

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnisse	XI
Symbolverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XV
Danksagung	XVII
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Stand der Technik	3
1.3. Beiträge und Aufbau	6
2. Grundlagen	9
2.1. Massen- bzw. Volumenstrom von Gasen	9
2.2. Infraroptische Gasfernmesstechnik	10
2.2.1. Infrarotthermografie	14
2.2.2. Tuneable Diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS)	14
2.3. Optischer Fluss und Fluidfluss	16
2.3.1. Optischer Fluss	16
2.3.2. Turbulente Strömung	17
2.3.3. Optischer Fluss von Fluidströmungen	20
3. Messverfahren und Messsystem	22
3.1. Messmodell	22
3.1.1. Herleitung	22
3.1.2. Annahmen und Randbedingungen	25
3.2. Verwendete Sensorik, Messaufbau und Sensorcharakterisierung	27
3.2.1. TDLAS-basierter Sensor	27
3.2.2. Infrarotkamera zur Gasvisualisierung	42
3.2.3. Druck-Temperatur-Sensor	47
3.2.4. Geometrische Kalibrierung von TDLAS-basiertem Sensor und Gas- kamera	48
3.3. Sensordatenverarbeitung	53
3.3.1. Bestimmung der Gasgeschwindigkeit mittels Bildverarbeitung	53
3.3.2. Modellauswertung	58
3.4. Bewertung	58
4. Theoretische Untersuchungen	61
4.1. Fehler durch nicht erfüllte Annahmen oder Randbedingungen	61
4.2. Fehlerfortpflanzung	67

4.3. Bewertung	69
5. Experimentelle Untersuchungen	71
5.1. Laboruntersuchungen	71
5.1.1. Schätzung der Gasgeschwindigkeit	72
5.1.2. Bestimmung des Normvolumenstroms	80
5.2. Versuche in Biogasanlagen	82
5.2.1. Untersuchung typischer Leckagen	82
5.2.2. Simulierte Leckagen	84
5.2.3. Reale Leckagen	89
5.3. Bewertung	91
6. Zusammenfassung & Ausblick	95
6.1. Zusammenfassung	95
6.2. Ausblick	97
A. Anhang	XIX
A.1. Vereinfachung der Radiative Transfer Equation (RTE)	XIX
A.2. Verzerrungsvektorfelder der Gaskamera	XX
A.3. Fehlerhafter Ansatz zur geometrischen Kalibrierung von TDLAS-basiertem Sensor und Gaskamera	XXI
A.4. Datenerfassung	XXIV
A.5. Ergänzungen zu den experimentellen Untersuchungen	XXVII
B. Publikationen	XXIX
Literaturverzeichnis	XXX