

Matthias Becker / Klaus Hehl

# Geodäsie

# Inhalt

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Gliederung und Kapitel	1
1.2 Begriff der Geodäsie	1
1.3 Einheiten und Fundamentalkonstanten	2
1.4 Notation	4
1.5 Grundlegende Konzepte	4
<b>2 Geometrische Geodäsie</b>	<b>8</b>
2.1 Koordinaten und Bezugssysteme	8
2.2 Koordinatentypen	9
2.2.1 Kartesische Koordinaten	9
2.2.2 Sphärische und ellipsoidische Koordinaten	12
2.2.3 Astronomische Koordinaten	13
2.2.4 Azimutdefinitionen	14
2.3 Internationales Terrestrisches Bezugssystem	15
2.3.1 Plattentektonische Modelle	17
2.3.2 Bezugsellipsoid und Breitentypen, GRS 80	18
2.3.3 World Geodetic System WGS 84	18
2.4 Internationales Zälestisches Bezugssystem	19
2.5 Ellipsoid und ellipsoidische Koordinaten	21
2.5.1 Geometrie des Ellipsoids	22
2.5.2 Meridianbogenlänge	23
2.6 Umrechnungen und Umformungen	25
2.6.1 Umrechnungen	26
2.6.2 Verebnungen	27
2.6.3 Umformungen	30
<b>3 Physikalische Geodäsie</b>	<b>35</b>
3.1 Potential und Schwerfeld der Erde	35
3.1.1 Physikalische Interpretation	41
3.1.2 Geopotentialmodelle	41
3.2 Schwere, Erdgezeiten und Geometrie des Schwerfeldes	43
3.2.1 Schwere und Schwerevariationen	43
3.2.2 Erdgezeiten	44
3.2.3 Geometrie des Schwerfeldes und Geoid	45
3.2.4 Störgrößen und Anomalien	47
3.3 Höhensysteme und geopotentielle Koten	49
3.3.1 Orthometrische Höhen	51
3.3.2 Normalhöhen	52
3.3.3 Vergleich der Höhensysteme	52
3.3.4 Vertikales Datum	53
3.4 Zeitskalen	55
3.4.1 GNSS-Zeit und Umrechnungen	57
3.5 Erdorientierungsparameter	58
3.5.1 Transformation zwischen raum- und erdfestem System	61

<b>4</b>	<b>Satellitengeodäsie</b>	<b>63</b>
4.1	Grundlagen zur Modellierung in den Raumtechniken . . . . .	65
4.1.1	Satellitenbahnen . . . . .	65
4.1.2	Signalausbreitung . . . . .	67
4.1.3	Stationskoordinaten . . . . .	68
4.2	Very Long Baseline Interferometrie und Satellitenlasermessungen . . . . .	68
4.2.1	VLBI . . . . .	68
4.2.2	Laser-Entfernungsmessung zu Satelliten und zum Mond . . . . .	70
4.3	GNSS und DORIS . . . . .	72
4.3.1	GNSS . . . . .	72
4.3.2	GPS . . . . .	77
4.3.3	GLONASS . . . . .	78
4.3.4	Galileo . . . . .	78
4.3.5	Compass / Beidou . . . . .	79
4.3.6	IGS und Produkte . . . . .	79
4.3.7	DORIS . . . . .	79
4.4	Satellitenaltimetrie . . . . .	80
4.5	Schwerefeld . . . . .	83
4.6	Fernerkundung . . . . .	84
<b>5</b>	<b>Statistische Methoden und Parameterschätzung</b>	<b>86</b>
5.1	Einführung, Elemente der Statistik . . . . .	86
5.1.1	Grundlegende Begriffe . . . . .	86
5.1.2	Normalverteilung und statistische Tests . . . . .	89
5.1.3	Modellbildung . . . . .	90
5.1.4	Gewichte und Kofaktoren . . . . .	91
5.1.5	Varianzen und Kovarianzen . . . . .	91
5.2	Parameterschätzung . . . . .	92
5.2.1	Geometrische Vorstellung . . . . .	92
5.2.2	Grundlegende Vorgehensweise . . . . .	94
5.2.3	Minimumbedingung . . . . .	95
5.2.4	Normalgleichungen . . . . .	95
5.2.5	Allgemeinfall – mehrere Unbekannte . . . . .	97
5.2.6	Normalgleichungen . . . . .	98
5.2.7	Fehlerrechnung . . . . .	99
5.2.8	Varianzfortpflanzung . . . . .	100
5.2.9	Kovarianzfortpflanzung . . . . .	100
5.3	Anwendungen . . . . .	101
5.3.1	Lineare Anwendungen . . . . .	101
5.3.2	Nichtlineare Anwendungen . . . . .	102
<b>6</b>	<b>Ausgewählte Mess-, Rechen- und Auswerteverfahren</b>	<b>106</b>
6.1	Messverfahren und Koordinatenbestimmung . . . . .	106
6.2	Rechenverfahren . . . . .	107
6.2.1	Erste und Zweite Hauptaufgabe . . . . .	107
6.2.2	Geradenschnitt . . . . .	110
6.2.3	Ebene Koordinatentransformationen . . . . .	111
6.3	Messung geometrischer Größen . . . . .	114
6.3.1	Polarverfahren . . . . .	114
6.3.2	Ebener und räumlicher Bogenschnitt . . . . .	115
6.3.3	Laserscanning . . . . .	118

---

6.3.4	Polygonierung . . . . .	120
6.3.5	Freie Standpunktwahl . . . . .	122
6.3.6	Einschneideverfahren . . . . .	122
6.3.7	GNSS-Koordinatenbestimmung . . . . .	123
6.3.8	Differentielles GNSS . . . . .	126
6.4	Messung physikalischer Größen . . . . .	127
6.4.1	Höhenmessung . . . . .	127
6.4.2	Schweremessungen, Gravimetrie . . . . .	130
6.4.3	Inertiale Messsysteme . . . . .	131
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>138</b>
	<b>Index</b>	<b>144</b>