

## Inhalt des Bandes III a/3

### III. TEIL

#### PHOTOGRAMMETRISCHE TRIANGULATION

##### KAPITEL I

###### Räumliche Aerotriangulation

§ 129	Aufgabe und allgemeine geometrische Problemstellung.....	1629
	129.1 Definition, Zweck und Bedeutung der räumlichen Aerotriangulation .....	1629
	129.2 Kurze Bemerkungen zur geschichtlichen Entwicklung der räumlichen Aerotriangulation .....	1631
	129.3 Allgemeine Problemstellung, geometrisches und stochastisches Modell der räumlichen Aerotriangulation .....	1634
	129.4 Phasenaufspaltung der Gesamtlösung .....	1650
	129.5 Bemerkungen zur nachfolgenden Behandlung und Gliederung der räumlichen Aerotriangulation .....	1656
	Literaturverzeichnis zu § 129 .....	1657
§ 130	Verfahren der räumlichen Streifentriangulation .....	1657
	130.1 Die Vorbereitung der räumlichen Aerotriangulation .....	1658
	Literaturverzeichnis zu § 130.1 .....	1670
	130.2 Räumliche Streifentriangulation mit Analoggeräten (Aeropolygon-Methode) .....	1670
	A) Das geometrische Prinzip der Streifenbildung.....	1670
	B) Die Durchführung des Folgebildanschlusses an Triangulationsgeräten .....	1673
	C) Bemerkungen zur praktischen Durchführung der Streifentriangulation .....	1676
	Literaturverzeichnis zu § 130.2 .....	1686
	130.3 Analytische Streifentriangulation .....	1686
	A) Definition, Vorbemerkungen .....	1686

	B) Rechnerische Streifenbildung nach der Aeropolygon-Methode .....	1691
	C) Rechnerische Streifenbildung mit erzwungenen Koordinaten-Anschlüssen .....	1698
	D) Rechnerische Streifenbildung mit Triplets .....	1701
	E) Streifenbildung durch simultane Orientierung aller Aufnahmen .....	1703
	Literaturverzeichnis zu § 130.3 .....	1704
	130.4 Semi-analytische Streifentriangulation .....	1705
	Literaturverzeichnis zu § 130.4 .....	1716
	130.5 Nachbehandlung und Transformation der Streifen .....	1717
	Literaturverzeichnis zu § 130.5 .....	1723
	130.6 Streifentriangulation mit Hilfsdaten .....	1723
	Literaturverzeichnis zu § 130.6 .....	1735
§ 131	Fehlertheorie der räumlichen Aerotriangulation .....	1736
	131.1 Kurze Analyse der wirksamen Fehler .....	1736
	131.2 Die Fehlereigenschaften von Bildkoordinaten und Modellkoordinaten .....	1742
	131.3 Die Fehlereigenschaften von Streifenkoordinaten .....	1745
	131.4 Diskussion der Streifendeformationen .....	1750
	Literaturverzeichnis zu § 131 .....	1763
§ 132	Verfahren der Ausgleichung von Streifen und Blöcken .....	1764
	132.1 Streifenausgleichung .....	1765
	A) Einleitung .....	1765
	B) Graphische Interpolationsverfahren der Streifenausgleichung .....	1767
	C) Numerische Interpolationsverfahren zur Streifenausgleichung .....	1780
	D) Interpolation nach der Theorie von Vermeir .....	1791
	E) Abschließende Bemerkungen zur Streifenausgleichung mit Interpolationsverfahren .....	1797
	Literaturverzeichnis zu § 132.1 .....	1798
	132.2 Blockausgleichung .....	1799
	A) Allgemeines .....	1799
	B) Blockausgleichung mit Streifen als Einheiten .....	1807
	C) Blockausgleichung mit unabhängigen Modellen oder Sektionen als Einheiten .....	1825
	D) Blockausgleichung mit Bildern (Strahlenbündeln) als Einheiten .....	1860
	Literaturverzeichnis zu § 132.2 .....	1870
	132.3 Streifen- und Blockausgleichung mit Hilfsdaten .....	1872
	Literaturverzeichnis zu § 132.3 .....	1882
	132.4 Allgemeine Fragen der Rechentechnik, numerische Lösung großer Gleichungssysteme .....	1882
	A) Die wichtigsten Eigenschaften der Koeffizienten-Matrizen großer Normalgleichungssysteme .....	1883

	B) Die Lösung der Normalgleichungen .....	1894
	C) Die Lösung des nichtlinearen Problems .....	1913
	Literaturverzeichnis zu § 132.4 .....	1925
§ 133	Genauigkeit der räumlichen Aerotriangulation .....	1927
	133.1 Möglichkeiten der Genauigkeitsuntersuchung .....	1930
	A) Praktische Versuche .....	1930
	B) Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen .....	1932
	C) Simulation .....	1935
	D) Vergleichende Beurteilung der verschiedenen Modellvorstellungen der Blocktriangulation .....	1936
	133.2 Praktische Versuche .....	1937
	A) Genauigkeitsuntersuchungen von Streifen .....	1937
	B) Genauigkeitsuntersuchungen an Blöcken .....	1948
	C) Zusammenfassung der praktischen Versuchsergebnisse .....	1962
	133.3 Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen .....	1964
	A) Lage- und Höhengenaugkeit ausgeglichener Streifen ..	1964
	B) Lagegenauigkeit ausgeglichener Blöcke .....	1986
	C) Höhengenaugkeit ausgeglichener Streifen und Blöcke mit und ohne Benützung von Hilfsdaten .....	2000
	D) Theoretische Genauigkeitsuntersuchung der Blockausgleichung mit Bündeln .....	2004
	Literaturverzeichnis zu § 133 .....	2020
§ 134	Planung, Zeitaufwand und Kosten .....	2021
	134.1 Planung .....	2021
	134.2 Arbeitsaufwand und Kosten .....	2023
	Literaturverzeichnis zu § 134 .....	2023

## KAPITEL II

### Radialtriangulation

§ 135	Aufgabe und allgemeine Problemstellung .....	2025
	135.1 Definition, Zweck und Bedeutung der Radialtriangulation .....	2025
	135.2 Allgemeine Problemstellung, geometrisches Modell der Bildtriangulation .....	2026
	A) Die Modellvorstellungen der Bildtriangulation .....	2026
	B) Aufbau des Richtungsnetzes und Bestimmung der Triangulierungspunkte .....	2029
	C) Wahl der Radialzentren .....	2031
§ 136	Verfahren der Bildtriangulation .....	2034
	136.1 Die Vorbereitung .....	2035
	136.2 Die analytische Bildtriangulation .....	2037
	A) Die Richtungsmessung .....	2038
	B) Berechnung der Streifenkoordinaten .....	2041
	C) Varianten der analytischen Bildtriangulation .....	2046

136.3	Die graphische Bildtriangulation .....	2046
	A) Die „Arundel-Methode“ .....	2047
	B) Die „Handtemplet-Methode“ .....	2048
136.4	Die mechanische Bildtriangulation .....	2050
	A) Die Schlitzschablonen-Methode .....	2051
	B) Spezielle Methoden der mechanischen Bildtriangulation .....	2055
§ 137	Die Fehlertheorie der Bildtriangulation .....	2056
	137.1 Fehler der Richtungsbestimmung im Luftbild .....	2057
	137.2 Fehleruntersuchung der mechanischen Bildtriangulation .....	2058
	137.3 Fehlertheorie der analytischen Bildtriangulation .....	2059
	A) Die Meßfehler in der analytischen Bildtriangulation .....	2059
	B) Die Übertragungsfehler im Richtungsnetz eines Streifens .....	2061
	C) Gesamtfehler der Streifenkoordinaten .....	2065
§ 138	Ausgleichung der analytischen Bildtriangulation .....	2070
§ 139	Genauigkeit der Bildtriangulation .....	2072
	139.1 Genauigkeit der analytischen Bildtriangulation .....	2073
	139.2 Genauigkeit der graphischen Bildtriangulation .....	2074
	139.3 Genauigkeit der mechanischen Bildtriangulation .....	2074
§ 140	Anwendungsbereich, Planung, Zeitaufwand und Kosten der Bildtriangulation .....	2075
	Literaturverzeichnis zu den §§ 135–140 .....	2078

## KAPITEL III

### Triangulation mit Satelliten

§ 141	Grundlagen der Satellitengeodäsie und die Schaffung von weltumspannenden geodätischen Bezugssystemen .....	2081
	141.1 Geophysikalische und geometrische Gesichtspunkte in der Satellitengeodäsie .....	2081
	141.2 Die Entwicklung und Organisation eines geodätischen Satellitenprogramms zur Schaffung eines weltumspannenden geodätischen Bezugssystems .....	2084
	Literaturverzeichnis zu § 141 .....	2089
§ 142	Die geometrische Lösung der Satellitengeodäsie .....	2090
	142.1 Einführende Betrachtungen .....	2090
	142.2 Die geometrischen Grundlagen .....	2092
	142.3 Das astronomische Bezugssystem .....	2097
	142.4 Die Bedeutung und Messung der Koordinate „Zeit“ .....	2109
	142.5 Weitere geometrische und physikalische Einflüsse .....	2113
	142.6 Die Meßverfahren der geometrischen Methode; Aufnahme- und Auswertinstrumente .....	2123
	a) Die photogrammetrische Kammer .....	2123
	b) Kammerverschlüsse und deren mechanische Antriebe ..	2126
	c) Die elektronische Steueranlage .....	2130

	d) Die photogrammetrische Aufnahme .....	2131
	e) Die Koordinatenmessung mittels Komparator und ihre Reduktion .....	2132
	142.7 Die numerische Auswertung .....	2136
	a) Einführende Betrachtungen .....	2136
	b) Mathematische Hilfsmittel .....	2137
	c) Die Aufstellung der allgemeinen photogrammetrischen Beobachtungsgleichungen .....	2149
	d) Das mathematische Modell der photogrammetrischen Kammer .....	2153
	e) Die räumliche Triangulation .....	2181
	Literaturverzeichnis zu § 142 .....	2194
§ 143	Fehlertheoretische Betrachtungen und Analyse der Resultate ..	2196
	143.1 Fehlerhaushalt der geometrischen Satellitengiangulation ..	2196
	143.2 Analyse der wesentlichen Fehlerquellen und die Fehlerfortpflanzung in die räumliche Triangulation mit statistischen Beispielen .....	2207
	a) Die Genauigkeit der Komparatormessungen .....	2207
	b) Die Genauigkeit der photogrammetrischen Bündelrekonstruktionen und ihrer Orientierungen .....	2209
	c) Die Genauigkeit der Spur der Satellitenbahn nach der polynomischen Glättung .....	2211
	d) Die Fehlerfortpflanzung in die räumliche Triangulation ..	2214
	143.3 Numerische Resultate eines Anwendungsbeispiels .....	2219
	Literaturverzeichnis zu § 143 .....	2233

#### IV. TEIL

##### DIE GEOMETRISCHEN GRUNDLAGEN DER PHOTOGRAMMETRIE

§ 144	Die Photographie als lineares Bild .....	2235
	144.1 Einführung in die Grundeigenschaften der Perspektive ...	2235
	a) Das perspektive Bild einer Geraden .....	2236
	b) Doppelverhältnis, projektive Punktreihen, projektive Strahlbüschel .....	2236
	c) Das perspektive Bild einer Ebene $\varepsilon$ , Definition kollinearere Felder .....	2238
	144.2 Kollineare Felder .....	2238
	a) Vervollständigung allgemein kollinearere Felder, Vierpunktverfahren .....	2238
	b) Kongruente Punktreihen und Strahlbüschel in kollineareren Feldern .....	2239
	c) Herstellung der perspektiven Lage zweier kollinearere Felder, Drehsatz .....	2241
	144.3 Lineare Bilder .....	2243

	a) Definition und Eigenschaften linearer Bilder .....	2243
	b) Kriterien für lineare Bilder .....	2244
	c) Kollineare Umformung eines linearen Bildes in eine Perspektive .....	2246
144.4	Raumkollineationen .....	2246
	a) Perspektivische Raumkollineationen .....	2246
	b) Allgemeine Raumkollineationen .....	2247
	c) Analytische Darstellung der Kollineationen und Projektivitäten .....	2248
	d) Singuläre Kollineationen, Zentralprojektionen .....	2249
	e) Perspektiven mit geänderter innerer Orientierung .....	2249
§ 145	Geometrie der Einbildmessung .....	2251
145.1	Entzerrung des Bildes einer ebenen Figur .....	2251
	a) Die Rekonstruktion von Einzelpunkten .....	2251
	b) Wilde Netze .....	2251
	c) Möbiusnetze .....	2252
	d) Umprojektionen .....	2252
	e) Entzerrung mittels einer ebenen perspektivischen Kollineation .....	2253
	f) Affinentzerrung mittels zweier Umprojektionen .....	2254
145.2	Ermittlung der inneren Orientierung einer Perspektive ...	2255
145.3	Ermittlung der äußeren Orientierung einer Perspektive ...	2257
	a) Bestimmung der äußeren Orientierung aus dem Bild $\Delta^1 = X^1 Y^1 Z^1$ eines bekannten Dreiecks $\Delta = XYZ$ ...	2257
	b) Ermittlung der äußeren Orientierung einer Perspektive aus dem Bild $\Theta^1$ eines bekannten ebenen Vierecks $\Theta$ ...	2260
145.4	Rekonstruktion räumlicher Objekte in der Einbildmessung	2261
145.5	Projektionen auf Bezugsebenen .....	2261
	a) Einsatz von Entzerrungen bei Bildern räumlicher Objekte (Umbildung) .....	2261
	b) Verwendung von Bezugsebenen zur Ermittlung des Aufnahmestrahlbündels und zur Durchführung der Rekonstruktion .....	2262
145.6	Zum selben Bündel gehörige Bilder .....	2263
§ 146	Geometrie der Zweibildmessung .....	2263
146.1	Die Kernstrahlbüschel .....	2263
	a) Definition und Eigenschaften der Kernstrahlbüschel ...	2263
	b) Kernstrahlbüschel bei speziell liegenden Bildebenen ...	2264
	c) Bestimmung der Kernpunkte in zwei linearen Bildern .	2265
	d) Bestimmung der Kernpunkte in zwei Perspektiven mit bekannten inneren Orientierungen .....	2269
	e) Fälle einfacher Kernpunktbestimmung .....	2270
146.2	Rekonstruktion aus zwei Perspektiven mit bekannter gegenseitiger Lage der Bildebenen und bekannten inneren Orientierungen .....	2271
	a) Meßtischphotogrammetrie .....	2272

	b) Rekonstruktion unter Verwendung von Umprojektionen auf eine Bezugsebene .....	2273
146.3	Rekonstruktion kollinearer oder affiner Modelle .....	2274
	a) Allgemeiner Fall, Rekonstruktion aus zwei linearen Bil- dern mit bekannten Kernpunkten .....	2274
	b) Rekonstruktion affiner Modelle aus zwei Perspektiven ..	2275
146.4	Rekonstruktion aus zwei Perspektiven mit bekannten inne- ren Orientierungen .....	2279
	a) Hauptsatz der Photogrammetrie .....	2279
	b) Ergänzende Orientierungen .....	2279
146.5	Gefährliche Flächen in der Zweibildmessung .....	2280
	a) Gefährliche Flächen im Fall zweier linearer Bilder .....	2280
	b) Gefährliche Flächen im Falle zweier Perspektiven mit bekannten inneren Orientierungen .....	2282
§ 147	Geometrie der Mehrbildmessung .....	2286
147.1	Trilineare Bildfelder .....	2286
147.2	Mehrbildmessung bei fester Bezugsebene .....	2289
	a) Hilfsbetrachtungen über polyedrale Konfigurationen ..	2289
	b) Verwendung der polyedralen Konfigurationen in der Mehrbildmessung .....	2289
	c) Übersicht über die Kontrollen, die sich bei Rekonstruk- tion im System einer Bezugsebene bieten .....	2290
147.3	Gegenseitige Orientierung von $n$ Perspektiven mit Hilfe der gnomonischen Projektion und der Reziprokalprojektion ..	2292
	a) Bestimmung der Kernachsen und ihrer Winkel mit Hilfe der gnomonischen Projektion .....	2292
	b) Die Reziprokalprojektion .....	2293
	Literaturverzeichnis zu §§ 144–147 .....	2295
	Namensverzeichnis .....	2296
	Sachverzeichnis .....	2310