

Die neue Zugspitzbahn – Vermessung auf höchstem Niveau

Gert KARNER

KARNER INGENIEURE GmbH, München · gert.karner@karner-ing.de

Zusammenfassung

Mit der Eröffnung der Zahnradbahn im Jahre 1930 von Garmisch zum Schneefernerhaus wurde die touristische Erschließung der Zugspitze, dem mit 2.962 m höchsten Berg Deutschlands, begonnen und mit der Inbetriebnahme der Eibsee – Pendelbahn im Jahre 1963 fortgesetzt. Dem starken Besucherandrang (nahezu 500.000 Personen/Jahr) trägt die Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG durch den Neubau einer Pendelbahn und dem entsprechenden Ausbau der Bergstation Rechnung. Die Gesamtinvestition beträgt ca. 50 Mio. EURO und alle Maßnahmen sollen bis zum Dezember 2017 abgeschlossen sein.



Höchste Pendelbahnstütze der Welt: 127 Meter
Längstes freies Feld: 3.213m (gesamt 4.450m)
Größter Höhenunterschied im freien Seilfeld:
1.550m (gesamt 1.945m)

Nach einer beschränkten Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb wurde die KARNER INGENIEURE GmbH mit der vermessungstechnischen Gesamtbetreuung der Maßnahme betraut. Die Wertungskriterien der Vergabe waren dabei: Technischer Lösungsansatz 30%, zu erwartende Qualität 20% und Honorar 50%.

Zu realisieren war ein homogenes, spannungsfreies Ingenieurnetz hoher Genauigkeit vom Tal bis zur Bergstation zur Gewährleistung der Planungssicherheit über alle Baufelder und zur Realisierung der Seilbahnanlage. Für die 3 Baufelder Talstation, Bergstation und Stützenfeld waren maßstabsfreie Bauabsteckung sicherzustellen. Für die bestehende Bergstation sind 3D – modellierte Innenraumaufnahmen mit Erfassung und Darstellung aller sichtbaren Leitungselemente, eingepasst in die im Ingenieurnetz vermessene Außenhülle in Lage und Höhe zu erstellen. Des Weiteren sind Absteckungen für Materialbahnen, Bauhilfen und Kranfundamente durchzuführen, geometrische Vorgaben für den Betonbau, für den Stahlbau und für den Innenausbau zu machen. Nach Baufertigstellung ist eine vollständige 3-D Bestandsdokumentation zu erstellen.

1 Auftragsvergabe

Die Ausschreibung der Vermessungsleistungen erfolgte im Jahre 2014. Nachdem der Bauherr, die Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG im Eigentum der Marktgemeinde

Garmisch-Partenkirchen, also einer öffentlichen Institution steht, und eine Honorarsumme über dem Schwellenwert von 209.000 EURO zu erwarten war, waren die Vorgaben der europäischen Vergabeverordnung für freiberufliche Leistungen (VOF) einzuhalten. Da es sich bei dem Vorhaben um ein Verkehrsbauwerk handelt, hat der Bauherr das 2-stufige Verhandlungsverfahren mit Teilnahmewettbewerb im Sinne der Sektorenverordnung der VOF gewählt.

1. Stufe – Präqualifikation

Der Ermittlung von geeigneten Bewerbern für die Aufgabenstellung wurden 3 Kriterien zugrunde gelegt, die durch entsprechende Nachweise zu belegen waren:

- Erfahrung von Seilbahnvermessungen im Gebirge
- Nachweis der technischen Leistungsfähigkeit durch Benennung von Referenzprojekten, Darlegung der personellen Unternehmensstruktur unter Angabe von Kapazität und Qualifikation der Mitarbeiter
- Konzept der Qualitätssicherung

Nach Prüfung der eingereichten Unterlagen durch den Bauherrn wurden von den 9 Bewerbungen 4 für „grundsätzlich geeignet“ befunden und zur Teilnahme an der Stufe 2 des Verhandlungsverfahrens, nämlich zur Abgabe eines Angebotes eingeladen.

2. Stufe – Honorarangebot, Vergabeverhandlung

Mit der Mitteilung, dass die Präqualifikation bestanden sei, kam die Aufforderung zur Erstellung eines Honorarangebotes innerhalb einer Frist von 14 Tagen.

Zunächst galt es nachstehende „W“ – Fragen im Detail zu klären:

Was - Erstellen eines Fragenkataloges zur Präzisierung unklarer Anforderungen aus dem Leistungsverzeichnis; Durchführung eines Ortstermins zur Klärung der Fragen und zur Abschätzung des Aufwandes

Wie - Erarbeitung technischer Lösungen – Prüfung der Verfügbarkeit von Instrumentarium und Knowhow

Wann - Terminalschiene – Verfügbarkeit Personal

Wieviel - Honorarkalkulation

Wer - Abschätzung Mitbewerber

Unter Berücksichtigung der bekanntgegebenen Wertungskriterien

20 % zu erwartende Qualität (auf der Grundlage von Referenzprojekten)

30 % Technische Kompetenz

50 % Angebotspreis

hat die KARNER INGENIEURE GmbH innerhalb der vorgegebenen Frist am 15.09.2014 ein Angebot abgegeben und wurde am Tag darauf für den 18.09. zu einem technisch-kaufmännischen Bietergespräch eingeladen. Nach diesem Verhandlungsgespräch mit den 2 „Bestbieter“ wurde an die KARNER INGENIEURE GmbH der Auftrag erteilt.

2 Geodätisches Festpunktfeld

2.1 Anforderungen

- Bezug zum amtl. Lage- und Höhenbezugssystem der bayerischen Vermessungsverwaltung (BVV) zur Sicherstellung des Katasterbezugs.
- Homogenes, spannungsfreies Ingenieurnetz vom Tal (ca. 900 m ü. NN) bis zur Bergstation (ca. 2.945 m ü. NN) zur Gewährleistung der Planungssicherheit über alle Baufelder und zur Realisierung der Seilbahnanlage (Streckenbauwerk über 2.000 m Höhenunterschied auf einer Länge von ca. 4.500 m)
- Sicherstellung der maßstabfreien Bauabsteckung innerhalb der Baufelder Talstation, Bergstation und Stützenfeld.

Genauigkeitsanforderungen nach DIN 18710 Ingenieurvermessung

- Lagegenauigkeit L4 - Hohe Genauigkeit (≤ 5 mm)
- Höhengenaueigkeit H4 - Hohe Genauigkeit (≤ 2 mm)

Diese Genauigkeitsanforderungen sind unter den gegebenen Rahmenbedingungen für das Gesamtnetz mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht zu erreichen.

Im Einvernehmen mit dem Auftraggeber war daher für das Gesamtnetz eine höchstmögliche Genauigkeit anzustreben, die mit einem „vertretbaren“ Aufwand zu erreichen ist und dem „Projektzweck“ genügt.

2.2 Lösungsstrategie



4 TP's der Bayerischen Landesvermessung und 9 Verdichtungspunkte als projektübergreifende Basispunkte (je 3 pro Baufeld)

53 Verdichtungspunkte in den 3 Baufeldern

2.3 Projektübergreifende Basispunkte (4 TP's +9 Verdichtungspunkte)

Messkampagne Globales Navigationssatellitensystem (GNSS):

Die Beobachtung jedes Festpunktes erfolgte für einen Zeitraum von mindestens 2 Stunden in mindestens 2 Sessions bei permanenter Besetzung von 3 TP's.

An Instrumentarium wurden 3 GPS Empfänger Leica „Choke Ring“ Antennen und 3 GPS Empfänger Leica GS 15 Viva eingesetzt.

Auswertung:

- Die Auswertung / Berechnung erfolgte in 3 Schritten:
Berechnung aller gemessenen unabhängigen Basislinien (86 Stück) mit dem Programm LGO von Leica
- Freie Netzausgleichung aller Basislinien im System WGS 84 / ETRS 89 mit dem Ziel, WGS / ETRF Koordinaten der Basispunkte auf Grundlage der Basislinien-genauigkeit ohne Zwang zu erhalten (Programm LGO von Leica)
- Transformation der so ermittelten genauen ungezwängten Koordinaten der Basispunkte mittels SAPOS online (Bayerische Vermessungsverwaltung) in das Landesystem (Gauß-Krüger / DHHN92), kontrolliert über die TP's

Erzielte Genauigkeit: (Mittlerer Punktfehler)

Absolute Genauigkeit (2σ - Wert) des Projektreferenzsystems über alle Baufelder von der Talstation bis zur Bergstation

Lage $\leq 1,0$ cm Höhe $\leq 1,5$ cm

2.4 Verdichtungspunkte in den 3 Baufeldern

(Talstation 14 Punkte, Strecke – Stützenfeld 28 Punkte, Bergstation 11 Punkte)

Messkampagne Tachymetrie und Nivellement

Für die Tachymetrie wurde jeweils ein justiertes Präzisionstachymeter Leica TS 15i Viva eingesetzt. Alle Messungen erfolgten in Zwangszentrierung in 2 Lagen.

Die Höhenbestimmung erfolgte mittels Ingenieurnivellement (Hin- und Rückweg) unter Verwendung eines selbstregistrierenden Instrumentes Leica DNA 03 und Invarlatten.

Auswertung:

Die Auswertung/Berechnung erfolgte in 3 Schritten mit dem Programm Betan-Neptan

- Freie Netzausgleichung aller Beobachtungen zum Nachweis der Beobachtungsgenauigkeiten / Grobfehleranalysen
- Dynamische (gewichtete) Lagerung der freien Netze auf den Basispunkten des jeweiligen Baufeldes zum Erhalt der hohen inneren Beobachtungsgenauigkeiten der terrestrischen Beobachtungen in den einzelnen Baufeldern
- Stabilisierte Ausrichtung der Verdichtungsfestpunktfelder zueinander über Fernzielbeobachtungen (lange Richtungen) zum Gipfel Hoher Ziegspitz
Programm: Betan-Neptan

Erzielte Genauigkeit: (Mittlerer Punktfehler)

Genauigkeit (2σ - Wert) der Verdichtungspunkte in jedem Baufeld
Lage ≤ 5 mm Höhe ≤ 3 mm

3 Bestandsvermessung Bergstation

**Südseite – Ansicht von Osten**

Bergstation der Eibseebahn mit
Station der Gipfelbahn vom
Zugspitzplatt (SonnAlpin)

**Nordseite – Ansicht von Westen**

Bergstation der Eibseebahn mit
Stationen der Pendelbahn vom
Eibsee

3.1 Grundlegende Anforderungen an die Bestandsvermessung

Grundlage für den Umbau und Ausbau der Bergstation ist eine 3D – modellierte Innenaufnahme der gesamten Bergstation mit Erfassung und Darstellung von allen sichtbaren Leitungselementen, eingepasst in die im Ingenieurnetz vermessene Außenhülle in Lage und Höhe.

Die geforderten Genauigkeiten sind wie folgt definiert:

Absolute Genauigkeit Gesamtmodell - „Äußere Genauigkeit“ $\pm 10,0$ mm

Für Einzelpunkte - „Innere Genauigkeit“ der Aufnahme $\pm 2,0$ mm

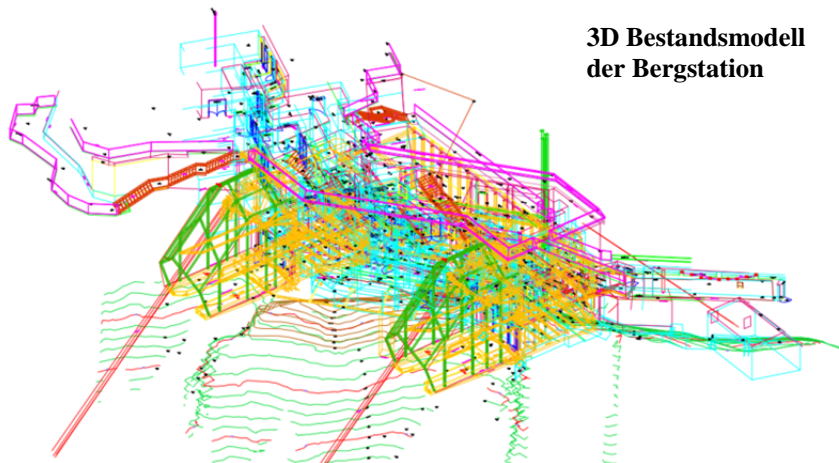
3.2 Erfassungs- und Auswertestrategie

Offene, klar strukturierte Bereiche mit klarer Baugeometrie, sowie die Leitungsverläufe wurden mittels Tachymeteraufnahme (Leica TS 15i Viva) mit direktem Datenfluss zur CAD Darstellung „on field“ unter Verwendung von TachyCAD erfasst.

Detaillierte komplizierte, kleinteilige Geometrien wurden durch 3D-Laserscanning (Leica P 20 Phasenvergleichsscanner) erfasst.

Die Auswertung der Messungen erfolgte in 2 Varianten:

- Auswertung eines 3D – Linienmodell in CAD unter Verwendung von Cyclone 9.0, Cloud-Worx und ACAD 2015
- Erstellung von farbigen 360° Leica TrueViews für Besprechungen und groben Maßentnahmen des Planerteam`s



4 Zeitplan Baustellenablauf

2014	Baufeld Talstation und Stütze: Rodungen, Zufahrt Unterwerk, Forstwege
2015	Baufeld Gipfel : Abbau Antennenträger NORD, Felsabtrag, Ankerarbeiten, Materialbahn & Kran Baufeld Stütze: Erd- und Fundamentarbeiten Baufeld Talstation: Erdarbeiten
2016	Baufeld Gipfel : Betonarbeiten, Beginn Stahlbau Baufeld Stütze: Beginn Stahlbau (bis zum Lichtraum der bestehenden Bahn) Baufeld Talstation: Bau Talstation (betriebsbereit inkl. Seilbahntechnik)
2017	Mai 2017: Ausserbetriebnahme der alten Eibsee – Seilbahn Baufeld Gipfel : Abbau bestehende Einfahrtsgebäude, Fertigstellung Stahlbau Bergstation Baufeld Stütze, Strecke : Fertigstellung Einzelstütze, Abbruch alte Stützen Baufeld Talstation: Abbruch alte Warthalle Juli – Oktober : Seilzug

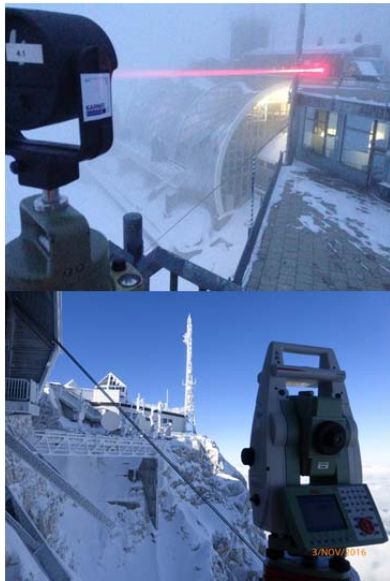
Voraussichtliche Eröffnung: 21. Dezember 2017

5 Weitere Aufgaben der Ingenieurvermessung

Unter Berücksichtigung der Anforderungen aus dem Ablaufplan des Bauvorhabens sind als Grundlagen für die Planung und als Vorgaben für die Bauausführung und für die Montagearbeiten für alle 3 Baufelder (Talstation – Stützenfeld – Bergstation) durchzuführen:

- Erfassen des baulichen Bestandes und von Leitungen
- Absteckungen für Materialbahnen, Bauhilfen und Kranfundamente
- geometrische Vorgaben für den Betonbau und für den Stahlbau
- Geometrische Vorgaben für den Innenausbau
- Kontrollmessungen an ausgeführten Bauteilen
- Gebäudeeinmessung zur Übernahme in das Liegenschaftskataster
- 3-D Bestandsdokumentation nach Baufertigstellung

Die hohen Anforderungen an die Genauigkeit unter oft extremen Witterungsbedingungen, teilweise in sehr ausgesetzter Lage, eingebunden in den Baubetrieb, stellen einen sehr hohen Anspruch an das vermessungstechnische Personal.



Visualisierung der neuen Bergstation



Nordseite – Ansicht von Westen



Zugspitze SCHNALL 002 Südseite – Ansicht von Osten