

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die Streueigenschaften des Blutes	5
2.1	Die physikalischen Eigenschaften des Blutes	5
2.2	Das Streumodell des Blutes	6
2.2.1	Erythrozyten als individuelle kugelförmige Streuer	7
2.2.2	Blut als isotropes inhomogenes Kontinuum	11
2.2.3	Das Hybrid-Modell	15
3	Systemmodell zur Flußabbildung	21
3.1	Das allgemeine Modell im Reflexionsbetrieb	21
3.2	Beschreibung der Übertragungsstrecke als lineares zeitvariantes System . . .	25
3.3	Vertauschbarkeit eines zeitinvarianten und eines zeitvarianten Systems	30
3.4	Vereinfachung des allgemeinen Modells	32
4	Flußabbildungskonzept der Ultraschalltechnik	38
4.1	Das Doppler-Verfahren	38
4.1.1	Das CW-Doppler-Verfahren	38
4.1.2	Das PW-Doppler-Verfahren	42
4.2	Das TS-Verfahren	46
4.3	Auflösung und Mehrdeutigkeit	48
4.3.1	Die Ambiguity-Funktion	49
4.3.2	Auflösung und Mehrdeutigkeit des CW-Doppler-Verfahrens	51
4.3.3	Auflösung und Mehrdeutigkeit des PW-Doppler-Verfahrens	52
4.3.3.1	Sinus-Burst-Signal	52
4.3.3.2	Chirp-Burst-Signal	54
4.3.3.3	Vergleiche	55
4.3.4	Auflösung und Mehrdeutigkeit des TS-Verfahrens	56
5	Verfahren zur Rekonstruktion des 2D-Geschwindigkeitsvektorfeldes	58
5.1	Problemstellung	58
5.2	Bestimmung des Geschwindigkeitsvektorfeldes aus zwei CFI-Bildern	60
5.2.1	Grundprinzip	60
5.2.2	Bestimmung der relativen Lage zweier Antennen	62
5.3	Rekonstruktion des Geschwindigkeitsvektorfeldes aus mehreren CFI-Bildern .	68
5.3.1	Problemstellung	68

5.3.2	Die Methode der gewichteten Mittelung	69
5.3.2.1	GMK-Methode	70
5.3.2.2	Empfindlichkeitsanalyse	71
5.3.2.3	GMS-Methode	74
5.3.2.4	Erwartungswert und Varianz des rekonstruierten Geschwindigkeitsvektorfeldes	75
5.3.2.5	GMV-Methode	80
5.3.3	Die Methode der kleinsten Quadrate	85
5.3.4	Vergleiche der Rekonstruktionsmethoden	87
5.3.5	Die Wirkung eines Wandfilters	91
6	Technische Realisierung und experimentelle Ergebnisse	97
6.1	Ein CFVI-System zur Rekonstruktion eines 2D-Geschwindigkeitsvektorfeldes	98
6.2	Experimentelle Untersuchungen	100
6.2.1	Untersuchungen an einem Phantom	100
6.2.1.1	Rekonstruktion aus zwei CFI-Bildern	102
6.2.1.2	Rekonstruktion mittels der KQ-Methode	102
6.2.1.3	Rekonstruktion mittels der GM-Methode	103
6.2.1.4	Rekonstruktion mittels der KQ-Methode aus einem kleinen Meßwinkelbereich	106
6.2.2	Untersuchung an einem biologischen Objekt	106
6.3	Die Referenzmessung mit Laser-Doppler-Anemometer	108
6.3.1	Der Laser-Doppler-Anemometer	110
6.3.2	Das Flußmodellsystem	113
6.3.3	Die experimentellen Ergebnisse	114
7	Zusammenfassung und Ausblick	119
	Anhang	122
A	Berechnung der Zeit-Frequenz-Korrelationsfunktion $\chi(\tau, f)$	122
A.1	Für ein Sinus-Burst-Signal	122
A.2	Für ein Chirp-Burst-Signal	123
B	Erwartungswerte und Varianzen von Fehlerempfindlichkeiten	125
C	Die Varianz des rekonstruierten Geschwindigkeitsvektorfeldes	129
C.1	GMK-Methode	129
C.2	GMS-Methode	130
C.3	KQ-Methode	130

Liste der verwendeten Symbole

132

Literatur

136