

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1	Griechisches Alphabet	1
1.2	Mathematische Zeichen - Zahlen	1
1.3	Reelle Zahlen	1
1.4	Maßeinheiten und Maßverhältnisse	2
1.4.1	Definition der Maßeinheiten und ihre Ableitungen	2
1.4.2	Maßverhältnisse	5
1.5	DIN Papierformate	6
1.5.1	DIN Blattgrößen (DIN 476)	6
1.5.2	DIN Faltungen auf Ablageformat (nach DIN 824)	7
2	Mathematischen Grundlagen	9
2.1	Mathematische Grundbegriffe	9
2.1.1	Grundgesetze	9
2.1.2	Gesetze der Anordnung	9
2.1.3	Absoluter Betrag - Signum	9
2.1.4	Bruchrechnen	9
2.1.5	Lineare Gleichungssysteme	10
2.1.6	Quadratische Gleichungen	10
2.1.7	Potenzen - Wurzeln	10
2.1.8	Logarithmen	11
2.1.9	Folgen - Reihen	11
2.1.10	Binomischer Satz	12
2.1.11	n - Fakultät	12
2.1.12	Verschiedene Mittelwerte	12
2.2	Differentialrechnung	13
2.2.1	Ableitung	13
2.2.2	Potenzreihenentwicklung	14
2.3	Matrizenrechnung	15
2.3.1	Definitionen	15
2.3.2	Rechnen mit Matrizen	15
2.4	Ebene Geometrie	17
2.4.1	Arten von Winkeln	17
2.4.2	Kongruenzsätze	17
2.4.3	Ähnlichkeitssätze	17
2.4.4	Strahlensätze	18
2.4.5	Teilung einer Strecke	18
2.4.6	Dreieck	19
2.4.7	Viereck	21
2.4.8	Vielecke	22
2.4.9	Kreis	23
2.4.10	Ellipse	25
2.5	Trigonometrie	26
2.5.1	Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck	26
2.5.2	Winkelfunktionen im allgemeinen Dreieck	28
2.5.3	Additionstheoreme	30
2.5.4	Sphärische Trigonometrie	31

3	Geodätische Grundlagen	33
3.1	Geodätische Bezugssysteme	33
3.1.1	Räumliches Bezugssystem	33
3.1.2	Lagebezugssystem	33
3.1.3	Höhenbezugssystem	33
3.2	Geodätische Lagebezugssysteme	34
3.2.1	Koordinatensysteme auf dem Rotationsellipsoid	34
3.2.2	Koordinatensysteme auf der Kugel	36
3.2.3	Ebene Koordinatensysteme	37
3.3	Abbildungen des Rotationsellipsoides in die Ebene	38
3.3.1	Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem (GK-System)	38
3.3.2	Universales Transversales Mercator-Koordinatensystem (UTM-System)	39
3.4	Horizontale Bezugsrichtungen	40
4	Vermessungstechnische Grundaufgaben	42
4.1	Einfache Koordinatenberechnungen	42
4.1.1	Richtungswinkel und Strecke	42
4.1.2	Polarpunktberechnung	44
4.1.3	Kleinpunktberechnung	45
4.1.4	Höhe und Höhenfußpunkt	47
4.1.5	Schnitt mit einer Gitterlinie	47
4.1.6	Geradenschnitt	48
4.1.7	Schnitt Gerade - Kreis	49
4.2	Flächenberechnung	50
4.2.1	Flächenberechnung aus Maßzahlen	50
4.2.2	Flächenberechnung aus Koordinaten	51
4.2.3	Flächenreduktionen	52
4.2.4	Zulässige Abweichungen für Flächenberechnungen	52
4.3	Flächenteilungen	53
4.3.1	Dreieck	53
4.3.2	Viereck	54
5	Winkelmessung	56
5.1	Achsenabweichungen beim Theodolit	56
5.1.1	Zielachsenabweichung	56
5.1.2	Kippachsenabweichung	57
5.1.3	Höhenindexkorrektur	58
5.2	Horizontalwinkelmessung	59
5.2.1	Begriffsbestimmung	59
5.2.2	Satzweise Richtungsmessung	59
5.2.3	Winkelmessung mit Horizontschluss	60
5.2.4	Satzvereinigung von zwei unvollständigen Teilsätzen	61
5.2.5	Winkelmessung mit der Bussole	61
5.3	Vertikalwinkelmessung	62
6	Streckenmessung	63
6.1	Streckenmessung mit Messbändern - Korrekturen und Reduktionen	63
6.2	Optische Streckenmessung	64
6.2.1	Basislattenmessung	64
6.2.2	Strichentfernungsmessung (Reichenbach)	64

6.3	Elektronische Distanzmessung	65
6.3.1	Elektromagnetische Wellen	65
6.3.2	Messprinzipien der elektronischen Distanzmessung	65
6.3.3	Einflüsse der Atmosphäre	66
6.4	Vertikale Exzentrizität	67
6.4.1	Distanzmesser ohne eigene Kippachse	67
6.5	Streckenkorrekturen und -reduktionen	67
6.5.1	Frequenzkorrektur	67
6.5.2	Meteorologische Korrektur (1. Geschwindigkeitskorrektur)	67
6.5.3	Zyklische Korrektur	68
6.5.4	Nullpunktkorrektur	69
6.5.5	Geometrische Reduktionen	72
6.5.6	Abbildungsreduktionen	74
6.6	Zulässige Abweichungen für Strecken	76
7	Verfahren zur Punktbestimmung	77
7.1	Indirekte Messungen	77
7.1.1	Abriss	77
7.1.2	Exzentrische Richtungsmessung	78
7.1.3	Exzentrische Streckenmessung	82
7.1.4	Gebrochener Strahl	83
7.2	Einzelpunktbestimmung	84
7.2.1	Polare Punktbestimmung	84
7.2.2	Dreidimensionale polare Punktbestimmung	85
7.2.3	Polare Punktbestimmung mit Kanalstab	86
7.2.4	Gebäudeaufnahme mit reflektorloser Entfernungsmessung	87
7.2.5	Bogenschnitt	89
7.2.6	Vorwärtseinschnitt	90
7.2.7	Rückwärtseinschnitt nach Cassini	92
7.3	Freie Standpunktwahl	93
7.3.1	Freie Standpunktwahl mittels Helmert-Transformation	93
7.4	Polygonierung	95
7.4.1	Anlage und Form von Polygonzügen	95
7.4.2	Polygonzugberechnung - Normalfall	96
7.4.3	Freier Polygonzug	97
7.4.4	Ringpolygon	98
7.4.5	Fehlertheorie	99
7.4.6	Zulässige Abweichungen für Polygonzüge	100
7.5	Punktbestimmung mittels Netzausgleichung	101
7.5.1	Redundanz	101
7.5.2	Normierte Verbesserung	101
7.5.3	Grober Fehler	102
7.5.4	Einfluss auf die Punktlage	102
7.6	Zulässige Abweichungen für Lagepunkte	102
8	Transformationen	103
8.1	Ebene Transformationen	103
8.1.1	Drehung um den Koordinatenursprung (1 Parameter)	103
8.1.2	Ähnlichkeitstransformation mit zwei identischen Punkten (4 Parameter)	104

8.1.3	Ähnlichkeitstransformation mit mehr als 2 identischen Punkten - Helmert-Transformation (4 Parameter)	107
8.1.4	Affin-Transformation (6 Parameter)	109
8.1.5	Projektivtransformation (8 Parameter)	111
8.1.6	Ausgleichende Gerade	113
8.2	Räumliche Transformationen	115
8.2.1	Räumliche Ähnlichkeitstransformation (7 Parameter)	115
8.2.2	Umrechnung ellipsoidischer geographischer Koordinaten in ellipsoidische kartesische Koordinaten und umgekehrt	118
8.2.3	Umrechnung geographischer Koordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten und umgekehrt	120
8.2.4	Umrechnung geographischer Koordinaten in UTM-Koordinaten und umgekehrt	122
8.2.5	Überführung der WGS 84-Koordinaten in Gauß-Krüger- bzw. UTM-Koordinaten	124
9	Höhenmessung	127
9.1	Niveauflächen und Bezugsflächen	127
9.2	Höhen	129
9.2.1	Geopotentielle Kote	129
9.2.2	Normalhöhen	130
9.2.3	Ellipsoidische Höhen und Normalhöhen	131
9.3	Geometrisches Nivellement	131
9.3.1	Allgemeine Beobachtungshinweise	131
9.3.2	Grundformel eines Nivellements	132
9.3.3	Feinnivellement	132
9.3.4	Ausgleichung einer Nivellementstrecke, -linie oder -schleife	133
9.3.5	Höhenknotenpunkt	134
9.3.6	Ziellinienüberprüfung	135
9.3.7	Genauigkeit des Nivellements	137
9.3.8	Zulässige Abweichungen für geometrisches Nivellement	138
9.4	Trigonometrische Höhenbestimmung	139
9.4.1	Höhenbestimmung über kurze Distanzen (< 250 m)	139
9.4.2	Höhenbestimmung über große Distanzen	140
9.4.3	Trigonometrisches Nivellement	143
9.4.4	Turmhöhenbestimmung	144
10	Ingenieurvermessung	146
10.1	Absteckung von Geraden - Zwischenpunkt in einer Geraden	146
10.2	Kreisbogenabsteckung	147
10.2.1	Allgemeine Formeln	147
10.2.2	Bestimmung des Tangentenschnittwinkels γ	148
10.2.3	Kreisbogen durch einen Zwangspunkt P	149
10.2.4	Absteckung von Kreisbogenkleinpunkten	150
10.2.5	Näherungsverfahren	152
10.2.6	Kontrollen der Kreisbogenabsteckung	153
10.2.7	Korbbogen	154
10.3	Klotoide	155
10.4	Verbundkurve Klotoide - Kreisbogen - Klotoide	157
10.5	Gradienten	158
10.5.1	Längsneigung	158

10.5.2	Schnittpunktberechnung zweier Gradienten	158
10.5.3	Kuppen- und Wannenausrundung	159
10.6	Erdmengenberechnung	160
10.6.1	Mengenberechnung aus Querprofilen	160
10.6.2	Mengenberechnung aus Höhenlinien	161
10.6.3	Mengenberechnung aus Prismen	162
10.6.4	Mengenberechnung einer Rampe	163
10.6.5	Mengenberechnung sonstiger Figuren	163
11	Ausgleichsrechnung	166
11.1	Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen - Allgemein	166
11.1.1	Aufstellen von Verbesserungsgleichungen	166
11.1.2	Berechnung der Normalgleichungen, der Unbekannten und der Kofaktorenmatrizen	167
11.1.3	Genauigkeit	167
11.1.4	Statistische Überprüfung	168
11.2	Lagenetz - Ausgleichung mit beobachteten Messwerten	168
11.3	Höhennetz - Ausgleichung mit beobachteten Höhenunterschieden	172
12	Grundlagen der Statistik	173
12.1	Grundbegriffe der Statistik	173
12.2	Wahrscheinlichkeitsfunktionen	175
12.2.1	Standardisierte Normalverteilung $N(0,1)$	175
12.3	Vertrauensbereiche (Konfidenzbereiche)	176
12.3.1	Vertrauensniveau	176
12.3.2	Vertrauensintervall für den Erwartungswert μ	176
12.3.3	Vertrauensintervall für die Standardabweichung	176
12.4	Testverfahren	177
12.4.1	Signifikanztest für den Mittelwert	177
12.4.2	Signifikanztest für Varianzen $s_1 > s_2$	177
12.5	Messunsicherheit	178
12.6	Toleranzen	179
12.7	Varianz	180
12.7.1	Varianz aus Funktionen unabhängiger Beobachtungen - Varianzfortpflanzungsgesetz	180
12.7.2	Varianz aus Funktionen gegenseitig abhängiger (korrelierter) Beobachtungen - Kovarianzfortpflanzungsgesetz	181
12.8	Standardabweichung	182
12.8.1	Standardabweichung aus direkten Beobachtungen	182
12.8.2	Standardabweichung aus Beobachtungsdifferenzen (Doppelmessung)	183
12.9	Gewichte - Gewichtsreziproke	184
12.10	Tabellen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	185
	Abkürzungen	189
	Internetportale	191
	Literaturhinweise	192
	Stichwortverzeichnis	193