



DIE REGIERUNGSPRÄSIDENTIN

Neue Ansätze zum Bodenbewegungsmonitoring in Nordrhein-Westfalen

Vortrag: Dr.-Ing. Bernd Krickel / Dr.-Ing. Jens Riecken

gefördert durch:

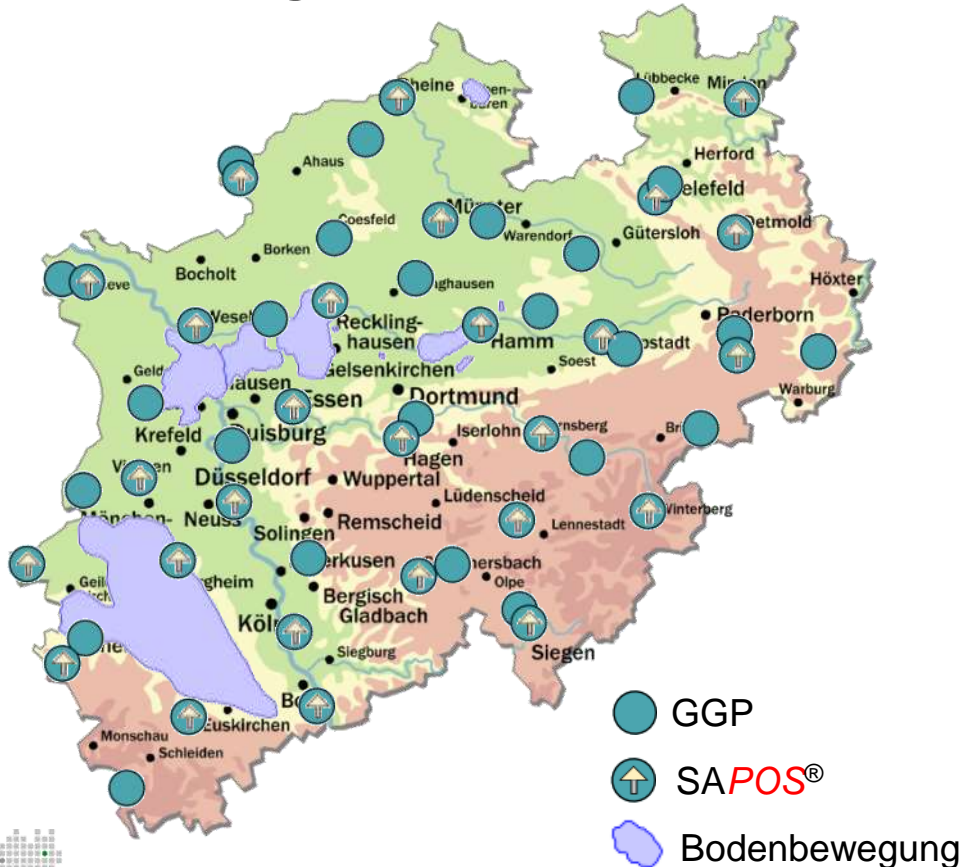




Gliederung

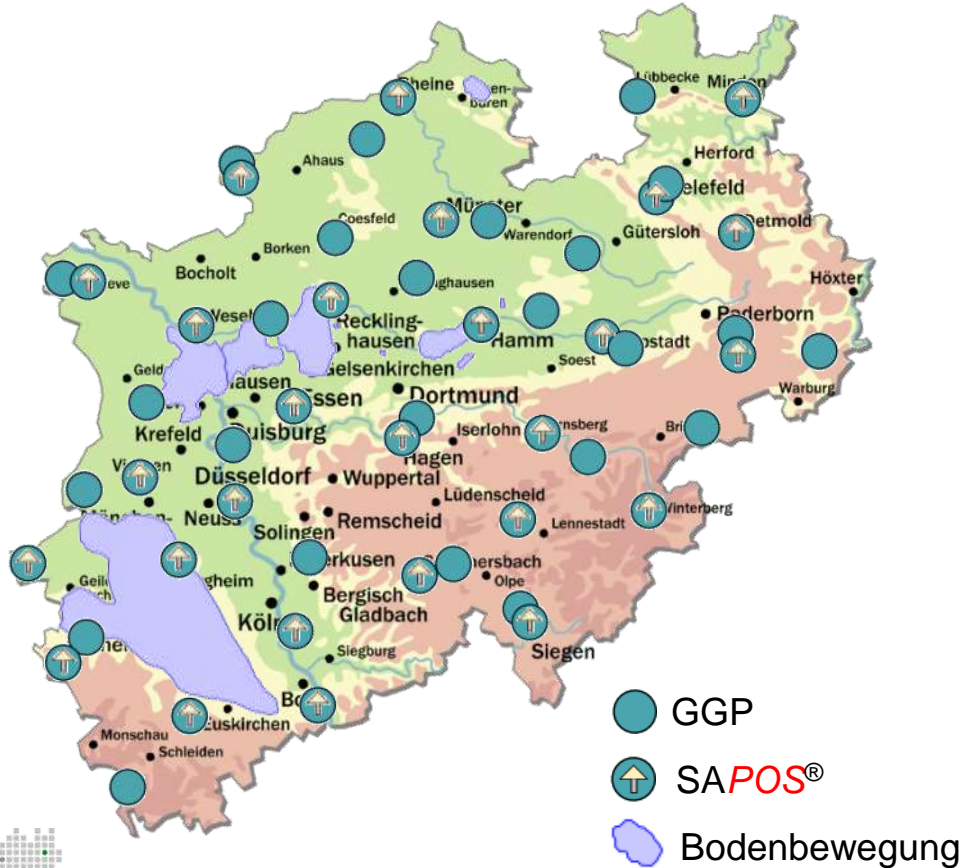
- ❖ Raumbezug 2016 in NRW
- ❖ Monitoring vertikaler Bodenbewegungen in NRW
- ❖ Methoden
 - Nivellement
 - GNSS-Netze
 - Radarinterferometrie
- ❖ Bodenbewegungskataster NRW, gefördert durch:
 - Datenaufbereitungen
 - Präsentation und Nutzung





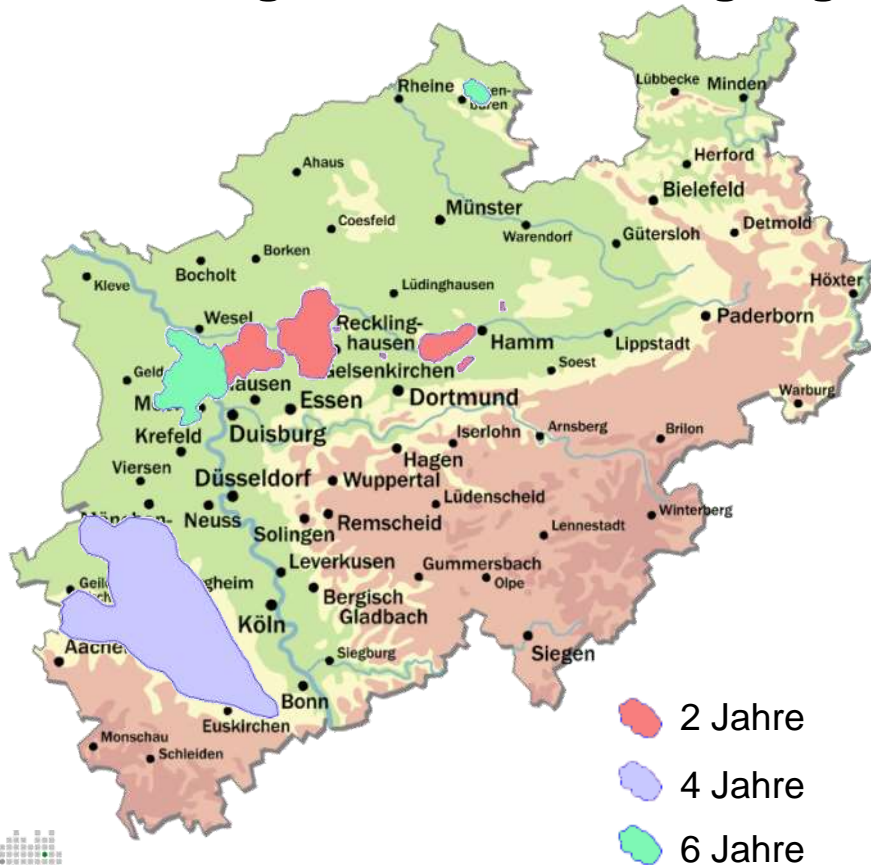
- ❖ 52 Geodätische Grundnetzpunkte bilden stabilen Rahmen des Raumbezugs
- ❖ Bereitstellung durch 27 SAPOS®-Referenzstationen
- ❖ turnusmäßige Überprüfung gemäß Richtlinie nach 12 Jahren
- ❖ in NRW ist die Stabilität des Raumbezugs durch Bodenbewegungen erheblichen Beeinträchtigungen ausgesetzt
- ❖ zusätzliche Maßnahmen des Monitorings werden in Bodenbewegungsgebieten erforderlich

Raumbezug 2016 in NRW



- ❖ 52 Geodätische Grundnetzpunkte bilden stabilen Rahmen des Raumbezugs
- ❖ Bereitstellung durch 27 SAPOS®-Referenzstationen
- ❖ turnusmäßige Überprüfung gemäß Richtlinie nach 12 Jahren
- ❖ in NRW ist die Stabilität des Raumbezugs durch Bodenbewegungen erheblichen Beeinträchtigungen ausgesetzt
- ❖ zusätzliche Maßnahmen des Monitorings werden in Bodenbewegungsgebieten erforderlich

Monitoring von Bodenbewegungen



- ❖ Gesetzliche Grundlagen: Daueraufgabe nach § 9 (1) VermKatG NRW mit Historiennachweis nach § 4 (3) DVOzVermKatG NRW
- ❖ turnusmäßige Wiederholungsmessungen (in Abh. der Bewegungsrate)
- ❖ liefern auch in Bodenbewegungsgebieten eine verlässliche Grundlage/Raumbezug
- ❖ Grundlage für wissenschaftliche Analysen und Modelle
- ❖ Nutzung bei der Bergschadensbewertung



© Geobasis NRW



Merkmale:

- ❖ 5 begrenzte Bodenbewegungsgebiete, beobachtet mit individuellem Wiederholungszyklus
- ❖ 150 bis 1.400 km Nivellementsweg (Doppelnivellement)
- ❖ bis zu 5.000 neu zu bestimmende Höhenfestpunkte
- ❖ Turnus zwischen 2 und 6 Jahren
- ❖ bis zu 35 Messtrupps gleichzeitig im Einsatz
- ❖ bis zu 8 Wochen Messdauer
- ❖ Abdeckung von ca. 1/3 der Fläche, jedoch nur ausgewählte Punkte entlang von Messungslinien

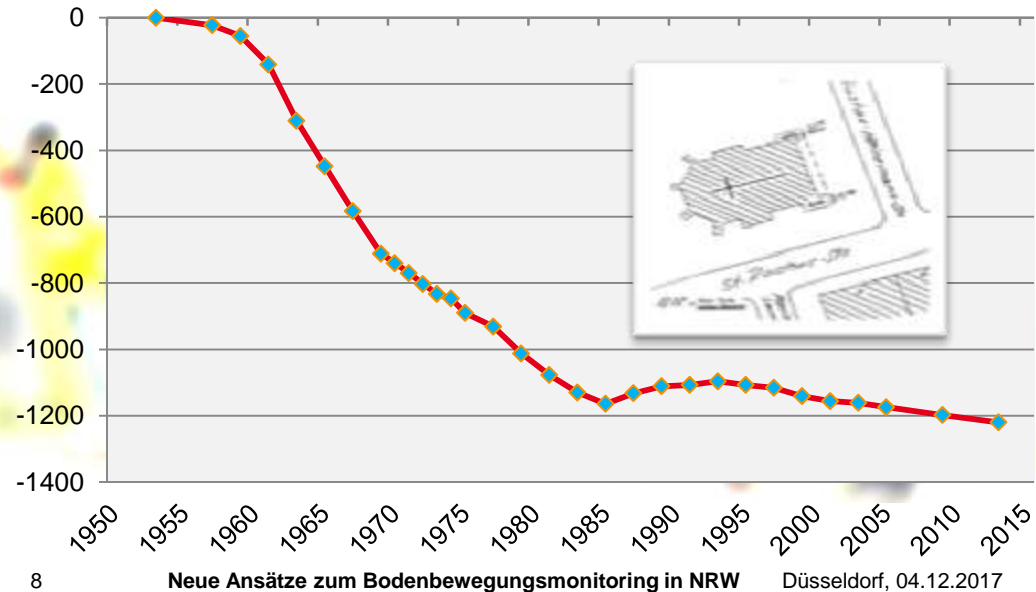


Ergebnisse:

- ❖ Zielgröße: aktualisierte präzise NHN-Höhen der HFP im amtlichen Raumbezug 2016
- ❖ Aufbau von Zeitreihen
- ❖ Modellierung der vertikalen Bodenbewegung

Beispiel:

- ❖ Höhenwertänderung [mm] des HFP 4905900115 (Bedburg, Rochuskapelle)





Stärken:

- ❖ hohe Genauigkeit
- ❖ vermarkte anmessbare Punkte
- ❖ Höhenangaben im aktuellen Raumbezug 2016
- ❖ lange Zeitreihen vorhanden

Schwächen:

- ❖ Messpersonal im Straßenverkehr
- ❖ hoher Zeitaufwand für Messung und Auswertung
- ❖ weite Zeitabstände mit 2 bis 6 Jahren
- ❖ hohe Kosten

3D-Deformationsnetze (GNSS)



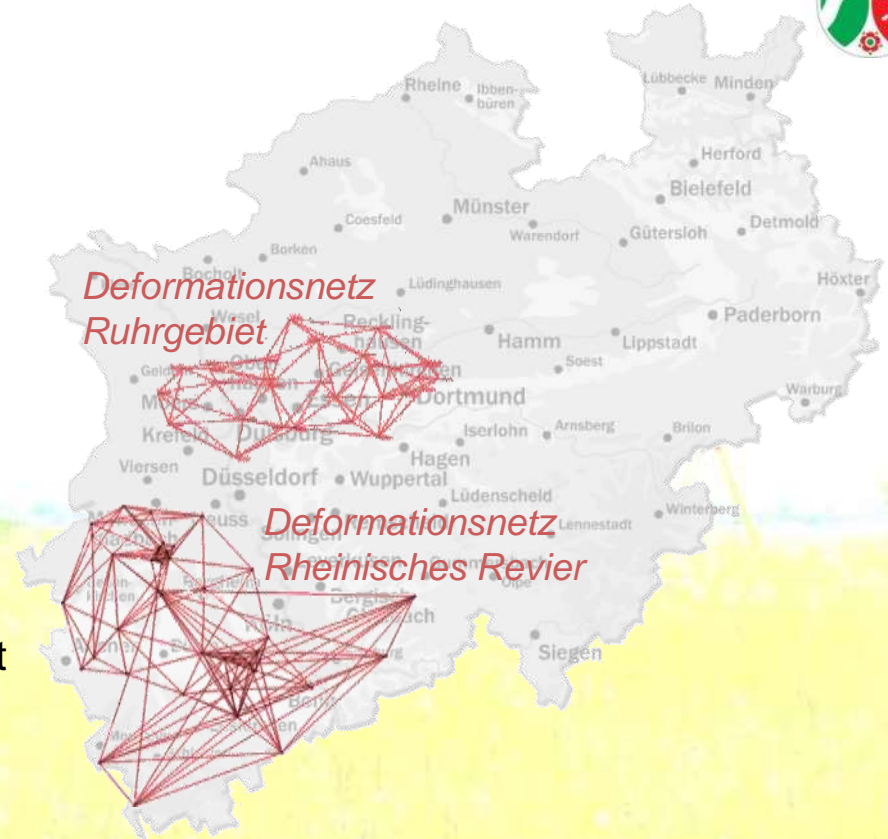
© Geobasis NRW

3D-Deformationsnetze (GNSS)



Merkmale:

- ❖ 2 großräumige Netze (Ruhrgebiet und Rheinisches Revier)
- ❖ Punktabstände ca. 25 – 40 km
- ❖ 4 Messtrupps (gleichzeitig)
- ❖ 3D-Basislinien-Messung mit 6 Stunden Beobachtungsdauer
- ❖ Zielgröße: relative Lage- und Höhenänderung in mm-Genauigkeit





Ergebnisse:

- ❖ Lageänderungen im Bereich von 0,5 bis 4,0 mm in 2 Jahren
- ❖ Höhenänderungen im Bereich vom – 3 cm bis + 1 cm in 2 Jahren
- ❖ Alle Werte im Bereich der Messgenauigkeit. Größe und Richtung möglicher Bodenbewegungen somit noch nicht signifikant nachweisbar



Stärken:

- ❖ hohe Genauigkeit
- ❖ hochwertig vermarktete unterirdische Punkte (Geosensoren)
- ❖ relative Lage- und Höhenänderungen zwischen den Epochen
- ❖ Vergleichbarkeit mit zeitgleich bestimmten Höhenänderungen des Leitnivelements

Schwächen:

- ❖ hoher Zeitaufwand für Messung und Auswertung
- ❖ große Punktabstände
- ❖ weitere Epoche (nun nach 4 statt 2 Jahren) für signifikante Ergebnisse erforderlich



Bildquelle: ESA/ATGMedialab



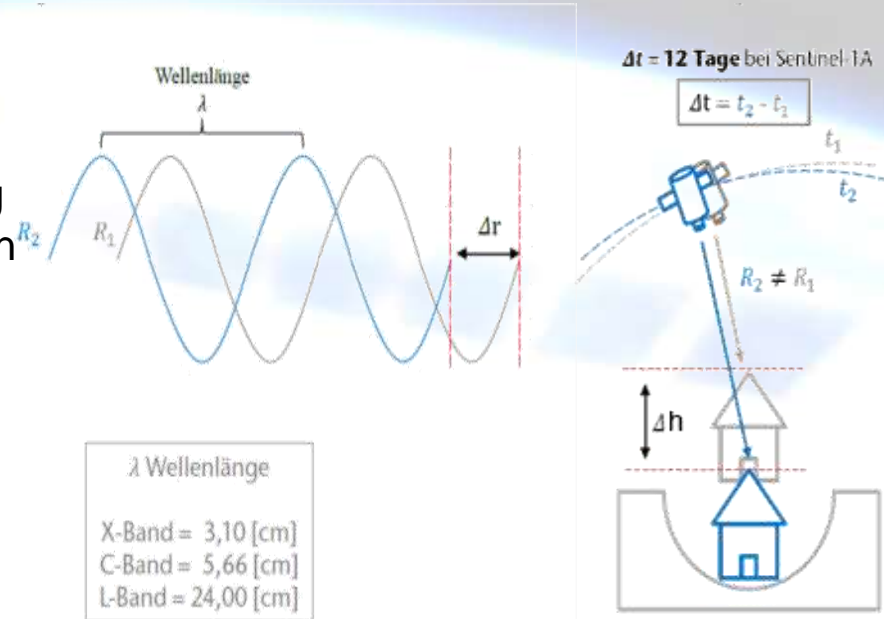
Merkmale:

- ❖ Radarsatelliten Sentinel 1A und 1B als Teil des Copernicus-Programms
- ❖ C-Band-SAR mit 6 cm Wellenlänge
- ❖ Überflug alle 6 Tage (je Satellit 12 Tage)
- ❖ Auflösung bei Wide-Swath-Mode von ca. 5 x 20 Meter bei 250 km Streifenbreite
- ❖ NRW fast vollständig in 2 Blöcken (Flugbahn „descending“) abgebildet



Ableitung der Höhenänderung:

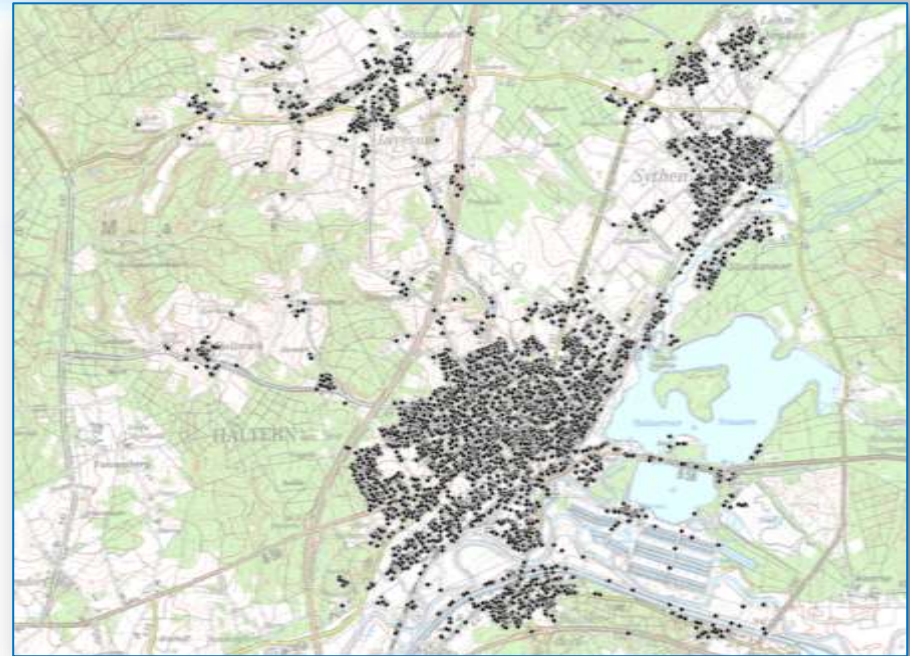
- ❖ PSI-Ansatz
- ❖ Messung der Phasenverschiebung zwischen zweier Überflüge
- ❖ Überführung der Streckenänderung Δr in eine Höhenänderung Δh (wenn keine Lageverschiebung anzunehmen ist)
- ❖ Zielgröße: relative Höhenänderung Δh des einzelnen PSI





Ableitung der Höhenänderung:

- ❖ Bildung von Zeitreihen für große Punktmengen (PSI-Punkte)
- ❖ hohe Punktdichte in bebauten Gebieten, jedoch keine konkret anmessbaren Punkte
- ❖ geringe Punktdichte in ländlichen Gebieten





Stärken:

- ❖ (hohe) Genauigkeit
- ❖ hohe Abdeckung in bebauten Gebieten
- ❖ kurze Zeitspannen zwischen den Messungen
- ❖ zeitnahe Verfügbarkeit von Ergebnissen
- ❖ kostenfreie Verfügbarkeit

Schwächen:

- ❖ keine konkret anmessbaren Punkte
- ❖ geringe Abdeckung (mitunter großräumig) in ländlichen Bereichen
- ❖ komplexe Auswertemethoden zur Bildung von Zeitreihen
- ❖ aufwändige Installation von Radar-Reflektoren (Corner-Reflektoren) zur Schaffung anmessbarer Punkte

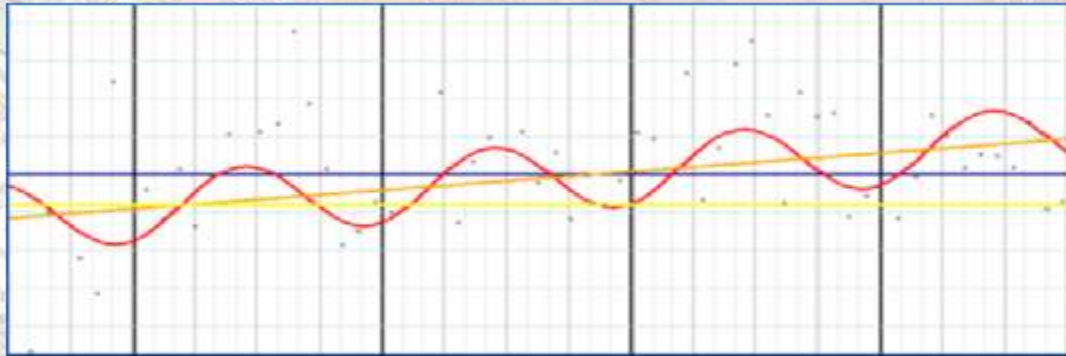




Inhalt und Ziele des Bodenbewegungskatasters NRW:

- ❖ landesweite Darstellung von Höhenänderungen
- ❖ Nutzung von Copernicus-Daten (Sentinel-1)
- ❖ Lagerung im amtlichen Raumbezug
- ❖ Zusammenfassung in Kacheln (250m x 250m)
- ❖ Detailinformationen zu jeder Kachel
- ❖ qualitätsgesicherte Angaben

Datenaufbereitung der einzelnen PSI:



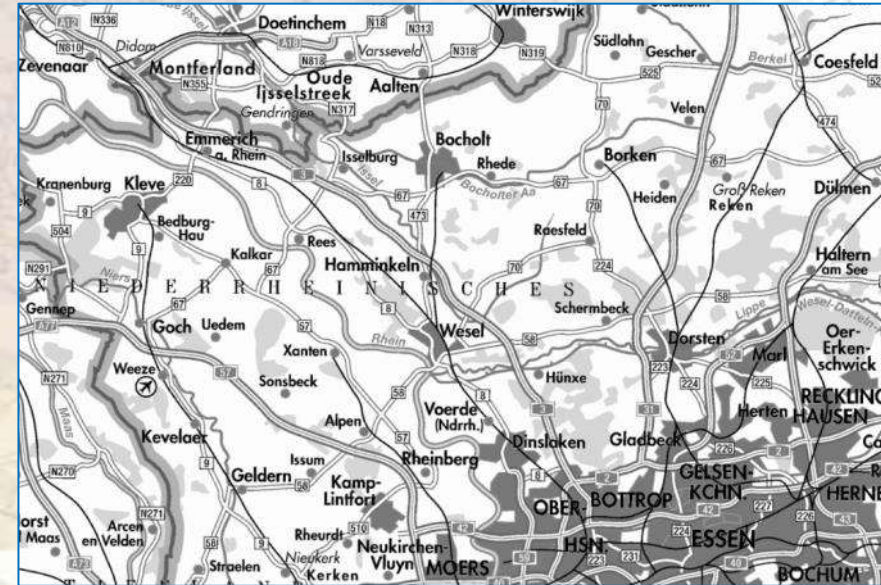
- Messwert
- konstanter Höhenversatz
- linearer Anteil
- zyklisch/periodischer Anteil

- ❖ Modellierung durch Polynomansatz: $f(t) = a_0 + a_1 * (t - t_0) + A * \sin\left(\frac{2\pi}{365}(t - t_0)\right)$
- ❖ Elimination konstanter und zyklisch/periodischer Anteile (z.B. Jahresgang)
- ❖ Zielgröße: linearer Anteil [mm/a] als Maß der Bodenbewegung

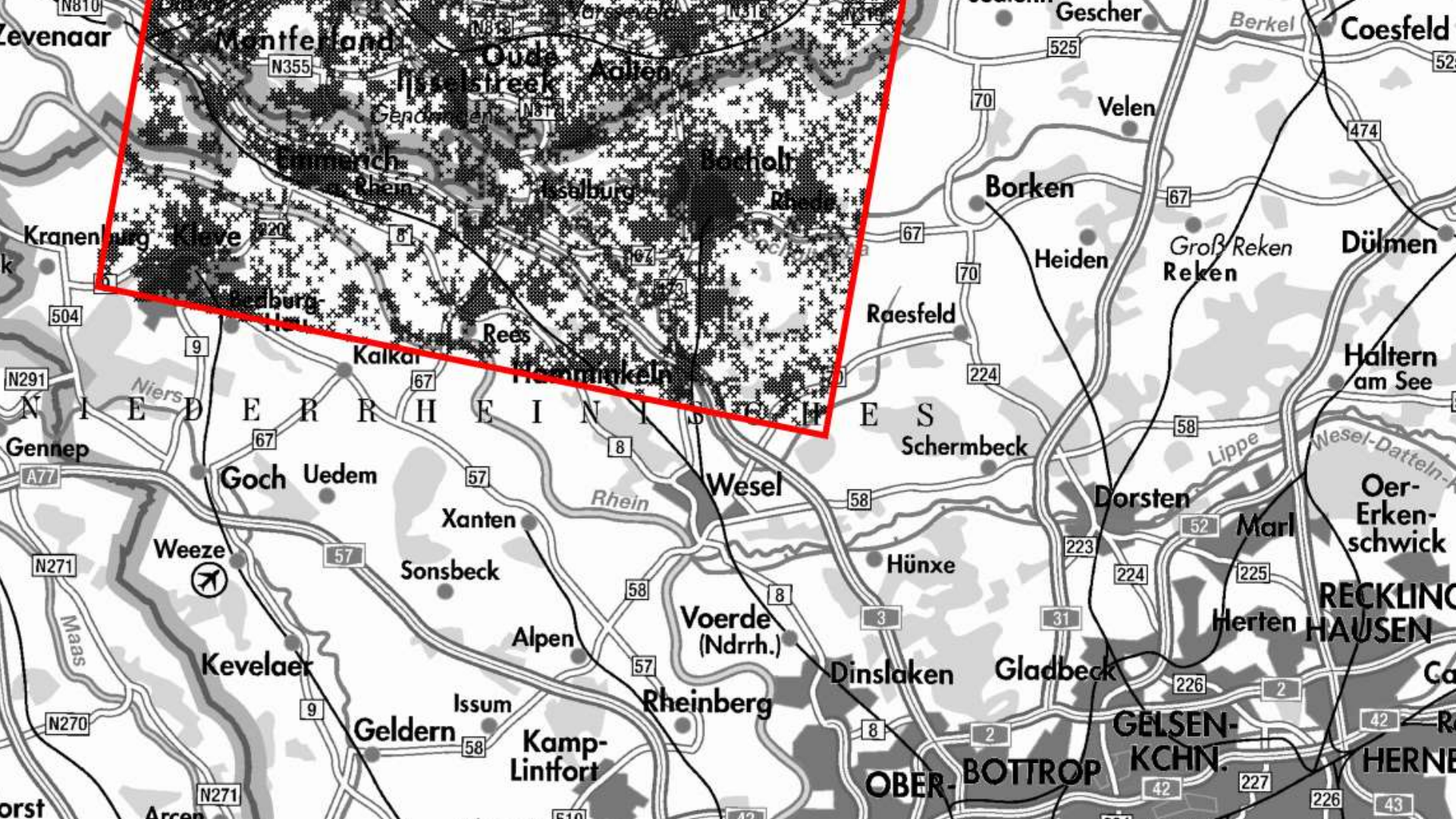


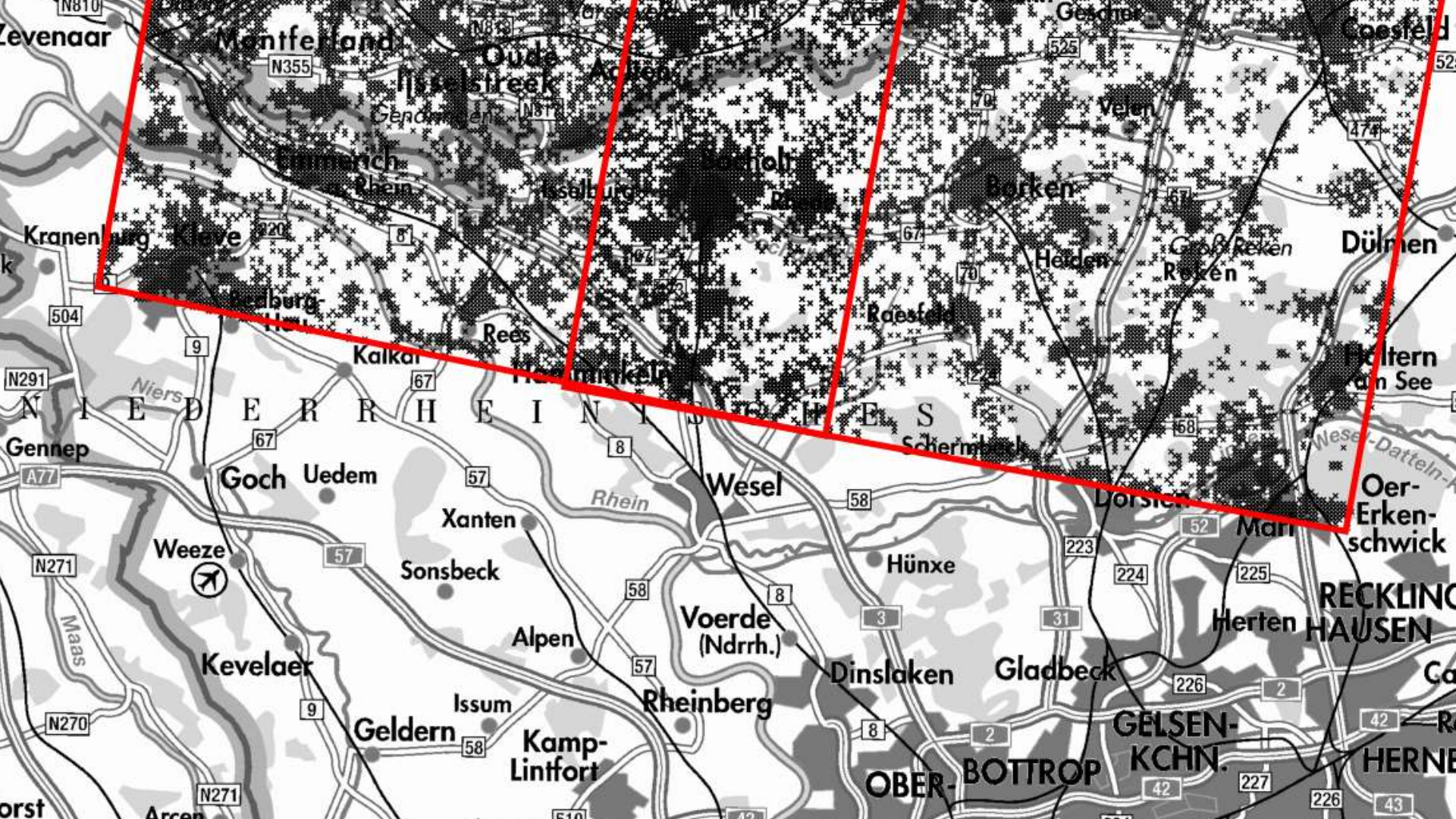
PSI in Segmenten:

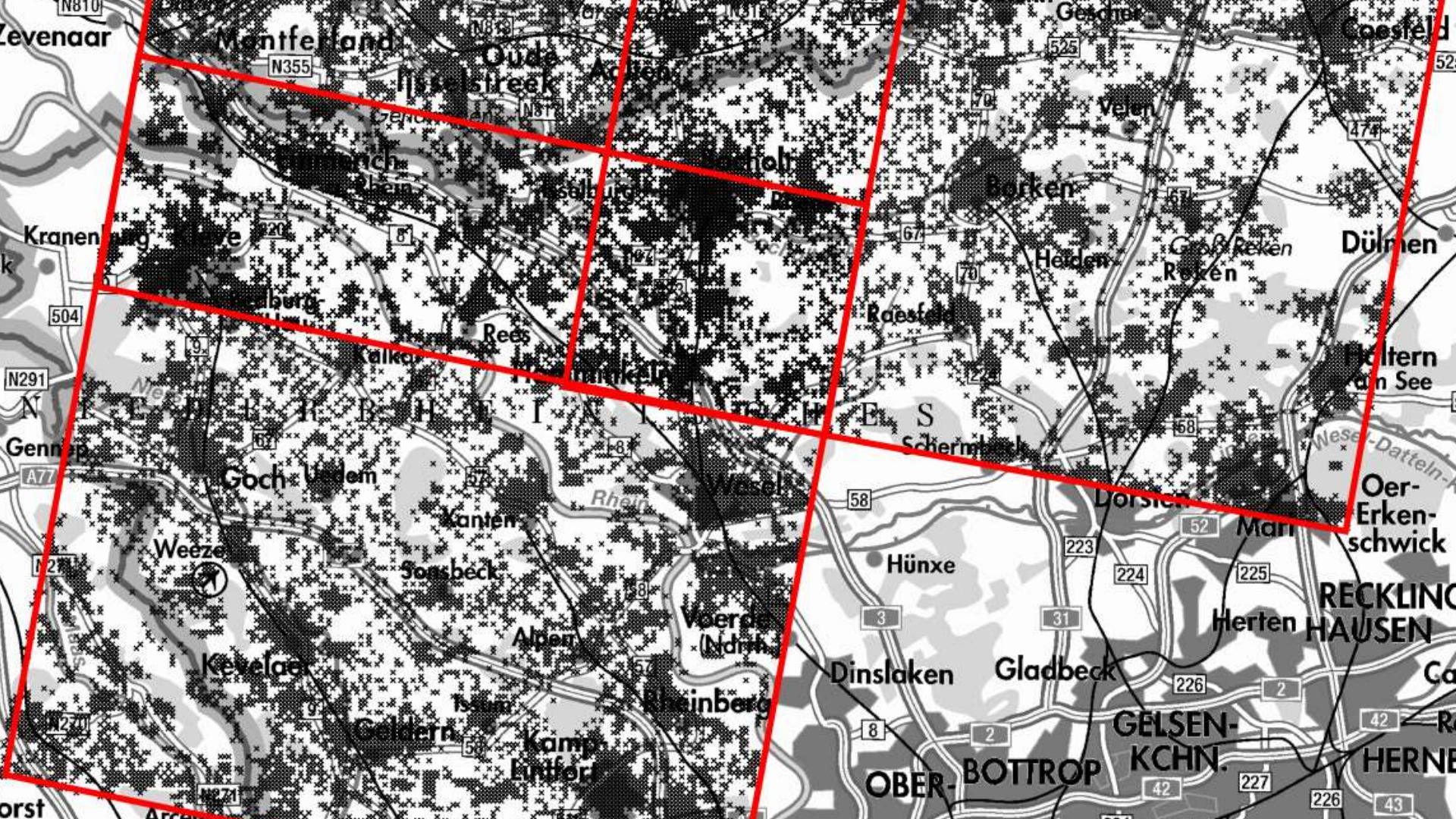
- ❖ PSI in mehreren 45 x 45 km Segmenten
- ❖ je Segment individueller Referenzpunkt
- ❖ Zusammenfassung von PSI in Kacheln incl. Ausreißerdetektion
- ❖ Abweichungen der Kacheln in den jeweiligen Überlappungsbereichen



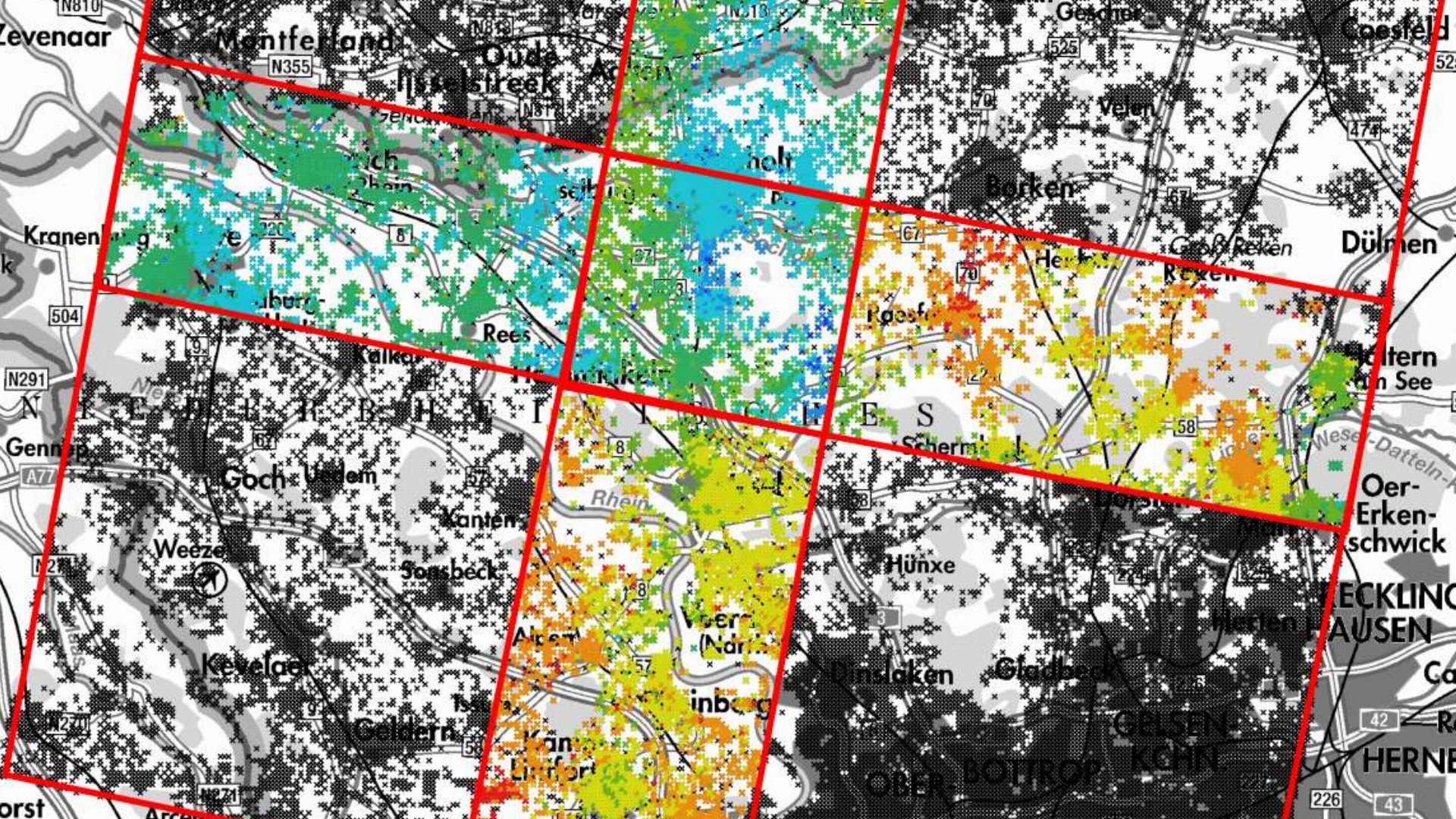








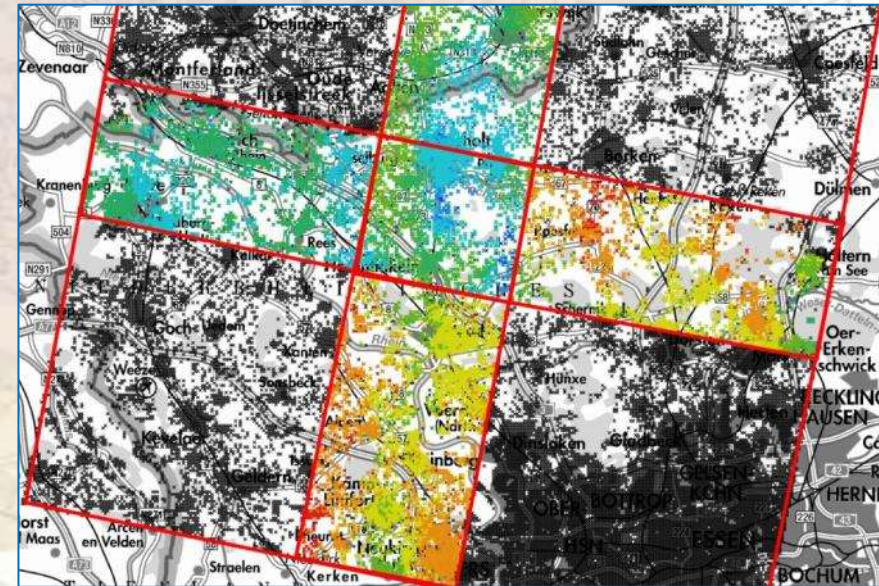






Differenzen in den Segmenten:

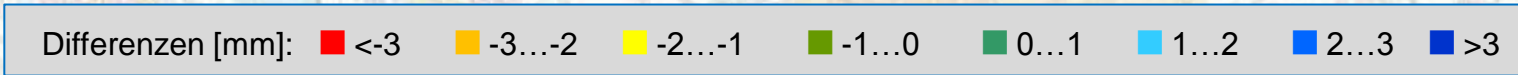
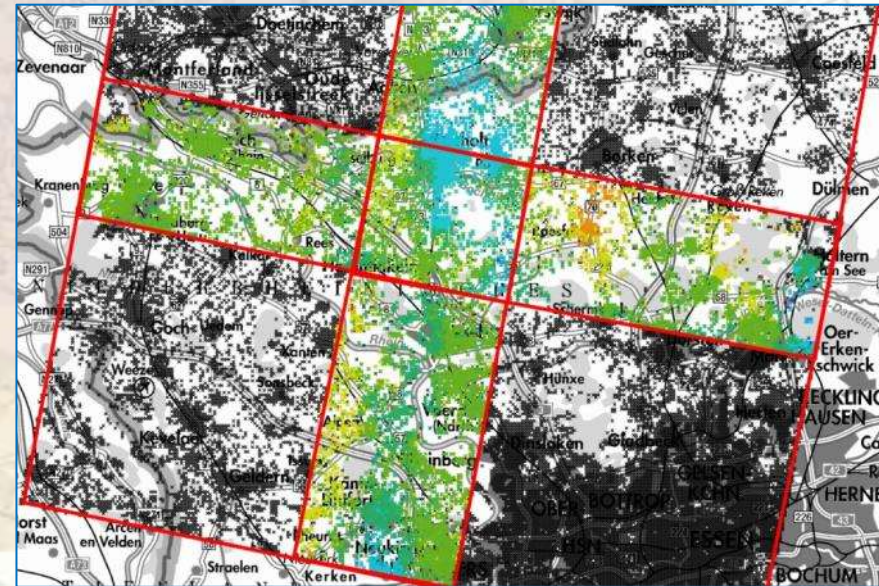
- ❖ Abweichungen der Kacheln in den jeweiligen Überlappungsbereichen
- ❖ Neulagerung der Segmente zur Homogenisierung der Übergänge incl. Matching der Segmente unter Nutzung der HFP zur Lagerung



Differenzen [mm]: ■ <-3 ■ -3...-2 ■ -2...-1 ■ -1...0 ■ 0...1 ■ 1...2 ■ 2...3 ■ >3

Differenzen in den Segmenten:

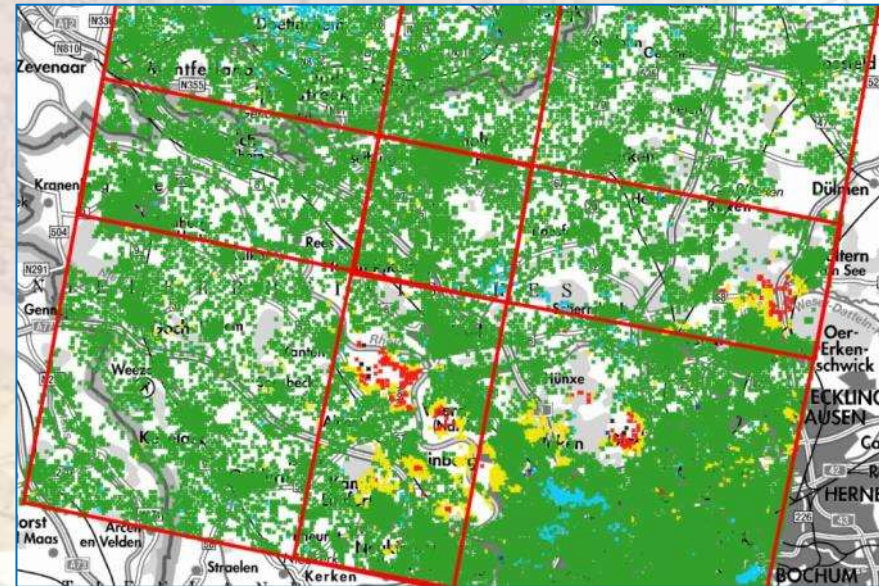
- ❖ Neulagerung der Segmente zur Homogenisierung der Übergänge incl. Matching der Segmente unter Nutzung der HFP zur Lagerung
- ❖ Folge: Lagerung im amtlichen Raumbezug





Bodenbewegung

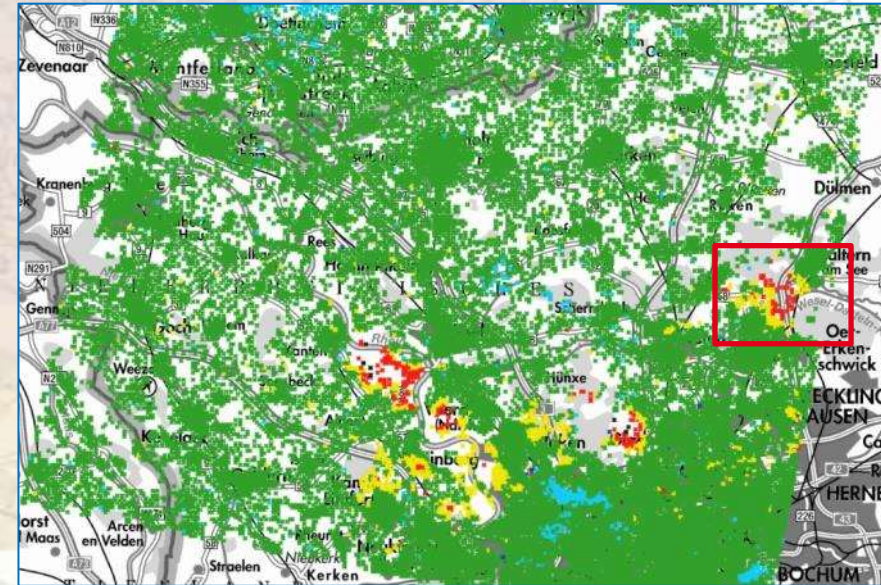
- ❖ Neulagerung der Segmente zur Homogenisierung der Übergänge incl. Matching der Segmente unter Nutzung der HFP zur Lagerung
- ❖ Folge: Lagerung im amtlichen Raumbezug





Bodenbewegung

- ❖ Neulagerung der Segmente zur Homogenisierung der Übergänge incl. Matching der Segmente unter Nutzung der HFP zur Lagerung
- ❖ Folge: Lagerung im amtlichen Raumbezug

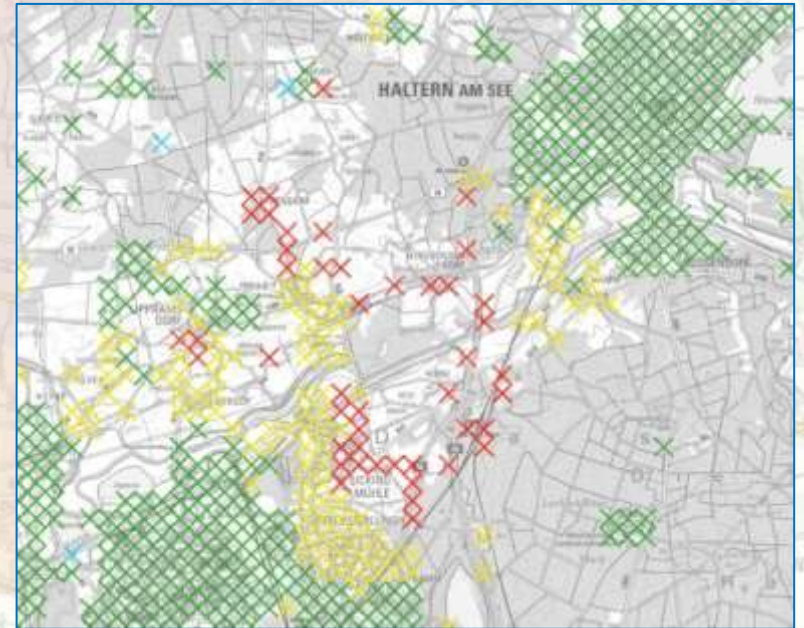


Bodenbewegung [mm/a]: ■ <-50 ■ -50...-10 ■ -10...-3 ■ -3...3 ■ 3...10 ■ >10



Ergebnisdarstellung in Kacheln:

- ❖ Angabe des Maßes der Bodenbewegung für jede Kachel pro Kalenderjahr
- ❖ Für ca. 1/3 der Kacheln liegen Ergebnisse vor
- ❖ Zuweisung in Bewegungsklassen mit farblicher Abstufung

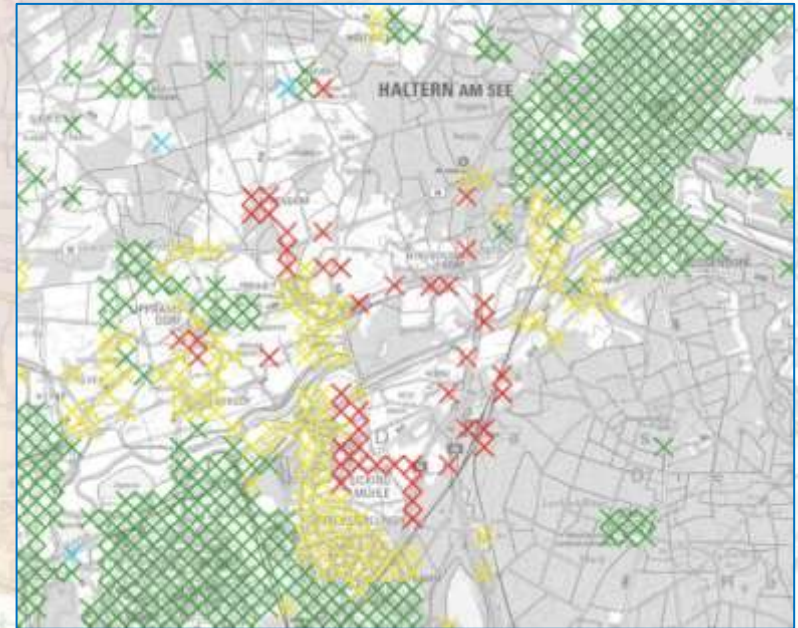


Bodenbewegung [mm/a]: ■ <-50 ■ -50...-10 ■ -10...-3 ■ -3...3 ■ 3...10 ■ >10



Qualitätskontrolle:

- ❖ Qualitätskontrolle durch Vergleich mit Ergebnissen des Leitnivelements

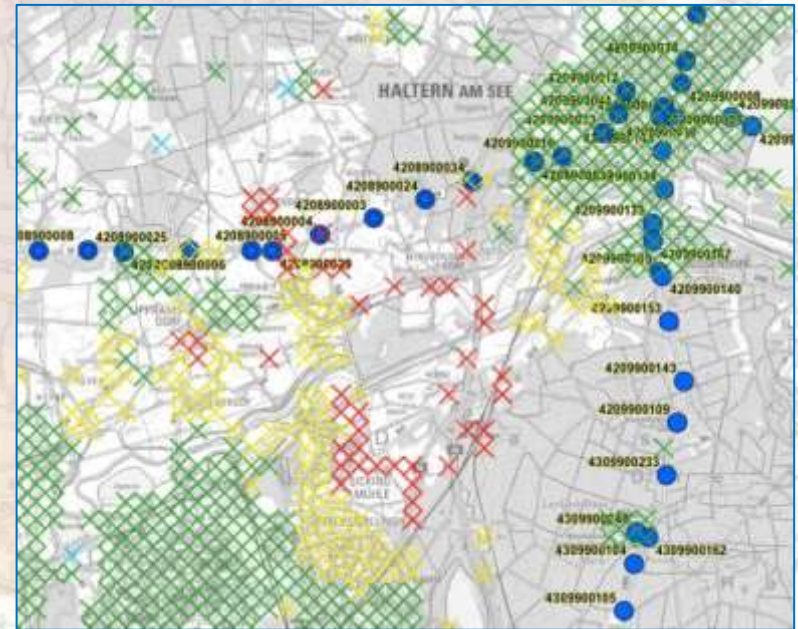


Bodenbewegung [mm/a]: ■ <-50 ■ $-50...-10$ ■ $-10...-3$ ■ $-3...3$ ■ $3...10$ ■ >10



Qualitätskontrolle:

- ❖ Qualitätskontrolle durch Vergleich mit Ergebnissen des Leitnivellements
- ❖ Zeitraum Höhenänderungen des Leitnivellements:
15.05.2014-20.04.2016

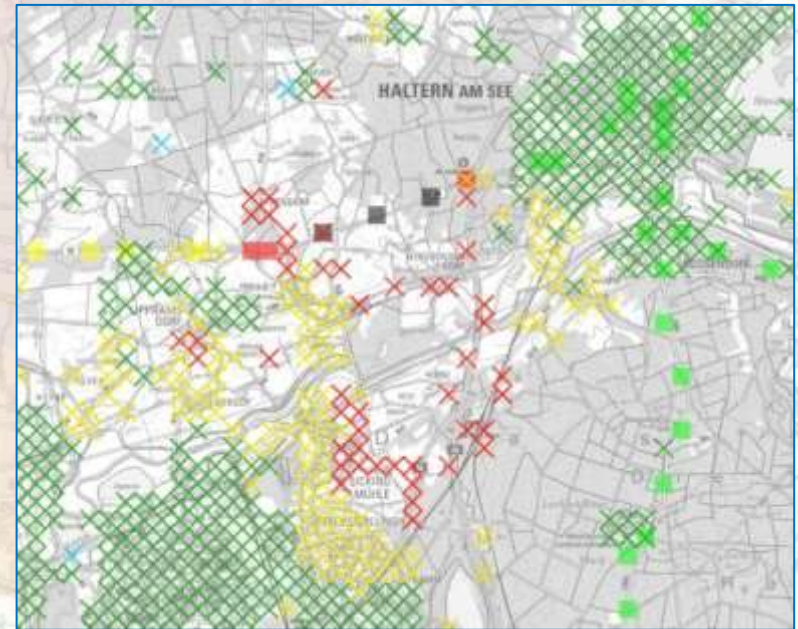


Bodenbewegung [mm/a]: ■ <-50 ■ -50...-10 ■ -10...-3 ■ -3...3 ■ 3...10 ■ >10



Qualitätskontrolle:

- ❖ Qualitätskontrolle durch Vergleich mit Ergebnissen des Leitnivelements
- ❖ Zeitraum Höhenänderungen des Leitnivelements:
15.05.2014-20.04.2016
- ❖ Zeitraum Höhenänderungen des Bodenbewegungskatasters:
01.04.2015-01.04.2016



Bodenbewegung [mm/a]: ■ <-50 ■ -50...-10 ■ -10...-3 ■ -3...3 ■ 3...10 ■ >10



Präsentation und Nutzung:

- ❖ Information von Bürgern, Bergbau-betreibenden und Wasserwirtschaft
- ❖ Nutzung im Nachbergbau (z.B. „Flurabstandsprognose“)
- ❖ Unterstützung von Überwachungsmaßnahmen von (Rohr-) Leitungs-betreibern
- ❖ Planung zukünftiger Nivellements-kampagnen der Landesvermessung (Ausdehnung, Zyklus)

Ergebnisse der Sachdaten-Abfrage - Windows Internet Explorer
http://vbrk213vnt76.besreg-koeln.nrw.de/digitalias/LVermIdentifyAllVableLayers.do

Ergebnisse der Sachdaten-Abfrage

WMS NW Bodenbewegungsgebiete: Bodenbewegungsgebiete

Bezirksregierung Köln

Bodenbewegungsgebiete

Die dargestellten Flächen werden definiert durch Gebiete, in denen Höhenbewegungen größer als +/- 3 mm pro Jahr auftreten. Diese Bodenbewegungsgebiete werden abgeleitet aus den jeweils beiden letzten großen Leitnivellements der einzelnen Bewegungsgebiete in Nordrhein-Westfalen. Alle Festpunkte im amtlichen Festpunktinformationssystem der Nordrhein-Westfälischen Landesvermessung (AFIS NRW), die innerhalb dieser Flächen liegen, sind durch die Bemerkung 'aktuelles Bodenbewegungsgebiet' gekennzeichnet. Entsprechend den Intervallen der Leitnivellements werden die 'aktuellen Bodenbewegungsgebiete' (alle 8 Jahre) fortgeführt.

UTM-Kachel:	414-5794
Gebiet:	lbbenb0ren
Zeitraum:	1999-2007
Bodenbewegung in m:	0.010

GEObasis.nrw

Fenster schließen



Zusammenfassung

- ❖ Raumbezug 2016 bietet aktuelle hochgenaue Basis für Vermessungstätigkeiten
- ❖ in NRW muss der anthropogenen Einflüsse besonders Rechnung getragen werden
- ❖ bisherige Messmethoden werden um neue Verfahren der satellitengestützten Radarinterferometrie ergänzt
- ❖ es werden detailliertere, genauere und aktuellere Aussagen über Bodenbewegungen (Höhenänderungen) möglich sein
- ❖ das Bodenbewegungskataster wird eine Vielzahl von Nutzern über Bereiche mit vertikalen Bodenbewegungen informieren und somit eine konsistente Nutzung des Raumbezugs 2016 ermöglichen



Räumlich denken. Praktisch entscheiden.

Dr.-Ing. Bernd Krickel

Bezirksregierung Köln
Dezernat 71 – Datenstandards, Raumbezug
50606 Köln

Dienstgebäude: Muffendorfer Str. 19-21, 53177 Bonn

Telefon: 0221 / 147 - 4200

Telefax: 0221 / 147 - 4182

E-Mail: bernd.krickel@bezreg-koeln.nrw.de

Internet: www.bezreg-koeln.nrw.de