

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
1.1	Vermessung, Ortung, Geodäsie – Versuch einer Abgrenzung .....	1
1.2	Vermessung ohne Satelliten – Arbeitsweise, Ergebnisse .....	3
1.2.1	Historische Wurzeln des Vermessungswesens .....	4
1.2.2	Figur der Erde .....	7
1.2.3	Definition und Messung von Höhen.....	23
1.2.4	Stand der Erdmessung vor dem Satellitenzeitalter .....	33
1.3	Überblick über die Erdmessung mit Satelliten .....	35
1.3.1	Methoden der Satellitengeodäsie .....	35
1.3.2	Beobachtungsverfahren .....	35
1.3.3	Ergebnisse der Satellitengeodäsie .....	44
1.4	Referenzsysteme der Geodäsie – Das Geodätische Datum .....	45
1.4.1	Referenzsystem, Datumsfestsetzung und Referenznetz.....	45
1.4.2	Datumsfestsetzung in konventionellen geodätischen Referenzsystemen.....	49
1.4.3	Datumsfestsetzung in globalen Referenzsystemen – Das Geodätische Datum.....	52
1.4.4	Datumstransformation .....	55
1.4.5	Koordinaten der Landesvermessung .....	58
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b> .....	59
2.1	Satellitenbahn .....	59
2.1.1	Ungestörte KEPLER-Ellipse .....	59
2.1.2	Gestörte KEPLER-Ellipse .....	65
2.2	Koordinatensysteme .....	68
2.2.1	Astronomische Koordinatensysteme .....	68
2.2.2	Terrestrische Koordinatensysteme .....	70
2.3	Koordinatentransformationen .....	75
2.3.1	Berechnung terrestrischer Koordinaten aus KEPLER-Elementen .....	75
2.3.2	Berechnung ellipsoidischer Koordinaten aus kartesischen Koordinaten .....	76
2.3.3	Berechnung kartesischer Koordinaten aus ellipsoidischen Koordinaten .....	76
2.3.4	Berechnung topozentrischer Polarkoordinaten .....	77
2.4	Überführen ellipsoidischer Höhen in Gebrauchshöhen.....	77
2.4.1	Einleitung .....	77
2.4.2	Grundlagen.....	78
2.4.3	Flächenapproximation der Höhenbezugsfläche durch bivariate Polynome .....	81
2.4.4	Finite-Element Darstellung der Höhenbezugsfläche .....	83
2.4.5	Datumstransformation von Geoidmodellen.....	86
2.4.6	Digitale Finite Element Höhenbezugsfläche .....	89

2.5	Zeitsysteme .....	90
2.5.1	Sonnenzeit – UT .....	90
2.5.2	Sternzeit .....	93
2.5.3	Atomzeit – UTC .....	94
2.5.4	GPS- und GLONASS-Systemzeit .....	95
2.5.5	Relativistische Aspekte der Zeitmessung .....	95
2.6	Elektromagnetische Wellen .....	96
2.6.1	Allgemeine Grundlagen .....	96
2.6.2	Der DOPPLER-Effekt .....	102
2.6.3	Phasengeschwindigkeit - Gruppengeschwindigkeit .....	104
2.6.4	Signalausbreitung in der Erdatmosphäre* .....	107
2.7	BPSK-modulierte elektromagnetischer Signale .....	128
2.7.1	Spread Spektrum Technik .....	128
2.7.2	Datenmodulation/Codierung durch binäre Phasenumtastung .....	129
2.7.3	Signaldecodierung/Entfernungsmessung .....	134
2.7.4	Codierung durch PRN-Codes .....	135
2.7.5	Die Bandbreite BPSK-modulierter Wellen, Signalspreizung .....	141
2.7.6	Frequenzumsetzung, Filter .....	142
2.8	Satellitendatum .....	144
2.9	Genauigkeitsmaße .....	145
2.9.1	Eindimensionale Genauigkeitsmaße .....	147
2.9.2	Zweidimensionale Genauigkeitsmaße .....	148
2.9.3	Dreidimensionale Genauigkeitsmaße .....	149
2.9.4	Standardabweichung $\sigma$ als zwei- oder dreidimensionales Genauigkeitsmaß .....	149
2.10	Anforderungen an Navigationssysteme .....	150
<b>3</b>	<b>GPS</b> .....	<b>153</b>
3.1	Historische Entwicklung .....	153
3.2	Weltraumsegment .....	155
3.2.1	Satellitenkonstellation .....	155
3.2.2	GPS-Satelliten .....	155
3.3	Militärisches Kontrollsegment – ziviler Bahndienst* .....	158
3.3.1	Militärisches Kontrollsegment* .....	158
3.3.2	Ziviler Bahndienst des IGS* .....	159
3.4	Signalstrukturen .....	161
3.4.1	Einleitung .....	161
3.4.2	Codierung der Signale .....	162
3.4.3	Ergänzende Informationen zu den Codes .....	165
3.5	Die Systemsicherungsmaßnahmen Selected Availability(SA) und Anti-Spoofing (A-S) .....	167

---

\* Bearbeitet von Lambert Wanninger.

3.6	Die GPS-Navigationsnachricht .....	168
3.6.1	Struktur der Nachricht .....	168
3.6.2	Inhalt der Navigationsnachricht .....	169
3.6.3	Berechnung der Satellitenkoordinaten .....	171
3.7	Referenzsysteme des GPS .....	174
3.7.1	Positionsangaben.....	174
3.7.2	Zeit.....	175
3.8	GPS-Messgrößen .....	175
3.8.1	Entfernungsmessung mit Hilfe des Codes und Datendemodulation.....	175
3.8.2	Messung der Trägerphase .....	180
3.8.3	Messung bei eingeschaltetem Anti-Spoofing (A-S) .....	187
3.9	Modellierung der Messgrößen .....	189
3.9.1	Modellierung der Codephase .....	189
3.9.2	Modellierung der Trägerphase .....	196
3.9.3	Gemeinsame Modellierung von Code- und Trägerphasenmessung.....	207
3.9.4	Behandlung von Phasensprüngen.....	209
3.9.5	Verfahren zur Festlegung des Mehrdeutigkeitsparameters der Trägermischphase .....	212
3.10	Relative GPS-Positionierung* .....	221
3.10.1	Relative GPS-Positionierung mit einer Referenzstation* .....	222
3.10.2	Relative GPS-Positionierung im Referenzstationsnetz* .....	225
3.10.3	Aspekte der Datenfernübertragung* .....	230
3.11	Genauigkeit .....	231
3.11.1	Vorbemerkung .....	231
3.11.2	Fehlereinflüsse bei der Pseudostreckenmessung .....	231
3.11.3	Genauigkeit bei Auswertung der Pseudostreckenmessung .....	234
3.11.4	Genauigkeit der Auswertung bei Trägerphasenmessung .....	236
3.12	Merkmale von Empfängern.....	237
3.13	Modernisierung von NAVSTAR-GPS .....	239
3.13.1	Die zukünftige Signalstruktur.....	239
3.13.2	Die zukünftigen Satelliten .....	240
3.13.3	Das zukünftige Kontrollsegment .....	242
3.13.4	Auswirkungen der Modernisierung für zivile Nutzer .....	242
3.13.5	Schlussbemerkung.....	242
<b>4</b>	<b>GLONASS</b> .....	<b>243</b>
4.1	Historische Entwicklung .....	243
4.2	Weltraumsegment .....	244
4.3	Kontrollsegment .....	247
4.4	Signalstruktur .....	250
4.4.1	Allgemeine Informationen.....	250
4.4.2	Signalcodierung .....	250

---

\* Bearbeitet von Lambert Wanninger.

4.5	GLONASS-Navigationsnachricht .....	251
4.5.1	Struktur der Nachricht .....	251
4.5.2	Inhalt der Nachricht .....	253
4.5.3	Berechnung der Satellitenkoordinaten mit Hilfe der Ephemeriden .....	255
4.5.4	Berechnung der Satellitenkoordinaten mit Hilfe der Almanachdaten .....	257
4.6	GLONASS-Referenzsysteme .....	260
4.6.1	Positionsangaben .....	260
4.6.2	Zeit .....	260
4.7	Gemeinsame Nutzung von GLONASS und GPS .....	261
4.7.1	Verbesserung der Integrität .....	261
4.7.2	Verbesserung der Verfügbarkeit .....	261
4.7.3	Verbesserung der Genauigkeit .....	262
4.8	Bedeutung von GLONASS für die Praxis .....	263
4.8.1	Vergleich der Leistungsmerkmale GLONASS - GPS .....	264
4.8.2	GLONASS Hard- und Softwaremarkt .....	264
4.8.3	Hard- und Softwaremarkt für kombinierte GLONASS/GPS- Empfänger .....	265
4.8.4	Schlussbemerkung .....	266
<b>5</b>	<b>Andere satellitengestützte Ortungssysteme*</b> .....	267
5.1	ARGOS* .....	267
5.2	EutelTRACS* .....	269
5.3	DORIS* .....	270
5.4	PRARE* .....	271
<b>6</b>	<b>INMARSAT</b> .....	273
6.1	Segmente des INMARSAT-Systems .....	273
6.1.1	Weltraumsegment .....	273
6.1.2	Bodensegment .....	275
6.1.3	Nutzersegment .....	275
6.2	INMARSAT-Dienste .....	277
6.3	INMARSAT und Satellitennavigation .....	280
<b>7</b>	<b>Europäische Aktivitäten zur Entwicklung eines zivil kontrollierten GNSS</b> .....	283
7.1	EGNOS: Zivile Ergänzung von GPS und GLONASS .....	284
7.2	Geplantes System GALILEO .....	287
7.2.1	Ergebnisse der Definitionsphase von GALILEO .....	287
7.2.2	Schlussbemerkung .....	290

---

\* Bearbeitet von Lambert Wanninger.

<b>8</b>	<b>Ortung und Vermessung mit Satelliten in der Praxis</b> .....	291
8.1	Ortung mit Satelliten in der Praxis .....	291
8.1.1	Administrative Aspekte .....	291
8.1.2	Ortung im absoluten Modus .....	293
8.1.3	Ortung im differenziellen Modus .....	295
8.2	Vermessung mit Satelliten in der Praxis.....	299
8.2.1	Besonderheiten satellitengestützter Vermessung .....	299
8.2.2	Auswahl von Hard- und Software .....	301
8.2.3	Antennenkalibrierung* .....	304
8.2.4	Vorbereitung der Feldmessungen.....	306
8.2.5	Statische Vermessung mit Auswertung im Postprocessing .....	310
8.2.6	RTK-Vermessung .....	323
8.2.7	Einpassen von GNSS-Messungen in die Gebrauchsnetze .....	327
8.2.8	Kombination von GNSS mit terrestrischen Messelementen.....	332
<b>Anhang A: Geodätische Referenzsysteme und -netze in Deutschland</b> .....		335
A.1	Bisherige Systeme und Netze .....	335
A.1.1	Lagesysteme und -netze .....	335
A.1.2	Höhensysteme und -netze.....	343
A.2	Zukünftige Systeme.....	344
A.2.1	Das neue dreidimensionale Bezugssystem ETRS 89 .....	344
A.2.2	Das neue Höhenbezugssystem DHNN 92 .....	346
<b>Anhang B: Terrestrische DGPS-Dienste in Deutschland</b> .....		349
B.1	Genauigkeitsniveau „Meter“ .....	349
B.2	Genauigkeitsniveau „Zentimeter“ .....	349
B.2.1	Allgemeines.....	349
B.2.2	SAPOS-HEPS: Hochpräziser Echtzeit Positionierungsservice der Vermessungsverwaltungen .....	349
B.2.2.1	Einführung .....	349
B.2.2.2	Systembeschreibung SAPOS-HEPS.....	350
B.2.3	ascos: Satelliten-Referenzdienst der Ruhrgas AG .....	353
B.2.3.1	Einführung .....	353
B.2.3.2	Systembeschreibung.....	353
<b>Anhang C: Datenformate *</b> .....		355
C.1	RINEX* .....	355
C.2	RTCM SC-104* .....	357
C.3	NMEA-0183* .....	360

---

\* Bearbeitet von Lambert Wanninger.

<b>Glossar</b> .....	363
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	369
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	373
<b>Internetverweise</b> .....	385
<b>Sachwörterverzeichnis</b> .....	387