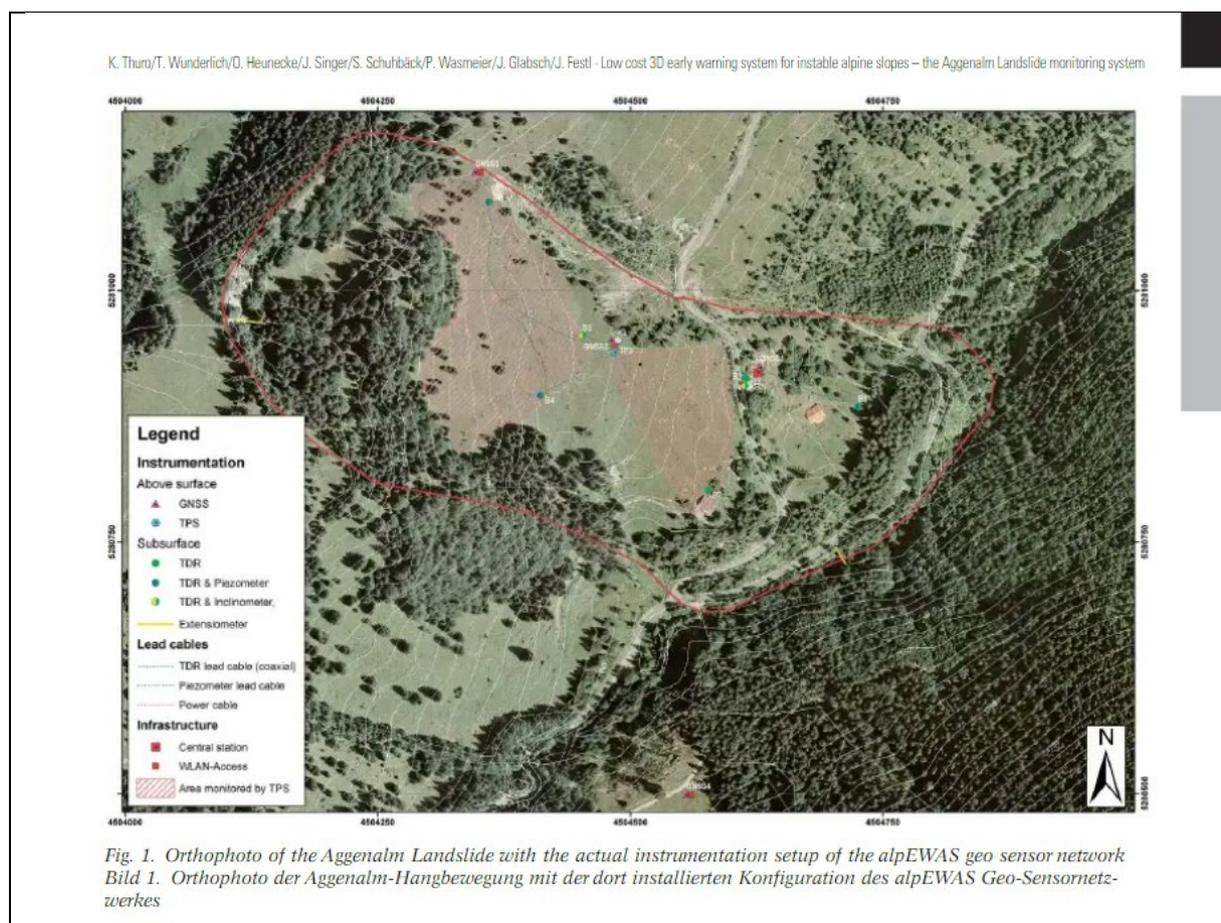


Publikation

Thuro et al. (2009): Kostengünstiges 3D Frühwarnsystem für alpine instabile Hänge – Das Überwachungssystem der Aggenalm-Hangbewegung

In Erweiterung des eigentlichen Referates soll hier eine kostengünstige Methode zur Untersuchung und Überwachung von Rutschhängen beschrieben werden, die im wesentlichen auf einer Forschungsarbeit von Kurosch Thuro et al. (2009) beruht, der im Rahmen verschiedener CAS-Module als Referent gewirkt hat. Mit diesem Monitoring-Setup soll das Gefahrenpotenzial von langsamen und tiefgreifenden Rutschungen erfasst und messtechnisch erfasst werden und so auch das Gefahrenpotential beurteilt werden können. Ziel ist es, statt dem bisher häufigen sporadischen Messeinsatz, zu einer kontinuierlichen Langzeitüberwachung überzugehen, ohne dass dabei die Kosten ausufern infolge von sehr teuren Messinstrumentierungen. Das bei der Aggenalm-Rutschung erprobte «Dauermesskonzept» besteht aus drei Hauptelementen: (I) TDR für die Erkennung von Bewegungen im Untergrund. (II) Low cost GNSS-Überwachung. (III) Reflektorlose Video-Tachymetrie.



(I) In Bohrlöcher, diese können, wenn sie nur diesem Zweck dienen, als sehr kostengünstige Destruktiv-Bohrungen ausgeführt werden, werden halbsteife Koaxial-Messkabel eingelegt und kraftschlüssig einzementiert. Mittels TDR (Time Domain Reflectometry) Messung können an diesen

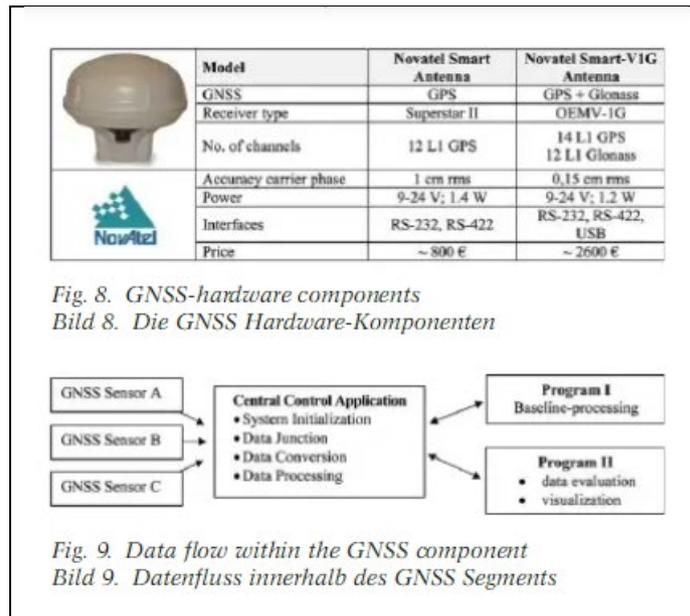
Kabeln die Tiefe und im optimalen Fall ein ungefährender Betrag einer Verschiebung gemessen werden. Das Verfahren funktioniert, stark vereinfacht beschrieben, wie ein elektrisches Inklinometer. Der grosse Vorteil dieser Methode besteht darin, dass der messtechnische Aufwand gering ist und die Messwerte permanent in ein einfaches Daten-Netzwerk eingespeist werden können. Zudem können diese Messkabel noch funktionieren, wenn herkömmliche Inklinometer-Rohre schon abgeschert, zerstört oder deformiert wären und damit nicht mehr gemessen werden könnten. Ausserdem ist wegen der elektronischen Datenübertragung kein gefährlicher Messeinsatz nötig. Die Methode ist allerdings dadurch eingeschränkt, dass sie nur bei eng begrenzten geringmächtigen Gleitflächen eingesetzt werden kann. Aufgrund der inzwischen erfolgten Entwicklungen und Preissenkungen von Sensoren empfiehlt es sich aus heutiger Sicht, in die ohnehin zu erstellenden Bohrlöcher weitere Sensoren einzubauen. Mittels fiberoptischen Kabeln können mehrere übereinanderliegende Gleithorizonte aufgelöst werden und gleichzeitig können die Temperaturen gemessen werden. Der Einbau von (langzeitstabilen!) piezoresistiven Druckgebern erlaubt gleichzeitig die Überwachung der Porenwasserdrücke in verschiedenen Schichten und deren Abgleich mit Meteo-Daten.

(II) Dank neuer Entwicklungen bei Software und Hardware ist es möglich, konventionelle Tachymeter zur flächigen und reflektorlosen tachymetrischen Vermessung von Rutschhängen einzusetzen. Werden sehr schnelle Bewegungen oder Bewegungen mit grossem akutem Gefährdungspotenzial überwacht, werden meist ortsfeste Tachymeter im festen Bereich eingesetzt, die auf Reflektoren im Bewegungsbereich gerichtet sind. Um die kostenintensive Wartung und ggf. den Ersatz von Reflektoren, mit den zugehörigen Gefahren für das eingesetzte Personal, einzusparen, kann mittels reflektorloser Messmethode ein Rutschhang permanent und kostengünstig überwacht werden und die Messdaten können real-time in das entsprechende Daten-Netzwerk eingespeist werden. Gerade in Rutschhängen mit viel Steinschlag ist der Aufwand für Wartung und Ersatz von Reflektoren gross. Die Video-Tachymetrie ist dagegen eine kostengünstige Methode.



*Fig. 6. The IATS prototype in its housing at the test site
Bild 6. Der IATS Prototyp in seiner Einhausung im Versuchsgelände*

(III) Der Einsatz von Low Cost GNSS Überwachungskomponenten bietet eine hohe Genauigkeit und zeigt Absolut-Daten der Verschiebungsvektoren. Die GNSS-Antennen und zugehörigen drahtlosen Übertragungsgeräte sind wetterfest und kostengünstig. Sie können flexibel eingesetzt und vernetzt werden und bieten mit der Genauigkeit im Millimeterbereich wertvolle permanent auslesbare Daten, die ebenfalls in ein Datennetzwerk eingespeist werden können. Bestehende fortschrittliche Software-Lösungen erlauben eine automatische Langzeit-Datenaufzeichnung und eine semi-automatische Daten-Prozessierung und Auswertung. Mithilfe dieser Sensoren werden ausgewählte diskrete Punkte eines Rutschhanges bestückt und vermessen.



Die eingesetzten Sensoren müssen, um entsprechende Kostenvorteile zu generieren und damit günstige Langzeitüberwachungen zu ermöglichen, mittels Datenfernübertragung (z.B. über leistungsfähige LAN-Systeme) zu einem Datenverbund zusammengeführt werden. Post-Processing und Auswertung (ggf. Alarmierung!) können dann am evtl. weit entfernten Arbeitsplatz erfolgen, wo auch die leistungsfähige Analyse-Infrastruktur vorhanden ist, welche zudem für die Bearbeitung verschiedener Rutschungen verwendet werden kann (Dazu Grafik auf der nächsten Seite).

Die oben beschriebenen drei innovativen Methoden sollten meines Erachtens unbedingt ergänzt werden durch eine detaillierte geologische und phänomenologische Kartierung, die nicht nur aktuelle und frühere Anrisse erfasst, sondern auch Phänomene wie Steinschlag etc.

Ohne grossen Aufwand können auch Meteo-Daten permanent erfasst und in den Datenverbund eingespeist werden. Dies vor dem Hintergrund, dass Niederschlag und Temperatur zu den bekannten Triggerfaktoren gehören.

Ebenfalls ohne viel Zusatzaufwand kann die ganze Palette von Bohrlochlogs in den offenen Bohrlöchern gefahren werden, bevor die beschriebene Sensorik permanent eingebaut wird.

Werden die beim Bohrvorgang ohnehin anfallenden Bohrkerne oder ggf. das Bohrklein im Labor untersucht, ist dann der maximal mögliche Informationsgehalt aus den teuren Bohrungen herausgeholt. Aus meiner eigenen praktischen Erfahrung kann ich sagen, dass die Bohrungen unbedingt genügend tief (also viel tiefer als gedacht!) reichen müssen. Ein unrühmliches Beispiel aus der Schweiz ist der Rutschhang Dietli (SG) wo der Hang auf einer sehr (!) tiefliegenden Gleitfläche Richtung Sitter-Tobel rutscht und dabei u.a. die Autobahn gefährdet. Hier wurde eine ganze Reihe von teuren und tiefen Bohrungen ausgeführt, welche auch mit Piezo-Druckgebern instrumentiert wurden – bis sich herausstellte, dass alle Bohrungen wiederholt und tiefer abgeteuft werden mussten, mit entsprechenden Kostenfolgen für die öffentliche Hand !

Fazit: Werden die oben beschriebenen, weitgehend automatisierbaren und kostengünstigen, Messmethoden noch ergänzt durch die in Kap.2 beschriebenen Methoden im Bohrloch und im Labor, kann eine Rutschung mit grösstmöglicher Sicherheit untersucht und permanent überwacht werden. Die Zusammenhänge von beeinflussenden Faktoren und entsprechende Geschwindigkeiten lassen sich so über die Zeit analysieren und vor einer allfälligen Gefährdung kann frühzeitig gewarnt

werden. Ebenso lassen sich so Einfluss und Wirkung von allfälligen Sanierungsmassnahmen evaluieren.

