

Deformationsnetz Eifel-Plume

GPS-basiertes Projekt der Bezirksregierung Köln,
Abteilung 7 – GEObasis NRW – und
des LVerGeo Rheinland-Pfalz





Deformationsnetz Eifel-Plume

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick

- ▶ Motivation
- ▶ Planung des Deformationsnetzes
- ▶ Auswertungen des Deformationsnetzes
- ▶ Ergebnisse der Epochenauswertungen
- ▶ Problematik Antennenwechsel
- ▶ Ausblick



Motivation

■ Motivation

■ Planung des Deformationsnetzes

■ Auswertungen des Deformationsnetzes

■ Ergebnisse der Epochenauswertungen

■ Problematik Antennenwechsel

■ Ausblick

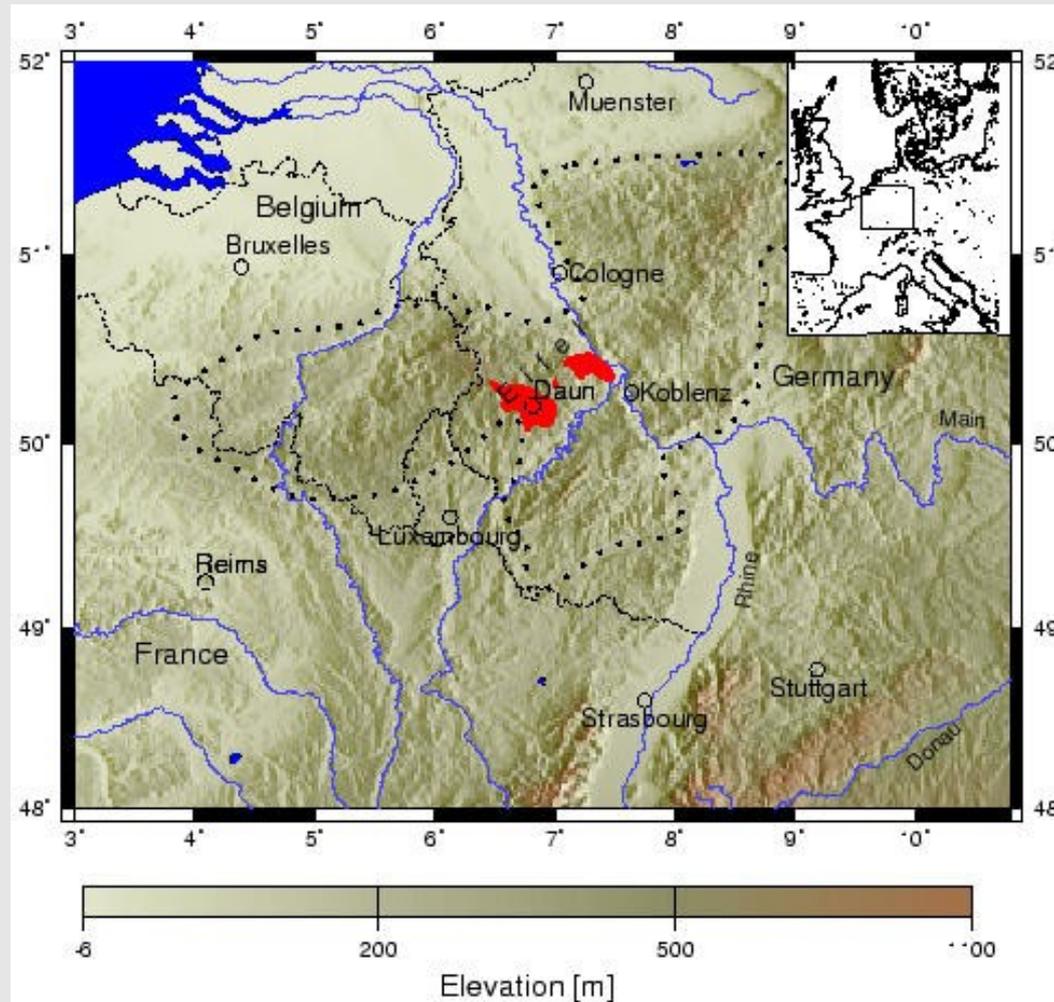
- ▶ Eifel-Plume-Projekt 1997-2001 der Universität Göttingen.
- ▶ Hinweise auf Höhenänderungen (rund 1 bis 2mm/a) im Bereich der Eifel aufgrund der Analyse von Wiederholungsnivellements des Deutschen Haupthöhennetzes.
- ▶ Durch vernetzten SAPOS Dienst der Landesvermessungsverwaltungen bietet sich die Möglichkeit, langjährige Deformationsanalysen ohne aufwändige Feldvermessungsarbeiten durchzuführen.
- ▶ Exponierte Lage der SAPOS Referenzstation Daun (= GREF Station des BKG).
Im Eifel-Plume-Projekt der Uni Göttingen wurde ein Plume im Bereich Daun unterhalb von 80 km geortet.



Motivation

- **Motivation**
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick

Übersicht aus Eifel-Plume-Projekt

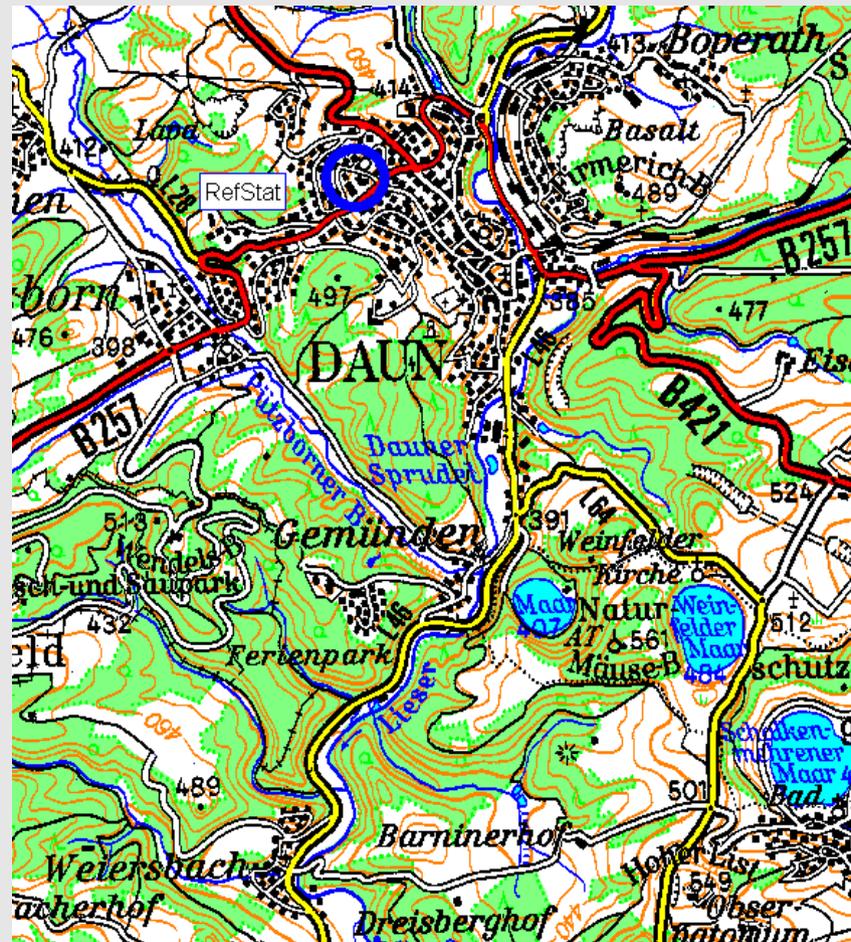


www.uni-geophys.gwdg.de/~eifel/



Motivation

Lage der SAPOS Referenzstation Daun



- **Motivation**
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Motivation

Ziel:

Bestimmung der Eifel – Hebungen gegenüber den Nachbargebieten des linksrheinischen Teiles des rheinischen Schiefergebirges und der Kölner Bucht.

- **Motivation**
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Planung des Deformationsnetzes

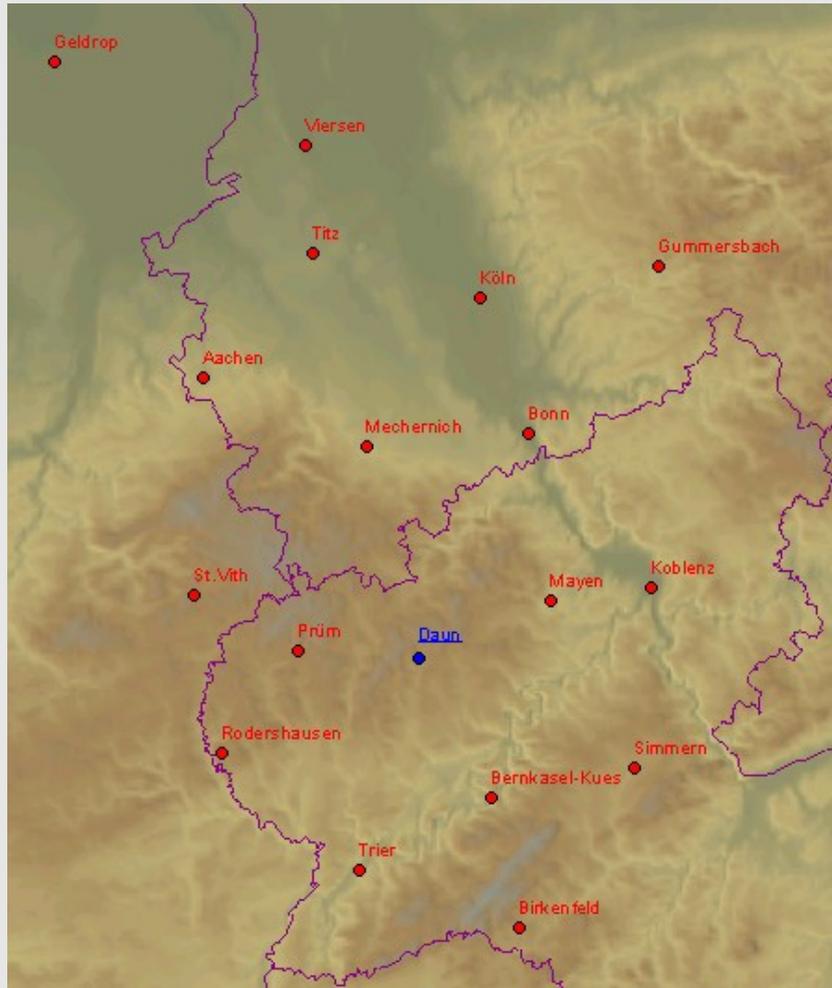
- Motivation
- **Planung des Deformationsnetzes**
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick

- ▶ Erste Kontaktaufnahme von GEOBasis NRW (Herrn Spata) mit dem LVerGeo im Februar 2003.
- ▶ Abstimmung der beteiligten Stationen, der einzusetzenden Rechensoftware und des Auswertekonzepts in gemeinsamer Besprechung im April 2003.
- ▶ Kontaktaufnahme mit Ingenieurbüro Wanninger im Mai 2003 zur Erstellung einer Auswertesoftware auf der Basis von WaSoft/Virtuell.
- ▶ Abstimmung des Auswertekonzepts mit dem Geodätischen Institut der Uni Bonn im Juni 2003.
- ▶ Hinzunahme der GREF Station Titz ins Deformationsnetz.
- ▶ Lieferung der Auswertesoftware WaSoft/Netz und Beginn der Auswertungen im September 2003.



Planung des Deformationsnetzes

Stationsverteilung des Deformationsnetzes



- 1 Station in Niederlande
- 1 Station in Belgien
- 1 Station des BKG
- 15 SAPOS Stationen

- Motivation
- **Planung des Deformationsnetzes**
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Planung des Deformationsnetzes

Auswertekonzept

Messzeit	Halbjährlich im Frühjahr und Herbst; jeweils 7 mal 24 Stunden
Messgrößen	Pseudostrecken CA, P1, P2 sowie Trägerphasen L1, L2
Messintervall	30 Sekunden
Datenformat	RINEX-Format 2.0 in der IGS-Konvention
Antennenparameter	Vollständige Antennenparameter, individuelle absolute Kalibrierung
Auswerteprogramm	Netzlösung mit WaSoft/Netz; 3D-Transformationslösung mit L1- und L2-Norm
Näherungskordinaten	Stationskoordinaten in der jeweiligen ITRF Lösung
Ionosphärische Korrektion	Ionosphärenfreie Linearkombination L0
Troposphärische Korrektion	Schätzung von Troposphären – Parametern, alle 3 Stunde
Phasenmehrdeutigkeiten	Fixed-Lösungen

- Motivation
- **Planung des Deformationsnetzes**
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Auswertungen des Deformationsnetzes

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- **Auswertungen des Deformationsnetzes**
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick

- ▶ Auswertung von 3 Messepochen im Startjahr des Projekts. Es wurden Daten der GPS-Wochen 1214, 1227 und 1240 (16., 29. und 42. KW) verwendet.
- ▶ Für die späteren Auswertungen wurden nur die Daten der beiden GPS Wochen verwendet die der 16. und 42. Kalenderwoche entsprechen.
- ▶ Die Daten der letzten Woche werden als 12. Epoche des Deformationsnetzes ausgewertet.
- ▶ Bei den ersten drei Epochen konnte die Station St. Vith nicht verwendet werden.
- ▶ Ab der Epoche 8 (Frühjahr 2006) wurde die neue SA^{POS} Station Rodershausen (RP) mit in das Deformationsnetz aufgenommen.
- ▶ Auswertung in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz



Auswertungen des Deformationsnetzes

Übersicht der durchgeführten Epochenauswertungen

Epoche	GPS Woche	Beginn	Σ Stat
PLUME01	1214	13. April 2003	16
PLUME02	1227	13. Juli 2003	16
PLUME03	1240	12. Oktober 2003	16
PLUME04	1266	11. April 2004	17
PLUME05	1292	10. Oktober 2004	17
PLUME06	1319	17. April 2005	17
PLUME07	1345	16. Oktober 2005	17
PLUME08	1371	16. April 2006	18
PLUME09	1397	15. Oktober 2006	18
PLUME10	1423	15. April 2007	18
PLUME11	1449	14. Oktober 2007	18
PLUME12	1475	13. April 2008	

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- **Auswertungen des Deformationsnetzes**
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Auswertungen des Deformationsnetzes

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- **Auswertungen des Deformationsnetzes**
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick

- ▶ Verwendung von präzisen IGS – Ephemeriden (final Lösung).
- ▶ Einführung vollständiger Antennenparameter, individuelle absolute Kalibrierung im ANTEX Format.
- ▶ Ermittlung von Näherungskordinaten für alle Stationspunkte im Niveau der Wochenlösung der GREF Station Daun im jeweils gültigen ITRF.
- ▶ Auswertung einzelner Tages (Session) Lösungen als Zweifrequenz-Mehrdeutigkeitslösung, strenge Netzlösung basierend auf undifferenzierten Beobachtungen mit WaSoft/Netz.
- ▶ Zusammenfassung der Tageslösungen zu einer Wochenlösung.
- ▶ Für erste vorläufige Vergleiche der Epochenergebnisse erfolgt eine Lagerung der Wochenlösung auf die ETRS89 Koordinaten der in tektonisch stabiler Randlage liegende Station Viersen.



Ergebnisse der Epochenauswertungen

Übersicht der inneren Genauigkeit der Epochenauswertungen

Epoche	Qm	Sigma-Null	Standardabw. Sp			max. Diff
			Ost mm	Nord mm	Höhe mm	
PLUME01	98,4	0,54	1,1	0,9	2,2	6,0
PLUME02	98,0	0,69	1,3	1,2	4,0	10,5
PLUME03	98,9	0,48	0,7	0,8	1,7	4,6
PLUME04	99,0	0,43	1,1	0,7	1,8	4,2
PLUME05	98,9	0,77	1,0	1,0	3,2	11,1
PLUME06	99,1	0,55	0,9	0,6	3,9	13,4
PLUME07	99,1	0,71	1,4	1,7	5,1	16,4
PLUME08	97,8	0,53	1,2	0,8	2,6	7,5
PLUME09	98,6	0,67	1,5	0,8	0,3	9,7
PLUME10	98,9	0,57	1,1	0,7	2,1	6,6
PLUME11	98,8	0,68	1,4	0,9	3,5	12,2
PLUME12						

Qm = Phasenmehrdeutigkeitsfestsetzungsquote (Soll bei 90 - 100 %)

Sigm = Standardabweichung der Gewichtseinheit der Wochenlösung

Sp = Standardabweichung aus Koordinatendifferenzen zur Wochenlösung

Diff = maximale Restklaffung eines Koordinatenwerts bei der Wochenlösung

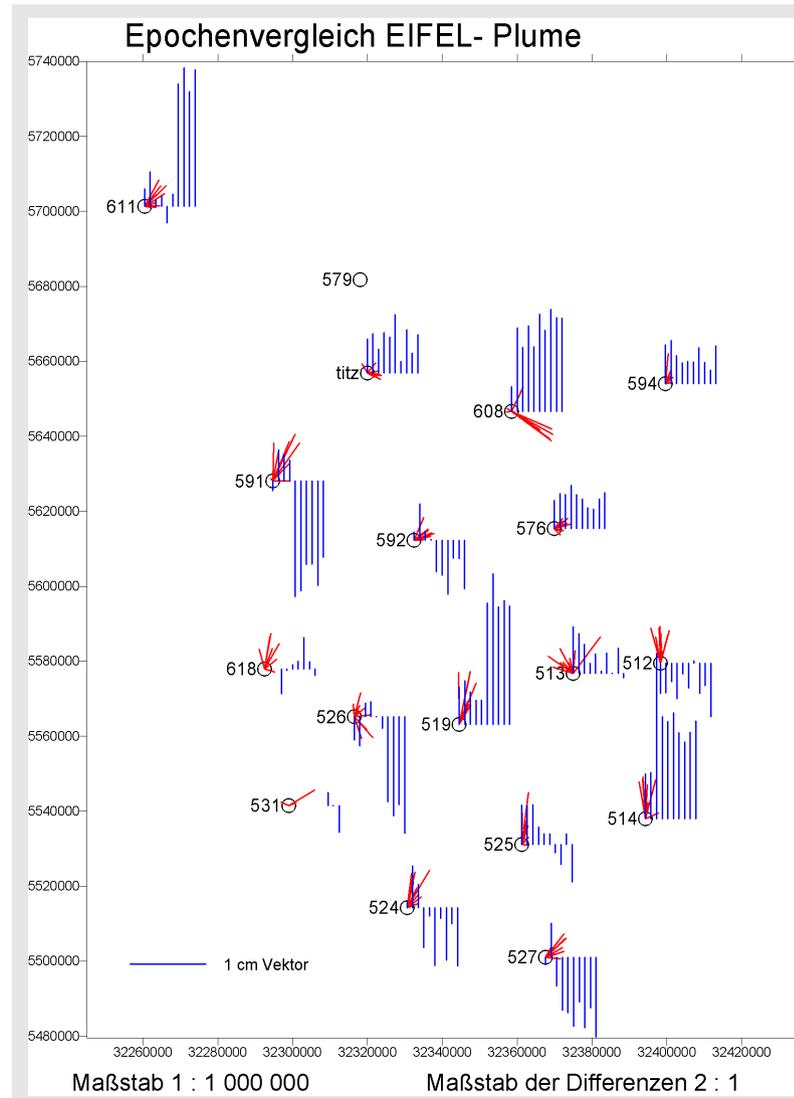
Alle diese Werte zeigen korrekte Auswertungen mit durchaus guten Ergebnissen.

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- **Ergebnisse der Epochenauswertungen**
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Ergebnisse der Epochenauswertungen

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- **Ergebnisse der Epochenauswertungen**
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Grafik der vorläufigen Vergleiche

max. lineare Lageabweichung 7 mm
max. Höhenabweichung 22 mm

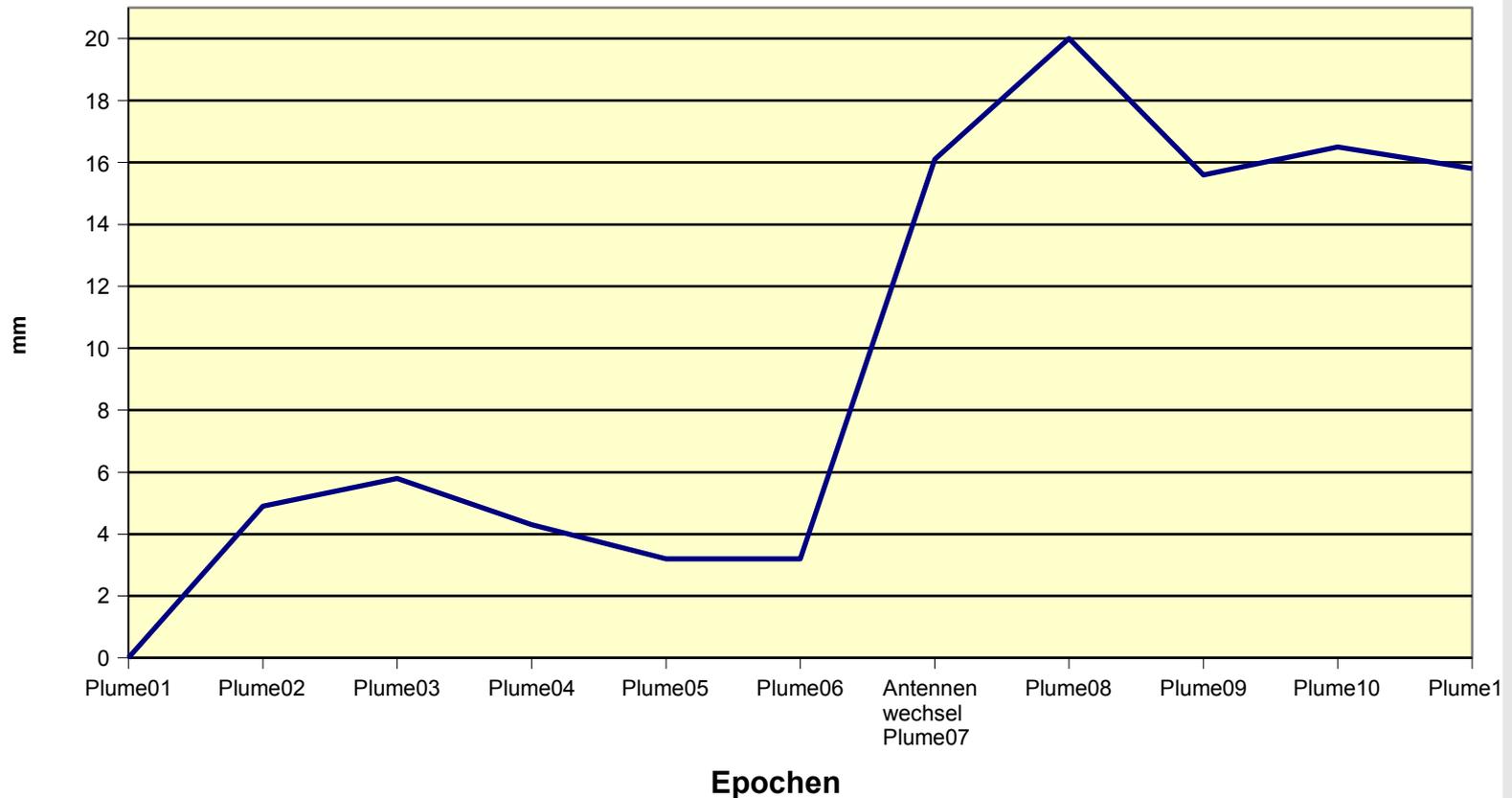
Problematik Antennenwechsel



Ergebnisse der Epochenauswertungen

Lineare Höhenveränderungen der Station Daun

Station Daun 519, Höhenänderung [mm]

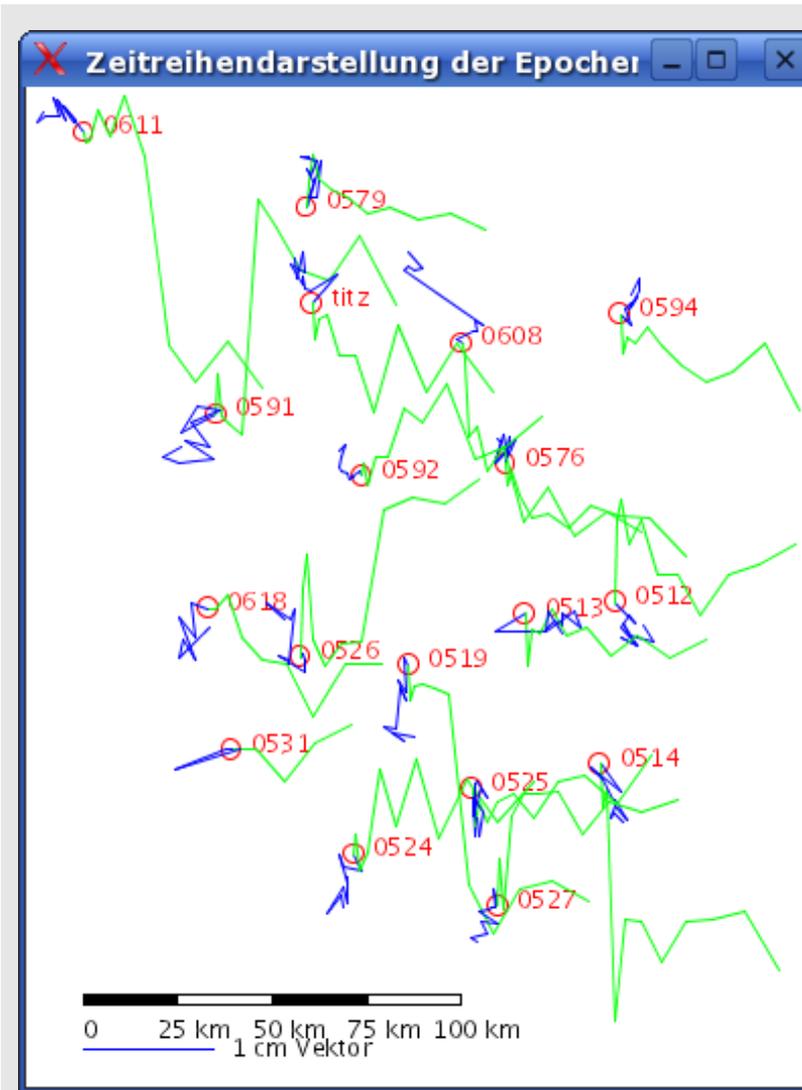


- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- **Ergebnisse der Epochenauswertungen**
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Ergebnisse der Epochenauswertungen

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- **Ergebnisse der Epochenauswertungen**
- Problematik Antennenwechsel
- Ausblick



Zeitreihen als vorläufigen Vergleiche

Auffelderung der Wochenlösungen auf eine Nullepoche

Punkte mit Restklaffungen > 2 Sigma werden nicht berücksichtigt

Ableitung von 3 Translationen

Transformation auf Nullepoche

Grafische Darstellung der transformierten Koordinaten

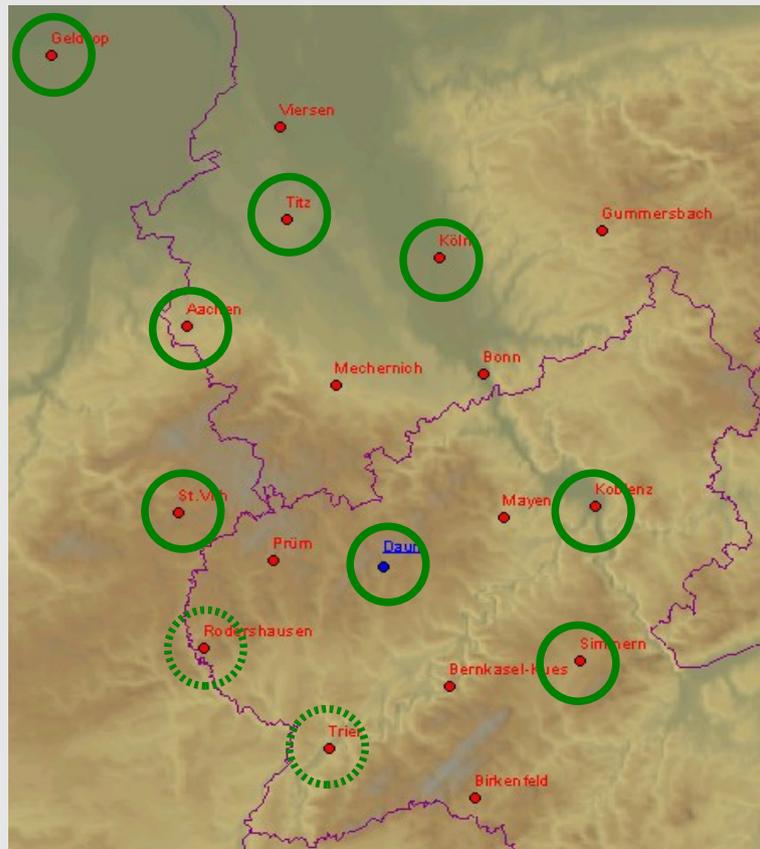
Problematik Antennenwechsel

Quelle: „Deformationsanalyse der Erdoberfläche beim Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfaen; NÖV NRW 1/1990“



Problematik Antennenwechsel

- Bei einem GNSS Antennenwechsel ändern sich vielfach die Phasenmehrwegbeeinflüsse aufgrund unterschiedlicher Antennenempfindlichkeiten und geometrischer Antennenparameter.



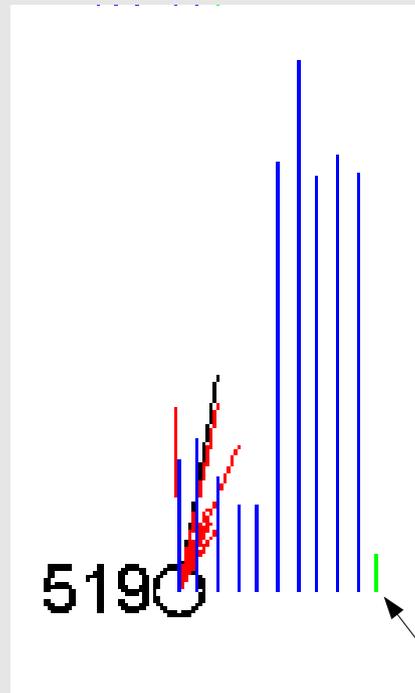
-  Durchgeführter Antennenwechsel
-  Geplanter Antennenwechsel

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel**
- Ausblick



Problematik Antennenwechsel

- ▶ Station Daun – Wechsel vor Epoche PLUME07 und PLUME12



Testauswertung vor Epoche PLUME12

Höhenänderung (13 mm und 14 mm) deutlich ersichtlich

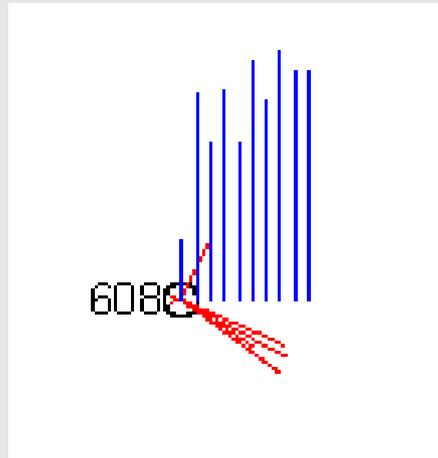
Eine Lageänderung von 2 mm im Nordwert sichtbar

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- **Problematik Antennenwechsel**
- Ausblick



Problematik Antennenwechsel

- Station Köln – Wechsel vor Epoche PLUME07



Keine signifikante Höhenänderung erkennbar

Lageänderung (3 mm Nordwert) deutlich ersichtlich

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- **Problematik Antennenwechsel**
- Ausblick



Problematik Antennenwechsel

- ▶ Maßnahmen bei der Umrüstung rheinland-pfälzischer SAPOS Stationen auf GG Antennen



Betrieb einer Wechselreferenzstationsantenne für die Dauer einer Woche vor und nach dem Antennenwechsel.

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- **Problematik Antennenwechsel**
- Ausblick



Problematik Antennenwechsel

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- **Problematik Antennenwechsel**
- Ausblick

► Auswertung und Analyse der aufgezeichneten Daten

z.B. im Rahmen einer Diplomarbeit an der TU Dresden

Veränderungen von Messabweichungen an der GNSS-Referenzstation Daun (0519) aufgrund des Antennenwechsels vom 21.11.2007

Bei einem GNSS-Antennenwechsel ändern sich vielfach die Phasennichtweegeinflüsse aufgrund unterschiedlicher Antennenempfindlichkeiten und geometrischer Antennenparameter. Weiterhin wirken sich Restabweichungen der Antennenkalibrierungen von alter und neuer Antenne auf die Koordinatenresultate aus. Mit Hilfe von Parallelmessungen einer temporären lokalen Station wurden diese Veränderungen auf Koordinaten- und Beobachtungsebene erfasst.

Ausgewertete Messungen

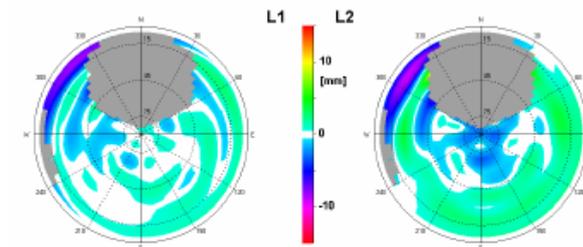
Referenzstation 0519		Temporäre Station 2519
Alt bis 20.11.2007 (324/07) LEICA GRX1200GGPRO TRM41249.00 TZGD, 12542489 0519_12542489_1252.atx Antennenhöhe: 0,072 m	Abstand: 3 m	Messungen vom 14.11.2007 (318/07) bis 28.11.2007 (332/07)
Neu ab 22.11.2007 (326/07) LEICA GRX1200GGPRO LEIAT804GG+DFB NONE, 200255 0519_200255g_1448.atx Antennenhöhe: 0,191 m		LEICA GX1230GG LEIAT504GG+DFB NONE, 200255 200255g_1448.atx Antennenhöhe: 0,192 m

Koordinatenkorrekturen (für alte Antenne)

Gültig für Auswertesoftware und -optionen: Wa1 2.0, 10 Grad Elevationsmaske, elevationsabhängige Beobachtungsgewichtung.

	L1	L2	L0	L0+T	
Nord	-0,8	-0,9	-0,5	-0,7	[mm]
Ost	0,5	0,9	0,0	0,1	
Höhe	0,3	-3,4	6,4	14,3	

Beobachtungskorrekturen (für alte Antenne)



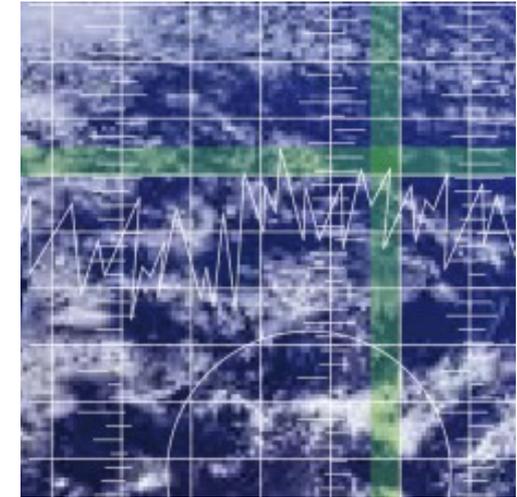
Lambert Wanninger, Kathleen Höhne 18.02.08



Ausblick

- Motivation
- Planung des Deformationsnetzes
- Auswertungen des Deformationsnetzes
- Ergebnisse der Epochenauswertungen
- Problematik Antennenwechsel
- **Ausblick**

- ▶ Modellierung der Lage- und Höhenänderungen infolge der durchgeführten Antennenwechsel.
- ▶ Einsatz eines 3D – Deformationsanalyseprogramms, zur Auswertung der 3D-Ergebnisse.
- ▶ Weitere Veröffentlichungen (bisher AVN 3/2007) zu dem Fortgang des Projekts.
- ▶ Kontinuierliche Auswertung über die nächsten Jahre zur signifikanten Feststellung von Eifel - Hebungen.



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**

