

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1	Einführung	1
1.2	Erdmessung	2
1.2.1	Vorstellungen über die Gestalt der Erde	2
1.2.2	Definition von Ersatzflächen für die Erdoberfläche	3
1.3	Landesvermessung	6
1.3.1	Lagefestpunktfeld	6
1.3.2	Höhenfestpunktfeld	9
1.3.3	Landesschwerenetz	11
1.3.4	Geodätischer Raumbezug	12
1.4	Geodätische Koordinatensysteme	13
1.4.1	Geozentrisches Koordinatensystem	14
1.4.2	Koordinatensysteme zur Punktfestlegung	16
1.4.3	Koordinatensysteme in der Ebene	19
1.4.4	Konforme Abbildung des Erdellipsoids	20
1.4.5	Höhenreduktion und Abbildungsverzerrung mit Beispielen	26
1.4.6	Geographisch Nord, Gitternord, Magnetisch Nord	29
1.5	Messabweichungen, Mittelwerte und Streuungsmaße	30
1.5.1	Erläuterung des Begriffs Messabweichung	30
1.5.2	Erwartungswert	31
1.5.3	Schätzwert für den Erwartungswert	31
1.6	Maßeinheiten und Maßverhältnisse	33
1.6.1	Definition der Maßeinheiten und ihre Ableitungen	33
1.6.2	Ebene Winkeleinheiten	35
1.6.3	Steigungsmaße (Maße für Steigung, Neigung, Gefälle)	37
2	Messen und Berechnen bei Lagemessungen	39
2.1	Einfache Vermessungsgeräte und Messverfahren	39
2.2	Verfahren der Lageaufnahme	47
2.2.1	Einbinde- und Orthogonalverfahren	48
2.2.2	Polarverfahren und Methode der Freien Standpunktwahl	52
2.2.3	Aufnahmegegenstände und Dokumentation der Messergebnisse	57
2.3	Einfache Koordinatenberechnungen und Umformungen	60
2.3.1	Umrechnungen zwischen rechtwinkligen und polaren Koordinaten	61
2.3.2	Kleinpunktberechnung	62
2.3.3	Umformung ebener rechtwinkliger Koordinaten	66
2.3.4	Ähnlichkeitstransformation (Helmert-Transformation)	70
2.3.5	Koordinatenberechnung bei Freier Standpunktwahl (freier Stationierung)	74
2.3.6	Geradenschnitt	75

2.4	Flächenberechnung und Kartierverfahren	79
2.4.1	Flächenberechnung aus Maßzahlen	79
2.4.2	Grafische Flächenermittlung	84
2.4.3	Manuelles Kartierverfahren	85
3	Winkelmessung	87
3.1	Horizontal-, Vertikal- und Positionswinkel	87
3.2	Bestandteile des Theodolits	87
3.2.1	Libellen	87
3.2.2	Messfernrohr	90
3.2.3	Aufbau des Theodolits	98
3.2.4	Einrichtungen zur Winkelmessung	100
3.3	Einteilung der Theodolite	107
3.4	Prüfen des Theodolits	108
3.4.1	Prüfen auf Stehachsschiefe	109
3.4.2	Prüfen auf Zielachsabweichung	110
3.4.3	Prüfen auf Kippachsabweichung	111
3.4.4	Laborprüfmethode	112
3.4.5	Eliminieren von Instrumentenabweichungen	114
3.5	Arbeitsablauf bei der Winkelmessung	115
3.5.1	Aufstellen eines Theodolits	115
3.5.2	Anzielen mit dem Theodolit	118
3.5.3	Horizontalwinkelmessung	118
3.5.4	Vertikalwinkelmessung	120
4	Höhenmessung	122
4.1	Geometrisches Nivellement	122
4.1.1	Nivellierprinzip	122
4.1.2	Nivellierinstrumente	123
4.1.3	Prüfen und Justieren von Nivellierinstrumenten	131
4.1.4	Nivellierlatten	137
4.1.5	Nivellierverfahren (Festpunktnivellement)	138
4.2	Hydrostatische Höhenübertragung	149
4.3	Trigonometrische Höhenmessung	153
4.3.1	Trigonometrische Höhenmessung über kurze Entfernungen	153
4.3.2	Trigonometrische Höhenmessung über große Entfernungen	154
4.3.3	Trigonometrisches Nivellement	156
4.3.4	Erreichbare Genauigkeiten bei der trigonometrischen Höhenmessung	158
5	Elektrooptische Distanzmessung, Tachymeter und Laserscanner	160
5.1	Messprinzipien der elektrooptischen Distanzmessung	160
5.1.1	Impulslaufzeitverfahren	160
5.1.2	Phasenvergleichsverfahren	165
5.1.3	Kombiniertes Impulslaufzeit- und Phasenmessverfahren	174
5.1.4	Reflektoren	175
5.1.5	Einfluss der Atmosphäre	176

5.2	Tachymeter (Totalstation)	177
5.2.1	Tachymeter zur reflektorlosen und reflektorgestützten Distanzmessung	178
5.2.2	Tachymeter mit Sensoren zur automatischen Zielerfassung und Zielverfolgung (Robottachymeter)	179
5.2.3	Videotachymeter (Multi-Station)	187
5.2.4	Multi-Kamera Rover	193
5.3	Prüfung von Tachymetern (Totalstationen)	194
5.3.1	Feldprüfmethoden	194
5.3.2	Kalibrieren elektrooptischer Distanzmesssensoren	199
5.4	Terrestrisches Laserscanning	203
5.4.1	Zur Objekterfassung	204
5.4.2	Aufbau von Laserscannern	205
5.4.3	Ausführung von Laserscans und Modellierung von gescannten Objekten	208
5.4.4	Zusammenfassung der wesentlichen Unterschiede zwischen Tachymetern und Laserscannern	215
5.4.5	Aktuelle Entwicklungen	216
5.4.6	Prüfung von Laserscannern	218
6	Terrestrische Verfahren zur Bestimmung von Lagefestpunkten	224
6.1	Zentrieren exzentrisch gemessener Richtungen	224
6.1.1	Standpunktzentrierung	224
6.1.2	Zielpunktzentrierung	226
6.2	Verfahren der Einzelpunktbestimmung	228
6.2.1	Vorwärtsschnitt	228
6.2.2	Rückwärtsschnitt	233
6.2.3	Bogenschnitt	237
6.3	Polygonometrische Punktbestimmung	241
6.3.1	Polygonzugarten	241
6.3.2	Messung von Polygonzügen	244
6.3.3	Polygonzugberechnung	246
7	Geländeaufnahme und Mengenberechnung	256
7.1	Grundlagen und Höhendarstellung	256
7.1.1	Arten der Höhendarstellung	257
7.1.2	Höhenlinienkonstruktion	258
7.2	Längs- und Querprofilaufnahme	260
7.2.1	Längsprofilaufnahme	260
7.2.2	Querprofilaufnahme	263
7.2.3	Querprofilbestimmung durch Interpolation	266
7.2.4	Korrespondierende Querprofile	267
7.2.5	Regeln für die Darstellung von Längs- und Querprofilen	267
7.3	Flächennivellement und Absteckung von Höhenlinien	270
7.4	Freie Geländeaufnahme mit Tachymeter	271
7.4.1	Prinzip und Aufnahmegrundlagen der Tachymetrie	271
7.4.2	Tachymetrische Aufnahmeverfahren	272

7.5	Mengenberechnung	274
7.5.1	Mengenberechnung aus Querprofilen	275
7.5.2	Mengenberechnung aus Prismen	281
8	Satellitengestützte Messverfahren	282
8.1	Grundlagen des GPS-Weltraum-, Kontroll- und Benutzersegments	283
8.2	Beobachtungs- und Auswertungsprinzip	285
8.2.1	Beobachtungsprinzip	285
8.2.2	Modernisierung der globalen Navigationssysteme	288
8.2.3	Auswertungsprinzip	290
8.3	Instrumentarium und Messverfahren	293
8.4	GNSS-Referenznetze (SAPOS [®] -Messverfahren)	297
8.5	Planung von GNSS-Messungen	301
8.5.1	Punkterkundung	301
8.5.2	Wahl des Beobachtungsverfahrens	302
8.5.3	Vorbereitende Arbeiten	302
8.6	Messungsablauf und Auswertung	304
8.6.1	Antennenaufstellung	304
8.6.2	Durchführung	306
8.6.3	Auswertung	306
8.7	Transformation in Gebrauchskoordinatensysteme	309
8.8	Liegenschaftsvermessungen unter Nutzung von GNSS-Referenznetzen	311
8.8.1	Ausführung der Messungen	312
8.9	GNSS-Geländeaufnahmeverfahren	319
8.10	Glossar	321
9	Photogrammetrie	332
9.1	Begriffe	332
9.2	Grundlagen der Photogrammetrie	334
9.2.1	Mathematische Beziehungen	334
9.2.2	Herstellung der Aufnahmen	339
9.3	Photogrammetrische Auswertemethoden	357
9.3.1	Einbildauswertung	357
9.3.2	Zweibildauswertung (Stereophotogrammetrie)	362
9.3.3	Mehrbildauswertung	367
9.3.4	Bildauswertung in Kombination mit Laserscannerdaten	373
9.4	UAV-Photogrammetrie	381
9.4.1	Technologische Aspekte von UAV	382
9.4.2	Arbeitsablauf von UAV-gestützten Photogrammetrieprojekten	385
9.4.3	Ergebnisse und Endprodukte der UAV-Photogrammetrie	392
10	Geoinformation und Geoinformationssysteme	394
10.1	Definition und Einführung	394
10.2	GIS-Software	395
10.3	Raumbezogene Modellierung	396
10.3.1	Geometrische Dimension	398

10.3.2	Raster und Vektordaten	398
10.3.3	Topologie	399
10.4	Geodaten	400
10.5	Datenerfassung	404
10.5.1	Originäre (direkte) Datenerfassung	404
10.5.2	Sekundäre (indirekte) Datenerfassung	404
10.6	Datenspeicherung und -austausch	405
10.7	Standardisierung und Normung	406
10.8	Analyse	408
10.8.1	Geometrische räumliche Analyse	409
10.8.2	Topologische räumliche Analyse	410
10.8.3	Geostatistische räumliche Analyse	411
10.8.4	Explorative räumliche Visualisierung	413
10.9	Präsentation	413
10.9.1	Amtliche Kartenwerke	413
10.9.2	Thematische Karten	415
10.10	Verteilte Geoinformationssysteme	417
10.11	3D-Geoinformation	419
11	Building Information Modeling	422
11.1	Einführung	422
11.2	Modellierung	426
11.2.1	Bauteilorientiertes Modellieren	426
11.2.2	BIM-Software	429
11.2.3	Industry Foundation Classes (IFC)	431
11.2.4	BIM bei Bauwerken der Verkehrsinfrastruktur	435
11.2.5	Fertigstellungsgrade	437
11.2.6	As-is-Dokumentation	438
11.2.7	Geometrische Genauigkeit	438
11.2.8	Fachmodelle und Koordinations-(Gesamt-)modell	439
11.2.9	Modellüberprüfung und Kollisionskontrolle	440
11.3	BIM in der Ingenieurvermessung	441
11.3.1	Georeferenzierung, geodätischer Raumbezug	441
11.3.2	Grundlagenermittlung, Bauplanung und Bauvorbereitung	444
11.3.3	Aufmaß/Bestandserfassung für BIM	444
11.3.4	Interoperabilität von BIM und GIS	446
11.3.5	Absteckung/Ausführungsvermessung	447
11.3.6	Kontrollvermessungen, Betrieb und Unterhaltung	449
11.4	BIM – Prozesse der kollaborativen Zusammenarbeit	450
11.4.1	Organisatorische Kollaboration	450
11.4.2	Informationstechnische Kollaboration	451
11.5	Stand der Einführung und Verbreitung von BIM	451
11.5.1	International	452
11.5.2	In Deutschland	453

12 Liegenschaftswesen	454
12.1 Einführung	454
12.2 Eigentumssicherung durch öffentliche Register	454
12.2.1 Grundbuch	454
12.2.2 Liegenschaftskataster	456
12.3 Bauleitplanung, Bodenordnung und Flurbereinigung	457
12.3.1 Bauleitplanung	457
12.3.2 Bodenordnung und Flurbereinigung	458
12.4 Automatisierung und Datenaustausch	458
12.4.1 Grundbuch	458
12.4.2 Liegenschaftskataster	459
12.4.3 Landentwicklungsfachinformationssystem LEFIS	459
12.4.4 Standardisierte Digitalisierung von Planungsgrundlagen	460
12.4.5 Weiterentwicklung der Datenintegration	461
12.5 Geodateninfrastrukturen und Geodatenmanagement	461
12.6 Immobilienbewertung	463
12.7 Fazit und Ausblick	465
13 Ingenieurvermessung	466
13.1 Übersicht über Vermessungsarbeiten bei Bauvorhaben	467
13.1.1 Vor Beginn der Bautätigkeit	467
13.1.2 Während der Bautätigkeit	470
13.1.3 Nach Ende der Bautätigkeit	470
13.2 Absteckung von Bauwerken	470
13.2.1 Rechtliche Voraussetzungen	470
13.2.2 Lagefestpunkte, Absteckungsnetze und Punktvermarkung	472
13.2.3 Absteckung von Gebäuden	479
13.2.4 Absteckung mit GNSS	489
13.3 Höhen-, Ebenheits- und Neigungsmessungen	490
13.3.1 Höhenanschluss	490
13.3.2 Instrumente zur Höhenmessung	492
13.3.3 Höhenmessungen in und an Bauwerken	501
13.3.4 Feststellung der Ebenheit und der Neigung von Flächen	508
13.4 Lotung	519
13.4.1 Mechanische Lotung	519
13.4.2 Optische Lotung	523
13.5 Fluchtung (Alignement)	533
13.5.1 Mechanische Fluchtung	533
13.5.2 Optische Fluchtung mit Messfernrohr	534
13.5.3 Optische Fluchtung mit Lasergeräten	538
13.6 Deformationsmessung	539
13.6.1 Grundlagen	539
13.6.2 Monitoring durch kontinuierliche Messungen	543
13.6.3 Diskontinuierliche Messungen	547
13.6.4 Verknüpfung relativer und absoluter Messverfahren	548

13.6.5	Erreichbare und erforderliche Messgenauigkeit	551
13.7	Absteckung von Geraden, Kreisbögen und Übergangsbögen	553
13.7.1	Trassierung	553
13.7.2	Absteckung von Geraden	556
13.7.3	Kreisbogenabsteckung	561
13.7.4	Übergangsbögen	572
13.7.5	Kuppen- und Wannenausrundung	595
13.8	Berührungslose Vermessung	599
13.8.1	Objekterfassung mit reflektorlos messenden Tachymetern	599
13.8.2	Geodätische Industriemesssysteme	604
13.9	Baumaschinensteuerung mit satellitengestützten und robottachymetrischen Messsystemen	610
13.9.1	Baumaschinensteuerung mit GNSS-Systemen	611
13.9.2	Baumaschinensteuerung mit Robottachymetern	612
14	Statistische Auswerteverfahren	615
14.1	Grundbegriffe der mathematischen Statistik	615
14.2	Wahrscheinlichkeitsfunktionen	620
14.2.1	Binomialverteilung	620
14.2.2	Normalverteilung	621
14.2.3	Standardnormalverteilung	623
14.2.4	Weitere Wahrscheinlichkeitsverteilungen	624
14.2.5	Beispiele zur Binomial- und Normalverteilung	624
14.3	Parameterschätzung	627
14.3.1	Stichprobe	627
14.3.2	Klassenbildung und Häufigkeitsfunktion	627
14.3.3	Box-Plot	631
14.3.4	Numerische Methoden zur Parameterschätzung	633
14.3.5	Varianz-Kovarianzfortpflanzungsgesetz	641
14.3.6	Gewichte	645
14.3.7	Mittelwerte aus transformierten normalverteilten und aus nichtnor- malverteilten Messwerten	651
14.4	Regression und Korrelation	653
14.4.1	Funktionale und stochastische Abhängigkeit	653
14.4.2	Lineare Regressions- und Korrelationsmodelle	654
14.4.3	Schätzwerte für die lineare Regression und Korrelation	658
14.4.4	Nichtlineare Regression	672
14.4.5	Mehrfache (multiple) Regression	676
14.5	Testverteilung (Prüfverteilung)	676
14.5.1	Standardnormalverteilung	677
14.5.2	χ^2 -Verteilung (Helmert-Pearson-Verteilung)	677
14.5.3	t-Verteilung (Student-Verteilung)	678
14.5.4	F-Verteilung (Fisher-Verteilung)	679
14.6	Konfidenzintervall (Vertrauensintervall)	687
14.6.1	Konfidenzintervall für den Erwartungswert μ	689
14.6.2	Konfidenzintervall für die Standardabweichung σ	690

14.6.3	Konfidenzintervalle für die Parameter der Regressionsgeraden und für den Korrelationskoeffizienten	692
14.7	Testen von Hypothesen	699
14.7.1	Nullhypothese und Alternativhypothese	699
14.7.2	Testgüte sowie Fehler 1. und 2. Art	700
14.7.3	Praktische Ausführung statistischer Tests	705
14.7.4	Unterscheidung verschiedener statistischer Testarten	705
14.7.5	Praktische Zahlenbeispiele	705
14.8	Darstellung in Matrizenschreibweise	714
15	Messgenauigkeit und Toleranzen	723
15.1	Kriterien der Messgenauigkeit	723
15.1.1	Präzision und Richtigkeit	723
15.1.2	Messunsicherheit	725
15.1.3	Veranschlagung einer systematischen Messabweichung	726
15.2	Toleranzbegriffe	728
15.3	Prüfung auf Toleranzüberschreitung	731
15.4	Zusammenhang zwischen Messgenauigkeit und Toleranz	732
15.4.1	Zweiseitige symmetrische Toleranz	732
15.4.2	Zweiseitige unsymmetrische Toleranz	733
15.4.3	Einseitige Toleranz	733
15.4.4	Abschätzung einer Vermessungstoleranz aus vorgegebener Gesamt- toleranz	734
15.5	Messgenauigkeit von Kontroll- und Überwachungsvermessungen	735
15.5.1	Prüfung auf Einhaltung von Toleranzen	735
15.5.2	Prüfung auf Einhaltung kritischer Grenzen bzw. Nachweis mutmaß- licher Deformationen	736
15.5.3	Trennschärfe einer Überwachungsvermessung	737
	Literaturverzeichnis	738
	Stichwortverzeichnis	757