

Höhentransformation zwischen LHN95 und den Gebrauchshöhen LN02

Autor(en): **Schlatter, A. / Marti, U.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **103 (2005)**

Heft 8

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236251>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Höhentransformation zwischen LHN95 und den Gebrauchshöhen LN02

Moderne, satellitengestützte Methoden der Vermessung ermöglichen auch effiziente Höhenbestimmungen. Die neue Landesvermessung LV95 bietet mit dem Höhenbezugsrahmen LHN95 und dem Geoid CHGeo2004 die konsistente und verzerrungsfreie Grundlage zur Kombination von nivellitisch und mittels GPS bestimmten Höhen. Für die Umrechnung zwischen dem offiziellen und weiterhin gültigen Gebrauchshöhenrahmen LN02 und LHN95 hat swisstopo die Transformationsmethode HTRANS entwickelt. Die dazugehörige Software wird als eigenständiges Programm zur Verfügung gestellt und als Applikation im GPS-Positionierungsdienst swipos®-GIS/GEO integriert.

Les méthodes modernes de mesure par satellite dans la mensuration permettent des déterminations altimétriques efficaces. La nouvelle mensuration MN95 offre avec le cadre altimétrique RAN95 et le géoïde CHGeo2004 la base cohérente et exempte de déformation utile à la combinaison de mesures de nivellement et GPS pour les déterminations altimétriques. Afin de convertir les altitudes entre le cadre officiel NF02 toujours valable et RAN95, swisstopo a développé la méthode de transformation HTRANS. Ce logiciel sera disponible sous la forme d'une application indépendante, ou intégrée au service de positionnement swipos®-GIS/GEO.

I moderni metodi di misurazione basati sui satelliti permettono pure la definizione efficiente delle quote. La nuova Misurazione Nazionale LV95 offre, con il quadro altimetrico LHN95 e il geoido CHGeo2004, una base consistente e libera da distorsioni, adatta alla combinazione di quote definite tramite livellazione o GPS. Per la trasformazione tra l'attuale quadro di riferimento altimetrico ufficiale LN02 e LHN95, swisstopo ha realizzato il metodo di trasformazione HTRANS. Il software HTRANS è disponibile come programma singolo ed è integrato quale applicazione nel servizio di posizionamento GPS swipos®-GIS/GEO.

Höhen auch physikalische Höhen in einem bestehenden Landessystem bestimmen, sind einige wichtige Grundsätze zu beachten. Der vorliegende Artikel versucht, die Differenzen zwischen dem neuen, verzerrungsfreien Landeshöhennetz der Schweiz LHN95 und den herkömmlichen Gebrauchshöhen LN02 aufzuzeigen. Daneben wird das neue Produkt HTRANS des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo) vorgestellt. Es erlaubt, Transformationen zwischen den beiden Höhenreferenzrahmen durchzuführen.

Der verzerrungsfreie Höhenreferenzrahmen LHN95 der neuen Landesvermessung LV95

Mit der Einführung des neuen Geoidmodells der Schweiz CHGeo2004 ist die Konsistenz zwischen den GPS-basierten, ellipsoidischen und den schwerefeldbezogenen, orthometrischen Höhen LHN95 erreicht [1]. Abbildung 1 zeigt den grundlegenden Zusammenhang zwischen den geometrisch definierten, ellipsoidischen Höhen h und den physikalischen (orthometrischen) Höhen H . Der Bezug zwischen diesen beiden Höhen ist durch die Geoidundulation N gegeben.

A. Schlatter, U. Marti

Die Bestimmung von kleinräumigen Höhendifferenzen, sei es mittels Nivellement oder Tachymetrie, ist für die Vermesser eine vertraute und einfache Aufgabe. Sind Anschlusspunkte vorhanden, stellt auch die Herleitung von absoluten Höhen keine Schwierigkeiten. Mit dem technischen Fortschritt gilt dies je länger je mehr auch für die satellitengestützte Vermessung. Mit der Verfügbarkeit von Positionierungsdiensten ist die «fixpunktfreie» Koordinatenbestimmung in cm-Genauigkeit in einem absoluten Referenzrahmen bereits Realität.

Will man neben den ellipsoidischen

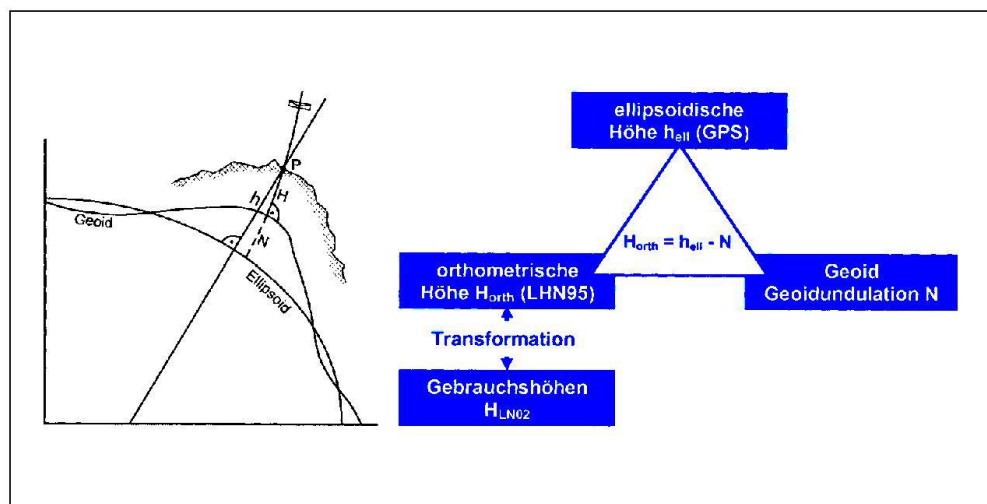


Abb. 1: Zusammenhang zwischen dem Geoid, dem Ellipsoid und den orthometrischen Höhen LHN95 sowie den Gebrauchshöhen LN02.

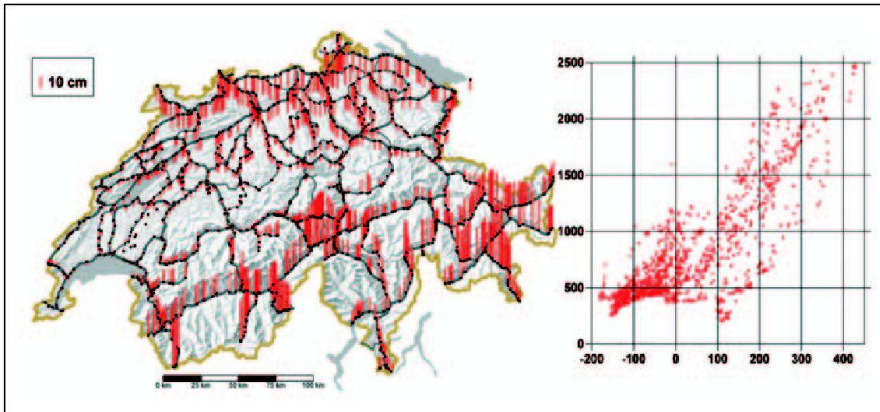


Abb. 2: Differenzen zwischen LHN95 und LN02 auf 1430 Stützpunkten des LHN (graue Linien); rechts Höhe [m] vs. Differenz [mm].

Detaillierte Angaben zur Realisierung des verzerrungsfreien Höhenbezugsrahmens LHN95 und der Berechnung des Geoidmodells CHGeo2004 können dem Artikel von [Marti und Schlatter, 1] in dieser Ausgabe entnommen werden.

Die Differenzen zu den Gebrauchshöhen LN02

Für die amtliche Vermessung und somit für den Grossteil der Höhendaten mit Raumbezug wurde entschieden, im bestehenden Gebrauchshöhenrahmen LN02 zu verbleiben. Die Gründe dafür sind in [2] dargelegt.

Die Differenzen zwischen LHN95 und LN02 auf 1430 Punkten entlang dem LHN sind in Abbildung 2 wiedergegeben. Die maximalen Abweichungen betragen -18 cm im Norden der Schweiz und +44 cm

auf den höchst gelegenen Punkten in den Alpen. Nebst der lageabhängigen Verteilung zeigt sich auch eine (regional unterschiedliche) Korrelation mit der Höhe. Fragt man sich nach den Ursachen, so sind drei Gründe zu erwähnen:

1. Die unterschiedliche Höhenart: LN02-Höhen beruhen auf reinen Nivellementmessungen ohne Schwerekorrekturen.
2. Die Verzerrungen aufgrund der ursprünglichen Messungen: Die heute verwendeten Höhen LN02 beruhen letztendlich auf Knotenwerten, welche durch das erste Präzisionsnivellement der Schweiz unter Leitung der Schweizerischen Geodätischen Kommission in den Jahren 1864–91 festgelegt wurden.
3. Die rezenten Vertikalbewegungen der Erdkruste: Die bekannten Hebungseffekte verursachen im Alpenraum seit der Festlegung zwischen 1864–91

Höhenänderungen von bis zu 15 cm, welche in den Höhen LN02 nie korrigiert wurden.

Eine Diagnoseausgleichung der Höhen LN02

Will man wissen, wie gut unsere Vorfahren die Höhen bestimmt haben, muss man mit den heute verfügbaren Messungen entlang dem LHN reine Nivellementhöhen bestimmen und mit einem Geschwindigkeitsmodell auf den Zeitmittelpunkt zwischen 1864–91 zurückrechnen. Bei dieser Ausgleichung wurden somit die Hebungseffekte korrigiert. Abbildung 3 zeigt den Vergleich dieser Höhen mit den bestehenden Höhen LN02. Die Differenzen bewegen sich von 0 cm in

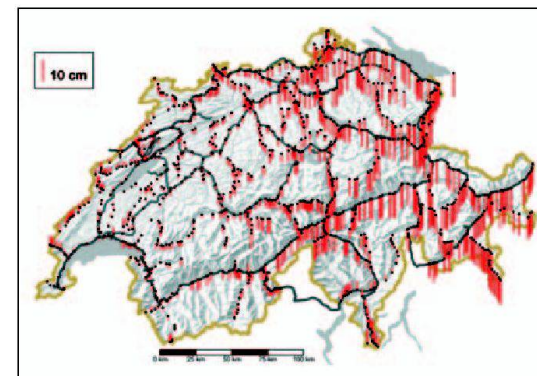


Abb. 3: Die Verzerrungen der ursprünglichen Realisierung von LN02 durch das Nivellement de Précision (1864-91) der Schweizerischen Geodätischen Kommission (graue Linien).

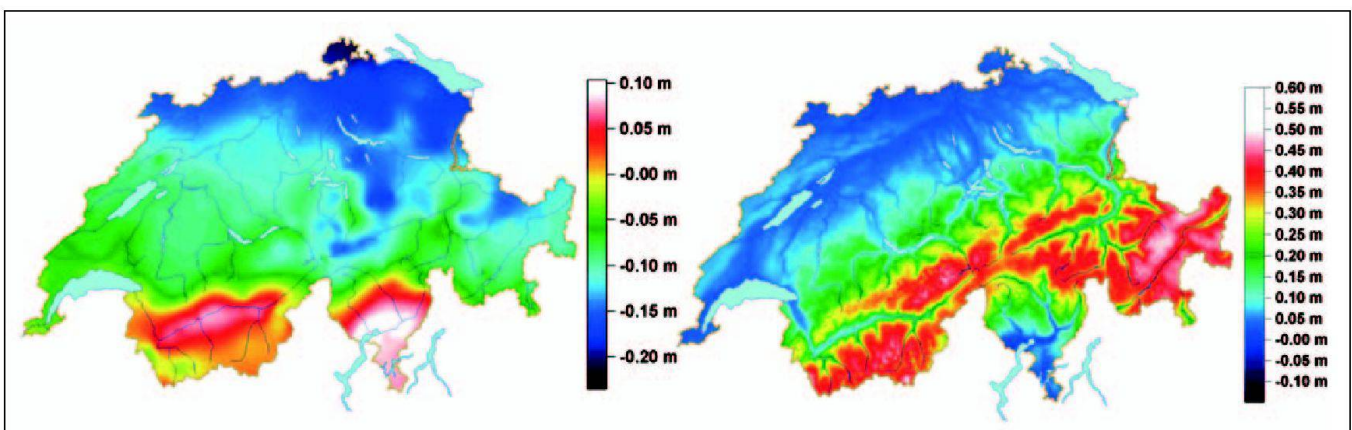


Abb. 4: links: lageabhängiger Korrekturanteil $f_{LN02-Norm}$; rechts: höhenabhängiger Korrekturanteil $(\Delta g_{Boug} \cdot H + f_{Rest})$.

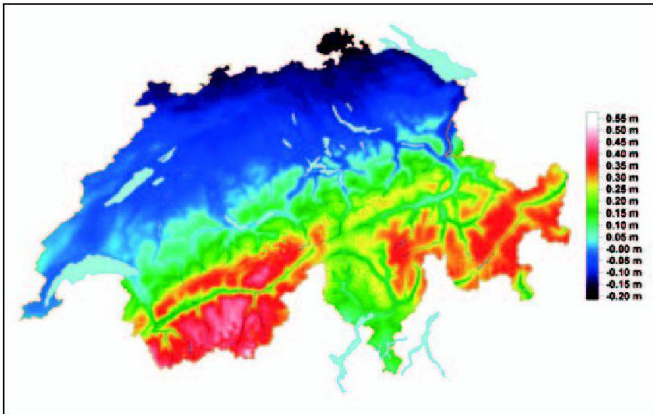


Abb. 5: Gesamtkorrektur der modellierten Unterschiede LHN95–LN02.

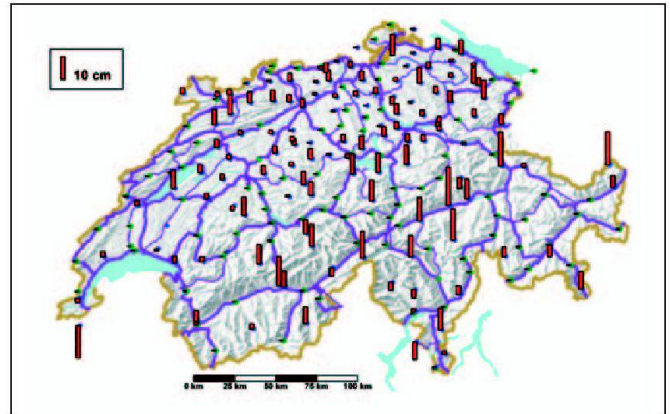


Abb. 6: Vergleich der in LN02 transformierten Höhen mit den bestehenden Gebrauchshöhen auf den Punkten des GPS-Netzes LV95. Die blauen Punkte sind zugleich Stützpunkte für HTRANS.

Genève zu überwiegend negativen Abweichungen mit Maximalwerten von bis zu -13 cm in den östlichen Landesteilen. Auch wenn man 13 cm heutzutage als eher grosse Abweichung betrachten mag, gilt zu bedenken, dass mit den damaligen Möglichkeiten und dem Wissensstand eine beachtliche Leistung erzielt wurde.

HTRANS: eine Transformation zwischen LHN95 und LN02

Wer seine ellipsoidischen GPS-Höhen nur um das Geoidmodell korrigiert, nimmt gegenüber den LN02-Höhen Abweichungen in Kauf, wie sie in Abbildung 2 dargestellt sind. Um GPS auch im alten Landeshöhennetz LN02 für die Höhenbestimmung einsetzen zu können, hat swistopo die Software HTRANS entwickelt. Sie erlaubt eine punktweise Transformation zwischen LHN95 und LN02. Dazu werden die Differenzen der 1430 Punkte in einen lageabhängigen (LN02 – Normalhöhen) und einen höhenabhängigen Anteil (LHN95 – Normalhöhen) aufgeteilt:

$$\begin{aligned} H_{LHN95} - H_{LN02} &= (H_{LHN95} - H_{Norm}) - (H_{LN02} - H_{Norm}) \\ &= f_{LN02-Norm}(y, x) - \Delta g_{Boug}(y, x) \cdot H + f_{rest}(y, x) \end{aligned}$$

Der höhenabhängige Anteil wird in erster Linie durch das Produkt der Punkthöhe und der (lageabhängigen) Bouguer-Schwereanomalie Δg_{Boug} modelliert. Die verbleibenden Residuen im Alpenraum von bis zu 10 cm werden durch eine Restfläche $f_{rest}(x, y)$ dargestellt. Das Programm HTRANS basiert letztendlich auf drei Interpolationsflächen mit 1 -km-Gitter: $f_{LN02-Norm}(x, y)$, $f_{rest}(x, y)$ und $\Delta g_{Boug}(x, y)$. Mittels biquadratischer Interpolation auf diesen Einzelflächen lässt sich ein mit seiner Lage und Höhe bekannter Punkt in den gesuchten Höhenrahmen transformieren. Abbildung 4 zeigt links den lageabhängigen und rechts den höhenabhängigen Anteil.

Bildet man die Summe dieser Einzelkorrekturen (höhenabhängiger Anteil aus einem Höhen-Rastermodell), entsteht eine Gesamtfläche der modellierten Unterschiede zwischen LHN95 und LN02. Die Differenzen in Abbildung 5 nehmen nun Beträge zwischen -20 cm (Norden) und $+55$ cm an (höchstgelegene Alpengipfel).

Genauigkeit und Grenzen der Transformation

Die Gitterbildung für die Korrekturfächen aufgrund der 1430 Differenzen lässt keine exakte Abbildung der Stützpunkte zu. Diese Punkte lassen sich jedoch auf ± 1 mm in ihre Sollwerte transformieren. Für die verbleibenden Punkte entlang den

Linien des LHN (im Mittelland auch zwischen den Schlaufen) beträgt die Transformationsgenauigkeit wenige mm bis 1 cm.

Anstelle der drei Einzelkorrektur-Anteile wurde mit einem Höhenmodell (1 -km-Raster) eine Gesamt-Korrekturfäche berechnet. Als Summe mit dem Geoidmodell liesse sich diese Fläche auch in einem GPS-Empfänger zur direkten Bestimmung von LN02-Höhen einbauen. Rein durch die vereinfachte Modellierung der Höhenabhängigkeit muss man jedoch eine Einbusse der Transformationsgenauigkeit in Kauf nehmen. Im Mittelland bleibt die Qualität annähernd gleich, im Jura, den Voralpen und im Hochgebirge verschlechtert sich die Genauigkeit gebietsweise auf bis zu 10 cm.

Die Grenzen der Transformationsqualität sind aber durch den inhomogen verzerrten Höhenrahmen LN02 ausserhalb der LHN-Linien festgelegt. Zur Überprüfung der absoluten Transformationsgenauigkeit bilden die 220 Punkte des GPS-Netzes LV95 einen idealen Datensatz. Rund die Hälfte dieser Punkte ist direkt ans LHN angeschlossen und dient als Stützinformation für die Transformation. Die restlichen Punkte besitzen präzise Höhen in LHN95, welche aus den GPS-Messungen (vgl. [3]) und dem Geoidmodell hergeleitet wurden. Die LN02-Höhen dieser Punkte stammen aus lokalen trigonometrischen Anschlüssen an die umliegenden

Lagefixpunkte (LFP). Diese Höhen sind dadurch von höchst unterschiedlicher Qualität; sie repräsentieren aber den realen lokalen Horizont der vorhandenen Gebrauchshöhen ausserhalb der LHN-Linien. Abbildung 6 zeigt den Vergleich der transformierten Höhen LN02 mit den bestehenden Gebrauchshöhen der Punkte. Die Differenzen liegen im Mittelland oft unter 3 cm. Im Alpenraum resultieren jedoch Abweichungen von bis zu ± 15 cm. Der Ursprung dieser Differenzen ist nicht die Transformationsmethode. Die Ursache liegt im heterogen verzerrten Höhenrahmen LN02 ausserhalb des Einzugsbereichs des LHN und zeigt somit auch, welche absolute Transformationsgenauigkeit hier erwartet werden darf. Eine Transformation kann niemals bessere Resultate liefern, als die die Qualität der bestehenden Daten dies erlaubt. Wer eine optimale Anbindung an den bestehenden Höhenrahmen LN02 gewährleisten will, wie dies bspw. in der GPS-Höhenbestimmung der LFP2 gefordert wird, ist gezwungen, nach der Transformation eine lokale Einpassung vorzunehmen. Wie bei der Auswertung von Lagennetzen in LV95/LV03 erfolgt die Beurteilung der Höhen-Messqualität mit Vorteil zuerst im zwangsfreien Rahmen LHN95. Für anforderungsreiche Aufgaben der Ingenieurvermessung kann natürlich LHN95 als Be-

zugsrahmen ohne Transformation verwendet werden (vgl. Kasten in [1]).

swisstopo Produkte

swisstopo hat die Transformationssoftware HTRANS sowohl als eigenständiges Programm wie auch als Internet-Anwendung bereits ab Ende Juni 2005 zur Verfügung gestellt. Das Programm HTRANS erlaubt, Koordinatensätze und GPS-Messfiles auf einfache Weise zu bearbeiten. Unbedingt zu beachten ist, dass HTRANS nur in Kombination mit dem neuen Geoidmodell CHGeo2004 die gewünschten Resultate erzeugt.

Seit dem 1. Juni 2005 hat der Positionierungsdienst swipos[®]-GIS/GEO die definitiven ellipsoidischen Höhen der AGNES-Stationen eingeführt. In Kombination mit dem neuen Geoidmodell arbeiten die Benutzer nun im neuen Landeshöhennetz LHN95. Daher empfiehlt swisstopo aus Konsistenzgründen, das neue Geoidmodell CHGeo2004 auf den verwendeten GPS-Empfänger zu installieren. Diese Updates sind bei den GPS-Geräteherstellern verfügbar.

swipos[®]-GIS/GEO wird ab Herbst 2005 einen Dienst anbieten, welcher den Anwendern erlaubt, direkt im offiziellen Gebrauchshöhenrahmen LN02 zu arbeiten. Diese neuen Applikationen beruhen

ebenfalls auf den Transformationsroutinen von HTRANS. Auch hier gilt zu beachten, dass korrekte Resultate nur erzielt werden, wenn geräteseitig das neue Geoidmodell CHGeo2004 installiert ist.

Literatur:

- [1] U. Marti, A. Schlatter: Festlegung des Höhenbezugsrahmens LHN95 und Berechnung des Geoidmodells CHGeo2004. Geomatik Schweiz 8/2005, August 2005.
- [2] F. Wicki, Th. Signer, W. Messmer, R. Ammann, R. Durussel, H. Thalmann: Das Höhensystem für die amtliche Vermessung und weitere raumbezogene Daten. VPK 8/2002, August 2002.
- [3] E. Brockmann, D. Ineichen, A. Wiget: Neumessung und Auswertung des GPS-Landesnetzes der Schweiz LV95. Geomatik Schweiz 8/2005, August 2005.

Andreas Schlatter
 Urs Marti
 Bundesamt für Landestopografie
 Bereich Geodäsie
 Seftigenstrasse 264
 CH-3084 Wabern
 Andreas.Schlatter@swisstopo.ch

**MARKSTEINE
 SO BILLIG WIE
 NOCH NIE!**

GRANITI MAURINO SA
 Casella postale
 CH-6710 Biasca

Tel. 091 862 13 22
 Fax 091 862 39 93

MAURINO
GRANITI dal 1894

Dank grossen Investitionen in unserem Betrieb können wir Marksteine aus unseren Steinbrüchen im Tessin so billig wie noch nie anbieten und dies franko Abladeplatz.