

# POSITIONSBESTIMMUNG AUS GNSS-DOPPLERBEOBACHTUNGEN

## Einleitung

Bei der Positionsbestimmung aus Dopplerbeobachtungen werden die Dopplerrfrequenzverschiebungen von Satellitensignalen verwendet. Im Rahmen der Arbeit soll erarbeitet werden, mit welcher Genauigkeit eine Position bestimmt werden kann, wenn nur GNSS-Dopplerbeobachtungen verwendet werden. Zusätzlich wird eine Breitenabhängigkeit der Empfängerposition auf die erreichbare Genauigkeit untersucht. Für die Berechnung der Position wird eine Ausgleichung verwendet. Im allgemeinsten Fall werden bei der Ausgleichung acht Unbekannte ( $X_a, V_a, t, \delta t_a$ ) bestimmt. Es werden ebenfalls drei Sonderfälle mit sieben ( $X_a, V_a, \delta t_a$ ), fünf ( $X_a, t, \delta t_a$ ) oder vier ( $X_a, \delta t_a$ ) Unbekannten untersucht. Formel (1) stellt die verwendete Beobachtungsgleichung dar. In Tab. 1 sind die Größen der Gleichung definiert. Ein weiteres Ziel der Arbeit ist es, geeignete Gewichte der Dopplerbeobachtungen für die Ausgleichung zu bestimmen. Dazu werden die Qualitäten der Beobachtungen untersucht und passende Gewichte abgeleitet.

$$D_a^i = (V^i(t) - V_a) * \frac{(X^i(t) - X_a)}{|(X^i(t) - X_a)|} + (\delta t_a - \delta t_i) * c \quad (1)$$

Tab. 1: Beschreibung der Größen, rot gesucht, grün bekannt

Größen	Beschreibung
$D_a^i$	Dopplerbeobachtung vom i-ten Satelliten
$V^i(t)$	Geschwindigkeitsvektor vom i-ten Satelliten, zeitabhängig
$V_a$	Geschwindigkeitsvektor vom Empfänger a
$X^i(t)$	Positionsvektor vom i-ten Satelliten, zeitabhängig
$X_a$	Positionsvektor vom Empfänger a
$\delta t_a$	Empfängeruhrdrift
$\delta t_i$	Satellitenuhrdrift vom i-ten Satelliten
$c$	Lichtgeschwindigkeit

## Qualität der Dopplerbeobachtungen in Abhängigkeit der Satellitenelevation

Zur Bestimmung der Gewichte für die Ausgleichung wurden echte Dopplerbeobachtungen von Referenzstationen in Europa verwendet. Die Gewichte wurden aus den Restfehler der Beobachtung in Abhängigkeit der Satellitenelevation bestimmt (Abb. 1). Dazu wurde für jedes volle Grad eine Klasse gebildet und die Standardabweichungen berechnet sowie ein Ausreißertest durchgeführt.

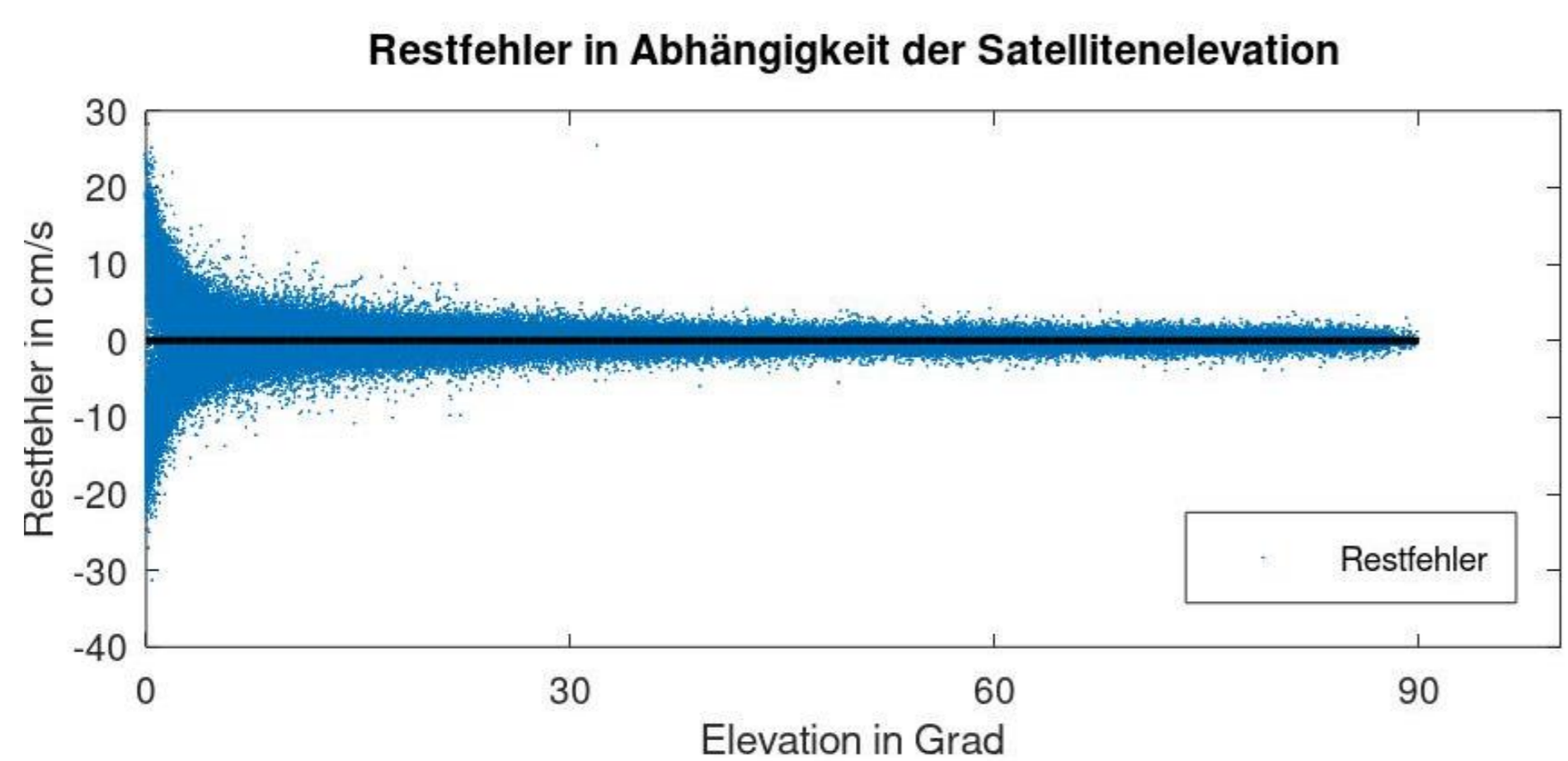


Abb. 1: Darstellung der Restfehler und berechnete Standardabweichungen aus den Restfehlern

Auf der unteren Grafik in Abb. 1 sind die Ergebnisse für die Gewichtsuntersuchung dargestellt. Die Standardabweichungen sind jeweils mit Ausreißer und ohne Ausreißer dargestellt. Es wird eine deutliche Elevationsabhängigkeit der Restfehler von Dopplerbeobachtungen erkannt.

## Positionsbestimmungsergebnisse

Für die Berechnung der Genauigkeiten der Positionslösungen wurden vier Ausgleichungen mit unterschiedlicher Anzahl Unbekannten durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Ausgleichungen wurden die topozentrischen Genauigkeiten abgeleitet. Für diese Untersuchung wurden simulierte Dopplerbeobachtungen verwendet.

In Abb. 2 sind die erreichbaren Genauigkeiten für Positionslösungen mit reinen Dopplerbeobachtungen in Abhängigkeit ihres Breitengrades, sowie der Anzahl an Unbekannten zu sehen. Hierbei wurden vier GNSS-Systeme verwendet. Auffällig ist, dass die Ostkomponente am schlechtesten bestimmt wurde. An den Polen wurde sie am besten bestimmt. Die Höhenkomponente zeigt dasselbe Verhalten wie die Ostkomponente. Nur die Nordkomponente wurde am Äquator besser bestimmt als an den Polen. Allgemein lässt sich aus der Abb. 2 ableiten, dass die Positionsgenauigkeit bei einigen bis vielen 10er-Meter liegt, wenn nur GNSS-Dopplerbeobachtungen verwendet werden.

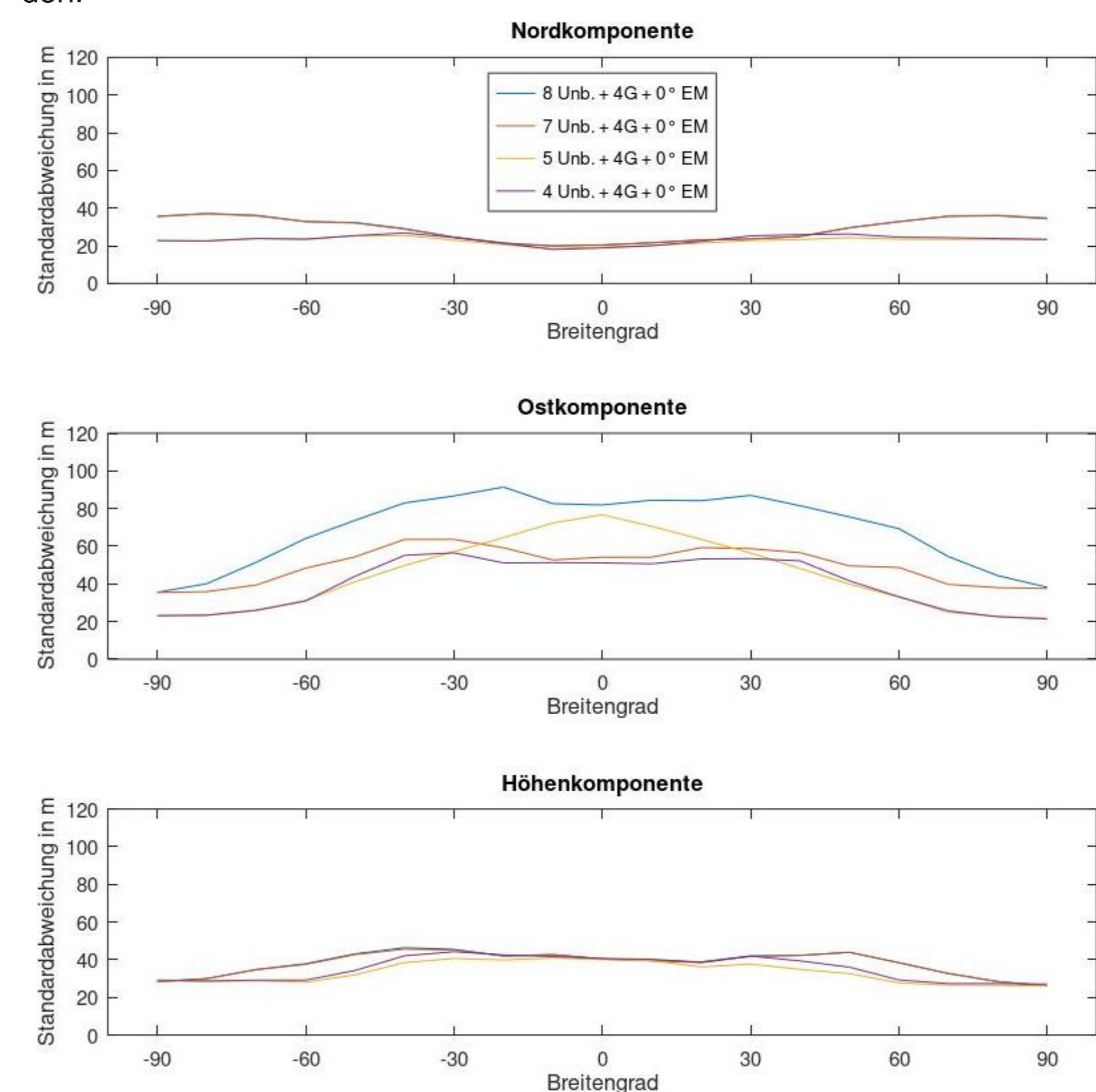


Abb. 2: Genauigkeiten der Positionslösung in Abhängigkeit des Breitengrades und der Anzahl an Unbekannten

## Schlussfolgerungen

Der Grund für dieses Verhalten der Genauigkeiten ist in der Abb. 3 zu sehen. Die Satelliten bewegen sich an den Polen in unterschiedlichen Richtungen, am Äquator nur in eine Richtung.

Je weniger Unbekannte bestimmt werden, desto besser fallen die Genauigkeiten aus, wobei die Ostkomponente eine Ausnahme bildet. Daraus lässt sich ableiten, dass die Mitschätzung der Zeit einen größeren Einfluss auf die Ostkomponente hat, wodurch sich diese deutlich verschlechtert.

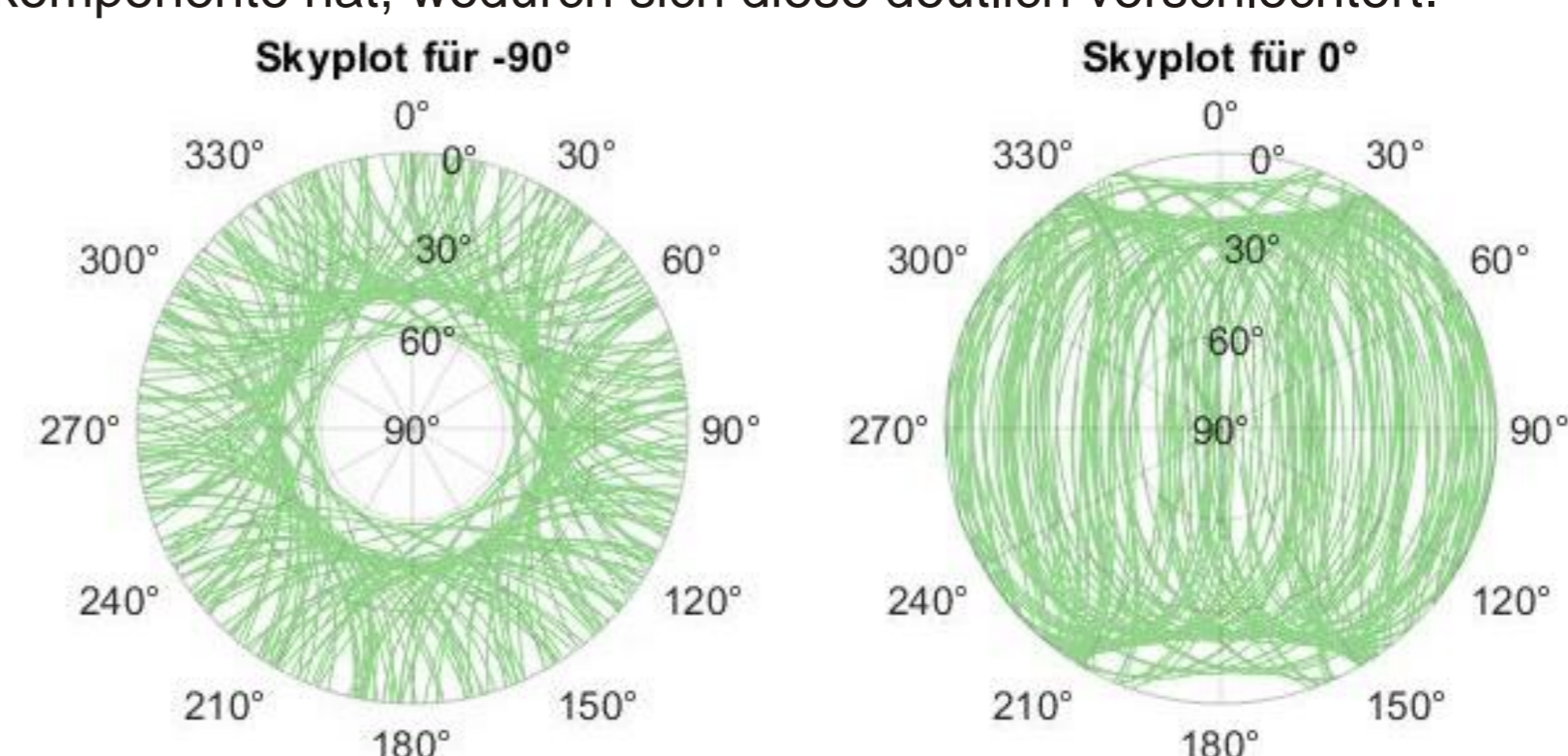


Abb. 3: Bewegungspuren der Satelliten für verschiedene Breitengrade