
Inhaltsverzeichnis

1	Begriffe und Definitionen	1
1.1	Einführung	1
1.2	Bezugssysteme und Bezugsrahmen	3
1.2.1	Definition von Bezugssystemen	3
1.2.2	Realisierung von Bezugsrahmen	4
1.2.3	Koordinatensysteme	7
1.3	Vereinbarte Bezugssysteme	7
1.3.1	Vereinbarte raumfeste Bezugssysteme	7
1.3.2	Vereinbarte erdfeste Bezugssysteme	9
1.4	Vereinbarte Bezugsrahmen	9
1.5	Bezeichnungen und Definitionen des IERS	10
1.5.1	Bezugssysteme und Bezugsrahmen	10
1.5.2	IERS (International Service for Earth Rotation and Reference Systems)	11
2	Newtonsches Raum-Zeit-Konzept	13
2.1	Inertialsystem und Galilei-Transformation	13
2.2	Newton-System	15
2.3	Galilei-System	22
2.4	Bahnberechnung im Newton- und im Galilei-System	25
3	Einsteinsches Raum-Zeit-Konzept	27
3.1	Grenzen der Newtonschen Mechanik	27
3.2	Galilei-Transformation	28
3.3	Lorentz-Transformation	30
3.3.1	Homogenität und Isotropie des Raumes	30
3.3.2	Einsteinsches Relativitätsprinzip	31
3.3.3	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	33
3.3.4	Ableitung der Formeln für die Lorentz-Transformation	34
3.4	Die Konsequenzen der speziellen Relativitätstheorie	37
3.4.1	Relativität von Gleichzeitigkeit und Ortsabhängigkeit	38
3.4.2	Relativistische Zeitdehnung	39
3.4.3	Lorentz-Kontraktion	40
3.4.4	Einsteins Additionsgesetz der Geschwindigkeiten	42
3.4.5	Der relativistische Doppler-Effekt	43

3.4.6	Relativistische Massenzunahme.	45
3.4.7	Äquivalenz von Masse und Energie.	48
3.4.8	Die Gleichwertigkeit der Bezugssysteme	49
3.5	Das vierdimensionale Raum-Zeit-Kontinuum.	51
3.6	Einführung in die Allgemeine Relativitätstheorie	56
4	Ekliptik- und Äquatorsystem.	61
4.1	Bezugsrichtungen und Koordinatensysteme	61
4.1.1	Festlegung raumfester und erdfester Bezugssysteme	61
4.1.2	Einführung in die Translation der Erde im Sonnensystem.	62
4.1.3	Einführung in die Rotation der Erde	66
4.1.4	Einführung von Ekliptiksystem und Äquatorsystem	67
4.2	Raumfeste Bezugssysteme.	68
4.2.1	System der Bahnebene $\mathcal{B}$	68
4.2.2	Ekliptiksystem $\mathcal{E}$	68
4.2.3	Himmelsäquatorsystem $\mathcal{A}$	70
5	Gestörte Translation der Erde im Planetensystem	73
6	Rotation der Erde	81
6.1	Bewegungsgleichungen für die Rotation ausgedehnter starrer Körper	81
6.1.1	Die dynamischen Eulerschen Kreiselgleichungen.	81
6.1.2	Eulersche Winkel	82
6.1.3	Die kinematischen Eulerschen Gleichungen	85
6.1.4	Eulersche Kreiselgleichungen in Eulerschen Winkeln	87
6.2	Modellbildung der Erdrotation: ein Überblick	89
6.2.1	Bewegungsgleichungen	89
6.2.2	Polbewegung und Erdrotationsschwankungen	91
6.2.3	Präzession-Nutation	93
6.3	Rotation einer starren drehmomentfreien Erde	94
6.3.1	Trägheitsdrehbewegung der radialsymmetrischen Erde	94
6.3.2	Starrer Körper mit zwei verschiedenen Hauptträgheitsmomenten.	95
6.4	Rotation einer starren Erde unter dem Einfluss von Drehmomenten.	102
6.4.1	Das lunisolare Drehmoment.	102
6.4.2	Lösung der Eulerschen Kreiselgleichungen im Figurenachsensystem.	103
6.4.3	Poisson-Gleichungen	111
6.4.4	Poisson-Gleichungen mit lunisolaren Drehmomenten	115
6.4.5	Näherungslösungen der Poisson-Gleichungen.	117
6.4.6	Lunisolarpräzession und -nutation.	120
6.5	Rotation einer deformierbaren Erde.	123
6.5.1	Bewegungsgleichungen	123

6.5.2	Polbewegung und Erdrotationsschwankungen	125
6.5.3	Bewegung der Störkörper Sonne und Mond	128
6.5.4	Präzession-Nutation	131
7	Mittlere und wahre raumfeste Bezugssysteme	137
7.1	Bezugsrichtungen	137
7.2	Mittlere Bezugssysteme	139
7.2.1	Mittleres raumfestes Ekliptiksystem $\mathcal{E}(t)$	139
7.2.2	Mittleres raumfestes Himmelsäquatorsystem $\mathcal{A}(t)$	140
7.2.3	Die Ekliptiksysteme $\mathcal{E}(t)$ und $\mathcal{E}(t_0)$ und die Transformation in das Himmelsäquatorsystem $\mathcal{A}(t)$	141
7.2.4	Die Transformationen zwischen den Himmelsäquatorsystemen $\mathcal{A}(t)$ und $\mathcal{A}(t_0)$	145
7.2.5	Transformation des mittleren raumfesten Äquatorsystems bei Epochenwechsel	146
7.3	Wahres raumfestes Himmelsäquatorsystem	148
7.3.1	Definition des wahren raumfesten Äquatorsystems	148
7.3.2	Transformation vom mittleren in das wahre raumfeste Äquatorsystem	148
7.4	Überblick über die raumfesten Bezugssysteme	151
8	Raumfeste und erdfeste Bezugsrahmen	153
8.1	Realisierungen von Bezugssystemen	153
8.1.1	Realisierungen raumfester und erdfester Bezugssysteme	153
8.1.2	Vereinbarte raumfeste Bezugsrahmen	154
8.1.3	Vereinbarte erdfeste Bezugsrahmen	155
8.2	Globale erdfeste Koordinatensysteme	158
8.2.1	Globales geozentrisches Koordinatensystem $\mathcal{G}(t)$	158
8.2.2	Wahres globales geozentrisches Koordinatensystem $\mathcal{G}(t)$	162
8.2.3	Das Stundenwinkelsystem $\mathcal{S}$	162
8.3	Topozentrische astronomische Koordinatensysteme	163
8.3.1	Wahres topozentrisches astronomisches System $\mathcal{T}$	163
8.3.2	Mittleres topozentrisches astronomisches Koordinatensystem $\mathcal{T}$	163
8.4	Transformationen zwischen den Bezugsrahmen	165
8.4.1	Transformation vom Äquatorsystem in das geozentrische Koordinatensystem	167
8.4.2	Transformation vom wahren in das mittlere geozentrische Koordinatensystem	168
8.4.3	Zusammenfassende Darstellung der Transformation	168
9	Zeit: Definition und Realisierung von Zeitskalen	175
9.1	Der Zeitbegriff nach Newton und Einstein	175
9.2	Einteilung der Zeitskalen	177
9.2.1	Natürliche Zeitskala: Sonnenzeit	177
9.2.2	Natürliche Zeitskala: Sternzeit	179

9.2.3	Statistische Zeitskalen	180
9.2.4	Theoretische Zeitskalen	181
	Literaturverzeichnis (Auswahl)	183
	Stichwortverzeichnis	185