

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	10
1.3.3	Landesschwerenetz	13
1.4	Geodätische Koordinatensysteme	13
1.4.1	Geozentrisches Koordinatensystem	13
1.4.2	Koordinatensysteme zur Punktfestlegung auf der Oberfläche von Kugel und Rotationsellipsoid	17
1.4.3	Koordinatensysteme in der Ebene	20
1.4.4	Konforme Abbildung des Erdellipsoids in die Ebene durch Gauß-Krüger-Meridianstreifen	21
1.4.5	Das UTM-System	25
1.4.6	Höhenreduktion	26
1.4.7	Geographisch Nord, Gitternord, Magnetisch Nord	27
1.5	Maßeinheiten und Maßverhältnisse	28
1.5.1	Definition der Maßeinheiten und ihre Ableitungen	28
1.5.2	Ebene Winkeleinheiten	30
1.5.3	Maßverhältnisse	33
1.5.4	Steigungsmaße (Maße für Steigung, Neigung, Gefälle)	34
2	Statistische Auswerteverfahren	36
2.1	Ursachen von Fehlern und Abweichungen	36
2.2	Grundbegriffe der mathematischen Statistik	37
2.3	Wahrscheinlichkeitsfunktionen	42
2.3.1	Binomialverteilung	42
2.3.2	Normalverteilung	43
2.3.3	Standardnormalverteilung	44
2.3.4	Weitere Wahrscheinlichkeitsverteilungen	44
2.3.5	Beispiele zur Binomial- und Normalverteilung	45
2.4	Parameterschätzung	48
2.4.1	Stichprobe	48
2.4.2	Klassenbildung und Häufigkeitsfunktion	49
2.4.3	Numerische Methoden zur Parameterschätzung	53
2.4.4	Varianz-Kovarianzfortpflanzungsgesetz	61
2.4.5	Gewichte	65

2.4.6	Mittelwerte aus transformierten normalverteilten und aus nichtnormalverteilten Messwerten	71
2.5	Regression und Korrelation	73
2.5.1	Funktionale und stochastische Abhängigkeit	73
2.5.2	Lineare Regressions- und Korrelationsmodelle	74
2.5.3	Schätzwerte für die lineare Regression und Korrelation	78
2.5.4	Nichtlineare Regression	92
2.5.5	Mehrfache (multiple) Regression	96
2.6	Testverteilung (Prüfverteilung)	96
2.6.1	Standardnormalverteilung	97
2.6.2	χ^2 -Verteilung (Helmert-Pearson-Verteilung)	97
2.6.3	t-Verteilung (Student-Verteilung)	98
2.6.4	F-Verteilung (Fisher-Verteilung)	99
2.7	Konfidenzintervall (Vertrauensintervall)	107
2.7.1	Konfidenzintervall für den Erwartungswert μ	109
2.7.2	Konfidenzintervall für die Standardabweichung σ	110
2.7.3	Konfidenzintervalle für die Parameter der Regressionsgeraden und für den Korrelationskoeffizienten	112
2.8	Testen von Hypothesen	119
2.8.1	Nullhypothese und Alternativhypothese	119
2.8.2	Testgüte sowie Fehler 1. und 2. Art	120
2.8.3	Praktische Ausführung statistischer Tests	125
2.8.4	Unterscheidung verschiedener statistischer Testarten	125
2.8.5	Praktische Zahlenbeispiele	125
2.9	Darstellung in Matrizen Schreibweise	134
2.10	Messgenauigkeit und Toleranzen	142
2.10.1	Kriterien der Messgenauigkeit	142
2.10.2	Toleranzbegriffe	146
2.10.3	Zusammenhang zwischen Messgenauigkeit und Toleranz	149
2.10.4	Messgenauigkeit von Kontroll- und Überwachungsvermessungen	151
3	Messen, Berechnen und Kartieren bei Lagemessungen	155
3.1	Einfache Vermessungsgeräte und Messverfahren	155
3.1.1	Signalisieren, Einfluchten und Vermarken von Punkten	155
3.1.2	Längenmessung mit Stahlmessbändern	160
3.1.3	Absetzen Rechter Winkel mit Prismeninstrumenten	164
3.2	Verfahren der Lageaufnahme	166
3.2.1	Einbinde- und Orthogonalverfahren	166
3.2.2	Polarverfahren und Methode der Freien Standpunktwahl	170
3.2.3	Aufnahmegegenstände und Dokumentation der Messergebnisse	175
3.3	Einfache Koordinatenberechnungen und Umformungen rechtwinkliger Koordinaten	182
3.3.1	Berechnung von Höhe und Höhenfußpunkt in einem Dreieck	182
3.3.2	Umrechnungen zwischen rechtwinkligen und polaren Koordinaten	183
3.3.3	Kleinpunktberechnung	185
3.3.4	Umformung ebener rechtwinkliger Koordinaten	188

3.3.5	Ähnlichkeitstransformation (Helmert-Transformation)	192
3.3.6	Koordinatenberechnung bei Freier Standpunktwahl (freier Stationierung)	196
3.3.7	Geradenschnitt	197
3.4	Flächenberechnung und Kartierverfahren	201
3.4.1	Flächenberechnung aus Maßzahlen	201
3.4.2	Grafische Flächenermittlung	206
3.4.3	Kartierverfahren	207
3.4.4	Begriffe zur grafischen Datenverarbeitung	210
4	Winkelmessung mit Theodolit	212
4.1	Horizontal-, Vertikal- und Positionswinkel	212
4.2	Bestandteile des Theodolits	212
4.2.1	Libellen	212
4.2.2	Messfernrohr	215
4.2.3	Aufbau des Theodolits	224
4.2.4	Einrichtungen zur Winkelmessung	226
4.3	Einteilung der Theodolite	234
4.4	Prüfen und Justieren des Theodolits	235
4.4.1	Prüfen auf Stehachsschiefe	235
4.4.2	Prüfen auf Zielachsabweichung	237
4.4.3	Prüfen auf Kippachsabweichung	239
4.4.4	Laborprüfmethode	239
4.4.5	Eliminieren von Instrumentenabweichungen	241
4.5	Arbeitsablauf bei der Winkelmessung	242
4.5.1	Aufstellen eines Theodolits	242
4.5.2	Anzielen mit dem Theodolit	245
4.5.3	Horizontalwinkelmessung	245
4.5.4	Vertikalwinkelmessung	247
5	Höhenmessung	249
5.1	Geometrisches Nivellement	249
5.1.1	Nivellierprinzip	249
5.1.2	Nivellierinstrumente	250
5.1.3	Prüfen und Justieren von Nivellierinstrumenten	260
5.1.4	Nivellierlatten	265
5.1.5	Nivellierverfahren (Festpunktnivellement)	267
5.2	Hydrostatisches Nivellement	278
5.3	Trigonometrische Höhenmessung	282
5.3.1	Trigonometrische Höhenmessung über kurze Entfernungen	282
5.3.2	Turmhöhenbestimmung	283
5.3.3	Trigonometrische Höhenmessung über große Entfernungen	289
5.3.4	Trigonometrisches Nivellement	292
5.3.5	Erreichbare Genauigkeiten bei der trigonometrischen Höhenmessung	294
5.4	Barometrische Höhenmessung	295
5.4.1	Physikalische Grundlagen	295

5.4.2	Barometer	297
6	Elektrooptische Distanzmessung, Tachymeter und Laserscanner	299
6.1	Messprinzipien der elektrooptischen Distanzmessung	299
6.1.1	Impulslaufzeitverfahren	299
6.1.2	Phasenvergleichsverfahren	301
6.1.3	Kombiniertes Impulslaufzeit- und Phasenmessverfahren	307
6.1.4	Beispiel zum Aufbau elektrooptischer Distanzmesser	307
6.1.5	Reflektoren	309
6.1.6	Einfluss der Atmosphäre	310
6.2	Tachymeter	310
6.2.1	Tachymeter zur reflektorlosen und reflektorgestützten Distanzmessung	312
6.2.2	Tachymeter mit Sensoren zur automatischen Zielerfassung und Zielverfolgung	313
6.2.3	Videotachymeter	320
6.3	Kalibrieren elektrooptischer Distanzmesser	322
6.3.1	Maßstabkorrektur	323
6.3.2	Zyklische Korrektur	324
6.3.3	Additionskorrektur	324
6.4	Terrestrisches Laserscanning	327
6.4.1	Zur Objekterfassung	327
6.4.2	Aufbau von Laserscannern	328
6.4.3	Ausführung von Laserscans und Modellierung von gescannten Objekten	332
6.4.4	Zusammenfassung der wesentlichen Unterschiede zwischen Tachymetern und Laserscannern	335
6.4.5	Prüfung von Laserscannern	337
7	Terrestrische Verfahren zur Bestimmung von Lagefestpunkten	339
7.1	Zentrieren exzentrisch gemessener Richtungen	339
7.1.1	Standpunktzentrierung	339
7.1.2	Zielpunktzentrierung	341
7.2	Verfahren der Einzelpunktbestimmung	343
7.2.1	Vorwärtsschnitt	343
7.2.2	Rückwärtsschnitt	348
7.2.3	Bogenschnitt	352
7.3	Polygonometrische Punktbestimmung	356
7.3.1	Polygonzugarten	356
7.3.2	Messung von Polygonzügen	359
7.3.3	Polygonzugberechnung	362
8	Geländeaufnahme und Massenberechnung	374
8.1	Grundlagen und Höhendarstellung	374
8.1.1	Übersicht über die Verfahren zur Geländeaufnahme	374
8.1.2	Arten der Höhendarstellung	375
8.1.3	Höhenlinienkonstruktion	376

8.2	Längs- und Querprofilaufnahme	379
8.2.1	Längsprofilaufnahme	379
8.2.2	Querprofilaufnahme mit Nivellierinstrument	381
8.2.3	Querprofilaufnahme mit Tachymeterinstrument	384
8.2.4	Querprofilbestimmung durch Interpolation	386
8.2.5	Korrespondierende Querprofile	387
8.2.6	Regeln für die Darstellung von Längs- und Querprofilen	387
8.3	Flächennivellement und Absteckung von Höhenlinien	390
8.3.1	Flächennivellement	390
8.3.2	Abstecken von Höhenlinien im Gelände	392
8.4	Freie Geländeaufnahme mit Tachymeter	392
8.4.1	Prinzip und Aufnahmegrundlagen der Tachymetrie	393
8.4.2	Tachymetrische Aufnahmeverfahren	395
8.5	Massenberechnung	398
8.5.1	Massenberechnung aus Querprofilen	399
8.5.2	Massenberechnung aus Prismen	405
9	Satellitengestützte Messverfahren	410
9.1	Grundlagen des Weltraum-, Kontroll- und Benutzersegments	410
9.2	Beobachtungs- und Auswertungsprinzip	412
9.2.1	Beobachtungsprinzip	412
9.2.2	Modernisierung des GPS	414
9.2.3	Auswertungsprinzip	415
9.3	Instrumentarium und Messverfahren	418
9.4	GNSS-Referenznetze (SAPOS [®] -Messverfahren)	422
9.5	Planung von GPS-Messungen	426
9.5.1	Punkterkundung	426
9.5.2	Wahl des Beobachtungsverfahrens	427
9.5.3	Vorbereitende Arbeiten	428
9.6	Messungsablauf und Auswertung	429
9.6.1	Antennenaufstellung	429
9.6.2	Durchführung	430
9.6.3	Auswertung	431
9.7	Transformation in Gebrauchskoordinatensysteme	432
9.8	Liegenschaftsvermessungen unter Nutzung von GNSS-Referenznetzen	435
9.9	GPS-Geländeaufnahmeverfahren	438
9.10	Glossar	440
10	Photogrammetrie und Kartographie	455
10.1	Begriffe	455
10.2	Grundlagen der Photogrammetrie	457
10.2.1	Mathematische Beziehungen	457
10.2.2	Herstellung der Aufnahmen	462
10.3	Photogrammetrische Auswertemethoden	478
10.3.1	Einbildauswertung	478
10.3.2	Zweibildauswertung (Stereophotogrammetrie)	483

10.3.3	Mehrbildauswertung	488
10.3.4	Bildauswertung in Kombination mit Laserscannerdaten	494
10.4	Kartographie	502
10.4.1	Definitionen, Einteilung und Bestandteile von Karten	502
10.4.2	Kartennetzentwurf	503
10.4.3	Kartenauswertung	506
10.4.4	Topographische Karten	507
10.4.5	Weitere Kartenwerke	513
11	Liegenschaftswesen	516
11.1	Liegenschaftskataster	516
11.2	Grundbuch	518
11.3	Bauleitplanung, Bodenordnung, Flurbereinigung	522
11.4	Vermessungstechnische und rechtliche Vorgänge	523
12	Ingenieurvermessung	525
12.1	Übersicht über Vermessungsarbeiten bei Bauvorhaben	525
12.1.1	Vor Beginn der Bautätigkeit	525
12.1.2	Während der Bautätigkeit	528
12.1.3	Nach Ende der Bautätigkeit	528
12.2	Absteckung von Bauwerken	529
12.2.1	Rechtliche Voraussetzungen	529
12.2.2	Lagefestpunkte, Absteckungsnetze und Punktvermarkung	530
12.2.3	Absteckung nach der Einbinde- und Orthogonalmethode	539
12.2.4	Absteckung nach der Polarmethode	542
12.2.5	Absteckung durch Vorwärtsschnitt	543
12.2.6	Absteckung nach der Methode der Freien Standpunktwahl	547
12.2.7	Absteckung mit GPS	551
12.3	Höhen-, Ebenheits- und Neigungsmessungen	553
12.3.1	Höhenanschluss	553
12.3.2	Instrumente zur Höhenmessung	554
12.3.3	Höhenmessungen in und an Bauwerken	561
12.3.4	Feststellung der Ebenheit und der Neigung von Flächen	565
12.4	Lotung	576
12.4.1	Mechanische Lotung	577
12.4.2	Optische Lotung	580
12.5	Fluchtung (Alignement)	589
12.5.1	Mechanische Fluchtung	590
12.5.2	Optische Fluchtung mit Messfernrohr	590
12.5.3	Optische Fluchtung mit Lasergeräten	595
12.6	Deformationsmessung	597
12.6.1	Grundlagen	597
12.6.2	Messverfahren und spezielle Instrumente	600
12.6.3	Erreichbare und erforderliche Messgenauigkeit	605
12.7	Absteckung von Geraden, Kreisbögen und Übergangsbögen	609
12.7.1	Trassierung	609

12.7.2	Absteckung von Geraden	612
12.7.3	Kreisbogenabsteckung	618
12.7.4	Übergangsbögen	631
12.7.5	Kuppen- und Wannenausrundung	653
12.8	Berührungslose Vermessung	657
12.8.1	Objekterfassung mit reflektorlos messenden Tachymetern	658
12.8.2	Geodätische Industriemesssysteme	662
	Literaturverzeichnis	674
	Stichwortverzeichnis	685