

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | Überblick | 14 |
| 1.1 | Aufgaben der Ingenieurgeodäsie | 14 |
| 1.2 | Tendenzen in der Ingenieurgeodäsie | 17 |
| 1.3 | Literatur | 21 |
| 2 | Grundsätze für Ingenieurvermessungen | 22 |
| 2.1 | Aufgabenstellung und Anforderungen | 22 |
| 2.1.1 | Ingenieurvermessung bei Bauvorhaben | 22 |
| 2.1.2 | Anforderungen an Ingenieurvermessungen | 26 |
| 2.1.3 | Normen | 30 |
| 2.2 | Ingenieurvermessung und öffentliches Vermessungswesen | 33 |
| 2.2.1 | Grundlagen | 33 |
| 2.2.2 | Notwendige Beachtung baurechtlicher Bestimmungen | 36 |
| 2.2.3 | Mitarbeit bei der Bauplanung und -vorbereitung | 40 |
| 2.2.4 | Grenzbezogene Absteckungen für die Bauausführung | 47 |
| 2.2.5 | Schlussvermessung und Bestandsdokumentation | 49 |
| 2.2.6 | Tätigkeiten des Öffentlich bestellten Vermessungsingenieurs | 53 |
| 2.3 | Literatur | 54 |
| 3 | Messgenauigkeiten, Toleranzen und Ausgleichung | 56 |
| 3.1 | Messwert, Messabweichung, Messgenauigkeit | 56 |
| 3.1.1 | Messung und Messfehler | 56 |
| 3.1.2 | Messabweichungen | 59 |
| 3.1.3 | Messgröße und Messgenauigkeit | 62 |
| 3.1.4 | Varianz und Standardabweichung | 64 |
| 3.1.5 | Normalverteilung | 66 |
| 3.2 | Vertrauensbereich und Messunsicherheit | 69 |
| 3.2.1 | Vertrauensbereich | 69 |
| 3.2.2 | Vektorielle Messgrößen und Korrelation | 74 |
| 3.2.3 | Messunsicherheit | 77 |
| 3.3 | Toleranzen | 81 |
| 3.3.1 | Bezeichnungen | 81 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3.2 | Fortpflanzung von Varianzen und Toleranzen | 84 |
| 3.3.3 | Beziehungen zwischen Bau- und Messgenauigkeit..... | 86 |
| 3.4 | Ausgleichung von Messwerten..... | 91 |
| 3.4.1 | Methode der kleinsten Quadrate..... | 91 |
| 3.4.2 | Gewichtsfestlegung | 96 |
| 3.4.3 | Hypothesentests..... | 98 |
| 3.5 | Literatur..... | 103 |
| 4 | Bezugssysteme und Koordinatensysteme..... | 105 |
| 4.1 | Bezugssysteme | 105 |
| 4.2 | Bezugsflächen und Koordinatensysteme | 106 |
| 4.2.1 | Bezugsflächen | 106 |
| 4.2.2 | Koordinatensysteme | 113 |
| 4.2.3 | Geodätisches Datum..... | 117 |
| 4.3 | Lage-, Höhen- und Schwerebezugssystem..... | 119 |
| 4.3.1 | Lagebezugssystem..... | 119 |
| 4.3.2 | Dreidimensionale Bezugssysteme | 121 |
| 4.3.3 | Höhenbezugssystem | 124 |
| 4.3.4 | Schwerebezugssystem..... | 126 |
| 4.4 | Bezugssystem für Ingenieurvermessungen..... | 127 |
| 4.5 | Literatur..... | 129 |
| 5 | Sensoren und Verfahren der Ingenieurvermessung..... | 131 |
| 5.1 | Distanzmessung..... | 131 |
| 5.1.1 | Mechanische Distanzmessung..... | 133 |
| 5.1.2 | Optische Distanzmessung..... | 142 |
| 5.1.3 | Elektronische Distanzmessung | 146 |
| 5.1.4 | Laserdistanzmessung | 166 |
| 5.1.5 | Reflektorlose Distanzmessung | 170 |
| 5.1.6 | Abstands- und Längenänderungsmessungen..... | 174 |
| 5.1.7 | Literatur..... | 180 |
| 5.2 | Richtungs- und Winkelmessung..... | 182 |
| 5.2.1 | Horizontalrichtungsmessung und spezifische Korrekturen | 182 |
| 5.2.2 | Vertikalwinkelmessung und deren Systematiken | 190 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.2.3 | Zentrierabweichung..... | 194 |
| 5.2.4 | Elektronische Theodolite und Tachymeter..... | 203 |
| 5.2.5 | Motorisierte Tachymeter..... | 206 |
| 5.2.6 | Kreismessungen..... | 215 |
| 5.2.7 | Literatur..... | 218 |
| 5.3 | Höhenbestimmung..... | 220 |
| 5.3.1 | Geometrisches Nivellement..... | 220 |
| 5.3.2 | Digitale Nivelliere..... | 228 |
| 5.3.2.1 | Digitalnivellier von Leica..... | 233 |
| 5.3.2.2 | Digitalnivellier von Topcon..... | 238 |
| 5.3.2.3 | Zeiss-Verfahren..... | 239 |
| 5.3.2.4 | Sokkia-Verfahren..... | 242 |
| 5.3.2.5 | Messung und motorisierte Nivelliere..... | 242 |
| 5.3.3 | Motorisiertes Nivellement..... | 245 |
| 5.3.4 | Mechanische Höhenbestimmung..... | 248 |
| 5.3.5 | Trigonometrische Präzisionshöhenbestimmung..... | 250 |
| 5.3.6 | Stromübergangsnivellement..... | 257 |
| 5.3.7 | Hydrostatische Höhenbestimmung..... | 260 |
| 5.3.7.1 | Hydrostatische Messsysteme..... | 261 |
| 5.3.7.2 | Schlauchwaagen..... | 265 |
| 5.3.7.3 | Hydrostatisches Nivellement..... | 267 |
| 5.3.7.4 | Genauigkeit..... | 269 |
| 5.3.7.5 | Anwendungen..... | 272 |
| 5.3.8 | Literatur..... | 276 |
| 5.4 | GPS-Messung..... | 278 |
| 5.4.1 | Arten der GPS-Positionierung..... | 278 |
| 5.4.2 | Stationsabhängige Fehlereinflüsse..... | 284 |
| 5.4.3 | Entfernungsabhängige Fehlereinflüsse..... | 291 |
| 5.4.4 | GPS-Empfänger und -Auswertesoftware..... | 297 |
| 5.4.5 | Literatur..... | 299 |
| 5.5 | Fluchtungsmessung..... | 301 |
| 5.5.1 | Mechanische Fluchtung..... | 302 |
| 5.5.2 | Optische Fluchtung..... | 303 |
| 5.5.3 | Geometrisches Alinement..... | 305 |
| 5.5.4 | Trigonometrisches Alinement..... | 309 |
| 5.5.5 | Mechanisches Alinement..... | 311 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.5.6 | Laserfluchtung..... | 312 |
| 5.6 | Neigungsmessung..... | 314 |
| 5.7 | Lotungsmessung..... | 319 |
| 5.7.1 | Ebenenlotung mit dem Theodolit | 320 |
| 5.7.2 | Optische Lotung | 322 |
| 5.7.3 | Pendellotung..... | 326 |
| 5.7.4 | Schwimm- und Umkehrlotung | 329 |
| 5.7.5 | Schachtlotung..... | 330 |
| 5.7.6 | Literatur..... | 335 |
| 5.8 | Elektrische Sensoren und Verfahren | 336 |
| 5.8.1 | Ohmsche Verfahren..... | 339 |
| 5.8.2 | Induktive Verfahren | 345 |
| 5.8.3 | Kapazitive Verfahren | 348 |
| 5.8.4 | Optoelektronische Verfahren..... | 350 |
| 5.8.5 | Frequenzanaloge Verfahren..... | 356 |
| 5.8.6 | Literatur..... | 358 |
| 5.9 | Photogrammetrische Verfahren..... | 359 |
| 5.9.1 | Allgemeine Betrachtungen | 359 |
| 5.9.2 | Das mathematische Modell | 361 |
| 5.9.3 | Aufnahmesysteme | 369 |
| 5.9.4 | Auswertesysteme..... | 373 |
| 5.9.5 | Auswahlkriterien und Genauigkeiten | 379 |
| 5.9.6 | Ausgewählte Anwendungen in der Ingenieurvermessung..... | 384 |
| 5.9.7 | Literatur..... | 394 |
| 6 | Vermarkung von Fest- und Messungspunkten..... | 397 |
| 6.1 | Festpunktbewegungen und ihre Ursachen..... | 397 |
| 6.2 | Standortwahl von Festpunktvermarkungen | 402 |
| 6.3 | Lage- und Höhenfestpunkte | 404 |
| 6.3.1 | Lagefestpunkte | 405 |
| 6.3.2 | Höhenfestpunkte..... | 410 |
| 6.3.3 | Vermarkungen am Bauwerk..... | 412 |
| 6.3.4 | Auswahl der Messpunkte am Objekt..... | 415 |
| 6.4 | Literatur..... | 418 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 7 | Grundlagennetze der Ingenieurvermessung | 420 |
| 7.1 | Anforderungen..... | 421 |
| 7.2 | Netzaufbau und Messgrößen | 422 |
| 7.2.1 | Netzformen..... | 423 |
| 7.2.2 | Genauigkeitsforderungen | 427 |
| 7.2.3 | Messgrößen und Messverfahren | 428 |
| 7.3 | Auswertung und Analyse von Netzen | 430 |
| 7.3.1 | Grundlagen der Netzausgleichung..... | 430 |
| 7.3.2 | Lagerung von Netzen und geodätisches Datum | 431 |
| 7.3.3 | Freie Netzausgleichung | 436 |
| 7.3.4 | Genauigkeit und Zuverlässigkeit geodätischer Netze..... | 437 |
| 7.3.5 | Netzplanung und Netzoptimierung..... | 446 |
| 7.4 | Auswertung von GPS- und terrestrischen Messungen..... | 456 |
| 7.5 | Höhennetze | 459 |
| 7.6 | Lokale Netze für Absteckung und Überwachung..... | 463 |
| 7.6.1 | Brücken | 463 |
| 7.6.2 | Tunnel | 467 |
| 7.6.3 | Hohe Türme und Schornsteine | 472 |
| 7.6.4 | Absperrbauwerke..... | 474 |
| 7.7 | Literatur..... | 479 |
| 8 | Absteckungsverfahren und Genauigkeiten | 483 |
| 8.1 | Absteckung für die Bauausführung | 483 |
| 8.1.1 | Absteckungsgenauigkeit..... | 485 |
| 8.1.2 | Genauigkeitsabschätzungen..... | 486 |
| 8.2 | Freie Standpunktwahl..... | 488 |
| 8.2.1 | Grundlagen | 489 |
| 8.2.2 | Standpunktbestimmung ohne Koordinatentransformation | 494 |
| 8.2.3 | Freie Standpunktwahl mit Koordinatentransformation | 495 |
| 8.2.4 | Freie Standpunktwahl als Ausgleichungsaufgabe | 496 |
| 8.2.5 | Genauigkeit der freien Standpunktwahl | 500 |
| 8.3 | Absteckung von Geraden und Fluchten..... | 504 |

| | | |
|---------|--|------------|
| 8.4 | Absteckung einzelner Punkte und Baukontrollmessung..... | 507 |
| 8.4.1 | Grundverfahren | 508 |
| 8.4.2 | Verdichtungsverfahren | 516 |
| 8.4.3 | Absteckung mit Totalstation..... | 518 |
| 8.4.4 | Bauabsteckungen..... | 524 |
| 8.4.5 | Baukontrollmessungen | 537 |
| 8.5 | Bogengeometrie und Bogenabsteckung | 542 |
| 8.5.1 | Begriffsbestimmungen | 542 |
| 8.5.2 | Berechnung und Absteckung von Kreisbogen | 546 |
| 8.5.2.1 | Bestimmung des Tangentenschnittwinkels α | 547 |
| 8.5.2.2 | Berechnung und Absteckung der Bogenhauptpunkte..... | 554 |
| 8.5.2.3 | Berechnung und Absteckung der Kreisbogenzwischenpunkte..... | 557 |
| 8.5.3 | Berechnung von Kreisbogenkombinationen..... | 574 |
| 8.5.3.1 | Berechnung eines zweiteiligen Korbbogens..... | 576 |
| 8.5.3.2 | Berechnung eines dreiteiligen Korbbogens | 578 |
| 8.5.3.3 | Berechnung von Gegenbogen..... | 581 |
| 8.5.4 | Berechnung und Absteckung von Übergangsbogen..... | 584 |
| 8.5.4.1 | Klotoide als Übergangsbogen zwischen Gerade und Kreisbogen | 588 |
| 8.5.4.2 | Scheitelklotoide..... | 597 |
| 8.5.4.3 | Die Eilinie | 602 |
| 8.5.4.4 | Die Wendelinie..... | 610 |
| 8.5.4.5 | Sonderformen der Übergangsbogen | 615 |
| 8.5.5 | Bogenkombinationen..... | 617 |
| 8.5.5.1 | Symmetrische Anordnung..... | 617 |
| 8.5.5.2 | Asymmetrische Anordnung..... | 622 |
| 8.5.5.3 | Zweiteiliger Korbbogen mit Übergangsbogen am <i>BA</i> und <i>BE</i> | 623 |
| 8.5.5.4 | Zweiteiliger Korbbogen mit Übergangsbogen am <i>BA</i> , <i>RW</i> und <i>BE</i> | 625 |
| 8.5.6 | Absteckkontrollen | 626 |
| 8.6 | Literatur..... | 630 |
| | Sachverzeichnis | 632 |