

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der Blick ins Innere des Auges	1
1.2	Zielsetzung der vorliegenden Dissertation	2
1.3	Ziel des Forschungsprojektes	3
2	Technische Bilderzeugung	7
2.1	Radiometrie	7
2.1.1	Verwendete Koordinatensysteme	7
2.1.2	Strahldichte	9
2.1.3	Lichtstrahlen	10
2.1.4	Lichtfeld	11
2.1.5	Geometrische Optik und deren Grenzen	11
2.1.6	Bestrahlungsstärke	12
2.1.7	Strahlstärke	12
2.1.8	Radiometrische Energiegrößen	13
2.1.9	Photometrische Größen	13
2.1.10	Spektrale strahlungsphysikalische Größen	14
2.2	Matrizenoptik	14
2.2.1	Kleinwinkelnäherung im paraxialen Gebiet	14
2.2.2	Wichtige Transformationsmatrizen	16
2.2.3	Brechkraft und die Hintereinanderschaltung von Linsen	18
2.3	Bildentstehung	19
2.3.1	Bild und Luminanzfunktion	19
2.3.2	Entstehung eines Bildes	19
2.3.3	Lichtquellen	20

2.3.4	Streucharakteristik	21
2.3.5	Fernbild	22
2.3.6	Fernsphäre	23
2.4	Abbildung	23
2.4.1	Abbildung durch Linsen	24
2.4.2	Abbildungsgleichung und Fokussierung bei nahen Bildern	25
2.4.3	Abbildungsmaßstab und Abbildungsfunktion bei nahen Bildern	27
2.4.4	Abbildungsbrechkraft und Abbildungsfunktion bei ferneren Bildern	28
2.4.5	Dicke Linsen, verschiedene Brechzahlen auf den beiden Linsenseiten	29
2.4.6	Ersatzstrahlengang: Zerstreuungslinse und virtuelles Bild	31
2.4.7	Ersatzstrahlengang: Spiegel und Spiegelbild	32
2.4.8	Orthogonale Bilder: Apertur- und Bildebene	32
2.4.9	Feldlinsen	33
2.4.10	Vignettierung, Pupillen und Aperturanpassung	34
2.4.11	Ideale optische Abbildung	35
2.4.12	Bildmaßstabsfehler und Verzeichnung	35
2.4.13	Bildschärfefehler und Punktbildfunktion	36
2.4.14	Farbfehler	37
2.4.15	Absorber	38
2.5	Polarisationserhaltung in optischen Systemen	39
2.5.1	Lineare Doppelbrechung	39
2.5.2	Zirkuläre Doppelbrechung	40
2.5.3	Metallreflexion	42
2.5.4	Fresnelreflexion	43
2.5.5	Streuung	45
2.6	Digitale Bilderfassung	47
2.6.1	Räumliche Abtastung: Pixel	48
2.6.2	Zeitliche Abtastung: Belichtung	49
2.6.3	Spektrale Abtastung: Farbe	49

2.6.4	Digitalisierung	51
2.6.5	Elektronische Bildsensoren und Bildrauschen	51
3	Aufbau des menschlichen Auges	57
3.1	Anatomie des Auges	57
3.2	Okulomotorik	59
3.3	Naheinstellung und Akkommodation	60
3.4	Fehlsichtigkeiten	61
3.5	Augenmodelle	64
4	Augenspiegelung	67
4.1	Direkte Augenspiegelung	67
4.2	Aperturanpassung: Indirekte Augenspiegelung	70
4.3	Purkinjebilder: Störende Rückreflexionen innerhalb des Auges	72
4.3.1	Intensität der Purkinjebilder	72
4.3.2	Berechnung von Strahlengängen zur Modellierung der Purkinjebilder	73
4.3.3	Parasitäre Überlagerung von Fundusbild und Purkinje- bildern	78
4.4	Funduskameras	78
4.4.1	Allgemeine Aspekte zur Funktionsweise von Fundus- kameras	79
4.4.2	Funduskameras mit Ringbeleuchtung: Standardmethode	81
4.4.3	Streifenmethode: Neues Verfahren	83
4.4.4	Vergleich der Streifenmethode mit herkömmlicher Ringbeleuchtung	85
4.5	Erscheinungsbild des Fundus	88
4.5.1	Erfahrungsbericht Augenspiegelung	88
4.5.2	Fundusbilder	89
4.5.3	Artefakte	90
5	Realisierung eines Demonstrators	91
5.1	Anforderungen und Zielsetzung	91
5.2	Gesamtkonzept	91

5.3	Mechanischer Aufbau und Komponenten	94
5.4	Aufbau der Optik	95
5.5	Maßnahmen zur Unterdrückung von Rückreflexionen	101
5.6	Auswahl optischer Komponenten	103
5.7	Teilkomponenten und deren mechanische Justage	105
5.8	Elektronik	105
5.9	Patientenführung	107
5.10	Bediensoftware	109
5.11	Optische Sicherheit	111
5.12	Digitale Bildverarbeitung	115
5.12.1	Gewinnung von Farbbildern	115
5.12.2	Entfernen von Artefakten	115
5.12.3	Bildverbesserung durch mehrere Einzelbilder	118
5.12.4	Anwendung einer Gradationsfunktion	119
6	Experimentelle Ergebnisse	121
6.1	Experimentelle Prüfung der Modellvorhersagen über die Streifenmethode	121
6.2	Fundusbilder	123
6.3	Fundusvideos	125
6.4	Stand der Technik	125
6.4.1	Referenzgerät	125
6.4.2	Handfunduskamera	127
6.4.3	Test verschiedener aktueller Funduskameras	127
6.5	Vergleich des Demonstrators mit dem Stand der Technik	130
7	Zusammenfassung	135
	Literaturverzeichnis	139
	Summary	145
	Danksagung	149