

Amberg Engineering AG  
Flavio Modetta  
Ringstrasse 18  
7000 Chur

Amberg Technologies AG  
Trockenloostrasse 21  
8105 Regensdorf-Watt  
Schweiz

Tel. +41 44 870 92 22  
Fax +41 44 870 06 18  
[www.amberg.ch](http://www.amberg.ch)

UID Nr. CHE-101.349.546  
MWST Nr. CHE-116.289.290 MWST

**RHB, Arosertunnel, Instandsetzung**

# Unterquerung 'Haus am Wald'

Überwachungskonzept  
V.01

40-G-01417 / K9831

Regensdorf, 29. November 2019



Inhaltsverzeichnis .....	Seite
<b>1. Überwachungskonzept "Haus am Wald" .....</b>	<b>3</b>
1.1. Ausgangslage .....	3
1.2. Überwachungsbereich .....	3
<b>2. Messgrößen .....</b>	<b>3</b>
2.1. Im Tunnel .....	3
2.2. Ausserhalb Tunnel .....	3
<b>3. Messanordnung .....</b>	<b>4</b>
3.1. Im Tunnel .....	4
3.1.1. Unter "Haus am Wald" .....	4
3.1.2. Bohrpfahlwand .....	5
3.2. Ausserhalb Tunnel .....	7
3.2.1. Schlauchwaagen im UG "Haus am Wald" .....	7
3.2.2. 3D Konvergenzmessungen an den Fassaden .....	8
3.2.2.1. Option automatische Messung .....	9
3.2.3. 3D Konvergenzmessungen an den Portal- und Flügelwänden .....	9
3.2.3.1. Option automatische Messung .....	9
3.2.4. Rissmessungen (Option) .....	10
<b>4. Genauigkeitsanforderungen .....</b>	<b>10</b>
<b>5. Messintervall .....</b>	<b>11</b>
5.1. Allgemein .....	11
5.2. Inklinometer Rohrschirm/Bohrpfähle .....	11
5.3. 3D Konvergenzmessungen innerhalb Tunnel .....	11
5.4. Schlauchwaagen im UG "Haus am Wald" .....	11
5.5. 3D Konvergenzmessungen ausserhalb Tunnel (Gebäude / Portal / Pfahlwand) .....	12
5.6. Rissmessungen (Option) .....	12
<b>6. Auswertung .....</b>	<b>12</b>
<b>7. Grenzwerte .....</b>	<b>13</b>
<b>8. Alarmierung .....</b>	<b>13</b>
<b>9. Online-Plattform .....</b>	<b>13</b>

## **1. Überwachungskonzept "Haus am Wald"**

### **1.1. Ausgangslage**

Im Zuge der Instandsetzung des Arosertunnels sind für die Unterquerung des Hotels 'Haus am Wald' spezielle Baumassnahmen geplant. Während dieser Baumassnahmen muss sichergestellt werden, dass Bewegungen welche das "Haus am Berg" gefährden könnten, frühzeitig erkannt und alle Beteiligten automatisch alarmiert werden.

Die Baumassnahmen beginnen voraussichtlich Mitte April 2020 und enden im Oktober 2022 mit dem Einbau der Innenschale.

Als Basis für das vorliegende Überwachungskonzept "Haus am Wald" dient das allgemeine Überwachungskonzept aus dem Plangenehmigungsverfahren (Plan-Nr. RhB: 3463-021 vom 30.06.2019). Dieses Konzept beinhaltet bereits Überwachungsmassnahmen zur Unterquerung Seeblickstrasse und "Haus am Wald" (Kapitel 5.4.3, Seiten 8-9). Im vorliegenden Konzept wurde das bestehende Konzept überarbeitet und weitere Sensoren ergänzen oder ersetzen Teile davon.

### **1.2. Überwachungsbereich**

Der Überwachungsbereich erstreckt sich über den Tunnelbereich Seite Arosa, vom Beginn "Haus am Wald" bis Portal Seite Arosa.

## **2. Messgrössen**

### **2.1. Im Tunnel**

- Setzungen Rohrschirm unter "Haus am Wald"
- Deformation der Ausbruchsicherung
- Deformation der Bohrpfahlwände (geodätisch und geotechnisch)
- Deformation der neuen Tunneldecke
- Daraus abgeleitet: Konvergenzen

### **2.2. Ausserhalb Tunnel**

- Setzungen im UG "Haus am Wald"
- Verschiebungen Fassade "Haus am Wald"
- Verschiebungen Fassade "Härtner Sport"
- Verschiebungen Fassade Trafostation
- Verschiebungen Portalwand
- Verschiebungen Flügelwände
- Daraus abgeleitet: Konvergenzen
- Veränderung Rissbreiten (optional)

### 3. Messanordnung

#### 3.1. Im Tunnel

##### 3.1.1. Unter "Haus am Wald"

Unter dem "Haus am Wald" wird zur Sicherung des Gewölbes ein Rohrschirm eingebaut, wobei im Firstbereich infolge Platzmangels die Rohre weggelassen werden. Der Rohrschirm wird mit horizontalen Inklinometern automatisch auf Setzungen überwacht. Dazu werden 2 zusätzliche Stahl-Rohre im oberen Rohrschirmbereich versetzt, in welche Inklinometermessrohre eingebaut und injiziert werden. Durch die zusätzlichen Rohre wird der eigentliche Rohrschirm nicht geschwächt und die Messrohre sind durch den Standardrohrschild geschützt (zb. bei Spitzarbeiten). In die Inklinometerrohre werden die Inklinometerketten (Sensoren) eingeschoben. Sofern der Bauablauf es zulässt, können die Sensoren nach Messende wieder ausgebaut werden.

Die zusätzlichen Rohre sollen wenn möglich ca. 3 m über das Ende des "Haus am Wald" hinausgehen (In den Bereich des Rohrschirms, welcher im Haupttunnel gebaut wird). Es bleibt abzuklären, ob dies bautechnisch und zeitlich vom Bauablauf her möglich ist. Ansonsten werden die Rohre analog dem restlichen Rohrschirm gebohrt.

Damit wird die Länge der Rohre ca. 13 resp. 16 m betragen.

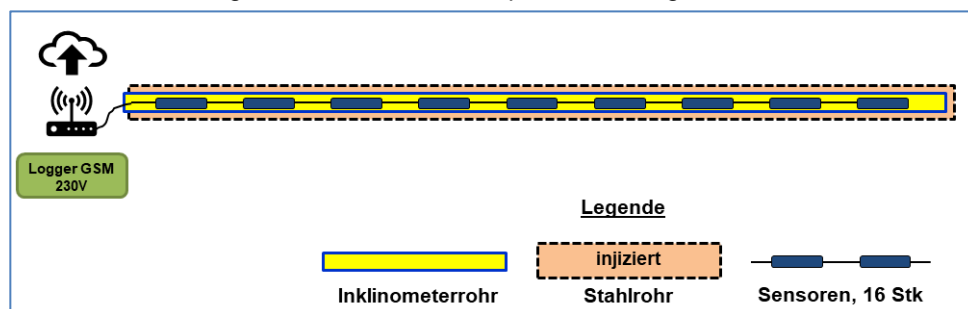


Abb. 1 Schema Inklinometer Rohr

Die Lieferung und der Einbau der Stahlrohre erfolgt durch den Unternehmer.

Die Lieferung der Inklinometerrohre erfolgt durch den ausführenden Vermesser. Der Einbau und das ausinjizieren erfolgt durch den Bauunternehmer.

Dimensionen (können je nach gewähltem Messsystem variieren):

- Stahlrohr: Durchmesser innen = 120 mm
- Inklinometerrohr: Durchmesser aussen = 70 mm, innen = 60 mm  
Typ Sigeo "EASY-LOCK" mit Schnelkupplung oder ähnlich  
Keine Niet- oder Klebeverbindungen

Zusätzlich zu den Sensoren im Rohrschirm, welche kontinuierlich im 5 Minutenintervall messen, werden 3D-Konvergenzpunkte versetzt und mit Tachymeter automatisch im 2 Stundenintervall erfasst. Es werden 5-6 Profile im Abstand von ca. 3 m mit je 7 Prismen installiert.

Die Installation der Prismen erfolgt in 2 Etappen:

1. Etappe Installation auf Mauerwerk, Überwachung während Bau der Rippen
2. Etappe Installation an Gitterträger (Rippen) mit Verlängerung (ca. 40cm), damit auch nach dem Auftrag der Ausbruchssicherung direkt die Deformation des Gitterträgers gemessen werden kann. Prismen müssen während Spritzarbeiten geschützt oder demontiert werden (Bauunternehmer).

Inklinometerkette pro Rohr:	je 16 automatische horizontale Neigungssensoren im Abstand von 1 m
Prismen zur 3D-Überwachung	je 1 Prisma am Inklinometerkopf (Manuelle Messung mit den Punkten an den Bohrfählen)
	6 x 7 Prismen am Gewölbe / Gitterträger

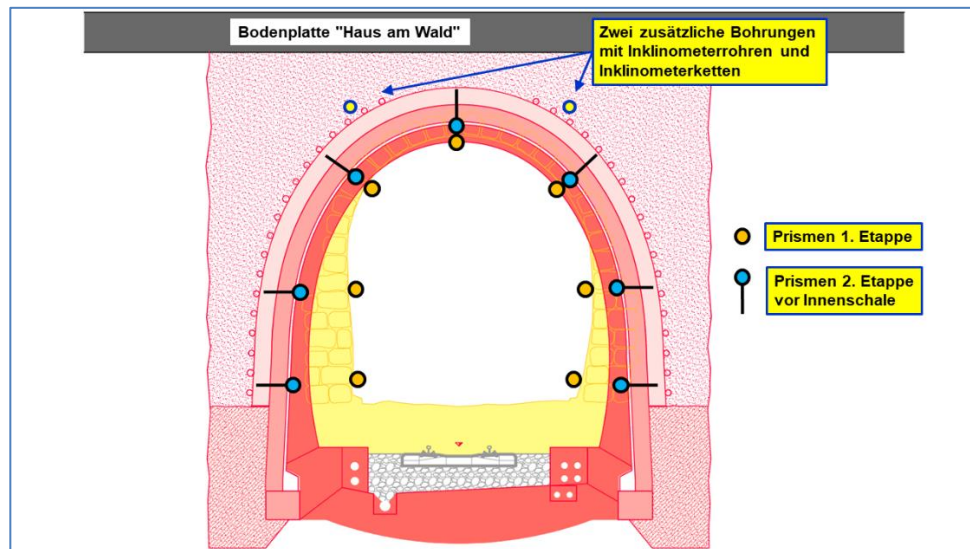


Abb. 2 Tunnelquerschnitt (3D-QS) unter "Haus am Wald"

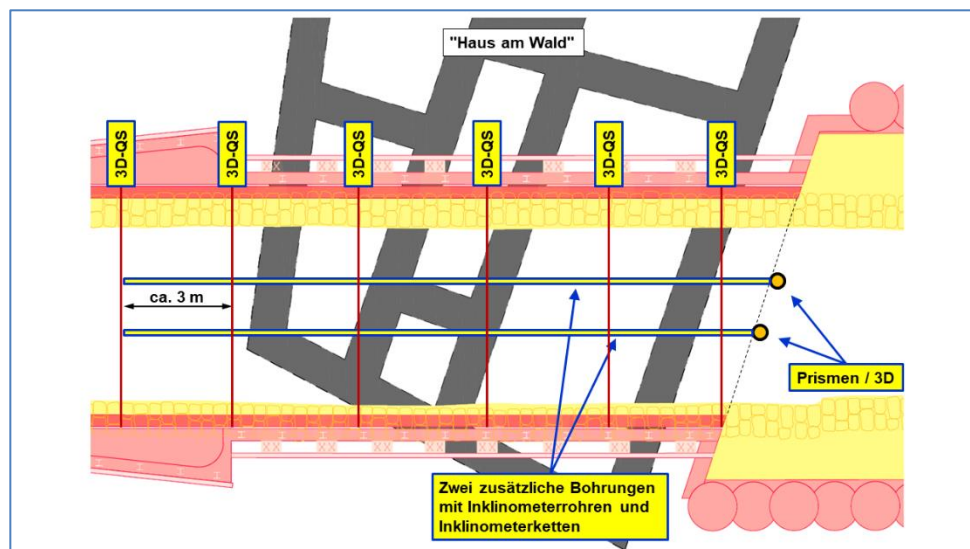


Abb. 3 Situation unter "Haus am Wald"

### 3.1.2. Bohrfahlwand

Vier Bohrfähle im Bereich des Tagbaus Portal Arosa werden mit automatischen Vertikalinklinometern ausgestattet. Die Inklinometer werden 'verloren' gesetzt, da im Verlauf des Bauprozesses der Deckel über den Bohrfählen erstellt wird und die Inklinometerrohre nicht mehr zugänglich sind.

Der Unternehmer betoniert zusammen mit dem Bohrfahl ein Stahlrohr ein, in welches nach dem Betonieren ein Inklinometermessrohr eingebaut und ausinjiziert wird. In die Inklinometerrohre werden die Inklinometerketten (Sensoren) eingeschoben.

Die Verkabelung erfolgt während des Betonier-Prozesses des Deckels in Zusammenarbeit mit dem Bauunternehmer.

Durch die kontinuierliche Messung der Sensoren in den Bohrpfählen im 5 Minutenintervall können insbesondere auftretende Deformationen während des Aushubs schnell erfasst und darauf alarmiert werden.

Zusätzlich sollen 3D-Konvergenzpunkte versetzt und mit Tachymeter manuell gemessen. Es werden 3-4 Profile im Abstand von ca. 3 m mit je 3 Prismen installiert.

Die Installation der Prismen erfolgt etappenweise je nach Aushubphase.

Sobald der Deckel betoniert ist, können für die Überwachung des Deckels zusätzliche Prismen installiert werden.

Inklinometerkette pro Bohrpfahl:	je 14 automatische vertikale Neigungssensoren im Abstand von 1 m
Prismen zur 3D-Überwachung	je 1 Prisma am Inklinometerkopf 3 x 3 + 3 Prismen an den Bohrpfählen 3 x 3 Prismen UK fertiger Deckel

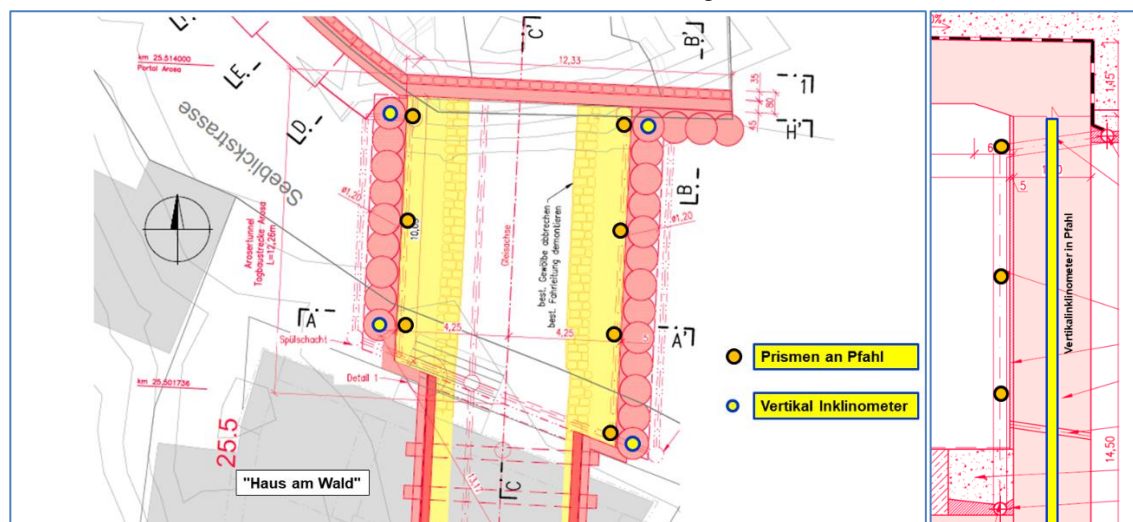


Abb. 4 Situation und Schnitt Voreinschnitt Portal Arosa



### 3.2. Ausserhalb Tunnel

Neben dem Gebäude "Haus am Wald" werden zusätzlich auch die Gebäude "Härtner Sport", die Trafostation und die Portal- und Flügelwände überwacht. Die Überwachung des "Haus am Wald" erfolgt mit automatischen Schlauchwaagen und 3D-Verschiebungsmessungen. Die anderen Objekte werden nur mit 3D-Verschiebungsmessungen überwacht.

Ergänzt werden die Überwachungsaufgaben durch eine Beweissicherung mit Rissaufnahmen und Erschütterungsmessungen. Diese sind nicht Teil dieses Überwachungskonzeptes. Sie sind im Überwachungskonzept aus dem Plangenehmigungsverfahren beschrieben und können so übernommen werden.

Sollten bei der Beweissicherung jedoch bereits sichtbare, relevante Risse am Gebäude vorhanden sein, müssten diese periodisch überwacht werden (Messung sobald Anzeichen von Verschiebungen vorhanden sind).

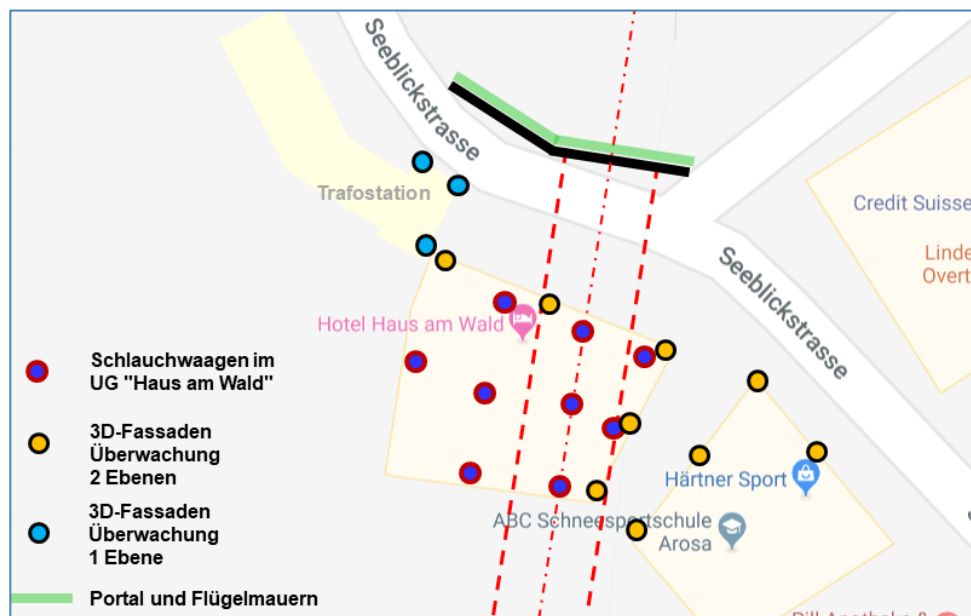


Abb. 5 Anordnung Messüberwachung ausserhalb Tunnel

#### 3.2.1. Schlauchwaagen im UG "Haus am Wald"

Das UG des "Haus am Wald" wird mit Schlauchwaagen überwacht, welche in Intervallen von 5 Minuten Messwerte liefern. Die Schlauchwaagen garantieren eine Überwachung welche im Gegensatz zu Messungen mit Tachymeter absolut unabhängig von äusseren Einflüssen (Schnee, Regen, Nebel, ...) hochgenau und in kurzen Zeitintervallen misst und alarmiert.

Die Sensoren werden im UG an der Decke der Schutzräume angebracht. Es wird davon ausgegangen, dass die Decke dieselben Bewegungen erfährt wie die Grundplatte selber. Alternativ können die Sensoren direkt auf der Grundplatte montiert werden. Die Gefahr von unbeabsichtigten Beschädigungen durch Personen ist dabei jedoch grösser. Neben den Überwachungssensoren wird ein Referenzsensor ausserhalb des Tunnelbereichs nahe dem Fundament angebracht. Dieser wird als stabil betrachtet. (siehe Abb. 6)

Aus den gemessenen Werten werden die Setzungen bezüglich Referenzsensor berechnet und daraus die Setzungsdifferenzen unter den einzelnen Messstellen ermittelt.

Damit wird sowohl eine Verkipfung der Grundplatte als Ganzes, als auch eine Verbiegung der Grundplatte erfasst.

Sollte die Grundplatte in ihrer Gesamtheit eine vertikale Setzung erfahren, so ist dies mit den Schlauchwagen nicht messbar, da alle Sensoren inkl. Referenzsensor dieselbe Setzung haben.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Falles ist jedoch als gering einzustufen und beeinflusst die Stabilität des Gebäudes nur wenig.

Alle Werte werden in Absprache mit dem Bauherrn mit automatisierten Alarmen hinterlegt. Zeigen die Schlauchwaagen stabile Werte kann daher von einer stabilen Grundplatte und einer geringen Gefährdung des Gebäudes ausgegangen werden.

Für die Verlegung der Flüssigkeitsschläuche und Datenverbindung zwischen den Sensoren (blaue gestrichelte Linie) sind u.U Kernbohrungen durch die Mauern notwendig (D=ca. 50) notwendig. Die in der Grafik eingezeichnete Führung der Schläuche kann je nach Gegebenheit variieren.

Schlauchwaagen: 1 Referenz- und 8 Überwachungssensoren

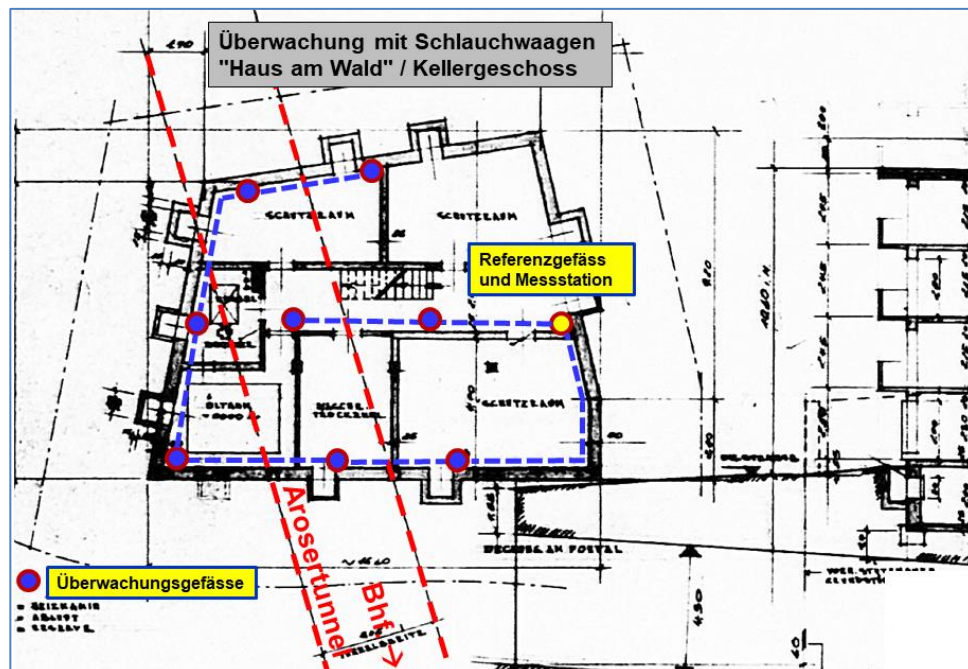


Abb. 6 Anordnung Schlauchwaagen

### 3.2.2. 3D Konvergenzmessungen an den Fassaden

Die Messungen werden manuell mit Tachymeter durchgeführt. Die Prismen sind wenn möglich so anzubringen, dass sie nicht direkt der Witterung ausgesetzt sind. (zb. unter Dachvorsprüngen). Ist dies nicht möglich, sind sie mit geeigneten Massnahmen zu schützen.

Prismen zur 3D-Überwachung	"Haus am Wald": 10 Überwachungspunkte
	"Härtner Sport": 8 Überwachungspunkte
	Trafostation: 3 Überwachungspunkte





Abb. 7 Anordnung der Messpunkte (nicht alle Punkte sichtbar, vergl. Abb. 5)

#### 3.2.2.1. Option automatische Messung

Sollte sich im Verlauf der Bautätigkeiten herausstellen, dass das Messintervall aufgrund der in Kapitel 5.4 genannten Kriterien zu kurz wird ( $< 1$  Woche), muss auf eine automatische Überwachung umgestellt werden können. Dies ist bereits bei der Installation der Prismen zu beachten. Zudem müssen die potenziellen Standpunkte des/der Tachymeter für die automatische Überwachung von Baubeginn weg definiert sein.

Der allfällige Bau eines wettergeschützten Standortes (Pfeiler mit Einhausung für den Winterbetrieb) sollte bereits bei Baubeginn vorgesehen werden. Dies würde eine sehr schnelle Umstellung von manuellen zu automatischen Messungen ermöglichen

Es ist bei der Umstellung auf automatische Messungen mit dem Bauherrn abzuklären, ob alle Punkte in die automatische Überwachung einbezogen werden oder ob Bauphasenbedingt einzelne Punkte nicht zwingend notwendig sind (zb. die hinteren Punkte an den Gebäuden).

Insbesondere beim Projektstart in der Bauphase "Portal Arosa: Pfahlwand, Aushub, Tunnelabbruch" könnte eine automatische Überwachung notwendig sein.

#### 3.2.3. 3D Konvergenzmessungen an den Portal- und Flügelwänden

Die Messungen werden manuell mit Tachymeter durchgeführt. Die Prismen sind mit geeigneten Massnahmen gegen die Witterung zu schützen. Insbesondere im Winter sollten sie jederzeit messbar sein. (Schneemenge, Höhe über Terrain beachten)

##### 3.2.3.1. Option automatische Messung

Analog Kapitel 3.2.2.1 auf Seite 9

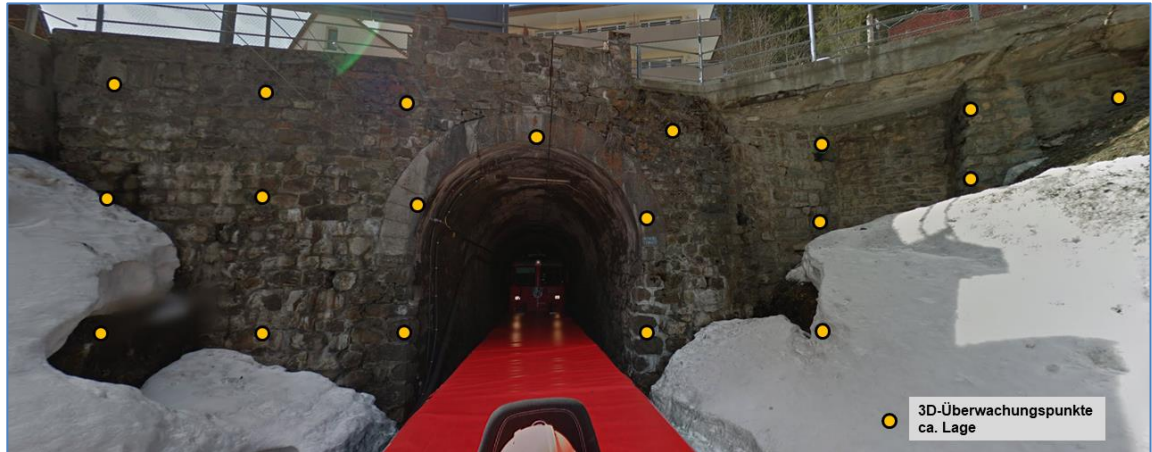


Abb. 8 Anordnung der Messpunkte

Prismen zur 3D-Überwachung      19 Überwachungspunkte

#### 3.2.4. Rissmessungen (Option)

Risse, welche bei der Beweissicherung festgestellt wurden sind mit einer genauen Rissbreite zu dokumentieren und allenfalls mit Rissmetern auszustatten. Diese erlauben bei auftretenden Deformationen zu bestimmen, ob diese auch auf einen Einfluss auf die Risse haben.

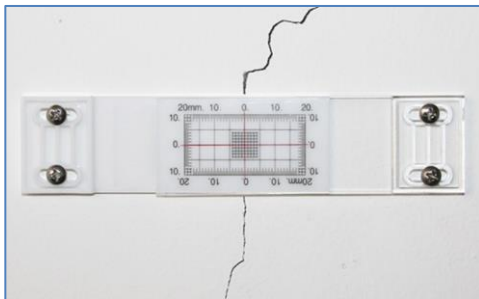


Abb. 9 Bsp. manueller Rissmeter

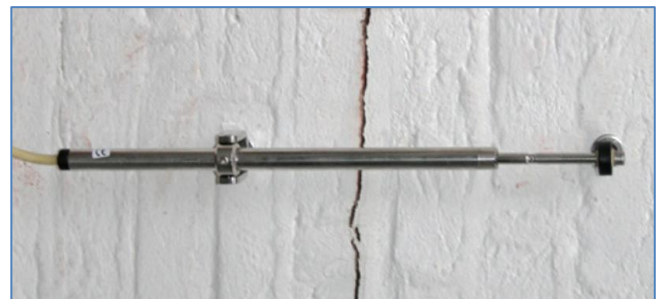


Abb. 10 Bsp. automatischer Rissmeter

Bei markanten Rissen, welche in Bereichen liegen bei denen Deformationen erwartet werden können, soll zu Beginn der Überwachung ein automatischer Rissmeter angebracht werden. Dieser misst in kurzen Intervallen die Rissbreite und alarmiert bei Veränderungen.

## 4. Genauigkeitsanforderungen

Messtyp	Messgrösse	Genauigkeit (19)	Bemerkungen
Inklinometer Rohrschirm	Setzung	$\pm 2 \text{ mm}$	auf Länge der Kette Automatische Messung Genauigkeit im Ruhezustand (Keine Bohr- und Spitzarbeiten im Bereich der Sensoren)
Inklinometer Bohrpfähle	Neigung 2 Achsen	$\pm 3 \text{ mm}$	auf Länge der Kette Automatische Messung Genauigkeit im Ruhezustand (Keine Bohr- und Spitzarbeiten im Bereich der Sensoren)

Messtyp	Messgrösse	Genauigkeit (19)	Bemerkungen
3D-Konvergenzen	Verschiebungen x,y,z	$\pm 2 \text{ mm}$	Tachymeter automatisch und manuell
Schlauchwaagen	Setzung	$\pm 0.2 \text{ mm}$	Automatische Messung
Rissmessungen	Änderung Rissbreite	$\pm 0.2 \text{ mm}$ $\pm 0.5 \text{ mm}$	Automatische Messung Manuelle Messung (Rissmeter)

## 5. Messintervall

### 5.1. Allgemein

Die definitiven Messintervalle sind vor Baubeginn zusammen mit dem Bauherrn, Geotechniker, Geologen und Projektingenieur festzulegen. Je nach Baufortschritt und Deformationsverhalten können die Messintervalle in Absprache mit den Projektbeteiligten angepasst werden.

### 5.2. Inklinometer Rohrschirm/Bohrpfähle

Automatische Messung

Aktion	Intervall	Dauer / Betriebszustand
Installation	---	Rohrschirm: Sofort nach Einbau der Rohre Bohrpfähle: 4 Wochen vor Beginn Aushub
Nullmessung	---	Ca. nach 3 Tagen Aushärten der Injektion abwarten
Folgemessung	Alle 5 Minuten	Kontinuierliche Messung bis zum Innenausbau

### 5.3. 3D Konvergenzmessungen innerhalb Tunnel

Automatische Messung

Aktion	Intervall	Dauer / Betriebszustand
Installation	---	Tunnel: 4 Wochen vor Beginn Bauarbeiten Bohrpfähle: Etappenweise gemäss Aushubphase
Nullmessung	---	Spätestens 24h nach Einbau der Phase
Folgemessung	Alle 120 Minuten	Kontinuierliche Messung bis zum Innenausbau

### 5.4. Schlauchwaagen im UG "Haus am Wald"

Automatische Messung

Aktion	Intervall	Dauer / Betriebszustand
Installation	---	4 Wochen vor Beginn Bauarbeiten
Nullmessung	---	Nach Installation
Folgemessung	Alle 5 Minuten	Kontinuierliche Messung bis Bauende

### 5.5. 3D Konvergenzmessungen ausserhalb Tunnel (Gebäude / Portal / Pfahlwand)

Die Messungen erfolgen manuell, alternativ automatisch

Das Messintervall oder die Umstellung auf automatische Messungen richtet sich nach den folgenden Kriterien:

- Kritische Bauphasen
- Verhalten der automatisch überwachten Punkte im Tunnel / Voreinschnitt
  - Inklinometer im Rohrschirm
  - Inklinometer in den Bohrpfahlwänden
  - 3D- Punkte im Tunnel
  - 3D-Punkte an den Bohrpfahlwänden
- Verhalten der Schlauchwaagen im UG Gebäude "Haus am Wald"
- Verhalten der manuell gemessenen 3D-Punkte an den Fassaden
- Verhalten der manuell gemessenen 3D-Punkte am Portal

Aktion	Intervall	Dauer / Betriebszustand
Installation	---	4 Wochen vor Beginn Bauarbeiten Prismen so installieren, dass eine Umstellung auf automatische Messung möglich ist
Nullmessung	---	Nach Installation
Folgemessung	alle 4 Wochen alle 1 Wochen  zusätzliche Messungen  Alle 120 Minuten	Manuelle Messung bis Bauende Grundsätzliches Intervall Während Bauphasen: ...Portal Arosa: Pfahlwand, Aushub, Tunnelabbruch Unterquerung: Stützrippen, Gewölbeabbruch und Sohle Bei speziellen Vorkommnissen oder in heiklen Bauphasen auf Anweisung Bauleitung Automatische Messung auf Anweisung Bauleitung und Bauherr

### 5.6. Rissmessungen (Option)

Aktion	Intervall	Dauer / Betriebszustand
Installation	---	4 Wochen vor Beginn Bauarbeiten
Nullmessung	---	Nach Installation
Folgemessung	Alle 5 Minuten Nach Bedarf auf Anordnung Bauleitung	Automatische Sensoren: Kontinuierliche Messung bis Bauende Manuelle Rissmeter

## 6. Auswertung

- Bei automatischen Messungen müssen die Auswertungen unmittelbar nach der Messung automatisiert erstellt werden und die Resultate (Grafiken/Tabellen) müssen unmittelbar danach auf der Online-Plattform verfügbar sein.
- Bei manuellen Messungen müssen die Auswertungen innerhalb von 24h nach Ende der Messungen erfolgen und die Resultate auf der Online-Plattform bereitgestellt werden.
- Alle Messungen, manuell oder automatisch müssen auf der Online-Plattform verfügbar sein.

## 7. Grenzwerte

Die Grenzwerte werden vor Baubeginn durch den Bauherrn oder seinem Vertreter festgelegt.

## 8. Alarmierung

- Die Alarmierung muss bei automatischen Messungen automatisiert sein
- Die Alarmierung muss auch die manuellen Messungen beinhalten, sobald diese im System (Online-Portal) verfügbar sind
- Das Alarmsystem muss eine Quittierung durch den Empfänger zulassen
- Das Alarmsystem muss eine 3-stufige Alarmierung zulassen
  - 1. Stufe: Aufmerksamkeitswert AMW
  - 2. Stufe: Interventionswert IW
  - 3. Stufe: Soforteingriffswert SEW
- Das Alarmierungskonzept wird vor Baubeginn durch den Bauherrn oder seinen Vertreter erarbeitet. Es regelt die Zuständigkeiten und Abläufe im Alarmfall, sowohl für manuelle als auch automatische Messungen.

## 9. Online-Plattform

Das Online-Portal muss folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Passwortgeschütztes Login
- Zugriff für alle Projektbeteiligten
- Kartendarstellung mit eingezeichneten Überwachungspunkten
  - Zoomen
  - Verschieben
  - Markierung von Punkten mit Alarmstatus
- Diagramm-Darstellung aller Resultate in grafischer Form
  - Eingezeichnete Alarmgrenzwerte
  - zoomen in Zeit- und Wertachse
  - Individuell anpassbar
  - PDF und Datenexport in Excel
- Alarmierung

Amberg Technologies AG

Thomas Heiniger