

Übungsaufgabe 3

Transformation CIS – CTS

Fundamentale Referenzsysteme

Conventional Inertial System (CIS) = space-fixed

Auch als „quasi-inertiales System“ bezeichnet
für Beschreibung der Satellitenbewegung bzw. erdnahe Bewegungen
⇒ ***Geocentric Celestial Reference System (GCRS)***
Realisiert durch Quellkoordinaten

Conventional Terrestrial System (CTS) = earth-fixed

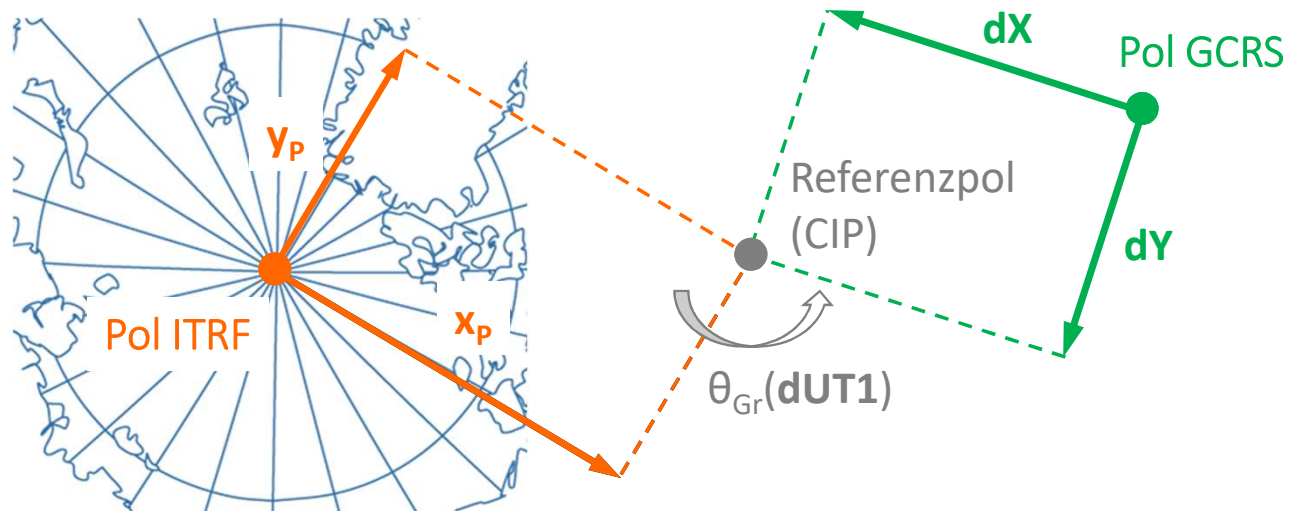
für Positionen der Beobachtungsstationen bzw. für Beschreibung von Ergebnissen
Aktuell: ***International Terrestrial Reference Frame (ITRF)*** = *Geocentric Terrestrial Reference System (GTRS)*
Realisiert durch Stationskoordinaten

Übergang: Raumfest \leftrightarrow Erdfest

- Übergang vom raumfesten System (CIS) zum terrestrischen System (CTS) wird durch eine Folge von Rotationen realisiert
- Rotationen bezüglich der Erdorientierungsparameter (EOP)

EOP

- Präzession, Nutation (dX, dY)
- Erdrotation ($dUT1$)
- Polbewegung (x_p, y_p)



Übergang: Raumfest \Leftrightarrow Erdfest

CIS – (Präzession, Nutation) \Leftrightarrow CIP – (Polbewegung, Erdrotation) \Leftrightarrow CTS

Präzession: $P(z, \vartheta, \zeta) = R_z(-z)R_y(\vartheta)R_z(-\zeta)$

Nutation: $N(\varepsilon, \Delta\varepsilon, \Delta\psi) = R_x(-\varepsilon - \Delta\varepsilon)R_z(-\Delta\psi)R_x(\varepsilon)$

Erdrotation: $U(\theta_{Gr}) = R_z(\theta_{Gr})$

Polbewegung: $XY(x_p, y_p) = R_y(-x_p)R_x(-y_p)$

$$\mathbf{r}_{CTS}(t) = XYUNP \mathbf{r}_{CIS}(t)$$

EOP des IERS

Long term data: EOP 14 C04 (IAU2000A) \Rightarrow Polbewegung und Erdrotation

<https://www.iers.org/iers/en/DataProducts/EarthOrientationData/eop.html>

EARTH ORIENTATION PARAMETER (EOP) PRODUCT CENTER CENTER (PARIS OBSERVATORY)
INTERNATIONAL EARTH ROTATION AND REFERENCE SYSTEMS SERVICE
EOP (IERS) 14 C04 TIME SERIES
Description: <https://hpiers.obspm.fr/eoppc/eop/eopc04/C04.guide.pdf>
contact: christian.bizouard@obspm.fr

```
FORMAT(3(I4),I7,2(F11.6),2(F12.7),2(F11.6),2(F11.6),2(F11.7),2(F12.6))
#####
Date      MJD      x          y          UT1-UTC    LOD      dX      dY      x Err    y Err    UT1-UTC Err  LOD Err  dX Err  dY Err
(0h UTC)          "          "          s          s          "      "          "          "          s          s          "          "
2007  1  1  54101  -0.049367  0.347325  0.0376484  0.0007459  0.000077  -0.000057  0.000063  0.000062  0.0000071  0.0000355  0.000042  0.000040
2007  1  2  54102  -0.049899  0.348614  0.0369907  0.0005840  0.000016  -0.000104  0.000063  0.000062  0.0000078  0.0000358  0.000042  0.000040
2007  1  3  54103  -0.051090  0.349944  0.0364176  0.0005216  -0.000045  -0.000152  0.000063  0.000062  0.0000085  0.0000361  0.000042  0.000040
2007  1  4  54104  -0.052994  0.351297  0.0358979  0.0005440  -0.000004  -0.000159  0.000063  0.000062  0.0000074  0.0000363  0.000041  0.000039
...
2007  4  5  54195  0.033194  0.483144  -0.0714163  0.0013920  0.000250  -0.000302  0.000064  0.000063  0.0000050  0.0000376  0.000038  0.000038
2007  4  6  54196  0.035736  0.484204  -0.0728009  0.0012748  0.000254  -0.000309  0.000064  0.000063  0.0000057  0.0000373  0.000038  0.000038
```

The IAU 1980 Theory of Nutation

$$\Delta\psi = \sum_{i=1}^{106} (A_i + A'_i t) \sin(\text{ARGUMENT}), \quad \Delta\epsilon = \sum_{i=1}^{106} (B_i + B'_i t) \cos(\text{ARGUMENT}) \quad \text{ARGUMENT} = \sum N_i F_i$$

$$F_1 \equiv l = \text{Mean Anomaly of the Moon} \\ = 134^\circ 96' 34.0251'' + 1717915923'' 2178 t + 31'' 8792 t^2 + 0'' 051635 t^3 - 0'' 00024470 t^4,$$

$$F_2 \equiv l' = \text{Mean Anomaly of the Sun} \\ = 357^\circ 52' 91.0918'' + 129596581'' 0481 t - 0'' 5532 t^2 + 0'' 000136 t^3 - 0'' 00001149 t^4,$$

$$F_3 \equiv F = L - \Omega \\ = 93^\circ 27' 20.9062'' + 1739527262'' 8478 t - 12'' 7512 t^2 - 0'' 001037 t^3 + 0'' 00000417 t^4,$$

$$F_4 \equiv D = \text{Mean Elongation of the Moon from the Sun} \\ = 297^\circ 85' 01.9547'' + 1602961601'' 2090 t - 6'' 3706 t^2 + 0'' 006593 t^3 - 0'' 00003169 t^4,$$

$$F_5 \equiv \Omega = \text{Mean Longitude of the Ascending Node of the Moon} \\ = 125^\circ 04' 45.5501'' - 6962890'' 2665 t + 7'' 4722 t^2 + 0'' 007702 t^3 - 0'' 00005939 t^4,$$

Formel für Ω im Übungsblatt ist ausreichend

The IAU 1980 Theory of Nutation

$$\Delta\psi = \sum_{i=1}^{106} (A_i + A'_i t) \sin(\text{ARGUMENT}), \quad \Delta\epsilon = \sum_{i=1}^{106} (B_i + B'_i t) \cos(\text{ARGUMENT}) \quad \text{ARGUMENT} = \sum N_i F_i$$

	MULTIPLIERS OF					PERIOD (days)	LONGITUDE (0''0001)		OBLIQUITY (0''0001)	
	<i>l</i>	<i>l'</i>	<i>F</i>	<i>D</i>	Ω		<i>A_i</i>	<i>A'_i</i>	<i>B_i</i>	<i>B'_i</i>
<i>i</i> = 1	0	0	0	0	1	-6798.4	-171996	-174.2	92025	8.9
<i>i</i> = 2	0	0	2	-2	2	182.6	-13187	-1.6	5736	-3.1
...	0	0	2	0	2	13.7	-2274	-0.2	977	-0.5

Beachtung der Einheiten!

Ergebnisse

- $\mathbf{r}_{CTS,SoFA} = \begin{pmatrix} 10 \\ 13 \\ 20 \end{pmatrix} m$

- Differenzen: berechnet – SoFA

	dX [m]	dY [m]	dZ [m]	Positionsfehler
$\mathbf{r}_{CTS,a}$				41 m
$\mathbf{r}_{CTS,b}$				41 m
$\mathbf{r}_{CTS,c}$				3 m
$\mathbf{r}_{CTS,d}$				5 m