

Aktuelle Projekte im Rahmen von CODE

Rolf Dach und das CODE-Team

Astronomisches Institut, Universität Bern, Schweiz

SGK Sitzung, 02. Mai 2012, Bern

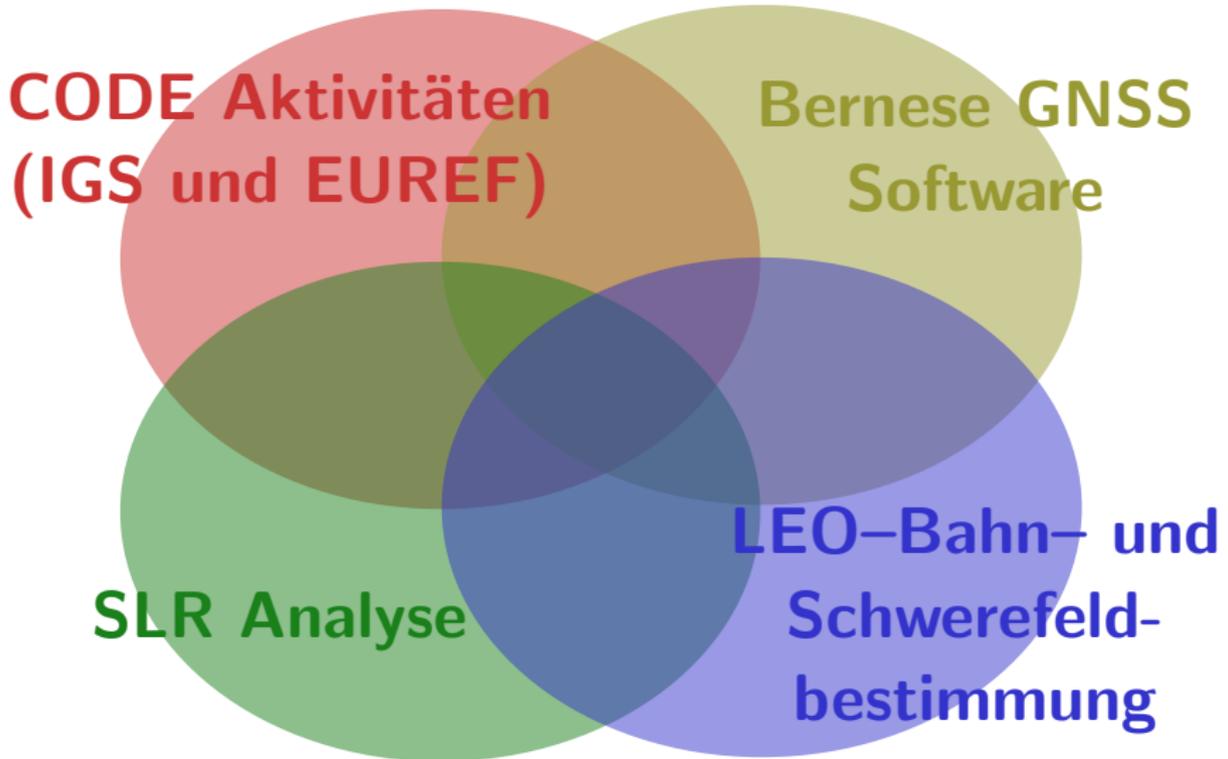
**CODE Aktivitäten
(IGS und EUREF)**

**Bernese GNSS
Software**

SLR Analyse

**LEO-Bahn- und
Schwerefeld-
bestimmung**

Forschungsgruppe: Satellitengeodäsie



- CODE Aktivitäten für IGS und EUREF

Forschungsgruppe: Satellitengeodäsie

- CODE Aktivitäten für IGS und EUREF
- Spezielle Beiträge für den IGS: MGEX; Antennenkalibrierung; ...
- IGS Kombination der Zukunft

Forschungsgruppe: Satellitengeodäsie

- CODE Aktivitäten für IGS und EUREF
- Spezielle Beiträge für den IGS: MGEX; Antennenkalibrierung; ...
- IGS Kombination der Zukunft
- Uhrmodellierung in der GNSS-Auswertung
- Galileo: In Orbit Validation

Forschungsgruppe: Satellitengeodäsie

- (Multi-)GNSS Auswertung
 - CODE Aktivitäten für IGS und EUREF
 - Spezielle Beiträge für den IGS: MGEX; Antennenkalibrierung; ...
 - IGS Kombination der Zukunft
 - Uhrmodellierung in der GNSS-Auswertung
 - Galileo: In Orbit Validation

Forschungsgruppe: Satellitengeodäsie

- (Multi-)GNSS Auswertung
 - CODE Aktivitäten für IGS und EUREF
 - Spezielle Beiträge für den IGS: MGEX; Antennenkalibrierung; ...
 - IGS Kombination der Zukunft
 - Uhrmodellierung in der GNSS-Auswertung
 - Galileo: In Orbit Validation

- Bernese GNSS Software
 - FODITS: Zeitreihenanalyse

- (Multi-)GNSS Auswertung
 - CODE Aktivitäten für IGS und EUREF
 - Spezielle Beiträge für den IGS: MGEX; Antennenkalibrierung; ...
 - IGS Kombination der Zukunft
 - Uhrmodellierung in der GNSS-Auswertung
 - Galileo: In Orbit Validation
- SLR Analyse
 - Auswertung von SLR-Messungen zu Kugelsatelliten
 - Kombination von optischen und Mikrowellenmessungen
 - Gemeinsames Reprocessing von GPS, GLONASS und SLR
- Bernese GNSS Software
 - FODITS: Zeitreihenanalyse

- (Multi-)GNSS Auswertung
 - CODE Aktivitäten für IGS und EUREF
 - Spezielle Beiträge für den IGS: MGEX; Antennenkalibrierung; ...
 - IGS Kombination der Zukunft
 - Uhrmodellierung in der GNSS-Auswertung
 - Galileo: In Orbit Validation
- SLR Analyse
 - Auswertung von SLR-Messungen zu Kugelsatelliten
 - Kombination von optischen und Mikrowellenmessungen
 - Gemeinsames Reprocessing von GPS, GLONASS und SLR
- LEO-Bahn- und Schwerefeldbestimmung
 - GOCE-HPF
 - Schwerefeldbestimmung aus Satellitendaten
 - SX5: Galileo E5 Empfänger
- Bernese GNSS Software
 - FODITS: Zeitreihenanalyse

Inhaltsverzeichnis

CODE: Center for Orbit Determination in Europe

Entwicklung: AIUB/CODE/Bernese Software

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

Spezialitäten des CODE–Analysezentrum

IGS Kombination der Zukunft

Bernese GNSS Software

CODE: Center for Orbit Determination in Europe

- CODE, Center for Orbit Determination in Europe, ist eines der globalen Auswertezentren des IGS.
- CODE ist ein Joint Venture bestehend aus
 - Astronomisches Institut der Universität Bern (AIUB),
 - Bundesamt für Landestopographie (swisstopo),
 - Institut für Kartographie und Geodäsie (BKG), and
 - Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie an der Technischen Universität München (IAPG, TUM).

AIUB



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Bundesamt für
Kartographie und Geodäsie

TUM

Technische Universität München

Entwicklung: AIUB/CODE/Bernese Software

- **Sommer 1983 bis Herbst 1984** Aufenthalt von G. Beutler in Kanada gilt als Geburtsstunde der Berner GPS Software
- **21. Juni 1992** Das AIUB nimmt im Rahmen von CODE seine Tätigkeit als Analysezentrum des IGS auf.
- **25–26. März 1993** Erster IGS Workshop in Bern
- **1988–1995** Versionen 3.0 bis 3.5 werden in kurzen Abständen herausgebracht
- **September 1996** Version 4.0 der Berner GPS Software erscheint: Hauptneuheiten sind ADDNEQ und die BPE
- **November 1999** Version 4.2 der Berner GPS Software mit GLONASS– und SLR–Option erscheint. Sie enthält das erste Programm in Fortran–90.

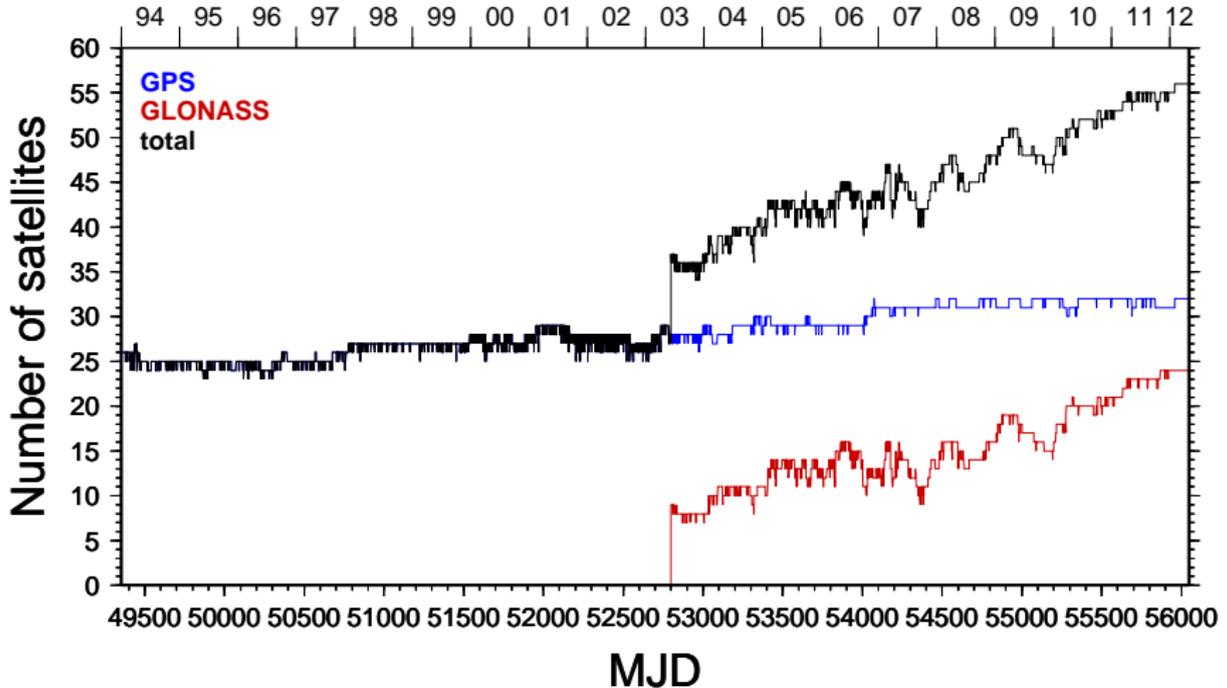
Entwicklung: AIUB/CODE/Bernese Software

- **Mai 2003** Die erste echte multi-GNSS Lösung wird an den IGS eingereicht.
- **April 2004** Der IGS feiert an einem Workshop in Bern sein 10-jähriges Bestehen.
- **April 2004** Version 5.0 der Berner GPS Software mit neuer BPE und GUI auf Grundlage von QT.
- **Juli 2008** Letzter RMS der GPS-Bahnen von CODE in der final Lösung über 1 cm!
- **Oktober 2008** Durch etwa 20 neue GLONASS-Stationen in Amerika (non-IGS) wird erstmals ein globale Stationsabdeckung für GLONASS erreicht (→ signifikante Verbesserung der GLONASS-Bahnen).

Entwicklung: AIUB/CODE/Bernese Software

- **Februar 2011** Operationelle Lösung von Mehrdeutigkeiten für GLONASS, ausgewählte Strategien
- **Sommer bis Ende 2011** Reprocessing der GPS und GLONASS Daten aus dem CODE-Archiv; konsistent zu IGS08 Referenzrahmen und Antennenkorrekturen sowie IERS2010 Konventionen (TUM als CODE-Partner)
- **Dezember 2011** Erstmals 24 aktive GLONASS Satelliten, die die vollständige nominelle Konstellation bilden
- **Januar 2012** CODE Bahnlösung für 56 Satelliten (z.Z. maximale Anzahl von Satelliten der GPS- und GLONASS-Konstellation)
- **18–19. Januar 2012** Workshop on Biases and Calibration in Bern

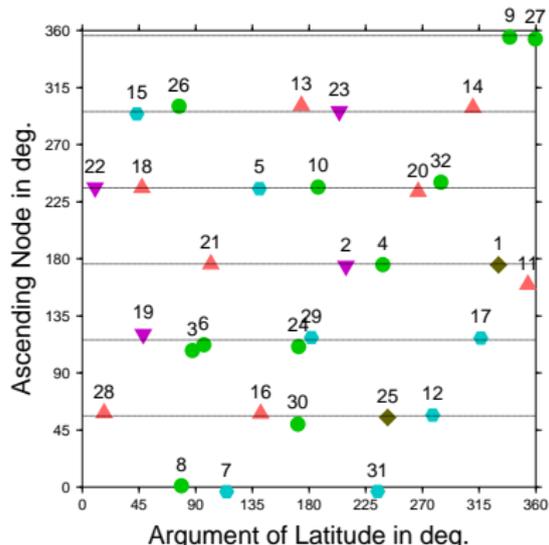
Anzahl der Satelliten in der operationellen CODE-Lösung



Status der GNSS-Konstellationen

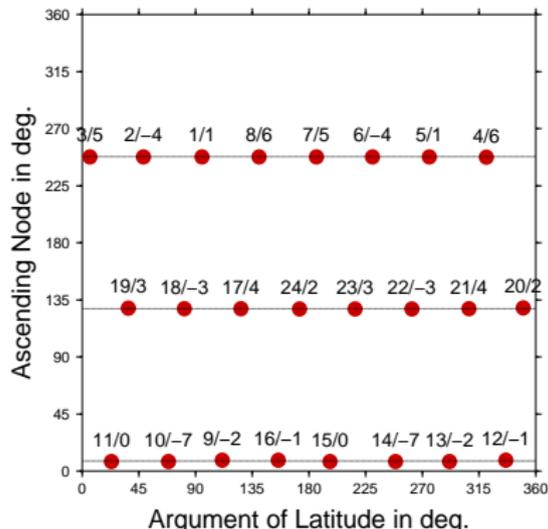
Tag im Jahr 2012:121 (01. Mai 2012)

GPS Konstellation



GPS constellation (01-May-2012)

GLONASS Konstellation

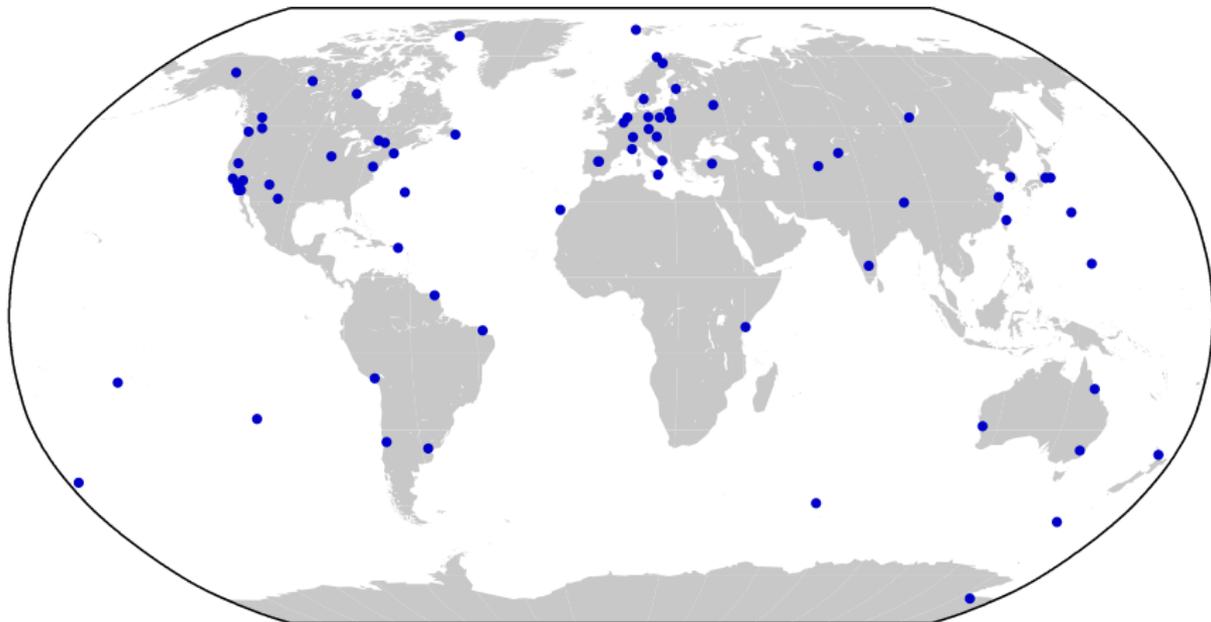


GLONASS constellation (01-May-2012)

● BLOCK IIA
 ◆ BLOCK IIF
 ▲ BLOCK IIR-A
 ▼ BLOCK IIR-B
● BLOCK IIR-M

● GLONASS-M

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

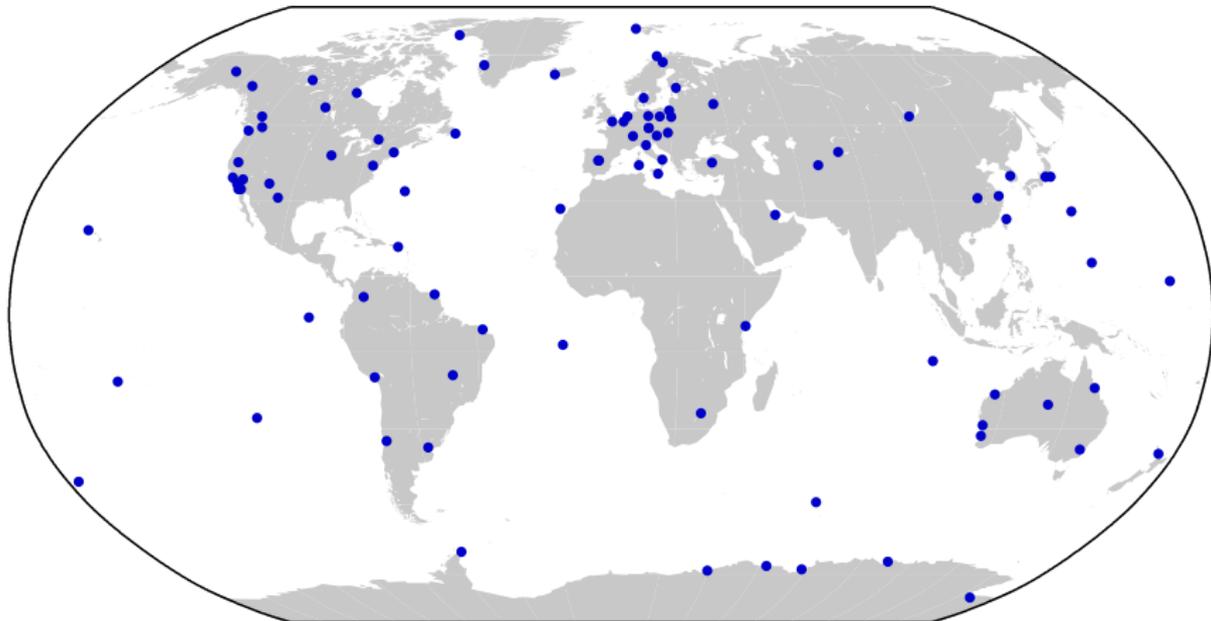


Receivers included: • only GPS (74)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 1996:001 (01. Januar 1996)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

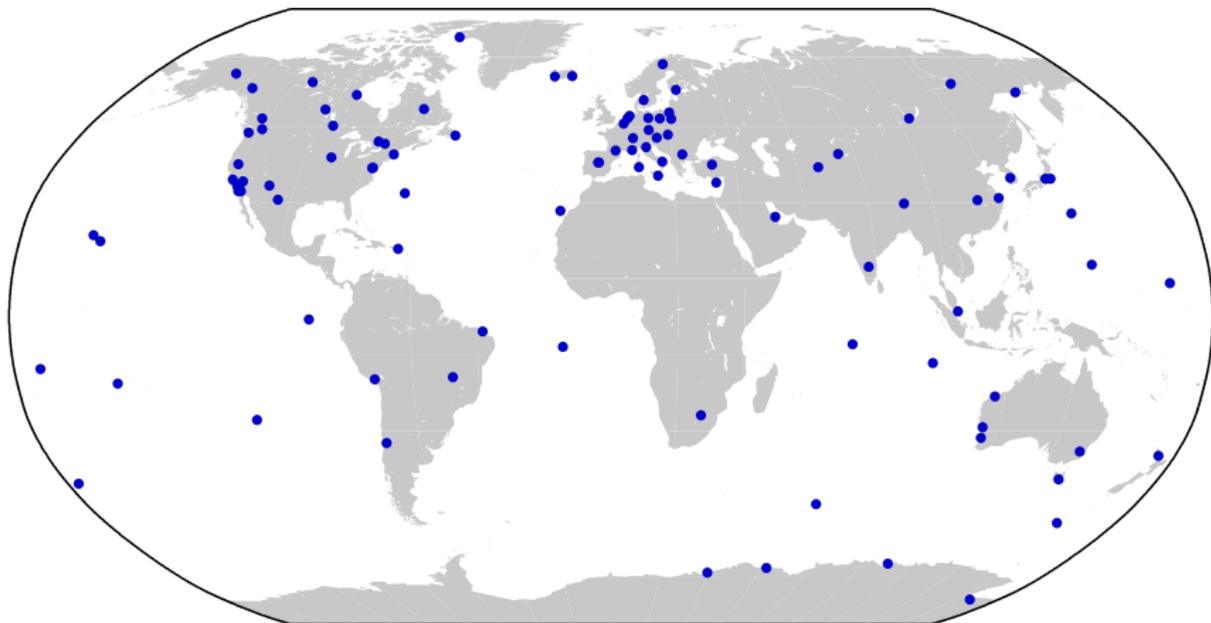


Receivers included: • only GPS (96)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 1996:266 (22. September 1996)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

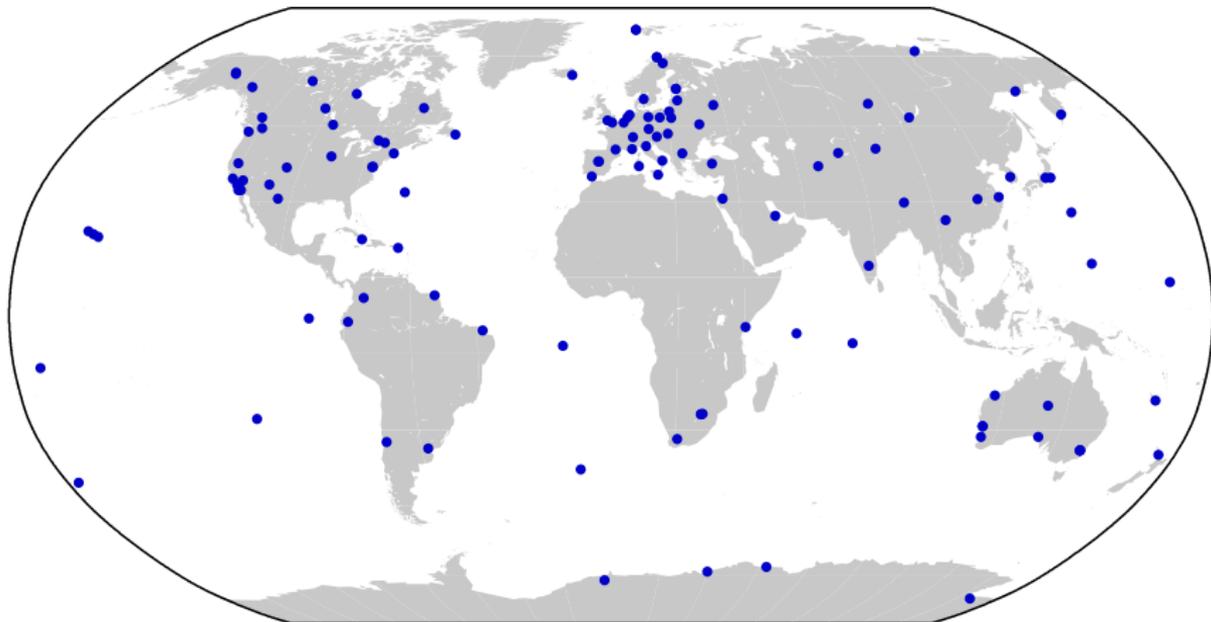


Receivers included: • only GPS (101)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 1997:350 (16. Dezember 1997)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

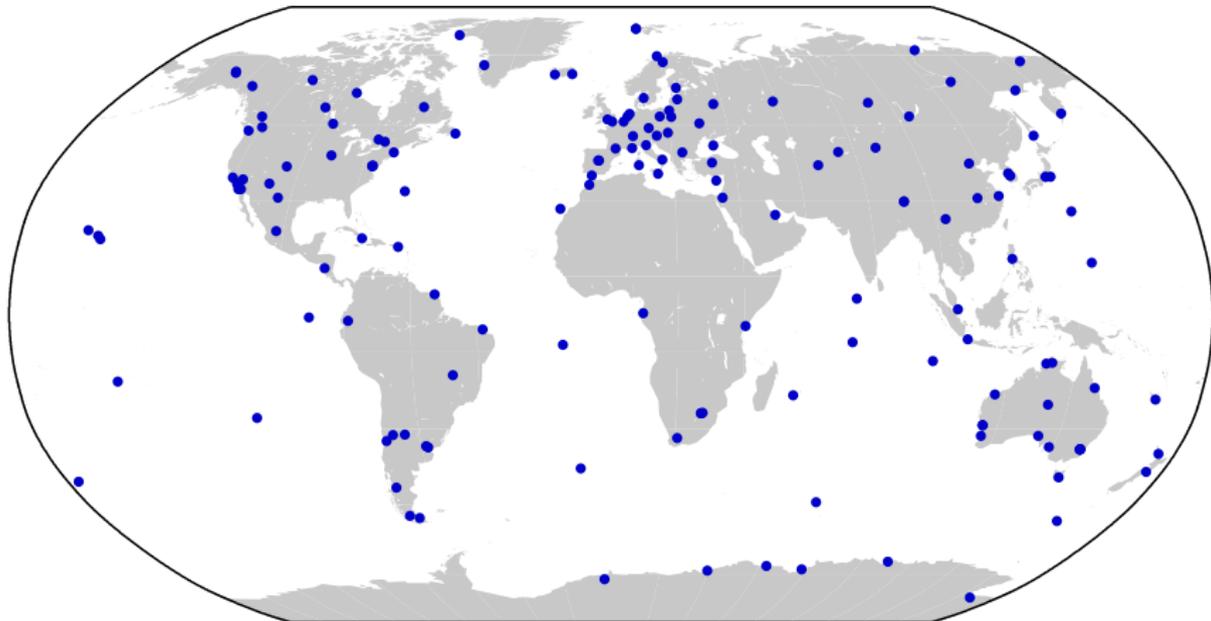


Receivers included: • only GPS (125)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 1999:070 (11. März 1999)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

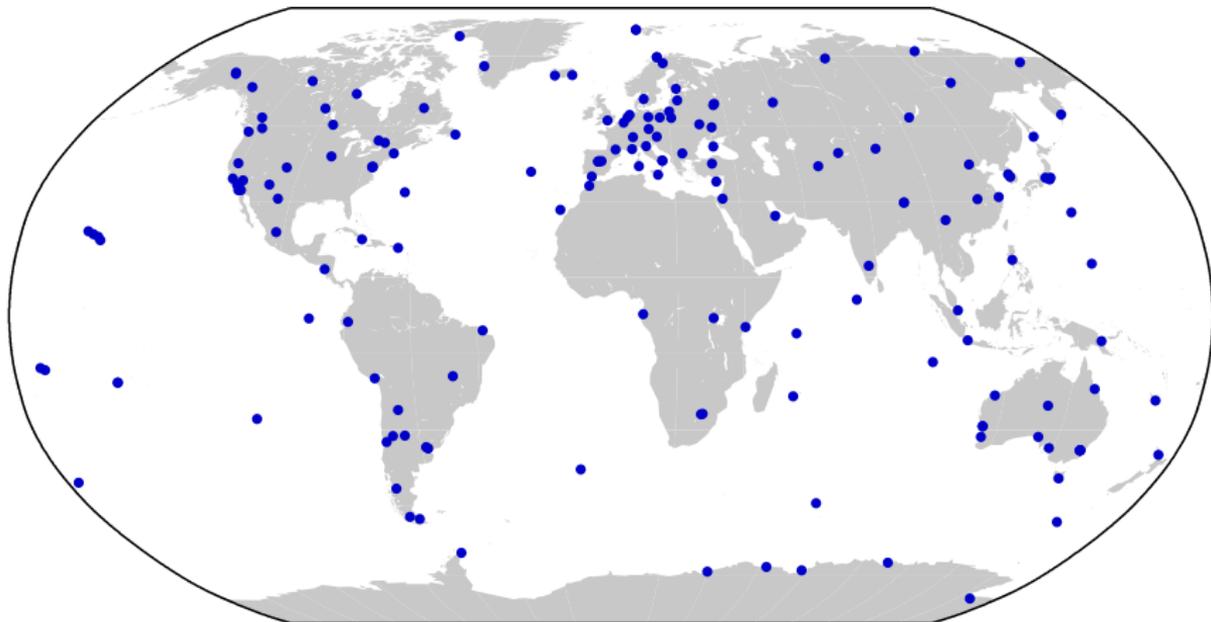


Receivers included: • only GPS (159)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2000:155 (03. Juni 2000)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

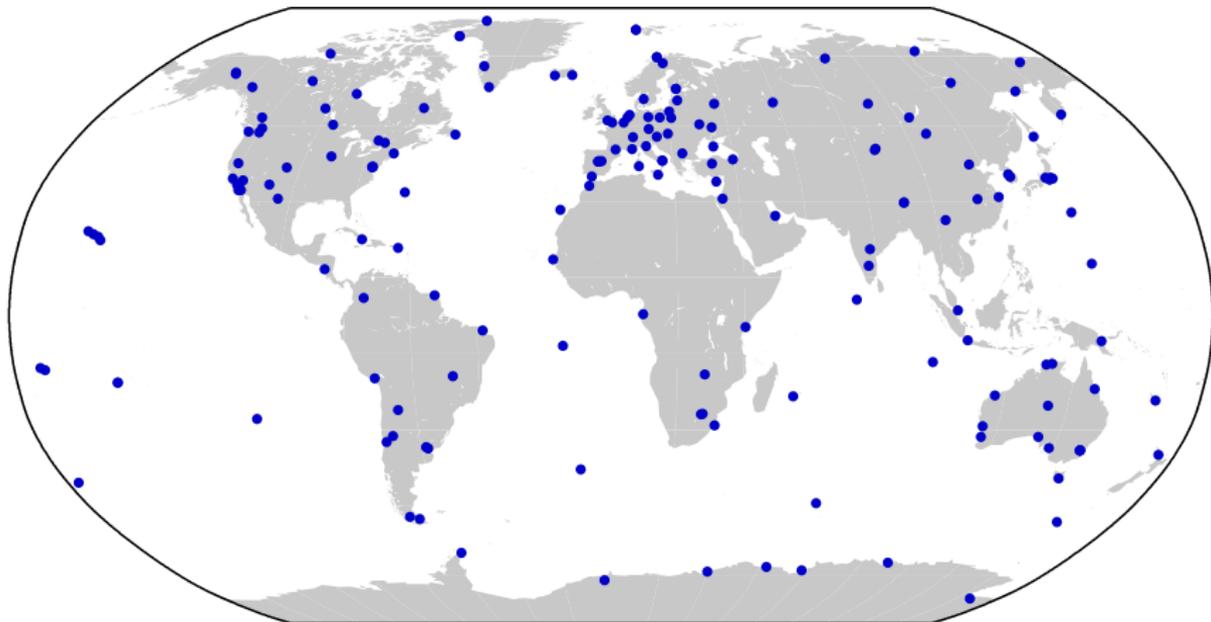


Receivers included: • only GPS (168)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2001:239 (27. August 2001)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

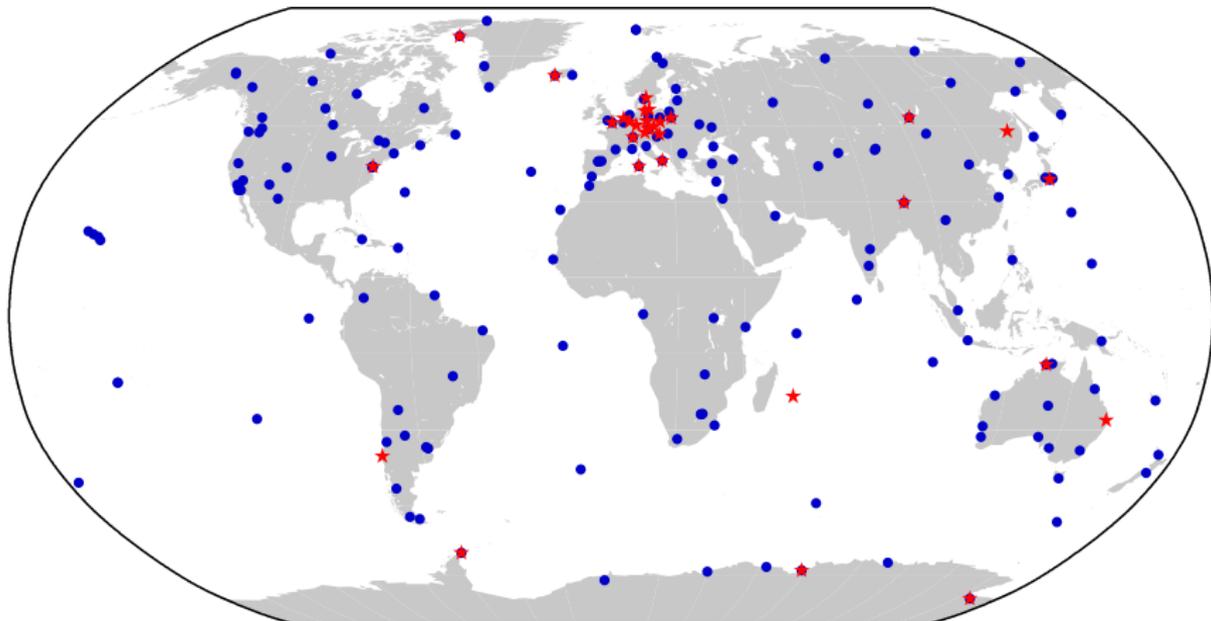


Receivers included: • only GPS (179)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2002:324 (20. November 2002)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

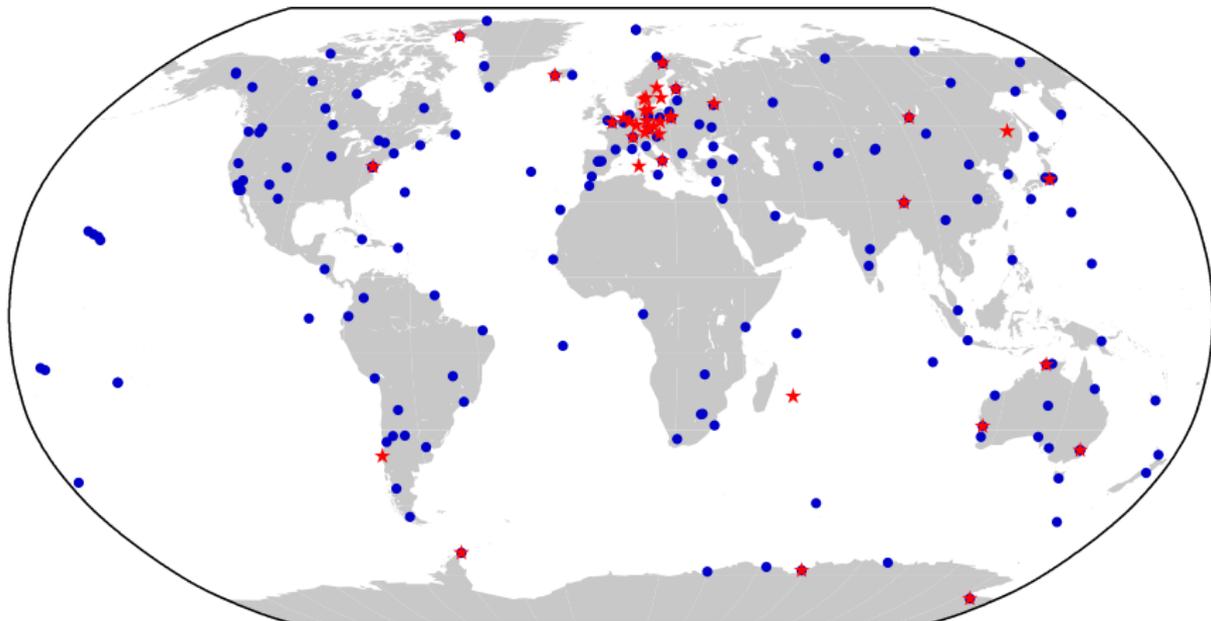


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (32) ● only GPS (175)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2003:182 (01. Juli 2003)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

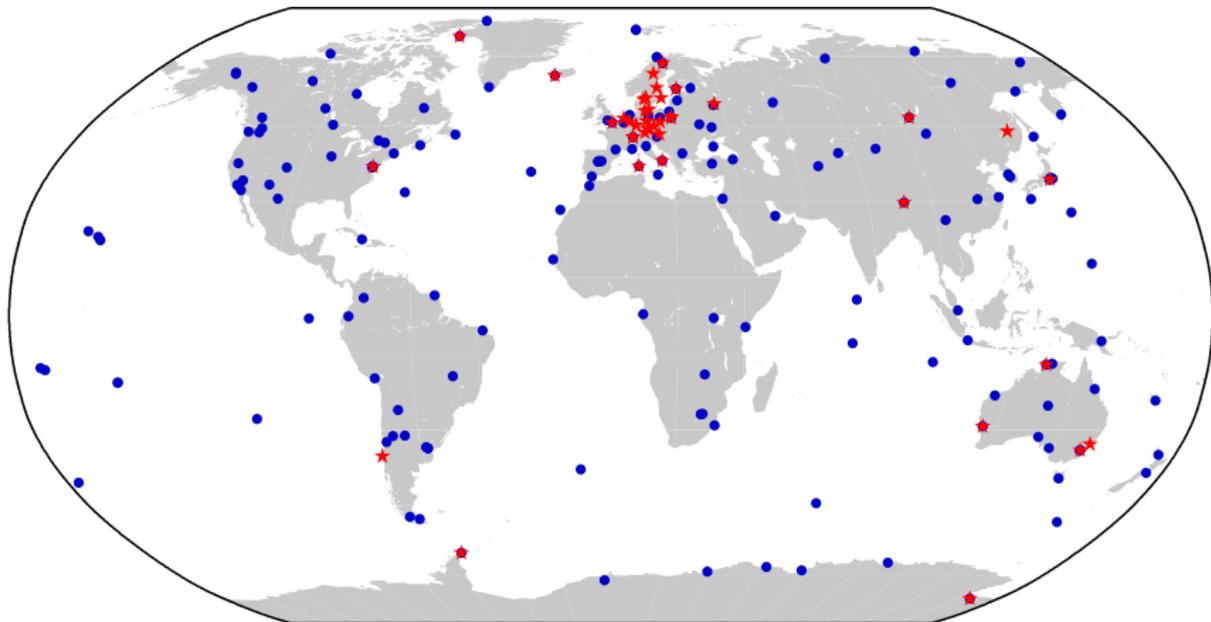


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (40) • only GPS (173)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2004:044 (13. Februar 2004)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

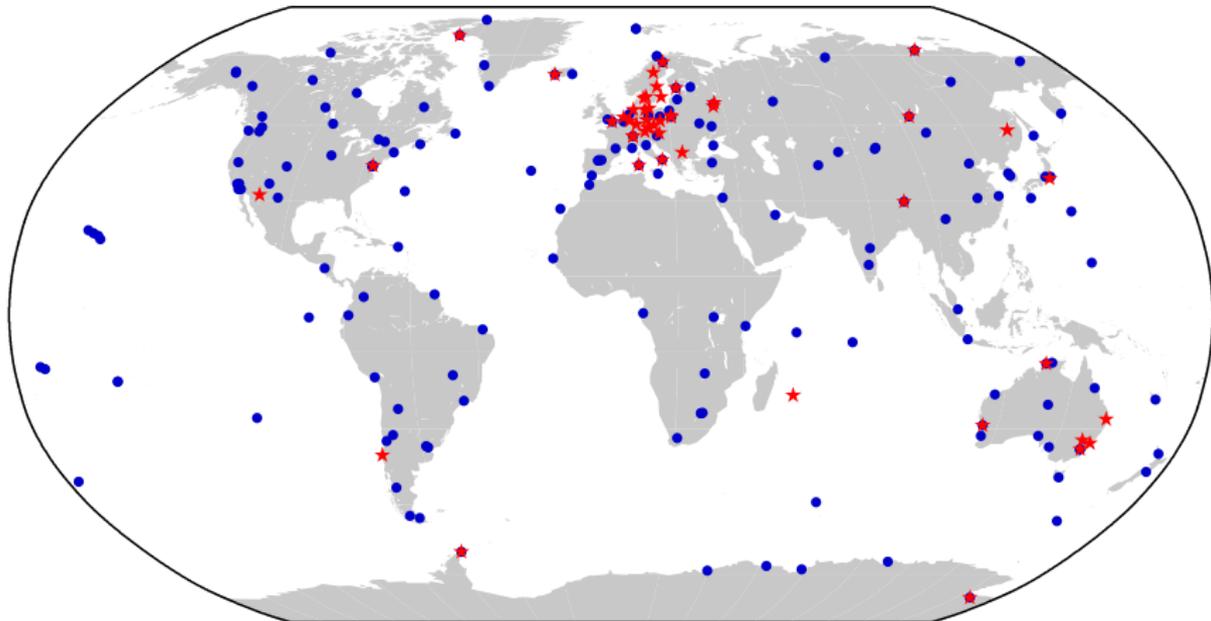


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (42) • only GPS (167)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2005:128 (08. Mai 2005)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

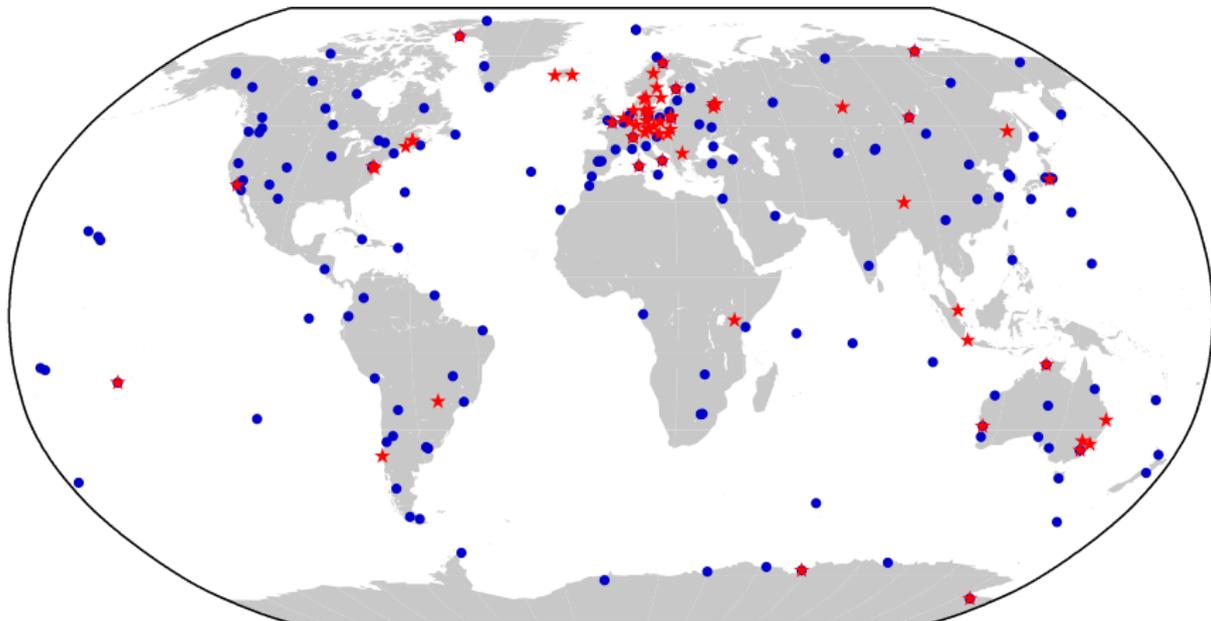


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (50) ● only GPS (168)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2006:213 (01. August 2006)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

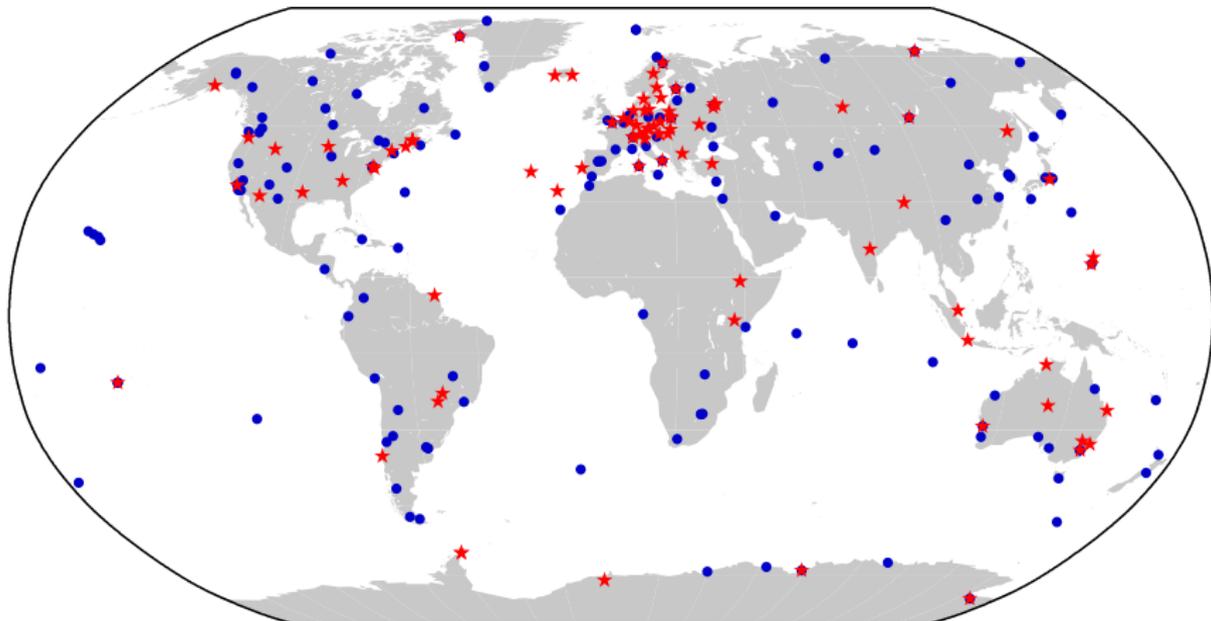


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (66) • only GPS (162)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2007:298 (25. Oktober 2007)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

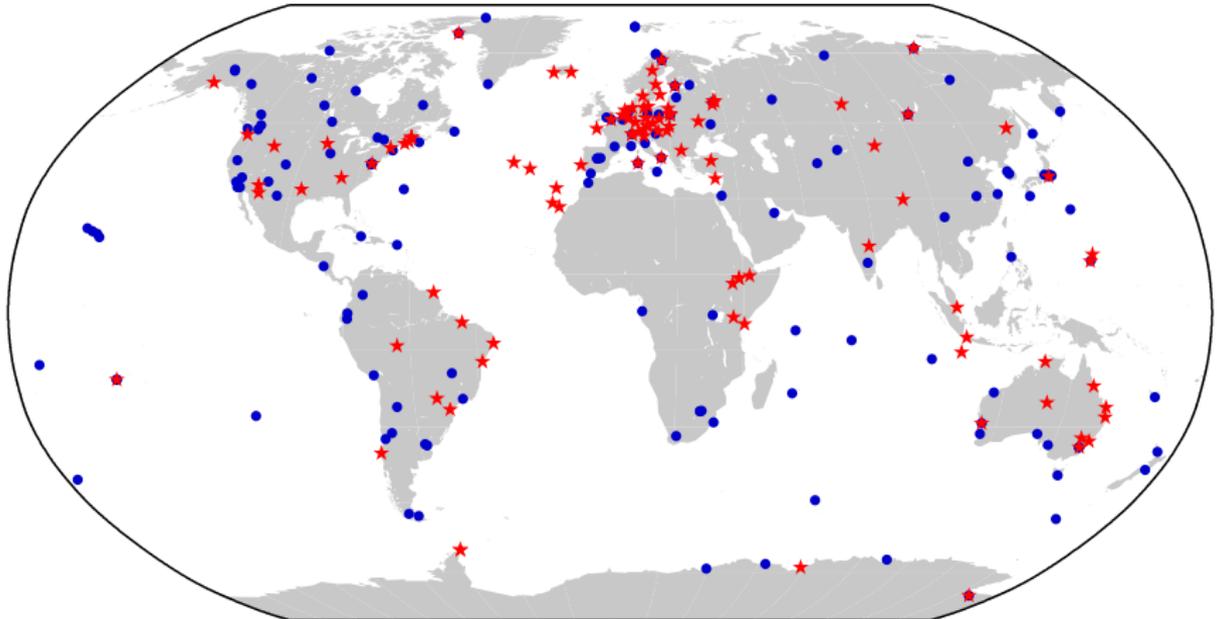


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (90) ● only GPS (150)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2008:140 (19. Mai 2008)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

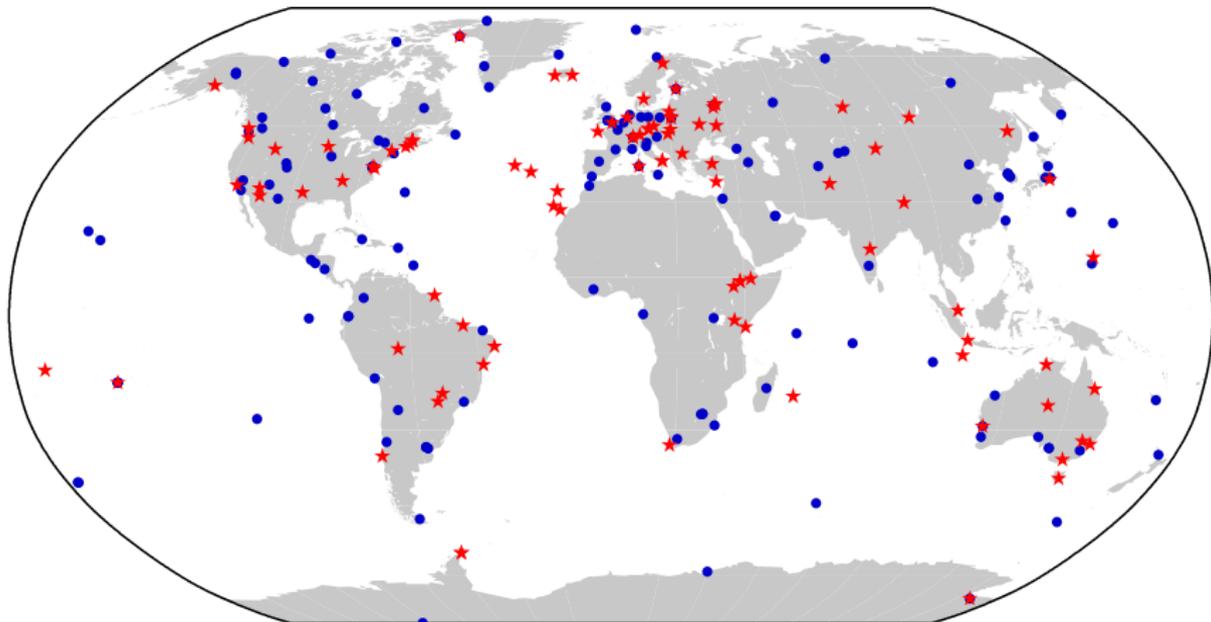


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (109) ● only GPS (145)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2008:275 (01. Oktober 2008)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

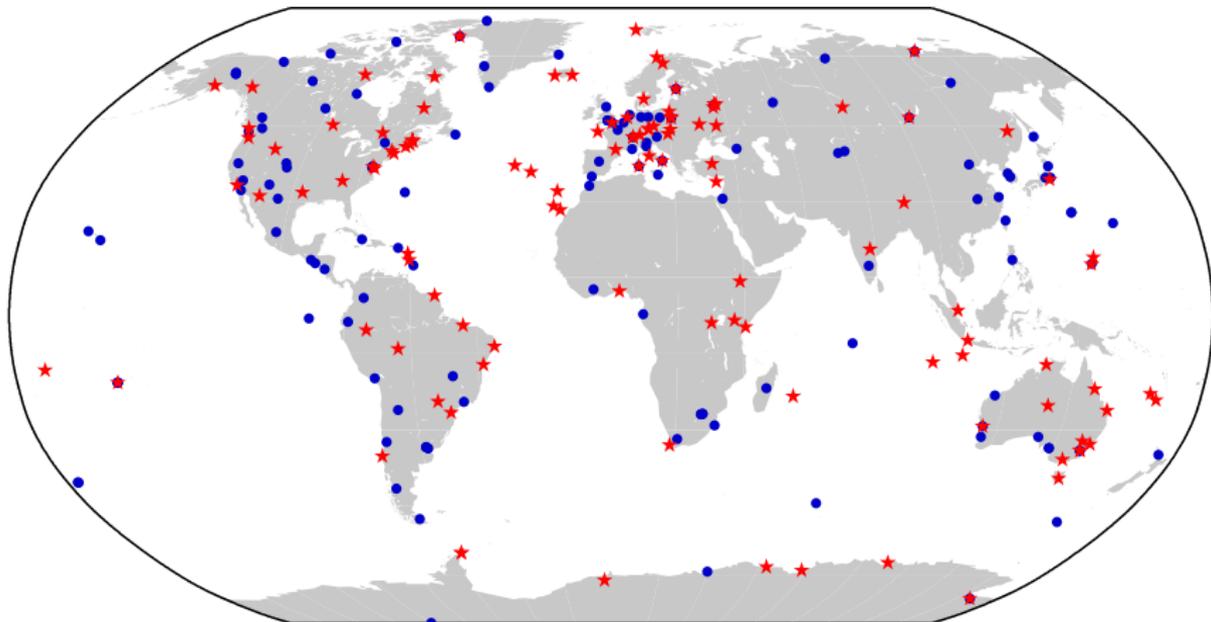


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (96) ● only GPS (142)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2009:017 (17. Januar 2009)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

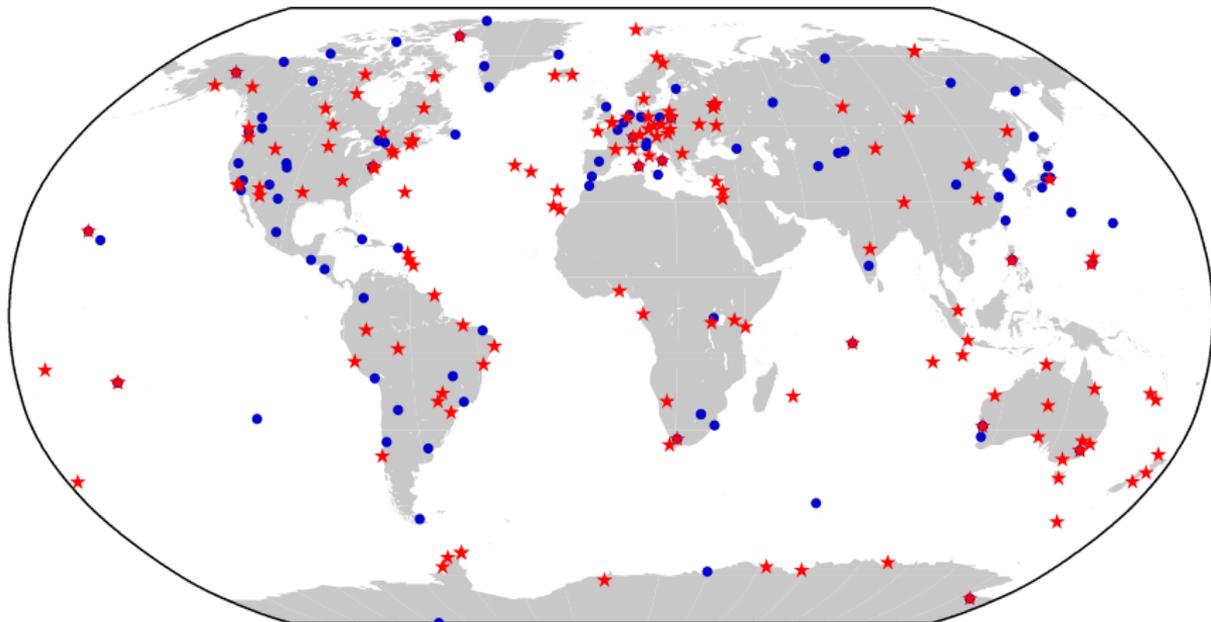


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (117) ● only GPS (131)

GNSS–Netz aus der reprocessing Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2010:102 (12. April 2010)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

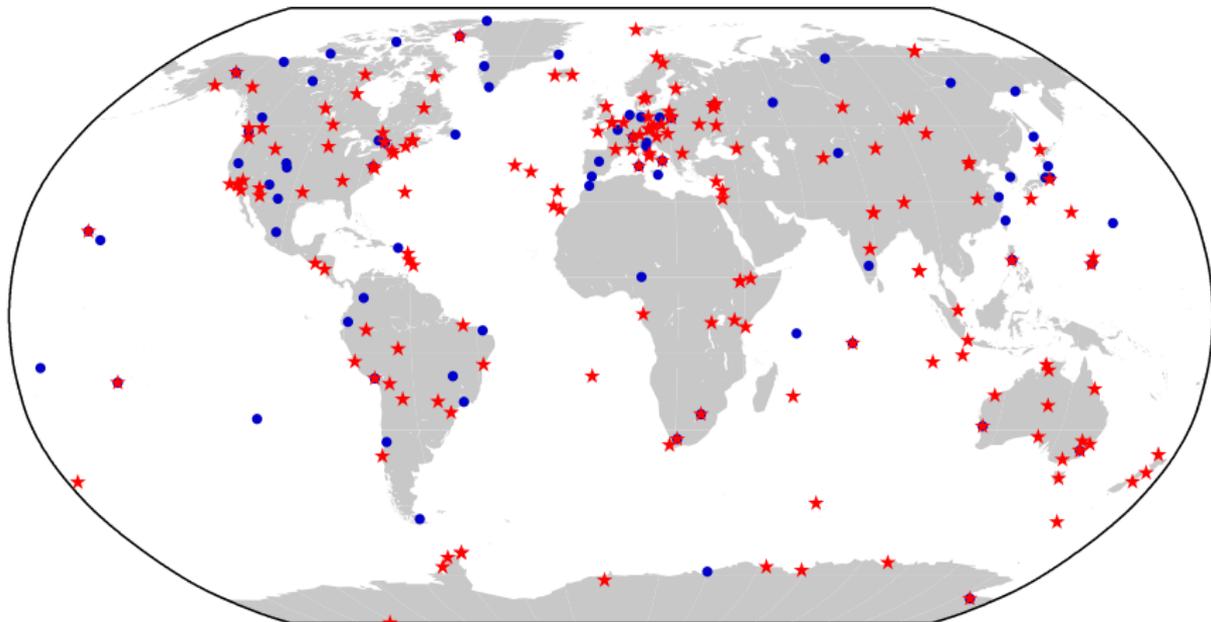


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (149) ● only GPS (99)

GNSS–Netz aus der operationellen Lösung von CODE.

Tag im Jahr 2011:187 (06. Juli 2011)

Statistik aus dem CODE–Analysezentrum

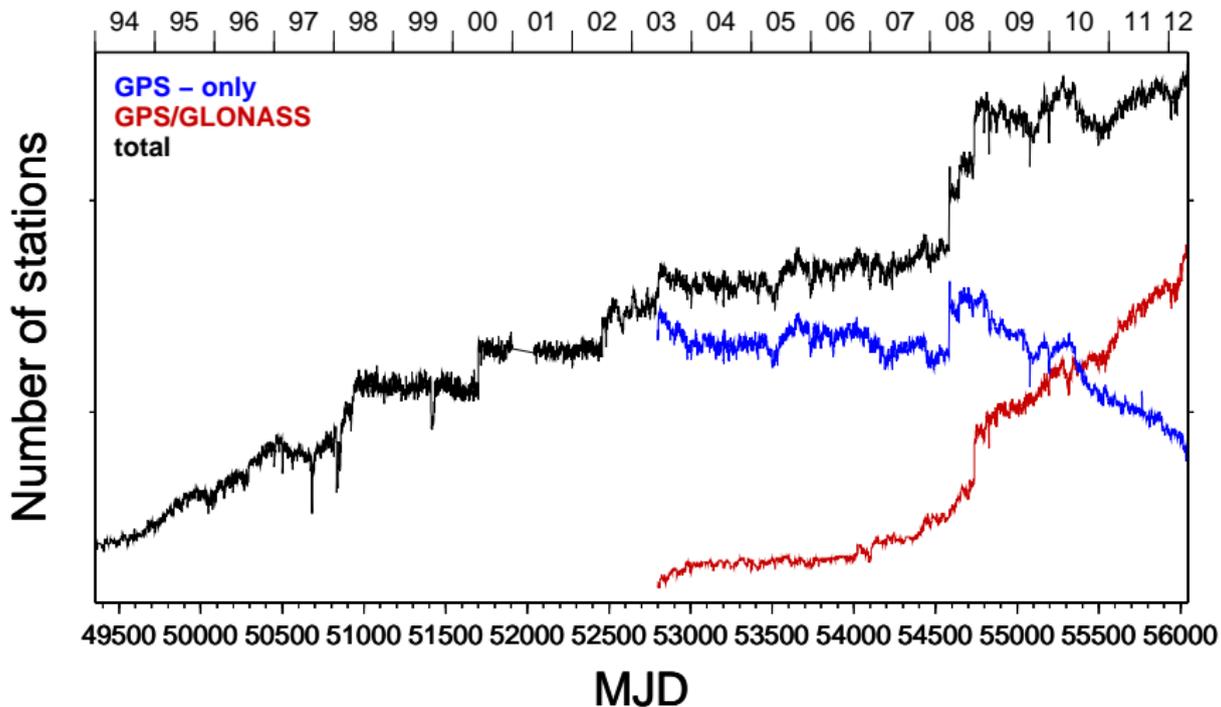


Receivers included: ★ GPS/GLONASS (173) ● only GPS (76)

GNSS–Netz aus der operationellen Lösung von CODE.

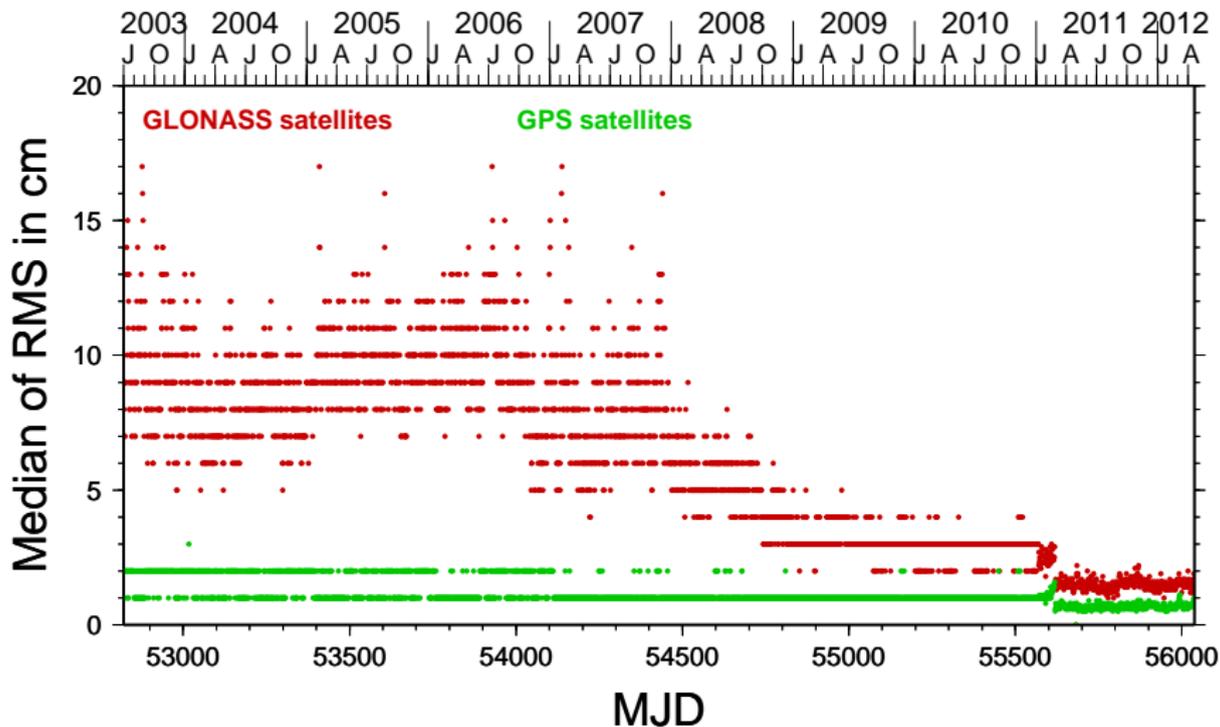
Tag im Jahr 2012:110 (19. April 2012)

Statistik aus dem CODE-Analysezentrum



Development of the number of GLONASS tracking stations

Statistik aus dem CODE-Analysezentrum



Development of the GLONASS orbit accuracy in the CODE final processing

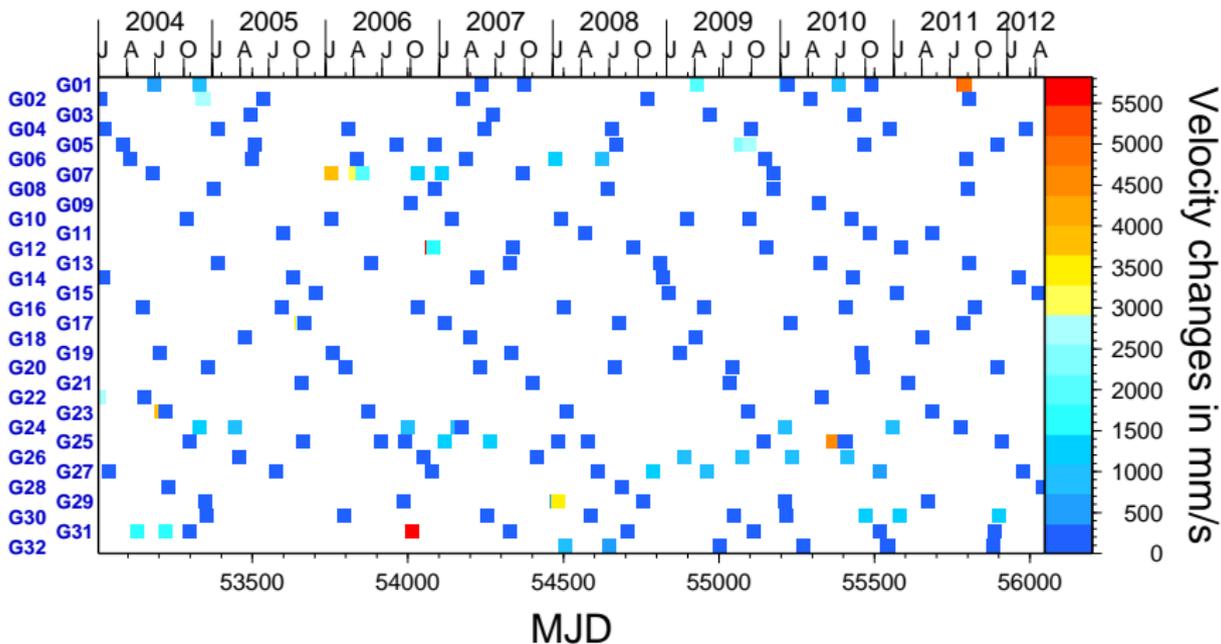
Operationelle IGS–Auswertung bei CODE in Zahlen:

	ultra–rapid	rapid	final
Anzahl Stationen	90	120	250
Anzahl Satelliten	56 (32 GPS + 24 GLONASS)		
Anzahl Beobachtungen	300'000	750'000	1'500'000
Anzahl Parameter	4'800	11'000	20'000
Rechenzeit	1 Stunden	2 Stunden	6 Stunden

Spezialitäten des CODE–Analysezentrum

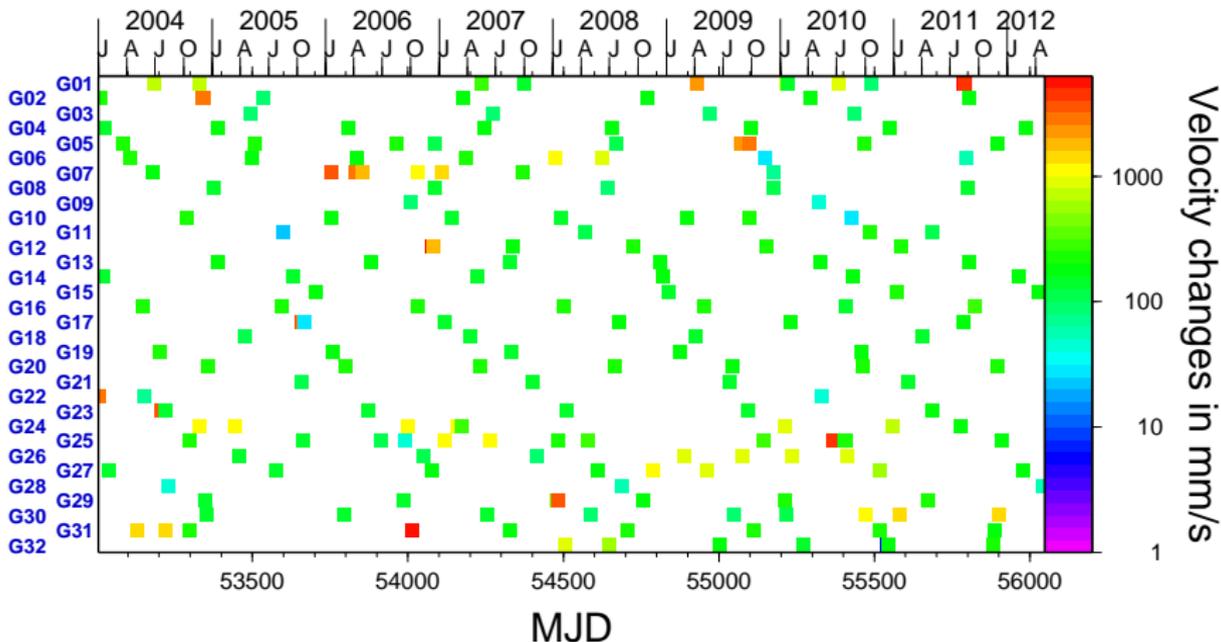
- Rigorose, operationelle Mehrsystemlösung (GPS & GLONASS)
(Diese Strategie wird inzwischen von anderen Analysezentren verfolgt)
- Bahnbestimmung auch von schwach beobachteten Satelliten
(GLONASS vor 2008; unhealthy Satellites)
- Bahnbestimmung von GPS–Satelliten während Manövern
- Vervollständigung der RINEX–Datenbank
(„Best of“ aus daily und hourly Datensätzen verschiedener Quellen)
- Ausführliche Statistik über den Inhalt der RINEX–Dateien
(Welche Empfänger/Station liefert welche Datentypen von welchen Satelliten?)
- Überwachung von Biases zwischen Beobachtungstypen und Systemen

Bestimmung von Manövern von GPS-Satelliten



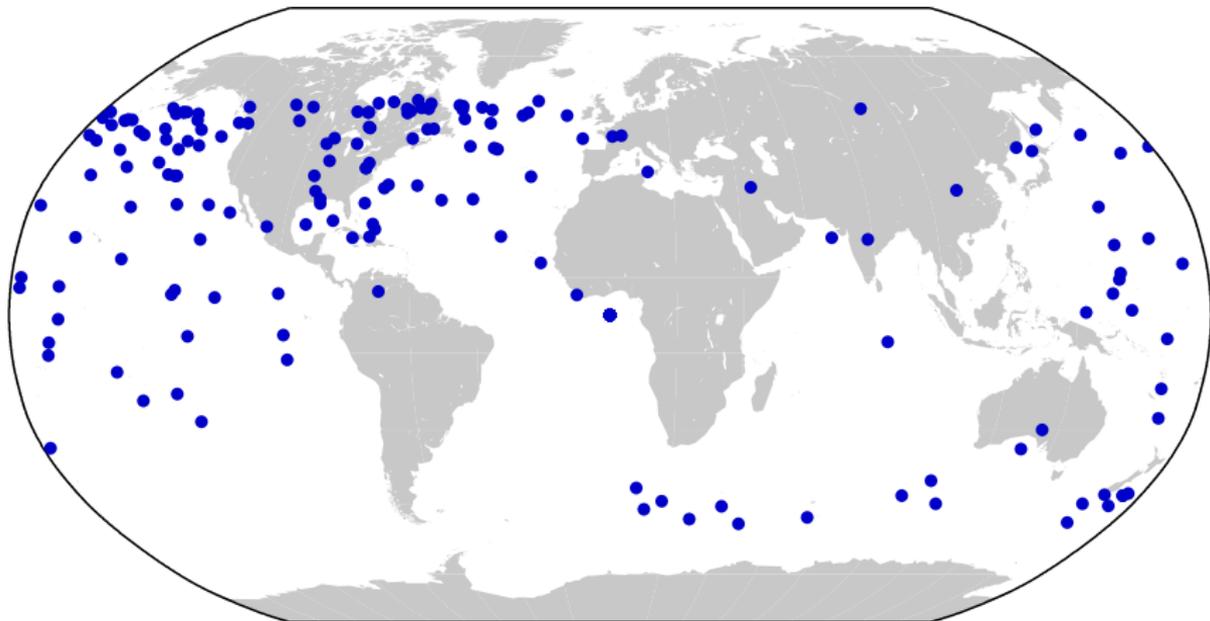
Manöver der GPS Satelliten aus der operationellen CODE-Lösung seit 2004.

Bestimmung von Manövern von GPS-Satelliten



Manöver der GPS Satelliten aus der operationellen CODE-Lösung seit 2004.

Bestimmung von Manövern von GPS-Satelliten



Manöver der GPS Satelliten aus der operationellen CODE-Lösung seit 2004.

IGS Kombination der Zukunft

Aktuelle Situation mit der IGS Kombinationssoftware:

- Stammt noch aus den Anfängen des IGS
- Erweiterungen wurde v.a. durch zusätzliche Skripte in awk, tcsh und perl erreicht.
- Satellitennummern verschiedener Systeme können nicht unterschieden werden.
- Intersystembiases können nicht berücksichtigt werden.
- PPP-Testlösungen werden mit der Berner GPS Software gerechnet.

IGS Kombination der Zukunft

Anforderungen an eine IGS Kombinationssoftware der Zukunft:

- Software sollte wieder „pflegbar“ werden.
- Verschiedenartige in sich konsistente multi-GNSS Lösungen müssen zusammengeführt werden (Bahnen, Uhren, Biases)

AC1 GPS + GLONASS

AC2 GPS

AC3 GPS + Galileo

AC4 GPS + GLONASS + Galileo + Compass + QZSS

AC5 Galileo

...

IGS GPS + GLONASS + Galileo + Compass + QZSS

- PPP-Mehrdeutigkeitslösung

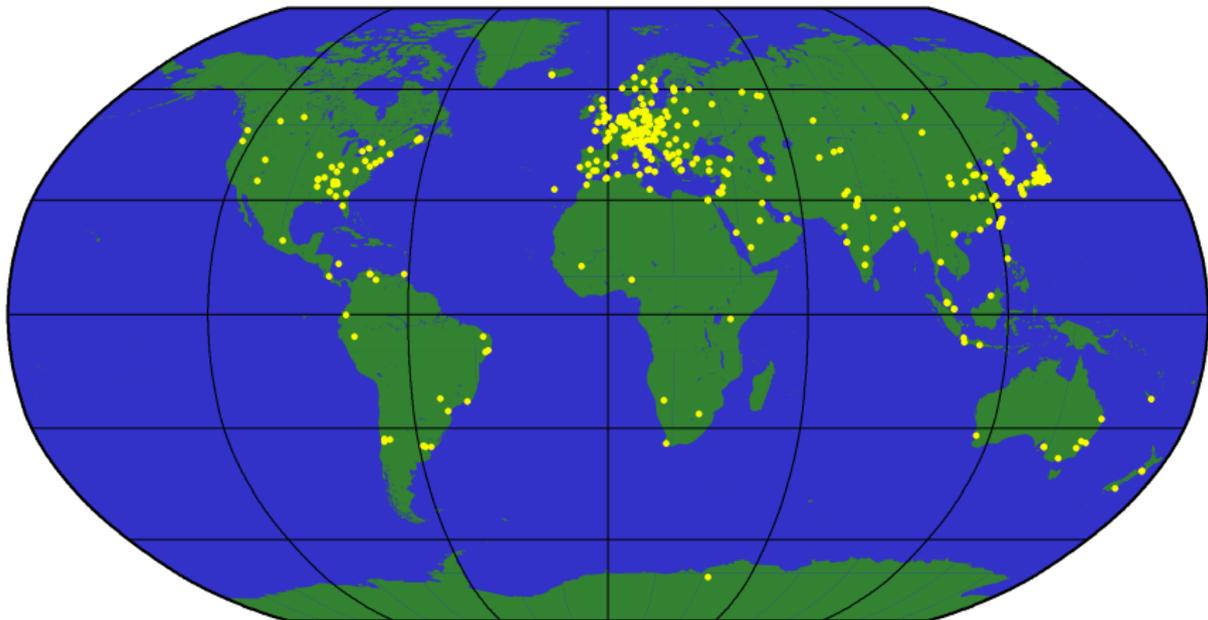
IGS Kombination der Zukunft

Pläne für die Realisierung:

- Konsortium aus AIUB, TU Darmstadt, ESOC, TU München und TU Wien
- DFG–Antrag (TU Darmstadt und TU München) für wissenschaftliche Fragen und ein unabhängiges PPP als Testumgebung
- AIUB: Promotion für PPP–Mehrdeutigkeitslösung; austauschbar zwischen Softwarepaketen (als Voraussetzung für die Kombination)
- Technische Realisierung v.a. durch ESA und TU Wien (erste Teile existieren bereits)

Bernese GNSS Software

Wo wird die Berner GNSS Software verwendet?



GM 2012 May 02 00:48:48

Geographical Distribution of Institutions using the Bernese GPS Software

Berner GNSS Software: ein Ausblick

In Zukunft werden multi-GNSS Empfänger bestimmte Messungen der verschiedenen Systeme bereit stellen.

Was bedeutet das für die Auswertung dieser Daten?

Berner GNSS Software: ein Ausblick

In Zukunft werden multi-GNSS Empfänger bestimmte Messungen der verschiedenen Systeme bereit stellen.

Was bedeutet das für die Auswertung dieser Daten?

Wie wird die ionosphärenfreie Linearkombination in Zukunft aussehen?

- zwei Frequenzen pro GNSS auswählen?
- zwei Frequenzen pro GNSS und Empfängertyp auswählen?
- Verwendung der dritten Frequenz von einem Teil der Satelliten?

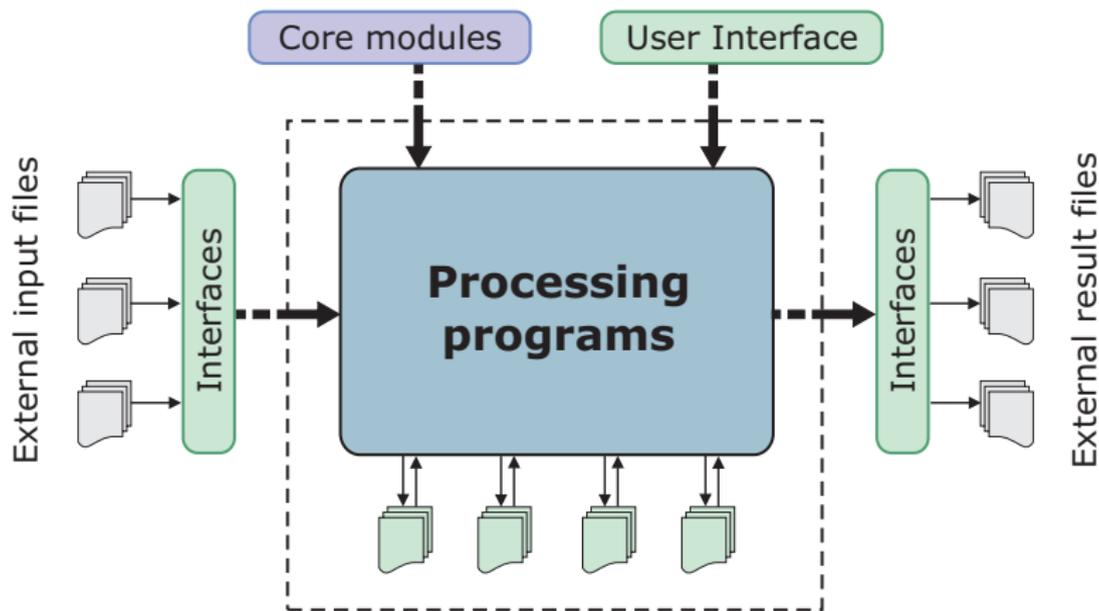
Berner GNSS Software: ein Ausblick

Flexible Handhabung der Beobachtungstypen ist nötig:

GNSS SELECTION	<input checked="" type="checkbox"/> GPS	<input checked="" type="checkbox"/> GLONASS	<input checked="" type="checkbox"/> Galileo
Combination	Iono-free	Iono-free	Iono-free
Frequencies	L1 L2 L5	L1 L2	L1 L5 L7 L8 L6
Measurements	Phase	Phase	Phase
Smoothed code	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Berner GNSS Software: ein Ausblick

Flexible Handhabung der Beobachtungstypen ist nötig:



Flexible Handhabung der Beobachtungstypen ist nötig:

- Ein komplexes System von modernen F90 Modulen garantiert den flexiblen Zugriff auf die Beobachtungen mit unterschiedlichen LC für jedes GNSS.
 - Die Verwendung dieser Module vereinfacht die Verwaltung der Beobachtungstypen in den Hauptprogrammen.
 - Konsequenzen für interne Dateiformate: Beobachtungsfiles, Residuen, DCBs, GNSS-spezifische PCV Korrekturen, ...
- ⇒ Meindl, M.; 2011: Combined Analysis of Observations from Different Global Navigation Satellite Systems.
Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz, vol. 83.

DANKE für Ihre Aufmerksamkeit



Publikationen der Forschungsgruppe Satellitengeodäsie:

<http://www.bernese.unibe.ch/publist>