

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	Verschiedene Mittelwerte	12
2.1.11	n - Fakultät	12
2.1.12	Binomischer Satz	13
2.2	Differentialrechnung	14
2.2.1	Ableitung	14
2.2.2	Potenzreihenentwicklung	15
2.3	Matrizenrechnung	16
2.3.1	Definitionen	16
2.3.2	Rechnen mit Matrizen	16
2.4	Ebene Geometrie	18
2.4.1	Arten von Winkeln	18
2.4.2	Kongruenzsätze	18
2.4.3	Ähnlichkeitssätze	18
2.4.4	Strahlensätze	19
2.4.5	Teilung einer Strecke	19
2.4.6	Dreieck	20
2.4.7	Viereck	22
2.4.8	Vielecke	23
2.4.9	Kreis	24
2.4.10	Ellipse	26
2.5	Trigonometrie	27
2.5.1	Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck	27
2.5.2	Winkelfunktionen im allgemeinen Dreieck	29
2.5.3	Additionstheoreme	31
2.5.4	Sphärische Trigonometrie	32

3	Grundlagen der Ausgleichsrechnung	35
3.1	Ausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen - Allgemein	35
3.1.1	Aufstellen von Verbesserungsgleichungen	35
3.1.2	Berechnung der Normalgleichungen, der Unbekannten und der Kofaktorenmatrizen	36
3.1.3	Genauigkeit	36
3.1.4	Statistische Überprüfung	37
4	Grundlagen der Statistik	39
4.1	Grundbegriffe der Statistik	39
4.2	Wahrscheinlichkeitsfunktionen	41
4.2.1	Standardisierte Normalverteilung $N(0,1)$	41
4.3	Vertrauensbereiche (Konfidenzbereiche)	42
4.3.1	Vertrauensniveau	42
4.3.2	Vertrauensintervall für den Erwartungswert μ	42
4.3.3	Vertrauensintervall für die Standardabweichung	42
4.4	Testverfahren	43
4.4.1	Signifikanztest für den Mittelwert	43
4.4.2	Signifikanztest für Varianzen $s_1 > s_2$	43
4.5	Messunsicherheit	44
4.6	Toleranzen	45
4.7	Varianz	46
4.7.1	Varianz aus Funktionen unabhängiger Beobachtungen - Varianzfortpflanzungsgesetz	46
4.7.2	Varianz aus Funktionen gegenseitig abhängiger (korrelierter) Beobachtungen - Kovarianzfortpflanzungsgesetz	47
4.8	Standardabweichung	48
4.8.1	Standardabweichung aus direkten Beobachtungen	48
4.8.2	Standardabweichung aus Beobachtungsdifferenzen (Doppelmessung)	49
4.9	Gewichte - Gewichtsreziproke	50
4.10	Tabellen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	51
5	Geodätische Grundlagen	55
5.1	Geodätische Bezugssysteme	55
5.1.1	Räumliches Bezugssystem	55
5.1.2	Lagebezugssystem	55
5.1.3	Höhenbezugssystem	55
5.2	Geodätische Lagebezugssysteme	56
5.2.1	Koordinatensysteme auf dem Rotationsellipsoid	56
5.2.2	Koordinatensysteme auf der Kugel	58
5.2.3	Ebene Koordinatensysteme	59
5.3	Abbildungen des Rotationsellipsoides in die Ebene	60
5.3.1	Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem (GK-System)	60
5.3.2	Universales Transversales Mercator-Koordinatensystem (UTM-System)	61
5.4	Horizontale Bezugsrichtungen	62
6	Vermessungstechnische Grundaufgaben	65
6.1	Einfache Koordinatenberechnungen	65
6.1.1	Richtungswinkel und Strecke	65

6.1.2	Polarpunktberechnung	67
6.1.3	Kleinpunktberechnung	68
6.1.4	Höhe und Höhenfußpunkt	70
6.1.5	Schnitt mit einer Gitterlinie	70
6.1.6	Geradenschnitt	71
6.1.7	Schnitt Gerade - Kreis	72
6.2	Flächenberechnung	73
6.2.1	Flächenberechnung aus Maßzahlen	73
6.2.2	Flächenberechnung aus Koordinaten	74
6.2.3	Flächenreduktionen	75
6.2.4	Zulässige Abweichungen für Flächenberechnungen	75
6.3	Flächenteilungen	76
6.3.1	Dreieck	76
6.3.2	Viereck	77
7	Winkelmessung	79
7.1	Achsenabweichungen beim Theodolit	79
7.1.1	Zielachsenabweichung	79
7.1.2	Kippachsenabweichung	80
7.1.3	Höhenindexkorrektur	81
7.2	Horizontalwinkelmessung	82
7.2.1	Begriffsbestimmung	82
7.2.2	Satzweise Richtungsmessung	82
7.2.3	Winkelmessung mit der Bussole	83
7.3	Vertikalwinkelmessung	84
8	Streckenmessung	85
8.1	Streckenmessung mit Messbändern - Korrekturen und Reduktionen	85
8.2	Optische Streckenmessung	86
8.2.1	Basislattenmessung	86
8.3	Elektronische Distanzmessung	87
8.3.1	Elektromagnetische Wellen	87
8.3.2	Messprinzipien der elektronischen Distanzmessung	87
8.3.3	Einflüsse der Atmosphäre	88
8.4	Vertikale Exzentrizität	89
8.4.1	Distanzmesser ohne eigene Kippachse	89
8.5	Streckenkorrekturen und -reduktionen	89
8.5.1	Frequenzkorrektur	89
8.5.2	Meteorologische Korrektur (1.Geschwindigkeitskorrektur)	89
8.5.3	Nullpunktkorrektur	90
8.5.4	Geometrische Reduktionen	93
8.5.5	Abbildungsreduktionen	95
8.6	Zulässige Abweichungen für Strecken	97
9	Höhenmessung	99
9.1	Niveauflächen und Bezugsflächen	99
9.2	Höhen	101
9.2.1	Geopotentielle Kote	101
9.2.2	Normalhöhen	102
9.2.3	Ellipsoidische Höhen und Normalhöhen	103

9.3	Geometrisches Nivellement	103
9.3.1	Allgemeine Beobachtungshinweise	103
9.3.2	Grundformel eines Nivellements	104
9.3.3	Feinnivellement	104
9.3.4	Ausgleichung einer Nivellementstrecke, -linie oder -schleife	105
9.3.5	Hohenknotenpunkt	106
9.3.6	Ziellinienüberprüfung	107
9.3.7	Genauigkeit des Nivellements	109
9.3.8	Zulässige Abweichungen für geometrisches Nivellement	110
9.4	Trigonometrische Höhenbestimmung	111
9.4.1	Höhenbestimmung über kurze Distanzen (< 250 m)	111
9.4.2	Höhenbestimmung über große Distanzen	112
9.4.3	Trigonometrisches Nivellement	115
9.4.4	Turmhöhenbestimmung	116
9.5	Höhennetz - Ausgleichung mit beobachteten Höhenunterschieden	118
10	Verfahren zur Punktbestimmung	119
10.1	Indirekte Messungen	119
10.1.1	Abriss	119
10.1.2	Exzentrische Richtungsmessung	120
10.1.3	Exzentrische Streckenmessung	123
10.1.4	Gebrochener Strahl	124
10.2	Einzelpunktbestimmung	125
10.2.1	Polare Punktbestimmung	125
10.2.2	Dreidimensionale polare Punktbestimmung	126
10.2.3	Polare Punktbestimmung mit Kanalstab	127
10.2.4	Gebäudeaufnahme mit reflektorloser Entfernungsmessung	128
10.2.5	Bogenschnitt	130
10.2.6	Vorwärtseinschnitt	131
10.2.7	Rückwärtseinschnitt nach Cassini	133
10.3	Freie Standpunktwahl	134
10.3.1	Freie Standpunktwahl mittels Helmert-Transformation	134
10.4	Polygonierung	136
10.4.1	Anlage und Form von Polygonzügen	136
10.4.2	Polygonzugberechnung - Normalfall	137
10.4.3	Freier Polygonzug	138
10.4.4	Ringpolygon	139
10.4.5	Fehlertheorie	140
10.4.6	Zulässige Abweichungen für Polygonzüge	141
10.5	Punktbestimmung mittels Netzausgleichung	142
10.5.1	Lagenetz - Ausgleichung mit beobachteten Messwerten	142
10.5.2	Statistische Überprüfung	145
10.6	Zulässige Abweichungen für Lagepunkte	146
11	Transformationen	147
11.1	Ebene Transformationen	147
11.1.1	Drehung um den Koordinatenursprung (1 Parameter)	147
11.1.2	Ähnlichkeitstransformation mit zwei identischen Punkten (4 Parameter)	148
11.1.3	Ähnlichkeitstransformation mit mehr als 2 identischen Punkten - Helmert-Transformation (4 Parameter)	151

11.1.4	Affin-Transformation (6 Parameter)	153
11.1.5	Projektivtransformation (8 Parameter)	155
11.1.6	Ausgleichende Gerade	157
11.2	Räumliche Transformationen	159
11.2.1	Räumliche Ähnlichkeitstransformation (7 Parameter)	159
11.2.2	Umrechnung ellipsoidischer geographischer Koordinaten in ellipsoidische kartesische Koordinaten und umgekehrt	162
11.2.3	Umrechnung geographischer Koordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten und umgekehrt	164
11.2.4	Umrechnung geographischer Koordinaten in UTM-Koordinaten und umgekehrt	166
11.2.5	Überführung der WGS 84-Koordinaten in Gauß-Krüger- bzw. UTM-Koordinaten	168
12	Ingenieurvermessung	171
12.1	Absteckung von Geraden - Zwischenpunkt in einer Geraden	171
12.2	Kreisbogenabsteckung	172
12.2.1	Allgemeine Formeln	172
12.2.2	Bestimmung des Tangentenschnittwinkels γ	173
12.2.3	Kreisbogen durch einen Zwangspunkt P	174
12.2.4	Absteckung von Kreisbogenkleinpunkten	175
12.2.5	Näherungsverfahren	177
12.2.6	Kontrollen der Kreisbogenabsteckung	178
12.2.7	Korbbogen	179
12.3	Klotoide	180
12.4	Verbundkurve Klotoide - Kreisbogen - Klotoide	182
12.5	Gradienten	183
12.5.1	Längsneigung	183
12.5.2	Schnittpunktberechnung zweier Gradienten	183
12.5.3	Kuppen- und Wannenausrundung	184
12.6	Erdmengenberechnung	185
12.6.1	Mengenberechnung aus Querprofilen	185
12.6.2	Mengenberechnung aus Höhenlinien	186
12.6.3	Mengenberechnung aus Prismen	187
12.6.4	Mengenberechnung einer Rampe	188
12.6.5	Mengenberechnung sonstiger Figuren	188
13	UAS-Vermessung	191
13.1	UAS-Klassifizierungen	191
13.1.1	Betriebliche Kategorien und Unterkategorien	191
13.1.2	Technische Klassen	195
13.1.3	UAS-Einteilung nach Bauweise und Gewicht	196
13.2	Grundlegende Regeln, Pflichten und Beschränkungen für UAS	196
13.2.1	Regeln	196
13.2.2	Pflichten	197
13.2.3	Beschränkungen	197
13.3	UAS-Anwendungen	198
13.3.1	Anwendungsgebiete und Einsatzzwecke für UAS	198
13.3.2	UAS-Anwendungen in der Vermessung	199
	Abkürzungen	201

Internetportale	205
Literaturhinweise	207
Stichwortverzeichnis	209