

Inertialnavigation

Übung 2

Carsten Helfert 3318553

17.06.2021

Aufgabe 1

a) Visualisierung der Daten

Zuerst werden die gemessenen Sensoren visualisiert.

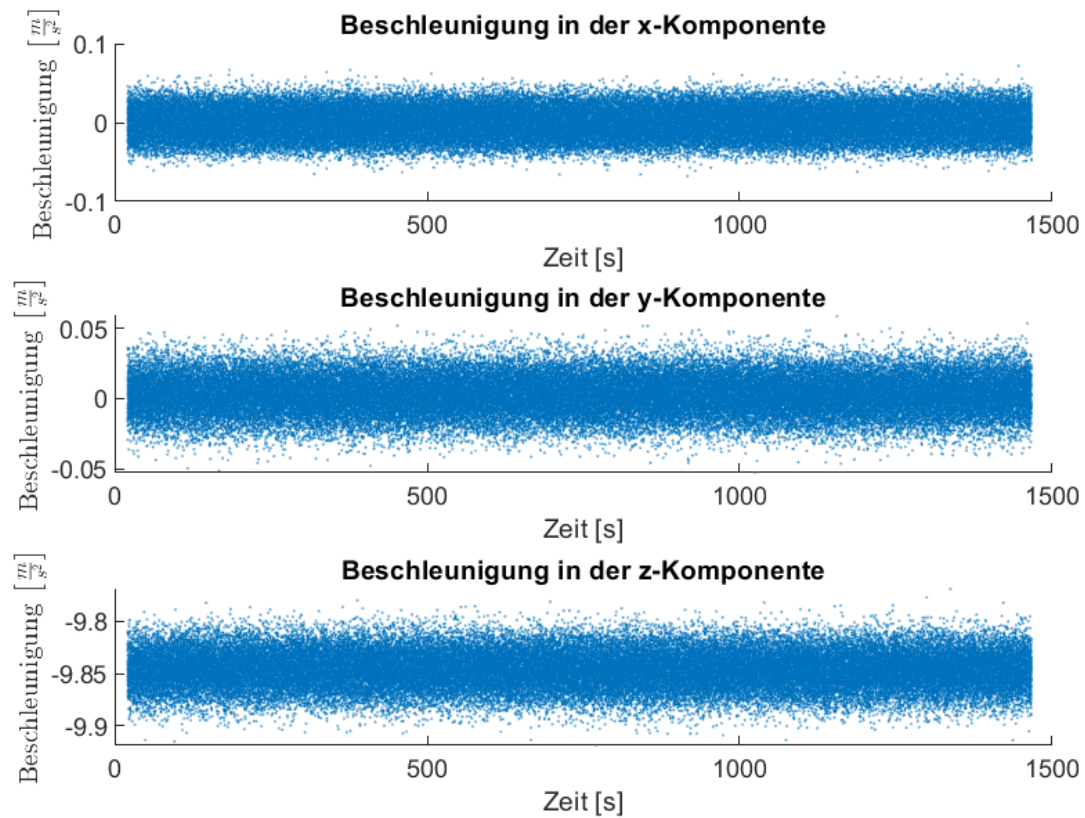


Abbildung 1: Gemessene Geschwindigkeitsänderungen des Beschleunigungssensors in Zeitintervallen von 0.02s

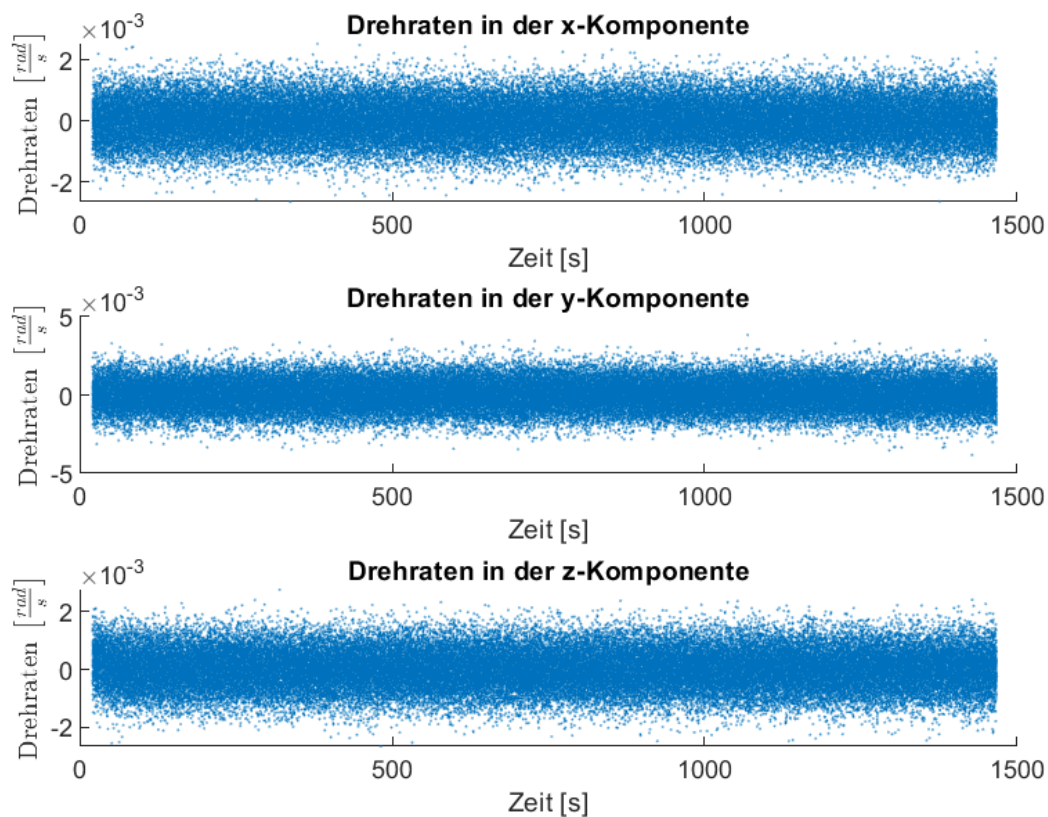


Abbildung 2: Gemessene Drehraten in Zeitintervallen von 0.02s

Die Standardabweichung des Beschleunigungssensors beträgt $2.9 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Die Standardabweichung des Drehtensors beträgt $0.073 \frac{\circ}{\text{s}}$.

b) Datenlücken und Messrauschen

Da der Sensor statische Beobachtungen durchführt wird neben den Bias-Fehlern lediglich Rauschen gemessen. Daher kann die Standardabweichung als Messrauschen angenommen werden. Die Standardabweichung der Messreihen ist extrem hoch, dies lässt sich auch in der Darstellung der gemessenen Beschleunigungen und Drehraten erkennen. Datenlücken sind weder graphisch noch numerisch zu entdecken.

Aufgabe 2

a) Geschwindigkeits-, Positionsverlauf und Orientierungen

Die Berechnung der geforderten Zeitreihen erfolgt relativ ähnlich wie bei der Übung 1. Der Hauptunterschied besteht darin, dass die Anfangswerte gegeben sind bzw. bestimmt werden können. Außerdem musste die Erdrotation zur Berechnung der Orientierung korrigiert werden. Die Berechnung der Position erfolgt durch numerische Integration. Hier wird die Runge-Kutta Funktion 3. Grades verwendet.

b) Darstellung der Ergebnisse

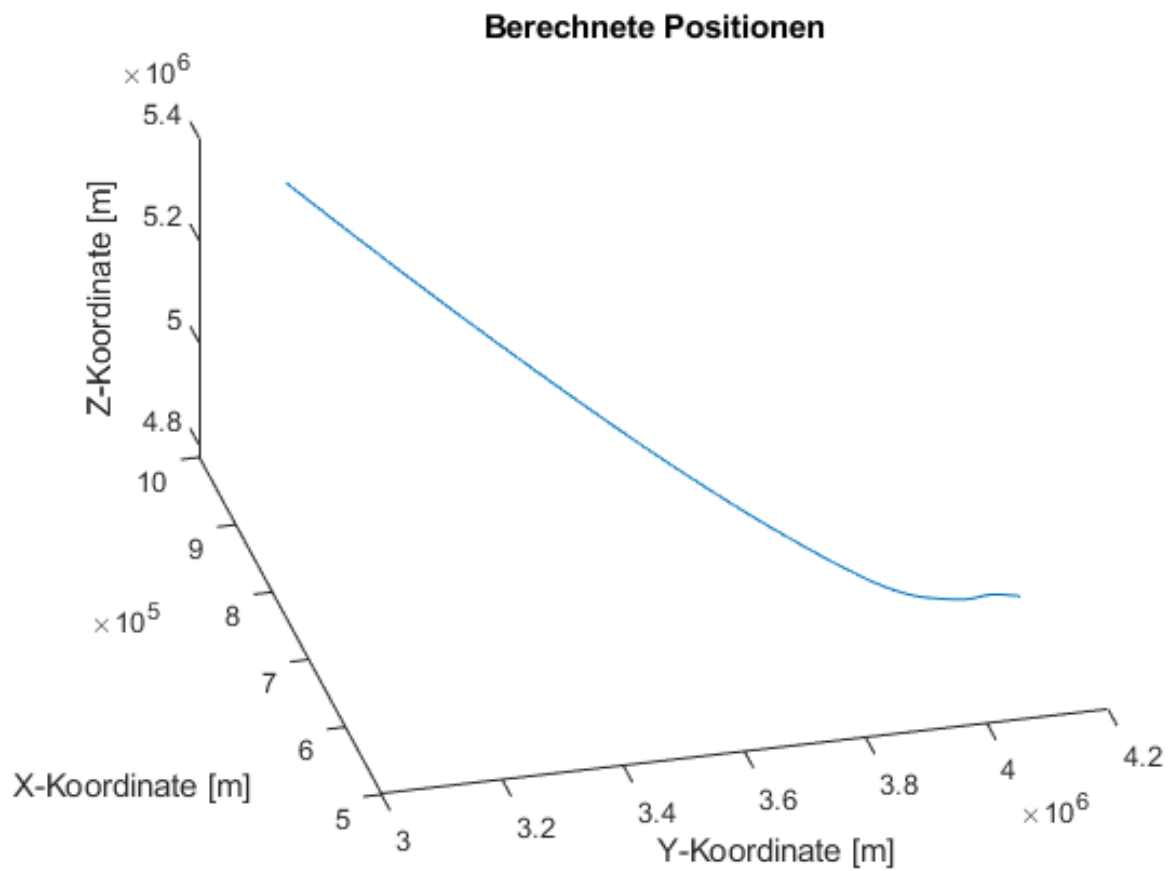


Abbildung 3: Positionsverlauf

Im Positionsverlauf erkennt man einen deutlichen Drift. Dieser nimmt mit der Zeit immer schneller zu. Dies ist mit dem Geschwindigkeitsverlauf zu erklären.

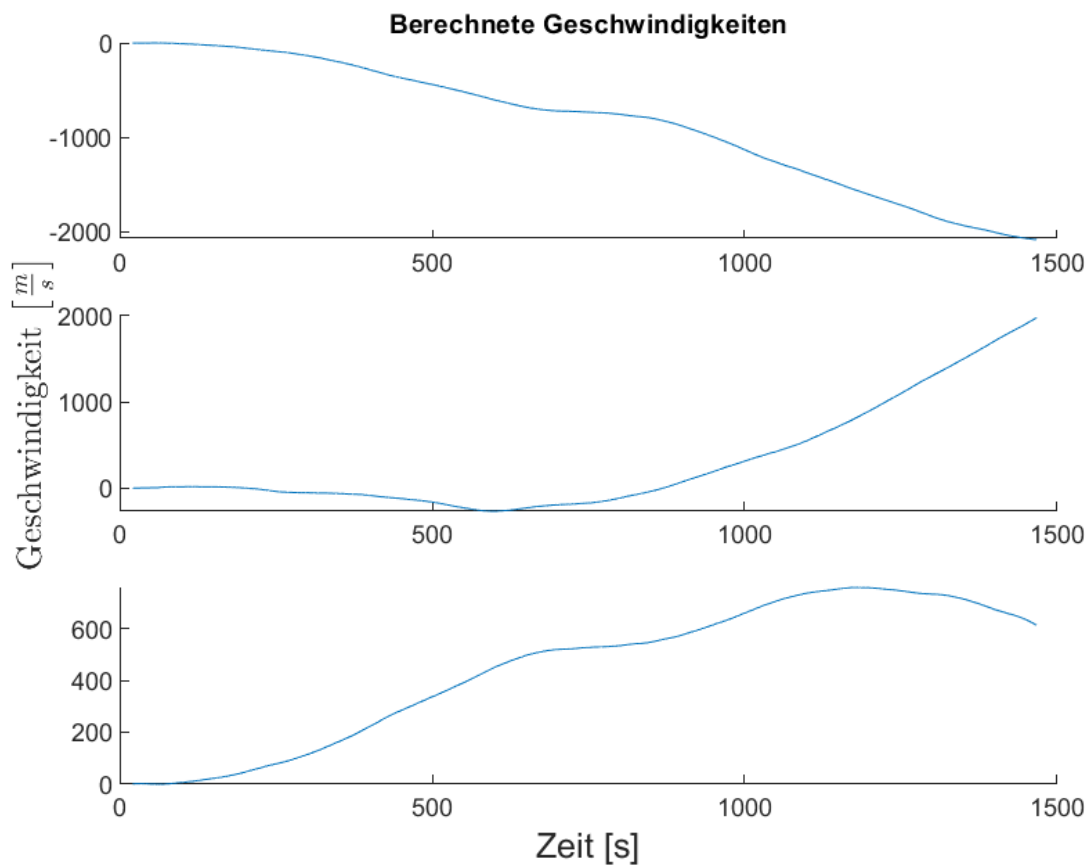


Abbildung 4: Geschwindigkeitsverlauf

Die Geschwindigkeit nimmt mit der Zeit weiter zu erreicht extrem hohe Werte. Dies liegt an der Integration über die Beschleunigungen. Wahrscheinlich liegen unterschiedliche Sensorfehler vor.

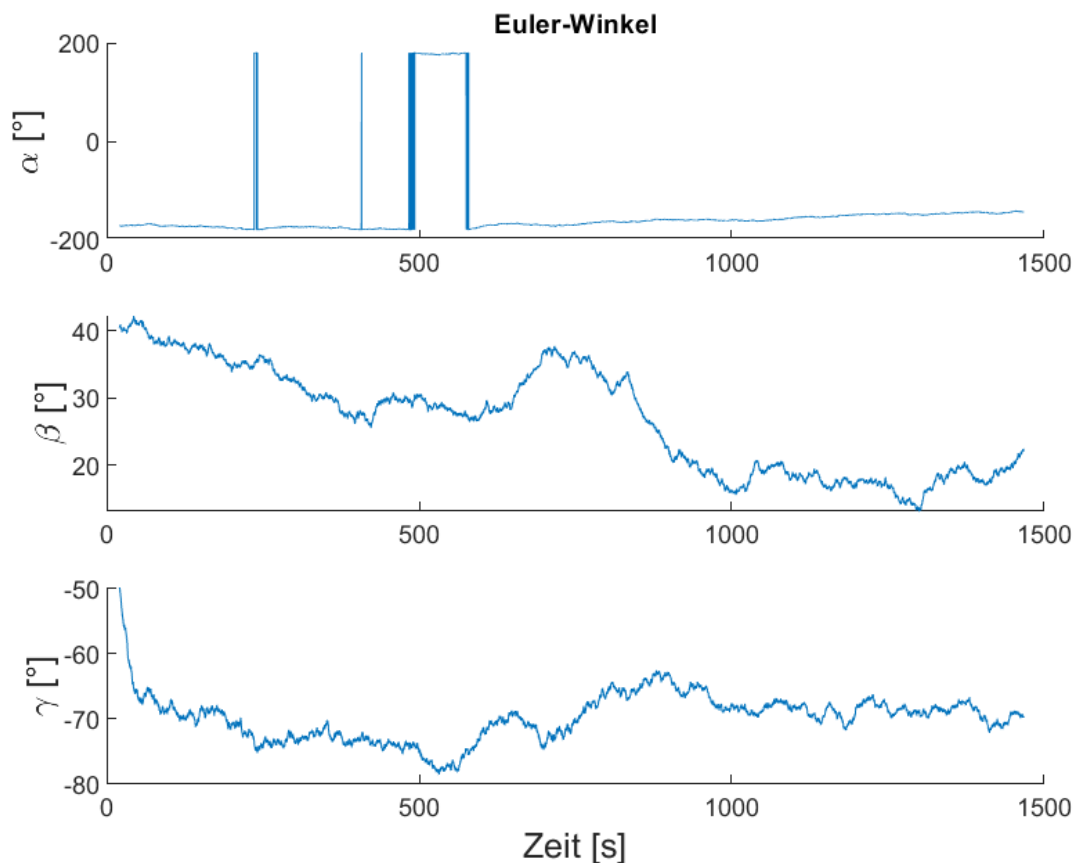


Abbildung 5: Euler-Winkel der Orientierung

Die Orientierung ändert sich auch über die Zeit. Die waagrechten Striche beim Euler-Winkel α liegen daran, dass der Winkel zwischen 180° und -180° schwankt, aufgrund der `atan2` Funktion von Matlab.

Aufgabe 3

a) Positionsfehler

Im Folgenden werden die reduzierten Positionen betrachtet. Dies hat den Hintergrund, dass die Startposition also die "wahre" Position sich im Ursprung des Koordinatensystem befindet und die Achsen lesbarer sind.

Update alle 5s:

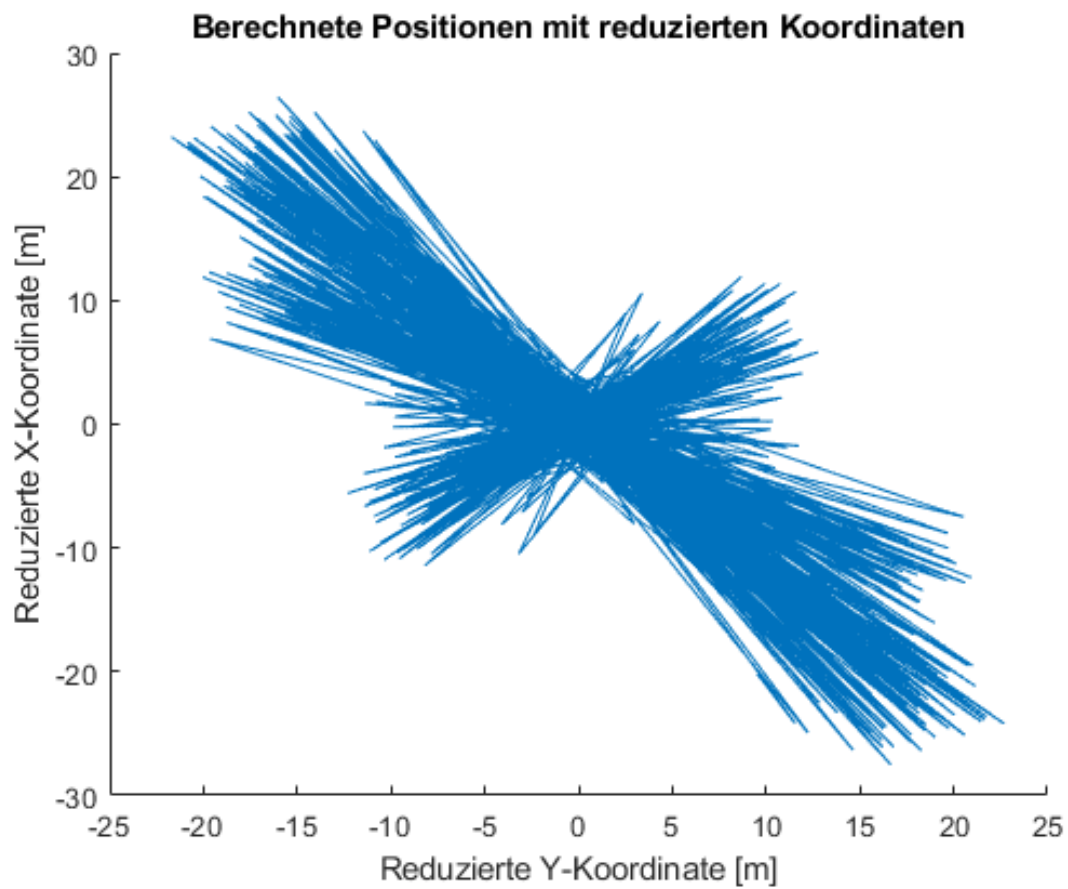


Abbildung 6: Reduzierte Position mit Update alle 5s

Update alle 60s:

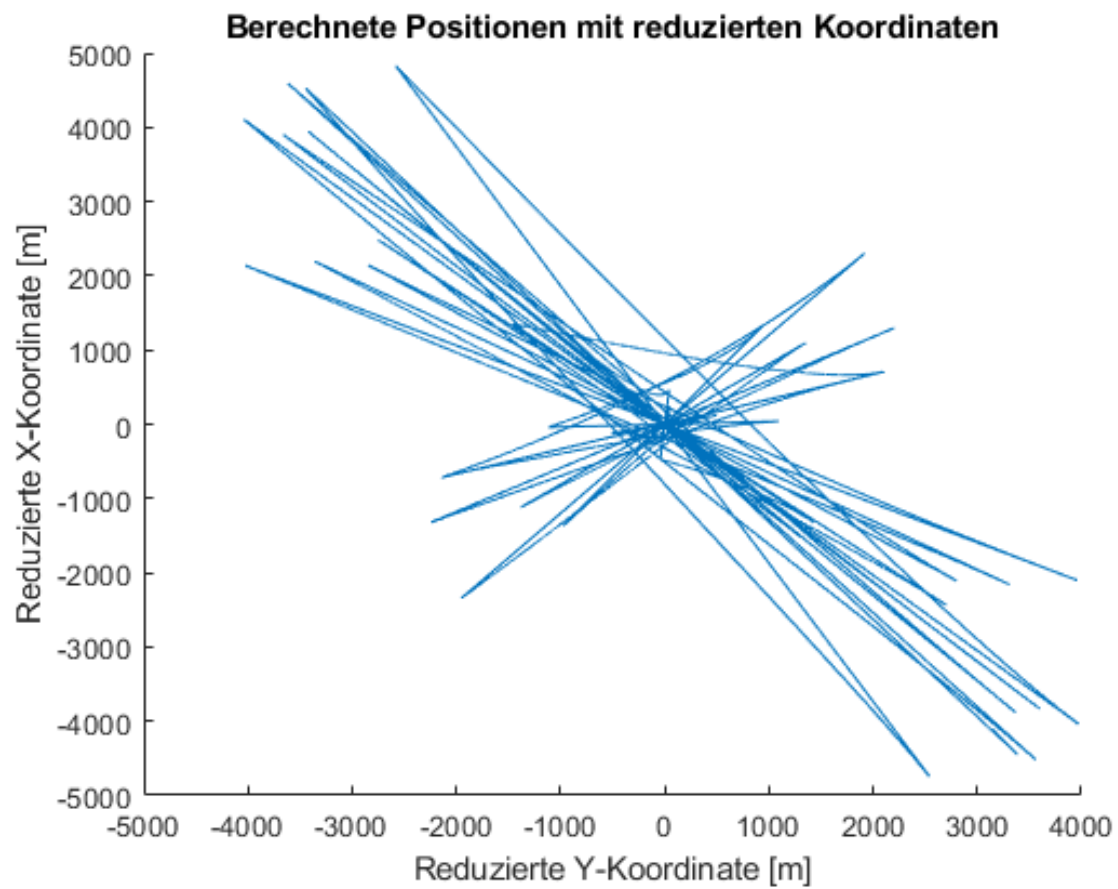


Abbildung 7: Reduzierte Position mit Update alle 60s

Update alle 120s:

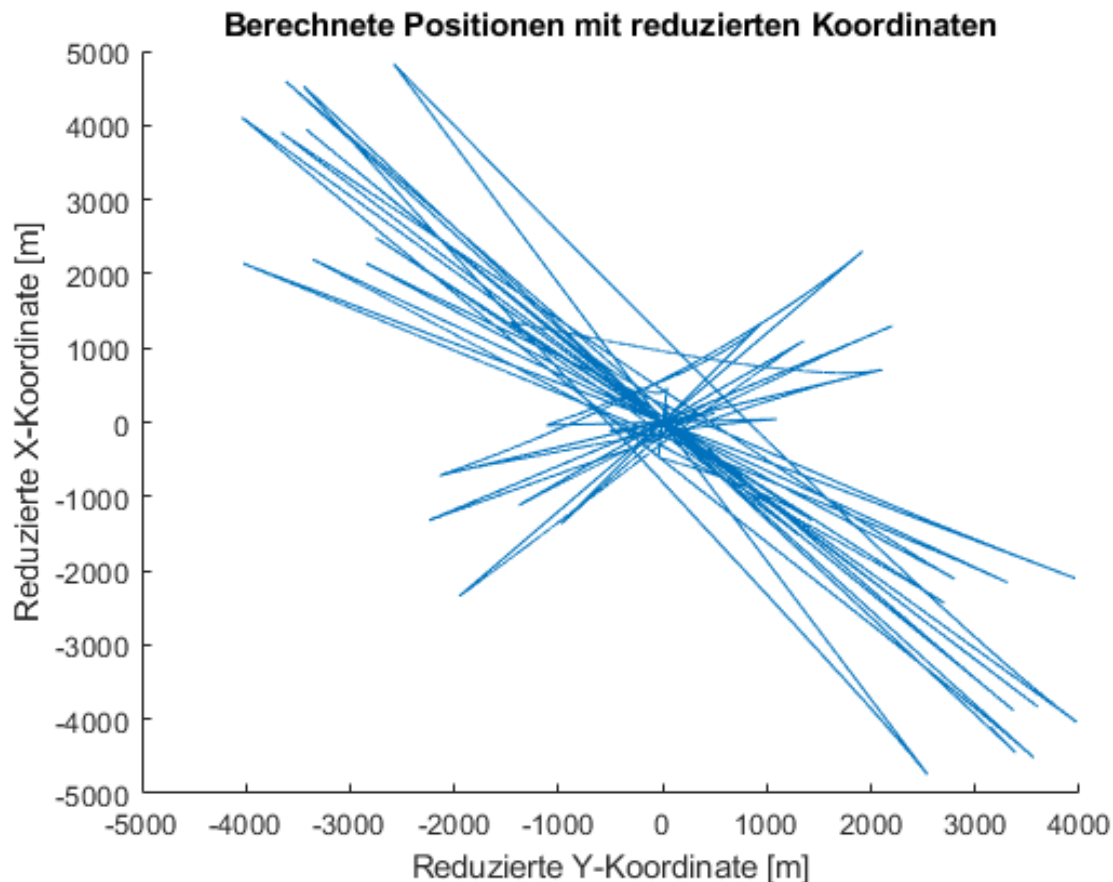


Abbildung 8: Reduzierte Position mit Update alle 120s

Bei höherer Update Rate ist der Drift deutlich geringer. Die Positionsverteilung ist dann aber auch deutlich höher in der Nähe des "wahren" Wertes. Es ist zu erkennen, dass das Update des Kalman-Filters die Positionen auf einen Wert nahe des "wahren" Wertes zurücksetzt. Ähnliches passiert bei der Geschwindigkeit.

b) Qualität der Kalman-Navigationslösung

Im Folgenden wird die Varianz der Fehler des Kalman-Filters nur im Fall von einer Update Rate von 5s dargestellt. Die anderen Fälle sehen sehr ähnlich aus. Die formellen Fehler ergeben sich aus der Wurzel der Varianz und zeigen daher den selben Verlauf wie bei der Varianz. Man erkennt das die Varianz sich von den gegebenen Startwerten einpendelt und nach der Korrektur durch den Kalman-Filter etwas geringer wird. Dies ist sowohl bei der Geschwindigkeit als auch der Position der Fall.

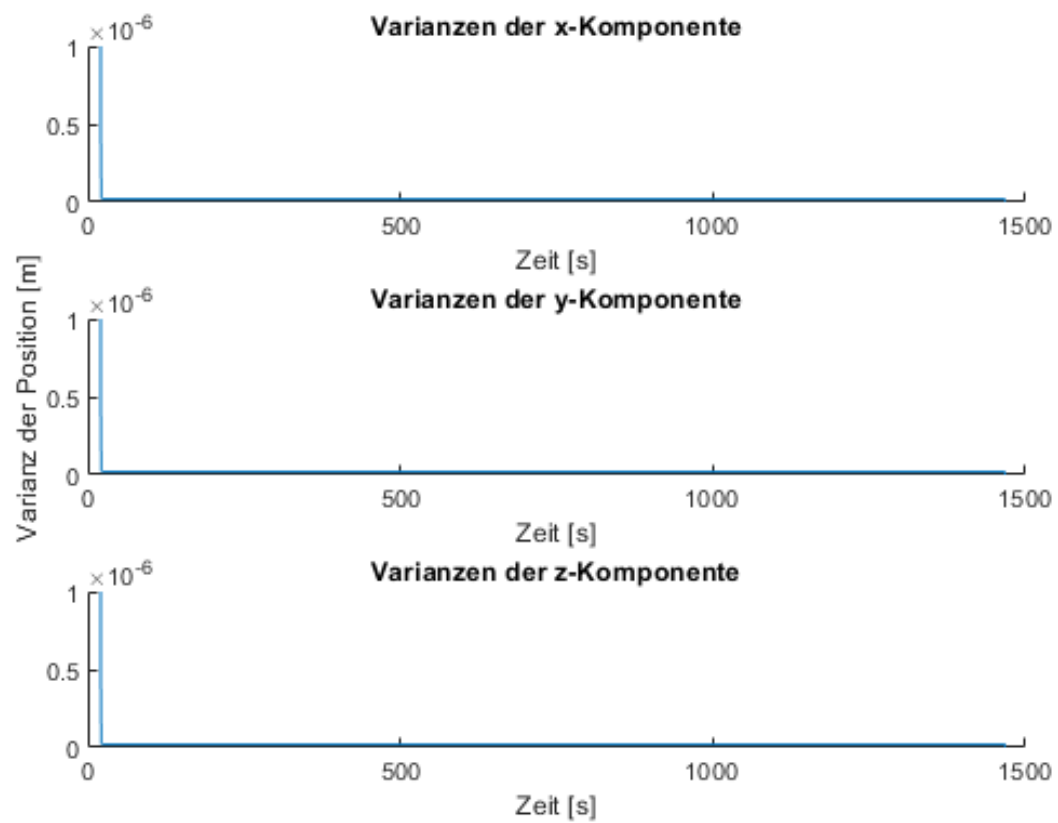


Abbildung 9: Varianz des Positionsfehlers mit einer Update Rate von 5s

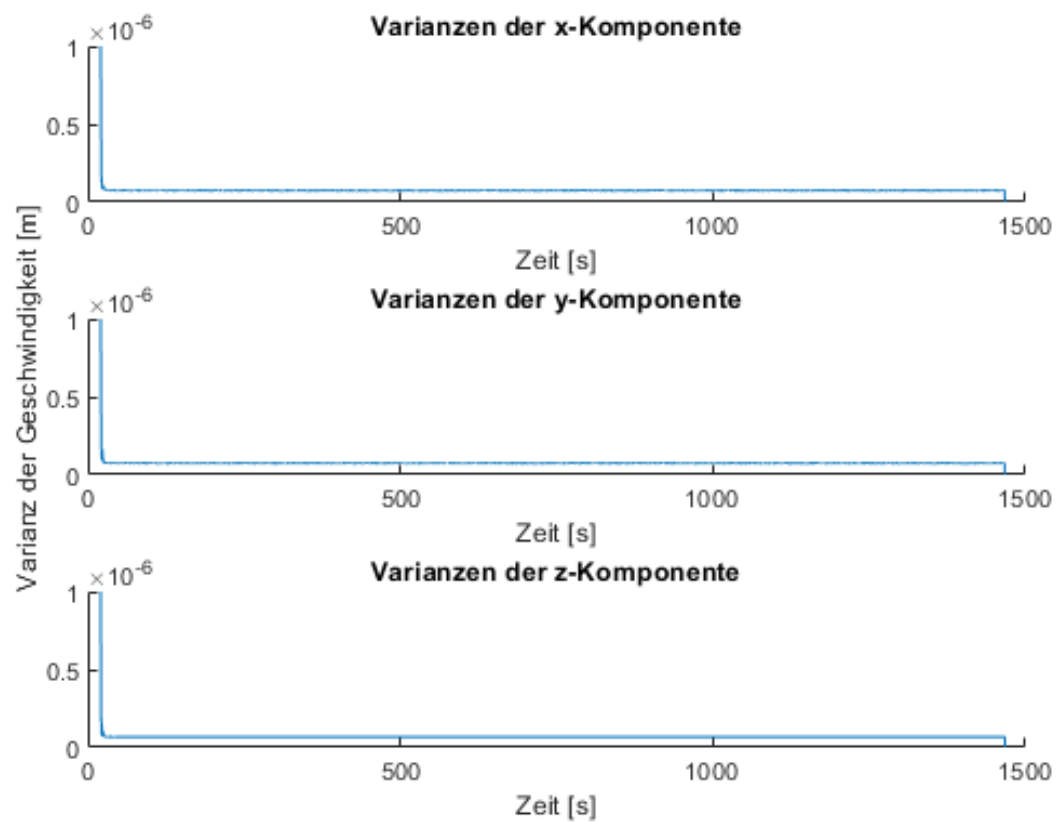


Abbildung 10: Varianz des Geschwindigkeitsfehlers mit einer Update Rate von 5s