Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 107 (2009)

Heft: 11

Artikel: Methoden und Werkzeuge für die Koordinatentransformation zwischen globalen und lokalen Bezugsrahmen und den Datenaustausch mit den Nachbarländern

Autor: Ray, Jérôme / Marti, Urs / Kistler, Matthias

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-236640

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 26.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Methoden und Werkzeuge für die Koordinatentransformation zwischen globalen und lokalen Bezugsrahmen und den Datenaustausch mit den Nachbarländern

In den letzten Jahren wurden grenzüberschreitende Planungsprozesse zunehmend wichtiger. Dabei nehmen Geodaten eine Schlüsselrolle wahr, wobei jedes Land nach wie vor seine eigenen Bezugsrahmen verwendet. Sollen diese Daten gemeinsam genutzt werden, zum Beispiel im Rahmen eines grenzüberschreitenden Geodatenportals, so müssen die Daten in bestmöglicher Genauigkeit transformiert werden können. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Daten in vielen Fällen nur in den historischen, verzerrten Bezugsrahmen aus dem letzten Jahrhundert vorliegen. Der nachfolgende Bericht gibt einen Überblick über die aktuellen Methoden, Software und Geodienste für die Koordinatentransformation im grenzüberschreitenden Kontext aber auch innerhalb der Schweiz.

J. Ray, U. Marti, M. Kistler

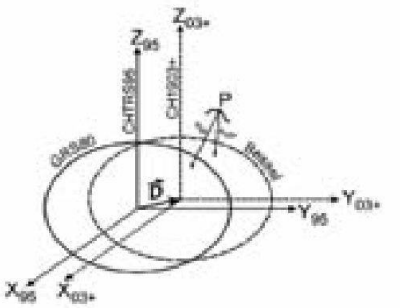
Übergang von globalen in lokale, unverzerrte Bezugsrahmen: Von WGS84 / ITRS ≈ ETRS89 = CHTRS95 nach LV95

Diese Transformation wird in zwei Etappen ausgeführt:

1. Übergang vom globalen Bezugssystem WGS84 / ITRS / ETRS89 (= CHTRS95) ins lokale Schweizer Bezugssystem CH1903+ mit drei Translationen sowie einem Ellipsoidwechsel (von GRS80 nach Bessel 1841) gemäss Abbildung 1.
2. Transformation der geozentrisch kartesischen Koordinaten in die Projektionsebene (Bezugsrahmen LV95) mit den Schweizer Projektionsformeln (Rosenmund 1903).

Die beiden Transformationen sind streng und umkehrbar. Sie garantieren eine Präzision im Millimeterbereich.

Die Höhen beziehen sich hier auf ein Referenzellipsoid und man erhält dementsprechend ellipsoidische Höhen (auf Bessel 1841). Damit im aktuellen Höhenbezugsrahmen LN02 gearbeitet werden



$XCH_{1903+} = X_{CHTRS95} - 674.374$ m
$YCH_{1903+} = Y_{CHTRS95} - 15.056$ m
$ZCH_{1903+} = Z_{CHTRS95} - 405.346$ m

Abb. 1: Übergang vom globalen Bezugssystem CHTRS95 ins lokale CH1903+.

kann, sind zwei zusätzliche Umrechungen erforderlich:

1. Transformation der ellipsoidischen Höhen in orthometrische LHN95 mit dem Geoidmodell CHGeo2004
2. Transformation der orthometrischen Höhen in Gebrauchshöhen LN02 mit HTRANS

Diese beiden Transformationen sind umkehrbar aber nicht streng (Näherungen). Basierend auf einem Gitter mit Stützpunkten alle Kilometer werden die Werte für einen beliebigen Punkt mit einer biquadratischen Interpolation berechnet. Die Genauigkeit von CHGeo2004 beträgt 1 bis 3 cm, diejenige von HTRANS 1 bis 10 cm.

Transformation in verzerrte, historische Bezugsrahmen: Von LV95 nach LV03

In vielen Ländern bilden heute noch verzerrte, lokale Bezugsrahmen aus dem letzten Jahrhundert die Grundlage für Geobasisdaten wie z.B. in der Katastervermessung. Diese «historischen» Bezugsrahmen haben den Nachteil, dass sie über keine strenge Beziehung (über eine einfache und eindeutige Transformation) zu den globalen Referenzrahmen verfügen und sowohl gross- wie auch kleinräumige Verzerrungen aufweisen. Dies erschwert den Einsatz von GNSS-Sensoren und den Datenaustausch mit Nachbarländern.

Aufgrund dieser Nachteile setzen die meisten Länder für den Aufbau der nationalen Geodateninfrastrukturen NGDI auf neue, moderne und eindeutige Bezugsrahmen mit hoher Genauigkeit für das ganze Staatsgebiet (in der Regel um 1 cm in der Lage und 3 cm in der Höhe); so auch die Schweiz im Einklang mit ihren Nachbarländern. Für eine Übergangszeit bis ca. 2016 ist jedoch sicherzustellen, dass der Übergang vom verzerrten, historischen Bezugsrahmen LV03 nach LV95, respektive die Entzerrung bestehender Geodaten mittels geeigneter Verfahren gewährleistet bleibt.

Für diesen Übergang bieten sich in Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderungen sowohl Transformations- wie auch Interpolationsverfahren an. Als Grundsatz gilt, dass je differenzierter, bzw. ausgefeilter der Algorithmus ist, desto besser können Verzerrungen modelliert werden, was aber einen Verlust von geometrischen und/oder topologischen Eigenschaften zur Folge haben kann. Der Anwender sollte also aus einer Palette von Verfahren das für seinen Datensatz optimale auswählen. In Abbildung 2 sind die

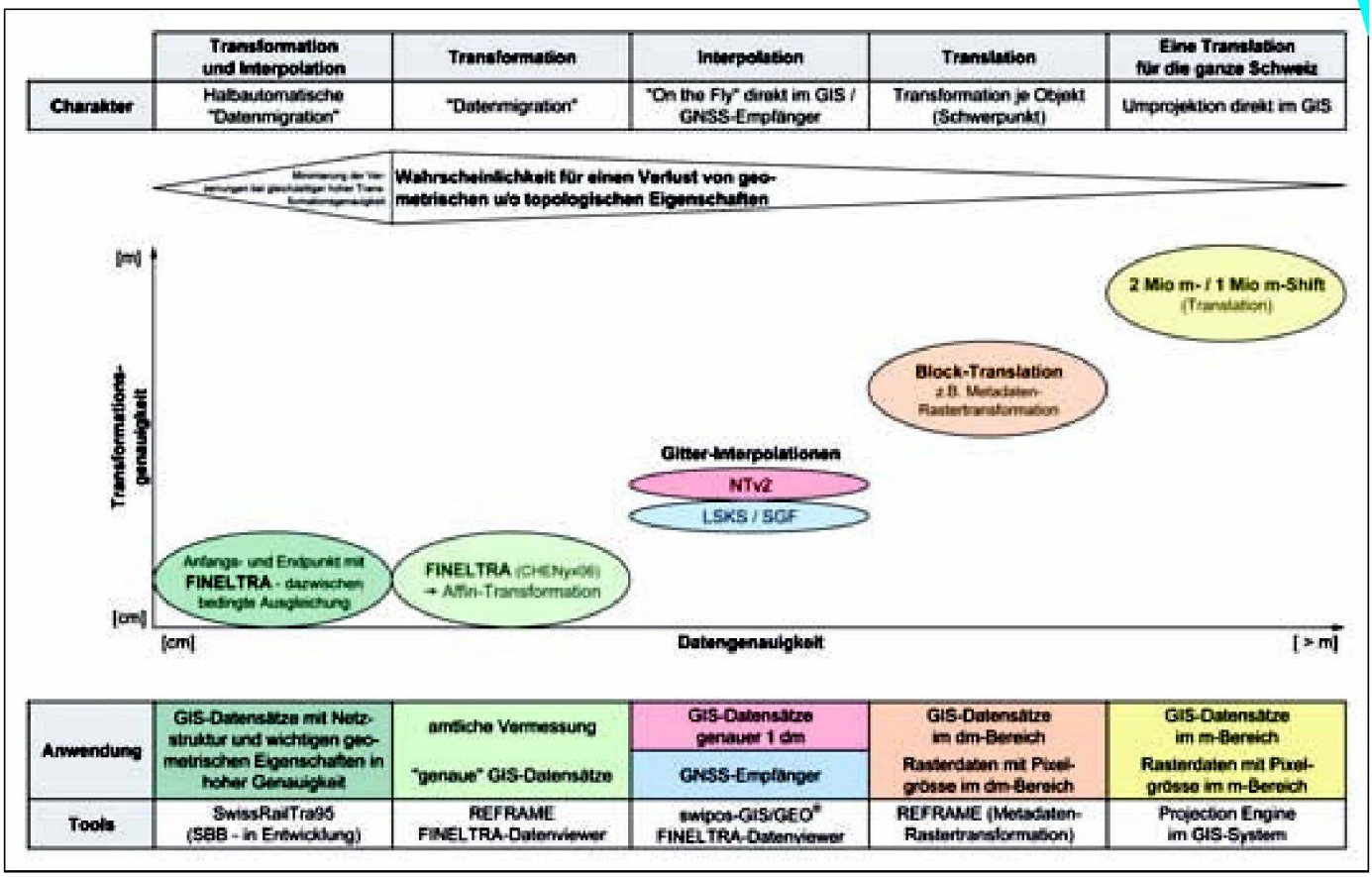


Abb. 2: Realisierungsvarianten für den Bezugsrahmenwechsel LV03 ⇄ LV95 in Abhängigkeit von der Datengenauigkeit und mit Andeutung der Wahrscheinlichkeit für einen Verlust von geometrischen und/oder topologischen Eigenschaften.

verschiedenen Methoden, Anwendungen und Werkzeuge, welche für den Übergang von LV03 nach LV95 oder umgekehrt zur Anwendung kommen, zusammengestellt.

Affine Transformation mit finiten Elementen (FINELTRA)

Über den FINELTRA-Algorithmus und die Dreiecksvermaschung CHENyx06 wurde verschiedentlich schon berichtet, auch in Geomatik Schweiz[1]. Aus diesem Grund wird hier nicht mehr näher darauf eingegangen. Neu zeichnet sich jedoch ab, dass für die Transformation von Objekten mit hohen Anforderungen an die Genauigkeit sowie an die Erhaltung von geometrischen und/oder topologischen Eigenschaften eine Erweiterung des FINELTRA-Algorithmus' denkbar ist. Dabei werden z.B. bei Netzstrukturen nur der Schwerpunkt oder Anfangs- und Endpunkt eines Objektes mit FINELTRA transformiert, und alle anderen Knoten mittels einer bedingten Ausgleichung transformiert.

Weitere interessante Ansätze arbeiten mit der Einführung von Toleranzen für den (halb-) automatischen Abgleich zwischen (unabhängigen) Ebenen und/oder für den Erhalt von topologischen Eigenschaften.

Gitter-Interpolations-Verfahren

Der FINELTRA-Algorithmus mit der lokalen affinen Transformation für den Bezugsrahmenwechsel wurde für die Schweiz als offizielle Methode eingeführt und auch von einigen anderen Ländern (z.B. Finnland) übernommen, entspricht aber keinem international anerkannten Standardverfahren. Aus diesem Grund hat swisstopo entschieden, den Transformationsdatensatz LV03 ⇄ LV95 auch in Form eines regelmässigen Gitters im Quasi-Standard-Format NTv2 (weit verbreitet in GIS-Systemen für die Interpolation / Umprojektion von Raster- und Vektordaten) sowie im Format LSKS und SGF (für GNSS-Empfänger) bereitzustellen. Der Unterschied zwischen Gitter-Interpolation und Affin-Transformation (Genauigkeit visualisierbar mit dem FINELTRA-Datenviewer unter www.swisstopo.ch/lv95) ist dabei für die meisten Gebiete der Schweiz vernachlässigbar. Für die Gitterinterpolation ist es in NTv2 nicht möglich, eine spezielle Methode anzugeben. In den meisten GIS-Applikationen wird jedoch die bilineare Interpolation verwendet. Für die Schweiz wurde eine NTv2-Datei mit einer Auflösung von 30" x 30" erstellt, was grob der Auflösung von 1 km in der Projektion entspricht. Der Perimeter wurde so gewählt, dass das gesamte Gebiet des Topografischen Landschaftsmodells TLM der Schweiz darin enthalten ist.

Block-Translation und 2 Mio m - / 1 Mio m - Shift

Dieses Näherungsverfahren, welches keinen Verlust von geometrischen oder topologischen Eigenschaften zur Folge hat, bietet sich für Datensätze mit kleiner räumlicher Ausdehnung oder geringeren Genauigkeitsanforderungen an; so zum Beispiel für die Transformation von Rasterdaten (Bilder aber auch digitale Geländemodelle). Dabei werden nur die Meta-

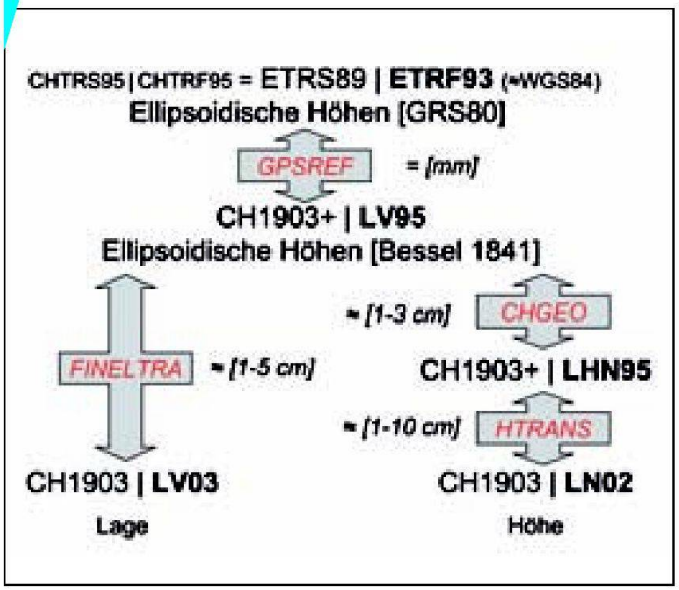


Abb. 3: Die verschiedenen Etappen der Transformation von ETRS89 (GRS80) nach LV95 (LN02), welche mit REFRAME in einem Durchgang ausgeführt werden können.

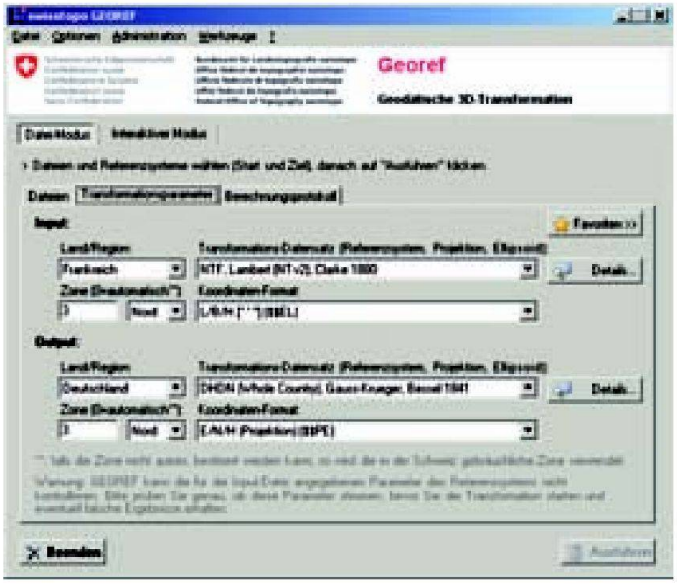


Abb. 4: Grafische Benutzeroberfläche von GEOREF.

daten (im Header oder in der World-Datei) über den Schwerpunkt transformiert, und es kann damit auf ein Resampling des Bildes mit dem damit verbundenen Qualitätsverlust verzichtet werden. Diese Transformation eignet sich für kleinräumliche Orthofotos oder Mosaike und bis zu einer Pixelauflösung von ca. 1 dm. Bei grösserer Auflösung oder Ausdehnung hingegen müssen weiterhin andere Verfahren wie z.B. die Ähnlichkeitstransformation, Rückinterpolationen oder die Neuberechnung der Aerotriangulation in Betracht gezogen werden. Weiter wird die Block-Translation bei kleinräumlichen Objekten wie z.B. weichen oder Klothoiden eingesetzt, deren geometrischen Eigenschaften keinesfalls verändert werden dürfen.

Die Block-Translation mit dem Spezialfall 2 Mio m - / 1 Mio m - Shift eignet sich weiter für Datensätze mit einer Ausdehnung über die ganze Schweiz und Genauigkeiten > 1–2 m.

Einsatz der Transformationsverfahren in der Praxis: Software und Werkzeuge von swisstopo

Software für den Bezugsrahmenwechsel in der Schweiz

Seit 2007 sind alle Transformations-Werkzeuge, welche den Übergang vom globalen System WGS84/ETRS89 ins Schweizer System CH1903+ (LV95), die FINELTRA-Transformation (LV03 ⇄ LV95) sowie die Höhentransformationen (CHGeo1998|2004 und HTRANS) unterstützen, in der Software REFRAME zusammengefasst.

Für die Transformation von Geodaten in einem Arbeitsablauf genügt es, wenn der Benutzer eine oder mehrere Quelldateien (ASCII, LTOP, CAD oder GIS) sowie den Ausgangs- und Zielbezugsrahmen auswählt. Alternativ kann durch die manuelle Erfassung der Koordinaten die Transformation interaktiv durchgeführt werden.

Weitere Informationen zu den Funktionalitäten und auch den Verkaufskonditionen finden Sie auf der Internet-Seite von swisstopo:

www.swisstopo.ch/geosoftware

Auch wurde ein Transformations-Geodienst entwickelt: Aus Performancegründen musste die Funktionalität leicht eingeschränkt werden, und es kann nur eine Datei auf einmal transformiert werden. Dafür ist der Dienst gratis:

www.swisstopo.ch/online

Definition des Schweizer Bezugssystems in GIS-Lösungen

Die Definition des Schweizer Bezugssystems CH1903+ sowie der «Schweizer Projektion» ist in den meisten GIS-Lösungen (inkl. Open Source) unter der Bezeichnung CH1903+ / LV95 bereits vorkonfiguriert. Dabei handelt es sich um den Parametersatz der EPSG[2] Nr. 2056 («Projected CRS»), 4150 («Geographic CRS») und 6150 (Ellipsoid).

Im Format WKT[3] vom OGC[4] ist CH1903+ (LV95) wie folgt definiert (Abb. 5).

Hinweis: Für LV03 («CH1903 / LV03») müssen die gleichen Parameter benützt werden, wobei einzig ein Unterschied bei der Definition des Abstandes zum Ursprung mit 600 000 m / 200 000 m berücksichtigt werden muss. Gewisse GIS-Systeme oder Datenkonversionsprogramme verwenden leider immer noch eine Datumsdefinition mit sieben Parametern (GRANIT). Diese Konfiguration führt zu unkorrekten Resultaten und sollte so bald wie möglich aktualisiert werden.

Für die Benutzer von FME stellt swisstopo gratis eine Erweiterung zur Verfügung, welche die verschiedenen für die Schweiz relevanten, nicht linearen Transformationen (FINELTRA, CHGEO und HTRANS) ausführt.

Werkzeuge für Software-Entwickler

swisstopo stellt Software-Entwicklern oder Nutzer von Drittprodukten alle für die Schweiz relevanten Transformationen und Projektionen in verschiedener Form für die Integration in eigene Applikationen zur Verfügung:

- Die Formeln für den Übergang von WGS84 nach CH1903+ sowie für die

```
PROJCS["CH1903+ / LV95",
   GEOGCS["CH1903Plus",
       DATUM["CH1903Plus",
           SPHEROID["Bessel - 1841",6377397.155,299.1528128254262]],
           AUTHORITY["EPSG","6150"]],
       PRIMEM["Greenwich",0],
       UNIT["degree",0.0174532925199433]],
       AUTHORITY["EPSG","4150"]],
   PROJECTION["Swiss_Oblique_Cylindrical"],
   PARAMETER["latitude_of_center",46.95240555555556],
   PARAMETER["central_meridian",7.439583333333333],
   PARAMETER["false_easting",2600000],
   PARAMETER["false_northing",1200000],
   UNIT["Meter",1]]
```

Abb. 5.

Schweizer Projektion sind detailliert auf der Internet-Seite von swisstopo beschrieben:
www.swisstopo.ch > Themen > Vermessung / Geodäsie > Referenzsysteme > Bezugssysteme

- Beispiele mit Quellcode / Skripts für verschiedenen Programmiersprachen sind ebenfalls verfügbar.
- Die Software REFRAME kann von einer externen Software über die Kommandozeile im Batch-Modus aufgerufen / gesteuert werden.
- Eine mit .NET und COM (C++/VBA) kompatible Progammbibliothek (DLL) mit allen in REFRAME vorhandenen Transformationen steht gratis zur Verfügung. Diese kann direkt über Internet bestellt werden.

Datenaustausch mit dem Ausland, z.B. für grenzüberschreitende Geodatenportale

Eines der Hauptziele bei der Einführung des neuen Bezugsrahmens LV95 ist die Ermöglichung genauer und homogener Transformationen zwischen Schweizer Landeskoordinaten und anderen lokalen europäischen Systemen. Dies wird über die eindeutige Beziehung zu ETRS89 erreicht.

Die neue Transformations-Software GEOREF erlaubt diesen Wechsel des Bezugssystems und unterstützt auch die wichtigsten Kartenprojektionen Europas und der Nachbarstaaten. Das Hauptziel dieses Programms ist der erleichterte Aufbau von europäischen Datensätzen und der Datenaustausch zwischen Nachbarländern z.B. für GIS-Anwendungen, grenzüberschreitende Projekte oder Geodatenportale.

GEOREF hat eine ähnliche moderne grafische Benutzeroberfläche und Flexibilität wie REFRAME, so z.B. die Dateitransformation oder die interaktive Transformation, die Batch-Verarbeitung oder die Unterstützung von Text-, CAD- und GIS-Formaten.

Sämtliche Parameter der Projektionen und Transformationen können durch den Benutzer verändert und ergänzt werden, was theoretisch die weltweite Benutzung des Programms in einem beliebigen Referenzsystem erlaubt.

Die Hauptanwendung von GEOREF ist in erster Linie die Geodäsie und die präzise Ingenieurvermessung. Deshalb wurde ein hohes Gewicht auf die Rechengenauigkeit gelegt: Es wurden überall die strengen Projektions- und Transformationsformeln verwendet. Die Software erlaubt aber auch die Einführung von Transformationsgittern mit lokalen Verzerrungen im NTv2-Format, wie sie z.B. in Frankreich und Deutschland verwendet werden, um die Umrechnung zwischen den neuen homogenen Bezugsrahmen und den alten, verzerrten Rahmen zu ermöglichen. Für die Schweiz ist der Transformationsdatensatz CHENyx06 (FINELTRA) natürlich auch integriert.

GEOREF erlaubt zudem eine Transformation der Geoidhöhen und der Lotabweichungskomponenten in ein anderes Bezugssystem. Allerdings ist eine Transformation des Höhensystems noch nicht möglich. Diese Funktionalität wird in einer der nächsten Versionen implementiert werden.

Nächste Entwicklungen: lokale Transformationen und Entzerrungen

Die Programme TRANSINT und KOORDIFF, welche heute für die lokale Einpassung und deren Analyse verwendet werden, sind in Bezug auf Benutzerfreundlichkeit und Unterstützung von CAD- und GIS-Formaten sehr limitiert und nicht mehr auf dem neuesten Stand der Technik. Deshalb werden sie im Verlauf des Jahres 2010 von Grund auf neu programmiert und zu einem einzigen Produkt vereinigt und um wichtige Funktionalitäten erweitert. Dies wird die Analyse, den Vergleich und die Transformation (Entzerrung) von lokalen Koordinatensätzen erleichtern – insbesondere die Migration von alten LV03-Daten in den neuen Bezugsrahmen LV95.

Anmerkungen:

[1] Kistler M., Ray J. (2007): Neue Koordinaten für die Schweiz: Fertigstellung der nationalen Dreiecksvermaschung, neue Transformationssoftware REFRAME und Eröffnung des Internet-Portals «Bezugsrahmenwechsel». Geomatik Schweiz 9/2007.

[2] OGP Surveying and Positioning Committee → http://www.epsg.org/

[3] Well-known text markup language → http://en.wikipedia.org/wiki/Well-known_text

[4] Open Geospatial Consortium → http://www.opengeospatial.org/

Software und Werkzeuge für die Transformation
www.swisstopo.ch/geosoftware

Geodienste
www.swisstopo.ch/online

Bezugsrahmenwechsel MN03 ⇄ MN95
www.swisstopo.ch/mn95

Jérôme Ray
Urs Marti
Matthias Kistler
swisstopo – Geodäsie
Geodätische Entwicklungen und Aufträge
Seftigenstrasse 264, Postfach
CH-3084 Wabern
infogeo@swisstopo.ch