

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Definition der Geodäsie	1
1.2	Aufgabe der Geodäsie	2
1.3	Historische Entwicklung der Geodäsie	4
1.3.1	Das sphärische Erdmodell	4
1.3.2	Das ellipsoidische Erdmodell	7
1.3.3	Das Geoid, Gradmessungen und Landesvermessungen	9
1.3.4	Dreidimensionale Geodäsie	11
1.3.5	Vierdimensionale Geodäsie	12
1.4	Organisation der Geodäsie, Literatur	12
1.4.1	Nationale Organisationen	12
1.4.2	Internationale Zusammenarbeit	13
1.4.3	Literatur	14
2	Bezugssysteme	16
2.1	Basiseinheiten und Fundamentalkonstanten	16
2.2	Zeitsysteme	18
2.2.1	Atomzeit, dynamische Zeit	18
2.2.2	Sternzeit und Weltzeit	19
2.3	Internationaler Erdrotationsdienst	22
2.4	Zälestische Bezugssysteme	23
2.4.1	Äquatorsystem der sphärischen Astronomie	23
2.4.2	Präzession und Nutation	26
2.4.3	Internationales Zälestisches Bezugssystem	27
2.5	Terrestrisches Bezugssystem	29
2.5.1	Globales erdfestes geozentrisches System	29
2.5.2	Polbewegung, Tageslänge, Veränderung des Geozentrums	30
2.5.3	Internationales Terrestrisches Bezugssystem	34
2.6	Schwerefeldbezogene Bezugssysteme	36
2.6.1	Orientierung der örtlichen Lotrichtung	36
2.6.2	Lokale astronomische Systeme	37
3	Das Schwerfeld der Erde	42
3.1	Grundlagen der Schwerfeldtheorie	42
3.1.1	Gravitation, Gravitationspotential	42
3.1.2	Gravitation der kugelsymmetrischen Erde	44
3.1.3	Eigenschaften des Gravitationspotentials	46
3.1.4	Zentrifugalbeschleunigung, Zentrifugalpotential	49

3.1.5	Schwerebeschleunigung, Schwerepotential	51
3.2	Geometrie des Schwerfeldes	52
3.2.1	Niveauflächen und Lotlinien	52
3.2.2	Lokale Schwerfeldarstellung, Krümmungen	54
3.2.3	Natürliche Koordinaten	58
3.3	Kugelfunktionsentwicklung des Gravitationspotentials	60
3.3.1	Entwicklung der reziproken Entfernung	60
3.3.2	Entwicklung des Gravitationspotentials	62
3.3.3	Geometrische Interpretation der Kugelflächenfunktionen	65
3.3.4	Physikalische Interpretation der Kugelfunktionskoeffizienten	66
3.4	Das Geoid	68
3.4.1	Definition	68
3.4.2	Der mittlere Meeresspiegel	69
3.4.3	Das Geoid als Höhenbezugsfläche	71
3.5	Zeitliche Schwereänderungen	75
3.5.1	Gravitationskonstante, Erdrotation	75
3.5.2	Gezeitenbeschleunigung, Gezeitenpotential	75
3.5.3	Nicht-gezeitenbedingte Schwereänderungen	81
4	Das geodätische Erdmodell	82
4.1	Das Rotationsellipsoid	82
4.1.1	Parameter und Koordinatensysteme	82
4.1.2	Krümmung	86
4.1.3	Räumliche geodätische Koordinaten	89
4.2	Das Normalschwerfeld	92
4.2.1	Das Niveuellipsoid, Niveausphäroide	92
4.2.2	Das Normalschwerfeld des Niveuellipsoids	93
4.2.3	Geometrie des Normalschwerfeldes	99
4.3	Geodätische Bezugssysteme	101
5	Messmethoden	106
5.1	Atmosphärische Refraktion	106
5.1.1	Grundlagen	107
5.1.2	Troposphärische Refraktion	111
5.1.3	Ionosphärische Refraktion	113
5.2	Satellitenbeobachtungen	116
5.2.1	Die ungestörte Satellitenbewegung	116
5.2.2	Die gestörte Satellitenbewegung	119
5.2.3	Künstliche Erdsatelliten	121
5.2.4	Messungen von Richtungen, Strecken und Streckenänderungen: Klassische Methoden	124
5.2.5	Global Positioning System (GPS)	127
5.2.6	Laserdistanzmessungen	137
5.2.7	Satellitenaltimetrie	139

5.2.8	Satellite-to-Satellite Tracking, Satelliten-Schweregradiometrie	142
5.3	Geodätische Astronomie	144
5.3.1	Optische Beobachtungsinstrumente	145
5.3.2	Astronomische Orts- und Azimutbestimmung	147
5.3.3	Reduktionen	150
5.3.4	Langbasis-Interferometrie	152
5.4	Gravimetrie	155
5.4.1	Absolute Schweremessungen	155
5.4.2	Relative Schweremessungen	161
5.4.3	Schwerebezugssysteme	167
5.4.4	Schweremessungen auf bewegten Plattformen	169
5.4.5	Schweregradiometrie	173
5.4.6	Kontinuierliche Schweremessungen	175
5.5	Terrestrische geodätische Messungen	179
5.5.1	Horizontal- und Zenitwinkelmessungen	179
5.5.2	Streckenmessungen, Totalstationen	182
5.5.3	Nivellement	188
5.5.4	Neigungs- und Dehnungsmessungen	193
6	Auswertemethoden	195
6.1	Residuales Schwerefeld	195
6.1.1	Störpotential, Höhenanomalie, Geoidhöhe	195
6.1.2	Schwerestörung, Schwereanomalie, Lotabweichung	197
6.1.3	Statistische Schwerefeldbeschreibung, Interpolation	201
6.2	Dreidimensionale Punktbestimmung	206
6.2.1	Beobachtungsgleichungen	206
6.2.2	Geodätisches Datum	213
6.3	Horizontale Punktbestimmung	217
6.3.1	Ellipsoidische Trigonometrie	218
6.3.2	Reduktionen auf das Ellipsoid	220
6.3.3	Berechnungen auf dem Ellipsoid	223
6.4	Höhenbestimmung	226
6.4.1	Höhen aus dem geometrischen Nivellement	227
6.4.2	Trigonometrische Höhen	229
6.4.3	Höhenbestimmung mit GPS	231
6.5	Grundlagen der Schwerefeldmodellierung	232
6.5.1	Die geodätische Randwertaufgabe	232
6.5.2	Gravitation der Topographie	236
6.5.3	Schwerereduktionen auf das Geoid	238
6.5.4	Lagerung und Maßstab von Schwerefeldmodellen	243
6.6	Globale Schwerefeldmodellierung	245
6.6.1	Kugelfunktionsentwicklung	245
6.6.2	Schwerefeldmodelle niederen Grades	249

6.6.3	Schwerefeldmodelle höheren Grades	252
6.7	Lokale Schwerefeldmodellierung	255
6.7.1	Gravimetrische Geoidhöhen und Lotabweichungen	256
6.7.2	Gravimetrische Höhenanomalien und Oberflächen-Lotabweichungen	263
6.7.3	Das äußere Schwerefeld	266
6.7.4	Astrogeodätische Geoid- und Quasigeoidbestimmung	267
6.8	Kombinationsmethoden zur Positionsbestimmung und Schwerefeld- modellierung	273
6.8.1	Erdmodelle und optimale Erdparameter	273
6.8.2	Kollokation nach kleinsten Quadraten	275
7	Geodätische und gravimetrische Netze	279
7.1	Lagenetze	279
7.1.1	Anlage und Vermessung	280
7.1.2	Berechnung und Orientierung	282
7.2	Höhennetze	290
7.3	Dreidimensionale Netze	293
7.3.1	Globale und kontinentale Netze	294
7.3.2	Nationale Netze	297
7.4	Schwerenetze	301
8	Aufbau und Dynamik der Erde	304
8.1	Das geophysikalische Erdmodell	304
8.2	Die oberen Schichten der Erde	307
8.2.1	Aufbau der Erdkruste und des oberen Mantels	308
8.2.2	Isostasie	309
8.2.3	Plattentektonik	313
8.2.4	Interpretation des Schwerefeldes	315
8.3	Geodäsie und rezente Geodynamik	320
8.3.1	Änderungen der Erdrotation	320
8.3.2	Meeresspiegeländerungen	322
8.3.3	Rezente Krustenbewegungen	325
8.3.4	Zeitliche Schwereänderungen	329
8.3.5	Erdgezeiten	332
	Literaturverzeichnis	339
	Index	361