

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	3
1 EINLEITUNG	6
2 LED-BAUFORMEN BZW. –TYPEN ZUR MODELLBILDUNG	7
2.1 ABBILDUNG DER ZU UNTERSUCHENDEN LED-BAUFORMEN.....	7
2.2 LED-MODELLE ZUR ANALYSE DER LEUCHTDIODEN-KENNWERTE UND MODELLIERUNG	7
3 ANALYSE DER ELEKTRISCHEN EIGENSCHAFTEN	8
3.1 ERLÄUTERUNG UND VERHALTENSWEISE DER SHOCKLEY-DIODENGLEICHUNG	8
3.2 UNTERSUCHUNG DER FORMELFAKTOREN AUF ABHÄNGIGKEITEN	9
3.2.1 Festlegung der Strom- und Temperaturwerte zur Modellbildung	10
3.2.2 Messergebnisse zum LED-Typ: Luxeon LXHL-LD3C – rot – 1400 mA	11
3.2.3 Berechnung des Bahnwiderstands aus idealer- und realer Kennlinie	11
3.2.4 Darstellung der Diodenkennlinien in Abhängigkeit der Temperatur	12
3.2.4.1 lineare Kennliniendarstellung	12
3.2.4.2 logarithmische Kennliniendarstellung	12
3.2.5 Verhalten der Durchlassspannung über der Temperatur	13
3.2.5.1 Bestimmung des Temperaturkoeffizienten TK_{UF}	13
3.2.6 Bestimmung des Emissionsfaktors m	14
3.2.6.1 Tabellarische Auflistung der ermittelten Emissionskoeffizienten	14
3.2.7 Berechnung des Sättigungssperrstroms I_{s0}	15
3.2.7.1 Ergebnisse der Messreihen zur Bestimmung von I_{s0}	15
3.2.8 Berechnung des Sättigungssperrstroms über der Temperatur	16
3.2.8.1 Temperaturverhalten des Sättigungssperrstroms I_{s0}	16
3.2.8.2 Abbildung des Kennlinienverlaufs I_{s0} in Abhängigkeit der Temperatur	17
3.2.9 Untersuchung der Eigenschaften des Lambda-Koeffizienten.....	18
3.2.9.1 Vergleich des Lambda-Wertes zwischen Modell- und realem Verlauf	18
3.2.9.2 Berechnung des Lambda- Koeffizienten	19
3.2.10 Temperatur- und Stromabhängigkeit des Bahnwiderstands R_B	20
3.2.10.1 Verhalten des Bahnwiderstands über der Temperatur.....	20
3.2.10.2 Messergebnisse zur Temperaturabhängigkeit des Bahnwiderstands	20
3.2.10.3 Darstellung der Bahnwiderstandsfunktion über der Temperatur	21
3.2.10.4 Erkenntnisse bzw. Vergleich mit einschlägiger Literatur.....	22
3.2.10.5 Stromabhängigkeit des Bahnwiderstands	23
3.2.10.6 Berechnungsformel zur Ermittlung der Stromabhängigkeit von R_B	23
3.2.10.7 Messergebnisse zur Stromabhängigkeit des Bahnwiderstands	23
3.2.10.8 Darstellung der Bahnwiderstandsfunktion über I_F	24
4 ANALYSE DER THERMISCHEN EIGENSCHAFTEN	25
4.1 DARSTELLUNG DES THERMISCHEN ERSATZSCHALTBILDES EINER LED.....	25
4.2 ABBILDUNG DES AUFBAUS EINER HOCHLEISTUNGS-LED /TYP: LUXEON.....	26
4.3 ANALYSE DES TEMPERATURVERHALTENS BEI FREIER KONVEKTION	27
4.3.1 Ermittlung des Wärmewiderstands R_{thBA}	27

4.3.2 Darstellung der Sperrschichttemperatur bei ungünstiger Bestromung	29
4.3.3 Beispielrechnung LED-Modell Cree XR-E 7090 Q2 (warm-weiß).....	30
4.3.3.1 Ermittlung des Wärmewiderstands R_{thBA} und der Sperrschichttemperatur ..	30
4.3.4 Bestimmung der Wärmekapazität	31
4.3.5 Berechnung der inneren Wärmekapazitäten	31
4.4 BESTIMMUNG DER SPERRSCHICHTTEMPERATUR IN DER PULSPAUSE.....	32
5 ANALYSE DER LICHTTECHNISCHEN EIGENSCHAFTEN.....	34
5.1 ERLÄUTERUNGEN ZUM BEGRIFF STRAHLUNGSFLUSS.....	34
5.2 ERLÄUTERUNGEN ZUM BEGRIFF LICHTSTROM	34
5.2.1 Darstellung des funktionalen Zusammenhangs der $V(\lambda)$ -Kurve für Tagsehen.....	35
5.2.2 Darstellung der Augenempfindlichkeitskurve für Tag- und Nachtsehen	35
5.3 ANWENDUNG DER LICHTTECHNISCHEN GRUNDLAGEN AUF DIE LED-TECHNIK	36
5.4 VERWENDUNG EINER ULBRICHT-KUGEL ZUR LICHTSTROMMESSUNG	37
5.5 LICHTSTROMVERHALTEN ÜBER DEM DURCHLASSSTROM.....	38
5.5.1 Ergebnisse der Lichtstrom Messung	38
5.5.2 Untersuchung des Lichtstromverhaltens bei $\vartheta_J = 25\text{ °C}$	39
5.5.2.1 Berechnung der Boardtemperatur(en) für $\vartheta_J = 25\text{ °C}$	39
5.5.2.2 Bestimmung des Proportionalitätsfaktors k_I :	40
5.6 LICHTSTROMVERHALTEN ÜBER DER TEMPERATUR.....	41
5.6.1 Ergebnisse zum Lichtstromverlauf über der Temperatur.....	41
5.6.1.1 Ermittlung des Temperaturkoeffizienten k_ϑ	42
5.6.1.2 Gesamtfunktion zur Berechnung des Lichtstromverhaltens	42
5.7 BERECHNUNG DER STRAHLUNGSLEISTUNG EINER MONOCHROMATISCHEN LED.....	43
5.7.1 Umrechnung der Lichtstromwerte in Strahlungsleistung.....	43
5.7.2 Bestimmung des Proportionalitätsfaktors k_S	43
5.8 WELLENLÄNGENDRIFT DER DOMINANTEN WELLENLÄNGE	44
5.8.1 Ergebnisse der Spektrometermessung	44
5.8.1.1 Bestimmung des Faktors $k(\lambda)$	45
6 ABM-MODELLBILDUNG UNTER PSPICE.....	47
6.1 ERLÄUTERUNG WESENTLICHER FUNKTIONSBLÖCKE (BEZEICHNUNG)	48
6.2 EINBINDEN VON FUNKTIONSBLÖCKEN UNTER SCHEMATICS.....	49
6.3 ÜBERSICHT UND BESCHREIBUNG DER ABM-FUNKTIONENSBLOCKE	50
6.4 BEISPIELE ZUR ABM-MODELLIERUNG	55
6.4.1 Darstellung von Messwertepaaren	55
6.4.1.1 Abbildung der Funktion $f(x)$ als Graph	56
6.5 DARSTELLUNG EINER MATHEMATISCHEN FUNKTION	57
6.5.1 Abbildung des Funktionsgraphen	58
6.6 ABM-MODELLBILDUNG ZUR SIMULATION EINER HOCHLEISTUNGS-LEUCHTDIODE.....	59
6.6.1 Blockstruktur einer Hochleistungs-Leuchtdiode / Modell der FH-Hannover.....	59
6.6.2 Zuordnung der Parameter – Grundgrößen des Modells.....	59
6.7 ERLÄUTERUNGEN ZUM PSPICE-ABM-MODELL	60
6.7.1 Einspeisung des Konstantstroms.....	60
6.7.2 Abbildung der idealen Diodengleichung.....	60
6.7.3 Darstellung des Spannungsfalls am Bahnwiderstand	62
6.7.4 Abbildung des thermischen Ersatzschaltbildes.....	62

6.7.5 Modellierung von Strahlungsleistung, Verlustleistung und Lichtstrom.....	63
6.7.6 Modellierung des Wellenlängendriffs	64
7 FEHLERBETRACHTUNG ZWISCHEN MESS- UND MODELLWERTEN	65
7.1 ABSOLUTER FEHLER F	65
7.2 RELATIVER FEHLER F.....	65
7.2.1 Fehlerbetrachtung der realen Diodenspannung / Modell: $R_{thges.} = 0$	65
7.2.2 Fehlerbetrachtung des Lichtstromverlaufs / Modell: $R_{thBA} = 0$	66
8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	67
9 QUELLENVERZEICHNIS	69
10 ANLAGEN	70
10.1 DIAGRAMME ZUR LICHTSTROMMESSUNG WEITERER DIODENTYPEN.....	70
10.2 PSpICE ANALYSE – ERGEBNISSE	70
10.3 CD	70