GEOTEST

GEOLOGEN / INGENIEURE / GEOPHYSIKER / UMWELTFACHLEUTE

Bericht Nr. 1420109.2a

Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen

GEOL_BIM – Anwendungsfall permanente Rutschung

Bericht zur Datenimplementierung und Ergänzungen zu Bericht 1

Zollikofen, 14. Februar 2022

GEOTEST AG

BERNSTRASSE 165
CH-3052 ZOLLIKOFEN

T +41 (0)31 910 01 01
F +41 (0)31 910 01 00

zollikofen@geotest.ch
www.geotest.ch

Autor(en)	Bearbeitete Themen / Fachbereiche
Stefanie Wirth	Einleitende Kapitel, Kapitel 5 und 6
Oliver Schneider FHNW	Kapitel 4

Supervision	Visierte Inhalte
Rachel Riner	Gesamter Bericht

Hinweise

Der Bericht wurde ergänzt mit den Ergebnissen eines Austausches mit Fachexperten der Rutschung Brienz/Brinzauls GR (Kapitel 5.8) sowie der eingereichten Version des Artikels für das sia-Magazin (TEC21) (Anhang 2).

GEOTEST AG

Rachel Riner

Stefanie Wirth

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung zum Projekt 4
2. Ziel und Inhalt des vorliegenden Berichts 5
3. Verwendete Unterlagen 6
4. Implementierung der Daten in BIM 6
4.1 Transfermodell Geologie+ nach GEOL_BIM 6
4.2 Darstellungsmöglichkeiten Inklinometer 7
4.3 Darstellungsmöglichkeiten Verschiebungsvektoren 8
4.4 Darstellung Bohrprofile 9
4.5 Gesamtdarstellung 10
4.6 Ausblick 11
5. Ergänzungen zum ersten Bericht 11
5.1 Schadendatenbank 12
5.1.1 Idee und Nutzen 12
5.1.2 Mögliche Verwalter und Plattformen 13
5.2 Gefährdungs- und Schadensbilder 14
5.3 Bewirtschaftung und Unterhalt 15
5.4 Infrastruktur: Strassen und Leitungen 17
5.5 Weitere für ein digitales Bauwerksmodell relevante Datensätze 17
5.5.1 Hydrologische und hydrogeologische Phänomene 17
5.5.2 Sanierungsmassnahmen 18
5.6 Grundlagendaten: Gefahrenkarte 19
5.7 Öffentlichkeit / Zugänglichkeit der Grundlagendaten 20
5.8 Austausch mit Fachexperten Rutschung Brienz/Brinzauls GR 20
6. Schlussbemerkungen 21

Anhang

Aktualisierte Prozesskarte 1
TEC21 Artikel, eingereichte Version 2

1. Einleitung zum Projekt

Das Innovationsprojekt GEOL_BIM[1] wurde 2020 unter der Leitung des CHGEOL initiiert. Ziel des Projektes ist es die BIM-Methode mit der angewandten Geologie über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken zu verknüpfen. Im Projekt werden insgesamt drei geologische Anwendungsfälle rund um die Themen Baugrund, Tunnelbau und Naturgefahren erarbeitet. Parallel zu GEOL_BIM realisiert die Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen ausserdem das Projekt «Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM» (OGN) zur Verbesserung der Naturgefahrenprävention auf Basis digitaler Bauwerksmodelle (DBM). Die Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW begleitet die verschiedenen Projekte bezüglich Implementierung mit der BIM-Methode.

Vor diesem Hintergrund sowie als Komplettierung der bereits bearbeiteten Naturgefahren im Projekt OGN hat die Präventionsstiftung die GEOTEST AG beauftragt, in der Rolle der Fachexperten die Grundlagen für den Anwendungsfall 3 «Naturgefahren – permanente Rutschung» zu erarbeiten und die Implementierung der Testdatensätze in ein DBM fachlich zu begleiten. Als Beispiel wurde die permanente Rutschung Chratzera in Grindelwald ausgewählt, welche sich teilweise im Wohngebiet befindet und sich dort mit bis zu 30 cm / Jahr talwärts bewegt. Im ersten Bericht [1] vom 1. Juni 2021 wurden folgende Punkte diskutiert:

- Vorstellung des Untersuchungsgebietes;
- Erstellung und Diskussion der Prozesskarte, welche den idealen Ablauf und Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren während der Konzeption, Planung, Realisierung und Bewirtschaftung eines Bauprojektes sicherstellt;
- Aufarbeitung der Datengrundlagen für das Testmodell und Diskussion ihrer Nützlichkeit für BIM.

[1] BIM = Building Information Modeling

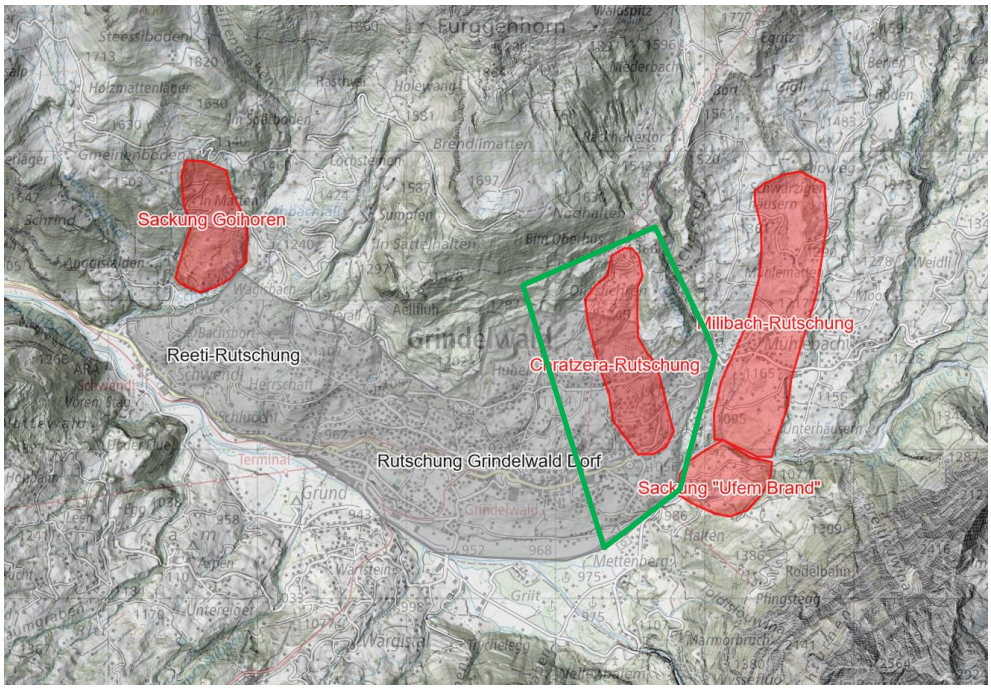


Abbildung 1: Die Chratzera-Rutschung in Grindelwald als Teil des grossräumigen Rutschgebietes Grindelwald Dorf (aus [2]). Der Untersuchungsperimeter ist grün markiert.

2. Ziel und Inhalt des vorliegenden Berichts

Das Ziel des vorliegenden Berichts ist die Dokumentation der Strukturierung und Integration der Daten in digitale Bauwerksmodelle (Kapitel 4). Dazu gehört das Testen von verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten und die kombinierte Darstellung aller ausgewählten Datensätze in einem Modell.

Zudem nehmen wir einzelne Ideen, die wir im ersten Bericht [1] angestossen haben, noch einmal auf, um sie zu präzisieren (Kapitel 5, Prozesskarte in Anhang 1). Einerseits geht es um die Aktualität und die Zugänglichkeit der Grundlagendaten für ein DBM; andererseits auch um Denkanstösse zum Nutzen einer Schadendatenbank und den Unterhalt von Gebäuden in permanenten Rutschgebieten, welche insbesondere für die Präventionsstiftung von Interesse sein können.

3. Verwendete Unterlagen

[1] GEOTEST AG (2021): Kurzbericht zur Prozesskarte und zu den Datengrundlagen für das Testmodell. Bericht Nr. 1420109.1, Zollikofen, 01.06.2021.

[2] ARGE GEOTEST AG, geo7 AG, KiNaRis (2012): Grindelwald, Naturgefahren, Revision Gefahrenkarte. Technischer Bericht Nr. 1411057.1. Zollikofen, 20.12.2012.

[3] BAFU, Naturereigniskataster StorMe: https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/naturgefahrensituation-und-raumnutzung/gefahrengrundlagen/naturereigniskataster-storme.html. Zugriff am 22.10.2021.

[4] Egli, T. (2005): Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, Bern.

[5] Parriaux A., Bonnard C., Tacher L. (2010): Rutschungen: Hydrogeologie und Sanierungsmethoden durch Drainage. Leitfaden. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1023: 128 S.

4. Implementierung der Daten in BIM

Für die Erstellung des Testmodells des Anwendungsbeispiels der Chratzera Rutschung in Grindelwald wurden folgende Datensätze mit der BIM-Methode bearbeitet und verschiedene Darstellungsmöglichkeiten getestet.

- Geländeoberfläche aus SWISSALTI3D
- Modellierte Gleitfläche Chratzera Rutschung
- Inklinometerdaten
- Bohrprofile
- Verschiebungsvektoren
- Gefahrenkarte

Für die Beschreibung dieser Datensätze sowie weiterer, für die Implementierung nicht berücksichtigter Daten siehe Bericht 1 [1].

4.1 Transfermodell Geologie+ nach GEOL_BIM

Mit einem Transfermodell werden einfache Grundstrukturen definiert, mit welchen die zentralen Informationen der Geologie ausgetauscht werden können. Der Fokus des Austauschs liegt dabei auf der Informationsabgabe aus dem Fachbereich

Geologie an das Bauingenieurwesen zur Integration der geologischen Informationen in ein digitales Bauwerksmodell. Bei dem Datenaustausch spielt die Geometrie und die Information eine wesentliche Rolle. Für diesen Zweck wurden im Rahmen des GEOL_BIM-Projekts erste Implementierungen entwickelt und mit vorhandenen Testdaten getestet.

4.2 Darstellungsmöglichkeiten Inklinometer

Die Darstellung von Inklinometermessungen werden in Bohrprofilen (Zylinder mit Auslenkung) dargestellt. Üblicherweise werden sie als 2D-Graph dargestellt wie in Abbildung 7 des ersten Berichtes [1] illustriert. Für BIM werden unterschiedliche Messepochen als eigene Elemente in IFC dargestellt. Als Attribute werden Roll-Nick-Gier-Winkel pro Intervall verwendet (Abbildung 2). Somit können in den BIM-Viewern die entsprechenden Werte ausgewertet und zusätzlich grafisch hervorgehoben werden.

Für die Darstellung von Inklinometer-Messungen in absoluten Koordinaten benötigt es noch weitere Werte, die dem digitalen Bauwerksmodell übergeben werden. Die Werte kann man mit den BIM-Viewern entsprechend einfärben und weitere Analysen durchführen. Der manuelle Aufwand, um an diese Darstellung zu kommen, ist im Vergleich zu den gewohnten 2D-Grafiken als relativ hoch einzustufen.

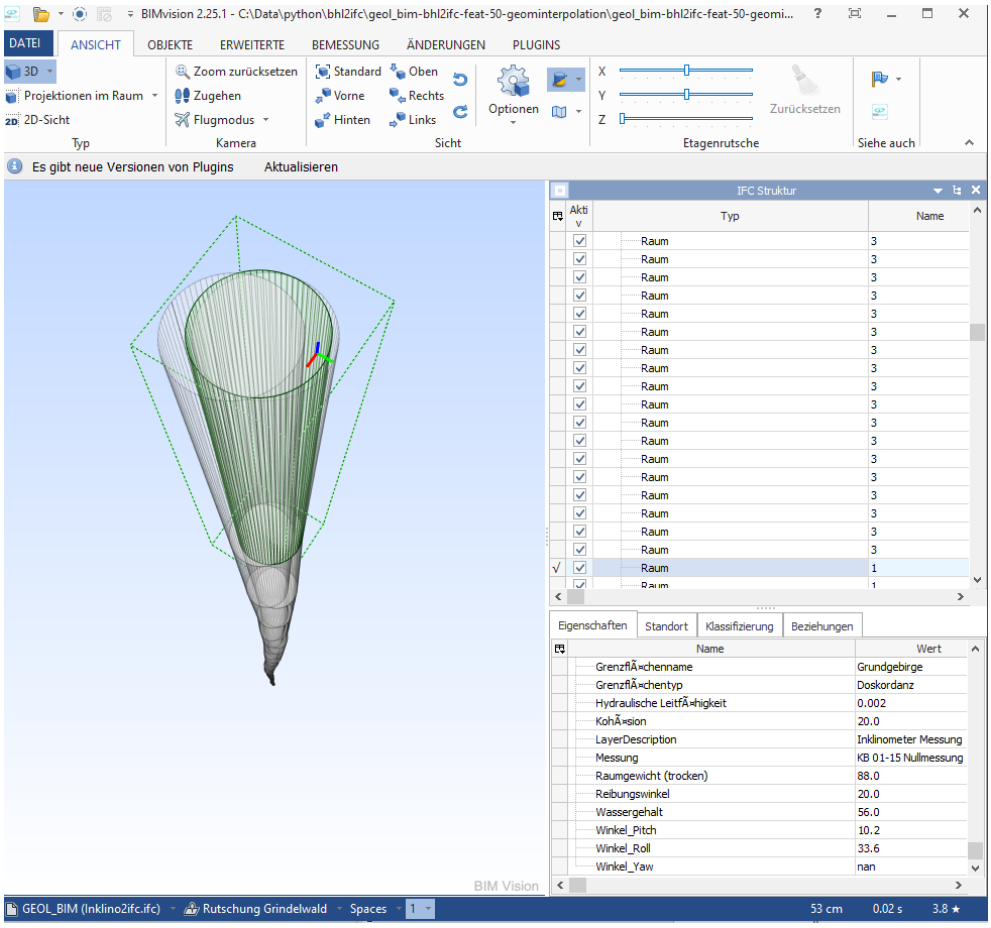


Abbildung 2: Darstellung von drei Messungen (Nullmessung, 1. Folgemessung, 2. Folgemessung) eines Inklinometers mit den entsprechenden Intervallen. Darstellung der IFC-Datei im free Viewer BIMVision

4.3 Darstellungsmöglichkeiten Verschiebungsvektoren

Die Verschiebungen der Vermessungspunkte wurden mithilfe des Transferschemas für Messungen und Beobachtungen nach IFC konvertiert. Die Verschiebungspunkte können entweder als Kugeln oder wie in Abbildung 3 gezeigt als Zylinder dargestellt werden. Als Attributwerte wurden Informationen zur Nullmessung und zu den Folgemessungen sowie auch die durchschnittliche jährliche Bewegungsrate in mm übergeben. Die Information der Bewegungsrichtung wurde in diesem Beispiel als zusätzliches Attribut hinzugefügt. Hier würde es sich jedoch empfehlen die Bewegungsrichtung mittels eines Einheitspfeiles anzugeben.

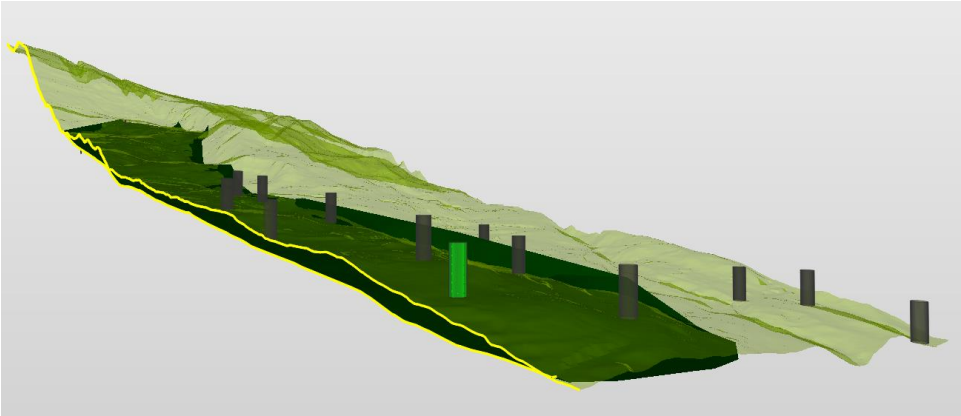


Abbildung 3: Längsschnitt entlang der Chratzera Rutschung und Darstellung der Verschiebungspunkte im BIM-Viewer Solibri.

Eine Farbskala für alle Verschiebungspunkte auf der Geländeoberfläche, welche die jährliche Bewegung graphisch wiedergibt, würde einen guten Überblick über die Rutschaktivität an der Oberfläche geben. Zusätzlich können mit Längs- und Querschnitten die Daten kombiniert ausgewertet werden. Damit kann zum Beispiel für ausgewählte Bereiche eine mögliche Verbindung zwischen der Bewegungsrate und der Mächtigkeit des Rutschkörpers analysiert werden.

4.4 Darstellung Bohrprofile

Bohrprofile werden mittels einem Transferschema nach IFC konvertiert. Das Transferschema erlaubt es die Attributwerte für Bohrprofile frei zu definieren. Bei dem Beispieldatensatz wurde die entsprechende Schicht klassifiziert.

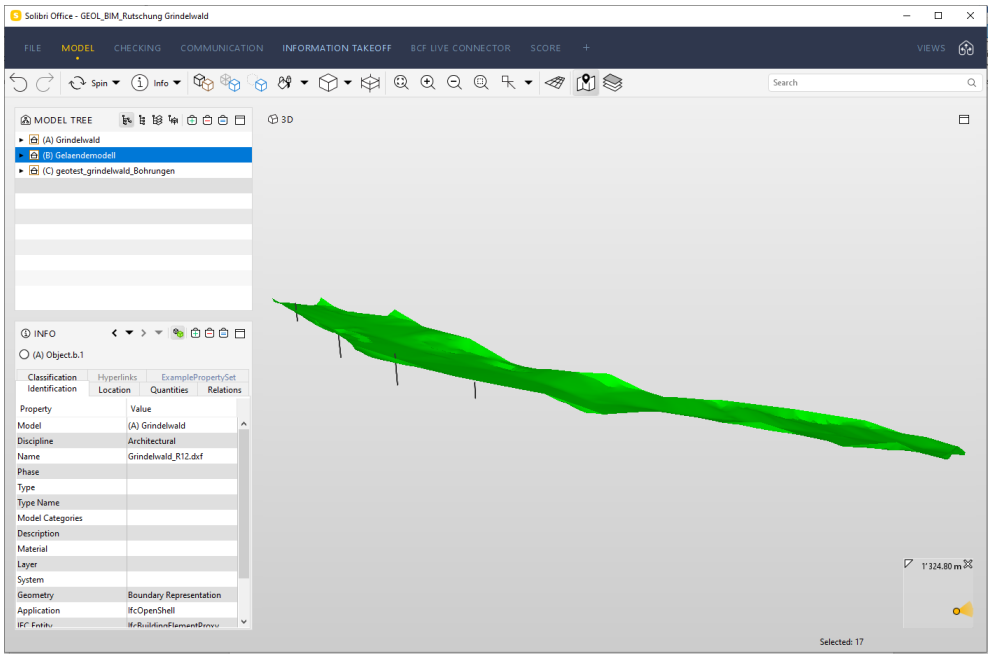


Abbildung 4: Darstellung der Bohrprofile und der Rutschfläche in dem BIM Viewer Solibri.

4.5 Gesamtdarstellung

Die Kombination aller Datensätze in einer Gesamtdarstellung ist in Abbildung 5 dargestellt. Diese Grundlagen gilt es jetzt mit Informationen aus anderen Fachanwendungen zu verknüpfen.

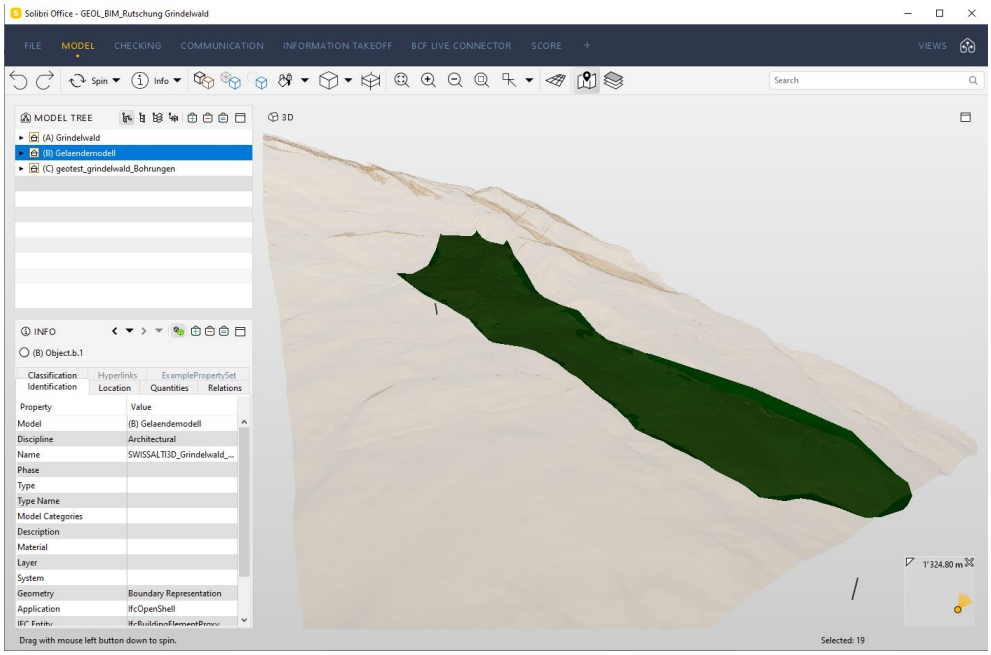


Abbildung 5: Gesamtdarstellung in Landeskoordinaten LV95 in Solibri.

4.6 Ausblick

Um Daten zu konvertieren und diese in BIM-Viewern zu visualisieren, müssen wir jeweils den Nutzen und das Ziel für die Anwendung kennen. Die Implementierung hat aufgezeigt, dass man die Grundlagendaten mit den entwickelten Tools transferieren kann. Die Herausforderung ist jedoch, dass die BIM-Viewer mit einer massstabstreuen Darstellung arbeiten. Somit werden die Verschiebungsvektoren oder die Lageänderungen von Inklinometern ohne Überhöhung dargestellt. Die Visualisierung der Verschiebung könnte jedoch graphisch mittels einer Einfärbung der Werte umgesetzt werden.

5. Ergänzungen zum ersten Bericht

Einige der im ersten Bericht [1] präsentierten Ideen und Datensätze wurden innerhalb der Arbeitsgruppe weiterführend diskutiert und eine Präzisierung wurde angeregt. Wir nutzen dementsprechend diesen zweiten Bericht, um die entsprechenden Themen in den hier folgenden Kapiteln noch einmal aufzunehmen.

5.1 Schadendatenbank

5.1.1 Idee und Nutzen

In Kapitel 7.4 des ersten Berichtes [1] haben wir den Vorschlag gemacht Schadendatenbanken zu führen, welche Schäden an Gebäuden und Infrastruktur in einem Rutschgebiet erfassen. Anhand einer Kartendarstellung kann ein interaktiver und illustrativer Zugang zu den in tabellarischer Form vorliegenden Daten hergestellt werden. Die Ansicht und die Verwendung der Daten sollen jedoch nicht auf einen Akteur beschränkt sein, sondern verschiedene Schnittstellen und Analysen sollen gleichzeitig bedient und ausgeführt werden können.

Eine Kartendarstellung erlaubt es einen geographischen Überblick zu schaffen, welche Art von Schäden (s. auch folgendes Kapitel 5.2) in welcher Zone des Rutschgebietes auftreten. Anhand der dokumentierten Schadensbilder können die Einwirkungen sowie Gefährdungsbilder präzisiert werden. Die präzisierten Einwirkungen/Schadensbilder wiederum sind massgebend für die Dimensionierung von präventiven Objektschutzmassnahmen und somit für die langfristige Schadensfreiheit von Neu-/Umbauten.

Dies bringt einen direkten Nutzen für die Bauherrschaft und das Planungsbüro. Zudem profitiert die Gemeinde von einem Überblick über die Schadensbilder im Hinblick auf die Instandhaltung der Infrastruktur (z. B. Strassen, Werkleitungen), auf Umzonungen sowie auf die langfristige Raumplanung. Auch die Gebäudeversicherung profitiert, da nicht nur ersichtlich wird, wo welche Schäden auftreten, sondern auch wann. Basierend auf der Schadendatenbank können zyklische/wiederkehrende Reaktivierungen (z. B. nach Schneeschmelze im Frühling) von ausserordentlichen Reaktivierungen (z. B. nach starken Unwetterereignissen wie 2005) unterschieden werden. Diese Unterscheidung wiederum ist für die Differenzierung von Schäden als Elementarschäden resp. Schäden infolge «Erddruck» relevant. Auch weitere kantonale Abteilungen (z. B. Naturgefahren-, Umwelt-, Bauämter) können von den Erkenntnissen, welche in der Schadenbank gespeichert sind, profitieren und die verschiedenen Aktivitäten in einem Rutschgebiet besser und langfristig koordinieren und planen.

Es stellt sich gleich zu Beginn die Frage des Managements einer solchen Schadendatenbank: Verantwortlichkeit, Speicherort, Aufnahme und Verarbeitung neuer Meldungen. Im ersten Bericht haben wir bereits zwei Optionen angetönt und werden diese nun noch konkretisieren.

5.1.2 Mögliche Verwalter und Plattformen

Naturereigniskataster des Bundes StorMe

Der Bund führt das Naturereigniskataster StorMe [3], in welchem die Prozesse Wasser, spontane Rutschung, Sturz, Lawine und Einsturz / Absenkung berücksichtigt werden. Einträge zu permanenten Rutschungen wurden bis anhin nicht aufgenommen, da sie in den meisten Fällen nicht mit einem Einzelereignis in Verbindung gebracht werden können; vereinzelte Ausnahmen sind starke Reaktivierungen.

Es ist jedoch vorstellbar ein für Gebäudeschäden im Zusammenhang mit permanenten Rutschungen adaptiertes Formular zu erarbeiten. Anhand von diesem werden Informationen zum Schadensbild erhoben, sowie ob dieses im Zusammenhang mit einer ausserordentlichen Reaktivierung steht. Idealerweise wird eine Reihe von ca. 10 Schadensbilder vordefiniert, aus welchen ausgewählt werden kann (z. B. Riss an Gebäudehülle, Verkippung des gesamten Gebäudes, Verwindung des Gebäudes, Überschieben/Ausknicken, Verlegen Fundament, etc.). Das beobachtete Schadensbild kann dann idealerweise einem Gefährdungsbild aus [4] zugeordnet werden (vgl. Tabelle 1: z. B. Verkippung des gesamten Gebäudes → Gefährdungsbild 4). Ist dieser Zusammenhang in einem Rutschgebiet nicht bekannt, könnten eben genau die bereits bestehenden Einträge in der Schadendatenbank dazu beitragen, das Gefährdungsbild zu bestimmen und das Systemverständnis der Rutschung zu verbessern. Dieses Wissen kommt dann wiederum der Planung von weiteren Bauprojekten zugute.

Der Vorteil einer Implementierung in StorMe ist, dass diese Datenbank schon besteht, schweizweit verfügbar ist und mit StorMe 3.0 nun vollständig digitalisiert wird. Ein Nachteil ist, dass die Schadensdaten mit dem Eintrag in StorMe für sämtliche Planungsbüros und Behördenmitglieder einsehbar sind, welche Zugang auf das Portal haben. Dies kann zu einer Abwertung eines Bauobjekts/Grundstückes führen, welche nicht im Sinne des Eigentümers ist. Andererseits ist genau dieser Punkt wohl langfristig kein haltbares Argument gegen die Verwendung von StorMe, da genau diese Information für andere Naturgefahren bereits einsehbar ist (Beispiel: Gebäude in Fluss-/Bachnähe, welches von einem Hochwasser betroffen war).

Um die Auswirkungen von permanenten Rutschungen vollumfänglich zu erfassen, wäre es ausserdem wünschenswert, dass Sekundärprozesse im Zusammenhang mit permanenten Rutschungen in StorMe als solche erfasst werden können. Hier denken wir vor allem an spontane Rutschungen oder Murgänge, die aufgrund von

permanenten Hangbewegungen entstehen (z. B. steile Frontbereiche von permanenten Rutschgebieten, welche spontane Rutschungen fördern).

Kantonale Gebäudeversicherung KGV

Die zweite Option ist, dass die kantonalen Gebäudeversicherungen KGV die Verantwortung einer Schadendatenbank übernehmen. Aufgrund der Schadensmeldungen, die sie erhalten, verfügen die KGV über umfangreiche Informationen zu Gebiet, Zeitpunkt, Art und finanzieller Höhe des Schadens, welche sie in eine Datenbank einspeisen können. Damit können auch Reaktivierungen von Rutschungen (= Ereignis) und Systemwechsel zum Beispiel aufgrund des Klimawandels besser erkannt und damit die Prävention verbessert werden.

Wir sehen bei dieser zweiten Option vor allem den Vorteil, dass die notwendigen Daten aufgrund der Schadensmeldung bereits an die Versicherung übermittelt wurde und es keines zusätzlichen Schrittes für die Datenübermittlung bedarf. Als Nachteil kann vorgebracht werden, dass die Daten für den Planer/die Planerin nicht direkt einsehbar sind, sondern nur indirekt über die Revision der Gefahrenkarte. Hier wäre z.B. zu prüfen, ob PlanerInnen die Daten für Neu-/Umbauten auf Anfrage zur Verfügung gestellt würden.

Fazit des Vergleichs

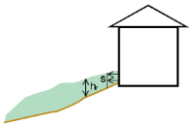
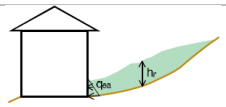
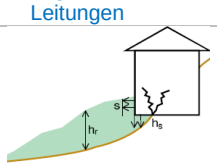
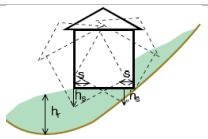
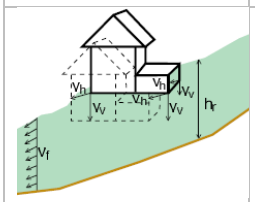
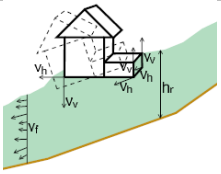
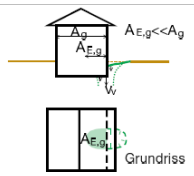
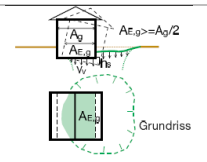
Basierend auf den obigen Ausführungen scheint eine Schadendatenbank, welche in das Ereigniskataster StorMe des Bundes integriert ist, die bessere Lösung zu sein. Die Daten sind für alle Beteiligten einsehbar und es wird damit eine bundesweite und nicht kantonal unterschiedliche Lösung gefunden. Damit ist eine gewisse Homogenität der Datenerfassung über die Kantonsgrenzen hinweg gewährleistet.

5.2 Gefährdungs- und Schadensbilder

In Kapitel 7.4.1 des ersten Berichtes [1] haben wir für Rutschgebiete typische Gefährdungsbilder aufgeführt [4] (Tabelle 1). Diese Gefährdungsbilder gehen oft mit typischen Schadensbildern einher. Wir geben deshalb anhand der Tabelle eine Übersicht, welche Gefährdungs- und Schadensbilder für die Chratzera Rutschung typisch sind.

Diese Zusammenstellung ergänzt die Diskussion in Kapitel 5.1 zur Schadendatenbank. Sie soll beispielhaft erläutern anhand welcher Sammlung von Stichworten, Schadensfälle in eine entsprechende Datenbank eingespeist werden können.

Tabelle 1: Gefährdungsbilder nach [4] ergänzt mit stichwortartigen typischen Schadensbildern. Blau markiert die für die Chratzera Rutschung relevanten Gefährdungsbilder.

Gefährdungsbild 1: flachgründige Rutschung bewegt sich von Baute weg	**Gefährdungsbild 2:** flachgründige Rutschung bewegt sich auf Baute zu	**Gefährdungsbild 3:** mittelgründige Rutschung erfasst einen geringen Teil des Gebäudes	**Gefährdungsbild 4:** mittelgründige Rutschung erfasst das ganze Gebäude
- Freilegung Fundation - Verkippung Gebäude	- Überschieben von Stockwerken / Ausknicken	- Risse an Gebäudehülle - abgescherte Leitungen	- Verkippung des gesamten Gebäudes
			
Gefährdungsbild 5: tiefgründige Rutschung gleichförmiger geringer Geschwindigkeit	**Gefährdungsbild 6:** tiefgründige Rutschung ungleichförmiger hoher Geschwindigkeit	**Gefährdungsbild 7:** kleinflächiger Einsturz	**Gefährdungsbild 8:** grossflächiger Einsturz
Kaum/geringe Schäden: Gebäude schwimmt mit Rutschkörper mit	- Differentielle Setzungen - Verwindung/Verkippung des Gebäudes - Risse an Gebäudehülle	- Freilegung Fundation - Differentielle Setzungen	- Freilegung Fundation - Differentielle Setzungen - Teileinsturz
			

5.3 Bewirtschaftung und Unterhalt

Wir haben in der Prozesskarte [1] (aktualisierte Version in Anhang 1) vorgeschlagen, dass während der Konzeption eines Bauprojektes bereits ein Unterhaltskonzept erarbeitet werden soll, für welches spätestens während der Realisierungsphase die Verantwortlichkeiten bestimmt werden sollen. Die Absicht ist, dass die Resultate dieser Unterhaltsarbeiten oder dieses Monitorings verwendet werden, um die Grundlagendaten für das DBM zu verbessern und zu aktualisieren. Ausserdem stellen die Überwachungsdaten auch für die Gebäudeversicherung eine

wichtige Informationsquelle dar, um bei allfälligen späteren Schäden die Kausalität besser eruieren zu können

Hinsichtlich **des Unterhalts und der periodischen Überprüfung** erachten wir Folgendes als sinnvoll:

- Nullmessung: Vermessung der Gebäudeecken nach Fertigstellung des Bauobjektes. Aus unserer Sicht ist es sinnvoll, dass eine solche Nullmessung zwingend an die Gebäudeversicherung übermittelt werden muss.
- Anbringen von Neigungssensoren an der Gebäudehülle. Ein Minimum von vier Sensoren, einer für jede Aussenwand, scheint zielführend.
- Jährliche visuelle Kontrolle des Gebäudes auf Risse innen und aussen; defekte Schachtdeckel, Wegplatten, Regenrinnen im Aussenbereich.

Diese Aufgaben könnten von der Bauherrschaft an das Planungsbüro delegiert werden. Genau dieser Sachverhalt ist in der Prozesskarte gemeint mit ‘Ausführung oder Delegation Unterhaltsarbeiten’ während der Phase ‘Bewirtschaftung’ (Anhang 1).

Technisch wird ein Monitoring zum Beispiel der räumlichen Lage der Gebäudehülle aufgrund der raschen Entwicklung von Sensoren immer einfacher ausführbar. In Zukunft wird die Expertise zur Handhabung und die Verfügbarkeit entsprechender Sensoren weiter zunehmen. Ein Verkippen kann deshalb frühzeitig festgestellt werden.

Nutzen:

- Im Falle eines Schadenfalls kann die Nullmessung herangezogen werden. Werden zum Bespiel Schäden an mehreren Gebäuden in der Umgebung festgestellt und besteht zeitlich ein Zusammenhang mit einem Unwetterereignis, kann eine Reaktivierung der Rutschung zugrunde liegen. Diese kann unter Umständen als Elementarereignis behandelt werden.
- Der Besitzer kann frühzeitig reagieren. Zum Beispiel können im Fall erster Anzeichen eines Verkippens frühzeitig Massnahmen getroffen werden, bevor weitere, schwerwiegendere Schäden am Gebäude auftreten.
- Abschätzung der Dauerhaftigkeit von Massnahmen. Zum Beispiel Eruierung der Verkippungsrate und somit Abschätzung der Dauerhaftigkeit einer Gebäudeaufrichtung).

Idealerweise werden die Daten aus Unterhalt und Monitoring in eine Datenbank eingespeist. Auch hier stellt sich die Frage nach der Verantwortlichkeit. Wir sehen hier insbesondere die Option der KGV als Manager der Datenbank. Idealerweise

kann eine Schnittstelle erstellt werden mit der ereignisbezogenen Schadendatenbank (s. Diskussion in Kapitel 5.1). Unterhaltsdaten an die Gemeinde zu übermitteln, ist weniger realistisch, da dies die Möglichkeiten der einzelnen Gemeinden bezüglich Aufwand und IT-Infrastruktur überschreitet.

5.4 Infrastruktur: Strassen und Leitungen

Die Ausführungen in diesem Projekt beziehen sich meist auf Gebäude. Es sind jedoch nicht nur Gebäude von den Rutschbewegungen betroffen, sondern auch die Infrastruktur, insbesondere Strassen und Leitungen. Für die Planung, die Realisierung und den Unterhalt eines Objektes gehören Leitungen zu den wesentlichen Bestandteilen. Pläne von bestehenden und/oder geplanten Leitungen sollten dementsprechend auch im DBM implementiert werden.

Geborstene Leitungen können zu Schäden an Gebäuden und zu einer Beschleunigung der permanenten Rutschung oder dem Auslösen von spontanen Rutschungen führen. Damit lässt sich auch hier der Nutzen einer Datenbank für Schäden und Unterhaltsdaten feststellen, sowohl seitens der Gemeinde als auch seitens der KGV.

In Grindelwald wird die Infrastruktur durch die Gemeinde aufgrund der bekannten Rutschbewegungen regelmässig überprüft. Insbesondere Leitungen müssen kontrolliert und gegebenenfalls ersetzt werden. Da diese Arbeiten in der Obhut der Gemeinde liegen, verfügen wir über keinen Datensatz, welchen wir für das Testmodell hätten verwenden können.

5.5 Weitere für ein digitales Bauwerksmodell relevante Datensätze

Die Auswahl der Grundlagendaten für dieses Projekt beruht auf den für die Chratzera Rutschung in Grindelwald verfügbaren Datensätzen. In anderen Rutschgebieten können andere oder weitere Datengrundlagen vorhanden sein. Zwei aus unserer Sicht wichtige Grundlagen möchten wir hier noch hervorheben.

5.5.1 Hydrologische und hydrogeologische Phänomene

Permanente Rutschungen werden durch das Fliessen von Wasser entlang einer oder mehrerer Gleitflächen im Untergrund angetrieben. Das Vorkommen von Hangwasser, welches die Gleitflächen schmiert, ist also entscheidend für die Aktivität einer permanenten Rutschung. Häufig gibt es in Rutschgebieten Stellen, wo diese Relevanz des Wassers auch an der Oberfläche beobachtet werden kann.

Dies können Phänomene wie Wasseraufstösse (z. B. Vernässungen im Gelände, Quellen) und sich dadurch bildende Bäche sein sowie auch Versickerungsstellen und Dolinen.

Ist deshalb eine Karte der hydrologischen und hydrogeologischen Phänomene vorhanden, stellt diese einen weiteren wertvollen Datensatz für ein DBM dar. Zum Beispiel ist das Ausführen eines Bauprojektes in einer Vernässungszone ungünstig oder verlangt Massnahmen, welche schon in der Konzeptionsphase des Projektes berücksichtigt werden müssen.

5.5.2 Sanierungsmassnahmen

Permanente Rutschungen können durch Drainagemassnahmen saniert resp. verlangsamt werden. Dies wurde in der Schweiz zum Beispiel für die Rutschung bei La Frasse VD gemacht; für die Rutschung Brienz/Brinzauls GR finden zurzeit entsprechende Vorbereitungsarbeiten statt.

Sind in einem Rutschgebiet Installationen für eine Sanierung vorhanden wie Bohrungen, Filterbrunnen, Leitungen oder Entwässerungsgräben und -stollen (Abbildung 6) gehören auch hier die entsprechenden Informationen inkl. Monitoringdaten zu den wichtigen Grundlagendaten und sollen bei der Auswahl der Daten für das DBM berücksichtigt werden.

A: Offene Sammelgräben für das Oberflächenwasser. B: subhorizontale Drainagebohrungen zur Entwässerung mittels Schwerkraft. C: Schirm aus vertikalen Filterbrunnen. D: Stollen mit strahlenförmig angelegten Drainagebohrungen.

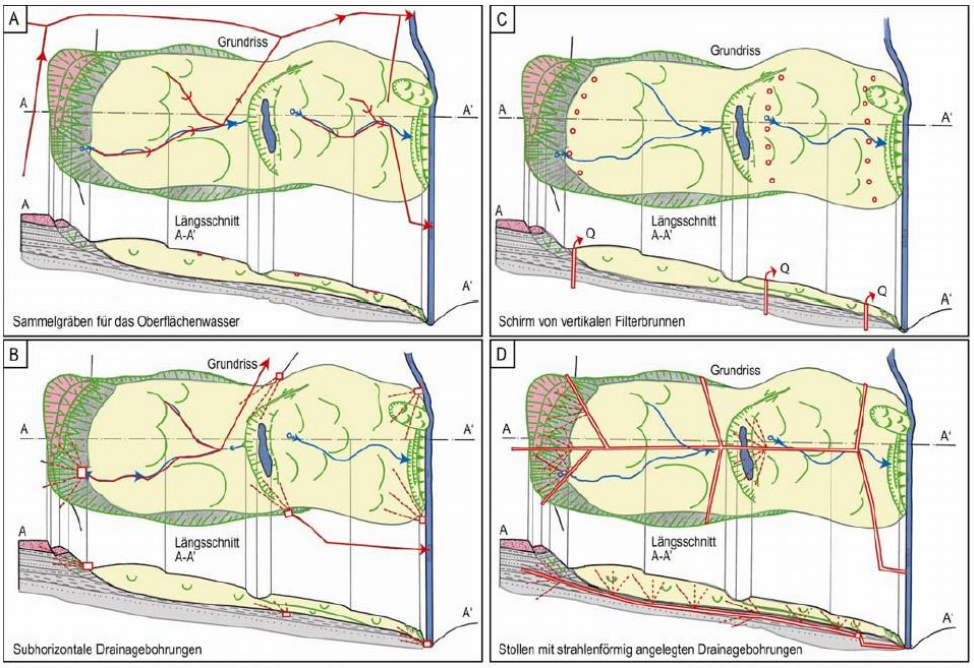


Abbildung 6: Vergleichendes Schema der wichtigsten hydrogeologischen Sanierungsmethoden (Abb. 25 in [5]).

5.6 Grundlagendaten: Gefahrenkarte

Es hat sich im Verlaufe dieses Projektes und der Diskussion der verschiedenen Datensätze, die für die Planung mit BIM verwendet werden können (vgl. Kapitel 7 im ersten Bericht [1]), gezeigt, dass die Gefahrenkarte den für die Planung des Bauprojektes höchsten Informationsgehalt aufweist. Für die Parzelle des geplanten Bauprojektes kann sie folgende Informationen liefern:

- Intensität / Geschwindigkeit der Rutschung
- Ungefähre Tiefenlage der Gleitfläche (flach-, mittel-, tiefgründig)
- Vorhandensein von differentiellen Bewegungen
- Möglichkeit einer Reaktivierung

Trotz der unbestrittenen Nützlichkeit dieser Attribute der Gefahrenkarte, soll auch erwähnt werden, dass sie nicht immer präzis genug sind. Zum Beispiel ist die Information ‘mittelgründig’ (2 – 10 m) zur Tiefenlage einer Gleitfläche häufig nicht ausreichend für die Planung.

Die neuen Erkenntnisse, welche anhand der Führung einer Schadendatenbank (vgl. Kapitel 5.1) und der Sammlung der Ergebnisse aus den Unterhaltsarbeiten (vgl. Kapitel 5.3) gewonnen werden, sollen unbedingt für die periodische Revision der Gefahrenkarte genutzt werden.

Oder, anders motiviert, könnten eben genau die neuen Erkenntnisse, welche aus der Überwachung von Gebäuden mittels Sensoren und der Schadendatenbank gewonnen werden, dazu genutzt werden die Revision der Gefahrenkarte auszulösen. Durch die Umsetzung des Informationsgewinns in der Revision der Gefahrenkarten reduziert sich zudem der Bedarf, dass sensible Details zu Schäden öffentlich zugänglich sind (vgl. Kapitel 5.1).

Das Vorgehen für die Kartierung sowie die Attribuierung der ausgeschiedenen Flächen ist für die Gefahrenkarten des Prozesses Rutsch kantonal verschieden. Das bedeutet, dass der Informationsgehalt dieses grundlegenden Datensatzes gebietsweise unterschiedlich ausfallen kann. Für die Zukunft ist eine schweizweite Vereinheitlichung sicher wünschenswert. Die hier gemachten Ausführungen beziehen sich auf den Kanton Bern, wo zwischen permanenter Rutschung und Hangmure als spontaner Prozess unterschieden wird. Zudem werden permanente Rutschzonen mit Attributen zur Intensität, zur Gründigkeit der Gleitfläche sowie zum Potenzial für Reaktivierung und Differentialbewegungen versehen. Dieses oder ein ähnliches Vorgehen hat sich aus unserer Sicht bewährt.

5.7 Öffentlichkeit / Zugänglichkeit der Grundlagendaten

Wir sind während der Erarbeitung dieses Projektes davon ausgegangen, dass die diskutierten Daten öffentlich zugänglich sind. Dies ist zurzeit in der Schweiz noch nicht durchgehend der Fall und kann dementsprechend eine Hürde bei der Beschaffung der Grundlagendaten darstellen (z. B. nicht veröffentlichte Bohrprofile und Inklinometerdaten). Es ist anzunehmen, dass in dieser Hinsicht in den nächsten Jahren aufgrund der Überarbeitung des Geoinformationsgesetzes Veränderungen anstehen.

5.8 Austausch mit Fachexperten Rutschung Brienz/Brinzauls GR

Im Hinblick auf den TEC21-Artikel für das Magazin des sia wurde ein Austausch zur Rutschung Brienz/Brinzauls im Kanton Graubünden mit Fachexperten der Büros BTG AG und Dr. von Moos AG durchgeführt. Ziel war, die Abläufe und Datengrundlagen im Kanton Bern mit anderen Kantonen zu vergleichen. Damit konnte

verifiziert werden, dass die Prozesskarte nicht nur für den Kanton Bern, sondern schweizweit anwendbar ist.

Der in der Prozesskarte erarbeitete ideale Ablauf ist für andere Kantone nachvollziehbar und wurde als sinnvoll begrüsst, insbesondere die Überwachung resp. der Unterhalt ab Fertigstellung der Bauwerke. Auch der Teil der Prozesskarte, welcher eine Revision der Gefahrenkarte motiviert, wenn ein Systemwechsel stattfindet, wurde befürwortet. Eine solche Revision kann zum Beispiel ausgelöst werden, wenn ein vorgängig bestimmter Messwert überschritten wird.

Eine Aufnahme von Ereignissen im Zusammenhang mit permanenten Rutschungen im Ereigniskataster StorMe wird befürwortet. Dies beinhaltet den primären Prozess wie eine Reaktivierung, sowie auch spontane Rutschungen als sekundärer Prozess, die am Fuss von permanenten Rutschungen entstehen können. Hier sollte im Ereigniskataster eine Verbindung zwischen dem Prozess der spontanen Rutschung mit der permanenten Rutschung hergestellt werden.

Betreffend die Erstellung und Attribuierung der Gefahrenkarten zum Prozess Rutsch gibt es kantonal Unterschiede. Im Kanton Zürich werden unter dem übergeordneten Prozess Massenbewegungen die Unterprozesse Stein- und Blockschlag, Hangmuren und permanente Rutschungen unterschieden. Im Kanton Glarus werden die Prozesse Sturz und Rutschung separat kartiert, es wird aber nicht unterschieden zwischen permanenten und spontanen Rutschungen. Im Kanton Graubünden werden die Prozesse Sturz und Rutschung auch separat kartiert und es wird in der Attribuierung unterschieden zwischen permanenter und spontaner Rutschung. Das Vorgehen im Kanton Graubünden entspricht also am ehesten dem Vorgehen und der Attribuierung im Kanton Bern. Eine Vereinheitlichung der Unterscheidung spontane Rutschung/Hangmure und permanente Rutschung sowie der Attribuierung dieser Prozesse wäre für die Zukunft sicher wünschenswert. Es würde im Hinblick auf die Anwendung von BIM das kantonal übergreifende Arbeiten erleichtern sowie den geographischen Überblick und das Systemverständnis verbessern.

6. Schlussbemerkungen

Das Projekt GEOL_BIM Anwendungsfall permanente Rutschung hat erlaubt, eine zukunftsgerichtete Diskussion zu führen im Hinblick auf die Verwendung von Datensätzen aus Rutschgebieten für das digitale Bauen. Das Beispiel der Chratzera Rutschung in Grindelwald erlaubte es, die umfassenden vorhandenen

Datengrundlagen zusammenzustellen, ihre Relevanz für ein digitales Baumodell zu diskutieren und verschiedene Darstellungsoptionen für digitale Bauwerksmodelle zu testen. Zudem hat sich in der Diskussion gezeigt, dass die Verwaltung und die Zugänglichkeit von Grundlagen- und Schadendaten für das Erfassen von Veränderungen im System der Rutschung essenziell sind – und damit auch für den Erfolg des digitalen Bauens.

Vergleich mit dem Projekt OGN

Das Projekt OGN (Optimierter Gebäudeschutz vor Naturgefahren mit BIM) hat bereits die Prozesse Steinschlag, Erdbeben, Hochwasser und Hagel behandelt. Die für die permanenten Rutschungen erarbeitete Prozesskarte (Anhang 1) basiert auf dem Produkt für Steinschlag. Die Struktur wurde zu einem grossen Teil übernommen. Trotzdem gibt es Unterschiede, insbesondere in den folgenden zwei Punkten: i) Die Beteiligung der Behörde (Gemeinde, Kanton, KGV) am Prozess ist wesentlich. Deshalb haben wir dafür eine zusätzliche Zeile eingefügt. ii) Die Konsultation der Grundlagendaten seitens Planer/-in und/oder Bauherrschaft als einer der ersten Schritte in der Phase der Konzeption und Planung ist grundlegend. Damit kann unerwünschten Überraschungen während der Ausführung sowie während der gesamten Nutzungsdauer vorgebeugt werden.

Im OGN-Projekt wurde ein Transformationsdienst für eine dynamische Abfrage von Gefahrenkarten in Bezug auf ein bestimmtes Grundstück entwickelt. Die Transformationsdienste aus dem Innosouisse-Projekt GEOL_BIM bauen teilweise auf Komponenten auf und erweitern die Funktionalität mit weiteren Datentypen und anderen geometrischen Repräsentationsformen.

Darstellung der Grundlagendaten in digitalen Bauwerksmodellen

3D-Modelle versuchen die Realität möglichst originalgetreu abzubilden. In diesem Kontext ist es umso wichtiger darauf aufmerksam zu machen, dass die in einem BIM-Viewer dargestellten Grenzflächen mit Unsicherheiten behaftet sind (wie für 2D-Pläne und -Karten auch). Im aktuellen Transfermodell ist die Unsicherheit mittels zusätzlicher Attribute abgedeckt, welche entsprechend hervorgehoben werden können.

Ein weiterer Punkt ist, dass BIM-Viewer mit einer massstabtreuen Darstellung arbeiten. Somit werden z. B. Verschiebungsvektoren ohne Überhöhung dargestellt und sind somit im 3D Koordinationsmodell nicht mehr erkennbar. Die Visualisierung der Verschiebung muss mittels einer Einfärbung der Werte umgesetzt werden.

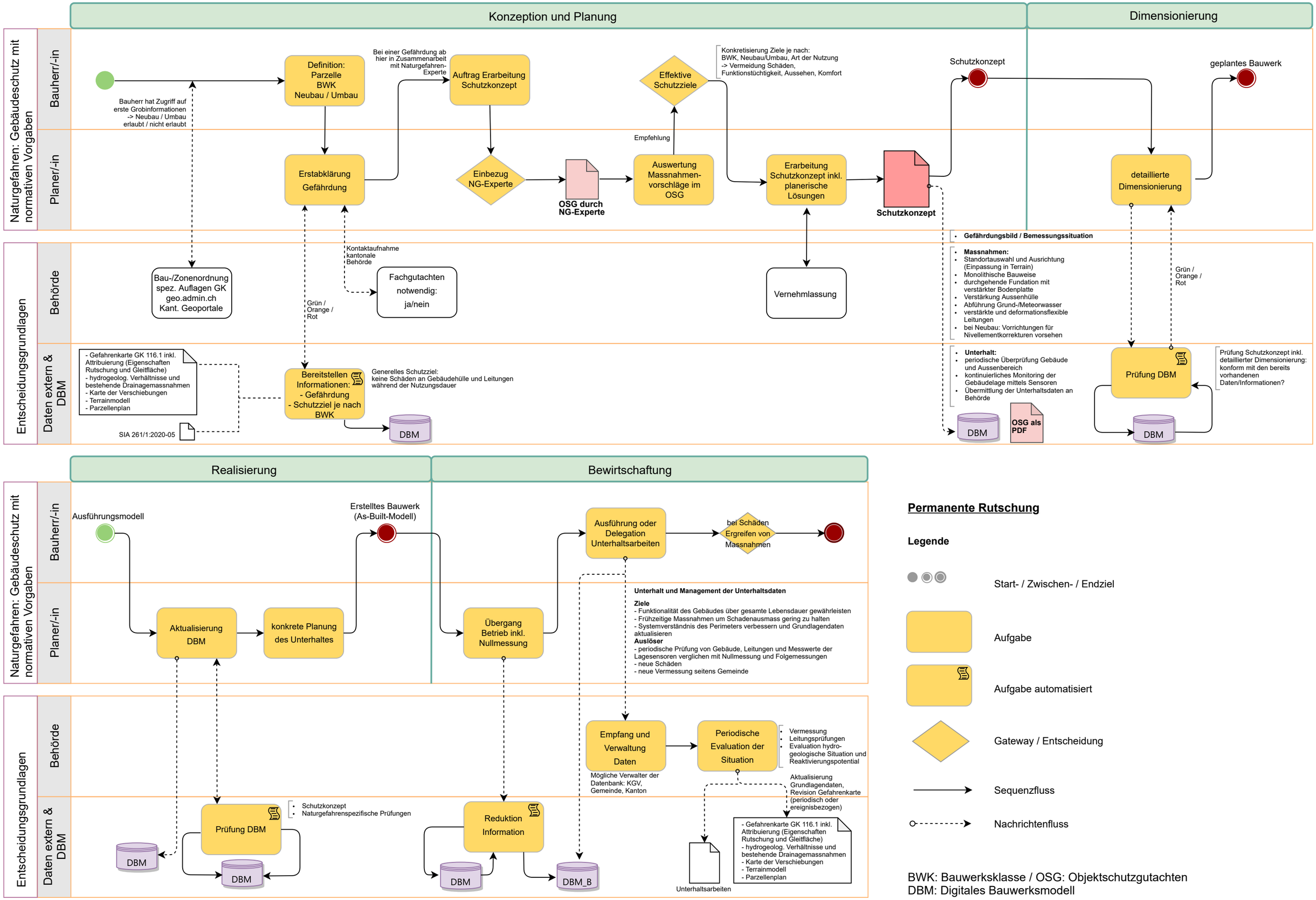
Schadendatenbank und Unterhalt

Zudem wurden vor dem Hintergrund des Auftraggebers dieses Projektes, der Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen, auch Überlegungen angestellt zu einer Datenbank, welche die Schäden in einem permanenten Rutschgebiet erfasst, zu den entsprechenden Gefährdungs- und Schadensbildern sowie zur Idee des standardmässig verlangten Unterhalts eines Bauobjektes. All diese Punkte sollen schlussendlich die Grundlagendaten für die Planung eines Bauprojektes verbessern und die Bestimmung der Ursache von Schäden erleichtern. Damit wird in Zukunft die Verwaltung und die Zugänglichkeit der notwendigen Daten ein Schlüsselpunkt sein.

GEOTEST GEOLOGEN / INGENIEURE / GEOPHYSIKER / UMWELTFACHLEUTE

Anhang 1 Aktualisierte Prozesskarte permanente Rutschung

Es wurden keine Änderungen vorgenommen für die vorliegende Berichtsversion 1420109.2a im Vergleich zu Bericht 1420109.2.



Permanente Rutschung

Legende

- Start- / Zwischen- / Endziel
- Aufgabe
- Aufgabe automatisiert
- Gateway / Entscheidung
- Sequenzfluss
- Nachrichtenfluss

BWK: Bauwerksklasse / OSG: Objektschutzgutachten
DBM: Digitales Bauwerksmodell

Anhang 2 TEC21 Artikel

Artikel für das Magazin des sia (TEC21), eingereichte Version vom Januar 2022.

Ziel des Artikels war es die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse zu präsentieren sowie das GEOL_BIM-Projekt generell vorzustellen.

Kann die BIM-Methode den Gebäudeschutz vor permanenten Rutschungen verbessern?

6 – 8 % der Fläche der Schweiz sind von Massenbewegungen betroffen[1]. Das Innovationsprojekt GEOL_BIM beleuchtet im Anwendungsfall «Gebäudeschutz vor permanenten Bodenbewegungen» Optimierungspotentiale für die Planung und den Unterhalt von Massnahmen zum Gebäudeschutz. Von den Resultaten können Bauprojekte in Rutschgebieten profitieren.

Permanente Rutschungen (Abbildung 1) führen aufgrund von Gefährdungsbildern wie erhöhter Erddruck oder differentielle Bodenbewegungen zu massiven Gebäudeschäden durch Verkippungen, Verwindungen und Setzungen. Die Planer stehen vor der Herausforderung, derartigen Einwirkungen auf das Tragwerk eines Bauwerkes mit geeigneten baulichen Massnahmen entgegen zu wirken[2]. Die neuen Formen der Zusammenarbeit bei der Anwendung der BIM-Methode[3] und der zentrale Informationsaustausch über das digitale Bauwerksmodell (DBM) unterstützen die beteiligten Fachpersonen dabei.

Geologische Informationen im digitalen Bauwerksmodell

Das vom Schweizer Geologenverband CHGEOL initierte und von der Schweizerischen Agentur für Innovationsförderung Innosuisse mitfinanzierte Innovationsprojekt stellt die Frage nach der Integration der Geologie und Geotechnik in die Anwendung der BIM-Methode[3].

Ein gängiges und international standardisiertes Format zum Datenaustausch in der Bauindustrie sind die Industry Foundation Classes, kurz IFC[4]. Der derzeit gültige Standard ist allerdings noch nicht explizit für geologische und geotechnische Anwendungsfälle konzipiert. Der Einbezug geologischer Fachexpertise ist jedoch insbesondere für den Tiefbau und die Naturgefahrenprävention zentral. Zur Abbildung der Geologie vertraut GEOL_BIM deshalb auf das international etablierte konzeptionelle Datenmodell GeoSciML 4.1[5].

Mit Hilfe von eigens für geologische Anwendungsfälle konzipierten Workflows wurden mit GEOL_BIM exemplarisch für Rutschgebiete als relevant erachtete Informationen nach IFC überführt. Abbildung 3 zeigt ausgewählte Ergebnisse im BIM-Viewer und als Illustration am Beispiel der Rutschung Chratzera in Grindelwald.

Risikooptimierte Planung und Bewirtschaftung

Die Anwendung der BIM-Methode[3] auf permanente Rutschungen dient der Minimierung von Risiken durch diese Naturgefahr und soll die Funktionalität eines Gebäudes über dessen gesamte Lebensdauer gewährleisten. Zur Optimierung des Informationsflusses wurde deshalb eine Prozesskarte nach der IDM-Methode erarbeitet[6]. Diese bildet die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure über den Lebenszyklus eines Bauwerkes hinweg ab (Abbildung 2).

Grundlegend für einen optimalen Planungsprozess ist eine sorgfältige Erstabklärung der Gefährdung zu Beginn eines Projektes. Diese Vorgehensweise verhindert Überraschungen in späteren

Projektphasen und erweitert den Handlungsspielraum für planerisch elegante Lösungen. Denn Projektänderungen oder nachträglich hinzugefügte Schutzmassnahmen können für die Bauherrschaft erhebliche Mehraufwände und -kosten bedeuten.

Eine wesentliche Grundlage für die Abklärung der Gefährdung sind nebst geologischen Grundlagendaten wie geologische Karten oder bestehende Bohrungen die kantonalen Gefahrenkarten. Mit der Ausscheidung der Rutschflächen und deren Attribuierung mit Eigenschaften der Rutschung stellen sie einen einfach zugänglichen und trotzdem informationsreichen Datensatz dar, der die Rutschbewegung und die dadurch resultierenden Einwirkungen auf Bauwerke charakterisiert. Aktuelle Gefahrenkarten sind für viele Siedlungsgebiete vorhanden. Zusätzlich können gebietsweise weitere Informationen wie Verschiebungsvektoren, Inklinometerdaten, geophysikalische Profile, hydrogeologische Daten und dokumentierte Schäden vorhanden sein.

Die erarbeitete Prozesskarte sieht auch Unterhaltsmassnahmen vor. Die Aussicht auf ein geringeres Schadenausmass soll die Bauherrschaft motivieren, eine regelmässige, z. B. jährliche oder zweijährliche, Prüfung des Bauobjektes durchzuführen. Diese kann je nach Gefährdungsbild und Bewegungsraten visuell erfolgen oder mittels Lage-Sensoren und Messmarken. Ein minimaler Ansatz könnte sein, dass bei der Inbetriebnahme eine präzise Nullmessung der Gebäudelage (Koordinaten, Winkel der Aussenwände) durchgeführt wird. Bei Verdacht auf Verkippungen, Verwindungen oder Setzungen dient diese Nullmessung später als Referenzwert.

Wertvolle Informationen aus dem Unterhalt und Schadensmeldungen

Aus einem mit Bedacht geplanten und durchgeführten Unterhalt und Schadensmeldungen lassen sich neue Informationen für die Prävention gewinnen. Erkenntnisse, die auf Systemveränderungen der Rutschung hindeuten, könnten eine ereignisbezogene Revision der Gefahrenkarte und gebietsspezifische Untersuchungen auslösen. Somit liesse sich die Erneuerung der Gefahrengrundlagen evidenzbasiert priorisieren und Bauvorhaben könnten von den aktuelleren und möglicherweise aussagekräftigeren Daten profitieren. Die verbesserte Datengrundlage dient nebst der Planung auch der späteren Validierung von Sanierungsmassnahmen (z. B. Drainagen) zur Verlangsamung der Rutschbewegungen.

Damit macht GEOL_BIM erste Schritte in Richtung einer digitalen Durchgängigkeit und ermöglicht die medienbruchfreie Kommunikation über verschiedene Fachexpertisen hinweg. Für den Umgang mit den Unsicherheiten und Risiken des Untergrundes eröffnet sich ein Feld neuer Möglichkeiten. Insbesondere hinsichtlich der Einwirkungen auf Tragwerke von Gebäuden und Infrastrukturbauten kann die Planung und Ausführung von Schutzmassnahmen sowie der Unterhalt optimiert werden.

Autoren

Stefanie Wirth, GEOTEST AG, stefanie.wirth@geotest.ch

Benno Staub, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF, benno.staub@vkg.ch

Oliver Schneider, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, oliver.schneider@fhnw.ch

Michael Köbberich, Schweizer Geologenverband CHGEOL, michael.koebberich@chgeol.ch

Innovationsprojekt GEOL_BIM

Für die Umsetzung des Innosuisse-Projekts GEOL_BIM zeichnen sich die Landesgeologie von swisstopo und das Institut Digitales Bauen FHNW unter der Leitung des Schweizer Geologenverbandes CHGEOL verantwortlich. Das Projekt ist breit abgestützt durch namhafte Unterstützung aus der Privatwirtschaft sowie von Behörden und Verbänden.

https://chgeol.org/geol_bim/

www.schutz-vor-naturgefahren.ch

Referenzen

[1]BAFU (2016) Schutz vor Massenbewegungsgefahren. Vollzugshilfe für das Gefahrenmanagement von Rutschungen, Steinschlag und Hangmuren.

[2]SIA 261/1 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen.

[3]SN EN ISO 19650-1 (2018)

[4]SN EN ISO 16739 (2016)

[5]OGC Geoscience Markup Language 4.1 (GeoSciML).

[6]SN EN ISO 29481-1 (2017) und -2 (2016)

Abbildung 1: Anrissbereich der Rutschung Chratzera in Grindelwald (oben) und wiederholt angepasster Garagenunterstand im Dorf (unten).

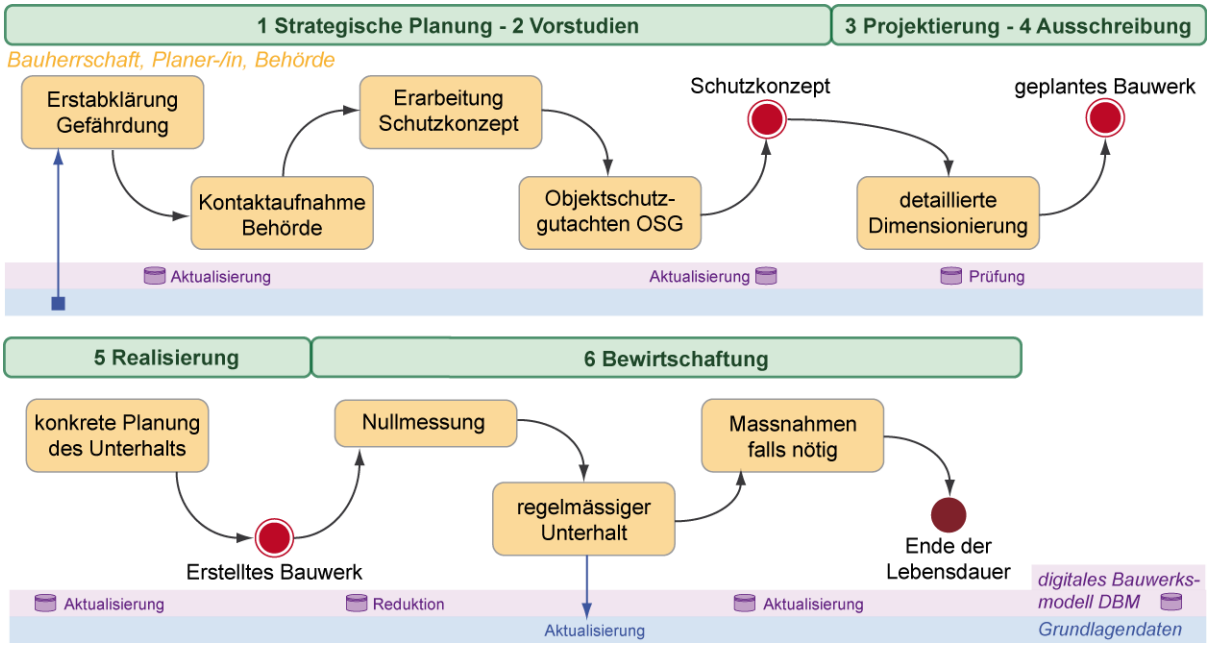


Abbildung 2: Vereinfachte Prozesskarte für den Anwendungsfall «permanente Rutschung» von den frühen Planungsphasen bis in die Bewirtschaftung.

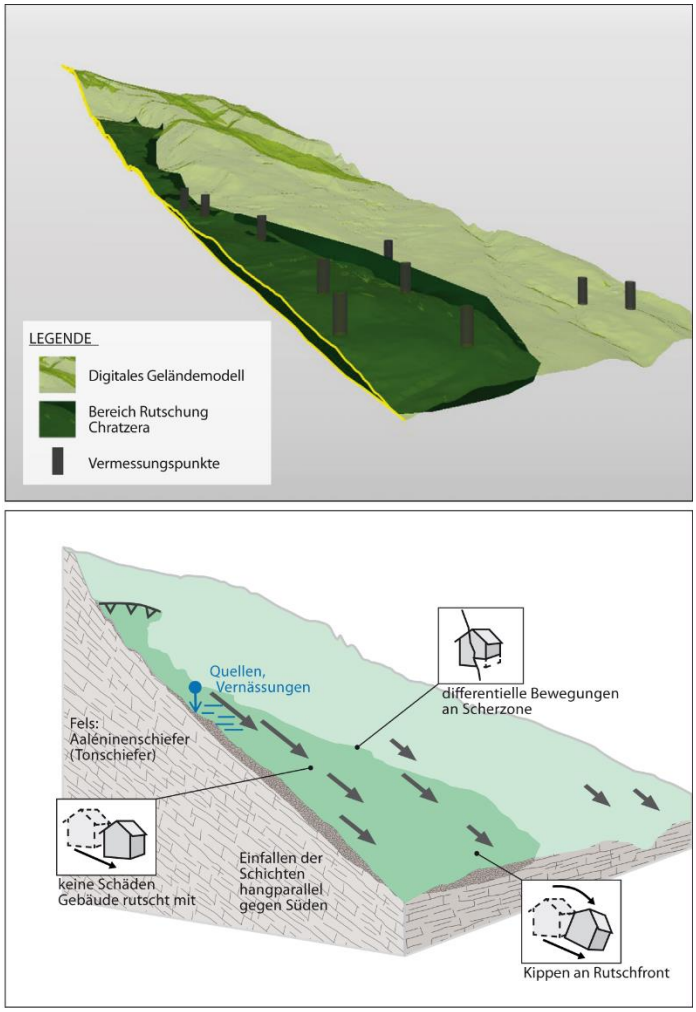


Abbildung 3: Beispieldaten im BIM-Viewer (oben), interpretiertes Blockmodell (unten).