

Bernhard Heck

Rechenverfahren und Auswertemodelle der Landesvermessung

Klassische und moderne Methoden

3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Teil I: Allgemeine Grundlagen | 1 |
| 1 Einführung | 1 |
| 1.1 Erdfigur und Schwerefeld | 1 |
| 1.2 Bezugsflächen der Geodäsie | 5 |
| 1.3 Aufgaben der Landesvermessung | 13 |
| 1.4 Aufbau der klassischen Landesvermessungen | 17 |
| 1.5 Auswirkungen moderner Mess- und Auswerteverfahren auf die Grundlagenvermessung..... | 23 |
| 2 Terrestrische Bezugssysteme und Koordinatensysteme | 29 |
| 2.1 Geometrische Bezugssysteme und Bezugsrahmen | 29 |
| 2.2 Das geozentrische terrestrische Äquatorsystem | 35 |
| 2.3 Topozentrische astronomische Koordinatensysteme (Horizontsysteme)..... | 38 |
| 2.4 Transformation zwischen dem geozentrischen terrestrischen System und den topozentrischen astronomischen Systemen | 40 |
| 2.5 Konventionelle geodätische Referenzsysteme | 42 |
| 2.6 Topozentrische ellipsoidische Koordinatensysteme | 45 |
| 2.7 Transformation zwischen einem konventionellen geodätischen System und den lokalen ellipsoidischen Systemen..... | 47 |
| 2.8 Transformation zwischen dem geozentrischen terrestrischen und einem konventionellen geodätischen Äquatorsystem | 48 |
| 2.9 Transformation zwischen einem lokalen astronomischen und einem lokalen ellipsoidischen Koordinatensystem | 51 |
| 2.10 Transformation zwischen den natürlichen Koordinaten Φ, Λ, W und den ellipsoidischen Koordinaten φ, λ, h | 58 |
| 3 Das krummlinige ellipsoidische (φ, λ, h)-System | 61 |
| 3.1 Geometrische Parameter des Rotationsellipsoids..... | 61 |
| 3.2 Parameterdarstellungen der Meridianellipse..... | 64 |
| 3.3 Beziehungen zwischen geografischer, reduzierter und geozentrischer Breite..... | 69 |
| 3.4 Parameterdarstellungen des Rotationsellipsoids | 71 |
| 3.5 Transformation zwischen dem kartesischen x_i^* -System und den krummlinigen ellipsoidischen Koordinaten φ, λ, h | 73 |
| 3.6 Datums- und Ellipsoidübergänge..... | 77 |
| 4 Mathematische Modelle und Beobachtungsgleichungen | 82 |
| 4.1 Grundlagen der geodätischen Modellbildung | 82 |
| 4.2 Die Beobachtungsgleichungen der geometrischen Observablen..... | 87 |
| 4.3 Die Beobachtungsgleichungen der dynamischen Observablen..... | 94 |
| 4.4 Linearisierung der Beobachtungsgleichungen | 95 |
| 4.5 Die Festlegung des geodätischen Datums..... | 103 |
| 4.6 Getrennte Modellbildung für Lage und Höhe | 108 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| Teil II: | Zweidimensionale Modelle der Lagebestimmung auf der Kugel- und Ellipsoidfläche | 113 |
| 5 | Die Kugel als Referenzfläche der Lagebestimmung..... | 113 |
| 5.1 | Differenzialgeometrische Eigenschaften der Kugelfläche | 113 |
| 5.2 | Berechnung sphärischer Dreiecke..... | 116 |
| 5.3 | Parametersysteme auf der Kugel..... | 119 |
| 5.3.1 | Sphärische geografische Koordinaten..... | 119 |
| 5.3.2 | Sphärische Polarkoordinaten..... | 121 |
| 5.3.3 | Sphärische Parallelkoordinaten..... | 123 |
| 5.3.4 | Isotherme sphärische Koordinaten..... | 126 |
| 5.4 | Transformationen zwischen sphärischen Flächenkoordinaten | 129 |
| 5.4.1 | Vorbemerkungen..... | 129 |
| 5.4.2 | Transformation zwischen geografischen Koordinaten und Polarkoordinaten | 130 |
| 5.4.3 | Transformation zwischen geografischen Koordinaten und Parallelkoordinaten | 132 |
| 5.4.4 | Transformation zwischen Parallelkoordinaten und sphärischen Polarkoordinaten | 134 |
| 5.4.5 | Transformationen zwischen isothermen Koordinaten und anderen Flächenparametern | 140 |
| 5.4.6 | Zusammenhänge mit der Theorie der Kartenprojektionen | 149 |
| 5.5 | Reduktion der Messdaten auf das sphärische Modell | 152 |
| 6 | Flächenkurven und Parametersysteme auf dem Rotationsellipsoid..... | 155 |
| 6.1 | Differenzialgeometrische Eigenschaften der Ellipsoidfläche..... | 155 |
| 6.2 | Mathematische Darstellungen des Rotationsellipsoids | 159 |
| 6.3 | Flächenkurven auf dem Ellipsoid..... | 165 |
| 6.3.1 | Ellipsoidische Normalschnitte | 165 |
| 6.3.2 | Geodätische Linien | 170 |
| 6.3.3 | Beziehungen zwischen Normalschnittbögen und geodätischen Linien..... | 176 |
| 6.3.4 | Andere Verbindungslinien | 179 |
| 6.4 | Parametersysteme auf dem Rotationsellipsoid..... | 181 |
| 6.4.1 | Geografische Koordinaten | 181 |
| 6.4.2 | Geodätische Polarkoordinaten | 183 |
| 6.4.3 | Geodätische Parallelkoordinaten..... | 187 |
| 6.4.4 | Isotherme Flächenkoordinaten | 191 |
| 6.5 | Approximation durch sphärische Beziehungen..... | 199 |
| 6.6 | Berechnung ellipsoidischer Dreiecke..... | 204 |
| 7 | Transformationen zwischen ellipsoidischen Flächenkoordinaten | 206 |
| 7.1 | Die Legendreschen Reihen | 206 |
| 7.2 | Transformationen zwischen geografischen Koordinaten und geodätischen Polarkoordinaten | 215 |
| 7.2.1 | Überblick über die Methoden zur Lösung der geodätischen Hauptaufgaben | 215 |
| 7.2.2 | Die Berechnung von Meridianbögen | 218 |
| 7.2.3 | Lösungen der geodätischen Hauptaufgaben mittels Legendrescher Reihen..... | 223 |

| | | |
|--|--|------------|
| 7.2.4 | Lösungen der geodätischen Hauptaufgaben durch Integration elliptischer Integrale..... | 229 |
| 7.2.5 | Lösungen auf der Grundlage von Sehnen und Normalschnitten..... | 238 |
| 7.3 | Transformationen zwischen geodätischen Parallelkoordinaten und anderen Flächenkoordinaten | 239 |
| 7.3.1 | Beziehungen zwischen geodätischen Parallelkoordinaten und geografischen Koordinaten | 239 |
| 7.3.2 | Beziehungen zwischen geodätischen Parallel- und Polarkoordinaten..... | 242 |
| 7.3.3 | Transformation zwischen benachbarten Parallelkoordinatensystemen..... | 243 |
| 7.4 | Transformationen zwischen Gaußschen isothermen Koordinaten und anderen Flächenkoordinaten | 243 |
| 7.4.1 | Beziehungen zwischen Gaußschen isothermen Koordinaten und geografischen Koordinaten | 243 |
| 7.4.2 | Beziehungen zwischen Gaußschen isothermen Koordinaten und geodätischen Parallelkoordinaten..... | 251 |
| 7.4.3 | Beziehungen zwischen Gaußschen isothermen Koordinaten und geodätischen Polarkoordinaten | 253 |
| 7.4.4 | Transformationen zwischen zwei Gaußschen isothermen Koordinatensystemen | 257 |
| 7.5 | Zusammenhänge mit der Theorie der Kartenprojektionen..... | 261 |
| 8 | Bemerkungen zur praktischen Anwendung in der Landesvermessung | 262 |
| 8.1 | Flächenkoordinatensysteme in der Praxis der Landesvermessung..... | 262 |
| 8.1.1 | Sphärische und ellipsoidische Referenzflächen | 262 |
| 8.1.2 | Geodätische Polarkoordinaten und Sehnenpolarkoordinaten..... | 263 |
| 8.1.3 | Geografische Koordinaten | 265 |
| 8.1.4 | Geodätische Parallelkoordinaten..... | 266 |
| 8.1.5 | Gaußsche isotherme Koordinaten | 267 |
| 8.2 | Rechentechnische Gesichtspunkte | 270 |
| 8.2.1 | Rechenverfahren und Rechenhilfsmittel | 270 |
| 8.2.2 | Berechnung von Dreiecksnetzen..... | 271 |
| 8.3 | Transformationen ungleichartiger Koordinaten | 274 |
| Teil III: Eindimensionale Modelle der Höhenbestimmung | | 277 |
| 9 | Potenzialtheoretisch definierte Höhensysteme | 277 |
| 9.1 | Das geometrische Nivellement | 278 |
| 9.2 | Geopotenzielle Koten und dynamische Höhen | 281 |
| 9.3 | Aktuelles und normales Schwerfeld..... | 283 |
| 9.4 | Metrische Höhensysteme | 286 |
| 9.4.1 | Orthometrische Höhen | 286 |
| 9.4.2 | Normalhöhen..... | 289 |
| 9.4.3 | Normal-orthometrische Höhen..... | 294 |
| 9.5 | Vergleich der Höhensysteme | 296 |
| 9.6 | Höhensysteme und Höhenfestpunktfelder in der Praxis | 297 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| 10 | Ellipsoidische Höhen | 300 |
| 10.1 | Trigonometrisch bestimmte Höhen..... | 300 |
| 10.2 | Das geometrisch-astronomische Nivellement..... | 304 |
| 10.3 | Ellipsoidische Höhen aus dreidimensionalen Verfahren..... | 305 |
| 10.4 | Synthetische Methoden..... | 306 |
| | | |
| Teil IV: | Dreidimensionale und integrierte Modelle | |
| | der Positionsbestimmung | 308 |
| | | |
| 11 | Geometrische Modelle der dreidimensionalen Geodäsie | 308 |
| 11.1 | Überblick über die historische Entwicklung der dreidimensionalen Geodäsie..... | 309 |
| 11.2 | Modelle auf der Grundlage von geometrischen Observablen..... | 312 |
| 11.3 | Dreidimensionale Modelle mit Restriktionen..... | 315 |
| 11.4 | Iterative Behandlung des Lage- und Höhenproblems..... | 320 |
| 11.5 | Kombination von terrestrischen Netzen und Satellitennetzen..... | 324 |
| 11.6 | Die praktische Bedeutung der dreidimensionalen geometrischen Modellbildung..... | 328 |
| 12 | Integrierte Modelle | 330 |
| 12.1 | Das Prinzip der integrierten Modellbildung..... | 330 |
| 12.2 | Besonderheiten der integrierten Modelle..... | 335 |
| 12.2.1 | Approximation des Schwerefeldes durch ein funktionales Modell..... | 335 |
| 12.2.2 | Deterministische Interpretation der Funktionale des Störpotenzials..... | 336 |
| 12.2.3 | Anwendung der Kollokation..... | 338 |
| 12.3 | Beurteilung der integrierten Modellbildungen..... | 339 |
| | | |
| Anhang: | Mathematische Grundlagen | 341 |
| | | |
| A | Ebene und sphärischen Trigonometrie | 341 |
| A.1 | Trigonometrische und hyperbolische Funktionen..... | 341 |
| A.2 | Ebene Trigonometrie..... | 346 |
| A.3 | Sphärische Trigonometrie..... | 347 |
| A.4 | Die Sätze von Soldner und Legendre..... | 351 |
| B | Euklidische Räume und Koordinatentransformation | 353 |
| B.1 | Reelle Vektorräume..... | 353 |
| B.2 | Der Euklidische Punktraum..... | 356 |
| B.3 | Koordinatentransformationen im E^3 | 359 |
| C | Grundlagen aus der reellen Analysis | 366 |
| C.1 | Unendliche Reihen..... | 366 |
| C.2 | Der Taylorsche Satz und die Taylorsche Entwicklung..... | 369 |
| C.3 | Potenzreihen..... | 373 |
| C.4 | Integration und elliptische Integrale..... | 379 |
| C.5 | Funktionen von zwei Veränderlichen..... | 383 |
| C.6 | Differenzialgleichungen und Differenzialgleichungssysteme..... | 389 |

| | | |
|---|---|-----|
| D | Grundlagen aus der Differentialgeometrie | 394 |
| D.1 | Metrik von Kurven und Flächen | 395 |
| D.2 | Ableitungsgleichungen..... | 403 |
| D.3 | Die Krümmungen einer Fläche | 408 |
| D.4 | Geodätische Linien | 412 |
| D.5 | Orthogonale Parametersysteme..... | 415 |
| D.6 | Geodätische Flächenkoordinaten | 418 |
| D.7 | Isotherme Flächenkoordinaten | 420 |
| D.8 | Drehflächen..... | 426 |
| E | Komplexe Zahlen und Grundlagen aus der Funktionentheorie | 433 |
| E.1 | Komplexe Zahlen | 434 |
| E.2 | Funktionen komplexer Variabler | 436 |
| E.3 | Potenzreihen im Komplexen | 438 |
| Literaturverzeichnis | | 441 |
| Symbolverzeichnis | | 455 |
| Namen- und Sachwörterverzeichnis | | 461 |