

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Supraleitung</b>	<b>10</b>
2.1	Die Londonschen Gleichungen . . . . .	10
2.2	Die Ginzburg-Landau-Theorie . . . . .	11
2.3	Die Shubnikov-Phase . . . . .	13
2.4	Dünne supraleitende Filme . . . . .	14
2.4.1	Das Bean-Modell . . . . .	15
2.4.2	Modell zur Berechnung von zweidimensionalen Fluss- und Strom- dichteverteilungen . . . . .	17
2.5	Flussbewegung und elektrisches Feld . . . . .	19
2.6	Universalität des elektrischen Feldes . . . . .	21
2.7	Das mikroskopische elektrische Feld . . . . .	22
<b>3</b>	<b>Der Hochtemperatursupraleiter <math>\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}</math></b>	<b>24</b>
3.1	$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	24
3.2	Substrat- und Filmherstellung . . . . .	26
3.2.1	Substrate . . . . .	26
3.2.2	YBCO-Filmherstellung und -strukturierung . . . . .	27
3.2.3	Korngrenzen . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Magneto-Optik</b>	<b>31</b>
4.1	Der Faraday-Effekt . . . . .	31
4.1.1	Theorie und Messprinzip . . . . .	31
4.1.2	Eisengranatschichten . . . . .	33
4.1.3	Kalibrierung . . . . .	34
4.2	Experimenteller Aufbau . . . . .	35
4.2.1	Beleuchtung und optische Komponenten . . . . .	36
4.2.2	Supraleiterkühlung . . . . .	37
4.2.3	Magnetfelderzeugung . . . . .	38
4.2.4	Transportströme . . . . .	38
4.2.5	Stromkontakte . . . . .	39
4.2.6	Bildverarbeitung . . . . .	39

4.3	Bestimmung der Stromdichteverteilung . . . . .	40
4.3.1	Berechnung der Stromverteilung im Supraleiter . . . . .	40
4.3.2	Verminderung der Superezellen-Wechselwirkung . . . . .	41
4.3.3	Begrenzung des Auflösungsvermögens . . . . .	43
4.3.4	Transportstrommessungen . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Bestimmung dynamischer Größen des Vortexsystems</b>	<b>45</b>
5.1	Das elektrische Feld . . . . .	45
5.1.1	Die Grundgleichungen . . . . .	46
5.1.2	Bisherige Lösungsansätze . . . . .	47
5.1.3	Eindimensionale Geometrie: Der dünne Steg . . . . .	48
5.1.4	Zweidimensionale Geometrien . . . . .	49
5.1.5	Näherung für kleine Ladungsdichten . . . . .	49
5.1.6	Numerische Umsetzung . . . . .	51
5.2	Flussgeschwindigkeit und Aktivierungsbarriere . . . . .	52
5.3	Experimentelle Durchführung . . . . .	53
5.4	Fehlerbetrachtung zur elektrischen Feldberechnung . . . . .	54
5.4.1	Fehler und Genauigkeit der Auswertung . . . . .	54
5.4.2	Abschätzung der Auflösungsgrenze . . . . .	55
<b>6</b>	<b>Vortexdynamik in einkristallinen YBCO-Dünnschichten</b>	<b>57</b>
6.1	Vortexstatik . . . . .	58
6.2	Die elektrische Feldverteilung . . . . .	60
6.3	Die Vortexgeschwindigkeit . . . . .	64
6.4	Die Aktivierungsenergie . . . . .	66
6.5	Die dissipierte Leistungsdichte . . . . .	67
6.6	Diskussion . . . . .	67
6.6.1	Nichtlokalität der statischen und dynamischen Größen . . . . .	67
6.6.2	Universalität des elektrischen Feldes . . . . .	69
6.6.3	Einfluss der lateralen Supraleiterdimensionen . . . . .	72
6.6.4	Zeitentwicklung der Aktivierungsbarriere . . . . .	74
6.6.5	Mechanismen der Vortexbewegung . . . . .	74
6.6.6	Vergleich zum Bean-Modell: Domänengrenzen . . . . .	77
6.6.7	Vergleich der Vortexbewegung zur Festkörperdiffusion . . . . .	78
6.6.8	Vergleich der Dissipation im Supraleiter und in Kupfer . . . . .	79
6.7	Zusammenfassung . . . . .	79
<b>7</b>	<b>Vortexdynamik an Defekten</b>	<b>81</b>
7.1	Vortexstatik am kreisförmigen Defekt . . . . .	81
7.2	Elektrische Feldverteilung am kreisförmigen Defekt . . . . .	83
7.3	Vortexgeschwindigkeit und Aktivierungsenergie am kreisförmigen Defekt . . . . .	84
7.4	Dissipierte Leistungsdichte und Zeitänderung des Betrags der Stromdichte . . . . .	85
7.5	Diskussion . . . . .	86

7.6	Vortexstatik an Kleinwinkelkorngrenzen . . . . .	89
7.7	Elektrische Feldverteilung an Kleinwinkelkorngrenzen . . . . .	90
7.8	Vortexgeschwindigkeit und Aktivierungsbarriere . . . . .	92
7.9	Zeitentwicklung des elektrischen Feldes . . . . .	94
7.10	Diskussion . . . . .	95
	7.10.1 Simulation des elektrischen Feldes an Korngrenzen . . . . .	95
	7.10.2 Diskussion der Vortexdynamik an Korngrenzen . . . . .	97
<b>8</b>	<b>Vortexdynamik in YBCO auf technischen Substraten</b>	<b>101</b>
8.1	Biaxial texturierte YBCO-Filme auf IBAD-YSZ . . . . .	101
8.2	Diskussion . . . . .	105
<b>9</b>	<b>Transportexperimente an YBCO-Dünnschichten</b>	<b>107</b>
9.1	Transport- und Magnetisierungsfall an einkristallinen YBCO-Filmen . . . . .	108
9.2	Diskussion . . . . .	108
9.3	Einfluss von Defekten auf die Stromdichte . . . . .	111
9.4	Diskussion . . . . .	113
9.5	Diskussion des elektrischen Feldes im Transportfall . . . . .	113
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>116</b>