

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xvii</b>
<b>Abkürzungen, Formelzeichen, Konstanten</b>	<b>xix</b>
Abkürzungen . . . . .	xix
Formelzeichen . . . . .	xx
Konstanten . . . . .	xxi
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand in der Technik und in der medizinischen Forschung sowie Ableitung der Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
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 Biplolar-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-Schläfrigkeitsskala . . . . .	27

2.6.5	Elektroenzephalografie . . . . .	28
2.7	Spektralanalyse für EEG Daten . . . . .	30
2.7.1	Literaturreche 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 Bezugsgrößen . . . . .	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
<b>3</b>	<b>Spektrale einstellbare Lichterzeugung</b>	<b>41</b>
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 Leuchtdichteregulung . . . . .	60
3.6.1	Hardware . . . . .	60
3.6.2	Software . . . . .	60
3.7	Biologische Risiken optischer Strahlung . . . . .	62
<b>4</b>	<b>Systematisierung von quantitativen EEG-Analysen</b>	<b>65</b>
4.1	Datengewinnung und Aufbereitung . . . . .	65
4.2	Spektralanalyse und Datenauswertung . . . . .	67
<b>5</b>	<b>Methodik der durchgeführten Studien</b>	<b>69</b>
5.1	Studie A - Melatoninsuppression . . . . .	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
<b>6</b>	<b>Messergebnisse und deren Diskussion</b>	<b>101</b>
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
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>123</b>
	<b>Literatur</b>	<b>127</b>