



Einfluß von elektromagnetischen Störquellen auf GPS-Meßergebnisse

Günther Retscher ¹, Albrecht Prader ²

¹ *Department of Land Surveying and Geo-Informatics (LSGI), The Hong Kong Polytechnic University, Hung Horn, Kowloon, Hong Kong*

² *Eisenbühelweg 12, A-8243 Pinggau*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **85** (4), S. 290–297

1997

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Retscher_VGI_199737,  
Title = {Einflu{\ss} von elektromagnetischen St{\"}rquellen auf GPS-Me{\ss}  
    ergebnisse},  
Author = {Retscher, G{\"}nther and Prader, Albrecht},  
Journal = {VGI -- {\"}sterreichische Zeitschrift f{\"}r Vermessung und  
    Geoinformation},  
Pages = {290--297},  
Number = {4},  
Year = {1997},  
Volume = {85}  
}
```





Einfluß von elektromagnetischen Störquellen auf GPS-Meßergebnisse

Günther Retscher, Hong Kong und Albrecht Prader, Wien

Zusammenfassung

Aus wirtschaftlichen Gründen werden in letzter Zeit GPS-Echtzeitsysteme (RTK-Systeme) vermehrt für topographische Geländeaufnahmen und herkömmliche Vermessungsaufgaben eingesetzt. Aus früheren statischen GPS-Meßkampagnen ist jedoch bekannt, daß elektromagnetische Störquellen, wie z.B. Hochspannungsleitungen oder Sendeanlagen, die GPS-Meßergebnisse gelegentlich beeinflussen. Daher wurden genauere Untersuchungen des Verhaltens von RTK-Systemen in elektromagnetisch sensiblen Bereichen vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in dieser Arbeit präsentiert.

Abstract

Mainly for economic reasons real-time kinematic (RTK) GPS systems are now used commonly for topographic surveys and conventional surveying tasks. However, from static GPS surveys it was known that their performance in electromagnetic sensitive areas, e.g. near power transmission lines or transmitting stations, can cause problems. Therefore the performance of RTK systems in these areas was analysed in detail. The results of this investigation are presented in this paper.

1. Einleitung

In einer Reihe von Projekten, die am Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie der Technischen Universität Wien ausgeführt wurden, konnten Beeinflussungen von GPS-Messungen durch elektromagnetische Störquellen festgestellt werden. Der Einfluß der Störquellen führte einerseits dazu, daß bei statischen GPS-Messungen die Bestimmung der Ambiguity-Parameter nicht möglich war, oder andererseits, daß die gewünschte Genauigkeit für die Meßergebnisse nicht erreicht werden konnte. Beeinträchtigungen traten z.B. im Bereich von Hochspannungsleitungen oder in der Nähe von Sendeanlagen für Richtfunk, Rundfunk und Telekommunikation auf.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte führten bei der Firma WIENSTROM (Wiener Stadtwerke) zu Überlegungen, zukünftig auch GPS-Echtzeitsysteme (RTK-Systeme) für Messungen im Bereich von Hochspannungsleitungen einzusetzen. Basierend auf unseren Erfahrungen bestanden jedoch berechnete Zweifel an der Einsetzbarkeit und Brauchbarkeit von RTK-Systemen in diesen elektromagnetisch sensiblen Bereichen. Aus diesem Grunde wurden genauere Untersuchungen für den Einfluß von elektromagnetischen Störquellen auf GPS-Meßergebnisse von der Fa. Wienstrom angeregt. Diese Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie der Technischen Universität Wien durchge-

führt [1]. Nach einer kurzen Klassifizierung der Störquellen und Zusammenstellung der wesentlichen Einflußparameter werden die Ergebnisse dieser Arbeit präsentiert.

2. Elektromagnetische Störquellen und ihre Ursachen

Quellen elektromagnetischer Beeinflussung können natürlichen Ursprungs (Atmosphäre, Kosmos, Wärmerauschen, etc.) sein oder künstlich durch den Menschen erzeugt werden. Die Quellen elektromagnetischer Beeinflussungen sind im gesamten Spektrum der elektromagnetischen Schwingungen anzutreffen. Man unterscheidet funktionale Quellen, bei denen die Beeinflussungen im Rahmen der gezielten Erregung und Anwendung elektromagnetischer Wellen entstehen, und nichtfunktionale Quellen, wo die Beeinflussungen parasitärer Natur sind und mit der primären Funktionsweise der Quelle wenig gemein haben. Die künstlich durch den Menschen erzeugten Störquellen lassen sich durch disziplinierte Nutzung des elektromagnetischen Spektrums und lokaler Eingrenzung unbeabsichtigt erzeugter elektromagnetischer Energie verträglich machen.

Funktionale Störquellen lassen sich vergleichsweise einfach verträglich gestalten, weil ihre Natur als Sender offenkundig ist und ihr von Anfang an Rechnung getragen werden kann. Im Gegensatz offenbart sich die Existenz

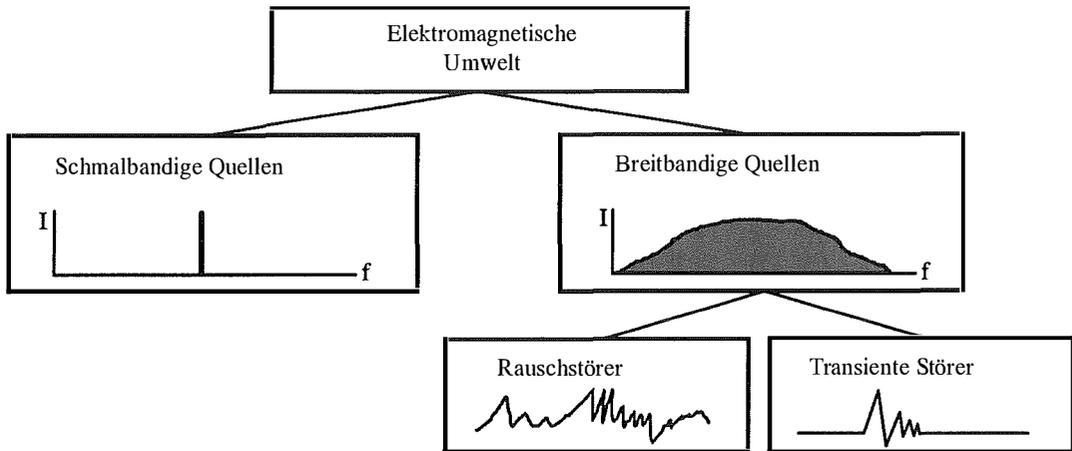


Abb. 1: Klassifizierung von Störquellen (nach [3])

von nichtfunktionalen Störquellen meist erst im Fehlverhalten von Empfangssystemen und die Natur der Störungen ist schwer festzustellen. Man klassifiziert Störquellen nach ihrem Erscheinungsbild im Frequenzbereich in schmalbandige und breitbandige Störer (Abb. 1). Breitbandige Quellen kann man noch weiters in Rauschstörer und transiente Störer unterteilen.

Schmalbandige Störquellen sind meist künstlich, d.h. vom Menschen erzeugt. Sie geben auf ihrer zugewiesenen Frequenz mehr Leistung ab, als erlaubt oder verträglich ist. Sie werden durch die Angabe ihrer Amplitude oder ihres Effektivwerts bei der jeweiligen Frequenz charakterisiert (Linienpektrum). Beispiele hierfür sind Kommunikationssender, Funkempfänger, Bildschirmgeräte, Rechnersysteme, Schaltnetzteile, Netzrückwirkungen, Beeinflussung durch Starkstromleitungen, usw.

Breitbandige Störquellen haben ein Spektrum sehr dicht oder unendlich dicht beieinanderliegender Spektrallinien (kontinuierliches Spektrum). Rauschstörungen bestehen aus vielen dicht benachbarten bzw. überlappenden Impulsen unterschiedlicher Höhe, die sich nicht einzeln auflösen lassen (z.B. kosmisches Rauschen). Transiente Störungen sind deutlich voneinander unterscheidbar und besitzen eine vergleichsweise kleine Wiederholungsrate (z.B. Schaltvorgänge, Impulse). Die Störungen können statistisch verteilt sein (z.B. Korona auf Freileitungen), periodisch (z.B. periodische Schaltungen) oder nichtperiodisch sein (z.B. Ausschalten einer Relaispule). Liegen sehr viele sich überlagernde transiente Vorgänge vor, so entsteht eine dem Rauschen ähnliche intermittierende Störung. Beispiele für intermittierende

Breitbandstörquellen sind KFZ-Zündanlagen, Gasentladungslampen und Hochspannungsleitungen. Beispiele für transiente Breitbandstörquellen sind elektrostatische Entladungen, Blitze, sowie Transienten in Nieder- und Hochspannungsnetzen [3].

3. Beeinflussungen im Bereich von Hochspannungsleitungen und Umspannwerken

Bei Hochspannungsleitungen entstehen unerwünschte Beeinflussungen von Kommunikations- und Datenleitungen aufgrund ohmscher, induktiver und kapazitiver Kopplungen. Man unterscheidet Lang- und Kurzzeitbeeinflussungen. Zu den Langzeitbeeinflussungen zählen die Betriebsströme des Normalbetriebs, Erdschlußströme bei erdschlußkompensierten Netzen sowie bei kapazitiv überkoppelten Beeinflussungen die Hochspannung führenden Leiterseile. Quellen der Kurzzeitbeeinflussungen sind Kurzschlußströme und Erdschlußströme von wenigen Zehntel Sekunden Dauer. Den Beeinflussungen wird mit symmetrischer Anordnung der Drehstromleitungen in gleichseitigen Dreiecken, Verdrillen nicht symmetrisch angeordneter Leitungen und verschiedenen Erdungsverfahren begegnet. Abb. 2a zeigt das Frequenzspektrum der schmalbandigen Beeinflussungen durch Hochspannungsleitungen.

An der Oberfläche der Leiterseile von Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen überschreitet die elektrische Randfeldstärke partiell den Wert der Durchbruchfeldstärke der Luft, so daß es zu winzigen lokalen Teildurchschlägen kommt. Wegen der Inhomogenität des Feldes bleiben diese Entladungen auf die unmittelbare

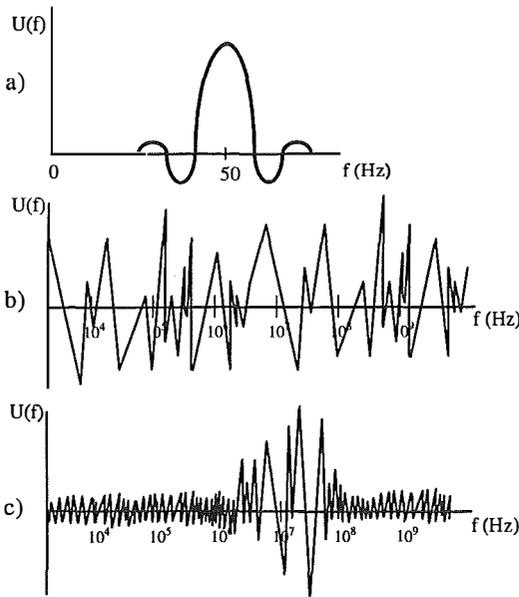


Abb. 2: Frequenzspektrum der schmalbandigen Beeinflussungen (a), intermittierenden (b) und transienten (c) Breitbandstörungen

Nachbarschaft der Seile beschränkt, sog. Koronaentladungen. Die Teildurchschläge bewirken in den Leiterseilen Stromimpulse mit Anstiegs- und Abfallzeiten im Bereich von einigen Nanosekunden, die sich als Wanderwellen längs der Leitungen ausbreiten. In ihrer Gesamtheit bilden die zahllosen sich überlagernden Entladungsimpulse eine Rauschstörquelle, die zu Beeinträchtigungen des Funkempfangs führt. Ihr Spektrum erstreckt sich bis in den UHF-Bereich (bis 800 MHz). Außerdem führen bei Mittelspannungsleitungen kleine Funkenentladungen zwischen lose verbundenen Metallteilen oder Metallteilen und statisch aufgeladenen Isolatoroberflächen zu Störungen des Fernsehgrundfunks. Funkstörungen von Hochspannungsleitungen sind sehr stark vom Wetter und vom Mastkopfbild abhängig und können nur bis zu einem gewissen Umfang vorhergesagt werden. In Abb. 2b sieht man die Charakteristik von intermittierenden Breitbandstörungen von Hochspannungsleitungen.

Schaltvorgänge gehören zu den transienten breitbandigen Störungen. Man unterscheidet zwei Schaltungsarten:

- Leistungsschaltungen: der Strom I , die Last oder Leistung, wird auf die Leitung zu- oder von der Leitung weggeschaltet. Kennzeichen: lautes schlagartiges Geräusch.
- Trennschaltungen: die Spannung U wird auf die Leitung zu- oder von der Leitung weg-

schaltet. Kennzeichen: starker langer Lichtbogen (Funken) zwischen den Kontakten, lautes knatterndes Geräusch.

Beim Einschalten einer Leitung wird immer zuerst die Spannung U mittels Trennschaltungen auf die Leitung gelegt, danach erst der Strom I . Beim Ausschalten einer Leitung kehrt sich die Reihenfolge um. Es können Überspannungen bis zu 20 kV und Verschiebungsströme bzw. Wanderwellen in benachbarten Leitungen auftreten. Die transienten elektromagnetischen Wellen können in Sekundäreinrichtungen nicht nur Fehlfunktionen, sondern auch Zerstörungen hervorrufen. Abb. 2c zeigt die Charakteristik von transienten Breitbandstörungen.

4. Charakteristik der Störungen bei Richtfunk- und GSM-Sendeanlagen

Richtfunksender und GSM-Sendeanlagen zählen zu den schmalbandigen Störquellen. Die Emissionen bestehen aus Trägerfrequenz, Seitenbändern und nicht beabsichtigten Oberschwingungen. Die Abstrahlung eines Richtfunksenders ist keulenförmig auf das Ziel ausgerichtet. Durch diese Bündelung ist es möglich, die Sendeleistung zu steigern (Antennengewinn). Diese Keulen liegen annähernd horizontal mit der Spitze in der Antenne. Deswegen tritt in der Umgebung des Richtfunksenders auf der Erdoberfläche kaum nennenswerte Abstrahlung auf, außer man befindet sich gerade in einer solchen Keule. Das Frequenzspektrum einer Richtfunksendeanlagen weist die Charakteristik einer schmalbandigen Beeinflussungen nach Abb. 2a auf mit Frequenzen im GHz-Bereich.

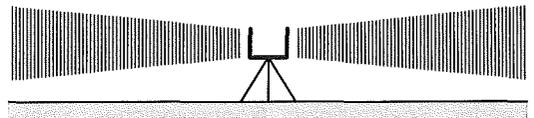


Abb. 3: Abstrahlungscharakteristik eines Rundstrahlers

GSM-Sender verfügen über beträchtliche Abstrahlungsleistungen (z.B. 40 W) mit der Abstrahlungscharakteristik eines Rundstrahlers (siehe Abb. 3), bei dem im Vergleich zu einem Sender mit kugelförmiger Abstrahlung die abgestrahlte Energie bei gleicher Leistung durch Bündelung in einer horizontalen Schicht gesteigert wird. Das Frequenzband des GSM-Bereichs liegt bei 890–915 MHz und 935–960 MHz. In diesem liegen 124 breitbandige Kanäle mit einem Kanalabstand von 200 kHz. Das GSM-Signal ist ein digitales Signal, das dem Träger mit Phasenmodulation und Phasentastung aufmoduliert wird.

5. Testmessungen in elektromagnetisch sensiblen Gebieten

Zur Untersuchung des Verhaltens von GPS-Echtzeitsystemen in unmittelbarer Nähe von elektromagnetischen Störquellen wurden folgende Meßgebiete ausgewählt:

- Meßgebiet 1: „Umspannwerk SÜDOST mit Leitungstrasse“ am südlichen Rand von Wien in der Katastralgemeinde Unterlaa mit den Störquellen Hochspannungsfreileitungen, Hochspannungsschaltanlagen und Richtfunksendeanlage.
- Meßgebiet 2: „GSM-Sendeanlage Fischamend-West“ nordöstlich von Wien mit dem dortigen GSM-Sender.

Die Analyse der Ergebnisse der RTK-Messungen soll anhand der Bestimmung von Koordinaten von Referenzpunkten in Echtzeit erfolgen. Das Auftreten von signifikanten Koordinatenänderungen läßt Rückschlüsse auf Beeinflussungen durch die Störquellen zu. Aufgrund von Überlagerungserscheinungen können jedoch nur örtliche und zeitliche Korrelationen zwischen Störquellen, Störfaktoren und Koordinatenabweichungen ermittelt werden.

5.1 Beschreibung des Meßgebiets 1

Das Umspannwerk SÜDOST ist zum Teil im Besitz der Verbundgesellschaft und der Fa. Wienstrom. Auf seinem Areal befinden sich mehrere Hochspannungsschaltanlagen (380 kV, 110 kV), eine Gleichstromwandlungsanlage sowie eine Richtfunksendeanlage. Vom Umspannwerk aus laufen Richtung Westen 6 Hochspannungsfreileitungen auf einer Strecke von 2,5 km parallel, und zwar zwei 380 kV-Leitungen und vier 110 kV-Leitungen (siehe Abb. 5). Es können in diesem Gebiet folgende Störquellen bzw. Störfaktoren auftreten:

- Hochspannungsfreileitungen und die damit verbundenen Felder und Wellen,
- Schaltvorgänge im Umspannwerk,
- Richtfunksendeanlage im Umspannwerk und

- Abschattungseffekte und Mehrwegausbreitungen durch die Gittermasten.

Auf die durch die Gittermasten hervorgerufenen Beeinträchtigungen der Satellitensignale soll in dieser Arbeit nicht eingegangen werden. Abb. 4 zeigt die Frequenzbereiche der Störquellen im Meßgebiet im Vergleich zu den Frequenzen der Satellitensignale (Trägerwellen L1 und L2 sowie C/A- und P-Code) und der Telemetrie-Verbindung. Der für RTK-Anwendungen verwendete Frequenzbereich für die Telemetrie-Verbindung ist der lokale UHF- bzw. VHF-Bereich. Aufgrund von gesetzlichen Normen dürfen darin nur drei Frequenzbänder genutzt werden [2].

Aus Abb. 4 ist ersichtlich, daß es sehr wohl zu Überlagerungserscheinungen zwischen den Satelliten- und Telemetriesignalen und den Störquellen kommen kann. Je nach Art und Stärke der Störungen können verschiedene Effekte, wie z.B. Signalauslöschung oder Verstärkung, Schwebung, Fehlfunktionen in den Geräten sowie Zerstörungen von Geräten oder Geräteteilen auftreten.

Die Meßkampagne wurde so konzipiert, daß möglichst allen Störeffekten Rechnung getragen wird. Vorerst wurde im Bereich des Umspannwerks und der Hochspannungsleitungstrasse das bestehende Festpunktfeld durch statische GPS-Messungen überprüft, um ein homogenes, spannungsfreies Netz von Festpunkten als Grundlage für die RTK-Messungen zu schaffen und die lokalen Transformationsparameter vom WGS84 in das Landessystem zu erhalten. Das Netz besteht aus insgesamt 14 Festpunkten, die so ausgewählt wurden, daß auf ihnen keine Abschattungen auftraten, das gesamte Gebiet ausreichend abgedeckt war und ein Teil von ihnen in unmittelbarer Nähe der Hochspannungsleitungen bzw. des Umspannwerks lag (Abb. 5). Eine ausführliche Beschreibung der Meßanordnung und Auswertung der statischen GPS-Messungen findet man in [1]. Die hohe Redundanz der Beobachtungen und die lange Beobachtungszeit hat eine zuverlässige Koordinatenbe-

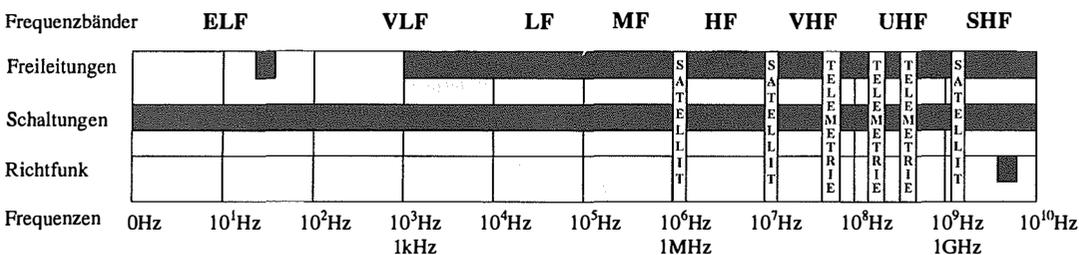


Abb. 4: Störfrequenzen im Meßgebiet 1 „Umspannwerk SÜDOST mit Leitungstrasse“

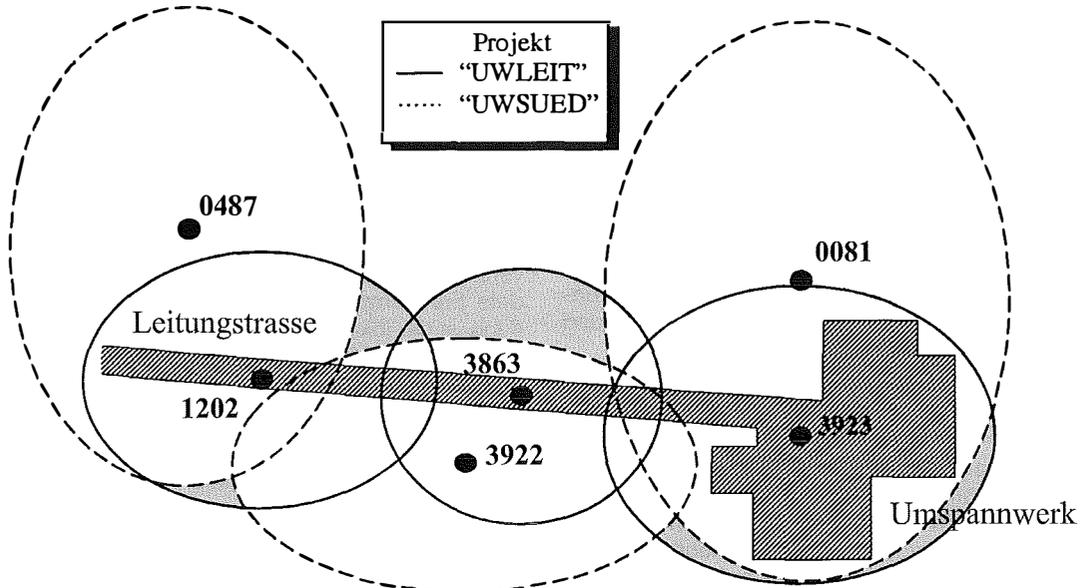


Abb. 5: Zellulare Einteilung des Meßgebiets 1 (schematisch)

stimmung aller Netzpunkte ermöglicht. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Auswertung der Basislinien im sensiblen Bereich längs der Leitungstrasse und in unmittelbarer Nähe des Umspannwerkes festgestellt werden.

5.2 RTK-GPS Geländeaufnahmen im Meßgebiet 1

Anschließend wurden mittels RTK-GPS Geländeaufnahmen im Bereich der Hochspannungsleitungen und des Umspannwerkes vorgenommen. Speziell die Gittermasten der Hochspannungsleitungen wurden koordinativ erfaßt und die Ergebnisse mit bestehenden Koordinaten von Wienstrom verglichen. Für die Aufnahme wurde das System Geotracer 2200 RTK der Fa. Geotronics eingesetzt. Das gesamte Gebiet wurde in Zellen eingeteilt, in deren Mitte sich jeweils ein Festpunkt befand und deren maximaler Radius der in diesem Gelände erzielbaren Reichweite der eingesetzten Telemetrie entsprach. Alle Punkte innerhalb einer Zelle wurden mit dem jeweiligen zentralen Festpunkt als Referenzstation eingemessen. Abb. 5 zeigt schematisch die zellulare Einteilung des Meßgebiets. Bei der Aufnahme wurde einmal die Referenzstation des RTK-Systems direkt unter der Hochspannungsleitung bzw. in unmittelbarer Nähe des Umspannwerkes aufgestellt (Projekt „UWLEIT“: Referenzstationen 1202, 3863 und 3923 in Abb. 5), das zweite Mal mindestens 200 m entfernt davon (Projekt „UWSUED“: Referenzstationen 0487, 3922 und 0081 in Abb. 5). In

beiden Fällen wurden die gleichen Punkte aufgenommen und die Koordinaten auf signifikante Differenzen untersucht. Diese Überprüfung wurde mit einem statistischen Test nach Tab. 1 durchgeführt.

Signifikante Koordinatenunterschiede traten bei 24 der 117 aufgenommenen, gut definierten Punkte (wie z.B. Mastschuhpunkte bzw. Zaunsteher) auf. Die Beträge dieser Koordinatenabweichungen nahmen Werte von 5 cm bis zu 25 m an, obwohl die Standardabweichung der

Hypothese	$X' = X''$ (gleiche Grundgesamtheit)
Prüfgröße	$T = \frac{X' - X''}{Mdx}$
mit	$Mdx = \sqrt{\frac{k' \cdot m_0'^2 + k'' \cdot m_0''^2}{k' + k''} \cdot (Q_{xx} + Q_{yy} + 2 \cdot Q_{def})}$
Definitionsunsicherheit	$S_{def} = \pm 2cm \Rightarrow Q_{def} = 0,0001333$
Freiheitsgrad	$k = k' + k''$
Sicherheitswahrscheinlichkeit	$S = 95\%$
Sicherheitsgrenze	T_s
Gleiche Grundgesamtheit	$T < T_s \Rightarrow X' = X''$

Tab. 1: Statistischer Test auf signifikante Koordinatenunterschiede

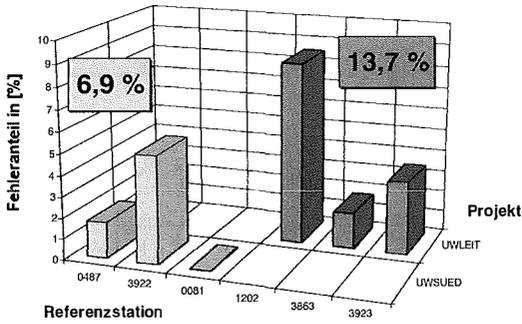


Abb. 6: Verteilung der fehlerhaften Punkte in Abhängigkeit vom Standort der Referenzstation

einzelnen Punkte stets zwischen 0,7–4,7 cm lag. Abb. 6 zeigt eine Verteilung der fehlerhaften Punkte in Abhängigkeit vom Standort der Referenzstation. Auffällig ist die erheblich höhere Fehlerrate im Projekt „UWLEIT“, also bei den Punkten mit der Referenz im sensiblen Bereich, und besonders bei Punkt 1202 als Referenzstation. Es gab vom Meßablauf her keinen Unterschied zwischen den beiden Projekten, ebenso sind die Einflüsse der Gittermasten bei beiden als gleichwertig einzustufen. Eine Überprüfung der GDOP-Werte ergab auch keine Unterschiede und keine Überschreitung des Grenzwertes von 8. Der Punkt 1202 lag jedoch auf einer Böschung unmittelbar neben einer stark befahrenen Landesstraße. Die oft mit großer Geschwindigkeit auf dem höher liegenden Straßenniveau vorbeifahrenden Fahrzeuge verursachten immer wieder kurzzeitige Unterbrechungen des Satellitenempfangs der Referenzstation und der Telemetrie Verbindung. Dies führte bei einer geringen Anzahl gemeinsamer Satelliten und längeren Telemetrieunterbrechungen zur Neuinitialisierung der Roverstation. Mehrwegausbreitungen und Cycle Slips verursachten Fehler bei der OTF-Initialisierung (On-the-Fly Ambiguity Resolution), die zu fehlerhaften Koordinaten der Roverstation führten [1]. Nach jeder Neuinitialisierung mittels OTF ist deshalb eine Überprüfung der Initialisierung vorzunehmen, z.B. durch die Aufnahme eines bereits koordinativ bestimmten Punktes [2].

5.3 Kontinuierliche RTK-Messungen im Meßgebiet 1

Weiters wurden kontinuierliche RTK-Messungen im Meßgebiet 1 vorgenommen. Während einiger Last- und Trennschaltungen in den Schaltanlagen des Umspannwerks SÜDOST wurden kontinuierlich, d.h. mit einer Frequenz von 2 Hz (2 mal pro Sekunde), die Koordinatenwerte ein-

zelner Punkte bzw. mehrerer Profilverpunkte aufgezeichnet.

Bei Trennschaltungen in der 380 kV-Schaltanlage wurden Messungen auf 4 Punkten eines Profils in 55–130 m Abstand vom Schaltelement durchgeführt (Abb. 7).

Eine geringere Entfernung war nicht möglich, weil die hochsensible Antenne des GPS-Empfängers in unmittelbarer Nähe der Schaltheftungen zerstört werden kann. Die Meßzeit betrug jeweils 5 Minuten, in dessen Mitte der Schaltvorgang lag. In dieser Zeit wurden genau genommen zwei Schaltvorgänge durchgeführt, einmal das Schließen des Trenners, dann, unmittelbar danach, das Öffnen des Trenners. Dazwischen lagen ca. 30–60 Sekunden. Den Einfluß der Schaltheftung auf das Meßergebnis zeigt die Abb. 8 für den Meßpunkt in einer Entfernung von 55 m.

Bei einer Entfernung von 55 m zeigt sich der maximale Einfluß der Schaltheftung auf das Meßergebnis (Abb. 8). Die Y-Koordinate verhält

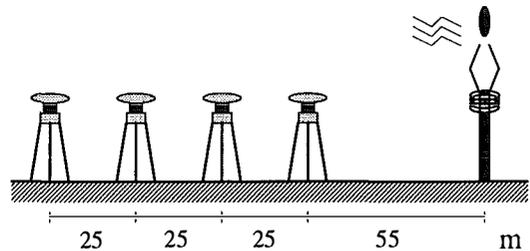


Abb. 7: Profil der Meßpunkte

sich äußerst stabil, X und H weisen in der Mitte der Schaltheftung und unmittelbar danach erkennbare Sprünge im Koordinatenverlauf auf. Am 80 m entfernten Meßpunkt verhalten sich die Koordinatendifferenzen ähnlich wie am vorigen Punkt. In 105 m Entfernung treten geringfügige Änderungen in den Lagekoordinaten auf, die Höhe ändert sich nach wie vor sehr sprunghaft. Eine Beruhigung in der Höhe ist erst in 130 m Entfernung erkennbar, ebenso die Lagekoordinaten zeigen einen unverändert ruhigeren Verlauf. Die Größenordnung der Koordinatenabweichungen bewegt sich an der Grenze des Signifikanzniveaus. Die meisten Sprünge unterscheiden sich nicht signifikant von anderen Sprüngen im Verlauf des Koordinatengangs und.

Ebenso wurden bei Lastschaltungen in der 110 kV-Schaltanlage des Umspannwerkes Messungen auf einem Punkt in einem Abstand von 10 m vom Leistungsschalter durchgeführt. Obwohl der Abstand zum Schalter verglichen mit den Messungen in der 380 kV-Schaltanlage rela-

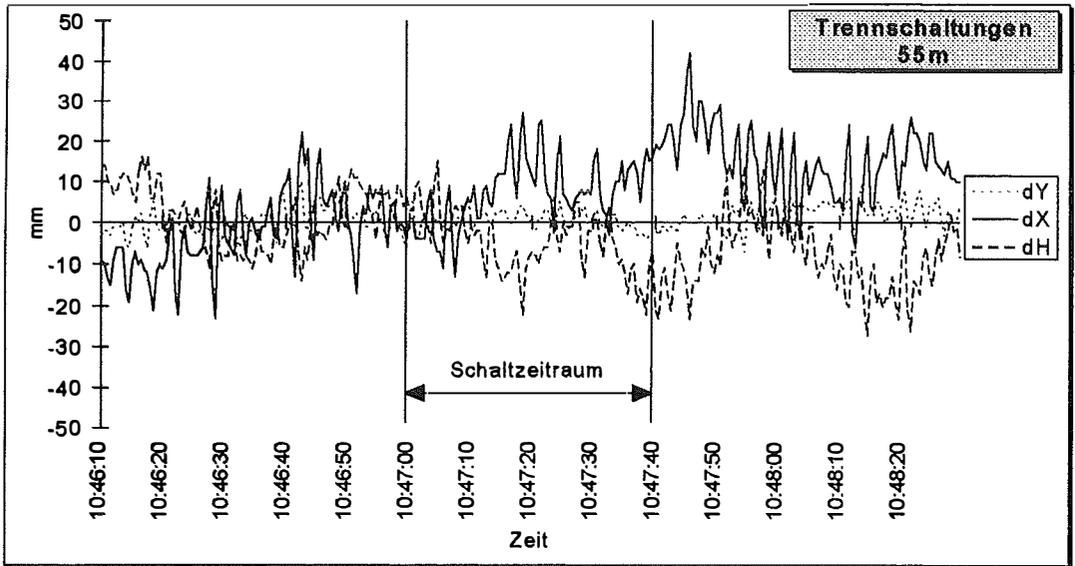


Abb. 8: Koordinatenänderung am Profilpunkt in 55 m Entfernung während einer 380 kV-Trennschaltung

tiv gering war, konnten keine signifikanten Sprünge im Koordinatenverlauf von X, Y und H festgestellt werden. Die Änderungen in den Lagekoordinaten waren (15 mm und in der Höhe geringfügig größer [1].

5.4 Testmessungen im Meßgebiet 2

An der westlichen Einfahrt von Fischamend befindet sich eine GSM-Sendeanlage, die von

der Fa. Mobilkom Austria AG betrieben wird. In der Nähe dieser Sendeanlage wurden ebenfalls Messungen von Profilpunkten und kontinuierliche RTK-Messungen vorgenommen. Obwohl sich die Frequenzbereiche der Satelliten- und Telemetriesignale und der Störquelle nicht überschneiden, können nicht beabsichtigte Oberschwingungen Signalauslöschungen bzw. -verstärkungen, Signalverrauschungen und Fehlfunktionen der Geräte verursachen.

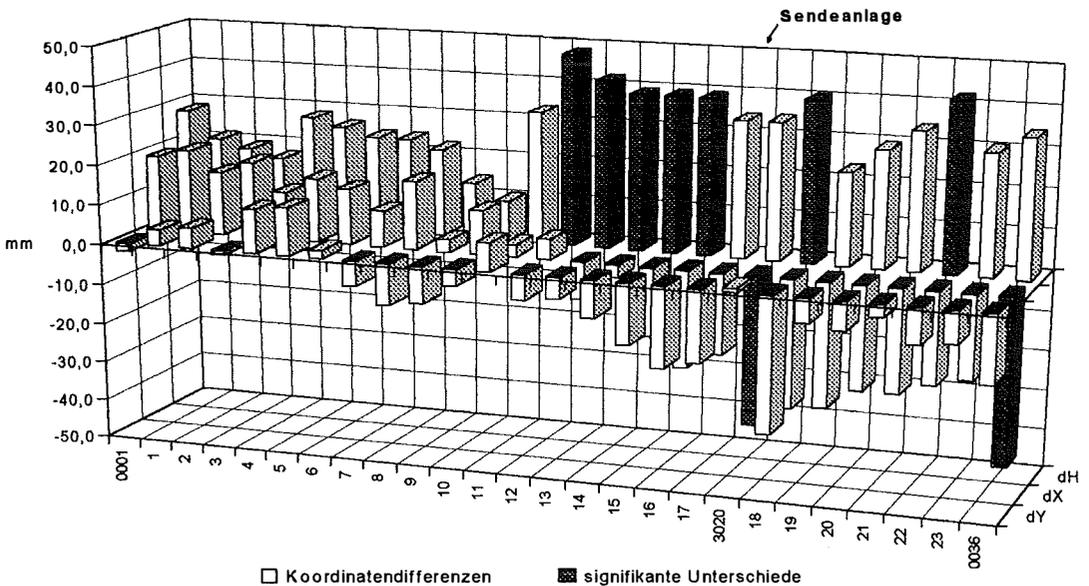


Abb. 9: Vergleich der mit RTK und terrestrisch bestimmten Profilkoordinaten

Zur Vorbereitung der RTK-Messungen wurde wie im Meßgebiet 1 ein statisches GPS-Netz bestehend aus 7 amtlichen Festpunkten geschaffen. Die RTK-Aufnahme erfolgte längs eines geradlinigen Profils von 1 km Länge mit Punktabständen von 30-40 m, in dessen Mitte sich der Sender befindet. Die Profilmunkte wurden sowohl tachymetrisch als auch mit RTK-GPS zweifach aufgemessen. Einmal befand sich die Referenzstation in einer Entfernung von über 500 m zum Sender, das andere Mal in dessen unmittelbarer Nähe. In jeder Meßreihe wurden die einzelnen Profilmunkte doppelt aufgenommen. Die Standardabweichungen aller Koordinaten lag unter 2 cm.

Ein Vergleich der mittels RTK-Messungen bestimmten Koordinaten mit den terrestrisch eingemessenen Werten ergab, daß bei 9 der 26 Profilmunkte signifikante Unterschiede in einzelnen Koordinaten auftraten. Auffällig große Differenzen ergaben sich in unmittelbarer Nähe der Sendeanlage (Abb. 9).

Deutlich ersichtlich ist die Zunahme aller drei Koordinatendifferenzen in der Nähe der Sendeanlage (zwischen Punkt 17 und 3020 in Abb. 9). In den Differenzen der Lagekoordinaten ist ein linearer Trend in geringer Entfernung zur Sendeanlage zu erkennen, der durch die Berechnung einer Regressionsgeraden nachgewiesen werden konnte. Die X- und Y-Koordinaten wurden in der Nähe der Sendeanlage vom RTK-System zu klein gemessen, ab einer Entfernung von 375 m aber zu groß. Die Differenzen in der Lage überschritten jedoch nur geringfügig die Standardabweichung der Punkte, der Trend war also nicht signifikant. Die Höhe wurde hingegen immer zu groß gemessen, wobei die Koordinatendifferenzen mit der Entfernung zum Sender abnahmen. Die Fehler in der Höhe überschritten teilweise den Betrag der zweifachen Standardabweichung der Profilmunkte. Der Trend war in diesem Fall signifikant, es lagen damit entfernungsabhängige Beeinflussungen durch die Störquelle vor [1].

6. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden die Ergebnisse von Untersuchungen über die Beeinflussung von Messungen von GPS-Echtzeitsystemen durch

elektromagnetische Störquellen präsentiert. Testmessungen wurden in zwei elektromagnetisch sensiblen Gebieten mit den Störquellen Hochspannungsfreileitungen, Umspannwerk, Richtfunksendeanlage im Meßgebiet 1 und GSM-Sendeanlage im Meßgebiet 2 ausgeführt. Bei RTK-GPS Geländeaufnahmen im Bereich der Hochspannungsleitungen und des Umspannwerks konnten keine signifikanten Beeinflussungen der Meßergebnisse nachgewiesen werden. Die Messungen haben allerdings die Forderung bestätigt, daß nach jeder Neuinitialisierung des Meßsystems mittels OTF eine Überprüfung der Initialisierung vorzunehmen ist, z.B. durch die wiederholte Aufnahme eines bereits koordinativ bestimmten Punktes. In geringer Entfernung von 380 kV-Trennschaltungen in den Schaltanlagen des Umspannwerks sind Beeinflussungen des Koordinatenverlaufs erkennbar. Bei der GSM-Sendeanlage ergab sich interessanterweise eine lineare Abhängigkeit der Koordinatendifferenzen zu terrestrischen Vergleichswerten mit der Entfernung zur Störquelle. Der lineare Trend war im Verlauf der Höhe signifikant. Zusammenfassend kann jedoch gesagt werden, daß RTK-Messungen im allgemeinen von elektromagnetischen Störquellen nur geringfügig beeinflusst werden.

Literatur

- [1] Prader A. (1997). Einfluß von Störquellen auf Meßergebnisse von GPS-Echtzeitsystemen. Diplomarbeit, Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien.
- [2] Retscher G. (1997). Charakteristika und Einsatz von GPS-Echtzeitvermessungssystemen für Spezialanwendungen. AVN, Heft 1/97, S. 2-11.
- [3] Schwab A. J. (1991). Elektromagnetische Verträglichkeit. Zweite, überarbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Acknowledgments

Die Autoren danken den Fa. Wienstrom, Verbund und Mobilkom für die Durchführung der Messungen und der Geodimeter GmbH Wien für die leihweise zur Verfügung gestellte RTK-Meßausrüstung.

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. Dr. Günther Retscher, Department of Land Surveying and Geo-Informatics (LSGI), The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong; E-Mail: lsgret@polyu.edu.hk.
Dipl.-Ing. Albrecht Prader, Eisenbühelweg 12, A-8243 Pinggau; E-Mail: aprader@bnet.co.at.