

**Talzus Schub südlich des Schönjöchls/ Fiss**  
**Maßnahmen beim Bau und Betrieb der Schönjochbahn und der Sonnenbahn Ladis-Fiss**

*Von DI Dr. Jörg Henzinger*  
*GEOTECHNIK HENZINGER, Plattach 5, 6094 Grinzens*

---

**1. Einleitung**

Die Südseite des Kammes vom Vorderen Sattelkopf, Zwölferkopf, bis zum Schönjöchls mit dem Schigebiet ist die Lebensgrundlage der Fisser.

Vor 22 Jahren haben die Fisser Bergbahnen beschlossen, die Schönjochbahn zu errichten. Diese Einseilkabinenumlaufbahn, das Herzstück der Fisser Bergbahnen, führt in einer ersten Sektion von Fiss bis zur Mittelstation Steinegg (Bau 1979). Zwei Jahre später wurde die zweite Sektion von Steinegg bis zum Fisser Joch (Höhe: 2430 m) errichtet.



*Südseite Fisser Joch – Schönjoch*

Gleichzeitig war es notwendig, um die Lawinensicherheit der Bahn und der Mittelstation zu gewährleisten, zwei Lawinendämme zu bauen. Der untere Lawinendamm musste dann in den Jahren 1984 bis 1985 erhöht werden, eine Lawine ist über den Damm gefahren und hat die Mittelstation beschädigt.

Vor dem Bau der Seilbahn und der Lawinendämme hat man die aktive Geländebewegung im Bereich der Mittelstation Steinegg nicht bewusst wahrgenommen. Erst die Vermessungen beim Bau der Seilbahn und vor allem die Folgemessungen haben gezeigt, dass große Bewegungen von über 10 cm/Jahr auftreten.

Heuer wurde mit der Planung einer neuen Schönjochbahn begonnen, in etwa zwei Jahren ist mit dem Neubau zu rechnen. Die bestehende Bahn hat bezüglich Kapazität, aber auch aufgrund der Hangbewegungen, das Nutzungsende erreicht.

Im Gebiet südlich des Schönjöchls, Möseralm, Wangalm, Steinegg, aber auch im Bereich zwischen Ladis und Fiss sind in den letzten Jahren einige neue Seilbahnen entstanden. Sie

queren alle mehr oder weniger aktive Sackungsgebiete. Die Auswirkung der Hangbewegungen auf diese, aber auch auf andere Bauwerke, sind beachtlich.



*Verstellbare Stütze, bergseitig verschoben*



*Verstellbare Stütze, talseitig verschoben*



*Risse in Türboge, Restaurant Steinegg*



*Verschobene Hausmauern, Restaurant Steinegg*



Rohrdurchlass unterer Lawinendamm



Lawinendamm mit Böschungsbruch

## 2. Geologische Übersicht und Hangbewegungen

Bezüglich Geologie im betreffenden Gebiet stehen allgemeine Beschreibungen von F. H. Ucik, Detailaufnahmen im Bereich der Lawinendämme von Thomas Sönsler und ein Gutachten zur Sonnenbahn Fiss-Ladis von Ewald Tentschert zur Verfügung.

Die allgemeine geologische Situation kann folgendermaßen zusammengefasst werden: Die Hänge nördlich von Fiss befinden sich im Überschiebungsbereich des Silvretta-Kristallins auf Gesteine des „Engadiner Fensters“ (nachfolgend als Bündner Schiefer bezeichnet). Die

Gesteine des Kristallins, aber auch die darunterliegenden Bündner Schiefer sind tektonisch stark durchbewegt und zerlegt, wobei besonders im Bereich der Bündner Schiefer aufgrund ihrer veränderlichen Festigkeit örtlich mächtige Lockergesteinsüberlagerungen mit und ohne abgesackte Festgesteinskörper entstanden sind. Weite Bereiche südlich des Schönjöchls, aber auch die angrenzenden Einhänge ins Inntal westlich und östlich anschließend, sind von Talzuschüben geprägt. Im Gratbereich weisen Doppelgrate und Nackentäler darauf hin, dass Bewegungszonen bis in die Nordseite der Käme reichen bzw. gereicht haben. Siehe dazu auch Geländeprofil in Anlage 1, Blatt 1.

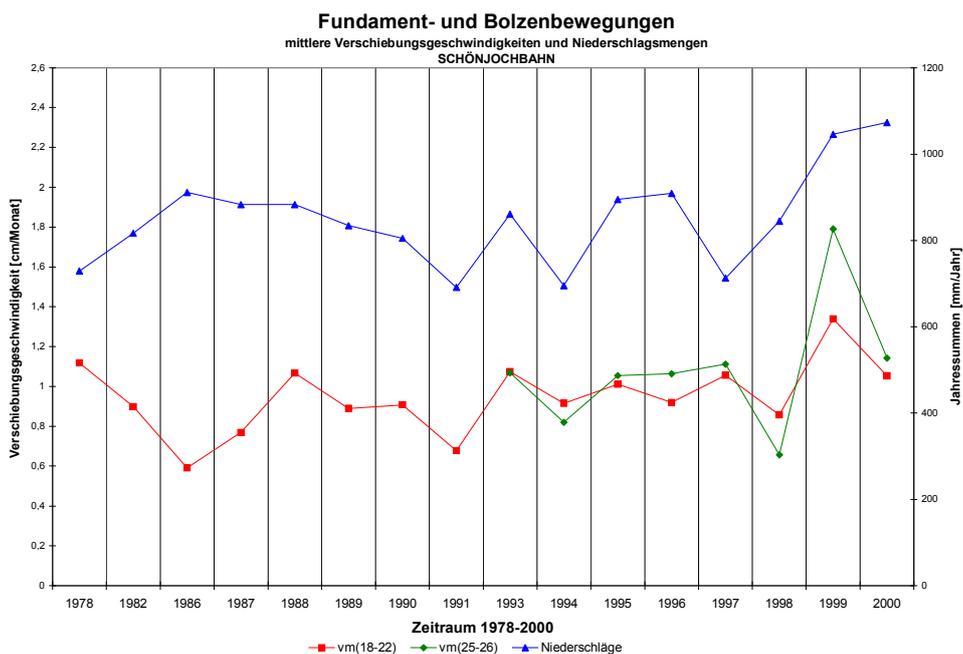
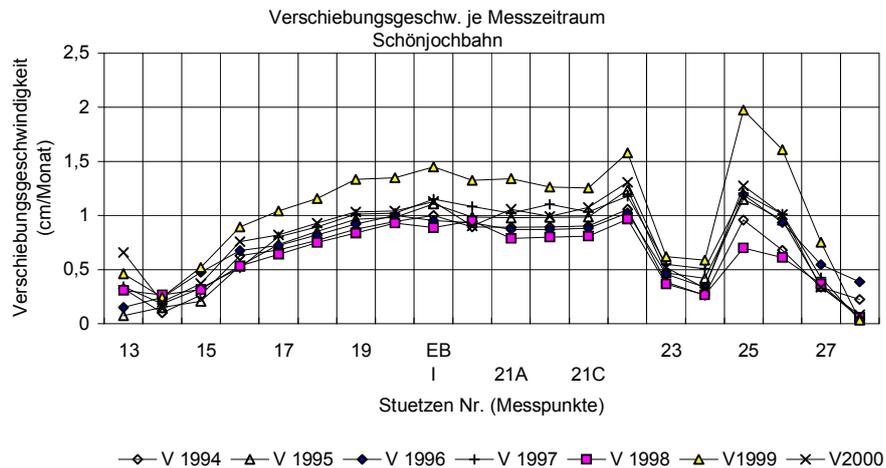
Die Bewegungszonen, die im Bereich Fisser Joch - Schönjöchel auch durch das Kristallin schneiden, sind mehr oder weniger in Ruhe. Unterhalb der Deckengrenze im Bündner Schiefer treten aber große aktive Bewegungen auf. Diese Bewegungen sind nicht einheitlich, die örtlichen Bewegungsraten und der Tiefgang der Bewegungen sind stark unterschiedlich.

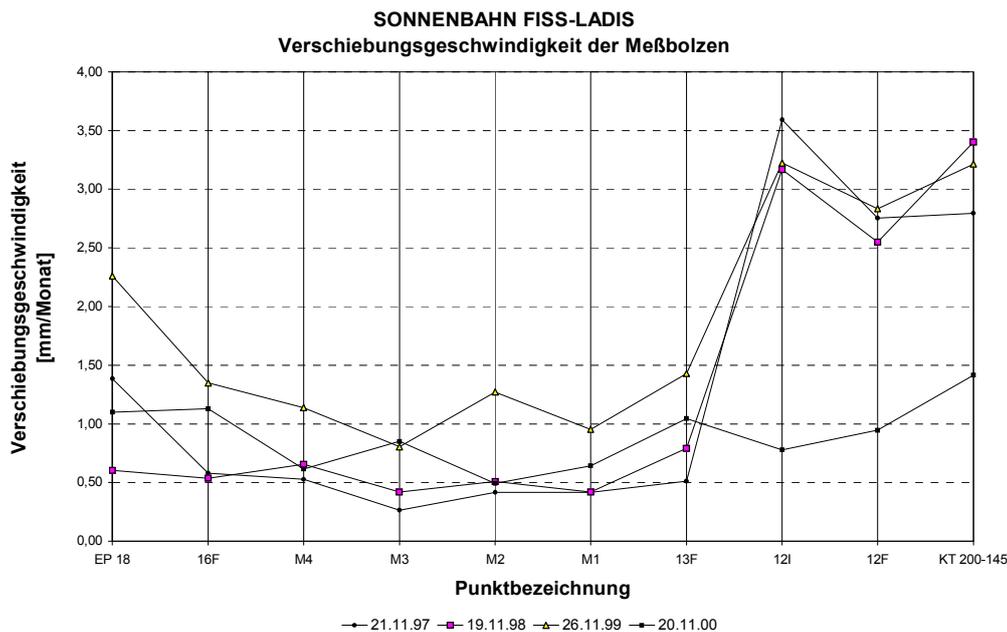
In Anlage 2, Blatt 1 und 2, sind für die Schönjochbahn Sektion 1 und 2 die Lagepläne mit den Stützen und Bewegungsvektoren für einen Zeitraum von 5 Jahren dargestellt.

Die Anlage 3, Blatt 1 und 2, zeigen eine ähnliche Darstellung für die Sonnenbahn Fiss-Ladis.

Hangbewegungen:

### FUNDAMENT- UND BOLZENBEWEGUNGEN





Der Bewegungsablauf ist, wie wir sehen, und davon ist für jede langgestreckte Baumaßnahme auszugehen, unterschiedlich. Örtlich treten starke Bewegungsgeschwindigkeiten auf. Der zeitliche Verlauf ist, soweit es sich nicht um ganz lokale Sekundärbewegungen handelt, am ehesten einigermaßen gleichmäßig.

Ursachen und Motor der örtlich schnellen Bewegungen sind zahlreiche Quellaustritte, die überwiegend nahe der Schichtgrenze Bündner Schiefer -Kristallin auftreten. Natürlich spielt auch die geringe Scherfestigkeit des verwitterten Schiefers, zusammen mit der Hangneigung, eine wichtige Rolle.

Örtlich haben auch Baumaßnahmen wie die Lawinendämme oder der Wegbau mit den nicht immer günstig angelegten Wasserauskehren zu Sekundärschäden geführt.

### 3. Maßnahmen für Bau und Betrieb von Seilbahnen

Auch für ein geübtes Auge sind aktive Hangbewegungen und besonders die Beurteilung der Verformungsgeschwindigkeit ohne genaue Aufschlüsse und Verformungsmessungen nicht erkennbar. Deshalb ist es erforderlich, dass bei vermuteten Hangbewegungen vor der Errichtung einer Baumaßnahme die Geländebeziehungen (Geologie) genau erkundet und Verformungsmessungen schon vor dem Bau einer Seilbahn durchgeführt werden. Im gegebenen Fall liegen allerdings gute Unterlagen und Erfahrungen vor, sodass der örtliche und zeitliche Bewegungsablauf einigermaßen genau abgeschätzt werden kann.

#### Erdbauwerke, Hochbauten:

Neben den Seilbahnen gibt es in einem Schigebiet natürlich auch andere Bauwerke wie Restaurants und die Lawinenschutzmaßnahmen. Zu den Lawinenschutzmaßnahmen ist festzustellen, dass Lawinendämme mit den großen Massenumlagerungen in bewegtem Gelände nicht geeignet sind. Die Folge sind lokale Anrisse und Sackungen besonders im Bereich von Geländeaufsteilungen (Fallboden). Auch Änderungen der Wasserwegigkeiten können aufgrund umfangreicher Erdbaumaßnahmen nicht ausgeschlossen werden. Ob es im gegebenen Fall bei den Lawinendämmen oberhalb der Mittelstation Steinegg einen Einfluss auf den großräumigen

Ablauf des Talzuschubes gibt, ist nachträglich nicht zu klären. Aufgrund des beobachteten Bewegungsablaufes ist aber ein Einfluss unwahrscheinlich.

Zu der Errichtung von Hochbauten wie Restaurants und Seilbahnstationen gibt es einige einfache Überlegungen. Möglichst kleine Einheiten mit steifen Kellern (Stahlbetonschachteln) verringern Rissbildungen. Zwischen benachbarten Bauwerken muss ausreichend Bewegungsraum gegeben sein, um Zwängungen zu vermeiden. Als Grundsatz sollte gelten, möglichst keine Kräfte aus der Hangbewegung in das Bauwerk einzuleiten.

#### Seilbahnen:

Neben den sogenannten EUB mit möglichen Stützenabständen bis 300 m gibt es natürlich auch andere Seilbahntypen wie Zweiseilumlaufbahnen, die sogenannten Funitelbahnen, mit Stützenabständen bis 800 m oder Pendelbahnen, die nahezu ohne Stützen auskommen. Entscheidend für die Wahl der unterschiedlich teuren Anlagen ist das Gelände (Längenschnitt) und die Lawinengefahr für die Stützen. Bezüglich Hangbewegung sollte gelten, dass möglichst wenige Stützen im bewegten Gelände gegründet werden.

Hier ist es auch Aufgabe und Verantwortung des Seilbahnplaners oder der Seilbahnfirma, aufgrund der bekannten geotechnischen Daten den richtigen Seilbahntyp vorzuschlagen.

Die Seilbahntechnik bei den EUB, des üblichen, häufigsten und kostengünstigsten Seilbahntypes, hat sich in den letzten Jahren weiterentwickelt, sodass heute auch kuppelbare Einseilumlaufbahnen auf Gletschern in Betrieb sind. Ein laufendes Einrichten von Seilbahnstützen ist also technisch machbar und durchaus üblich.

Um nun aus geotechnischer Sicht die erforderlichen Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb von Seilbahnen in stark bewegtem Gelände wählen und festlegen zu können, sind folgende Fragen vorrangig zu beantworten:

- a) *Welches Ausmaß erreicht die Sackung und welche Ursachen können prognostiziert werden?*
- b) *Sind schnell ablaufende Hangbewegungen möglich, die zu einem plötzlichen Versagen einer Stütze führen können?*
- c) *Welche Dauerhaftigkeit der Anlage wird angestrebt, ist eine Lebenserwartung von ca. 20 Jahren ausreichend?*
- d) *Welche Kontroll- und Sicherungsmaßnahmen sind geeignet, um Bewegungen schnell erkennen und seilbahntechnisch auf Verschiebungen reagieren zu können?*

Am Beispiel der Bahnen in Fiss kann zu den einzelnen Punkten folgendes festgestellt werden:

Zu a) *Welches Ausmaß erreicht die Sackung und welche Ursachen können prognostiziert werden?*

Im gegebenen Fall umfasst der Talzuschub weite Bereiche südlich des Schönjochs. Wahrscheinlich abhängig vom Tiefgang der Sackung (wenige Meter bis 40 m), von der Geländeneigung und vom Wasserandrang liegen örtlich sehr unterschiedliche Geschwindigkeiten vor. Im Beobachtungszeitraum von 20 Jahren sind die Bewegungsabläufe über den Jahresdurchschnitt annähernd gleichbleibend. Abhängig vom Niederschlag schwankt die Bewegungsgeschwindigkeit auf das Halbjahr bezogen bei der Schönjochbahn doch deutlich zwischen 11 und 3 cm/Jahr und bei der Sonnenbahn Fiss-Ladis zwischen 6 und 1 cm/Jahr.

Ursache dieser großräumigen Bewegungen ist das Hangwasser, eventuell spielen auch nacheiszeitliche Entspannungsvorgänge, also Kriechbewegungen, eine Rolle.

Örtlich treten Sekundärsackungen mit hoher Bewegungsgeschwindigkeit (Dezimeter/Monat) auf. Ursache dieser Bewegungen sind Hangwasser und eventuell Baumaßnahmen.

Die großräumige Bewegung kann auch durch teure Maßnahmen meist nicht endgültig stabilisiert werden. Vorstellbar wäre die Anordnung von zahlreichen vertikalen Drainagebrunnen, die talseitig angebohrt werden. Die hohen Kosten garantieren den Erfolg jedoch nicht.

Entwässerungsmaßnahmen in Form von tiefen Kiesmanteldränagen sind aber durchaus geeignet, örtliche Bewegungen mit hoher Bewegungsrate zu bremsen bzw. neue Bewegungen zu verhindern. Durch die Entwässerungsmaßnahmen der WLV am Einhang Fallboden des unteren Lawinendamms konnten zum Beispiel die Bewegungen merklich abgebremst werden.



*Fließmanteldränage im Einhang zum Fallboden – gr. Lawinenschutzdamm*

*Zu b) Sind schnell ablaufende Gleitbewegungen möglich, die zu einem plötzlichen Versagen des Bauwerkes führen können?*

Die Beantwortung dieser Frage ist wesentlich in der Beurteilung des Gefahrenpotentials und der Auswahl der Kontrollmaßnahmen. Sie ist umso schwieriger zu beantworten, je schneller die Bewegungen ablaufen. Im vorliegenden Fall liegen für den Neubau der Schönjochbahn Bewegungsmessungen der Stützen seit 20 Jahren vor. Die Stützenbewegungen innerhalb der großräumigen Sackung weisen im Jahresdurchschnitt gleichbleibende Geschwindigkeiten auf. Die Stützenstandorte für die neue Bahn wurden provisorisch bereits ausgewählt, sie werden in die Punktvermessung miteinbezogen. Bis zum geplanten Bau der neuen Bahn im Jahr 2003 liegen dann zumindest zwei Messzyklen vor. Bei der Auswahl der neuen Stützenstandorte spielte auch die Exponiertheit des Standortes eine wesentliche Rolle.

*Zu c) Welche Dauerhaftigkeit der Anlage wird angestrebt, ist eine Lebenserwartung von ca. 20 Jahren ausreichend?*

In diesem Punkt spielt die mögliche Verschiebbarkeit der Stütze eine wichtige Rolle. Verläuft die Seilbahn quer zur Bewegungsrichtung, ist nach 20 Jahren bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 10 cm/Jahr eine Stützenverschiebung von 2 m erreicht. Umso steiler die

Bahnlinie zur Bewegungsrichtung verläuft, umso günstiger wird es mit der Querverschiebung. Die Verschiebung in der Längsachse der Bahn hat eine untergeordnete Bedeutung. Zumindest ein Teil der Querverschiebung kann durch das Verschieben der Stütze auf dem Fundament rückgängig gemacht werden.

Das Verschieben hat natürlich dort seine Grenze, wo die rechnerische Standsicherheit der Stütze nicht mehr gegeben ist. Das heißt, die Lastresultierende wandert aus dem Fundament, die Kippsicherheit ist nicht mehr gegeben.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass beim Nachweis der Stützen auf Kippsicherheit mit einem hohen Nutzlastanteil (veränderliche Lasten Wind und einseitig Personen) gerechnet wird, ein Klaffen der Sohlfuge ist damit im üblichen und häufigen Betriebslastfall zugelassen. Dies bedeutet eine einseitige Belastung des Fundamentes im meist steilen Gelände. Diese Problematik ist für Stützen im bewegten Gelände zu hinterfragen.

Die Dauerhaftigkeit der Bahn oder einzelner Stützen ist also begrenzt. Oft ist aber eine Dauerhaftigkeit von über 20 Jahren nicht vorgesehen.

*Zu d) Welche Kontroll- und Sicherungsmaßnahmen sind geeignet, um Bewegungen schnell erkennen und seilbahntechnisch auf Verschiebungen reagieren zu können?*

Folgende Unterscheidungen sind sinnvoll:

1) Erkundungen (Bohrungen, Inklinometer)

Besonders bei Stützen in exponierter Lage ist es oft ratsam, den Tiefgang der Sackung zu erfassen. Die Höhe der Gleitverformung beeinflusst möglicherweise die Gründungsmaßnahme. Bei der Sonnenbahn Fiss-Ladis wurde eine Bohrung bei der Stütze 12 bis in eine Tiefe von 50 m hergestellt und mit einer Inklinometermessstelle ausgerüstet. Erbohrt wurde durchgehend Hangsackungsmaterial (stark aufgelöster Bündner Schiefer) mit hohem bindigen Anteil. Die schnelle Verschiebung findet in einer Tiefe von 7 m statt.

2) Geodätische Vermessungen, die einerseits notwendig sind, um die Seilgeometrie immer wieder einzurichten und andererseits den Bewegungsablauf des Geländes langfristig zu kontrollieren:

Meist wird unterschieden zwischen den Fundamentbewegungen und den Bewegungen am Querhaupt. Die Bewegungen am Fundament zeigen die reinen Geländebewegungen, die Bewegungen am Querhaupt beinhalten auch Schiefstellungen und Temperaturverformungen, sie sind also für die Seilgeometrie ausschlaggebend. In Fiss wurde für die Schönjochbahn und die Sonnenbahn Fiss- Ladis ein halbjährlicher Rhythmus (Mai und November) gewählt.

3) Kontrolle der Stützenneigung und Seilführung:

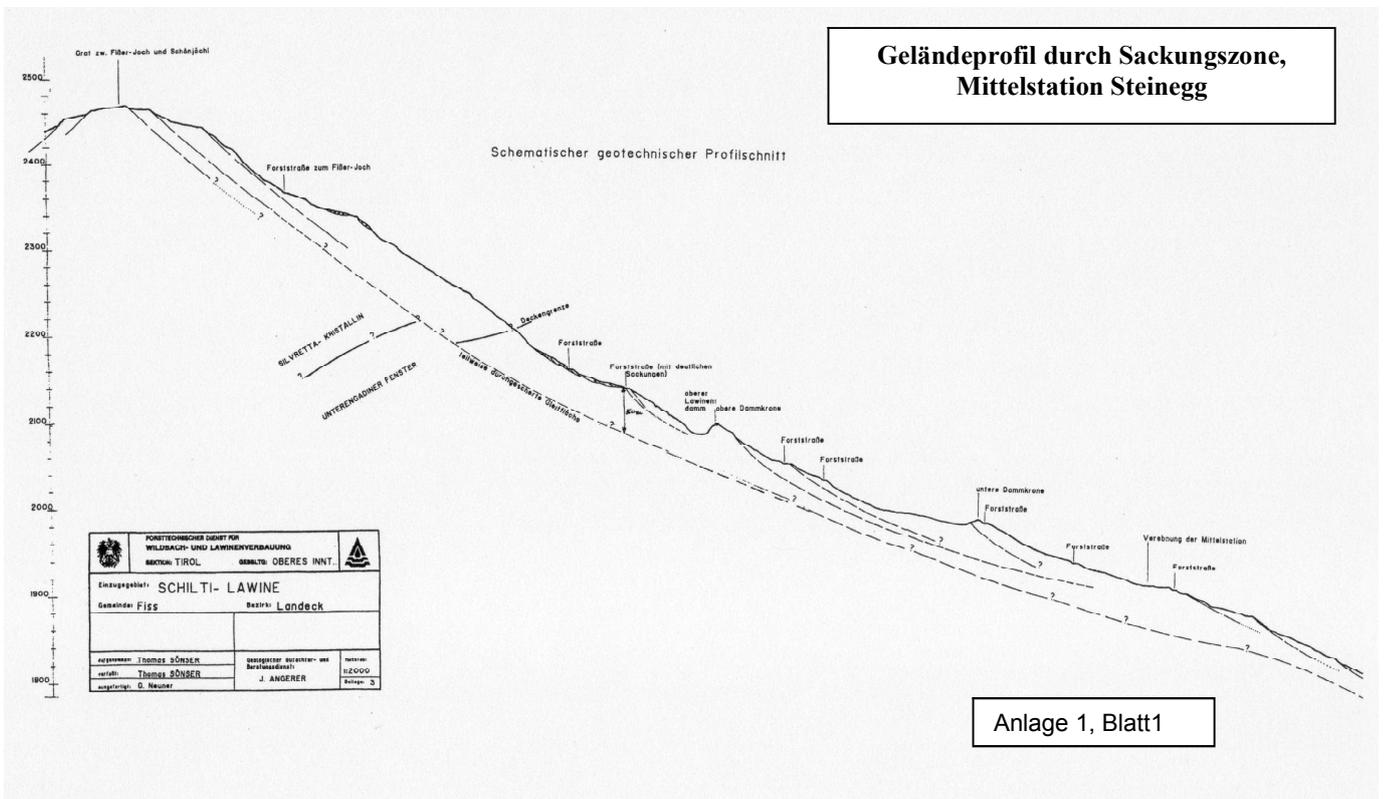
Bei beiden Bahnen wird die Stützenneigung durch Bahnpersonal 14-tägig mittels Präzisionswasserwaage gemessen, Ablesegenauigkeit 0,01%. Eigene Halterungen wurden dazu an den Stützen angebracht. Änderungen in der Stützenneigung können dadurch in einem recht engen Zeitraster erfasst werden. Als Ungenauigkeit ergibt sich die einseitige Sonneneinstrahlung auf die Stützen.

Wichtig ist natürlich die tägliche visuelle Kontrolle der Seilführung bei der ersten Bergfahrt durch das Bahnpersonal.

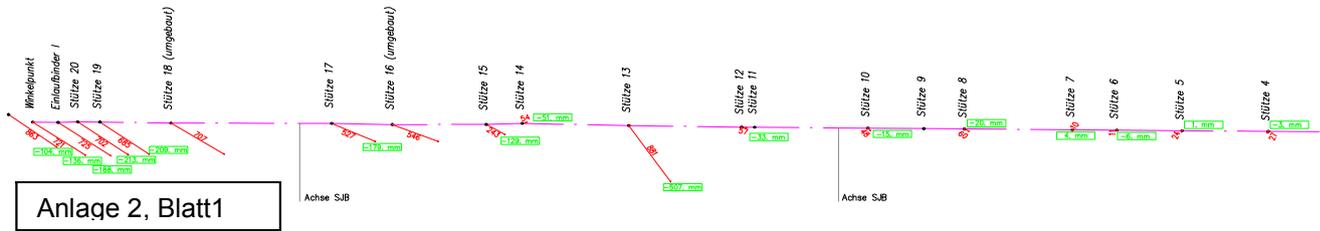


Setzinklinometer

Abschließend ist für das Gebiet der beiden Seilbahnen festzustellen, dass durchaus große Bewegungen im Gelände gemessen werden, dass aber eine progressive Entwicklung bei den Bewegungen nicht erkennbar ist. Eine dauernde Kontrolle der Stützen und der Hangbewegungen ist erforderlich, um Tendenzen rechtzeitig zu erkennen und allenfalls notwendige Maßnahmen einleiten zu können.



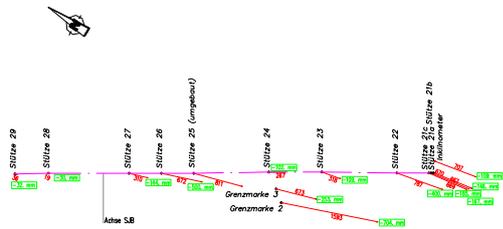
**SCHÖNJOCHBAHN FISS, Sektion 1**  
Bewegungsvektoren Nov. 1995 – Mai 2000



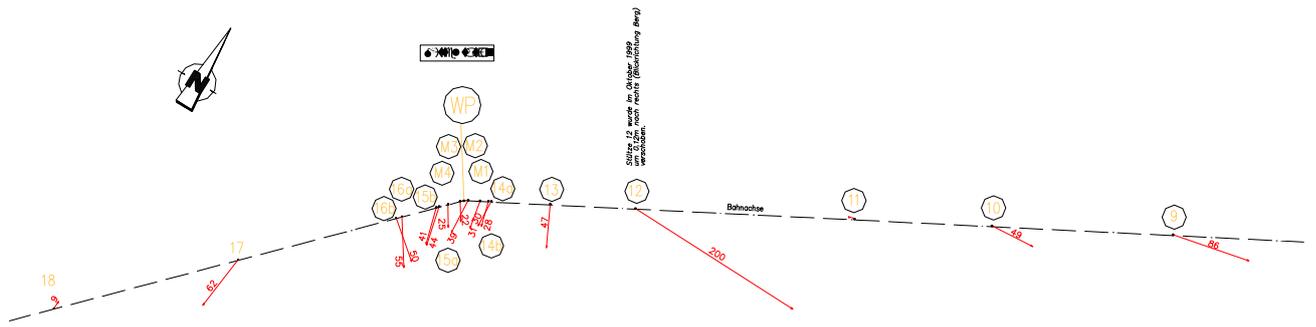
Anmerkung:  
 — Horizontalbewegung vom November 1995 bis Mai 2001 (M1:50)  
 z.B.: [-507 mm] = Höhenunterschied  
 Die Anschreibung der Bemessungswerte erfolgte in Millimeter.

**SCHÖNJOCHBAHN FISS, SEKTION 2**  
Bewegungsvektoren Nov. 1995 – Mai 2000

Anlage 2, Blatt 2



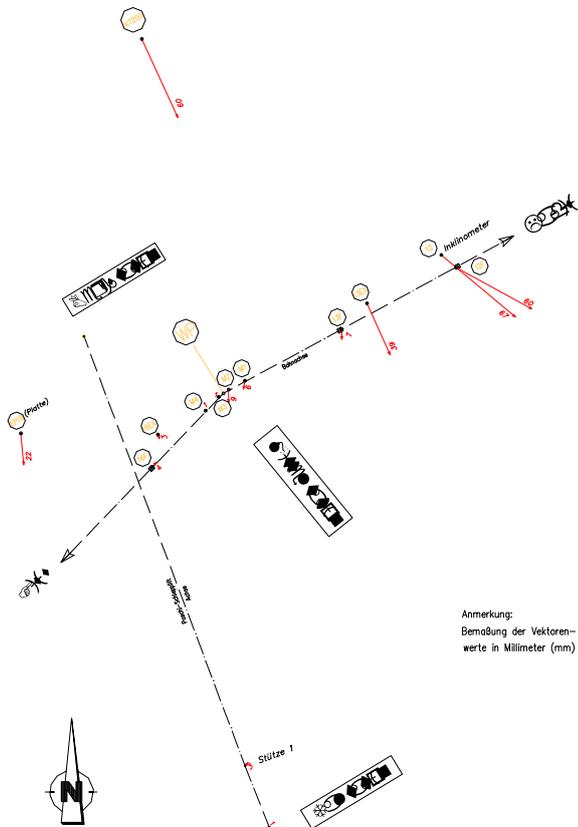
Anmerkung:  
 — Horizontalbewegung vom November 1995 bis Mai 2001 (M1:50)  
 z.B.: [-507 mm] = Höhenunterschied  
 Die Anschreibung der Bemessungswerte erfolgte in Millimeter.



**SONNENBAHN FISS-LADIS**  
Bewegungsvektoren der GPS-Messpunkte Nov. 1995-Nov. 2000

Anlage 3, Blatt 1

Anmerkung: Bemaßung der Vektorenwerte in Millimeter (mm)



Anmerkung:  
Bemaßung der Vektoren-  
werte in Millimeter (mm)

Anlage 3, Blatt 2

**SONNENBAHN FISS-LADIS**  
*Bewegungsvektoren Nov. 1999 – Nov. 2000*