

# Kalibration Stochastischer Eigenschaften durch ein Online-GUI: Anwendungsbeispiel IMU und Navigation

**Philipp Clausen, Jan Skaloud**  
Geodetic Engineering Laboratory TOPO  
EPFL, Switzerland

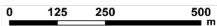


22./23. November, 2018, Veysonnaz, VS, CH

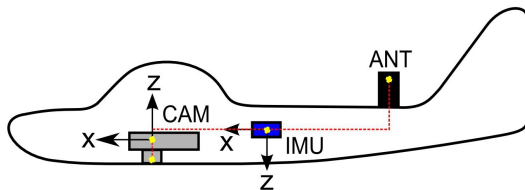
- Übersicht
- Sensor Kalibration
- Online GUI
- Resultat



# Übersicht



- Check point
- ▲ Control point
- Trajectory



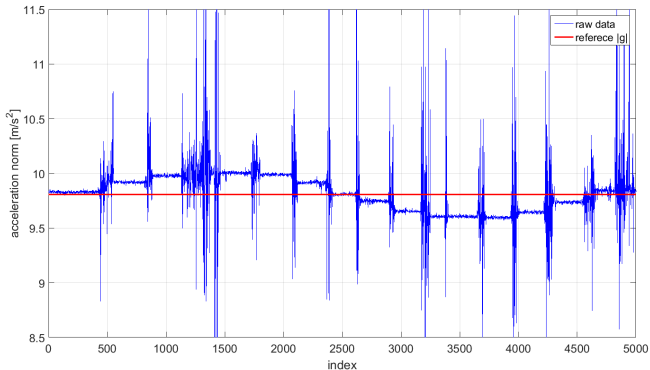
# Sensorkalibrierung: Rückgrat der Navigation

## Kalman Filter

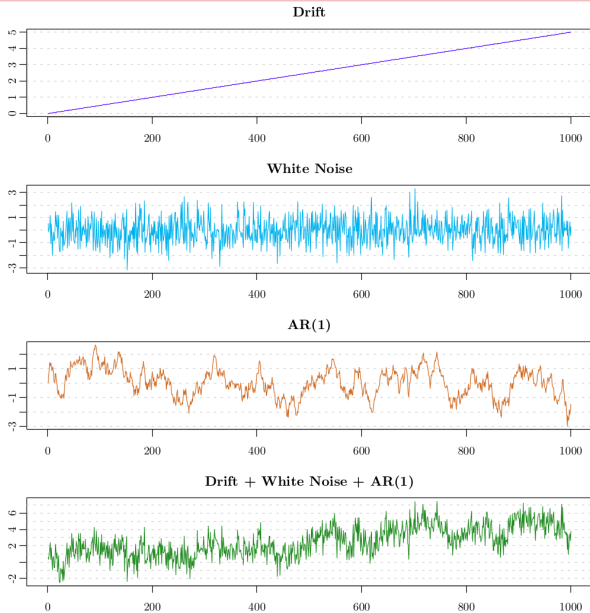
- Initialisierung
- Konvergenz
- Korrelation

## Kalibrierung im Labor / vor Ort

- Bias, Skalierung, Orthogonalität
- Versch. Winkel/Ausrichtungen



# Stochastische Prozesse: Signalanalyse



# Challenge

## Normalerweise

- “Graphische” Allan Variance
  - Nicht alle Modelle
  - Fehler
  - “Ineffizient” (nicht automatisch)
- MLE (mit EM)
  - rechenintensiv
  - Divergent mit “komplexen” Modellen

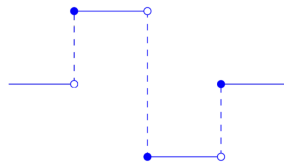
## Wir brauchen

- Komplexe time-series Modelle
- Effizient
- Robust gegen Outliers

# Generalized Method of Wavelet Moments

## Hauptidee

- Gebrauch der Wavelet Variance (WV)
- Filtern des Signals mit der Wavelet Funktion
- Zusammenhang zwischen den Modellparametern  $\theta$  und deren WV  $\nu(\theta)$  (i.e. **mapping**  $\theta \mapsto \nu(\theta)$ ).
- “Umkehren” dieser Eigenschaft durch Vergleich von empirischer (observierte WV/AV  $\hat{\nu}$ ) und der theoretischen WV des Modells  $\nu(\theta)$ .



# Generalized Method of Wavelet Moments

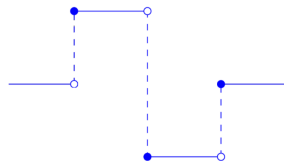
## Hauptidee

- Gebrauch der Wavelet Variance (WV)
- Filtern des Signals mit der Wavelet Funktion
- Zusammenhang zwischen den Modellparametern  $\theta$  und deren WV  $\nu(\theta)$  (i.e. **mapping**  $\theta \mapsto \nu(\theta)$ ).
- “Umkehren” dieser Eigenschaft durch Vergleich von empirischer (observierte WV/AV  $\hat{\nu}$ ) und der theoretischen WV des Modells  $\nu(\theta)$ .

## Definition

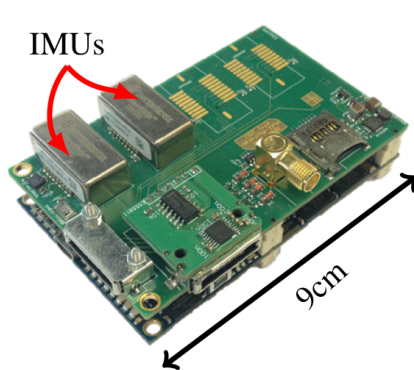
Optimierung des Problems mit Gewichtungsmatrix  $\Omega$ :

$$\hat{\theta} = \underset{\theta \in \Theta}{\operatorname{argmin}} (\hat{\nu} - \nu(\theta))^T \Omega (\hat{\nu} - \nu(\theta))$$

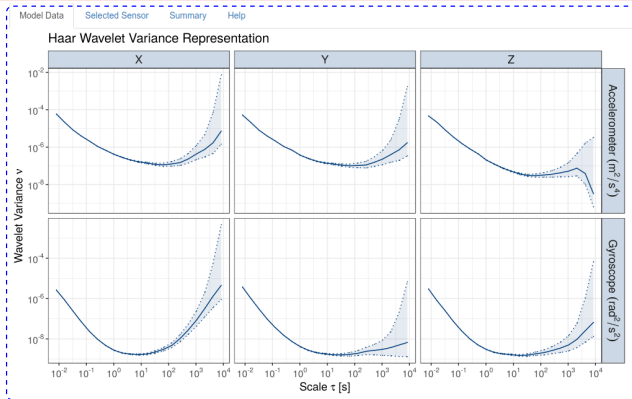




# GMWM Beispiel: *Navchip*



# Online GUI:



#### Select data input:

- from library
- custom

#### Select IMU file:

Navchip

#### Selected sensor

Gyro. Y

#### Select estimator:

- Classic WW
- Robust WW

Plot WW

#### Select Model

- Quantization Noise
- White Noise
- Random Walk
- Drift
- Gauss-Markov

Fit Model

Reduce Model Automatically

#### Plot options:

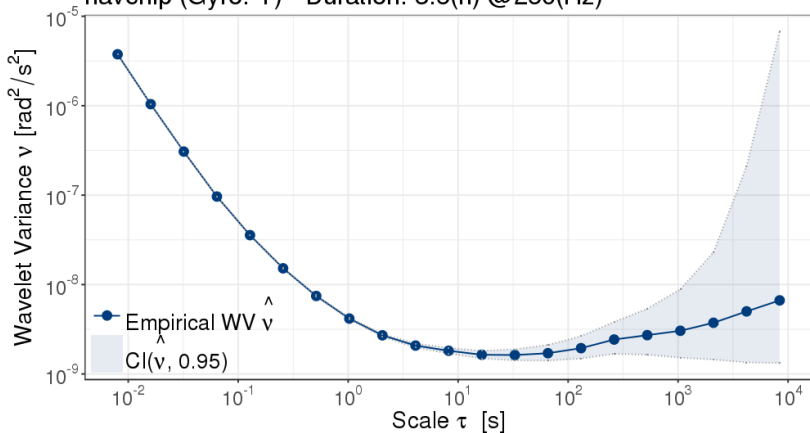
- Process Decomp.
- Add Datasheet WW
- Show Datasheet Specifications

#### Summary options:

- Show CI of parameters
- Edit Optimization Parameters

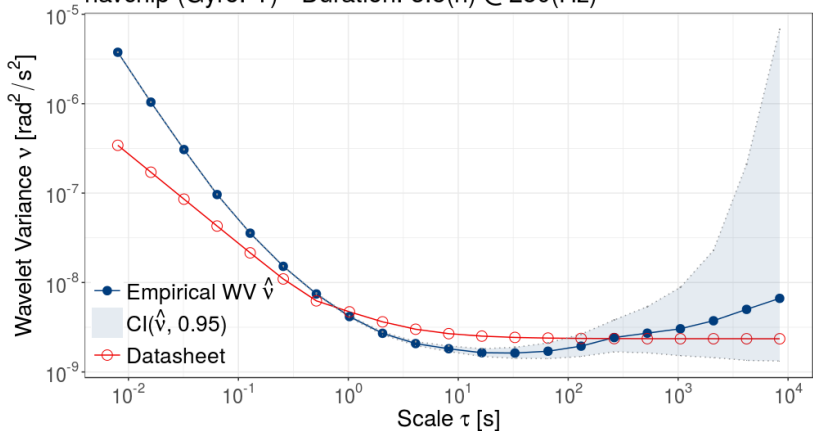
# GMWM Beispiel: Empirische WV $\hat{v}$

Haar Wavelet Variance of DATASET:  
navchip (Gyro. Y) - Duration: 3.5(h) @250(Hz)

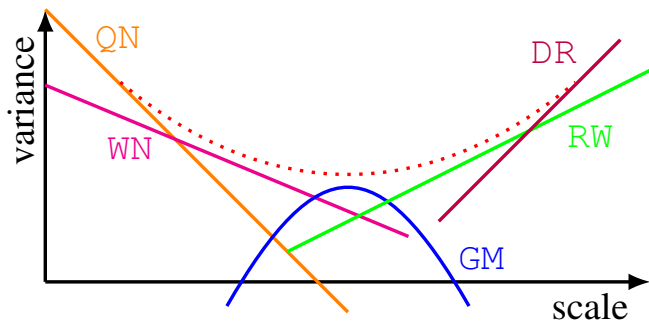


# GMWM Beispiel: Datasheet

Haar Wavelet Variance of DATASET:  
navchip (Gyro. Y) - Duration: 3.5(h) @250(Hz)

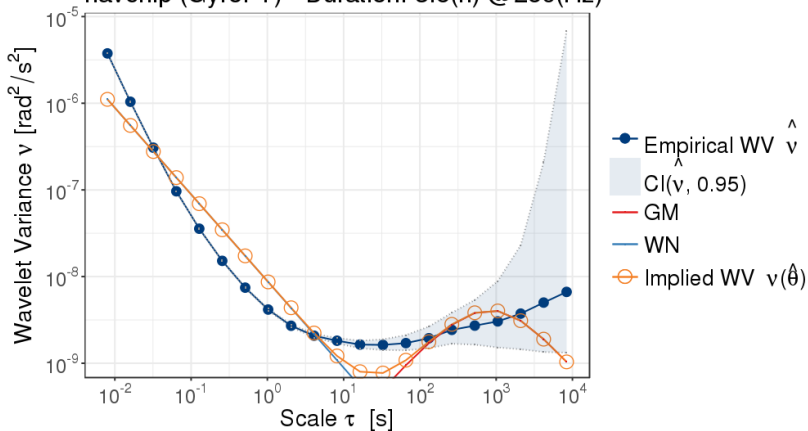


# GMWM Beispiel: Theoretische WV $\nu(\theta)$



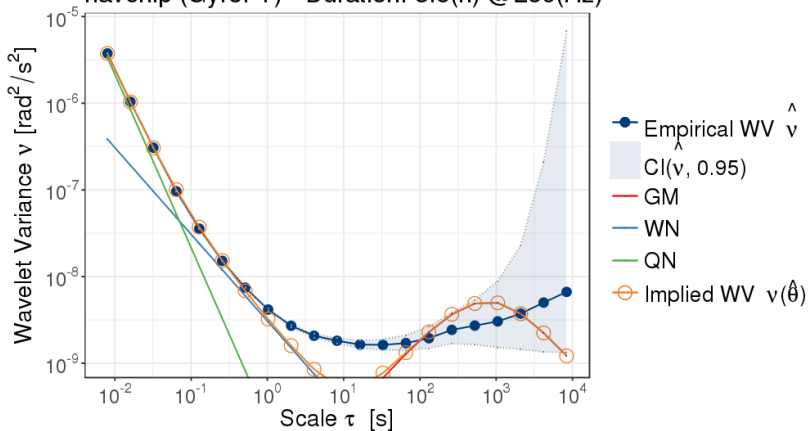
# GMWM Beispiel: nicht komplettes Modell

Haar Wavelet Variance of DATASET:  
navchip (Gyro. Y) - Duration: 3.5(h) @250(Hz)



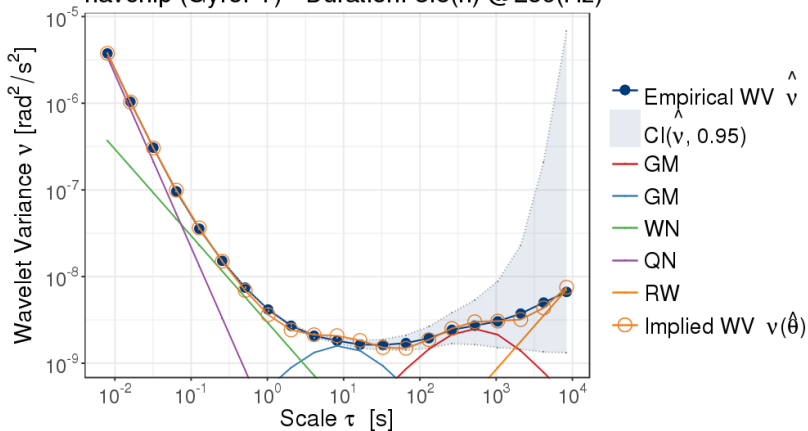
# GMWM Beispiel: nicht komplettes Modell

Haar Wavelet Variance of DATASET:  
navchip (Gyro. Y) - Duration: 3.5(h) @250(Hz)



# GMWM Beispiel: komplettes Modell

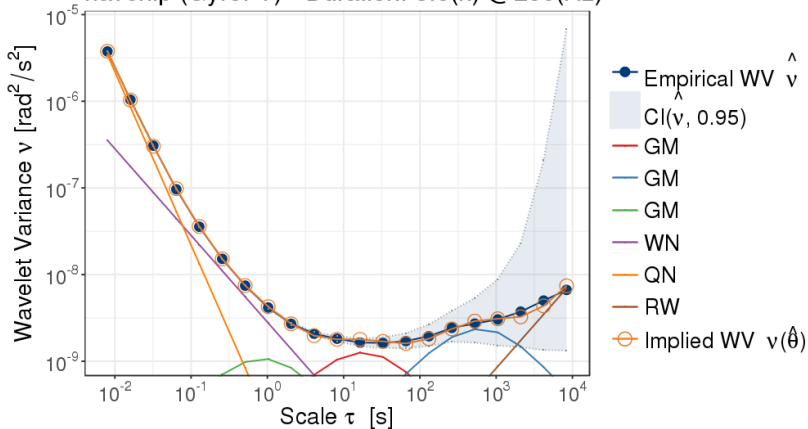
Haar Wavelet Variance of DATASET:  
navchip (Gyro. Y) - Duration: 3.5(h) @250(Hz)



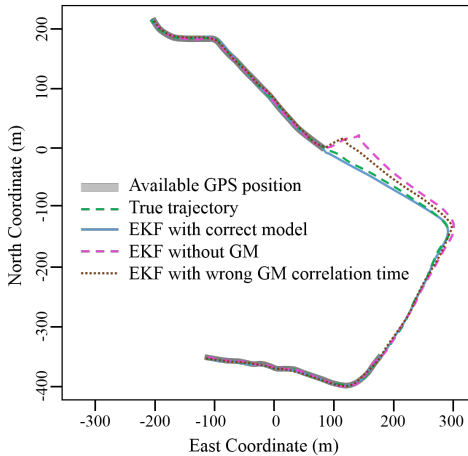


# GMWM Beispiel: überangepasstes Modell, WVIC

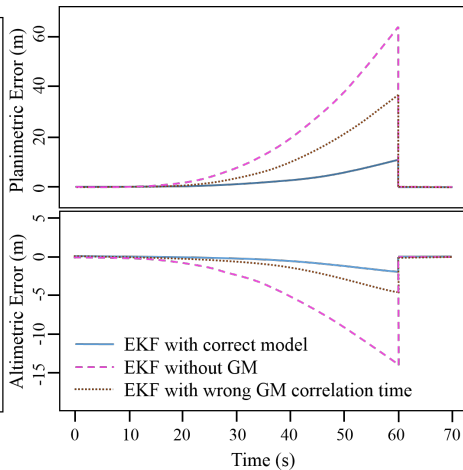
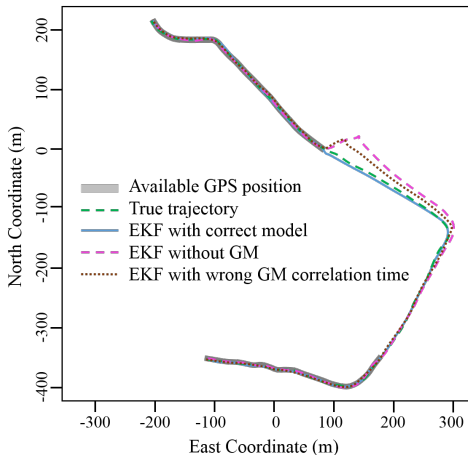
Haar Wavelet Variance of DATASET:  
navchip (Gyro. Y) - Duration: 3.5(h) @250(Hz)



# Resultat



# Resultat



## Projekt: GMWM als Zusammenarbeit

- Online Tool: [shiny.science.psu.edu/szg279/gui4gmwm](http://shiny.science.psu.edu/szg279/gui4gmwm)
- mehr Infos: <https://github.com/SMAC-Group/gui4gmwm>
- Paper: P. Clausen, J. Skaloud, R. Molinari, J. Lee and S. Guerrier, *Use of a new online calibration platform with applications to inertial sensors*, in IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 33, no. 8, pp. 30-36, August 2018. doi: 10.1109/MAES.2018.170153

