

## Sicherungsmaßnahmen Klosterhügel Werthenstein LU, Vorstudie



Dr. Klaus Louis-Meier  
Dipl. Geologe CHGEOL

Naturgefahren  
Geotechnik  
Umweltgeologie



Ausschnitt der topographischen Karte der Schweiz 1: 25'000, Blatt 1149 (Quelle: Swisstopo).



Blick Richtung Ostseite der Klosteranlage.



Blick Richtung Nordostseite der Klosteranlage.

### Auftraggeber

Dienststelle Immobilien Kanton Luzern

### Projektbeschreibung

Wiederholte Felssturz-Ereignisse aus der östlichen Felswand unterhalb des Klosters Werthenstein, auftretende Böschungsrutsche sowie ein Mauereinsturz liessen bei der Dienststelle Immobilien die Befürchtung aufkommen, dass der Abstand zwischen der 50 m hohen, steil abfallenden Hangkante und der Klostermauer immer kleiner werden und so die Rissbildung in der Mauer substanz fördern oder gar zu weiteren Mauereinstürzen mit möglichen Folgeschäden am Kloster führen könnte.

Noch während einer ersten geologisch-geotechnischen Bestandsaufnahme ereignete sich am 28. April 2014 nach einer kurzen Vorwarnzeit ein weiterer Felsabbruch. Auslöser war die starke Fusserosion infolge Hochwasser der Kl. Emme.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Vorstudie in Auftrag gegeben, in der mögliche Sicherungsmaßnahmen zur nachhaltigen Konservierung der östlichen Felswand ausgearbeitet werden sollten.

### Projektteam

- Louis Ingenieurgeologie GmbH
- Schubiger AG Bauingenieure

### Ausführungszeitraum

Dezember 2013 – März 2015: Vorstudie

Seit April 2015: Bauprojekt. Voraussichtlicher Baubeginn 2016

Unsere Aufgaben

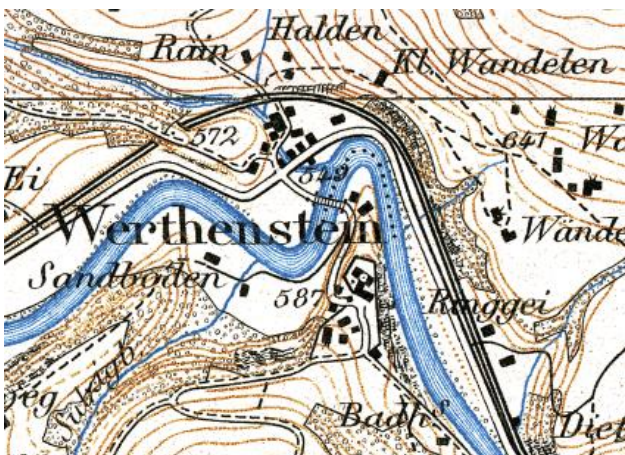
- *Recherche nach vergangenen Ereignissen durch Befragungen Ortskundiger und anhand von alten Land- und Postkarten, Bild- und Textdokumenten.*



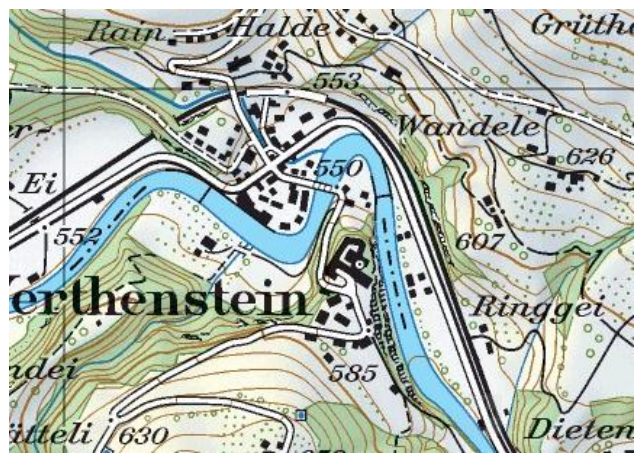
Postkarte von 1971.



Foto vom März 2014 aus der gleichen Perspektive.



Kartenausschnitt von 1891 (Siegfriedkarte)



Kartenausschnitt von 2013.



*Bekannte Sturz- und Rutschereignisse im Hang östlich des Klosters.  
Gelb: Sturzereignisse (FS = Felssturz); grün: Rutschereignisse (R = Böschungsrutsch).*

- **Erstellung eines hochauflösenden digitalen Terrainmodells mit LiDAR als Grundlage für Radarinterferometrie-Messungen und zur Erstellung von Profilaufnahmen**



Gerät zur Erstellung des digitalen Terrainmodells mit der Light Detection and Ranging Laserscan Methode (kurz LiDAR).

Ausführung: Terrasense Switzerland AG.

- **Terrestrische Radarinterferometrie-Messungen (GPR) zur Identifikation instabiler Felsbereiche**



Antenne zur Vermessung der Felswand mittels Radarinterferometrie.

Mit der terrestrischen Radarinterferometrie können Verschiebungen in der Felswand im mm-Bereich gemessen werden.

Ausführung: Terrasense Switzerland AG.

- **Geologische und strukturgeologische Aufnahmen am hängenden Seil**



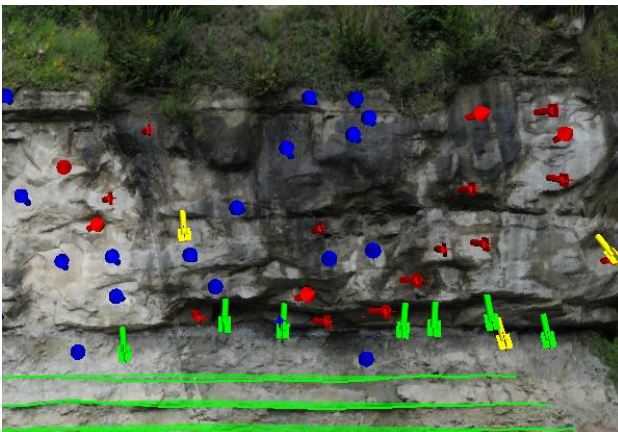
An repräsentativen Stellen in der Felswand wurden am hängenden Seil arbeitend die Trennflächen und Lithologien aufgenommen und beschrieben.

- Erfassung der Felswand mit einer kalibrierten Kamera und Generierung eines 3D-Bildes aus sich überlappenden, stereoskopischen Bildpaaren



Bildaufnahmen mit einer kalibrierten Kamera zur Erstellung von 3D-Bildern durch die Firma 3GSM GmbH, Graz.

- Strukturgeologische Analyse der 3D-Bilder mit der Software ShapeMetriX3D



Strukturanalytische Auswertung der 3D-Bilder mit ShapeMetriX3D.

- Felsmechanische Laboruntersuchungen zur Ermittlung der felsmechanischen Kennwerte



Vorbereiteter Nagelfluh-Würfel für die Druckfestigkeitsmessungen.

➤ **Destruktive Horizontalbohrungen und Bohrloch-Kameraaufnahmen zur Erkundung der Kluffverhältnisse innerhalb des Gebirges**



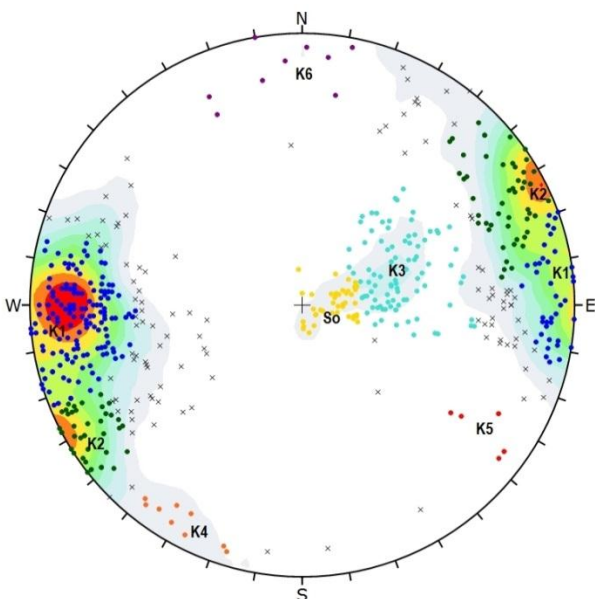
Destruktive Horizontalbohrungen zur Detektion des Kluffgefüges und der Felseigenschaften innerhalb des Gebirges.

Die Bohrungen wurden durch die Firma Küttel Felstechnik GmbH ausgeführt.

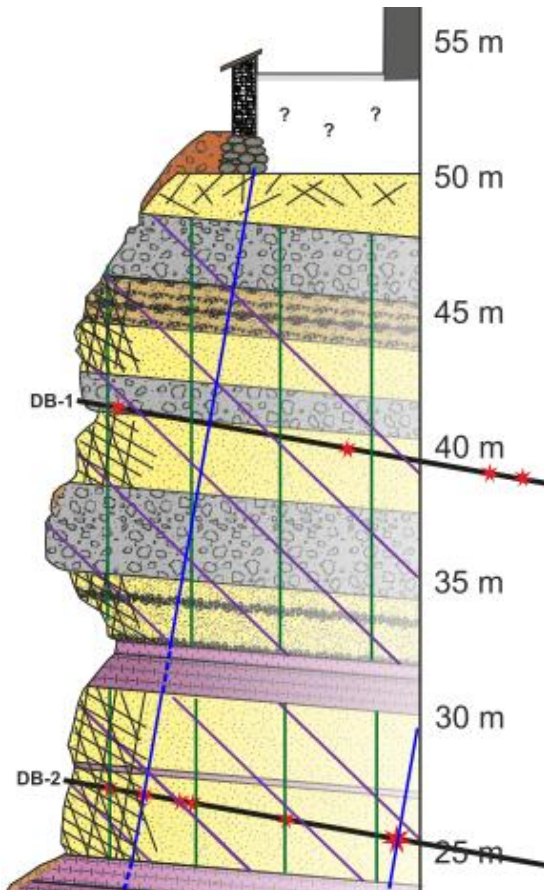


Videoaufnahmen mit einer Bohrlochkamera.

➤ **Darstellung sämtlicher geologischen und strukturellen Aufnahmen in Höhenprofilen und stereographischen Projektionen**



Stereographische Projektion (untere Halbkugel) aller (im Feld und mit ShapeMetriX3D) identifizierter Trennflächen sowie deren mittleren Orientierungen mit der Software DIPS 6.0.



Höhenprofil mit allen im Feld, Büro und Labor gewonnenen geologischen und struktur-geologischen Erkenntnisse, zur Beurteilung der Stabilitätsverhältnisse und als Grundlage für die Massnahmenplanung.

➤ **Ermittlung der „Problemstellen“ und Beurteilung der Gefährdung**



Anhand der vorgefundenen Erkenntnisse wurden mögliche Gefahrenstellen und Szenarien untersucht (links) und anschliessend eine Prognose über die künftige Landschaftsentwicklung und die möglichen Einwirkungen auf die Klosteranlage abgeschätzt.

➤ **Massnahmenvorschläge entlang des Ufers der Kleinen Emme und zur Konservierung der Felswand**