

offizielle, in ganz China gültige Koordinatensystem ab.<sup>7</sup>

**BeiDou Zeit**

Das BDS Zeit System basiert wie GPS, Galileo und GLONASS auf den SI Sekunden. Die BeiDou Zeitepoche wurde um 00:00:00 (also Mitternacht) am 1.1.2006 nach UTC gestartet. Dabei wird die Zeit in Wochen und Sekunden der Woche angegeben. Die Genauigkeit der BeiDou Zeit wird geringer als 100ns gehalten. Die Anzahl der Schaltsekunden wird in der Navigationsnachricht angegeben. Ebenso wird die Differenz zwischen der BeiDou Zeit (BDT) zwischen GPST und GST gemessen und ebenfalls übertragen.<sup>8</sup>

**BeiDou Signalspezifikationen**

Die Signalspezifikationen von BeiDou-2 und BeiDou-3 unterscheiden sich leicht.

**BeiDou-2**

Die B1I Trägerfrequenz beträgt nominal

7 Chen et. al.; China Geodetic Coordinate System 2000; Eithteenth United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific; Bangkok, October 26<sup>th</sup> to 29<sup>th</sup> 2009; Item 7(a) – Country Reports

8 Cao Chong, Status of COMPASS/BeiDou Development; Stanford's 2009 PNT Challenges and Opportunities Symposium; October 21<sup>st</sup> – 22<sup>nd</sup>, 2009

1,561098GHz, das Signal ist in QPSK auf das Trägersignal moduliert. Dabei werden die Signale der verschiedenen Satelliten mit Hilfe des Code Division Multiple Access (CDMA) Verfahrens voneinander getrennt. Die Sendesignalstärke ist so ausgelegt, dass die minimale Empfangssignalstärke des Empfängers mit -163dBW (gemessen an einer 0dB RHCP Empfangsantenne) spezifiziert ist.

Das Signal B2I wird auf eine Trägerfrequenz von nominal 1,20714GHz moduliert.

Die Trägerfrequenzen der hoheitlichen Dienste sind 1,561098GHz, 1,20714GHz und 1,26852GHz.

**BeiDou-3**

Für BeiDou-3 sind insgesamt 10 Signale moduliert auf 3 Trägerfrequenzen (1,191795GHz, 1,26852GHz und 1,57542GHz) geplant.

Für offene Dienste sind 6 Signale (bei 1,191795GHz und 1,57542GHz) geplant. Die restlichen Signale sind für hoheitliche Aufgaben reserviert.

**Kommerzielle Implikationen**

Da BeiDou heute noch ein lokales, auf China und die Nachbarländer begrenztes System

ist, wird es in weiten Teilen Europas nur als Nischensystem wahrgenommen. Dies könnte sich jedoch ändern, sobald BeiDou als weltweites System verfügbar ist.

Zu diesem Zeitpunkt wird BeiDou in China als Massenprodukt verfügbar sein. Es ist also nicht unwahrscheinlich, dass die Hersteller ihre Produkte dann auch nach Amerika und Europa exportieren werden. Vor dem Hintergrund der Niedrig-Preis-Strategie vieler chinesischer Hersteller ist also zu erwarten, dass BeiDou zumindest im Konsumentensektor auch in Amerika und Europa einen signifikanten Marktanteil erreichen – wenn nicht marktbeherrschend – werden wird.

Die Europäischen Hersteller sollten sich drauf einstellen.

**Weitere Informationen**

Weitere aktuelle Informationen können auf der offiziellen Web-Page von BeiDou (<http://en.beidou.gov.cn>) gefunden werden. Dort wird auch die Spezifikationen des offene Signals B1I zur Verfügung gestellt.

Dr. Claus Habiger  
E-Mail: [claus.habiger@bluewin.ch](mailto:claus.habiger@bluewin.ch)

# Das russische Satellitennavigationssystem GLONASS (ГЛОНАСС)



Bild 1: Signet von GLONASS und Start eines GLONASS-Satelliten (Quelle <http://images.yandex.ru/>)

**Einleitung**

GLONASS ist die Kurzbezeichnung für das funktionierende Satellitennavigationssystem, das vom russischen Verteidigungsministeri-

um betrieben wird. Die Bezeichnung GLONASS steht für **G**lobales **N**avigations-**S**atelliten-**S**ystem. Gestartet wurde das Programm von der früheren UdSSR. Die ersten drei Testsatelliten wurden am 12. Oktober 1982 in ihre Umlaufbahn gebracht (Bild1).

**Eigenschaften**

Die wichtigsten Daten des Systems sind:

- Mindestens 24 operationelle Satelliten, um eine weltweite Abdeckung (d. h. mindestens vier Satellitensignale können emp-

fangen werden) zu erreichen, und einige Reservesatelliten. Zum Beispiel war am 22. März 2013 folgende Konstellation vorhanden (Quelle: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/GLONASS/>)

<b>Gesamtanzahl Satelliten in Umlauf</b>	<b>29 Sat.</b>
<b>Operationell</b>	<b>24 Sat.</b>
<b>In Wartungsbetrieb</b>	<b>1 Sat.</b>
<b>Reserve</b>	<b>3 Sat.</b>
<b>In Testphase</b>	<b>1 Sat.</b>

- Drei Bahnebenen (Bild 2 mit 64,8° Neigung gegen den Äquator (die hohe Neigung ermöglicht eine Verbesserung des Empfangs in Polnähe, verglichen zu

GPS). Die Bahnhöhe beträgt 19'100 km und die Umlaufzeit 11 h und 15 min.

- Jeder Glonass-Satellit sendet auf zwei Frequenzen (f1 und f2) zwei verschiedene Codes (C/A- und P-Code) aus. Der C/A-Code ist öffentlich und für zivile Anwendungen gedacht und der P-Code verschlüsselt und für das Militär reserviert. Alle Satelliten senden mit gleichem Code, aber auf verschiedenen Frequenzen (FDMA) in der Nähe von 1602 MHz (L1-Band) und von 1246 MHz (L2-Band). Die Frequenz lässt sich nach folgender Formel bestimmen (k ist der Frequenzkanal des betrachteten Satellits):

- Frequenz im L1-Band (ziviles Signal):  
 $f_1 = 1602 \text{ MHz} + k \cdot (9/16) \text{ MHz}$

- Frequenz im L2-Band (militärisches Signal):  
 $f_2 = 1246 \text{ MHz} + k \cdot (7/16) \text{ MHz}$

- Der Betreiber von GLONASS garantiert in 95% aller Messungen eine horizontale Genauigkeit von besser als 20 m und eine vertikale Genauigkeit von besser als 30 m (Quelle: <http://www.spacecorp.ru/en/directions/glonass/structure/>). Die gemessene Genauigkeit liegt im Bereich von 5 bis 7 m (Quelle <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/GLONASS/DayMonitoringNew.php>).

Viele Navigationsgeräte und Smartphones verwenden bereits GPS und GLONASS kombiniert. Dadurch wird die Verfügbarkeit des Navigationssystems erhöht. Durch die Kombination beider Systeme erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, vier Satelliten zu emp-

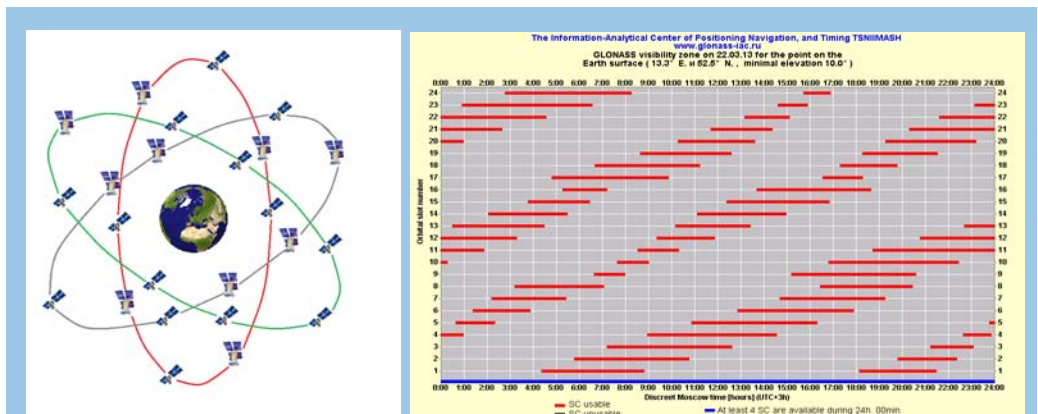


Bild 2: Die drei GLONASS-Bahnen und Sichtbarkeit der Satelliten für den Standort Berlin am 22.03.2013)

fangen. Dies ist besonders in Städten und im Gebirge wichtig. Zum Beispiel verwenden die neueren iPhones von Apple und das Xperia Z von Sony beide zurzeit die funktionierenden Navigationssysteme GPS und GLONASS.

### Zukunft von GLONASS

Russland plant, sein Navigationssystem fortlaufend zu erneuern. In regelmässigem Abstand werden Trägerraketen neue GLONASS-M-Satelliten und GLONASS-K-Satelliten in die Umlaufbahn bringen (Bild 3). Geplant sind 13 GLONASS-M und 22 GLONASS-K bis zum Jahre 2020. Mit den neuen Satelliten soll die Genauigkeit auf unter einen Meter bis zum Jahre 2020 gesteigert werden. Die neue M-Serie soll eine Lebensdauer von ca. sieben bis acht Jahren aufweisen und zwei zivile Signale aussenden.

GLONASS-K-Satelliten werden eine Lebensdauer von zehn bis zwölf Jahren umfassen und drei zivile Signale aussenden.

Bei der Modernisierung und Instandstellung von GLONASS sind folgende Systemänderungen zu erwarten:

- Das Bodensegment wird erneuert.
- Das Prinzip der Zeitreferenzierung wird modernisiert.
- Die Messungen zur Ermittlung der Ephe-meriden und Satellitenzeiten werden präziser.
- Die Stabilität der Satellitenuhren wird verbessert.
- Das verwendete Referenzellipsoid Geodetic Reference Frame PZ-90 wird an ITRF angeglichen.
- Ein drittes ziviles Signal (L3) wird mit GLONASS-K eingeführt.
- Mit GLONASS-K wird eine Search-and-Rescue-Funktion eingeführt.
- Einführung einer Code-Modulation (CDMA), ähnlich GPS, um die Interoperabilität zu verbessern.



GLONASS



GLONASS-K



GLONASS-M

Jean-Marie Zogg (ehemaliger Professor an der Fachhochschule HTW, Chur, Schweiz)  
 jean-marie.zogg@hispeed.ch  
 Homepage: www.zogg-jm.ch