

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: 101 (2003)

Heft: 12

Artikel: Landesvermessung einst und heute

Autor: Schneider, D. / Vogel, B. / Brockmann, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-236066>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

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

Landesvermessung einst und heute

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden in der damaligen «Abteilung für Landestopographie des schweizerischen Militärdepartements» (heute swisstopo) grundlegende geodätische Arbeiten begonnen, welche zu den bis heute als Fundament für alle Vermessungen in der Schweiz dienenden Grundlagen (Geobasisdaten) führten. Das 100-jährige Jubiläum der Festlegung der Bezugssysteme der Landesvermessung (in Lage und Höhe) und die darauf aufbauenden Arbeiten für das Eidgenössische Landesnivellement und die Triangulation 1.–3. Ordnung sind Anlass für diesen Beitrag. Ein kurzer Rückblick ins letzte Jahrhundert, eine Darstellung der aktuellen Entwicklungen und ein Ausblick auf die Zukunft der Geodäsie und Landesvermessung soll die Bedeutung dieser Grundlagen in Erinnerung rufen.

Au début du 20^{ème} siècle, à l'ancienne section de topographie nationale du Département militaire suisse (aujourd'hui swisstopo), on a commencé des travaux de géodésie fondamentaux qui ont conduit au fondement (données de base géographiques) servant encore aujourd'hui pour toutes les mensurations en Suisse. Le jubilé centenaire de la détermination des systèmes de référence de la mensuration nationale (en situation et altitude) ainsi que les travaux en découlant pour le nivellement fédéral et la triangulation du premier au troisième ordre sont la raison de cet exposé. Une brève rétrospective dans le siècle passé, une présentation de l'actuelle évolution et une perspective sur l'avenir de la géodésie et de la mensuration nationale servent à rappeler l'importance de ces bases.

All'inizio del 20° secolo nella sezione di allora per la Topografia nazionale del Dipartimento militare svizzero (l'attuale swisstopo) sono stati avviati dei lavori geodesici fondamentali che fino a oggi hanno costituito la base per tutte le misurazioni in Svizzera. Questa presentazione è centrata sul centenario della determinazione di questi sistemi di riferimento nella misurazione nazionale (posizione e quota) e sui lavori che ne sono derivati per la livellazione federale e la triangolazione di 1°, 2° e 3° ordine. Inoltre, si effettua una breve retrospettiva sul secolo scorso, una rappresentazione degli sviluppi attuali e si volge uno sguardo al futuro della geodesia e della misurazione nazionale.

D. Schneider, B. Vogel, A. Wiget, E. Brockmann, A. Schlatter, U. Marti, U. Wild

Festlegung des geodätischen Bezugssystems

Ab 1901 wurden für die Landesvermessung grundlegende Studien für ein neues Bezugssystem in Angriff genommen, welches das bis anhin verwendete Ellipsoid von Schmidt und die Bonne'sche Kegelprojektion ablösen sollte. Im Auftrag des damaligen Direktors der Landestopografie, L. Held, erarbeitete J. Hilfiker die

notwendigen Grundlagen für das Höhen-system LN02 (Ausgangshorizont Repère Pierre du Niton 373.6 m) und M. Rosenmund legte 1903 mit seiner Publikation «Die Änderungen des Projektionssystems der schweizerischen Landesvermessung» den Grundstein für das Schweizerische Projektionssystem. Gleichzeitig wurde das «geodätische Datum» CH-1903 der Landesvermessung definiert, bestehend aus der grossen Halbachse und Abplattung des Ellipsoids von Bessel, der Länge und Breite des Fundamentalpunktes bei der Alten Sternwarte Bern (vgl. Abb. 1) sowie dessen Lotabweichung.



Abb. 1: Nullpunkt der Schweizer Landeskoordinaten.

Nach dem heutigen Sprachgebrauch bilden CH-1903 und die Definition des Höhenhorizonts die Bezugssysteme für die Lage und die Höhe, während die Bezugsrahmen durch die praktische Realisierungen LV03 («Triangulation») und LN02 («Nivellement») gebildet werden.

Triangulation 1.–3. Ordnung und Landesnivellement

Ausgehend von den bestehenden Netzen der «Triangulation primordiale» und den Basismessungen in Aarberg, Weinfelden und Bellinzona wurde in den Jahren 1903–1939 die Landestriangulation 1.–3. Ordnung aufgebaut (vgl. Abb. 2). Die Einführung der elektronischen Distanzmessung (EDM) ab 1963 ermöglichte es erstmals, die bis anhin rein rechnerisch ermittelten Dreiecks-Seiten effektiv nachzumessen (vgl. Abb. 3). Die dabei entdeckten Massstabsverzerrungen führten zu Teilerneuerungen der Landestriangulation (ab 1970 bis ca. 1995), hauptsächlich in den Kantonen BL/BS, VD und SH. Dass die Original-Beobachtungen in den «alten» Triangulationsnetzen eine hohe Genauigkeit (ca. 5–10 cm Nachbargenauigkeit) aufwiesen, konnte im Rahmen der Diagnoseausgleichung der Triangula-

tion 1./2. Ordnung (1985–1993) gezeigt werden. Erstmals wurden sämtliche Beobachtungen in einem Guss ausgeglichen, was früher aufgrund der beschränkten Rechenmöglichkeiten nicht machbar gewesen war.

Die erste Messung des Landesnivellements (Haupt- und Nebenzüge) fand in den Jahren 1903–1933 statt, die zweite Messung der Hauptlinien erfolgte ab 1943 und konnte 1991 erfolgreich abgeschlossen werden.

Satellitenmethoden überwinden die Landesgrenzen

Die Landesvermessung beschränkte sich während Jahrhunderten definitions-gemäss auf das Hoheitsgebiet eines bestimmten Landes. Mit dem Einsatz von künstlichen Erdsatelliten ab den frühen Siebzigerjahren und vor allem des Global Positioning Systems (GPS) ab 1987 wurde diese Begrenzung überwunden, da sie erstmals die Messung von kontinentweiten Entfernungen mit hoher Genauigkeit ermöglichten.

Die Geostation Zimmerwald (vgl. Abb. 4) etablierte sich ab 1970 mit den Laserdistanzmessungen zu künstlichen Erdsatelliten (SLR) und mit dem GPS-Permanentbetrieb ab 1992 in den globalen geodätischen Messnetzen und stellt damit den Anschluss der schweizerischen Landesvermessung an diese Netze sicher. Der

Einsatz der neuen satellitengestützten Methoden machte die Definition eines neuen geodätischen Bezugssystems für die Schweiz notwendig. In Anlehnung an das European Terrestrial Reference System (ETRS89) wurde für die Schweiz CHTRS95 mit dem Fundamentalpunkt in der Geostation Zimmerwald festgelegt.

Die Neue Landesvermessung LV95, welche ausgehend von der Geostation Zimmerwald in den Jahren 1989–1994 aufgebaut wurde, schöpfte erstmals das Genauigkeitspotenzial von GPS für die Landesvermessung aus. Das 104 Hauptpunkte umfassende Netz (vgl. Abb. 5) weist eine Genauigkeit (1 Sigma) von 7 mm in der Lage und in ca. 20 mm in der Höhe auf. Damit ist LV95 bedeutend genauer als der bestehende Koordinatenrahmen LV03, welcher landesweit Verzerrungen im Meterbereich aufweist (vgl. Abb. 6). Dass die hohe Genauigkeit des neuen LV95-Koordinatenrahmens nicht Selbstzweck ist, konnte durch dessen Anwendung bei grossen Ingenieurprojekten gezeigt werden, z.B. der Grundlagenvermessung für AlpTransit.

Höchste Genauigkeit durch Permanentmessungen

Das Automatische GPS-Netz Schweiz (AGNES) wurde 1995 als Projekt gestartet und konnte Ende 2001 mit dem Endausbau auf 29 Stationen abgeschlossen werden (vgl. Abb. 5). AGNES wurde von Anfang an als multifunktionales Refe-

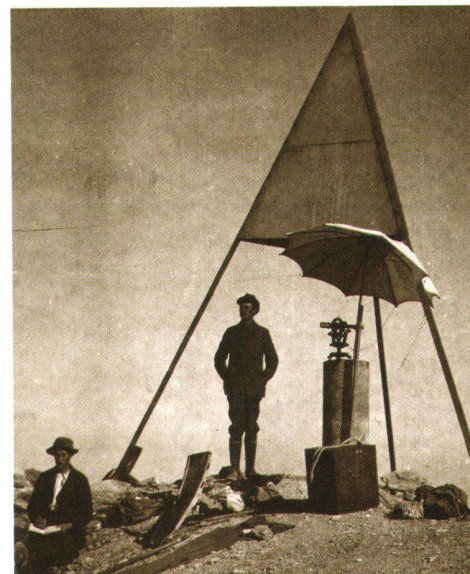


Abb. 2: Messung unter Pyramide.

renznetz konzipiert, dessen Daten für Anwendung in der Landesvermessung, in der Wissenschaft (Geodynamik und Atmosphärenforschung) und für real-time Positionierungsdienste verwendet werden sollen.

Die Daten der einzelnen AGNES-Stationen werden zusammen mit Daten von GPS-Permanentstationen der umliegenden Länder bei swisstopo im Permanent Network Analysis Center (PN-AC) mit der Bernese GPS-Software vollautomatisch ausgewertet. Die Wiederholbarkeit dieser Auswertungen beträgt zwischen zwei aufeinander folgenden Wochenlösungen in der Lage 1–2 mm, in der Höhe ca. 5 mm (vgl. Abb. 7).



Abb. 3: EDM-Station (Laser-Geodimeter 8) Vorab.



Abb. 4: Geostation Zimmerwald.

Bestimmung des Geoids

Die Problematik des Einflusses des Schwerfeldes auf die Landesvermessung war bereits im 19. Jahrhundert bekannt und führte 1901 zu ersten Versuchen einer Geoidberechnung durch Messerschmidt. 1969 präsentierte Elmiger ein Geoidmodell für das Berner Oberland, dessen Genauigkeit mit 5 bis 10 cm angegeben wurde. 1975 wurde nach derselben Methode ein verbessertes Geoid für die ganze Schweiz präsentiert. Die Arbeiten von Elmiger wurden von Gurtner weitergeführt und resultierten 1978 in einem verbesserten astrogeodätischen Geoid, das auf neuen Interpolationsverfahren und verfeinerten geophysikalischen Modellen beruhte. Die Genauigkeit des «Gurtner-Geoides» wurde mit ca. 10 cm über den grössten Teil der Schweiz angegeben. Dieses Geoidmodell wurde (mit einigen Modifikationen von Elmiger, Wirth und Marti) bis 1998 verwendet.

Ein neuer Aufschwung für die Geoidbestimmung erfolgte durch die Verwendung von GPS zur Höhenbestimmung. Ein hochgenaues Geoidmodell wurde nun zur Voraussetzung, um die mit GPS erhaltenen ellipsoidischen Höhen in orthometrische Höhen umzurechnen. Die Arbeiten von Bürki, Geiger, Wirth und Marti führten 1998 zum noch heute verwendeten kombinierten Geoidmodell CHGeo98, welches eine Genauigkeit von 3 bis 5 cm über die ganze Schweiz aufweist.

Neue Höhensysteme

Als Teil der neuen Landesvermessung LV95 wurde Ende der Achtzigerjahre mit konzeptionellen Arbeiten für ein neues, moderneres Landeshöhensystem begonnen, da das Gebrauchshöhennetz LN02 für die aufkommenden satellitengeodätischen Messmethoden nicht mehr genügte. Unter dem Begriff «neues Landeshöhennetz der Schweiz 1995» (LHN95) wurde deshalb in den letzten Jahren zusammen mit dem verbesserten Geoidmodell (CHGeo98) und dem GPS-Netz LV95 ein modernes Höhennetz erarbeitet.

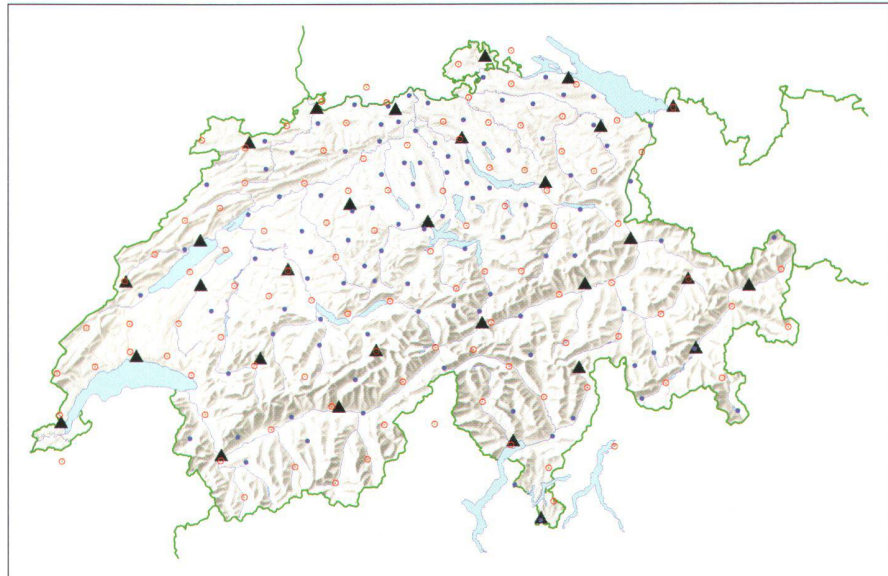


Abb. 5: LV95-Netz: Haupt- und Verdichtungspunkte sowie AGNES-Stationen (Dreiecke).

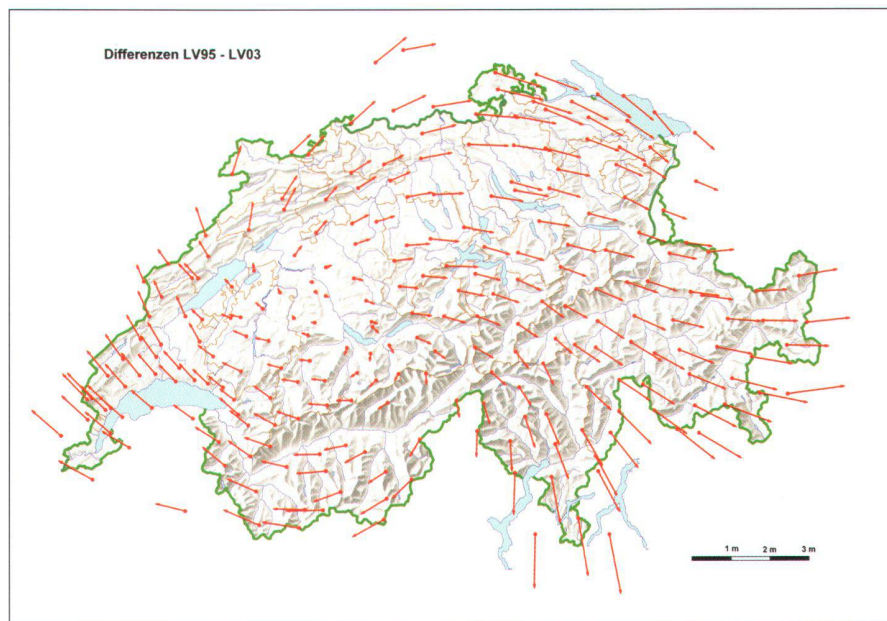


Abb. 6: Differenzen LV95 – LV03.

Als Basis dienen die Original-Messdaten des Landesnivellements aus verschiedenen Epochen, die Schweredaten, welche entlang der Linien gemessen wurden sowie die GPS-Höhenbestimmungen im angeschlossenen Netz LV95 und das neueste Geoidmodell (CHGeo2003) (vgl. Abb. 8). Im Gegensatz zu den bisherigen Gebrauchshöhen von LN02 entstehen nun durch eine kinematische Gesamtausgleichung potenzial-theoretisch strenge, or-

thometrische Höhen. Der Ausgangshorizont mit RPN 373.6 m bleibt faktisch erhalten, obwohl der Fundamentpunkt rechnerisch zur Geostation Zimmerwald verlegt wurde. Mit dem Abschluss des Projektes LHN95 wird ein konsistenter Höhenbezugsrahmen entstehen, in welchem sich die klassischen Nivellements mit den GPS-Höhenmessungen und dem Geoidmodell ohne Widersprüche kombinieren lassen.

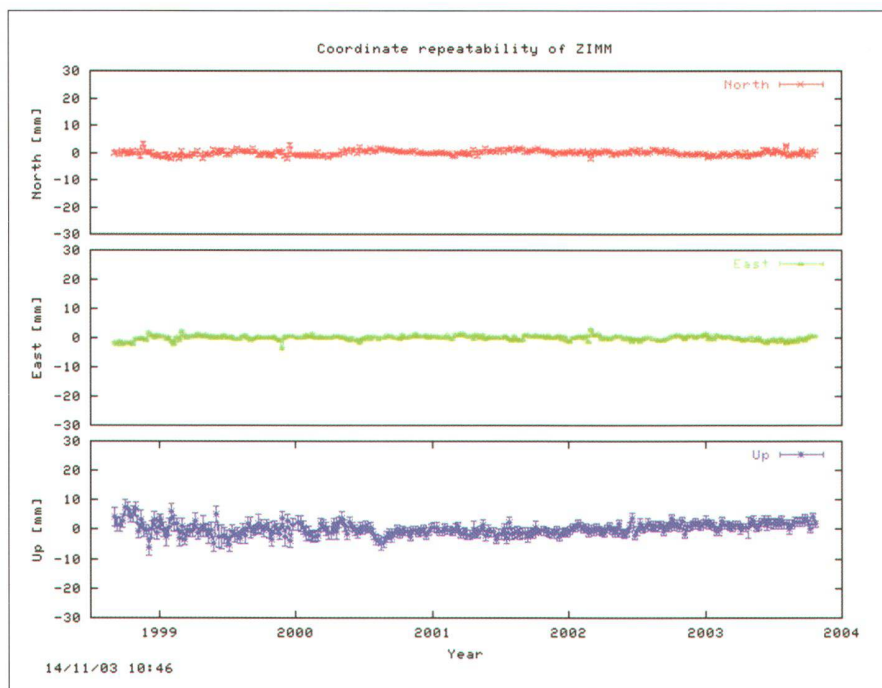


Abb. 7: Wiederholbarkeit von GPS-Wochenlösungen für die AGNES-Station Zimmerwald.

Die Zeit als vierte Dimension

Wurden früher die Fixpunkte der Landesvermessung als «fix» betrachtet, so sind die Punkte heute aufgrund der hohen Messgenauigkeit grundsätzlich als «kinematisch» zu betrachten, d.h. jeder Punkt erhält neben den Punktkoordinaten eine 3D-Geschwindigkeit zugewiesen.

Die Veränderungen sind in der Regel in der Schweiz sehr klein und liegen im Millimeterbereich pro Jahr. Erste kinematische Betrachtungen wurden bereits ab 1972 für die Nivellementmessungen durchgeführt, da hier die längsten Zeitreihen (über 150 Jahre) vorhanden waren. Die Analyse der bis ins vorletzte Jahrhundert zurückreichenden Messreihen erlaubte es, eine signifikante vertikale Geschwindigkeit von ca. 1 mm/Jahr (bekannt als «Alpenhebung») nachzuweisen.

Der signifikante Nachweis von landesweiten horizontalen Geschwindigkeiten ist bis heute noch nicht gelungen, weder 1998 durch die Nachmessung des LV95-Netzes noch durch die permanenten AGNES-Auswertungen. Es zeigt sich, dass

die Zeitreihen für signifikante Aussagen noch zu kurz sind. Dennoch sind die Bewegungen in jedem Fall nicht grösser als

2 mm/Jahr. Die Station Sargans (SARG) ist vermutlich instabil (vgl. Abb. 9).

Im Rahmen des Projekts Swiss-4D werden die zeitlichen Veränderungen, welche ihre Ursache in den rezenten Krustenbewegungen (RCM) haben, weiter untersucht. Durch die Kombination von AGNES-Daten, den Daten weiterer GPS-Permanentstationen im Alpenraum und geophysikalischen Daten soll ein kinematisches Modell (CHKM95) entwickelt werden, das zum einen der Berechnung von geodätischen Kontrollnetzen, zum anderen auch der tektonischen Interpretation dienen soll.

Neue Anwendungen

Aus AGNES, das primär die permanente Realisierung des Referenzrahmens für die Landesvermessung bildet, haben sich interessante abgeleitete Produkte ergeben, welche zu einer Erweiterung des Aufgabenfeldes der Landesvermessung geführt haben.

Seit 1999 ist swisstopo im europäischen Projekt COST-716 (Exploitation of

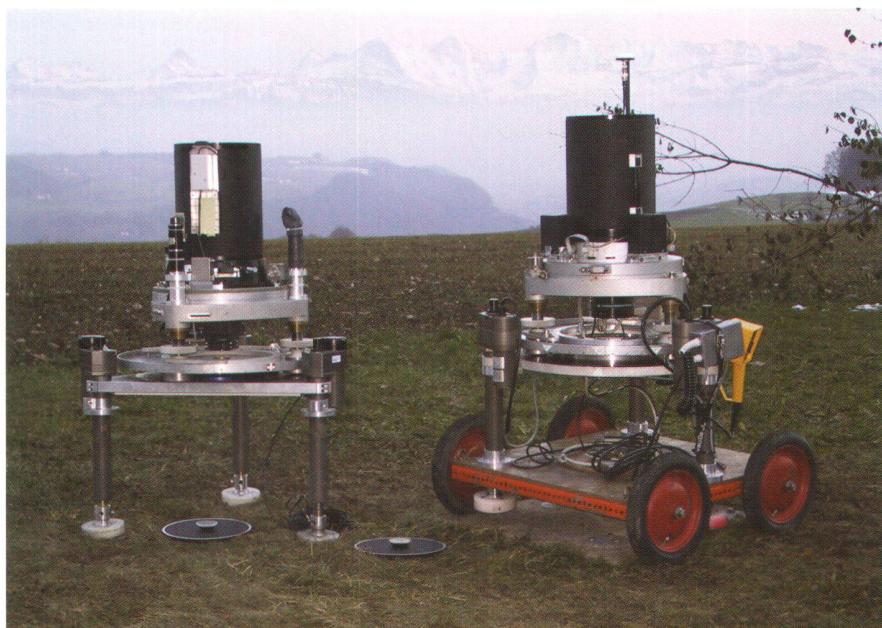


Abb. 8: Zenitkamera-Messungen zur Bestimmung des neusten Geoidmodells CHGeo2003: Simultanmessungen in Zimmerwald mit digitalen Geräten des Instituts für Erdmessung, Uni Hannover, und des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ.

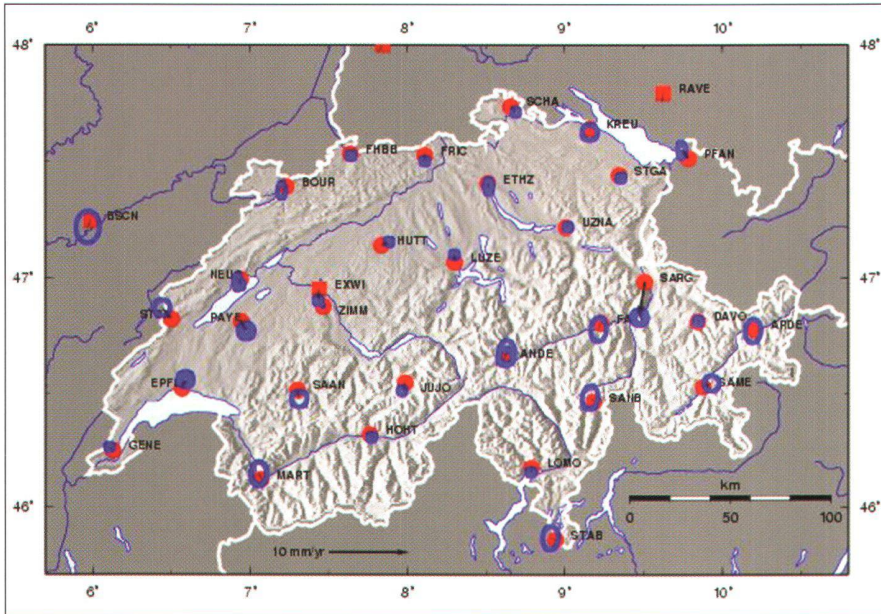


Abb. 9: «Geschwindigkeiten» der AGNES-Stationen.

ground-based GPS for climate and numerical weather prediction application) aktiv beteiligt. Nachdem in einem Pilotversuch die Machbarkeit der Bestimmung von Troposphärenparametern aus GPS und deren Verwendung in numerischen Modellen für die Wettervorhersage nachgewiesen wurde, liefert swisstopo seit Anfang 2002 Troposphärenparameter an MeteoSchweiz und an eine europäische Datenbank beim UK MetOffice.

AGNES bildet ebenfalls die Grundlage für den Betrieb der real-time Positionierungsdienste (swipos), welche in verschiedenen Genauigkeitsklassen (Meter bis Zentimeter) angeboten werden (vgl. Abb. 10). Die Grundidee besteht darin, die im Rahmen des AGNES-Betriebs für die Landesvermessung ohnehin anfallenden Daten, für real-time Positionierung im Bereich der GIS-Datenerfassung und im Vermessungswesen zur Verfügung zu stellen. Die real-time Positionierung erfolgt dabei nach der Methode der Virtuellen Referenzstationen (VRS), bei der aus den Daten des Referenzstationsnetzes für den aktuellen Standort des Benutzers Messdaten interpoliert werden. Seit dem Herbst 2002 sind die real-time Dienste in der Schweiz und Baden-Württemberg miteinander verbunden, die Stationen in Bayern und Österreich folgen demnächst,

so dass ab 2004 entlang der Grenze zu Deutschland und Österreich ein einheitlicher Positionierungsdienst zur Verfügung stehen wird.

Landesvermessung und Amtliche Vermessung

LV03 und LN02 sind für die Amtliche Vermessung (AV) nach wie vor die rechtlich verbindlichen Bezugsrahmen, d.h. der weit grösste Teil unserer heutigen Geodaten (Amtliche Vermessung, Leitungskataster, Raumplanung, Ausführungspläne von Bauwerken, Werkpläne etc.) ist lagemässig noch immer im Bezugsrahmen LV03 und in der Höhe auf dem Landesnivellement LN02 eingepasst.

Der neue Bezugsrahmen LV95 gewährleistet die Positionierung über die ganze Schweiz mit sehr hoher absoluter Genauigkeit. Damit die Anwender die technischen und wirtschaftlichen Vorteile dieses neuen Bezugsrahmens nutzen können, müssen deren bestehende Daten mit dem neuen Bezugsrahmen «in Verbindung» gebracht werden. Deshalb hat das Kompetenzzentrum RD/LV95 für die AV eine Strategie ausgearbeitet, die mittelfristig den Übergang auf LV95 vorsieht. Für die Höhen wurde hingegen entschie-

den, den bisherigen Bezugsrahmen LN02 beizubehalten.

Der Zeitplan für die Umstellung sieht folgende Etappen vor:

Vorbereitungsphase (bis 2004):

Die Kantone erstellen in Zusammenarbeit mit swisstopo die Transformationsgrundlagen (Dreiecksvermaschung), so dass mit dem Abschluss dieser Phase die Daten der AV sowohl im alten Bezugsrahmen LV03 wie auch im neuen Bezugsrahmen LV95 bezogen werden können. Der rechtsgültige Bezugsrahmen für die AV bleibt weiterhin LV03.

Übergangsphase (ab 2005):

Die AV plant die Umstellung ihrer Daten vom Bezugsrahmen LV03 auf LV95. Die Transformationsgrundlagen über die ganze Schweiz liegen definitiv vor und können in Softwarepaketen integriert werden. Die Daten der AV können wahlweise in LV03 oder LV95 bezogen werden. Der rechtsgültige Bezugsrahmen für die AV bleibt weiterhin LV03.

Neuer Standard (ab 20XX):

Der rechtsgültige Bezugsrahmen für die AV ist LV95. Alle Vermessungen werden ausschliesslich im neuen Bezugsrahmen ausgeführt. Die Daten der AV können jedoch auf Wunsch weiterhin im Bezugsrahmen LV03 bezogen werden.

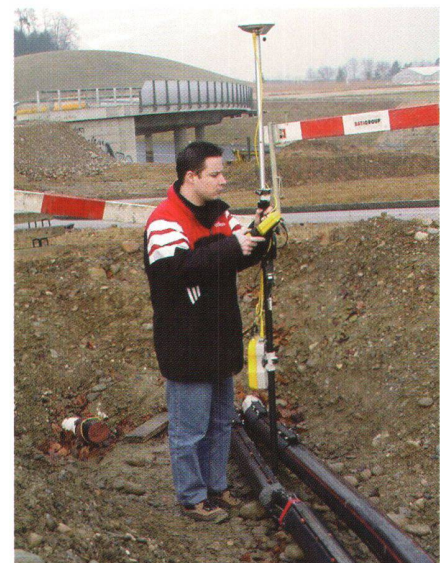


Abb. 10: Positionierung mit swipos-GIS/GEO.

Ausblick

Generell zeichnet sich ein Trend zur Kombination der verschiedenen Messtechniken ab, insbesondere der Kombination von «geometrischen Methoden» (z.B. Satellitengeodäsie) und «schwerefeld-bezogene Methoden» (Nivellement und Schwere). swisstopo beteiligt sich am europäischen Projekt ECGN (European Combined Geodetic Network), mit dem Ziel, ein Geodätisches Netz aufzubauen, welches die 3D- und Höhenreferenzsysteme sowie die Parameterschätzung des Erdschwerefeldes (Geoid etc.) vereinigt. Neue Messtechniken wie z.B. EGNOS oder das kommende europäische Satellitensystem GALILEO werden in die lau-

fenden Messnetze integriert, wobei sich ein Trend zur weitergehenden Automatisierung und zu Permanentmessungen abzeichnet.

Ein weiterer Trend ist die Erleichterung des Zugangs zu den Daten der Landesvermessung im Rahmen der Nationalen Geodaten Infrastruktur (NGDI), welche in den nächsten Jahren in der Schweiz aufgebaut werden soll. Als Beispiel hierfür sei der Fixpunkt-Datenservice erwähnt, der ein einheitliches Internetportal für aktuelle Fixpunktdaten (Stufe LFP1/2 und HFP1/2) und weitere geodätische Grundlageninformationen wie Punktkarten etc. darstellen wird. Vor allem im Hinblick auf den bevorstehenden Systemwechsel von LV03 auf die neue Landesvermessung LV95 be-

steht für eine solche zentrale Ausgabestelle ein grosses Kundenbedürfnis.

D. Schneider
B. Vogel
A. Wiget
E. Brockmann
A. Schlatter
U. Marti
U. Wild
swisstopo Bundesamt für Landestopografie
CH-3084 Wabern
urs.wild@swisstopo.ch



Qualitätsdruck unter Zeitdruck.

5 vor 12? Keine Sorge! Mit der Speedmaster bringen wir kleine und grosse Auflagen in Nullkommanix unter Dach und Fach. Speedmaster erlaubt uns 16 Seiten A4 in einem einzigen Arbeitsgang zu bedrucken. Beidseitig. Vierfarbig. Und in Top-Qualität. Fazit: kommt Zeitdruck, kommt Qualitätsdruck von Sprüngli, die kleine, flexible Druckerei mit dem grossen Leistungspotential.

sprüngli druck ag

dorfmatenstrasse 28, CH-5612 villmergen
tel. 056 619 53 53, fax 056 619 53 00, www.spruenglidruck.ch