

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation und Umfeld der Arbeit . . . . .	1
1.2. Prinzip von Radaren mit frequenzschwenkenden Antennen . . . . .	6
1.2.1. Entfernungsbestimmung . . . . .	6
1.2.2. Winkelbestimmung . . . . .	9
1.2.3. Winkel-Entfernungskompromiss . . . . .	10
1.3. Stand der Forschung . . . . .	10
1.3.1. Integrierte Millimeterwellen-Antennengruppen . . . . .	10
1.3.2. Frequenzschwenkende Antennen . . . . .	12
1.3.3. Holografische Antennen . . . . .	13
1.3.4. Radare mit frequenzschwenkenden Antennen . . . . .	15
1.4. Aufbau und Ziele der Arbeit . . . . .	15
<b>2. Theoretische Betrachtung holografischer Millimeterwellenantennen</b>	<b>19</b>
2.1. Grundlagen des holografischen Prinzips . . . . .	19
2.1.1. Prinzip . . . . .	19
2.1.2. Mathematische Beschreibung . . . . .	21
2.2. Verwendung der holografischen Theorie in der Antennentechnik .	22
2.3. Betrachtung als periodische Leckwellenantennen . . . . .	24
2.3.1. Floquet-Moden und deren Eigenschaften . . . . .	26
2.3.2. Arten planarer periodischer Leckwellenantennen . . . . .	30
2.3.3. Verwendung von Oberflächenwellen als anregende Wandwelle . . . . .	33
2.4. Betrachtung als äquidistante phasengesteuerte Antennengruppe .	38
2.4.1. Gewinnminderung für schwenkende Abstrahlung . . . . .	39
2.4.2. Nebenkeulenniveau der uniformen holografischen Antenne	43
2.5. Fazit . . . . .	45
<b>3. Konzepte holografischer Millimeterwellenantennen</b>	<b>47</b>
3.1. Wahl der Designparameter . . . . .	47
3.2. Verwendete Aufbautechnik . . . . .	50
3.3. Holografische Antennen auf Substraten ohne Massefläche . . . . .	52
3.3.1. Verwendete Moden und passende Hologramme . . . . .	52
3.3.2. Anbindung an Systeme mit unterschiedlichen Leitungsarten	59

3.3.3. Simulative und messtechnische Verifikation mit zwei unterschiedlichen Speiseantennen . . . . .	63
3.3.4. Verwendung von Reflektoren zur Erzeugung von Unidirektiltät . . . . .	67
3.4. Holografische Antennen auf Substraten mit Massefläche . . . . .	78
3.4.1. Verwendete Moden und passende Hologramme . . . . .	78
3.4.2. Oberflächenwellenerzeugung . . . . .	84
3.4.3. Simulative und messtechnische Verifikation . . . . .	85
3.4.4. Bewertung und Vergleich der einzelnen Konfigurationen .	87
3.5. Beeinflussung der Amplitudenbelegung des Hologramms zur Nebenkeulenunterdrückung . . . . .	89
3.5.1. Bestimmung und Beeinflussung der Abstrahlkoeffizienten	89
3.5.2. Anwendung einer Belegungsfunktion . . . . .	90
3.5.3. Simulative und messtechnische Verifikation . . . . .	92
3.6. Bewertung und Diskussion der Ergebnisse . . . . .	96
<b>4. Zweidimensional schwenkende Konzepte</b>	<b>99</b>
4.1. Richtungsänderung der Hauptkeule in einer zweiten Ebene . . . . .	100
4.2. 1xN Antennengruppe als Speiseantenne . . . . .	103
4.2.1. 2D-schwenkendes Antennensystem durch Rotation des Hologramms . . . . .	106
4.2.2. 2D-schwenkendes Antennensystem mit phasensteuerndem Speisenetzwerk . . . . .	112
4.3. 2D-schwenkendes Antennensystem mit Rotman-Linse . . . . .	117
4.3.1. Rotman-Linse als phasensteuerndes Speisenetzwerk . . . . .	117
4.3.2. Entwurf und Simulation der holografischen Antenne mit Rotman-Linse . . . . .	118
4.3.3. Messtechnische Verifikation . . . . .	122
4.4. Abstrahlung in Richtung Broadside . . . . .	125
4.4.1. Bei phasengleicher Anregung . . . . .	125
4.4.2. Bei phasengesteuerter Anregung . . . . .	128
4.5. Phasenzentrum in Abhängigkeit des Abstrahlwinkels $\theta_0$ . . . . .	129
4.5.1. Resultierender Messfehler bei Radaranwendungen . . . . .	129
4.5.2. Bestimmung des Phasenzentrums holografischer Antennen	132
4.5.3. Diskussion . . . . .	135
<b>5. Anwendungsbeispiel anhand eines 60 GHz Radarsystems mit frequenzschwenkender Antenne in LTCC</b>	<b>139</b>
5.1. Hardwareaufbau . . . . .	140
5.1.1. Komponenten und Lagenaufbau . . . . .	140
5.1.2. Antennencharakteristik . . . . .	142

---

5.2. Messzenario . . . . .	143
5.3. Signalprozessierung und Auswertung . . . . .	146
5.3.1. Kurzzeit-Fourier-Transformation . . . . .	146
5.3.2. Messauswertung . . . . .	147
5.3.3. Korrektur der Position des Phasenzentrums . . . . .	150
5.4. Messungen im 2-Ziel-Szenario . . . . .	152
5.5. Fazit . . . . .	155
<b>6. Schlussfolgerung</b>	<b>157</b>
<b>A. Verwendung von Waveguide-Ports in CST Microwave Studio</b>	<b>163</b>
A.1. Funktionsweise von Waveguide-Ports . . . . .	163
A.2. Verwendung mit holografischen Antennen . . . . .	164
<b>B. Grundlagen zu „Artificial Magnetic Conductors“</b>	<b>167</b>
<b>C. Taylor-Verteilungen zur Nebenkeulenunterdrückung</b>	<b>169</b>
C.1. Konfiguration der Verteilungsfunktion . . . . .	169
C.2. Berechnete Amplitudenbelegungen . . . . .	172
<b>D. Designgrundlagen einer Rotman-Linse</b>	<b>175</b>
<b>E. Der messspitzen-basierte Antennenmessplatz</b>	<b>179</b>
E.1. Systembeschreibung . . . . .	179
E.2. Einschränkungen bei 3D-Pattern Messung . . . . .	182
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>185</b>