

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Grundlagen	1
1.1 Einführung	1
1.2 Grundprinzip kooperativer Funkortungssysteme	3
1.2.1 Orten durch Messung des Winkels in einer Ebene	4
1.2.2 Orten durch Messung der Entfernung	5
1.2.3 Orten durch Messung der Entfernungsdifferenz	9
1.2.4 Orten durch Messung der Entfernungsänderung	10
1.3 Übersicht zur Konzeption von Satellitenortungssystemen	11
1.3.1 Allgemeine Parameter	11
1.3.2 Verwendete Ortungsverfahren	18
1.4 Satellitenbahn	24
1.4.1 Keplersche Gesetze	24
1.4.2 Bahnparameter	24
1.4.3 Sichtbarkeitsbereich	26
1.5 Bezugssysteme und Koordinaten	29
1.5.1 Kartesisches Koordinatensystem	30
1.5.2 Vereinbartes raumfestes Bezugssystem	31
1.5.3 Vereinbartes erdfestes Bezugssystem	32
1.5.4 Elliptisches Bezugssystem	33
1.5.5 Geoid	34
1.5.6 Geodätisches Weltssystem	35
1.6 Zeitsysteme	36
1.6.1 Sternzeit und Weltzeit	37
1.6.2 Dynamische Zeit	37
1.6.3 Atomzeit	38
1.6.4 Koordinierte Weltzeit UTC	38
1.7 Frequenz- und Zeitnormale	38
1.7.1 Quarzoszillatoren	39
1.7.2 Atomfrequenznormale	40
1.8 Elektromagnetische Wellen	44
1.8.1 Struktur der Welle	44
1.8.2 Ausbreitungsgeschwindigkeit	47
1.8.3 Frequenzbereiche für Satellitenortungssysteme	49
1.8.4 Richtantennen	49
1.9 Ausbreitungserscheinungen	56
1.9.1 Freiraumausbreitung	56
1.9.2 Reflexion	57
1.9.3 Brechung (Refraktion) in der Troposphäre und Ionosphäre	58
1.9.4 Beugung	63
1.9.5 Absorption	63
1.9.6 Streuung	64
1.9.7 Wellenarten	65
1.9.8 Beurteilung der zu wählenden Frequenz	68

1.10	Informationsübertragung	69
1.10.1	Verfahren zur Übertragung und Gewinnung der Ortungsinformation ...	69
1.10.2	Formen des Basisbandsignals	69
1.10.3	Multiplexverfahren	70
1.10.4	Modulation des hochfrequenten Trägers	71
1.10.5	Spezielle Übertragungsverfahren	73
1.10.6	Frequenzumsetzung	79
1.10.7	Doppler-Frequenzverschiebung	82
1.11	Fehlermaße in der Ortung	87
1.11.1	Fehlerarten	87
1.11.2	Fehlermaße der Standlinie	87
1.11.3	Fehlermaße des Standortes	90
1.11.4	Fehlerangaben bei der Ortung mit Satellitensystemen	96
2	Satellitensysteme für Ortung und Navigation	97
2.1	TRANSIT	98
2.1.1	Einführung	98
2.1.2	Systembestandteile	98
2.1.3	Ortungsverfahren	99
2.1.4	Genauigkeit und Fehlerursachen	99
2.1.5	Perspektive	100
2.2	Cikada	100
2.3	NAVSTAR-GPS	101
2.4	GLONASS	101
2.5	GALILEO	101
2.6	Compass/Beidou	101
2.7	EUTELTRACS	101
2.7.1	Einführung	101
2.7.2	Systembestandteile	102
2.7.3	Ortungsverfahren	102
2.8	INMARSAT	104
2.9	Spezielle Satellitenortungssysteme	104
2.9.1	Starfix	104
2.9.2	SECOR	104
2.9.3	DORIS	105
2.9.4	PRARE	105
2.9.5	ARGOS	105
3	Global Positioning System (GPS)	106
3.1	Einführung	106
3.2	Segmente des Systems	109
3.2.1	Raumsegment	109
3.2.2	Bodensegment (Kontrollsegment)	113
3.2.3	Nutzersegment	117
3.3	Satellitensignale	118
3.3.1	Übersicht	118
3.3.2	Hochfrequenz-Träger	119
3.3.3	Ortungssignale	120
3.3.4	Navigationsmitteilung	126
3.3.5	Sendesignale	129

3.3.6	GPS-Systemzeit	133
3.3.7	Verfügte Veränderungen von GPS-Informationen	134
3.3.8	Leistungsbilanz der Funkverbindung zwischen Satellit und Nutzer	135
3.4	Messvorgang – Empfang und Aufbereitung der Satellitensignale	137
3.4.1	Erfassen der Satellitensignale	137
3.4.2	Korrelationsfunktion	138
3.4.3	Grundkonzeption der GPS-Empfänger	144
3.5	Messsignal-Verarbeitung und Auswertung	152
3.5.1	Beobachtungsgrößen	152
3.5.2	Auswertung der Messgrößen	157
3.6	Genauigkeit und genauigkeitsbeeinflussende Faktoren	170
3.6.1	Fehlermaße	170
3.6.2	Fehler und Fehlerursachen bei der Messung der Pseudoentfernung	170
3.6.3	Fehler und Fehlerursachen durch hochfrequente Störungen	176
3.6.4	Geometrisch bedingte Positionsfehler	182
3.6.5	Fehlerübersicht	192
3.7	Sichtbarkeit und Verfügbarkeit	193
3.7.1	Begriffsbestimmung	193
3.7.2	Sichtbarkeit der GPS-Satelliten	194
3.7.3	Verfügbarkeit der GPS-Satelliten	198
3.7.4	Auswirkung der Verringerung der Anzahl der verfügbaren Satelliten	199
3.8	Integrität	200
3.9	Unterstütztes GPS (A-GPS)	201
3.9.1	Nachteile des gebräuchlichen GPS	201
3.9.2	Wirkungsprinzip von A-GPS	201
3.9.3	Mitwirkung der Betreiber von Mobilfunknetzen	201
3.10	Übersicht zu der mit GPS-Satelliten Block II erzielbaren Genauigkeit	202
3.10.1	Genauigkeit bei GPS	202
3.10.2	Genauigkeit bei Differenzial-GPS (DGPS)	203
3.11	Modernisierung von GPS	204
3.11.1	Zielstellung und Umfang	204
3.11.2	Struktur und Inhalt der Dienste	205
3.11.3	Modernisierung der Satelliten Block II und Block III	206
3.11.4	Technischen Ausführung und Anwendungen	218
3.11.5	Modernisierung des Bodensegmentes (Kontrollsegment)	219
3.11.6	Erwartete Ergebnisse der Modernisierung	219
4	GLONASS	221
4.1	Einführung	221
4.2	Segmente des Systems	221
4.2.1	Raumsegment	222
4.2.2	Bodensegment (Kontrollsegment).....	225
4.2.3	Nutzersegment	227
4.3	Satellitensignale	227
4.3.1	Hochfrequenz-Träger	227
4.3.2	Ortungssignale	229
4.3.3	Navigationsmitteilung	231
4.3.4	Sendesignale	231
4.3.5	Leistungsbilanz	232
4.4	Messvorgang und Messsignalverarbeitung	233

4.5	Genauigkeit	233
4.6	Kombinierte Nutzung von GLONASS und GPS	234
4.6.1	Vergleich von GPS und GLONASS	234
4.6.2	Ergebnisse der kombinierten Nutzung von GPS und GLONASS	235
4.7	Weiterentwicklung von GLONASS	238
4.7.1	Allgemeine Zielstellungen	238
4.7.2	Frequenzbereich der neuen GLONASS-Satelliten	239
5	GALILEO	241
5.1	Einführung	241
5.2	Technische Forderungen	243
5.2.1	Allgemeine Technische Forderungen	243
5.2.2	Grundkonzeption	244
5.3	Systemarchitektur	245
5.3.1	Raumsegment	246
5.3.2	Bodensegment	249
5.4	Nutzersegment	251
5.5	GALILEO-Dienste (Service)	252
5.5.1	Dienste	252
5.5.2	Signale und Frequenzen	253
5.6	Unterstützung des Such- und Rettungsdienstes	263
5.7	Versuchssatelliten zu GALILEO	265
5.8	GATE	265
5.9	GALILEO – Zeitplan	266
6	Compass/Beidou	267
6.1	Einführung	267
6.2	Beidou	267
6.2.1	Satelliten Typ Beidou	267
6.2.2	Satellitenortungssystem Beidou-1	268
6.3	Satellitenortungssystem COMPASS (Compass Navigation Satellite System)	270
6.3.1	Systemkonzeption	270
6.3.2	System-Dienste	272
6.3.3	Frequenzen und Signale	272
6.3.4	COMPASS-Testsatellit	275
6.3.5	Genauigkeit von COMPASS	275
6.4	Planung zur Signalveränderung im L-Band-Bereich	275
7	Regionale Satelliten-Navigationssysteme	277
7.1	Grundprinzip regionaler Systeme	277
7.2	QZSS in Japan	278
7.2.1	Konzeption	278
7.2.2	Segmente des Systems	278
7.2.3	Frequenzen und Signale	280
7.2.4	Stand der Entwicklung	281
7.3	Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS)	281
7.3.1	Konzeption	281
7.3.2	Segmente des Systems	282
7.3.3	Frequenzen und Signale	282
7.3.4	Beurteilung	282

8	Ergänzungen zu GPS, GLONASS und anderen Satellitenortungssystemen	283
8.1	Differenzial-Messverfahren	283
8.1.1	Systeme der Differenzial-Messverfahren bei GPS (DGPS)	285
8.1.2	Differenzialverfahren zur hochgenauen Entfernung- und Positionsbestimmung mit der Träger-Phasen-Messung	293
8.1.3	Referenzstationsdienste des Vermessungswesens	294
8.1.4	DGPS-Referenzstationen verschiedener Dienste des Verkehrswesens	296
8.1.5	Weitbereich-DGPS (WADGPS)	301
8.2	Pseudolit	302
8.2.1	Pseudoliten als zusätzliche Satelliten zu den umlaufenden GPS-Satelliten	302
8.2.2	Pseudoliten als selbständige Einrichtung	304
8.3	Integritätsprüfung	306
8.3.1	Empfängerautonome Integritätsprüfung (RAIM)	307
8.3.2	GPS-Integritätskanal	307
8.4	Systeme zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit von GPS für die Luftfahrt (Augmentation-System)	308
8.4.1	Local Area Augmentation System (LAAS)	308
8.4.2	Wide Area Augmentation System (WAAS)	310
8.5	EGNOS	315
8.5.1	Einführung	315
8.5.2	Systembestandteile und Funktionsprinzip	316
8.5.3	Navigationsmitteilungen von EGNOS	319
8.5.4	Auswertung der EGNOS-Daten	319
8.5.5	Erprobung und Operationsbereitschaft	320
9	Übersicht zur zivilen Anwendung der Satelliten Ortungs- und -Navigationssysteme	321
9.1	GPS-Anwendung in der zivilen Luftfahrt	321
9.1.1	Einsatzbedingungen	321
9.1.2	Einsatzempfehlungen für Landeanflug	323
9.1.3	Integration der Hauptfunktionen C, N, S	324
9.1.4	Bordempfangsgeräte	326
9.1.5	Markt	330
9.2	GPS-Anwendung in der Seefahrt	330
9.2.1	Einsatzbedingungen	330
9.2.2	Bordempfangsgerät	331
9.2.3	Markt	332
9.3	GPS-Anwendung im Straßenverkehr	332
9.3.1	Einsatzbedingungen	332
9.3.2	Aufgabenstellung und Lösungen	333
9.3.3	Markt	336
9.4	Anwendung von GPS im Vermessungswesen	336
9.4.1	Aufgabenbereiche für das Vermessungswesen mit Hilfe von GPS	336
9.4.2	Messverfahren	337
9.4.3	Referenzstationsnetz in der Bundesrepublik Deutschland	337
9.4.4	Kartographie	339
9.5	Assisted GPS (A-GPS)	341

9.6	Sonstige Anwendungsbereiche der Satelliten-Ortungs- und -Navigationssysteme	342
9.6.1	Wissenschaft und Forschung	343
9.6.2	Wirtschaft und Industrie	343
9.6.3	Land- und Forstwirtschaft	343
9.6.4	Nachrichtentechnik	343
9.6.5	Touristik	343
10	Informationsquellen	344
10.1	Institutionelle Quellen	344
10.1.1	International GPS-Service (IGS)	344
10.1.2	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	346
10.1.3	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV)	346
10.1.4	Orbital Information Group	346
10.1.5	Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation	346
10.2	Internet als ergänzende Informationsquelle	347
Anhang	351
	Formelzeichen	351
	Abkürzungen	354
	Literaturverzeichnis	360
Sachwortverzeichnis	373