

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
2	Technische Grundlagen	5
2.1	Wärmetransportmechanismen	5
2.1.1	Wärmeleitung	5
2.1.2	Konvektion	7
2.1.3	Wärmestrahlung	7
2.2	Wärmetransport in Gewebe	8
2.3	Numerische Berechnung des Wärmetransports in Gewebe	9
2.3.1	Finite-Differenzen-Methode	9
2.3.2	Finite-Volumen-Methode	11
2.3.3	Erzeugung des Gitternetzes	12
2.3.4	Randbedingungen	15
2.3.5	Courant-Friedrichs-Levi Kriterium	16
2.4	Messmethoden	17
2.4.1	Infrarotmessung der Temperatur	17
2.4.2	Faseroptische Temperatursensoren	18
2.5	Raytracing	19
3	Medizinische Grundlagen	23
3.1	Das menschliche Auge	23
3.1.1	Sklera	23
3.1.2	Ziliarkörper	23
3.1.3	Iris	24
3.1.4	Chorioidea	25
3.1.5	Retina	27
3.1.6	Kornea	28
3.1.7	Linse	29
3.1.8	Augenkammern	29
3.1.9	Glaskörper	30
3.2	Laser-Gewebe Wechselwirkung / Gewebeschäden	30
3.2.1	Schadenstypen	30

Inhaltsverzeichnis

3.2.2	Zusammenhang Temperatur - Schaden	31
3.2.3	Einfluss des Blutflusses	32
4	Grundlagen scannender Lasersysteme	35
4.1	Flying-Spot-Projektor	35
4.2	Scannendes Light Detection and Ranging	37
5	Stand der Technik	39
5.1	Augenmodelle	39
5.2	Kritik am Stand der Technik	45
6	Modellbildung	47
6.1	Modul A - Optisches Augenmodell	48
6.2	Modul B - Thermodynamisches Augenmodell	53
6.2.1	Geometrie und Gewebeeigenschaften	54
6.2.2	Randbedingungen an Kornea und Sklera	57
6.2.3	Erzeugen des Gitternetzes	59
6.2.4	Positionierung und Implementierung des Blutflusses	61
6.2.5	Temperaturberechnung	62
6.2.6	Schadensberechnung	64
7	Modellvalidierung	65
7.1	Validierung gegen Literatur	66
7.1.1	Steady-State-Validierung	66
7.1.2	Transiente Validierung - Temperatur	70
7.1.3	Transiente Validierung - Schaden	72
7.2	Validierung gegen Messungen an Luft	75
7.2.1	Vorgehen	75
7.2.2	Aufbau	76
7.2.3	Ergebnisse	77
7.3	Validierung gegen Messungen unter Wasser	79
7.3.1	Vorgehen	79
7.3.2	Aufbau	80
7.3.3	Ergebnisse	82
7.3.4	Einfluss des Messsystems auf die Messung	85
8	Evaluierung scannender Lasersysteme	87
8.1	Netzhautscanning	87
8.2	Vergleich DLP und FSP	90

9	Zusammenfassung	93
10	Ausblick	95
A	User defined functions	97
B	Matlab-Code	101
C	C++	105
D	Betreute studentische Arbeiten	115
E	Wissenschaftliche Veröffentlichungen	117