



Nutzen der neuen Satellitensysteme Galileo und BeiDou für die Landesvermessung und die Positionierungsdienste

wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where

Utilité des nouveaux systèmes satellitaires Galileo et BeiDou pour la mensuration nationale et les services de positionnement

Swisstopo, 8. Dezember 2017

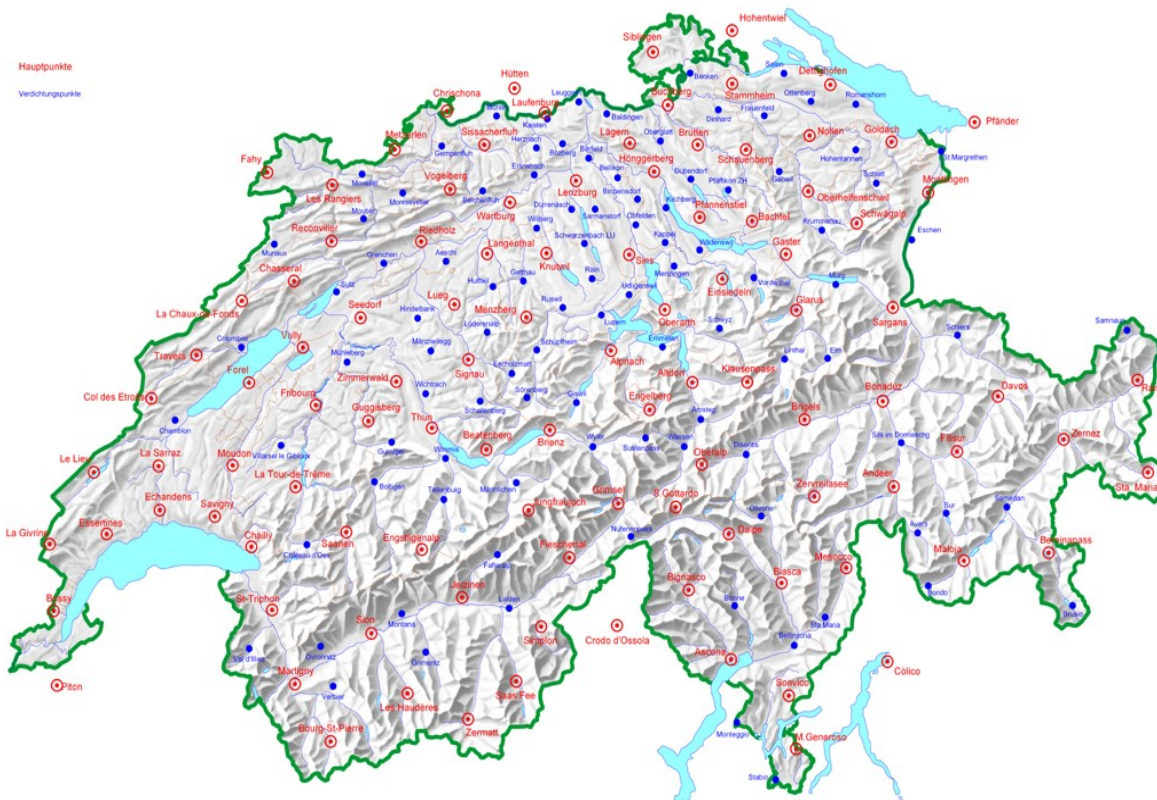
U. Wild, E. Brockmann, D. Andrey, J. Liechti



Landesvermessung mit GNSS

Mensuration nationale avec GNSS

- «Neue» satellitengestützte Landesvermessung (LV95)





Anwendungen :

- **Landesvermessung**
- **Wissenschaft**
(Atmosphärenforschung,
Geodynamik)
- **Grundlage für swipos-
GIS/GEO**



Aktuelle GNSS-Konstellation Zimmerwald

Constellation actuelle à Zimmerwald

Predicted Number of Satellites



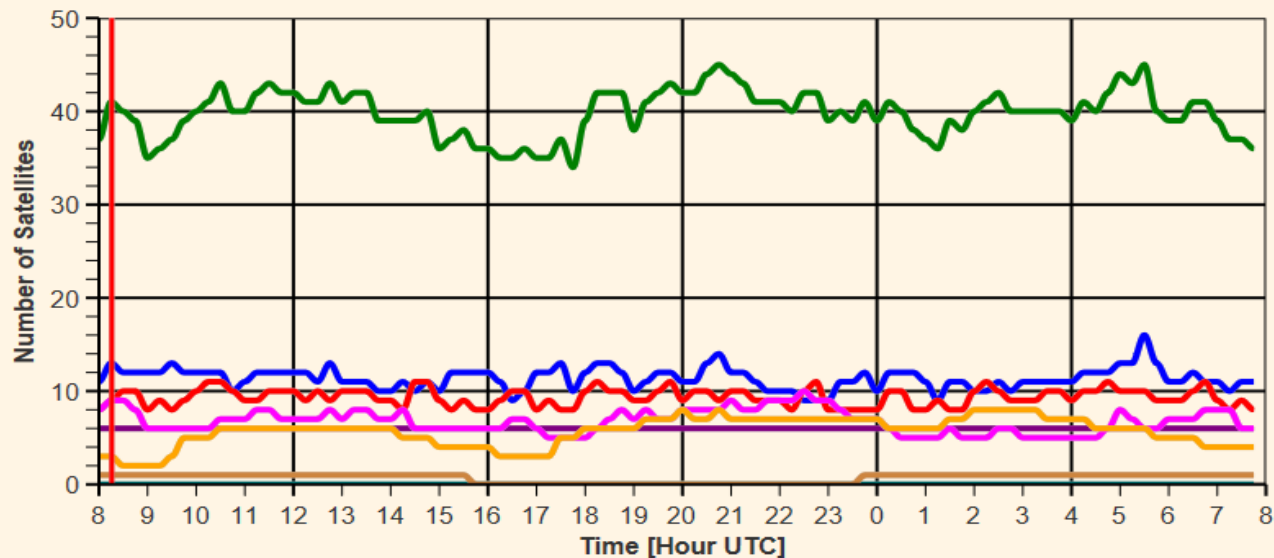
Elevation Mask°:

☐ Ignore Health

☒ Use Receiver Position

Elevation Mask: 0

Lat = 46.877099 Lon = 7.465027 Hgt = 955m



GPS Av.= 11.4 GAL Av.= 6.8 BDS Av.= 5.7 Total Av.= 39.8
GLN Av.= 9.3 SBAS Av.= 6.0 QZSS Av.= 0.7



GNSS-Konstellationen

Constellations GNSS

System	Current Const.	Final Const.	Type	Frequency	Remarks
GPS	32	32	MEO	L1 (1575.42 MHz) L2 (1227.60 MHz) L5 (1176.45 MHz)	Global
GLONASS	24	24	MEO	L1 (1598-1605 MHz) L2 (1242-1249 MHz) L3 (1207.14 MHz) L5 (1176.45 MHz)	Global
Galileo	18	30 (IOC: 18)	MEO	E1 (1575.42 MHz) E6 (1278.75 MHz) E5a (1176.45 MHz) E5b (1207.14 MHz)	Global
BeiDou	14	35	GEO/IGSO/MEO	B1 (1561.098 MHz) B2 (1207.14 MHz) B3 (1268.52 MHz)	Global / Regional
QZSS	1	7	IGSO	S-Band	Regional
IRNSS	4 (1/3)	7 (3/4)	GEO/IGSO	L5 (1176.45 MHz) S-Band (2492.08 MHz)	Regional



Geplante Satellitenstarts 2017/2018

Lancements de sat. prévus pour 2017/2018

Upcoming GNSS Satellite Launches				
System	Satellite	Launch Site	Launch Date (UTC)	Launch Time (UTC)
BeiDou-3	M1,M2	Xichang	5 November 2017	~ 11:40
BeiDou-3	M3,M4	Xichang	December 2017	TBD
Galileo	FOC FM15-18	Kourou	12 December 2017	18:36:07
IRNSS	1I	Sriharikota	January 2018	TBD
Galileo	FOC FM19-22	Kourou	mid-2018	TBD
GPS	GPS 3-1	Cape Canaveral	2018	TBD

Updated: 3 November 2017

Source: <http://gpsworld.com/resources/upcoming-gnss-satellite-launches/>



Herausforderungen Multi-GNSS

Défis du multi-GNSS

GNSS-MESSPRINZIP:

Jeder Satellit sendet in bestimmten Zeitintervallen **Signale** mit **seiner Position** und der **exakten Uhrzeit** aus. Aus den Signalen von mindestens vier Satelliten kann ein **GNSS-Empfänger** seinen Standort berechnen.

- Signale
 - > 200 Signale (Typ / Freq. / Track.)
 - Neue Datenformate
- Koordinatensysteme
 - WGS-84 / PZ-90 / CGCS2000
- Zeitsysteme
 - Ohne Schaltsekunden (GPS/GAL/BDS)
 - Mit Schaltsekunden (GLO)
- Empfänger / Antennen
 - Phasenzentrum (Lage / Stabilität)
 - Kalibration

Principe de mesure GNSS:

Chaque satellite envoit à certains intervalles de temps des **signaux** avec **sa position** et **l'heure exacte**. Un **récepteur GNSS** peut calculer sa position à partir des signaux de minimum quatre satellites.

- Signaux
 - > 200 signaux (type / fréq. / track.)
 - Nouveaux formats de données
- Systèmes de coordonnées
 - WGS-84 / PZ-90 / CGCS2000
- Systèmes de temps
 - Sans secondes intercalaires (GPS/GAL/BDS)
 - Avec secondes intercalaires (GLO)
- Récepteurs / Antennes
 - Centre de phase (Situation / Stabilité)
 - Calibration



Agenda

- **10:15 – 11:00**
PNAC / Landesvermessung (E. Brockmann)
[PNAC / Mensuration nationale / \(E. Brockmann\)](#)
- **11:00 – 11:15**
Aktueller Stand von Multi-GNSS bei swipos (D. Andrey)
[Etat actuel du multi-GNSS chez swipos \(D. Andrey\)](#)
- **11:15 – 11:30**
swipos Nutzen und Ausblick (J. Liechti)
[Utilité pour swipos et perspectives \(J. Liechti\)](#)



wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where

Nutzen der neuen Satellitensysteme Galileo und BeiDou für die Landesvermessung

Utilité des nouveaux systèmes satellitaires Galileo et BeiDou pour la mensuration nationale

E. Brockmann, S. Lutz, D. Ineichen, S. Schaer



PNAC Team

L'équipe PNAC

- Permanent Network and Analysis Center (PNAC)



Daniel
Ineichen



Stefan
Schaer



Simon
Lutz



Elmar
Brockmann



Hierarchische Permanentnetze

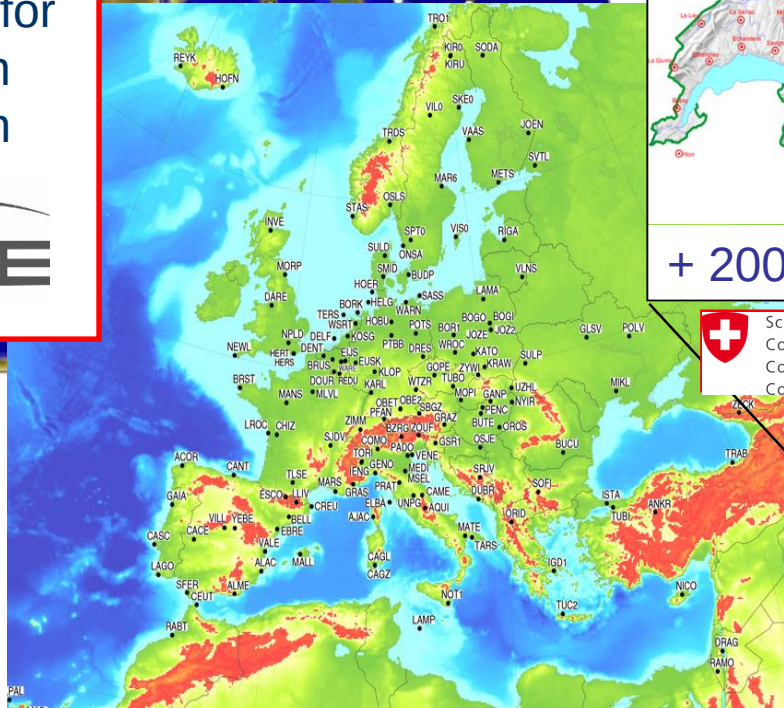
Réseaux permanents hiérarchiques

Univ. Bern: Center for
Orbit Determination
(CODE): Beitrag an
IGS
und
EUREF

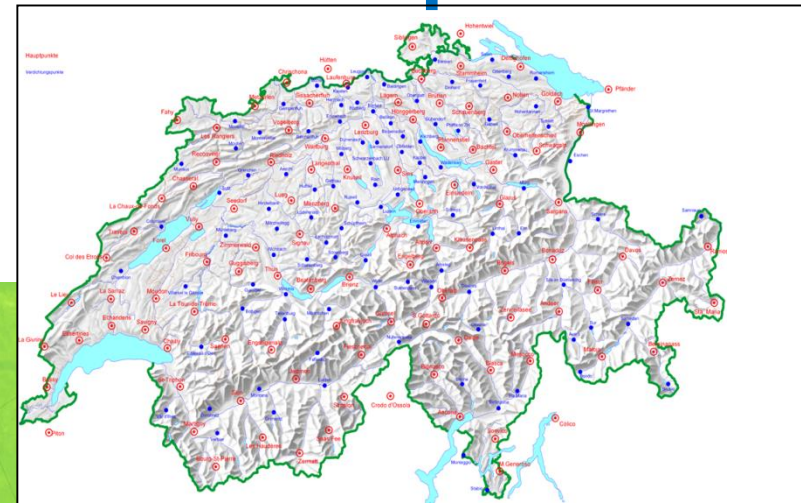


Global: IGS
Int. GNSS Service
(500 Stationen)

Europa: EUREF
(300 Stationen)



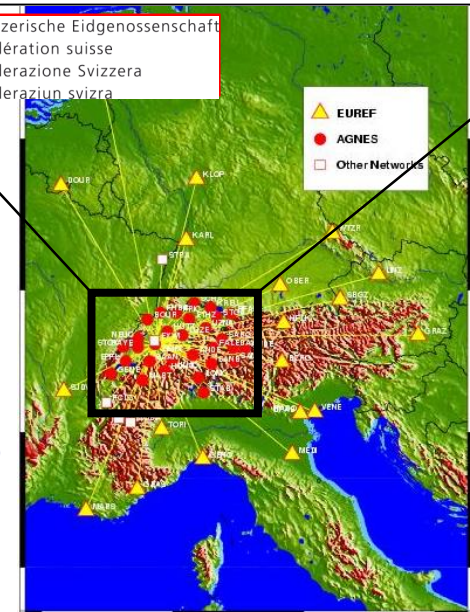
National: AGNES
(30 Stationen)



+ 200 LV95 Punkte; nicht perm.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

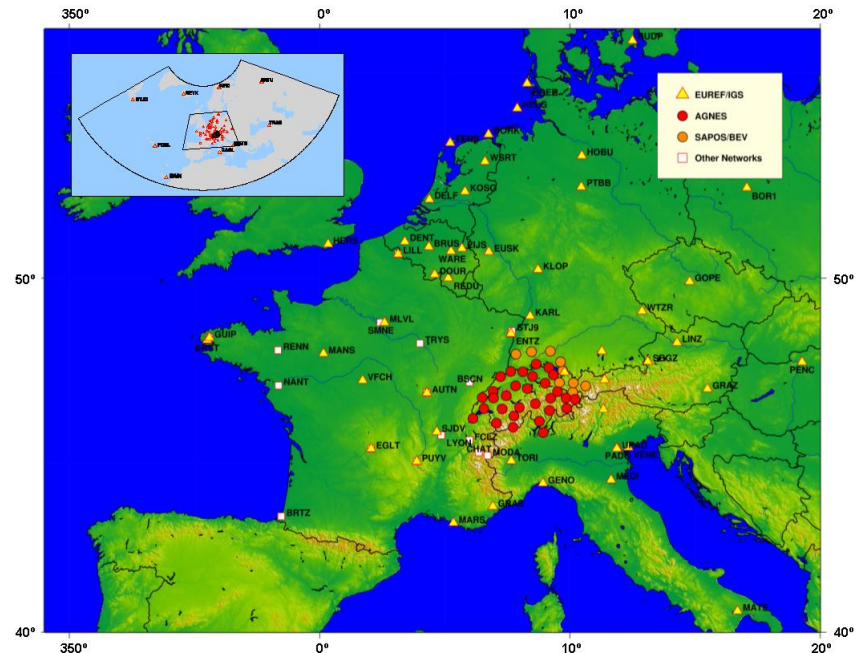




Auswertungen mit Berner Software

Exploitations avec le logiciel Bernese

Netzwerk (#Stationen)	Verfügbar	Kommentar
EUREF sub-network (>60)	100 % täglich	Referenzrahmen Europa 
AGNES + sub-network EUREF (>200)	100 % täglich	Referenzrahmen Schweiz  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra
AGNES + sub-network EUREF (>200)	98 % stündlich	Monitoring + Wettervorhersage  Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra 

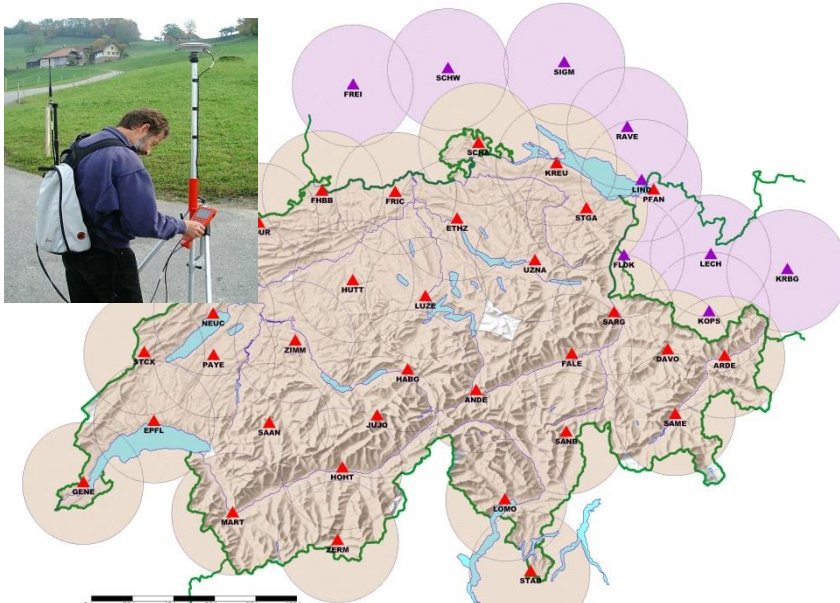
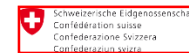
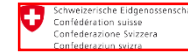




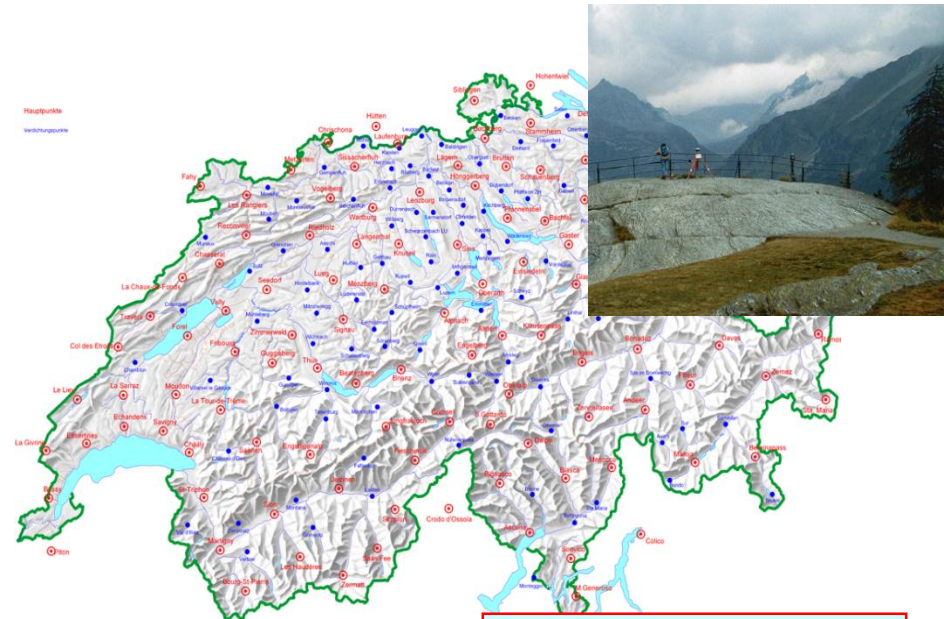
Auswertungen mit BSW Software und Trimble VRS

Exploitations avec Bernese et Trimble VRS

Netzwerk (#Stationen)	Verfügbar	Kommentar
AGNES + D-A Stationen (39)	98 % Echtzeit	Positionierungsdienst + Monitoring
LV95 Referenznetz (200)	100 % alle 6-7 Jahre	Referenzrahmen Schweiz



**AGNES+DACH Referenzstationen;
50 km Abstand;
seit 1998-2001; RTK**



**Nicht-permanent;
25 km Punktabstand;
seit 1988 - 1995**



“Multi-Purpose” Netz AGNES

Le réseau AGNES polyvalent

Automated GNSS Network for Switzerland (AGNES)

Im Einsatz

- Positionierung
- Referenzrahmenunterhalt
- Landesvermessung
- Wissenschaft
 - GNSS-Meteorologie
 - Geotektonik

AGNES zur Bereitstellung des schweiz. Koordinatenreferenzrahmens

- GLONASS Support seit Mitte 2007
- **Multi-GNSS** (GPS+GLO+GAL+BDS) Support seit 2015



Inhalt / Zeitablauf: Multi-GNSS

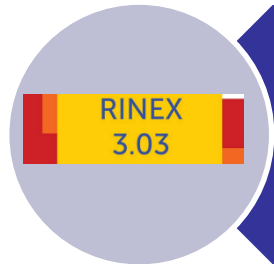
Parcours du temps vers Multi-GNSS

AGNES
CHTRF 2016



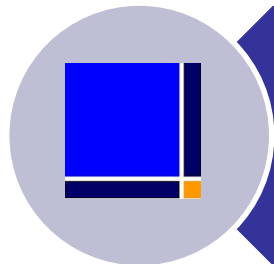
Infrastruktur
(Stationen)

Standards
Q-Monitoring



Datenfluss

Berner Software:
Resultate AGNES,
CHTRF 2016
operationeller Betrieb



Auswertung



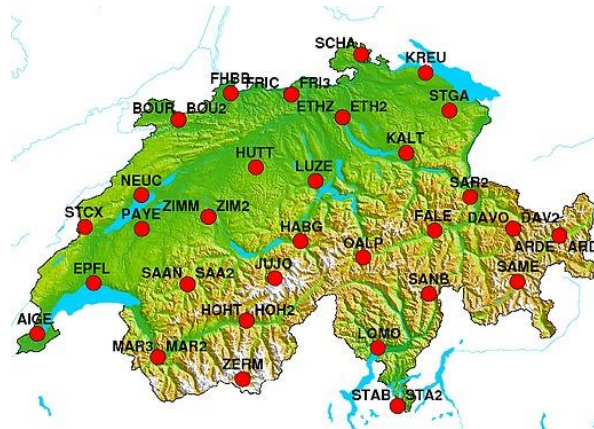
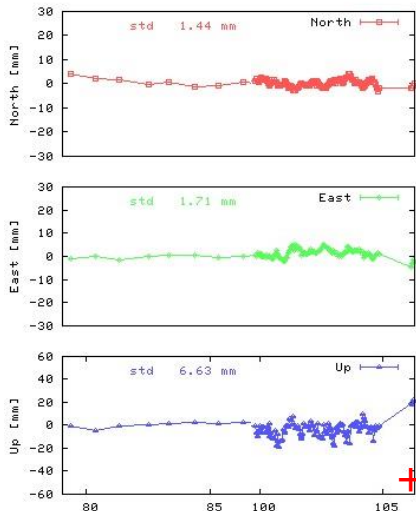
Multi-GNSS bei AGNES

Multi-GNSS pour AGNES

Multi-GNSS
Austausch
Format: RINEX-3

- Aug. 2011: ZIM2 RINEX-3 Files, März 2013: ZIM3 echter Multi-GNSS Empfänger: Abgabe IGS+EUREF
- Feb-Mai 2015: **alle 41 AGNES Stationen von GPS/GLO auf Multi-GNSS** (+ 15 Chokering Antennen; Sprung von ca. ~ 2 cm Höhe trotz **individueller Antennenkalibrierung (Roboter, nur GPS+GLO!)**: Trimble NetR9 Empfänger
- Juni 2015: **AGNES Datenfluss in RINEX-3**

PAYE

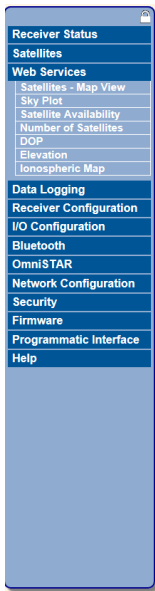


ZIMJ
(Javad)



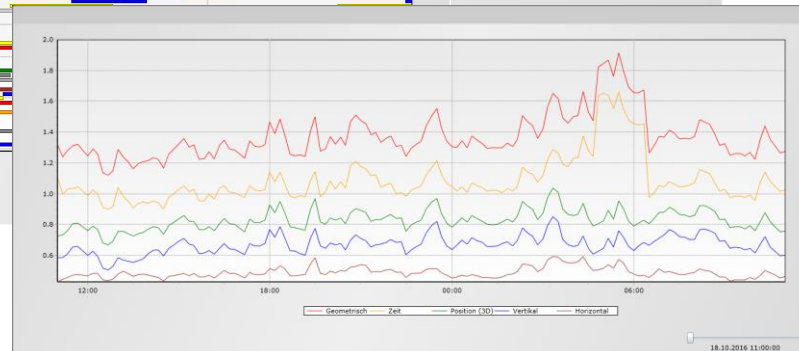
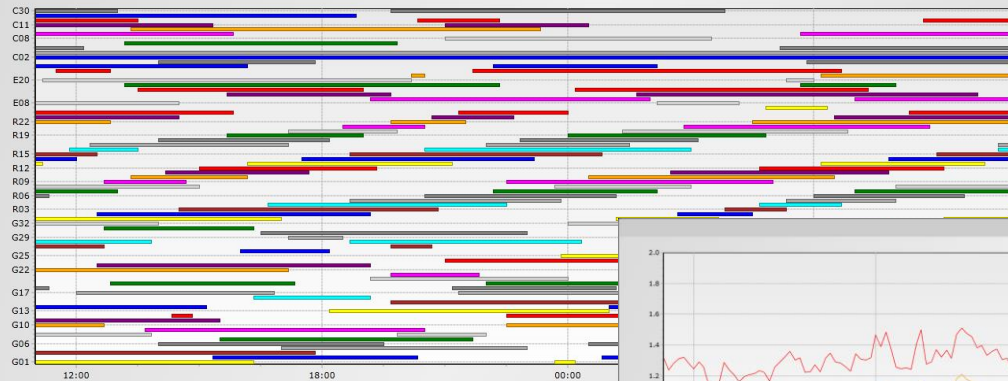
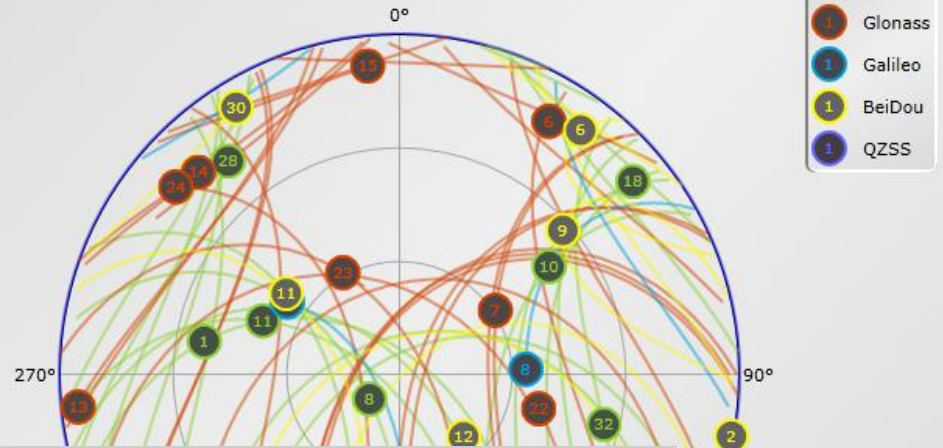
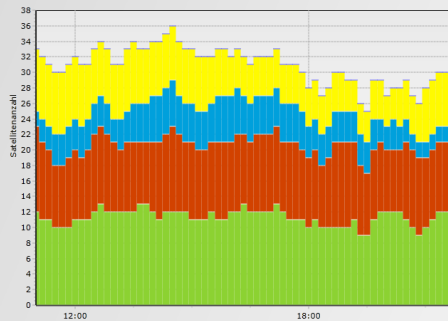


Multi-GNSS: ZIM3 Receiver



Predicted Number of Satellites

Satellite Type:
☒ Use Receiver Position



Multi-GNSS in der Landesvermessung

E. Brockmann et al.



Lange Filenamen in IGS and EPN

Les noms des fichiers longues

- ZIMX als “Station Manager”: praktische Umsetzung Test
- Meteo: nach ZIMM-Umsetzungen noch in Doku 3.02 integriert

GO - GPS Obs.,
RO - GLONASS Obs.,
EO - Galileo Obs.,
JO - QZSS Obs.,
CO - BDS Obs.,
IO - IRNSS Obs.,
SO - SBAS Obs.,
MO - Mixed Obs.,
GN - Nav. GPS,
RN - GLONASS Nav.,
EN - Galileo Nav.,
JN - QZSS Nav.,
CN - BDS Nav.,
IN - IRNSS Nav.,
SN - SBAS Nav.,
MN - Nav. All GNSS
Constellations)
MM-Meteorologica

Obs Files ZIM2:

Tag: zim22060.16d.Z -> ZIM200CHE_R_20162060000_01D_30S_MO.crx.gz

Stunde: zim2206g.16d.Z -> ZIM200CHE_R_20162060600_01H_30S_MO.crx.gz

Nav GPS Files ZIM2:

Tag: zim22060.16n.Z -> ZIM200CHE_R_20162060000_01D_GN.rnx.gz

Meteo Files ZIMM:

Tag: zimm2060.16m.Z -> ZIMM00CHE_R_20162060000_01D_30M_MM.rnx.gz

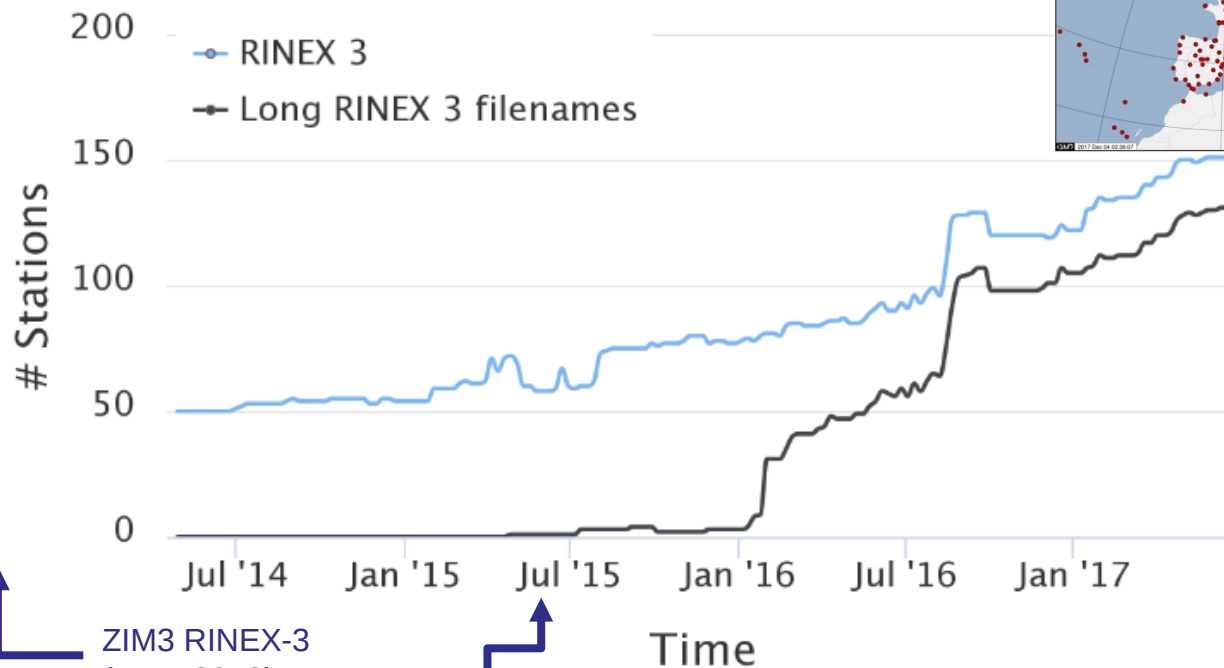


Multi-GNSS in Europa (EUREF)

Multi-GNSS en Europe

EUREF
Multi-GNSS
WG

- EUREF – Leitung der Multi-GNSS-Arbeitsgruppe



Total 320 Stationen

ca. 50% der EUREF-Stationen liefern RINEX-3

EPNCB, Nov. 2017

ZIM2 RINEX-3
(Aug. 2011)

ZIM3 RINEX-3
(März 2013)

AGNES RINEX-3



GNSS System	Freq. Band /Frequency	Channel or Code	Observation Codes			
			Pseudo Range	Carrier Phase	Doppler	Signal Strength
Galileo	E1 / 1575.42	A PRS	C1A	L1A	D1A	S1A
		B I/NAV OS/CS/SoL	C1B	L1B	D1B	S1B
		C no data	C1C	L1C	D1C	S1C
		B+C	C1X	L1X	D1X	S1X
		A+B+C	C1Z	L1Z	D1Z	S1Z
	E5a / 1176.45	I F/NAV OS	C5I	L5I	D5I	S5I
		Q no data	C5Q	L5Q	D5Q	S5Q
		I+Q	C5X	L5X	D5X	S5X
	E5b / 1207.140	I I/NAV OS/CS/SoL	C7I	L7I	D7I	S7I
		Q no data	C7Q	L7Q	D7Q	S7Q
		I+Q	C7X	L7X	D7X	S7X
	E5(E5a+E5b) / 1191.795	I	C8I	L8I	D8I	S8I
		Q	C8Q	L8Q	D8Q	S8Q
		I+Q	C8X	L8X	D8X	S8X
	E6 / 1278.75	A PRS	C6A	L6A	D6A	S6A
		B C/NAV CS	C6B	L6B	D6B	S6B
		C no data	C6C	L6C	D6C	S6C
		B+C	C6X	L6X	D6X	S6X
		A+B+C	C6Z	L6Z	D6Z	S6Z

12



ZIM2 Beispiel: RINEX-2 / RINEX-3

L'exemple ZIM2: RINEX-2 contre RINEX-3

- 3-Buchstaben-Codes RINEX-3:
 - C: Code, L: Phase, S: Signal-to-noise
 - Frequenzen: 1,2,5,6,7,8
 - Typen: C,W,X,Q,I,P

RINEX-3:

45 Beobachtungstypen / Epoche
GPS+GLO+GAL+BDS
3-Buchstaben-Codes

RINEX-2:

17 Beobachtungstypen / Epoche
GPS+GLO
2-Buchstaben-Codes

```
2.11      OBSERVATION DATA      M (MIXED)      RINEX VERSION / TYPE
teqc 2017Sep15      20171201 00:07:51UTCPGM / RUN BY / DATE
ZIM2
14001M008      MARKER NAME
TRIMBLE NETR9      SWISSTOPO      MARKER NUMBER
5429R49173      TRIMBLE NETR9      5.22      MARKER TYPE
60369      TRM59800.00      NONE      OBSERVER / AGENCY
4331300.1600      567537.0830      4633133.5100      REC # / TYPE / VERS
0.0000      0.0000      0.0000      ANT # / TYPE
APPROX POSITION XYZ
ANTENNA: DELTA H/E/N
WAVELENGTH FACT L1/L2
17 C1 L1 S1 P1 C2 L2 S2 P2 C5# / TYPES OF OBSERV
15 S5 C7 L7 S7 C8 L8 S8 # / TYPES OF OBSERV
30.0000      INTERVAL
2017 11 30 0 0 0.00000000 GPS TIME OF FIRST OBS
18 LEAP SECONDS
END OF HEADER
```

```
3.02      OBSERVATION DATA      M (MIXED)      RINEX VERSION / TYPE
NetR9 5.22      Receiver Operator      20171130 000000 UTC PGM / RUN BY / DATE
ZIM2      MARKER NAME
14001M008      MARKER NUMBER
GEODETTIC      MARKER TYPE
TRIMBLE NETR9      SWISSTOPO      OBSERVER / AGENCY
5429R49173      TRIMBLE NETR9      5.22      REC # / TYPE / VERS
60369      TRM59800.00      NONE      ANT # / TYPE
4331300.1600      567537.0830      4633133.5100      APPROX POSITION XYZ
0.0000      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H/E/N
G 12 C1C L1C S1C C2W L2W S2W C2X L2X S2X C5X L5X S5X      SYS / # / OBS TYPES
R 12 C1C L1C S1C C1P L1P S1P C2C L2C S2C C2P L2P S2P      SYS / # / OBS TYPES
E 12 C1X L1X S1X C5X L5X S5X C7X L7X S7X C8X L8X S8X      SYS / # / OBS TYPES
C 9 C1T L1T S1T C7T L7T S7T C6T L6T S6T      SYS / # / OBS TYPES
30.000      INTERVAL
2017 11 30 0 0 0.00000000 GPS TIME OF FIRST OBS
G L2X -0.25000      SYS / PHASE SHIFT
R L1P 0.25000      SYS / PHASE SHIFT
R L2C -0.25000      SYS / PHASE SHIFT
J L2X -0.25000      SYS / PHASE SHIFT
DBHZ      SIGNAL STRENGTH UNIT
24 R01 1 R02 -4 R03 5 R04 6 R05 1 R06 -4 R07 5 R08 6 GLONASS SLOT / FRQ #
R09 -2 R10 -7 R11 0 R12 -1 R13 -2 R14 -7 R15 0 R16 -1 GLONASS SLOT / FRQ #
R17 4 R18 -3 R19 3 R20 2 R21 4 R22 -3 R23 3 R24 2 GLONASS SLOT / FRQ #
GLONASS COD/PHS/BIS
END OF HEADER
```



Bernese Processing: Prioritätsliste

Attribution des types d'observation

- BSW kann «nur» 2 Frequenzen verwenden
- Auswahlpriorität muss vorgegeben werden:

GNSS observation selection for Bernese GNSS Software Version 5.3 29-Mar-2017

Format version: 1.00

Receiver type	S/S	O/F	RINEX observation codes and their priority									
*****	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
DEFAULT	G	C1	1C	1P	1W							
	G	C2	2P	2W	2D							
	G	L1	1C	1P	1W							
	G	L2	2P	2W	2D							
	R	C1	1C	1P								
	R	C2	2P									
	R	L1	1C	1P								
	R	L2	2P									
	E	C1	1X	1B	1C							
	E	C2	5X	5I	5Q							
	E	L1	1X	1B	1C							
	E	L2	5X	5I	5Q							
	C	C1	2X	2I	2Q							
	C	C2	7X	7I	7Q							
	C	L1	2X	2I	2Q							
	C	L2	7X	7I	7Q							
	J	C1	1C	1X	1S	1L						
	J	C2	2X	2S	2L							
	J	L1	1C	1X	1S	1L						
	J	L2	2X	2S	2L							

GPS

Glonass

Galileo

Beidou

QZSS



RINEX-3: Galileo je Hersteller

RINEX-3: Dépendance du fabricant

BSW Priorität Galileo

E	L1	1X	1B	1C
E	L2	5X	5I	5Q

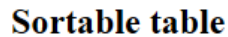
Typ "Phasenbeobachtungen":

Receiver	E1	E5a	E6	E5b	E5a+b
TPS NET-G5	L1B	L5I	L6B	L7I	L8Q
JAVAD TRE_3 DELTA	L1X	L5X		L7X	L8X
JAVAD TRE_G3TH DELTA	L1X	L5X			
LEICA GR10, GR25, GR30, GR50	L1C	L5Q		L7Q	(L8Q)
LEICA GRX1200+GNSS	L1C L1X	L5Q L5X	(L6A)	L7Q L7X	L8Q
SEPT POLARX4	L1C	L5Q		L7Q	L8Q
TRIMBLE NETR9	L1X	L5X		L7X	L8X



- Monitoring mit “Anubis” (GOPE) and “BNC” (BKG)

- 130 Stationen mit RINEX-3 (long and short names)
- BNC+gfzrnrx (GFZ) zum **editieren, zusammenführen**

[illegible]

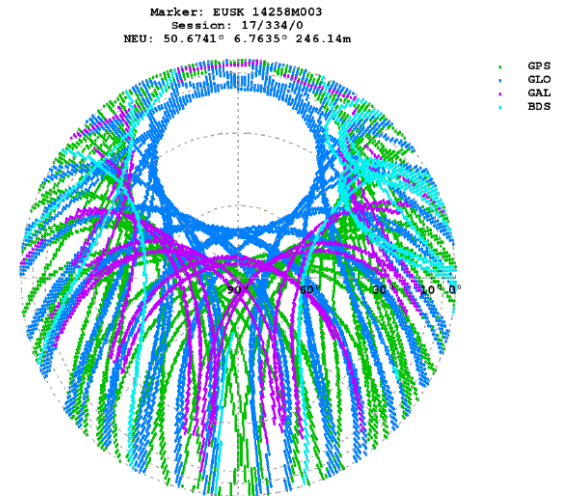
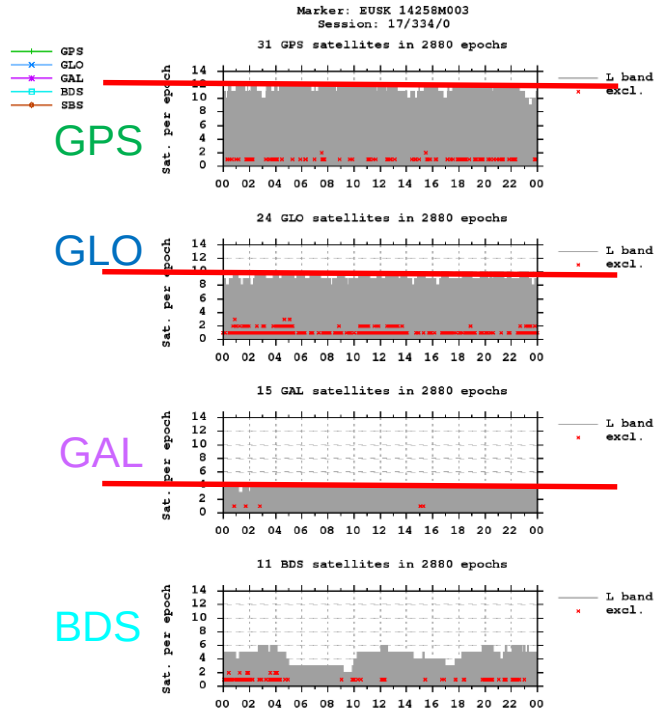
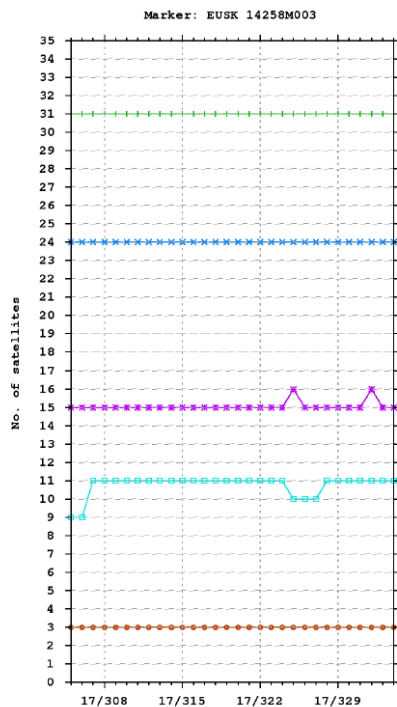
> 50 (R2) – 110 (R3)
Plots/Station/Tag



Beispiel EUSK (Deutschland, Leica)

L'exemple de EUSK

- Mit BDS aktiviertem Tracking: zu wenig Kanäle
- Limit: ≤ 4 Gal, ≤ 10 GLO, ≤ 12 GPS



GAL: keine tiefen Satelliten



Beispiel GLONASS: Signal-to-noise

L'exemple de GLONASS: Signal/bruit

BSW GLONASS Phasenchecks

CYCLE SLIPS AREAS OF MARKED OBSERVATIONS

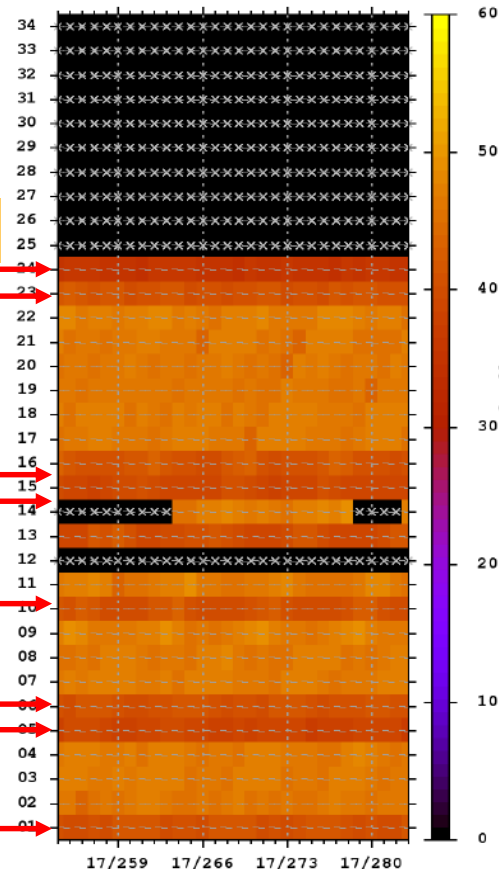
PRN DUA* DUA- UNP ELV GAR DUA* O-C DEL CLK GA

124	0	0	4533	72	4011	977				
123	0	0	780	628	1118	338	0	0	1	37
122	0	0	150	855	353	170	2304	0	1	26
121	0	0	171	741	427	246	0	0	1	29
120	0	0	64	454	265	214	0	0	1	31
119	0	0	115	647	292	194	2	0	1	43
118	0	0	119	606	250	121	2307	0	1	41
117	0	0	149	626	314	208	0	0	1	45
116	0	0	499	381	1310	802	2304	0	1	67
115	0	0	1271	424	1465	678	0	0	1	64
114	0	0	103	311	120	56	2314	0	18	20
113	0	0	437	209	841	352	2305	0	1	35
111	0	0	160	676	316	250	0	0	1	34
110	0	0	1067	522	1315	474	2307	0	1	60
109	0	0	128	867	776	1629	2304	0	1	111
108	0	0	131	658	332	234	0	0	1	51
107	0	0	115	600	236	166	0	0	1	43
106	0	0	432	341	761	390	2310	0	1	50
105	0	0	1621	279	2756	585	0	0	1	57
104	0	0	161	762	384	189	0	0	1	29
103	0	0	145	894	367	164	1	0	1	26
102	0	0	223	799	425	177	2304	0	1	26
101	0	0	791	473	986	332	0	0	1	40

«9 bad guys»

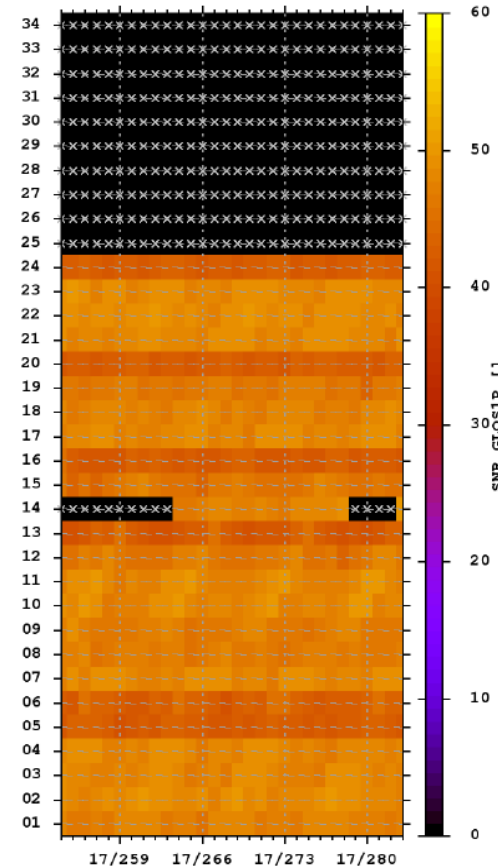
ARD2 GLO signal-to-noise
2C

Marker: ARD2
Session: 17/283/0



1P

Marker: ARD2
Session: 17/283/0



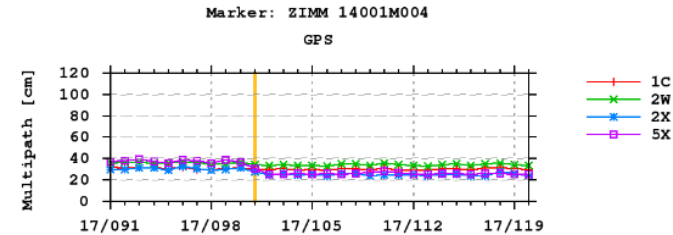


Firmware & RINEX-3

Firmware et RINEX-3



- Viele “Lessons learned”
 - Multi-GNSS monitoring (RINEX-3 checking)
 - Feldequipment Tests
 - “station manager” Zimmerwald
- Beispiel
 - Fehlende Beobachtungen (teils nur bei speziellen Antennen)
 - Format (Header; Beobachtungsrecords -> leere komprimierte RINEX-3 Files)
- diverse Bug-Reports an Hersteller...



Firmware 5.22
April 11, 2017





Feld Equipment swisstopo

L'équipement de terrain de swisstopo

- Alte “GPS-only” Empfänger „end-of-life“ erreicht
- Evaluation Kampagne in Thun (Dezember 2015)
- Alle Hersteller haben technische Spezifikationen erfüllt
- Kauf von 8 **Multi-GNSS** Empfängern und Antennen: Trimble NetR9 (Feb. 2016)





Zug GNSS Test Kampagne

Campagne de test à Zoug



- 5.-6. April 2016
 - 1 Session: alt-GPS-only
 - 1 Session: Multi-GNSS
- Datenfluss
(Format Korrekturen;
keine “APPROX POSITION”
in RINEX-3)
- BSW53 Tests
 - Installation und Fehlerbereinigung Entwicklungsversion
 - MGEX orbits von  (Uni Bern)
 - 60 verschiedene BSW53 BPE Alternativen analysiert





Einfluss: GPS → Multi-GNSS

L'impact GPS → Multi-GNSS

Session 1 versus Session 2

FILE 1: F1_160970.CRD: AUTOCAMP_160970: Final session coordinate results
FILE 2: F1_160980.CRD: AUTOCAMP_160980: Final session coordinate results
LOCAL GEODETIC DATUM: IGB08
RESIDUALS IN LOCAL SYSTEM (NORTH, EAST, UP)

NUM	NAME	FLG	RESIDUALS IN MILLIMETERS			
1	1100	A A	-0.08	0.01	0.58	
2	1131.652 (LV95: Menzingen)		-0.37	1.79	13.27	V
3	1200	A A	-0.95	0.67	0.20	
4	1300	A A	0.22	-0.50	-1.24	
5	300	A A	0.45	-0.28	-0.60	
6	800	A A	0.36	0.09	1.06	
RMS / COMPONENT			0.57	0.44	0.92	
MEAN			0.00	0.00	0.00	
MIN			-0.95	-0.50	-1.24	
MAX			0.45	0.67	1.06	



Vergleich: Alt (GPS) – Neu (Multi-GNSS)

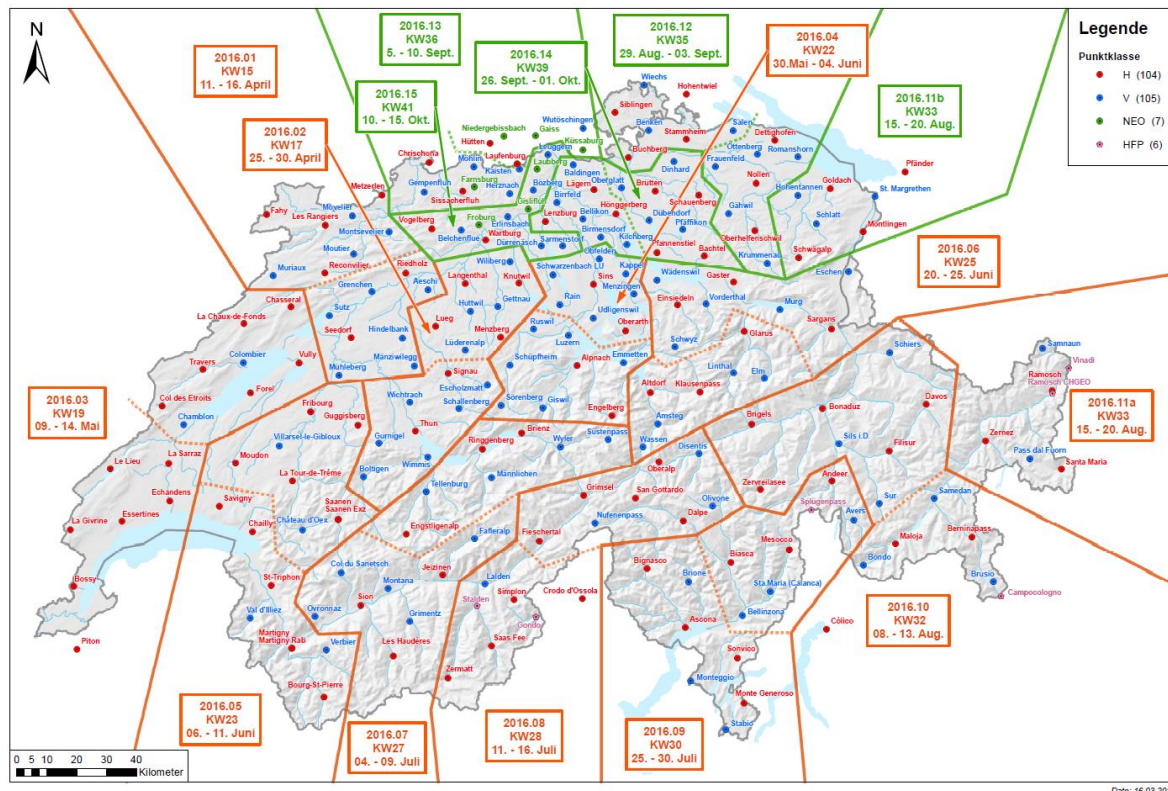
Stahlmast vs. Stativ
→ Stativ für CHTRF2016



CHTRF2016: Multi-GNSS Kampagne

CHTRF2016: Campagne Multi-GNSS

- Alle ~200 Referenzpunkte zu messen im Sommer 2016
- **Multi-GNSS Erfahrungen** erweitern (permanente Auswertungen erst später; **weniger zeitkritisch**)





CHTRF2016: Multi-GNSS Kampagne

CHTRF2016: Campagne Multi-GNSS

- 10 Beobachter
- 15 Wochen (Mo – Sa)
- 11. April – 14. Oktober, 2016
- Leitung: S. Beckel und J. Carrel (ehemalig Prozess Fixpunkte)
- Datenauswertung mit Ziel: **Multi-GNSS; BSW53**
 - Horizontale Position ~ 1 cm
 - Vertikale Position: Wechsel des Antennenkalibrationsmodells von “relative C01” in “absolut C08”



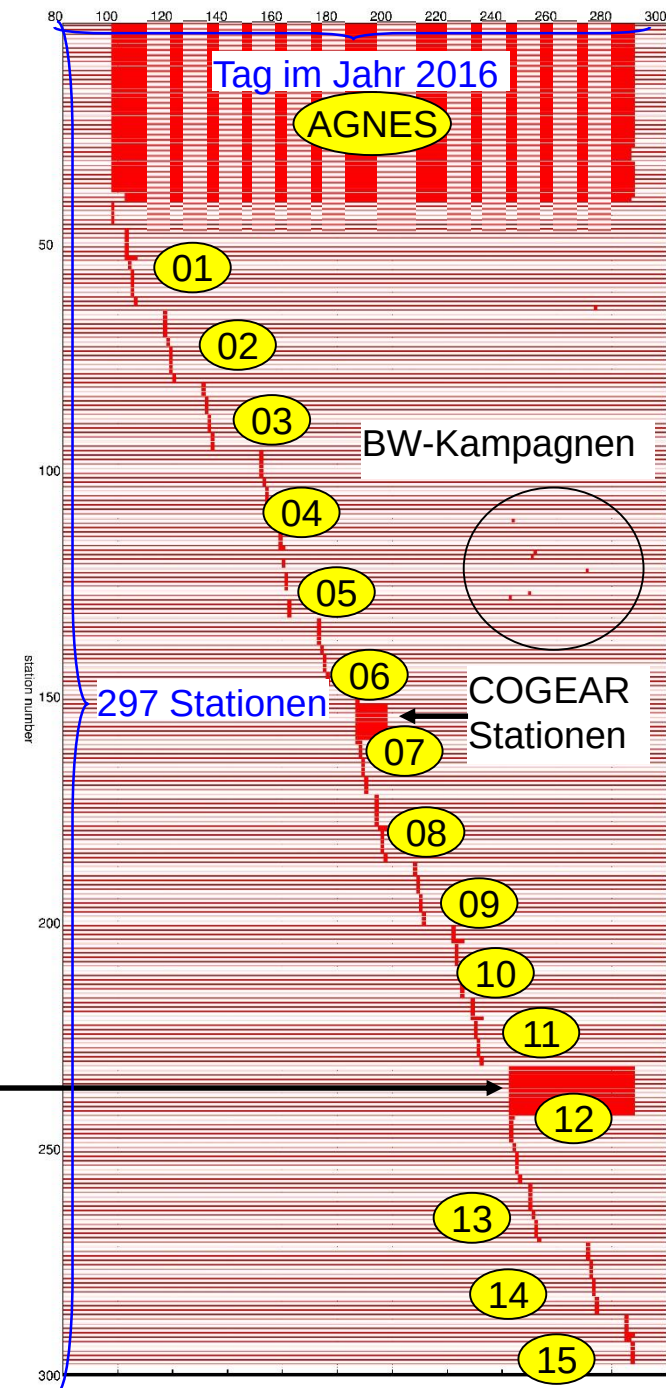


Kampagne 2016

La campagne 2016

- 297 Punkte (inkl. AGNES)
- ~ 44.6 h Beobachtungen pro Punkt (CHTRF04: 18 h → 100% mehr Messungen)
20% mehr Aufwand (auch Samstags)
- 5 Kampagnen von Baden-Württemberg (nur 6 h Messungen, aber zeitlich getrennt)

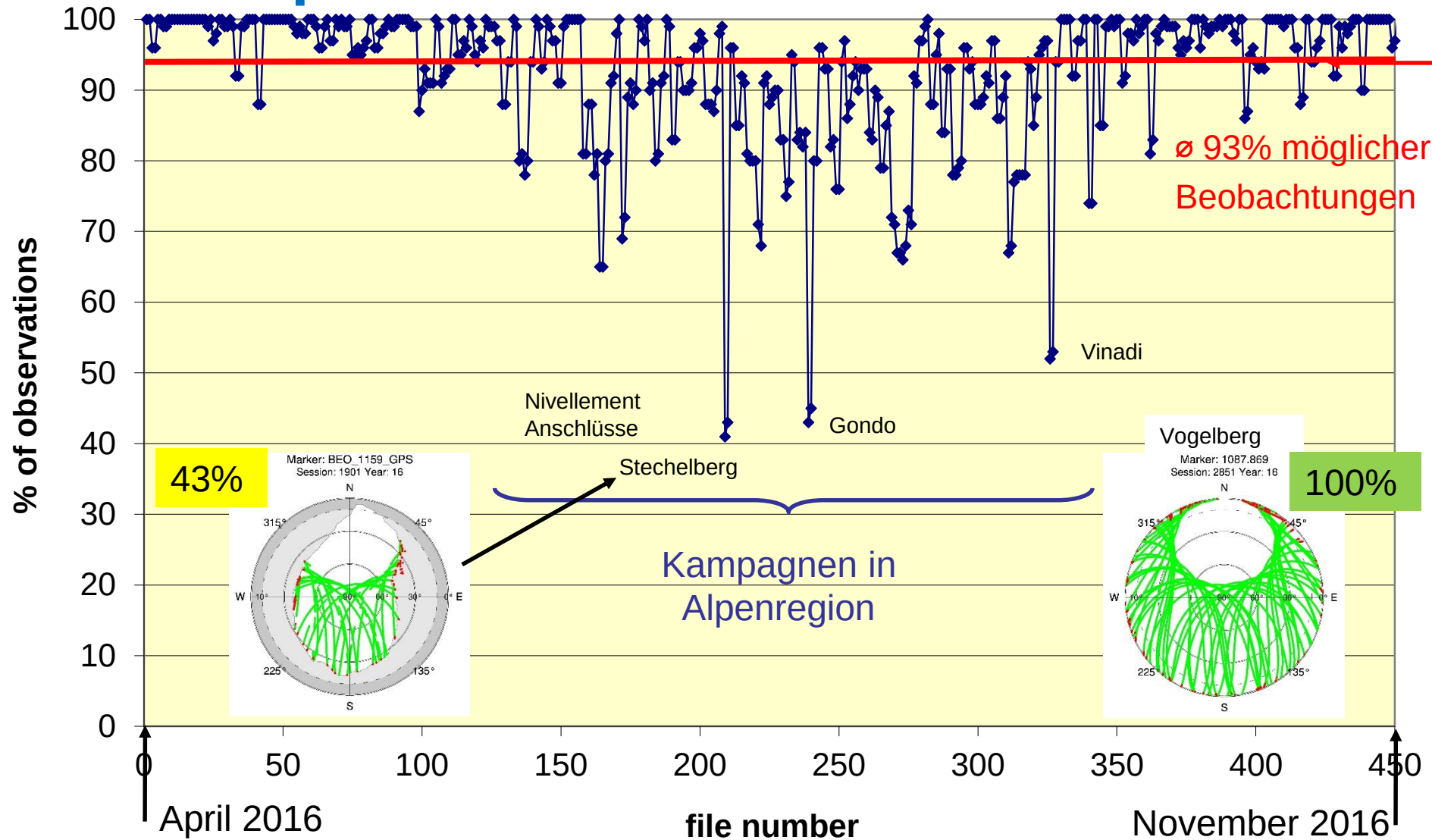
NaGNet
Stationen





Quantität der Beobachtungen

La quantité des observations

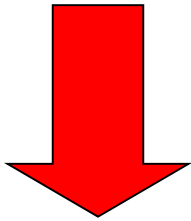




Kampagne 2016: Auswertung

La campagne 2016: Evaluation

- Kampagne: 15 Wochen Daten (ø 44 Stunden) + 5 Kampagnen BW
- Referenz: 40 AGNES-Stationen
- 88 Sessionen
- 228 Mio. L3 Beobachtungen inkl. AGNES (30 Sekunden Sampling)
-  MGEX Produkte (Multi-GNSS)



Halbautomatische Auswertung
Bernese 5.3 (Rechner CPU Zeit: ca. 12 h/Kampagne
→ 10 Tage alle Kampagnen (auf 5 „pnac“ LINUX
Servern, je 16 CPU, 32GB RAM)

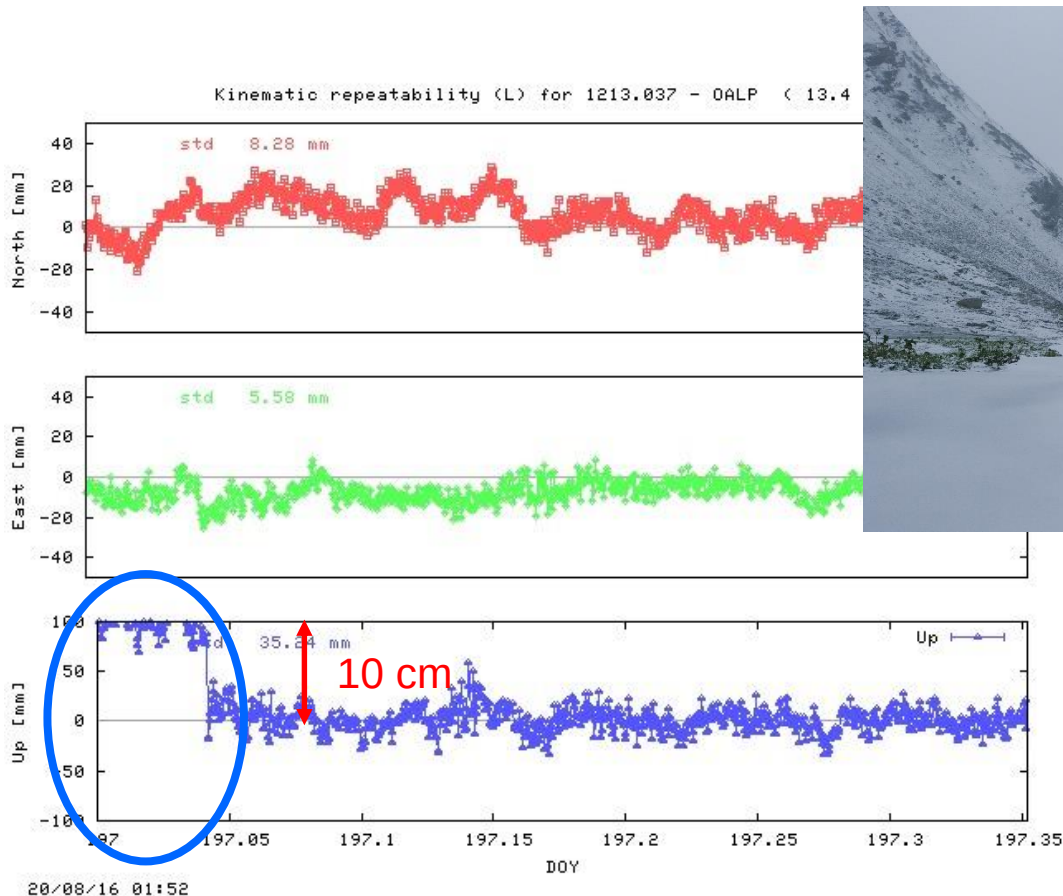
- 297 * 3 Punktkoordinaten
- 120'000 sonstige Parameter (z.B. Mehrdeutigkeiten, Troposphäre)



«Schneekampagne» CH16_08 (Juli)

«Campagne de neige» en juillet

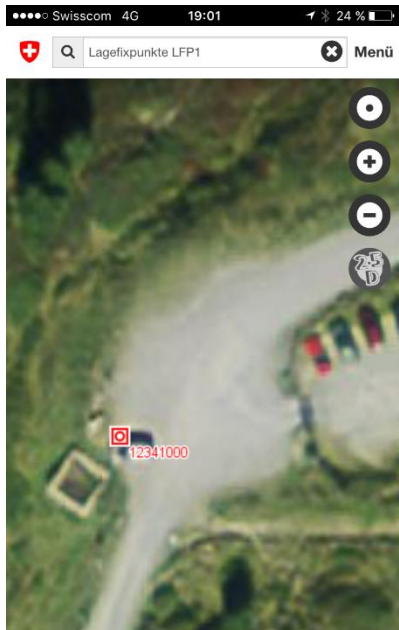
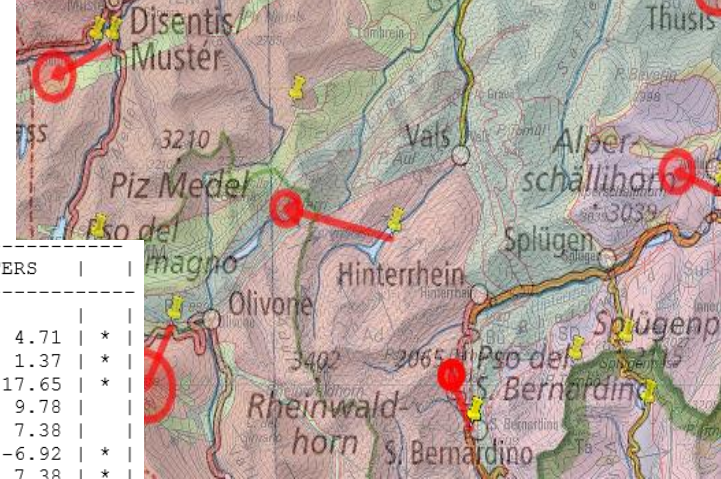
- 1213.037 Disentis und 1232.200 Oberalp



Schneeräumung und Daten eliminieren



Zervreilasee (8.8.16)

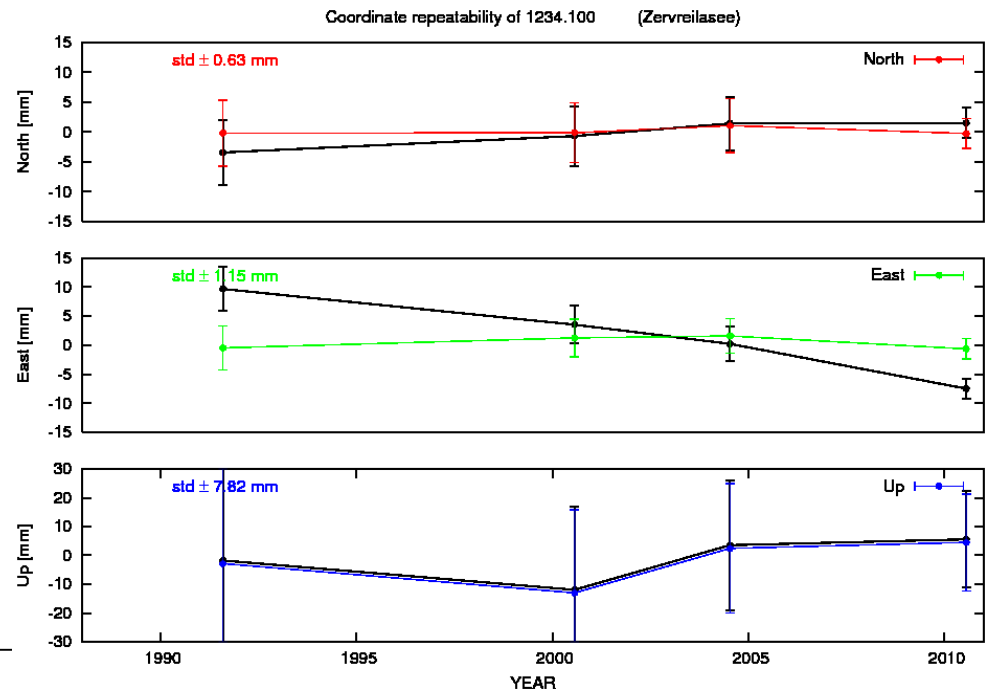


NUM	NAME	FLG	RESIDUALS IN MILLIMETERS			
227	1176.509 <u>Schiers</u>	T A	-7.49	-0.93	4.71	*
250	1195.300 <u>Bonaduz</u>	T A	-7.04	1.68	1.37	*
252	1197.300	T A	-6.10	-2.33	17.65	*
280	1214.000	T A	0.42	0.91	9.78	
282	1215.631	T A	-2.72	2.70	7.38	
283	1216.539	T A	-5.56	1.98	-6.92	*
303	1234.100 <u>Zervreila</u>	T A	-5.39	7.10	7.38	*
332	1256.412	T A	-2.28	0.87	5.51	
334	1257.410	T A	-2.82	0.31	10.26	
351	1276.600	T A	-3.72	3.83	17.68	*
353	1278.200	T A	-2.53	-1.97	0.54	
382	1296.103	T A	-2.11	0.83	-3.88	
384	1298.520	T A	-4.70	2.58	-4.04	*



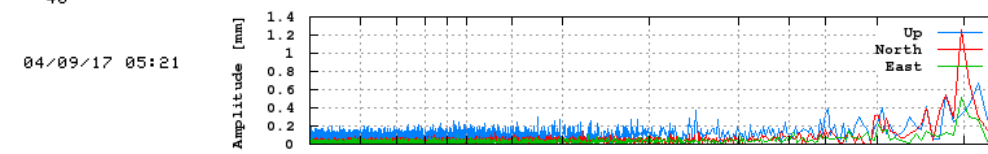
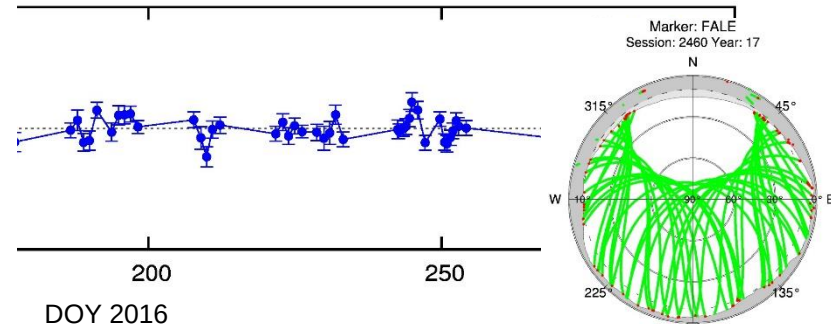
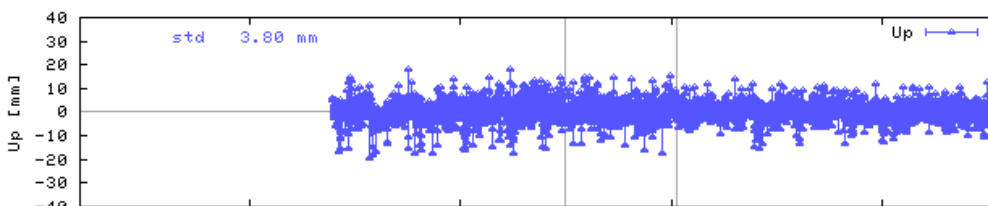
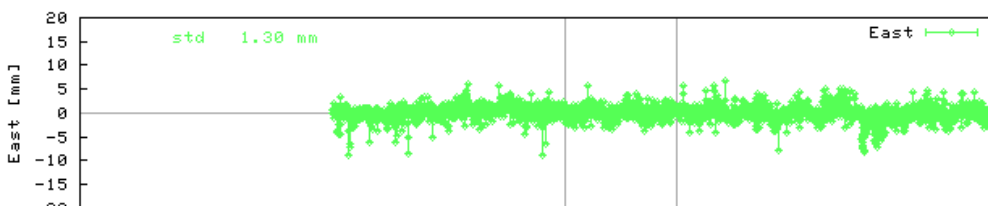
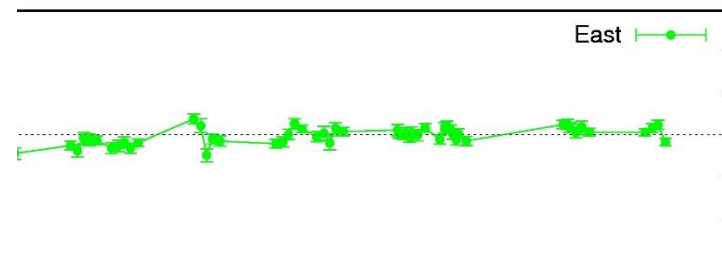
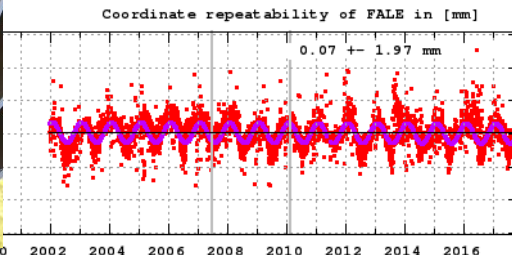
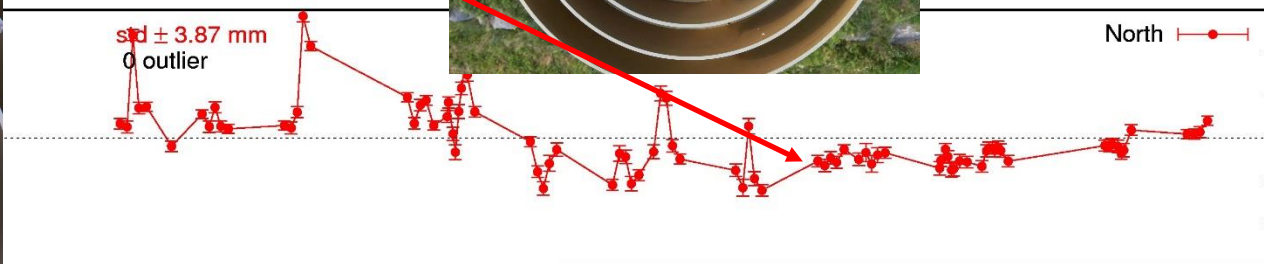
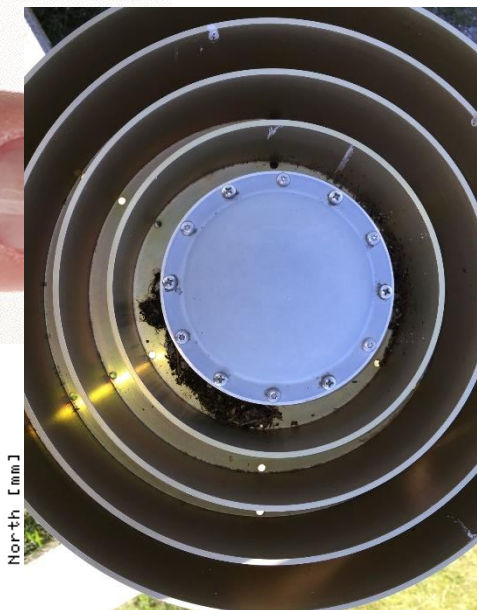
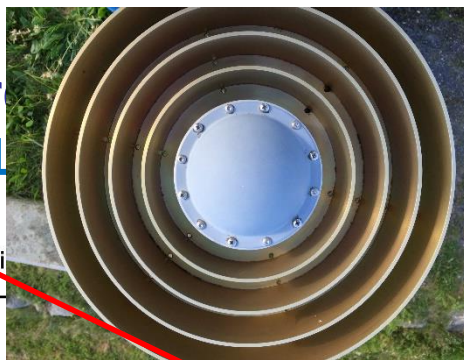
Multi-GNSS in der Landesvermessung

E. Brockmann et al.





Schlechteste Station (Nord) La pire station (nord): FAL



FALE No 196 (235) Stationen in Lage
(FRIC Nr. 190 wegen periodischem
Schwanken / Baumabdeckung)



Gewinn Multi-GNSS: kinematische Koord.

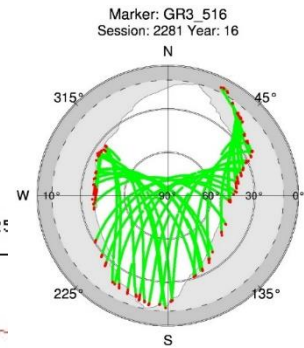
L'avantage de Multi-GNSS: Les coord. cinématique

GPS-only

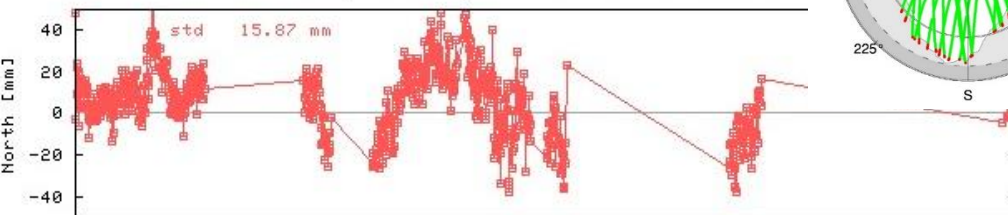
GPS

GREC

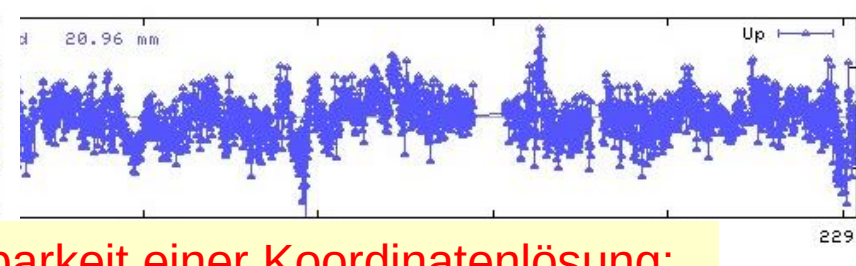
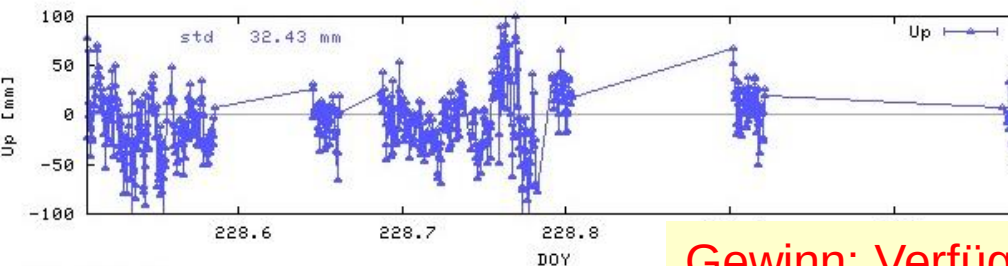
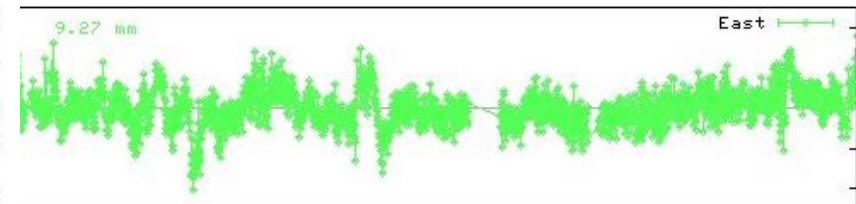
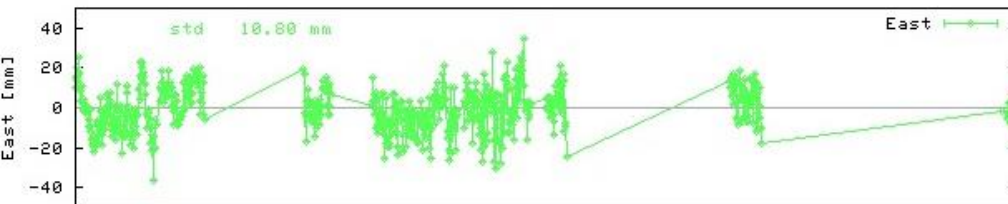
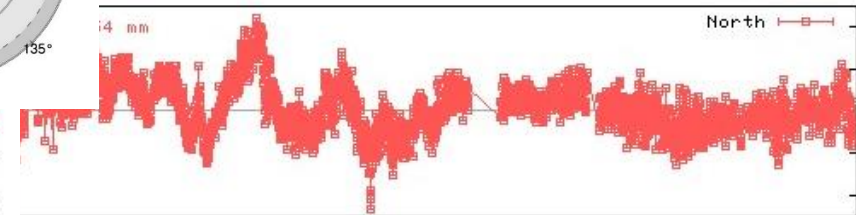
GPS GLO GAL BDS



Kinematic repeatability (L) for GR3 516 - ARD2 < 25



tic repeatability (L) for GR3 516 - ARD2 < 25.5 km



**Gewinn: Verfügbarkeit einer Koordinatenlösung;
nur sekundär höhere Genauigkeit**



Statistik 7 Tage

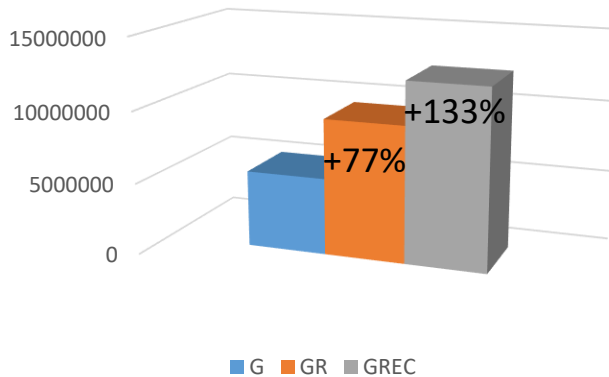
La statistique de 7 jours

GPS

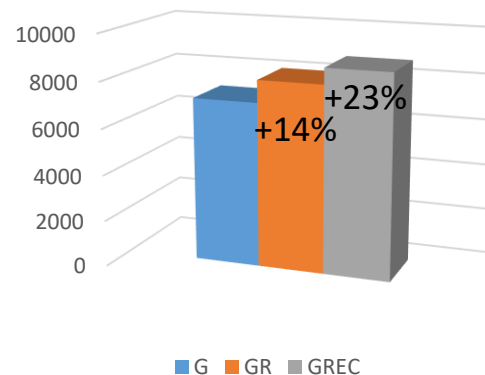
GREC: GPS GLO GAL BDS

Campaign CH16_11 (1 week)	G	GR	GREC	G->GR [%]	G->GREC [%]
Total number of authentic observations	5352366	9499869	12481201	77	133
Total number of adjusted parameters	7119	8086	8778	14	23
A posteriori RMS of unit weight [mm]	1.55	1.56	1.65	1	6
Total number of observation files	228	228	228		
Total number of stations	55	55	55		
Total number of satellites / day	30	55	74	83	147

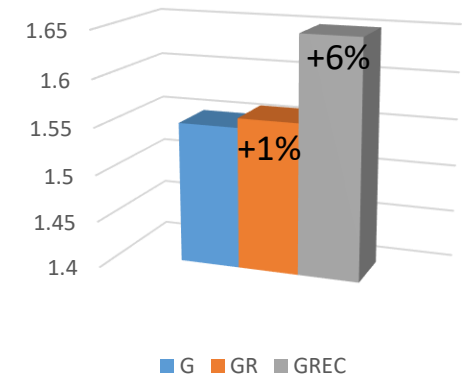
observations (1 week)



unknowns (1 week)



a posteriori rms (1 week)



30 55 74
Satelliten pro Tag



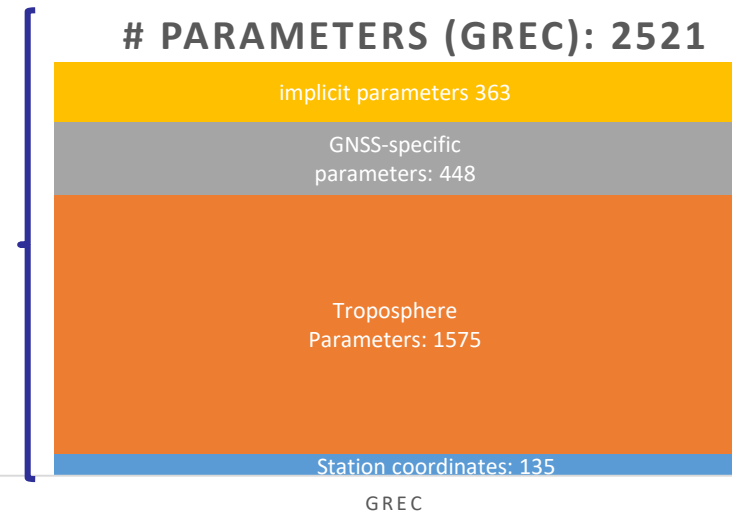
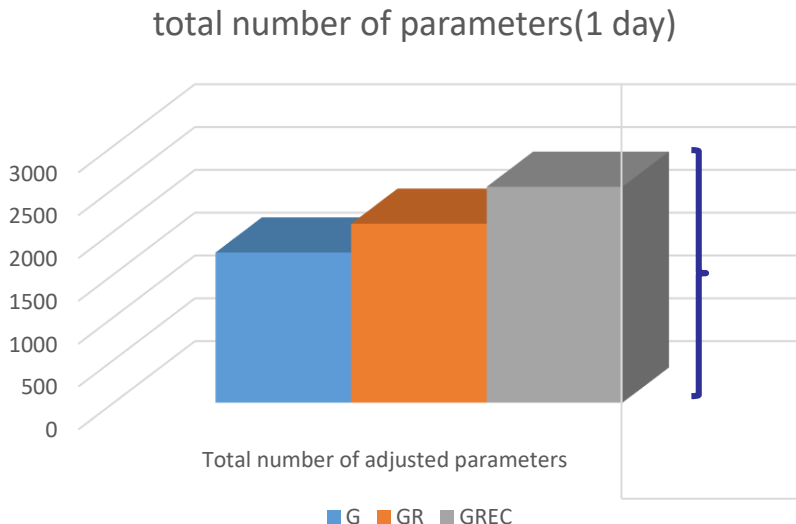
Unbekannte 1 Tag

Nombres des inconnues par jour

GPS

GREC: GPS GLO GAL BDS

Statistic 1 day (DOY 228)	G	GR	GREC	G ->GR [%]	G->GREC [%]
Station coordinates	135	135	135		
Site-specific troposphere parameters	1575	1575	1575		
GNSS-specific parameters	0	152	448		
Implicit parameters (ambiguities)	43	227	363	427.9	744.2
Total number of adjusted parameters	1753	2089	2521	19.2	43.8
A posteriori RMS of unit weight	1.46	1.48	1.54	1.4	5.5





ISTPs: „Inter system translation parameter“

- eine MIX Koordinate (+TRP): N,E,U,T
- oder

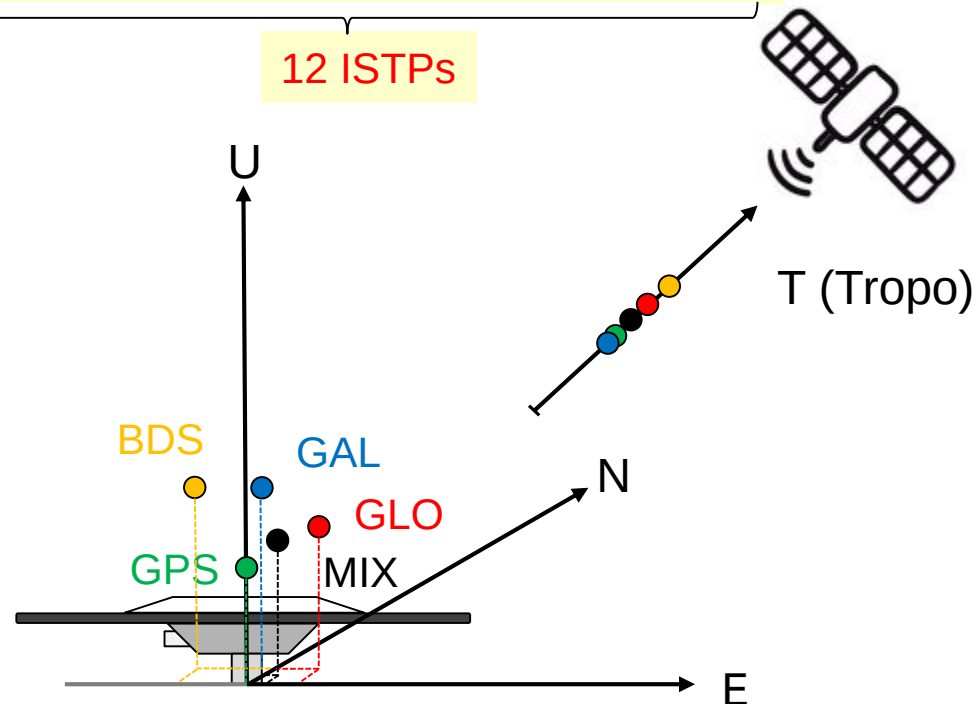
- pro Satellitensystem eine Koordinate (+TRP):

Referenz	N,E,U,T	N,E,U,T	N,E,U,T	N,E,U,T
	dN,dE,dU,dT	dN,dE,dU,dT	dN,dE,dU,dT	dN,dE,dU,dT

4x4



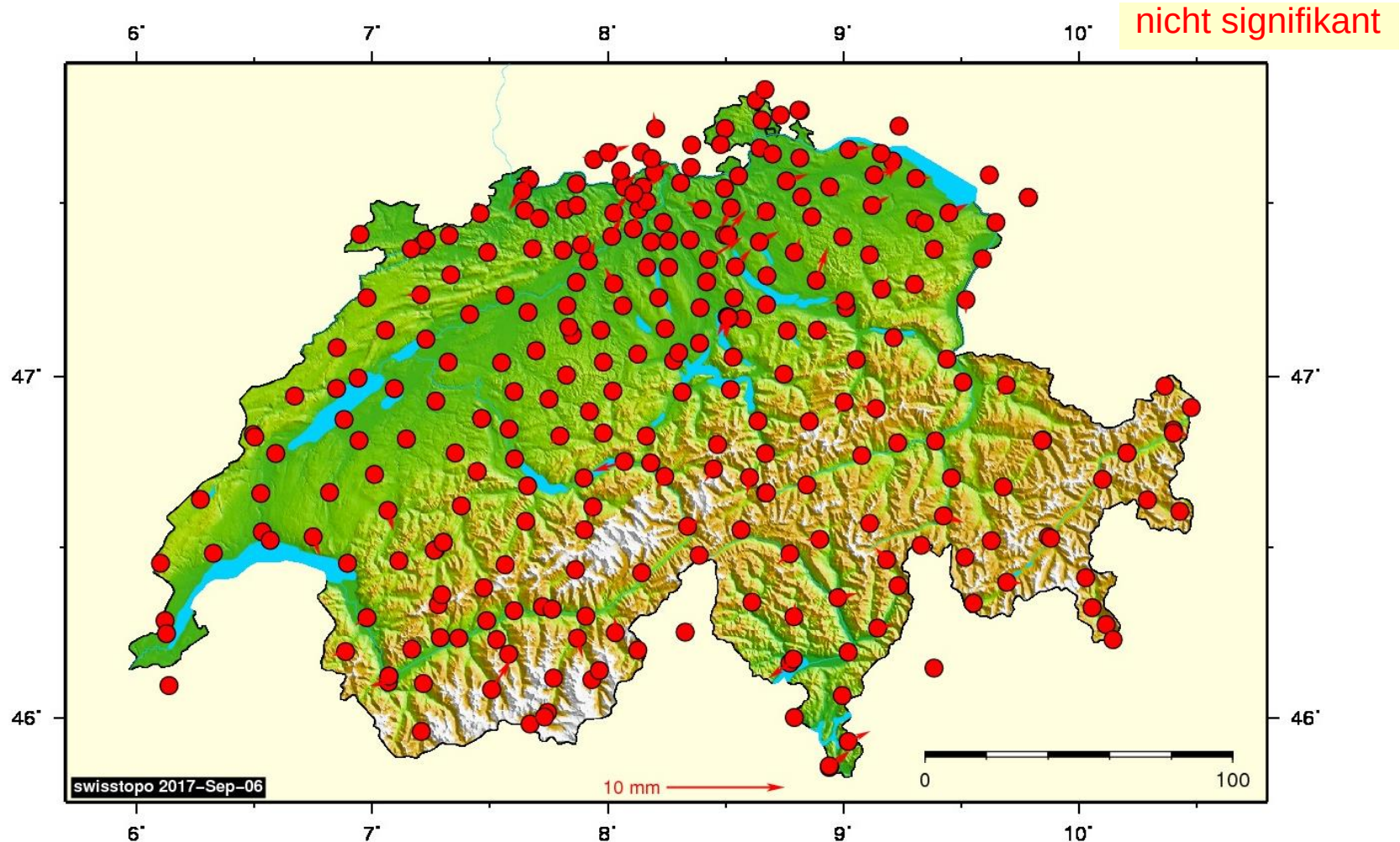
12 ISTPs





CHTRF16 Differenz Lage: MIX-GPS

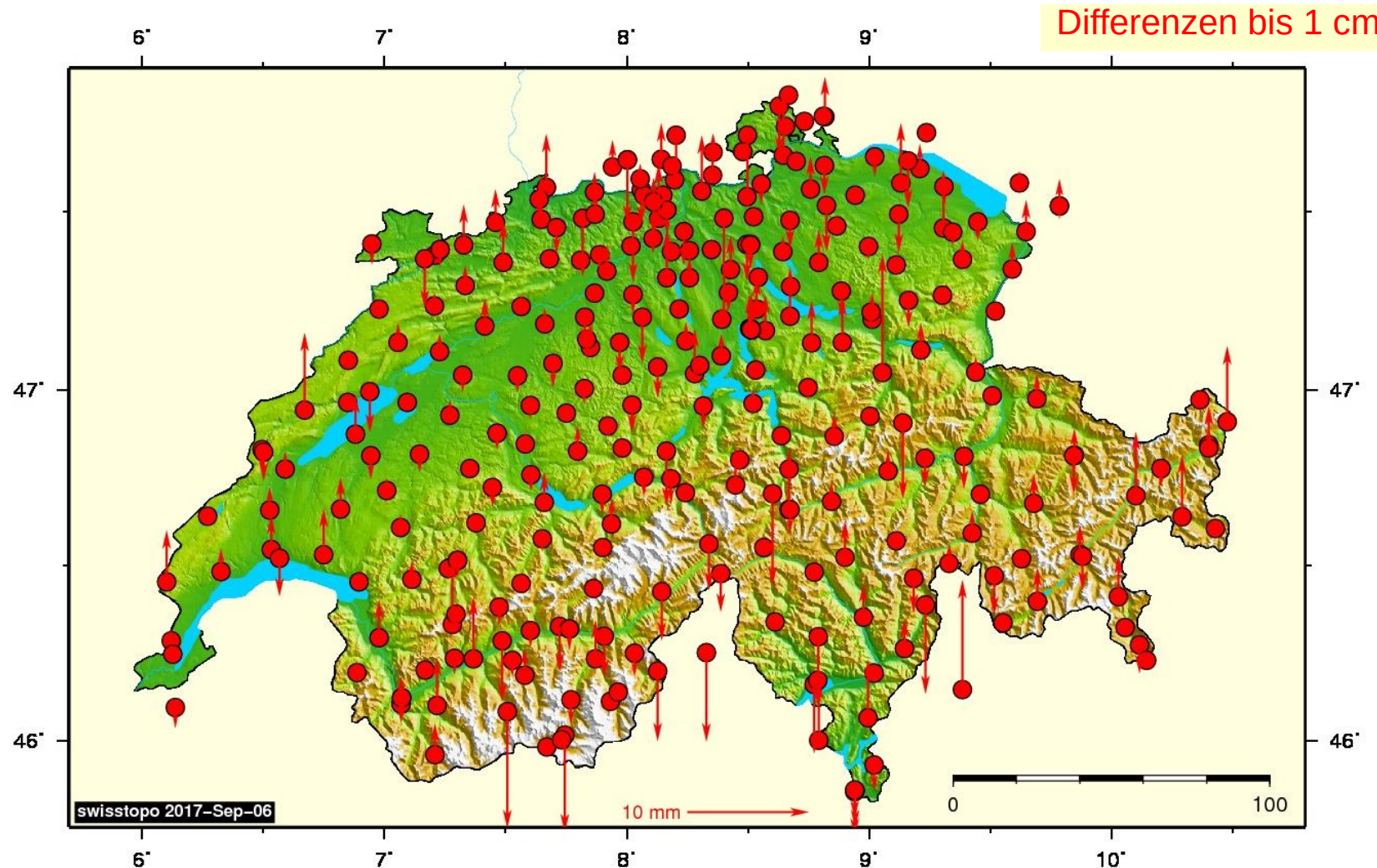
CHTRF16: Les différences de position





CHTRF16 Differenz Höhe: MIX-GPS

CHTRF16: Les différences d'altitude

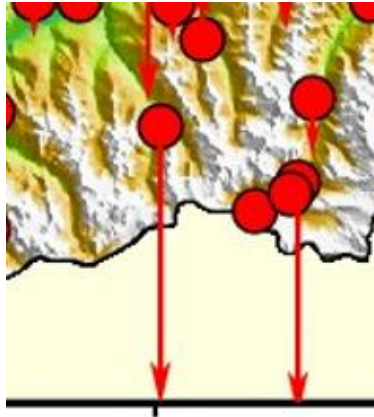
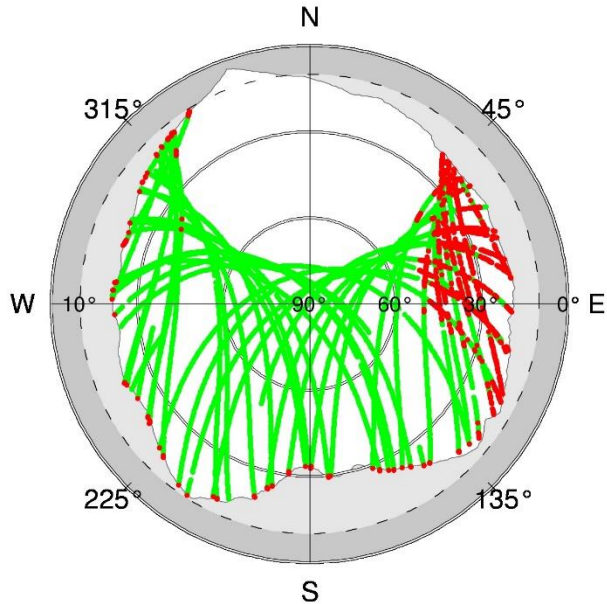




Les Hauderes

511

Marker: 1327.100
Session: 1891 Year: 16

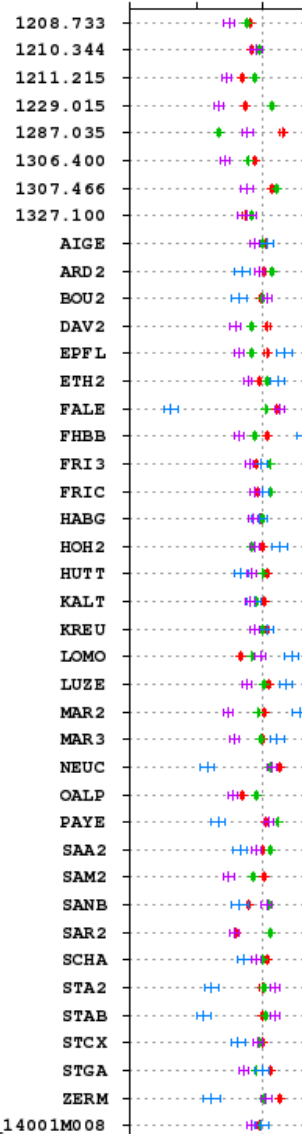


-9.59 mm

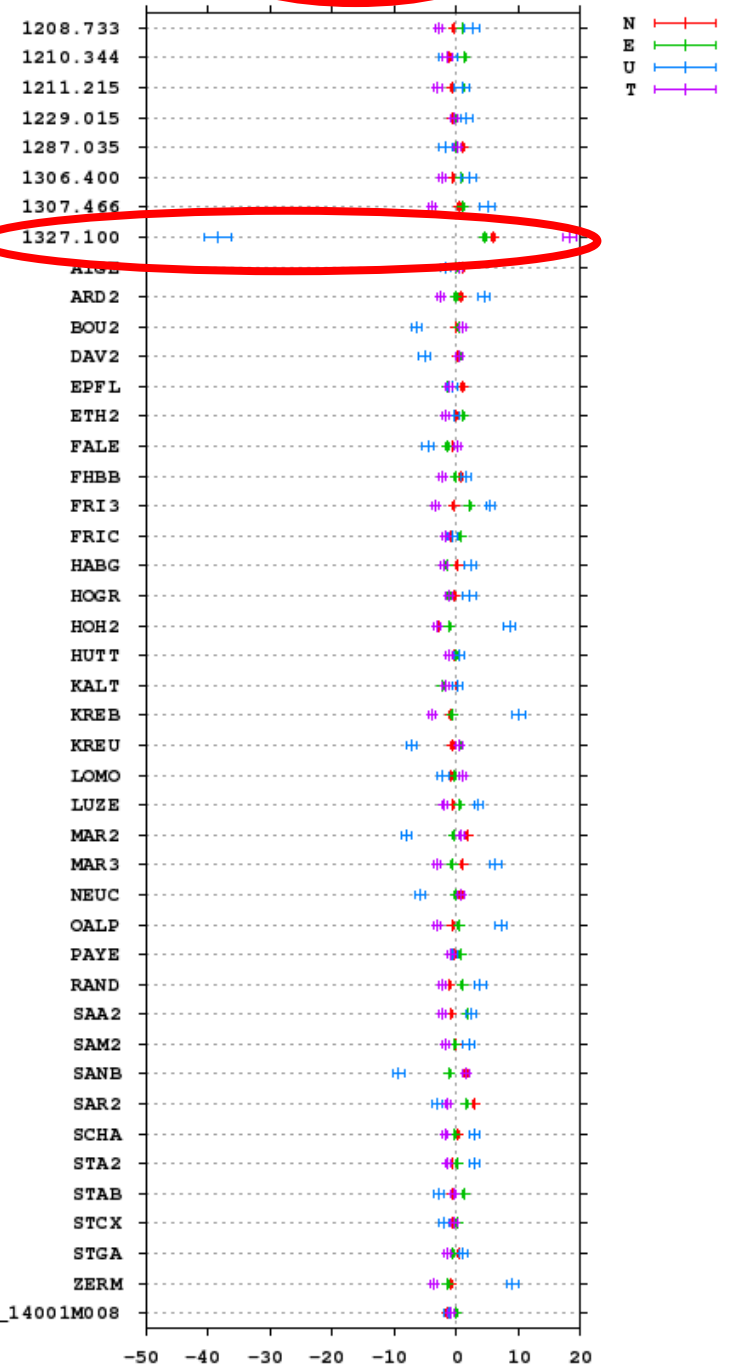
lesvermessung

E. Brockmann et al.

ISTP of GAL w



ISTP of GLO w.r.t. GPS [mm]

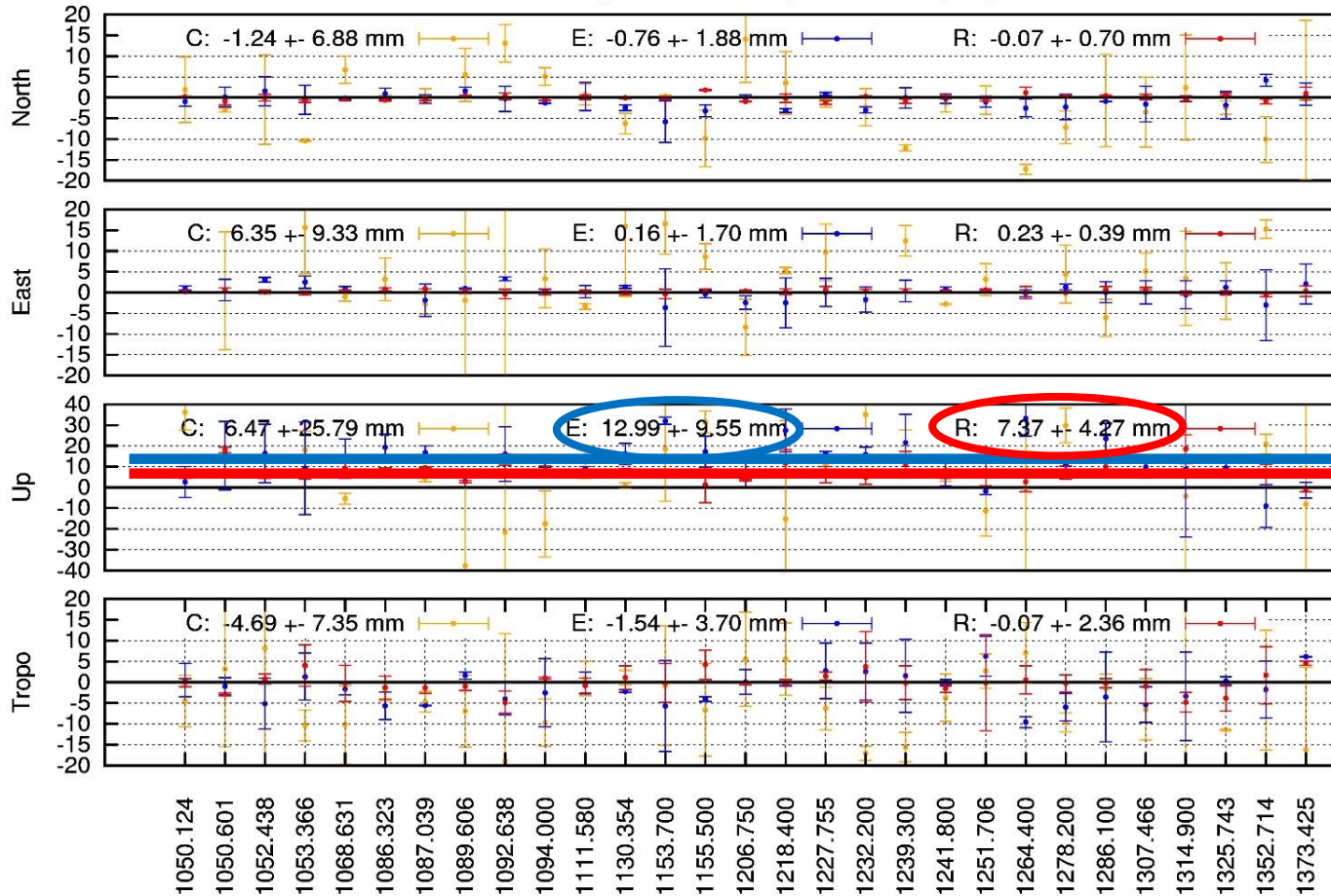




ISTPs: Antenne 512

L'antenne 512

Antenna 512: Inter-system translation parameters in [mm]



GPS-GAL

GPS-GLO

GPS-BDS zu
schwach
bestimmt



ISTPs – Helmert Residuen

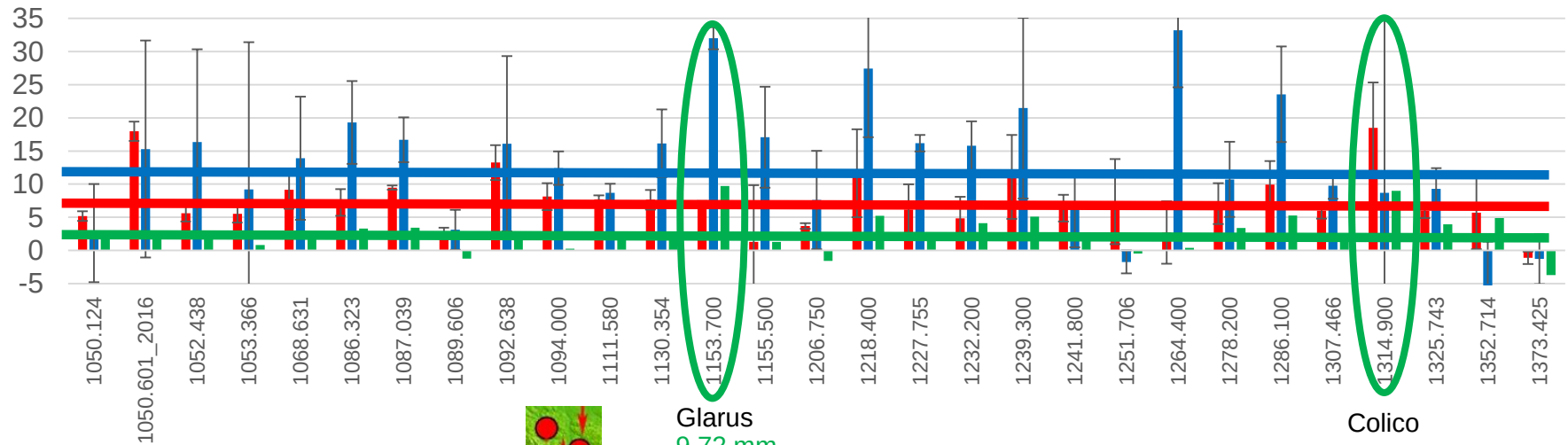
Les résidus de Helmert

GPS-GAL

GPS-GLO

Positive Up Helmert Residuen Antenne 512 (ø 2.6 mm)

Up - Antenna 512 [mm]



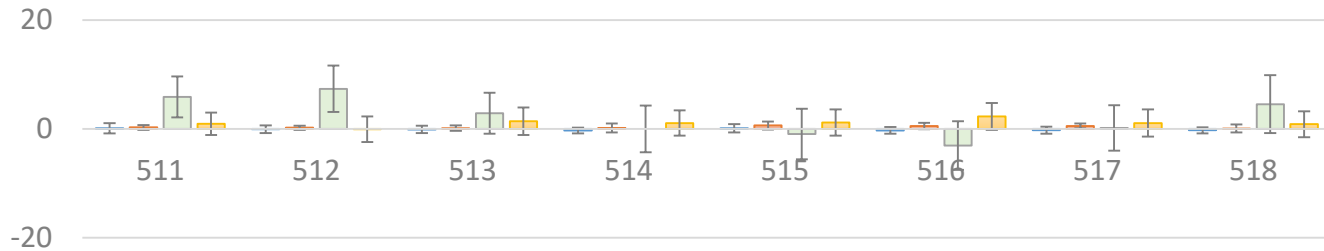
- Max. 1 cm
- abhängig G-R ISTPs (und std)
- Galileo noch nicht so viele Beobachtungen



ISTPs Feldequipment L'équipement de terrain

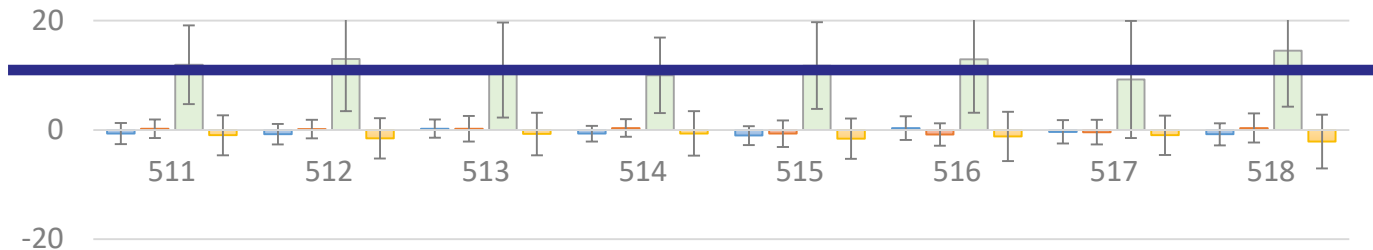
ca. 30 Bestimmungen / Antenne

GPS (Ref)

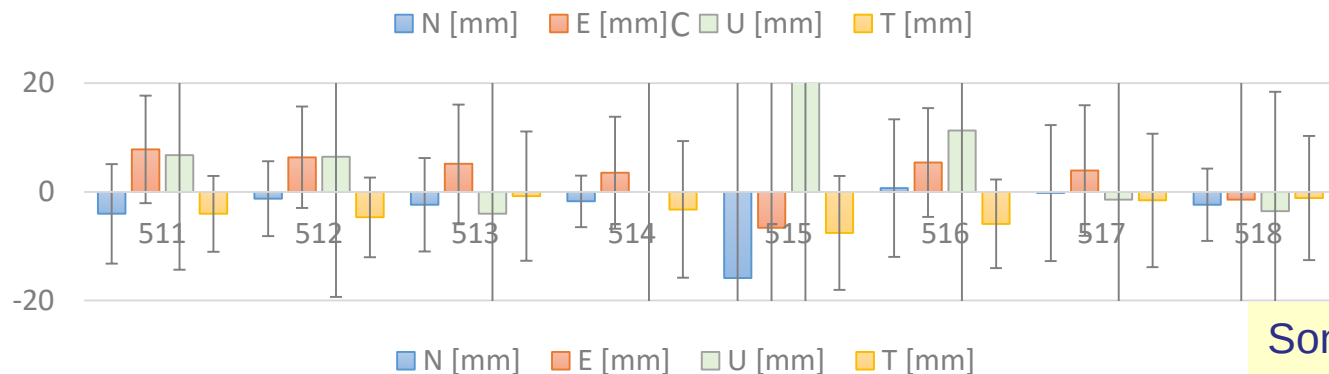


GLO

Up GAL:
 12 ± 2 mm
signifikant



GAL



BDS

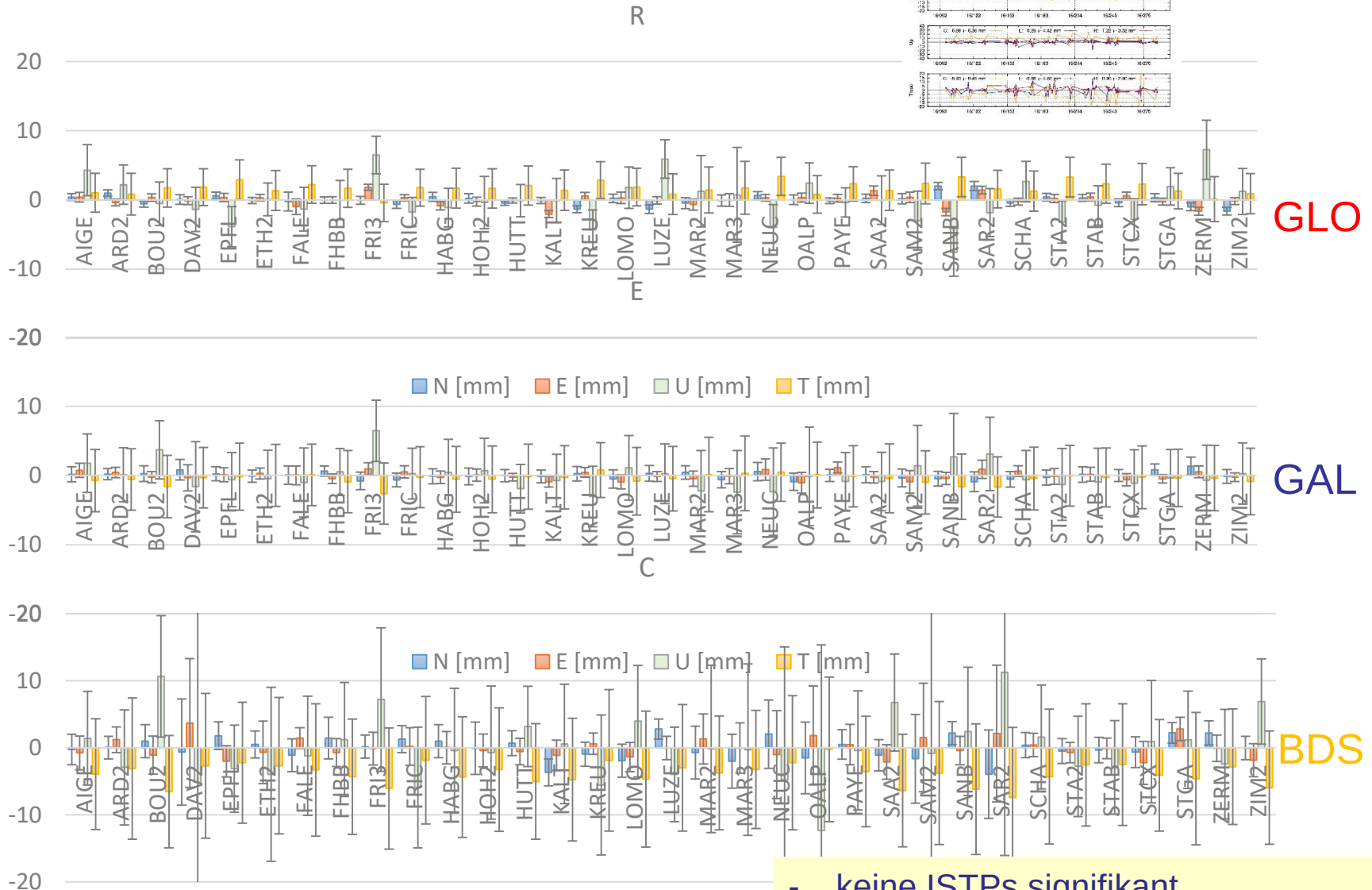
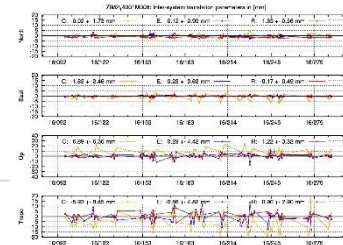
Sonstige ISTPs
nicht signifikant



AGNES-CHTRF16 ISTPs

ca. 90 Bestimmungen / Antenne

GPS (Ref)



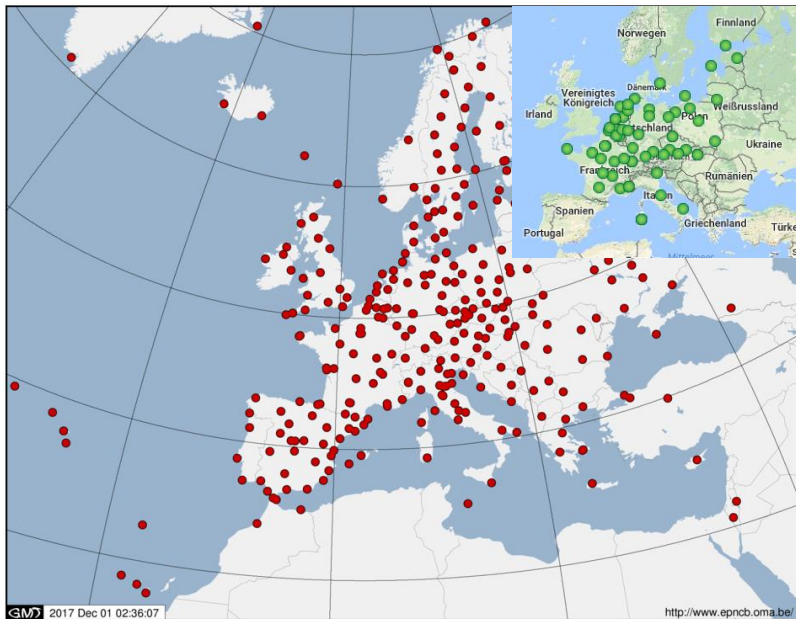
- keine ISTPs signifikant
- War aber auch als Datumsbedingung N,E,U gefordert



- Referenzrahmen in Europa durch ca. 300 Stationen
 - 16 Analysezentren (Tages + Wochenauswertungen)
- Umstellung auf Multi-GNSS: 29-Jul-2016

Netz (320 Stationen)

LPT-Sub-Netz: 60 Stationen



Auswerteparameter

LPT = L+T = swisstopo

AC	Mapping function	Gradients	cut-off	GNSS System
ASI	VMF1	yes	3	GPS
BEK	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
BKG	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
COE	WET_VMF	yes	3	GPS+GLONASS
IGE	WET_GMF	no	3	GPS+GLONASS
IGN	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
LPT	WET_VMF	yes	3	GPS+GLONASS+GALILEO+BeiDou
MUT	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
NKG	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
OLG	WET_VMF	yes	3	GPS+GLONASS
RGA	WET_VMF	yes	3	GPS+GLONASS
ROB	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
SGO	WET_VMF	yes	3	GPS+GLONASS
SUT	WET_VMF	no	3	GPS+GLONASS
UPA	WET_GMF	yes	3	GPS+GLONASS
WUT	WET_VMF	yes	3	GPS+GLONASS

GIPSY

Berner Software

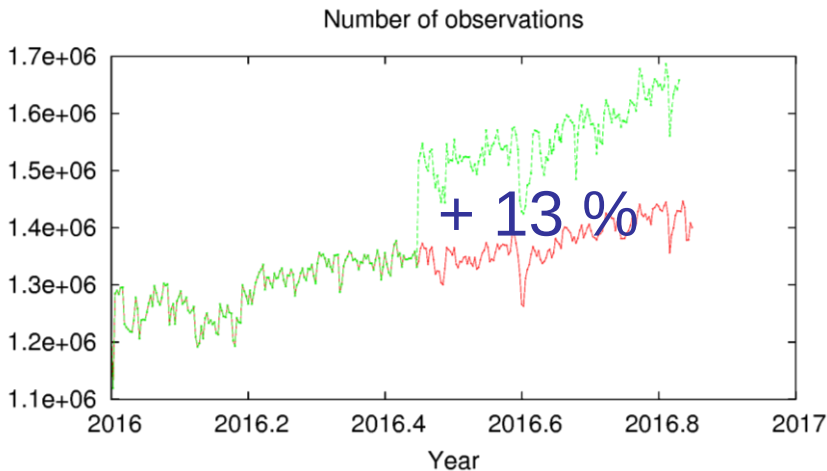


Wechsel Multi-GNSS für EUREF

Le changement Multi-GNSS pour EUREF

- E-Mail Ankündigung 29-Jul-2016 (EUREF Mail 8644)
- RINEX-3 Daten (wenn verfügbar), sonst RINEX-2
-  **MGEX Produkte rechtzeitig verfügbar!**
- Troposphärenmodell geändert von GMF nach VMF
- ~ 13% mehr Doppeldifferenzbeobachtungen
- Kleiner Koordinateneinfluss: std N/E/Up: 0.3/ 0.3/0.7 mm

Woche 1905



LIST OF OUTLIER STATIONS

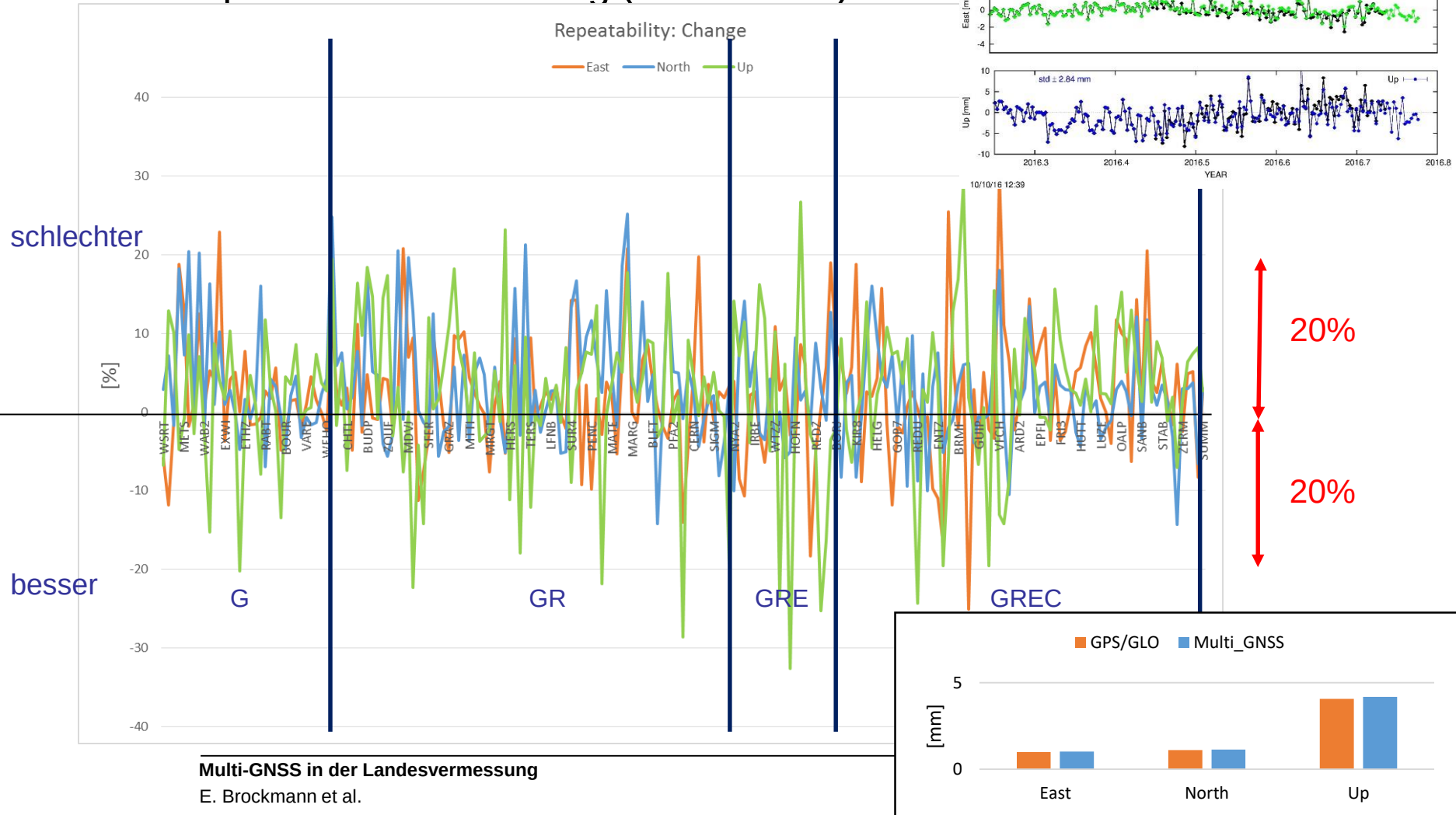
STATION		RESIDUALS (MILLIMETERS)			
		N	E	U	
EGLT	10032M001	<u>-0.91</u>	-0.01	-0.87	Egletons, FR (GREC)
GUIP	10004M501	-0.37	<u>-0.87</u>	0.94	Guipavas, FR (GREC)
OBE4	14208M007	<u>1.14</u>	<u>0.87</u>	0.14	Oberpfaffenhofen, DE (GRE)



AGNES Multi-GNSS: Wiederholbarkeiten

AGNES: Répétabilité

- 206 Stationen, 15 Wochen
parallele Auswertung (alte vs neu)





Inter-System parameter AGNES

Les paramètres de translation par system

- seit Juli 2015 AGNES Auswertung mit Multi-GNSS
- seit Nov. 2016 auf pnac web

GPS (Ref)

GLO

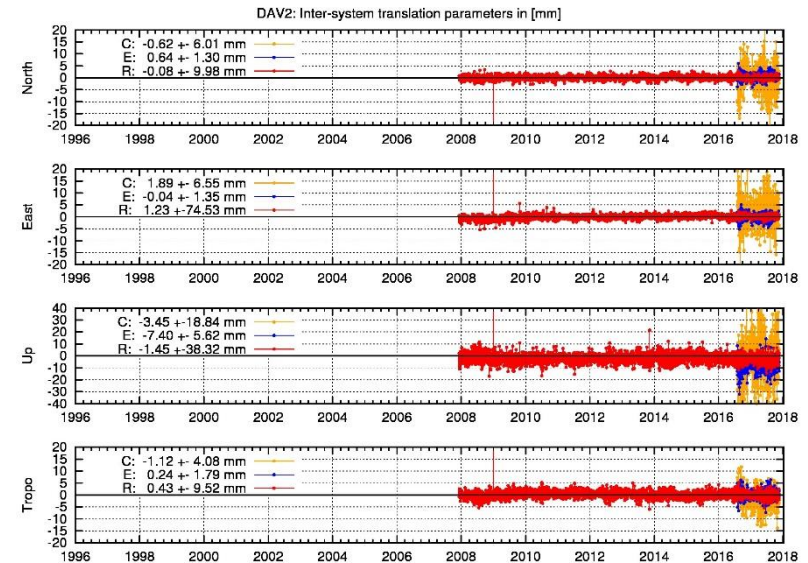
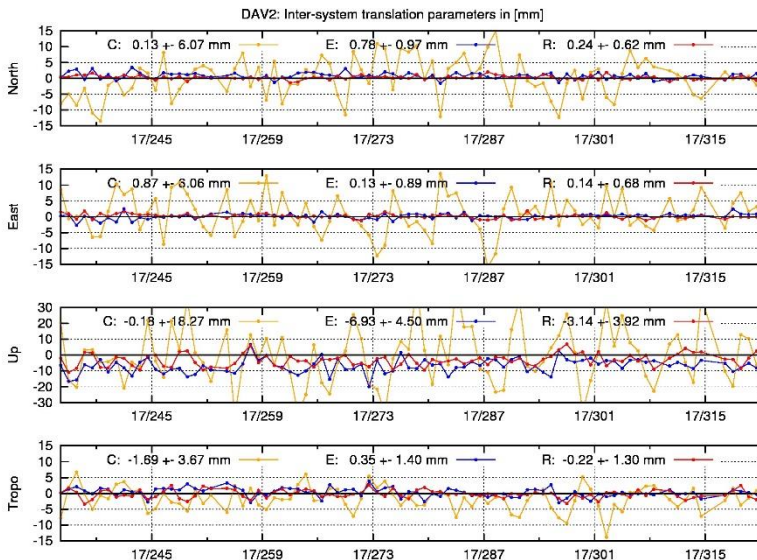
GAL

BDS

DAV2

Täglich: letzter Monat

Täglich: Langzeit



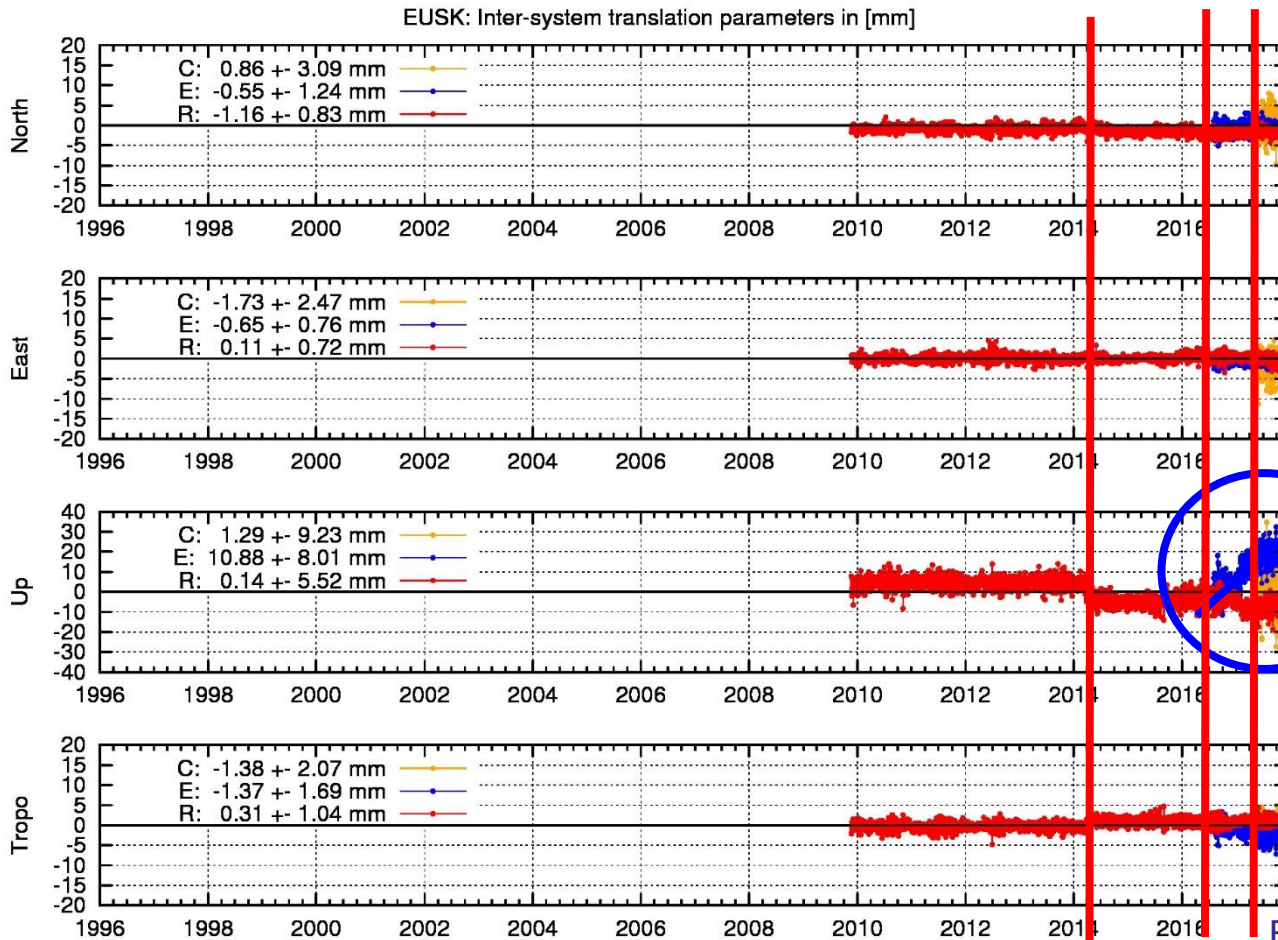
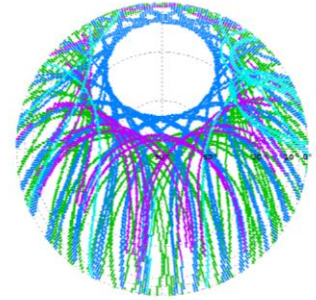
GPS/GLO
aus repro2

Multi-GNSS
BSW53



ISTPs: EUSK

Station: EUSK 14258003
Swiss: 17/334/0
NEU: 50.6741° 4.7635° 246.14m



GPS-GAL
Up ?

BDS+GAL Tracking
GAL Tracking
Antennenwechsel



IGS14 Antennenwechsel

Le changement IGS14

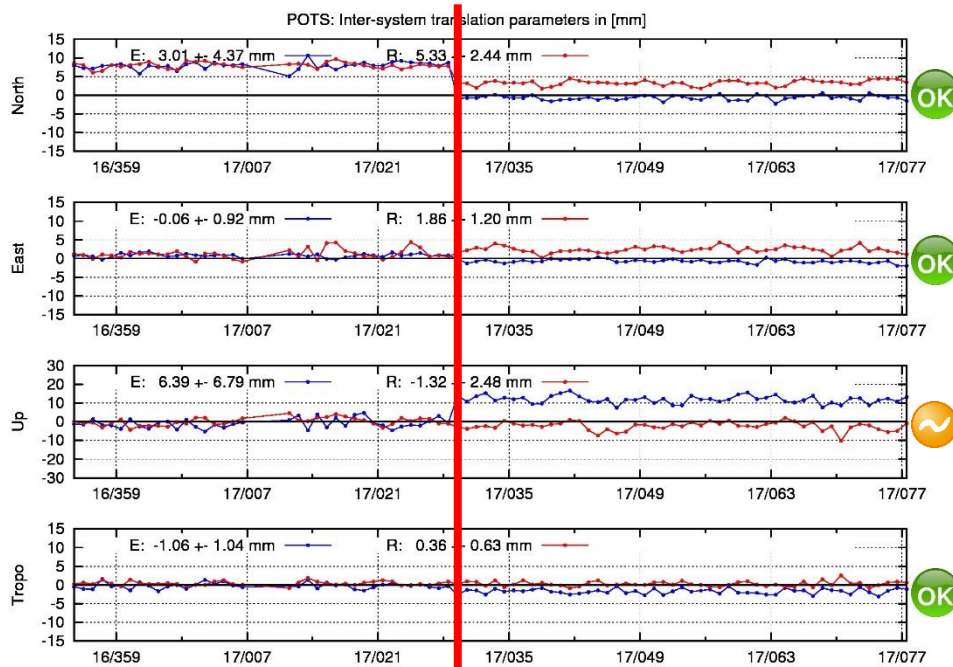
IGS14
REFERENCE FRAME
TRANSITION

GPS WEEK 1934
29 JANUARY 2017

- POTS (JAV_RINGANT_G3T NONE 316)
case EPN: ind. PCVs from Chamber incl. GAL

I08 group calibration

E14 robot calibration

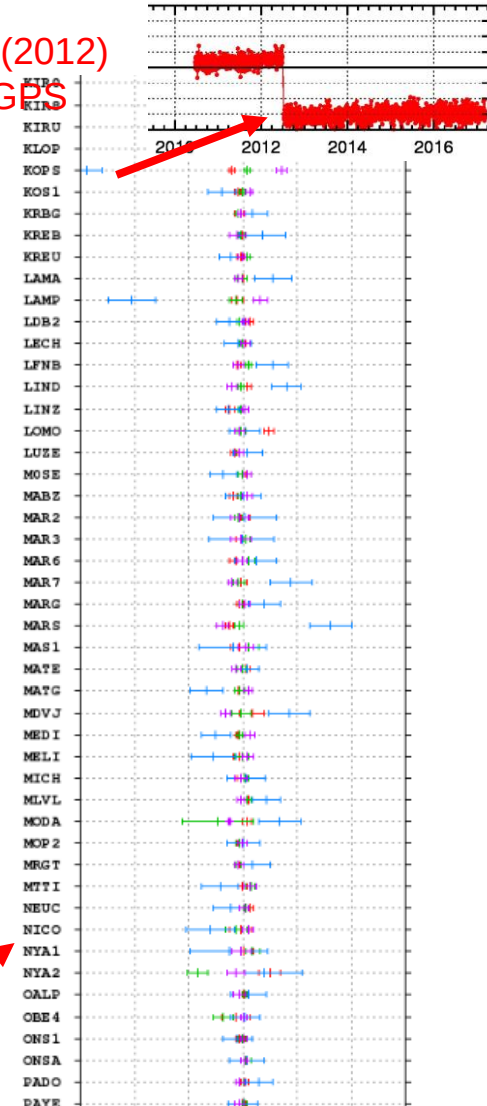


KOPS antenna change (2012)

APOS – dh 3 cm GLO-GPS

GLO
GAL

GAL satellite PCVs
from GPS/GLO



IGS14 rec. antenna model change
(Feb 2017)

Mean estimates for all stations: R :4P - 2P

Mean estimates for all stations: E :4P - 2P

Mean estimates for all stations: C :4P - 2P



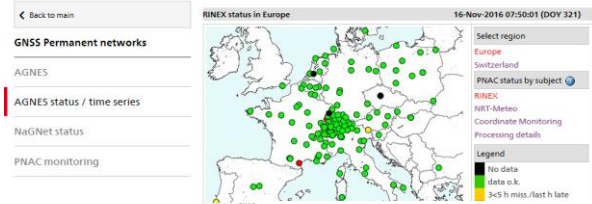
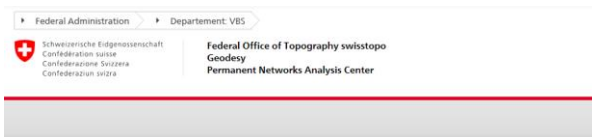
web PNAC monitoring

Le contrôle sur le site web PNAC

Nicht zu vergessen !
(1)

- Web-basiertes Monitoringsystem (30 min Updates)
- Amazon web cloud basiert seit Mitte 2016
- Daten, Koordinaten (kin, day, week, year), Tropo/Meteo, kurze Basislinien, EPN/IGS/EGVAP/AIUB-links

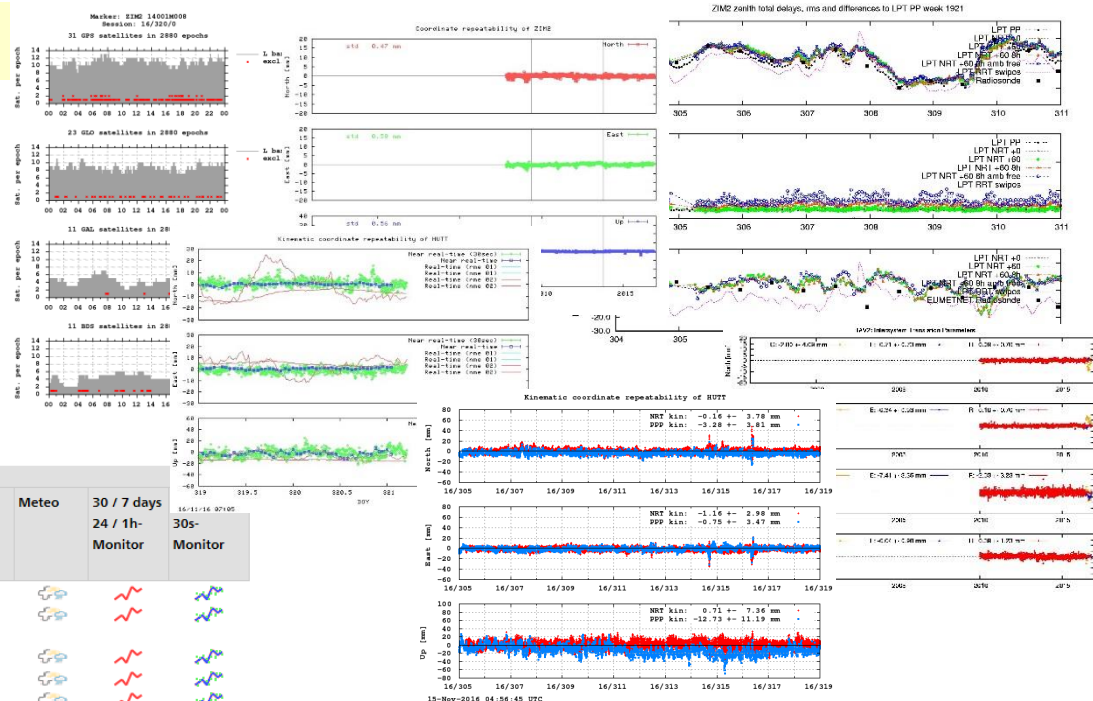
<http://pnac.swisstopo.admin.ch/>



Available plots by site

Station	Network / Info	Quality Summary	Coord. repeat. daily	Short L1 basel. daily	Meteo	30 / 7 days 24 / 1h-Monitor	30s-Monitor
AIGE	AGNES	Q	~			~	~
AJAC	RGF / EUREF	Q	~			~	~
ALPE	RGF	Q	~			~	~
ARD2	AGNES	Q	~	~		~	~
ARDE	AGNES	Q	~	~		~	~
ARTU	IGS	Q	~			~	~

~9600 Grafiken





PPP als Alternative

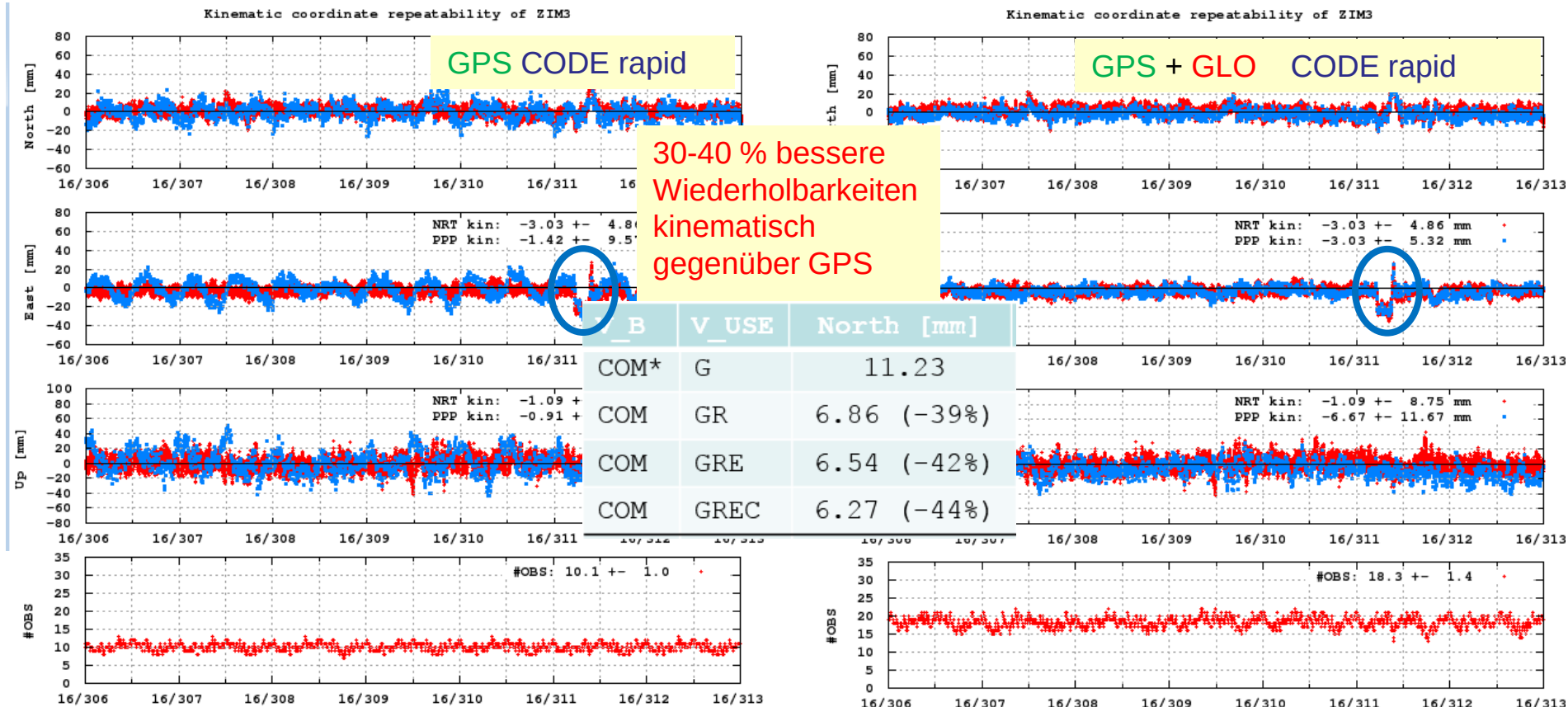
PPP: L'alternative

Orbits+
clocks

Nicht zu
vergessen !
(2)

ZIM3
1 Woche
PPP-
kinematisch

- PPP: keine Referenzstationen! **Produktevaluation** geeignet !
 - Minimale Rechenzeit (und linear mit # Stationen)
- PPP** und **Netzwerk**-Mode: sehr vergleichbare Ergebnisse





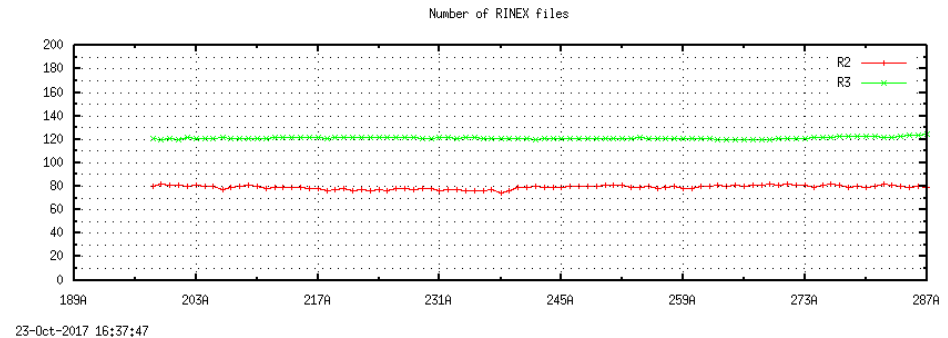
RINEX-3 in operationeller Auswertung

RINEX-3 dans l'analyse opérationnelle

- AGNES (täglich):
210 Stationen

57% RINEX-3

43% RINEX-2

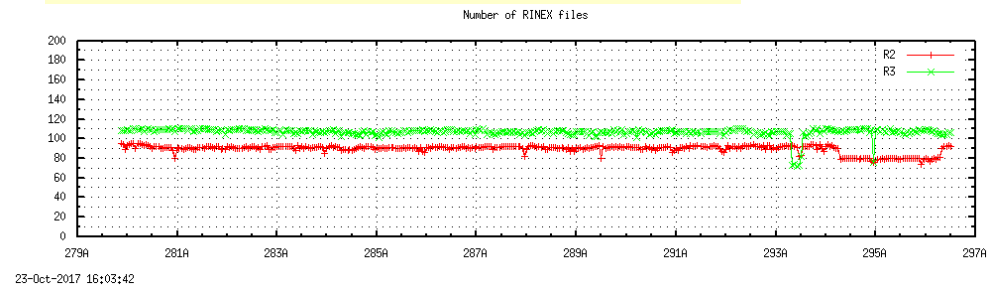


RINEX-3 Priorität seit Juli 2016

- AMET (stündlich):
208 Stationen

53% RINEX-3

47% RINEX-2



Nagra Stationen
ebenfalls RINEX-3
(obwohl GPS/GLO)



RINEX3

... letzte 3 Tage

... verfügbar innerhalb
weniger Minuten

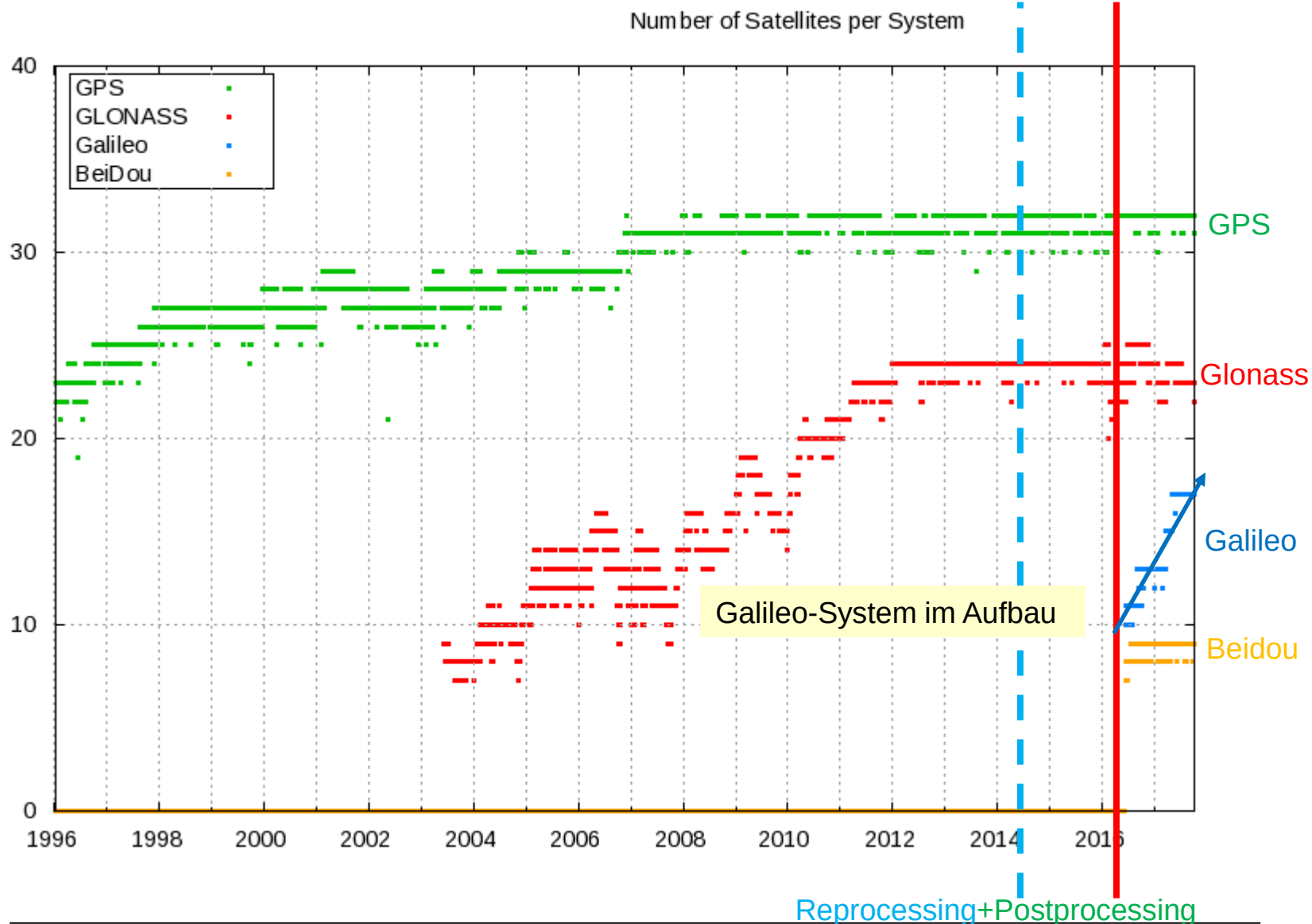
... direkter Download
von der Station seit Juni 2015
(besser als RINEX-2,
welches über Umwegen eintrifft)

... RINEX-2 wird aber noch in swipos-Datenarchiv gespeichert

-= $<0\text{min}$; 1= $0-5\text{min}$; 2= $5-10\text{min}$; 3= $10-15\text{min}$; ...; += $>45\text{min}$;

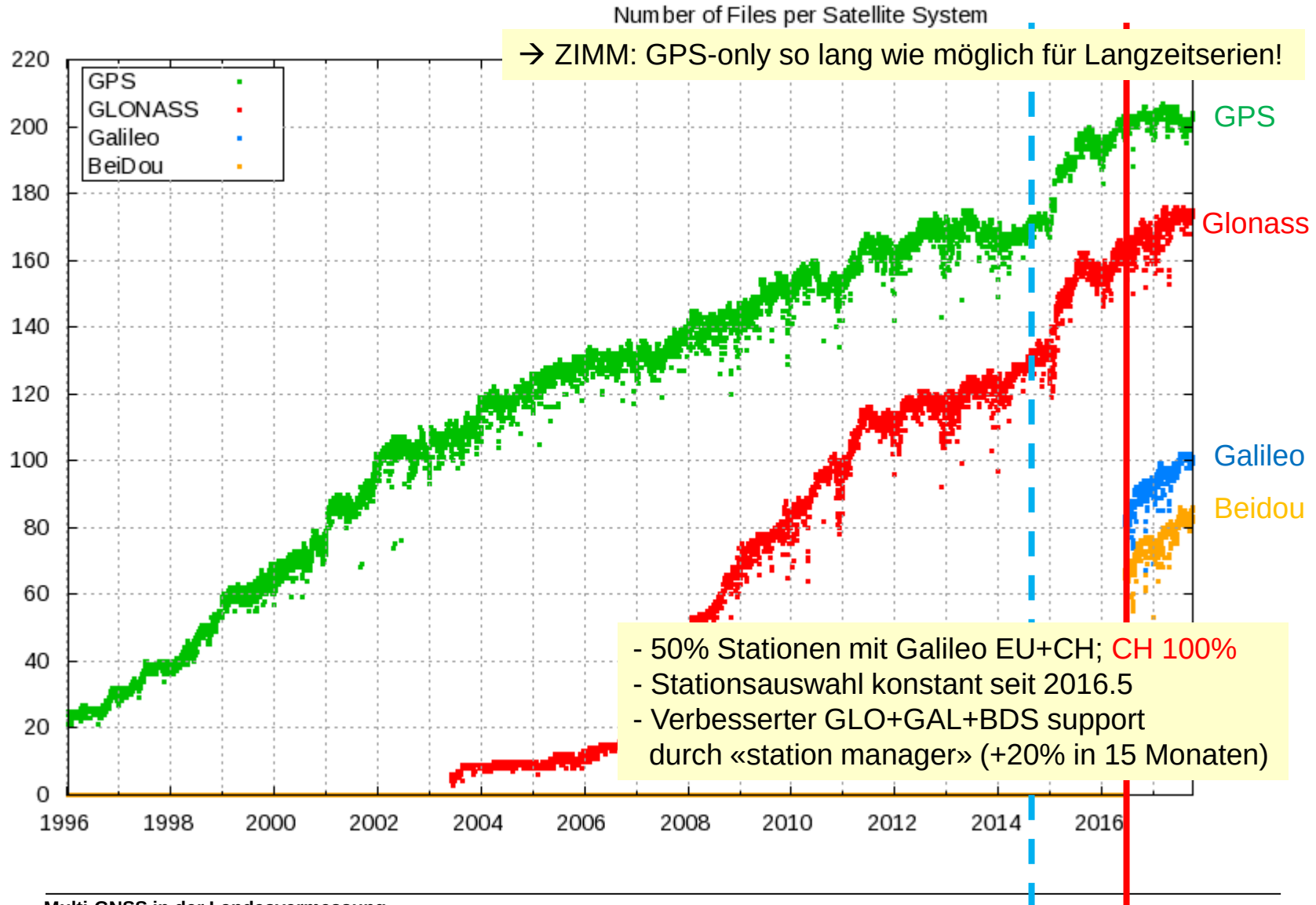


Multi-GNSS: Systeme / les systèmes



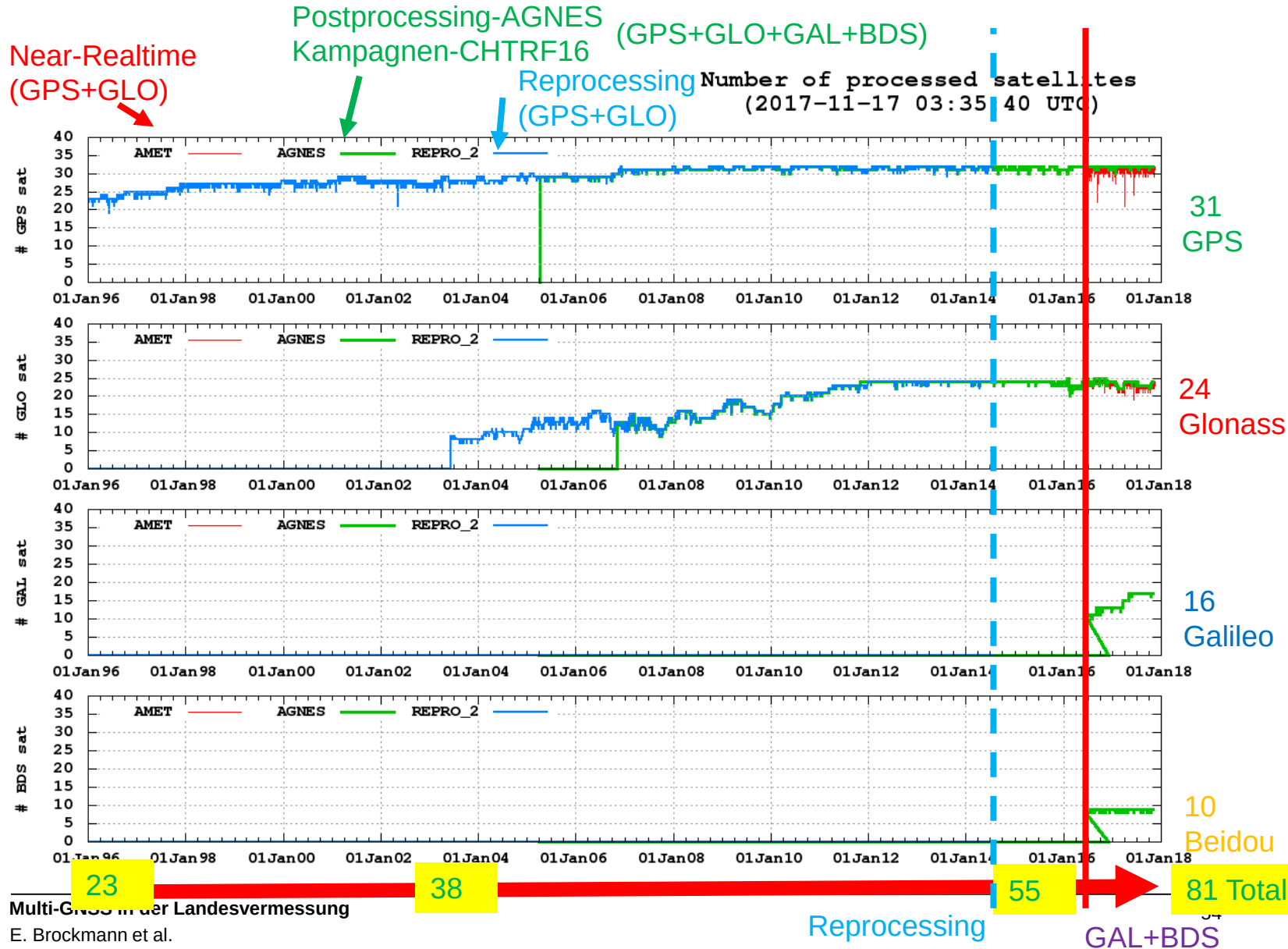


Multi-GNSS: Files / fichiers





Multi-GNSS: Status / l'état





Zwischenfazit

Conclusion partielle



- Multi-GNSS im PNAC operationell mit derzeit ~80 Satelliten
 - AGNES-Stationen und Feldempfänger
 - Datenfluss RINEX-3 etabliert
 - Auswertung Multi-GNSS (GAL+BDS) mit BSW53: Permanentstationen und Kampagnen ( MGEX Produkte operationell)
 - Stundenlösungen mit RINEX-3 vorbereitet, internationale Partner brauchen noch mehr Zeit



- Gewinn bzgl. Genauigkeit für die Beobachtungszeiten > 1 Tag klein; für Intervalle < 1 Stunde (Realtime) bessere Verfügbarkeit absehbar (etwas bessere Genauigkeit)



- Referenzrahmenkontrolle komplexer (Koordinaten pro Satellitensystem; fehlende GAL+BDS Antennenkalibrierungen)



Agenda

- **10:15 – 11:00**
PNAC / Landesvermessung (E. Brockmann)
PNAC / Mensuration nationale (E. Brockmann)
- **11:00 – 11:15**
Aktueller Stand von Multi-GNSS bei swipos (D. Andrey)
Etat actuel du multi-GNSS chez swipos (D. Andrey)
- **11:15 – 11:30**
swipos Nutzen und Ausblick (J. Liechti)
Utilité pour swipos et perspectives (J. Liechti)



Multi-GNSS bei swipos

Multi-GNSS chez swipos

Voraussetzungen:

- **AGNES-Stationsnetz** mit Multi-GNSS fähigen Empfängern und Antennen
- **Prozessor** zur Erzeugung von RTK (VRS) – Korrekturen für GPS/GLO/GAL/BDS
- **RTCM 3.2 MSM** als Format für die Datenabgabe an die Rover

Eléments nécessaires:

- **Réseau de stations AGNES** avec récepteurs et antennes multi-GNSS
- **Processeur** capable de délivrer des corrections RTK (VRS) pour GPS/GLO/GAL/BDS
- Format **RTCM 3.2 MSM** en sortie pour les rovers



AGNES-Netz Réseau AGNES

Multi-GNSS fähige Empfänger und Antennen seit 2015

➔ Liefern in Echtzeit Informationen in die AGNES/swipos - Zentrale

Récepteurs et antennes multi-GNSS depuis 2015

➔ transmettent en temps réel les informations à la centrale AGNES/swipos

Tracking Station
Zimmerwald am
01.12.2017

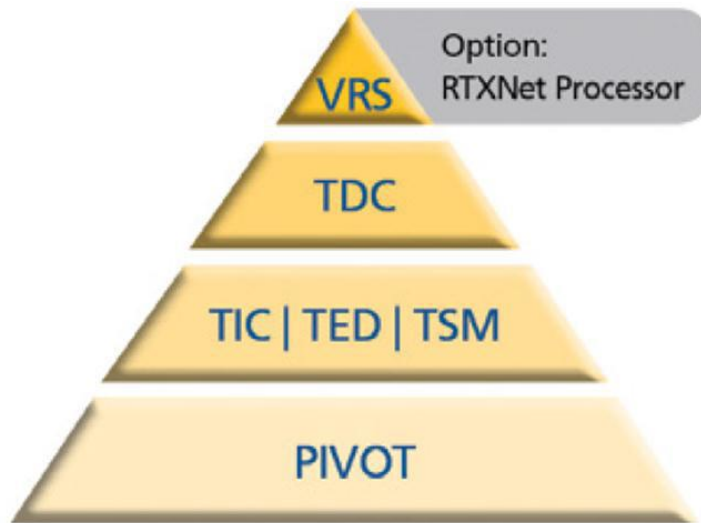
Satellite Tracking	Skyplot	Receiving Info	Multipath	Raw Data Analysis	Storage Integrity							
	Sat	El [°]	Az [°]	SNR (CA/P1/E1/B1)	SNR (L2/L2C/L2C...)	SNR (L5/E5/E5A/E5B)	SNR (E6/B3)	CA/P1/E1/B1	L2/L2C/L2CA	L5/E5/E5A/E5B	E6/B3	
➡	C05	16	121	- / - / - / 36	-	- / - / - / 39	- / 38	- / - / - / 5027	-	- / - / - / 6847	- / 3501	
➡	C10	24	48	- / - / - / 40	-	- / - / - / 41	- / 41	- / - / - / 22041	-	- / - / - / 22041	- / 22041	
➡	E01	69	174	- / - / 54	-	- / 58 / 56 / 55	-	- / - / 9547	-	- / 9547 / 4662 / 9	-	
➡	E04	75	290	- / - / 51	-	- / 58 / 55 / 54	-	- / - / 13652	-	- / 13652 / 7162 / ..	-	
➡	E09	22	306	- / - / 42	-	- / 49 / 46 / 45	-	- / - / 2643	-	- / 2643 / 2643 / 2	-	
➡	E19	42	133	- / - / 47	-	- / 51 / 47 / 46	-	- / - / 23475	-	- / 24770 / 7122 / ..	-	
➡	E22	0	350	-	-	-	-	-	-	-	-	
➡	G05	59	222	54	46 / 50	-	-	11680	11680 / 11746	-	-	
➡	G07	29	58	46	33 / 42	-	-	17611	17611 / 17611	-	-	
➡	G08	7	46	34	18 / 36	44	-	1324	1324 / 1324	1324	-	
➡	G09	3	108	-	-	-	-	-	-	-	-	
➡	G13	52	297	50	41	-	-	5409	5409	-	-	
➡	G15	21	294	44	31 / 42	-	-	1931	1925 / 1930	-	-	
➡	G20	34	302	45	33	-	-	4222	4222	-	-	
➡	G21	7	320	37	19	-	-	1863	1482	-	-	
➡	G27	0	14	-	-	-	-	-	-	-	-	
➡	G28	49	124	48	40	-	-	5817	5817	-	-	
➡	G30	58	58	52	46 / 52	56	-	14250	14250 / 14250	14250	-	
➡	J03	0	41	-	-	-	-	-	-	-	-	
➡	R05	14	141	38 / 37	- / - / 30	-	-	21117 / 21117	- / - / 3	-	-	
➡	R06	72	143	49 / 47	44 / - / 45	-	-	12695 / 12691	10977 / - / 12665	-	-	
➡	R07	50	321	53 / 51	49 / - / 49	-	-	6001 / 6001	6001 / - / 6001	-	-	
➡	R08	2	320	-	-	-	-	-	-	-	-	
➡	R09	51	215	52 / 48	48 / - / 49	-	-	5434 / 5434	5434 / - / 5434	-	-	
➡	R15	8	37	38 / 36	- / - / 29	-	-	15858 / 15858	- / - / 76	-	-	
➡	R16	69	39	48 / 46	44 / - / 46	-	-	10661 / 10661	10349 / - / 10661	-	-	
➡	R23	4	323	-	-	-	-	-	-	-	-	
➡	R24	7	7	36 / 35	-	-	-	1340 / 1340	-	-	-	



RTXNet-Processor

Processeur RTXNet

Trimble Pivot Platform
GNSS Infrastructure Software



Hierarchical Apps layer structure

RTXNet Processor is an option to VRS³Net App providing an alternative network processor module

- RTXNet-Prozessor (GPS+GLO)
- RTXNet-Prozessor (GPS+GLO+GAL+BDS)
➔ seit Version 3.5



RTXNet-Processor

Processeur RTXNet

Anforderungen des RTXNet-Prozessors:

Exigences du processeur RTXNet:

- Absolute Stationskoordinaten mit cm-Genauigkeit (3D)
coordonnées absolues avec précision centimétrique (3D)
- Bahn- und Uhrenparameter in Echtzeit von TrimbleRTX
orbites et horloges en temps réel de TrimbleRTX
- Prädizierte Bahnen (SP3) und DCB-Files
orbites prédites et fichiers DCB (Differential Code Biases)



RTXNet-Processor

Processeur RTXNet

Workflow RTXNet-Prozessor:

- Festsetzen der Phasenmehrdeutigkeiten auf den einzelnen Referenzstationen mittels eines PPP-Algorithmus
Résolution des ambiguïtés pour chaque station de référence basée sur un algorithme PPP
- Ableitung von Fehlermodellen für alle Satelliten auf allen Stationen
Dérivation des paramètres d'erreurs pour tous les satellites par station
- Erzeugen von VRS-Beobachtungen durch Interpolation von Troposphäre und Ionosphäre zwischen den Referenzstationen
Interpolation de la troposphère et de la ionosphère entre les stations; génération de corrections VRS basée sur cette interpolation



RTXNet-Processor

Processeur RTXNet

Vergleich der Prozessoren RTKNet und RTXNet:
Comparaison du processeur RTKNet et RTXNet:

RTKNet	RTXNet
GPS+GLO	GPS+GLO+GAL+BDS
Kombinierte Berechnung mit allen Stationen Processing combiné de toutes les stations	Berechnung der Fehleranteile pro Station Estimation des erreurs par station
	Geringere Auslastung der Server (Memory / CPU) Meilleure gestion de la mémoire/CPU



RTCM-Format für swipos-GISGEO

Format RTCM pour swipos-GISGEO

RTCM 3.1
(GPS+GLO)

RTCM v3 Messages	
Send RTCM message 4094	No
Position Messages	
Position information output rate [sec]	5
Position message	1005 - ARP without height
Antenna descriptor	1007 + 1033 - combined
RTK Messages	
RTK observables output rate [sec]	1
GPS message	1004 - GPS L1 & L2 extended
GLONASS message	1012 - GLONASS L1 & L2 extended

RTCM 3.2 MSM4
(GPS+GLO+GAL+BDS)

RTCM v3 Messages	
Send RTCM message 4094	No
Position Messages	
Position information output rate [sec]	5
Position message	1005 - ARP without height
Antenna descriptor	1007 + 1033 - combined
RTK Messages	
RTK observables output rate [sec]	1
Multi Signal Message	MSM 4



RTCM-Format 3.2 MSM

Format RTCM 3.2 MSM

RTCM 3.2 MSM (Multiple Signal Message)

Group Name	Sub-Group Name	Message Type
Observations	GPS MSMs	1071 - 1077
	GLONASS MSMs	1081 - 1087
	Galileo MSMs	1091 - 1097
	QZSS MSMs	1111 - 1117
	BDS MSMs	1121 - 1127



RTCM-Format 3.2 MSM

Format RTCM 3.2 MSM

Verschiedene «Informationsniveaus»

Différents «niveau d'information»

Niveau	Beschreibung (vereinfacht) / Description (simplifié)
MSM1	GNSS Pseudoranges
MSM2	GNSS Phase Range
MSM3	GNSS Pseudorange + Phase Range
MSM4	GNSS Pseudorange + Phase Range + Signal CNR
MSM5	GNSS Pseudorange + Phase Range + Signal CNR + Phase Range Rates
MSM6	= MSM4 avec «extended resolution»
MSM7	= MSM5 avec «extended resolution»

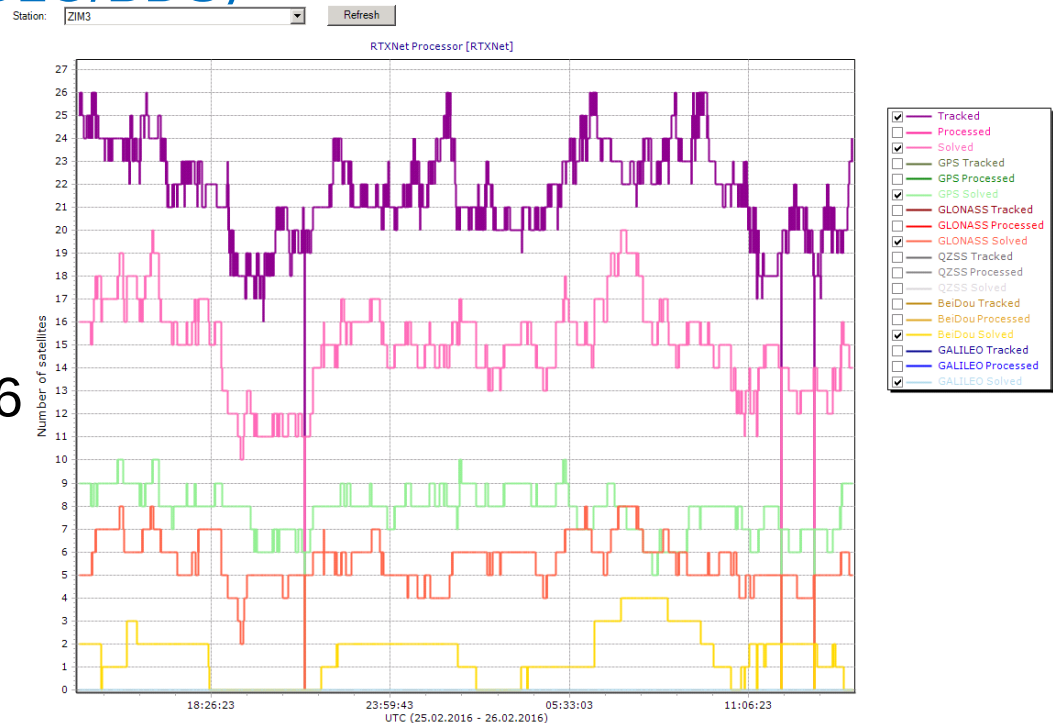


Software der AGNES/swipos Zentrale Logiciel de la centrale AGNES/swipos

Test des RTCM 3.2 MSM4 (GPS/GLO/BDS) – Formats mit den swipos-Wiederverkäufern im Jahr 2016

Tests en 2016 avec les revendeurs concernant le format RTCM 3.2 MSM4 (GPS/GLO/BDS)

Station
Zimmerwald
25-26.02.2016





Galileo Galileo

- Start von Galileo Satelliten:
 - 2 IOV-Satelliten am 21.10.2011 (E11, E12)
 - 2 IOV-Satelliten am 12.10.2012 (E19, E20); E20 unavailable
 - 2 FOC-Satelliten am 22.08.2014 (E18, E14); Orbitsproblem
 - 2 FOC-Satelliten am 27.03.2015 (E26, E22)
 - 2 FOC-Satelliten am 11.09.2015 (E24, E30)
 - 2 FOC-Satelliten am 17.12.2015 (E08, E09)
 - 2 FOC-Satelliten am 24.05.2016 (E01, E02)
 - 4 FOC-Satelliten am 17.11.2016 (E07, E03, E04, E05)
- **«Galileo initial services» am 15.12.2016**
- 4 weitere FOC-Satelliten am 12.12.2017 geplant



Realtime Clocks und Orbits

Orbites et horloges en temps réel

Realtime Clocks und Orbits für Galileo seit Januar 2017

Orbites et horloges temps réel pour Galileo depuis janvier 2017

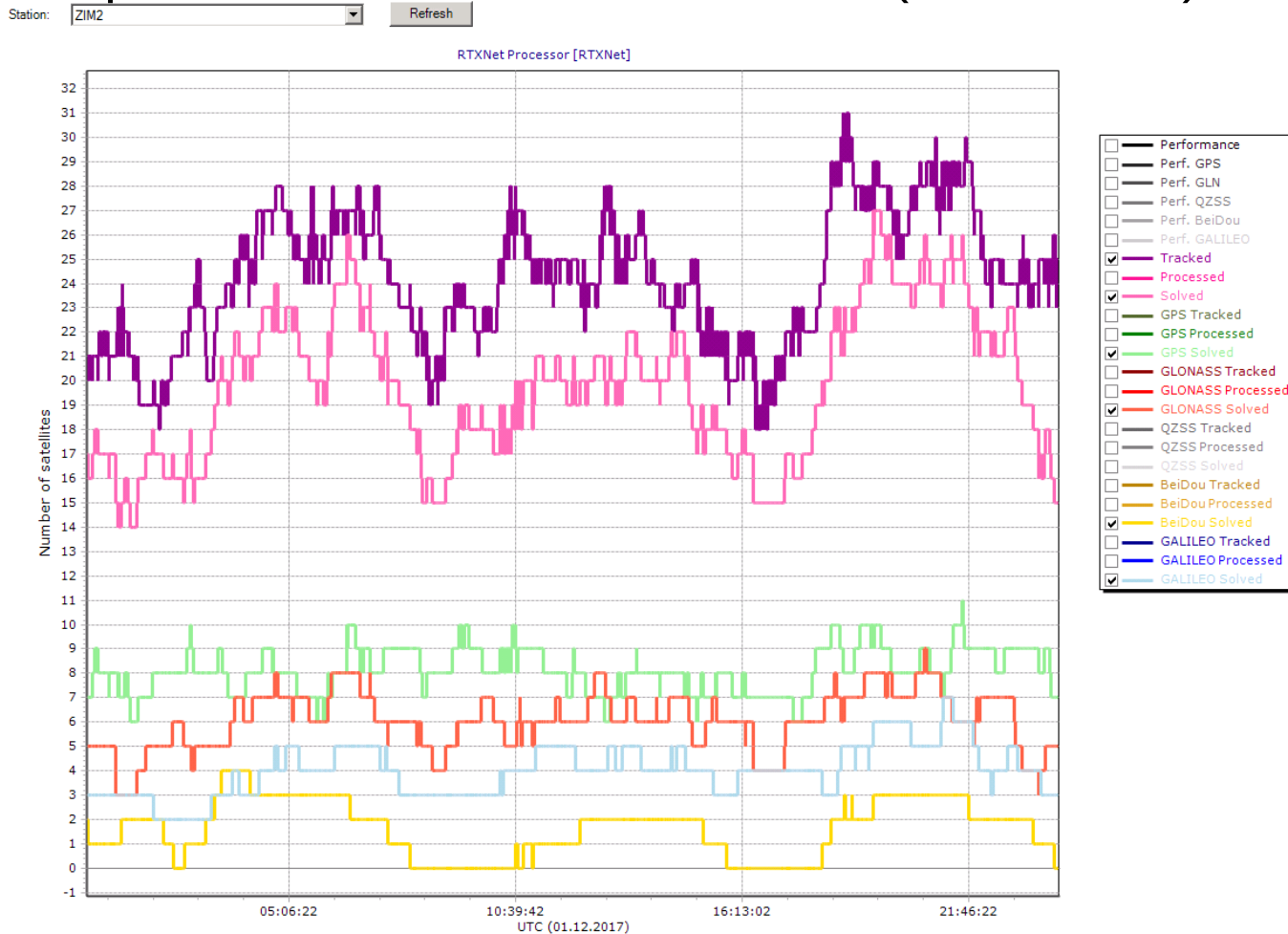
Broadcast Orbit Almanac Information Predicted Orbit Information Orbit Feed											
Processing time:		07.12.2017 15:52:04		Last Trimble RTX orbit:		07.12.2017 15:52:02 [C]					
Epoch time:		07.12.2017 15:52:14		Last Trimble RTX clock:		07.12.2017 15:52:02 [C]					
Sat	System	Broadcast	Predicted	Trimble RTX	Brdc/Prdc Orbit Diff. [m]	Brdc/RTX Orbit Diff. [m]	Prdc/RTX Orbit Diff. [m]	Brdc/Prdc Clock Diff. [s]	Brdc/RTX Clock Diff. [m]	Prdc/RTX Clock Diff. [m]	Prdc/RTX Clock Diff. [m]
C02	BeiDou	✓	✓	✓	---	2.240	---	---	-1.378	---	---
C05	BeiDou	✓	✓	✓	---	5.126	---	---	-1.962	---	---
C07	BeiDou	✓	✓	✓	---	1.461	---	---	4.003	---	---
C10	BeiDou	✓	✓	✓	---	1.739	---	---	-3.132	---	---
C14	BeiDou	✓	✓	✓	---	---	---	---	---	---	---
E01	GALILEO	✓	✓	✓	---	0.658	---	---	-0.175	---	---
E04	GALILEO	✓	✓	✓	---	0.858	---	---	-0.334	---	---
E05	GALILEO	✓	✓	✓	---	0.791	---	---	-0.329	---	---
E09	GALILEO	✓	✓	✓	---	0.704	---	---	-0.307	---	---
E22	GALILEO	✓	✓	✓	---	0.957	---	---	-0.388	---	---
E24	GALILEO	✓	✓	✓	---	0.694	---	---	0.469	---	---
R13	GLONASS	✓	✓	✓	3.280	3.331	0.056	-0.169	-0.306	-0.137	-0.137
R14	GLONASS	✓	✓	✓	1.835	1.708	0.156	-0.707	-4.299	-3.592	-3.592
R15	GLONASS	✓	✓	✓	12.543	12.514	0.061	1.366	-2.733	-4.099	-4.099
R21	GLONASS	✓	✓	✓	2.989	2.966	0.048	0.746	-0.080	-0.825	-0.825
R22	GLONASS	✓	✓	✓	2.732	2.726	0.126	0.048	1.854	1.806	1.806
R03	GLONASS	✓	✓	✓	2.808	2.842	0.047	-0.258	2.459	2.717	2.717
R04	GLONASS	✓	✓	✓	2.410	2.379	0.058	1.114	2.037	0.923	0.923
R05	GLONASS	✓	✓	✓	2.647	2.743	0.101	-1.280	-2.531	-1.251	-1.251
G13	GPS	✓	✓	✓	1.706	1.685	0.041	0.075	-1.048	-1.122	-1.122
G15	GPS	✓	✓	✓	1.320	1.333	0.060	0.212	-0.278	-0.489	-0.489
G02	GPS	✓	✓	✓	0.958	0.939	0.035	-0.010	1.324	1.334	1.334
G20	GPS	✓	✓	✓	1.929	1.924	0.044	0.195	1.386	1.191	1.191
G21	GPS	✓	✓	✓	1.778	1.752	0.037	-0.214	1.379	1.593	1.593
G27	GPS	✓	✓	✓	1.501	1.552	0.063	0.222	-0.024	-0.246	-0.246
G28	GPS	✓	✓	✓	2.600	2.489	0.115	0.007	-0.334	-0.340	-0.340
G30	GPS	✓	✓	✓	1.547	1.523	0.047	-0.007	0.943	0.951	0.951
G05	GPS	✓	✓	✓	1.895	1.867	0.069	-0.161	0.227	0.388	0.388
G07	GPS	✓	✓	✓	0.377	0.391	0.092	-0.159	0.974	1.133	1.133
G08	GPS	✓	✓	✓	1.627	1.683	0.091	0.013	-0.778	-0.791	-0.791
G09	GPS	✓	✓	✓	1.031	1.046	0.041	-1.272	1.228	2.500	2.500
G12	GPS	✓	✓	✓	---	---	---	---	---	---	---



Aktuelles Processing mit RTXNet

Processing actuel avec RTXNet

Beispiel Station ZIM2 am 01.12.2017 (24 Stunden)





Zusätzliche Mountpoints

Mountpoints supplémentaires

Zusätzliche swipos-GIS/GEO Mountpoints seit 28.06.2017
Mountpoints swipos-GIS/GEO supplémentaires depuis le 28.06.2017



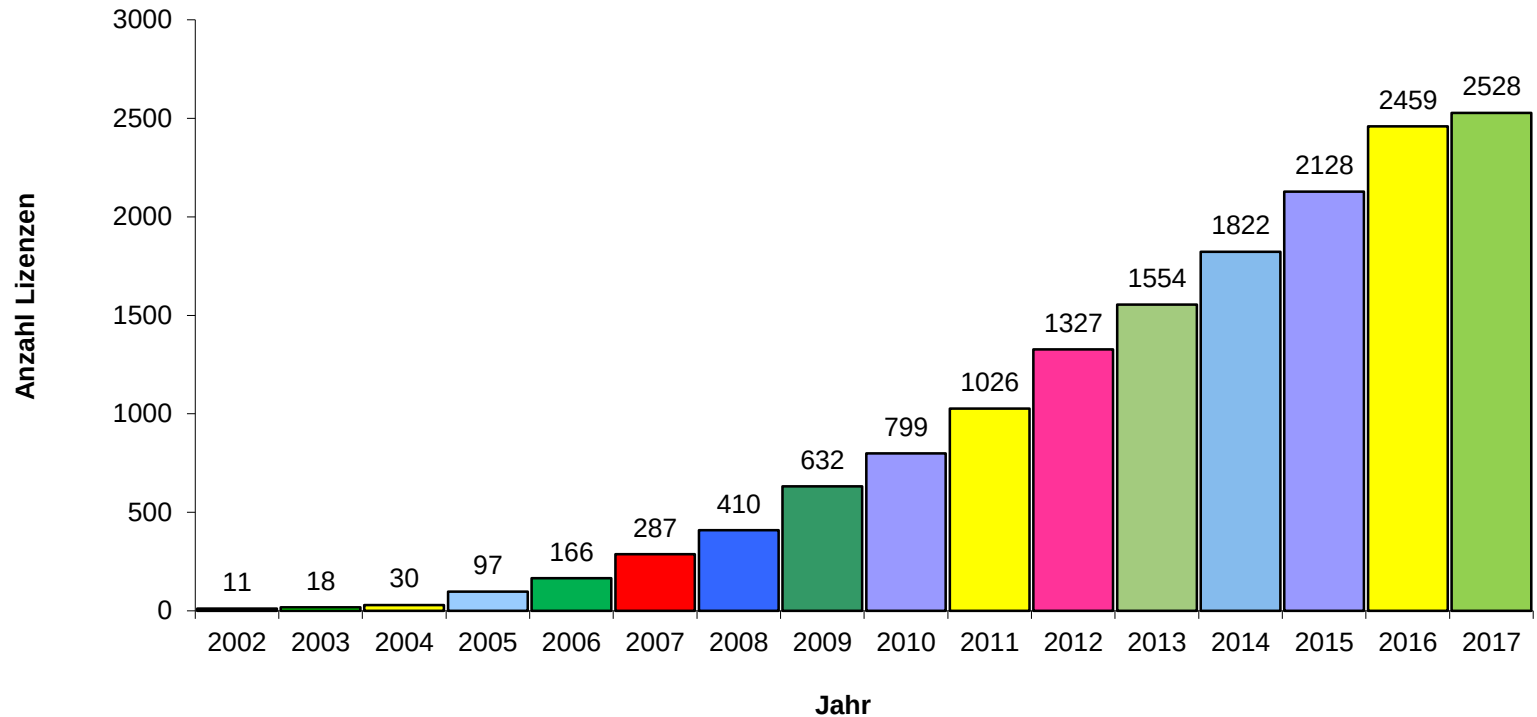
	RTCM 3.1 (GPS/GLO)	RTCM 3.2 MSM4 (GPS/GLO/BDS/GAL)
Lage: LV95 / Höhe: LHN95 Planimétrie: MN95 / Altimétrie: RAN95	VRS_GISGEO_LV95LHN95	MSM_GISGEO_LV95LHN95
Lage: LV03 / Höhe: LN02 Planimétrie: MN03 / Altimétrie: NF02	VRS_GISGEO_LV03LN02	MSM_GISGEO_LV03LN02
Lage: LV95 / Höhe: LN02 Planimétrie: MN95 / Altimétrie: NF02	VRS_GISGEO_LV95LN02	MSM_GISGEO_LV95LN02



Lizenzwachstum

Evolution du nombre de licences

swipos-GIS/GEO: Lizenzenwachstum





Statistik der Benutzung (Nov. 2017)

Statistique de l'utilisation (nov. 2017)

- Ca. 350-450 gleichzeitige verbundene Benutzer während den Bürozeiten
Environ 350-450 utilisateurs simultanément connectés durant les heures de bureau
- Ca. 6000 Zugriffe pro Tag
Environ 6000 accès par jour
- Ca. 15% arbeiten mit MSM-Mountpoints
Environ 15% utilisent les mountpoints MSM
- Mountpoints mit LV95LN02 sind am meisten benutzt
Mountpoints avec MN95NF02 sont les plus utilisés



Agenda

- **10:15 – 11:00**
PNAC / Landesvermessung (E. Brockmann)
PNAC / Mensuration nationale (E. Brockmann)
- **11:00 – 11:15**
Aktueller Stand von Multi-GNSS bei swipos (D. Andrey)
Etat actuel du multi-GNSS chez swipos (D. Andrey)
- **11:15 – 11:30**
swipos Nutzen und Ausblick (J. Liechti)
Utilité pour swipos et perspectives (J. Liechti)



Konfigurationsmöglichkeiten

Options de configuration

Konfigurationsmöglichkeiten der Satellitensysteme im Vergleich zum bestehenden GPS & GLONASS:

Options de configuration des systèmes satellites par rapport aux systèmes existants GPS & GLONASS:

- GPS & GALILEO
- GPS & BEIDOU
- (GPS & GLONASS & GALILEO)
- (GPS & GALILEO & BEIDOU)
- (GPS & GLONASS & BEIDOU)
- GPS & GLONASS & BEIDOU & GALILEO





Monitoringsystem bei swisstopo

Système de surveillance à swisstopo



20[s] swipos
Connection Time
60[s] Timeout
24x7x365

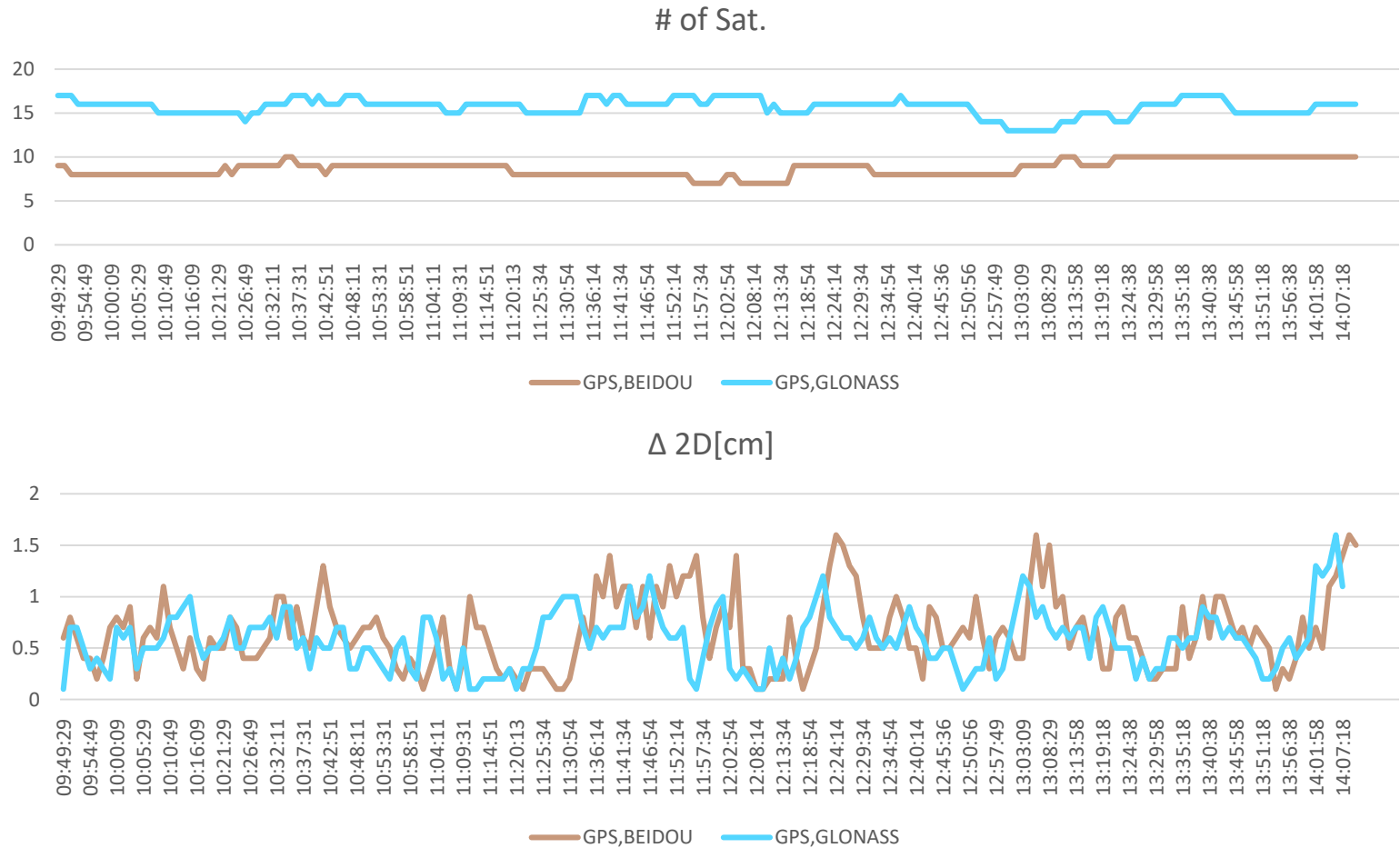


Swipos Monitoring
Server

Q-DB



GPS & BEIDOU 01.12.2017 9:49 – 14:07





GPS & BEIDOU 01.12.2017 14:07

(Ansicht Empfänger / **Vue du récepteur**)

Position

Position:

Lat: 46° 55' 40.01713" N

Lon: 7° 27' 5.51395" E

Hgt: 620.398 [m]

Type: RTK Fixed

Datum: WGS-84

Velocity:

East: 0.00 [m/s]

North: -0.01 [m/s]

Up: -0.01 [m/s]

Position Solution Detail:

Position Dimension: 3D

Motion Info: Static

Augmentation: GPS+BDS

RTK Solution: Normal

RTK Init: Fixed

RTK Mode: Low Latency

RTK Network Mode: Network

Age of Corrections: 1.0 [Sec.]

Height Mode: Normal

Correction Controls: Off

Satellites Used:10

GPS(8): 2, 5, 6, 7, 9, 16, 23, 30

BeiDou(2): 7, 10

Satellites Tracked:12

GPS (8): 2, 5, 6, 7, 9, 16, 23, 30

BeiDou (4): 5, 7, 10, 12

Receiver Clock:

GPS Week: 1977

GPS Seconds: 482936

Offset: 0.00000 [msec]

Drift: 0.00000 [ppm]

Multi-System Clock Offsets:

Master Clock System: GPS

BeiDou Offset: -56.8 [ns]

BeiDou Drift: -0.053 [ns/s]

Dilutions of Precision:

PDOP: 2.3

HDOP: 1.1

VDOP: 2.0

TDOP: 2.0

Error Estimates(1 σ):

East: 0.004 [m]

North: 0.005 [m]

Up: 0.011 [m]

Semi Major Axis: 0.005 [m]

Semi Minor Axis: 0.003 [m]

Orientation: 148.0°



GPS & GALILEO 29.11.2017 12:55 – 14:55





GPS & GALILEO 29.11.2017 13:24 (Ansicht Empfänger / **Vue du récepteur**)

Position

Position:

Lat: 46° 55' 40.01687" N

Lon: 7° 27' 5.51409" E

Hgt: 620.388 [m]

Type: RTK Fixed

Datum: WGS-84

Velocity:

East: 0.00 [m/s]

North: 0.00 [m/s]

Up: -0.01 [m/s]

Position Solution Detail:

Position Dimension: 3D

Motion Info: Static

Augmentation: GPS+GAL

RTK Solution: Normal

RTK Init: Fixed

RTK Mode: Low Latency

RTK Network Mode: Network

Age of Corrections: 0.8 [Sec.]

Height Mode: Normal

Correction Controls: Off

Satellites Used:13

GPS(8): 2, 5, 6, 7, 9, 16, 23, 30

Galileo(5): 2, 3, 8, 24, 26

Satellites Tracked:16

GPS (9): 2, 5, 6, 7, 9, 16, 23, 26, 30

Galileo (7): 2, 3, 5, 7, 8, 24, 26

Receiver Clock:

GPS Week: 1977

GPS Seconds: 309740

Offset: 0.00000 [msec]

Drift: 0.00000 [ppm]

Multi-System Clock Offsets:

Master Clock System: GPS

Galileo Offset: 8.1 [ns]

Galileo Drift: 0.014 [ns/s]

Dilutions of Precision:

PDOP: 1.6

HDOP: 0.8

VDOP: 1.4

TDOP: 1.3

Error Estimates(1σ):

East: 0.002 [m]

North: 0.003 [m]

Up: 0.006 [m]

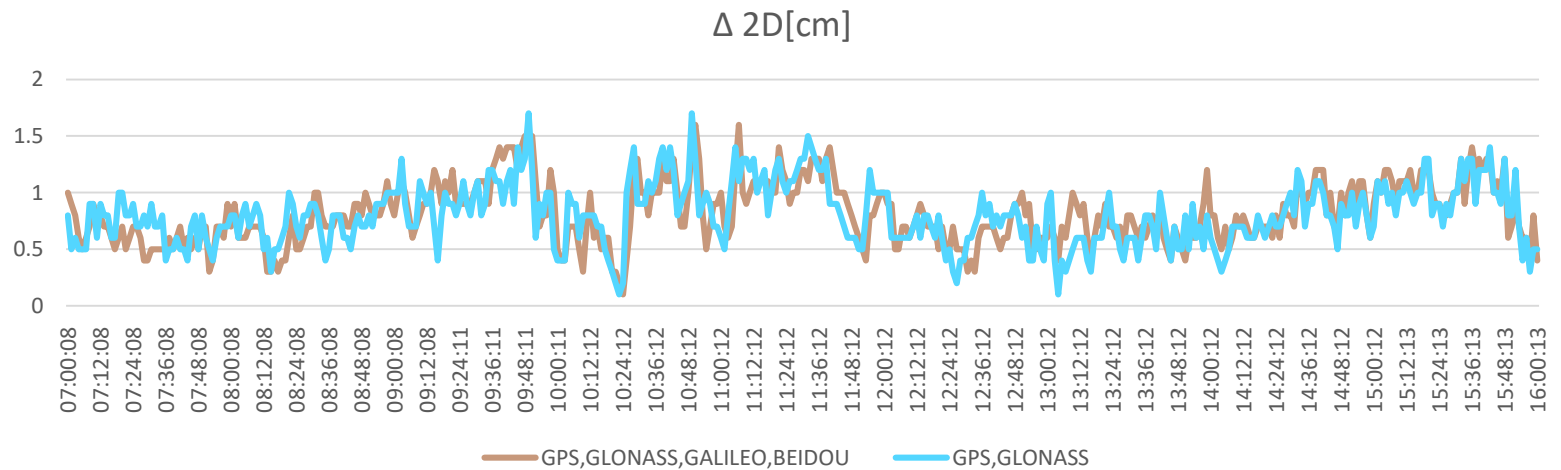
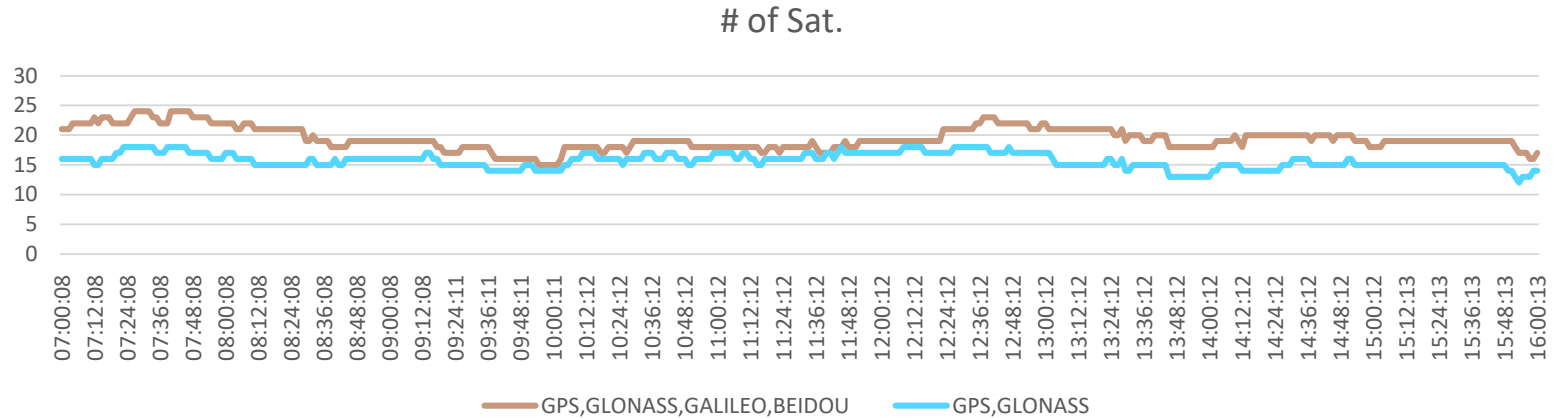
Semi Major Axis: 0.003 [m]

Semi Minor Axis: 0.002 [m]

Orientation: 174.6°

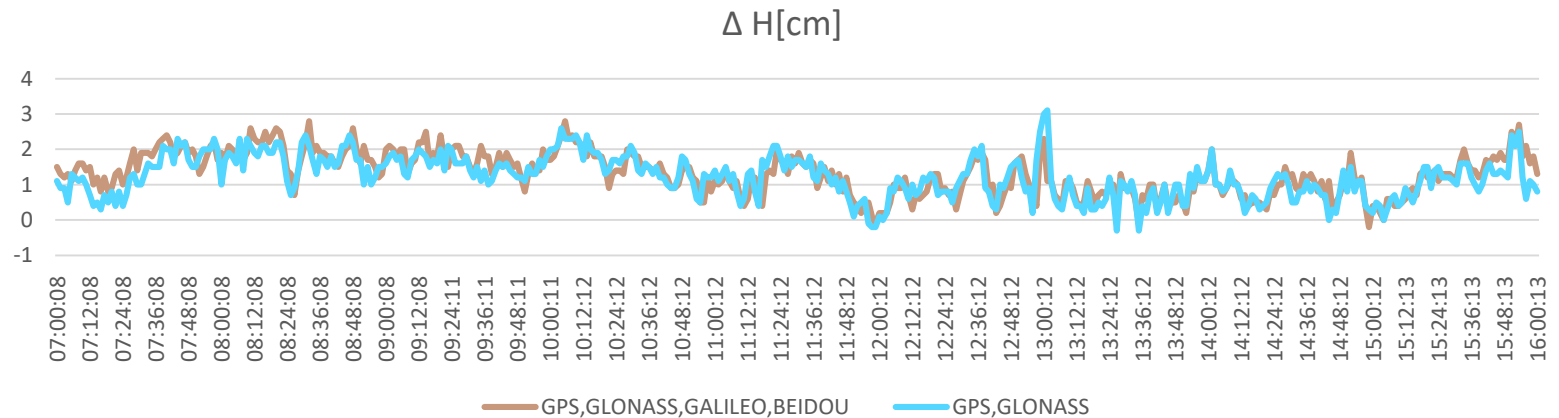
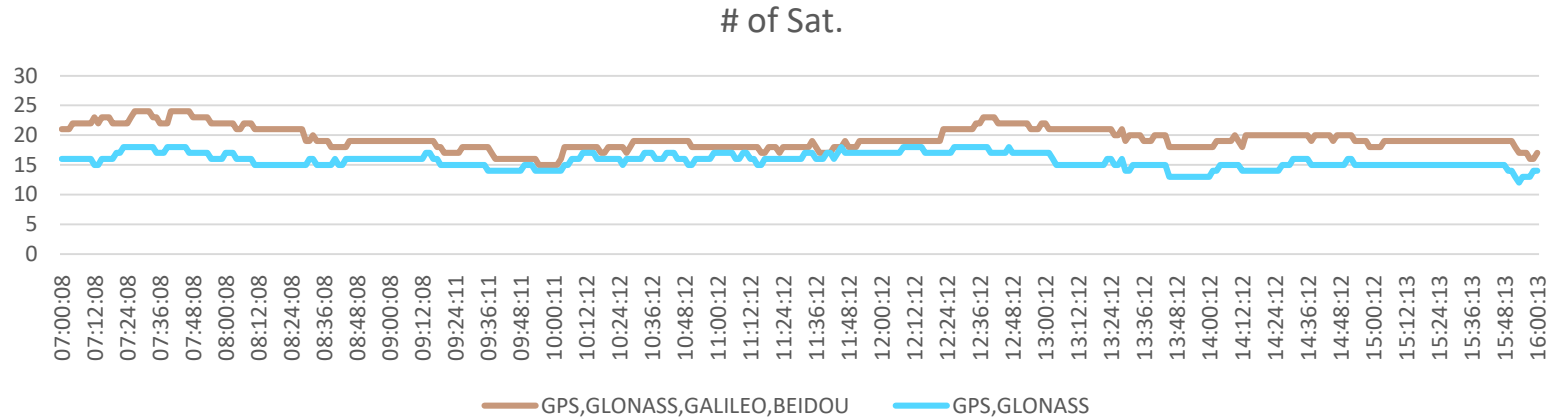


GPS & GLONASS & BEIDOU & GALILEO 17.11.2017 7:00 – 16:00





GPS & GLONASS & BEIDOU & GALILEO 17.11.2017 7:00 – 16:00



of Sat. Mittelwert => GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU = 19,5

of Sat. Mittelwert => GPS, GLONASS = 15,8

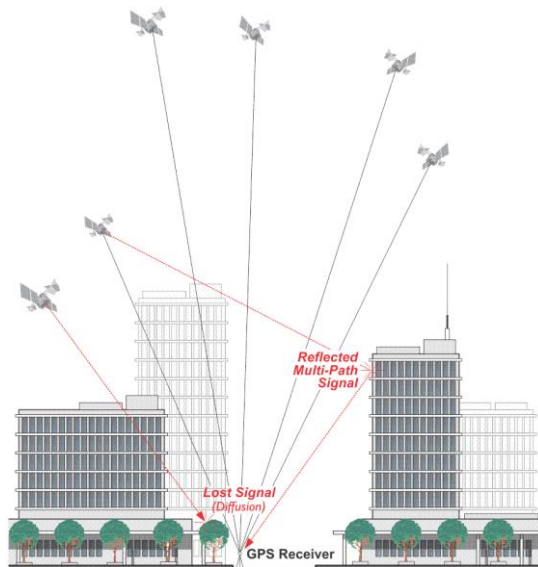


Elevation cut-off = 40°

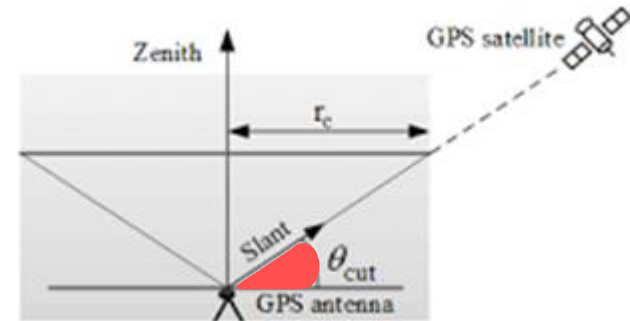
Masque d'élévation = 40°

Simulation von «Urban Canyons»

Simulation de «canyons urbains»

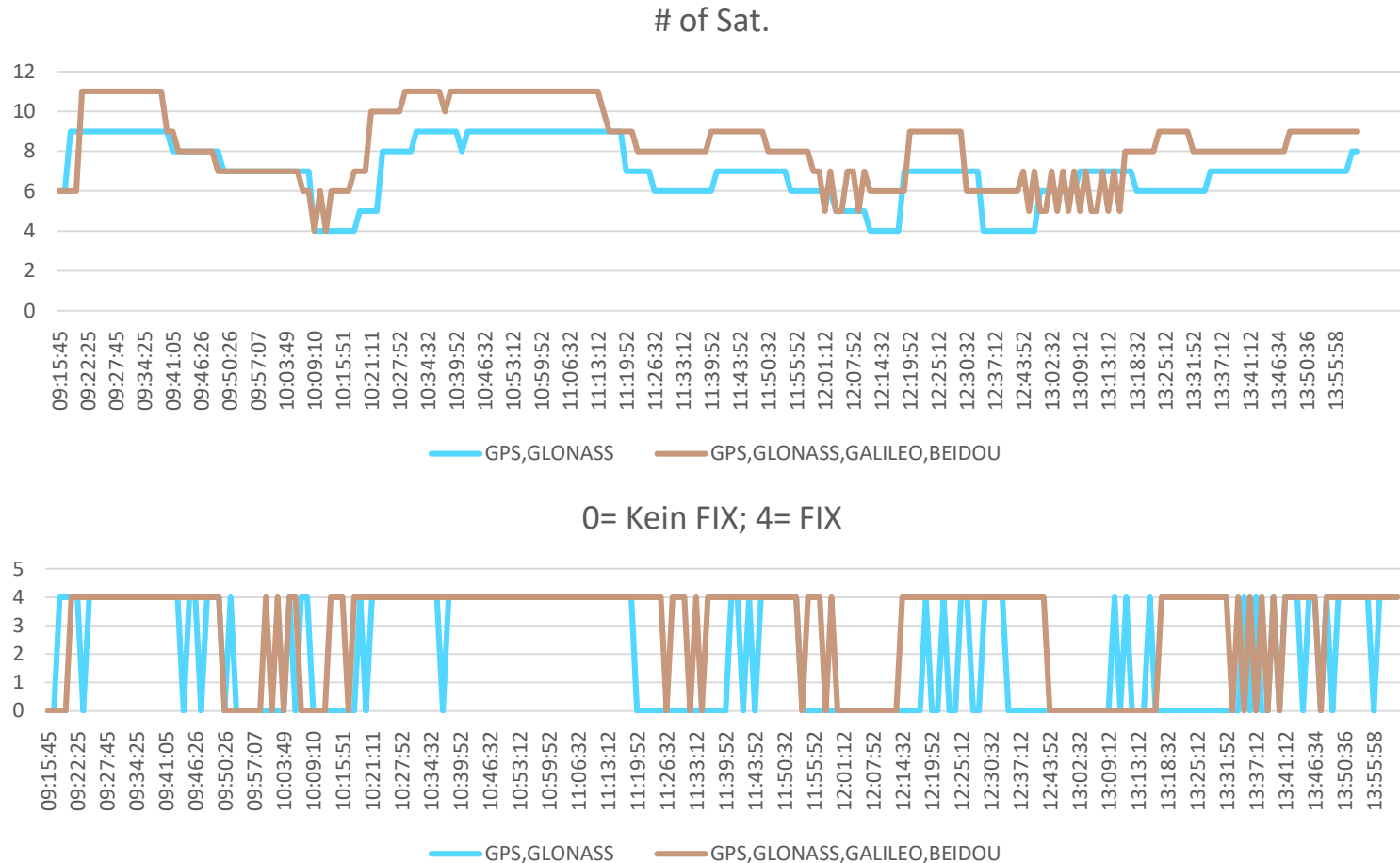


Cut-off auf
Empfänger
/ masque
d'élévation
sur le
récepteur





Elevation cut-off = 40° 24.11.2017 9:15 – 14:00



FIX => GPS, GLONASS = 49,5%

FIX => GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU = 73,9%



Nutzen Avantage

- Bessere Verfügbarkeit (Schluchten, Wald)
Meilleure disponibilité (ravins, forêt)
- Bessere Zuverlässigkeit
Meilleure fiabilité
- Bessere Sicherheit (in Bezug auf Signalstörungen)
Meilleure sécurité (en terme d'interférences de signal)
- Bessere «Genauigkeit»???
Meilleure «précision»???



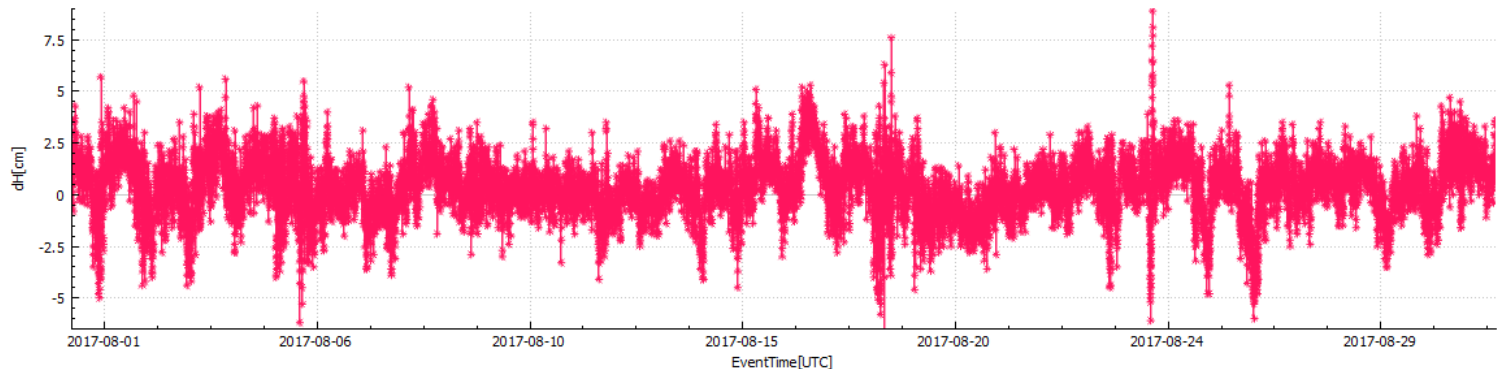


Probleme Problèmes

Das bekannte Problem mit der Höhengenaugigkeit im Sommer konnte im Moment durch die neuen Satellitensysteme nicht verbessert werden.

Le problème connu de précision en altimétrie en été n'a pas pu être amélioré pour le moment par les nouveaux systèmes satellitaires.

Wabern DAC2
August 2017



Unbekannte Implementation der Multi-GNSS Lösung auf Seite Empfänger.

Implémentation inconnue de la solution multi-GNSS côté récepteur.



swipos bei swisstopo swipos à swisstopo

Vermessung / Mensuration

- Fixpunkte
Points fixes
- Koordinaten Schweremesspunkte
Coordonnées des points de mesure gravimétriques
- Landesgrenze
Frontière nationale
- Verifikation von AV
Vérification de la MO



Topografie / Topographie

- Topgis Feldclient (MSM)
Topgis utilisateur terrain (MSM)
- Passpunkte für Luftbildpositionierung
Points de contrôle pour les images aériennes
- Flugdienst
Service de vol



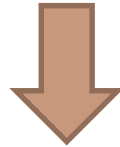
Topgis Feldclient (Genauigkeitsanforderung $< 1\text{m}$)

Topgis utilisateur terrain (Exigence de précision $< 1\text{m}$)



swipos-GIS/GEO Korrekturdaten
swipos-GIS/GEO données de correction

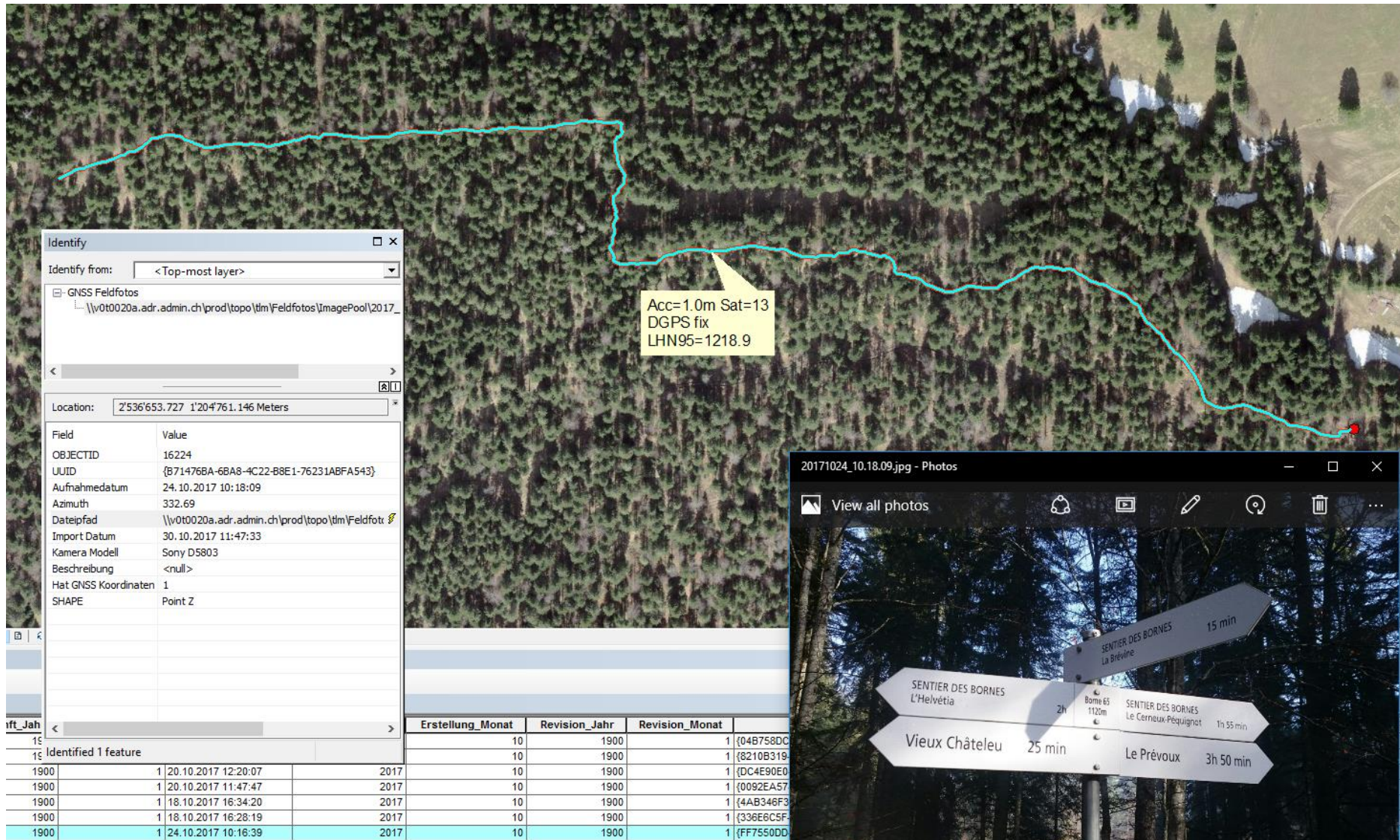
1 Frequenz Multi-GNSS Code-Empfänger
Récepteur de code monofréquence multi-GNSS



Erfassung in Topgis
Enregistrement dans Topgis

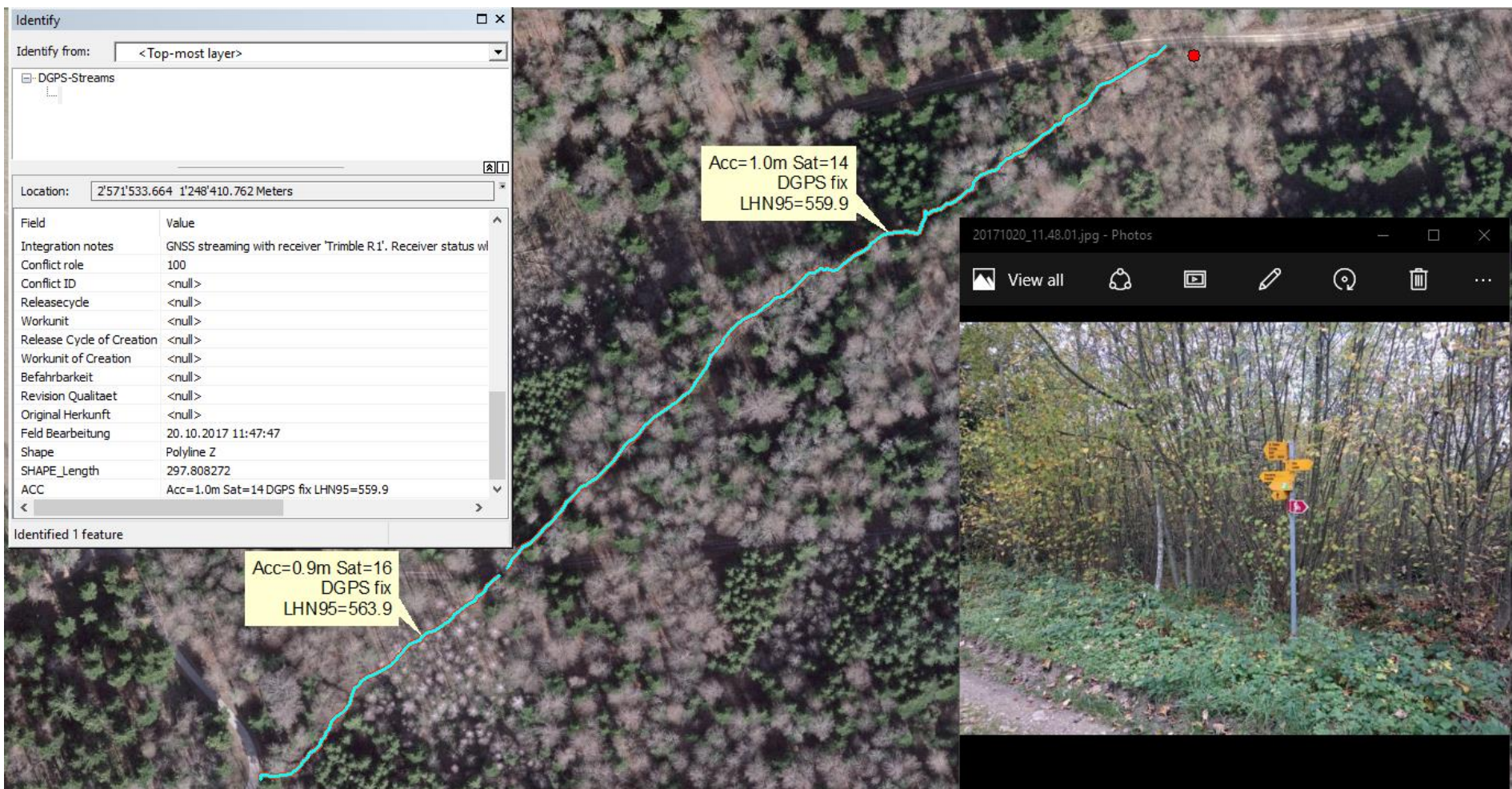


Resultate / Résultats



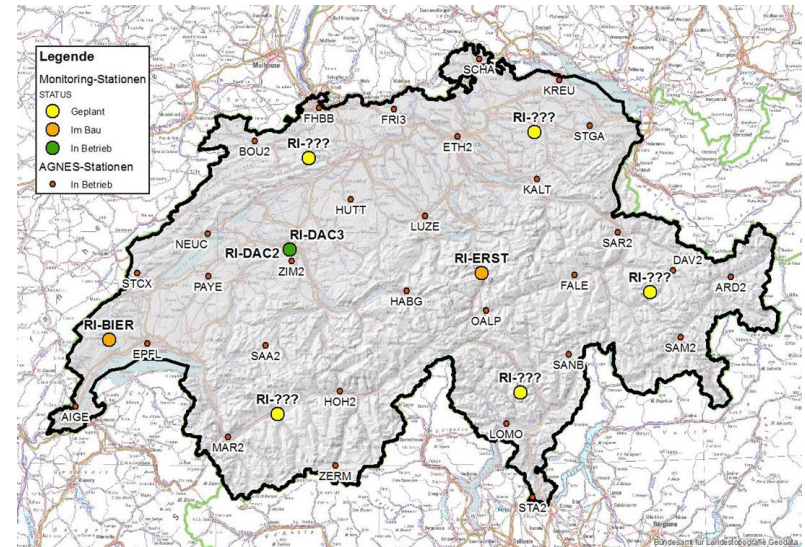


Resultate / Résultats





- Monitoring-Stationen an verschiedenen Standorten ausbauen
Étendre les stations de surveillance à différents endroits





Fragen / Questions

wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where

