



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

armasuisse
Swiss Federal Office of Topography swisstopo

PPP-Basics: Funktionsweise von PPP, bestehende globale Dienste und verfügbare „Open-source“ Software

E. Brockmann

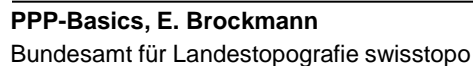


PPP: Begriffsdefinition / Inhalt

- **P**recise **P**oint **P**ositioning
- **Nicht:**
 - **P**ower **P**oint **P**resentation
 - **P**rivate **P**ublic **P**artnership
- Fokus des Beitrags: Methode, existierende Anwendungen, Stärken/Schwächen im Vergleich zu anderen Methoden



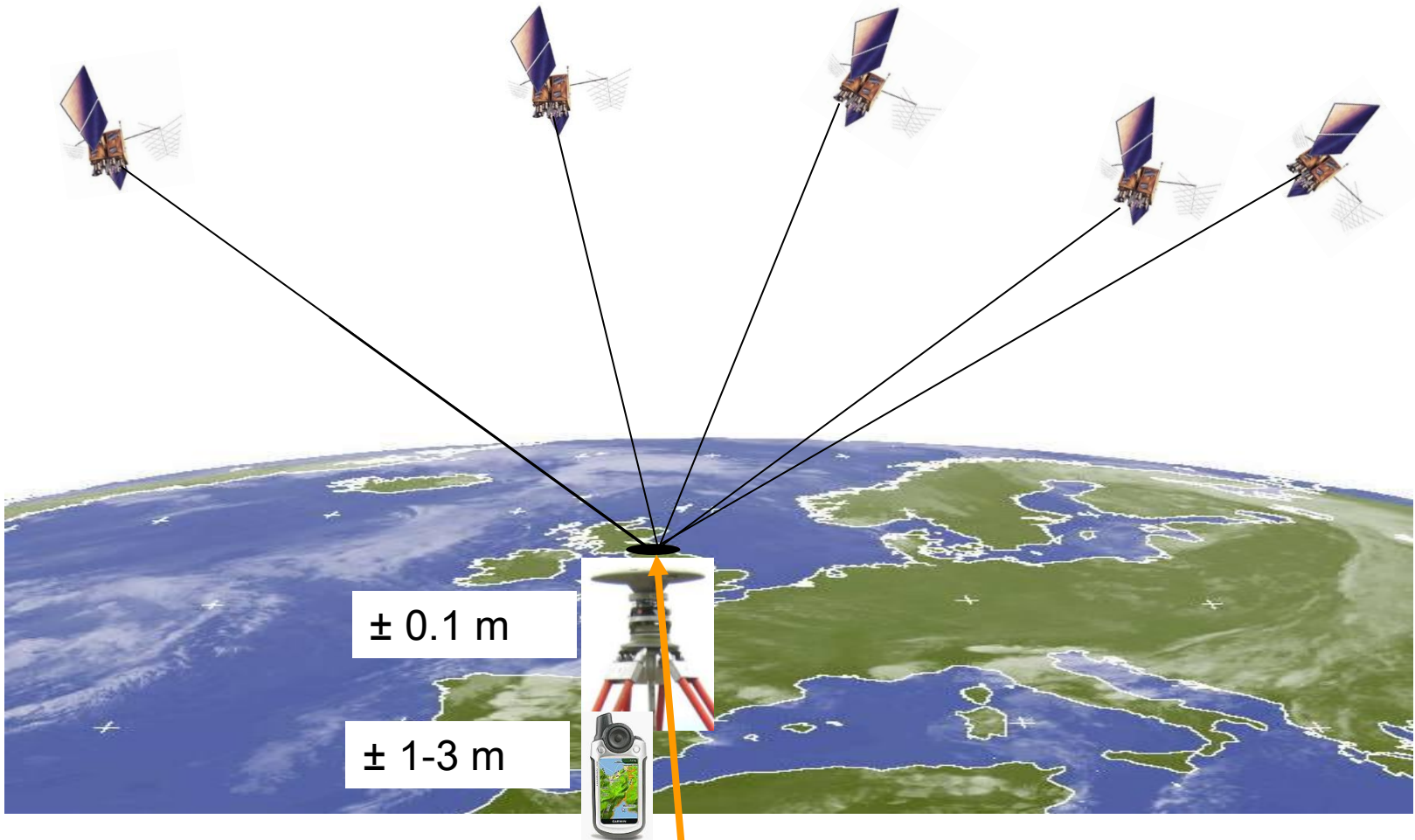
Relative Positionierung: Viele Fehlerquellen fallen raus oder sind reduziert (Bahnfehler, Uhrenfehler, Fehler durch die Atmosphäre)





Prinzip PPP / PPP-RTK

Keine Referenzstation nötig; **Präzise Orbits (sp3) + clocks (clk)**. Koordinaten im Referenzsystem der “orbits” (ITRF2008, aktuelle Referenzepoche)





PPP/Differentiell: Input und Output

- PPP:
 - Orbits und Erdrotationsparameter (sp3, ERP)
 - **Hochgenaue Uhren** (clk)
 - Beobachtungsdaten **1 Station** (RINEX, RTCM)
 - -> **absolute Koordinaten** der Station im System der Orbits (ITRFXX, Epoche 20YY.Y)
- Differentiell:
 - Orbits und Erdrotationsparameter (sp3, ERP)
 - **Nur grobe Uhren** (Broadcast reicht)
 - Beobachtungsdaten von **2 Stationen** (RINEX, RTCM)
 - -> **differentielle Koordinaten** der Station im System der Orbits bzgl. der Referenzstation 1



Vergleich PPP / Differentiell

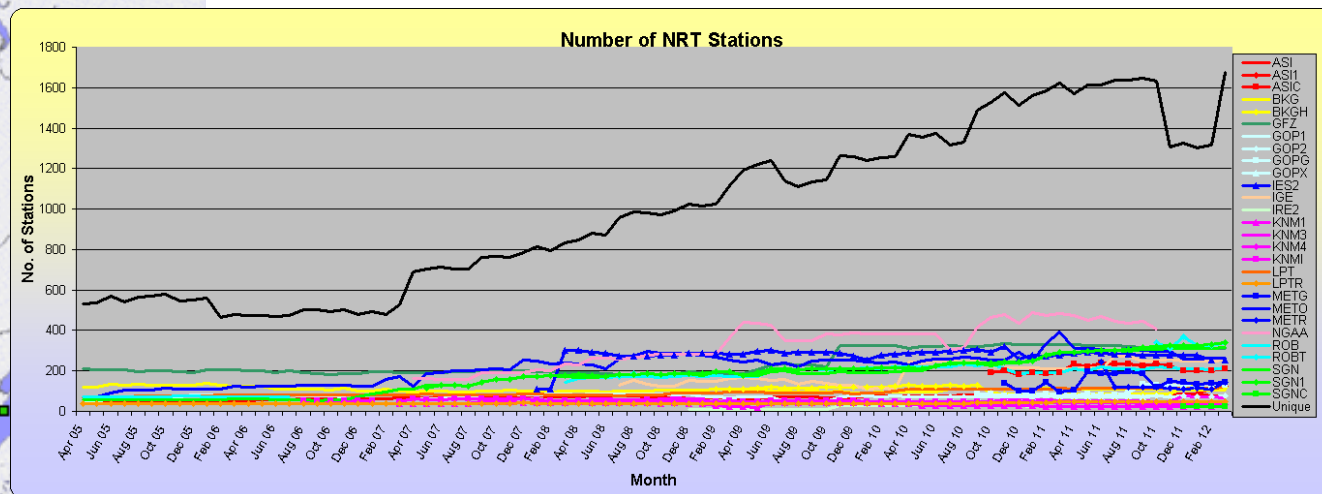
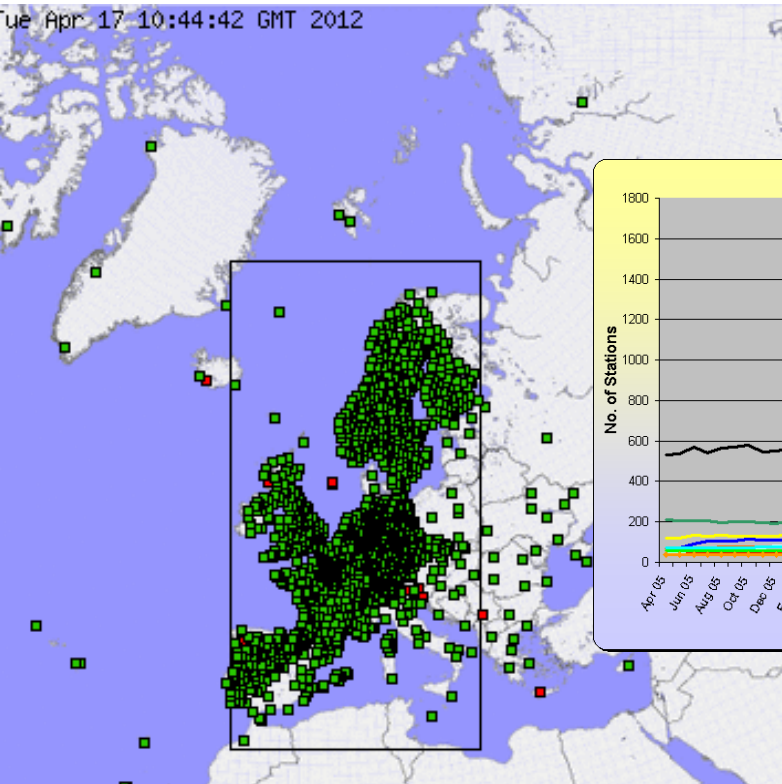
- Beide Methoden existieren schon seit ca. 20 Jahren
- Software Postprocessing:
 - Differentiell: Bernese, Gamit, Leica LGO, Trimble TGO, ...
 - PPP -> JPL Gipsy,... (Bernese 5.0 unterstützt den Modus ebenfalls...)
- Unterschied e.g. Uhren fallen raus (differentiell) bzw. Uhren werden geschätzt (absolut) – die Uhrmodellierung macht den Unterschied; ohne Uhrenmodellierung ergeben beide Methoden dasselbe Resultat
- Fehler/»Biases« insbesondere bei GNSS spielen eine grosse Rolle. Das macht PPP anspruchsvoll!!!



Postprocessing PPP – in grossen Netzen, GNSS-Meteorologie

- Beispiel: GNSS-Meteorologie (Stundenauswertungen): 1600 Stationen, 13 Analysezentren -> operationelle Wettervorhersage am UK MetOffice, MeteoFrance
- Bei noch grösserem Wachstum -> evtl. PPP als Alternative

Tue Apr 17 10:44:42 GMT 2012









PPP-Postprocessing Dienste

- Internetdienste: Schicken eines RINEX-Beobachtungsfiles und Output der Koordinaten

Tab. 1: Eigenschaften der vier untersuchten PPP-Dienste

PPP-Dienste	APPS 	CSRS  NRCan	GAPS  UNB	magicGNSS  GMV
Getestete Version	–	v1.04-1087	v4.1-R20100505	v2.3
Beobachtungsdaten	JPL			
Datenübermittlung zum Server	Web-Interface, E-Mail	Web-Interface	Web-Interface	Web-Interface, E-Mail
Beobachtungsdaten	GPS, Ein-/Zwei-frequenz, Statik/ Kinematik	GPS, Ein-/Zwei-frequenz, Statik/ Kinematik	GPS, Zweifrequenz, Statik/Kinematik	GPS/GLONASS, Zweifrequenz, Statik
Datenformat	RINEX 2, Hatanaka	RINEX 2, Hatanaka	RINEX 2, Hatanaka	RINEX 2, Hatanaka
Datenprozessierung				
Satellitenorbits/-uhren	eigene	IGS	IGS	eigene/IGS
Stützpunktstand der Satellitenuhrkorrekturen	5 min (?)	30 s, 5 min	5 min	30 s, 5 min
Antennenkorrekturen	eigene Datei	IGS	IGS	IGS
Berechnungsergebnisse				
Ergebnisübermittlung	Link per E-Mail	Link per E-Mail	Link per E-Mail	Link per E-Mail
Referenzsystem	ITRF05	ITRF05/NAD83	ITRF05/NAD83	ITRF05
Koordinatendarstellung	L,B,H/X,Y,Z	L,B,H/X,Y,Z/ UTM	L,B,H/X,Y,Z	L,B,H/X,Y,Z
Qualitätsinformationen	Kovarianzmatrix	Standardabweichungen	Standardabweichungen	–

Martin Giese et al. AVN 03/2011



PPP-Postprocessing Dienste (2)

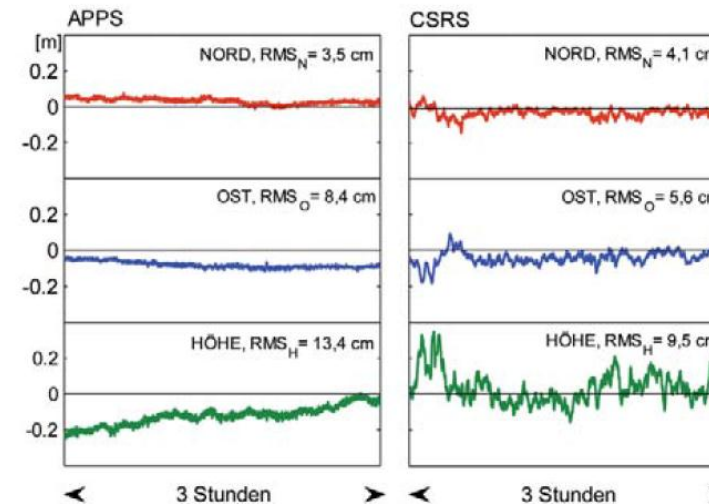
- Genauigkeiten (nach Giese et al, 2011):

- statisch:

- 1 h, gute Daten: $\sim < 7$ cm
- 1h mittlere Datenqualität: $\sim <$
- 24 h: 1-2 cm

- Kinematisch (2 Dienste)

- < 10 cm

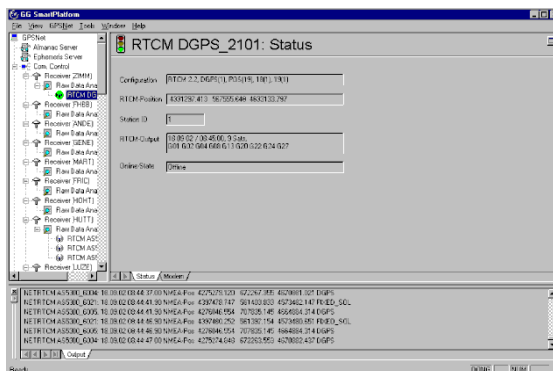
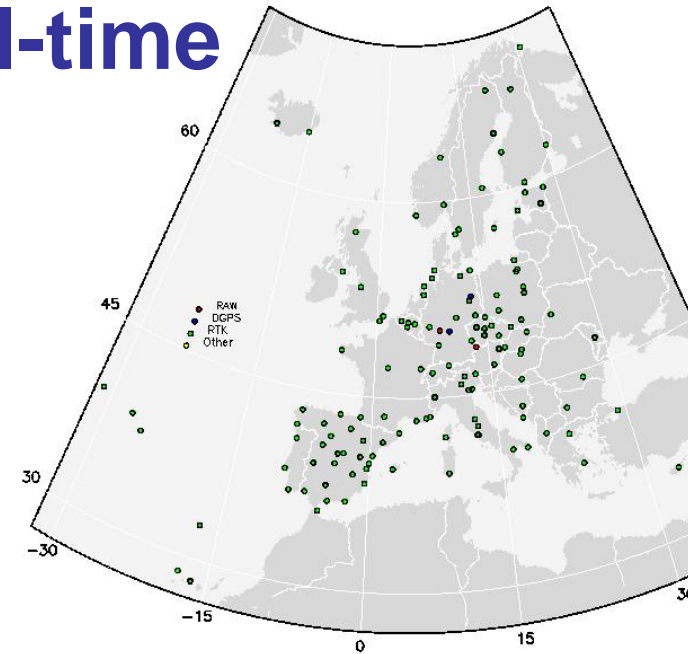


- Bemerkung: gratis Internetdienste über Netzwerk-GNSS
global: AUPOS, SOPAC
global kommerziell: GPS solutions (USA)
Diverse nationale: NGS (USA), Schweden (S)



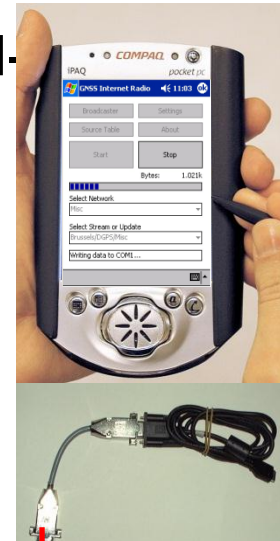
EUREF-IP / NTRIP / Real-time

- EUREF-IP (Internet Protocol) seit 2000 im Aufbau und seit mehreren Jahren ein Bestandteil von EUREF.
- Daten-Streaming in Echtzeit (zusätzlich zur Infrastruktur 1h/24h-RINEX-Daten)
- swisstopo-Test 2002: Radiobroadcasting von RTCM-Korrekturen über NTRIP.



RTCM
Generierung
(AGNES-
Station ZIMM)

Mobiler
Empfang (mit
NTRIP-
Dekodierung)



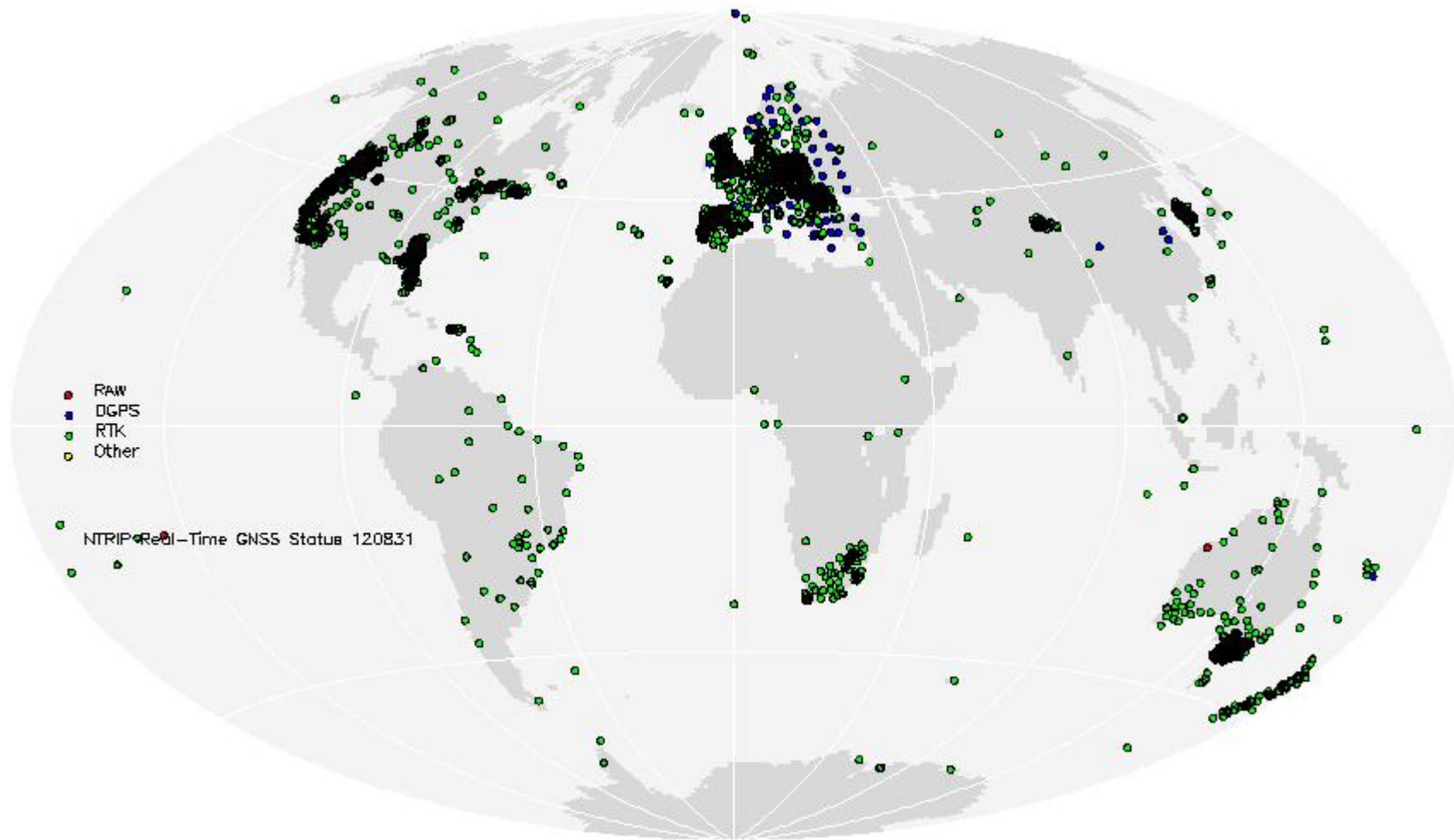


EUREF-IP / NTRIP / Real-time (2)

- NTRIP: “Networked Transport of RTCM via Internet Protocol”
- Infos auf <http://igs.bkg.bund.de/ntrip>
- Protokoll für das Streaming von verschiedensten GNSS Daten über das Internet (mittels Hypertext Transfer Protocol HTTP/1.1)
- NTRIP mittlerweile in den Firmwareversionen der Empfänger verfügbar. Dank an das BKG!!!
- swipos Positionierungsdienst mittlerweile 100% über NTRIP



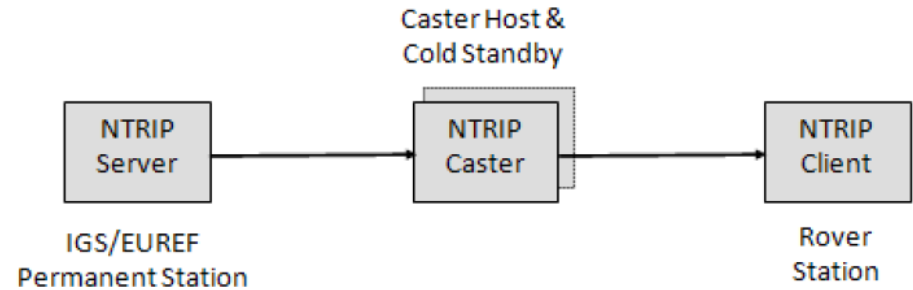
Weltweit verfügbare NTRIP-Datenströme





Broadcaster Konzept

Prinzip:



Gleichzeitig «zuhörende» Nutzer
verschiedenster Datenströme

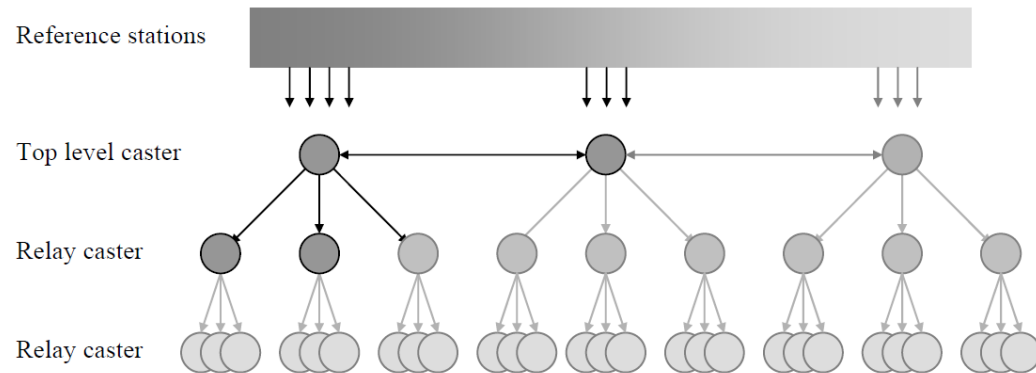


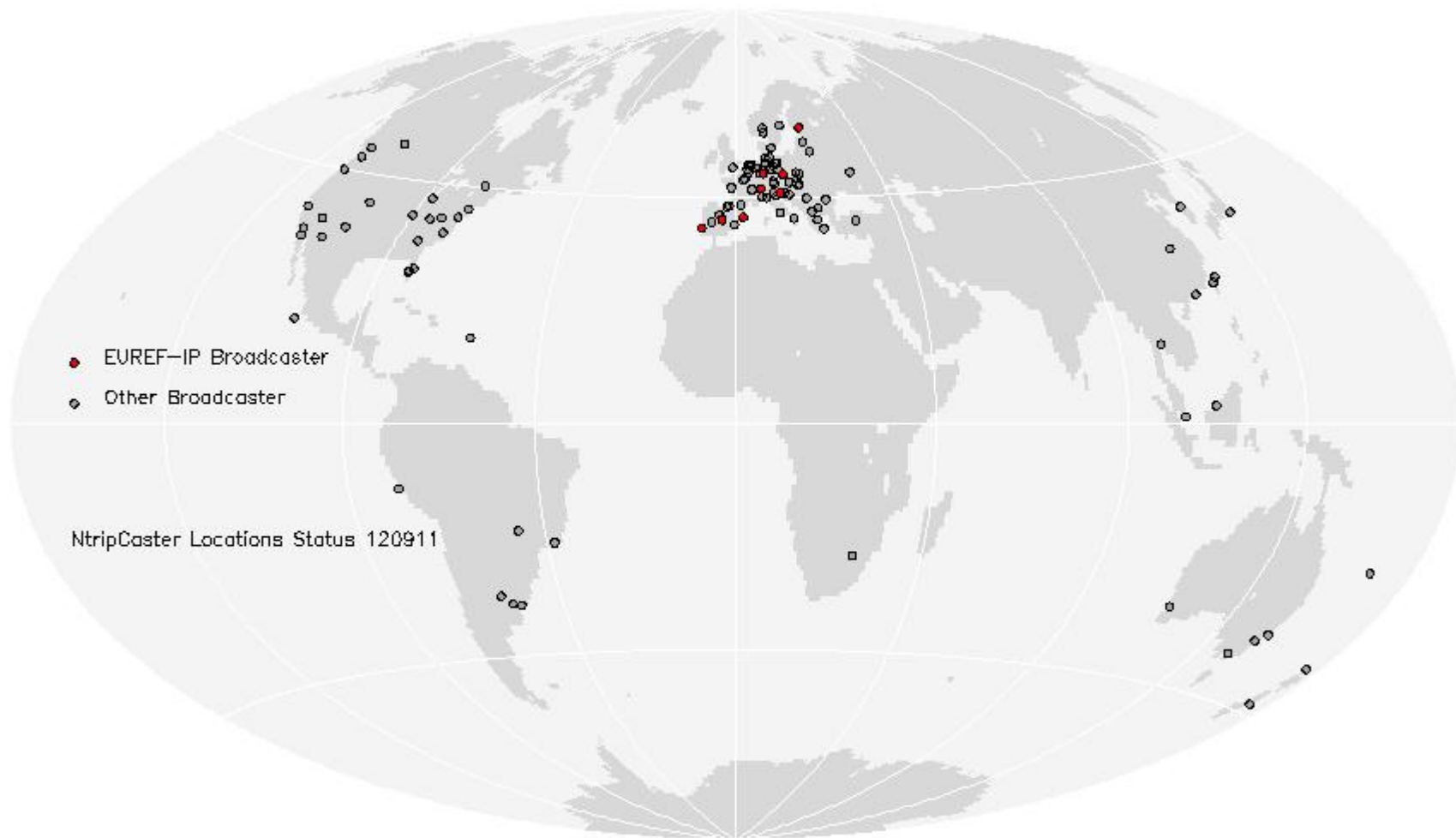
Figure 2: Stream dissemination concept

Regional Ntrip Broadcasters

NtripCaster	IP:Port	Operator & Registration Link	Country
EUREF-IP	www.euref-ip.net:2101	BKG	Germany
ASI - eGeos	euref-ip.asi.it:2101	ASI	Italy
EUREF-IP.BE	www.euref-ip.be:2101	ROB	Belgium



Broadcaster-Installationen



ZIM2-Daten kommen von
Broadcaster
www3.swisstopo.ch:8080



IGS: Real-time Service

- Real-time IGS Working Group seit 2001
- Real-time Pilot Projekt seit 2007
- Analysezentren für **real-time orbits+clocks aus globalen Netzen**: BKG, CNES, CTU, DLR, ESA, Geo++, GMV, GFZ, NRCan, Wuhan
- Ankündigung eines IGS Real-Time Service (1. Juni 2012)

Augmentation & Assistance

Innovation: Coming Soon

June 1, 2012

By: Mark Caissy, Loukis Agrotis, Georg Weber, Mani

GPS World

The Business and Technology of
Global Navigation and Positioning

The International GNSS Real-Time Service

The International GNSS Service has embarked on a project to provide a high-accuracy GPS satellite orbit and clock data service in real time. The service will also provide 1-Hz data streams of GPS and GLONASS data from a network of global continuously operating reference stations. The IGS real-time data and orbit and clock products will be of immense benefit for geoscience studies and a host of other science and engineering applications. A team of authors associated with this project discusses the genesis and status of the real-time service and the plans to provide an initial operating capability.

INNOVATION INSIGHTS with Richard Langley



Broadcaster von orbit+clock Produkten

Qual der Wahl!!!

[NTRIP orbit+clock Produkte](#)
[EUREF-IP orbit+clock Produkte](#)

Details of Streams Disseminated for EUREF and IGS

Caster IP:Port	Mountpoint & Input Streams	Ref. Point	GNSS	Messages	Orbits	Reference System	Analysis Center & SW	Register for access
products.igs-ip.net:2101	IGS01	APC	GPS	1059,1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008	SE Combination RETINA	Registration
products.igs-ip.net:2101	IGS02	APC	GPS	1059,1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008	KF Combination BNC	Registration
products.igs-ip.net:2101	IGS03	APC	GPS GLO	1057,1058,1059 1063,1064,1065	CODE Ultra Rapid	ITRF2008	KF Combination BNC	Registration
www.euref-ip.net:2101	EUREF01	APC	GPS	1059, 1060	IGS Ultra Rapid	ETRF2000	KF Combination BNC	Registration
www.euref-ip.net:2101	EUREF02	APC	GPS GLO	1057,1058,1059 1063,1064,1065	CODE Ultra Rapid	ETRF2000	KF Combination BNC	Registration
products.igs-ip.net:2101	CLK00	CoM	GPS	1059,1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008	BKG & CTU RTNet + BNS	Registration
products.igs-ip.net:2101	CLK01	CoM	GPS GLO	1059,1060 1065,1066	CODE Ultra Rapid	ITRF2008	BKG & CTU RTNet + BNS	Registration
products.igs-ip.net:2101	CLK10	APC	GPS	1059,1060	IGS Ultra Rapid	ITRF2008	BKG & CTU RTNet + BNS	Registration
products.igs-ip.net:2101	CLK11	APC	GPS GLO	1059,1060 1065,1066	CODE Ultra Rapid	ITRF2008	BKG & CTU RTNet + BNS	Registration
...								
www.euref-ip.net:2101	CLK41	APC	GPS GLO	1059,1060 1065,1066	IGS Ultra Rapid	ETRF2000	BKG & CTU RTNet + BNS	Registration
...								



PPP-RTK-Thematik: Aktualität

- Sehr viele wissenschaftl. Gruppen widmen sich momentan dem Thema
- Thema ist auch an den Konferenzen ein wichtiger Baustein;
Präsentationen online verfügbar
 - IGS-Biases Workshop Bern, Jan. 18-19, 2012,
(<http://www.biasws2012.unibe.ch/>)
 - PPP-RTK & Open Standards Symposium, Frankfurt, March 12-13, (<http://igs.bkg.bund.de/ntrip/symp>)
 - EUREF 2012, Paris, June 6-8 (<http://euref2012.ign.fr/>)
 - IGS 2012, July 23-27, Olsztyn,
(http://www.uwm.edu.pl/kaig/igs_workshop_2012/)
- Viele existierende und aufkommende kommerzielle Dienste



PPP-Software (Open Source)

- Entsprechend viele Softwarepakete entstehen zur Zeit
- EUREF-IP/BKG Software-Sammlung (alles OpenSource auf Windows und Linux verfügbar): [BNC und andere Open Source Software](#)

Multi-Function Ntrip Software and Assisting Tools

Name, Description	Operating System	Code Executable	Provider	Vers.	Type Size
BKG Ntrip Client (BNC) Decoder, Converter and Monitor reading RTCM 2.x and RTCM 3.x formats, supporting Real-time PPP, High-rate RINEX Data Centers, Real-time GNSS Engines and Real-time Combination Centers	64bit Red Hat Enterprise 4	Exe v2.7	Leos Mervart, Czech Technical University, Prague, Georg Weber, BKG, Frankfurt	2.7	ZIP ~10...17 MB
	32bit Red Hat Enterprise 5	Exe v2.7			
	64bit Red Hat Enterprise 5	Exe v2.7			
	64bit Red Hat Enterprise 6	Exe v2.7			
	64bit SUSE Linux 11.3	Exe v2.7			
	64bit Debian 6	Exe v2.7			
	Mac, Static Universal Binaries	DMG v2.6			
	Windows NT/2000/XP/Vista	Exe v2.7			
NtripClient, NtripServer, and NtripCaster Repositories, search for 'ntrip'	Unix/Linux, Distributions: SUSE, Fedora, Mandriva	RPM's or Search SUSE	Dirk Stoecker	--	--
RTKLIB, Open Source Program Package for RTK-GPS	Windows NT/2000/XP	RTKLIB	Tomoji Takasu, Japan	2.4	ZIP ~30 MB

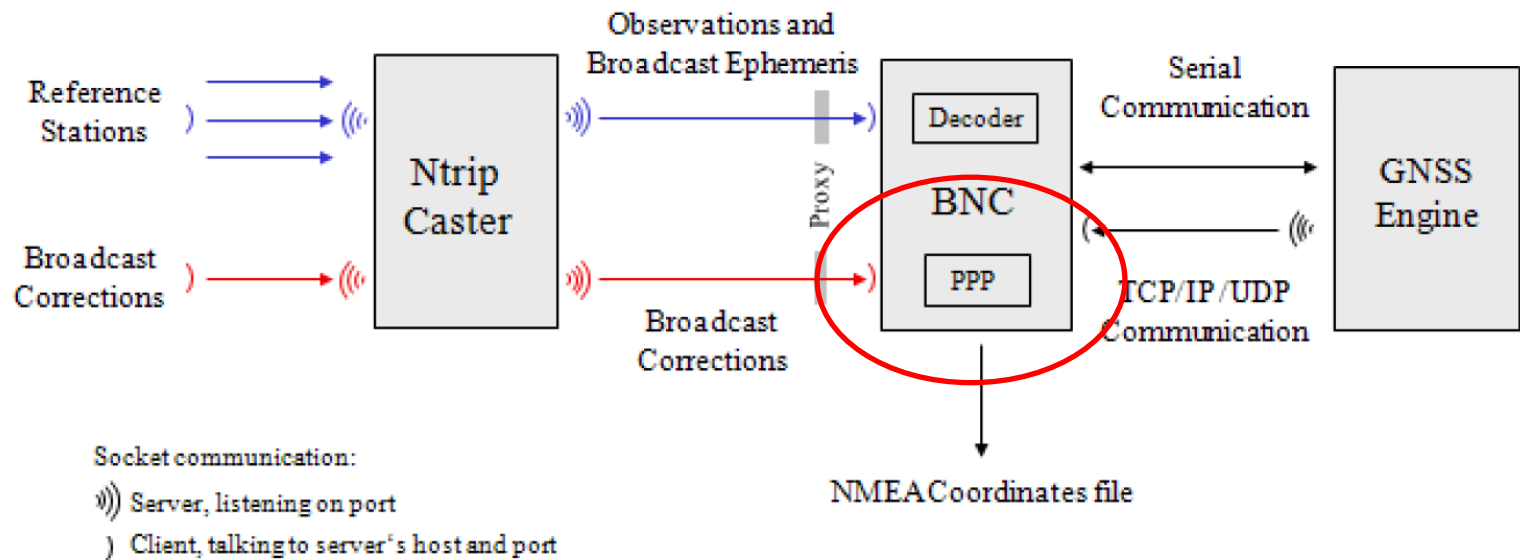
Version 2.7 seit 11.9.2012

- Hier vorgestellte OPEN Source Beispiele:
 - BNC (BKG Frankfurt, TU Prag): Windows, Linux
 - RTKLIB (Tomoji Takasu, Tokio University): Windows



BNC-Software: PPP-Funktionalität

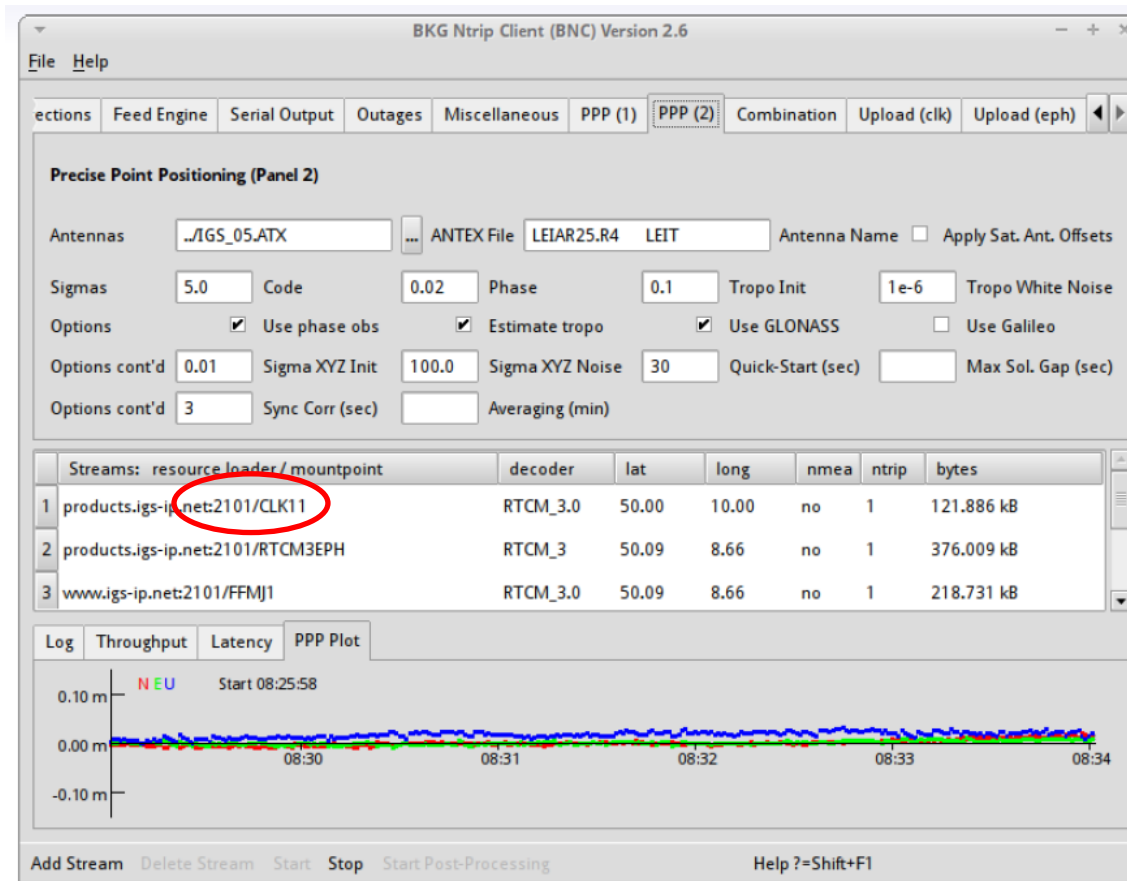
- GNSS-Daten aus Internet-Datenstrom oder von Empfänger an serieller Schnittstelle bzw. TCP/IP





BNC-Software: PPP-Beispiel

- Beispiel: PPP-Processing mit Internet-Datenstrom (Station FFMJ – Frankfurt, Mountpoint FFMJ1)



Verschiedene
“Reiter” ->
PPP-Optionen

Clocks, Orbits,
Ntrip-Daten

Koordinaten
(Details im Log-File)

Port 2101
muss
freigeschaltet
sein



BNC-Software: PPP-Optionen

- Single station: SPP oder PPP
- Echtzeit oder Postprocessing; GPS/GLONASS

Precise Point Positioning (Panel 1)

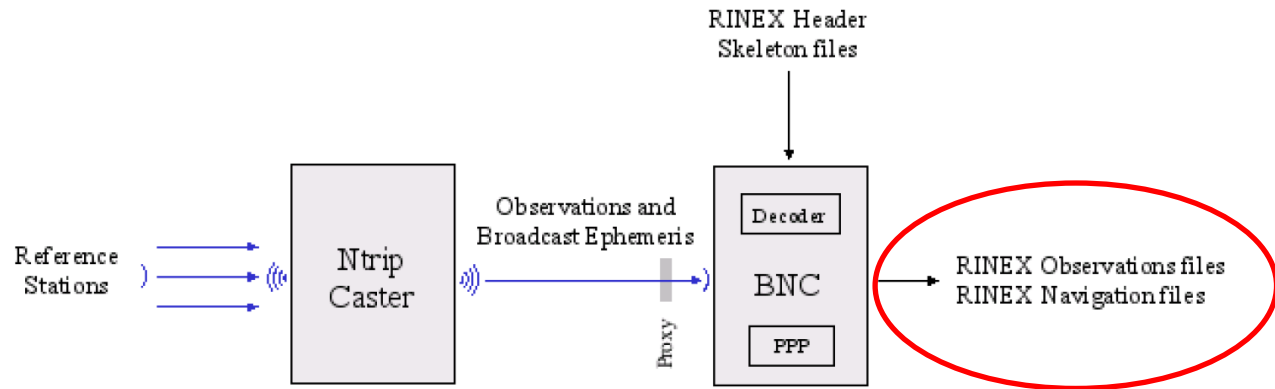
Obs Mountpoint	FFMJ1	PPP	X	4053455.82	Y	617729.74	Z	4869395.78
Corr Mountpoint	CLK11		dN		dE		dU	
Output	NMEA File		NMEA Port		PPP Plot	<input checked="" type="checkbox"/>		
Post-Processing	Obs		Nav		Corr			
	Output							

Precise Point Positioning (Panel 2)

Antennas	../IGS_05.ATX	...	ANTEX File	LEIAR25.R4	LEIT	Antenna Name	<input type="checkbox"/>	Apply Sat. Ant. Offsets
Sigmas	5.0	Code	0.02	Phase	0.1	Tropo Init	1e-6	Tropo White Noise
Options	<input checked="" type="checkbox"/>	Use phase obs	<input checked="" type="checkbox"/>	Estimate tropo	<input checked="" type="checkbox"/>	Use GLONASS	<input type="checkbox"/>	Use Galileo
Options cont'd	0.01	Sigma XYZ Init	100.0	Sigma XYZ Noise	30	Quick-Start (sec)		Max Sol. Gap (sec)
Options cont'd	3	Sync Corr (sec)		Averaging (min)				



BNC-Software: RINEX-Speicherung



Socket communication:
))) Server, listening on port
) Client, talking to server's host and port

Speicherung von mehreren
Datenströmen
in 15-Minuten
RINEX-3 Files

Proxy General **RINEX Observations** RINEX Ephemeris Broadcast Corrections Feed Engine Serial Out

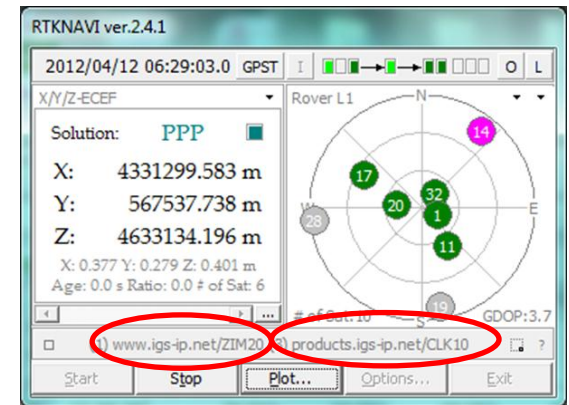
Directory: /home/webster/inex
Interval: 15 min Sampling: 0 sec
Skeleton extension: SKL
Script (full path): /home/webster/ftp2archive
Version 3: ☒
Saving RINEX observation files.

Streams:	resource loader / mountpoint	decoder	lat	long	name	ntrip	bytes
1	127.0.0.1:22000/UDPSTREAM	RTIGS	20.22	31.53	no	UN	0 byte(s)
2	dev-ty50-8-NONE-1-OFF-19200/ROVER	RTCM_2	50.53	9.91	no	S	0 byte(s)
3	www.euref-ip.net:2101/BOG10	RTCM_2.1	52.48	21.04	no	2	1.051 kB
4	www.gref-ip.de:2101/ERL40	ZERO	49.59	11.00	no	1	2.351 kB
5	www.igs-ip.net:2101/CHUR0	RTIGS	58.76	265.91	no	2	872 byte(s)
6	www.igs-ip.net:2101/CON20	RTCM_3	-36.84	286.98	no	2	2.152 kB



RTKLIB

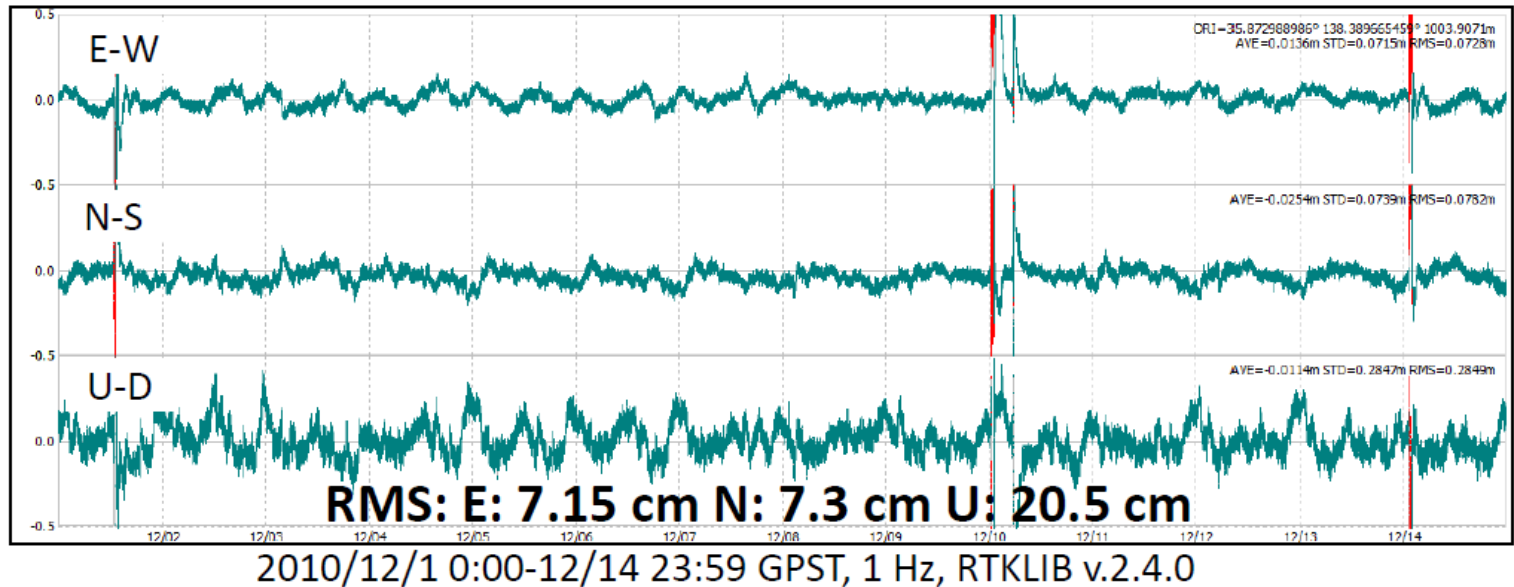
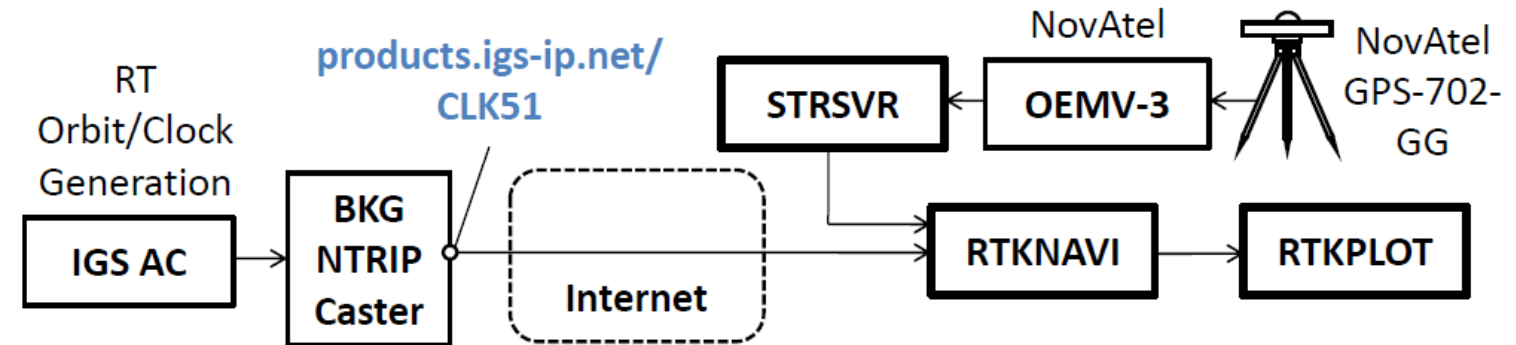
- Unterstützte Messmethoden:
 - single-point, DGPS / DGNSS
 - Network (kinematic, static)
 - PPP (kinematic, static)
- Programme
 - RTKNAVI, RTKRCV: real-time positioning
 - RTKPOST, RNX2RTKP: post-processing analysis
 - RTKPLOT: Visualisierung
 - RTKCONV, CONVBIN: RINEX translator for RTCM and receiver raw data log
 - STRSVR, STR2STR: communication utility
 - NTRIPSRCBROWS: NTRIP source table browser
- Unterstützt EUREF-IP/IGS Datenströme und viele Hersteller
- Unterstützt GPS, GLONASS, QZSS, SBAS, (Galileo)





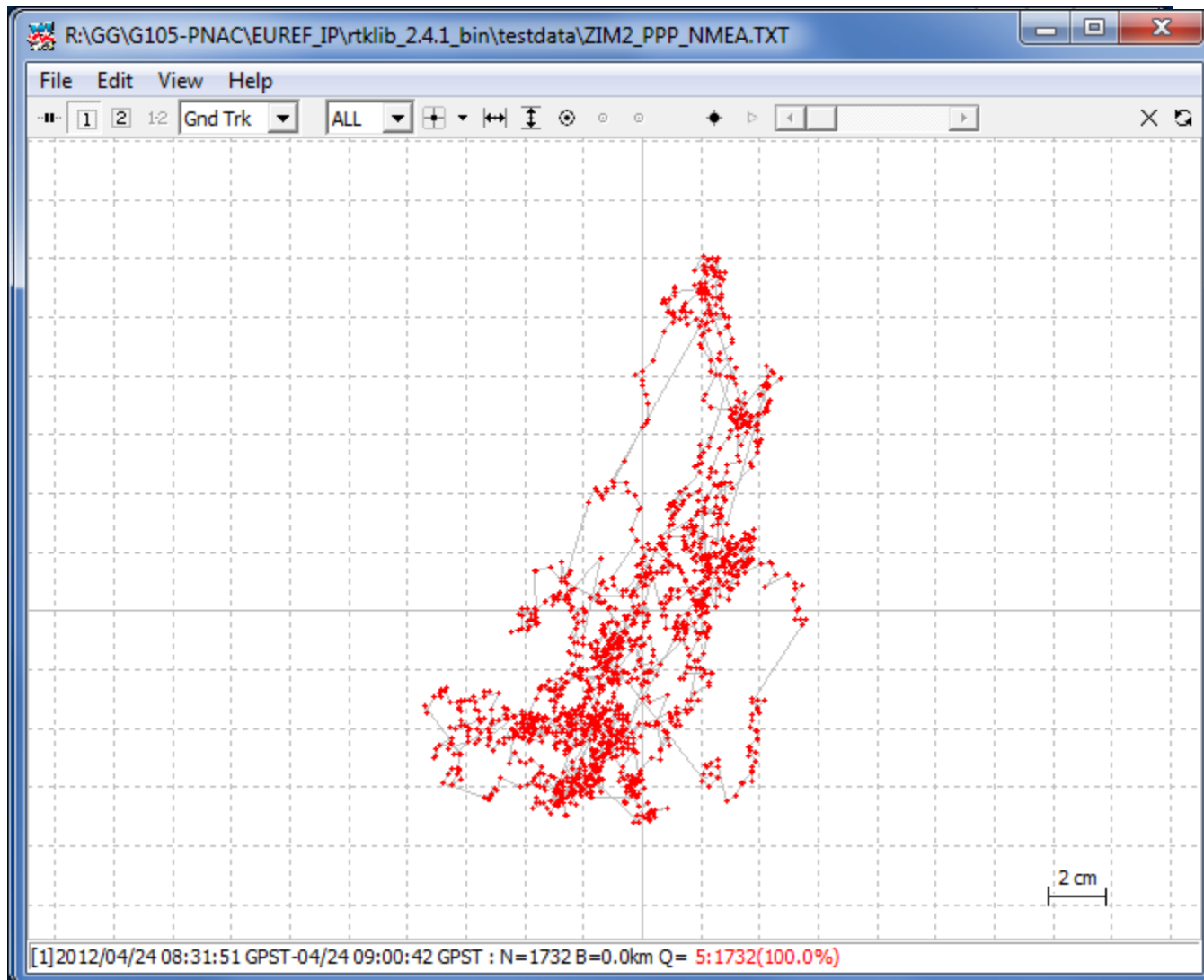
RTKLIB: PPP Beispiel

Real-time PPP with RT-IGS





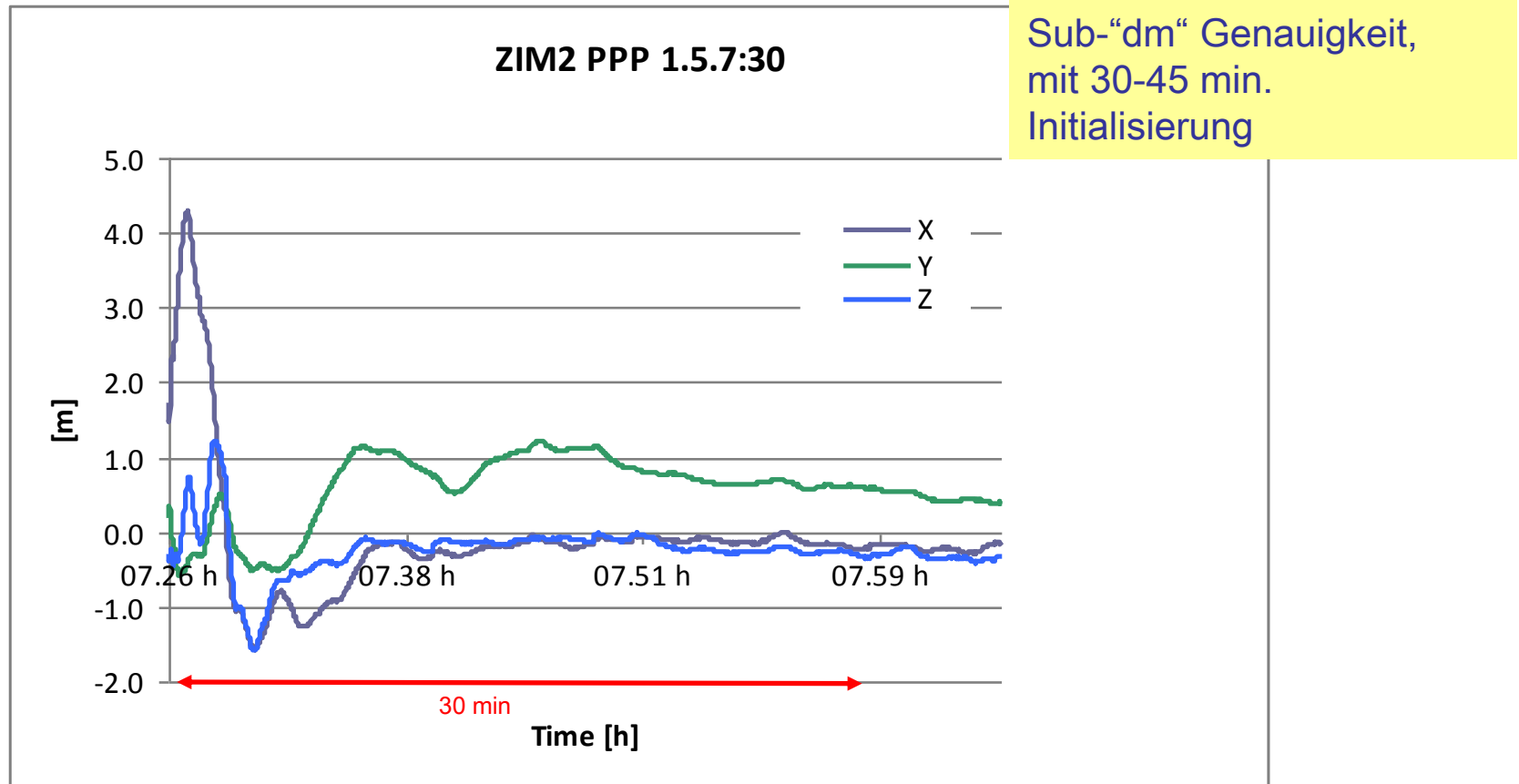
RTKLIB – PPP ZIM2 Visualisierung





PPP-swisstopo-linux: Beispiel ZIM2 Initialisierung

BNC: EUREF GPS+GLO PPP in ETRF2000, von CNES, DLR, BKG/CTU, GMV – 1. Mai, 2012





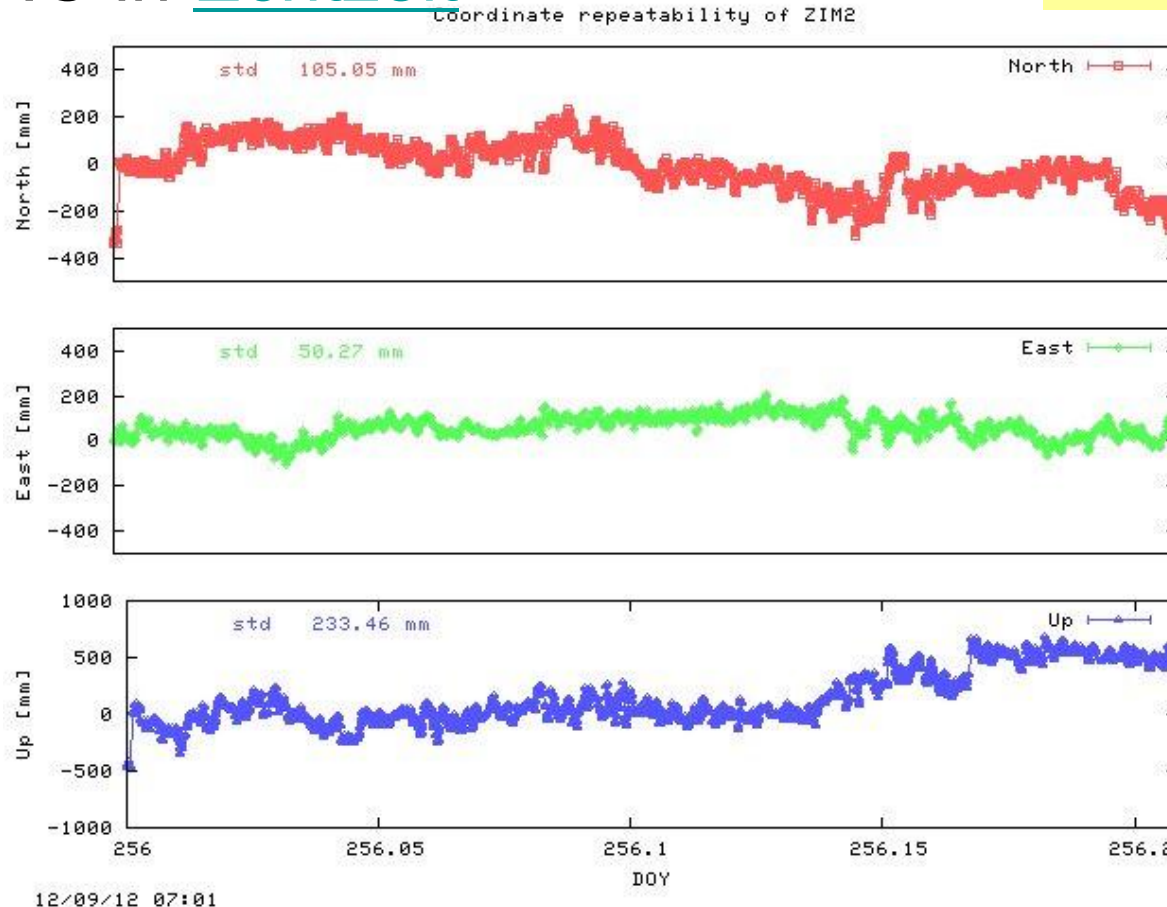
PPP-swisstopo-linux: Beispiel ZIM2

Performance

EUREF GPS+GLO PPP in ETRF2000, von CNES, DLR, BKG/CTU, GMV – 12. September, 2012

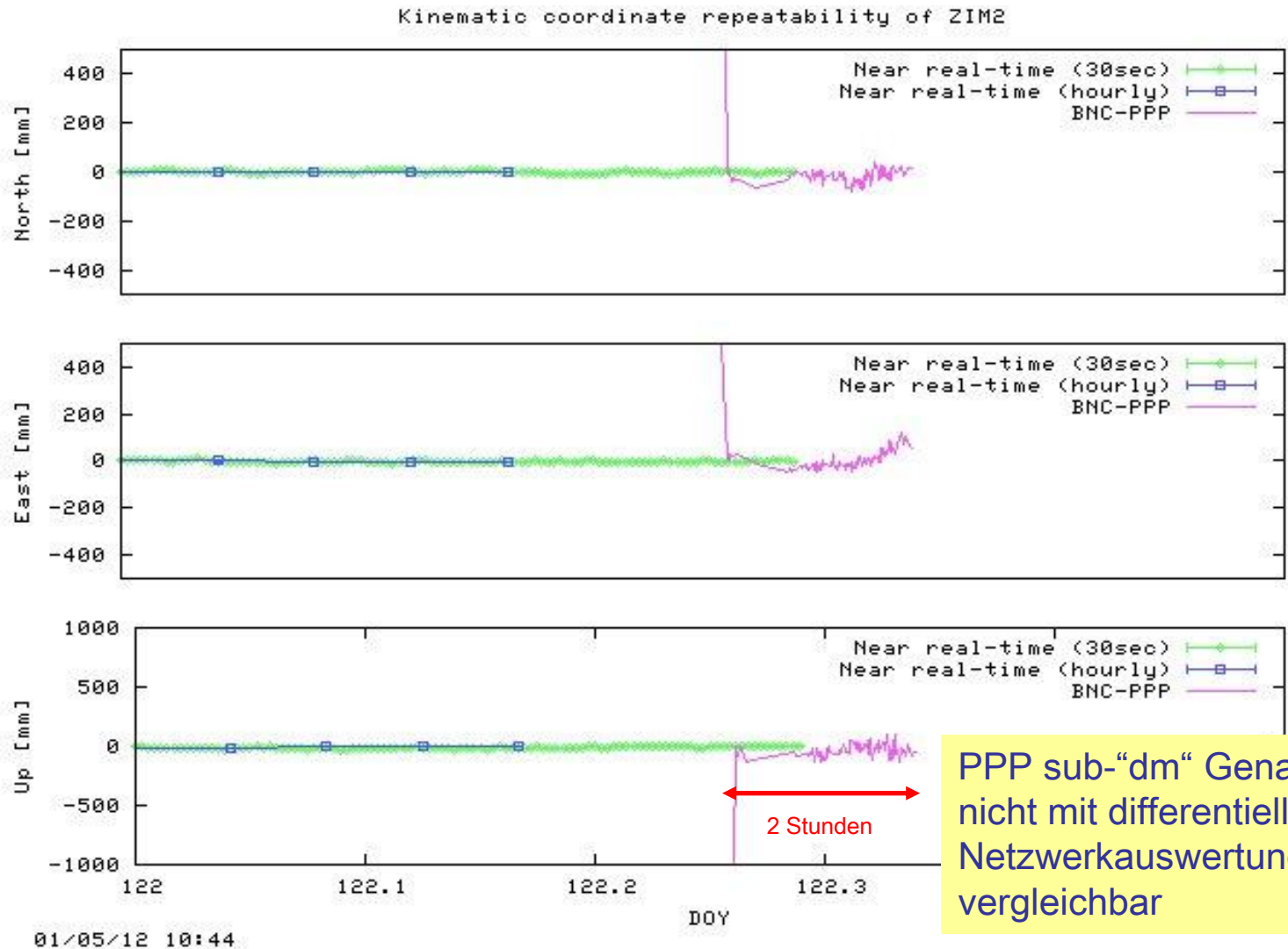
mit BNC in Echtzeit

Sub-“dm” Genauigkeit





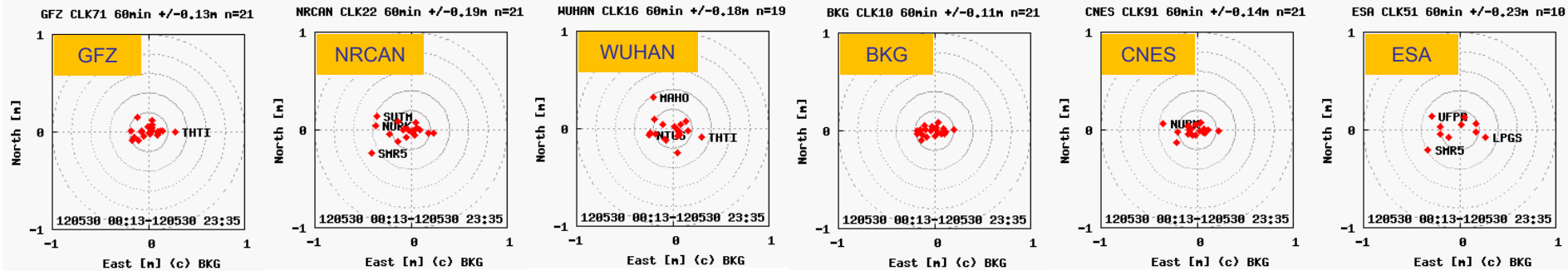
swisstopo-Monitoring: Beispiel ZIM2



PPP sub-“dm“ Genauigkeit
nicht mit differentieller
Netzwerkauswertung
vergleichbar

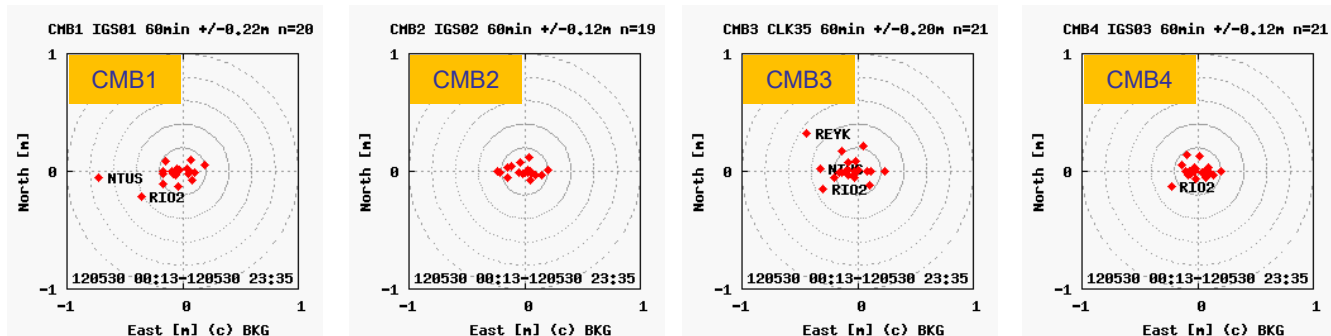


PPP-Genauigkeiten (BNC mit verschiedenen IGS-Produkten)



Konvergenzen, BKG,
30. Mai, 2012

Qual der Wahl:
nach 1 Stunde: $\sim < 20$ cm



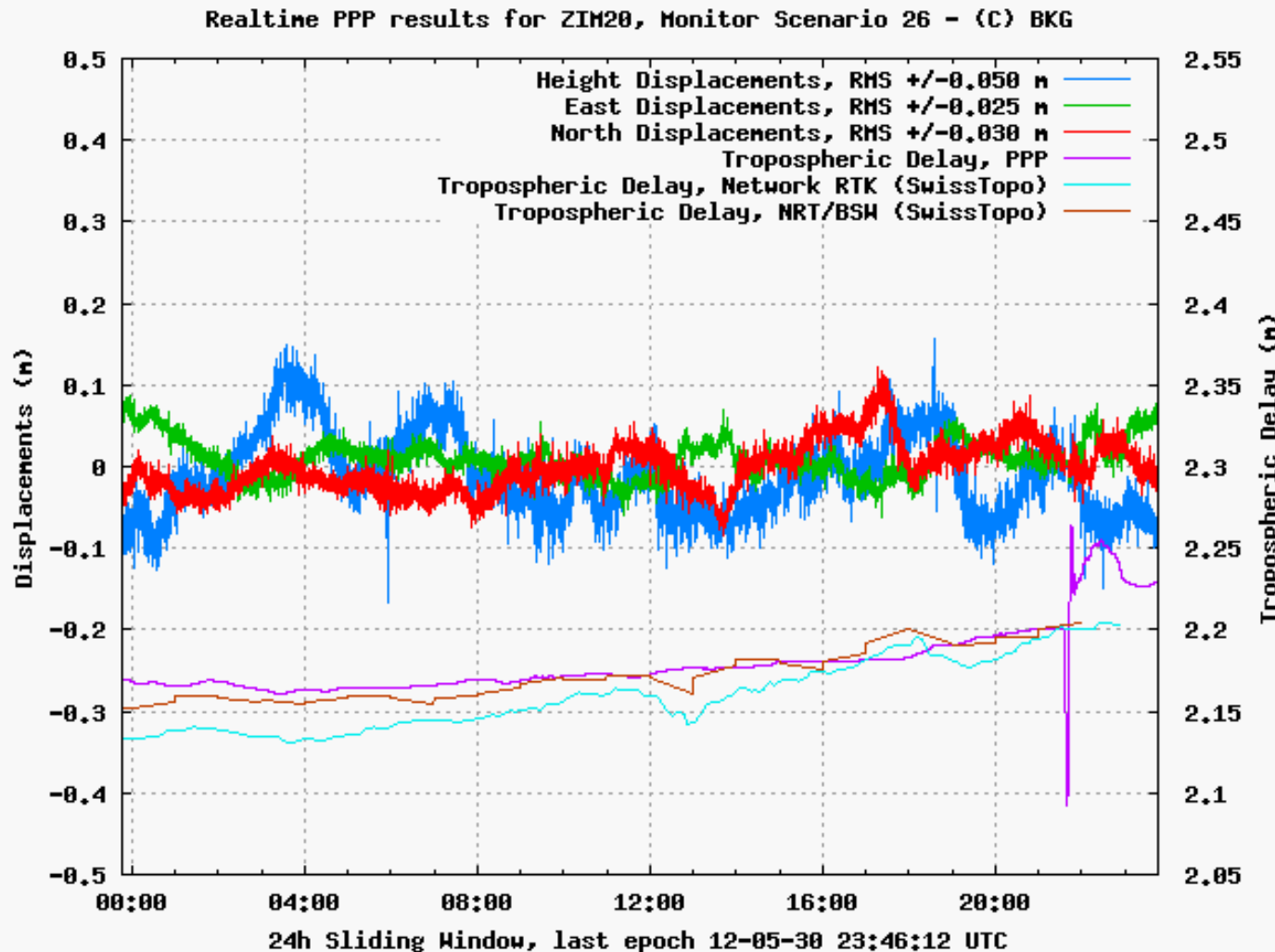


PPP (BNC am BKG): Beispiel ZIM2

EUREF GPS+GLO PPP in ETRF2000, Clock-Produkt EUREF02 by BKG & CTU – 12. Mai, 2012

mit BNC in Echtzeit

27 weitere Stationen / Konfigurationen in Echtzeit...



Koordinaten

Troposphären-
Parameter



Kinematische Beispiele: FHNW

- Projektarbeit FHNW (Prof. Sievers): S. Condamin, N Schenk (16.4.2012)



Messmodus	GNSS-RTK-PPP	swipos
Position auf Fahrzeug	Vorne	hinten
GNSS-Ausrüstung	Leica	Leica
Software	BNC, CLK91 Clock-Produkt	Firmware Leica
Koordinatensystem	ITRF2008	LV95
Internetzugang	UMTS-Modul des Notebooks	GMS-Handy
Stromversorgung	Notebook-Akku	Batterien
Initialisierungszeit	10 Minuten	15 Sekunden
Messfrequenz	1 Sekunde	1 Sekunde

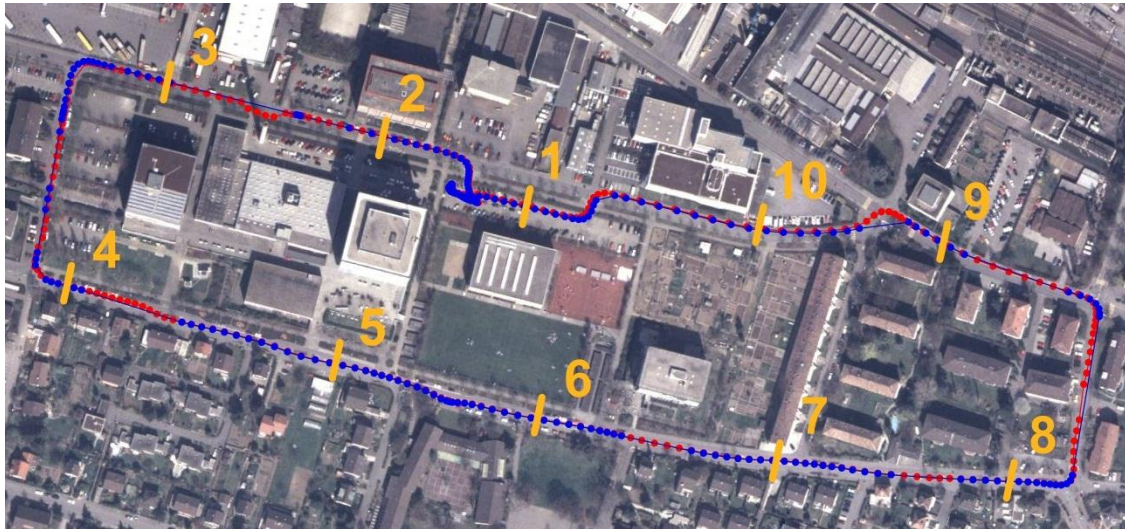


Kinematische Beispiele: FHNW (2)

- swipos mit weniger Ausfällen und schnellerer Initialisierung
- Differenzen (10 Querprofile) : 10-80 cm

GNSS-RTK-PPP-Daten:
swipos-Daten:

blaue Punkte / Linien
rote Punkte / Linien





PPP-RTK Services (nicht Open Standard)

Existierend

- Fugro / SeaStar
- Trimble RTX / OmniStar
- NavCom / John Deere
- VERIPOS
- Nexteq / i-PPP
- JPL / GDGPS
- (IGS Real-time Service)

Aufkommend

- QZSS Mitsubishi
- QZSS Jaxa
- Multi-constellation
Augmentation incl.
COMPASS, China

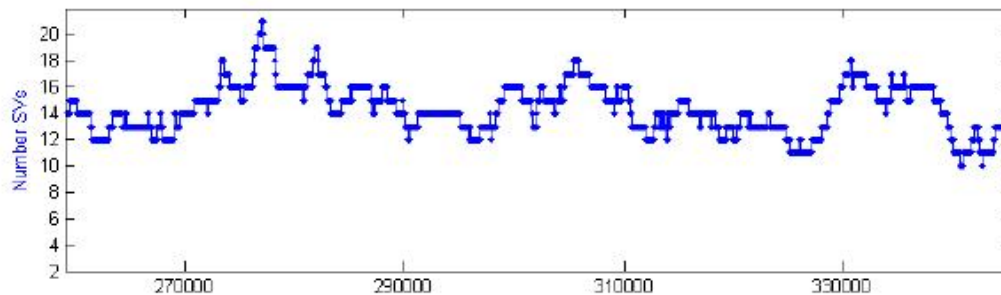
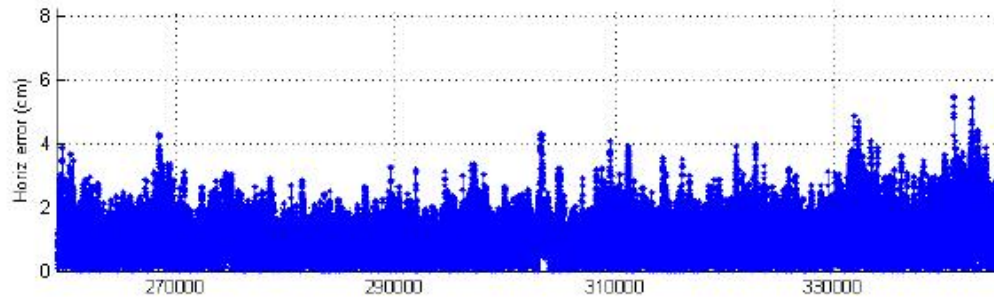


Beispiel 1: Fugro Offshore Positionierung



Beispiel 2: Trimble Regional RTX

Performance, Jan 11, 2012, 24 h, Chicago, Illinois: 21mm (95%)



24 hours



Initialization
in < 1 minute

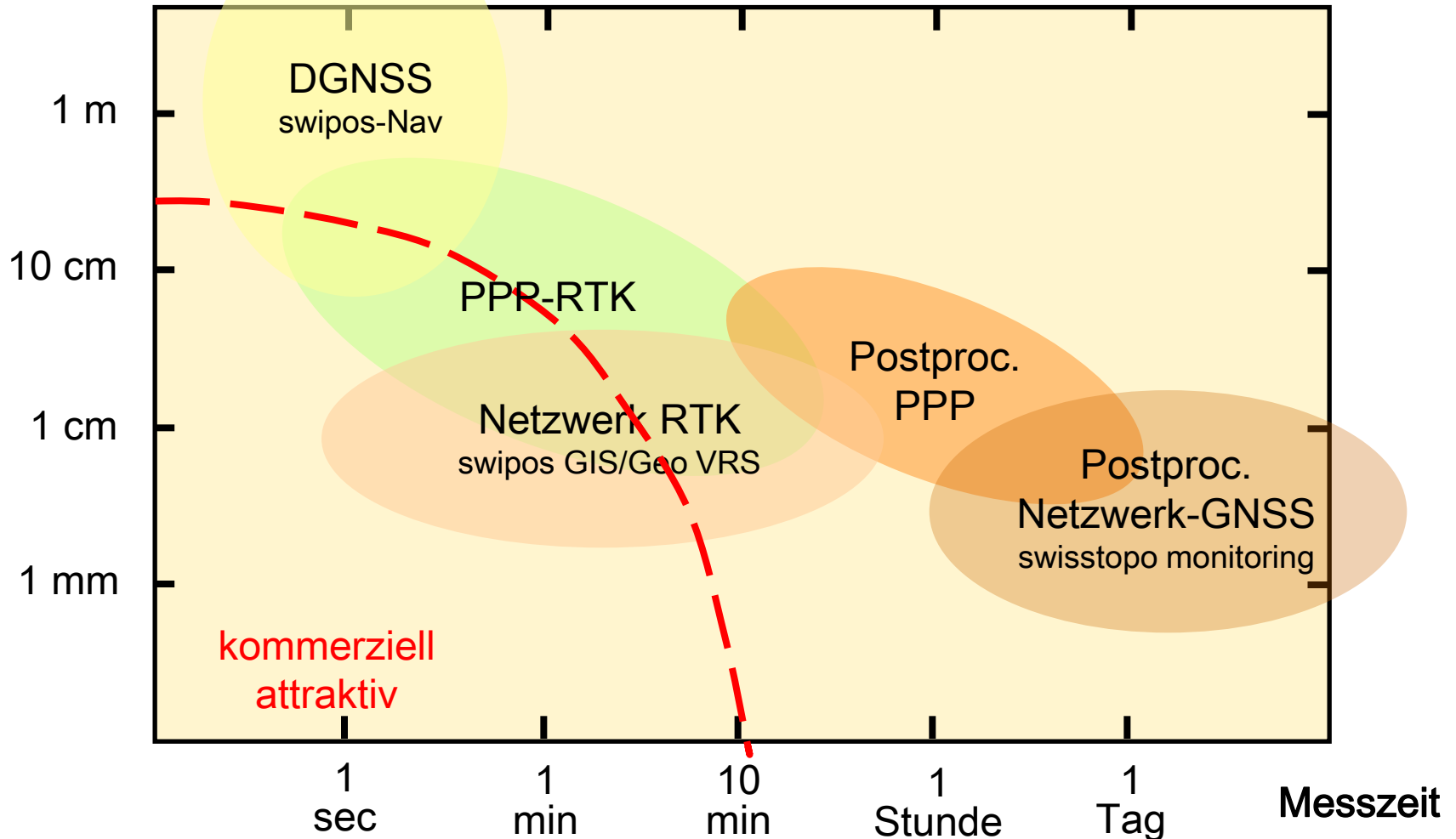
Positioning Services



GNSS-Anwendungen: Genauigkeit / Zeit

Kosten

Genauigkeit





Anwendungen: Themen

Netzwerk RTK

PPP-RTK

- Vermessung
- Kataster
- Ingenieurvermessung
- Deformationsmonitoring
- Überwachung
Permanentstationen /
Ingenieurbauten
- Maschinensteuerung

- Mapping / GIS
- Monitoring / Rutschungen / Erdbeben /
Tsunamies
- bewegte Plattformen (Satellite,
Flugzeuge, Schiffe, Bojen)
- Precise Farming
- GNSS-Meteorologie
- Space weather Vorhersage



PPP-RTK Factsheet

- Genauigkeit: Global sub-dezimeter in Echtzeit (+kinematisch)
- Problem der Initialisierung -> 30-60 Minuten
- Globale Infrastruktur GNSS vorhanden; viele existierende globale kommerzielle proprietäre PPP-RTK-Dienste / EUREF-IP+IGS-RT frei-verfügbare Dienste (+ Software)
- Höhere Genauigkeiten und schnelle Initialisierung benötigen «Local Augmentation» – sprich dichtere lokale Netzwerke/Stationen (Mehrdeutigkeiten, Meteomodellierung)
- PPP ist nur teils eine Alternative für bestehende Netzwerk-RTK-Nutzer, spricht aber einen breiten Nutzerkreis an
- Formate noch nicht standardisiert und daher PPP-RTK-Software noch nicht auf den Empfängern. RINEX3-Kompatibilität mit RTCM3-State-Space-Representation (SSR) und genauen 'High Precision Multiple Signal Messages' (HP MSM) in Bearbeitung



Ausblick (mittelfristig; Sicht swisstopo)

