

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Theorie der Satellitenbewegung</b>	<b>1</b>
1.1	Bilanzgleichungen und Bewegungsintegrale	1
1.1.1	Bilanz- und Bewegungsgleichungen	1
1.1.2	Bewegungsintegrale	2
1.2	Numerische Lösungsverfahren für die Bewegungsgleichungen	6
1.3	Methoden der semi-analytischen Bahndarstellung	6
1.3.1	Fredholmsche Integralgleichung	6
1.3.2	Relativbewegung eines Satellitenpaares	8
1.4	Analytische Verfahren der Bahndarstellung	11
1.4.1	Oskulierende Referenzbahnen	11
1.4.2	Prinzip der Variation der Integrationskonstanten	15
1.4.3	Störungsgleichungen (Variationsgleichungen)	16
1.4.4	Eigenschaften der Lagrange-Klammern	19
<b>2</b>	<b>Störungsgleichungen der klassischen Bahnelemente</b>	<b>21</b>
2.1	Lösung des Kepler-Problems	21
2.2	Berechnung der Lagrange-Klammern	25
2.3	Aufstellung der Störungsgleichungen	29
2.4	Darstellung der Störkraft durch eine Störungsfunktion	32
2.5	Modifikation durch Variablenwechsel	33
2.5.1	Variablenwechsel bei schwach definierten Apsiden- und Knotenlagen	33
2.5.2	Wahre Anomalie als unabhängige Variable	35
2.5.3	Störungsgleichungen bei Verwendung der mittleren Anomalie	37
2.6	Störkraftzerlegung nach begleitenden Dreibeinen	39
2.6.1	Begleitende Dreibeine und deren Transformation	39
2.6.2	Störkraftzerlegung nach dem U,V,W-Dreibein	42
2.6.3	Störkraftzerlegung nach dem T,N,W-Dreibein	44
2.7	Beispiel zum Hauptproblem	45

<b>3</b>	<b>Entwicklung der Störungsfunktion</b>	51
3.1	Kugelfunktionsentwicklung der Störungsfunktion	51
3.2	Entwicklung der Kugelflächenfunktionen nach Bahnelementen	52
3.3	Separierte Darstellung der Störungsfunktion durch Bahnelemente	55
<b>4</b>	<b>Lösungsverfahren der Störungsgleichungen</b>	61
4.1	Überblick	61
4.2	Iterativer Lösungsansatz	62
4.3	Sukzessive Approximation	62
<b>5</b>	<b>Lösung der Störungsgleichungen in Kepler-Elementen</b>	67
5.1	Störungsrechnung in erster Näherung	67
5.2	Aufstellung der expliziten Störungsgleichungen	69
5.2.1	Partielle Ableitungen der Störungsfunktion	69
5.2.2	Das Beispiel des Hauptproblems	72
5.3	Integration der Störungsgleichungen	74
5.3.1	Ausgangsnäherungen	75
5.3.2	Ausführung der Quadraturen	78
5.4	Diskussion der Ergebnisse	80
5.4.1	Qualität der Elementstörungen	81
5.4.2	Elementstörungen und Bahndimension	90
5.4.3	Wahl der Integrationskonstanten	91
5.5	Singularitäten	92
5.5.1	Singularitäten zufolge des Terms $N_{nmpq}^{res}$	92
5.5.2	Kritische Bahnneigung	96
5.6	Zusammenfassung	97
<b>6</b>	<b>Einführung in die Satellitengeodäsie</b>	101
6.1	Der Siegeszug der Satellitengeodäsie	101
6.2	Geodätische Nutzung künstlicher Erdsatelliten	107
6.2.1	Überblick über die Methoden	107
6.2.2	Geometrische Grundgleichung der Satellitengeodäsie	108
6.2.3	Satelliten als Testkörper im Gravitationsfeld der Erde	110
6.2.4	Satelliten als Träger von Sensoren	115
6.3	Gravitationsfeld und Gezeitenfeld	119

<b>7</b>	<b>Transformationen</b>	121
7.1	Transformationen der Vektoren der geometrischen Grundgleichung	121
7.1.1	Transformation der Ortsvektoren der Beobachtungsstationen	122
7.1.2	Transformation der topozentrischen Ortsvektoren zum Satelliten	124
7.2	Bewegungsgleichung des Satelliten im wahren Äquatorsystem	128
<b>8</b>	<b>Künstliche Erdsatelliten als Hochziele</b>	131
8.1	Satellitentriangulation	131
8.2	Azimetbestimmung	134
<b>9</b>	<b>Künstliche Erdsatelliten als Testkörper</b>	137
9.1	Methodenüberblick	137
9.2	Differentielle Bahnbestimmung	141
9.2.1	Aufstellung des Systems der Beobachtungsgleichungen	141
9.2.2	Vorläufige Bahnbestimmung	145
9.2.3	Beobachtungsgleichungen	148
9.2.4	Berechnung der partiellen Ableitungen	152
9.3	Spezielle Beobachtungsgleichungen	157
9.3.1	Elementstörungen	157
9.3.2	Zusatzgleichungen für zonale Potentialkoeffizienten	160
9.3.3	Zusatzgleichungen für resonante Potentialkoeffizienten	165
<b>10</b>	<b>Die In-situ-Ausmessung des Gravitationsfeldes</b>	171
10.1	Alternative Methoden der Schwerefeldbestimmung	171
10.2	Gravitationsfeld und Gezeitenfeld	174
10.3	Die Ausmessung des Gezeitenfeldes	186
10.3.1	Messprinzip	186
10.3.2	Effekte des Gravitationsfeldes in den Observablen von SST und SGG	192
10.4	Analysemethoden	194
<b>11</b>	<b>Gravitationsfeldbestimmung mittels Analyse kurzer Bahnen</b>	199
11.1	Überblick über die Nutzung präziser kurzer Bahnen	199
11.2	Analyse präzise bestimmter kurzer Bahnen	201
11.3	Ansatz mit Hilfe der Fredholmschen Integralgleichung	206
11.3.1	Analyse im Ortsbereich	206
11.3.2	Semianalytischer Ansatz	207
11.4	Darstellung durch ortslokalisierende Basisfunktionen	211

---

<b>12</b>	<b>Satellite-to-Satellite-Tracking (SST)</b> .....	215
12.1	Skalare Relativbewegungsgleichung .....	215
12.2	Satellite-to-Satellite-Beobachtungen .....	218
12.2.1	Allgemeiner Ansatz .....	218
12.2.2	Semi-analytischer Ansatz .....	220
12.2.3	Verwendung ortslokalisierende Basisfunktionen .....	224
12.3	Bestimmung der Pseudobeobachtungen durch numerische Quadratur .....	228
<b>13</b>	<b>Satelliten-Gravitations-Gradiometrie (SGG)</b> .....	233
13.1	SST und SGG .....	233
13.2	Gradiometerkonzepte .....	236
13.3	Analyseverfahren .....	237
13.4	Transformationen der Ableitungen des Gravitationspotentials .....	239
13.5	Der Space-Wise-Approach .....	245
13.6	Der Time-Wise-Approach .....	249
13.7	Regionale Gravitationsfeldbestimmung .....	253
<b>14</b>	<b>Regularisierung</b> .....	259
14.1	Problembeschreibung .....	259
14.2	Regularisierungsmethoden .....	261
14.2.1	Regularisierung mittels vermittelnder Ausgleichung .....	261
14.2.2	Regularisierungsmethode nach Tikhonov .....	266
14.3	Singulärwert-Zerlegung der Bestimmungsgleichungen .....	272
	<b>Literaturverzeichnis (Auswahl)</b> .....	277
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	283