

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Vorwort</b>	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit . . . . .	3
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	4
<b>2 Zwischen den Fronten</b>	<b>7</b>
2.1 Farbe – Was ist das? . . . . .	8
2.1.1 Auffassungen von Farbe in verschiedenen Kontexten . . . . .	9
2.1.2 Farbe im naturwissenschaftlichen Unterricht . . . . .	13
2.1.3 Gründe für eine phänomenbasierte Beschäftigung mit Farbe im Physikunterricht . . . . .	15
2.2 Stolpersteine der Vermittlung . . . . .	15
2.2.1 Physikalisches Farbwissen . . . . .	16
2.2.2 Der Erwartung widersprechende Phänomene . . . . .	17
2.2.3 Die ontologische Umkehr . . . . .	20
2.2.4 Die Kluft zwischen Messung und Wahrnehmung spiegelt die Kluft zwischen Theorie und Erfahrung . . . . .	24
<b>3 Farbe als Gegenstand der phänomenologischen Optik</b>	<b>27</b>
3.1 Das Auge als „Beziehungsorgan“ . . . . .	27
3.2 <i>Eingebunden</i> und <i>abgelöst</i> im Kontext einer Phänomenologie der Farbe	28
3.3 Ein eingebundener Zugang zur Farbe . . . . .	35
3.3.1 Farbkreise . . . . .	35
3.3.2 Vom Farbkreis zum Farbraum . . . . .	36
3.3.3 Eingebundene Versuche und intersubjektiver Vergleich . . . . .	41
3.4 Abgelöste Aspekte der Farbe . . . . .	41
3.4.1 Additive Farbmischung . . . . .	42
3.4.2 Das Spektrometer als Farbseparator und Farbreizdetektor . . . . .	43

3.4.3	Die Kamera als Augenimitator . . . . .	44
3.4.4	Abgelöst bestimmbare Erscheinungsbedingungen . . . . .	45
3.5	Die integrierende Perspektive . . . . .	45
3.6	Konditionalstruktur phänomenbasierter Erklärungen von Farberscheinungen . . . . .	46
<b>4</b>	<b>Farbmetrische Grundlagen</b>	<b>47</b>
4.1	Theorien des Farbsehens . . . . .	47
4.2	Die Grundlagen der modernen Farbmetrik . . . . .	55
4.2.1	Schrödingers Entwurf einer Farbmetrik . . . . .	55
4.2.2	Niedere Farbmetrik . . . . .	56
4.2.3	Höhere Farbmetrik . . . . .	61
4.3	Das CIE-Normvalenzsystem . . . . .	63
4.3.1	Normal-Beobachter und imaginäre Grundfarben . . . . .	63
4.3.2	Transformation einer spektralen Verteilung in die CIE-Systeme	66
4.3.3	Die CIE-Normfarbtafel . . . . .	66
4.4	Wahrnehmungsnahe Farbsysteme, Farbordnungssysteme und CAMs	68
4.4.1	$CIEL^*a^*b^*$ . . . . .	70
4.4.2	Farbordnungssysteme . . . . .	72
4.4.3	Farberscheinungsmodelle . . . . .	76
4.4.4	Farberscheinungsphänomene . . . . .	76
<b>5</b>	<b>Vorbereitung des Untersuchungsgangs</b>	<b>83</b>
5.1	Bestimmung der Helligkeit . . . . .	83
5.2	Bestimmung der Farbtemperatur . . . . .	86
5.3	Bestimmung von Farbvalenzen . . . . .	90
5.3.1	Spektrometrische Bestimmung am Bild . . . . .	90
5.3.2	Visueller Abgleich am sRGB-Monitor . . . . .	90
5.4	Anwendung der integrierenden Perspektive – Vergleich von Farbbeziehungen und Orientierung im CIE-Diagramm . . . . .	92
5.5	Verwendete Materialien . . . . .	93
5.5.1	Lichtquellen . . . . .	93
5.5.2	Lichtfilter . . . . .	94
5.5.3	Messgeräte . . . . .	96
5.5.4	Spiegel-Spalt-Blende . . . . .	97
<b>6</b>	<b>Der Untersuchungsgang</b>	<b>99</b>
6.1	„Taten und Leiden“ des Lichts . . . . .	100
6.1.1	Hell und Dunkel – Weiß, Schwarz und Grau . . . . .	100
6.1.2	Ist Weiß gleich Weiß? – Die Farbtemperatur des Lichts . . . . .	104
6.1.3	Trübe Medien und Streuung – Himmelblau und Sonnengelb . . . . .	109

6.1.4	Verrückte Ansichten – Farbentstehung am Prisma – Komplementäre Spektren . . . . .	112
6.2	Farbiges Licht . . . . .	120
6.2.1	Farbige Lichtquellen . . . . .	120
6.2.2	Gefärbte Schatten . . . . .	124
6.2.3	Farbige Schatten . . . . .	126
6.2.4	Zwei-Farben-Projektion . . . . .	136
6.3	Farbige Oberflächen . . . . .	143
6.3.1	Farbige Flächen in schwarzer Umgebung . . . . .	143
6.3.2	Farbige Felder im Kontext – Simultankontrast und Kanteneffekte	144
6.3.3	Farbige Schatten auf farbigen Untergründen . . . . .	148
6.4	Entoptische Farben . . . . .	151
6.4.1	Nachbilder – Sukzessivkontrast . . . . .	152
6.4.2	Nachbildfarbpaare bei unterschiedlicher Sättigung . . . . .	156
6.4.3	Nachbilder und Farbinduktion . . . . .	159
6.5	Bezüge zwischen den Farbkreisen . . . . .	162
6.5.1	Gemeinsame Gegensatzfarbpaare . . . . .	163
6.5.2	Die Phänomenabhängigkeit der Farbkreise . . . . .	166
6.6	Eine phänomenologische Ordnung der Farberscheinungen . . . . .	166
<b>7</b>	<b>Reflexion</b>	<b>171</b>
7.1	Ontologische und epistemologische Ebene . . . . .	171
7.2	Fachliche Ebene . . . . .	173
7.3	Didaktische Ebene . . . . .	175
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>179</b>
	<b>Appendix</b>	<b>193</b>
1	10°-Normalbeobachter . . . . .	193
2	Qualitative Untersuchung zur Zwei-Farben-Projektion mit verschiedenen farbigen Lichtquellen . . . . .	206