
Alles bewegt sich – nur wir stehen still?

Martina MITTELBERGER

Landesamt für Vermessung und Geoinformation, Vorarlberg
martina.mittelberger@vorarlberg.at

Inhalt

Automatische Messsysteme, intelligente Sensoren, Robotik und Flugdrohnen. Die Technik scheint den Menschen zu verdrängen, ihn auf die Bedienung aus der (sicheren) Ferne zu reduzieren. In der Theorie klingen all diese Möglichkeiten zum Monitoring sehr verlockend. Automatisierte terrestrische Messsysteme haben sich zwar zur Deformationsmessungen an Bauwerken bereits bewährt, aber bei der Überwachungen von Hangrutschungen setzt das Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG) nach wie vor auf die Personen vor Ort, die die Beobachtungen und Messungen vornehmen.

Was sind die Gründe dafür? Die Kosten? Die Scheu vor neuer Technologie?

Der sehr persönlich gehaltene Bericht aus der Praxis soll diese Fragen beantworten und ein Plädoyer für einfache, kreative aber auch konventionelle Messmethoden bilden.

1 Ausgangssituation

1.1 Es bewegt sich viel im „Ländle“

Vorarlberg ist ein gebirgiges Land mit etlichen instabilen Zonen, in denen Kriechbewegungen im Gange sind. Mitunter sind es besiedelte Hänge, die sich mit einigen Zentimetern pro Jahr dem Tal zu bewegen, aber auch unbewohnte Alpflächen, wo das Schadenspotential gering ist. Dann gibt es eine Rutschung, die ständig in den Schlagzeilen ist, obwohl sie niemand bedroht, aber in dramatischen aussehenden Bewegungsschüben die Landschaft umformt. Während es um einen gefährlichen Felssturz sehr ruhig geworden ist, so ruhig, dass dort Geophone horchen müssen, was der Berg eventuell ausbrütet. Selbst das flache Rheintal ist nicht frei von Bewegungen. Hier sind es die großflächigen Setzungen in manchen Gebieten, die Häuser in Schiefelage bringen.

Diese Vorgänge in der Natur und deren Auswirkungen werden vom LVG mit periodisch wiederkehrenden Vermessungen erfasst und dokumentiert. Das schreit doch förmlich nach Automatisierung!

1.2 Vielfältige technische Möglichkeiten für Monitoringaufgaben

In einem Vortrag über Differentielles Radarinterferometrie-Verfahren (D-InSAR) zur Deformationsüberwachung von Hangbewegungen beim Ingenieurvermessungskurs 2010 in München, hieß es: „Mithilfe der Fernerkundungsmethode D-InSAR ist es möglich, Deformationen der Erdkruste im Millimeterbereich zu erkennen und zu überwachen.“

Das klingt nach der ultimativen Lösung für alle Probleme. Ich will nicht verschweigen, dass in der Studie auch auf gewisse Einschränkungen hingewiesen wurde. Beispielsweise, dass eine Bewegung nur dann detektiert werden kann, wenn sie in „Blickrichtung“ des Satelliten verläuft. Weil die Bewegungsrichtung nicht beeinflusst werden kann, müsste man also den Satelliten anders positionieren?! Und da wäre noch die „Landbedeckung“, die Probleme macht. Gebäude und Straßen würden sich gut für D-InSAR eignen, Vegetation ist schlecht. Maulwurfhügel wohl auch, ergänzte ich in Gedanken, dachte an die rutschenden Alpflächen in Vorarlberg und schloss diese Monitoringmethode aus. Nichtsdestotrotz findet sie beispielsweise in China durchaus nutzbringende Anwendung, siehe Huangtupo Landslide (www.researchgate.net/publication/260288669).

In einem anderen Vortrag wurde der flächige Einsatz von faseroptischen Sensoren zur Überwachung von Rutschhängen propagiert. Eine Art Netz von Glasfasern wird dabei unter der Vegetationsdecke verlegt und liefert danach Daten über Ausbeulungen und Verschiebungen des Geländes. Nachfolgende Abbildung zeigt ein Anwendungsbeispiel in China (<http://spie.org/newsroom/3468-optical-fiber-stress-sensors-predict-landslides>).



Abb. 1: Monitoring einer Hangbewegung über faseroptische Sensoren in China

Ich versuchte mir vorzustellen, wie dieses Verfahren bei der Hangrutschung Sibratsgfall mit einer betroffenen Fläche von 160 ha umzusetzen wäre und kam zum Schluss, dass der österreichische Naturschutz wohl Bedenken äußern würde.

Und wie sieht es mit automatisierten, herkömmlichen Vermessungsmethoden aus? Das Land Tirol setzt beispielsweise zur Beobachtung von Rutschungen sowohl GNSS als auch Tachymeter ein. Warum sollten solche Systeme nicht auch in Vorarlberg von Nutzen sein?

2 Beispiele aus der Praxis in Vorarlberg

2.1 Die Akutsituation – Einsatz von Spionen

Ein Riss im Hang tut sich auf, die in Bewegung geratene Masse bedroht etliche Gebäude am Hangfuß. Es ist Freitagabend, als ein Landwirt die Anzeichen bemerkt und Alarm schlägt. Geologen, Leute von der Wildbach- und Lawinerverbauung und Einsatzkräfte der Feuerwehr brauchen rasch ein Monitoringsystem, das unmittelbar und auch für Laien ablesbar die Geschwindigkeit der Bewegung und Setzung anzeigt. Was tun?

Hier ein paar Beispiele:



Abb. 2:

Vier Pflöcke, ein langes Brett und eine Säge benötigt man für diesen Spion, der die Bewegung an der Abrisskante auf einen Blick deutlich macht



Abb. 3:

Zeigt ein einfaches Messsystem mit 2 Pflöcken und einer beweglichen Latte, die auf einem Nagel aufliegt (im Bild der obere Pflock auf ruhigem Boden).

Viertelstündlich wird mit einem Stift die Position des Nagels angezeichnet. Dahinter ein Bodenpunkt, der über GNSS überprüft wird

Um Daten zu erhalten, die nicht nur die unmittelbare Nähe des Anrissbereichs betreffen, verwendet das LVG auch im Rutschhang fix verankerte 30m Maßbänder (auch länger), die in gewissen Zeitabständen von Personen (Feuerwehr, Anwohner) abgelesen und deren Werte samt Zeitpunkt notiert werden.

Um zu überprüfen, ob der Bereich oberhalb so einer Rutschung stabil ist, reicht mitunter eine RTK-GNSS Beobachtung aus. Mehr dazu im nächsten Kapitel.

2.2 Die Akutsituation - GNSS-RTK für schnelle Lösung

Oft werden im Anfangsstadium einer Rutschung vom Geologen nur „Größenordnungen“ gefordert. Bewegt sich ein Hang um 5, 15 oder 50 cm am Tag? Für solche Aussagen und wenn zudem keine stabilen Bezugspunkte in der Nähe sind, hat sich das Realtime DGNSS (über APOS) sehr bewährt, natürlich nur, wenn die Vegetation und Topografie (Abschattungen) den Einsatz von GNSS zulassen. RTK Messungen haben den Vorteil, dass man bereits am Display die Positionsänderung ablesen kann und die Messung auch im Nebel funktioniert. Denn meist passieren solche akuten Rutschungen während oder kurz nach enormen Niederschlagsereignissen und die feuchte Luft mit Wolken würde eine terrestrische Messung behindern.



Abb. 4:

Beispiel zur Überprüfung, ob der Hang oberhalb des Maßband-Spions ruhig bleibt. Eine terrestrische Messung vom Gegenhang (genauso instabil) wäre hier nicht möglich gewesen

2.3 Die Akutsituation - lokale terrestrische Methode



Abb. 5:

Ein Hang hat sich während heftiger Niederschläge in eine Mure verwandelt und in der Nacht die oberen Stockwerke einer Wohnanlage in Lochau verwüstet

Anforderung an die Vermessung am nächsten Morgen: Permanente Kontrolle des oberen Hanges, während Baggerfahrer versuchen eine Entlastung des Hanges zu erreichen. Bei Anzeichen einer neuerlichen Bewegung im Oberhang müssen die Baggerfahrer sofort den Gefahrenbereich verlassen.

Ein typischer Fall für ein Monitoring mit Alarmfunktion! Allerdings bleibt keine Zeit, so ein Messsystem einzurichten.

Hier ist eindeutig ein Mensch mit kreativen Einfällen gefordert. Das fängt schon damit an, dass ein Standpunkt auf einem Flachdach „vermarktet“ werden muss, dessen wasserdichte Folie keine spitzigen Stativfüße verträgt.



Abb. 6:

Dann werden billige Messmarken auf die Bäume ringsum genagelt und in einem lokalen Bezugssystem terrestrisch bestimmt.

Nach der Nullmessung werden die Punkte über Absteckdaten kontrolliert und die Ergebnisse über Funk an die Einsatzkräfte weitergegeben.

Da das Monitoring durch eine Person erfolgt, die neben den Messwerten auch das Gelände ständig im Auge behält, fühlen sich die Einsatzkräfte sicherer, als wenn sie einem Computer vertrauen müssten.

2.4 Permanente Kriechbewegung – mit geringem Gefährdungspotential

Es gibt in Vorarlberg etliche Hänge, die sich mit einer Geschwindigkeit von einigen Zentimetern im Jahr dem Tal zu bewegen. Diese Hänge werden in regelmäßigen Abständen, meist sind es ein bis zwei Jahresintervalle, beobachtet. Hier würde sich ein automatisches Monitoring weder finanziell noch personell rentieren.

2.5 Eine permanente Kriechbewegung – als Versuchslabor



Abb. 7:

Die Rutschung im Dorener Gschlif genießt großes mediales Interesse, obwohl auch hier keine unmittelbare Gefahr besteht. Aber die hohe Abbruchkante sieht spektakulär aus und in unregelmäßigen Abständen gibt es dramatische Bewegungsschübe mit mehreren Metern pro Tag, wobei sich die teigartige Masse in Richtung Fluss wälzt.

Im Dorener Gschlif wurde über mehrere Jahre hinweg ein terrestrisches automatisches Monitoring betrieben. Einerseits um ein solches System zu testen und die Korrelation zwischen Niederschlag und Bewegung festzustellen, andererseits aber auch, um Präsenz zu zeigen. Eine permanente „Überwachung“ klingt schließlich so, als würde man dem Hang nicht erlauben, etwas Böses zu tun. Ein rotierendes Messgerät erzeugt ein subjektives Sicherheitsgefühl in der Bevölkerung und die Behörden können darauf verweisen, dass man „etwas tut“, wo man sonst ehrlicherweise zugeben müsste, angesichts der Naturgewalt machtlos zu sein.

Später wurde das automatische Monitoring wieder durch eine wesentlich billigere und effizientere menschliche Polarpunktaufnahme im Abstand von 4 - 6 Wochen ersetzt. Beim automatischen Monitoring waren nämlich nicht unbeträchtliche Personalkosten angefallen. Wie das?

Die dauerhafte Stabilisierung der Messpunkte inklusive Messpfeiler und Hütte war ein großes Problem. Die Hütte wies Beobachtungsschlitze und Löcher für die Visur zu den Prismen auf. Bei jedem Bewegungsschub mussten sie nachgesägt werden, bis die Hütte wie ein Schweizerkäse aussah. Da sich auch der Pfeiler infolge der Rutschung neigte, musste das Gerät immer wieder neu horizontalisiert werden. Leider gab es keine andere Möglichkeit für den Standort des Messpfeilers als direkt an der Abbruchkante.

Die im Rutschhang vermarkten Punkte kippten um und mussten oftmals kontrolliert werden, wenn keine Messungen mehr möglich waren. Messpunkte rutschten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und kamen sich in die Quere. Es gab ATR Probleme und falsche Punktzuordnungen. Um das zu vermeiden musste man sehr kurze Messintervalle fahren, um die Punkte quasi zu verfolgen und erzeugte dadurch eine wahnsinnige Datenmenge, die kaum mehr jemand genau ansah.

Als nach Jahren wieder ein Mensch das „Monitoring“ übernahm und die während der Messung gewonnen Daten und Beobachtungen in einem Textbericht zusammenfasste, waren die Ergebnisse nicht nur leichter verständlich, bereits durch einen Lokalausweis überprüft und beurteilt, sondern auch deutlich kostengünstiger zustande gekommen.

Die Dorener Rutschung lockte auch Forscher aus unterschiedlichen technischen Universitäten an. Es wurde beispielsweise untersucht, inwiefern sich Bewegungsgrößen aus dem Vergleich von Höhendaten aus Lasermessungen ableiten ließen. Könnte man eventuell ein Monitoring erreichen?

Das Ergebnis der Auswertung machte zwar die Massenbewegung und die veränderten Kurvaturen sichtbar. Die Bewegungsgeschwindigkeit ließ sich aber nicht genau ermitteln, da die Masse zu amorph war. Es fehlten identifizierbare Objekte, die auf diesem Mergel-Flyschbrei mitschwammen. Und somit waren die diskreten Einzelpunktmessungen diesbezüglich aussagekräftiger.

2.6 Rutschung mit hohem Gefährdungspotential – Alarmierungssystem

Automatisierte Messverfahren sind dann unumgänglich, wenn Gefahr droht und Warnungen unabhängig von Arbeitszeiten eines Vermessers erfolgen müssen.

Am Eingang des Gargellnertales in Vorarlberg befindet sich das Mäßtobel, in dessen oberen Teil ein Felskopf mit einem Ausmaß von 750.000 Kubikmetern in Auflösung begriffen ist. Würde er plötzlich ins Tal stürzen, könnte er den Bach stauen und dieser die daneben befindliche Landesstraße mitreißen.



Abb. 8:
Seilextensometer mit rot nachgezeichneten Seilen, auf der Oberkante des Felskopfes

Zur Sicherheit wurde eine Ersatzstraße geschaffen (Umfahrung) und eine Ampel installiert, die über ein automatisches Alarmsystem gesteuert wird.

Das Gesteinsmaterial im Mäßtobel bewegt sich mit bis zu 8 Zentimetern im Jahr. Um diese Bewegung zu erfassen, wurden neun Prismen fest verankert. Diese Prismen werden vom 2,5 Kilometer entfernten Gegenhang aus einmal im Jahr terrestrisch eingemessen. Für ein funktionierendes Alarmsystem wäre diese Messanordnung nicht geeignet gewesen.

Daher basiert das automatische Überwachungssystem nur auf Sensoren. Einerseits sind dies Seilextensometer, die den gefährdeten Felskopf mit der stabilen Felswand verbinden, andererseits sind es Geophone im unteren Teil des Mäßtobels, die hören, wenn Steine ins Tal poltern und daraus sowohl Größe als auch Geschwindigkeit eines Ereignisses berechnen können. Im Extremfall schaltet die Ampel an der Landesstraße auf Rot.

In Kombination mit den Ergebnissen der „händischen“ terrestrischen Beobachtung vom Gegenhang aus ergibt sich ein halbautomatisches Monitoring: Sehr effektiv und verlässlich, was das Alarmsystem betrifft, sehr kostengünstig und dennoch ausreichend in Bezug auf das Bewegungsverhalten des Gebietes.

3 Zusammenfassung

Trotz aller moderner technischen Möglichkeit hat sich in der Vorarlberg Landesverwaltung noch kein vollautomatisches Monitoring bei der Überwachung von Hangrutschungen „bezahlt“ gemacht.

In der Akutphase werden sofort Ergebnisse verlangt. Die Messmethode muss daher leicht verständlich, einfach anwendbar und individuell an die Situation anpassbar sein. So flexibel und kreativ ist nur der Mensch.

Bei Dauerbeobachtungen besteht die Gefahr eines „Datenfriedhofs“. Ohne Interpretation (Mensch) sieht sich kaum jemand die Messwerte an. Oftmals scheint das Monitoring als Alibi für konkretes Handeln und zur Erzeugung eines subjektiven Sicherheitsgefühls bei der Bevölkerung zu dienen. Als Alternative dazu böten sich Ehrlichkeit und Kostenvahrheit in Kombination mit gezielten Vermessungen an.

Kriechbewegungen mit maximal 10 cm im Jahr benötigen normalerweise keine permanente Überwachung. Zumal die Messgenauigkeiten deutlich über der täglichen (wöchentlichen) Bewegungsrate liegt. Die Fehleranfälligkeit ist zudem groß. Halbjährliche oder jährliche „herkömmliche“ Vermessungen sind in solchen Fällen meist wesentlich günstiger.

Es gibt Gefahren, die sich nicht ankündigen. Die Rappenlochschluchtbrücke beispielsweise stürzte ohne jede Vorwarnung oder Anzeichen ein. Beim Mäßtobel, wo ein Felssturz droht, ist deshalb ein Alarmsystem installiert, das über Sensoren funktioniert. Diese messen nicht das Bewegungsverhalten sondern melden ein Ereignis.

Fazit: Derzeit gibt es in der Vorarlberger Landesverwaltung keine Hangbewegung, für deren Überwachung ein automatisches Monitoringsystem besser geeignet wäre, als eine „herkömmliche“ Vermessung durch Personen.

Und der Grund liegt nicht darin, dass bei uns Stillstand (siehe Vortragstitel) herrscht: Im Gegenteil. Der Vorteil des Menschen gegenüber eines Roboters besteht darin, dass der Mensch sehr flexibel, kreativ und anpassungsfähig ist, in einem Wort: beweglich.