Eva Kemkes, Kai Zimmermann und Jürgen Rüffer

cm-GNSS im Wald – ein Wunschtraum

Ein Praxistest mit dem JAVAD TRIUMPH-LS im hannoverschen Stadtwald Eilenriede

Bild 1: Messumgebung im Unterholz

Seit GPS mit cm-genauen Koordinatenvektoren die Vermessungswelt eroberte, haben wir auch immer wieder Versuche unternommen, solche Genauigkeiten auch in der Nähe oder unter Bäumen zu erzielen. Das geht zurück bis in die Zeit, als wir für die Deutsche Bahn Anfang der 90er-Jahre umfangreiche statische Netzmessungen mit GPS durchführten und dabei immer wieder – natürlich – auf Bäume und bewaldete Gebiete in der Nähe der Bahntrassen trafen, ohne dabei wirklich gute Ergebnisse zu erzielen. Eine cm-Genauigkeit wie bei freier Horizontsicht war in der Nähe von Bäumen auch bei mehrstündiger Beobachtung nicht drin.
Und das setzte sich fort, als wir im Jahr 1998 von der Ruhrgas AG gefragt wurden, ob wir mit GPS und GLONASS in der Lage seien, auch sichere cm-Ergebnisse in Echtzeit an Stellen zu erzielen, wo die Gastrassen an Wäldern entlang oder gar hindurch führten. Das unbefriedigende Ergebnis nach ausgedehnten Tests unter Beteiligung der Ingenieure eines Herstellers: abgesehen von Einzelpunkten an großen Lichtungen keine Chance auf sichere und genaue Ergebnisse mit der damals verfügbaren Technik.
Und so geistert dieses Thema nun schon seit beinahe 20 Jahren durch die GNSS-Landschaft, ohne dass jemand bisher nachweisen konnte, dass solche Genauigkeiten im Wald mit GNSS möglich sind.

Der JAVAD TRIUMPH-LS

Im Sommer 2017 brachte uns die Anzeige des Herstellers JAVAD GNSS in der GPS World auf die Idee, es mit einem völlig neuen und neuartigen GNSS-Instrument wieder einmal zu versuchen: mit dem JAVAD TRIUMPH-LS.

Der TRIUMPH-LS ist in der Tat eine für Javad Ashjaee typische Neuentwicklung, die in dieser Form ihresgleichen auf dem Markt für präzises GNSS sucht.

Ein sogenanntes All-in-One-Instrument, das neben GNSS-Empfänger und Antenne auch Stromversorgung, sämtliche bekannten Kommunikationsmöglichkeiten, Datenspeicher, Neigungssensoren und Kameras sowie eine vollständige Bedien- und Anzeigeeinheit besitzt. Und 864 parallele Empfangskanäle sowie drei schnelle Prozessoren für die Datenanalyse und die Verarbeitung aller anfallenden Daten.

Mit der Vielzahl an parallelen Empfangskanälen ergeben sich Analysemöglichkeiten, die in bisher bekannten GNSS-Empfängern gar nicht zur Verfügung standen:

So kann ein Empfänger mit einer so großen Anzahl scheinbar überschüssiger Kanäle nicht nur alle zurzeit bekannten Signale aller derzeit bekannten GNSS gleichzeitig empfangen. Allein bei GPS gibt es je Satellit mit L1, P1, L2, P2, L2C, L5 schon sechs Signale, für die z. T. auch noch Code, Trägerphase und Doppler separat empfangen und verarbeitet werden können. Und das dann bei der aktuellen GPS-Konstellation für z. T. 12 Satelliten gleichzeitig. Dazu kommen in unseren Regionen GLONASS, Galileo, BeiDou und EGNOS.

Darüber hinaus können dieselben Signale mit unterschiedlichen Empfängereinstellungen empfangen, verarbeitet und verglichen werden, wenn dies aufgrund der Umgebungsbedingungen zur sicheren Verarbeitung der Daten und zur Erzielung sicherer Ergebnisse erforderlich erscheint.

Und wo ließen sich diese Möglichkeiten besser nutzen als im Wald, in dem die Satellitensignale an Baumstämmen, Ästen und Blättern ständig neu abgelenkt und gebrochen oder unterbrochen werden. Also auf in den Wald mit dem TRIUMPH-LS.

Jedoch nicht ohne vorher mit Nutzern zu sprechen, die das angeblich schon ausprobiert haben. Und wo wird sowas auspro-

Bild 2: JAVAD TRIUMPH-LS im Waldeinsatz

biert, ohne Scheu aufgrund jahrzehntelanger althergebrachter Erfahrungen: natürlich im Land der in vielem unbegrenzten Möglichkeiten – in den USA. Dort stießen wir durch Vermittlung von Javad Ashjaee auf einen sogenannten Professional Land Surveyor (PLS) mit Namen Shawn Billings. Shawn hatte in mühevoller Kleinarbeit und immer im Kontakt mit den JAVAD-Ingenieuren herausgefunden, welche Einstellungen mit dem TRIUMPH-LS benötigt werden, um cm-genaue Positionen im Wald zu messen. Und er hatte das auch mit GNSS-Empfängern anderer Hersteller versucht, ohne jedoch vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Auf unsere Frage, ob er die erzielten Ergebnisse denn mit unabhängigen Vermessungsmethoden überprüft habe, verneinte er und meinte, das brauche er nicht. Er habe anfangs die erzielten Ergebnisse an verschiedenen Tagen zu verschiedenen Uhrzeiten immer wieder reproduzieren können, und das reiche ihm als Nachweis. Der 1 cm sei damit im Wald nicht oder nur zufällig zu erreichen, aber besser als 10 cm bei Wiederholungsmessungen seien diese Ergebnisse schon, und das sowohl für die Lage als auch für die Höhe.

Das Grundprinzip der GNSS-Vermessung im Wald mit dem JAVAD TRIUMPH-LS

Das Grundprinzip der Messung und Datenverarbeitung von GNSS-Signalen im TRIUMPH-LS basiert auf folgenden Eckpfeilern:

In einer signalverzerrenden Messumgebung sind die Standardeinstellungen zur GNSS-Signaldekodierung oft ungeeignet. Diese gehen von ausreichend horizontfreier Sicht zwischen Antenne und Satelliten aus, die maximal durch Multipath am Boden gestört werden können, sofern der Beobachter weitere Multipath-verursachende Störkörper meidet bzw. meiden kann. Dieser Fall liegt im Wald definitiv nicht vor. Daher werden für diese und ähnlich schwierige Umgebungsbedingungen bis zu sechs parallel arbeitende RTK-Algorithmen (Engines) aktiviert, von denen jede sowohl unterschiedliche Satellitensignale nutzt als auch unterschiedliche Signal-Prozessierungen durchführt und diese nach einer fest definierten Mindestdauer mit statistischen Methoden vergleicht und mithilfe weiterer Kriterien bewertet und priorisiert.

Weiterhin erwartet der GNSS-Empfänger eine bestimmte Anzahl von Messepochen, die ohne Signalunterbrechungen an der Antenne einlaufen und von den Signalprozessoren dekodiert werden können. Auch diese Voraussetzung liegt im Wald nicht vor. Aufgrund der Umlaufgeschwindigkeit der Satelliten bietet der Wald bereits nach wenigen Sekunden genügend Hindernisse, die einen störungsfreien Signalempfang und damit die Lösung im cm-Bereich verhindern. Daher kommt auch die Forderung, sowohl Korrekturdaten als auch und insbesondere die Messdaten vor Ort mit einer Taktrate von mindestens 5 Hz aufzunehmen und zu verarbeiten. Damit besteht die Chance, dass der GNSS-Empfänger innerhalb der wenigen Sekunden, in denen er ein ununterbrochenes Signal von jedem einzelnen Satelliten empfängt, genügend Messepochen für einen sogenannten RTK-Fix zu bekommen, also für das Festsetzen der ganzzahligen Trägerphasen-Mehrdeutigkeiten, die erst eine Lösung im Sub-Dezimeterbereich erlauben. Sofort nach einem RTK-Fix wird die entsprechende Engine resettet, und eine neue RTK-Lösung wird berechnet, solange, bis eine vorher definierte Mindestanzahl an Mehrdeutigkeitslösungen vorliegt. Daraus folgt notwendigerweise, dass der GNSS-Empfänger wie für eine statische Messung stabil über einem Vermessungspunkt aufgebaut sein muss.

Erst wenn der GNSS-Empfänger eine statistisch ausreichende Anzahl von RTK-Fixes produziert hat, beginnt der eigentliche Analyseprozess mit dem Vergleich der verschiedenen Lösungs-Samples, die alle im Bereich bis zu mehreren Metern voneinander abweichen können. Dabei werden sowohl die Anzahl der erzielten RTK-Fixes als auch deren innere Streuungen (Standardabweichungen) miteinander verglichen. Erst wenn sich ein Sample statistisch stabil gegenüber den anderen Lösungen zeigt, wird der gesamte Messvorgang abgebrochen und eine statistisch hochwahrscheinliche Lösung angezeigt.

Die Messungen in der Eilenriede

Am 18. und 25.10.2017 sowie erneut am 08.02.2018 führten Ingenieure der ALLSAT GmbH im Stadtwald von Hannover (Eilenriede) verschiedene unabhängig kontrol-

lierte Performance Tests unter meist dichter Belaubung bzw. im durch den Winter entlaubten Wald durch. Verwendet wurden dafür GNSS-Signale von GPS und GLONASS.

Dafür wurden zuerst auf einer Lichtung mit einem JAVAD RTK-Rover TRIUMPH-1M und dem Echtzeitdienst der AXIO-NET drei Anschlusspunkte für eine anschließende Tachymeter-Messung mit cm-Genauigkeit bestimmt.

Daraufhin wurden sechs Messpunkte im Wald unter z. T. dichter Belaubung ausgesucht, mit Rohr und Kappe vermarkt und schließlich zuerst tachymetrisch bestimmt. Die vermessenen Neupunkte mussten natürlich jeweils vom Tachymeterstandpunkt sichtbar sein. Eine solche unabhängige geodätische Kontrolle einer GNSS-Vermessung im Wald erfolgte nach unseren Recherchen erstmals mit dieser Genauigkeit.

Bild 3: GART-Punktübersicht mit Hintergrundkarte aus WMS OpenStreetMap

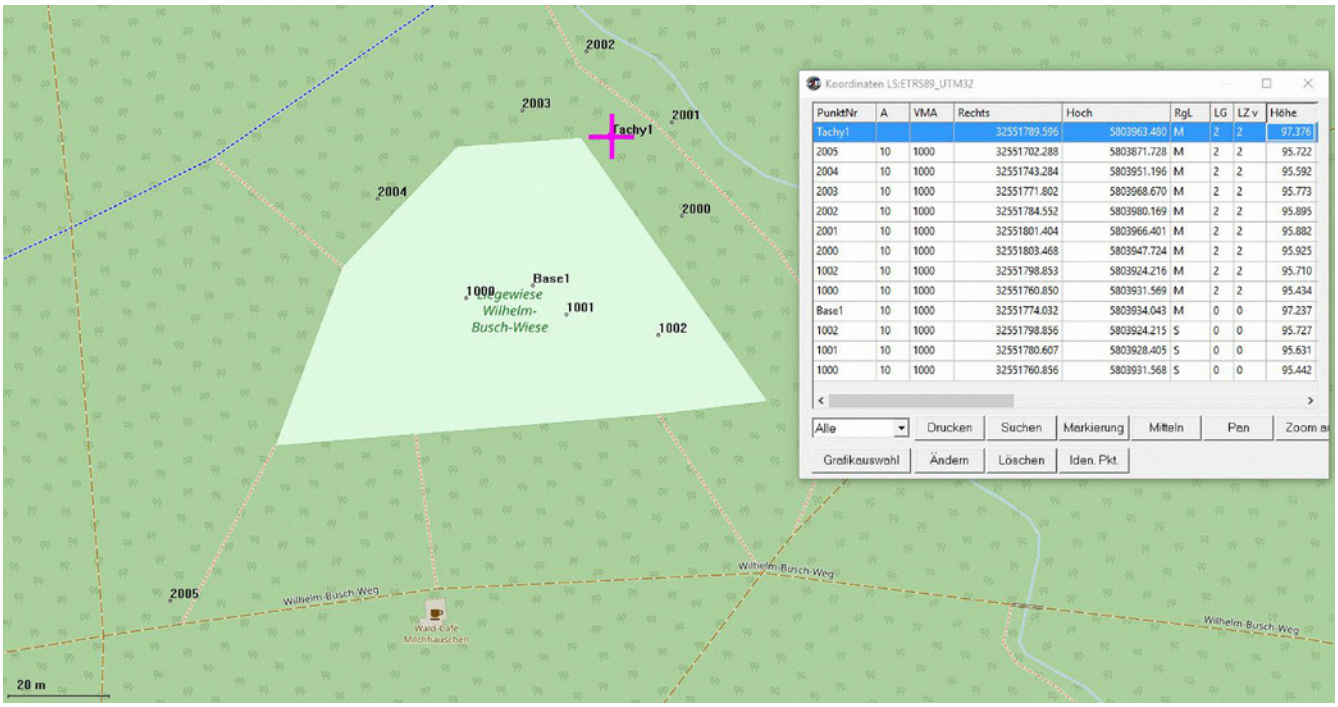
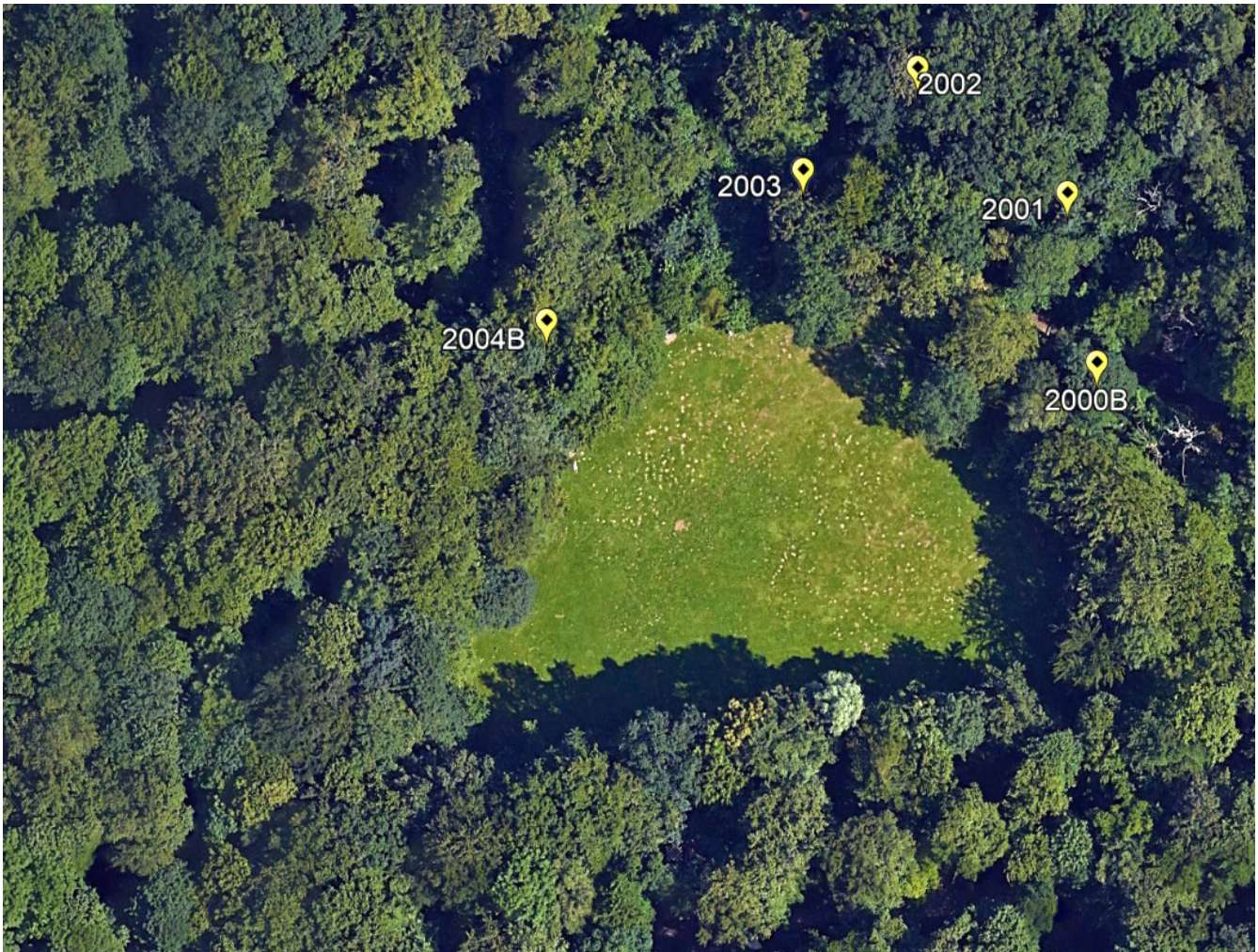


Bild 4: Luftbild mit Punktübersicht aus Google Earth



Für die anschließende GNSS-Vermessung mit dem TRIUMPH-LS wurde auf der Lichtung eine lokale Basisstation vom Typ JAVAD TRIUMPH-1M mit einer maximalen Entfernung von 100 m zu den Messpunkten installiert, und deren Koordinaten wurden ebenfalls mit dem Echtzeitdienst von AXIO-NET cm-genau bestimmt, um im weiteren Verlauf Echtzeitkorrekturen per 70-cm-Funk mit 5 Hz Taktrate für den TRIUMPH-LS auszusenden.

Am 25.10.2017 wurden die GNSS-Messungen der sechs vermarkten Waldpunkte wiederholt, dieses Mal jedoch mit einer lokalen Basisstation vom Typ JAVAD Delta-3 und einer geodätischen Antenne auf dem Dach unseres Bürohauses in der Sokelantstraße 5 in Hannover. Der Abstand zum Messgebiet im Wald betrug ca. 4,5 km. Die Korrekturdaten wurden wiederum im 5-Hz-Takt mit dem NTRIP-Protokoll über Mobilfunk übertragen.

Die Ergebnisse vom 18.10.2017 konnten dabei bestätigt werden. Genauigkeitsvergleiche zu den Koordinaten aus der Tachymetermessung sowie zu den Ergebnissen der Vorwoche finden sich in Tabelle 1.

Details zu den Messungen und den wesentlichen Einstellungen

Nachfolgend wird der Verlauf der Messung am 18.10.2017 dokumentiert. Bild 3 zeigt die Situation der Punktverteilung aller beteiligten Messpunkte sowie die große Lichtung im Waldgebiet. Bild 4 zeigt die Luftbild-Perspektive aus Google Earth mit der Punktverteilung.

Setup von Tachymeter und lokaler Basisstation JAVAD TRIUMPH-1M

a. Vermarkung von drei Tachymeter-Anschlusspunkten auf einer weiten Lichtung.
b. Vermessung der drei Anschlusspunkte mit TRIUMPH-1M und Bestimmung der präzisen RTK-Positionen über AXIO-NET-Dienst durch Mittelung von 30 Einzelwerten. Eine weitere Position mit Himmelsfreiheit <20° in der Mitte der Lichtung wurde mit TRIUMPH-1M auf Dreifuß als Basisstation installiert, Antennenhöhe gemessen und die präzise RTK-Position über den AXIO-NET-Dienst bestimmt, ebenfalls durch Mittelung von 30 Einzelwerten.
c. Das Ergebnis dieser Messung wurde als Stationskoordinate für die Aussendung von RTK-Korrekturen über 70-cm-Funk mit 5-Hz-Taktrate gemäß Hersteller-Vorgaben initialisiert.
d. Stationierung des Tachymeters Leica TM30 über die drei vorher mit GNSS bestimmten Tachymeter-Anschlusspunkte und Restklaffenbestimmung mit der ALLSAT-Software GART.

Im Anschluss erfolgte die Vermarkung von sechs Messpunkten im Wald und deren Vermessung mit dem Tachymeter Leica TM30 über geeignete Sichtverbindung zwischen Tachymeter und Prisma an den Neupunkten und anschließend die Vermessung mit dem JAVAD TRIUMPH-LS.

Setup des JAVAD TRIUMPH-LS für die Vermessung in schwierigem Gelände

Für die Vermessung mit dem JAVAD TRIUMPH-LS in schwierigem Gelände wie z.B. im Wald sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

a. Echtzeit-RTK-Korrekturen von einer GNSS-Basisstation mit einer Taktrate von 5 Hz,
b. Setup des JAVAD TRIUMPH-LS mit einem sog. Boundary profile,
c. Installation des JAVAD TRIUMPH-LS auf Stativ oder Stabstativ für die Datensammlung von mehreren Minuten bis zum Erreichen einer vorgegebenen Genauigkeitsschwelle,
d. Beobachtung des Ergebnis-Menüs auf dem TRIUMPH-LS zur Feststellung (Mitteilung) eines vertrauenswürdigen Ergebnisses,
e. Speicherung des Messergebnisses und ggf. Transformation in ein lokales Koordinatensystem.

Dokumentation zur Vermessung der Einzelpunkte

Um einen besseren Eindruck von der Umgebung und den Bedingungen bei der Vermessung zu bekommen, sind nachfolgend die sechs Neupunkte mit Fotos und wesentlichen Parametern und Ergebnissen dokumentiert.

Bild 5: Setup der Totalstation Leica TM30

Bild 6: Setup der lokalen Basisstation JAVAD TRIUMPH-1M auf Dreifuß

Punkt-Nr. 2000

Bild 7: Örtlichkeit Punkt-Nr. 2000

Bild 8: Zenitblick Punkt-Nr. 2000

Abstand zur GNSS-Basisstation: ca. 32 m am 18.10., ca. 4,5 km am 25.10.2017

Zeitdauer der Messung: ca. 3 Min. (ca. 3 Min. bei Wiederholungsmessung 25.10.2017)

Örtlichkeit: In der Nähe der Lichtung, ca. 10 m innerhalb des Waldes

Ergebnis-Beispiel auf Bildschirme JAVAD TRIUMPH-LS für Punkt-Nr. 2000

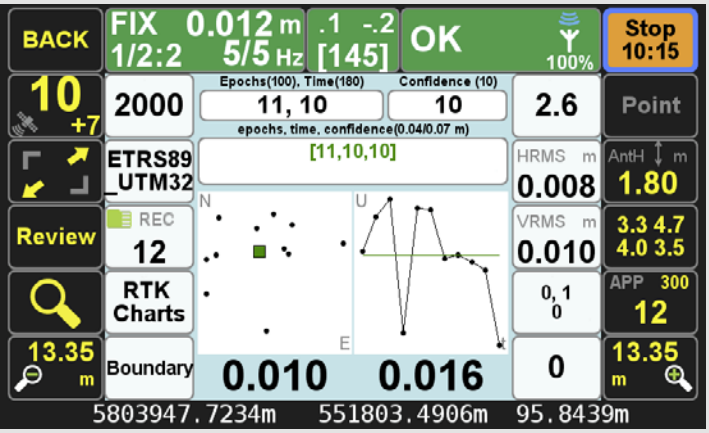


Bild 9: Phase 1

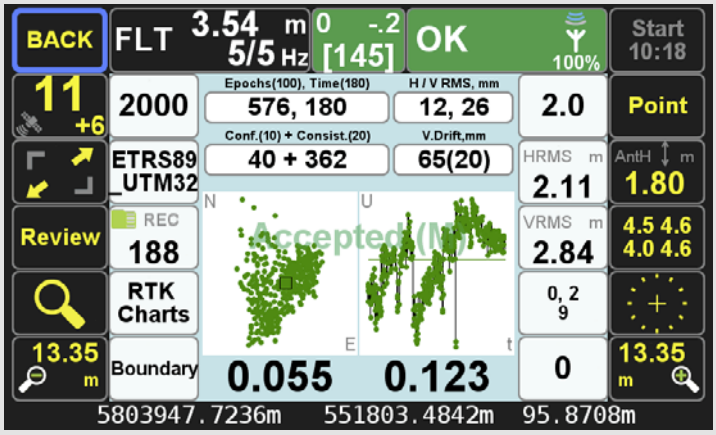


Bild 10: Phase 2

Punkt-Nr. 2001

Bild 11: Örtlichkeit Punkt-Nr. 2001

Bild 12: Zenitblick Punkt-Nr. 2001

Abstand zur GNSS-Basisstation: ca. 43 m am 18.10., ca. 4,5 km am 25.10.2017

Zeitdauer der Messung: ca. 3 Min. (ca. 3 Min. bei Wiederholungsmessung 25.10.2017)

Örtlichkeit: dichter Baumbestand, ca. 15 m von der Lichtung innerhalb des Waldes

Punkt-Nr. 2002

Bild 13: Örtlichkeit Punkt-Nr. 2002

Bild 14: Zenitblick Punkt-Nr. 2002

Abstand zur GNSS-Basisstation: ca. 47 m am 18.10., ca. 4,5 km am 25.10.2017

Zeitdauer der Messung: ca. 9 Min. (ca. 4 Min. bei Wiederholungsmessung 25.10.2017)

Örtlichkeit: in der Nachbarschaft eines Waldweges, ca. 15 m von der Lichtung innerhalb des Waldes

Punkt-Nr. 2003

Bild 15: Örtlichkeit Punkt-Nr. 2003

Bild 16: Zenitblick Punkt-Nr. 2003

Abstand zur GNSS-Basisstation: ca. 37 m am 18.10., ca. 4,5 km am 25.10.2017

Zeitdauer der Messung: ca. 11 Min. (ca. 3 Min. bei Wiederholungsmessung 25.10.2017)

Örtlichkeit: dichter Baumbestand, ca. 10 m von der Lichtung innerhalb des Waldes

Punkt-Nr. 2004

Bild 17: Örtlichkeit Punkt-Nr. 2004

Bild 18: Zenitblick Punkt-Nr. 2004

Abstand zur GNSS-Basisstation: ca. 35 m am 18.10., ca. 4,5 km am 25.10.2017

Zeitdauer der Messung: ca. 27 Min. (ca. 15 Min. bei Wiederholungsmessung 25.10.2017)

Örtlichkeit: dichter Baumbestand, ca. 10 m von der Lichtung innerhalb des Waldes

Punkt-Nr. 2005

Bild 19: Örtlichkeit Punkt-Nr. 2005

Bild 20: Zenitblick Punkt-Nr. 2005

Abstand zur GNSS-Basisstation: ca. 97 m am 18.10., ca. 4,5 km am 25.10.2017

Zeitdauer der Messung: ca. 14 Min. (ca. 3 Min. bei Wiederholungsmessung 25.10.2017)

Örtlichkeit: dichter Baumbestand, ca. 40 m von der Lichtung innerhalb des Waldes

Die Bilder 21–24 zeigen exemplarisch die im Winter veränderte Umgebung nach der Entlaubung.

Ergebnisse der Waldmessungen am 18. und 25. Oktober 2017

Alle vermessenen Punkte lagen im Oktober 2017 in geschlossenem Laubwald.

Frühere von ALLSAT mit GNSS-Empfängern verschiedener Hersteller und in derartiger Umgebung durchgeführte Vermessungen mit dem Ziel, cm-Genauigkeit für jede der drei Koordinatenkomponenten zu erzielen, scheiterten bisher weitgehend. Die Nutzung der sog. RTK-Engine führte i.d.R. zu teils massiven Koordinatensprüngen an Punkten in bewaldeter Umgebung und konnte nie parallel tachymetrisch vermessene Punktkoordinaten bestätigen.

Mit der hier beschriebenen Vorgehensweise und Systematik ließen sich alle 6 ausgesuchten Punkte kontrolliert mit einer Genauigkeit besser als 10 cm für die einzelnen Koordinatenkomponenten bestimmen.

Dies erfordert jedoch in jedem Fall eine statische Aufstellung des GNSS-Empfängers und wie hier dargestellt Messzeiten zwischen 3 Minuten bis hin zu ca. 27 Minuten.

Details und Ergebnisse der Waldmessungen am 8. Februar 2018

Da bei früheren GNSS-Messungen im Wald festgestellt wurde, dass sich die Ergebnisse mit und ohne Belaubung zum Teil erheblich unterschieden, wurden die Vermessungen der Neupunkte im Februar 2018 ohne Laub an den Bäumen wiederholt. Dabei konnten 2 der 6 im vergangenen Oktober vermarkten und vermessenen Punkte nicht wiedergefunden werden, so dass dort in unmittelbarer Nähe zwei Neupunkte ohne separate Kontrolle durch Tachymetermessungen bestimmt wurden.

Die Bilder 21–24 zeigen exemplarisch die im Winter veränderte Umgebung nach der Entlaubung.

Die GNSS-Korrekturen wurden erneut im 5-Hz-Takt vom Bürogebäude der ALLSAT in ca. 4,5 km Entfernung über NTRIP abgestrahlt.

Die Ergebnisse der vier bereits im Oktober 2017 gemessenen Waldpunkte weichen erneut nur im Sub-Dezimeterbereich von den tachymetrisch bestimmten Koordinaten ab. Die Messdauer bis zum Erreichen einer signifikant stabilen Lösung veränderte sich bei einigen Punkten, ohne dass dies als signifikant zu bezeichnen wäre.

Die Belaubung hat also vermutlich bei Messungen mit dem TRIUMPH-LS keine signifikante Auswirkung auf die Ergebnis-Genauigkeit, möglicherweise besteht jedoch eine Korrelation hinsichtlich der Messdauer an einzelnen Punkten, die jedoch bei der kleinen Stichprobe ebenfalls nicht signifikant ist.

Details zum Vergleich der Ergebnisse aus Tachymetermessungen und den GNSS-Messungen aus dem Oktober 2017 und aus dem Februar 2018 finden sich in Tabelle 1.

Zusammenfassung

Nach jahrzehntelangem Warten scheint endlich ein GNSS-Hersteller einen Weg gefunden zu haben, in der für präzise GNSS-Messungen höchst schwierigen und anspruchsvollen Umgebung eines Waldes zu stabilen und sicheren Genauigkeiten unterhalb eines Dezimeters zu kommen, und dies sowohl für die Lage als auch für die Höhe.

Koordinaten der Messung mit geodätischer Totalstation und Vergleich mit GNSS-Messungen im Oktober 2017 und im Februar 2018

	Tachymeter (T) 18.10.2017		
Punkt-Nr.	Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]
2000	5803947,724	551803,468	95,925
2001	5803966,401	551801,404	95,882
2002	5803980,169	551784,552	95,895
2003	5803968,670	551771,802	95,773
2004	5803951,196	551743,284	95,592
2005	5803871,728	551702,288	95,722

	Differenzen (T) – GNSS 18.10.2017			
Punkt-Nr.	Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]	Dauer [min]
2000	0,000	-0,016	0,054	3
2001	0,026	0,003	-0,015	3
2002	-0,016	0,005	0,005	9
2003	-0,013	-0,018	-0,013	11
2004	-0,043	-0,011	0,024	27
2005	-0,109	0,073	0,057	14

	Differenzen (T) – GNSS 25.10.2017			
Punkt-Nr.	Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]	Dauer [min]
2000	0,037	-0,048	0,033	3
2001	0,032	-0,025	0,027	3
2002	0,016	-0,035	-0,012	4
2003	-0,005	-0,049	-0,021	3
2004	-0,012	-0,037	0,038	15
2005	-0,031	0,025	0,016	3

	Differenzen (T) – GNSS 08.02.2018			
Punkt-Nr.	Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]	Dauer [min]
2001	-0,002	0,035	-0,016	3
2002	-0,015	0,030	0,005	3
2003	-0,009	-0,076	-0,040	23
2005	-0,070	0,095	-0,035	8

Tabelle 1: Koordinaten aus Tachymetermessungen und Vergleich mit GNSS-Ergebnissen

Mit dem JAVAD TRIUMPH-LS ließen sich in mehreren unterschiedlichen Szenarien Koordinatenergebnisse erzielen, die einer Überprüfung mithilfe eines unabhängigen geodätischen Messverfahrens standhielten.

Trotzdem sind die Voraussetzungen, die dafür vorliegen müssen, noch nicht mit den Standardmethoden in der Vermessung vergleichbar, denn die vorliegenden guten Ergebnisse konnten nicht mit Korrekturen aus einem Referenznetz erreicht werden. Dies insbesondere, weil der TRIUMPH-LS dafür Korrekturdaten im 5-Hz-Takt benötigt, um in möglichst kurzer Zeit eine genügende Anzahl von RTK-Fixes für einen abschließenden Vergleich unterschiedlicher Lösungen durchführen zu können. Solche Korrekturen liefert bisher kein Anbieter von GNSS-Korrekturdatendiensten.

Immerhin betrug die längste Messzeit für die Koordinatenbestimmung eines Punktes im Rahmen dieser Testreihen stolze 27 Minuten, die kürzeste dagegen mehrfach nur 3 Minuten. Eine Mindest-Messdauer von 3 Minuten hat sich im Lauf aller drei Testreihen als realistisch erwiesen, allerdings kann dies bei stark gestörter Umgebung auch leicht oder stark nach oben abweichen.

Im Rahmen unserer Messungen konnte jeder Punkt mit Sub-Dezimetergenauigkeit bestimmt werden, was nach unseren bisherigen Erfahrungen weit mehr ist als bisher jemals unter kontrollierten Bedingungen im Wald erreicht wurde.

Autoren

M. Sc. Eva Kemkes
Dienstleistungen Global Monitoring
ALLSAT GmbH
eva.kemkes@allsat.de

Dipl.-Ing. Kai Zimmermann
Teamleiter Entwicklung und Support,
ALLSAT GmbH
kai.zimmermann@allsat.de

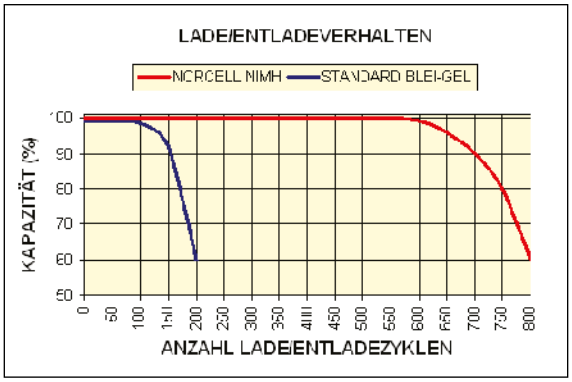
Dipl.-Ing. Jürgen Rüffer,
Geschäftsführer ALLSAT GmbH
Beratender Ingenieur und Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Ingenieurkammer Niedersachsen für satellitengestützte Ingenieurvermessung
juergen.rueffer@allsat.de
Sokelantstraße 5, 30165 Hannover
www.allsat.de

Wir bedanken uns herzlich für die wertvolle Unterstützung durch Javad Ashjaee und seine Mitarbeiter von JAVAD GNSS in Moskau sowie für die äußerst hilfreichen Hinweise von Shawn Billings, Texas, USA.

NORCELL
WELTWEIT ZUFRIEDENE KUNDEN

LEISTUNGSSTARKE AKKUS FÜR VERMESSUNG UND BAU

VORTEILE:
- Ideal für Totalstation, GPS-Basis und 3D-Scanner
- Austauschbare Zellen
- Kapazität 9Ah oder 18Ah
- Gerätespezifische Buchsen
- Hohe Leistung auch bei niedrigen Temperaturen
- Adapterkabel für Original-Ladegeräte
- Wasserdichtes, stossfestes Alugehäuse



• SEHR LANGE EINSATZZEITEN •
• HOCHWERTIGE ZELLEN •
• HANDLICH UND LEICHT •
• SEHR LANGE LEBENSDAUER •

Vertriebspartner:

RIEGL LASER MEASUREMENT SYSTEMS www.riegl.com
Trimble www.trimble.com
SITECH www.sitech.de
FARO www.faro.com
TOPCON www.topcon-positioning.eu

NORCELL - DER AKKU FÜR DEN VERMESSUNGSPROFI!

Kontakt Norcell: +47-958-07-800 info@norcell.com www.norcell.com