



“Die Möglichkeiten
haben keine Grenzen”



**Validierung von satellitengestützten und terrestrischen
Monitoringsystemen für die Messung von Bodenverformungen**

**Deliverable
D.2.01**

**Inventar der Methoden und
der Instrumente zur
Erfassung von
Bodenverformungen**

Datum: 05.2012

Das Projekt SloMove wird vom Programm Interreg IV (FESR) kofinanziert
Europäische territoriale Kooperation Italien-Schweiz 2007-2013

www.SloMove.eu

Danksagung

Dank der Unterstützung von folgenden Körperschaften wurde die Ausführung des Projektes erst ermöglicht:

- Kofinanzierung durch das Interreg-Programm IV europäische territoriale Kooperation Italien – Schweiz 2007 – 2013, Convezion ID 27384220;
- Kofinanzierung durch die Autonome Provinz Bozen;
- Kofinanzierung durch die Europäische Akademie Bozen EURAC
- Kofinanzierung durch das WSL -Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

Kontakte:

Lead Partner (Management)

Amt für Geologie und Baustoffprüfung, Autonome Provinz Bozen, Südtirol

Eggentalerstrasse 48

I-39053 Kardaun (BZ)

Verantwortliche

Claudia Strada

Tel +39 0471 361564

Fax +39 0471 361512

E-Mail: claudia.strada@provinz.bz.it

Wissenschaftliche Koordination

Institut für Angewandte Fernerkundung Europäische Akademie Bozen EURAC

Drususallee 1

I-39100 Bozen (BZ)

Verantwortlicher

Giulia Chinellato

Tel +39 0471 055387

Fax +39 0471 055389

E-Mail: christian.iasio@eurac.edu

Die Daten und die Informationen, welche in diesem Dokument wiedergegeben werden, zeigen Ideen und Erfahrungen der Autoren. Die Verwaltungsbehörden und Partnerinstitutionen des Projektes sind für die Nutzung der hier wiedergegebenen Informationen nicht Verantwortlich.

Das Projekt SloMove

Die Entstehung des Projektes SloMove beruht auf das Anliegen das heutig technisch zur Verfügung stehende Monitoringpotential für die Messung von Bodenverformungen zu verbinden. Weiters soll es für die Raumreglementierung und -planung eingesetzt werden. Dieses Bedürfnis ist vor allem im grenzüberschreitenden Hochgebirge gefragt, diese Teilen die Sicherung von wichtigen strategischen Verbindungsinfrastrukturen.

Allgemeine Ziele

- Abschätzung von Nutzen und Grenzen von satellitengestützter Radarinterferometrie für das Monitoring von Bodenverformungen im Hochgebirge;
- Optimierung der Monitoringprozeduren indem die durch terrestrischen Methoden erhaltenen Daten zur Validierung der Daten aus satellitengestützter Radarinterferometrie genutzt werden;
- Festigung des Grundwissens der Techniker über die Standardanwendung von SAR- und Geländedaten für das Monitoring von Hangbewegungen.

Spezielle Ziele

- Ausbildung des Personals durch gezielte Fortbildung in die einzelnen Ausarbeitungstechniken von Radardaten und der Implementierung von integrierten Monitoringsystemen, satellitengestützt wie auch terrestrisch;
- Test des integrierten Monitorings auf gut bekannten Untersuchungsgebieten;
- Erstellung eines Protokolls über die Anwendung der Monitoringmethoden (Planung und Prävention). Es sollten die limitierenden Faktoren und Erfordernisse aufgelistet werden, welche in den verschiedenen untersuchten Territorien, vor allem im alpinen Raum auftreten;
- Produktion und Verbreitung der Monitoringmethoden und der Prozeduren für die Anpassung der Verwaltungsverfahren zum Risikomanagement. Dies soll durch das erstellen von Leitfäden und Handbücher für die Techniker der öffentlichen Verwaltung und technischen Büros erfolgen. Dabei soll ein effizienter Informationsfluss garantiert werden zwischen Monitoring- und Planungsphase.

Methoden

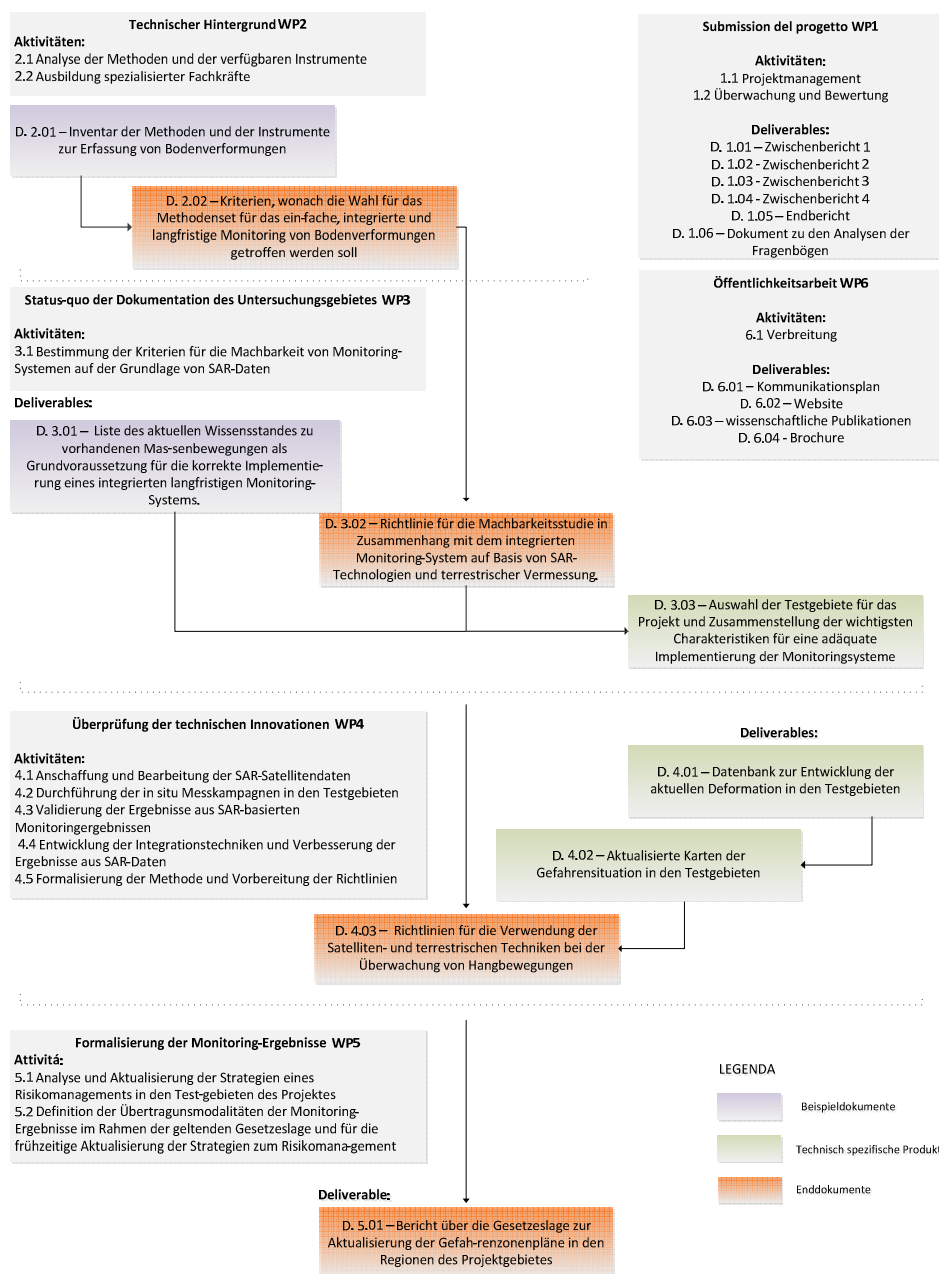
- satellitengestützte SAR Multi-Interferometrie;
- Terrestrial Laser Scanner;
- Differenzieller GPS;
- Auswertung der Daten zwischen Technikern und Administratoren

Dokumentation

Das Projekt besteht aus vier technisch operativen Arbeitspaketen und zwei weiteren Paketen, welche sich um Management und Öffentlichkeitsarbeit kümmern.

Der Fortschritt dieser Aktivitäten wird in vier Zwischenberichten und einem Endbericht wiedergegeben.

Die Produkte aus Forschung, Entwicklung und methodologischer Innovation werden in folgender Weise wiedergegeben: vier Dokumenten bzw. Leitlinien zur generellen Veranschaulichung, zwei Beispieldokumente mit Datenbanken und aktuellen Kartenmaterial des Testgebietes. Die Verbindung zwischen den einzelnen Dokumenten wird im Diagramm dargelegt:



Partner & Autoren

Italien

Lead Partner

Amt für Geologie und Baustoffprüfung
Autonome Provinz Bozen

Volkmar Mair
Claudia Strada
David Mosna

Partner 1

Institut für Angewandte Fernerkundung
Europäische Akademie Bozen EURAC

Christian Iasio
Giulia Chinellato

Schweiz

Partner 3

WSL -Institut für Schnee- und Lawinenforschung
SLF

Marcia Phillips
Robert Kenner

Partner 4

Abenis A.G. Ingenieure und Planer

Andreas Zischg

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung.....	8
2. Aufbau der Tabelle	9
3. Tabelle 2.02.1	9
4. Glossar	11

1. Vorbemerkung

Die vorgestellten Unterlagen stimmen mit den im Workpackage 2 in Hinblick auf die Verbreitung und die Förderung alternativer, nicht kommerzieller Methoden zur Messung von Bodenverformungen vorgesehenen Zielen überein. Der erste Schritt besteht in der Überprüfung der auf dem Markt verfügbaren Monitoringtechniken, wobei die von der wissenschaftlichen Forschung entwickelten Techniken näher betrachtet werden.

Das konkrete Ziel des vorliegenden Dokuments ist die Bestandsaufnahme der Stärken und Schwächen und der wichtigsten bei den Messungen und beim Monitoring der Bodenverformungen eingesetzten satellitengestützten und terrestrischen Technologien, um eine Auswahl nach ihren jeweiligen Anwendungsbereichen zu treffen.

Das vorliegende Dokument enthält eine tabellarische Liste der bei der Untersuchung von Massenbewegungen, insbesondere bei Rutschungen und Stürzen, am häufigsten verwendeten Techniken und Instrumente. Die Tabelle 2.01.1 fasst die wichtigsten Eigenschaften der aufgelisteten Technologien zusammen, da sie für die mit der Planung der Messungen beauftragten Techniker in Hinblick auf die durch das Monitoring ermittelbaren Informationen sowie die entsprechenden Kosten und Zielsetzungen als relevant und nützlich erachtet werden. Mit dem vorliegenden Dokument sollen Informationen über die verschiedenen existierenden Untersuchungsmethoden geliefert und somit eine Hilfestellung für die Auswahl der für das Monitoring spezifischer Naturphänomene am besten geeigneten Methoden geboten werden.

Die Felder in Tabelle 2.01.1 werden durch ein kurzes Glossar ergänzt, das als Leseschlüssel für die gesamte Tabelle dient.

Weiters soll die Tabelle als laufend zu aktualisierendes Instrument für die direkte Auswahl jener Untersuchungsmethoden dienen, die für das Monitoring und/oder Frühwarnsystem für Naturgefahren am geeignetsten sind.

Dazu werden folgende Dokumente aufgeführt:

- **Tabelle 2.01.1 – Beschreibung der verfügbaren Technologien**
- **Glossar**

2. Aufbau der Tabelle

Die Liste enthält ein Set von Methoden, die in die drei große Hauptgruppen - Fernerkundungen, terrestrische und In-situ-Erkundungen unterteilt sind. Der logische Aufbau der Tabelle steht in Verbindung mit dem Prozess zur Auswahl der Technologie und der Methode, die in einem Bereich, in dem das Auftreten des betreffenden Phänomens bekannt ist, eingesetzt werden soll. Der Untersuchungsmaßstab, der Grund der Untersuchung des Phänomens und seine Art müssen bereits zu Beginn der Vorentscheidungsphasen bekannt und festgelegt sein. Auf diesen ersten Schritt folgt die Auswahl der Technik, mit der die erwarteten Ergebnisse in Bezug auf die Genauigkeit der Aufnahme, der Verformungsrange und die Art des ausgegebenen Produkts (Output) bereit gestellt werden können; in den letzten Feldern sind die Beschränkungen der Anwendbarkeit der mit technischen und wirtschaftlichen Faktoren (Kosten) in Zusammenhang stehenden Methoden angeführt. Dieses letzte Feld verliert proportional zur Erhöhung der sozio-ökonomischen Relevanz der untersuchten Zone an Bedeutung.

Die in der Tabelle enthaltenen Informationen entstammen mehreren bibliographischen Quellen, darunter spezialisierte Privatfirmen, Tarifverzeichnisse von Berufskammern und Berater im Bereich Umweltmonitoring; im Kostenfeld entsprechen die angegebenen Werte dem aus diversen Kostenvoranschlägen und Leistungsverzeichnissen entnommenen Modalwert.

3. Tabelle 2.02.1

Tecnologie disponibili	Metodologie di acquisizione dati	Sorgente del dato	Finalità	Campo di applicazione	Scala di applicazione	Tipo di fenomeno	Incertezza della misura	Tasso di deformazione osservabile	Informazioni fornite			Intervallo temporale di misura	Disponibilità dei dati	Limitazioni all'applicabilità	Costi	
									velocità	limiti spaziali	andamento delle deformazioni				Categoria di costo	Costo unitario
Rilievo di campagna e misura distanziometriche tra punti fissi		Operatore	Monitoraggio	deformazioni del suolo	da puntuale a locale	Scivolamento, Crolo	da cm a dm	basse velocità	no	si	si	a richiesta	real time	accessibilità, condizioni meteo e di pericolo	basso (1 rilievo - 1 misura)	costo operatore / h
Inclinometro		Sensore	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	puntuale	Scivolamento in materiale sciolto	mm	da basse a alte velocità	si	no	si	a richiesta - in continuo	non real time	rottura del tubo	medio (1 inclinometro)	euro/m 8,00
Potenzometro		Sensore	Monitoraggio, Early warning system	deformazioni del suolo e di strutture	puntuale	Crolo, indiretto: Scivolamento	mm	da basse a alte velocità	no	no	si	in continuo (10 sec)	non real time	Croli, rottura	basso (1 sensore)	euro/pz 400,00
Potenzometro a corda vibrante		Sensore	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	puntuale	Crolo, indiretto: Scivolamento	mm	da basse a alte velocità	no	no	si	in continuo (10 sec)	non real time	Croli, rottura	basso (1 sensore)	euro/pz 400,00
Fessurimetro		Vetrino graduato	Monitoraggio	deformazioni di strutture e ammassi rocciosi	puntuale	Crolo, indiretto: Scivolamento	mm	da basse a alte velocità	no	no	si	a richiesta	real time		basso (1 sensore)	euro/pz 8,00
Clinometro mono - biassiale		Sensore	Monitoraggio, Early warning system	deformazioni di strutture e ammassi rocciosi	puntuale	Crolo	mm	da basse a alte velocità	no	no	si	in continuo (10 sec)	real time		medio (1 sensore)	euro/uno 1200,00
Clinometro rimovibile		Sensore	Monitoraggio, Early warning system	deformazioni di strutture e ammassi rocciosi	puntuale	Crolo	mm	da basse a alte velocità	no	no	si	in continuo (10 sec)	real time		medio (1 sensore)	euro/uno 4000,00
Livello ottico, teodolite, stazione totale	Livellamento	Laser	Monitoraggio	misure di quote	puntuale (con estensione a locale)	Scivolamento	da mm a cm	da basse a medie velocità	no	no	no	a richiesta	real time	base di appoggio, alte distanze - bassa precisione, visibilità, accessibilità	basso (1 misura)	euro/acquisizione 300,00-100,00
	Triangolazione	Laser	Monitoraggio	misure di distanze e angoli	puntuale (con estensione a locale)	Scivolamento	mm	da basse a medie velocità	no	no	no	a richiesta	real time	trasferimento dati, alta distanza-bassa precisione, temperatura e pressione atm., accessibilità	basso (1 misura)	euro/acquisizione 300,00-100,01
	Trilaterazione	Laser	Monitoraggio	misure di distanze e angoli	puntuale (con estensione a locale)	Scivolamento	mm	da basse a medie velocità	no	no	no	a richiesta	real time	trasferimento dati, alta distanza-bassa precisione, temperatura e pressione atm., accessibilità	basso (1 misura)	euro/acquisizione 300,00-100,02
Misure di distanza	Laser	Monitoraggio	misure di distanze e angoli	puntuale (con estensione a locale)	Scivolamento	mm	da basse a medie velocità	no	no	no	a richiesta	real time	trasferimento dati, alta distanza-bassa precisione, temperatura e pressione atm., accessibilità	basso (1 misura)	euro/acquisizione 300,00-100,03	
Stazione totale integrata con GPS		Laser - (Satellite)	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	locale	Crolo, Scivolamento	da mm a cm (in funzione della distanza)	da basse a alte velocità	si	si	si	1-2 sec	(near) real time	grande distanza-bassa precisione, temperatura e pressione atm., accessibilità, visibilità dei satelliti, ostacoli naturali e/o artificiali, disturbi (radio, alte frequenze)	alto (necessario acquisto strumentazione)	(strumentazione) 15.000,00-30.000,00 euro
Misure GPS	Gps statico	Satellite	Monitoraggio, Early warning system	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Scivolamento	mm	da basse a medie velocità	si	no	no	a richiesta	no real time	temperatura e pressione atm., accessibilità, visibilità dei satelliti, ostacoli naturali e/o artificiali, disturbi (radio, alte frequenze), range di deformazione	medio (1 misura senza acquisto strumentazione)	(strumentazione doppia frequenza) 10.000-15.000
	Gps statico- rapido	Satellite	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Scivolamento	from mm to cm	da basse a medie velocità	si	no	si	30 sec		temperatura e pressione atm., accessibilità, visibilità dei satelliti, ostacoli naturali e/o artificiali, disturbi (radio, alte frequenze), range di deformazione	medio (1 misura senza acquisto strumentazione)	
	Cinematico	Satellite	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Scivolamento	da dm a m	da basse a medie velocità	si	no	si	1-2 sec		temperatura e pressione atm., accessibilità, visibilità dei satelliti, ostacoli naturali e/o artificiali, disturbi (radio, alte frequenze), range di deformazione	medio (1 misura senza acquisto strumentazione)	
	Gps RTK	Satellite	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Scivolamento	da cm a dm	da basse a medie velocità	si	no	no	5 sec		temperatura e pressione atm., accessibilità, visibilità dei satelliti, ostacoli naturali e/o artificiali, disturbi (radio, alte frequenze), range di deformazione	medio (1 misura senza acquisto strumentazione)	
	Continuo (o permanente)	Satellite	Monitoraggio, Early warning system	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Crolo, Scivolamento	mm	da basse a alte velocità	si	no	si		real time	temperatura e pressione atm., accessibilità, visibilità dei satelliti, ostacoli naturali e/o artificiali, disturbi (radio, alte frequenze), range di deformazione	alto (misura con acquisto strumentazione)	
Aereo laser scanning		Laser	Monitoraggio	cartografia e modelli digitali, deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a regionale	Scivolamento, Colate	da dm a m	medie-basse velocità	no	si	no	a richiesta	non real time	pendenza, copertura del suolo, visibilità	alto (1 rilievo * km²)	1500-2000 euro/km²
Aerofotogrammetria		Immagine	Monitoraggio	cartografia e modelli digitali, deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a regionale	Crolo, Scivolamento, Colate	da cm a dm	medie-alte velocità	no	si	no	a richiesta	non real time	condizioni meteo, sovrapposizione trasversale (20%) e longitudinale (60%), lunghi tempi di elaborazione	alto (1 rilievo * ettaro)	2000 euro/ha
Interferometria differenziale	DiSAR	Radar satellitare	Analisi post-quem	cartografia e modelli digitali, deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a regionale	Scivolamento	cm	basse velocità	si	si	si	ogni 4-46 giorni	non real time	esposizione e pendenza del sito, copertura del suolo, range di deformazione	medio (min. 2 scene)	euro/scena 400,00-800,00
Interferometria multi-temporale	Scatteratori esistenti	Radar satellitare	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a regionale	Scivolamento	mm		si	si	si	ogni 4-46 giorni	non real time	esposizione e pendenza del sito, copertura del suolo, range di deformazione, presenza di riflettori	medio-alto (min. 15-20 scene)	euro/scena 400,00-800,00
	Riflettori artificiali	Radar satellitare	Monitoraggio	deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a regionale	Scivolamento	mm		si	si	si	ogni 4-46 giorni	non real time	accessibilità, esposizione e pendenza del sito, copertura del suolo, range di deformazione	medio-alto (min. 15-20 scene)	euro/scena 400,00-800,00 + euro/corner 500,00
SAR da terra	Scansione SAR	Radar	Monitoraggio/Early warning	modelli digitali, deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	(Crolo), Scivolamento	mm-cm	medie-basse velocità	si	si	si	a richiesta	near real time	accessibilità, visibilità, pendenza del sito, caratteristiche della superficie	medio (1 indagine)	8000 euro/indagine
Laser scanning da terra	Scansione Laser	Laser	Monitoraggio/Early warning	modelli digitali, deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Crolo, Scivolamento	da mm a cm	medie-basse velocità	si	si	si	a richiesta	near real time	accessibilità, visibilità, pendenza del sito, caratteristiche della superficie	basso (1 misura)	1000 euro/h
Fotogrammetria terrestre	Ripresa fotogrammetrica	Immagine	Analisi post-quem	modelli digitali, deformazioni del suolo e di strutture	da puntuale a locale	Crolo, indiretto: Scivolamento	> cm	medie-alte velocità	no	si	no	a richiesta	non real time	accessibilità, visibilità, pendenza del sito	medio (min. 10 fotogrammi)	100 euro/fotogramma

4. Glossar

Dieser Abschnitt bietet die notwendigen Informationen zur richtigen Interpretation der Tabelle 2.01.1. Nachstehend ein Überblick über die Felder der genannten Tabelle und eine zusammenfassende Beschreibung.

- 1. Verfügbare Technologien:** Es werden die derzeit auf dem Markt verfügbaren und für das Monitoring von Bodenverformungen mit satellitengestützten und terrestrischen Technologien, die vor Ort installierte Sensoren oder elektromechanischen Geräte verwenden, am weitesten verbreiteten Technologien aufgeführt.
- 2. Datenerhebungsmethoden:** Für einige Messtechniken stehen diverse Datenerhebungsmethoden zur Verfügung. Ein Beispiel sind die GPS-Messungen, die - manchmal auch unter Nutzung derselben Instrumente - Erhebungsmethoden anwenden, mit denen Daten unterschiedlicher Genauigkeitsgrade und Messfrequenzen geliefert werden können.
- 3. Datenquelle:** das Instrument/die Technologie, mit der die Daten erhoben wurden. Im gegenständlichen Fall wurden Fernerkundungs-Technologien herangezogen, die Quellen wie Mikrowellen, Radar, Laser und optische Sensoren verwenden. Es wurden auch Methoden berücksichtigt, die vor Ort zu installierende Sensoren und elektromechanische Geräte verwenden.
- 4. Zielsetzung:** die Untersuchung hat drei unterschiedliche Zielsetzungen: die Aktualisierung der Karten (oder DEM), das einfache Monitoring und die Notwendigkeit, sich mit einem Warnsystem (EWS) auszustatten.
- 5. Anwendungsbereich:** es sind die häufigsten Anwendungsbereiche der Methode angegeben, die für die Bewertung der Zuverlässigkeit der Messung und der Möglichkeit, verwendbare und angemessene Daten zu erhalten, gewählt wurde. Jede Messmethode eignet sich mehr oder weniger gut für die Untersuchung bestimmter Prozesse (z. B. Unterscheidung zwischen langsamen und schnellen Phänomenen) oder für die Erstellung spezifischer Outputs (z. B. digitale Bodenmodelle).
- 6. Anwendungsmaßstab:** gemeinsam mit dem Anwendungsbereich ist dies die wesentliche Information für die erste Auswahl der einzusetzenden Methode. In der nachstehenden Tabelle ist ein Beispiel für die Bedeutung der drei berücksichtigten Maßstabklassen zusammengefasst.

Anwendungsmaßstab	Beschreibung
punktuell	z. B.: Monitoring eines lokalen
Gebäudes	z. B.: Monitoring eines regionalen
Erdrutsches	z. B.: Untersuchung über die regionale Verteilung der Rutschungen

- 7. Art des Phänomens:** auf der Grundlage der Definitionen von Cruden-Varnes (1996) wurden 3 Makroklassen in Betracht gezogen: 1) Stürze (Kippprozesse und Steinlawinen); 2) Rutschungen (in Lockergestein und Fels, rotationale und traslationale Rutschungen und langsame Murenabgänge); 3) schnelle Murenabgänge (darunter versteht man hochenergetische Murengänge);
- 8. Ungewissheit der Messung:** Ausmaß der **Ausbreitung** der Messungen und des daraus folgenden beobachteten Mittelwertes, der um den Realwert liegt, wobei ein vom Instrument und vom Techniker vorgegebener konstanter Präzisionsgrad angenommen wird.
- 9. Beobachtbare Verformungsrate:** in diesem Feld sind die messbaren Verformungsraten angegeben. Die mittlere Verformungsrate und die erwartete sofortige Verschiebung beeinflussen die Wahl der Messtechnologie und der Messmethode stark.

Geschwindigkeit	Klasse
langsam	0.000005-<0.05 mm/s
mittel	0.05-<5 mm/s
schnell	5 mm/s-5 m/s

- 10. Bereit gestellte Informationen:** In diesem Feld wird die Art der durch die Messung gelieferten Information angegeben. In Hinblick auf das Monitoring von Bodenverformungen, insbesondere von Rutschungen im Fels oder im Lockermaterial, spielen die Geschwindigkeit, die räumlichen Grenzen

und der Verlauf der Verformung eine wesentliche Rolle. In der Tabelle ist angegeben, ob diese Angaben geliefert wurden oder nicht.

11. Messintervall: gibt das Messintervall für die Datenerhebung an. In der nachstehenden Tabelle sind die Informationen für die richtige Interpretation des Feldes angegeben.

auf Anfrage	Die Messung wird bei Bedarf durchgeführt.
fortlaufend	Nach der Installation der Instrumente erfolgt die Datenerhebung fortlaufend.
Tage	Der Wert wird an gewissen Tagen und mit im Voraus festgesetzten Mindestintervallen erhoben.

12. Verfügbarkeit der Daten: dieses Feld beschreibt die Möglichkeit, Daten in Echtzeit durch Wireless-Technologien, echtzeitnah und zeitversetzt zu erhalten.

13. Einschränkungen bei der Anwendbarkeit: Es sind die technischen Einschränkungen angeführt, die bei der Auswahl der Technologie und für eine korrekte Durchführung des Monitorings sowie für eine hohe Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu berücksichtigen sind. Einige der relevantesten Einschränkungen sind die morphologischen Eigenschaften der Zone, die Bodenbedeckungsverhältnisse und die Sichtbarkeit.

14. Kosten: Die Kosten sind einer der wichtigsten Parameter, die es in den dem Monitoring vorausgehenden Vorentscheidungsphasen zu berücksichtigen gilt; allgemein ist es jedoch schwer, die Kosten in ein Schema einzuordnen. Das Kostenfeld ist unterteilt in eine Kostenkategorie nach einer relativen und einer ungefähren Bewertung, mit Bezugnahme auf die in der nachstehenden Tabelle angeführten Größenordnungen der Einheitskosten (z. B. pro Messpunkt oder pro Hektar, je nach Fall). Die "Kostenkategorie" definiert die Zugehörigkeitsklasse der Kosten, bezogen auf eine Messkampagne des Typs 1, Inklinometer etc..

Kostenkategorie	Schätzung der Einheitskosten
Niedrig	0-1.000
Mittel	1.000-5.000
Hoch	5.000-20.000
Sehr hoch	>20.000

Die Schätzung der "Einheitskosten" wird für die Definition der wirtschaftlichen Auswirkung der jeweiligen Technologien und Instrumente eines Monitoringprojekts als nützlich erachtet; neben der Kostenkategorie ist in der Tabelle eine kurze Begründung des Betrags angegeben.