

Bertold Witte/Hubert Schmidt

Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen

6., überarbeitete Auflage

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1	Einführung	1
1.2	Erdmessung	3
1.2.1	Vorstellungen über die Gestalt der Erde	3
1.2.2	Definition von Ersatzflächen für die Erdoberfläche	3
1.3	Landesvermessung	6
1.3.1	Lagefestpunktfeld	6
1.3.2	Höhenfestpunktfeld	15
1.3.3	Landesschwerenetz	17
1.4	Geodätische Koordinatensysteme	17
1.4.1	Geozentrisches Koordinatensystem	18
1.4.2	Koordinatensysteme zur Punktfestlegung auf der Oberfläche von Kugel und Rotationsellipsoid	22
1.4.3	Koordinatensysteme in der Ebene	24
1.4.4	Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger-Meridianstreifen	26
1.4.5	Das UTM-System	29
1.4.6	Höhenreduktion	31
1.4.7	Geographisch Nord, Gitternord, Magnetisch Nord	31
1.5	Maßeinheiten und Maßverhältnisse	32
1.5.1	Definition der Maßeinheiten und ihre Ableitungen	32
1.5.2	Ebene Winkeleinheiten	35
1.5.3	Maßverhältnisse	37
1.5.4	Steigungsmaße (Maße für Steigung, Neigung, Gefälle)	39
2	Statistische Auswerteverfahren	41
2.1	Ursachen von Fehlern und Abweichungen	41
2.2	Grundbegriffe der mathematischen Statistik	42
2.3	Wahrscheinlichkeitsfunktionen	47
2.3.1	Binomialverteilung	47
2.3.2	Normalverteilung	48
2.3.3	Standardnormalverteilung	48
2.3.4	Weitere Wahrscheinlichkeitsverteilungen	50
2.3.5	Beispiele zur Binomial- und Normalverteilung	50
2.4	Parameterschätzung	53
2.4.1	Stichprobe	53
2.4.2	Klassenbildung und Häufigkeitsfunktion	53
2.4.3	Numerische Methoden zur Parameterschätzung	57
2.4.4	Varianz-Kovarianzfortpflanzungsgesetz	66
2.4.5	Gewichte	70

2.4.6	Mittelwerte aus transformierten normalverteilten und aus nichtnormalverteilten Messwerten	76
2.5	Regression und Korrelation	78
2.5.1	Funktionale und stochastische Abhängigkeit	78
2.5.2	Lineare Regressions- und Korrelationsmodelle	79
2.5.3	Schätzwerte für die lineare Regression und Korrelation	83
2.5.4	Nichtlineare Regression	97
2.5.5	Mehrfache (multiple) Regression	101
2.6	Testverteilung (Prüfverteilung)	101
2.6.1	Standardnormalverteilung	102
2.6.2	χ^2 -Verteilung (Helmert-Pearson-Verteilung)	102
2.6.3	t-Verteilung (Student-Verteilung)	103
2.6.4	F-Verteilung (Fisher-Verteilung)	103
2.7	Konfidenzintervall (Vertrauensintervall)	112
2.7.1	Konfidenzintervall für den Erwartungswert μ	114
2.7.2	Konfidenzintervall für die Standardabweichung σ	115
2.7.3	Konfidenzintervalle für die Parameter der Regressionsgeraden und für den Korrelationskoeffizienten	117
2.8	Testen von Hypothesen	124
2.8.1	Nullhypothese und Alternativhypothese	124
2.8.2	Testgüte sowie Fehler 1. und 2. Art	125
2.8.3	Praktische Ausführung statistischer Tests	128
2.8.4	Unterscheidung verschiedener statistischer Testarten	128
2.8.5	Praktische Zahlenbeispiele	128
2.9	Darstellung in Matrixschreibweise	139
2.10	Messgenauigkeit und Toleranzen	147
2.10.1	Kriterien der Messgenauigkeit	147
2.10.2	Toleranzbegriffe	152
2.10.3	Zusammenhang zwischen Messgenauigkeit und Toleranz	154
2.10.4	Messgenauigkeit von Kontroll- und Überwachungsvermessungen	157
3	Messen, Berechnen und Kartieren bei Lagemessungen	160
3.1	Signalisieren, Einfluchten und Vermarken von Punkten	160
3.1.1	Signalisieren von Punkten	160
3.1.2	Einfluchten von Punkten in eine Gerade	161
3.1.3	Vermarken von Punkten	164
3.2	Längenmessung mit Stahlmessbändern	166
3.2.1	Aufbau von Stahlmessbändern	166
3.2.2	Kalibrierung von Stahlmessbändern	167
3.2.3	Durchführung der Längenmessung mit Stahlmessbändern	168
3.3	Absetzen Rechter Winkel mit Prismeninstrumenten	171
3.4	Verfahren der Lageaufnahme	173
3.4.1	Einbindeverfahren	174
3.4.2	Orthogonal- oder Rechtwinkelverfahren	174
3.4.3	Messungsproben zum Einbinde- und Orthogonalverfahren	176
3.4.4	Polarverfahren	178

3.4.5	Methode der Freien Standpunktwahl	180
3.4.6	Aufnahmegegenstände und Dokumentation der Messergebnisse	183
3.5	Einfache Koordinatenberechnungen und Umformungen rechtwinkliger Koordinaten	191
3.5.1	Berechnung von Höhe und Höhenfußpunkt in einem Dreieck	191
3.5.2	Umrechnungen zwischen rechtwinkligen und polaren Koordinaten	192
3.5.3	Kleinpunktberechnung	194
3.5.4	Umformung ebener rechtwinkliger Koordinaten	197
3.5.5	Ähnlichkeitstransformation (Helmert-Transformation)	201
3.5.6	Geradenschnitt	205
3.6	Kartierung und grafische Datenverarbeitung	209
3.6.1	Manuelle Kartierverfahren	209
3.6.2	Kartiergeräte	211
3.6.3	Begriffe zur grafischen Datenverarbeitung	212
3.7	Flächenberechnung	214
3.7.1	Flächenberechnung aus Maßzahlen	214
3.7.2	Grafische Flächenermittlung	218
4	Winkelmessung mit Theodolit	220
4.1	Horizontal-, Vertikal- und Positionswinkel	220
4.2	Bestandteile des Theodolits	220
4.2.1	Libellen	220
4.2.2	Messfernrohr	223
4.2.3	Aufbau des Theodolits	232
4.2.4	Einrichtungen zur Winkelmessung	234
4.3	Einteilung der Theodolite	243
4.4	Prüfen und Justieren des Theodolits	244
4.4.1	Prüfen auf Stehachsschiefe	245
4.4.2	Prüfen auf Zielachsabweichung	246
4.4.3	Prüfen auf Kippachsabweichung	248
4.4.4	Laborprüfmethode	248
4.4.5	Eliminieren von Instrumentenabweichungen	250
4.5	Arbeitsablauf bei der Winkelmessung	251
4.5.1	Aufstellen eines Theodolits	251
4.5.2	Anzielen mit dem Theodolit	254
4.5.3	Horizontalwinkelmessung	254
4.5.4	Vertikalwinkelmessung	256
5	Höhenmessung	258
5.1	Geometrisches Nivellement	258
5.1.1	Nivellierprinzip	258
5.1.2	Nivellierinstrumente	259
5.1.3	Prüfen und Justieren von Nivellierinstrumenten	270
5.1.4	Nivellierlatten	276
5.1.5	Nivellierverfahren (Festpunktnivellement)	277
5.2	Hydrostatisches Nivellement	288

5.3	Trigonometrische Höhenmessung	292
5.3.1	Trigonometrische Höhenmessung über kurze Entfernungen	292
5.3.2	Turmhöhenbestimmung	293
5.3.3	Trigonometrische Höhenmessung über große Entfernungen	299
5.3.4	Trigonometrisches Nivellement	302
5.3.5	Erreichbare Genauigkeiten bei der trigonometrischen Höhenmessung	304
5.4	Barometrische Höhenmessung	305
5.4.1	Physikalische Grundlagen und Barometer	305
5.4.2	Beobachtungsverfahren	307
6	Elektrooptische Distanzmessung	309
6.1	Impulsverfahren	309
6.2	Phasenvergleichsverfahren	311
6.2.1	Amplitudenmodulation	311
6.2.2	Messprinzip beim Phasenvergleichsverfahren	312
6.2.3	Reflektoren	316
6.2.4	Einfluss der Atmosphäre	317
6.3	Aufbau elektrooptischer Distanzmesser	317
6.4	Tachymeter	320
6.4.1	Tachymeter zur reflektorlosen und reflektorgestützten Distanzmessung	321
6.4.2	Tachymeter mit Sensoren zur automatischen Zielerfassung und Ziel- verfolgung	322
6.4.3	Fernsteuerungsmodul	328
6.5	Kalibrieren elektrooptischer Distanzmesser	329
6.5.1	Maßstabkorrektur	330
6.5.2	Zyklische Korrektur	331
6.5.3	Additionskorrektur	331
7	Verfahren zur Bestimmung von Lagefestpunkten	335
7.1	Grundlagen und Arten der Netzverdichtung	335
7.2	Zentrieren exzentrisch gemessener Richtungen	335
7.2.1	Standpunktzentrierung	336
7.2.2	Zielpunktzentrierung	337
7.3	Verfahren der Einzelpunktbestimmung	339
7.3.1	Vorwärtsschnitt	339
7.3.2	Rückwärtsschnitt	344
7.3.3	Bogenschnitt	348
7.4	Polygonometrische Punktbestimmung	352
7.4.1	Polygonzugarten	352
7.4.2	Messung von Polygonzügen	355
7.4.3	Polygonzugberechnung	358
7.5	Punktbestimmung mit satellitengestützten Messverfahren	369
7.5.1	Instrumentarium und Messverfahren	370
7.5.2	SAPOS-Messverfahren	372
7.5.3	Planung von GPS-Messungen	377
7.5.4	Messungsablauf	381

7.5.5	Auswertung von GPS-Messungen	382
7.5.6	Transformation in Gebrauchskoordinatensysteme	383
8	Geländeaufnahme und Massenberechnung	387
8.1	Grundlagen und Höhendarstellung	387
8.1.1	Übersicht über die Verfahren zur Geländeaufnahme	387
8.1.2	Arten der Höhendarstellung	388
8.1.3	Höhenlinienkonstruktion	389
8.2	Längs- und Querprofilaufnahme	392
8.2.1	Längsprofilaufnahme	392
8.2.2	Querprofilaufnahme mit Nivellierinstrument	394
8.2.3	Querprofilaufnahme mit Tachymeterinstrument	397
8.2.4	Querprofilbestimmung durch Interpolation	399
8.2.5	Korrespondierende Querprofile	400
8.2.6	Regeln für die Darstellung von Längs- und Querprofilen	400
8.3	Flächennivellement und Absteckung von Höhenlinien	403
8.3.1	Flächennivellement	403
8.3.2	Abstecken von Höhenlinien im Gelände	405
8.4	Freie Geländeaufnahme mit Tachymeter und GPS-Ausrüstung	406
8.4.1	Prinzip und Aufnahmegrundlagen der Tachymetrie	406
8.4.2	Tachymetrische Aufnahmeverfahren	409
8.4.3	GPS-Aufnahmeverfahren	413
8.5	Massenberechnung	416
8.5.1	Massenberechnung aus Querprofilen	417
8.5.2	Massenberechnung aus Prismen	422
9	Photogrammetrie und Kartographie	428
9.1	Das photogrammetrische Messverfahren	428
9.2	Grundlagen der Photogrammetrie	429
9.2.1	Mathematische Grundlagen	429
9.2.2	Informationsgewinnung und Speicherung	432
9.2.3	Analytische Bildauswertung und digitale Bildverarbeitung	435
9.2.4	Stereoskopie und Raummodell	438
9.3	Luftbildmessung	441
9.3.1	Bildflugplanung	441
9.3.2	Auswertung und Genauigkeit der Luftbildmessung	445
9.3.3	Einbildphotogrammetrie	450
9.3.4	Anwendungsbeispiele	452
9.4	Nahbereichsphotogrammetrie	452
9.4.1	Aufnahmeanordnungen	452
9.4.2	Auswertegenauigkeit der Nahbereichsphotogrammetrie	456
9.4.3	Anwendungsbeispiele der Nahbereichsphotogrammetrie	457
9.5	Digitales photogrammetrisches Auswertesystem	458
9.6	Fotointerpretation	465
9.7	Kartographie	466
9.7.1	Definitionen, Einteilung und Bestandteile von Karten	466

9.7.2	Kartennetzentwurf	467
9.7.3	Kartenauswertung	470
9.7.4	Topographische Karten	471
9.7.5	Weitere Kartenwerke	477
10	Liegenschaftswesen	480
10.1	Liegenschaftskataster	480
10.2	Grundbuch	484
10.3	Bauleitplanung, Bodenordnung, Flurbereinigung	485
10.4	Vermessungstechnische und rechtliche Vorgänge	491
11	Ingenieurvermessung	493
11.1	Übersicht über Vermessungsarbeiten bei Bauvorhaben	493
11.1.1	Vor Beginn der Bautätigkeit	493
11.1.2	Während der Bautätigkeit	496
11.1.3	Nach Ende der Bautätigkeit	496
11.2	Absteckung von Bauwerken	497
11.2.1	Rechtliche Voraussetzungen	497
11.2.2	Lagefestpunkte, Absteckungsnetze und Punktvermarkung	498
11.2.3	Absteckung nach der Einbinde- und Orthogonalmethode	507
11.2.4	Absteckung nach der Polarmethode	510
11.2.5	Absteckung durch Vorwärtsschnitt	512
11.2.6	Absteckung nach der Methode der Freien Standpunktwahl	515
11.2.7	Absteckung mit GPS	520
11.3	Höhen-, Ebenheits- und Neigungsmessungen	521
11.3.1	Höhenanschluss	521
11.3.2	Instrumente zur Höhenmessung	523
11.3.3	Höhenmessungen in und an Bauwerken	532
11.3.4	Feststellung der Ebenheit und der Neigung von Flächen	535
11.4	Lotung	547
11.4.1	Mechanische Lotung	547
11.4.2	Optische Lotung	550
11.5	Fluchtung (Alignement)	560
11.5.1	Mechanische Fluchtung	560
11.5.2	Optische Fluchtung mit Messfernrohr	561
11.5.3	Optische Fluchtung mit Lasergeräten	565
11.6	Deformationsmessung	567
11.6.1	Grundlagen	567
11.6.2	Messverfahren und spezielle Instrumente	571
11.6.3	Erreichbare und erforderliche Messgenauigkeit	577
11.7	Absteckung von Geraden, Kreisbögen und Übergangsbögen	579
11.7.1	Trassierung	579
11.7.2	Absteckung von Geraden	582
11.7.3	Kreisbogenabsteckung	589
11.7.4	Übergangsbögen	603
11.7.5	Kuppen- und Wannenausrundung	626

11.8	Berührungslose Vermessung	630
11.8.1	Objekterfassung mit reflektorlos messenden Tachymetern	631
11.8.2	Industriemesssysteme	636
11.8.3	Terrestrisches Laserscanning	648
	Literaturverzeichnis	656
	Sachwörterverzeichnis	668