

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:	103 (2005)
Heft:	8
Artikel:	Neumessung und Auswertung des GPS-Landesnetzes der Schweiz LV95
Autor:	Brockmann, E. / Ineichen, D. / Wiget, A.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-236249

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: 16.01.2026

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

Neumessung und Auswertung des GPS-Landesnetzes der Schweiz LV95

Der Referenzrahmen der Landesvermessung LV95 bildet das Fundament für sämtliche raumbezogenen Daten in der Schweiz. Er besteht aus 208 Haupt- und Verdichtungspunkten und 29 permanenten AGNES-Stationen. Zur Qualitätskontrolle und zur Untersuchung tektonischer Bewegungen hat der Bereich Geodäsie des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo) sämtliche Punkte mit mm-Genauigkeit innerhalb von nur einem Jahr nachgemessen. Ein Vergleich der neu bestimmten Lagekoordinaten mit den 1995 festgelegten LV95-Koordinaten stimmt im cm-Bereich überein. Die Resultate bestätigen in eindrucksvoller Weise die Qualität und Stabilität des LV95-Referenzrahmens. Ein Nachweis von tektonischen Bewegungen in der Größenordnung von weniger als 1–2 mm pro Jahr wird in naher Zukunft möglich sein und eine Basis für neue geologische Erkenntnisse liefern.

Le cadre de référence de la mensuration nationale MN95 est fondamental pour toutes les données géoréférencées en Suisse. Il comprend 208 points principaux ou de densification, ainsi que 29 stations permanentes AGNES. A des fins de contrôle de qualité et de recherche de mouvements tectoniques, le domaine de la géodésie de l'office fédéral de topographie (swisstopo) a mesuré tous les points avec une précision du mm dans un intervalle d'une année. La comparaison des nouvelles déterminations planimétriques avec les coordonnées MN95 montre des écarts inférieurs au cm. Les résultats confirment de façon impressionnante la qualité et la stabilité du cadre de référence MN95. Dans un proche avenir il sera possible de mettre en évidence des mouvements tectoniques d'un ordre de grandeur inférieur à 1–2 mm par année, qui pourront servir de base à des nouvelles études géologiques.

Il quadro di riferimento della misurazione nazionale LV95 è fondamentale per tutti i dati a riferimento spaziale della Svizzera. La rete è formata da 208 tra punti principali e intercalati così come da 29 stazioni permanenti AGNES. Il settore Geodesia dell'Ufficio federale di topografia (swisstopo) ha misurato, sull'arco di un solo anno, tutti i punti con una precisione millimetrica allo scopo di controllarne la qualità e per analizzare i movimenti tettonici. Un paragone tra le nuove coordinate planimetriche e le coordinate del sistema LV95, rilevate nell'anno 1995, mostra una corrispondenza al centimetro. I dati ottenuti confermano chiaramente la qualità e la stabilità del quadro di riferimento LV95. In futuro sarà così possibile documentare i movimenti tettonici di un ordine di grandezza inferiore a 1–2 mm annui, offrendo una base per nuove conoscenze geologiche.

E. Brockmann, D. Ineichen, A. Wiget

Das LV95-Netz und das permanente GPS-Netz AGNES

Die Technik der Satellitenvermessung revolutionierte die Landesvermessung Mitte der 80er-Jahre. Bis dahin basierte die

Landesvermessung auf klassischen Richtungs- und Distanzmessungen. Das GPS-Referenznetz LV95 wurde seit 1989 etappenweise aufgebaut [Gubler et al., 1996]. Bis 1994 wurden ca. 100 Hauptpunkte erstellt und in aufwändigen GPS-Kampagnen deren Koordinaten bestimmt. Dieses Netz wurde dann bis 2001 für die Kantone mit weiteren ca. 100 Punkten verdichtet [Signer 2001, Schneider 2003].

Diese ca. 200 Punkte bilden den Rahmen CHTRF95, welcher mit globalen (ITRF) und europäischen (ETRF) Referenzrahmen verknüpft ist.

Die Genauigkeit ($1-\sigma$) der LV95-Koordinaten wurde damals mit 7 mm in der Lage und 20 mm in der Höhe angegeben. Daher wurden die Koordinaten für den Gebrauch in der amtlichen Vermessung auf den cm gerundet.

1998 wurde das gesamte Netz nachgemessen, um die spezifizierten Genauigkeitsangaben zu überprüfen. Diese Kampagne war zugleich der Beginn für die Installation des Automatischen GPS-Netzes AGNES, mit dem die Stabilität von LV95 kontinuierlich gewährleistet werden kann. Startend mit zehn Stationen wurde der Endausbau auf 29 Stationen Ende 2001 erreicht.

Die zweite Kontrollmessung aller LV95-Punkte fand 2004 statt. Dabei wurden auch die «Neotektonik»-Punkte der Nagra (siehe Kasten) in die Messung und Auswertung integriert. Ein Überblick aller LV95-Punkte ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zweite Wiederholungsmessung von LV95 im Jahr 2004

Messung

In insgesamt 13 Wochen (im Zeitraum vom Mai bis September 2004) wurden von jeweils drei GPS-Operateuren auf 245 Punkten je ca. 18 Stunden Beobachtungen erhoben. Dafür wurden 31 000 unfallfreie Autokilometer zurückgelegt. Da mit den AGNES-Stationen ein perfektes Netz für die Verknüpfung aller Messungen besteht, konnte auf Doppelstationierungen verzichtet werden. Die Zuverlässigkeit konnte durch den Vergleich mit früheren Bestimmungen gewährleistet werden. Einzig die im «Neotektonik»-Netz der Nagra in der Nordschweiz integrierten Punkte wurden jeweils doppelt bestimmt.

Auswertung

Die Daten wurden von swisstopo mit der Berner GPS-Software Version 4.2 [Hu-

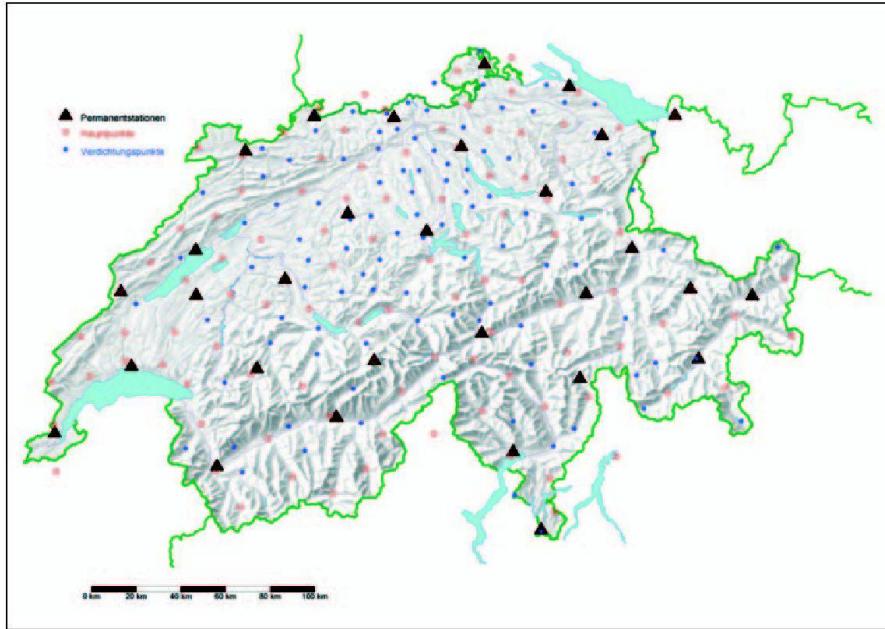


Abb. 1: Das LV95-Netz bestehend aus 106 Hauptpunkten, 102 Verdichtungspunkten und 29 AGNES-Stationen.

gentobler et al., 2001] in einem speziell entwickelten semi-automatischen Modus ausgewertet. Sie wurden, wie schon die Daten sämtlicher Kampagnen seit 1998, in folgender Art und Weise verarbeitet:

- Verwendung der offiziellen Bahndaten und Erdrotationsparameter des IGS (International GNSS Service)
- Schätzung eines Troposphärenparameters pro Stunde und Station und Verwendung der «Dry Niell» Mapping-Funktion
- Verwendung von «cos-z»-gewichteten Beobachtungen oberhalb von 10 Grad Elevation
- Mehrdeutigkeitslösung unter Anwendung verschiedener Lösungsstrategien in Abhängigkeit der Basisliniellänge
- Anbringen von individuellen Antennenkalibrationswerten für jede Antenne. Die Werte wurden in einer Kalibrationskampagne vorgängig bestimmt.

Insgesamt wurden so aus ca. 40 Mio. GPS-Beobachtungen (4.8 Mio. aus den Kampagnendaten) in einer Rechenzeit von ca. acht Tagen die Koordinaten der 245 Punkte bestimmt.

Die Doppelbestimmung der «Neotektonik»-Punkte als auch die Wiederholbarkeiten der Koordinatenbestimmung der

AGNES-Stationen lassen folgende Genauigkeitsaussagen zu:

- 1) Eine Punktbestimmung hat einen mittleren Koordinatenfehler von 3 mm in der Lage und 7 mm in der Höhe ($1-\sigma$, aus 56 Stationen mit Doppelbestimmung abgeleitet).
- 2) Die Wochenmittelwerte der AGNES-Stationen haben eine Wiederholbarkeit in den 13 Wochen von 1 mm in der Lage und 3 mm in der Höhe ($1-\sigma$).



Abb. 2: LV95 Punktbestimmung (Mont Vully).

Gesamtausgleichung 1988–2004

Basierend auf den Normalgleichungen aller GPS-Auswertungen von swisstopo seit 1988 wurde eine statische Gesamtausgleichung gerechnet, die sämtliche Korrelationen aller Punktkoordinaten berücksichtigt [Brockmann, 1997]. In die Ausgleichung wurden dabei verschiedene Teilkombinationen eingeführt, welche jeweils die Resultate eines Zeitraumes zusammenfassen. Zusätzlich wurde auch eine Teilkombination aller AGNES-Stationen mit den umliegenden europäischen Permanentstationen seit 1998 einbezogen.

Eine Statistik, welche beschreibt, wie gut jede einzelne Teilkombination mit der Gesamtlösung zusammenpasst, findet sich

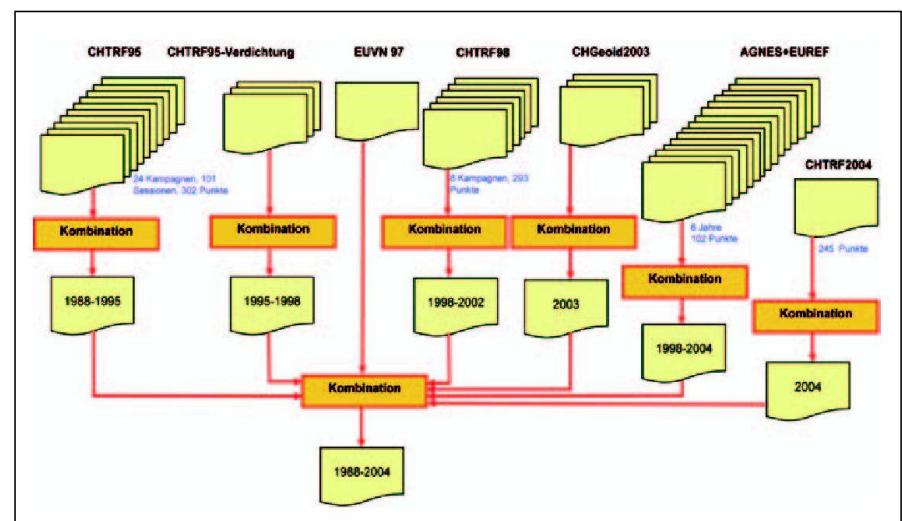


Abb. 3: Kombinationsschema der Gesamtausgleichung basierend auf den Normalgleichungen der GPS-Kampagnen seit 1988 und der AGNES Permanentnetz-Auswertung.

Kampagne	# Punkte	Helmert RMS		
		Nord (mm)	Ost (mm)	Höhe (mm)
1: CHTRF95	302	2.1	2.2	11.3
2: CHTRF95-Verdichtung	132	1.6	1.7	9.2
3: EUVN97	8	1.3	1.3	5.0
4: CHTRF98	293	1.4	1.1	5.5
5: CHGeoid2003	66	1.2	0.6	1.6
6: CHTRF2004	245	1.9	1.6	5.7
7: AGNES+EUREF	102	0.5	0.3	1.1
Gesamtausgleich	627	1.7	1.6	7.6

Tab. 1: RMS des Helmert-Vergleichs der verschiedenen beitragenden Teillösungen mit der Gesamtlösung.

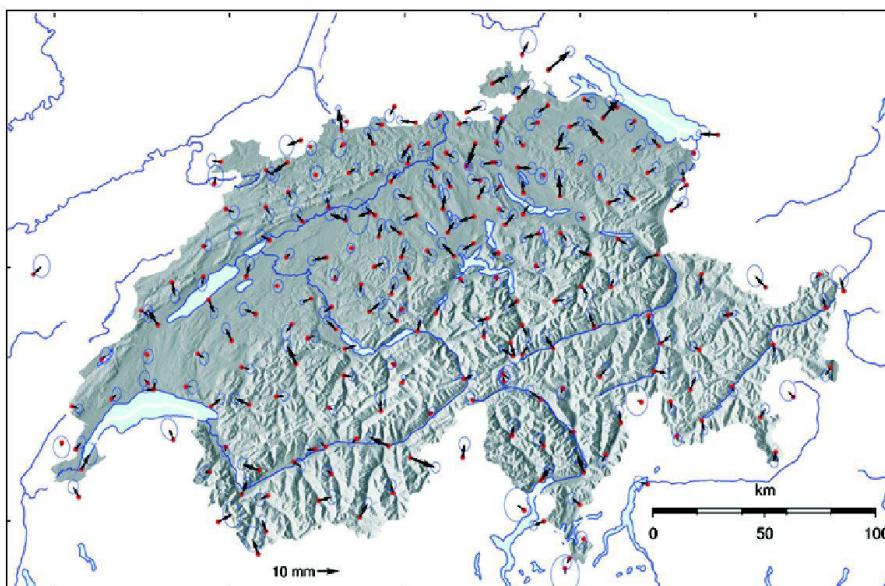


Abb. 4: Lagedifferenzen der neuen Gesamtausgleichung zu den in der amtlichen Vermessung verwendeten, auf 1 cm gerundeten LV95-Koordinaten. Der mittlere Fehler der Koordinatendifferenzen beträgt 3,7 mm.

in Tabelle 1. Für alle Punkte wurde basierend auf allen Kampagnen ein Gesamt-mittelwert berechnet. Dabei erzielt man einen mittleren Fehler von 2 mm für die Lagekoordinaten und 8 mm für die Höhe.

Vergleich mit offiziellen LV95-Koordinaten

Die Resultate der Ausgleichung zeigen deutlich, dass der LV95-Bezugsrahmen stabil geblieben ist. Vergleicht man die neue Gesamtausgleichung mit den in der

amtlichen Vermessung verwendeten LV95-Koordinaten, so erhält man das Residuenbild von Abbildung 4. Sehr erfreulich dabei ist, dass alle Lagedifferenzen kleiner als 12 mm sind. Nicht berücksichtigt ist der Punkt Beatenberg, der sich schon aufgrund der Messungen von 2003 als instabil erwiesen hat. Er wurde durch den neuen Punkt Ringgenberg ersetzt. Da gemäss Unterhaltskonzept der Fixpunkte der Landesvermessung die offiziellen LV95-Koordinaten erst bei Veränderungen von mehr als 20 mm angepasst werden, muss somit kein einziger weiterer

Punkt nachgeführt werden. Ein stabiler Referenzrahmen ist für die Kantone, die momentan den Übergang von LV03 nach LV95 vollziehen, eine Voraussetzung. Die hohen erzielten Genauigkeiten haben swisstopo dazu bewogen, für zukünftige Koordinatenneubestimmungen auf den mm gerundete Koordinaten als offizielle Werte zu publizieren. An den bisher veröffentlichten Werten wird nichts verändert, damit die Grundlage für die Dreiecksvermaschung, die in vielen Kantonen schon sehr weit gediehen ist, ebenfalls unverändert bleiben kann.

Die aus der neuen Gesamtausgleichung abgeleiteten Höhen ersetzen die bisher als provisorisch bezeichneten ellipsoidischen Höhen auf den Punktprotokollen und im Fixpunkt-Datenservice (FPDS). Auch der Positionierungsdienst swipos verwendet seit dem 1. Juni 2005 diese Koordinaten. Zudem wurden sie für die Bestimmung des neuen Geoidmodells CHGeoid2004 verwendet (siehe Artikel in diesem Heft [Marti et al., 2005]).

Kinematische Untersuchungen

Legt man ein Augenmerk auf die zeitliche Verteilung der mittleren Koordinatenfehler für die Lage in Tabelle 1, so erkennt

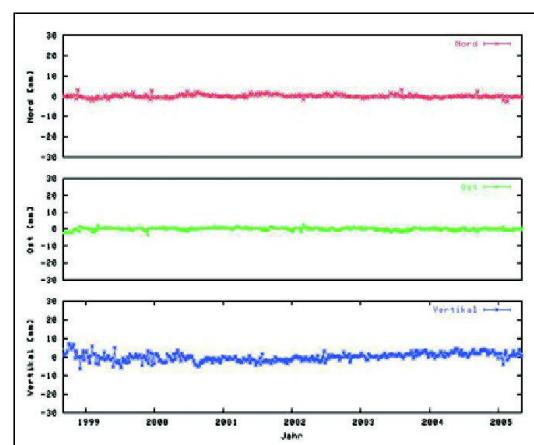


Abb. 5: Zeitserie der Permanentstation Zimmerwald. Diese Information und die weiteren AGNES-Stationen wird wöchentlich aufdatiert und kann unter www.swisstopo.ch eingesehen werden.

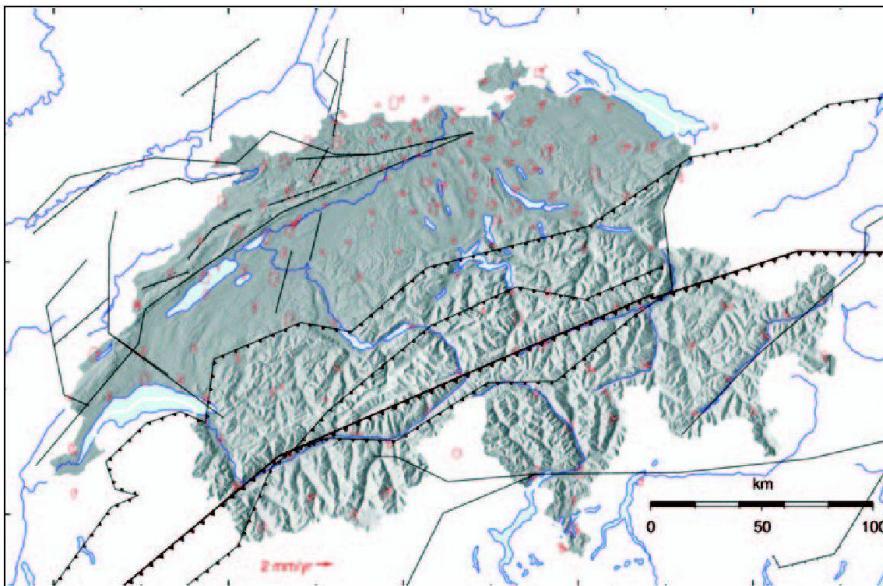


Abb. 6: Bewegungen von 176 LV95-Punkten in mm/Jahr und Fehlerellipsen bezüglich der Station Zimmerwald.

man, dass die am zeitlich äusseren Rand gelegenen Kampagnen (CHTRF95 und CHTRF2004) grössere mittlere Fehler aufweisen als die mittlere Kampagne (CHTRF98). Dies ist ein unträgliches Zeichen für nicht modellierte Punktbewegungen.

Für 176 LV95-Punkte wurde der Versuch unternommen, aus den Kampagnenbestimmungen zusätzlich zu den Koordinatenwerten auch noch Geschwindigkeiten zu bestimmen. Unabhängig davon kann man, wie exemplarisch in Abbildung 5 für die Station Zimmerwald gezeigt ist, die Zeitserien der AGNES-Permanentstationen für die Bestimmung der Bewegungen verwenden. Letzteres hat den Vorteil einer extrem hohen Zuverlässigkeit. Die Geschwindigkeitsbestimmungen aus den Kampagnenlösungen hingegen können von wechselnden Antennentypen und Aufstellungsarten beeinflusst sein, dafür haben sie den Vorteil eines längeren beobachteten Zeitintervalls von 10–15 Jahren.

Lässt man eine lineare Koordinatenänderung der Punkte mit der Zeit zu, so reduziert sich der mittlere Koordinatenfehler für die Lage in Tabelle 1 von 1.7 mm auf 1.3 mm. Die Bewegungen bezüglich Zimmerwald sind in Abbildung 6 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Bewegung der Punkte an der Grenze der Signifikanz liegt. Die obere Grenze der möglichen Bewegungen von Punkten im LV95-Netz kann man mit ca. 1.5 mm/Jahr angeben. Der einzige Punkt, der dieses Kriterium nicht erfüllt, ist der Punkt Grenchen. Er

scheint lokal leicht instabil zu sein, muss aber nicht sofort ersetzt werden.

Vergleicht man dieses Resultat mit den Ergebnissen des permanenten GPS-Netzes, so kann man die obige Grenze bestätigen. Dies gilt für die Hälfte der AGNES-Stationen, die so installiert wurde, dass man sie auch für tektonische Untersuchungen verwenden kann. Die AGNES-Station Sargans (SARG) wird noch in diesem Jahr verlegt, da sie sich mit ca. 4 mm pro Jahr in südlicher Richtung bewegt. Stationen wie Lausanne (EPFL), Payerne (PAYE), Andermatt (ANDE) und Jungfrau-

Seit ca. 30 Jahren führt die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) erdwissenschaftliche Untersuchungen zur Standortwahl eines künftigen Endlagers für radioaktive Abfälle in der Schweiz durch. In diesem Zusammenhang ist sie auch an den horizontalen Deformationen der Erdkruste in der Nordschweiz interessiert. Ab 1985 bot sich mit der Entwicklung von geodätischen Anwendungen des GPS eine kostengünstige und flexible Lösung für den Aufbau von grossräumigen Deformationsnetzen.

Im Jahre 1986 beauftragte die Nagra das Bundesamt für Landestopografie (swisstopo), ein Projekt für die Installation und die Erstmessung eines GPS-Kontrollnetzes in der Nordschweiz auszuarbeiten. 1987/88 wurde in enger Zusammenarbeit mit den Geologen der Nagra das Netz «Neotektonik Nordschweiz» mit 25 Stationen in den Kantonen BL, AG, ZH, SH sowie in Baden-Württemberg rekognosziert und installiert. Der stabilen Aufstellung, präzisen Zentrierung und zuverlässigen Rückversicherung der Punkte wurde grosse Beachtung geschenkt. Die Nullmessung fand in zwei unabhängigen GPS-Kampagnen im Oktober 1988 statt. Dabei kamen auch die ersten Zweifrequenzen-GPS-Empfänger in der Schweiz zum Einsatz, da die Frage des Massstabes von grosser Wichtigkeit war. Aus der Analyse der Doppelmessung wurde der mittlere Punkt-Lagefehler der Erstmessung auf kleiner als 5 mm geschätzt.

Mit dem Aufbau der neuen Landesvermessung anfangs der Neunzigerjahre wurden in der Nordschweiz zusätzliche LV95-Stationen und Verdichtungspunkte erstellt, welche sich teilweise auch für Deformationsanalysen eignen. Im Herbst 1995 fand im Auftrag der Nagra die Zweitmessung des «Neotektonik»-Netzes statt, welches auf 32 Stationen zwischen Chrischona und Pfänder erweitert worden war. Die Deformations-Grobanalyse der ersten zwei Messkampagnen konnte über diese sieben Jahre allerdings noch keine signifikanten Horizontalverschiebungen nachweisen. Im Zuge der ersten Wiederholungsmessung des gesamten LV95-Netzes im Jahre 1998 wurden die meisten Punkte des «Neotektonik»-Netzes zum dritten Mal gemessen. Anlässlich der Kampagne CHTRF2004 wurde die Messung des gesamten LV95-Netzes wiederum mit derjenigen des «Neotektonik»-Netzes kombiniert. Dies mit dem Ziel, in diesem Gebiet möglichst genaue und zuverlässige Zeitreihen für die Analyse der Krustenbewegungen zu erhalten.

joch (JUJO) weisen signifikant messbare jährliche Variationen auf. Sie sind meistens auf Dächern montiert und werden so durch die Bewegung des Gebäudes beeinflusst.

Schaut man das Bewegungsfeld in Abbildung 6 detailliert an, so hat man den Eindruck, dass sich Punkte in den Regionen Nord-Ostschweiz oder auch im Gebiet Tessin/Graubünden systematisch bewegen. Die Untersuchung von Bewegungen ganzer Gebiete ist noch Gegenstand detaillierter Untersuchungen im Rahmen des internen Projektes Swiss4D, bei dem auch die Resultate des Nivellementes einzbezogen werden. In Anbetracht der Grössenordnung der Bewegungen ist es sinnvoll, die nächste Wiederholungsmessung in ca. sechs Jahren (2010) vorzusehen,

dann allenfalls schon mit Verwendung des Europäischen Satellitensystems Galileo.

Literatur:

Brockmann E. (1997): Combination of Solutions for Geodetic and Geodynamic Applications of the Global Positioning System (GPS). Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz, Band 55, 1997.

Gubler E., Gutknecht D., Marti U., Schneider D., Signer Th., Vogel B. und Wiget A. (1996): Die neue Landesvermessung der Schweiz LV95. Vermessung Photogrammetrie Kulturtchnik 2/1996.

Hugentobler U., Schaer S. und Fridez P. (Eds.) (2001): Bernese GPS Software Version 4.2 Documentation. Astronomisches Institut der Universität Bern, 2001.

Marti U. und Schlatter A.: Festlegung des Höhenbezugsrahmens LHN95 und Berechnung des Geoidmodells CHGeo2004. Geomatik Schweiz 8/2005.

Schneider D. (2003): Landesvermessung einst und heute, Geomatik Schweiz 12/2003.

Signer Th. (2001): Landesvermessung LV95: Übersicht und Stand des Projektes. Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik 1/2002.

Elmar Brockmann

Daniel Iheichen

Adrian Wiget

Bundesamt für Landestopografie

Bereich Geodäsie

Seftigenstrasse 264

CH-3084 Wabern

Elmar.Brockmann@swisstopo.ch



INTERGRAPH
www.intergraph.ch www.geomedia.ch

Ihr GIS-Partner für

- Infrastrukturmanagement
- Amtliche Vermessung
- Gemeinde-Lösungen
- Web-Lösungen
- Netzinformationssysteme
- Umwelt/Planung



INTERGRAPH

Intergraph (Schweiz) AG
Mapping and Geospatial Solutions

Neumattstr. 24
8953 Dietikon I

Tel: 043 322 46 46
Fax: 043 322 46 10