

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Ziel der Arbeit	2
1.2 Stand der Forschung	2
1.2.1 Erkennung mittels Video	3
1.2.2 Detektion mit optischer Strahlung	3
1.2.3 Thermographische Unterscheidung	4
1.2.4 Kapazitive Detektion	5
1.2.5 Resonanzfrequenzänderung durch Oszillatorverstimmung	6
1.3 Lösungsansätze und Gliederung der Arbeit	7
2 Grundlagen	9
2.1 Physikalisches Verhalten von Materialien im GHz-Bereich	9
2.1.1 Elektromagnetische Wellen in Materie	9
2.1.2 Dielektrische Schichtsysteme	12
2.1.3 Dielektrische Eigenschaften von Werkstoffen	15
2.1.4 Dielektrische Eigenschaften von Körpermaterialien	18
2.2 Ultrabreitband Systeme	20
2.2.1 Pulsradar	21
2.2.2 PN-Radar	23
2.2.3 SFCW Radar	24
2.2.4 Bewertung	25
3 Untersuchung typischer Eigenschaften der Hand durch Simulation	27
3.1 Breitbandige Handmodelle	27
3.2 Eindringtiefe einer elektromagnetischen Welle in die Hand	33
3.3 Polarisation des E-Feldes für maximale Reflexion an einem Finger	36
3.4 Simulation unterschiedlicher Szenarien zur Materialunterscheidung	38
3.5 Fazit	40

4	Signalverarbeitungsalgorithmen zur Materialunterscheidung	41
4.1	1-Schichtmodell	41
4.2	3-Schichtenmodell	45
4.3	Modellansätze zur Identifizierung einer Hand	47
4.4	Abschätzung des erforderlichen Frequenzbereichs	50
4.5	Bewertung der Ergebnisse	54
5	UWB-Antennen	57
5.1	Anforderungsdefinition	57
5.2	Grundlagen	58
5.2.1	Zusammenhang zwischen Baugröße und Bandbreite einer Antenne	59
5.2.2	Nahfeld / Fernfeld	61
5.3	Charakterisierung im Nahfeld	63
5.3.1	Elektrisch kurzer Dipol	64
5.3.2	Messaufbau	65
5.4	Charakterisierung im Fernfeld	67
5.4.1	Frequenzbereich	67
5.4.2	Zeitbereich	69
5.5	Selektion geeigneter Antennen	72
5.6	Getaperte Schlitzantenne	74
5.6.1	Nahfeld	77
5.6.2	Fernfeld	77
5.6.3	Zeitbereichscharakterisierung im Fernfeld	80
5.7	Breitbandiges Dipolarray	82
5.7.1	Nahfeld	85
5.7.2	Fernfeld	85
5.7.3	Zeitbereichscharakterisierung im Fernfeld	90
5.8	Fazit	92
6	Materialcharakterisierung anhand von Messungen	93
6.1	Messaufbau	93
6.2	Kalibrierverfahren	95
6.3	Bestimmung der Permittivität von Werkstoffen	97
6.3.1	Trockene Hölzer und Kunststoffe	97
6.3.2	Feuchtigkeitsverlauf von Hölzern	101

6.4	Dielektrische Modellhand zum Testen des Sensors	104
6.4.1	Nachbildung von Haut, Fett und Muskelgewebe	107
6.4.2	Nachbildung von kortikalem und spongiösem Knochen	108
6.4.3	Herstellungsprozess der dielektrischen Handnachbildung	110
6.4.4	Vergleich des Simulationsmodells mit Messungen	111
6.5	Anwendung der Signalverarbeitungsalgorithmen auf Testszenerien	112
6.5.1	Auswahl markanter Testfälle	113
6.5.2	1-Schichtmodell	115
6.5.3	Kombination 1-/3-Schichtenmodell	117
6.5.4	Handdetektionsalgorithmen	118
6.5.5	Bewertung der Ergebnisse	120
6.6	Dynamikbereichsabschätzung sowie erforderlicher Signal- zu Rauschab- stand	121
6.7	Anzahl der erforderlichen Messpunkte	125
6.8	Fazit	128
7	Zusammenfassung und Ausblick	129
A	Anhang	133
A.1	Physikalisches Verhalten von Materialien im GHz-Bereich	133
A.2	Dipolarray	134
A.2.1	Speisenetzwerk	134
A.2.2	Fernfelder bei zusätzlicher Speisung des mittleren Dipols	135
	Literaturverzeichnis	137