

# Schwerefeldbestimmung aus dem Energieintegral aus 2 Jahren kinematischer CHAMP-Orbits

M. Wermuth, L. Földvary, D. Svehla, C. Gerlach

Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie  
Technische Universität München

# Gliederung

- Einleitung zur Energieintegral Methode
  - Gravitationsfeld Modellierung
  - Evaluation
  - Ausblick
- 
- Poster EGU 2003: 6 Monate CHAMP Daten => TUM-1S
  - Aktuelle Lösung: 2 Jahre CHAMP Daten => TUM-2S

Energieerhaltungssatz:

$$V_{\text{kin}} + V_{\text{pot}} = \text{const.}$$

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$

1. Kinematische Bahnbestimmung
2. Ableitung von kinematischen Geschwindigkeiten
3. Energieintegral
4. Kleinste Quadrate Ausgleichung der Potentialkoeffizienten

# Kinematische Bahnbestimmung

Bahnbestimmung rein aus GPS-Messungen

Vorteil:

- unabhängig von a priori Modellen

Nachteil:

- Keine Geschwindigkeiten

Orbit:

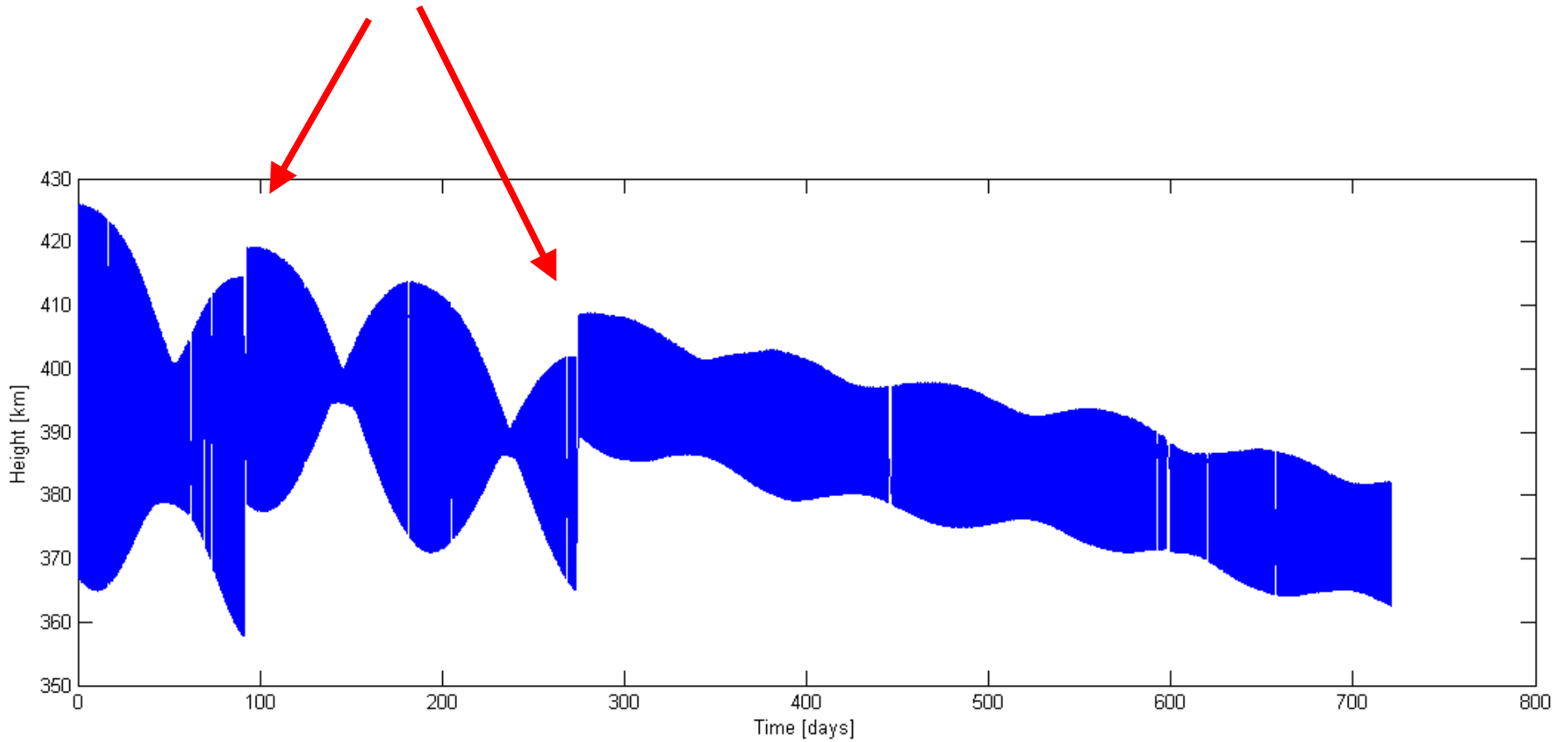
- 2 Jahre von DoY 70 / 2002 to DoY 70 / 2004
- 30s/10s sampling

Geschwindigkeiten:

- Ableitung mit Newton Gregory Interpolation

# Bahnhöhe

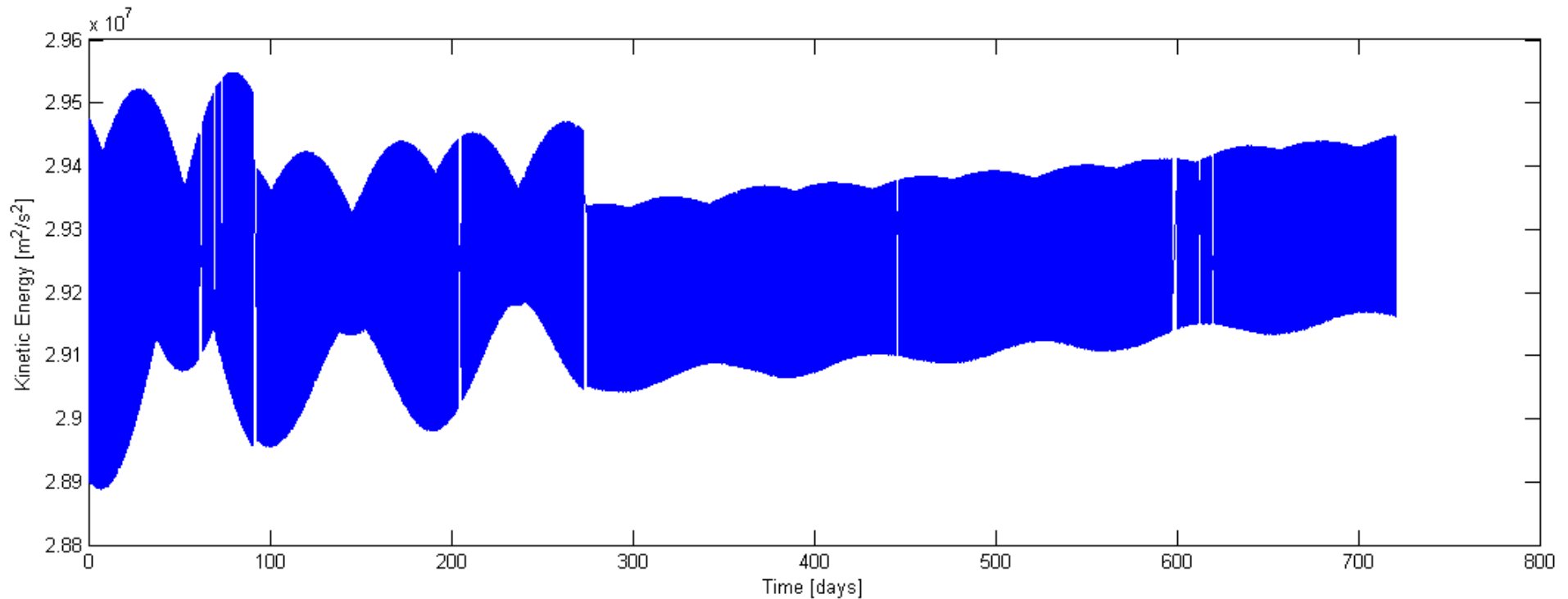
Orbit Manöver



# Kinetische Energie

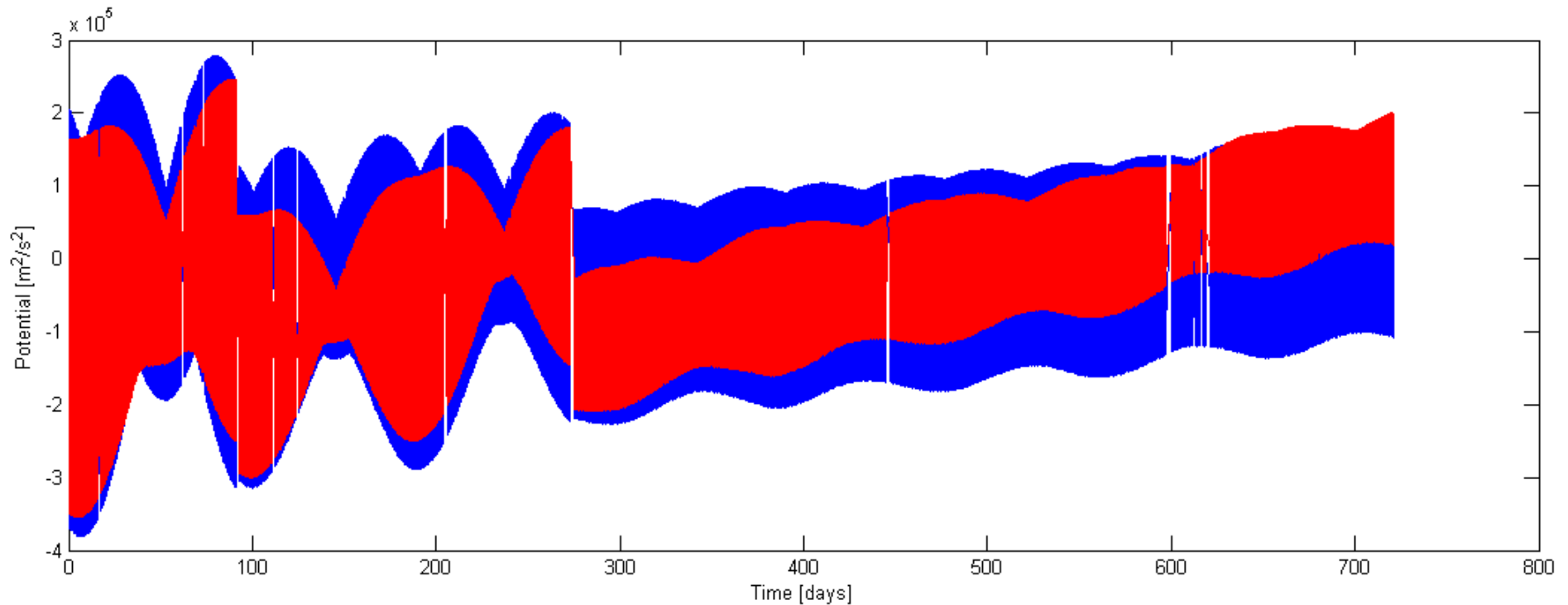
$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$

RMS:  $1.06 * 10^5 \text{ m}^2/\text{s}^2$



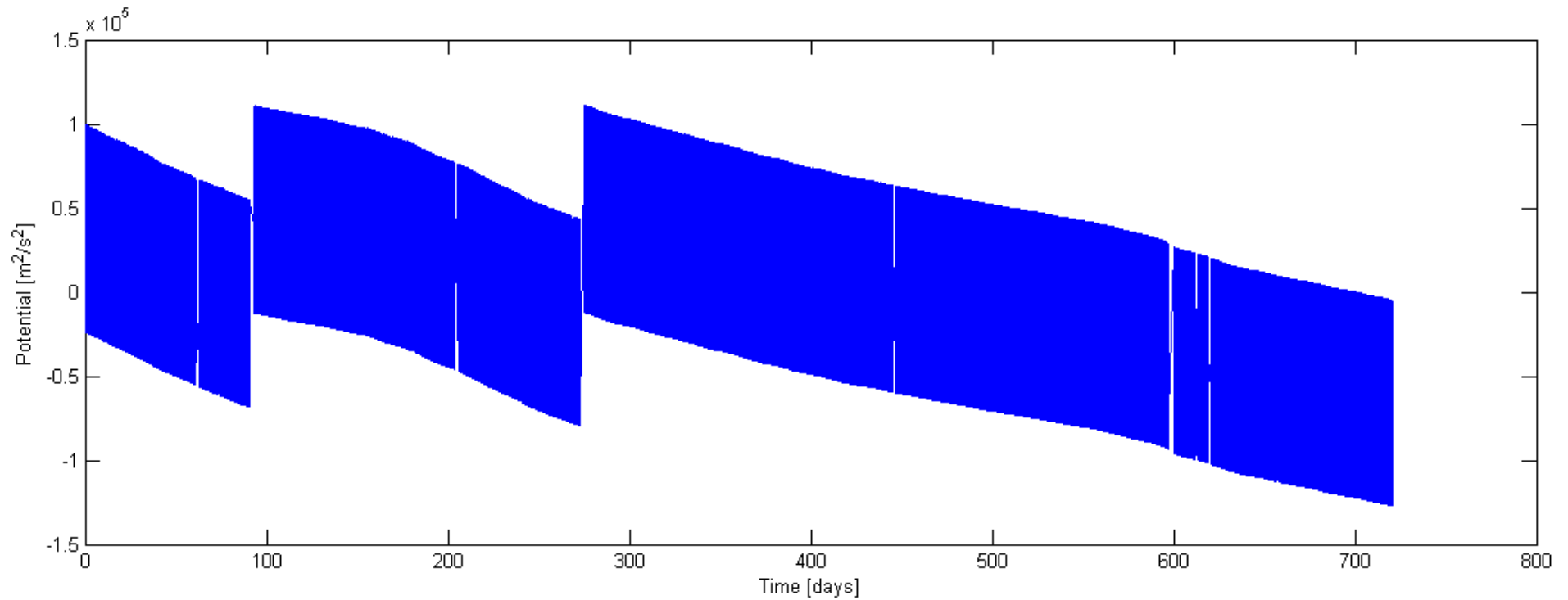
# Normalpotential

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



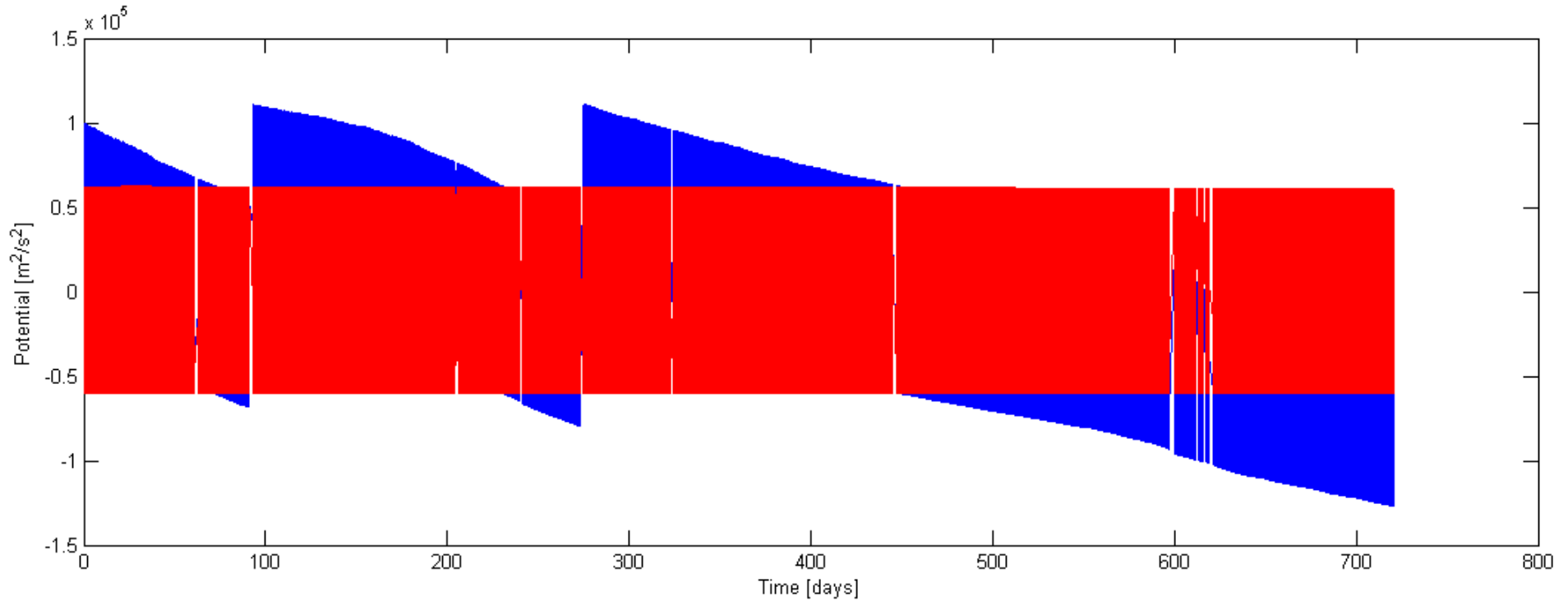
# Störpotential

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



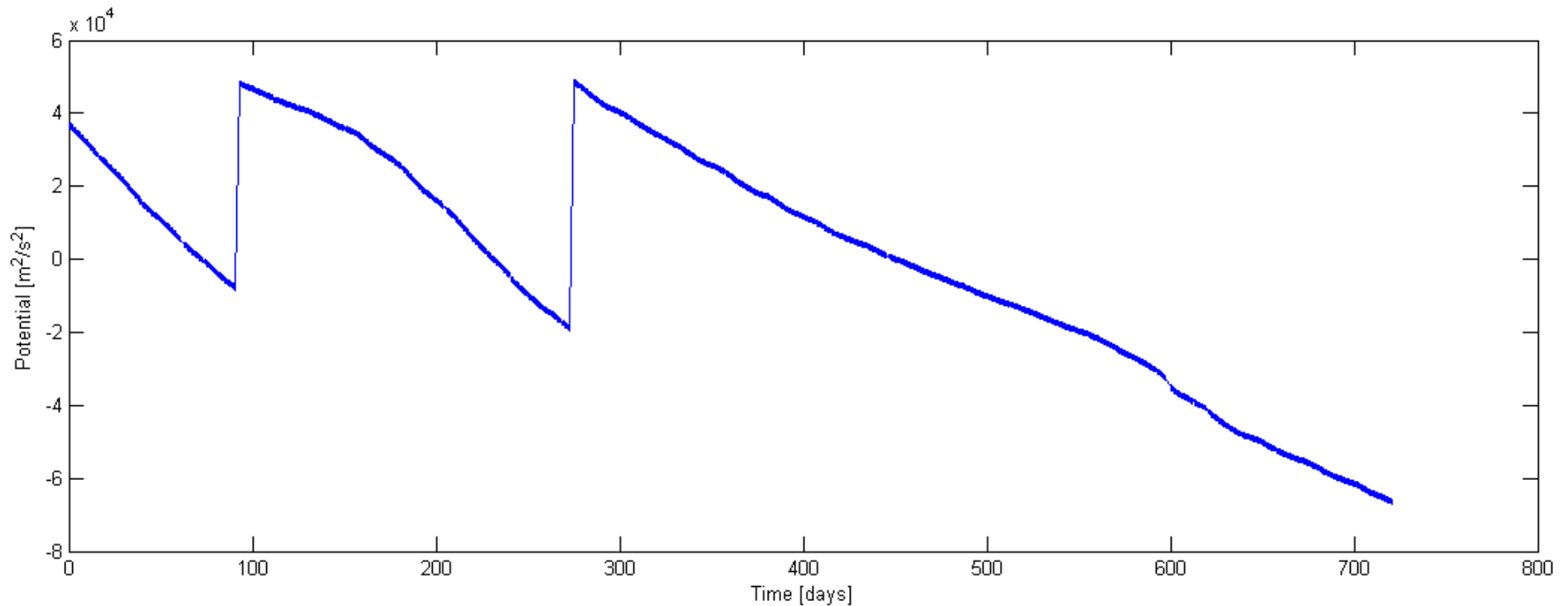
# Zentrifugalpotential

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



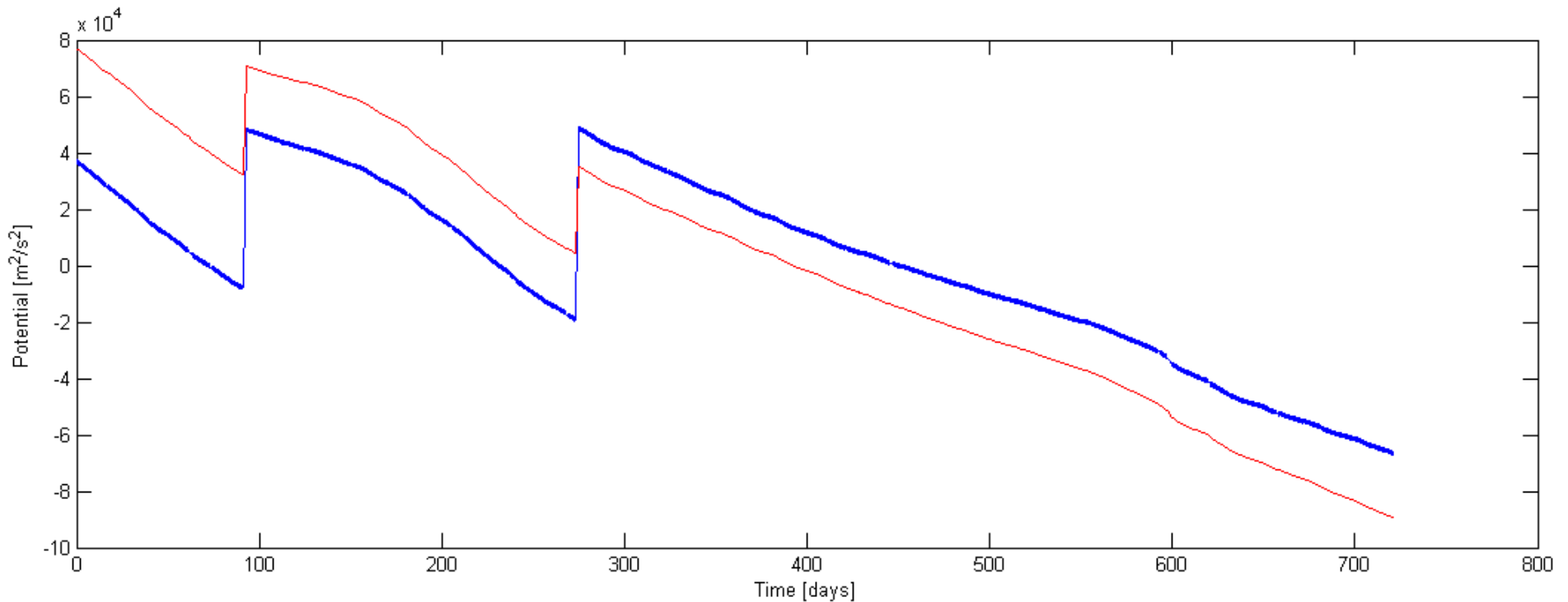
# Störpotential

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



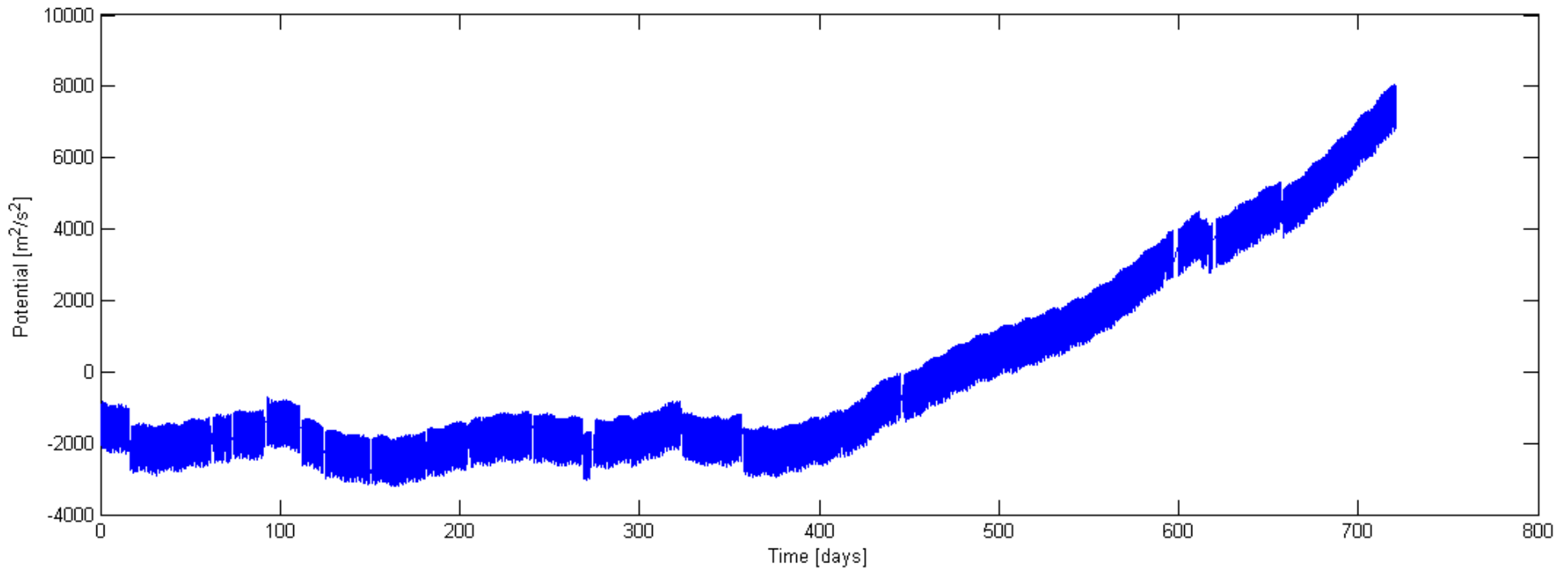
# Energieverlust durch externe Kräfte

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



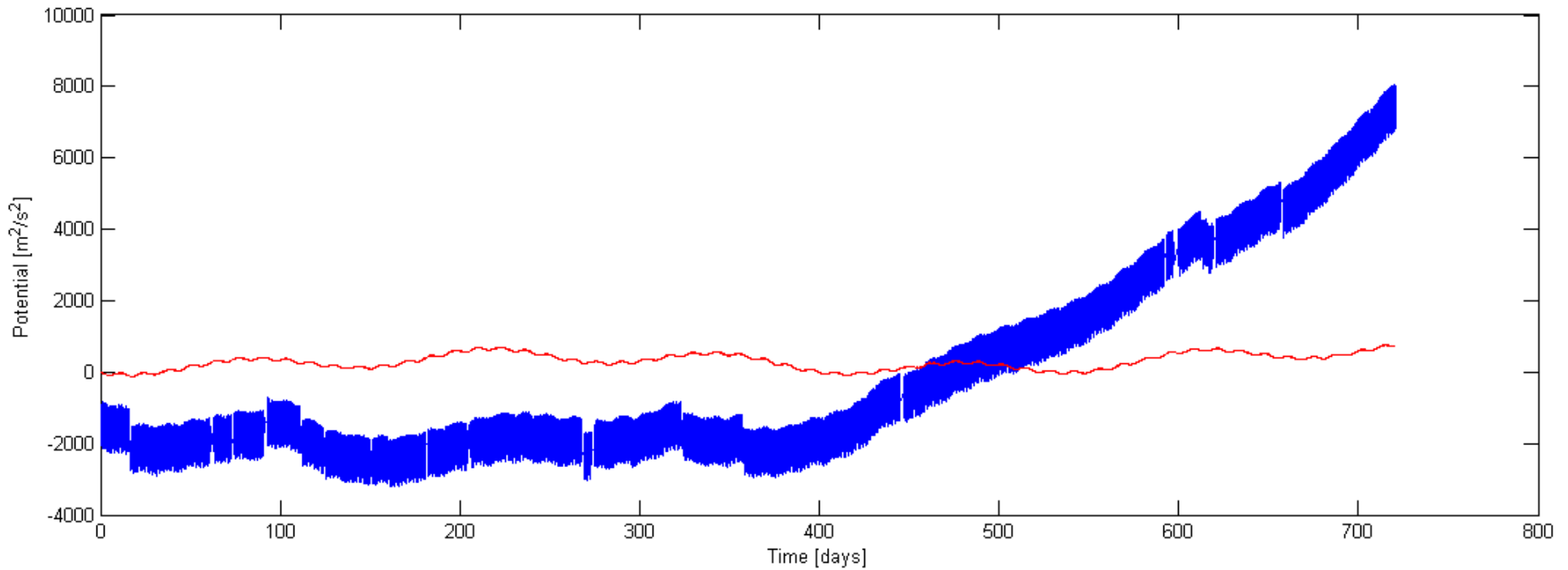
# Störpotential

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



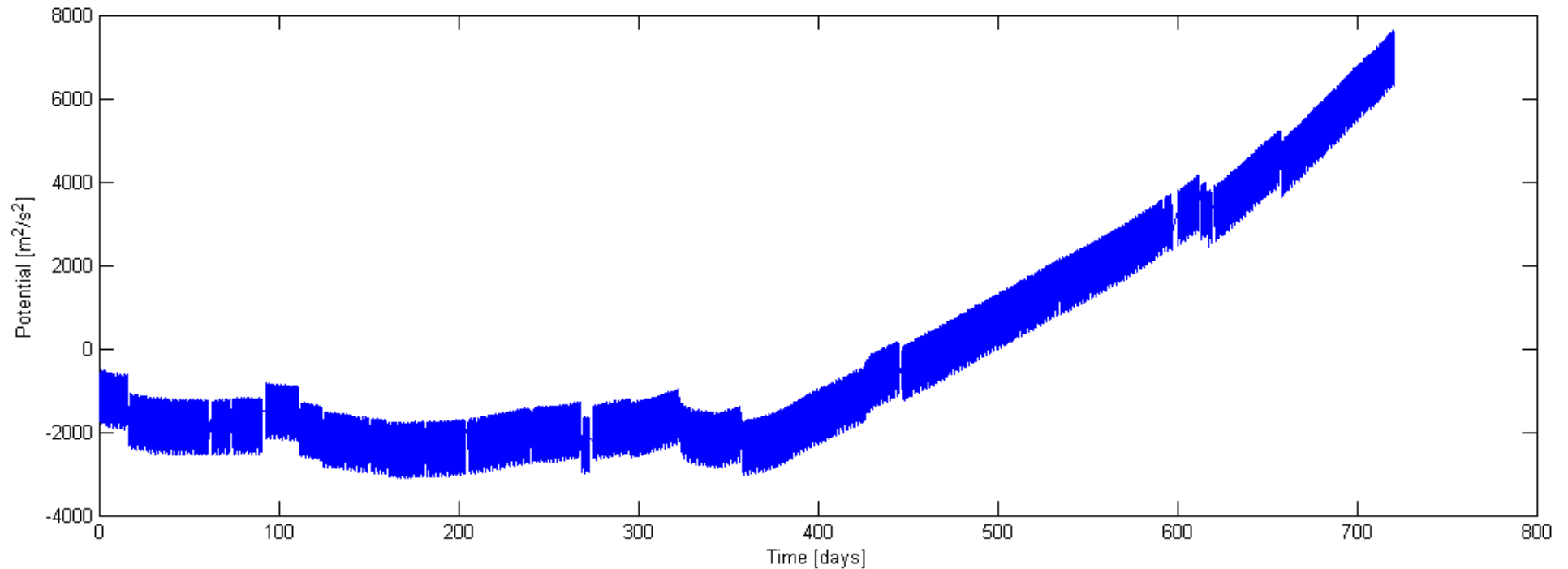
# Gezeitenpotential

$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



# Disturbing Potential

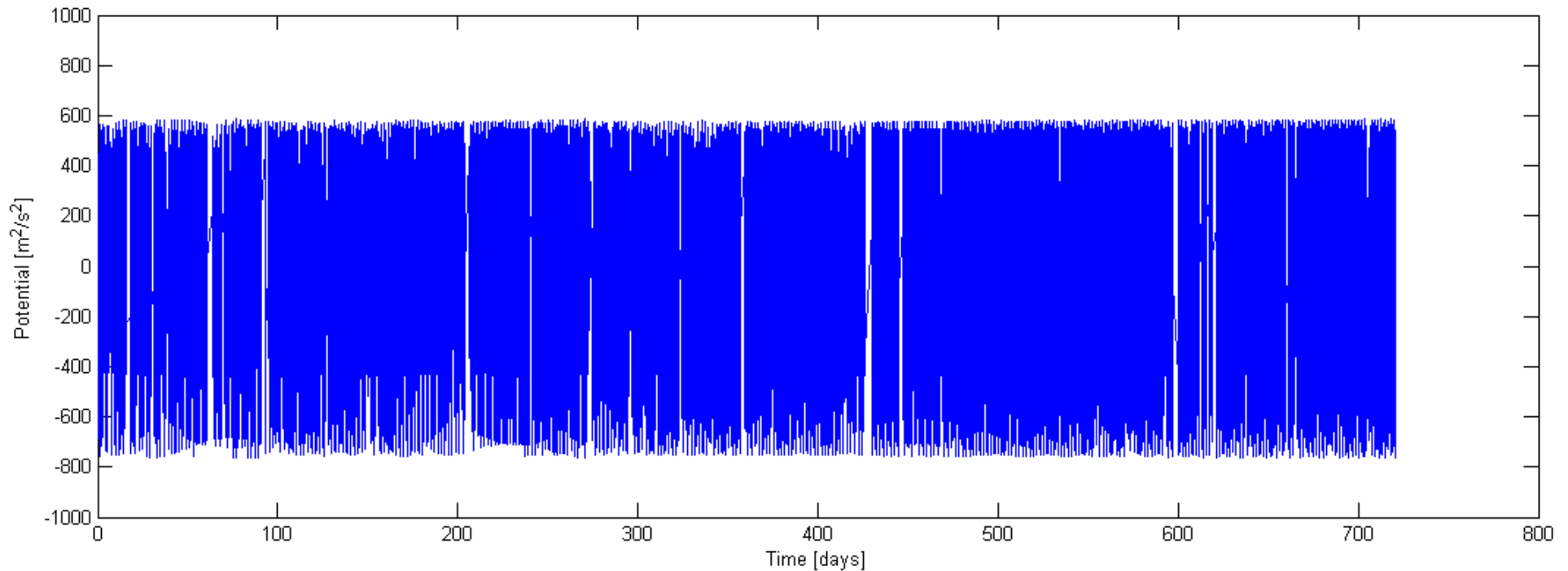
$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$



# Störpotential

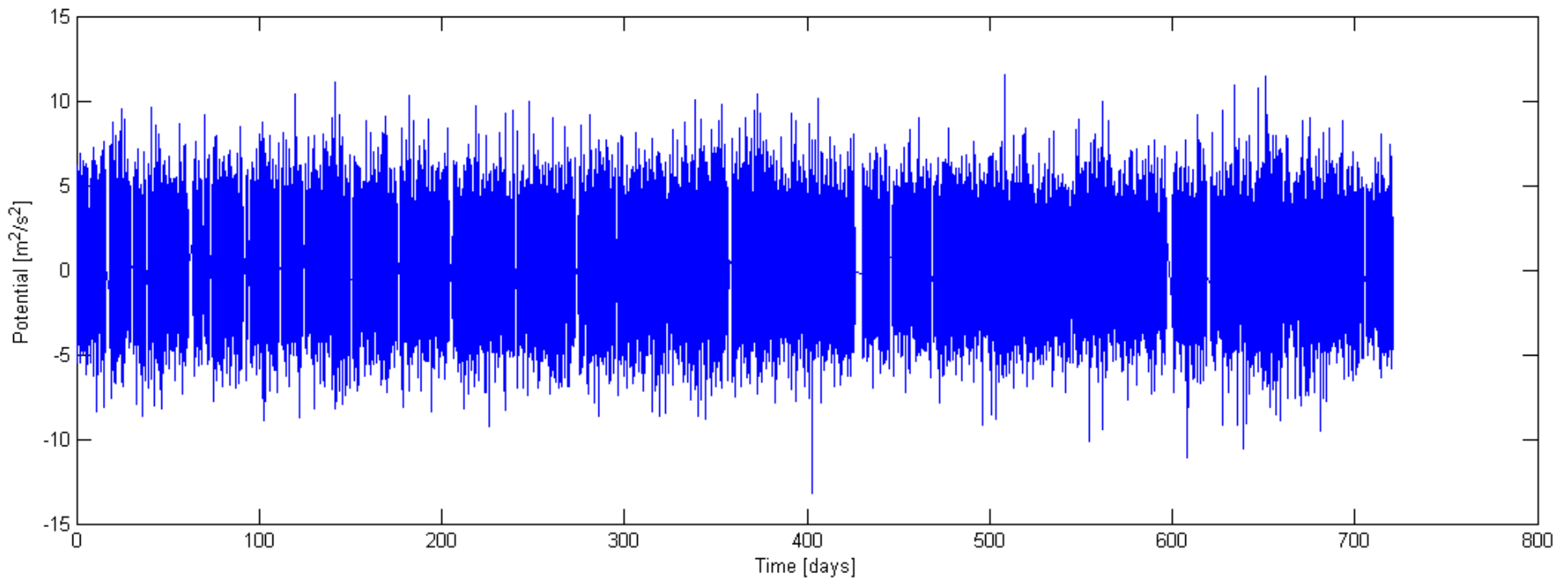
$$T = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{x}}^2 - U - \frac{1}{2} (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{x})^2 - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_f - \int_{\mathbf{x}} \mathbf{a}_t - C$$

RMS: 217.2 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>

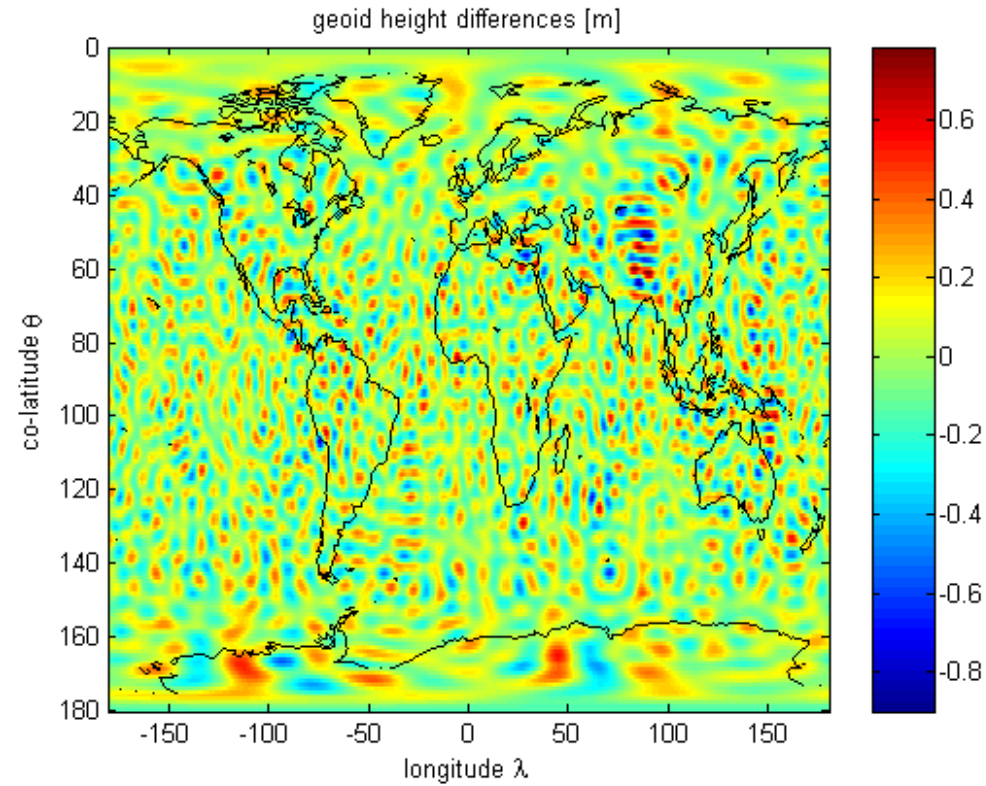
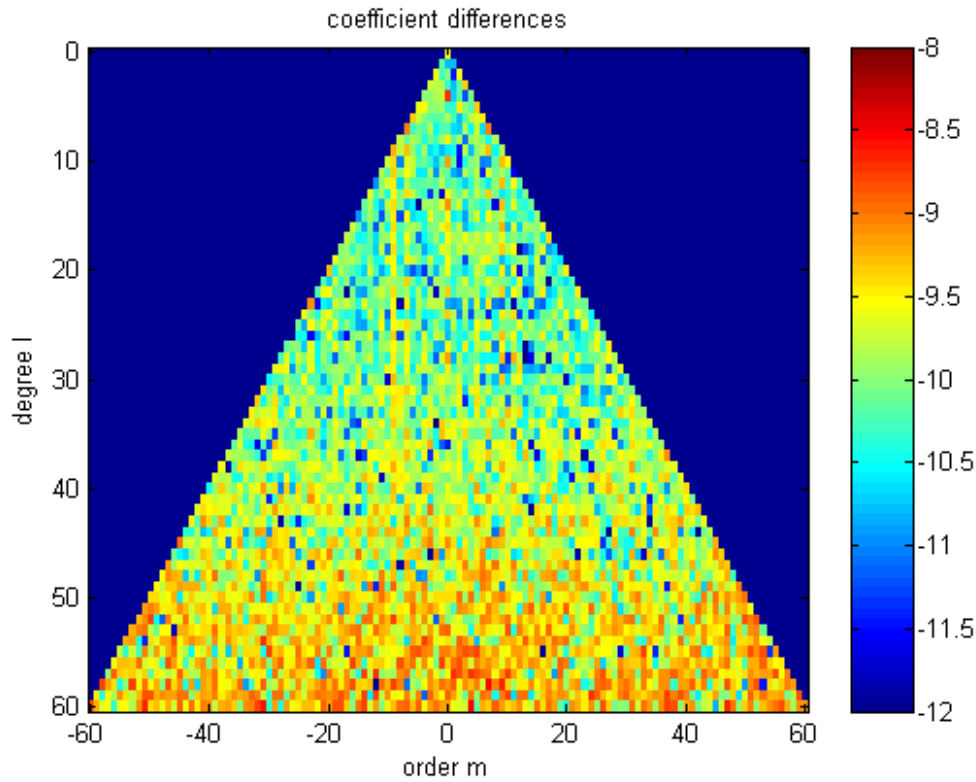


# Residuen

a posteriori Varianz:  $\sigma_0 = 1.05 \text{ m}^2/\text{s}^2$



# Vergleich mit EIGEN-GRACE01 (GFZ)



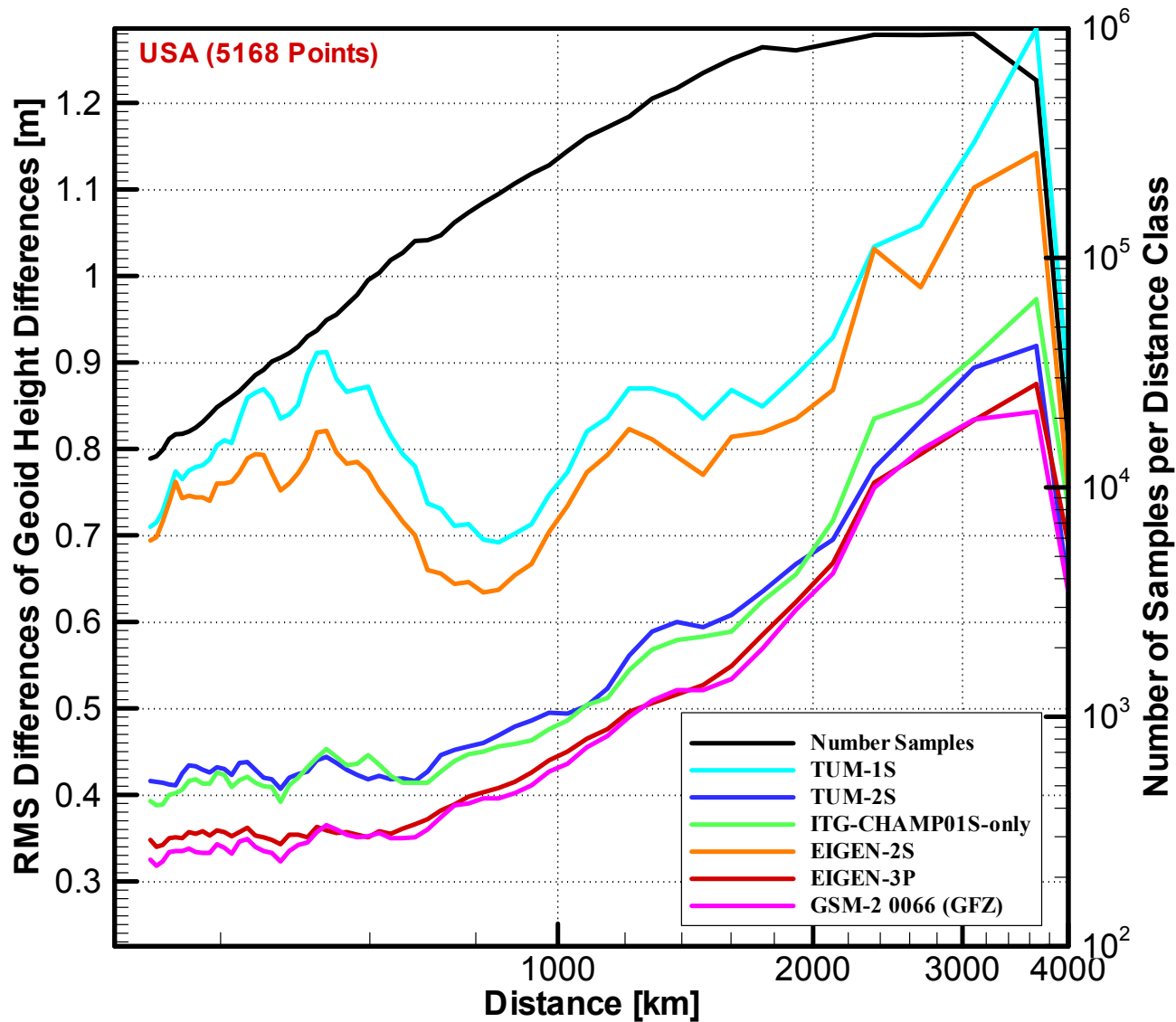
RMS: 0.162 m

# GPS-Nivellement Test

- Vergleich GPS-Nivellement Geoidhöhen
- Modell bis Grad und Ordnung 60
- Geoidhöhen wurden mit GPM98A von Grad 61 bis 720 gefiltert
- RMS um Mittelwert in [m]

<b>Punkte</b>	<b>USA: 5168</b>	<b>Canada: 1443</b>	<b>EUREF: 180</b>
TUM-1S	0.641	0.609	0.564
TUM-2S	0.455	0.560	0.320
ITG-CHAMP01S-only	0.460	0.543	0.295
EIGEN-2	0.602	0.573	0.593
EIGEN-3P	0.421	0.528	0.296
EIGEN-GRACE01	0.416	0.522	0.283

# GPS-Nivellement Test



# Ausblick

- Berechnungen können mit mehr Daten wiederholt werden
- Anwendung auf GRACE Satelliten einzeln möglich
- Methode wird für GOCE verwendet
- Besseres Verständniss des Akzelerometerverhaltens nötig
- Stochastisches Modell der Geschwindigkeitsableitung