

VERMESSUNGSKUNDE

Lehr- und Übungsbuch für Ingenieure

Band 1

Einfache Lagemessung und Nivellement

von

Prof. Dr.-Ing. Eberhard BAUMANN

Fünfte, bearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 232 Abbildungen

Dümmlerbuch 7904

FERD.  ÜMMLER^s VERLAG · BONN

HLuHB Darmstadt



15031166

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Beispiele	VIII
Inhaltsverzeichnis Band 2	X
Vorwort	XIII
1 Übersicht über die Geodäsie	1
1.1 Vermessungsaufgaben	1
1.1.1 Allgemeine Vermessungsaufgaben	1
1.1.2 Vermessungsaufgaben für technische Projekte	3
1.2 Die Figur der Erde	4
1.2.1 Die Erde als Kugel	4
1.2.2 Rotationsellipsoid	6
1.2.3 Geoid	8
1.2.4 Die Erde als Planet	10
1.3 Die geodätischen Messverfahren	11
2 Grundlagen der Geodäsie	12
2.1 Geodätische Maßeinheiten	12
2.1.1 Längen- und Flächeneinheit	12
2.1.2 Winkeleinheit, Gon und Grad	13
2.2 Bezugs- und Koordinatensysteme	14
2.2.1 Bezugssystem für die Höhe	14
2.2.2 Ebenes und räumliches Bezugssystem	15
2.2.3 Geographische Koordinaten	16
2.2.4 Abbildung in die Ebene	17
2.3 Geodätische Netze	20
2.3.1 Höhennetze	20
2.3.2 Lagenetze	22
2.3.3 Räumliche Netze	23
2.4 Vermarkung und Signalisierung	24
2.5 Einfluß der gekrümmten Erdfigur	25
2.5.1 Einfluß der Höhe auf die horizontale Entfernung	26
2.5.2 Einfluß der Erdkrümmung auf den Höhenunterschied	26
2.5.3 Abbildungsverzerrung	27
3 Ebene und sphärische Trigonometrie	28

3.1	Goniometrie, rechtwinkliges Dreieck	28
3.1.1	Winkelfunktionen und Sätze	28
3.1.2	Weitere Funktionen und Beziehungen	30
3.1.3	Beispiele für rechtwinklige Dreiecke	33
3.1.4	Koordinatenrechnung	34
3.2	Ebene Dreiecke	36
3.2.1	Sätze für allgemeine ebene Dreiecke	36
3.2.2	Berechnung allgemeiner ebener Dreiecke	37
3.2.3	Beispiele zur Berechnung ebener Drei- und Vierecke	38
3.3	Sphärische Trigonometrie	43
3.3.1	Kugelzweieck, rechtwinkliges Dreieck	43
3.3.2	Allgemeine sphärische Dreiecke	46
3.3.3	Einführung in die sphärische Astronomie	49
4	Einführung in die EDV	54
4.1	Aufbau und Funktion eines Computers	55
4.1.1	Bestandteile eines Rechners	56
4.1.2	Bildschirm	57
4.1.3	Drucker	58
4.2	Die Sprache des Computers	59
4.2.1	Elemente von Standard-BASIC	60
4.2.2	Kommandos für BASIC-Taschenrechner	63
4.2.3	Korrektur von Fehlern	63
4.2.4	Erste Programmbeispiele	64
4.3	Anwenderprogramme	67
4.3.1	Textverarbeitung	68
4.3.2	Datenbanken	71
4.3.3	Graphische Datenverarbeitung	72
4.3.4	Geographische Informationssysteme	74
5	Direkte Längenmessung, Absetzen Rechter Winkel	76
5.1	Ausfluchten und Einweisen	76
5.2	Direkte Längenmessung	77
5.2.1	Messung mit Holzlatten	77
5.2.2	Messung mit dem Messband	78
5.2.3	Messbandkalibrierung	79
5.2.4	Genauigkeit der direkten Längenmessung	80
5.3	Absetzen fester Rechter Winkel	82
5.3.1	Kreuzscheibe	82
5.3.2	Doppelpentagonprisma	83
5.3.3	Einsatz des Rechtwinkelgerätes	85
5.3.4	Kontrolle der Rechtwinkelmaße	86

6	Absteckung und Aufnahme	88
6.1	Absteckung von Gebäudegrundrissen	88
6.1.1	Übertragung der Grundrißfigur	89
6.1.2	Einhaltung von Zwangsbedingungen	90
6.1.3	Versicherung der Absteckungsbasis	92
6.1.4	Einschneiden des Schnurgerüsts	92
6.2	Flächenteilung und Grenzausgleich	93
6.3	Lageaufnahme	96
6.3.1	Das System der Messungslinien und Vermessungspunkte	96
6.3.2	Rechtwinkel- und Einbindeverfahren	97
6.3.3	Polarverfahren	101
7	Auswertung von Lagemessungen	102
7.1	Herstellung von Grundrissplänen	102
7.2	Geradenschnitt	104
7.2.1	Normalfall	104
7.2.2	Schnitt mit einem Lot	106
7.2.3	Schnitt mit Parallelen	106
7.3	Koordinatentransformation	108
7.3.1	... mit 2 identischen Punkten	108
7.3.2	Kleinpunktberechnung	111
7.3.3	Weitere Beispiele zur Koordinatentransformation	112
7.4	Schnitt von Gerade und Kreis	114
7.5	Programme	116
7.5.1	Erstellen einer Koordinaten-Datei	116
7.5.2	Programm für die Koordinatentransformation	118
8	Flächenberechnung	120
8.1	Grundfiguren für die Flächenberechnung	120
8.1.1	Flächenberechnung aus Koordinaten	122
8.2	Flächenermittlung aus Plänen	124
8.2.1	Halbgraphische Flächenermittlung	124
8.2.2	Graphische Flächenermittlung	124
8.2.3	Flächenbestimmung mit dem Polarplanimeter	126
8.3	Zulässige Abweichungen für Flächen	127
9	Berechnung und Absteckung von Kreisbögen	128
9.1	Kurven aus Kreisbögen	129
9.1.1	Hauptpunkte des Kreisbogens	129
9.1.2	Kleinpunkte des Kreisbogens	130
9.1.3	Beispiel zur Kreisbogenberechnung	132
9.1.4	Korbbogen	134
9.2	Ausrundung von Kuppen und Wannen	136

10 Die Genauigkeit von Messungen	138
10.1 Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung	140
10.1.1 Das Würfelspiel als Wahrscheinlichkeitsmodell	140
10.1.2 Das Wahrscheinlichkeitsmodell	143
10.1.3 Kenngrößen einer Verteilung	144
10.1.4 Normalverteilung	145
10.1.5 t-Verteilung	148
10.1.6 χ^2 -Verteilung	150
10.1.7 F-Verteilung	152
10.2 Statistische Beurteilung von Messungen	154
10.2.1 Untersuchung auf Normalverteilung	154
10.2.2 Kenngrößen einer Stichprobe	156
10.2.3 Vertrauensintervalle für die Kenngrößen	158
10.2.4 Nullhypothese, Signifikanztest	160
10.2.5 Alternativhypothese, Linearer Hypothesentest	162
10.2.6 Beispiel Streckenmessung	164
10.3 Kovarianzfortpflanzung I	166
10.3.1 Abhängigkeit von Beobachtungen	166
10.3.2 Das Kovarianzfortpflanzungsgesetz	168
10.3.3 Fortpflanzung bei gleichen Unsicherheiten	170
10.3.4 Doppelmessungen	171
10.3.5 Gewichte, allgemeines arithmetisches Mittel	173
10.3.6 Gewichtsfortpflanzung	176
10.3.7 Beispiele zur Varianzfortpflanzung	177
10.3.8 Systematische Abweichungen bei Doppelmessungen	180
10.3.9 Zusammenstellung wichtiger Formeln	182
10.4 Toleranzen im Bauwesen	184
11 Geometrisches Nivellement	186
11.1 Praktisches Nivellierverfahren	188
11.1.1 Prinzip des Nivellements	188
11.1.2 Ablauf des Nivellements	189
11.1.3 Praktische Hinweise zum Nivellement	190
11.1.4 Höhenfestpunkte und ihre Festlegung	192
11.1.5 Aufschrieb und Auswertung einfacher Nivellements	194
11.1.6 Prüfung des Nivelliers	197
11.2 Genauigkeit des geometrischen Nivellements	198
11.2.1 Ausbreitung der Messungseinflüsse	199
11.2.2 Symmetrisch wirkende Einflüsse	200
11.2.3 Kompensatorabweichung	201
11.2.4 Vertikalbewegung der Latte und des Stativs	202
11.2.5 Lattenabweichung	203

11.2.6	Schätzung der Genauigkeit	204
11.3	Berechnung einfacher Nivellements	208
11.3.1	Knotenpunkt	208
11.3.2	Berechnung einer Nivellementschleife	210
11.4	Feinnivellement	212
11.4.1	Hilfsmittel und Messverfahren	212
11.4.2	Vermeiden der Auswirkung von Messabweichungen	214
11.4.3	Klassisches und elektronisches Feldbuch	216
11.4.4	Elektronisches Nivellier	220
11.5	Höhensysteme und Schweremessung	222
11.5.1	Ellipsoidgestalt, Potentialdifferenz	222
11.5.2	Das Erdschwerefeld	224
11.5.3	Orthometrische Höhen	226
11.5.4	Normalhöhen	227
11.5.5	Normalorthometrische Reduktion	228
12	Geländeaufnahme und ihre Bearbeitung	230
12.1	Geländeaufnahme mit dem Nivellier	231
12.1.1	Einzelschritte bei der Geländeaufnahme	231
12.1.2	Aufnahmeverfahren	232
12.1.3	Punktauswahl und Aufnahmeobjekte	234
12.1.4	Herstellung des Höhenplans	234
12.1.5	Beispiel zum Höhenplan	236
12.2	Längs- und Querprofile	240
12.2.1	Entwurf und Absteckung einer Achse	240
12.2.2	Aufnahme von Längs- und Querprofilen	242
12.2.3	Beispiel zum Längsprofil	243
12.2.4	Einrechnung von Querprofilen	246
12.3	Erdmassenberechnung	248
12.3.1	... aus dreidimensionalen Einzelpunkten	248
12.3.2	Massenberechnung aus Querprofilen	250
12.3.3	... aus Schichtlinien	250
	Stichwortverzeichnis	XV

Verzeichnis der Beispiele	3 Ebene und sphärische Trigonometrie	
	Turmhöhenbestimmung	33
	Wurfweitenbestimmung	33
	Dreiecksberechnung aus 3 Seiten	38
	Dreiecksberechnung aus 2 Seiten und 1 Winkel, doppeldeutiger Fall	38
	Basisvergrößerung	39
	Vorwärtseinschnitt	40
	Doppelpunkteinschaltung	40
	Rückwärtseinschnitt	42
	Rechtwinkliges Kugeldreieck aus 2 Strecken	45
	Rechtwinkliges Kugeldreieck aus Strecke und Gegenwinkel	45
	Rechtwinkliges Kugeldreieck zur Bestimmung des Schnitts eines Großkreises mit dem Äquator	45
	Allgemeines sphärisches Dreieck aus 2 Winkeln und 1 Strecke	47
	Großkreisnavigation	48
	Astronomische Bestimmung der Länge	52
	Vorausberechnung der geodätischen Meßelemente	52
	Geographische Ortsbestimmung auf See	53
	4 Einführung in die EDV	
BASIC-Programm für den Kosinussatz	65	
BASIC-Programm für Strecke und Richtungswinkel	66	
5 Direkte Längenmessung, Absetzen rechter Winkel		
Reduktion der Messbandlänge	79	
Kontrolle der Rechtwinkelmaße	87	
6 Absteckung und Aufnahme		
Versicherung der Absteckungsbasis	92	
Einschneiden des Schnurgerüsts	92	
Verdichtung der Vermessungspunkte	97	
Aufnahme nach dem Rechtwinkelverfahren	98	
Aufnahme nach dem Einbindeverfahren	99	
Kontrolle der Lageaufnahme	100	
7 Auswertungen der Messungen		
Geradenschnitt, Normalfall	105	
Parallelschnitt	107	
Koordinatentransformation mit großem Maßstabsfaktor	110	
Koordinatentransformation örtliches → Landessystem	112	
Koordinatentransformation Landes- → örtliches System	113	
Schnitt von Gerade und Kreis	115	
BASIC-Programm zum Erstellen einer Koordinatendatei	116	
BASIC-Programm zur Koordinatentransformation	118	
8 Flächenberechnung		
Fläche aus rechtwinkligen Koordinaten	123	
Fläche durch Verwandeln in ein Dreieck	125	
Fläche mit Hilfe des Polarplanimeters	127	
9 Berechnung und Absteckung von Kreisbögen		
Haupt- und Kleinpunktberechnung	132	
Zweiteiliger Korbbogen	135	

Verzeichnis der Beispiele (Forts.)	10 Genauigkeit von Messungen	
	Untersuchung einer Meßreihe auf Normalverteilung	154
	Genauigkeit einer mehrfachen Streckenmessung	164
	Abhängigkeit von Beobachtungen	166
	Allgemeines arithmetisches Mittel mit Genauigkeit	173
	Varianzfortpflanzung einer Doppelmessung	177
	Varianzfortpflanzung bei der Flächenberechnung	178
	Varianzfortpflanzung beim trigonometrischen Nivellement	179
	Untersuchung von Höhenunterschieden auf systematische Abweichungen	181
	Beispiel zur Berechnung von Bautoleranzen	185
	11 Geometrisches Nivellement	
	Liniennivellement	195
	Nivellement mit Zwischenblicken	196
	Ausgleichung eines Knotenpunktes	209
	Meßprotokoll und Verprobung des Feinnivellements	216
BASIC-Programm für ein elektronisches Feldbuch für das Feinnivellement	217	
12 Geländeaufnahme		
Aufnahme und Auswertung eines Höhenplans	236	
Lagefeldbuch	236	
Aufnahmeprotokoll	237	
Arbeitsplan	238	
Topographischer Plan	239	
Aufsuchen einer Trasse in einem Höhenplan	240	
Aufnahme eines Längsprofils mit Gradienteneinrechnung ..	244	
Einrechnung eines Querprofils	247	
Massenberechnung, Erdaushub einer Baugrube	249	
Massenberechnung, Fassungsvermögen eines Sees	251	

Punktbestimmung nach Höhe und Lage

Inhalt von	13	Lineare Ausgleichung
B a n d 2	13.1	Die Methode der kleinsten Quadrate
(ohne 3-zif-	13.2	Rechenregeln für Matrizen
rige Titel) *)	13.3	Ausgleichung vermittelnder Beobachtungen
	13.4	Ausgleichung von Höhennetzen
	13.5	Programmierung
	14	Richtungs- und Winkelmessung
	14.1	Prinzip der Winkelmessung
	14.2	Einflüsse auf die Winkelmessung
	14.3	Messverfahren
	15	Optische Streckenmessung
	15.1	Basislattenmessung
	15.2	Einflüsse auf die Basislattenmessung
	16	Klassische Tachymetrie
	16.1	Streckenmessung nach Reichenbach
	16.2	Diagrammtachymeter
	16.3	Bussolentachymeter
	17	Elektronische Distanzmessung
	17.1	Physikalische und technische Grundlagen
	17.2	Reduktion elektronischer Distanzen
	17.3	Prüfung des Distanzmessers
	18	Indirekte Messungen
	18.1	Stationsabriss
	18.2	Exzentrische Richtungsbeobachtung
	18.3	Exzentrische Streckenmessung
	18.4	Gebrochener Strahl
	18.5	Zuverlässigkeit indirekter Messungen
	19	Polygonierung
	19.1	Formen, Anlage und Messung
	19.2	Berechnung des Polygonzugs
	19.3	Genauigkeit der Polygonierung
	19.4	Strenge Ausgleichung des Polygonzugs
	20	Trigonometrische Höhenmessung
	20.1	Die trigonometrische Höhenformel
	20.2	Räumlich-ebene Höhenübertragung
	21	Trassierung mit Klothoiden
	21.1	Die Klothoide
	21.2	Zusammengesetzte Kurven
	21.3	Kleinpunktberechnung und Absteckung
	22	Transformation
	22.1	Ebene Transformation
	22.2	Ausgleichung
	22.3	Beispiel
	22.4	Freie Stationierung
	22.5	Räumliche Transformation

*) Dümmler-Buch 7905, 6. Auflage 1998

Inhalt von
B a n d 2
(ohne 3-zif-
rige Titel) *

- 23 Punktbestimmung durch Trilateration und Triangulation**
 - 23.1 Ausgleichungstechnische Grundlagen
 - 23.2 Einfache Punktbestimmung
 - 23.3 Mehrfache Bestimmung eines Neupunkts
 - 23.4 Punktbestimmung im Lagenetz
 - 23.5 Deformationsanalyse
- 24 Punktbestimmung mit Hilfe von Satelliten**
 - 24.1 Grundlagen aus der Astronomie
 - 24.2 Das globale Positionierungssystem
 - 24.3 Punktauswahl, Messung
 - 24.4 Datenaufbereitung
 - 24.5 Koordinatenberechnung