

Inhaltsverzeichnis

1	Erdfeste Koordinatensysteme	1
1.1	Globales geozentrisches Koordinatensystem	1
1.2	Topozentrische (lokale) astronomische Koordinatensysteme	6
1.3	Konventionelle globale geodätische Koordinatensysteme	7
1.4	Lokale (topozentrische) ellipsoidische Koordinatensysteme	9
2	Transformationen	13
2.1	Überblick über die Transformationen	13
2.2	Drehungen und Spiegelungen von Vektoren und Koordinaten	15
2.2.1	Drehungen um große Winkel	15
2.2.2	Drehungen um kleine Winkel (Differentielle Drehungen)	20
2.2.3	Drehungen der Koordinaten	21
2.2.4	Spiegelungen	21
2.3	Globales geozentrisches und lokales astronomisches System	22
2.4	Globales geodätisches und lokales ellipsoidisches System	25
2.5	Globales geozentrisches und geodätisches System	26
2.5.1	Allgemeine Ähnlichkeitstransformation	26
2.5.2	Spezielle Ähnlichkeitstransformationen	31
2.5.3	Parameterbestimmung einer Ähnlichkeitstransformation	35
2.6	Lokales astronomisches und ellipsoidisches Koordinatensystem	38
2.6.1	Astronomisch-geodätische Lotabweichungen	38
2.6.2	Lokale sphärische Polarkoordinaten und Lotabweichungen	41
2.7	Natürliche Koordinaten und ellipsoidische Koordinaten	46

3	Ellipsoidisches Koordinatensystem	49
3.1	Parameterdarstellungen der Meridianellipse	49
3.2	Geodätische, geozentrische und reduzierte Breite	53
3.3	Parameterdarstellung des Rotationsellipsoides	55
3.4	Kartesische und ellipsoidische Koordinaten	56
3.5	Ellipsoidübergänge	59
4	Dreidimensionale Modellbildung	67
4.1	Allgemeine Begriffsbildung	67
4.2	Beobachtungsgleichungen der geometrischen Methoden	70
4.3	Beobachtungsgleichungen der dynamischen Methoden	75
4.4	Linearisierung der Beobachtungsgleichungen	76
4.4.1	Allgemeines	76
4.4.2	Linearisierte Beobachtungsgleichungen	78
4.4.3	Linearisierte Beobachtungsgleichungen in ellipsoidischen Koordinaten	83
5	Das Geodätische Datum	87
5.1	Datumsdefekt der terrestrischen Beobachtungen	87
5.2	Die Orientierung mittels astronomischer Beobachtungen	89
5.3	Die Lagerung und Orientierung mittels Satellitenbeobachtungen	92
5.4	Getrennte Modellbildung für Lage und Höhe	92
5.4.1	Allgemeine Bemerkungen	92
5.4.2	Lageproblem der Landesvermessung	95
5.4.3	Höhenproblem der Landesvermessung	98
6	Koordinaten zur Lagebestimmung	99
6.1	Rechtwinklig krummlinige Koordinaten	99
6.2	Flächennormalenkoordinaten	102
6.3	Flächenkoordinaten in der Geodäsie	106
7	Zweidimensionale Modelle auf der Kugel	113
7.1	Differentialgeometrische Eigenschaften der Kugel	113
7.2	Berechnung sphärischer Dreiecke	117
7.2.1	Methode von Legendre (1787)	117
7.2.2	Additamentenmethode von Soldner (1810)	118
7.3	Sphärische geographische Koordinaten	118
7.4	Sphärische Polarkoordinaten	119
7.5	Sphärische Parallelkoordinaten	121
7.6	Isotherme sphärische Koordinaten	125
7.6.1	Sphärische Merkatorkoordinaten (isotherme geographische Koordinaten)	125
7.6.2	Gaußsche (isotherme) Koordinaten (konforme Koordinaten)	126

8	Transformation sphärischer Flächenkoordinaten	131
8.1	Methodenüberblick	131
8.2	Geographische Koordinaten und Polarkoordinaten	132
8.3	Geographische Koordinaten und Parallelkoordinaten	134
8.4	Parallelkoordinaten und sphärische Polarkoordinaten	136
8.5	Isotherme Koordinaten und andere Flächenparameter	142
8.6	Zusammenfassung	152
9	Reduktionen sphärischer Flächenkoordinaten	155
9.1	Darstellung sphärischer Flächenkoordinaten in der Ebene	155
9.2	Reduktion der Messdaten auf die Kugeloberfläche	158
10	Zweidimensionale Modelle auf dem Ellipsoid	161
10.1	Differentialgeometrische Eigenschaften des Ellipsoides	162
10.2	Mathematische Darstellung des Rotationsellipsoides	166
10.3	Flächenkurven auf dem Ellipsoid	170
10.3.1	Ellipsoidische Normalschnitte	170
10.3.2	Geodätische Linien auf dem Rotationsellipsoid	175
10.3.3	Beziehungen zwischen Normalschnittbögen und geodätischen Linien	179
10.4	Parametersysteme auf dem Rotationsellipsoid	181
10.4.1	Geographische Koordinaten	181
10.4.2	Geodätische Polarkoordinaten	185
10.4.3	Isotherme Flächenkoordinaten	189
10.5	Approximation durch sphärische Beziehungen	194
10.6	Berechnung ellipsoidischer Dreiecke	197
11	Transformationen zwischen Flächenkoordinaten	199
11.1	Legendresche Reihen	199
11.2	Geographische Koordinaten und geodätische Polarkoordinaten	207
11.2.1	Überblick über die geodätischen Hauptaufgaben:	207
11.2.2	Berechnung von Meridianbögen	208
11.2.3	Lösung der geodätischen Hauptaufgaben mittels Legendrescher Reihen	210
11.2.4	Lösung durch Integration elliptischer Integrale	211
11.3	Geodätische Parallelkoordinaten und andere Flächenkoordinaten	214
11.3.1	Geodätische Parallelkoordinaten und geographische Koordinaten	214
11.3.2	Geodätische Parallelkoordinaten und Polarkoordinaten	217
11.3.3	Transformation zwischen benachbarten Parallelkoordinatensystemen	217

11.4	Gaußsche isotherme und andere Flächenkoordinaten	217
11.4.1	Gaußsche isotherme Koordinaten und geographische Koordinaten.	217
11.4.2	Gaußsche isotherme Koordinaten und geodätische Parallelkoordinaten	220
11.4.3	Gaußsche isotherme Koordinaten und geodätische Polarkoordinaten	220
11.4.4	Zwei Gaußsche isotherme Koordinatensysteme.	222
12	Praktische Anwendung in der Landesvermessung	225
12.1	Gauß-Krüger-Koordinaten.	226
12.2	UTM-Koordinaten	226
13	Modelle der Höhenbestimmung.	229
13.1	Höhenfestlegung von Punkten des Erdraumes.	229
13.1.1	Aufspaltung in Lage und Höhe	229
13.1.2	Geometrisch und physikalisch definierte Höhen	231
13.1.3	Kriterien für die Wahl eines Höhensystems.	237
13.2	Geometrische Höhensysteme.	239
13.2.1	Höhenkomponente der Flächennormalenkoordinaten.	239
13.2.2	Ellipsoidische Höhe	240
13.2.3	Sphärische Höhen und Höhen über einer Bezugsfläche	240
13.3	Physikalische Höhensysteme	240
13.3.1	Geopotentielle Kote	240
13.3.2	Physikalisch definierte metrische Höhensysteme	244
13.4	Dynamische Höhen	245
13.5	Orthometrische Höhen.	246
13.5.1	Definition	246
13.5.2	Mittlere Schwere entlang der Lotlinie	248
13.5.3	Realisierungen von orthometrischen Höhen	251
13.6	Normalorthometrische Höhen	251
13.7	Normalhöhen	253
13.7.1	Definition	253
13.7.2	Berechnung der mittleren Normalschwere	256
13.7.3	Realisierungen der Normalhöhe.	257
13.8	Höhenmessverfahren	258
13.9	Messung physikalischer und physikalisch-metrischer Höhen.	259
13.9.1	Geometrisches Nivellement	259
13.9.2	Theoretischer Schleifenschlussfehler.	260
13.9.3	Geodätisches Nivellement	264
13.9.4	Nivellementreduktionen.	267

13.9.5	Geopotentielle Koten	267
13.9.6	Dynamische Höhe und dynamische Reduktion	268
13.9.7	Orthometrische Höhe und orthometrische Reduktion	269
13.9.8	Normalorthometrische Höhen und normalorthometrische Reduktion	271
13.9.9	Normalhöhe und Normalhöhenreduktion	273
13.10	Messung geometrischer Höhen	274
13.10.1	Allgemeines zur Messung geometrischer Höhen	274
13.10.2	Messung ellipsoidischer Höhen	275
14	Transformation von Höhensystemen	279
14.1	Das Problem der Höhensystemtransformation	279
14.2	Linienweise Transformation von Höhen	281
14.2.1	Ableitung der Transformationsformel	281
14.2.2	Praktische Anwendung der Transformationsformel	285
14.2.3	Diskussion der Transformationsformel	288
14.2.4	Simulation: normalorthometrische Höhen in Normalhöhen	291
14.3	Flächenhafte Transformation	295
14.3.1	Grundsätzliche Überlegungen	295
14.3.2	Modellierung der Trendfunktion	297
14.3.3	Empirische Bestimmung der Kovarianzfunktion	299
14.3.4	Approximation und Prädiktion	301
14.4	Beziehungen zwischen geometrischen und physikalischen Höhen	302
15	Bezugsrahmen für Höhen	305
15.1	Vertikaldatum, Höhenbezugsfläche	305
15.2	Höhensysteme in Deutschland	306
15.2.1	Amtliche Haupthöhenetze in Deutschland	306
15.2.2	Die Deutschen Haupthöhenetze DHHN92 und DHHN2016	309
15.2.3	Bisherige Höhensysteme in Deutschland	310
16	Vertikaldatumssysteme	311
16.1	Das Vertikaldatumsproblem	311
16.2	Das integrierte Modell von Rummel und Teunissen	313
16.3	Das ozeanische Nivellement	315
16.4	Beobachtungsgleichungen für die globale Vertikaldatumsverbindung	324
16.4.1	Lösung des Stokesschen Problems	324
16.4.2	Aufstellung der Beobachtungsgleichungen	328

16.5	Beobachtungsgleichungen für die regionale Vertikaldatumsverbindung.	334
16.6	Gemeinsame Bestimmung von Vertikaldatum und Gravitationsfeld.	339
Literaturverzeichnis (Auswahl)		341
Stichwortverzeichnis.		343