

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der Positionsbestimmung	5
2.1	Funkbasierte Positionsbestimmung	5
2.1.1	Begriffe und Definitionen	6
2.1.2	Verfahren zur Positionsbestimmung	8
2.1.3	Implementierungen von Time-of-Arrival Verfahren	10
2.2	Multilateration	16
2.3	Dilution of Precision (DOP)	18
2.3.1	Einfluss von Fehlern in der Entfernungsmessung	18
2.3.2	Einfluss der geometrischen Konfiguration des Messsystems	22
3	Stand der Technik und Forschung	25
3.1	Technologische Unterscheidung von Positioniersystemen	26
3.2	Produkte am Markt	27
3.2.1	UCAS-430 (Becker Mining Systems)	28
3.2.2	LPR(r) (Symeo)	28
3.2.3	indurad Positionslösungen	28
3.2.4	MineStar™ (Caterpillar)	29
3.2.5	LaseBTL (Lase)	29
3.2.6	Jigsaw Positioning System (Locata / Leica)	30
3.3	Stand der Forschung	30
3.3.1	Signalstärke-basierte Ortung	31
3.3.2	ZigBee-basierte Positionierung	33
3.3.3	Inertiale Positionsbestimmung	34
3.3.4	FEATureFACE	34
3.3.5	OPTI-MINE	35
4	Entwicklung eines UWB-Positionsbestimmungssystems für die Schwer-	
	industrie	37
4.1	Einführung in die Ultra-Wideband (UWB)-Funktechnologie	37
4.1.1	Historische Entwicklung	37
4.1.2	Technische Grundlagen der UWB-Funktechnologie	39
4.1.3	Anwendungen der UWB-Technologie	42
4.2	Bewertung der UWB-Funktechnologie für die Nutzung in der Schwer- maschinenindustrie	42

4.3	Verfügbare UWB-Systeme	44
4.3.1	TimeDomain P410 Ranging and Communication Module	44
4.3.2	Decawave DW1000 ScenSor-Chip	48
4.4	Kalibrierung von UWB-Systemen	51
4.4.1	Einfluss der Antennenverzögerung	52
4.4.2	Durchführung der Antennen-Kalibration	53
4.5	Implementierung des Positioniersystems	54
4.5.1	Anforderungen	54
4.5.2	Hardware	55
4.5.3	Software	59
4.6	Optimierung der Positionsbestimmung durch Filterung	61
4.6.1	Mittelwertfilter	62
4.6.2	3-Sigma-Filter	63
4.6.3	Kálmán-Filter	63
4.6.4	Anwendung der Filterung	64
5	Funktionsprüfungen und Testmessungen	65
5.1	1D Labormessung P410	65
5.2	3D Statische & dynamische Labormessungen P410	66
5.3	Freifeldmessungen P410 und EVB1000	71
6	Fallstudien zur Implementierung im Schwermaschinenbau	75
6.1	Positionsbestimmung eines Schaufelradbaggers am Kohlenmischplatz	75
6.1.1	Ziel der Messung	75
6.1.2	Messaufbau	76
6.1.3	Durchführung	77
6.1.4	Ergebnisse	78
6.2	Positionsbestimmung eines Bunkerentladewagens im Kohlenbunker	80
6.2.1	Ziel der Messung	80
6.2.2	Messaufbau	81
6.2.3	Durchführung	83
6.2.4	Ergebnisse	84
6.3	Positionsbestimmung zwischen Bandschleifenwagen und Zwischenwagen	84
6.3.1	Ziel der Messung	84
6.3.2	Messaufbau	85
6.3.3	Durchführung	87
6.3.4	Ergebnisse	87
6.4	Einsatz zur untertägigen Positionsbestimmung	89
6.4.1	Ziel der Messung	89
6.4.2	Messaufbau	90
6.4.3	Durchführung	91
6.4.4	Messergebnisse	93
6.4.5	2D/3D-Positionsbestimmung	95

7 Erhöhung der Prozesssicherheit	99
7.1 Prozesssicherung & Zuverlässigkeit	99
7.2 Zuverlässigkeitsbetrachtung am Beispiel eines Betonspritzgerät- Auslegers	101
7.2.1 Zuverlässigkeit mit Dreh-/Lineargebern	101
7.2.2 Zuverlässigkeit mit UWB-Positioniersystem	103
7.2.3 Zuverlässigkeit beider Systeme im Verbund	104
7.3 Funktionale Sicherheit	105
7.4 Zündschutz in explosiven Atmosphären	108
7.4.1 Grundlagen des Explosionsschutzes	108
7.4.2 Konstruktive Maßnahmen	109
8 Zulassung von UWB-Systemen in Deutschland und der Welt	113
8.1 Zulassungsrichtlinien in Deutschland und im europäischen Ausland .	113
8.2 Zulassungsrichtlinien in den USA	117
9 Zusammenfassung und Ausblick	119
Akronyme	123
Abbildungsverzeichnis	127
Tabellenverzeichnis	129
Literaturverzeichnis	131