Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

Institut für Geodäsie
und Photogrammetrie

Bericht

283

Diplomvermessungskurs Samedan 1998

Rutschhang Brattas, St. Moritz

Daniela Tschudi
Richard Angst

Februar 1999

IGP Bericht Nr. 283

Diplomvermessungskurs Samedan 1998
Rutschhang Brattas, St. Moritz

Daniela Tschudi
Richard Angst

© 1999
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich
ETH Hönggerberg
CH-8093 Zürich

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-906467-18-X

Vorwort

Der alljährliche Diplomvermessungskurs der Abteilung VIII der ETH Zürich, Kulturtechnik und Vermessung, fand im Sommer 1998 in Samedan im Oberengadin statt. Unter der Leitung von Prof. Dr. A. Carosio arbeiteten die Studierenden an verschiedenen Vermessungsprojekten.

Die sechs Studierenden Daniela Tschudi, Richard Angst, Dominik Cantaluppi, Jürg Thomas Dünner, Lorenz Keller und Fabian Zaugg beschäftigten sich unter der Führung der Assistierenden Entela Kanani und Cyril Favre mit dem Rutschhang Brattas in der Gemeinde St. Moritz. Dank modernster Messwerkzeuge wie GPS und motorisierten Tachymetern konnten sie während des Kurses eine grosse Zahl von Punkten mit hoher Genauigkeit und guter Qualität bestimmen.

Die Auswertung der Messungen, das Studium der Resultate und der Vergleich mit früheren Messungen waren Gegenstand zweier Diplomarbeiten an der Professur Ingensand (Geodätische Messtechnik). Dominik Cantaluppi und Jürg Thomas Dünner, sowie Daniela Tschudi und Richard Angst erarbeiteten sich damit je im Zweierteam die Voraussetzungen für ihr Diplom an der ETH.

Die beiden letzteren zeichnen auch als Autorin und Autor des vorliegenden Berichtes, in dem sie die wichtigsten Ergebnisse kompetent zusammengestellt und damit interessierten Kreisen zur Verfügung gestellt haben.

Allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, sei an dieser Stelle gedankt: Der Gemeinde St. Moritz, den Ingenieurbüros Toscano und Jenatsch, dem Institut für Geotechnik (Herrn Ivo Sterba) und natürlich den Studierenden und ihren Betreuern.

Möge dieser Bericht der Gemeinde St. Moritz bei der Beurteilung der Rutschungen im Brattashang weitere wertvolle Hinweise liefern.

Zürich, Februar 1999, Adrian Ryf

Zusammenfassung

Aufgabe

Der Brattashang ist ein Kriechhang mit zeitlich und örtlich nicht konstanten horizontalen und vertikalen Verschiebungen des Geländes. Anfangs der 80er Jahre wurde der Hang geotechnisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienten als Grundlage bei der Festlegung der Gefahrenzonen I und II in der Nutzungsplanung der Gemeinde St. Moritz. Die geotechnische Beschreibung des Rutschhanges ist aufgrund der heute verfügbaren Informationen zu überprüfen. Mit neuen Messungen sind die Verschiebungen zu visualisieren und das kinematische Verhalten des Geländes zu modellieren. Die Ergebnisse der Auswertungen sollen eine Neubeurteilung der bisherigen Annahmen und eine Überprüfung der Gefahrenzonen ermöglichen.

Geologie

Das Rutschgebiet erstreckt sich über eine Länge von etwa 1.5 km und weist eine Breite von etwa 500 m auf. Am unteren Ende befindet sich der Brattashang. Das Abrissgebiet des Bergsturzes liegt zwischen Sass Runzöl und Sass da Muottas in einer Höhe von 2400 m. Hier löste sich nach dem Rückzug der letzteiszeitlichen Gletscher ein Bergsturz. Dadurch entstand ein Gesteinsstrom, der auch heute noch, unter Einfluss von eintretendem Wasser, weiterfliesst. Im Bereich des Brattashanges steigt der Fels Richtung Süden gegen die Via Maistra bis praktisch zur Terrainoberfläche an, wo sich das Lockergesteinsmaterial an einem Felsriegel aufstaut.
Im Brattashang wurden an der Terrainoberfläche Bewegungen mit Verschiebungsgeschwindigkeiten von 1 bis 10 cm pro Jahr gemessen, wobei die grösseren Bewegungen im nördlich/nordöstlichen Teil des Brattashanges, die kleineren im Bereich der Stauchzone bei der Via Maistra festzustellen sind.

Messungen

In den Jahren 1981 bis 1992 führte das Büro Toscano, Pontresina, mehrere Rutschungsmessungen am Brattashang durch. Diese Messungen konnten 1998 leider nicht weitergeführt werden, da die meisten Punkte nicht mehr vorhanden waren. Als neue Kontrollpunkte wurden deshalb LFP3-Punkte gewählt, von denen Koordinaten einer Neuvermessung von 1988 vorlagen. Die Kontrollpunkte wurden wenn möglich mit GPS bestimmt. Die Messungen erfolgten im Rapid Static-Verfahren. Die übrigen Kontrollpunkte wurden terrestrisch bestimmt und ins GPS-Netz eingebunden. Das Netz wurde verstärkt, indem die Enden der Polygonzüge wenn möglich auf GPS-Punkte gelegt wurden und von diesen Endpunkten zur Orientierung des Zuges mindestens ein GPS-Punkt oder ein Kirchturm angezielt wurde.

Auswertungen

Die Auswertung der GPS-Messungen erfolgte mit SKI, die Geoidundulationen für die Umrechnung in orthometrische Höhen wurden mit LAG bestimmt. Die terrestrischen Messungen wurden mit GRICAL aufbereitet und gemeinsam mit den GPS-Koordinaten in LTOP ausgeglichen: Eine zwangsfreie Netzausgleichung erlaubte die Beurteilung der Qualität der

Messungen und die Aufdeckung von groben Fehlern. Nach der Bereinigung erfolgte eine definitive Berechnung eines gezwängten Netzes mit Lagerung auf die drei Punkte 12570317, 12570318 und 12570321. Für die Lagekoordinaten wurde eine Genauigkeit von 5 mm, für die Höhen eine Genauigkeit von 10 mm erreicht.

Resultate

Die erhaltenen Verschiebungsvektoren zeigen im wesentlichen das erwartete Verhalten des Rutschhanges: Im oberen Bereich sind die Bewegungen gross, gegen unten werden sie kleiner und laufen an der Via Maistra aus.
Um Aussagen über das langfristige Verhalten des Brattashanges machen zu können, wurden die erhaltenen Verschiebungen mit älteren Messungen verglichen. Dazu wurden die Verschiebungsmessungen 1982-1984 gewählt, da sich die Nutzungsplanung der Gemeinde auf diese Daten abstützt. Der Vergleich der Messungen zeigt, dass sich die Bewegungen nur wenig geändert haben. Einige Unterschiede können aber dennoch festgestellt werden: Die Null-Linie, d.h. die Begrenzung des Rutschgebietes am unteren Rand, verläuft nach den neuen Erkenntnissen an einigen Stellen etwas anders. Dies widerspiegelt auch die geologischen Unsicherheiten in diesem Bereich. Allgemein zeigen die Verschiebungsvektoren bei den neuen Messungen kleinere Verschiebungsgeschwindigkeiten auf. Daraus darf allerdings nicht auf eine Verlangsamung der Rutschungsbewegungen geschlossen werden. Das Verhalten des Hanges ist über die Zeit nicht konstant, unterschiedliche Niederschläge haben einen grossen Einfluss und führen zu Schwankungen der Verschiebungsgeschwindigkeiten.
Die "Geotechnische Risikokarte Brattashang" von 1994 kann nach den neuen Erkenntnissen immer noch als gültig betrachtet werden. Mit den Messungen von 1998 werden auch die Abgrenzungen der Gefahrenzonen I und II und die Ausdehnung der Zone mit günstigerer Prognose für das Verhalten von Bauwerken bestätigt.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 11

1.1 AUFGABE 11
1.2 ORGANISATION 11

2 SITUATION 12

2.1 GEOLOGIE 12
2.1.1 Geologie der Umgebung 12
2.1.2 Das Rutschgebiet Sass Runzöl - Brattas 12
2.2 BAUTEN 14
2.3 NUTZUNGSPLANUNG 16
2.3.1 Bau- und Zonenordnung 16
2.3.2 Vorschriften über das Bauen im Brattashang 17
2.4 VORHANDENE MESSUNGEN 17
2.4.1 Ältere Vermessungswerke 17
2.4.2 Deformationsmessungen durch das Büro Toscano 17
2.4.3 Neuvermessung 1988 (Amtliche Vermessung) 18

3 FELDMESSUNGEN 1998 19

3.1 WAHL DER PUNKTE 19
3.1.1 Kontrollpunkte 19
3.1.2 Lagerungspunkte 19
3.1.3 Benennung der Punkte 19
3.2 ANGESTREBTE GENAUIGKEIT 20
3.3 MESSKONZEPT 20
3.4 GPS-MESSUNGEN 20
3.4.1 Instrumente 20
3.4.2 Wahl des Beobachtungsverfahrens 21
3.4.3 Messungen 21
3.5 TERRESTRISCHE MESSUNGEN 22
3.5.1 Instrumente 22
3.5.2 Instrumentenkorrekturen 23
3.5.3 Messungen 23

4 AUSWERTUNG 24

4.1 AUFBEREITUNG DER MESSDATEN FÜR LTOP 24
4.1.1 GPS-Messungen 24
4.1.2 Terrestrische Messungen 24
4.1.3 Näherungskoordinaten 24
4.2 AUSGLEICHUNG MIT LTOP 25
4.2.1 Freies Netz 25
4.2.2 Gezwängtes Netz 26

5 RESULTATE 28

5.1 DEFINITIVE KOORDINATEN DER MESSUNGEN 1998 28
5.2 VERSCHIEBUNGSVEKTOREN 1988-1998 28
5.3 VERGLEICH MIT DEN RUTSCHUNGSMESSUNGEN 1982-1984 28
5.4 FOLGERUNGEN FÜR DIE NUTZUNGSPLANUNG 29

6 AUSBLICK 30

7 LITERATURVERZEICHNIS 31

Anhangverzeichnis

A1 Koordinatenverzeichnis DVK 1998
A2 Tabelle der Verschiebungen 1988 - 1998
A3 Auszug aus der Netzausgleichung mit LTOP
A4 Plan der Verschiebungen 1988 - 1998
A5 Plan mit Vergleich der jährlichen Verschiebungen 1982-1984 / 1988-1998
A6 Netzplan Messungen 1998

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Lagerungspunkte 19
Tabelle 2: Benennung der Punkte 19
Tabelle 3: a priori-Werte Lageausgleichung 25
Tabelle 4: a priori-Werte Höhenausgleichung 25
Tabelle 5: Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen (Freies Netz) 26
Tabelle 6: Totale mittlere Fehlerquotienten (Freies Netz) 26
Tabelle 7: Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen bei Lagerung auf Punkte 12570317, 12570318 und 12570321 26
Tabelle 8: Totale mittlere Fehlerquotienten bei Lagerung auf Punkte 12570317, 12570318 und 12570321 27

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rutschgebiet Sass Runzöl - Brattas. Landeskarte 1:25'000, Blatt 1257 13
Abbildung 2: Abrissgebiet des Bergsturzes zwischen Sass Runzöl und Sass da Muottas. 13
Abbildung 3: Brattashang mit der katholischen Kirche; davor die Via Maistra mit der unteren Begrenzung des Rutschhanges 14
Abbildung 4: Der schiefe Turm von St. Moritz und der Turm der reformierten Kirche (LFP3-Punkt 12570321) 15
Abbildung 5: Blick auf die Chesa Corviglia, den schiefen Turm und das Hotel Kulm 15
Abbildung 6: Gefahrenzonen I und II im Gebiet Brattas. Ausschnitt aus dem Zonenplan der Gemeinde St. Moritz von 1984 16
Abbildung 7: GPS-Messkampagne 22
Abbildung 8: Terrestrische Messkampagne 23

Abkürzungsverzeichnis

DVK	Diplomvermessungskurs
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
GDOP	Geometrical Dilution Of Precision
GRICAL	Interaktives, graphisches Punktberechnungsprogramm, aufbauend auf der CAD-Software MicroStation und der Datenbank Oracle (Firma GEOCOM)
GPS	Global Positioning System
LAG	Programm des Bundesamtes für Landestopographie und der ETH Zürich zur Berechnung von Geoidundulation, Lotabweichungen und Lotkrümmungen
LTOP	Netzausgleichungsprogramm des Bundesamtes für Landestopographie
NAEKO	Berechnungsprogramm für Näherungskoordinaten des Bundesamtes für Landestopographie
SKI	GPS-Auswertesoftware der Firma Leica

1 Einleitung

1.1 Aufgabe

Der Brattas-Hang ist ein Kriechhang mit zeitlich und örtlich nicht konstanten horizontalen und vertikalen Verschiebungen des Geländes. Anfang der 80er Jahre wurde der Hang geotechnisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen dienten als Grundlage bei der Festlegung der Gefahrenzonen I und II des Brattas-Hanges im Baugesetz der Gemeinde St. Moritz.

Die geotechnische Beschreibung des Rutschhanges, auf welche sich sowohl die Bauordnung als auch das Bauamt und die Grundbesitzer stützen, ist aufgrund der heute verfügbaren Informationen zu überprüfen. Mit neuen Messungen sind das kinematische Verhalten des Geländes zu modellieren und die Verschiebungen zu visualisieren. Die Ergebnisse der Auswertungen sollen eine Neubeurteilung der bisherigen Annahmen und eine Überprüfung der Gefahrenzonen ermöglichen.

1.2 Organisation

Der vierwöchige Diplomvermessungskurs in Samedan wurde von Professor Dr. A. Carosio und seinen Mitarbeitern organisiert. Das Projekt "Hangrutschung Brattas" wurde von einer Gruppe von sechs Studierenden bearbeitet. Die Aufgabe der Gruppe war die Beschaffung von Vermessungsdaten über den Rutschhang für die spätere Ausarbeitung als Diplomarbeiten. Die Auswertung erfolgte im Wintersemester 1998/99 im Rahmen zweier Diplomarbeiten unter der Leitung von Professor Dr. H. Ingensand und wurde durch die Assistenten Adrian Ryf und Cyril Favre begleitet.

2 Situation

2.1 Geologie

2.1.1 Geologie der Umgebung

St. Moritz liegt in einer geologisch komplizierten Umgebung. Die tiefsten Einheiten der Bernina-Decke sind hier aus Süden auf die höchsten Einheiten der Err-Decke aufgeschoben. Zwischen Chantarella und Sass da Muottas / Alpe Laret taucht das überschobene Julier-Kristallin der Bernina-Decke ostwärts ab und die Einheiten der Err-Decke bilden ab dort ostwärts den Talhang. Diese tektonische Situation im Kontaktbereich zweier Grosseinheiten hat zu einer komplizierten räumlichen Anordnung der Gesteinsschichten geführt. Weiter sind die Karbonatgesteine einer intensiven Verkarstung ausgesetzt. Die Kombination der räumlichen Anordnung und des gesteinsmässigen Charakters der Schichten führt zur Instabilität der Kontaktzone der Decken.
Mit der fortschreitenden Erosion des schützenden Deckels der Bernina-Decke müssen sich in den tektonisch tieferen und stark beanspruchten Schichten der Rauhwacken- und Schiefereinheiten Hanginstabilitäten einstellen, die Rutschungen sind damit natürlich vorgegeben. Das Wasser wirkt infolge der Verkarstungen und durch den Aufbau eines Wasserdruckes oberhalb undurchlässiger Schichten stabilitätsvermindernd. [9]

2.1.2 Das Rutschgebiet Sass Runzöl - Brattas

Das Rutschgebiet erstreckt sich über eine Länge von etwa 1.5 km und weist eine Breite von 500 bis 600 m auf (siehe Abbildung 1). Das Abrissgebiet des Bergsturzes liegt zwischen Sass Runzöl und Sass da Muottas in einer Höhe von 2400 m (siehe Abbildung 2). Hier löste sich nach dem Rückzug der letzteiszeitlichen Gletscher ein Bergsturz. Dadurch entstand ein Gesteinsstrom, der auch heute noch, unter Einfluss von eintretendem Wasser, weiterfliesst. An der Abrissstelle, in Dolinen und aus dem Schlattainbach tritt Wasser in den Hang ein, das weiter unten wieder austritt. Da dieser Wassereintritt grossflächig ist, kann er mit baulichen Massnahmen nicht verhindert werden.
Am unteren Ende des Rutschhanges steigt der Fels Richtung Süden gegen die Via Maistra bis praktisch zur Terrainoberfläche an. Hier staut sich das Lockergesteinsmaterial am Felsriegel, der unter dem Hotel "Kulm", entlang der Via Maistra und unter der katholischen Kirche durchläuft [11]. Dabei wird der Strom bei der katholischen Kirche geteilt und fliesst an ihr vorbei. In der Stauchzone wird das Material komprimiert und gehoben, die Via Maistra wird dabei jedes Jahr um 1 cm schmaler. Die Rutschmassen werden durch den Felsriegel teilweise abgelenkt in nordöstlicher Richtung (Cresta) und in südwestlicher Richtung zum alten Dorfteil hin [8].
Die Rutschmasse besteht aus instabilen Gesteinen wie Gips, Rauhwacke, Dolomit, Tonschiefer und Quarzphyllit und weist eine Mächtigkeit zwischen 10 und 30 m auf. Durch das Kriechen entstehen örtlich steile Hänge, die plötzlich absacken können. Die Rutschmasse ist daher paketartig aufgebaut und weist verschiedene Überschiebungsgenerationen auf. Teile der früheren Sackungsmassen sind heute in die Rutschmasse einbezogen. [8, 9]
Im Brattas-Hang wurden an der Terrainoberfläche Bewegungen mit Verschiebungsgeschwindigkeiten in der Grössenordnung zwischen 1 und 10 cm pro Jahr gemessen. Die grösseren Bewegungen sind im nördlichen/nordöstlichen Teil des Hanges festzustellen, die kleineren im Bereich der Stauchzone bei der Via Maistra, wo der Hang zum Stillstand kommt.

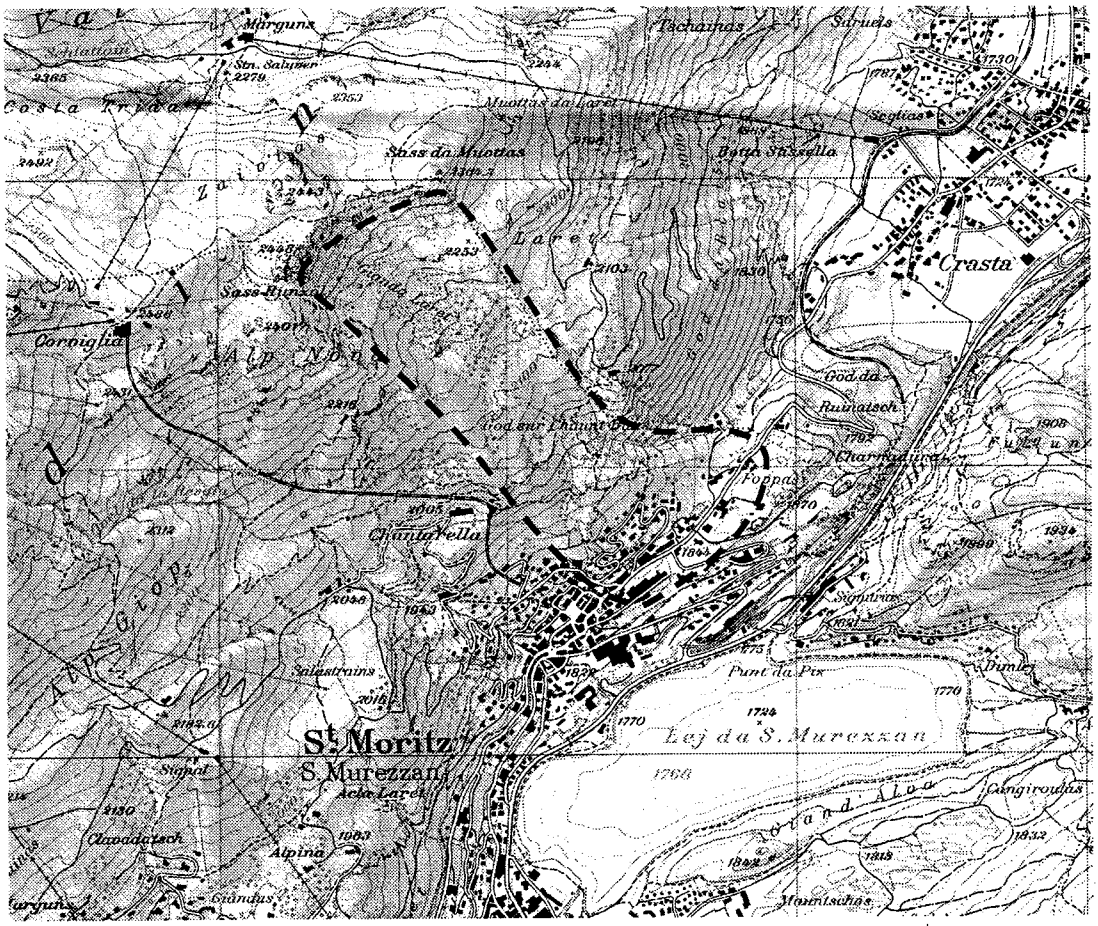


Abbildung 1: Rutschgebiet Sass Runzöl - Brattas (- - -). Ausschnitt Landeskarte 1:25'000, Blatt 1257.

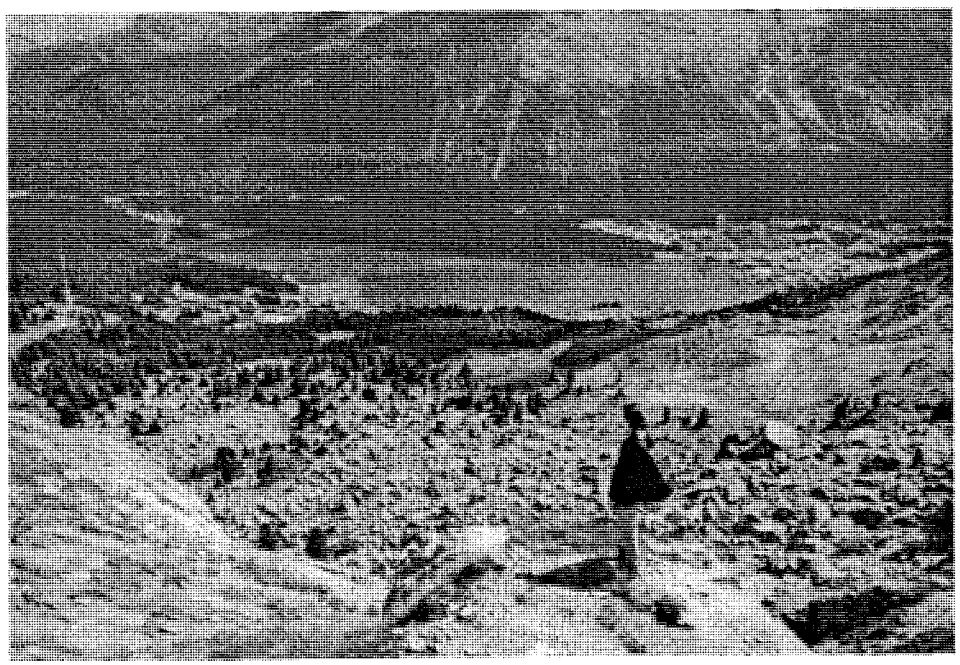


Abbildung 2: Abrissgebiet des Bergsturzes zwischen Sass Runzöl und Sass da Muottas, im Tal St. Moritz mit dem See.

2.2 Bauten

Das Gebiet Brattas ist ein südexponierter Hang mit Seesicht in unmittelbarer Nähe des Dorfzentrums. Wegen der attraktiven Lage wurde der Hang trotz der geologischen Schwierigkeiten in den letzten Jahrzehnten zunehmend überbaut. Zahlreiche Gebäude weisen aber Schäden durch die Rutschungen auf. Betroffen sind vor allem ältere Bauten, die alle stark beschädigt sind. Gebäude in moderner, starrer Bauweise, d.h. mit Kellergeschoss aus Beton, weisen meist nur leichte Schäden auf. Das Ausmass der Schäden variiert stark, entscheidend ist die Lage des Gebäudes im Kriechhang: In der Stauchzone, d.h. entlang der Via Maistra treten viele Schäden auf. Hier sind die jährlichen Verschiebungen zwar kleiner als 1 cm, sind aber auf kleinem Raum sehr unterschiedlich und führen deshalb zu grossen Schäden. In der neutralen Zone mit jährlichen Verschiebungen von 1 bis 3 cm treten am wenigsten Schäden auf, da der Hang dort gleichmässig rutscht. In der aktiven Zone oberhalb, wo die jährlichen Verschiebungen 3 bis 5 cm betragen, nehmen die Schäden wieder deutlich zu. [9]
Der schiefe Turm, das Wahrzeichen von St. Moritz, liegt oberhalb der Via Maistra in der Stauchzone des Brattashanges. Die Kirche und der Turm wurden um 1139 erbaut. Im Laufe der Zeit neigte sich der Turm immer mehr, bis 1890 der Zustand der Kirche als prekär betrachtet wurde. Die Glocken wurden entfernt und das Kirchenschiff 1893 abgebrochen. Nach zwei Sanierungen des Turmes 1928 und 1967, die ein weiteres Kippen nicht stoppen konnten, wurde 1983 eine dritte Sanierung durchgeführt. Der Turm wurde mit Fundamenten aus Beton unterfangen und auf drei nachstellbare Einzelauflager abgestellt. Damit kann die Neigung in Zukunft korrigiert werden, womit der Gefahr des Kippens begegnet werden kann. [11]
Ein weiteres bekanntes Gebäude ist die Chesa Corviglia. Die Erstellung in den 80-er Jahren erforderte wegen der Hanglage eine tiefe Baugrube, die mit einer verankerten Rühlwand gesichert wurde. Das Gebäude bewegte sich nach dem Bau mit durchschnittlich 1 cm pro Jahr hangabwärts, die Grubenwand aber mit 2 cm pro Jahr, zusätzlich begann diese zu kippen. Dies erforderte eine aufwendige und teure Sanierung, die Bewegungen der Grubenwand konnten damit zwar nicht aufgehalten, aber doch verlangsamt werden. Der nachfolgende Rechtsstreit zwischen Grundeigentümer und Gemeinde St. Moritz bewegte die Gemeinde dazu, im Baugesetz Vorschriften über das Bauen am Brattashang zu erlassen.



Abbildung 3: Der überbaute Brattashang mit der katholischen Kirche; davor die Via Maistra, wo sich die untere Begrenzung des Rutschhanges befindet.



Abbildung 4: Der schiefe Turm von St. Moritz und der Turm der reformierten Kirche (LFP2-Punkt 12579321).

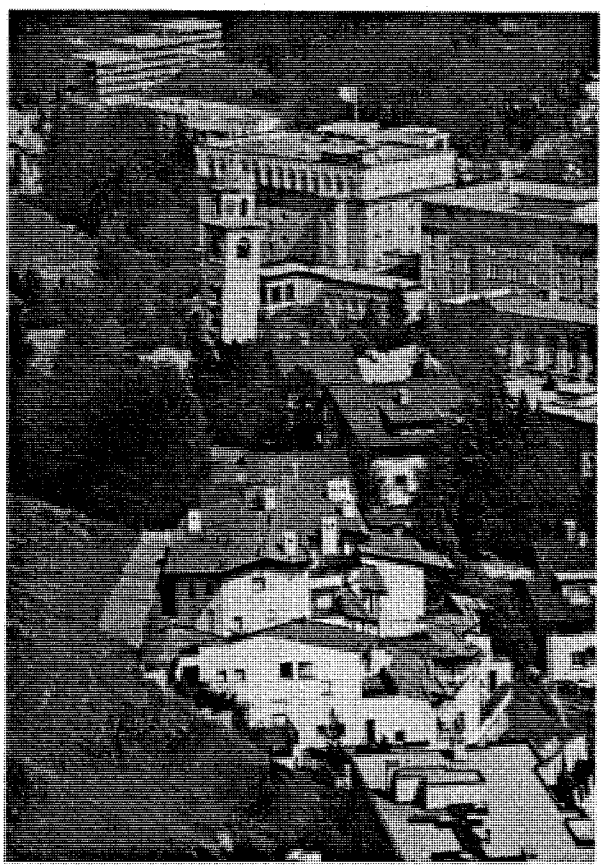


Abbildung 5: Blick auf die Chesa Corviglia mit der gegen das Haus rutschenden Grubenwand, den schiefen Turm und dahinter das Hotel Kulm, das ausserhalb des Rutschhanges auf Fels steht.

2.3 Nutzungsplanung

2.3.1 Bau- und Zonenordnung

Der erste Zonenplan der Gemeinde St. Moritz stammt aus dem Jahr 1971. Die Gebiete Brattas und Fullun wurden der Bauzone zugeteilt. Aufgrund der rechtlichen Probleme wegen der Rutschungen wollte die Gemeinde diese Gebiete anfangs der 80er-Jahre auszonen. Sie liess durch das Geotechnische Institut der ETH Zürich 1981-1983 eine geotechnische Untersuchung durchführen [9]. Die Resulate sollten als Entscheidungsgrundlage dienen für die Frage, ob die Kriechgebiete ausgezont werden sollen oder spezielle Vorschriften zu erlassen seien.
In der "Geotechnischen Risikokarte Brattashang" des Geotechnischen Institutes von 1983 [9] wurden die Ergebnisse zusammengefasst und in Form von Zonen dargestellt. Dabei wurden eine neutrale Zone, einige Rutschzonen und diverse Bereiche mit grosser Geländeneigung bezeichnet.

Darauf abstützend teilte die Gemeinde bei der Zonenplanrevision von 1984 den Rutschhang in zwei Gefahrenzonen ein (Baugesetz Art. 27 Abs. 1):

- Gefahrenzone I: In dieser Zone dürfen keine Bauten erstellt werden, die dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen können. (Baugesetz Art. 27 Abs.2)
- Gefahrenzone II: Der Bauherr kann auf eigene Verantwortung bauen. Er hat nach Weisung der Gemeinde auf eigene Kosten die nötigen Sicherheitsvorkehren für sein Gebäude und die Erschliessungsanlagen zu treffen. Die Gemeinde gewährt die Baubewilligung nur gestützt auf ein neutrales Gutachten, das durch die Gemeinde auf Kosten des Gesuchstellers eingeholt wird. (Baugesetz Art. 27 Abs. 3/4)

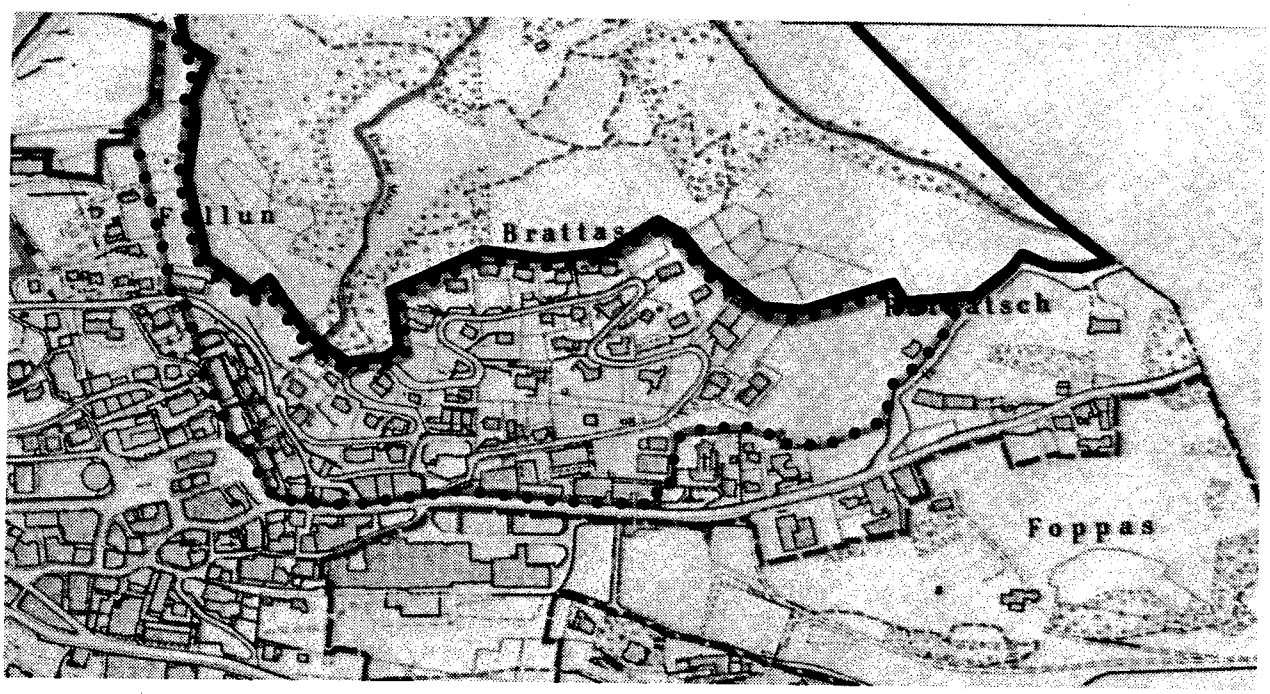


Abbildung 6: Gefahrenzonen I (▬) und II (• • •) im Gebiet Brattas. Ausschnitt aus dem Zonenplan der Gemeinde St. Moritz von 1984 [4].

Die Rutschgrenzen auf der "Geotechnischen Risikokarte Brattashang" von 1983 wurden von den Grundeigentümern parzellenscharf ausgelegt, was wenig Sinn machte. Die Rutschgrenzen sind nur ungefähre Interpretationen der Untersuchungen. Sie können wegen des komplexen Rutschverhaltens und dessen Veränderung im Laufe der Zeit gar nicht exakt festgelegt werden. Aus diesem Grund erstellte das Geotechnische Institut der ETH Zürich 1994 eine neue "Geotechnische Risikokarte" [7], auf der die Rutschzonen mit unscharfen Grenzen dargestellt wurden.

2.3.2 Vorschriften über das Bauen im Brattashang

Der Bericht "Geotechnische Zonierung" von 1983 [9] war für die mit Bauaufträgen betrauten Ingenieure unpraktisch. So erschienen 1994 als Anleitung für Ingenieure und Gemeinde die "Vorschriften über das Bauen im Brattashang" [7], welche die alten Vorschriften des Berichtes von 1983 nach erfolgter Genehmigung durch die Gemeinde ersetzen sollen. Diese Vorschriften sind bei der Planung, Erstellung und Überwachung von Bauwerken im Brattashang einzuhalten. Die Einhaltung der Vorschriften ist eine der Voraussetzungen für die Erteilung einer Baubewilligung durch die Gemeinde (Baugesetz Art. 27 Abs. 4). Die Vorschriften beinhalten unter anderem Bestimmungen über Grundriss, Fundamente, Verankerungen, Wasserableitung und Leitungen. Aber auch bei Beachtung der Bestimmungen sind Schäden an Bauwerken nicht ausgeschlossen.

2.4 Vorhandene Messungen

2.4.1 Ältere Vermessungswerke

Im Brattashang werden schon seit vielen Jahren geodätische Oberflächenmessungen durchgeführt. Im Jahre 1920 erfolgte eine erste Grundbuchvermessung. Versuche, im Jahre 1970 eine Kontrollmessung durchzuführen, brachten nicht viel. Einerseits waren viele Messpunkte unauffindbar, andererseits war die Messgenauigkeit anno 1920 nicht sehr hoch. Immerhin waren einige Messwerte aufschlussreich, sechs Vektoren 1920-1970 wurden im Plan "Deformationsmessungen Brattashang 1981 - 1982" [9] dargestellt. Eine zweite Messkampagne fand in den Jahren 1968/79 statt. In diesem 11-Jahresintervall wurden 56 Punkte gemessen. [9]

2.4.2 Deformationsmessungen durch das Büro Toscano

Da die bisherigen Daten für eine saubere Kartierung des Verschiebungsfeldes ungenügend waren, wurden zwischen September 1981 und 1982 weitere 80 Punkte vermessen. Die Arbeiten wurden durch das Ingenieurbüro Toscano, Pontresina ausgeführt, das bereits seit 1979 Messungen für verschiedene Bauvorhaben im Brattashang vorgenommen hatte. Die Punkte befanden sich an den Enden von Klinometerrohren, auf Grenzpunkten, auf Holzpflöcken oder als Stahlstifte im Strassenbelag. 1984 bis 1992 erfolgten weitere Verschiebungsmessungen auf diesen Punkten. Die Ergebnisse aus diesen geodätischen Messungen und Klinometermessungen zeigten, dass der Hang, zeitlich betrachtet, sehr gleichmässig talwärts kriecht. Dies galt sowohl in Bezug auf die Kriechrichtung als auch auf das jährliche Verschiebungsmass. Die Verschiebungen erfolgten in der Fallinie des Hanges, im westlichen Teil nach Süden und im

östlichen Teil nach Osten. Die Verschiebungen waren im oberen Teil des Kriechgebietes am grössten und klangen hangabwärts allmählich ab. Die grössten Verschiebungen lagen im nordwestlichen Bereich und betrugen 12 bis 13 cm pro Jahr. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in den drei Plänen "Deformationsmessungen Brattashang" [9] dargestellt. Die Messungen im ganzen Gebiet wurden aber nie zusammenhängend ausgeglichen. Es wurden meist lokale Koordinaten berechnet, die nur ungefähr mit den Landeskoordinaten übereinstimmen. Für eine Verwendung zum Vergleich mit den Messungen 1998 hätten diese Koordinaten zuerst ins Landessystem transformiert werden müssen, was sich jedoch mangels Passpunkten als unmöglich erwies. [9]
Leider sind zum heutigen Zeitpunkt der grösste Teil dieser Punkte des Büros Toscano, die meist mit Nägeln oder Pflöcken versichert waren, nicht mehr vorhanden. Von den Pflöcken in den Wiesen existieren nur noch wenige, die Nägel sind unter einer neuen Asphaltschicht verschwunden.

2.4.3 Neuvermessung 1988 (Amtliche Vermessung)

Im Jahre 1988 wurde das Gebiet Brattas im Rahmen einer Neuvermessung durch das Büro Jenatsch + Co, St. Moritz, neu vermessen. Das neu erstellte Netz mit LFP3-Punkten wurde an die LFP1- und LFP2-Punkte der Umgebung angeschlossen. Die Berechnung der Polygonpunkte erfolgte 1988 nicht durch eine strenge Ausgleichung, sondern durch Berechnung der einzelnen Polygonzüge und anschliessende Verknotung der Züge. Die Polygonpunkte wurden meist mit Bolzen in Schächten, teilweise auch mit Steinen versichert. Diese Punkte sind noch in gutem Zustand. Die Koordinaten von 1988 befindet sich in der Tabelle in Anhang A2.

3 Feldmessungen 1998

3.1 Wahl der Punkte

3.1.1 Kontrollpunkte

Da die Messungen des Büros Toscano nicht weitergeführt werden konnten, musste für die Bestimmung der Verschiebungen nach einer Alternative gesucht werden. Die LFP3-Punkte der Neuvermessung von 1988, meist als Bolzen in Schächten versichert, eignen sich als Kontrollpunkte für die Überwachung des Brattashanges: Sie sind gleichmässig über das Gebiet verteilt und zudem dauerhaft versichert, was eine wichtige Bedingung für spätere Folgemessungen darstellt. Die Verschiebungen können mit diesen Kontrollpunkten für den Zeitraum 1988-1998 ermittelt werden. Damit wurde aber eine Bestimmung von Rutschungen über einen längeren Zeitraum nicht möglich und ein Vergleich mit früheren Messungen schwierig.
Für die Messungen 1998 wurden nicht alle LFP3-Punkte als Kontrollpunkte genommen, es musste eine sinnvolle Auswahl getroffen werden. Um die heutige Annahme zu überprüfen, dass die Rutschung bei der Via Maistra aufhöre, wurden zusätzlich einige LFP3-Punkte unterhalb der Via Maistra als Kontrollpunkte einbezogen. Für das Büro Toscano wurden zusätzlich zu den Kontrollpunkten drei der noch existierenden Punkte ihrer Verschiebungsmessungen in das Netz miteinbezogen, da diese weiterhin für die Überwachung einzelner Gebäude benötigt werden.

3.1.2 Lagerungspunkte

Als Lagerungspunkte wurden folgende Punkte gewählt:

Punktnummer	Klassierung	Lage
12570317	LFP2	Bergstation Chantarella-Bahn
12570318	LFP1	Hügel südlich Hotel Bären
12570321	LFP2	Bodenpunkt zum Turm der reformierten Kirche
12570324 *	LFP2	Seeufer

Tabelle 1: Lagerungspunkte

*: wurde wegen fehlender Zuverlässigkeit bei der Auswertung weggelassen

3.1.3 Benennung der Punkte

Die verwendeten Punkte wurden folgendermassen benannt:

Punkte	Verwendete Numerierung
Lagerungspunkte und Kirchtürme (LFP1/2)	Numerierung der Landesvermessung
Kontrollpunkte (LFP3)	Numerierung der Amtlichen Vermessung
Hilfspunkte	Nummern 1001 bis 1007
Punkte des Büros Toscano	Nummern 2001, 2011 und 2030

Tabelle 2: Benennung der Punkte

3.2 Angestrebte Genauigkeit

Für die neuen Koordinaten der Kontrollpunkte soll eine Genauigkeit von 1 cm in Lage und Höhe erreicht werden. Der Aufwand für eine noch genauere Bestimmung würde wenig Sinn machen, da an den Stellen mit den grössten Verschiebungen die Rutschungen bis zu ca. 10 cm pro Jahr betragen.
Während der Messzeit von gesamthaft drei Wochen rutscht der Brattashang an den extremen Stellen bis zu ca. 0.6 cm. Da dieser Wert unterhalb der gewünschten Genauigkeit liegt, kann der Hang während der Messungen als statisch betrachtet werden.

3.3 Messkonzept

Möglichst viele Punkte wurden mit GPS, einer sehr wirtschaftlichen Lösung, bestimmt. Für GPS-Messungen werden theoretisch mindestens vier Satelliten, praktisch jedoch mindestens fünf Satelliten benötigt, damit bei vorkommenden Cycle-slips (kurzzeitiger Empfangsunterbruch eines Satellitensignals) die Ambiguities (Phasenmehrdeutigkeiten) trotzdem bestimmt werden können.
Wegen der Hanglage und der starken Überbauung des Gebietes war es nicht möglich, alle Punkte mit GPS zu bestimmen. Um die einzelnen Punkte auf GPS-Tauglichkeit zu untersuchen, wurden auf allen unsicheren Punkten mit einer Bussole die Abschattungen erfasst. Daraus wurde mit Hilfe von SKI ein Sky-Plot für jeden Punkt erstellt, welcher die Information enthält, wieviele Satelliten zu einer bestimmten Zeit auf dem entsprechenden Punkt sichtbar sind und den GDOP (Güte der geometrischen Konstellation der empfangenen Satelliten) angibt. Die Punkte, welche wegen zu grosser Abschattungen nicht mit GPS bestimmt werden konnten, wurden terrestrisch gemessen und ins GPS-Netz eingebunden. Dadurch entstand ein stabiles Netz, in dem die GPS-Messungen und die terrestrischen Messungen gemeinsam ausgeglichen werden konnten. Bei der Planung des terrestrischen Netzes wurden alle möglichen Visuren zwischen den Punkten ermittelt. Da die LFP3-Punkte 1988 terrestrisch bestimmt wurden, waren die Visuren entlang der Strassen mehrheitlich vorhanden. Es mussten nur wenige zusätzliche Hilfspunkte geschaffen werden (Punkte 1001 bis 1007). Quervisuren fehlten meist, das terrestrische Netz bestand vorwiegend aus Polygonzügen. Die Enden der Polygonzüge wurden wenn möglich auf GPS-Punkte gelegt und das Netz verstärkt, indem von diesen Endpunkten zur Orientierung des Zuges mindestens ein anderer GPS-Punkt, bzw. einer der Kirchtürme angezielt wurde. Der Netzplan der Messungen befindet sich in Anhang A6.

3.4 GPS-Messungen

3.4.1 Instrumente

Für die Messungen standen sieben GPS-Empfänger der Firma Leica, System 200 und 300, zur Verfügung. Die Genauigkeiten dieser Geräte betragen gemäss Herstellerangabe 5 mm + 1 ppm in der Lage und das Doppelte in der Höhe.

Die Instrumentenkontrolle vor der Messkampagne ergab Antennenexzentrizitäten von ca. 2 mm. Obwohl diese Werte unter der Messgenauigkeit liegen, wurden die Antennen für die Messungen immer nach Norden ausgerichtet.

3.4.2 Wahl des Beobachtungsverfahrens

Um Zentimetergenauigkeit zu erreichen, ist das Messen im differentiellen Modus mit Phasenauswertung erforderlich. Bei der Messung der Lagerungspunkte erfolgte die Messung mit der statischen Methode, bei der alle Empfänger gleichzeitig längere Zeit messen. Bei der Messung der Kontrollpunkte im Rapid Static-Verfahren diente eine Basisstation als Referenz, auf der ständig gemessen wurde. Die übrigen Empfänger, die sog. Rover, bewegten sich von Punkt zu Punkt. Die Auswertung der Daten erfolgte bei beiden Verfahren im Büro (post processing).

3.4.3 Messungen

In einer ersten GPS-Kampagne wurden am 21. Juli 1998 die Lagerungspunkte gemessen. Anschliessend wurden am 23., 24. und 27. Juli 1998 GPS-Kampagnen durchgeführt, in denen die einzelnen Kontrollpunkte gemessen wurden. Aus dem Netzplan in Anhang A6 ist ersichtlich, welche Punkte mit GPS bestimmt wurden.

a) Lagerungspunkte

Die vier Lagerungspunkte (12570317, 12570318, 12570321, 12570324) wurden in einer einstündigen Session mit vier Instrumenten bestimmt und die Güte der Lagerungspunkte mit einer provisorischen Helmerttransformation auf die Landeskoordinaten überprüft. Dabei stellte sich heraus, dass der Punkt 12570324 schlecht mit den anderen Punkten zusammenpasste. Deshalb wurde er für die Transformation nicht verwendet. Die Restklaffungen der übrigen drei Punkte betrugen nur wenige Millimeter, womit angenommen werden konnte, dass diese drei Punkte ausserhalb des Rutschgebietes liegen.
Als definitive Lagerungspunkte wurden somit die drei Punkte 12570317, 12570318 und 12570321 gewählt, im Bewusstsein, dass es sich dabei um eine minimale Netzlagerung handelt.

b) Kontrollpunkte

Für die Messungen der Kontrollpunkte wurden die Punkte 12570317 und 12570318 (Reserve) als GPS-Referenzpunkte gewählt und ununterbrochen mit zwei Geräten gemessen. Mit den restlichen fünf Geräten, den sog. Rovern, wurden die einzelnen Kontrollpunkte individuell jeweils während 15 Minuten gemessen, die Messungen erfolgten also nicht sessionsweise.
Jeder Punkt wurde zweimal zu unterschiedlichen Tageszeiten gemessen, um mit verschiedenen Satellitenkonstellationen möglichst unabhängige Messungen zu erhalten. Zudem wurden die Punkte jeweils von zwei verschiedenen Personen und mit verschiedenen Geräten gemessen.

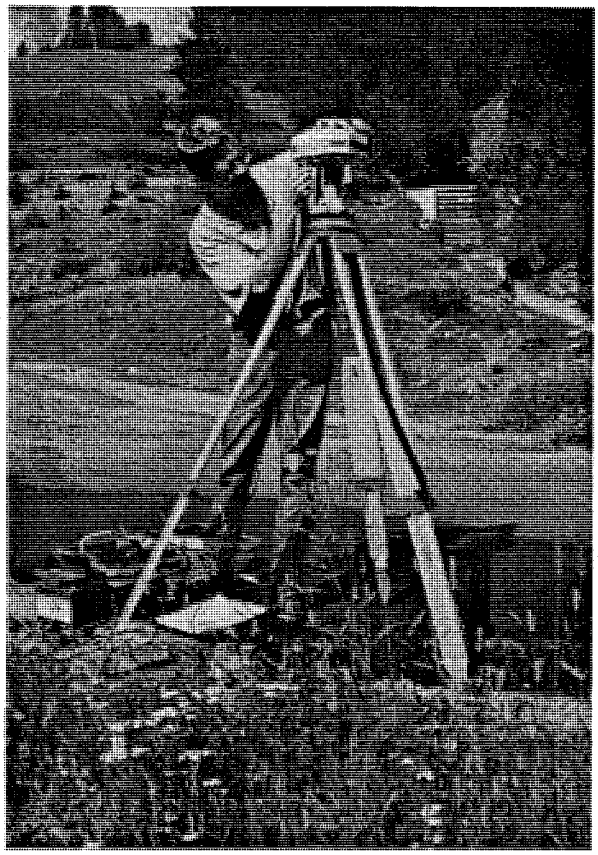


Abbildung 7: Möglichst viele Punkte wurden mit GPS gemessen, da diese Methode sehr wirtschaftlich ist. Die gute Planung der Kampagne und die Koordination per Funk lohnten sich, die Messungen konnten relativ reibungslos und speditiv innerhalb von drei Tagen erledigt werden.

3.5 Terrestrische Messungen

3.5.1 Instrumente

Für die Messungen wurden zwei motorisierte Theodolite TCA 1100 bzw. 1800 der Firma Leica mit PCMCIA-Speicherkarte verwendet. Die Messungen wurden im GSI 8-Format gespeichert. Die Standardabweichungen für diese Geräte betragen gemäss Herstellerangaben:

- TCA 1100: 10 ^{cc} für die Horizontal- und Vertikalwinkel sowie 2 mm + 2 ppm für die Distanzmessung
- TCA 1800: 3 ^{cc} für die Horizontal- und Vertikalwinkel sowie 2 mm + 2 ppm für die Distanzmessung

Für das Aufstellen der Instrumente und die Signalisation der Punkte mit Reflektoren wurden Holzstative von Wild verwendet. Bei einigen Punkten waren Verlängerungen für die Reflektoren nötig, um die Sichtverbindung herzustellen.

3.5.2 Instrumentenkorrekturen

Die Additionskonstanten der beiden Tachymeter lagen unterhalb der Messgenauigkeit (TCA 1100: 0.7 mm, TCA 1800: 0.0 mm) und konnten deshalb vernachlässigt werden. Beide Instrumente verfügen über einen Zweiachs-Flüssigkeitskompensator, der die Restschiefe der Stehachse korrigiert. Weitere Instrumentenfehler wurden durch Messen in zwei Lagen eliminiert.

3.5.3 Messungen

Die terrestrischen Messkampagnen fanden vom 29.-31. Juli und am 4./5. August 1998 statt. Auf jeder Station wurde eine Satzmessung mit zwei Sätzen durchgeführt. Bei Unsicherheiten und Problemen wurde ein zusätzlicher Satz gemessen.
Das terrestrische Netz bestand wegen fehlender Quervisuren meist nur aus Polygonzügen. Zur Verbesserung der Orientierung (um eine Verdrehung der Polygonzüge zu verhindern) wurden, wo eine Visur möglich war, GPS-Punkte und folgende Kirchtürme angezielt:

- Kirchturm der reformierten Kirche (Punkt 12579321)
- Kirchturm der katholischen Kirche (Punkt 12579319)

Für die spätere Aufbereitung der Tachymetermessungen mit GRICAL mussten im Feld Codeblöcke registriert werden. Diese beschreiben jeweils die Charakteristiken der Messungen (Punktnummern, Instrumenten- und Zielhöhen, Meteowerte etc.).

Der Netzplan der Messungen befindet sich in Anhang A6.



Abbildung 8: In der terrestrischen Messkampagne wurden alle Kontrollpunkte gemessen, welche nicht mit GPS bestimmt werden konnten. Zwei Messequipen benötigten fünf Tage für alle terrestrischen Messungen.

4 Auswertung

4.1 Aufbereitung der Messdaten für LTOP

4.1.1 GPS-Messungen

Mit dem Programmpaket SKI (Version 2.2) von Leica können GPS-Messungen ausgewertet und in beliebige geodätische Systeme transformiert werden. Von der Referenz müssen für die Auswertung auf 10 m genaue Näherungskoordinaten im WGS84-System vorhanden sein. Für alle Sessionen wurde Punkt 12570317 als Referenz gewählt. Mit Hilfe der GRANIT-Parameter wurden in SKI aus den bekannten Landeskoordinaten die WGS84-Koordinaten für diesen Punkt berechnet.
Mit SKI werden die Basislinien, dreidimensionale Vektoren vom Referenz-Punkt zu den sog. Rover-Punkten, berechnet. Die Ausgleichung in LTOP erfordert eine sessionenweise Einführung der GPS-Messungen. Da diese hier nicht sessionenweise erfolgten, mussten bei der Auswertung mit SKI künstliche Sessionen geschaffen werden.
Die resultierenden WGS84-Koordinaten wurden mit Hilfe der GRANIT-Parameter in genäherte Landeskoordinaten transformiert. Die ellipsoidischen Höhen mussten noch um die Geoidundulationen korrigiert und damit in orthometrische Höhen umgerechnet werden. Das Programm LAG schätzt aus einem Massenmodell mit 500 m-Raster die Geoidundulationen und Lotabweichungen. Das Massenmodell setzt sich aus der sichtbaren Topographie, der unterschiedlichen Krustenmächtigkeit und aus Modellen der Überlappung des Ivrea-Körpers und der Moho-Diskontinuität zusammen. Die Geoidundulationen können dabei mit einer Genauigkeit von wenigen Zentimetern berechnet werden. Sie betragen in St. Moritz ca. 3.2 m und varieren kaum (um 1.3 cm). Die ebenfalls von LAG berechneten Lotabweichungen wurden wegen der geringen Ausdehnung des Gebietes nicht benötigt.

4.1.2 Terrestrische Messungen

GRICAL ist ein Programm, welches für die Amtliche Vermessung entwickelt wurde. Es dient der Bereinigung der terrestrischen Messungen und der Aufbereitung von Files für das Ausgleichungsprogramm LTOP. Die Bereinigung in GRICAL umfasst die Mittelbildung der beiden Lagen, eine Prüfung auf grobe Fehler und das Anbringen der Meteokorrektur.
Da es in der Amtlichen Vermessung nicht üblich ist, Stationen mit mehreren Sätzen zu messen, berechnet GRICAL keine Satzmittel. Alle gemessenen Sätze werden einzeln in LTOP eingeführt. Auf die Fehlerellipsen hat dies zwar praktisch keinen Einfluss, aber die Zuverlässigkeitsrechtecke werden zu klein (z.B. erscheint ein Punkt mit einer einzigen Messung von einer Station mit zwei Sätzen als zuverlässig, obschon die Messung unkontrolliert ist).

4.1.3 Näherungskoordinaten

In LTOP werden die Verschiebungsvektoren als Differenz zwischen den definitiven Koordinaten und den Näherungskoordinaten berechnet. Um die Verschiebungen zwischen 1988 und 1998 zu erhalten, wurden für die Kontrollpunkte die Koordinaten von 1988 als Näherungskoordinaten

verwendet. Für die neuen Hilfspunkte, für welche noch keine alten Koordinaten vorlagen, wurden mit dem Programm NAEKO Näherungskoordinaten berechnet.

4.2 Ausgleichung mit LTOP

4.2.1 Freies Netz

Zur Beurteilung der Qualität der Messungen erfolgte zuerst die Berechnung eines freien Netzes. Die Lagerung erfolgte auf zwei Fixpunkte mit Einführung eines Massstabsfaktors. Punkt 12570318 wurde als Festpunkt in Lage und Höhe angenommen, Punkt 12570317 als Festpunkt in der Lage und Neupunkt in der Höhe. Die übrigen Punkte wurden als Neupunkte in Lage und Höhe eingeführt.
Unter der Annahme, dass sich Orientierung und Massstab des GPS-Systems nicht verändern, konnten für alle Sessionen ein gemeinsamer Massstabsfaktor und gemeinsame Rotationsparameter geschätzt werden. Nur die Translationsparameter mussten für jede Session individuell bestimmt werden.

Durch Variation der a priori-Werte wurde ein Modell mit möglichst realitätsnahen Annahmen gebildet (Quotienten a posteriori / a priori der verschiedenen Beobachtungsgruppen sollten möglichst 1 ergeben). Für die definitive Ausgleichung wurden schliesslich folgende a priori-Werte gewählt:

Lageausgleichung:	
Zentrierfehler	1.5 mm
m.F. von Richtungen (TCA 1800)	3 cc [1)]
m.F. von Richtungen (TCA 1100)	3 cc [1)]
Distanzen (AD/MS/a/b/c/Gerät)	0 1 1 1 0 TCA [2)]
Lagegenauigkeit GPS	5 mm

Tabelle 3: a priori-Werte Lageausgleichung

[1)]: Obschon die beiden Tachymeter gemäss Herstellerangabe (Leica) unterschiedliche Richtungsgenauigkeiten aufweisen (vgl. Kap. 3.5.1), ergab sich das bessere Resultat bei Einsetzen gleicher Richtungsgenauigkeiten a priori für beide Geräte. Der Einfluss der Zentrierung wirkte sich bei den vorkommenden kurzen Zielweiten viel stärker aus als die unterschiedliche Richtungsmessgenauigkeit der beiden Geräte. Möglicherweise wurde mit dem TCA 1800 durchschnittlich schlechter zentriert als mit dem TCA 1100, was die unterschiedlichen a posteriori-Werte und Quotienten der beiden Richtungsgruppen erklären könnte.
[2)]: = Massstabsunbekannte eingeführt, Distanzgenauigkeit 1mm+1ppm

Höhenausgleichung:	
Höhenwinkel	3 cc
Distanzen	1 mm
IH-SH	2 mm
Refraktionskoeffizient 0.13	0.06
Höhengenauigkeit GPS	12 mm

Tabelle 4: a priori-Werte Höhenausgleichung

Aus der Ausgleichung des freien Netzes ergaben sich folgende Resultate:

Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen:			
	A priori (σ_o)	**A posteriori** (s_o)	**Quotient** (s_o/σ_o)
Distanzen (m.F. für 1 km)	2.5 mm	2.5 mm	0.98
Richtungen (TCA 1800)	3.1 cc	4.6 cc	1.47
Richtungen (TCA 1100)	3.1 cc	2.6 cc	0.83
Koordinaten (GPS)	5.0 mm	5.3 mm	1.06
Höhendiff (m.F. für 1 km)	6.9 mm	6.1 mm	0.88
Höhen (GPS)	12.0 mm	12.1 mm	1.01

Tabelle 5: Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen (Freies Netz)

Totale mittlere Fehlerquotienten:	
Lage	1.08
Höhe	0.91

Tabelle 6: Totale mittlere Fehlerquotienten (Freies Netz)

4.2.2 Gezwängtes Netz

Die Lagerung erfolgte auf die drei Punkte 12570317, 12570318 und 12570321. Zuerst wurde eine Lagerung auf vier Punkte gewählt (zusätzlich Punkt 12570324), allerdings resultierten daraus relativ grosse standardisierte Verbesserungen und grosse Quotienten. Bereits im Vermessungskurs wurde festgestellt, dass der Punkt 12570324 nicht gut mit den anderen Lagerungspunkten zusammenpasst. Ausserdem liegt von diesem Punkt nur eine Messung vor, weshalb er nicht zuverlässig bestimmt ist. Der Punkt 12570324 wurde deshalb als Lagerungspunkt weggelassen und nicht mehr weiter verwendet.
Die beiden Kirchtürme, welche der Netzverstärkung dienen, wurden als Neupunkte eingeführt. Die katholische Kirche (Punkt 12579319) liegt im Grenzbereich des Rutschgebietes und die reformierte Kirche (Punkt 12579321) nicht weit davon entfernt. Eine Rutschung darf deshalb nicht ausgeschlossen werden.

Aus der Ausgleichung des gezwängten Netzes mit denselben a priori-Annahmen wie beim freien Netz ergaben sich folgende Resultate:

Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen:			
	A priori (σ_o)	**A posteriori** (s_o)	**Quotient** (s_o/σ_o)
Distanzen (m.F. für 1 km)	2.5 mm	2.5 mm	1.01
Richtungen (TCA 1800)	3.1 cc	4.7 cc	1.49
Richtungen (TCA 1100)	3.1 cc	2.7 cc	0.84
Koordinaten (GPS)	5.0 mm	5.7 mm	1.13
Höhendiff (m.F. für 1 km)	6.9 mm	6.2 mm	0.90
Höhen (GPS)	12.0 mm	13.8 mm	1.15

Tabelle 7: Mittlere Fehler der Beobachtungsgruppen bei Lagerung auf Punkte 12570317, 12570318 und 12570321.

Totale mittlere Fehlerquotienten:	
Lage	1.11
Höhe	0.95

Tabelle 8: Totale mittlere Fehlerquotienten bei Lagerung auf Punkte 12570317, 12570318 und 12570321.

Diese Werte unterscheiden sich nur wenig von denjenigen des freien Netzes. Der Grund liegt bei der schwachen Lagerung des Netzes auf nur drei Punkte. Ein Auszug aus dem LTOP-Resultatfile befindet sich in Anhang A3.

5 Resultate

5.1 Definitive Koordinaten der Messungen 1998

Eine Tabelle mit den definitiven Landeskoordinaten befindet sich in Anhang A1. Die Lagerung erfolgte auf die Punkte 12570317, 12570318 und 12570321. Die durchschnittliche Genauigkeit der Koordinaten liegt, abgeschätzt nach der Grösse der Fehlerellipsen, in der Lage bei etwa 5 mm und in der Höhe bei etwa 10 mm. Die angestrebte Genauigkeit von 10 mm in Lage und Höhe wurde also erreicht, für die Lage wurde sogar eine höhere Genauigkeit erzielt.

5.2 Verschiebungsvektoren 1988-1998

Die aus den Messungen erhaltenen Verschiebungsvektoren (Tabelle in Anhang A2) benötigten noch eine Bereinigung. Die neuen Koordinaten weisen zwar eine Genauigkeit von 0.5 cm in der Lage und 1 cm in der Höhe auf, für die Koordinaten von 1988 wird aber eine Genauigkeit von 1-3 cm angenommen. Vektoren unterhalb dieser Grösse fehlen auf dem Plan (Anhang A4), da sie keine gesicherte Aussage ermöglichen. Bei Grenzfällen wurden die Vektoren fallweise auf Plausibilität untersucht.
Punkt 576 weist eine Höhenverschiebung von +9 cm auf. Alle Punkte in der Umgebung weisen aber eine geringe Senkung auf, weshalb ein typischer Dezimeterfehler angenommen werden kann. 1998 wurde der Punkt mehrfach gemessen (GPS und terrestrisch) und damit zuverlässig bestimmt, der Fehler wird bei den Koordinaten von 1988 vermutet.
In Anhang A4 sind die Verschiebungen dieser zehn Jahre in Lage und Höhe dargestellt. Die Vektoren zeigen das erwartete Verhalten des Rutschhanges: Im oberen Bereich sind die Bewegungen gross, gegen unten werden sie kleiner und laufen an der Via Maistra aus.

5.3 Vergleich mit den Rutschungsmessungen 1982-1984

Um Aussagen über das langfristige Verhalten des Brattashanges machen zu können, wurden die erhaltenen Verschiebungsvektoren mit älteren Messungen verglichen. Dazu wurden die Verschiebungsmessungen 1982-1984 gewählt, da aufgrund dieser Daten durch das Geotechnische Institut der ETH Zürich die "Geotechnische Risikokarte Brattashang" [9] erstellt wurde, auf welche die Nutzungsplanung der Gemeinde abstützt. Bei den Messungen 1982 und 1984 wurden die damaligen Kontrollpunkte durch das Ingenieurbüro Toscano vermessen und die Verschiebungsvektoren in der Karte "Deformationsmessungen Brattashang, Verschiebungsvektoren 1:1, 1981-1982-1984" [9] dargestellt.
Um die neuen Verschiebungsvektoren mit denjenigen von 1982-1984 vergleichen zu können, wurde das Gebiet für beide Messperioden in Bereiche mit Verschiebungen von 0, 1, 3 und 5 cm pro Jahr eingeteilt (siehe Anhang A5). Mit Hilfe dieser Linien können die Bewegungen besser verglichen werden als mit den Vektoren, da bei den beiden Messungen nicht die gleichen Punkte gemessen werden konnten. Die Linien stellen aber nur ungefähre Interpolationen dar und sind keinesfalls als genaue Grenzen zu verstehen!

Der Vergleich der Rutschungsmessungen, unter Mithilfe von Dipl. Ing. Ivo Sterba vom Institut für Geotechnik der ETH Zürich, zeigte einige Unterschiede auf:

- Im Gebiet Brattas sind die Verschiebungsgeschwindigkeiten 1988-1998 meist kleiner als 1982-1984. Allerdings darf daraus nicht auf eine Verlangsamung der Rutschungsbewegungen geschlossen werden. Das Verhalten des Hanges ist über die Zeit nicht konstant, unterschiedliche Niederschlagsmengen und -intensitäten haben einen grossen Einfluss.
- Im östlichen Bereich (Gebiet Ruinatsch) verläuft die Null-Linie nach den neuen Erkenntnissen anders: Bei den Messungen von 1982-1984 [9] verläuft die Null-Linie weiter nordwestlich als bei den neuen Messungen, wo die Punkte auf der Via Maistra Verschiebungen aufweisen und die Null-Linie somit südöstlich davon angenommen wird. In der "Geotechnischen Risikokarte Brattashang" von 1994 [7] ist die Null-Linie im Gebiet Ruinatsch aufgrund einer Ergänzungsmessung von 1992 mit einem Fragezeichen versehen, offenbar war der Verlauf damals nicht klar.
- Der Turm der katholischen Kirche (Punkt 12579319) weist in der Periode 1988-1998 eine Verschiebung von ca. 4 cm auf. 1984 wurde bei der katholischen Kirche hingegen keine Verschiebung festgestellt und angenommen, dass sie auf Fels steht. In der "Geotechnischen Risikokarte Brattashang" von 1994 [7] ist allerdings die Begrenzung der Rutschmasse bei der Kirche als unsicher bezeichnet worden. Daher kann aufgrund der neuen Erkenntnisse angenommen werden, dass die Null-Linie knapp südlich der Kirche durchläuft und damit der Felsriegel erst dort beginnt.
- Im südwestlichen Gebiet bestätigen die neuen Verschiebungsvektoren die Messungen von 1982-1984: Die Null-Linie verläuft oberhalb der Punkte 612, 602 und 603 hangaufwärts, die Punkte südwestlich der Linie weisen keine Rutschungen auf. 1982 waren in diesem Bereich noch Verschiebungen festgestellt worden. Da die Gebäude hier aber keine Schäden aufweisen und auch die Standseilbahn zur Chantarella keine Probleme mit Verschiebungen hat, kann dieses Gebiet als fest angenommen werden.
- Die Turmspitze der reformierten Kirche (Punkt 12579321) weist in der Periode 1988-1998 eine Verschiebung von ca. 4 cm auf, allerdings Richtung Nordwesten. Als Ursache werden entweder leichte Fundamentsetzungen oder der Einfluss der Sonneneinstrahlung (Bewegungen des Turmspitzes) vermutet.

5.4 Folgerungen für die Nutzungsplanung

Der Rutschhang Brattas weist im wesentlichen immer noch das gleiche Verhalten wie während der Messperiode 1982-1984 auf. Die Rutschgeschwindigkeiten haben sich allgemein verlangsamt. Da sie aber im Laufe der Zeit schwanken, u.a. beeinflusst durch die Niederschläge, kann dies nicht verallgemeinert werden, eine Aussage wäre zu unsicher.
Die "Geotechnische Risikokarte Brattashang" von 1994 ist nach den neuen Erkenntnissen immer noch gültig. Die Ausdehnung der Zone mit günstigerer Prognose innerhalb der Gefahrenzone II (neutraler Bereich) wird auch mit den Messungen von 1998 bestätigt, leichte Schwankungen der Rutschgeschwindigkeiten sind in der unscharfen Begrenzung enthalten.
Die Messungen bestätigen auch die Abgrenzung der Gefahrenzonen I und II. Die Bereiche mit Verschiebungen über 5 cm pro Jahr oder mit grosser Geländeneigung eignen sich nicht zum Bauen und sind im Zonenplan von 1984 der Gefahrenzone I zugeteilt worden. Gemäss Baugesetz [3] dürfen in der Gefahrenzone I keine Bauten erstellt werden, die dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen können. Da sich die Verschiebungen in diesen Bereichen kaum geändert haben, können diese Abgrenzungen mit unseren Messungen bestätigt werden.

6 Ausblick

Das Resultat der vorliegenden Arbeit sind die Koordinaten der Kontrollpunkte von 1998 und die Verschiebungsvektoren der Kontrollpunkte von 1988-1998. Leider war ein direkter Vergleich mit früheren Verschiebungsmessungen nicht möglich, da diese Punkte meist nicht mehr existierten. Die Verschiebungen liessen sich aber trotzdem erstaunlich gut miteinander vergleichen. Das Rutschverhalten des Hanges hat sich im wesentlichen nicht geändert, doch konnten einige Unterschiede zu früheren Messungen festgestellt werden, die neue Aussagen über die Geologie ermöglichen. Die Einteilung der Gefahrenzonen im Zonenplan und der Bereiche in der Risikokarte wurden durch die neuen Messungen bestätigt.

Die Anzahl der Lagerungspunkte der Messungen von 1998 ist minimal. Die drei gewählten Punkte 12570317, 12570318 und 12570321 liegen zudem ziemlich nahe am Rutschgebiet, womit sie nicht mit letzter Sicherheit als fest angenommen werden können. Immerhin bestätigen die Verschiebungsvektoren die Richtigkeit der Lagerung. Für zukünftige Messungen ist eine Verbesserung der Lagerung empfehlenswert. Zusätzlich sollten Lagerungspunkte in grösserer Entfernung des Rutschhanges gemessen werden.

Um eine bessere Aussage über die Abgrenzung des Rutschgebietes machen zu können, müssten noch weitere Kontrollpunkte ausserhalb des Rutschhanges gemessen werden. Weiter wären im Bereich der Stauchzone Messungen mit einer höheren Genauigkeit wünschenswert, um allfällige geringe Hebungen feststellen zu können. Diese könnten zum Beispiel mittels eines Nivellementes entlang der Via Maistra erfolgen.

7 Literaturverzeichnis

[1] Angst, R., Tschudi, D. (1998): Hangrutschung Brattas, St. Moritz. Diplomarbeit ETH Zürich.

[2] Cantaluppi, D., Dünner, J.Th. (1999): Hangrutschung Brattas, St. Moritz. Diplomarbeit ETH Zürich.

[3] Gemeinde St. Moritz (1984): Baugesetz vom 8. April 1984.

[4] Gemeinde St. Moritz (1971): Zonenplan 1:10'000.

[5] Gemeinde St. Moritz (1984): Zonenplanänderungen 1:10'000.

[6] Häfeli, R. (1974): Der schiefe Turm von St. Moritz im Vergleich zum schiefen Turm von Pisa. Schweizerische Bauzeitung, Nr. 16. Zürich.

[7] Institut für Geotechnik, ETH Zürich (1994): Brattas-Hang, St. Moritz. Vorschriften über das Bauen im Brattas-Hang. Bericht 3922/24. Zürich.

[8] Institut für Grundbau und Bodenmechanik, ETH Zürich (1979): Schiefer Turm St. Moritz. Sondierbohrungen September 1978. Bericht 3676/6. Zürich.

[9] Institut für Grundbau und Bodenmechanik, ETH Zürich (1983): Brattas Hang, St. Moritz. Geotechnische Zonierung. Bericht Nr. 3922/4. Zürich.

[10] Mayer, C.M. (1983): Sanierungsarbeiten am Schiefen Turm von St. Moritz. Schweizer Baublatt, Nr. 68. Rüschlikon.

[11] Wullimann, R., Schneller, F. (1990): Der schiefe Turm von St. Moritz. Mitteilungen des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik, ETH Zürich, Nr. 137. Zürich.

Anhang

Anhang A1: Koordinatenverzeichnis DVK 1998

Lagerung auf den Punkten 12570317, 12570318, 12570321

Genauigkeit der neu bestimmten Kontrollpunkte:
$\sigma_{Y,X} = 0.5$ cm $\sigma_{H} = 1$ cm

Punkt-nummer	Klassierung	Y [m]	X [m]	H [m]
1	LFP3	784252.768	152494.666	1833.058
2	LFP3	784233.719	152496.801	1833.326
5	LFP3	784277.039	152528.269	1834.371
6	LFP3	784290.776	152544.126	1839.095
18	LFP3	784356.925	152556.501	1843.202
19	LFP3	784360.567	152535.112	1844.763
504	LFP3	784802.164	152986.510	1831.670
505	LFP3	784737.345	152909.613	1837.383
507	LFP3	784695.134	152932.062	1827.655
508	LFP3	784617.587	152999.754	1858.902
509	LFP3	784554.428	152980.142	1876.827
510	LFP3	784489.638	152976.092	1903.478
511	LFP3	784466.199	152922.939	1902.665
513	LFP3	784421.503	152818.156	1898.347
515	LFP3	784347.377	152732.242	1890.329
516	LFP3	784331.985	152695.808	1874.004
517	LFP3	784299.111	152665.201	1870.164
518	LFP3	784258.126	152683.642	1885.415
519	LFP3	784179.124	152726.318	1910.910
520	LFP3	784096.110	152765.406	1930.363
523	LFP3	784683.730	152814.165	1842.506
524	LFP3	784649.904	152772.432	1843.541
525	LFP3	784619.765	152762.070	1849.480
527	LFP3	784536.676	152692.255	1845.792
528	LFP3	784438.260	152628.549	1847.884
529	LFP3	784395.584	152587.282	1845.907
530	LFP3	784314.693	152538.789	1839.975
531	LFP3	784264.745	152563.324	1837.487
558	LFP3	784655.970	152841.608	1855.809
559	LFP3	784607.623	152826.057	1854.239
560	LFP3	784552.283	152807.461	1869.387
561	LFP3	784504.689	152743.042	1861.702
562	LFP3	784449.434	152684.865	1854.888
564	LFP3	784534.124	152736.826	1852.284
566	LFP3	784579.570	152835.123	1865.914
567	LFP3	784588.108	152886.227	1861.679
569	LFP3	784524.291	152888.156	1878.484
574	LFP3	784378.988	152675.802	1867.652
575	LFP3	784331.609	152654.714	1869.309
576	LFP3	784369.471	152695.054	1878.790

Punkt-nummer	Klassierung	Y [m]	X [m]	H [m]
577	LFP3	784374.975	152769.152	1893.884
578	LFP3	784400.040	152736.975	1885.374
579	LFP3	784416.415	152754.076	1887.475
581	LFP3	784464.058	152796.532	1885.199
582	LFP3	784467.390	152862.878	1892.649
585	LFP3	784444.607	152917.779	1910.427
586	LFP3	784415.405	152877.688	1913.606
587	LFP3	784368.915	152835.118	1912.022
588	LFP3	784337.329	152803.926	1907.262
591	LFP3	784436.653	152721.865	1874.810
592	LFP3	784389.060	152661.058	1866.189
593	LFP3	784326.174	152604.258	1858.326
594	LFP3	784268.055	152611.328	1856.474
595	LFP3	784342.685	152576.426	1848.291
597	LFP3	784406.959	152637.346	1856.410
598	LFP3	784370.015	152594.863	1846.439
599	LFP3	784281.042	152647.828	1867.669
600	LFP3	784250.256	152634.933	1859.004
601	LFP3	784206.350	152639.400	1860.290
602	LFP3	784161.451	152634.170	1863.147
603	LFP3	784122.743	152642.868	1876.287
605	LFP3	784177.803	152697.164	1890.624
606	LFP3	784102.436	152628.233	1882.529
610	LFP3	784126.249	152608.116	1868.006
611	LFP3	784177.879	152587.700	1853.818
612	LFP3	784209.834	152602.123	1844.457
806	LFP3	784351.901	152791.049	1906.051
865	LFP3	784745.146	153114.590	1809.104
905	LFP3	784623.609	152649.942	1841.723
951	LFP3	784770.922	153016.449	1826.882
952	LFP3	784694.068	153036.085	1822.375
2001	Punkt Büro Toscano	784784.812	152943.391	1840.251
2011	Punkt Büro Toscano	784235.424	152474.751	1832.607
2030	Punkt Büro Toscano	784416.506	152911.674	1921.825
12570317[1)]	LFP2	783919.970	152819.190	2004.280
12570318[1)]	LFP2	784760.820	152791.450	1856.990
12570321[1)]	LFP2	784208.670	152499.620	1834.850
12579319[2)]	LFP2	784584.998	152794.242	1881.600
12579321[2)]	LFP2	784316.022	152504.668	1910.270

[1)]: Lagerungspunkte; Koordinaten aus Fixpunktprotokollen und Fixpunktkarten aus der Landesvermessung übernommen

[2)]: Netzverstärkende Punkte: Höhe 1998 nicht neu bestimmt, bestehende Höhe übernommen aus Fixpunktprotokollen und Fixpunktkarten aus der Landesvermessung

Anhang A2: Verschiebungen 1988 - 1998

Punkt-nummer	Klassierung	Koordinaten 1988			Koordinaten DVK 1998			Verschiebungen 1988-1998			Verschiebungs-geschwindigkeit
		Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]	dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	[mm/Jahr]
		$\sigma_{Y,X,H}$ = 1-3 cm			$\sigma_{Y,X}$ = 0.5 cm		σ_H = 1 cm				
1	LFP3	784252.777	152494.669	1833.063	784252.768	152494.666	1833.058	-1	0	-1	1
2	LFP3	784233.724	152496.804	1833.330	784233.719	152496.801	1833.326	-1	0	0	1
5	LFP3	784277.041	152528.277	1834.381	784277.039	152528.269	1834.371	0	-1	-1	1
6	LFP3	784290.767	152544.140	1839.101	784290.776	152544.126	1839.095	1	-1	-1	2
18	LFP3	784356.918	152556.521	1843.200	784356.925	152556.501	1843.202	1	-2	0	2
19	LFP3	784360.571	152535.120	1844.773	784360.567	152535.112	1844.763	0	-1	-1	1
504	LFP3	784802.114	152986.535	1831.674	784802.164	152986.510	1831.670	5	-2	0	6
505	LFP3	784737.314	152909.624	1837.393	784737.345	152909.613	1837.383	3	-1	-1	3
507	LFP3	784695.101	152932.028	1827.674	784695.134	152932.062	1827.655	3	3	-2	5
508	LFP3	784617.141	152999.718	1859.025	784617.587	152999.754	1858.902	45	4	-12	46
509	LFP3	784553.836	152980.106	1876.989	784554.428	152980.142	1876.827	59	4	-16	61
510	LFP3	784488.821	152976.087	1903.680	784489.638	152976.092	1903.478	82	1	-20	84
511	LFP3	784465.765	152923.101	1902.701	784466.199	152922.939	1902.665	43	-16	-4	46
513	LFP3	784421.333	152818.326	1898.384	784421.503	152818.156	1898.347	17	-17	-4	24
515	LFP3	784347.307	152732.431	1890.362	784347.377	152732.242	1890.329	7	-19	-3	20
516	LFP3	784331.936	152695.981	1874.029	784331.985	152695.808	1874.004	5	-17	-3	18
517	LFP3	784299.088	152665.352	1870.184	784299.111	152665.201	1870.164	2	-15	-2	15
518	LFP3	784258.077	152683.904	1885.494	784258.126	152683.642	1885.415	5	-26	-8	28
519	LFP3	784179.065	152726.627	1911.008	784179.124	152726.318	1910.910	6	-31	-10	33
520	LFP3	784096.012	152765.745	1930.514	784096.110	152765.406	1930.363	10	-34	-15	38
523	LFP3	784683.707	152814.170	1842.518	784683.730	152814.165	1842.506	2	-1	-1	3
524	LFP3	784649.888	152772.435	1843.558	784649.904	152772.432	1843.541	2	0	-2	2
525	LFP3	784619.751	152762.074	1849.491	784619.765	152762.070	1849.480	1	0	-1	2
527	LFP3	784536.670	152692.255	1845.812	784536.676	152692.255	1845.792	1	0	-2	2
528	LFP3	784438.253	152628.548	1847.907	784438.260	152628.549	1847.884	1	0	-2	2

Punkt-nummer	Klassierung	Koordinaten 1988			Koordinaten DVK 1998			Verschiebungen 1988-1998			Verschiebungs-geschwindigkeit
		Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]	dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	[mm/Jahr]
529	LFP3	784395.573	152587.296	1845.908	784395.584	152587.282	1845.907	1	-1	0	2
530	LFP3	784314.684	152538.806	1839.985	784314.693	152538.789	1839.975	1	-2	-1	2
531	LFP3	784264.748	152563.331	1837.497	784264.745	152563.324	1837.487	0	-1	-1	1
558	LFP3	784655.946	152841.614	1855.819	784655.970	152841.608	1855.809	2	-1	-1	3
559	LFP3	784607.562	152826.065	1854.235	784607.623	152826.057	1854.239	6	-1	0	6
560	LFP3	784552.178	152807.492	1869.400	784552.283	152807.461	1869.387	11	-3	-1	11
561	LFP3	784504.631	152743.097	1861.686	784504.689	152743.042	1861.702	6	-6	2	8
562	LFP3	784449.374	152684.941	1854.886	784449.434	152684.865	1854.888	6	-8	0	10
564	LFP3	784534.115	152736.836	1852.300	784534.124	152736.826	1852.284	1	-1	-2	2
566	LFP3	784579.305	152835.190	1865.925	784579.570	152835.123	1865.914	26	-7	-1	27
567	LFP3	784587.930	152886.231	1861.717	784588.108	152886.227	1861.679	18	0	-4	18
569	LFP3	784524.115	152888.194	1878.522	784524.291	152888.156	1878.484	18	-4	-4	18
574	LFP3	784378.935	152675.945	1867.664	784378.988	152675.802	1867.652	5	-14	-1	15
575	LFP3	784331.587	152654.865	1869.319	784331.609	152654.714	1869.309	2	-15	-1	15
576	LFP3	784369.418	152695.220	1878.704	784369.471	152695.054	1878.790	5	-17	9[1)]	17[2)]
577	LFP3	784374.874	152769.327	1893.923	784374.975	152769.152	1893.884	10	-17	-4	21
578	LFP3	784399.966	152737.151	1885.373	784400.040	152736.975	1885.374	7	-18	0	19
579	LFP3	784416.310	152754.222	1887.474	784416.415	152754.076	1887.475	10	-15	0	18
581	LFP3	784463.931	152796.643	1885.234	784464.058	152796.532	1885.199	13	-11	-3	17
582	LFP3	784467.180	152862.978	1892.675	784467.390	152862.878	1892.649	21	-10	-3	23
585	LFP3	784444.301	152917.946	1910.504	784444.607	152917.779	1910.427	31	-17	-8	36
586	LFP3	784415.105	152877.903	1913.694	784415.405	152877.688	1913.606	30	-21	-9	38
587	LFP3	784368.723	152835.386	1912.086	784368.915	152835.118	1912.022	19	-27	-6	34
588	LFP3	784337.196	152804.174	1907.323	784337.329	152803.926	1907.262	13	-25	-6	29
591	LFP3	784436.564	152722.002	1874.837	784436.653	152721.865	1874.810	9	-14	-3	17
592	LFP3	784389.000	152661.179	1866.213	784389.060	152661.058	1866.189	6	-12	-2	14
593	LFP3	784326.158	152604.419	1858.366	784326.174	152604.258	1858.326	2	-16	-4	17
594	LFP3	784268.044	152611.428	1856.494	784268.055	152611.328	1856.474	1	-10	-2	10
595	LFP3	784342.666	152576.538	1848.279	784342.685	152576.426	1848.291	2	-11	1	11
597	LFP3	784406.914	152637.451	1856.422	784406.959	152637.346	1856.410	5	-11	-1	11

Punkt-nummer	Klassierung	Koordinaten 1988			Koordinaten DVK 1998			Verschiebungen 1988-1998			Verschiebungs-geschwindigkeit
		Y [m]	X [m]	H [m]	Y [m]	X [m]	H [m]	dY [cm]	dX [cm]	dH [cm]	[mm/Jahr]
598	LFP3	784369.994	152594.967	1846.433	784370.015	152594.863	1846.439	2	-10	1	11
599	LFP3	784281.018	152647.979	1867.702	784281.042	152647.828	1867.669	2	-15	-3	16
600	LFP3	784250.229	152635.053	1859.027	784250.256	152634.933	1859.004	3	-12	-2	13
601	LFP3	784206.340	152639.469	1860.318	784206.350	152639.400	1860.290	1	-7	-3	8
602	LFP3	784161.458	152634.159	1863.162	784161.451	152634.170	1863.147	-1	1	-2	2
603	LFP3	784122.743	152642.853	1876.303	784122.743	152642.868	1876.287	0	1	-2	2
605	LFP3	784177.764	152697.429	1890.682	784177.803	152697.164	1890.624	4	-27	-6	27
606	LFP3	784102.437	152628.221	1882.538	784102.436	152628.233	1882.529	0	1	-1	2
610	LFP3	784126.253	152608.106	1868.018	784126.249	152608.116	1868.006	0	1	-1	2
611	LFP3	784177.871	152587.689	1853.831	784177.879	152587.700	1853.818	1	1	-1	2
612	LFP3	784209.836	152602.123	1844.465	784209.834	152602.123	1844.457	0	0	-1	1
806	LFP3	784351.763	152791.297	1906.096	784351.901	152791.049	1906.051	14	-25	-5	29
865[3]	LFP3	784745.078	153114.600	1809.145	784745.146	153114.590	1809.104	7	-1	-4	8
905	LFP3	784623.602	152649.954	1841.741	784623.609	152649.942	1841.723	1	-1	-2	2
951	LFP3	784770.872	153016.446	1826.930	784770.922	153016.449	1826.882	5	0	-5	7
952	LFP3	784693.899	153036.061	1822.413	784694.068	153036.085	1822.375	17	2	-4	17
12579319[4]	LFP2	784584.960	152794.250	1881.600	784584.998	152794.242	1881.600	4	-1	-	4[5]
12579321[4]	LFP2	784316.050	152504.640	1910.270	784316.022	152504.668	1910.270	-3	3	-	4[5]

[1]: Vermutlich Fehler von 10 cm bei der Höhe von 1988 (Hebung um 9 cm wäre unrealistisch)

[2]: Nur Lage; Höhenverschiebung als Null angenommen

[3]: Punkt auf Plänen in Anhang A4 und A5 nicht dargestellt, da ausserhalb Planausschnitt

[4]: Netzverstärkende Punkte: Höhe 1998 nicht neu bestimmt, bestehende Höhe übernommen aus Fixpunktprotokollen und Fixpunktkarten aus der Landesvermessung

[5]: Nur Lage

Bemerkung:

Verschiebungen nur auf cm angegeben, da die Genauigkeit einer Verschiebung 1-3 cm beträgt. Vektoren unterhalb dieser Genauigkeit oder unplausible Vektoren wurden auf den Plänen (Anhang A4 und A5) weggelassen.

Anhang A3: Auszug aus der Netzausgleichung mit LTOP

```
BA FUER LANDESTOPOGRAPHIE    TITEL: Hangrutschung Brattas                    WABERN, DEN 11.11.1998 10:47
TRIANGULATIONSPROGRAMM LTOP  VERS.: 94.2.6.02 - WINDOWS-NT
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
Hangrutschung Brattas
Gezwängtes Netz

                          LAGE      HOEHE
M. FEHLERQUOT. TOTAL:                                  FILENAMEN:
OHNE RUNDUNG (Q^)          1.11       .95              ----------
SCHLUSSKONTROLLE           1.11       .95              EINGABEFILE: BRATTAS.STE
WAHRSCH. DASS Q >/< Q^:     .0%**   12.7%**            K-FILE(NEU): Z:\Daten\LTOP3\brattas.koo
ANZAHL BEOBACHTUNGEN       820        396              M-FILE(NEU): Z:\Daten\LTOP3\Brat_tot.mes
ANZAHL UNBEKANNTEN         303         91
UEBERBESTIMMUNGEN          517        305              DRUCKERFILE: Z:\Daten\LTOP3\brat.prn
SIGNIFIKANTE STELLEN         1.0        2.9            KOORD.-FILE: Z:\Daten\LTOP3\brat.res
MAX. M. KOORD. FEHLER      6.4 MM   14.9 MM            PLOT-FILE:   Z:\Daten\LTOP3\brat.ipl
ITERATIONEN (MAX.)         2 ( 3)     2 ( 3)         A_MATRIX:    (NICHT VORGESEHEN)
MAX. AEND. LETZTE IT.      1.4 MM      .0 MM
ABBRUCHSCHRANKE           20.0 MM    20.0 MM          USERNAME:
GRENZWERT ROB. AUSGL.     N. ROB.    N. ROB.
RECHENZEIT                    .0 SEK. (CPU)
Y,X,H NACH RUNDUNG             4 DEZ.
ANZAHL STATIONEN             368
BEOBACHTUNGSZEILEN          1244

MITTLERE FEHLER DER BEOBACHTUNGSGRUPPEN:          GR  ANZ  A PRIORI   SCHLUSS   QUOT.  REDUND.
DISTANZEN (MF FUER 1KM):
   MST-KORR IN PPM          ADD-KORR IN MM
 MST     KORR      MF      ADD     KORR      MF  GR
  1     17.35     3.97                          3  311    2.5 MM    2.5 MM   1.01  239.679
RICHTUNGEN (MF:1KM):                            4  180    3.1 CC    4.7 CC   1.49   84.368
RICHTUNGEN (MF:1KM):                            5  159    3.1 CC    2.7 CC    .84   70.250
KOORDINATEN (GPS)     :                            170    5.0 MM    5.7 MM   1.13  122.703

HOEHENDIFF (MF:1KM HOR):                           311    6.9 MM    6.2 MM    .90  241.622
HOEHEN       (GPS)    :                            85   12.0 MM   13.8 MM   1.15   63.378
```

BA FUER LANDESTOPOGRAPHIE TITEL: Hangrutschung Brattas WABERN, DEN 11.11.1998 10:47
TRIANGULATIONSPROGRAMM LTOP VERS.: 94.2.6.02 - WINDOWS-NT

KOORDINATEN UND HOEHEN, NEUPUNKTE MIT AENDERUNGEN UND MITTL. FEHLERELLIPSEN LAND : CH

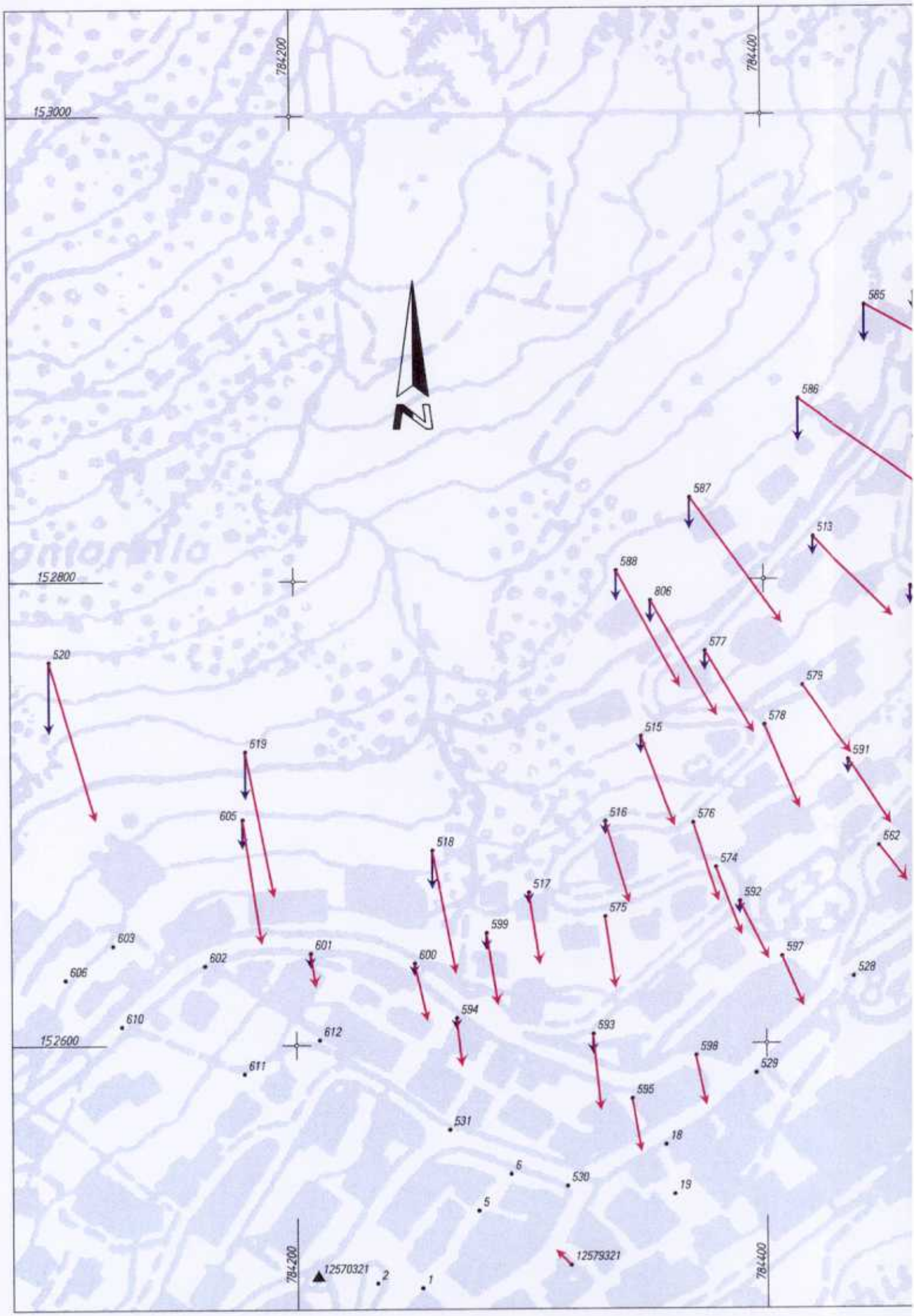
PUNKT	TYP	Y M	X M	H M	DY MM	DX MM	DH MM	MFA MM	MFB MM	MFAZ G	MFH MM	MESSELEM. LAGE	MESSELEM. HOE.
NULLBERN		600000.000	200000.000	.000								0	0
1		784252.768	152494.666	1833.058	-8.9	-3.4	-5.4	1.3	1.0	4.3	1.4	20	10
2		784233.719	152496.801	1833.326	-4.7	-3.2	-4.1	.9	.8	-16.6	1.1	20	10
5		784277.039	152528.269	1834.371	-2.2	-7.9	-10.2	1.9	1.1	-30.3	1.5	16	8
6		784290.776	152544.126	1839.095	9.0	-14.4	-6.1	2.0	1.0	-35.3	1.4	24	12
18		784356.925	152556.501	1843.202	6.9	-20.0	2.4	2.1	1.4	-35.3	1.8	28	14
19		784360.567	152535.112	1844.763	-3.5	-7.7	-9.9	2.5	2.0	-31.6	3.0	4	2
504		784802.164	152986.510	1831.670	50.0	-25.1	-4.2	4.5	4.5	-22.2	9.1	4	2
505		784737.345	152909.613	1837.383	30.9	-10.8	-10.1	2.2	1.9	-10.8	2.5	20	10
507		784695.134	152932.062	1827.655	32.9	33.7	-18.9	2.0	1.7	-1.1	2.5	34	16
508		784617.587	152999.754	1858.902	445.8	36.3	-122.5	2.0	2.0	-71.4	2.5	20	10
509		784554.428	152980.142	1876.827	591.5	36.2	-161.9	2.0	1.8	41.5	2.5	20	10
510		784489.638	152976.092	1903.478	817.2	4.9	-202.4	2.1	1.6	36.3	2.4	24	10
511		784466.199	152922.939	1902.665	433.8	-162.3	-36.3	4.3	4.2	-18.8	8.7	4	2
513		784421.503	152818.156	1898.347	169.7	-169.9	-36.7	3.4	2.3	-35.3	3.6	8	4
515		784347.377	152732.242	1890.329	70.0	-189.4	-32.6	2.4	1.9	-52.7	2.7	16	8
516		784331.985	152695.808	1874.004	49.5	-173.2	-25.0	2.2	1.7	-46.1	2.4	16	8
517		784299.111	152665.201	1870.164	22.9	-151.4	-19.9	2.2	1.6	-36.1	2.2	24	12
518		784258.126	152683.642	1885.415	48.7	-262.1	-78.7	2.4	1.7	-70.5	2.1	16	8
519		784179.124	152726.318	1910.910	59.5	-309.0	-98.2	4.3	4.2	-30.1	8.7	4	2
520		784096.110	152765.406	1930.363	97.5	-339.3	-150.8	4.3	4.3	-28.1	8.7	4	2
523		784683.730	152814.165	1842.506	22.7	-5.3	-11.5	2.1	1.9	-36.7	2.5	24	12
524		784649.904	152772.432	1843.541	16.4	-2.9	-16.8	2.1	1.8	-41.9	2.4	20	10
525		784619.765	152762.070	1849.480	14.3	-4.3	-11.1	2.3	1.8	-41.7	2.4	20	10
527		784536.676	152692.255	1845.792	5.7	-.2	-20.0	2.1	1.6	-38.3	2.2	28	14
528		784438.260	152628.549	1847.884	7.4	1.4	-22.7	2.1	1.4	-32.5	2.1	22	11
529		784395.584	152587.282	1845.907	11.4	-14.4	-1.2	2.2	1.3	-32.1	1.9	30	15
530		784314.693	152538.789	1839.975	9.2	-17.4	-9.8	2.1	1.2	-37.9	1.7	24	12
531		784264.745	152563.324	1837.487	-3.0	-6.7	-9.8	1.8	.9	-48.2	1.2	24	12
558		784655.970	152841.608	1855.809	23.7	-6.3	-9.5	2.1	1.9	-32.4	2.6	16	8
559		784607.623	152826.057	1854.239	60.8	-7.5	4.0	2.0	1.8	-28.4	2.6	20	10
560		784552.283	152807.461	1869.387	105.5	-31.0	-13.4	2.1	1.7	-35.2	2.7	24	12
561		784504.689	152743.042	1861.702	57.7	-55.3	16.3	3.1	2.1	-50.9	3.4	8	4
562		784449.434	152684.865	1854.888	60.0	-75.6	2.3	2.9	2.0	-56.8	3.0	8	4
564		784534.124	152736.826	1852.284	8.9	-9.7	-15.6	4.2	4.2	-27.0	8.6	4	2
566		784579.570	152835.123	1865.914	265.2	-66.7	-10.9	1.9	1.7	-18.9	2.7	16	8
567		784588.108	152886.227	1861.679	178.4	-3.6	-37.6	1.9	1.6	-8.1	2.5	28	14
569		784524.291	152888.156	1878.484	175.5	-38.5	-38.4	4.3	4.2	-24.1	8.7	4	2
574		784378.988	152675.802	1867.652	53.4	-142.9	-11.7	2.2	1.6	-41.1	2.3	16	8
575		784331.609	152654.714	1869.309	21.6	-150.5	-9.7	2.2	1.6	-43.9	2.3	16	8
576		784369.471	152695.054	1878.790	52.5	-166.2	85.4	2.1	1.6	-45.7	2.4	20	10

PUNKT	TYP	Y M	X M	H M	DY MM	DX MM	DH MM	MFA MM	MFB MM	MFAZ G	MFH MM	MESSELEM. LAGE	HOE.
577		784374.975	152769.152	1893.884	101.3	-175.3	-39.1	2.2	2.1	-28.3	2.9	20	10
578		784400.040	152736.975	1885.374	73.6	-176.3	1.5	2.4	1.7	-51.2	2.5	22	10
579		784416.415	152754.076	1887.475	105.3	-145.6	1.4	2.6	2.1	-52.9	3.3	8	4
581		784464.058	152796.532	1885.199	126.7	-111.2	-35.3	4.2	4.2	-26.2	8.5	4	2
582		784467.390	152862.878	1892.649	209.7	-100.4	-26.4	4.3	4.2	-25.8	8.6	4	2
585		784444.607	152917.779	1910.427	305.8	-167.4	-76.8	2.6	2.2	-22.7	3.6	8	4
586		784415.405	152877.688	1913.606	299.9	-215.4	-88.4	2.5	1.9	-30.3	3.1	12	6
587		784368.915	152835.118	1912.022	192.3	-268.1	-64.3	2.3	2.0	-17.9	3.1	18	8
588		784337.329	152803.926	1907.262	132.9	-248.5	-61.1	2.4	2.0	-7.0	3.0	16	8
591		784436.653	152721.865	1874.810	88.7	-136.6	-26.7	4.2	4.1	-33.2	8.5	4	2
592		784389.060	152661.058	1866.189	59.7	-121.5	-23.5	2.0	1.4	-34.9	2.1	32	16
593		784326.174	152604.258	1858.326	16.2	-160.7	-39.6	2.0	1.3	-44.1	1.9	26	12
594		784268.055	152611.328	1856.474	11.3	-99.8	-20.4	1.9	1.3	-51.5	1.8	32	16
595		784342.685	152576.426	1848.291	18.8	-112.0	12.1	2.1	1.3	-38.0	1.9	24	12
597		784406.959	152637.346	1856.410	45.0	-104.7	-12.0	2.2	1.6	-32.7	2.2	16	8
598		784370.015	152594.863	1846.439	21.3	-103.9	5.9	2.2	1.4	-36.7	2.0	16	8
599		784281.042	152647.828	1867.669	23.6	-150.9	-33.1	2.1	1.5	-43.7	2.2	20	10
600		784250.256	152634.933	1859.004	26.7	-119.8	-22.6	2.0	1.5	-51.0	2.0	24	12
601		784206.350	152639.400	1860.290	10.5	-69.0	-27.7	2.1	1.9	-38.5	2.2	18	8
602		784161.451	152634.170	1863.147	-6.7	11.0	-14.7	2.3	2.0	1.0	2.1	24	12
603		784122.743	152642.868	1876.287	-.4	14.7	-16.3	2.7	2.1	11.7	2.2	24	12
605		784177.803	152697.164	1890.624	39.4	-264.6	-58.4	4.3	4.2	-32.7	8.6	4	2
606		784102.436	152628.233	1882.529	-.8	11.7	-9.3	3.0	2.2	4.8	2.6	14	6
610		784126.249	152608.116	1868.006	-3.6	10.3	-11.9	2.7	2.0	-2.4	2.2	16	8
611		784177.879	152587.700	1853.818	8.5	11.3	-12.8	2.3	1.7	-29.4	2.2	18	8
612		784209.834	152602.123	1844.457	-1.7	-.4	-7.8	2.1	1.6	-47.1	2.0	18	8
806		784351.901	152791.049	1906.051	138.2	-248.2	-44.8	2.3	2.0	-24.6	3.0	16	8
865		784745.146	153114.590	1809.104	67.8	-9.5	-40.8	2.6	2.4	-93.7	3.7	8	4
905		784623.609	152649.942	1841.723	7.2	-11.7	-17.7	2.4	2.2	-31.9	2.8	8	4
951		784770.922	153016.449	1826.882	50.5	3.0	-48.3	2.5	2.1	-29.8	2.6	20	10
952		784694.068	153036.085	1822.375	168.7	24.0	-37.9	2.6	2.3	-32.3	3.4	8	4
1001		784400.880	152648.627	1859.102	46.9	-115.1	-23.0	2.2	1.5	-29.8	2.2	16	8
1002		784444.032	152650.386	1850.601	23.8	-42.1	-13.2	2.2	1.5	-33.1	2.1	24	12
1003		784383.555	152707.503	1880.845	66.7	-157.6	21.0	2.2	1.6	-46.8	2.2	26	12
1004		784348.955	152755.292	1891.587	80.9	-177.2	-36.0	2.3	2.0	-46.9	2.8	16	8
1005		784635.673	152829.134	1855.456	42.3	-2.4	-2.7	2.0	1.9	-16.6	2.7	16	8
1006		784244.821	152580.912	1839.471	4.1	-31.1	-14.0	1.9	1.1	-51.9	1.6	24	12
1007		784524.344	152966.111	1891.221	669.9	24.9	-156.6	2.0	1.7	34.8	2.5	18	8
2001		784784.812	152943.391	1840.251	134.8	20.5	-46.6	2.5	2.0	-11.9	2.8	14	7
2011		784235.424	152474.751	1832.607	-5.7	1.1	-9.2	1.2	1.0	49.8	1.6	12	6
2030		784416.506	152911.674	1921.825	257.2	-208.5	-81.3	2.6	1.8	-18.9	2.9	18	8
12570317		783919.970	152819.190	2004.280								14	7
12570318		784760.820	152791.450	1856.990								18	9
12570321		784208.670	152499.620	1834.850								24	11
12570324		784397.087	152183.899	1769.754	-72.8	-11.3	-35.7	6.4	6.4	76.6	14.9	2	1
12579319		784584.998	152794.242	1881.600	37.8	-8.0		2.5	1.6	-35.4		8	0
12579321		784316.022	152504.668	1910.270	-28.0	28.4		2.8	2.1	-35.7		20	0

AEUSSERE ZUVERLAESSIGKEIT UND MITTLERE FEHLERELLIPSEN A PRIORI

PUNKT	TYP	TK	NA MM	NB MM	AZI(NA) G	NH MM	NR.A	NR.B	NR.H	DY MM	DX MM	DH MM	MFA MM	MFB MM	MFAZ G	MFH MM
1		23	2.5	1.5	366.2	2.1	3	42	846	-8.9	-3.4	-5.4	1.2	.9	4.3	1.5
2		23	1.8	1.7	113.4	2.9	34	41	846	-4.7	-3.2	-4.1	.8	.7	-16.6	1.2
5		23	3.2	1.4	148.6	2.1	59	464	824	-2.2	-7.9	-10.2	1.7	1.0	-30.3	1.6
6		23	2.7	1.7	381.8	2.3	462	252	856	9.0	-14.4	-6.1	1.8	.9	-35.3	1.5
18		23	2.0	1.3	371.6	2.3	251	126	856	6.9	-20.0	2.4	1.9	1.2	-35.3	1.9
19		23	6.6	5.7	189.3	12.6	25	21	838	-3.5	-7.7	-9.9	2.2	1.8	-31.6	3.1
504		23	19.7	19.7	99.7	47.4	795	796	1212	50.0	-25.1	-4.2	4.1	4.1	-22.2	9.6
505		23	3.5	3.2	33.7	4.4	126	131	893	30.9	-10.8	-10.1	2.0	1.7	-10.8	2.7
507		23	3.5	3.3	317.7	5.7	131	126	893	32.9	33.7	-18.9	1.8	1.5	-1.1	2.6
508		23	3.5	3.1	22.6	6.1	118	123	893	445.8	36.3	-122.5	1.8	1.8	-71.4	2.7
509		23	3.6	3.1	17.9	6.7	118	123	893	591.5	36.2	-161.9	1.8	1.6	41.5	2.6
510		23	3.9	3.5	215.7	8.6	121	123	893	817.2	4.9	-202.4	1.9	1.4	36.3	2.5
511		23	20.0	20.0	99.9	47.7	753	754	1183	433.8	-162.3	-36.3	3.9	3.8	-18.8	9.2
513		23	8.1	4.3	380.9	10.6	714	713	1029	169.7	-169.9	-36.7	3.1	2.1	-35.3	3.7
515		23	3.9	2.1	376.9	3.1	352	771	906	70.0	-189.4	-32.6	2.1	1.7	-52.7	2.8
516		23	3.0	1.6	175.5	2.4	141	697	907	49.5	-173.2	-25.0	2.0	1.6	-46.1	2.5
517		23	3.5	1.2	172.0	2.3	151	154	856	22.9	-151.4	-19.9	2.0	1.4	-36.1	2.3
518		23	3.2	2.4	77.1	3.0	786	414	923	48.7	-262.1	-78.7	2.2	1.6	-70.5	2.2
519		23	19.4	19.4	99.9	46.6	755	756	1184	59.5	-309.0	-98.2	3.9	3.8	-30.1	9.1
520		23	19.4	19.4	100.1	46.4	757	758	1185	97.5	-339.3	-150.8	3.9	3.8	-28.1	9.2
523		23	3.1	2.9	323.9	4.1	131	126	893	22.7	-5.3	-11.5	1.9	1.7	-36.7	2.6
524		23	2.9	2.6	326.0	3.5	131	126	893	16.4	-2.9	-16.8	1.9	1.6	-41.9	2.5
525		23	4.2	2.4	368.3	2.7	182	126	941	14.3	-4.3	-11.1	2.1	1.7	-41.7	2.6
527		23	3.3	2.1	160.4	2.8	208	126	953	5.7	-.2	-20.0	1.9	1.4	-38.3	2.4
528		23	3.0	1.6	158.5	2.8	215	118	958	7.4	1.4	-22.7	1.9	1.3	-32.5	2.2
529		23	3.1	1.4	370.1	2.2	225	118	856	11.4	-14.4	-1.2	1.9	1.2	-32.1	2.0
530		23	2.4	1.4	371.3	2.7	257	259	973	9.2	-17.4	-9.8	1.9	1.1	-37.9	1.8
531		23	3.0	1.7	155.9	3.1	258	54	856	-3.0	-6.7	-9.8	1.6	.8	-48.2	1.2
558		23	3.0	2.9	322.8	4.3	131	126	893	23.7	-6.3	-9.5	1.9	1.7	-32.4	2.7
559		23	2.9	2.7	327.2	4.9	131	118	893	60.8	-7.5	4.0	1.8	1.6	-28.4	2.8
560		23	2.7	2.4	329.0	4.9	123	126	893	105.5	-31.0	-13.4	1.9	1.5	-35.2	2.8
561		23	5.7	4.9	125.0	10.8	763	287	996	57.7	-55.3	16.3	2.8	1.9	-50.9	3.6
562		23	5.3	4.9	119.0	11.1	765	601	1131	60.0	-75.6	2.3	2.6	1.8	-56.8	3.2
564		23	19.4	19.4	399.9	46.5	768	767	1190	8.9	-9.7	-15.6	3.8	3.8	-27.0	9.0
566		23	2.9	2.6	327.8	5.1	123	118	893	265.2	-66.7	-10.9	1.7	1.5	-18.9	2.8
567		23	3.0	2.8	324.4	5.2	123	118	893	178.4	-3.6	-37.6	1.7	1.5	-8.1	2.7
569		23	19.3	19.3	99.8	46.3	725	726	1169	175.5	-38.5	-38.4	3.9	3.8	-24.1	9.1
574		23	2.3	1.7	361.6	2.7	397	320	1057	53.4	-142.9	-11.7	2.0	1.4	-41.1	2.4
575		23	2.8	1.5	395.2	2.2	328	316	856	21.6	-150.5	-9.7	2.0	1.5	-43.9	2.5
576		23	2.2	1.9	385.9	2.3	698	697	1057	52.5	-166.2	85.4	1.9	1.5	-45.7	2.5
577		23	3.5	2.4	13.7	3.0	666	366	1038	101.3	-175.3	-39.1	2.0	1.9	-28.3	3.0

PUNKT	TYP	TK	NA MM	NB MM	AZI(NA) G	NH MM	NR.A	NR.B	NR.H	DY MM	DX MM	DH MM	MFA MM	MFB MM	MFAZ G	MFH MM
578		23	2.9	2.0	120.5	3.1	771	678	1033	73.6	-176.3	1.5	2.1	1.6	-51.2	2.6
579		23	5.0	3.6	48.1	10.8	357	771	1034	105.3	-145.6	1.4	2.4	1.9	-52.9	3.4
581		23	19.4	19.4	399.9	46.5	774	773	1193	126.7	-111.2	-35.3	3.8	3.8	-26.2	9.0
582		23	19.4	19.3	99.9	46.4	729	730	1171	209.7	-100.4	-26.4	3.8	3.8	-25.8	9.0
585		23	5.0	4.6	85.3	10.8	567	816	1127	305.8	-167.4	-76.8	2.4	2.0	-22.7	3.8
586		23	3.9	3.1	386.0	5.8	776	563	1128	299.9	-215.4	-88.4	2.3	1.7	-30.3	3.2
587		23	3.3	2.7	258.8	4.7	368	776	1038	192.3	-268.1	-64.3	2.1	1.8	-17.9	3.2
588		23	3.1	2.9	144.0	4.1	372	368	1038	132.9	-248.5	-61.1	2.1	1.8	-7.0	3.2
591		23	18.8	18.8	399.9	45.0	778	777	1195	88.7	-136.6	-26.7	3.8	3.7	-33.2	8.9
592		23	2.3	1.8	34.0	3.2	398	123	1057	59.7	-121.5	-23.5	1.8	1.3	-34.9	2.2
593		23	1.9	1.2	164.8	2.4	252	126	856	16.2	-160.7	-39.6	1.8	1.1	-44.1	2.0
594		23	2.5	1.1	176.4	2.5	252	261	856	11.3	-99.8	-20.4	1.7	1.1	-51.5	1.9
595		23	1.9	1.3	379.1	2.3	251	126	856	18.8	-112.0	12.1	1.8	1.2	-38.0	2.0
597		23	2.2	1.9	157.8	2.4	591	438	1085	45.0	-104.7	-12.0	2.0	1.4	-32.7	2.3
598		23	2.4	1.4	169.1	2.2	232	118	856	21.3	-103.9	5.9	2.0	1.3	-36.7	2.1
599		23	2.5	1.3	160.9	2.5	454	483	1086	23.6	-150.9	-33.1	1.9	1.4	-43.7	2.3
600		23	2.6	1.6	181.3	2.5	258	786	856	26.7	-119.8	-22.6	1.8	1.3	-51.0	2.1
601		23	3.1	1.9	31.5	2.5	786	258	856	10.5	-69.0	-27.7	1.9	1.7	-38.5	2.3
602		23	4.5	2.0	19.6	2.5	786	681	856	-6.7	11.0	-14.7	2.1	1.8	1.0	2.2
603		23	6.2	2.4	16.1	2.5	786	681	856	-.4	14.7	-16.3	2.5	1.9	11.7	2.3
605		23	19.4	19.4	100.1	46.4	783	784	1198	39.4	-264.6	-58.4	3.9	3.8	-32.7	9.1
606		23	7.2	2.9	9.5	4.0	786	681	1108	-.8	11.7	-9.3	2.7	1.9	4.8	2.7
610		23	5.3	1.8	6.8	2.6	786	681	856	-3.6	10.3	-11.9	2.5	1.8	-2.4	2.3
611		23	3.5	1.7	399.8	2.7	682	535	975	8.5	11.3	-12.8	2.0	1.6	-29.4	2.3
612		23	3.4	1.8	398.7	3.3	251	590	1118	-1.7	-.4	-7.8	1.9	1.5	-47.1	2.1
806		23	2.8	2.3	132.8	3.6	372	373	1038	138.2	-248.2	-44.8	2.0	1.8	-24.6	3.1
865		23	6.1	5.3	172.2	13.8	119	132	898	67.8	-9.5	-40.8	2.3	2.1	-93.7	3.9
905		23	3.5	3.2	1.4	5.9	182	208	954	7.2	-11.7	-17.7	2.2	2.0	-31.9	3.0
951		23	3.9	3.5	27.1	5.0	118	131	893	50.5	3.0	-48.3	2.3	1.9	-29.8	2.7
952		23	5.1	4.7	1.4	11.5	83	79	873	168.7	24.0	-37.9	2.3	2.1	-32.3	3.5
1001		23	2.1	1.8	238.9	2.4	643	131	1057	46.9	-115.1	-23.0	2.0	1.4	-29.8	2.3
1002		23	3.0	1.6	356.8	2.6	220	118	962	23.8	-42.1	-13.2	2.0	1.3	-33.1	2.2
1003		23	2.2	1.7	124.2	2.6	771	398	1057	66.7	-157.6	21.0	1.9	1.4	-46.8	2.4
1004		23	3.2	2.6	.4	2.8	352	617	906	80.9	-177.2	-36.0	2.1	1.8	-46.9	2.9
1005		23	3.0	2.8	325.6	4.6	131	126	893	42.3	-2.4	-2.7	1.8	1.7	-16.6	2.8
1006		23	3.1	1.6	175.9	3.0	252	585	975	4.1	-31.1	-14.0	1.7	1.0	-51.9	1.7
1007		23	3.6	3.3	15.9	7.7	118	123	893	669.9	24.9	-156.6	1.8	1.5	34.8	2.6
2001		23	3.8	3.5	33.0	4.6	118	131	893	134.8	20.5	-46.6	2.2	1.8	-11.9	2.9
2011		23	2.8	2.7	250.5	4.4	42	46	851	-5.7	1.1	-9.2	1.1	.9	49.8	1.6
2030		23	4.2	2.0	396.8	4.6	577	575	1129	257.2	-208.5	-81.3	2.4	1.7	-18.9	3.1
12570324		23	UNEND.**	UNEND.	100.0	UNEND.**	657	658	1135	-72.8	-11.3	-35.7	5.8	5.8	76.6	15.7
12579319		23	6.1	3.7	357.5		77	128		37.8	-8.0		2.3	1.5	-35.4	
12579321		23	5.4	4.8	204.0		44	401		-28.0	28.4		2.5	1.9	-35.7	


784200
784400
15,3000
15,2800
15,2600
N
585
586
587
513
588
806
577
579
578
520
515
591
519
516
576
562
605
518
574
517
592
575
599
603
597
601
602
600
528
606
610
594
593
612
598
529
611
595
531
18
6
530
19
5
12570321
2
1
12579321



Rutschhang Brattas, St. Moritz

Verschiebungen 1:10
1988 - 1998

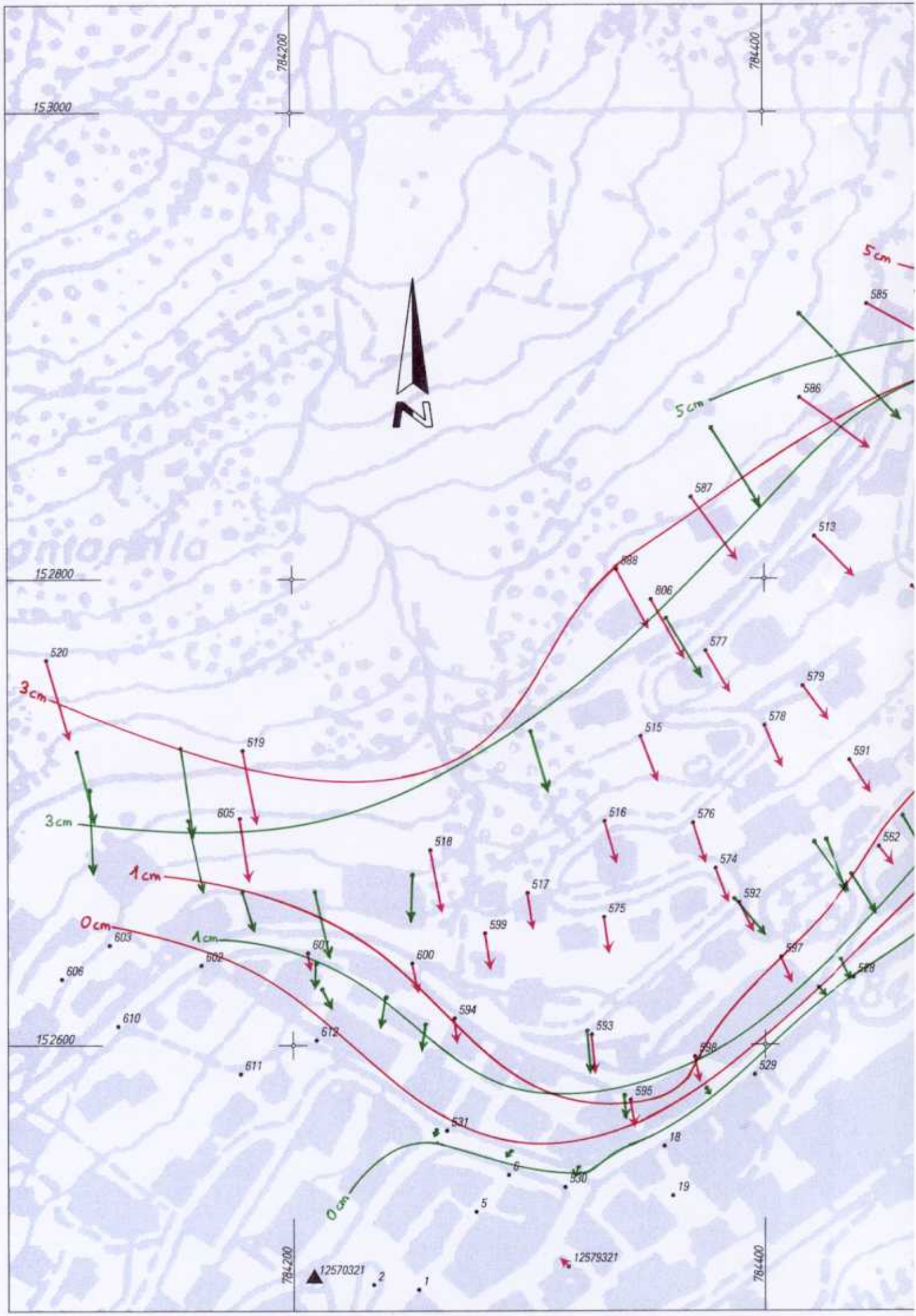
Situation 1:2000

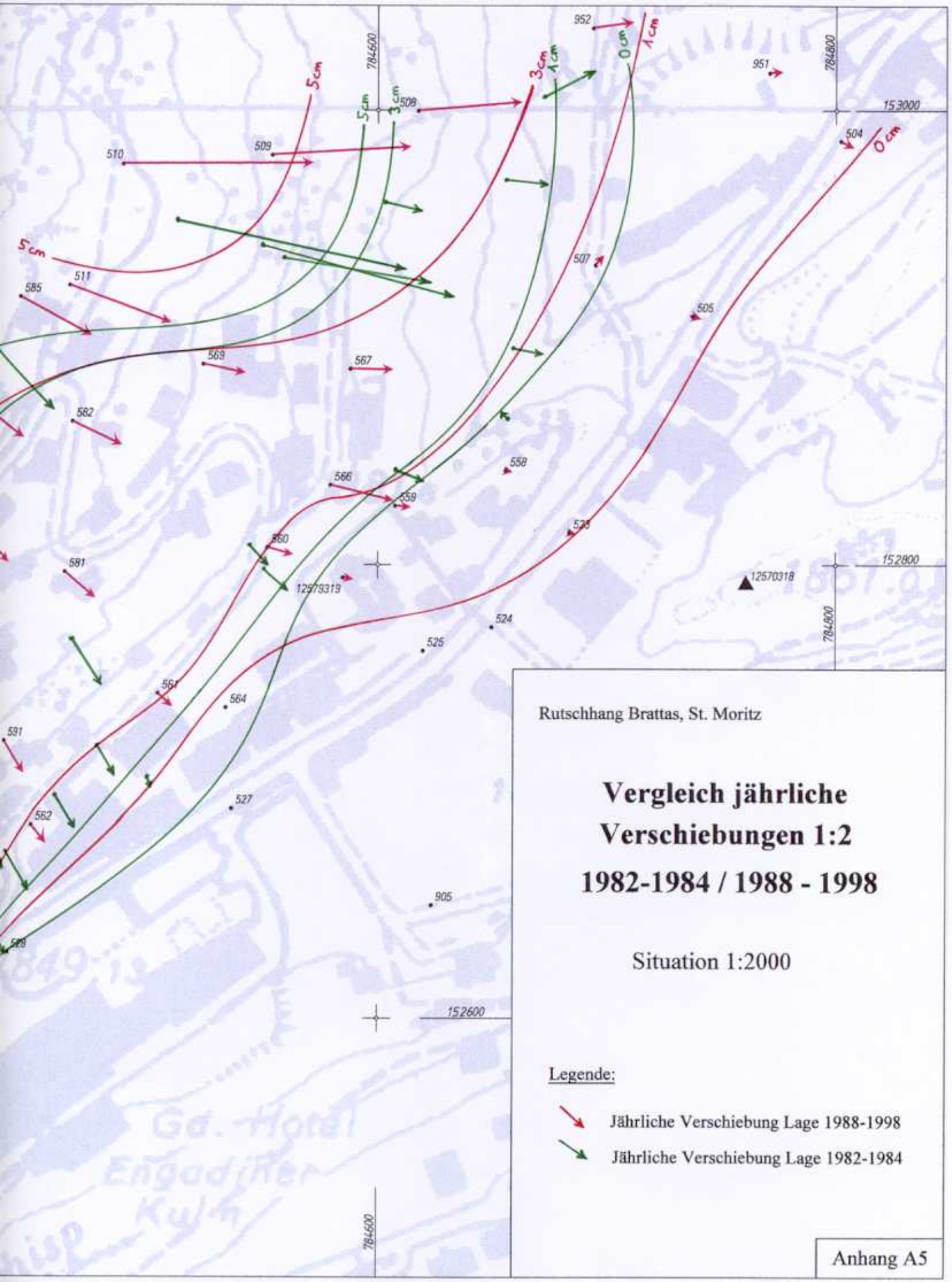
Legende:

- Verschiebung Lage *
- Verschiebung Höhe *
- ▲ Lagerungspunkt
- • Kontrollpunkt

* Verschiebungen kleiner als die Messgenauigkeit sind nicht dargestellt

Anhang A4


784200
784400
153000
152800
152600
5 cm
5 cm
3 cm
3 cm
1 cm
1 cm
0 cm
0 cm
N
585
586
587
513
588
806
577
579
578
515
591
520
519
605
516
576
518
574
552
517
592
575
599
597
603
602
601
600
606
610
594
593
612
611
595
529
531
18
6
530
19
5
12570321
2
1
12579321



Rutschhang Brattas, St. Moritz

Vergleich jährliche Verschiebungen 1:2

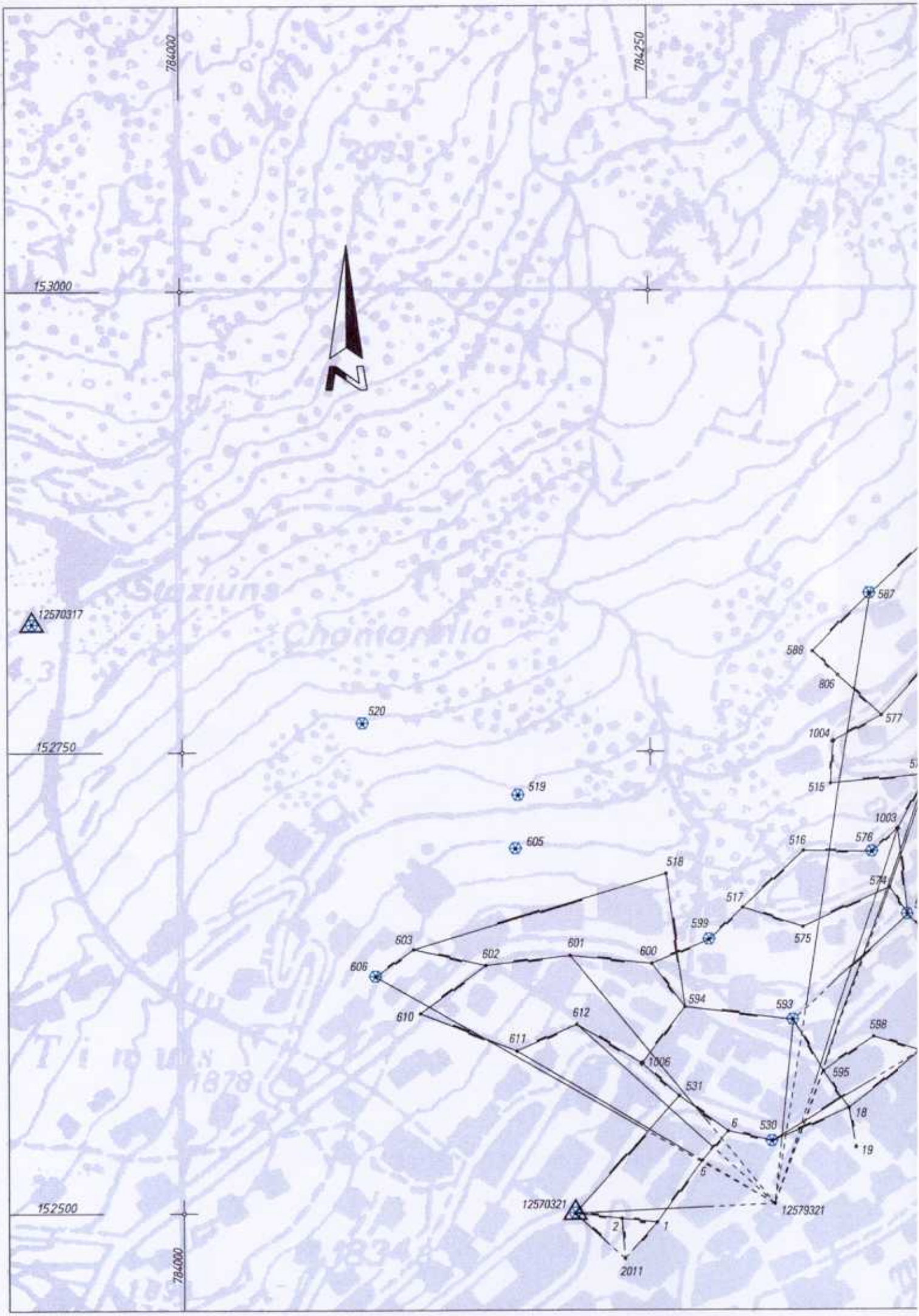
1982-1984 / 1988 - 1998

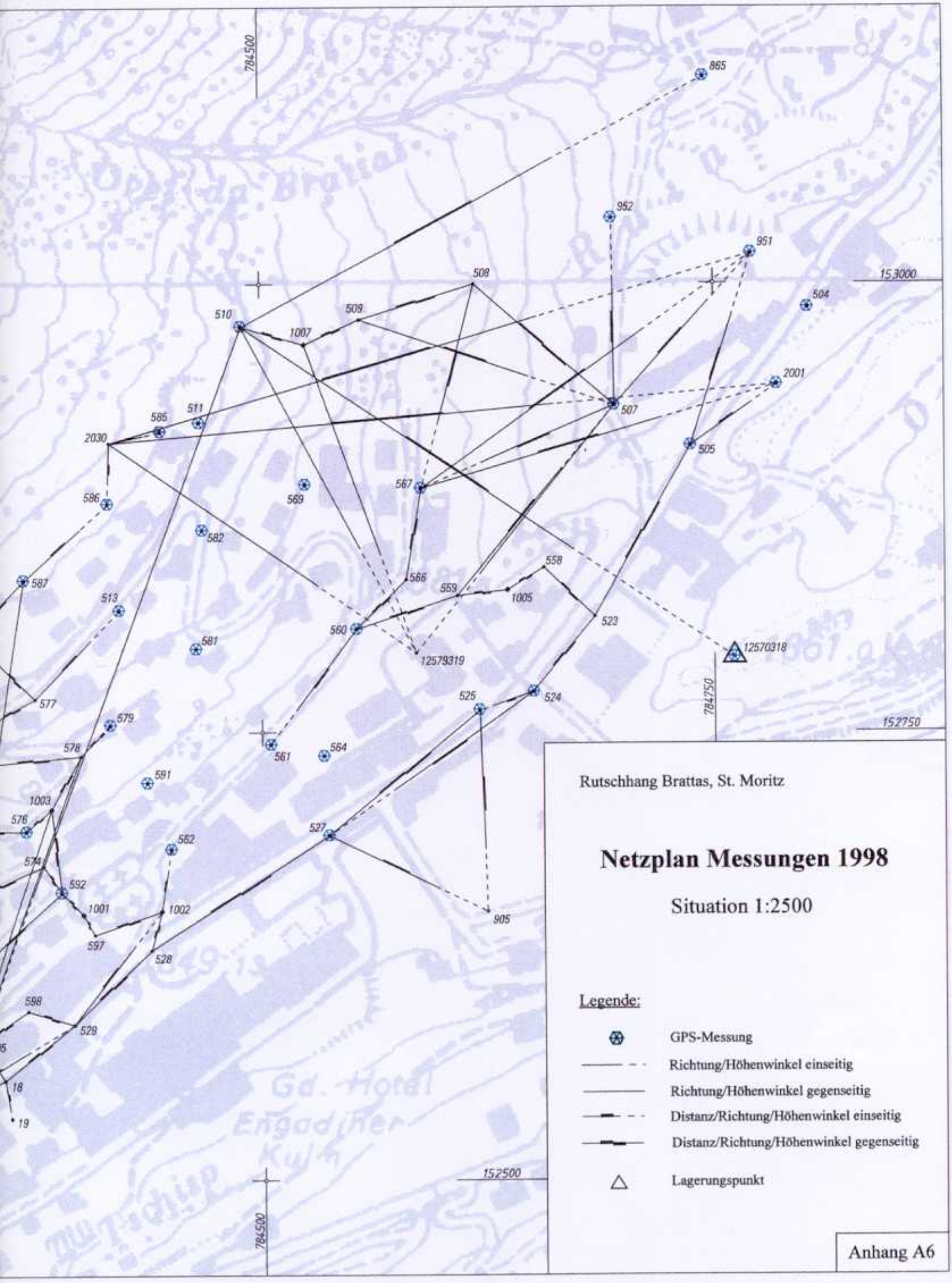
Situation 1:2000

Legende:

- Jährliche Verschiebung Lage 1988-1998
- Jährliche Verschiebung Lage 1982-1984

Anhang A5


784000
784250
153000
N
12570317
520
152750
519
605
587
588
806
577
1004
515
1003
516
576
518
574
517
599
575
603
602
601
600
606
610
612
611
594
593
598
1006
595
531
18
6
530
19
5
12570321
12579321
2
1
2011
152500
784000



Rutschhang Brattas, St. Moritz

Netzplan Messungen 1998

Situation 1:2500

Legende:

- GPS-Messung
- Richtung/Höhenwinkel einseitig
- Richtung/Höhenwinkel gegenseitig
- Distanz/Richtung/Höhenwinkel einseitig
- Distanz/Richtung/Höhenwinkel gegenseitig
- Lagerungspunkt

Anhang A6