

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemeine Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Griechisches Alphabet	1
1.2 Mathematische Zeichen - Zahlen	1
1.3 DIN Papierformate	1
1.3.1 DIN Blattgrößen (DIN 476)	1
1.3.2 DIN Faltungen auf Ablageformat (nach DIN 824)	2
1.4 Maßeinheiten und Maßverhältnisse	4
1.4.1 Definition der Maßeinheiten und ihre Ableitungen	4
1.4.2 Maßverhältnisse	7
<b>2 Mathematische Grundlagen</b>	<b>8</b>
2.1 Mathematische Grundbegriffe	8
2.1.1 Grundgesetze	8
2.1.2 Gesetze der Anordnung	8
2.1.3 Absoluter Betrag - Signum	8
2.1.4 Bruchrechnen	8
2.1.5 Lineare Gleichungssysteme	9
2.1.6 Quadratische Gleichungen	9
2.1.7 Potenzen - Wurzeln	9
2.1.8 Logarithmen	10
2.1.9 Folgen - Reihen	10
2.1.10 Binomischer Satz	11
2.1.11 n - Fakultät	11
2.1.12 Verschiedene Mittelwerte	11
2.2 Differentialrechnung	12
2.2.1 Ableitung	12
2.2.2 Potenzreihenentwicklung	13
2.3 Matrizenrechnung	14
2.3.1 Definitionen	14
2.3.2 Rechnen mit Matrizen	14

---

<b>2.4 Ebene Geometrie</b>	<b>16</b>
2.4.1 Arten von Winkeln	16
2.4.2 Kongruenzsätze	16
2.4.3 Ähnlichkeitssätze	16
2.4.4 Strahlensätze	17
2.4.5 Teilung einer Strecke	17
2.4.6 Dreieck	18
2.4.7 Viereck	20
2.4.8 Vielecke	21
2.4.9 Kreis	22
2.4.10 Ellipse	24
<b>2.5 Trigonometrie</b>	<b>25</b>
2.5.1 Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck	25
2.5.2 Winkelfunktionen im allgemeinen Dreieck	27
2.5.3 Additionstheoreme	29
2.5.4 Sphärische Trigonometrie	30
<b>3 Geodätische Grundlagen</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Geodätische Bezugssysteme und Bezugsflächen</b>	<b>31</b>
3.1.1 Räumliches Bezugssystem	31
3.1.2 Lagebezugssystem	31
3.1.3 Höhenbezugssystem	31
3.1.4 Bezugsfläche	32
<b>3.2 Geodätische Koordinatensysteme</b>	<b>33</b>
3.2.1 Sphärisches geographisches Koordinatensystem	33
3.2.2 Ellipsoidisches geographisches Koordinatensystem	33
3.2.3 Ellipsoidisches kartesisches Globalsystem	33
3.2.4 Rechtwinklig-sphärisches Koordinatensystem	34
3.2.5 Rechtwinklig-ebenes Koordinatensystem	34
3.2.6 Polarkoordinaten	34
3.2.7 Gauß-Krüger-Meridianstreifensystem (GK-System)	35
3.2.8 Universales Transversales Mercator- Koordinatensystem (UTM-System)	36
3.2.9 Horizontale Bezugsrichtungen	37

---

<b>4 Vermessungstechnische Grundaufgaben</b>	<b>39</b>
4.1 Einfache Koordinatenberechnungen	39
4.1.1 Richtungswinkel und Strecke	39
4.1.2 Polarpunktberechnung	41
4.1.3 Kleinpunktberechnung	42
4.1.4 Höhe und Höhenfußpunkt	44
4.1.5 Schnitt mit einer Gitterlinie	44
4.1.6 Geradenschnitt	45
4.1.7 Schnitt Gerade - Kreis	46
4.2 Flächenberechnung	47
4.2.1 Flächenberechnung aus Maßzahlen	47
4.2.2 Flächenberechnung aus Koordinaten	48
4.2.3 Flächenreduktionen	49
4.2.4 Zulässige Abweichungen für Flächenberechnungen	49
4.3 Flächenteilungen	50
4.3.1 Dreieck	50
4.3.2 Viereck	51
<b>5 Winkelmessung</b>	<b>52</b>
5.1 Achsenabweichungen beim Theodolit	52
5.2 Horizontalwinkelmessung	55
5.2.1 Begriffsbestimmung	55
5.2.2 Satzweise Richtungsmessung	55
5.2.3 Winkelmessung mit Horizontschluss	56
5.2.4 Satzvereinigung von zwei unvollständigen Teilsätzen	57
5.3 Vertikalwinkelmessung	58
5.4 Winkelmessung mit der Bussole	59
<b>6 Strecken- und Distanzmessung</b>	<b>60</b>
6.1 Streckenmessung mit Messbändern - Korrekturen und Reduktionen	60
6.2 Optische Streckenmessung	61
6.2.1 Basislattenmessung	61
6.2.2 Strichentfernungsmessung (Reichenbach)	61

---

6.3 Elektronische Distanzmessung	62
6.3.1 Elektromagnetische Wellen	62
6.3.2 Messprinzipien der elektronischen Distanzmessung	62
6.3.3 Einflüsse der Atmosphäre	63
6.4 Streckenkorrekturen und -reduktionen	64
6.4.1 Frequenzkorrektur	64
6.4.2 Zyklische Korrektur	64
6.4.3 Nullpunktkorrektur	65
6.4.4 Meteorologische Korrektur (1. Geschwindigkeitskorrektur)	68
6.4.5 Geometrische Reduktionen	68
6.4.6 Abbildungsreduktionen	70
6.5 Vertikale Exzentrizität	71
6.6 Zulässige Abweichungen für Strecken	72
<b>7 Verfahren zur Punktbestimmung</b>	<b>73</b>
7.1 Indirekte Messungen	73
7.1.1 Abriss	73
7.1.2 Exzentrische Richtungsmessung	74
7.1.3 Exzentrische Streckenmessung	78
7.1.4 Gebrochener Strahl	79
7.2 Einzelpunktbestimmung	80
7.2.1 Polare Punktbestimmung	80
7.2.2 Dreidimensionale polare Punktbestimmung	81
7.2.3 Polare Punktbestimmung mit Kanalstab	82
7.2.4 Gebäudeaufnahme mit reflektorloser Entfernungsmessung	83
7.2.5 Bogenschnitt	85
7.2.6 Vorwärtseinschnitt	86
7.2.7 Rückwärtseinschnitt nach Cassini	88
7.3 Freie Standpunktwahl	89
mittels Helmert-Transformation	89
7.4 Polygonierung	91
7.4.1 Anlage und Form von Polygonzügen	91
7.4.2 Polygonzugberechnung - Normalfall	92
7.4.3 Freier Polygonzug	93
7.4.4 Ringpolygon	94

	<b>XI</b>
7.4.5 Zulässige Abweichungen für Polygonzüge	95
7.4.6 Fehlertheorie	96
7.5 Punktbestimmung mittels Netzausgleichung - Statistische Überprüfung	97
7.6 Zulässige Abweichungen für Lagepunkte	98
<b>8 Transformationen</b>	<b>99</b>
8.1 Ebene Transformationen	99
8.1.1 Drehung um den Koordinatenursprung (1 Parameter)	99
8.1.2 Ähnlichkeitstransformation mit zwei identischen Punkten (4 Parameter)	100
8.1.3 Ähnlichkeitstransformation mit mehr als 2 identischen Punkten - Helmert-Transformation (4 Parameter)	102
8.1.4 Affin-Transformation (6 Parameter)	104
8.1.5 Projektivtransformation (8 Parameter)	106
8.1.6 Ausgleichende Gerade	108
8.2 Räumliche Transformationen	110
8.2.1 Räumliche Ähnlichkeitstransformation (7 Parameter)	110
8.2.2 Umrechnung ellipsoidischer geographischer Koordinaten in ellipsoidische kartesische Koordinaten und umgekehrt	113
8.2.3 Umrechnung geographischer Koordinaten in Gauß-Krüger-Koordinaten und umgekehrt	115
8.2.4 Umrechnung geographischer Koordinaten in UTM-Koordinaten und umgekehrt nach SCHÖDLBAUER	117
8.2.5 Überführung der WGS 84 - Koordinaten in Gauß-Krüger- bzw. UTM-Koordinaten	119
<b>9 Höhenmessung</b>	<b>122</b>
9.1 Niveauflächen und Bezugsflächen	122
9.2 Höhen	124
9.3 Geometrisches Nivellement	126
9.3.1 Definitionen	126
9.3.2 Allgemeine Beobachtungshinweise	126
9.3.3 Grundformel eines Nivellements	127
9.3.4 Feinnivellement	127
9.3.5 Ausgleichung einer Nivellementstrecke, -linie oder -schleife	128
9.3.6 Höhenknotenpunkt	129

---

9.3.7 Ziellinienüberprüfung	130
9.3.8 Genauigkeit des Nivellements	132
9.3.9 Zulässige Abweichungen für geometrisches Nivellement	133
9.4 Trigonometrische Höhenbestimmung	134
9.4.1 Höhenbestimmung über kurze Distanzen (< 250m)	134
9.4.2 Höhenbestimmung über große Distanzen	135
9.4.3 Trigonometrisches Nivellement	138
9.4.4 Turmhöhenbestimmung	139

## **10 Ingenieurvermessung** 141

10.1 Absteckung von Geraden - Zwischenpunkt in einer Geraden	141
10.2 Kreisbogenabsteckung	142
10.2.1 Allgemeine Formeln	142
10.2.2 Bestimmung des Tangentenschnittwinkels $\gamma$	143
10.2.3 Kreisbogen durch einen Zwangspunkt P	144
10.2.4 Absteckung von Kreisbogenkleinpunkten	145
10.2.5 Näherungsverfahren	147
10.2.6 Kontrollen der Kreisbogenabsteckung	148
10.2.7 Korbbogen	149
10.3 Klotoide	150
10.3.1 Definition	150
10.3.2 Verbundkurve Klotoide - Kreisbogen - Klotoide	152
10.4 Gradienten	153
10.4.1 Längsneigung	153
10.4.2 Schnittpunktberechnung zweier Gradienten	153
10.4.3 Kuppen- und Wannenausrundung	154
10.5 Erdmengenberechnung	155
10.5.1 Mengenberechnung aus Querprofilen	155
10.5.2 Mengenberechnung aus Höhenlinien	156
10.5.3 Mengenberechnung aus Prismen	157
10.5.4 Mengenberechnung einer Rampe	158
10.5.5 Mengenberechnung sonstiger Figuren	158

---

<b>11 Ausgleichsrechnung</b>	160
11.1 Ausgleichung	160
nach vermittelnden Beobachtungen - Allgemein	160
11.1.1 Aufstellen von Verbesserungsgleichungen	160
11.1.2 Berechnung der Normalgleichungen, der Unbekannten und der Kofaktorenmatrizen	161
11.1.3 Genauigkeit	161
11.1.4 Statistische Überprüfung	162
11.2 Punktbestimmung mit Richtungen und Strecken nach vermittelnden Beobachtungen	163
11.3 Höhennetzausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen	166
<b>12 Grundlagen der Statistik</b>	167
12.1 Grundbegriffe der Statistik	167
12.2 Wahrscheinlichkeitsfunktionen	169
12.3 Vertrauensbereiche (Konfidenzbereiche)	170
12.4 Testverfahren	171
12.5 Messunsicherheit	172
12.6 Toleranzen	173
12.7 Varianz	174
12.7.1 Varianz aus Funktionen unabhängiger Beobachtungen	174
12.7.2 Varianz aus Funktionen gegenseitig abhängiger (korrelierter) Beobachtungen - Kovarianzfortpflanzungsgesetz	175
12.8 Standardabweichung	176
12.8.1 Standardabweichung aus direkten Beobachtungen	176
12.8.2 Standardabweichung aus Beobachtungsdifferenzen (Doppelmessung)	177
12.9 Gewichte - Gewichtsreziproke	178
12.10 Tabelle von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	179
<b>Abkürzungen</b>	182
<b>Internetportale</b>	183
<b>Literaturhinweise</b>	184
<b>Stichwortverzeichnis</b>	185