

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen	XV
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der Technik	3
1.3 Ortsfiltersensoren in vergleichbaren Aufgabenstellungen	8
2 Physiologische Grundlagen	9
2.1 Das mikrovaskuläre System	9
2.1.1 Die terminalen Strombahnen	13
2.1.2 Die Mikrozirkulation	16
2.1.3 Stoff- und Flüssigkeitsaustausch	16
2.2 Das Blut	19
2.2.1 Das Blutplasma	20
2.2.2 Der Erythrozyt	20
2.2.3 Der Leukozyt	21
2.2.4 Der Thrombozyt	21
2.3 Das Fließverhalten des Blutes	22
2.3.1 Die Fließbedingungen	22
2.3.2 Die Fließeigenschaften	23
2.4 Die Regulation der Durchblutung	28
2.4.1 Neuronale Durchblutungsregulation	29

2.4.2	Endothele Durchblutungsregulation	29
2.4.3	Die Thermoregulation	30
2.5	Die Mikrozirkulationsstörung als Krankheitsursache	30
3	Technische Grundlagen	37
3.1	Geschwindigkeitsmessverfahren	38
3.1.1	Bildverarbeitungsverfahren	39
3.1.2	Korrelationsverfahren	40
3.1.3	Laser-Doppler-Verfahren	46
3.1.4	Ortsfilterverfahren	54
3.1.5	Ortsfilter für beliebige Kurvenverläufe	63
3.2	Verfahren zur Bewegungskorrektur	66
3.2.1	Bildnachführung (Tracking)	66
3.2.2	Bildkorrelation	70
3.2.3	Ortsfilter	72
4	Vorbetrachtungen zur Messtechnik	77
4.1	Entstehung des Kamerabildes	77
4.2	Subpixel-Interpolation	83
4.3	Der Einfluss des Füllfaktors	92
5	Messtechnischer Aufbau	99
5.1	Anforderungen an das Messsystem	99
5.2	Beleuchtung	102
5.3	Optischer Sensor	103
5.4	Optische Komponenten	104
5.5	Optischer Strahlengang	106
5.6	Signalerfassung	109
5.6.1	Erfassung der Bilddaten	111
5.6.2	Bewegungskorrektur	112

5.6.3	Ermittlung des Pfades einer Kapillare	114
5.7	Signalverarbeitung	121
5.7.1	Spektralanalyse	121
5.7.2	Wavelet-Analyse	125
5.7.3	Quadratursignalverarbeitung	126
5.8	PC-Anwendung	128
6	Messergebnisse	133
6.1	Modellversuch einer Strömungsmessung	133
6.1.1	Testflüssigkeit	133
6.1.2	Vergleich der Theorie mit dem Modellexperiment	134
6.2	Messungen am Nagelfalz	137
6.2.1	Provokationsversuch	137
6.2.2	Thermoregulation	138
6.2.3	Sportliche Aktivität	143
6.3	Diskussion der Ergebnisse	143
7	Zusammenfassung und Ausblick	147
	Literaturverzeichnis	152
A	Erläuternde Berechnungen	185
A.1	Die Errorfunction	185
A.2	Berechnung der atan2 Funktion	185
A.3	Leistungsdichtespektrum	186
A.4	Strahlparameter eines Gauß'schen Strahls	186
A.5	Fehlereinfluss der Subpixelinterpolation	187
B	Simulationsergebnisse	189
B.1	Berechnung der Grauwerte von Pixeln	189
B.2	Winkeleinfluss auf die Geschwindigkeitsbestimmung	197