

Bundesweite präzise eindeutige 3D-Transformation zwischen homogenen ETRS 89 und amtlichen Landeskoordinaten mit Geo++® GNTRANS

Gerhard Wübbena, Martin Schmitz,
Mark Bachmann

Geo++® GmbH
30827 Garbsen, Germany
www.geopp.de

Übersicht

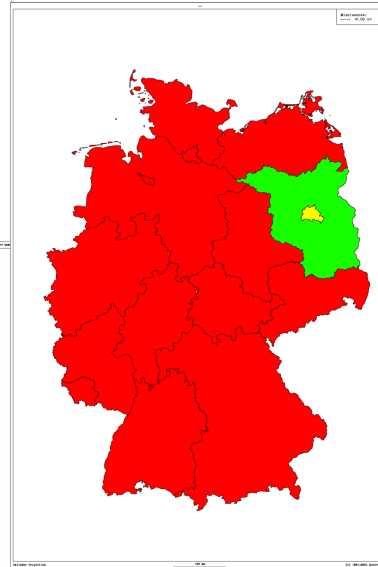
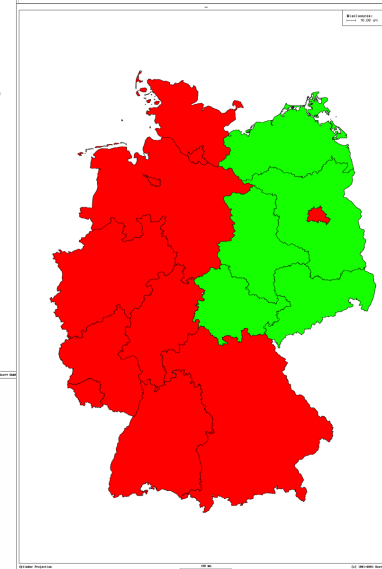
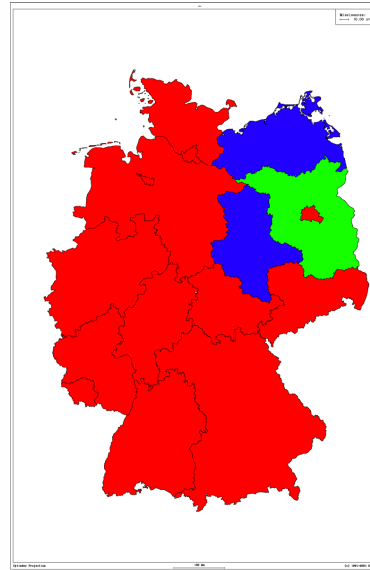
- Situation, Zukunft amtlicher Landeskoordinaten
- Geo++® GNTRANS
 - bundesweites GNTRANS Modul
 - Prinzip, Modell der Transformation
 - Genauigkeit
 - Eigenschaften
 - Grenzproblematik
 - Verdichtungen/Genauigkeitssteigerung
- GNTRANS Anwendung

Situation amtlicher Landeskoordinaten in Deutschland

- Datum
- Höhensysteme
- Projektionen

Rauenberg Potsdam
DHDN STN 42/83 PD 83
RD 83 ETRF 89
Krassowski Bessel GRS 80
Gauß-Krüger Soldner UTM
orthometrische Höhe Normalhöhen
Pegel Amsterdam Pegel Kronstadt
DHHN 12 DHHN 85 HN 76 DHHN 92
Lagestatus der Länder

- Netzspannungen
- zusätzliche Diskontinuitäten/
Koordinatensprünge an Ländergrenzen



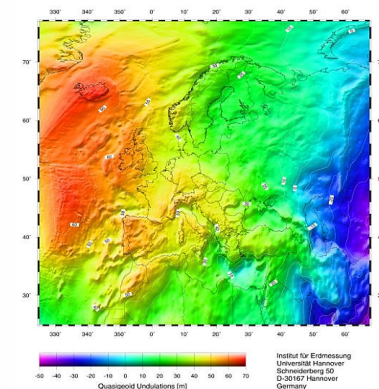
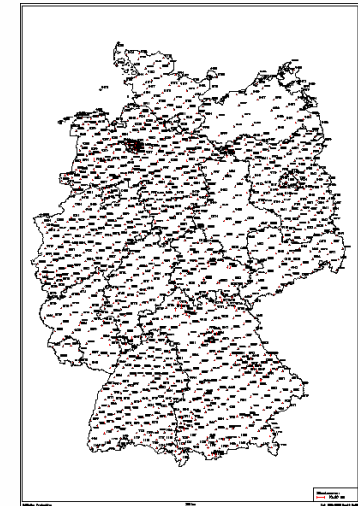
Zukunft amtlicher Landeskoordinaten in Deutschland

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) 1991-1995
 - Referenzsystem identisch zum WGS 84:
European Terrestrial Reference System **ETRS 89**,
Realisierung durch ETRF 89
 - Universal Transversal Mercator Abbildung (**UTM**)
 - Ellipsoid **GRS 80** (Geodetic Reference System)
 - Normalhöhen des Deutschen Haupthöhennetzes (**DHHN 92**)
- **Aufgabe & Konsequenz**
 - ermögliche **homogene Transformation** (für alte und neue Daten)
 - ermögliche flächendeckende Nutzung,
homogen koordinierter Referenzstationen
 - ermögliche durchgreifende Nutzung moderner
(satellitengestützter) Vermessungsmethoden

GNTRANS - bundesweites Modul

Grundlage für GNTRANS

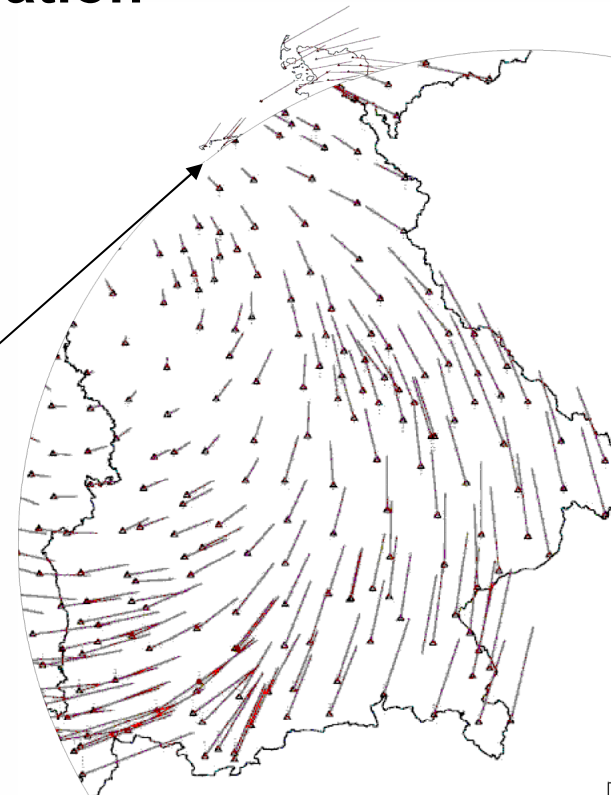
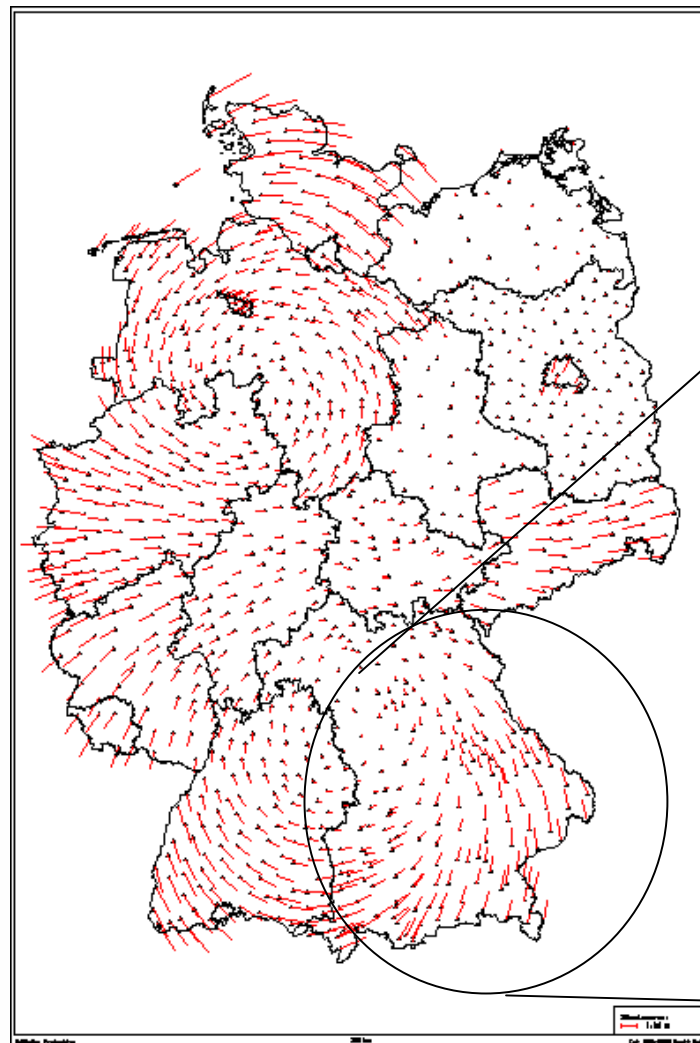
- bundesweite Daten der Landesvermessungen (Stand 2001)
- horizontales Referenzsystem
 - abgeleitet aus ~ 1200 identischen 3D Punkten
- Höhenreferenzsystem
 - offizielles Höhensystem (zukünftig bundesweit)
 - abgeleitet aus ~ 340 zusätzlichen, identischen 1D Punkten
- Geoid EGG97 (European Gravimetric Geoid 1997)
- regional (D), homogenes Referenzsystem



GNTRANS – Modell

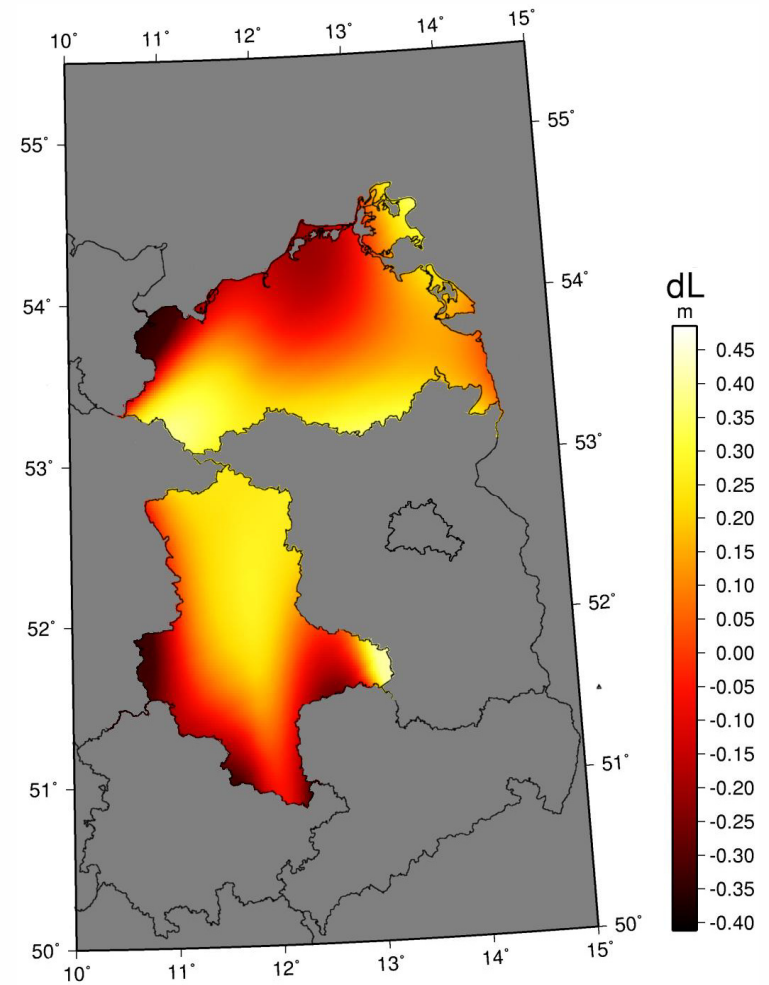
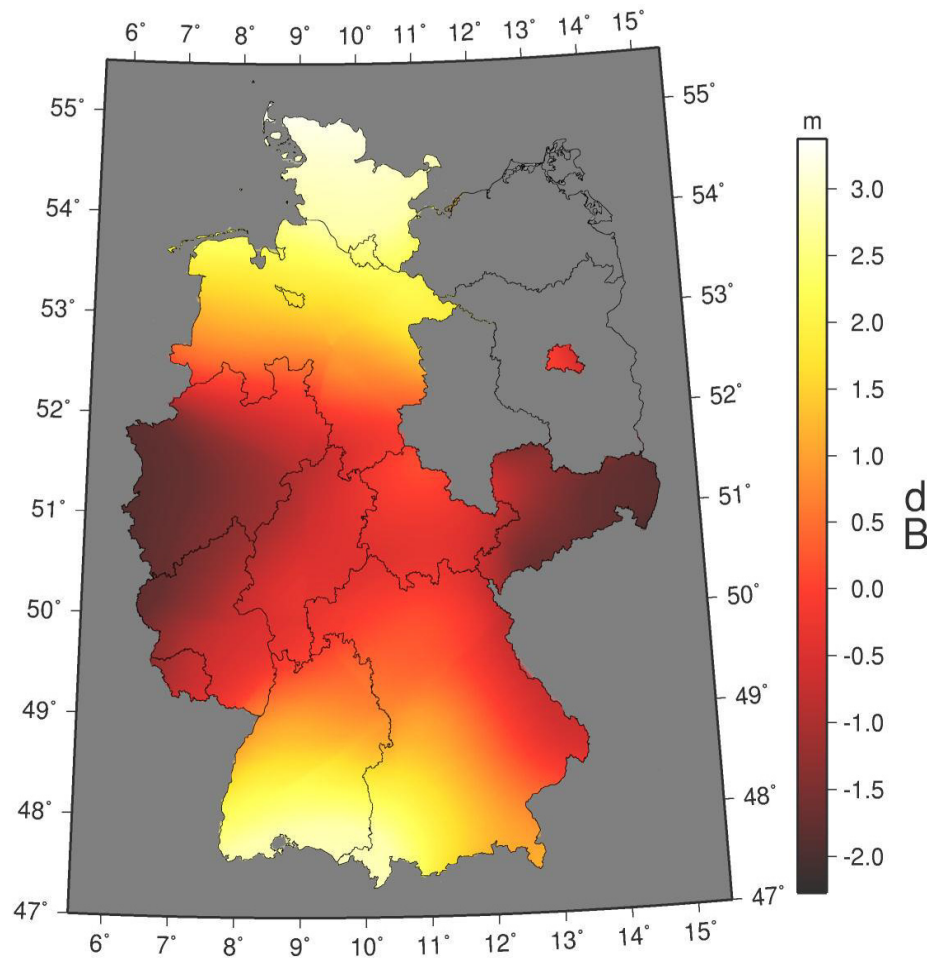
- mehrstufige Transformation
- anwendbare Stufen
 - 7P- Transformation
 - stetige funktionale Transformation
 - mathematischer funktionaler Ansatz um verbleibende Residuen zu beschreiben; ausgleichende Flächensplines
 - stochastischer Anteil
 - stochastische Prädiktion verbleibender Diskrepanzen unter Berücksichtigung topologischer Nachbarschaften (Dekorrelation entlang Topologie von linienhaften Diskontinuitäten)

GNTRANS – Horizontale Residuen nach 7P- Transformation

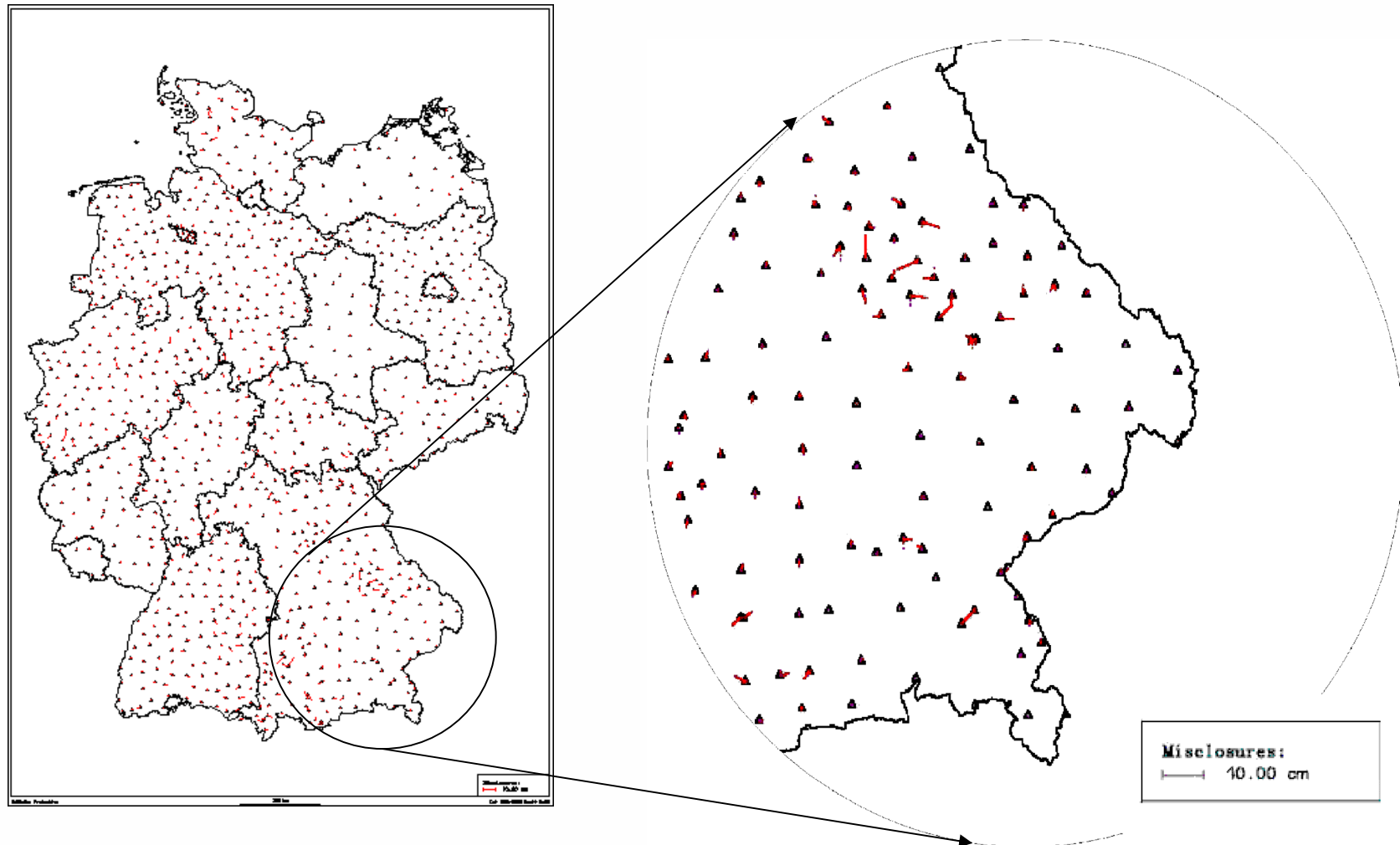


Mischmaße:
50.00 cm

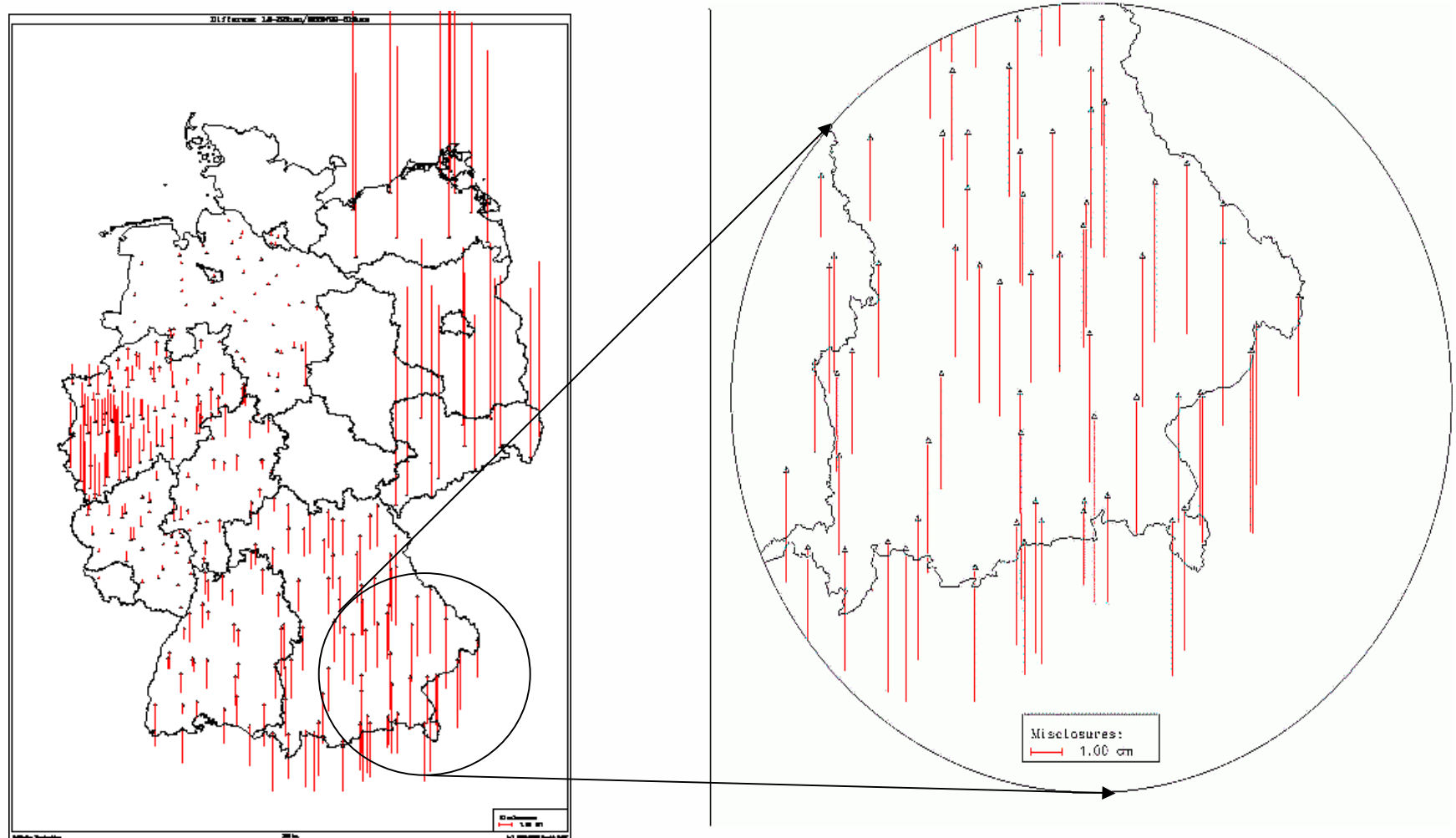
GNTRANS - Funktionaler Anteil Landessystem DHDN/STN



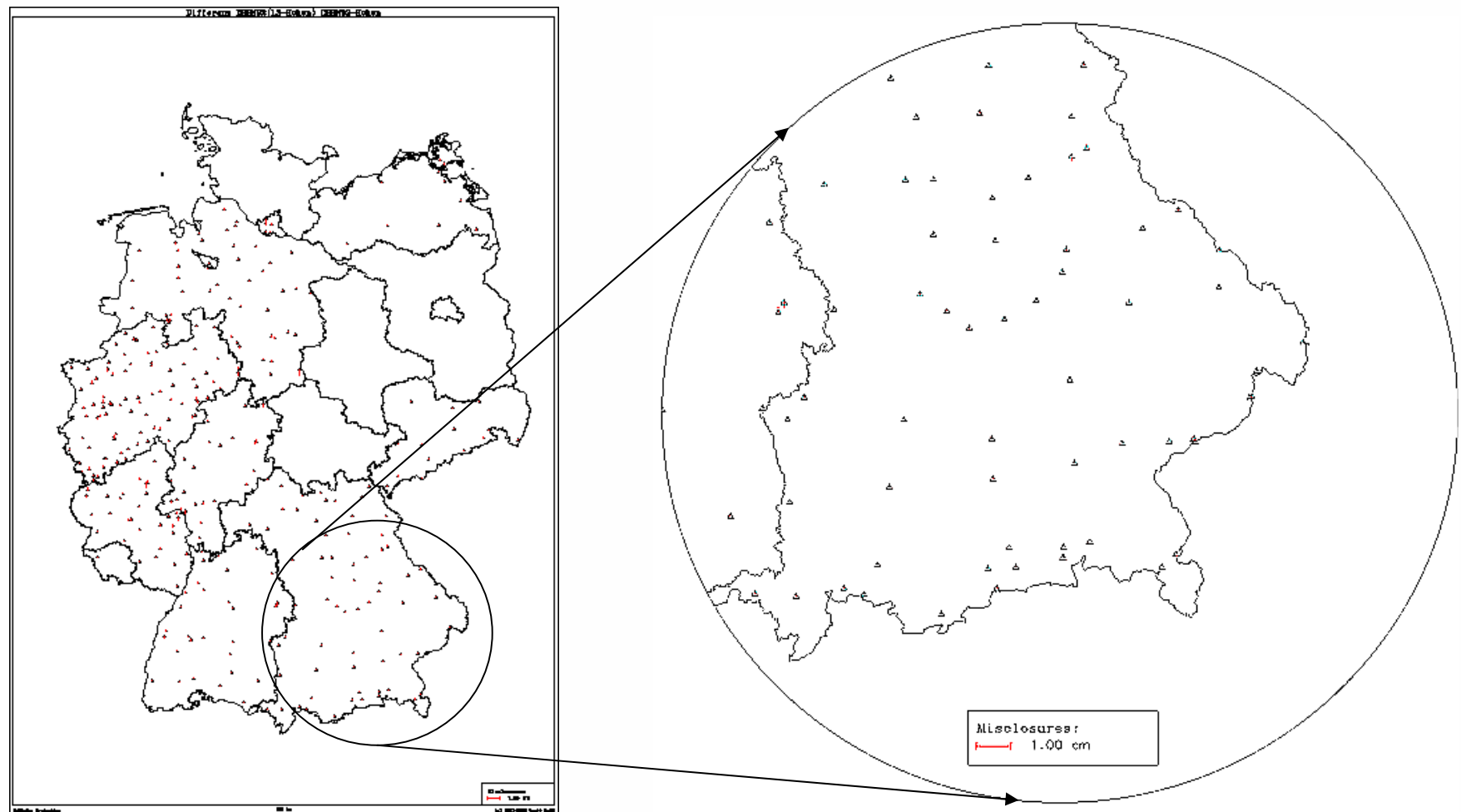
GNTRANS – Horizontale Residuen nach mehrstufiger Transformation



GNTRANS – Höhendifferenzen Amtliche Systeme/DHHN 92



GNTRANS – Höhenresiduen nach vollständiger Transformation



GNTRANS – Genauigkeit bundesweites Modul

- **innere Genauigkeit
(formelle Genauigkeit der Ausgleichung)**

<i>Bereich</i>	<i>sx [m]</i>	<i>sy [m]</i>	<i>sz [m]</i>
DHDN	0.010	0.010	0.010
STN	0.001	0.002	0.001
BRAN	0.000	0.000	<0.010

- **äußere Genauigkeit
(sequentielle Elimination eines Stützpunktes und Transformation
genau dieses Punktes; pessimistische Abschätzung aufgrund Ausdünnung)**

<i>Bereich</i>	<i>sx [m]</i>	<i>sy [m]</i>	<i>sz [m]</i>
DHDN	0.047	0.046	0.027
STN	0.007	0.013	0.006
BRAN	0.000	0.000	0.010

GNTRANS – Eigenschaften

- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - Nachbarschaftstreue
 - Einheitlichkeit/Eindeutigkeit
 - Homogenität
 - Stetigkeit
 - Berücksichtigung von Diskontinuitäten
 - Eineindeutigkeit

GNTRANS – Eigenschaften

- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - **Nachbarschaftstreue**
 - Erhaltung der nachbarschaftlichen metrischen Eigenschaften
 - Berücksichtigung zufälliger Messfehler der Stützpunkte
 - weitestgehend restklaffenfrei
 - Zwangsbedingung restklaffenfrei
 - Nachbarschaftstreue
 - Einheitlichkeit
 - Homogenität
 - Stetigkeit
 - Berücksichtigung
 - Eineindeutigkeit

GNTRANS – Eigenschaften

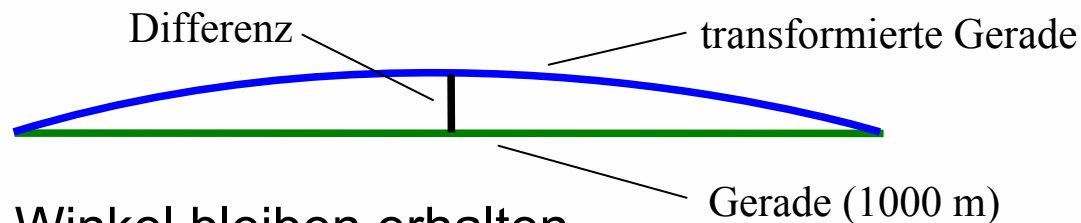
- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - Nachbars
 - **Einheitlich**
 - Homogen
 - Stetigkeit
 - Berücksic
 - Eineindeu
- **Einheitlichkeit/Eindeutigkeit**
 - ein einziges mathematisches Modell
 - direkt verfügbar
 - verringert Bedienfehler
 - keine individuellen Entscheidungen/Eingriffe
 - Dokumentation/Nachweis
 - wiederholbar/reproduzierbar
 - einheitliche Transformationsvorschrift
 - einheitliche Dokumentationsvorschrift

GNTRANS – Eigenschaften

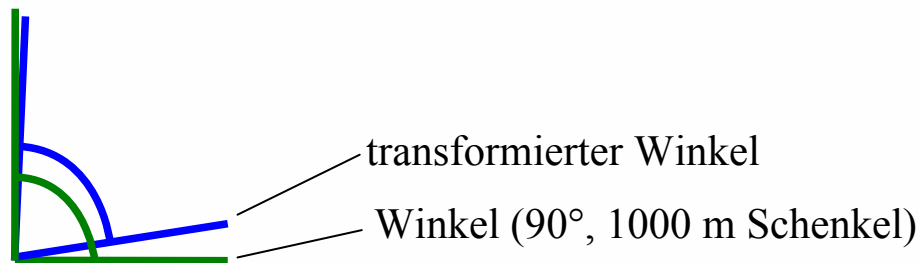
- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - Nachbars
 - Einheitlich
 - **Homogen**
 - Stetigkeit
 - Berücksic
 - Eineindeu
- **Homogenität**
 - speziell entwickelt für Überführung inhomogener Koordinaten
 - Instrument zur Überführung in homogene Koordinaten
 - erlaubt uneingeschränkten Einsatz moderner satellitengestützter Messverfahren

Geometrischen Bedingungen

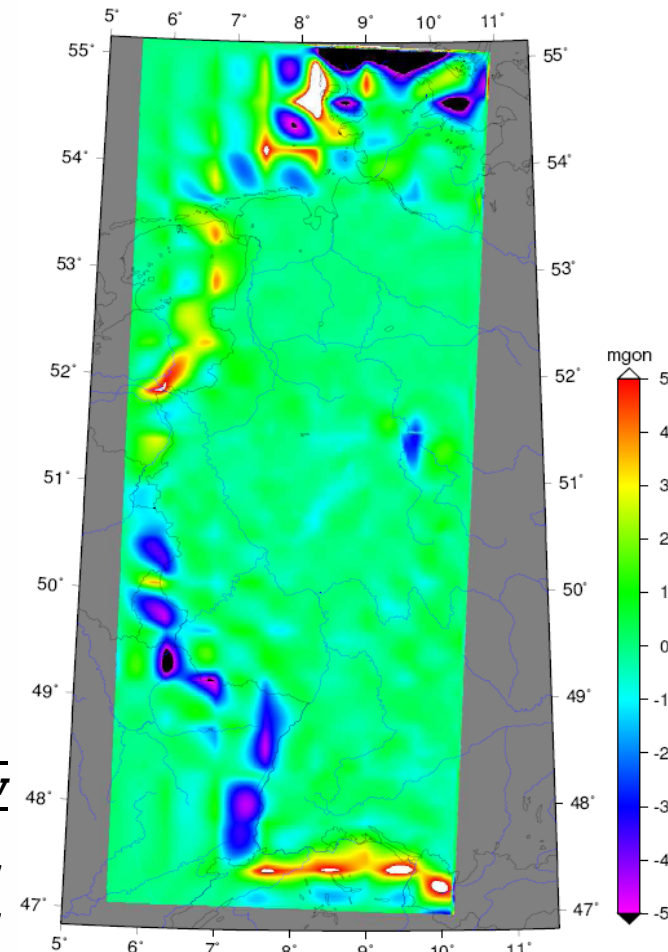
- Geraden bleiben erhalten



- Winkel bleiben erhalten



		<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mittel</i>	<i>StdAbw</i>
Bundesländer ohne MVP, SAN, BB					
Linearität (N-S)	[mm]	0.000	7.400	0.193	0.317
Linearität (O-W)	[mm]	0.000	10.400	0.195	0.397
Winkel	[mgon]	-4.692	4.902	0.003	0.559
MVP und SAN					
Linearität (N-S)	[mm]	0.000	1.200	0.086	0.102
Linearität (O-W)	[mm]	0.000	1.200	0.086	0.109
Winkel	[mgon]	-0.853	0.687	-0.017	0.168



Erhaltung der Winkelbedingung
in GNTRANS (D)

GNTRANS – Eigenschaften

- Eigenschaften des Transformationsmodells

- Nachbars
- Einheitlich
- Homogen
- **Stetigkeit**
- Berücksic
- Eineindeu

- **Stetigkeit**

- weiträumig
 - in großen und/oder kleinen Gebieten
 - deutschlandweit
 - Verdichtungen/Patches
 - keine Gebietsgrenzen, Landesgrenzen, etc.

GNTRANS – Eigenschaften

- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - Nachbarschaft
 - Einheitlichkeit
 - Homogenität
 - Stetigkeit
 - **Berücksichtigung von Diskontinuitäten**
 - unterschiedliche inhomogene Systeme
 - topologische Nachbarschaft
 - Eineindeutigkeit

GNTRANS – Eigenschaften

- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - Nachbars
 - Einheitlich
 - Homogen
 - Stetigkeit
 - Berücksic
 - **Eineinde**
- **Eindeutigkeit**
 - eindeutige Transformation
 - eindeutige umkehrbare Transformation
 - numerisch identische Werte
 - Vorteile der Einheitlichkeit/Standardisierung

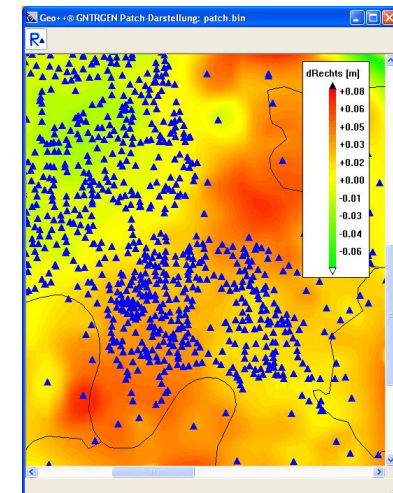
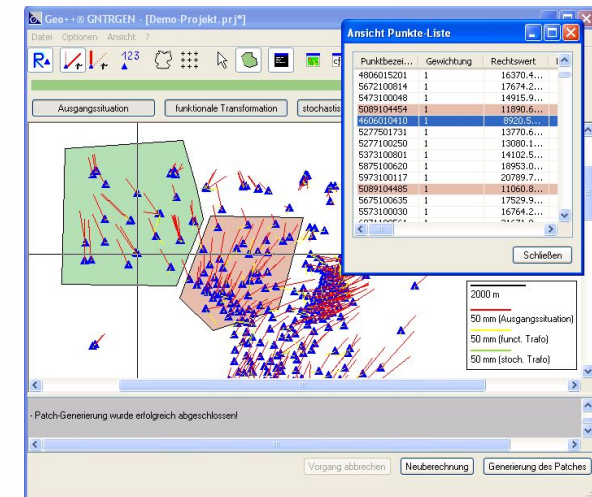
GNTRANS – Eigenschaften

- Eigenschaften des Transformationsmodells
 - Nachbars
 - Einheitlich
 - Homogen
 - Stetigkeit
 - Berücksic
 - Eineindeu
- **weitere Aspekte bei der Anwendung des Transformationsmodells**
 - Punktdaten/Massendaten
 - Einsetzbarkeit/Verfügbarkeit
 - » Post-Processing
 - » Echtzeit Anwendungen
 - Integration/Automation
 - logistischer Aufwand
 - Nutzerfreundlichkeit
 - Akzeptanz
 - Wirtschaftlichkeit
 - ...

GNTRANS – Patches

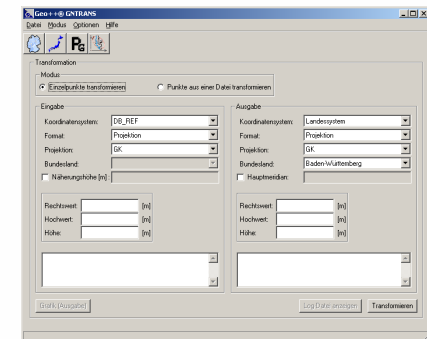
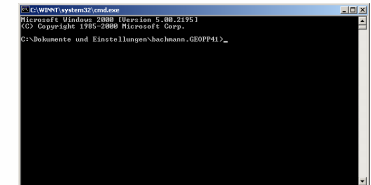
- Erweiterungen des bundesweiten GNTRANS-Modul mit Patchgenerator (interaktiv)
 - Genauigkeitssteigerung
 - Verdichtung durch zusätzliche Stützpunkte
 - Einbindung zusätzlicher Systeme
 - Berücksichtigung zusätzlicher Punktidentitäten
 - gebietsweise Definition stochastischer Bedingungen
- GNTRANS Patches (Verdichtungen)
 - Patch Düsseldorf (D001, D002, D003...)
 - LGN Patch Niedersachsen (NI01, NI02, NI03...)
- Untersuchungsergebnisse:

Modell	Bereich	sR [m]	sH [m]	sH [m]
GNTRANS (D)	Düsseldorf	0.021	0.019	0.015
Patch D003	Düsseldorf	0.005	0.005	0.009
GNTRANS (D)	Niedersachsen	0.020	0.036	–
Patch NI03	Niedersachsen	0.008	0.010	–



GNTRANS – Applikationen

- GNTRANS Software
 - Befehlszeile - einfache Handhabung in Stapeldateien
 - graphisches Nutzer-Interface – Transformation mit 'Mouse Click' von Einzeldaten und Koordinatendateien
- GNTRANS-DLL
 - Dynamic Link Library
 - einfache Integration der GNTRANS-Module in jede Anwendungs-Software (z.B. Verm.esn der technet GmbH)
- GNTRANS-RT
 - Echtzeit-Anwendung in RTK-Netzen/GPS-Systemen
- Internet www.geopp.de

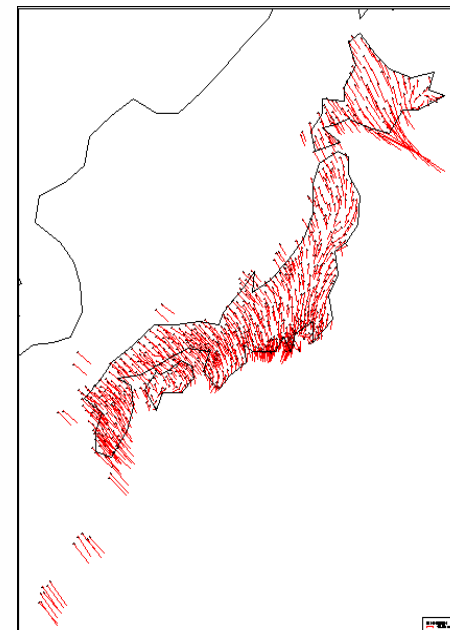
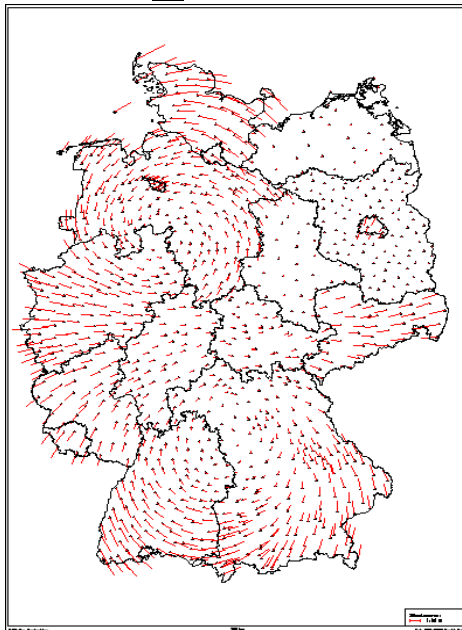


GNTRANS – GNSS Echtzeitanwendung

- Vernetzung von Referenzstationen/Referenzstationsdienste
 - Nutzerforderung nach Transformation in Gebrauchskoordinaten
 - amtliche Landeskoordinaten
 - Gebrauchshöhen
 - einheitlich, eindeutig
 - konsistent zu post-processing Transformation
- Notwendigkeit der Referenzstationsdienste Transformationen bereitzustellen
 - bereits mit gegenwärtigen RTCM-Versionen möglich
 - zukünftig Verfahren und Message-Typ im RTCM 3.0
(Geo++ intensiv beteiligt an Umsetzung des neuen Standards)

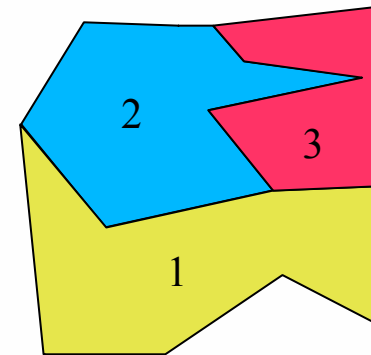
GNTRANS-RT – GNSS Echtzeitanwendung

- Ruhrgas AG (ascos, ascos-Trans)
 - GNTRANS Modul Deutschland
 - Landessysteme in Echtzeit
 - Automatische Auswahl der Landessysteme
 - DB_REF in Echtzeit
- MPC/Mitsubishi Electric Cooperation Japan
 - GNTRANS Modul Japan
 - Transformation in JGD2000
 - Regelmäßige Nachführung des Modelles (alle 2 Wochen)

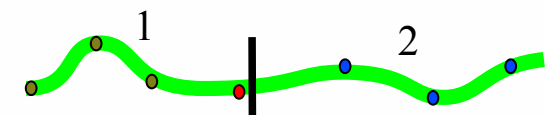


Grenzproblematik/Zwangspunkte

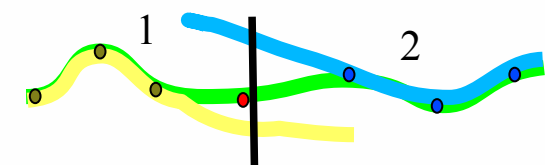
- Situation
 - verschiedene Transformationen
 - verschiedene Ergebnisse in Grenzbereichen
- Ziel: Konsistente/gleiche Transformationsergebnisse im ETRS/ETRF89 auch bei Verwendung verschiedener Transformationen
- Anforderung
 - Restklaffenfreiheit oder
 - Einhaltung festgelegter Toleranzen
- Mögliche Ideallösung
 - GNTRANS grenzübergreifend, deutschlandweit, „in einem Guss“



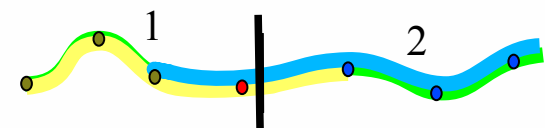
Transformationsgebiete (1,2,3)



Soll- bzw. Ideallösung
(Eine Gesamttransformation)



Transformationen mit
unterschiedlichen Ergebnissen



Abgestimmte Transformationen

Grenzproblematik/Zwangspunkte

- Mögliche Vorgehensweise bei Verwendung verschiedener Ansätze
 1. Transformationen der Zwangspunkte/Grenzlinie/Korridor
 2. Einigung der Länder auf einheitliche Koordinaten der Zwangspunkte
 3. Anpassung der Transformationsansätze
- Anforderungen an beteiligte Transformationsansätze
 - homogen und stetig
 - Genauigkeit gemäß Anforderungen
- Forderung identischer Transformationsergebnisse im ETRS berechtigt wenn:
 - Ursprungskoordinaten entstammen gleicher Realisierung
 - Beispiel: Düsseldorf zu Nordrhein-Westfalen (beide Netz77)
 - Zwangspunkte mit hohem Genauigkeitsniveau

Referenzen

- **Land Brandenburg**
 - landesweite eindeutige Transformation vom alten Gebrauchssystem (STN) in einheitliches 3D-Bezugssystem ETRS89 (GNTRANS-Verfahren, BRA2ETRS)
- **Deutsche Bahn Netz AG**
 - Übergang von alten Gebrauchssystemen in einheitliches, homogenes Bezugssystem DB_REF, bundesweites Transformationsmodul GNTRANS
- **Vermessungs- und Katasteramt Düsseldorf**
 - überführt Punktdaten des Liegenschaftskatasters vom derzeitigen Gebrauchssystem in einheitliche 3D-Bezugssystem ETRS89
 - bundesweites Transformationsmodul GNTRANS mit zusätzlich generiertem GNTRANS Patch Düsseldorf zur Genauigkeitsteigerung
 - Einsatz des GNTRANS Patch-Generators zur selbstständigen Weiterführung des Patches



Referenzen

- **Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen (LGN)**
 - Untersuchte verschiedene Transformationsansätze
 - bereitet Umstellung nach ETRS89/UTM im Rahmen der AAA-Migration mittels hoch genauen GNTRANS Patch vor (2006/2007)
 - GNTRANS DLL in Softwarekomponenten der Migration, zur Migration und Umstellung in einem Guss
- **Ruhrgas AG**
 - Betreiber eines GNSS Referenzstations Services in Deutschland (ASCOS)
 - bundesweites Transformationsmodul GNTRANS, GNTRANS Patches als zusätzlicher Transformations-Service (Düsseldorf)
 - Echtzeit Messungen in alten Gebrauchssystemen sowie DB_REF
- **MPC/Mitsubishi Electric Corporation**
 - GPS Referenzstations-Services PAS in Japan
 - Einflüsse durch Krustenbewegungen mit GNTRANS modelliert
 - Echtzeit-Transformation, regelmässige Aufdatierung (zweiwöchig)



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

**Wir freuen uns über ihren Besuch
auf unserem Stand**

Geo++® GmbH
Halle 3, Stand B3.107
www.geopp.de



INTERGEO® 2005

Einheitliche Lage- und Höhenbezugssysteme



Gesellschaft für satellitengestützte
geodätische und navigatorische
Technologien mbH