

# Eine neue Ära der cm-genauen GNSS-Positionsbestimmung

Lambert Wanninger

„Geodätische Arbeiten für Bundeswasserstraßen“, Koblenz, 5./6. 02. 2013

cm-genaue GNSS-Positionsbestimmung

Grundprinzip GNSS: m-Genauigkeit

Grundprinzip GNSS: cm-Genauigkeit

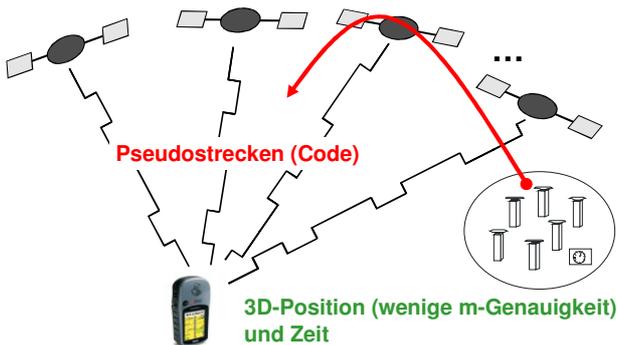
Absehbare Verbesserungen (jetzt - 2020)

Weitere wünschenswerte Verbesserungen

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

m-genaue GNSS-Positionsbestimmung



6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

## Code-Messungen + Informationen → Position

Satellitenpositionen  
Satellitenuhrkorrekturen  
globales Ionosphärenmodell

präzidierte Daten

1 m bis einige m genau → Code  
10 bps / Satellit

→ GNSS

(Korrekturen an) Satellitenpositionen  
(Korrekturen an) Sat.uhrkorrekturen  
regionale Ionosphäre

Echtzeit-Informationen

einige dm bis 1 m genau → Code  
200 bps

→ WAGPS (SBAS)

Code-Korrekturen

→ DGNS

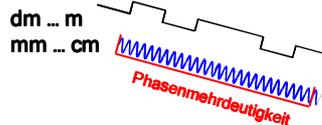
6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

Messgrößen GNSS

Signale der GNSS-Satelliten → Pseudostreckenmessung

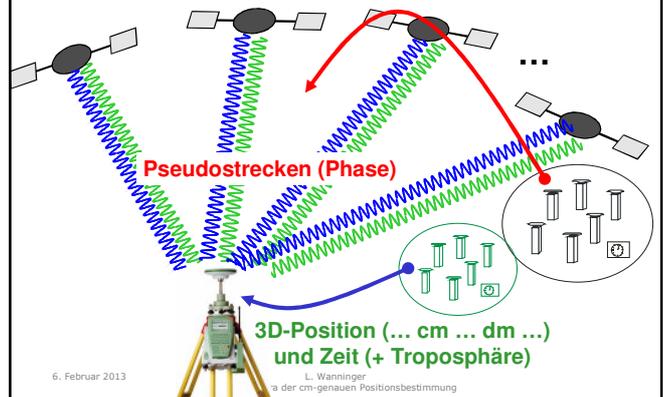
Code (Modulation):  
Phase (Trägersignal):  
Doppler (Trägersignal)  
S/N



6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

cm-genaue GNSS-Positionsbestimmung



6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

## Phasen-Messungen + Informationen → Position

1 cm bis wenige cm genau → Phase

Echtzeit-Informationen

(Korrekturen an) Satellitenpositionen  
(Korrekturen an) Sat.uhrkorrekturen

→ PPP (float)

+ Fractional Cycle Biases

→ PPP (fixed)

+ lokale Ionosphäre  
+ lokale Troposphäre

→ PPP-RTK

1000-2000 bps

Phasen-Korrekturen

→ RTK (Netz-RTK)

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

cm-genaue GNSS-Positionsbestimmung

## Precise Point Positioning (PPP)

**PPP (float):** ohne Mehrdeutigkeitsfestsetzung → lange Konvergenzzeiten (Stunden)

**PPP (fixed):** Mehrdeutigkeitsfestsetzung ohne lokale Informationen: Konvergenzzeiten von mindestens einigen Minuten

**PPP-RTK:** mit lokalen Informationen: schnelle Festsetzung der Mehrdeutigkeiten, schnell cm-Genauigkeit

## Real Time Kinematic (RTK), Netz-RTK

lokale Informationen → schnelle Mehrdeutigkeitsfestsetzung, schnell cm-Genauigkeit

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

## Globale Systeme



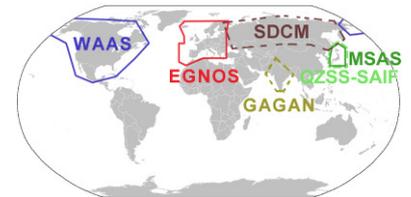
6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

## Ergänzungssysteme, regionale Systeme

### SBAS:

Ergänzung zu GPS (+ GLONASS, ...), 11+ Satelliten, z.T. in Betrieb



QZSS: Japan, Ergänzung zu GPS, 4 Satelliten, im Aufbau

### eigenständige regionale Systeme:

regionales BeiDou: China, 9 Satelliten, in Betrieb  
IRNSS: Indien, 7 Satelliten, im Aufbau

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

## Neue und mehr GNSS-Satelliten

	Satelliten-starts 2012	Anzahl aktiver Sat. Ende 2012	erwartete Anzahl 2020
GPS	1	31	32
GLONASS	-	24	24
BeiDou	6	14	35
Galileo	2	2	30
SBAS	3	11	12
QZSS	-	1	4
IRNSS	-	-	7
<b>Summe</b>	<b>12</b>	<b>83</b>	<b>144</b>

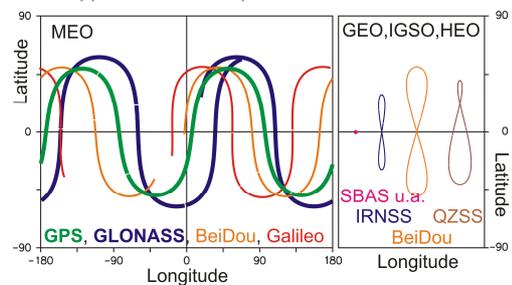
Steigerung aktiver Sat. in 2012: +13%

weitere Steigerung bis 2020: +70%

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

## Orbittypen – Bodenspuren



6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

Periodische Datenverbindung z.B. 1 x Tag



Kontinuierliche Datenverbindung

Andere Echtzeit-Kommunikationswege

**Geostationäre Kommunikationssatelliten**,  
aber eingeschränkte Empfangbarkeit in mittleren und hohen Breiten

**Satellitentelefon**, z.B. Iridium, aber hoher Preis

**Radiokommunikation**, aber eingeschränkte Bandbreite /  
räumliche Verfügbarkeit

**Terrestrisches Mobiltelefon**, aber eingeschränkte räumliche  
Verfügbarkeit

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

Absehbare Verbesserungen (jetzt – 2020)

**Neue Ära I**

**viel mehr Satelliten:** → bessere Verfügbarkeit

**genauere Code-Messungen:** m → dm

**genauere Satellitenpositionen,**

**-Uhrkorrekturen:** m → 0,5 m

**Messsignale auf zwei oder sogar drei Frequenzen:**

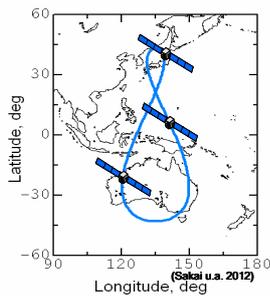
→ iono. Korrektur für alle

→ **viele Verbesserungen für Code-basierte Positionsbest.,  
weniger Verbesserungen für Phasen-basierte Pos.best.**

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

QZSS – Quasi-Zenith Satellite System



Ergänzungssignale mit  
Echtzeit-Informationen:

250 bps → Code

2000 bps → Phase

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

Weitere wünschenswerte Verbesserungen

**Neue Ära II**

**cm-genaue Sat.positionen, -uhrkorrekturen**

- ausgestrahlt von den GNSS-Satelliten selbst
- erfordert aber kontinuierliche Kommunikationsverbindung zu den Satelliten

→ PPP mit „wenigen cm“-Genauigkeit nach einigen Minuten

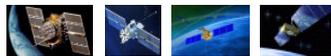
**+ lokale Informationen über Iono./Tropo.**

- terrestrische Kommunikationswege
  - ermöglicht schnelle Mehrdeutigkeitsfestsetzung
- (PPP-)RTK, schnell cm-Genauigkeit

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung

Fazit + Ausblick



**viele, viele zusätzliche Satelliten bis 2020**

**GNSS sind auf m-Genauigkeit / Code-Messungen ausgelegt**

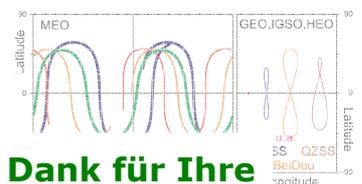
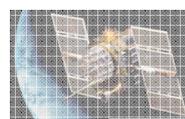
→ höhere Genauigkeiten nur über geeignete Ergänzungssysteme → zusätzliche Kommunikationskanäle

**GNSS könnten auf cm-Genauigkeit ausgelegt werden**

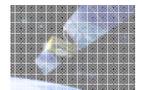
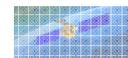
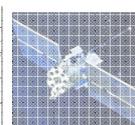
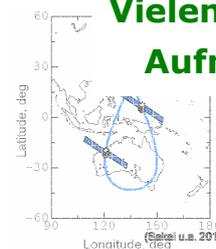
- cm-genaue Satellitenbahnen, Sat.uhrkorrekturen
- trotzdem wären für etliche Anwendungen lokale Referenzinformationen notwendig

6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



6. Februar 2013

L. Wanninger  
Eine neue Ära der cm-genauen Positionsbestimmung