

# LFP3-Netze mit Real-Time GPS : Erfahrungen aus der Praxis

Autor(en): **Laube, D. / Häberli, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK =  
Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **94 (1996)**

Heft 8

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235260>

## **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.

## LFP3-Netze mit Real-Time GPS

### Erfahrungen aus der Praxis

D. Laube, M. Häberli

Auslöser für die in diesem Artikel beschriebene Bestimmung eines LFP3-Netzes mit Real Time GPS war ein Auftrag, den das Ingenieur- und Vermessungsbüro Porta + Partner, Windisch, im Rahmen des TELECOM-PTT-Projektes GRAFICO (Grafisches Interaktives Leitungsinformationssystem mit Computer) erhalten hatte. Dabei mussten innert knapper Monatsfrist 176 Passpunkte so in der Stadt Brugg gemessen werden, dass die bestehenden analogen Rahmenpläne in ein digitales, blattschnittloses und georeferenziertes Planwerk überführt werden können.

*Le mandat attribué au bureau d'ingénieurs et de géomètres Porta + Partner, Windisch, dans le cadre du projet GRAFICO de TELECOM-PTT (système d'information graphique interactif informatisé des conduites) a déclenché la détermination, décrite dans le présent article, d'un réseau LFP-3 par GPS en temps réel. Ainsi, dans l'espace d'un petit mois, 176 points d'ajustage ont dû être mesurés en ville de Brugg de sorte qu'on puisse transformer les plans-cadre analogiques en un ensemble de plans digitaux géoréférences et sans limites de feuille.*

La disposizione, descritta in questo articolo di una rete LFP3 con Real Time GPS, è scaturita da un mandato impartito allo studio di ingegneria e misurazioni Porta + Partner, Windisch, nell'ambito del progetto GRAFICO (Sistema interattivo di trasmissione dell'informazione grafica con computer) delle TELECOM-PTT. In meno di un mese si dovevano misurare 176 punti di appoggio nella città di Brugg, in modo tale da poterli trasferire su una cartografia digitale georeferenziata e senza limiti di continuità.

Da, abgesehen von den Triangulationspunkten, das bestehende Fixpunktnetz im bezeichneten Perimeter auf der Bonne'schen Kegelprojektion basiert, kam die terrestrische Methode für diese Punktbestimmungen nicht in Frage. Gewählt wurde die Methode GPS Rapid Static kombiniert mit der Real-Time-Technologie (Funkverbindung zwischen Referenz + Rover). Damit konnten sowohl die technischen, zeitlichen und kostenrelevanten Kriterien des Auftrages erfüllt werden.

Um Synergien optimal zu nutzen, diente ein wesentlicher Teil der GPS-Messungen gleichzeitig für die Neubestimmung des LFP3-Netzes im künftigen Neuvermessungsperimeter Brugg Los 6, über welches bereits ein Vorprojekt erstellt ist und das in Kürze dem Einwohnerrat zum Kreditbeschluss vorgelegt wird.

Der vorliegende Bericht aus der Praxis ist bewusst nicht wissenschaftlich abgefasst und zeigt die Koordination, Disposition, den Ablauf und die Resultate für die Bestimmung eines LFP3-Netzes im Baugbiet mit Real Time GPS anhand des Beispiels Brugg.

## 1. Auftrag

### 1.1 Passpunktbestimmung

Im Rahmen des Projektes GRAFICO der TELECOM-PTT erhielt das Ingenieur- und Vermessungsbüro Porta + Partner den

### 1.2 Koordination der Passpunktbestimmung mit weiteren anstehenden Vermessungsarbeiten

Da im betreffenden Gebiet kurz- bis mittelfristig einige weitere Vermessungsarbeiten anstanden, war somit ein klarer Koordinationsbedarf vorhanden, um Synergien möglichst voll auszuschöpfen.

Für folgende Projekte standen ebenfalls Fixpunktmessungen an:

- NV/KE Brugg Los 6 (welche in Kürze dem Einwohnerrat zum Kreditbeschluss vorgelegt wird; Grundlage: Vorprojekt vom März 1995)
- Verbesserung der Erschliessung im Industriegebiet Rüttenen und des Anschlusses an die Kantonalstrasse K112.

An der ersten Besprechung, die bereits vor der Offerteingabe stattfand, beteiligten sich deshalb nebst Vertretern unseres Büros ein Vertreter der TELECOM-PTT und der Kantonsgeometer. Dabei lag bereits ein provisorischer Idealnetzplan als Diskussionsgrundlage vor.

Alle Parteien zeigten dabei grosses Interesse, die sofort fällige Passpunktbestimmung für die TELECOM-PTT mit den anderen Arbeiten im Hinblick auf eine signifikante Kosteneinsparung abzustimmen. Dabei zeigten sich insbesondere auch

- der Kanton bereit, den Idealnetzplan auf unkonventionelle Weise mittels Besprechung auf dem kantonalen Vermessungsamt zu verifizieren sowie entsprechende Gelder für die Realisierung der AV93-Ebene 1 im Los 6 vorzuschüssen
- die Gemeinde bereit, rund Fr. 5000.– an noch zu leistende Fixpunktversicherungen freizugeben.

Auftrag zur Bestimmung von 176 Passpunkten in der Stadt Brugg. Die Arbeiten, beinhaltend Grundlagenbeschaffung, Messplanung, Messung GPS, terrestrische Ergänzungsmessungen, Auswertung sowie Bereitstellung der Abgabeakten, mussten innerhalb von knapp vier Wochen abgeschlossen sein.



Abb. 1: Referenzstation auf Hochhaus.

# Partie rédactionnelle

Nur dank der Bereitschaft, kurzfristig und unkonventionell die finanzielle Trägerschaft sicherzustellen, konnte das Projekt in dieser rationalen Art und Weise durchgeführt werden.

## 2. Perimeter

Innerhalb des für die TELECOM-PTT zu bearbeitenden Gebietes lag wie in 1.2 beschrieben u.a. auch das in Kürze neu zu vermessende Gebiet Brugg, Los 6. Für die Passpunktwahl war es deshalb auch ein wichtiges Kriterium, möglichst viele PTT-Messungen in das künftige LFP3-Netz einzubinden.

Die nun folgenden Kapitel beschränken sich auf die Erfahrungen mit dem Einsatz von Real Time GPS im Zusammenhang mit der Bestimmung von LFP3-Netzen.

## 3. Methode und Instrumentarium

### 3.1 Methode

Bei der Methodenwahl war v.a. ein Faktor entscheidend: die Zeit. Innerhalb einer knappen Monatsfrist mussten die verlangten Punkte der TELECOM-PTT im Zylinderprojektionssystem vorliegen. Die Tatsache, dass es sich beim Operat um ein überbautes Gebiet handelte und deshalb mit zum Teil überdurchschnittlicher Abdeckung beim GPS gerechnet werden musste, sowie die spärlichen Informationen über die Tauglichkeit von Real Time GPS für die Bestimmung von LFP3-Netzen waren für die Entscheidungsfindung nicht gerade förderlich.

Nachdem aber das kantonale Vermessungsamt grünes Licht erteilt hatte, dass für die Verifikation des LFP3-Netzes der WGS84-Datensatz genügt, stand unserem Vorhaben, die gestellte Aufgabe zur Hauptsache mit GPS Rapid Static kombiniert mit Real-Time zu lösen, nichts mehr im Wege. Vereinzelt legten wir nach empirischen Kriterien terrestrische Ergänzungsmessungen fest, um die nötige Netzstabilität zu erreichen.

Im dichten Waldgebiet planten wir von Beginn weg terrestrische Messungen, weil GPS dort noch zu unzuverlässig arbeitet.

### 3.2 Instrumentarium

Bei den GPS-Messungen setzten wir das System 300 der Firma Leica mit integriertem Datenfunk ein. Es wurde nur mit einem Rover gearbeitet. Auf der Referenzstation stellte eine Autobatterie die Stromversorgung sicher. Die Datenregistrierung erfolgte auf 2 MB-PCMCIA-Speicherkarten. Für die GPS-Auswertungen kam die SKI-Software, Version 1.09b, von Leica zum Einsatz.

Für die terrestrischen Messungen wurde der TC1600 der gleichen Firma verwendet. Die Datenregistrierung erfolgte auf das REC-Modul.

Die Ausgleichsberechnungen führten wir mit der Software NEPTAN der Firma C-Plan durch.

## 4. Messungen

### 4.1 GPS-Messungen

Bei der Methode Real-Time sind die Referenzstation und der Rover mit Funk ausgerüstet. Dies ermöglicht, jeweils bereits im Feld die genaue Position in Bezug auf die Referenzstation bestimmen zu können. Im weiteren kann eine Genauigkeit der Lagebestimmung am Rover-Controller eingegeben werden. Sobald diese erreicht ist, wird der Benutzer zum Abspeichern der Messung aufgefordert. Dies hat den grossen Vorteil, dass bereits unmittelbar auf dem Feld die Gewissheit besteht, dass die Basislinie gelöst werden kann.

Die GPS-Messzeiten passten wir entsprechend den aktuellsten Daten aus dem Almanach an. So wurde in der Regel in zwei Schichten von 10.00 Uhr bis 23.00 Uhr gearbeitet.

Als Referenzstationen wurden zwei LFP2-Punkte verwendet. Beide Punkte befanden sich jeweils auf einem Hochhaus. Diese Standorte waren einerseits bezüglich Abdeckung ideal, andererseits waren auch für den Funk die Sende- und Empfangsbedingungen günstig. Die Referenzpunkte wurden vor dem Messbeginn gegenseitig auf ihre Zwänge hin untersucht, welche deutlich innerhalb der geforderten Toleranz lagen.

Die Punktbestimmung erfolgte grundsätzlich zweimal unabhängig mit den verschiedenen Referenzstationen. Wenn immer möglich setzten wir die Messmethode Real-Time ein, und zwar mit der maximal möglichen Genauigkeit von einem Zentimeter. Da bei der Option

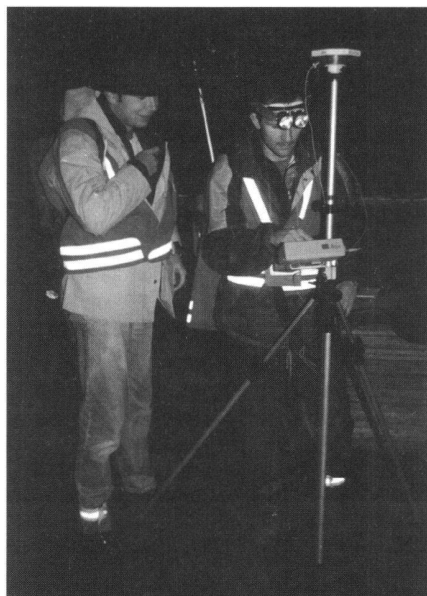


Abb. 2: GPS-Rucksackstation im Nachteinsatz.

«Move» die Genauigkeit beim Verschieben zum nächsten Punkt jeweils nicht mehr erreicht wurde, arbeiteten wir mit der Option «New chain». Konnten die Basislinien mit Real-Time nicht gelöst werden, wurde der Punkt mit Rapid Static gemessen. Dabei betrug die durchschnittliche Messzeit 6 Minuten.

### 4.2 Terrestrische Messungen

Parallel zur GPS-Kampagne erfolgten die terrestrischen Messungen im Waldgebiet sowie im übrigen Gebiet die selektiv angeordneten Messungen, die der Netzstabilität dienten.

Nach einem ersten Durchlauf des freien Ausgleichs mussten lediglich auf sechs Punkten terrestrische Nachmessungen durchgeführt werden, weil diese eine ungenügende äussere Zuverlässigkeit aufwiesen.

### 4.3 Nivellement

Innerhalb des Operates lagen keine HPF1 oder HFP2. Zwar existierte ein altes HFP3-Netz, es genügte jedoch den heutigen Anforderungen nicht mehr. Aus diesen Gründen dienten die vorhandenen LFP2 für den Höhenanschluss des LFP3-Netzes. Von den neun LFP2 waren deren vier nivellistisch bestimmt.

## 5. Auswertung

Bei den mit Real-Time gemessenen Punkten resultierten von jedem Neupunkt direkt WGS84-Koordinaten. Bei den mit der Methode Rapid Static bestimmten Punkten wurden die Basislinien sowie die WGS84-Koordinaten mit der SKI-Software ermittelt. Der WGS84-Koordinatensatz wurde schliesslich via Modem bei der L+T in Zimmerwald weiterverarbeitet. Dabei sind die Geoidundulationen bestimmt und die Landeskoordinaten berechnet worden. Schliesslich berechneten wir mit NEPTAN den Ausgleich und erstellten die Netzpläne, die für die Verifikation nötig waren.

Die Statistik der Messungen (Lage):

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| Neue LFP3-Punkte                                   | 108 |
| Anschlusspunkte<br>(LFP1, LFP2 und Anschluss-LFP3) | 25  |
| Real-Time-Messungen                                | 408 |
| Rapid-Static-Messungen                             | 42  |
| Terrestrische Messungen                            |     |
| Distanzen                                          | 64  |
| Richtungen                                         | 67  |
| davon Nachmessungen<br>auf 5 Punkten               |     |
| Distanzen                                          | 15  |
| Richtungen                                         | 15  |
| Total Messungen                                    | 581 |

## 6. Resultate

Um eine Aussage über die erreichten Messgenauigkeiten machen zu können, stützen sich die Resultate auf die freie weiche Lagerung. Bei dieser Ausgleichung ist der Zwang der Festpunkte minimal. Folgende Werte wurden erreicht:

Lage:

|                                                            |                                  |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| durchschnittliche Lagegenauigkeit bei Neupunkten (MA / MB) | 18 mm / 18 mm                    |
| max. äussere Zuverlässigkeit (NA / NB)                     | 50 mm / 20 mm bzw. 42 mm / 42 mm |
| durchschnittliche Redundanz                                | 50%                              |

Höhe:

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| durchschnittliche Höhengenaugkeit bei Neupunkten (MH) | 18 mm |
| max. äussere Zuverlässigkeit (NH)                     | 91 mm |
| durchschnittliche Redundanz                           | 46 %  |

Alle Werte liegen klar innerhalb der vom Kanton vorgegeben Toleranzen für LFP3-Netze. Die Redundanzwerte weisen auf eine ausgewogene Netzkonzeption hin.

## 7. Vergleich Real-Time mit Rapid Static

Um Erkenntnisse für weitere Projekte zu gewinnen, hat uns u.a. auch folgende Frage interessiert: In welcher Grössenordnung liegen die Koordinatendifferenzen zwischen

- Punkten, die mit dem vom System automatisch veranlassten Messabbruch gemessen wurden und
- den Punkten, die mit dem echten Rapid Static-Verfahren mit unterschiedlichen Beobachtungszeiten gemessen wurden (ohne Datenfunk, im Büro berechnet)?

Zu diesem Zweck wurden, relativ pragmatisch, sechs Punkte mit unterschiedlichen Beobachtungszeiten untersucht:

Für den automatischen Messabbruch galt wiederum die Genauigkeit von einem Zentimeter am Controller, wobei die Abbruchzeit für die automatische Lösung im Schnitt bei rund 1 min 30 sec lag. Beim Rapid Static-Verfahren wurden jeweils Beobachtungszeiten von 6, 9 und 12 Minuten gewählt.

Die Längen der Basislinien lagen im Bereich von 270 m bis 1500 m.

Eine Auswahl der erreichten Resultate ist in den Abbildungen 3–6 dargestellt (Abszisse = Beobachtungszeit in Minuten;

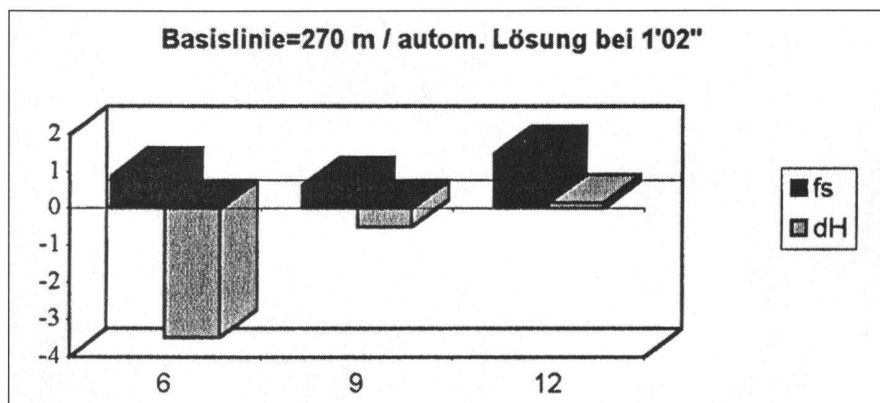


Abb. 3.

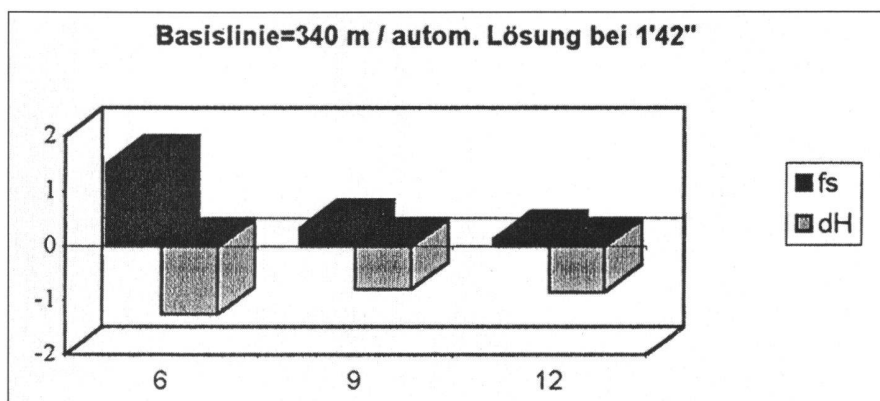


Abb. 4.

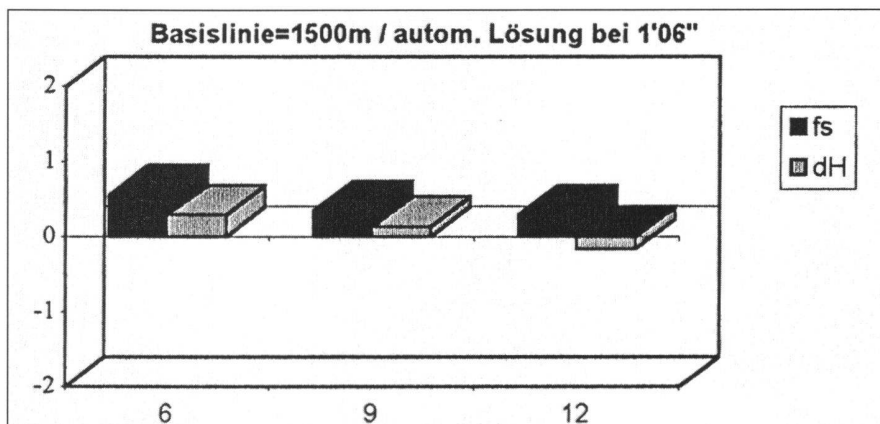


Abb. 5.

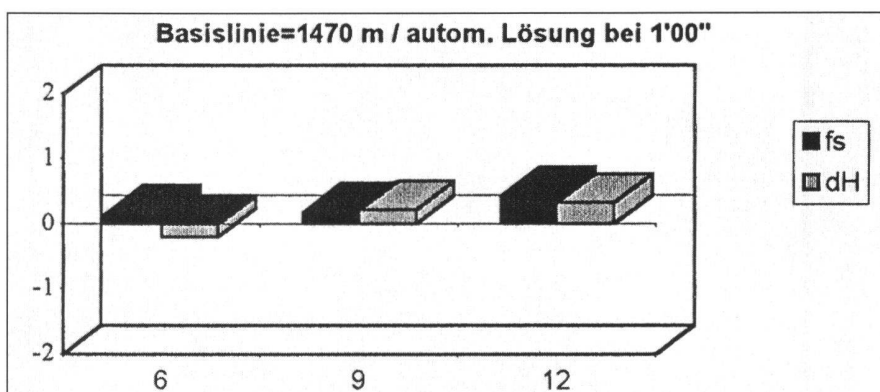


Abb. 6.

# Partie rédactionnelle

Ordinate = Abweichung von der automatischen Lösung in cm).

Bei den Koordinatendifferenzen in der Lage stellten wir nur zwei Differenzen (fs) über 1 cm fest. Wobei die maximale Differenz 1.49 cm beträgt (Basislinie 340 m, 6 min).

Bei der Höhe liegen auch zwei Differenzen über 1 cm. Wobei eine maximale Höhendifferenz von -3.5 cm (Basislinie 270 m, 6 min) vorliegt. Bei dieser Messung dürfte es sich um einen Ausreisser handeln, passt sie doch überhaupt nicht ins Bild der sonst relativ homogen verteilten Differenzen.

## 8. Schlussbemerkungen

Im Rahmen dieses Projektes konnten wir verschiedene wertvolle Erfahrungen sammeln. Einige seien an dieser Stelle thematisch festgehalten:

### *Technik:*

- Positiv beeindruckt haben uns vor allem die guten Werte aus dem freien Ausgleich sowie die Tatsache, dass wir auf lediglich fünf Punkten Nachmessungen

vornehmen mussten. Insofern und aufgrund der in gemäss Kap. 7 erreichten Resultate darf das Real-Time-Verfahren für die Bestimmung von LFP3-Netzen als durchaus tauglich und zuverlässig bezeichnet werden.

- Beim Real-Time-Verfahren wird mit einer Datenregistrierrate von 2 sec gearbeitet. Eine Daten-Registrierung wird eigentlich nur beim Controller benötigt, da ja die Lösung bereits auf dem Feld ermittelt wird. Arbeitet man nun mit dem beschriebenen Kombiverfahren und misst den Punkt, sofern Real-Time nicht möglich ist, mit Rapid Static, so ist ein Post Processing notwendig. Dies setzt aber voraus, dass auch die Daten der Referenzstation abgespeichert worden sind. Die 2 MB PCMCIA-Speicherkarte genügt dann bei langen Messtagen nicht und muss jeweils gewechselt werden. Eine Karte mit mehr Speicherplatz (mind. 4 MB) tut also dringend Not!

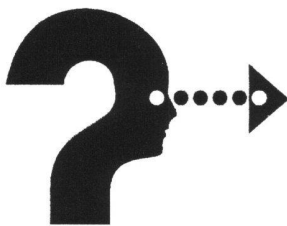
### *Organisation:*

- Der vielfach gepriesene 1-Mann/Fraubetrieb beim Real-Time GPS ist aus folgenden Gründen problematisch:

- Der Rucksack wird mit der Zeit relativ schwer. Einen Tag ohne grösseren Unterbruch alleine zu messen wird somit unzumutbar.
- Die Beweglichkeit ist durch den Rucksack stark eingeschränkt. Das Öffnen eines PP-Schachtdeckels wird somit oftmals zur eigentlichen Stretchingübung.
- Wie in 1.2 erwähnt waren zu Beginn einige Koordinationsaufgaben innert Kürze durch unser Büro zu lösen. In diesem Fall stellt sich einmal mehr die Frage, ob in Zukunft nicht der Kanton als zentrale Koordinationsstelle von Vermessungsarbeiten die Realisierung der Ebene Fixpunkte veranlassen können sollte.

### Adresse der Verfasser:

Dani Laube  
Ingenieur-Geometer  
Martin Häberli  
Dipl. Vermessungsingenieur HTL  
Porta + Partner  
Ingenieur- und Vermessungsbüro  
Steinackerstrasse 7  
CH-5200 Windisch



## Vermessungstechnik

- Laser- und Nivelliergeräte
- Kabellichtlote / Längenmessgeräte
- Vermessungsgeräte und Zubehör
- Vermarkungsartikel
- Kompass / Neigungs-Gefällmesser

## Zeichentechnik

- Zeichenmaschinen / Tische
- Wandzeichenanlagen
- Hänge- und Schubladenplanschränke
- Leuchttische / Leuchtkästen
- Beschriftungsgeräte / Planimeter

## Technische Büroeinrichtung: – von «A» bis «Z»

# Wernli & Co

Telefon 062 / 721 01 75  
Fax 062 / 721 01 76

Dorfstrasse 272  
5053 Staffelbach