



Satellitengestützte Maschinensteuerung – Praktische Anwendungen

Helmut Muxel ¹

¹ *Vorarlberger Kraftwerke AG, Weidachstraße 6, A-6900 Bregenz*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **88** (2), S. 104–110

2000

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Muxel_VGI_200009,  
Title = {Satellitengest{\u}tzte Maschinensteuerung -- Praktische Anwendungen  
},  
Author = {Muxel, Helmut},  
Journal = {VGI -- {\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {104--110},  
Number = {2},  
Year = {2000},  
Volume = {88}  
}
```





Satellitengestützte Maschinensteuerung Praktische Anwendungen

Helmut Muxel, Bregenz

1. Allgemeines

Die Vorarlberger Kraftwerke Aktiengesellschaft (VKW) betreibt auf dem Stausee Bolgenach (Bregenzerwald) eine Saugbaggeranlage zur Förderung von Sedimentablagerungen aus großen Tiefen. Diese Anlage darf aus Umweltüberlegungen nur zu ganz bestimmten Zeiten arbeiten und dies vorwiegend bei schlechter Witterung. Gesucht war daher eine allwettertaugliche Lösung zur Positionierung des Saugmundes mit einer Genauigkeit von $< 1,0$ m und zur Visualisierung der aktuellen Höhensituation am Seegrund. Das System wird auch zur periodischen Seegrundvermessung mittels Echolot eingesetzt.

Gemeinsam mit der Skilifte Lech GmbH. entwickelt die Vorarlberger Kraftwerke AG ein Navigationssystem für Pistengeräte mit dem Ziel, die Präparierung der Pisten bei schlechter Sicht zu optimieren und die Sicherheit für Mensch und Gerät im hochalpinen Gelände zu steigern. Hauptanforderungen an das System sind eine zeitlich und räumlich hohe Verfügbarkeit, eine Lagegenauigkeit < 50 cm und die Echtzeitvisualisierung der Position und der präparierten Bereiche im Cockpit des Pistengerätes vor dem Hintergrund eines Bestandesplanes.

Für beide Aufgabenstellungen werden satellitengestützte Positionierungsverfahren angewendet und in komplexere Systemlösungen integriert. In beiden Fällen waren bzw. sind nicht die generellen Lösungsansätze die Herausforderung, sondern vielmehr die gegenseitige Abstimmung und Zusammenführung der Einzelkomponenten unter schwierigen Rahmenbedingungen.

2. Beschreibung des Projektes „Saugbaggeranlage“

2.1. Die Vorgeschichte

Das Kraftwerk Langenegg der Vorarlberger Kraftwerke Aktiengesellschaft wurde im Jahre 1979 in Betrieb genommen. Eines der Kernstücke dieses Kraftwerkes bildet der Stausee

Bolgenach im Bereich Hittisau/Riefensberg im Bregenzerwald. Dort wird das Wasser der Bolgenach und der beigeleiteten Subersach durch einen ca. 100 m hohen Erdschüttdamm gestaut und bildet einen sogenannten Wochenspeicher. Der Stausee wird aus einem geologisch sehr labilen Gebiet gespeist, welches überdies überwiegend unterhalb der Baumgrenze liegt. Dies führt naturgemäß und grundsätzlich nicht unerwarteterweise zu einer hohen Feststoffracht in den Zuflüssen und damit zu einer andauernden Auflandung im See. Diese Auflandung führt längerfristig insbesondere im Bereich des Grundablasses zur Gefahr der Verlegung desselben und damit zur Gefährdung der Funktionstüchtigkeit. 1995 wurde daher der Versuch unternommen, durch eine Spülung über den Grundablass die Sedimentablagerungen auszutragen. Dieses Vorhaben war einerseits zwar behördlich genehmigt, trotzdem jedoch aus Umweltüberlegungen sehr kritisch und von entsprechendem medialen Interesse begleitet. Technisch musste das Vorhaben abgebrochen werden, weil nachrückende Baumstämme und Wurzelstöcke den Grundablass derart verlegten, dass dieser trotz mehrwöchiger, riskanter Taucheinsätze holländischer Spezialisten nicht freigelegt werden konnte. Es mussten daher andere Überlegungen zur dauerhaften Lösung des Verlandungsproblems angestellt werden. Diese mündeten schließlich in einem umfangreichen, mit den Behörden abgestimmten Feststoffbewirtschaftungskonzept. Diese Lösung sah nach umfassenden Untersuchungen folgendermaßen aus:

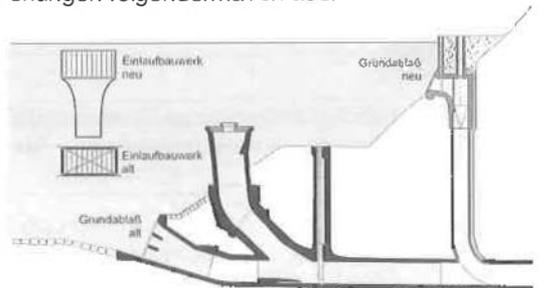


Abb. 1: Höherlegung von Grundablass und Triebwasser-einlauf

Der bestehende Grundablass wurde verschlossen und ein neuer, etwas höher gelegener gebaut. Ebenso wurde der Triebwassereinlauf höhergelegt. Damit wurde Totraum von ca. 700.000,- m³ im Speicher geschaffen in dem sich temporär die Sedimente ablagern können. Um längerfristig nicht dasselbe Problem erneut zu haben, müssen die eingetragenen Sedimente mechanisch aus dem See gefördert werden. Dies geschieht mit Hilfe einer Saugbaggeranlage.

2.2. Anforderungen an die Saugbaggeranlage

Der notwendige Aktionsradius ist ein Flächenbereich von ca. 350 m Länge und einer durchschnittlichen Breite von ca. 100 m, womit das nähere Umfeld der Entnahmebauwerke und des Damms abgedeckt wird. Erste Priorität hat die Freihaltung dieses für den nachhaltigen Betrieb und die Sicherheit der Anlage wesentlichen Bereiches. Die maximal notwendige Fördertiefe im Stausee Bolgenach beträgt ca. 70 m. Die geförderten Materialien sind zunächst einer Korntrennungsanlage zuzuführen, wonach die Feinteile dem Triebwasser beigemischt und über die Turbinen abgearbeitet werden. Auf diese Art wird das Material dorthin ausgetragen, wo es auch ohne das Kraftwerk letztlich sein würde, nämlich im Unterlauf der Bregenzer Ache. Die Beimengung der Sedimente darf allerdings nur dann erfolgen, wenn die Bregenzer Ache ohnehin eine hohe Trübung aufweist, oder eine ausreichende Verdünnung stattfindet. Dies ist gegeben zur Zeit der Schneeschmelze oder bei nachhaltigen Niederschlägen. Alle Feststoffe, welche die Korngröße von 2 mm überschreiten, sind einer Deponierung zuzuführen. Die jährlich zu fördernde Feststoffmenge liegt bei durchschnittlich 50.000 m³. Dazu stehen im Mittelwert pro Jahr ca. 280 Stunden zur Verfügung. Die Anlage muss daher allwettertauglich sein. Dies engt die Lösungsmöglichkeiten insbesondere bei der Positionierung des Saugrohres, somit des gesamten Baggerschiffes, erheblich ein.

Der Betrieb des Baggers erfordert weiters exakte Kenntnis des Ureländes sowie der Auflandsituation am Seegrund. Hindernisse am Seegrund, welche die Absaugung stören, müssen lokalisiert werden können, um sie entweder zu bergen oder zumindest bei folgenden Arbeitsgängen an derselben Stelle berücksichtigen zu können.

Die Entwicklung der Verlandungssituation ist in gewissen Zeitabständen durch Seegrundaufnahmen zu überprüfen. Diese Aufnahmen bilden ihrerseits wiederum die Grundlage für die Planung des folgenden Baggereinsatzes.

2.3. Lösung der Aufgabenstellung

Die Anlage wurde nach einer europaweiten Ausschreibung von Holländischen Unternehmen in Zusammenarbeit mit VKW entwickelt. Die Förderung der Sedimente basiert auf dem Prinzip eines Air-Lifts. Dabei wird ein senkrechtcs Teleskoprohr bis zum Seegrundgeführt. In einer zu diesem Teleskoprohr parallelen Leitung wird Druckluft bis kurz vor den Saugmund gepresst und dort in das Teleskoprohr eingeblasen. Durch den hohen Auftrieb schnellt die Luft im Teleskoprohr in die Höhe und reisst weiteres Material vom Seegrund mit nach oben. Zähes Material kann am Seegrund mit Jetwasserpumpen gelöst werden. Dadurch wird am Seegrund ein trichterförmiges Loch aus den Sedimentablagerungen gesaugt und das Teleskoprohr kontinuierlich bis zu einer vorgesehenen Tiefe abgesenkt. Danach wird das Saugrohr gehoben, das Baggerschiff mit den Verholwinden versetzt und der Vorgang wiederholt.

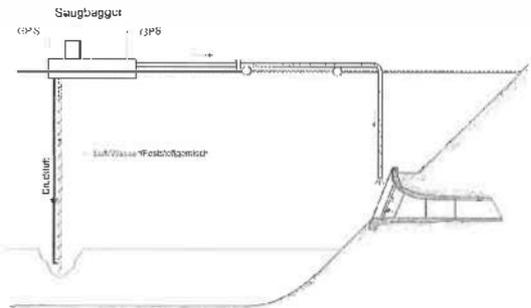


Abb. 2: Schematische Darstellung der Baggeranlage

Um diese Vorgänge gezielt steuern zu können, sind eine Reihe von Maßnahmen erforderlich, welche nachfolgend beschrieben werden.

Vermessungstechnische Grundlagen

Da noch keine digitalen Unterlagen über das Urelände vorlagen, wurden die analogen Schichtenpläne gescannt und daraus mit Hilfe einer speziellen Software eine Punktwolke für ein digitales Geländemodell abgeleitet. Nur teilweise konnte auf die analoge Punktwolke aus der Uraufnahme zurückgegriffen werden. Für die unter Wasser befindlichen Bauwerke waren exakte analoge Planunterlagen vorhanden, welche in das digitale Modell des Ureländes eingebaut wurden.

Positionsbestimmung mittels DGPS

Grundsätzlich wäre das Einsatzgebiet von einem Uferpunkt aus einzusehen und daher die Positionsbestimmung auch mit einem automatischen Theodoliten denkbar gewesen. Die Bedingung der Allwettertauglichkeit führte jedoch

rasch zum Entschluss, die Positionsbestimmung mittels Echtzeit-DGPS zu bewerkstelligen. Die geforderte Genauigkeit der Lage des Saugmundes beträgt absolut < 1 m, jene der Höhe < 10 cm. Die Topographie in dem teilweise recht engen Taleinschnitt mit den bewaldeten Flanken war der größte Unsicherheitsfaktor. Testmessungen und Simulationen mit dem Verfahren der phasengeglätteten Codemessungen ergaben für die Lage zufriedenstellende Ergebnisse, wenngleich vereinzelt mit Grenzfällen oder gar temporärem Überschreiten dieses Kriteriums zu rechnen ist. Die kritischen Phasen resultieren üblicherweise aus einer nur geringen Satellitenanzahl bzw. einer schlechten Geometrie. Aus heutiger Sicht würde ein kombinierter GPS/GLO-NASS-Empfänger dieses Problem beseitigen, zum Zeitpunkt der Entscheidung waren diese jedoch noch nicht spruchreif. Wir entschieden uns nach intensiven Überlegungen für eine eigene Referenzanlage im unmittelbaren Anlagenbereich und für die erwähnte Methode der phasengeglätteten Codemessungen. Die Höhe wird über den Pegelstand des Sees auf den Saugmund reduziert.

stände der einzelnen Anlagenteile zur Verfügung. Am Kontrollmonitor wird in einer Profildarstellung in Längsrichtung des Schiffes die Höhe des Urgeländes, die Höhe des Auflandungshorizontes gemäß der letzten Echolotung, ein fiktives Urgelände und die aktuelle Höhe des Saugmundes dargestellt. Das fiktive Urgelände ist eine Fläche, welche im Bereich der Mittelrinne des Sees horizontal ist und der maximal geplanten Absaugtiefe entspricht. Im Bereich der Flanken oder über Bauwerken verläuft diese Fläche in einer bestimmten Höhe parallel über dem Urgelände bzw. über den Bauwerken. Die dadurch entstehende Pufferung dient dazu, allfällige Ungenauigkeiten des Urgeländemodelles abzufangen und sicherzustellen, dass nicht Urgelände gefördert wird oder Bauwerke angefahren werden.

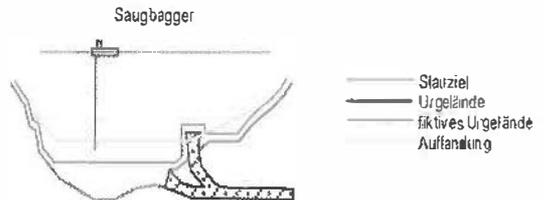


Abb.3: Geländedarstellungen

Integration der GPS-Positionen in das Gesamtsystem

Entscheidend für den Betrieb der Anlage ist jedoch nicht die Position einer GPS-Antenne, sondern jene des Saugmundes in der Tiefe des Sees. So wird die Ausrichtung des Schiffes über zwei exponiert montierte GPS-Antennen bestimmt und weiters über die Geometrie des Schiffes die Position des kardanischen Aufhängepunktes des Teleskoprohres abgeleitet. Neigungsmesser am Teleskoprohr messen die Abweichung vom Lot sowohl in Längs- als auch in Querrichtung. Zusammen mit dem variablen Maß der Länge des Rohres wird die Position des Saugmundes permanent bestimmt und visualisiert.

In einer Grundrissdarstellung wird die Lage und Ausrichtung des Schiffes im See dargestellt. Weiters ist darin farblich die aktuelle Höhensituation der Sedimente in einem konfigurierbaren Raster eingetragen. Jedem Rasterfeld ist zunächst eine Höhendifferenz zwischen dem Geländemodell der Seegrundaufnahme und dem fiktiven Urgelände zugeordnet. Jeder bereits mit dem Saugmund angefahrenen Stelle wird die neue Höhendifferenz zwischen dem fiktiven Urgelände und dem Saugmund zugeordnet und

Die Höhenableitung erfolgt mit wesentlich höherer Genauigkeit ausgehend vom Pegelstand des Sees, durch Messung der Eintauchtiefe der Pontons und der Neigung des Schiffskörpers in Längs- und Querrichtung sowie mit der variablen Länge des Teleskoprohres. Einsinktiefe und Schiffsneigung ändern sich mit dem Ladungszustand des Schiffes.

Visualisierungssystem

Das Baggerschiff ist für einen 1-Mann-Betrieb ausgelegt. Dem Baggerführer steht ein komplexes System zur Visualisierung aller Betriebszu-

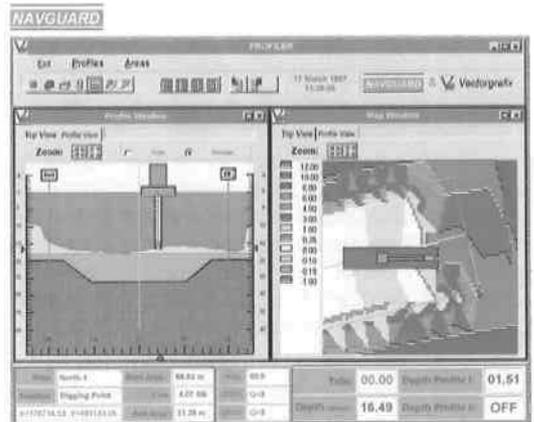


Abb.4: Prinzip der Bildschirmdarstellung: Profil- und Grundriss

das entsprechende Rasterfeld entsprechend dieser Höhendifferenz eingefärbt. Die durch die **Baggerungen herbeigeführten Änderungen am Seegrund finden ihren Niederschlag unmittelbar auch im Längsprofil.** Als theoretisches Idealbild entsteht durch die Baggerungen eine einheitlich eingefärbte Fläche in jener Farbe, die der Differenzhöhe „Null“ entspricht.

Trifft der Saugmund beim Absenken auf ein unerwartetes Hindernis (z.B. Baumstamm, Wurzelstock, ...), so kann der Baggerführer diese Stelle mit der Tiefeninformation verspeichern und durch ein Symbol markieren. Dadurch kann das neuerliche Anfahren desselben Hindernisses bei einer folgenden Baggerung vermieden werden.

2.4. Das Arbeitsboot

Auf dem Arbeitsboot, welches in erster Linie dazu dient, die aussortierten Grobanteile des Fördergutes aufzunehmen und der Deponie zuzuführen, ist eine Echolotusrüstung montiert. Damit werden in frei zu definierenden Zeitabständen Seegrundaufnahmen durchgeführt. Die Echolotung ist gekoppelt mit einem DGPS-Empfänger, welcher die Positionen liefert. Das Interessensgebiet wird dabei nach einem Linienraster abgefahren und im Sekundentakt Tiefe und Position aufgezeichnet. Die Auswertesoftware berücksichtigt dabei den aktuellen Pegelstand des Stausees. Die Auswertung bis hin zu einem Geländemodell der Auflandungsfläche kann unmittelbar anschließend auf dem Arbeitsboot erfolgen. Das Ergebnis wird danach direkt der Software des Saugbaggers zugeführt.

3. Beschreibung des Projektes „Satellitengestütztes Pistengeräte-Navigationssystem“

3.1. Vorbemerkungen

An die Präparierung von Pisten in einem Schigebiet werden heute von den Gästen hohe Ansprüche gestellt. Der Gast erwartet nahezu jederzeit optimale Pistenverhältnisse und will andererseits möglichst wenig von den Pistengeräten beeinträchtigt werden. Daher muß die Präparierung in möglichst kurzer Zeit und weitgehend unabhängig von den Sichtbedingungen erfolgen. Bei Schneefall und sonstigen diffusen Lichtverhältnissen ist es oft schwierig, die optimale Spur zu fahren, weil die Abgrenzungen zwischen bereits präparierten und noch zu präparierenden Bereichen nicht mehr sichtbar sind. Die Präparierung wird relativ unwirtschaftlich, weil die selben Bereiche mehrfach gefahren werden und an-

dererseits nicht präparierte Stellen übersehen werden. Wie Ereignisse in Lech und in anderen Schigebieten zeigen, ist damit im alpinen Gelände nicht zuletzt auch eine erhebliche Gefahr für Mensch und Maschine gegeben. Weil die Pistenbegrenzungen nicht erkennbar waren, sind Maschinen verunglückt.

Aufgrund unserer Erfahrungen im Bereich der GPS-Anwendungen und als Dienstleister im Bereich der Geographischen Informationssysteme für über 30 Gemeinden ist die Skilifte Lech, Ing. Bildstein GmbH., nachfolgend Skilifte Lech genannt, an die VKW herangetreten, ob eine satellitengestützte Navigationshilfe für Pistengeräte realisierbar sei. Nachdem erste Überlegungen dafür sprachen, wurden wir mit der Beratung und Koordination bei diesem Projekt beauftragt.

3.2. Anforderungen

Seitens des Auftraggebers wurden folgende Anforderungen definiert:

- Permanente Positionsbestimmung und Anzeige derselben im Cockpit
- Hohe Lagegenauigkeit (< 50 cm)
- Visualisierung der präparierten Pistenteile, daher Optimierung der Fahrwege und Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Leichte Bedienbarkeit
- Hohe Zuverlässigkeit
- Flächendeckung im Schigebiet
- Zuweisung von Aufwand/Kosten zu Pistenabschnitten
- Gleichzeitiger Einsatz auf einer Vielzahl von Maschinen
- Anzeige der Zuverlässigkeit der Positionsanzeige
- Optionale Schnittstelle zum System Motor-Data

3.3. Lösungsansatz

Auf Grund der gestellten Anforderungen, insbesondere auch wegen der geforderten Allwettertauglichkeit, der gleichzeitigen und dauernden Verfügbarkeit auf mehreren Maschinen und der topographischen Verhältnisse im Gebirge kam von vornherein nur eine Positionsbestimmung mittels Satelliten in Frage.

Die Anforderung an die Visualisierung sowie die Forderung nach einer Zuordnung der Fahrwege und Fahrzeiten zu einzelnen Pistenabschnitten wiesen den Weg zur Koppelung mit einem GIS-Werkzeug.

Als Datengrundlage verfügen die Skilifte Lech über geeignete digitale Pistenpläne, welche nur

geringfügig aktualisiert bzw. nachbearbeitet werden mussten.

3.4. Die Lösungsschritte im Detail

GPS versus GPS/GLONASS

Da einerseits die Topographie mit entscheidend war, dass nur Satellitenpositionierung in Frage kam, andererseits im steilen hochalpinen Gelände eben diese Topographie auch hinsichtlich der Satellitenverfügbarkeit die Einsatzmöglichkeiten beschränkt, galt es zunächst zu klären, ob eine hinreichende Gebietsabdeckung möglich ist. Daher wurde mit geringem Entwicklungsaufwand eine einfache Lösung mit dem System OmniSTAR realisiert und damit Langzeittests durchgeführt. OmniSTAR hatte den Vorteil, dass keine Referenzstation realisiert werden musste, weil bei diesem System die Korrekturdaten für den Einsatzort interpoliert und über einen Kommunikationssatelliten abgestrahlt werden. Dass die geforderte Genauigkeit damit nicht zu erreichen war, wurde in dieser Phase bewusst in Kauf genommen. Als Ergebnis dieser Tests konnte festgestellt werden, dass in ca. 90 % der aufgezeichneten Datensätze die Mindestkriterien zur Erreichung geeigneter Genauigkeiten gegeben waren. Als Mindestkriterien wurden definiert:

- mindestens 4 Satelliten
- HDOP < 5
- Alter der Referenzdaten < 10 sec

Dieses Ergebnis liess noch Wünsche offen, gefährdete aber nicht grundsätzlich das Vorhaben. Es blieben überdies Bedenken, ob bei den definierten Kriterien mit Codemessungen oder phasengeglätteten Codemessungen beim Zusammentreffen mehrerer dieser Minimumsbedingungen die geforderte Genauigkeit erreicht werden könne. Das Problem, dass bei phasengeglätteten Code-Lösungen auch beim hinzukommen zusätzlicher Satelliten vorübergehend eine Verschlechterung der Positionsbestimmung eintreten kann, war nicht ermutigend. Die Anwendung von Phasenmessungen schied allein wegen der höheren Anzahl benötigter Satelliten und vergleichsweise längeren Initialisierungszeiten nach Phasenverlust aus.

Als dann kombinierte Empfänger GPS/GLONASS spruchreif wurden, welche die Behebung der beschriebenen Probleme versprachen, herrschte zunächst erhebliches Misstrauen unsererseits. Deshalb wurden im Einsatzgebiet an ausgewählten Stellen zunächst mit Leica-Empfängern präzise Eichpunkte bestimmt und Eichstrecken mit einem Fahrzeug im RTK-Modus ab-

gefahren. An diesen Eichpunkten und -strecken wurden dann die GPS/GLONASS-Empfänger von Ashtech im Float-Modus getestet. Die Erkenntnis war eindeutig, dass einerseits die Anzahl der verfügbaren Satelliten erheblich stieg, damit auch das Geometrikriterium deutlich besser erfüllt wurde und die Lagegenauigkeit deutlich innerhalb der geforderten 50 cm lag. Damit war klar, dass für dieses Projekt die kombinierten GPS/GLONASS-Empfänger zu bevorzugen sind.

Referenzstation, Funkkonzept

Als mögliche Standorte für die Referenzstation boten sich vor allem die Bergstationen der diversen Seilbahnanlagen an. Als optimal hat sich dabei die Bergstation der Kriegerhornbahn angeboten. Neben der ganzjährigen Erreichbarkeit und der gegebenen Stromversorgung befindet sich dort noch eine Stütze einer abgetragenen Seilbahn, zu welcher Leerrohre von der derzeitigen Bergstation führten. Auf den Auslegern dieser Stütze wurden GPS- und Funkantenne montiert. Am Fuß des Mastes wurde ein Schaltkasten zur Unterbringung des Empfängers und des Modems installiert.



Abb.5: Referenzstation Kriegerhorn

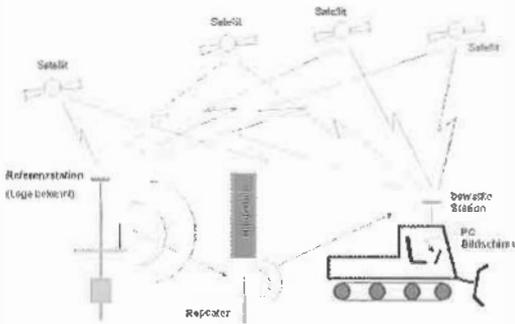


Abb.6: Übersicht der Einzelkomponenten

Da von diesem Standort aus nicht das gesamte Gebiet mit Referenzdaten versorgt werden kann, wurde bei der Bergstation der Rütli-Kopfbahn eine sogenannte Repeaterstation installiert. Diese hat die Aufgabe, die Korrekturdaten des Referenzsenders zu empfangen und zeitversetzt wieder abzustrahlen. Damit wird eine nahezu vollständige Gebietsabdeckung erzielt. Eine Ausdehnung in benachbarte Schigebiete mittels weiteren Repeatern ist möglich. Die Basisstation ist auf 2 Sekunden getaktet. Die Funkübertragung erfolgt vorerst noch im offenen Frequenzbereich (70 cm-Band). Künftig wird eine exklusive Frequenz bei der Femmeldebehörde beantragt werden.



Abb.7: Ein Blick ins Cockpit

Visualisierung

Bei der Visualisierung setzen wir auf den Einsatz eines Produktes aus der GemGIS-Familie der Fa. Synergis. Synergis adaptierte das Basisprodukt von GemGIS EASY, nämlich MapObjects, und entwickelte daraus das Produkt GemGIS GPS. Unter der Vorgabe, eine für absolute EDV- und GIS-Laien akzeptable Benutzeroberfläche anzubieten, wurden folgende Funktionalitäten geschaffen:

- Automatisches Hochstarten eines eingerichteten Projektes mit Darstellung des Hintergrundbildes. Dieses kann inhaltlich von einem

Administrator beliebig gestaltet werden, unter anderem auch mit der Darstellung von Referenzlinien, welche einer optimierten Präparierung der Piste entsprechen.

- Einstellung der Spurbreite, welche abhängig ist vom Pistengerät und der Neuschneetiefe
- Einstellung der Größe eines Darstellungsbereiches für ein Übersichtsfenster
- Einstellung der Größe eines Darstellungsbereiches für ein Detailfenster
- Auswahl der Pistendarstellung (Pistenbreite ist von Jahreszeit und Schneeverhältnissen abhängig)
- Tag/Nacht-Umschaltung
- Qualitätsbalken: grün bedeutet „Position zuverlässig“, rot bedeutet „Position nicht zuverlässig“

Weitere Funktionalitäten:

- Tracking im Sekundentakt
- Transformation der WGS-Koordinaten in das System der Landesvermessung
- Einfärben des präparierten Bereiches
- Linienaufzeichnung als shape-files
- Richtungspfeil der Fahrbewegung
- Permanentes Nachziehen des Bildes
- Massstabsleiste
- Industrie-PC mit besonders lichtstarkem Bildschirm

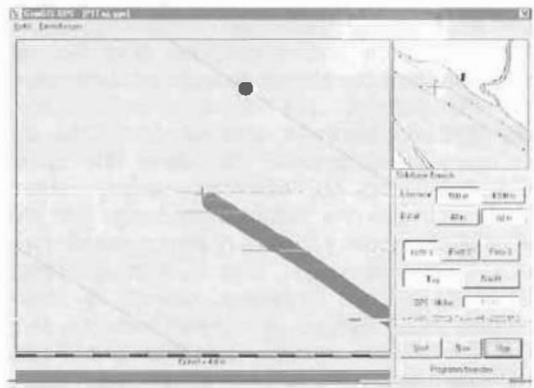


Abb.8: Benutzeroberfläche

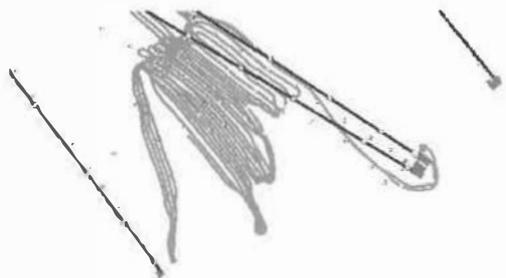


Abb.9: Spuraufzeichnungen

Schnittstelle zu MotorData

MotorData ist ein bereits in mehreren Schigebieten im Einsatz befindliches System zur Erfassung von motorbezogenen Daten von Pistengeräten. Dieses erfasst die Betriebszeiten stehend, die Betriebszeiten fahrend, die Überdrehzahlzeiten und lässt eine manuelle Eingabe einer Pistenkennung oder eines Auftrages zu. Ebenfalls werden manuell Informationen eingegeben über Reparaturzeiten und Tankungen. Über einen Schlüssel wird der Fahrer identifiziert. Dadurch ist es möglich, über beliebige Zeitintervalle statistische Auswertungen über Einsatzzeiten und Art der Einsätze, geordnet nach Fahrern oder Maschinen zu erstellen.

Eine Koppelung mit diesem System wurde insofern realisiert, dass im Schigebiet alle Pistenaabschnitte in Einzelflächen mit Bezeichnung eingeteilt wurden. Mittels GemGIS GPS wird in regelmäßigen Intervallen eine Verschneldung der Position mit den Pisten durchgeführt und die Pistenkennung an MotorData übergeben. Die manuelle Eingabe kann entfallen.

Unvorhergesehenes

Es soll und kann an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, dass dieses Projekt von allerlei unerwarteten Problemen begleitet war, welche auch zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Beitrages nicht restlos behoben sind. So hat sich zunächst die Koordinierung der Lieferanten der Funktechnik, des Visualisierungssystems, der GPS-Komponenten und von MotorData als mühsam herausgestellt, weil diese über ganz Österreich und bis München verteilt waren. Technisch war das Kernproblem lange Zeit die Herstellung einer stabilen Kommunikation zwischen Referenzstation und Funkanlage unter Einbeziehung des Repeaters, obwohl ein renommiertes Ingenieurbüro sich gemeinsam mit dem GPS-Lieferanten intensiv bemühte. Erst Tests mit einem neuen Produkt von einem neuen Lieferanten führten zu ermunternden Erfolgen. Es blieben jedoch zunächst nicht erklärbare Instabilitäten. Es bedurfte einiger Mühen, um herauszufinden, dass ein Korrekturdatensatz in Abhängigkeit von der Anzahl Satelliten mit mehr oder weniger ausgedehnten Lücken ausgesendet wurde. Betrug diese Lücken mehr als 20 ms, so begann der Repeater unvollständige Informationen auszusenden. Nach Kenntnis dieser Sachlage war das Problem leicht zu beheben.

Als weiterer Problembereich hat sich immer deutlicher die geballte Elektrik und Elektronik im Pistengerät herausgestellt. Offensichtlich treten

trotz der getroffenen Schutzmaßnahmen immer wieder nicht reproduzierbare Beeinträchtigungen des Navigationssystems ein, welche zur Störung der Konfiguration von GPS-Empfänger und Funkmodems führen. An deren Eingrenzung wird derzeit noch gearbeitet.

3.5. Ausblick, Anwendungsmöglichkeiten

Trotz der beschriebenen Schwierigkeiten konnte die geforderte Funktionalität mit Ausnahme der offensichtlich mit den Gegebenheiten im Pistengerät verbundenen Instabilitäten nachgewiesen werden. Allein dadurch ist die Ausdauer des Auftraggebers zu begründen. Ein Breitereinsatz in Lech ist geplant. Es ist auch offensichtlich, dass letztlich ein einziger Anbieter für das Gesamtsystem verantwortlich sein muss. Nur dann wird es gelingen, das System als Produkt auch in anderen Schigebieten zu verkaufen.

Außer zur Unterstützung der Pistenpräparierung eignet sich das System auch zum Auffinden von zugeschnittenen Objekten wie z.B. Hydranten und Elektranen von Beschneigungsanlagen. Denkbar ist auch der Einsatz auf Spurgeräten für Langlaufloipen, um wiederholbar die selbe Trasse zu präparieren. Weiters könnte das System wertvolle Unterstützung leisten, um hochalpine Straßenverbindungen im Frühjahr treffsicher aus den teilweise noch viele Meter tiefen Schneeaufgaben herauszufräsen. Nicht zuletzt könnten die Aufzeichnungen aus der Pistenpräparierung zur Erstellung von Pistenplänen und Geländemodellen herangezogen werden.

Es ist festzuhalten, dass die Anwendung nicht an ein bestimmtes GPS- oder GPS/GLONASS-Produkt gebunden ist.



Abb. 10: Pistengerät im Einsatz

Anschrift des Autors:

Dipl.-Ing. Helmut Muxel, Vorarlberger Kraftwerke AG, Weidachstraße 6, A-6900 Bregenz.