaltet zeit- und azimutal gemittelte Gasgehaltsinformationen für 80 konzentrische Ringe gleicher Breite. Sie listet ebenfalls Wertepaare auf, wobei Spalte 1 den mittleren Abstand des jeweiligen Ringes vom Zentrum des Rohres in mm und die rechte Spalte den zugehörigen Gasgehalt ebenfalls in % enthalten. Tab. VI.3 zeigt im rechten Teil einen Ausschnitt aus dieser Datei. Dargestellt werden 25 Wertepaare für Ringe mit einer Breite von 1,2 mm. Diese Dateien wurden für die Visualisierungen der radialen Gasgehaltsprofile im Anhang I verwendet.

### VI.6 Zeit- und azimutal gemittelte Gasgehaltsverteilungen aufgelöst nach Blasenklassen

In diesem File (\*.epsrad\_80\_bub) sind zusätzlich zu den Informationen aus den \*.epsrad\_80-Dateien noch vier Spalten angefügt, in denen der azimutal und zeitlich gemittelte Gasgehalt in % auf Blasenklassen aufgeteilt wurde (siehe Tab. VI.4). Die Breite der einzelnen Klassen ist im Tabellenkopf in mm angegeben. Die Summe des Gasgehaltes über die vier Klassen ergibt den Gesamtgasgehalt in der Spalte eps\_all.

Tab. VI.4 Auszug aus einem \*:epsrad\_80\_bub File

r	eps_all	0.0 <	4.0 <	5.8 <	7.0 <	200.0
mm	%	%	%	%	%	%
0.6	51.27	0.20	0.76	0.97	49.34	
1.8	51.27	0.20	0.76	0.97	49.34	
3.1	51.30	0.20	0.77	1.00	49.34	
4.3	51.34	0.20	0.78	1.03	49.32	
5.5	51.22	0.21	0.78	1.03	49.21	
6.7	51.25	0.21	0.78	1.00	49.26	
7.9	51.37	0.20	0.79	1.00	49.37	
9.2	51.48	0.20	0.79	1.00	49.49	
10.4	51.61	0.20	0.78	1.00	49.63	
.....						

### VI.7 Zeitgemittelte Gasgehaltsverteilungen

In diesem Fall (\*.epsxy) sind die zeitgemittelten volumetrischen Gasgehalte in % als Matrix des Messquerschnittes (64 x 64 Werte) angeordnet. Bild VI.1 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt dieser Matrix. Auch bei dieser Darstellungsform haben die Punkte außerhalb des Messquerschnittes den Wert 0,00 %.

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	.....
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	4.85	11.10	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	3.05	9.54	14.49	19.04
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64	5.50	12.31	17.41	20.65
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	7.96	14.98	18.85	23.32
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.21	10.29	16.23	19.37	21.99
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.87	27.67	29.14		

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 3.36 10.96 16.53 19.79 22.58 24.78 27.98 29.65 31.63  
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 3.06 10.31 16.22 19.83 21.98 24.56 27.68 30.60 31.77 33.84  
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 2.43 10.75 16.10 21.03 23.77 24.79 27.33 29.64 31.07 33.42 34.74  
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.64 8.40 15.66 20.19 23.17 26.07 28.06 29.02 30.82 32.34 33.71 35.29  
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.10 7.42 15.18 20.52 23.23 25.85 28.05 29.74 30.76 31.78 32.60 34.96 35.58  
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 5.60 14.37 19.71 23.72 26.08 27.78 30.12 32.35 33.23 32.49 34.34 35.91 37.41  
0.00 0.00 0.00 0.00 2.80 12.20 18.78 23.12 25.53 28.71 30.65 31.53 34.36 33.29 34.06 36.45 36.83 38.44  
0.00 0.00 0.00 0.00 7.11 15.93 20.69 24.06 28.32 29.65 32.58 33.63 35.15 35.39 36.42 36.99 39.06 39.53  
0.00 0.00 0.00 3.03 13.68 19.19 23.29 27.39 30.63 31.34 33.41 34.47 36.25 37.33 37.73 38.98 40.38 40.29  
0.00 0.00 0.00 8.57 18.04 21.84 25.67 29.48 31.95 33.86 35.02 36.34 37.60 39.05 39.48 40.66 40.87 39.40  
0.00 0.00 3.61 14.25 21.12 26.01 28.41 31.09 32.86 35.34 36.78 38.41 38.73 40.35 39.67 40.55 41.14 40.28  
0.00 0.00 7.43 18.02 24.67 27.91 29.51 32.74 33.86 36.45 38.01 39.03 38.98 41.17 41.08 40.91 40.99 42.05  
0.00 1.93 11.77 20.31 25.91 29.55 30.74 33.69 35.55 37.08 37.29 39.58 41.10 41.33 41.87 42.27 41.35 42.27  
0.00 4.43 15.19 22.52 26.78 29.13 31.32 34.86 35.92 38.10 38.94 39.15 40.66 40.18 40.65 42.10 41.90 42.84  
0.00 8.20 18.29 23.26 27.12 30.03 32.36 35.57 35.98 38.31 39.15 40.46 41.13 40.92 41.72 42.09 41.60 42.96  
0.53 11.17 20.14 24.69 28.03 30.29 33.01 36.54 36.15 38.33 39.93 39.64 40.67 41.12 42.30 43.31 42.67 43.16  
2.93 12.80 21.76 26.42 29.93 31.73 33.68 35.76 36.78 38.02 38.96 39.83 40.68 43.07 42.64 43.84 43.83 44.90  
4.96 15.00 21.77 27.13 31.22 32.95 34.64 37.44 38.07 38.06 39.51 40.67 41.61 42.90 44.06 44.91 44.98 44.64  
7.33 16.06 23.12 28.44 31.97 33.95 35.89 36.59 37.47 38.11 39.19 40.84 41.45 41.37 43.65 45.87 45.14 44.74  
9.04 17.42 23.93 28.37 31.82 33.62 35.70 37.70 37.65 38.20 39.35 41.14 43.38 43.27 45.44 46.71 45.85 45.64  
10.21 18.41 24.72 27.19 30.58 33.17 35.88 37.14 37.54 38.92 39.92 41.87 44.15 43.09 45.51 46.71 46.93 45.65  
11.26 19.42 24.76 27.60 30.63 32.71 35.78 37.24 37.77 39.13 40.00 42.07 42.89 43.71 46.17 46.15 46.22 47.01  
11.82 19.83 24.52 27.07 30.50 32.88 35.10 35.86 36.71 38.12 40.98 42.84 43.83 44.20 45.00 47.07 46.24 45.35  
13.03 19.26 23.99 26.96 30.27 31.95 34.83 35.84 37.48 38.44 41.09 42.85 43.86 43.38 44.53 45.38 45.74 46.28  
.....

Bild VI.1 Visualisierung zeitgemittelter Gasgehalte über einen Teil des Messquerschnitts aus einer \*.epsxy Datei

### VI.8 Blasengrößenverteilung für lineare Blasenklassenbreiten

Auch diese Dateien (\*.his\_lin) sind in Form einer Tabelle (vgl. Tab. VI.5) aufgebaut.

Tab. VI.5 Blasengrößenverteilung für lineare Blasenklassenbreiten aus dem File \*.his\_lin

d [mm]	hdxy [%/mm]	hdrelxy [1/mm]	hdnxy [1/mm/s]	hdv [%/mm]	hdrelv [1/mm]	hdnv [1/mm/s]
0.00	0.0000	0.0000	59.60	0.0000	0.0000	25.20
0.25	0.0000	0.0001	59.20	0.0000	0.0000	31.20
0.50	0.0002	0.0011	168.00	0.0000	0.0000	33.20
0.75	0.0005	0.0022	167.20	0.0001	0.0003	76.00
1.00	0.0011	0.0055	248.00	0.0001	0.0007	127.60
1.25	0.0021	0.0103	310.40	0.0004	0.0019	176.00
1.50	0.0051	0.0252	597.60	0.0009	0.0045	250.80
1.75	0.0133	0.0655	1182.00	0.0033	0.0161	551.60
2.00	0.0335	0.1643	2222.00	0.0106	0.0523	1231.60
2.25	0.0503	0.2468	2492.40	0.0227	0.1113	1927.60
2.50	0.0686	0.3365	2664.80	0.0357	0.1750	2224.00
2.75	0.0996	0.4889	3211.20	0.0564	0.2770	2732.80
3.00	0.1274	0.6252	3452.00	0.0812	0.3988	3059.20
.....						

Die einzelnen Spalten beinhalten folgende Informationen (siehe auch Abschnitt 1.5.5):

d – Blasendurchmesser in mm

hd – Gasgehalt der Blasen dieser Klasse bezogen auf die Blasenklassenbreite (0,25 mm) in %/mm

hdrel – hd bezogen auf den Gesamtgasgehalt in 1/mm

hdn – Anzahl an Blasen in der jeweiligen Klasse bezogen auf die Klassenbreite und die Gesamtmesszeit 1/(mm\*s)

Diese drei Verteilungen werden jeweils bezogen auf den flächengleichen Blasendurchmesser für die größte Querschnittsfläche der Blase beim Durchdringen der Messebene (xy) bzw. auf den volumengleichen Blasendurchmesser (v) bereitgestellt. Bei der Berechnung der volumengleichen Parameter werden die lokalen Gasgeschwindigkeiten verwendet, um die Zeitkoordinate aus den \*.a-Files in eine geometrische Länge umzurechnen.

#### VI.9 Blasengrößenverteilung für lineare Blasenklassenbreiten aufgelöst auf Ringdomänen

Diese Dateien (\*.his\_lin\_r) enthalten für jeden der zur Mittelung verwendeten 80 ringförmigen Bereiche eine Tabelle wie sie in Tab. VI.5 dargestellt ist. Zur Zuordnung steht über den Tabellen jeweils der Anfangs- und Endradius der Ringdomänen. Am Ende des Files ist eine Tabelle mit den integralen Blasengrößenverteilungen angefügt, die den Verteilungen im File \*.his\_lin entsprechen.

#### VI.10 Blasengrößenverteilung für logarithmische Blasenklassenbreiten

Die \*.his\_log Dateien enthalten die gleichen Verteilungen wie die \*.his\_lin Files (vgl. Abschnitt VI.8), mit dem Unterschied, dass die Blasenklassenbreite ab einem Durchmesser von 3 mm logarithmisch zunimmt. Für kleinere Blasen wurde eine lineare Klassenbreite von 0,1 mm gewählt. Anhang I enthält die Visualisierung der Blasengrößenverteilungen aus den \*.his\_log Files.

Tab. VI.6 Blasengrößenverteilung für logarithmische Blasenklassenbreiten aus einem File \*.his\_log

d [mm]	hdxy [%/mm]	hdrelxy [1/mm]	hdnxy [%/mm/s]	hdv [%/mm]	hdrelv [1/mm]	hdnv [%/mm/s]
.....						
2.50	0.0696	0.3416	2882.00	0.0288	0.1412	1971.00
2.60	0.0664	0.3261	2503.00	0.0382	0.1875	2331.00
2.70	0.0848	0.4165	3009.00	0.0461	0.2264	2549.00
2.80	0.0940	0.4612	3055.00	0.0545	0.2674	2716.00
2.90	0.1056	0.5183	3241.00	0.0627	0.3077	2825.00
3.00	0.1212	0.5949	3533.62	0.0730	0.3586	2951.55
3.11	0.1288	0.6324	3376.85	0.0849	0.4166	3103.95
3.22	0.1276	0.6265	2992.83	0.0976	0.4789	3203.98
3.33	0.1402	0.6880	2968.25	0.1098	0.5388	3234.49
3.45	0.1568	0.7696	3042.70	0.1197	0.5876	3194.02
3.57	0.1563	0.7674	2786.43	0.1380	0.6773	3306.48
3.70	0.1726	0.8473	2829.40	0.1506	0.7395	3257.98
3.83	0.1688	0.8285	2546.78	0.1624	0.7972	3157.65
3.97	0.1919	0.9422	2660.76	0.1723	0.8459	3037.73
4.11	0.2001	0.9824	2567.87	0.1905	0.9349	3022.71
4.26	0.1988	0.9760	2316.66	0.1899	0.9323	2714.98
4.41	0.2034	0.9986	2223.62	0.2129	1.0449	2735.58
4.57	0.2231	1.0952	2176.03	0.2103	1.0323	2430.59
4.73	0.2299	1.1287	2018.06	0.2265	1.1117	2372.51
4.90	0.2288	1.1231	1860.94	0.2311	1.1345	2177.41
5.07	0.2291	1.1244	1684.00	0.2417	1.1866	2046.05

5.25    0.2518    1.2359    1684.88    0.2487    1.2210    1896.56  
 .....

### VI.11 Gewichtete Driftgeschwindigkeiten

Die \*.ud Dateien enthalten die Ergebnisse der Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten. Die theoretischen Grundlagen für die Berechnungen sind im Kapitel 2.2.2 ausführlich beschrieben worden. Die Files beinhalten eine Tabelle (Beispiel: Tab. VI.7) mit folgenden Informationen:

- r – mittlerer Radius der jeweils zur azimuthalen Mittelung genutzten Ringdomäne (vgl. Bild 12) in mm,
- f – Schwarmfaktor,
- urel – berechnete azimuthal gemittelte Relativgeschwindigkeiten zwischen beiden Phasen in m/s,
- ul – berechnete azimuthal gemittelte Geschwindigkeiten der flüssigen Phase in m/s,
- jl – berechnete azimuthal gemittelte Leerrohrgeschwindigkeit der flüssigen Phase in m/s,
- jg – berechnete azimuthal gemittelte Gas-Leerrohrgeschwindigkeit in m/s.

Tab. VI.7 Zwischenergebnisse zur Berechnung der gewichteten Driftgeschwindigkeiten

r	f	urel	ul	jl	jg
mm	-	m/s	m/s	m/s	m/s
0.6	1.6581	0.5428	2.0364	0.9889	1.3276
1.8	1.6581	0.5428	2.0364	0.9889	1.3276
3.1	1.6589	0.5430	2.0362	0.9880	1.3286
4.3	1.6600	0.5436	2.0356	0.9869	1.3297
5.5	1.6572	0.5446	2.0346	0.9888	1.3267
6.7	1.6579	0.5448	2.1003	1.0201	1.3614
7.9	1.6610	0.5437	2.1014	1.0178	1.3649
9.2	1.6642	0.5421	2.1030	1.0159	1.3684
10.4	1.6680	0.5396	2.0395	0.9820	1.3383
11.6	1.6689	0.5385	2.0406	0.9817	1.3393
12.8	1.6649	0.5381	2.0411	0.9853	1.3350
14.0	1.6608	0.5384	2.1067	1.0206	1.3646
15.3	1.6583	0.5379	2.1072	1.0231	1.3619
16.5	1.6578	0.5368	2.0424	0.9920	1.3274
17.7	1.6556	0.5366	2.0425	0.9940	1.3250
18.9	1.6477	0.5371	2.0421	1.0005	1.3164
.....					

k= 0.999; J= 1.780 m/s; eps(r)= 35.338 %; C0= 1.058; <Ugl>= 0.275 m/s; <UD>= 0.378 m/s  
 eps(Matrix)=33.881 %; eps(Integral)=35.353 %

Nach der Tabelle schließen zwei Zeilen dieses Textfile ab, in denen integrale Zwischenergebnisse und die berechnete gewichtete Driftgeschwindigkeit ausgegeben werden. Dabei haben die Symbole folgende Bedeutung:

- k - Korrekturfaktor für die Berechnung der Geschwindigkeit der flüssigen Phase,
- J - mittlere Gesamtleerrohrgeschwindigkeit,
- eps(r) - über den Radius integrierter Gasgehalt (direkt aus den \*.epsrad\_80 Dateien berechnet),

- C0 - Profilparameter,
- Ugl - lokale Driftgeschwindigkeit,
- DU - berechnete gewichtete Driftgeschwindigkeit,
- eps(Matrix) - aus den Leerrohrgeschwindigkeiten für Wasser und Gas der Versuchsmatrix (Tab. 2) und der gewichteten Driftgeschwindigkeit berechneter Gasgehalt,
- eps(Integral) - mit Hilfe der berechneten (über dem Radius integrierten) Leerrohrgeschwindigkeiten für Wasser und Gas und der gewichteten Driftgeschwindigkeit berechneter Gasgehalt.

Die Maßeinheiten für die jeweiligen Werte sind in den Ergebniszeilen mit angegeben. Die mit den gewichteten Driftgeschwindigkeiten berechneten Gasgehalte dieser Dateien sind im Anhang I visualisiert.

### VI.12 Kalibrierwerte für alle Messpunkte des Gittersensors als Matrix

In diesen Dateien (\*.uw) werden die zur Kalibrierung der Messwerte verwendeten Daten ähnlich wie die Gasgehalte in den \*.epsxy Files als Matrix abgespeichert. Die Kalibrierwerte bestimmen sich aus den Leitfähigkeiten der Messvolumina um die jeweiligen Gitterpunkte für reines Wasser. Bild VI.2 zeigt ca. 1/4 des Messquerschnitts:

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	....
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	496	1232	1584	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	1056	1696	1680	1808		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	416	1408	1680	1872	1792	1888	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	752	1488	1824	1824	1952	1872	1952		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	896	1648	1744	1872	1872	1952	1936	1984			
0	0	0	0	0	0	0	0	160	1008	1664	1824	1824	1952	1952	2016	1968	2032		
0	0	0	0	0	0	0	0	928	1664	1776	1872	1856	1952	1968	2016	1984	2032		
0	0	0	0	0	0	0	960	1648	1792	1840	1920	1888	2000	2000	1984	2016	2048		
0	0	0	0	0	0	672	1680	1760	1856	1872	1952	1936	2000	2016	2016	2016	2064		
0	0	0	0	0	432	1552	1808	1824	1888	1920	1984	1952	2016	2016	2000	2048	2048		
0	0	0	0	160	1360	1744	1840	1856	1936	1936	1984	1952	2048	2000	2016	2032	2064		
0	0	0	0	880	1744	1808	1904	1888	1952	1952	1984	1968	2000	2000	2000	2016	2064		
0	0	0	336	1552	1792	1840	1904	1920	1936	1968	2000	1968	2016	2016	1968	2048	2064		
0	0	0	1168	1744	1888	1920	1984	2000	2016	2032	2048	2032	2096	2080	2048	2128	2144		
0	0	400	1648	1776	1904	1936	1984	2000	2048	2032	2048	2016	2128	2112	2080	2144	2112		
0	0	1200	1728	1792	1952	1952	1984	2000	2032	2016	2032	1952	2096	2032	2016	2096	2080		
0	384	1600	1776	1856	1984	1968	2016	2016	2064	2080	2080	1968	2128	2080	2048	2112	2144		
0	1024	1664	1824	1872	2000	2000	2016	2032	2048	2032	2064	2000	2112	2096	2064	2096	2112		
0	1504	1712	1856	1888	2000	2016	2048	2032	2080	2080	2048	2016	2096	2080	2064	2112	2128		
352	1712	1760	1872	1904	2032	2032	2048	2048	2096	2064	2096	2016	2112	2112	2048	2096	2112		
864	1760	1792	1904	1888	2016	2016	2032	2016	2064	2064	2032	1968	2080	2080	2016	2080	2064		
1344	1808	1856	1968	1952	2080	2080	2064	2096	2128	2096	2112	2048	2208	2128	2064	2176	2208		
1488	1792	1792	1904	1904	2016	2000	2016	2032	2048	2032	2048	1984	2112	2080	2016	2112	2096		
1648	1840	1840	1952	1936	2064	2048	2016	2048	2096	2080	2080	1984	2080	2064	2048	2128	2128		
1728	1856	1856	1952	1936	2064	2048	2032	2048	2080	2080	2080	2048	2144	2128	2064	2128	2160		
1776	1888	1888	1952	1952	2080	2080	2048	2064	2128	2112	2112	2080	2144	2128	2080	2176	2160		
1808	1904	1888	1968	1952	2064	2064	2048	2064	2112	2096	2096	2016	2144	2144	2048	2144	2208		
1808	1904	1888	1952	1936	2064	2048	2016	2048	2064	2080	2096	2016	2128	2096	2064	2144	2128		
1840	1904	1888	1968	1936	2048	2064	2016	2064	2080	2080	2080	2016	2112	2096	2016	2112	2144		
.....																			

Bild VI.2 Visualisierung der Kalibrierwerte über einen Teil des Messquerschnitts aus einer \*.uw Datei

Die Kalibriermatrix wird für 64 x 64 Punkte berechnet. Liegen die Punkte außerhalb des Messquerschnittes, erhalten sie den Wert 0. Die Kalibrierwerte in diesen Files und in den \*.uwrad\_80 Dateien sind auf 4096 ADC Werte normiert.

### VI.13 Azimutal gemittelte Kalibrierwerte

Zur Beurteilung der Qualität der Histogrammkalibrierung werden radiale Kalibrierprofile verwendet (siehe Abschnitt 1.5.1). Hierzu benötigt man azimutal gemittelte Kalibrierwerte. Die Mittelung wird ähnlich wie bei den Gasgehalten oder Gasgeschwindigkeiten entsprechend Abschnitt 1.5.2 (vgl. Bild 12) mit Wichtungskoeffizienten durchgeführt. Der linke Bereich von Tabelle VI.8 zeigt beispielhaft die Anordnung der Kalibrierwerte. In der linken Spalte sind die mittleren Radien der zur azimutalen Mittelung verwendeten Ringdomänen dargestellt. Die rechte Spalte enthält die zugehörigen gemittelten Kalibrierwerte.

Tab. VI.8 Beispiele für die Dateien \*.uwrاد\_80, \*.v00, \*.vel

0.6 2076.00	.....	0.6 2.581
1.8 2076.00	100.6 0.000	1.8 2.581
3.1 2081.17	99.6 0.000	3.1 2.581
4.3 2090.73	98.7 1.665	4.3 2.581
5.5 2088.69	97.9 1.780	5.5 2.581
6.7 2083.10	97.1 1.518	6.7 2.647
7.9 2087.58	96.5 1.377	7.9 2.647
9.2 2095.03	95.9 1.541	9.2 2.647
10.4 2107.30	95.5 2.065	10.4 2.581
11.6 2113.51	95.1 1.693	11.6 2.581
12.8 2111.34	94.8 1.693	12.8 2.581
14.0 2108.42	94.6 1.750	14.0 2.647
15.3 2107.56	94.5 1.454	15.3 2.647
16.5 2106.22	94.5 1.811	16.5 2.581
17.7 2099.05	94.6 2.025	17.7 2.581
18.9 2071.38	94.8 1.395	18.9 2.581
20.1 2055.96	95.1 1.639	20.1 2.581
21.4 2065.63	95.5 1.324	21.4 2.581
22.6 2082.10	95.9 1.564	22.6 2.518
23.8 2087.42	96.5 1.414	23.8 2.518
25.0 2084.30	97.1 1.721	25.0 2.518
26.2 2084.88	97.9 1.147	26.2 2.518
27.5 2085.93	98.7 0.688	27.5 2.518
28.7 2084.28	99.6 0.000	28.7 2.518
29.9 2082.76	100.6 0.000	29.9 2.518
.....	.....	.....
Azimutal gemittelte Kalibrierwerte (*.uwrاد_80)	Lokale Gasgeschwindigkeiten der Punkt-zu-Punkt Kreuzkorrelation (*.v00)	Azimutal gemittelte Gasgeschwindigkeiten (*.vel)

### VI.14 Lokale Gasgeschwindigkeiten

Wie in Kapitel 1.5.3 beschrieben, nutzt man die gemessenen Gasgehalte zweier übereinander angeordneter Messebenen, um aus der Kreuzkorrelation der übereinander liegenden Messpunkte lokale Gasgeschwindigkeiten zu bestimmen. Die Ergebnisse der Punkt-zu-Punkt Korrelation sind in den \*.v00 Files aufgelistet. Tabelle VI.8 zeigt im mittleren Bereich Daten dieses Filetyps. Ähnlich wie die Gasgehaltsdaten in den \*.epsr Dateien sind auch diese Geschwindigkeitsinformationen für 64 x 64 Messpunkte als Wertepaare untereinander angeordnet. In der linken Spalte ist der radiale Abstand jedes einzelnen Messpunktes (x,y) von der

Mittelachse des Rohres in mm angegeben, während die rechte Spalte die zeitgemittelte lokale Gasgeschwindigkeit in m/s enthält. Punkte außerhalb des Messquerschnitts erhalten die Geschwindigkeit 0.000 m/s. Das Beispiel zeigt oben und unten jeweils zwei Punkte außerhalb des Sensors mit dem Wert 0.000 und dazwischen 20 reale Werte der ersten Erreger Elektrode am Rand des Sensors.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die Informationen in diesem File nur zu Kontrollzwecken verwendet werden können, da die Streuung der lokalen Gasgeschwindigkeiten für eine Einzelauswertung zu groß ist.

#### *VI.15 Lokale azimuthal gemittelte Gasgeschwindigkeiten*

Aufgrund der im vorhergehenden Abschnitt erwähnten großen Streubreite der lokalen zeitgemittelten Gasgeschwindigkeiten werden die Ergebnisse der Kreuzkorrelationen azimuthal innerhalb von ringförmigen Domänen gemittelt (vgl. Abschnitt 1.5.3). Nach der Mittelung werden die Geschwindigkeiten für jeden Ring berechnet und in den Files \*.vel gespeichert. Der rechte Bereich von Tab. VI.8 zeigt beispielhaft einen Auszug aus einer solchen Datei. Sie enthält in der linken Spalte den mittleren Radius der ringförmigen Domänen in mm und rechts die dazugehörige zeitlich und azimuthal gemittelten Gasgeschwindigkeiten in m/s. Die Daten dieser Files sind als radiale Geschwindigkeitsprofile im Anhang I dieses Berichtes dargestellt.