

## Bericht über die Praxisphase Geoinformatik oder Vermessung

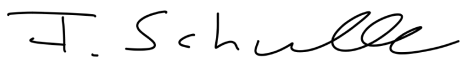
**Verfasser(in):** Frederik Schulte

**Praxisstelle:** Vermessung AVT-ZT-GmbH

**Tätigkeit:** Verschiedene ingenieurgeodätische Arbeiten im hochalpinen Gelände.


Ich versichere, dass ich den Bericht selbständig angefertigt habe unter Verwendung der angegebenen Quellen.

Datum: 30.09.2022

  
(Unterschrift Verfasser(in))

Der Bericht gibt eine korrekte Beschreibung der in der Praxisstelle durchgeführten Tätigkeiten wieder.

Datum: 30.09.2022

  
(Unterschrift Betreuer/Praxisstelle)

Der Inhalt des Berichtes entspricht den Zielsetzungen einer Praxisphase.

Datum: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Betreuer/in Hochschule)

## Inhalt

1	EINLEITUNG – WO WAR ICH ÜBERHAUPT? .....	2
1.1	Motivation und Ziele – Warum der weite Weg nach Tirol?.....	2
1.2	Praxisstelle – Die AVT, ein kurzer Überblick .....	2
1.3	Aufgabenbereiche – Was machen die denn überhaupt? .....	3
2	HAUPTTEIL – WAS HABE ICH ÜBERHAUPT GEMACHT? .....	3
2.1	Raumbezug in Österreich – Gauß- Krüger, da war doch mal was?.....	3
2.1.1	Das System MGI.....	3
2.1.2	GNSS- Probleme durch das MGI.....	4
2.1.3	Das Höhensystem – Wie hoch ist der Berg jetzt nun?.....	5
2.2	Messverfahren – Wird das Rad neu erfunden?.....	6
2.2.1	Tachymetrische Netzmessungen .....	6
2.2.2	GNSS.....	8
2.3	Ablauf Bergbahnbau – Wo kommt die Bergbahn hin? .....	10
2.4	Beispiel einer Deformationsmessungen – 007 und die Lizenz zum Messen .....	12
2.5	Kongruenzmodell – Er bewegt sich; er bewegt sich nicht .....	15
3	SCHLUSS – WAR DAS PRAKTIUKM SINNVOLL? .....	17
3.1	Bewertung – Praktikum oder bezahlter Urlaub?.....	17
3.2	Ausblick – Was ich bis auf die spektakulären Bilder noch mit zurücknehme .....	17
3.3	Dank – Was ich zum Schluss noch loswerden möchte .....	17

# 1 EINLEITUNG – WO WAR ICH ÜBERHAUPT?

Da es sich hier lediglich um einen Bericht handelt, sind die Quellenangaben nur in den Fußnoten enthalten und es wurde auf ein Literatur- und Abbildungsverzeichnis verzichtet.

## 1.1 Motivation und Ziele – Warum der weite Weg nach Tirol?

Bei der Suche nach einer passenden Stelle für meine Praxisphase habe ich ein besonderes Augenmerk daraufgelegt, dass ich ein Unternehmen finde, welches sich mit ingenieurgeodätischen Tätigkeiten beschäftigt. Zudem sollten Aufgaben durchgeführt werden, mit denen ich noch nicht während meiner Arbeitszeit beim ÖbVI, in Kontakt getreten bin. Im Internet bin ich schließlich auf die Vermessung AVT-ZT-GmbH, im folgenden AVT genannt, gestoßen. Die Abteilung Ingenieurgeodäsie beschäftigt sich hauptsächlich mit Seilbahnvermessungen. In Österreich sind Seilbahngesellschaften nach der Seilbahnüberprüfungs-Verordnung 2013 dazu verpflichtet, ihre Anlagen regelmäßig überwachen zu lassen. Dieser ist in meinen Augen ein spezieller und interessanter Anwendungsbereich. Außerdem verbringe ich gerne meine Freizeit in den Bergen, was ein zusätzlicher Motivationsgrund für das Praktikum im Ausland war.

Ziel des Praktikums war es, mehr über die Arbeitsweise und Besonderheiten der hochalpinen Vermessungsarbeiten zu lernen und mein theoretisches Wissen aus dem Studium gewinnbringend anwenden zu können.

## 1.2 Praxisstelle – Die AVT, ein kurzer Überblick

Die AVT wurde im Jahr 1970 gegründet und hat sich seitdem in viele Sparten von Vermessungsleistungen expandiert. Die über 100 Mitarbeitenden verteilen sich auf insgesamt 11 Standorte in Österreich, Deutschland und Italien. Die meisten dieser Büros gehören zum Mutterkonzern. Allerdings wurden bestimmte Aufgabenfelder an Tochterunternehmen ausgelagert. Ein Beispiel wäre die IDC EDV GmbH, die unter anderem ein eigens entwickeltes Vermessungs- Softwarepaket vertreibt. Zudem sind zwei Airbourne Sensing Tochterunternehmen nach Deutschland und Italien ausgelagert worden. So können europaweit Aufträge durchgeführt werden.

Mein Arbeitsplatz war die Hauptgeschäftsstelle in Imst. Hier sind neben meiner Abteilung, der Ingenieurgeodäsie, noch die Abteilungen

- Kataster
- CAD – Erstellung von CAD- Plänen
- Innovations – Photogrammetrie und ALS mittels UAV

- Photogrammetrie – Photogrammetrie und ALS mittels Flugzeug
- und Geoinformation – Leistungsdokumentation

angesiedelt.

### 1.3 Aufgabenbereiche – Was machen die denn überhaupt?

Ich war in der Abteilung Ingenieurgeodäsie angestellt. Diese beschäftigt sich, wie der Name schon vermuten lässt, überwiegend mit ingenieurgeodätischen Vermessungsarbeiten, wobei die Hauptaufgabe sicherlich bei der Baubegleitung und Überwachung von Seilbahnanlagen liegt. Jedoch auch weitere Aufgaben wie:

- Deformationsmessungen von Speicherseen,
- Automatisches Monitoring (mithilfe von Leica GeoMoS),
- und Passflächenmessungen für ALS- Befliegungen

Teil der Aufgaben. Gerade in den Wintermonaten, wird aber auch häufig anderen Abteilung z.B. bei topografischen Aufnahmen ausgeholfen.

## 2 HAUPTTEIL – WAS HABE ICH ÜBERHAUPT GEMACHT?

### 2.1 Raumbezug in Österreich – Gauß- Krüger, da war doch mal was?

Bevor ich mit der detaillierten Beschreibung meiner Tätigkeit beginne, möchte ich kurz die Besonderheiten der österreichischen Landvermessung erläutern.

Der Raumbezug in Österreich lässt sich mit dem vor einigen Jahren in Deutschland abgeschafften DHDN – Netz 77 Bezugssystem mit der Gauß-Krüger- Abbildung vergleichen. Dieser Umstand birgt gerade in Verbindung mit GNSS- Messungen Probleme. Diese waren mir bisher unbekannt, da die Schwierigkeiten nach der Umstellung auf ETRS89/UTM in Deutschland nicht mehr vorhanden sind. Im Folgenden möchte ich den Raumbezug und die Problemstellung kurz erläutern:

#### 2.1.1 Das System MGI

Zunächst werde ich kurz auf das geodätische Datum von Österreich eingehen. Dies ist im Gegensatz zu Deutschland nicht ETRS89, sondern MGI. Der Name leitet sich aus dem Militärgeographischen Institutes (MGI) ab, das Anfang des 20. Jahrhunderts die Grundlagen dieses Netztes legte. Dieses System nutzt das Bessel- Ellipsoid, welches über den Fundamentalpunkt Hermannskogel in Wien gelagert und somit lokal an die Landesfläche von Österreich angenähert ist. Die Orientierung wurde anhand von astronomischen Azimut- Messungen bestimmt, sodass die Rotationsachsen des Ellip-

soids und der Erde parallel zueinanderstehen. Den Bezugsrahmen bilden Festpunkte 1. – 6. Ordnung, die durch Netzverdichtung angelegt wurden. Alle von mir begleiteten Messungen fanden im GK- Streifen M28 (Mittelmeridian bei 28° Ost) statt. Diese große östliche Länge entsteht dadurch, da der Bezugsmeridian nicht in Greenwich, sondern in Ferro (heute El Hierro) liegt. Die Stadt befindet sich auf der westlichsten der Kanarischen Inseln im Atlantischen Ozean.

### 2.1.2 GNSS- Probleme durch das MGI

Bei fast Messungen wird für die Georeferenzierung des Messgebietes GNSS verwendet. Werden die Messung mithilfe von APOS (Austrian Positioning Service (Vgl. SAPOS in DE)) durchgeführt, beziehen sich die Koordinaten auf ETRS89, da die Korrekturdaten von österreichischen EUREF- Referenzstationen übermittelt werden. Wenn Basislinien gemessen werden, beziehen sich die Daten der GNSS-Empfänger auf das WGS84- System. In beiden Fällen handelt es sich also um unterschiedliche geodätische Daten, sodass eine verlustfreie Umrechnung in das amtliche MGI- System nicht möglich ist. Es gibt unterschiedliche Methoden, um die Systeme ineinander zu überführen. Zunächst kann eine 3D- Datumstransformation (7- Parameter) über bundesweit gültigen Transformationsparameter durchgeführt werden. Leider ist dieser Ansatz für die meisten Anwendungsfälle zu ungenau. Ein weiterer, flächenbasierter Ansatz ist das GIS- Grid. Hier wurde im Jahr 2010 über mehr als 28000 Passpunkte, die in beiden Systemen vorliegen, eine Kriging- Interpolation der Transformationsparameter durchgeführt und ein ca. 1000 x 1000m dichtes Raster mit jeweils 7- Parametern an den Knoten berechnet. Diese Daten werden, erweitert mit einer physikalischen Höhenkorrektur (Umrechnung ellipsoidische- in orthometrische- Höhen), zusammen mit den APOS- Korrekturdaten übermittelt, sodass die Messdaten direkt im Gerät transformiert werden können.

MGI/GK GK-Meridian 28 EPSG-Code 9271; Gebrauchshöhe Adria EPSG-Code 5778							
KZ	Stabilisierung	Rechtswert y[m]	Hochwert X[m]	OP. Lage	Höhe h[m]	OP. Höhe	N <sub>Bessel</sub>
C1	ROHR; 1	27133.92	5236833.6	Z/2019	2556.907	T/408	1.811
C2	ROHR; 2	27117.29	5236837.69	Z/2019	2560.28	T/408	1.811
K1	KREUZ	27134.14	5236833.46	Z/2019	2559.907	T/408	1.811

ETRS89 EPSG-Code 4936										
KZ	Stabilisierung	X[m]	Y[m]	Z[m]	mX [m]	mY [m]	mZ [m]	vX [m/Y]	vY [m/Y]	vZ [m/Y]
C1	ROHR; 1	4262173.856	804697.918	4664084.195	0.007	0.003	0.006	0	0	0
C2	ROHR; 2	4262176.182	804681.442	4664089.499	0.007	0.003	0.006	0	0	0

Abbildung 1: Beispielhafter Auszug aus dem BEV- Portal mit Festpunktkoordinaten in beiden Systemen

Die Transformationsgenauigkeit in Lage und Höhe ist in 99% der Fälle besser als 15cm.<sup>1</sup>

Die Methode, welche von meiner Abteilung genutzt wird, unterscheidet sich leicht von diesem GIS-Grid-Ansatz. Hier wird für jedes Messgebiet ein eigenes Netz angelegt. Hierfür werden sich Gebietsumschließende Passpunkte gesucht und über diese die „lokalen“ Transformationsparameter bestimmt. Dafür wird ein öffentliches Portal des BEV (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)<sup>2</sup> benutzt, welches alle Festpunkte des Landes in beiden Systemen führt. Dieses Verfahren wird auch Anfelderung genannt. Die Bodenbewegung der Festpunkte ist in den Alpen ein großes Problem. Daher werden diese Netzte mittels GNSS in regelmäßigen Abstand neu vermessen, um Bewegung der verwendeten Pass- bzw. Festpunkte auszuschließen. Falls dies allerdings der Fall ist, müssen die je-

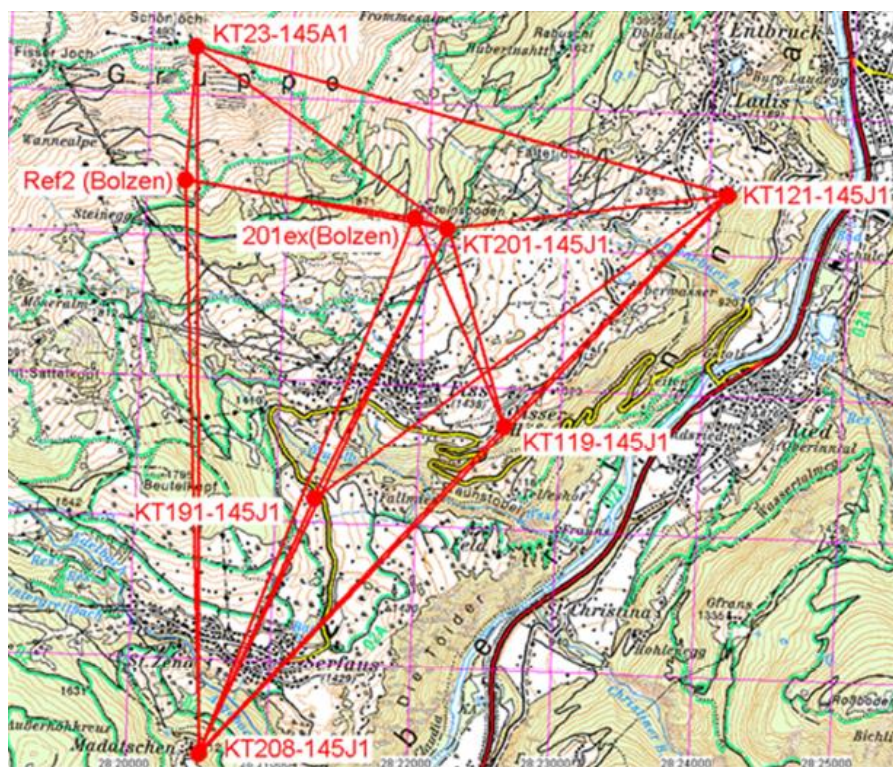


Abbildung 2: Beispiel einer Netzübersicht der Passpunkte für ein Skigebiet; © AVT

weiligen Punkte aus der Liste der Passpunkte entfernt werden. Veränderungen der Netzrealisierung sollten jedoch verhindert werden, sodass Passpunkte beim Anlegen eines neuen Netztes sorgfältig ausgewählt werden müssen.

### 2.1.3 Das Höhensystem – Wie hoch ist der Berg jetzt nun?

Eine der wichtigsten Angaben eines Berges ist seine Höhe. Dieses prestigeträchtige Maß besitzt jedoch in Österreich eine andere Definition als in Deutschland. Da dieses Thema bekanntermaßen im

<sup>1</sup> Quelle: 3-D Referenzsysteme in Österreich (V2.0), 2015, BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

<sup>2</sup> Link: <https://kataster.bev.gv.at>

Detail sehr komplex ist, wird im Folgenden nur sehr kurz und unvollständig auf die zwei größten Unterschiede zum im Deutschland benutzten DHHN16 dargestellt.

Zunächst handelt es sich beim dem in Österreich genutzten Höhensystem *Gebrauchshohen ADRIA* um normal- orthometrische Höhen. Somit unterscheiden sich diese schon einmal in der physikalischen Definition von den in Deutschland verwendeten *Normalhöhen*. Zudem unterscheidet sich der Bezugspegel. Während in Deutschland der Amsterdamer Pegel verwendet wird, beziehen sich die Höhen in Österreich auf den Adriapegel im italienischen Triest.

Im Arbeitsalltag fallen diese Umstände jedoch gar nicht auf, da für alle Passpunkte der Skigebietsnetzte eine physikalische Gebrauchshöhe verwendet wird und bei RTK- GNSS- Messungen die Geoidundulation direkt mit den Korrekturarten via Ntrip versendet wird. So wird immer im richtigen Gebrauchshöhensystem gearbeitet.

## 2.2 Messverfahren – Wird das Rad neu erfunden?

Im Folgenden werden die Messverfahren beschrieben, die bei den Vermessungsarbeiten verwendet werden. Hier handelt es sich wenig überraschend um die Standardmethoden, die auch bei uns in Deutschland angewendet werden. Jedoch gibt es einige Besonderheiten, die in den Alpen besonders beachtet werden müssen.

### 2.2.1 Tachymetrische Netzmessungen

Die ingenieurgeodätische Abteilung besitzt mehrere Leica- Geräte der TM- Serie (TM30, TM60).



Abbildung 3: Collage aus tachymetrischen Netzmessungen auf einer Höhe von bis zu 3500m; Quelle: Eigene Aufnahmen

Diese zeichnen sich durch Ihre außergewöhnlich hohe Genauigkeit aus, die optimal für Ingenieurvermessungen ist.

Hz- Genauigkeit (1σ)	0,5" (0,15 mgon)
V- Genauigkeit (1σ)	1" (0,3 mgon)
EDM- Genauigkeit (1σ) <i>Phasenvergleichsverfahren</i>	0,6 mm + 1ppm

*Tabelle 1: Genauigkeitsangaben Leica TM30/ TM60*

Gemessen wurden die Ziele grundsätzlich immer in 2- Lagen. Wenn es die Genauigkeitsanforderungen erfordert, wird immer eine Satzmessung mit mindestens drei Vollsätzen durchgeführt. In Kombination mit den hochpräzisen Geräten, werden somit stets sehr genaue und zuverlässige Ergebnisse erzielt.

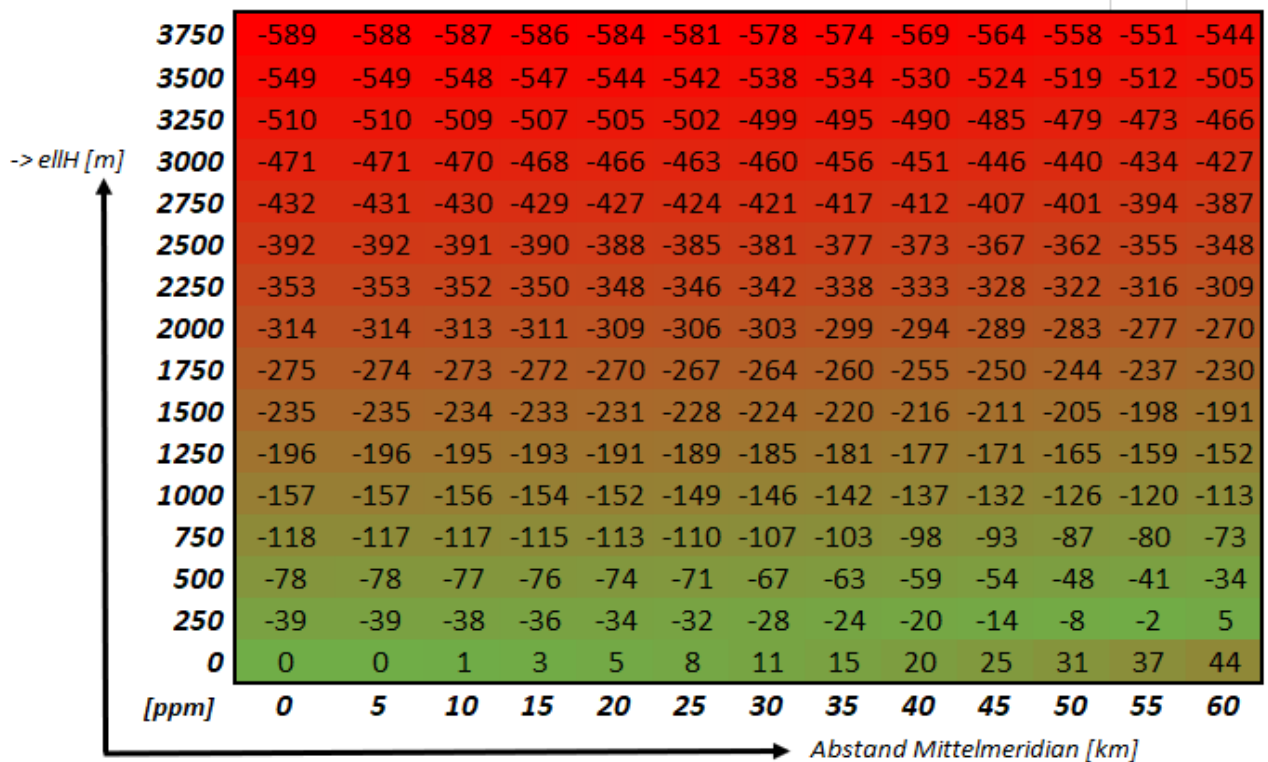
Besonders sollte allerdings auf zwei Gegebenheiten geachtet werden. Dies wären zum einen die atmosphärischen Korrekturen. Da der Luftdruck näherungsweise in der Nähe des Meeresspiegels alle acht Meter um ein hPa abfällt, ergibt dies auf 3500m einen für die EDM nicht zu vernachlässigbaren Faktor. Im Folgenden ein kurzes Beispiel:

$$\Delta p = 1013hPa (Meer) - \left( 1013hPa - \frac{3500m}{8 \frac{m}{hPa}} \right) \approx 438hPa \cong 124ppm$$

Zudem macht sich der geringe Luftdruck auch körperlich bemerkbar. Gerade das Klettern auf die hohen Seilbahnstützen ist in der Höhe ein anstrengendes Unterfangen.



Ein weiterer Punkt, der unbedingt beachtet werden sollte, sind die Abbildungskorrekturen. Obwohl diese durch die Gauß- Krüger- Abbildung nicht so groß wie gewohnt ausfallen, bringt die Höhenreduktion, wie in Abbildung 4 zu sehen, einen großen Maßstabsfaktor mit sich.



Radius [m]: 6370289,51

Abbildung 4: Abbildungsmaßstab im Messgebiet der AVT; Quelle: Eigene Abbildung

### 2.2.2 GNSS

Eine weitere, täglich eingesetzte Methode ist die Messung von Punkten mittels GNSS. Oft werden die zu vermessenen Punkte so direkt aufgemessen. Es kann aber auch vorkommen, dass zunächst die Stative eingemessen werden und von diesen aus die Messpunkte mittels Polarverfahren (Tachymeter) bestimmt werden. Die Beobachtungsdauer einer statischen Messung beträgt mindestens 45 Minuten. Fast alle Beobachtungen werden nicht mittels APOS, sondern über eine Basislinienmessung bestimmt. Hierzu wird ein Empfänger über einem bekannten Netzpunkt aufgebaut. Dieser gilt im Folgenden als Basisstation, um mittels differentieller Trägerphasenmessung eine cm- genaue

Punktlösung des Rover- Empfängers zu erhalten. Um mehrere Stützen gleichzeitig messen zu können, besitzt die Abteilung Ingenieurgeodäsie der AVT insgesamt sechs Leica GNSS- Empfänger. Der Grund, warum hier meistens auf APOS verzichtet wird, liegt in den Genauigkeitsanforderungen.



Abbildung 5: Collage von statischen GNSS- Messungen; Quelle: Eigene Aufnahmen

Beispielsweise liegt die Anforderung an die Messgenauigkeit für Seilbahnen bei ungefähr 1,5cm in Lage und Höhe. Diese lässt sich durch APOS im Hochgebirge leider nicht erzielen.

Die APOS- Referenzstationen liegen fast alle im Tal, was zu Problemen bei Messungen in größerer Höhe führt. Auch wenn die Basisstation der Basislinienmessung im Tal liegt, werden die Messergebnisse merklich schlechter. Daher wird immer versucht, einen Referenzpunkt zu finden, der Mitten im Gebiet liegt. Dies ist jedoch schwierig, da höherliegende Bereiche meist nicht geologisch stabil sind und sich bewegen.

Der Grund für die schlechteren Ergebnisse liegt vermutlich in den großen Höhenunterschieden zwischen Basis und Rover. Diese können je nach Gebiet teilweise mehrere 1000m betragen. Im Normalfall können die stark variierenden und daher schwer zu modellierenden, feuchten Anteile der troposphärischen Laufzeitverzögerung durch Mapping- Funktionen und vor allem durch Doppel- Differenzbildung, sprich Basislinienmessung, minimiert werden. Wenn die Höhenkomponente ( $\Delta z$ ) der Basislinie jedoch immer größer wird, befindet sich ein immer größerer Teil der Troposphäre zwischen Basis- und Rover- Station, sodass die Korrekturmodelle und Differenzbildung nicht mehr so

gut funktionieren. Um diesen Fehleranteil trotzdem halbwegs gut schätzen zu können sind lange Beobachtungszeiten ein wichtiger Bestandteil einer aussagekräftigen GNSS- Messung in den Alpen.

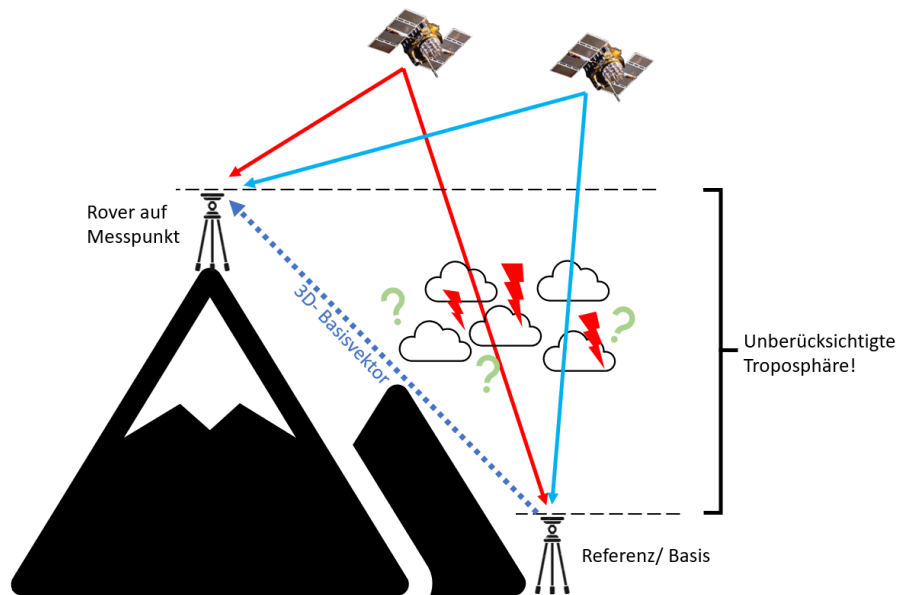


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Probleme mit GNSS bei großem Höhenunterschied; Quelle: Eigene Darstellung

Die zuletzt beschriebene Vermutung kann durch eine chinesische Studie<sup>3</sup> bestätigt werden, die zu ähnlichen Ergebnissen gekommen ist. In dieser konnten erfolgreich die troposphärischen Korrekturmodelle erweitert werden. Die dort bestimmten, erweiterten Korrekturterme können allerdings nicht mehr in bestehenden Messprojekte implementiert werden, da sonst die Zeitreihe nicht mehr konsistent wäre.

Die Auswertung der Basislinien mit anschließender Transformation in das jeweilige (Skigebiets-) Netz wird mithilfe von Leica Infinity durchgeführt. So liegen am Ende fertige Gauß- Krüger Koordinaten der Punkte vor, die zu Weiterverarbeitung genutzt werden können.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass das vermessungstechnische Rad in Österreich nicht neu erfunden wird.

### 2.3 Ablauf Bergbahnbau – Wo kommt die Bergbahn hin?

Jedes Jahr werden von der AVT mehrere Seilbahn- Neubauten betreut. Der vermessungstechnische Ablauf ist meistens identisch.

Zunächst wird mit an einem gemeinsamen Ortstermin, mit dem Betriebsleiter der jeweiligen Liftgesellschaft, die geplante Liftrasse festgelegt. Bei einem Anschluss an vorhandene Bahnstationen

<sup>3</sup> G. Jiang et. al. 2021; A Novel Rapid GNSS Network Solution in Mountainous Region Monitoring considering the Tropospheric Delay at Ground Points; online verfügbar unter: <https://doi.org/10.1155/2021/5599025>

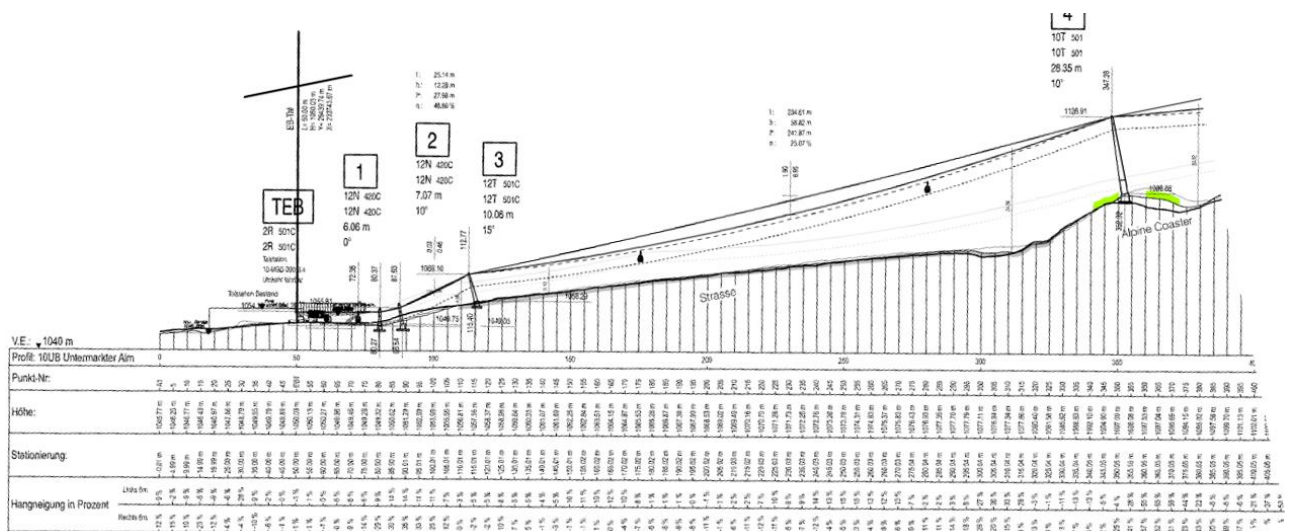


Abbildung 7: Beispiel eines Längenschnittes für eine Seilbahn; © AVT

muss darauf geachtet werden, dass die Trasse zwischen die Station gezwängt werden muss. Vor Ort wird dann die geplante Berg- und Talstation mittels GNSS aufgemessen. Im Anschluss wird meist die hausinterne Photogrammetrie- Abteilung beauftragt, das Gebiet zu befliegen und anschließend ein Geländemodell zu erstellen. Mithilfe dieses Modells kann ein Längenschnitt der Bahnachse erzeugt werden (siehe Abbildung 7). Bei diesem ist darauf zu achten, dass obwohl die Planung zu diesem Zeitpunkt noch im Gauß- Krüger- System stattfindet, der Schnitt immer in Feldmaßen (Maßstab = 1,0) ausgegeben wird. Mithilfe dieses Längenschnittes kann das Seilbahn- Bauunternehmen (z.B. Doppelmayr) die Planung und Genehmigung voranbringen. Sobald die Planungsphase beendet ist, stehen als nächster Schritt die Absteckungsarbeiten der Bahn an. Hierzu wird ein lokales Festpunkt- feld am Berg angelegt, dessen Lage und Orientierung aber nun in der Bahnachse liegt (y- Achse = Bahnachse, x- Achse = Querachse). Wenn das Baustellennetz angelegt ist, kann sich der jeweilige Messtrupp immer über die vorhandenen Festpunkte stationieren. Oftmals wird im Tal noch ein so- genanntes Gegensignal in der Bahnachse angebracht, welches später bei den Fluchtungsarbeiten als Kontrolle angezielt werden kann. Im Normalfall werden immer die Berg- und Talstation, sowie die Fundamente der späteren Stützen abgesteckt. Sobald diese fertig erbaut sind, werden die Bahn- stützen montiert und es wird eine Fluchtung notwendig, damit das Tragseil in einer Linie von Tal bis Berg und wieder zurück laufen kann. Dies geschieht in den meisten Fällen rein optisch mithilfe eines Tachymeters.

Als letztes wird die Nullmessung, der gesetzlich vorgeschriebenen Kontrollmessung, durchgeführt. Hier wird, je nach Einschätzung des Geologen, auf jeder Stütze ein Punkt auf dem Stützenjoch und

Punkte auf dem Fundament vermarktet und aufgemessen. Dies geschieht je nach Gegebenheiten entweder tachymetrisch oder mittels GNSS. Bei der Nullmessung werden zusätzlich die Hauptrollenbolzen der Seilbahn aufgenommen, um die Lage und Höhe der Bahn, zu kontrollieren. Nun müssen in einem von der Behörde vorgeschriebenen Zyklus, die Bahnen erneut im Rahmen einer Deformationsmessung überprüft werden. Der Abstand hängt von der prognostizierten Rutschung des Bergs bzw. Teile des Berges ab. Da im Moment viele Permafrostböden auftauen, wird die Notwendigkeit von solchen Überwachungsmessungen immer häufiger.

Das Vorgehen ist bei Speicherteichen ähnlich, kann aber aufgrund des begrenzten Umfangs des Berichtes nicht explizit erläutert werden.

#### 2.4 Beispiel einer Deformationsmessungen – 007 und die Lizenz zum Messen

In diesem Kapitel wird das Vorgehen der oben angerissenen Deformationsmessung, anhand des Beispiels *Gaislachkogel mit James-Bond-Museum*, erläutert. Kontroll-/ Deformationsvermessungen gehören zu den Hauptaufgaben der Abteilung, weshalb diese mehrmals pro Woche, an verschiedenen Bahnen oder Speicherseen durchgeführt werden.

Der Gaislachkogel ist ein über 3000m hoher Berg in den Öztaler Alpen. Die Gaislachkogelbahn führt zur, auf dem Gipfel gelegenen, 007 Elements James- Bond- Erlebniswelt. Der Gipfel samt Museum

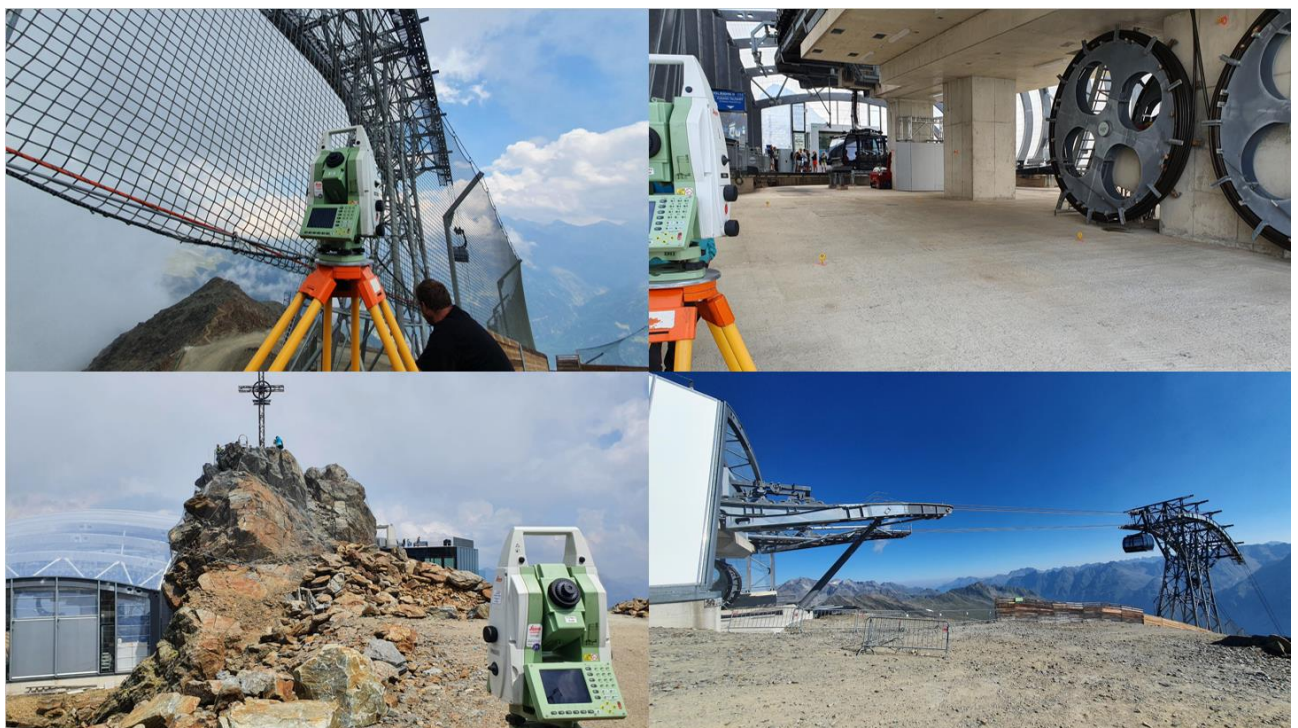


Abbildung 8: Collage der Vermessungsarbeiten am Gaislachkogel; Quelle: Eigene Aufnahmen

und Bergstation bewegt sich jedoch in unterschiedliche Richtungen talwärts, sodass das Gebiet re-

gelmässig überprüft werden muss. Aus diesem Grund wird die Bahn und die Gebäude seit Bau jährlich überwacht. In diesem Jahr stand die 10. Folgemessung an. Zunächst werden die Standpunkte für die tachymetrische Messung erkundet und mindestens 45 Minuten mittels GNSS eingemessen. Im Normalfall wird die Datumsverfügung der Netze über Festpunkte realisiert. Wenn jedoch das ganze Messgebiet in Bewegung ist, muss der Anschluss über GNSS und Fernziele erfolgen. Hier kommt dem Unternehmen der Vorteil zugute, dass fast alle österreichischen Gipfelkreuze vom BEV eingemessen wurden und somit Koordinaten besitzen. Danach werden von den Standpunkten, die über 80 markierten Punkte mittels Satzmessung bestimmt. Die Punkte befinden sich an zuvor abgesprochenen Orten an den Gebäuden des Museums, auf der Seilbahnstütze und dessen Fundament, der Bergstation und am Gipfel des Berges. Die Messpunkte sind durch gebohrte Kunststoffbolzen vermarktet, sodass die Miniprismen nur dort hinein geschraubt werden müssen. Damit kann neben der schnelleren Durchführung sichergestellt werden, dass sich die Prismen während der Messung nicht bewegen. Die Standpunkte sind untereinander mittels Zwangszentrierung verknüpft, sodass eine möglichst hohe innere Genauigkeit erreicht wird.

Im Anschluss folgt die Auswertung der Daten. Hier werden zunächst die GNSS- Basislinien in Leica- Infinity ausgewertet und in das entsprechende „Söldener“- GNSS- Netz transformiert (siehe Abschnitt 2.1.2 – GNSS). Diese Koordinaten können in das Vermessungsprogramm Geosi- VERM eingelesen werden. Geosi- VERM ist eine Entwicklung der AVT- Tochter IDC- EDV GmbH. Mit diesem ist die komplette weitere Berechnung der Vermessung möglich. Es wird in den jeweilig bestehenden Datensatz weitergearbeitet, da dort bereits die Daten der vorherigen Epochen hinterlegt sind. Neben den ausgewerteten GNSS- Koordinaten werden im Anschluss die polaren Elemente direkt in die Software importiert. Danach wird zunächst eine Satzmittelbildung durchgeführt. Mit diesem Schritt kann die Genauigkeit der Instrumente gut überprüft werden. Schließlich kann das Netz ausgeglichen werden. Als datumsgebende Punkte werden hier die angemessenen Gipfelkreuze und die mit GNSS- eingemessenen Punkte gewählt. Da es sich in diesem Fall um eine Ausgleichung im Landessystem (MGI- GK; siehe Abschnitt 2.1.1) handelt, muss aufgrund der unterschiedlichen Maßstäbe in Lage und Höhe, eine getrennte Ausgleichung von Lage und Höhe durchgeführt werden (2,5D). Dies ist

aber mit Geosi-VERM ohne Problem möglich, sodass die Auswertung nach Prüfung der Varianzkomponentenschätzung mit Anpassung des stochastischen Modells und der Beurteilung der Parameter der inneren und äußeren Genauigkeit/ Kontrollierbarkeit, schon beendet ist.

Nun können die Punkte nach Brix- CAD exportiert werden. Da dieses eine gemeinsame Datenbank mit Geosi-VERM besitzt, kann mit nur wenigen Mausklicks der vom Kunden geforderte relative- und

Deformation								
Epoche	Datum	Kommentar						
000FM	15.06.2010	Nullmessung						
001FM	19.07.2012	1. Folgemessung						
002FM	12.06.2014	2. Folgemessung						
003FM	13.06.2016	3. Folgemessung						
004FM	23.07.2018	4. Folgemessung						
005FM	26.05.2020	5. Folgemessung						
006FM	09.06.2022	6. Folgemessung						

Punkt	Epoche	Datum	Deformation zu voriger Messung			Deformation zu Nullmessung		
			Re [mm]	Ho [mm]	H [mm]	Re [mm]	Ho [mm]	H [mm]
T1	000FM	15.06.2010				20057.727	212866.777	1694.837
	001FM	19.07.2012	13	1	1	13	1	1
	002FM	12.06.2014	33	9	-2	46	10	-1
	003FM	13.06.2016	18	5	0	64	15	-1
	004FM	23.07.2018	21	8	-5	85	23	-6
	005FM	26.05.2020	19	6	-6	104	29	-12
	006FM	09.06.2022	12	5	0	116	34	-12
			Aktuelle Koordinate			20057.843	212866.811	1694.825
G01A	000FM	15.06.2010				20054.404	212865.786	1699.332
	001FM	19.07.2012	11	4	-1	11	4	-1
	002FM	12.06.2014	32	9	-1	43	13	-2
	003FM	13.06.2016	19	6	0	62	19	-2
	004FM	23.07.2018	19	6	-5	81	25	-7
	005FM	26.05.2020	22	9	-7	103	34	-14
	006FM	09.06.2022	11	3	0	114	37	-14
			Aktuelle Koordinate			20054.518	212865.823	1699.318
G01B	000FM	15.06.2010				20049.779	212864.799	1700.333
	001FM	19.07.2012	16	3	-3	16	3	-3
	002FM	12.06.2014	28	7	1	44	10	-2
	003FM	13.06.2016	21	6	-1	65	16	-3
	004FM	23.07.2018	21	5	-5	86	21	-8
	005FM	26.05.2020	22	6	-6	108	28	-15
	006FM	09.06.2022	11	3	0	119	31	-15
			Aktuelle Koordinate			20049.889	212864.799	1700.333

Abbildung 9: Ausschnitt einer Deformationstabelle; © AVT

absolute- Vektorplan (siehe Abbildung 10) (auch als Tabelle siehe Abbildung 9) automatisch erzeugt werden. Zudem kann über eine Brix- CAD Schnittstelle direkt auf die Zeitreihen der einzelnen Punkte

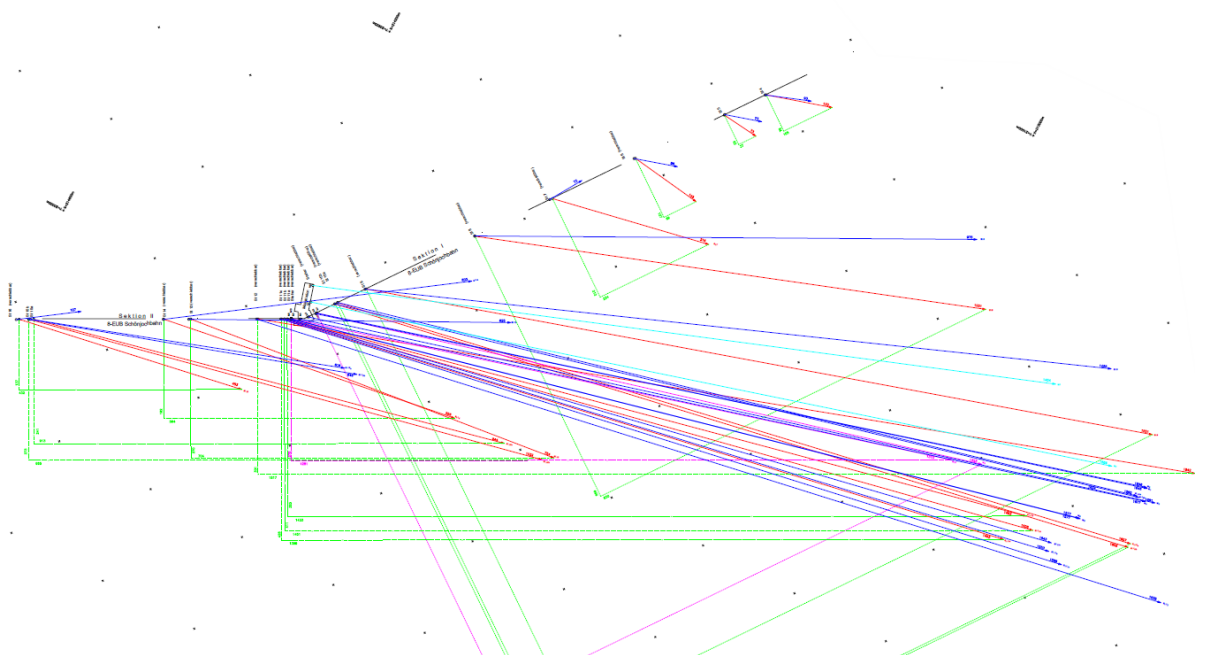


Abbildung 10: Beispiel eines relativen Vektorplans. (Es handelt sich hier um ein extremes Beispiel der Deformation); © AVT

zurückgegriffen werden. Zum Schluss müssen noch kleine optische Unsauberkeiten manuell angepasst und der geforderte Bericht für die Behörde aktualisiert werden. Der Bericht umfasst eine detaillierte Beschreibung der Lage der Punkte und der Erhebung/ Auswertung der Daten.

Als sehr beeindruckend empfand ich die sehr gute Optimierung des Prozesses, der im ganzen nur ca. Stunde gedauert hat. Mit den mir bekannten Programmen hätte die Auswertung um ein Vielfaches länger gedauert.

## 2.5 Kongruenzmodell – Er bewegt sich; er bewegt sich nicht

In diesem Kapitel möchte ich gerne kurz auf mein eigenes, kleines Projekt eingehen. Wie schon zuvor beschreiben, werden die Deformationsmessungen der AVT zwar mittels Ausgleichsrechnung ausgewertet, dennoch wird keine Aussage darüber getroffen, ob die ermittelten Punktverschiebungen signifikant gegenüber der Messgenauigkeit sind. Gerade bei kleinen Abweichungen handelt es sich häufig um Messrauschen, sodass sich der Punkt trotz einer angezeigten Deformation in der Realität gar nicht bewegt. Um diesen Umstand zu beheben, wurden verschiedene Deformationsmodelle entwickelt, die in mehreren Softwareprodukten enthalten sind. In diesen wird nach der Ausgleichung beider Messepochen (Referenz- und Kontrollepoche) ein statistischer Test durchgeführt, der die signifikante Bewegung der Datums- und Kontrollpunkte überprüft.

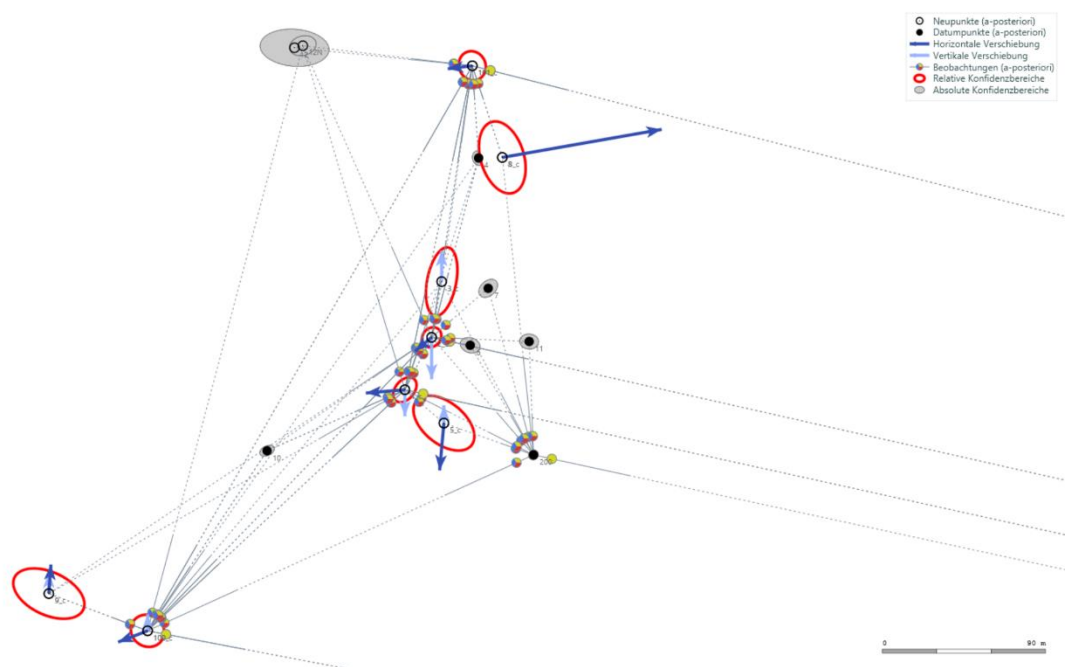


Abbildung 11: Netzplot mit Deformationsvektoren des Speicherteiches Panorama in Sölden; Quelle: Eigener Screenshot JAG3D

Ich habe die Auswertung mittels des deskriptiven Kongruenzmodells in JAG3D, einem Open-Data-Ausgleichsprogramm, durchgeführt. Da die Durchführung theoretisch und praktisch deutlich



umfangreicher als eine „normale“ Ausgleichung ist, möchte ich im Folgenden nur auf die Ergebnisse eingehen (Bei Interesse kann ich Ihnen gerne mein JAG3D- Projekt zukommen lassen und mein Vorgehen erläutern).

In der folgenden Abbildung sind die Unterschiede der beiden Auswertemethoden (AVT vs. JAG3D) grafisch dargestellt. Tatsächlich konnte ich im Gegensatz zur klassischen AVT- Auswertung bei fünf Punkten (4, 6, 7, 10, 11) keine eindeutige Deformation feststellen. Hier ist die geschätzte Messunsicherheit größer als die vermutete Modellstörung (Verschiebung). Jedoch sind die vom Geologen als fest vorgegebenen Punkte (100 und 101) statistisch signifikant in Bewegung.

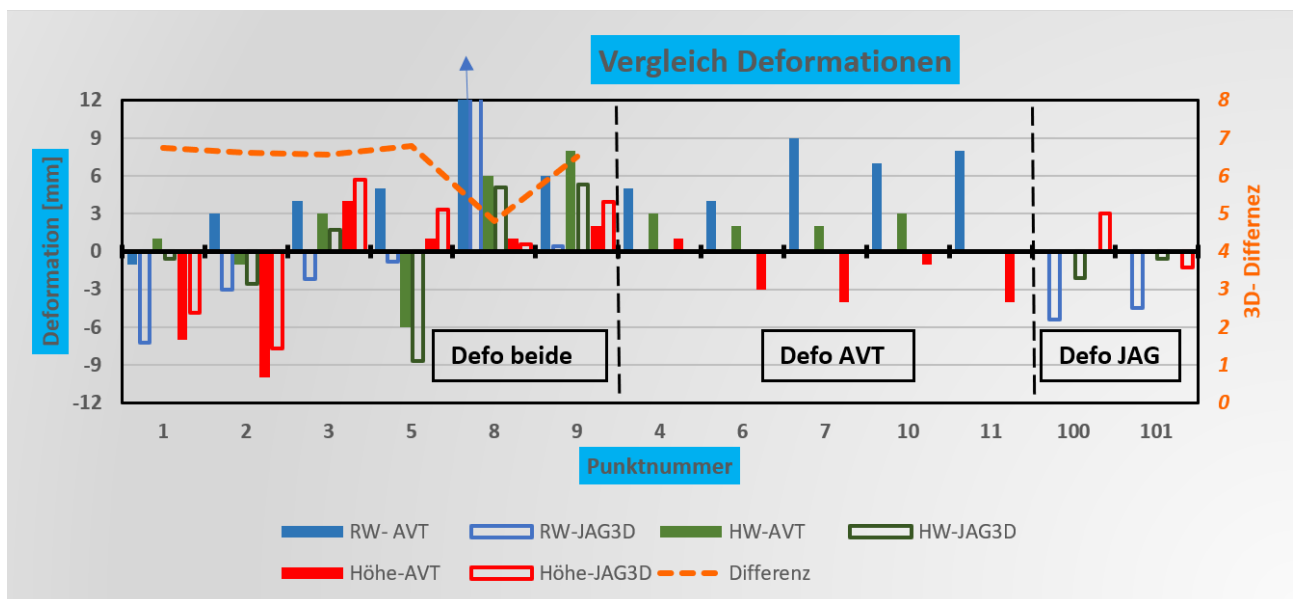


Abbildung 12: Koordinatendifferenzen zwischen AVT- und JAG3D- Ergebnis, Quelle: Eigene Darstellung

Die orange Linie in Abbildung 12 zeigt die Vektordifferenzen der beiden Auswertungen. Die Abweichung sind wahrscheinlich zum einen auf ein unterschiedliches stochastisches Modell zurückzuführen. Zum anderen habe ich eine 3D und keine 2,5D Ausgleichung durchgeführt. Dafür musste ich noch zusätzlich die Abbildungs- und Höhenreduktion per Hand korrigieren, was auch zu kleinen Abweichungen der Schrägstecken führte.

Bei Bahnen sind jedoch meist nur Abweichungen im mehrstelligen cm- Bereich relevant. Daher ist der zusätzliche Aufwand oft nicht notwendig, da die Deformationen die Messgenauigkeit um ein Vielfaches übersteigen und somit auch ohne Test als signifikant angesehen werden können.

### 3 SCHLUSS – WAR DAS PRAKTIUKM SINNVOLL?

Im letzten Abschnitt möchte ich ein kurzes Fazit meiner Praxisphase ziehen.

#### 3.1 Bewertung – Praktikum oder bezahlter Urlaub?

Die Praxisphase verlief zu meiner vollen Zufriedenheit. Die hohen Erwartungen meinerseits wurden erfüllt und ich konnte sowohl während der Arbeitszeit als auch in meiner Freizeit den Sommer in den Alpen genießen. Auch die Erfahrung eines längeren Auslandsaufenthaltes, hat meine persönliche Entwicklung gefördert. Die Zeit hat mich bestärkt, mich ggf. nach dem Master auf eine Stelle bei der AVT in Österreich zu bewerben und auszuwandern.

#### 3.2 Ausblick – Was ich bis auf die spektakulären Bilder noch mit zurücknehme

Neben den sehr vielen und spektakulären Erinnerungen, habe ich auch fachlich einiges für meine spätere berufliche Zukunft mitgenommen. Neben den offensichtlichen, vermessungstechnischen Tipps und Tricks habe ich auch etwas über die Verwaltung und Organisation eines größeren Büros gelernt, was mir in Zukunft bestimmt weiterhelfen wird. Ich konnte die Zeit gut nutzen und war an fast alle Aufgabentypen der Abteilung beteiligen, sodass ich mir letztendlich einen guten Überblick verschaffen konnte.

#### 3.3 Dank – Was ich zum Schluss noch loswerden möchte

Abschließend möchte ich mich persönlich bei allen Beteiligten bedanken, die mir die Praxisphase in diesem Ausmaß ermöglicht haben. Zunächst muss ich die AVT nennen, die mir neben einer Vergütung auch eine Wohnung gestellt hat, sodass ich mir auch zahlreiche Freizeitaktivitäten finanzieren konnte.

Zudem bedanke ich mich herzlich bei meiner gesamten Abteilung, in der ich von allen Mitarbeitern herzlich empfangen und ich das Team aufgenommen wurde. Diese Offenheit hat dazu geführt, dass meine Kollegen über die Zeit zu Freunden geworden sind. Nachfragen wurde mir stets professionell beantwortet. Zusätzlich wurde mir von Beginn an Verantwortung übertragen, sodass ich am Ende sogar allein Messungen durchführen und auswerten konnte.

Zuletzt bedanke ich mich noch bei dem ERASMUS+ Programm der EU, welches mich zusätzlich finanziell während der Zeit unterstützt hat.