

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xvii
Abkürzungen, Formelzeichen, Konstanten	xix
Abkürzungen	xix
Formelzeichen	xx
Konstanten	xxi
1 Einleitung	1
2 Stand in der Technik und in der medizinischen Forschung sowie Ableitung der Aufgabenstellung	3
2.1 Lichttechnische Grundlagen	3
2.1.1 Strahlungsleistung und Lichtstrom	3
2.1.2 Normspektralwertfunktionen und Normfarbwerte	4
2.1.3 Farbtemperatur	5
2.2 Lichterzeugung mit LED und OLED	6
2.2.1 Aufbau und Wirkungsweise einer LED	6
2.2.2 Weiße LEDs	8
2.2.3 Aufbau und Wirkungsweise einer OLED	9
2.2.4 Nutzung von spektral einstellbaren OLEDs in speziellen Anwendungen	11
2.2.5 Spektral einstellbare und farbortgeregelte LED-Systeme	12
2.2.6 Stromversorgung und Treiber	15
2.3 Grundlagen zur Aufnahme von optischer Strahlung im Auge des Menschen	16
2.3.1 Nichtvisuelle Wirkungen	17
2.3.2 Modelle des visuellen Systems und nichtvisueller Wirkungen von Licht im Menschen	18
2.4 Forschungsprojekt NiviL	20
2.4.1 Teilprojekt Universitätsklinikum an der TU Dresden	21
2.4.2 Bipolar-I Erkrankung	22
2.5 Biologisch wirksame Leuchten	23
2.6 Methoden zur Quantifizierung von Nichtvisuellen Wirkungen	24
2.6.1 Pupillographie	25
2.6.2 Herzfrequenz	25
2.6.3 Bestimmung von Hormonwerten	27
2.6.4 Karolinska-Schlafigkeitsskala	27

2.6.5	Elektroenzephalografie	28
2.7	Spektralanalyse für EEG Daten	30
2.7.1	Literaturreze zu EEG-Auswerteverfahren	30
2.7.2	Digitale Signalverarbeitung für EEG-Daten	32
2.7.3	Fourier-Transformation	32
2.7.4	Diskrete Fourier-Transformation (DFT) und Fensterung	34
2.7.5	Fast Fourier-Transformation (FFT)	36
2.7.6	Wahl der Bezugsrößen	36
2.7.7	Artefakte und Artefakterkennung in den EEG-Daten	36
2.7.8	Schlaferkennung	38
2.8	Ziele und Inhalte der Arbeit	39
3	Spektrale einstellbare Lichterzeugung	41
3.1	Anforderungen an die Versuchsleuchten	41
3.2	Auswahl der LEDs	41
3.3	Mechanischer Aufbau der Versuchsleuchte	43
3.4	Modulare LED-Stromquellen und deren Sollwertvorgabe	44
3.4.1	Abschätzung der benötigten elektrischen Leistungswerte	44
3.4.2	Systembetrachtung	45
3.4.3	Schaltungsentwurf der Stromquellen	45
3.4.4	Restwelligkeit des Ausgangsstromes für kleine Ausgangsleistungen	50
3.4.5	Berechnung der Photonendichte	51
3.5	Algorithmen zur spektralen Lichtmischung und Farbortregelung	53
3.5.1	Dreikanalige Farbortsteuerung	54
3.5.2	Dreikanalige Farbortregelung	55
3.5.3	Mehrkanalige Steuerung und Regelung mit mindestens 4 LED	58
3.5.4	Regelung der Helligkeit in den Studien A und B	58
3.6	Pupillenerkennung und pupillengrößenabhängige Leuchtdichteregelung	60
3.6.1	Hardware	60
3.6.2	Software	60
3.7	Biologische Risiken optischer Strahlung	62
4	Systematisierung von quantitativen EEG-Analysen	65
4.1	Datengewinnung und Aufbereitung	65
4.2	Spektralanalyse und Datenauswertung	67
5	Methodik der durchgeführten Studien	69
5.1	Studie A - Melatonin suppression	69
5.1.1	Ziele und Hypothesen der Studie	69
5.1.2	Studiendesign, Zielgrößen, Fallzahlen und Randomisierung	70
5.1.3	Stand der Literatur	70
5.1.4	Ein- und Ausschlusskriterien	70
5.1.5	Studienablauf	71
5.1.6	Rekrutierung und Probandenzahlen	73
5.1.7	Expositionsbedingungen	73
5.1.8	Melatonin	74
5.1.9	KSS	74
5.2	EEG aus Studie A	76
5.2.1	Datenaufbereitung	76
5.2.2	Spektrale Datenauswertung	79
5.2.3	Einfluss der Fensterfunktion	80

5.3	Studie B - Phasenverschiebung	81
5.3.1	Ziele und Hypothesen der Studie	81
5.3.2	Stand der Literatur	81
5.3.3	Ein- und Ausschlußkriterien	82
5.3.4	Zielgrößen und Studiendesign	83
5.3.5	Studienablauf	83
5.3.6	Rekrutierung und Probandenzahlen	84
5.3.7	Expositionsbedingungen	85
5.3.8	Melatonin	87
5.3.9	Pupillenunruheindex	89
5.3.10	Herzfrequenz	90
5.3.11	KSS	91
5.4	EEG aus Studie B	92
5.4.1	Datenaufbereitung Studie B	92
5.4.2	Spektrale Datenauswertung	93
5.4.3	Nutzung einer individuellen Alpha-Frequenz	93
5.4.4	Verifizierung der Datenaufbereitung und Datenauswertung	94
5.5	Statistische Auswertung der Daten	96
5.5.1	Kovariablen und deren Kodierung	98
5.5.2	Konfidenzintervalle	99
5.5.3	Korrelationskoeffizient	100
6	Messergebnisse und deren Diskussion	101
6.1	Studie A	102
6.1.1	EEG	102
6.1.2	KSS	108
6.1.3	Melatonin	109
6.2	Studie B	111
6.2.1	EEG	111
6.2.2	KSS	115
6.2.3	Pupillenunruheindex	117
6.2.4	Herzfrequenz	118
6.2.5	Melatonin	120
6.2.6	Korrelationen zwischen den Messgrößen	120
6.3	Reflexion der Ergebnisse an den Hypothesen	121
7	Zusammenfassung	123
Literatur		127