

**Inhaltsverzeichnis**

**1 Einleitung ..... 1**

**2 Signalentstehung mehrdimensionaler Ortsfilterkonzepte ..... 5**

2.1 Das Ortsfiltermessprinzip ..... 5

2.2 Realisierungen in der optischen ortsfilterbasierten Velocimetrie..... 6

2.3 Signalentstehung bei Ortsfiltermesssystemen (1C) ..... 10

2.4 Verwendung strukturierter Array-Detektoren zur 2C Messung ..... 20

2.5 Einfluss der Pixelapertur eines Sensorchips ..... 28

**3 Verfahren zur Schätzung der Signalfrequenz ..... 33**

3.1 Auswerteverfahren ..... 33

3.1.1 Nulldurchgangsdetektion (Periodendauermessung) ..... 33

3.1.2 Leistungsdichtespektrum ..... 35

3.1.3 Drehzeigerverfahren ..... 37

3.1.4 Autokorrelation / Autokorrelationsphase..... 39

3.2 Vergleich der Verfahren anhand von Testsignalen ..... 41

3.2.1 Die Cramér-Rao Schranke (Cramér-Rao Lower Bound) ..... 43

3.2.2 Verwendung eines harmonischen Modellsignals..... 45

3.2.3 Überlagerung zweier Modellsignale für gezielte Phasensprünge..... 47

3.2.4 Vergleich der ermittelten Erwartungswerte..... 49

3.2.5 Diskussion zur Erstellung eines verbesserten Modellsignals..... 51

3.2.6 Vergleich anhand realer Signale ..... 56

**4 Mehrdimensionale ortsfilterbasierte Konzepte ..... 59**

4.1 Betrachtungen zu mehrdimensionalen Aufnahmemethoden..... 59

4.2 Vorverarbeitungen für mögliche echtzeitfähige Messsysteme..... 60

4.3 DSP basiertes Messsystem zur zweikomponentigen Messung ..... 63

4.3.1 Skalierbarkeit des Messsystems ..... 67

4.3.2 Messergebnisse zur Charakterisierung des Messsystems..... 68

4.4 Ortsfilter basierte Offlineauswertung zur Particle Image Velocimetry..... 75

4.4.1 Messung von Blasen eines Ausströmers..... 76

4.4.2 Messung an einem Kavitationskanal ..... 81

4.5 Sensor-Array zur 2D/2C Messung ..... 82

4.5.1 Testmessungen mit dem Sensor-Array ..... 84

4.5.2 Messung der Strömung aufsteigender Blasen ..... 86

4.6 Spiegel-Array zur Signalbildung im optischen Pfad..... 86

<b>5 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>91</b>
5.1 Ergebnisse der Arbeit .....	91
5.2 Ausblick zu ortsfilterbasierten Konzepten .....	93
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>95</b>
<b>Anhang A: Weiterführende mathematische Zusammenhänge .....</b>	<b>105</b>
A.1 Berechnung des Vergrößerungsmaßstabes.....	105
A.2 Vergleich der Überlagerung mit der Kreuzkorrelation .....	106
A.3 Vergleich der Ortsfilterbeschreibung mittels Faltung und Kreuzkorrelation..	106
A.4 Korrektur der Signale aus nicht-Phasen-orthogonalen Gitterfunktionen .....	108
A.5 Shift-Korrektur bei sequenziell ausgelesenen Array-Sensoren .....	109
<b>Anhang B: Beschreibung zu entwickelten Analyseprogrammen .....</b>	<b>111</b>
B.1 Programm zur Signalanalyse.....	111
B.2 Programmmodule der Auswerteverfahren .....	114
B.3 Programm zur Erstellung von Modellsignalen .....	119
<b>Anhang C: Daten und Angaben zur Messwertgewinnung mit dem DSP basierten</b>	
<b>2C Messsystem.....</b>	<b>121</b>
C.1 Daten des Sensors S9132.....	121
C.2 Daten und Angaben zum DSP-Board TMDSDSK6455.....	122
C.3 Abbildungen zur Hardware des DSP basierten 2C Messsystems.....	123
C.4 Benutzeroberfläche zur Kommunikation mit dem DSP basierten 2C- Geschwindigkeitsmesssystem .....	124
C.5 Riemenaufbau zur Erzeugung einer längenreferenzierten Strukturbewegung.....	129
C.5.1 Genauigkeit der Referenz anhand des Streifenmusters .....	129
C.5.2 Erreichbare Genauigkeit des Messsystems anhand der Korrelation der beobachteten Oberflächenstruktur .....	131
C.5.3 Programm zur Untersuchung der erreichbaren Genauigkeit.....	132
C.6 Testsignal für theoretische Betrachtungen.....	133
<b>Anhang D: Daten und Angaben zum Sensor-Array.....</b>	<b>137</b>
D.1 Daten und Angaben zu FPGA-Board (USB-FPGA Module 1.11c) .....	137
D.2 Weitere Abbildungen des Sensor-Arrays.....	138