

Satellitengestützte Grenzbegehungen

Versuch einer neuen Möglichkeit

(von Friedrich Freiburger, Vors. der Feldgeschworenenvereinigung Bayreuth)

Wo Gemeindegrenzbegehungen über die Zeiten hinweg sowieso regelmäßig durchgeführt wurden, können jederzeit Wiederholungen der Grenzgänge ohne große Vorbereitung stattfinden. Wo dies aber bisher nicht geschah, muss neu begonnen werden. Aber ein Neubeginn geht nicht ohne vorherige Überlegungen zur Aufstellung eines Konzeptes, mit dem Ziel, die Durchführung von Grenzbegehungen zu erleichtern. Soweit moderne Hilfsmittel Erleichterungen bringen können, sollten diese auch eingesetzt werden. Zumal dann, wenn durch möglichen Zeitgewinn auch weniger Kosten anfallen könnten.

Als technische Hilfsmittel stehen zur Verfügung:

1. Ein tragbarer Rechner,

geeignet für drahtlose Signalübertragung mittels Bluetooth und für die Verwendung von externen Speichermedien (z.B. SD-Karten oder Steckmodulen).

2. Ein EDV-Programm,

geeignet für die Einpassung von analogen Flurkarten-Ausschnitten in ein globales Koordinatensystem und für die Erstellung von Navigationsrouten.

3. Ein DGPS-fähiger Satellitenempfänger,

geeignet für kostenlose differentielle Positionsbestimmungen mit einer Genauigkeit im Sub-Meter-Bereich. Das Gerät empfängt die Daten von NAVSTAR- und GLONASS-Satelliten zusammen und verarbeitet die zugehörigen Korrektursignale eines Mittelwellensenders. Die zusammenfassende Nutzung beider Satellitensysteme vergrößert die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Ortung hinsichtlich der Betriebsbereitschaft und der Genauigkeit.



4. Ein Drucker, geeignet zum scannen von Flurkarten-Ausschnitten im DIN A4-Format.

Der tragbare Rechner mit einem 10-Zoll Klapp-Bildschirm und der scanfähige Drucker waren sowieso schon privat vorhanden, ebenso das Programm für die Georeferenzierung von Flurkarten. Der Satellitenempfänger wurde freundlicherweise von der Fa. CT Communcation Technology, GmbH leihweise für Versuchszwecke zur Verfügung gestellt.

Die erste Inbetriebnahme

fand auf dem eigenen Grundstück statt. Das Gelände der Umgebung war überwiegend offen und leicht hügelig. Der kurze Test gab Anlass zur Hoffnung auf Erfolg.

Dann fand eine Begehung der gemeinsamen Gemeindegrenze Eckersdorf-Mistelbach

statt, gemeinsam mit den Bürgermeistern und Feldgeschworenen. Dabei stellte sich heraus, dass gerade in Abschnitten, wo keinerlei Naturgrenze mehr zu sehen ist, dieses Orientierungssystem sehr praktisch und sinnvoll sein kann. Das Auffinden des einen oder anderen Grenzsteines festigte die Annahme. Aber trotz einer nur ersten praktischen Erfahrung, wollte ich eine Abschätzung von möglichen Fehllagen nicht außer Acht lassen und suchte nach einer Möglichkeit, Vergleichsmessungen auf Referenzpunkten durchzuführen.

Eine weitere Testanwendung

fand auf einem Wiesengelände in Bärnreuth, Gemeinde Hummeltaal, statt, mit folgenden Ergebnissen:

- a) Mehrfacher Stillstand der Positionsmarke. Abhilfe war möglich mittels Neustart des Kartenprogrammes FUGAWI (mit anschließender Überprüfung der GPS-Einstellungen), was aber nicht sehr praktikabel ist. Es war zunächst zu vermuten, dass der Datenfluss von einem im Hintergrund laufenden Antiviren-Programm unterbrochen wurde. Ein neuerlicher Test hat bei deaktiviertem Schutzprogramm, diese Vermutung offensichtlich bestätigt. Das Schutzprogramm bleibt deshalb für Navigations-Arbeit künftig deaktiviert. Angriffe aus dem Internet sind ausgeschlossen, weil es keine Verbindung gibt.
- b) Konstante Abweichungen der Positionsmarke in fast immer die gleiche Richtung und in der Größenordnung von ungefähr 1 m. Das wurde im Vergleich von vorgefundenen Referenzpunkten mit der Positionsmarkenlage sichtbar. Da die Einpassung über Passpunkte des Gauß-Krüger-Netzes errechnet wurde, kann eine erklärbare, korrekturfähige und gleichgerichtete konstante Verschiebung durchaus vorliegen. Einmal erkannte, systematische Abweichungen dieser Art können bei der Begehung in der Natur auf einfache Weise berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist festzustellen, dass eine Grenzbegehungsorientierung mittels DGPS keine Grenzvermessung sein kann und auch nicht sein darf.

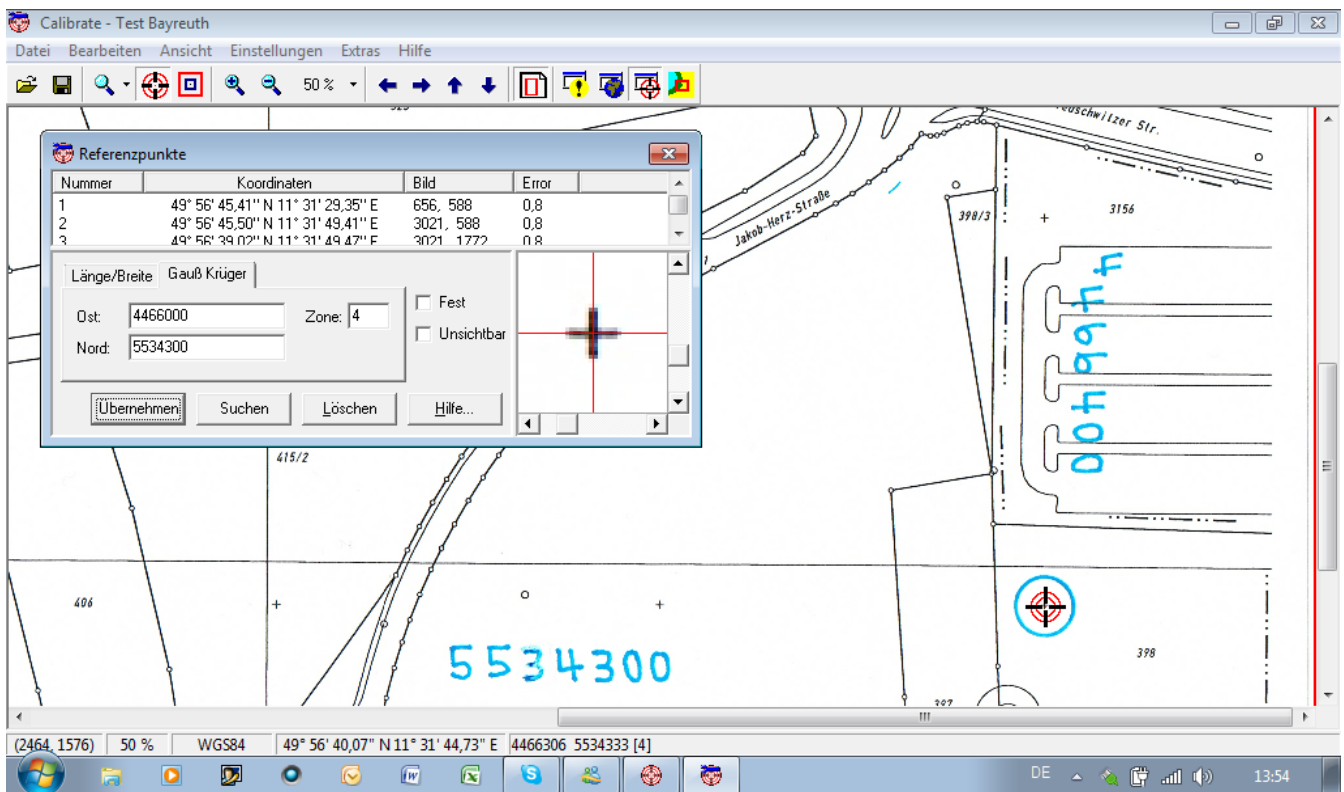
Beschaffung und Aufbereitung der Flurkarten-Ausschnitte

Die amtliche Digitale Flurkarte (DFK) kann von der Bayerischen Vermessungsverwaltung und in der Regel auch von den Gemeinden in beliebigen Maßstäben bezogen werden. Wissen sollte man, dass die DFK der Gemeinden turnusmäßig aktualisiert werden, die vermessungsamtliche DFK dagegen i.d.R. rechtzeitig aktuell ist. Die Darstellung des Gemeindegebietes endet jeweils an ihrer Umfangsgrenze. Das ist nicht unbedingt ein Vorteil. Weil eine Gemeindegebietsgrenze immer 2 Gemeinden gegeneinander abgrenzt, und für den entsprechenden Grenzabschnitt **eine gemeinsame** Begehung zu organisieren ist. Es wird also für einen gemeinsamen Grenzabschnitt immer nur **ein** DFK-Ausschnitt benötigt (Kostenteilung!). Dieser gemeinsame Kartenausschnitt kann nur von der Vermessungsverwaltung zu Verfügung gestellt werden.

Ferner sollte der Anwender noch folgendes wissen: Auch ein digital erstellter Flurkarten-Ausdruck zeigt nur ein analoges Abbild, das nicht ausschließlich von cm-genauen Daten (Koordinaten) erzeugt wird. Dem Inhalt der Digitalen Flurkarte liegen insgesamt sowohl cm-genaue Koordinaten, **als auch grafische Elemente aus früheren Jahrhunderten zugrunde**. Diese Darstellungselemente wurden im Originalmaßstab 1:5000 als Ergebnis einer Messtisch-Aufnahme gewonnen, ein Verfahren, bei dem 1 mm Versatz in der Karte, 5 m in der Natur entsprechen.

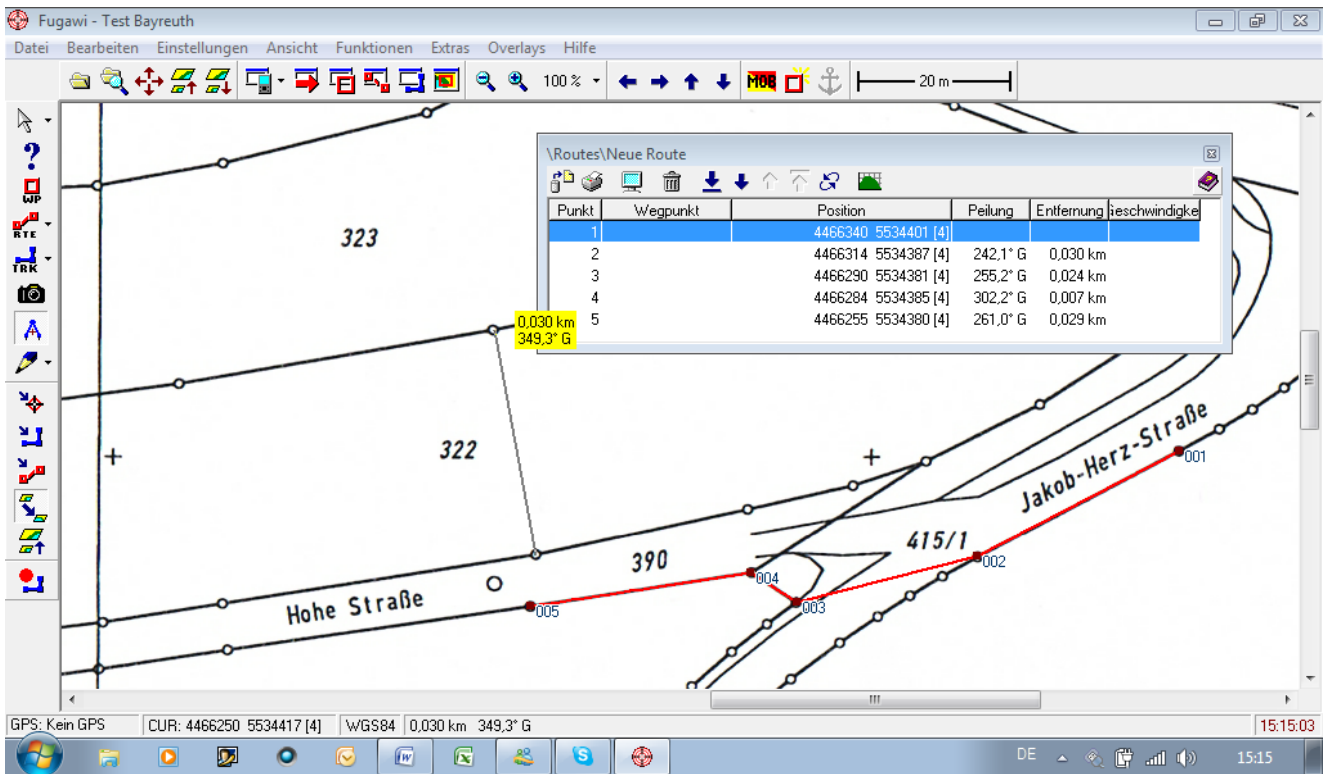
Als Grundlage einer navigationsfähigen Einpassung

dient eben diese Flurkarte. Es sind Ausschnitte im Maßstab 1:2500 oder 1:5000 im Format DIN A4 zu beschaffen. Für die mathematische Einpassung werden vier Rahmen-Schnittpunkte der Gitternetzlinien eines globalen Koordinatensystems benötigt, deren Koordinatenwerte ja bekannt sind. Diese werden mit Hilfe eines einfachen Lagevergleichs der amtlichen Ortsgrundkarte (TK 10) entnommen. Mit einem verhältnismäßig einfach funktionierenden handelsüblichen GPS-Kartenprogramm werden die Modellkoordinaten der Darstellung per Transformation in ein globales Koordinatenfeld überführt. Die Restfehler an den Passpunkten werden vor der Abspeicherung des Kartenblattes natürlich angezeigt. Die einzelnen Kartenblätter können in einem externen Speichermedium archiviert und nach Bedarf wieder aufgerufen werden. Das Abbild zeigt, wie ein Passpunkt mit Hilfe eines Justierfensterchens angesteuert wird. Nach Eingabe und Übernahme der Soll-Koordinaten erscheinen die Restfehler in der Spalte Error.



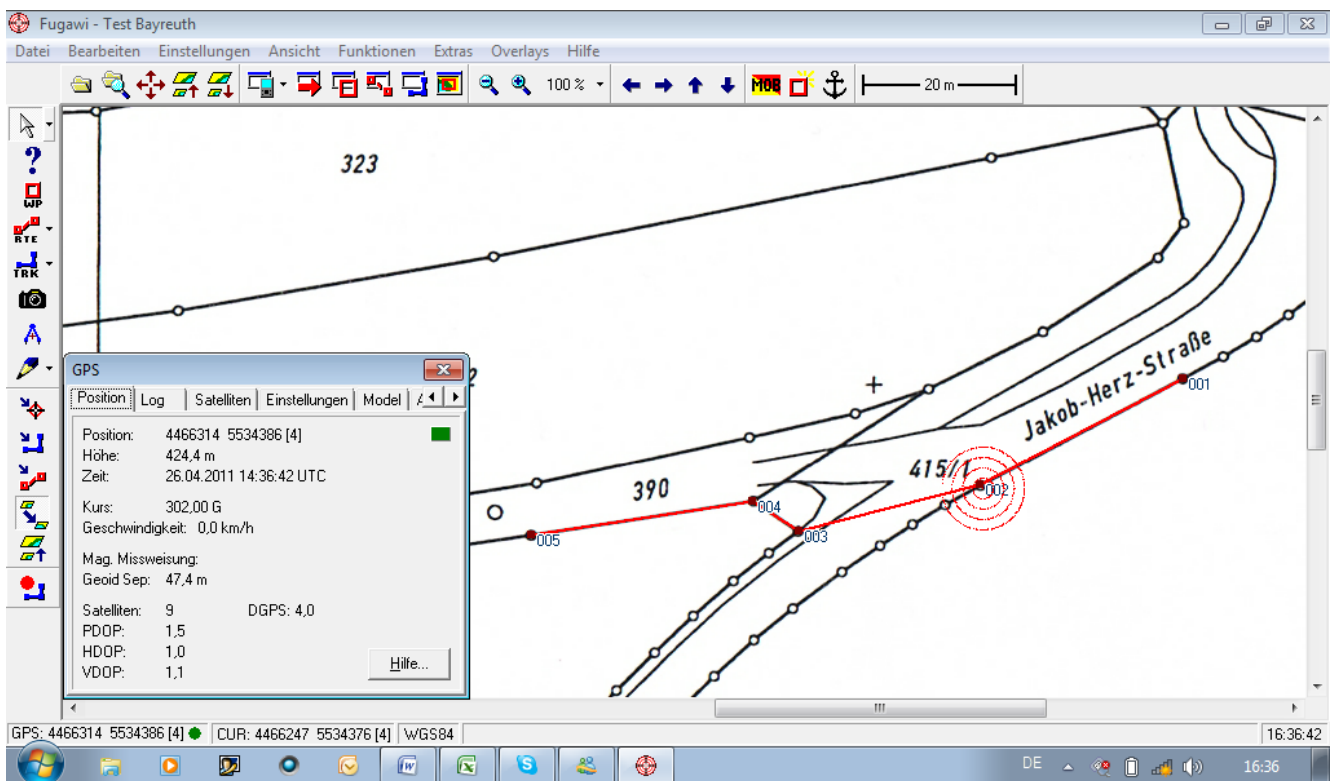
Die Festlegung, Darstellung und Speicherung von Routen und Punkten

für Navigationszwecke ist dann sehr einfach und benutzerfreundlich. Wegpunkte u. Linien erscheinen farbig, mit Nummern versehen. Damit ist eine Verknüpfung mit punktgenauen Kommentaren möglich, die unerlässlich ist für eine Zeit- und Zustandsprotokollierung oder auch anderweitigen Anmerkungen. Es können auch Listen ausgedruckt werden, aus denen die Gitter-Nordrichtungen (Azimut) und die zugehörigen Entfernungen, auf den nächsten Wege-Punkt hin, abzulesen sind. Bei Versagen der satellitengestützten Positionsbestimmung, was z.B. infolge von unvorhersehbaren Signal-Abschattungen passieren kann, könnte ein geeigneter Kompass eingesetzt werden. Die Richtung wird, ausgehend von Gitter-Nord, im Uhrzeiger-Sinn gemessen (siehe nächste Abbildung).



Testmessungen auf einem Referenzpunkt an der Jakob-Herz-Straße

Obwohl nicht immer mit einer gleichmäßig guten Satellitenkonstellation und / oder eines optimalen Mittelwellenempfangs gerechnet werden kann, zeigt die Fehlerlage dieser kurzen Mess-Reihe dennoch, dass das System für eine Grenz-**Begehung** durchaus brauchbar ist.



Die **konzentrischen Positionsringe** können mit dem Maßstab (hier 20 m) überschlägig verglichen werden. Der Ring-Abstand erlaubt eine näherungsweise Abschätzung der Fehlerlage (hier ca. 1,4 m).

Das einblendbare GPS-Fenster zeigt Daten bezüglich der temporären, relativen Genauigkeit. Es wäre zu beachten: DOP ist kein Maß, sondern ein Parameter für die Genauigkeit der Positionsbestimmung. Je größer die DOP-Werte, desto größer ist die Schwankungsbreite.

DOP = Dilution of Precision = Dämpfung oder Verwässerung der Genauigkeit

PDOP = Positionsgenauigkeit

HDOP = Horizontalrichtung

VDOP = Vertikalrichtung

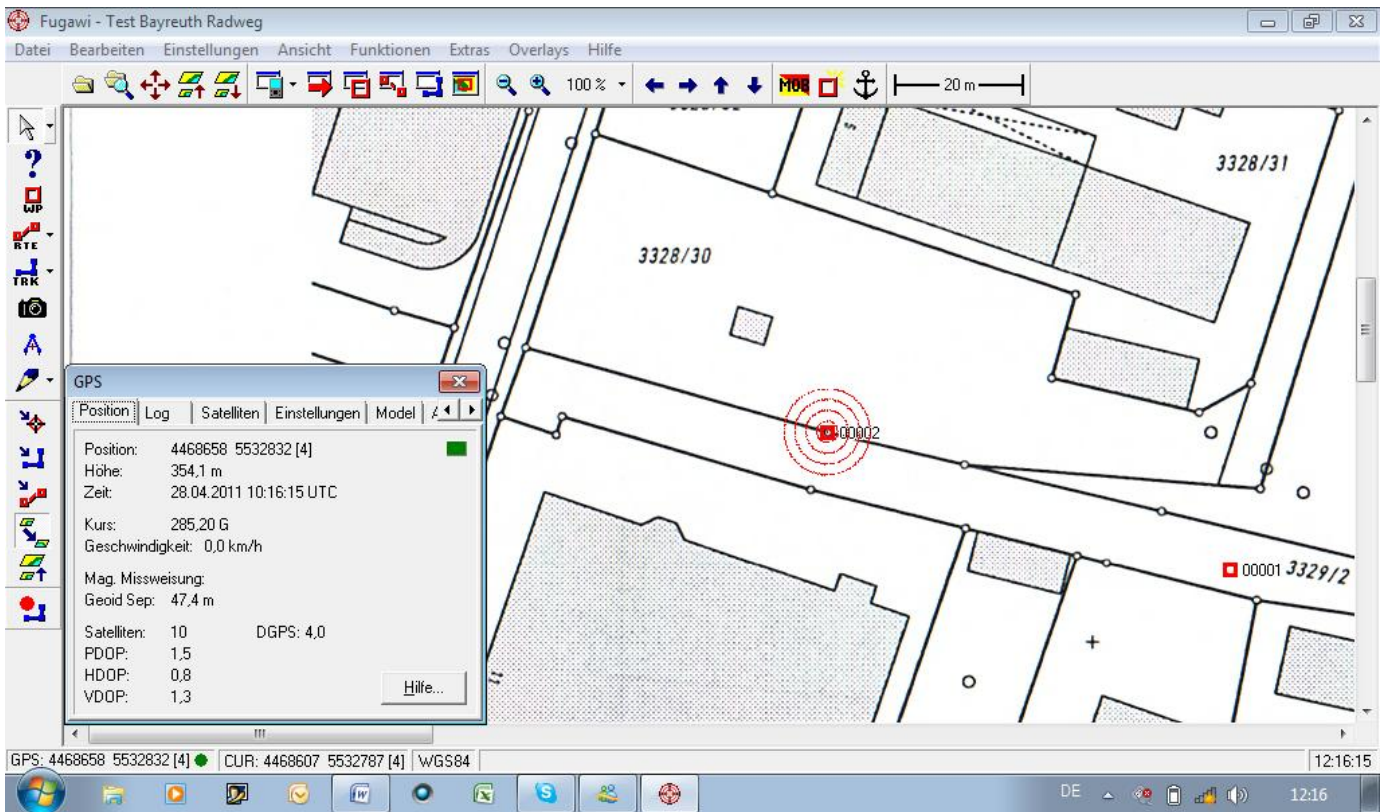
DGPS = differenzielle Positionsbestimmung unter Verwendung einer überörtlichen Referenzstation

Satellitenanzahl	PDOP	HDOP	VDOP	DGPS	Differenz zum Sollpunkt
8	1,8	1,2	1,3	6	1,2
8	1,7	1,2	1,2	4	1,2
9	1,5	1	1,1	4	0,7
8	1,9	1,1	1,5	3	0,7
8	1,9	1,1	1,5	5	0,7
8	1,9	1,1	1,5	5	0,3
8	1,9	1,1	1,5	3	0,3
9	1,5	0,9	1,2	4	1,1
9	1,5	0,9	1,2	5	1,1
9	1,5	0,9	1,2	5	0,7
9	1,5	0,9	1,2	5	1,0
9	1,5	0,9	1,2	4	1,1
9	1,6	0,9	1,3	4	1,1
9	1,6	0,9	1,3	6	1,1
9	1,6	0,9	1,3	4	1,1
9	1,6	0,9	1,3	5	0,3

Der Test fand unter optimalen Geländebedingungen statt. Stabiler kann die Mess-Reihe nicht sein. Dementsprechend beträgt die lagemäßige Abweichung vom Sollpunkt maximal **1,2 m**. Die geringste Abweichung beträgt **0,3 m**. Für eine Grenz-Begehung sind diese Ergebnisse als nahezu **zielgenau hervorragend** zu bezeichnen.

Weitere Testmessungen auf einem Referenzpunkt am Radweg

Weniger gute Ortungsbedingungen finden wir in bebauten Gebieten vor, weil es hier häufig zu Signal-Abschattungen durch Gebäude kommt. Für Gemeindegrenzbegehungen und allgemeine Grenzbegehungen im ländlichen Raum ist das bedeutungslos. Denn störende Gebäude in unmittelbarer Nähe des GPS-Empfängers sind dort kaum vorhanden. An zwei aufeinanderfolgenden Tagen wurde die nächste Tabelle erarbeitet.

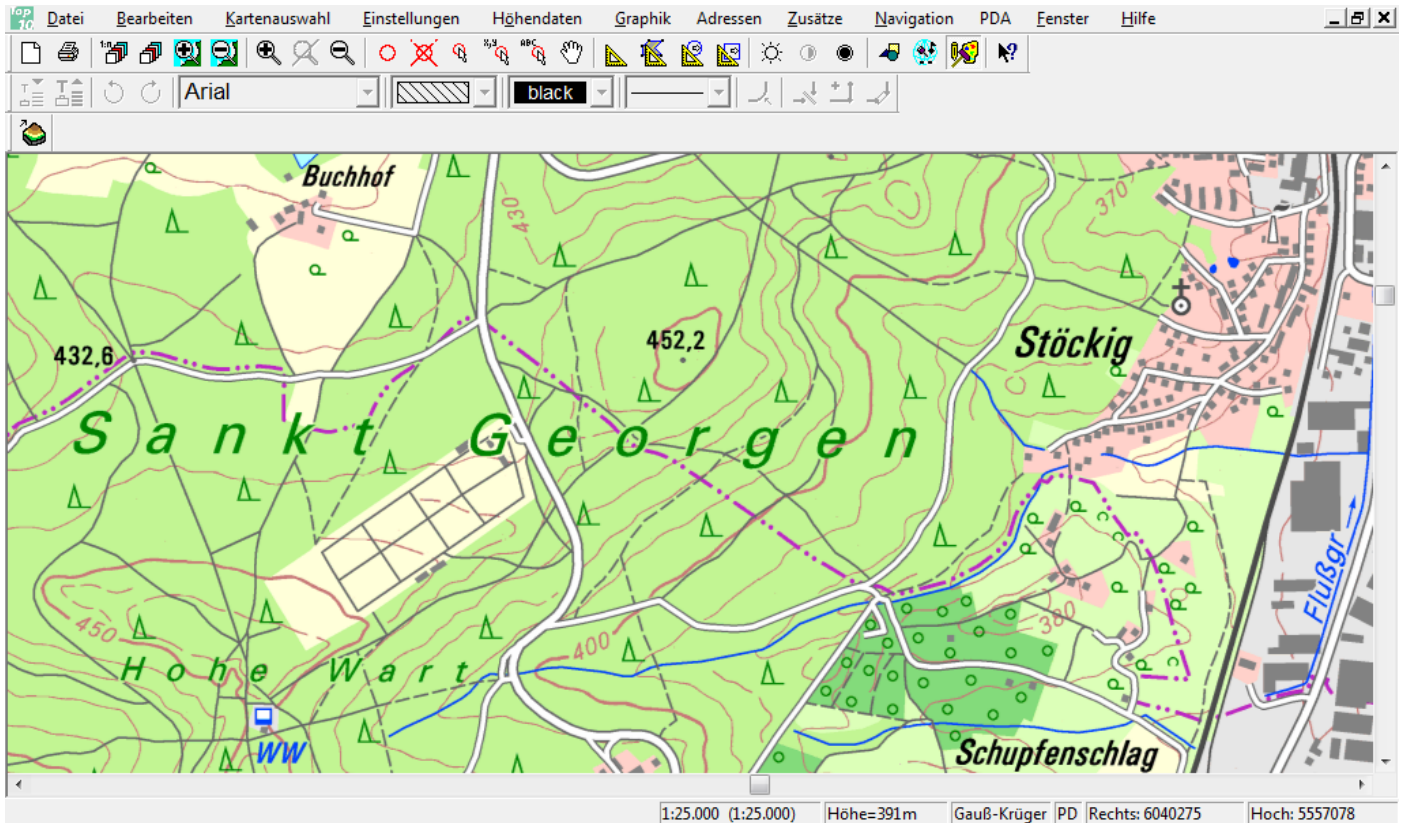


Satellitenanzahl	PDOP	HDOP	VDOP	DGPS	Differenz zum Sollpunkt
7	2,2	1,3	1,8	4	0,9
8	2	1,2	1,6	3	1,6
9	1,9	1,2	1,5	8	1,3
9	1,9	1,2	1,5	3	2,2
9	1,9	1,2	1,5	8	1,2
8	2	1,2	1,6	3	0,9
9	1,4	0,9	1	4	0,2
9	1,9	1,1	1,5	4	1,1
8	1,9	1,1	1,6	7	2,4
9	1,9	1,2	1,5	3	1,2
10	1,5	0,8	1,3	4	0,9
9	1,7	0,9	1,4	4	0,8
9	1,9	1,1	1,5	4	0,9
9	1,9	1,1	1,5	4	0,9
10	1,8	0,9	1,5	5	0,2
9	2,1	1	1,8	3	0,9

Dieser Test fand unter weniger guten Bedingungen statt. Dementsprechend beträgt die lagemäßige Abweichung vom Sollpunkt maximal **2,4 m**. Die geringste Abweichung beträgt **0,2 m**. Für eine Grenz-Begehung wären diese Ergebnisse trotzdem geeignet. Nur 2 von 16 Ortungen liegen zwischen 2,0 m und 2,5 m und immerhin noch 9 unter 1,0 m. Fazit: auch hier erweist sich die Grenzbegehungs-Tauglichkeit.

Für eine Grenzbegehung im Hochwald

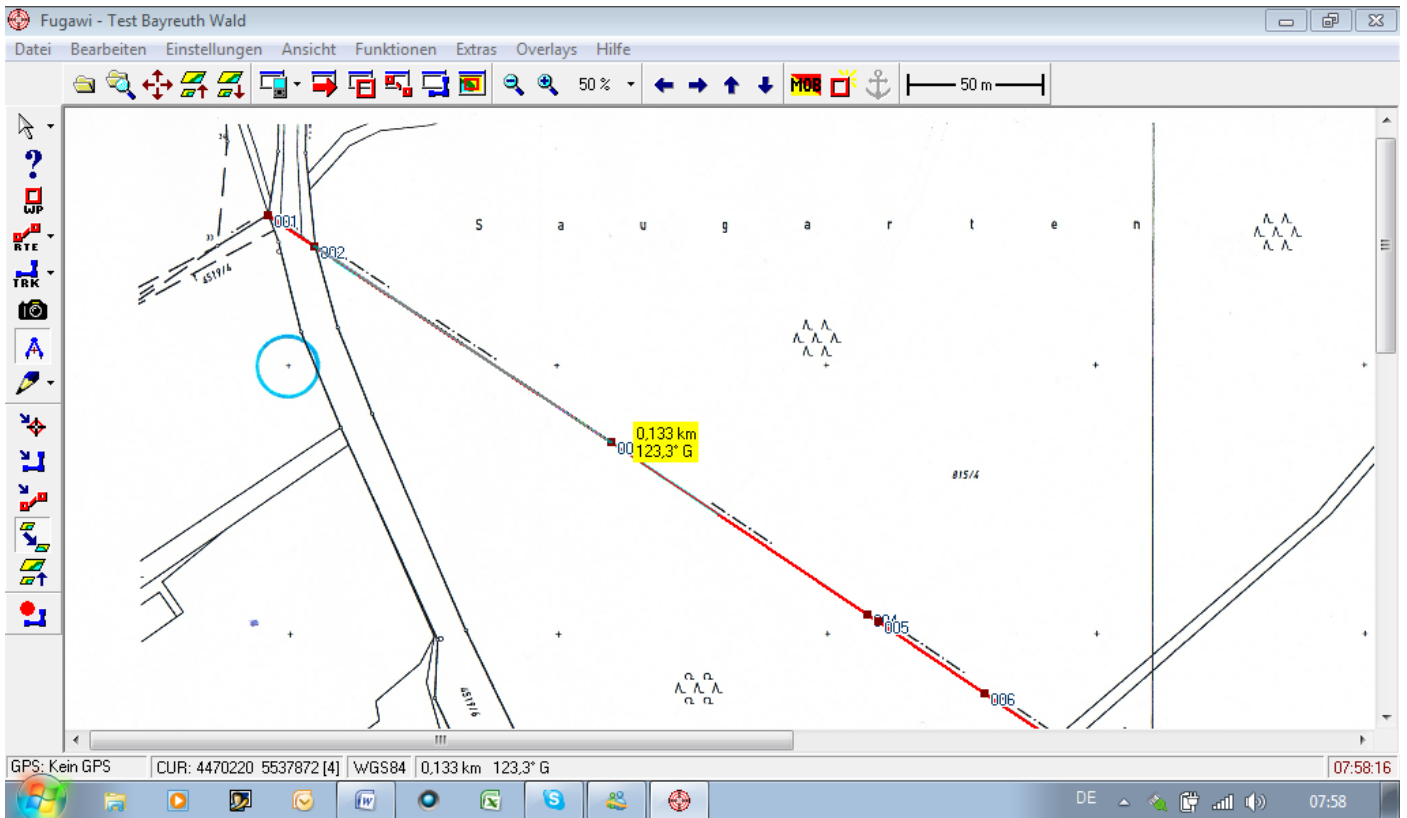
Ist nach ersten Erkenntnissen die satellitengestützte Ortung augenscheinlich **nicht geeignet**. Als Testgebiet bot sich die Gemeindegrenze im Forstgebiet zwischen Bayreuth und Bindlach bei der Hohen Warte an. Dort gab es einen ca. 800m langen, schnurgeraden Grenzzug, der einst durch einen Federstrich in der Flurkarte festgelegt worden war, und den ich in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts als zuständiger Vermessungsbeamter selbst abmarken konnte. Im Bild verläuft dieser Grenzabschnitt von Nordwesten nach Südosten zwischen Buchhof und Schupfenschlag.



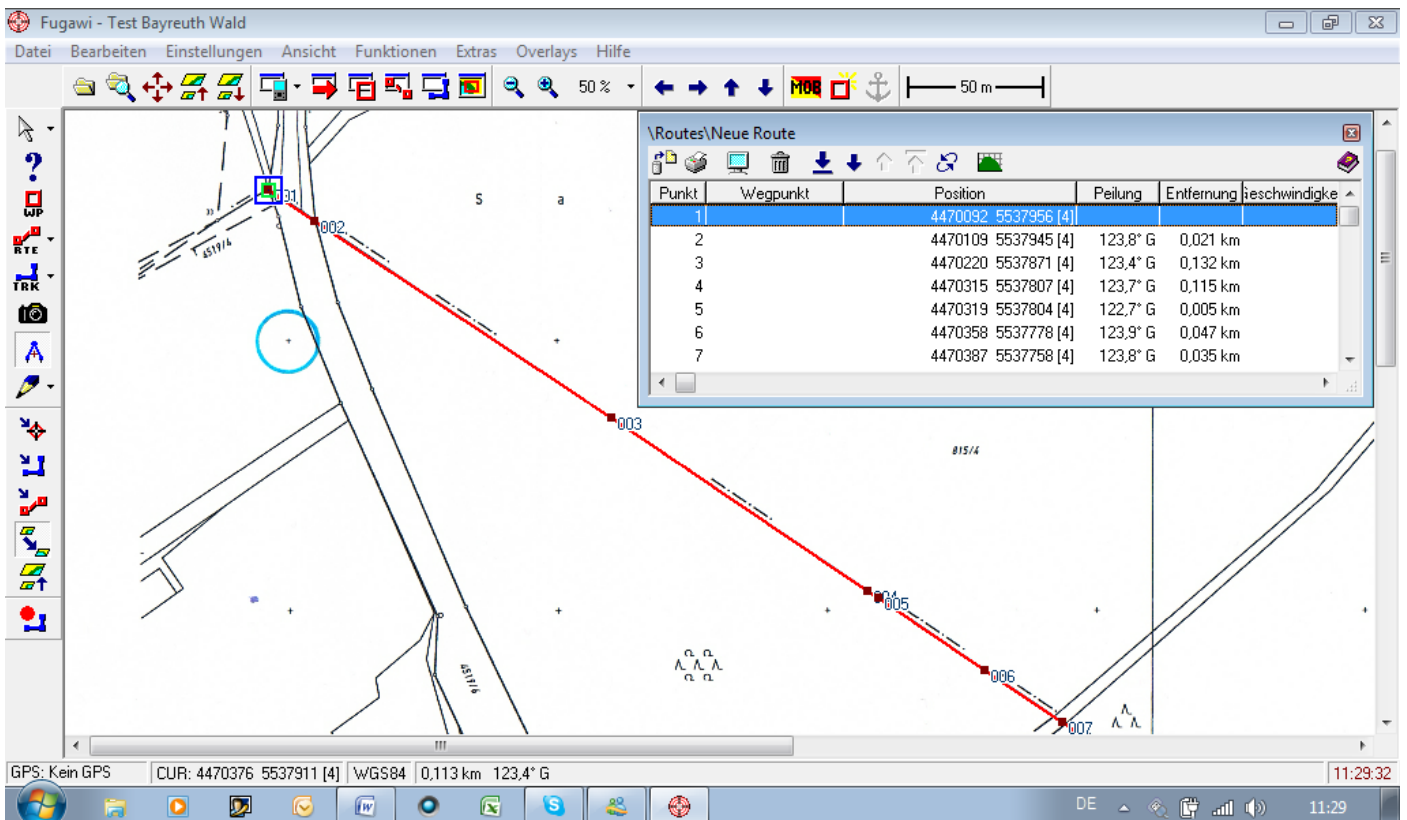
Bereits an der Größe des DGPS-Wertes, manchmal auch an dessen gänzlichen Fehlens, war der Misserfolg zu erkennen. Ein springender Positionszeiger, bei durchaus ausreichender Satellitenanzahl, machte dann auch eine nur halbwegs brauchbare Festlegung auf ein flächenmäßig akzeptables Suchgebiet unmöglich. Offensichtlich steigt das Programm dann sogar bei einem länger andauernden Zustand der Unzulänglichkeit aus. Und was nun ?

Wie geht's weiter ? Keine Angst, es geht !

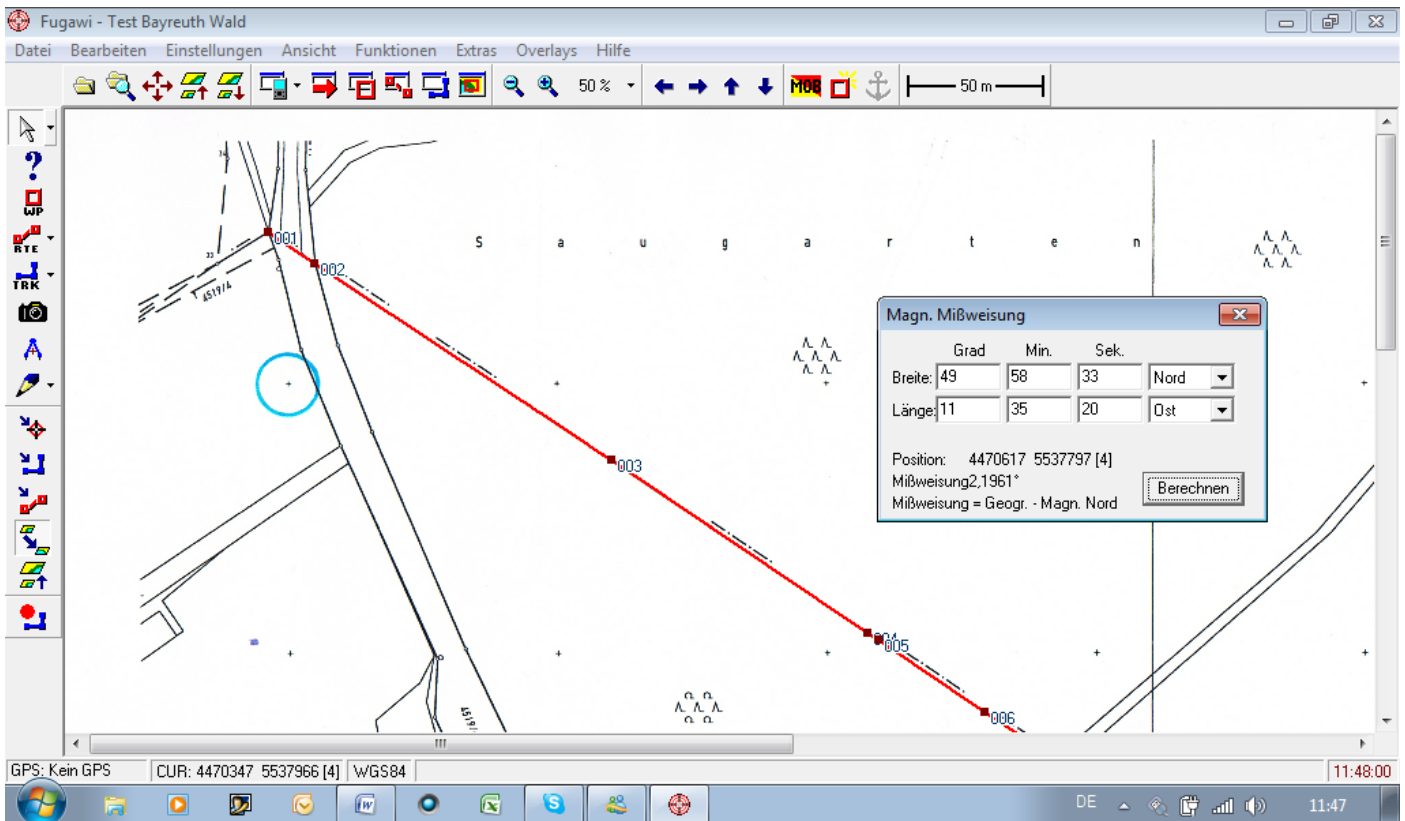
Allerdings braucht man jetzt einen zielführenden, magnetischen Kompass, ein Maßband, und zwei Fluchtstäbe, um den nächsten Punkt anzusteuern. Das Programm erlaubt es, Richtung und Strecke einzeln auf den jeweils nächsten Punkt zu berechnen, oder als Liste für einen ganzen Streckenzug auszugeben. Die nächsten Abbilder zeigen es. Auch die Abweichung zwischen Gitter-Nord und Magnetisch-Nord kann berechnet und berücksichtigt werden, wenn es denn sein muss. Wegen seiner guten, ausladenden (das 3-fache vom Grundkreis-Durchmesser) Zieleinrichtung, benutze ich den amerikanischen Militärkompass der Fa. Brunton. Dieser ist wasserdicht und mit zwei Libellen ausgestattet. Die Nadelabweichung kann an einer Stellschraube am Grundkreis korrigierend eingestellt werden.



Richtung (berechnet im Punkt 002) und **Strecke** (berechnet von Punkt 002 nach 003)



Das Kartenfenster mit kompletter **Datenliste**



Berechnung der positionsbezogenen Mißweisung.

Schlussfeststellung:

In meiner Funktion als Vorsitzender der Feldgeschworenenvereinigung Bayreuth befürworte ich die satellitengestützte Grenzbegehung grundsätzlich.

Ebenso unterstütze ich die klassische Methode der Übertragung von Richtung und Strecke in die Natur insbesondere dort, wo kein vernünftiger Satelliteneinsatz mehr möglich ist.

Für die Anwendung beider Möglichkeiten zur Durchführung einer Grenzbegehung ist in jedem Fall eine Vorbereitung notwendig, wie zum Beispiel die Beschaffung und Aufbereitung und Zusammenstellung der Flurkarten-Ausschnitte. Für die vorgenannte Aufgabe stelle ich mein Fachwissen gerne zur Verfügung.

Die Vermessungsverwaltung wird gebeten, einer gemeinnützigen Einrichtung wie den Feldgeschworenen, im Bedarfsfall das notwendige Kartenmaterial (ausschließlich zum Zwecke der kommunalen Grenzbegehung) den Gemeinden aufgrund ihrer vertraglichen DFK-Nutzungsrechte zur Verfügung zu stellen (hierzu siehe „Beschaffung und Aufbereitung der Flurkarten-Ausschnitte“).

Da es sich aber um eine gemeinnützige Sache handelt, hoffe ich auf die Unterstützung der zuständigen kommunalen Behörden.

Bayreuth, 03.05.2011

