

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strasseninfrastruktur

**Rubigen A6,
Rutschung Raintalwald
Ausarbeitung Untersuchungs- und Massnahmenvorschläge**

Technischer Bericht Nr. 10259.1



Zollikofen, 17. Dezember 2010 / Rr

Bearbeiter:

Rachel Riner
Daniel Tobler

O:\2010\251 - 300\10259 Rubigen, Rutsch Raintalwald, To\04_Bericht\AC02RrTo, BE Technischer Bericht.doc/A

Hauptsitz :
GEOTEST AG Tel 031 910 01 01
Birkenstrasse 15 Fax 031 910 01 00
CH-3052 Zollikofen zollikofen@geotest.ch

Filialen :
4587 Aetingen SO 7260 Davos Dorf GR 1920 Martigny VS
6055 Alpnach Dorf OW 1762 Givisiez FR 2000 Neuchâtel
6460 Altdorf UR 6048 Horw LU 9001 St. Gallen
6374 Buochs NW 1052 Le Mont-s.-L. VD 8045 Zürich

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	3
1.1 Auftrag	3
1.2 Ausgangslage	3
1.3 Problemstellung / Zielsetzung	3
1.4 Ausgeführte Arbeiten	4
2. Vorhandene und verwendete Unterlagen	4
3. Rutschgebiet Raintalwald	6
3.1 Abgrenzung	6
3.2 Durchgeführte Sondierungen / Messungen	6
3.3 Geologisches Modell des Rutschgebiets Raintalwald (vgl. Anhang 2)	7
3.4 Aktive Sekundärrutschung	9
3.5 Bestehende Massnahmen / Massnahmenwirkung (vgl. Anhang 3)	10
4. Planung von Schutzmassnahmen bei Rutschungen	11
4.1 Generelle Prozessangaben & Sondiermassnahmen	11
5. Vorschläge für weitere Untersuchungsschritte und Massnahmen	12
5.1 Untersuchungsschritte Grossrutschung Raintalwald	13
5.2 Untersuchungsschritte und Massnahmen Sekundärrutschung (km 9.95)	14
5.2.1 Bauliche Massnahmen	14
6. Zusammenfassung	15

Anhang

Situation Rutschgebiet 1:5'000	1
Querprofil durch die Grossrutschung 1:1'000	2
Bestehende Massnahmen/Sondierungen 1:5'000	3

1. Einleitung

1.1 Auftrag

Am 28.09.2010 erhielt die Geotest AG von Herrn M. Thomet, Fachspezialist Erhaltungsplanung ASTRA den Auftrag, die Sekundärrutschung Raintalwald gemäss der Offerte vom 17. September 2010 zu beurteilen. Zusätzlich zur Beurteilung sind weiterführende Untersuchungen sowie Massnahmenvarianten vorzuschlagen.

1.2 Ausgangslage

Die seit langem bekannte Rutschung Raintalwald wurde im Rahmen des Baus der Nationalstrasse A6 umfangreich untersucht. Es stellte sich heraus, dass der komplex aufgebaute Rutschkörper aus Zonen tiefgründiger Massenbewegungen besteht, welche von flachgründigen Rutschprozessen überlagert wird.

Rutschungen und Zonen oberflächlicher Rutschung besteht. Auf der Basis umfassender Untersuchungen wurden bis zum Ende der Bauphase umfangreiche Stabilisierungsmassnahmen vorgenommen.

Seither traten immer wieder lokale Setzungserscheinungen und Bewegungen auf, die Sanierungsmassnahmen nach sich zogen. Mit einer umfangreichen Gefahrenabklärung im Jahre 2006 [13] wurden bestehenden Unterlagen zum Rutschgebiet Raintalwald zusammengetragen und ausgewertet. Massnahmenvorschläge zur Stabilisierung und Überwachung der Rutschmasse wurden ausgearbeitet.

Im Jahre 2004 (re)aktivierte sich bei km 9.95 eine kleine, oberflächennahe Sekundärrutschung, was zu Belagschäden entlang des Standstreifens (Fahrtrichtung Bern – Thun) führte [13]. Die kontinuierlich anhaltenden Bewegungen führten zu einem ca. 8 cm tiefen Absatz im Belag. Im Sommer 2010 wurden die Schäden behoben.

1.3 Problemstellung / Zielsetzung

Im Hinblick auf zukünftige Bauwerkssanierungen oder anderweitige Reparaturarbeiten sollen nebst der geologischen Beurteilung der Rutschmassen auch mögliche Massnahmen vorgeschlagen werden. Dafür wurde in einer ersten Phase die Grundlagen des Rutschgebietes Raintalwald aufgearbeitet und weitere Untersuchungsschritte mit Ausblick auf spezifische Massnahmen formuliert.

1.4 Ausgeführte Arbeiten

Den Zielsetzungen und Aufgaben entsprechend wurden folgende Untersuchungen ausgeführt:

- Beschaffen und Aufarbeiten bestehender Unterlagen
- Auswertung vorhandener Unterlagen
- Zusammenstellung notwendiger Parameter zur geologischen Modellbildung des Rutschkörpers
- Erstellen des Querprofils durch den Rutschkörper
- Beschreibung weiterführender Untersuchungen
- Berichterstattung

2. Vorhandene und verwendete Unterlagen

Allgemeine Grundlagen

- [1] Luftbilder aus Bildflug. Swisstopo, 2005.
- [2] Atlas der Schweiz (2004), Version 2.0, Institut für Kartographie, ETH Zürich. Zürich.
- [3] Kellerhals, P. et al. (2001): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1167, Worb. Karte und Erläuterungen. Landeshydrologie und –geologie (Hrsg), Bern.
- [4] Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) (1981): Hydrogeologie Aaretal, zwischen Thun und Bern. Karte mit Bericht, Bern.
- [5] Kilchenmann, F. (1973): Nationalstrassenbau im Kanton Bern. In: Strasse und Verkehr, Nr. 6, S. 345 – 353. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (Hrsg.), Zürich.
- [6] Institut de géophysique appliquée (1983): Atlas gravimetrique du Plateau Suisse, partie ouest, Blatt D4 (243). Lausanne.
- [7] Digitales Terrainmodell DTM-AV, 2 m Auflösung. Swisstopo.
- [8] Strategie Naturgefahren Schweiz. Wirkung von Schutzmassnahmen („PROTECT“). PLANAT, Testversion Dezember 2008.
- [9] Modellierung der Felsoberfläche in der Region Bern, Kartenblatt 1167, Worb 1:25'000, Master-Arbeit, Geologisches Institut Bern, DTM-AV, 5 m-Grid, Reber Regina, 2009

Naturgefahrenspezifische Grundlagen

- [10] AGN (2004): Gefahreneinstufung Rutschungen i.w.S. Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. Entwurf. Bern.
- [11] Gefahrenhinweiskarte des Kantons Bern, Blatt 1167 Worb, 1:25'000. KAWA, Abteilung Naturgefahren (1997).
- [12] BWW, BUWAL, 1995: Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. Empfehlungen. Bern.

Technische Berichte

- [13] GEOTEST AG (2007): Gefahrenbeurteilung Los Raintalwald, U: km 3.3 – 11.7, Phase 1, Bericht Nr. 06187.1, 2007
- [14] GEOTEST AG (2006): Kanalfernsehaufnahmen des Streckenabschnitts km 9.8 – km 10.1 vom 5.12.2006, (Aktennotiz vom 12.12.2006).
- [15] Kappeler, H. (1986): N6 Muri – Kiesen, km 8.8 – 9.8, Raintalwald. Sanierung und Ergänzung Entwässerung. Unveröffentlichte Plangrundlage. Autobahnamt des Kt. Bern (Hrsg.), Bern.
- [16] Autobahnamt des Kt. Bern (1975): Rammsondierungen RS 1 – 10, kleiner Rutsch bei km 9.300 – geotechnische Voruntersuchungen Raintalwald. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [17] Autobahnamt des Kt. Bern (1973): Muri – Kiesen, Ausführungsplan, Blatt 4, km 7.000 – km 9.400. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [18] Autobahnamt des Kt. Bern (1973): Muri – Kiesen, Ausführungsplan, Blatt 5, km 9.400 – km 10.800. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [19] Kellerhals, P. (1972): N6 Rutschgebiet Raintalwald / km 8.9 bis 9.25. Vorläufiger Bericht, Bern.
- [20] Autobahnamt des Kt. Bern (1971): N6 Stützmauer Raintalwald, Geotechnik, Schachtaushübe, 1:100 / 50. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [21] Autobahnamt des Kt. Bern (1971): Sondierungen Km 9.348 + 9.380 (Stützmauer Raintalwald). Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [22] Autobahnamt des Kt. Bern (1970): N6, Muri – Kiesen, Stützmauern Raintalwald. Querprofile km 9.348 – km 9.380. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [23] Autobahnamt des Kt. Bern (1970): N6, Muri – Kiesen, Stützmauern Raintalwald. Querprofile km 9.404 – km 9.416. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [24] Autobahnamt des Kt. Bern (1969): Geotechnisches Längenprofil km 9,3 – km 10,9. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- [25] GEOTEST AG (1968): Geotechnische Detailuntersuchung Abschnitt 3 + 4, Rutschgebiet Raintalwald. Unveröffentlichter Bericht. Bern.
- [26] Fisch, W. (1965): Geoelektrische Sondierungen Kieslager Kleinhöchstetten. Plangrundlage und Profilaufnahmen.
- [27] Kissling & Zbinden (2008): Technischer Bericht, Rutschsanierung Raintalwald, Massnahmenprojekt, Spiez

3. Rutschgebiet Raintalwald

3.1 Abgrenzung

Die permanente Grossrutschung Raintalwald mit einer Fläche von rund 6 ha lässt sich nördlich durch die markante Hangkante bei Lückholtere und durch Geländerippen talseits der Strasse bis km 9.3 klar verfolgen (vgl. Anhang 1). Sie wird bei km 9.95 und km 10.6 von flachgründigen, kleinräumig begrenzten permanenten Rutschungen überlagert.

3.2 Durchgeführte Sondierungen / Messungen

Im Rahmen der Vorabklärungen des Nationalstrassenabschnittes A6 wurden zwischen 1965 und 1978 im Bereich der Rutschzone Raintalwald diverse Sondierungen und Messungen durchgeführt. Eine chronologische Übersicht der Sondierungen sowie der gewonnenen Erkenntnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Zusammenstellung durchgeführter Sondierungen und Messungen im Rutschgebiet Raintalwald

Jahr	Sondierung / Messung	Absicht	Erkenntnis
1965	Systematische Untersuchung auf Wasseraustritte	Fassen und Ableiten oberflächlich sichtbarer Quellen	Oberflächendrainage ist für die Stabilisierung der Rutschung notwendig.
1968	20 Sondierbohrungen, div. Schächte und Rammsondierungen	Erste geotechnische Prognose	Auf hartem Seetonuntergrund besteht ein oberflächliches, ca. 10 m mächtiges Moränepaket.
1969	Präzisionspolygonzug	Beobachtung allfälliger Bewegungen	Oberflächennahe Drainage zeigt guten Erfolg; Stabilisierung der tiefgründigen Rutschzone bleibt aus.
1969	Schachtprofile im Abstand von 20 m	Lage der Seetone feststellen (darin soll Dammfuss eingebunden werden).	Gleitfläche der Rutschung korreliert nicht mit der Seetongrenze; Innerhalb des Lockergesteins besteht ein System von Klüften und Verschiebungsflächen; Seetone stark gestört.
(1969?)	Bau von Schachtstützmauer	-	Unregelmässige Topografie der Seetonoberfläche
1969	Zusätzliches Hangprofil mittels Kernbohrungen	Abklärung ob tiefer liegende Rutschung auf Molasse abgeleitet	Molasse wurde nach 48 m Bohrtiefe nicht erreicht.
1972	Sondierung mittels Bohrpfahlöchern im Abstand von 10 m	Tiefste Wasserführende Schicht ergründen (Tiefe und Gefälle der Sickerleitungen)	Es gibt zwei Stellen, wo das Wasser zusammenläuft.
~ 1972 - ??	Monatliche Aufsicht des Entwässerungsbauwerkes (Schächte)	Kontrolle auf Defekte und Funktionsfähigkeit innerhalb des Entwässerungsbauwerkes	Starke Versinterung der Sickerlöcher (Vollständige Versinterung des Hauptrohres (80 cm Durchmesser)).

Jahr	Sondierung / Messung	Absicht	Erkenntnis
(1972?)	Messungen an zwei rechteckigen, 8-10 m tiefen Messschächten		Verschiebung von ca. 2.5 cm pro Jahr; keine Verkippung der Schächte gemessen.
5.12.2006	Kanalfernsehaufnahmen der Entwässerungsleitungen des Meteor- und Hangwasser (km 9.8 – 10.1).	Prüfung der Leitungen auf Schäden	Zahlreiche Leitungen weisen Radial-, Quer- und Längsrisse auf. Eine Mehrheit der Leitungen ist stark versintert. Die Strassenquerenden Leitungen sind stärker beschädigt, als jene parallel zur Strassenführung.
Herbst/Winter 2010	Weitere Kanalfernsehaufnahmen (km 9.9)	Prüfung der Leitungen auf Schäden	Die Auswertungen liegen noch nicht vor.

3.3 Geologisches Modell des Rutschgebiets Raintalwald (vgl. Anhang 2)

Geologische Disposition

Im Untergrund des Untersuchungsgebiets ist die obere Meeresmolasse tiefgründig anstehend. Sie weist ein nach Südwesten geneigtes Relief auf [3] und wird vollständig von glazialen Sedimenten der letzten und vorletzten Vergletscherung sowie interglazialen Sedimenten überdeckt. Der quartäre Aufbau ist äusserst komplex. Er besteht aus verfestigter Moräne, Rückstausedimenten (fluviale Schotter, Sande, Kiese, lakustrine Silte und Tone) sowie mächtigen, teilweise stark verwitterten Seetone [25].

Die Seetone haben eine unregelmässige Oberfläche [5] und sind lediglich im zentralen und südöstlichen Teil der Rutschung an der Oberfläche aufgeschlossen [19]. Inwiefern die Seetone als zusammenhängendes Paket und/oder als Schollen bzw. Linsen vorliegen, ist ungewiss.

Die Lockergesteine sind generell sehr stark beansprucht; so wurden in der quartären Überdeckung während des Nationalstrassenbaus bei km 9.2 Kluftsysteme und Verschiebungsflächen im Meter-Bereich beobachtet [5]. Das sedimentäre Gefüge der Seetone ist häufig nicht mehr erkennbar.

Die Mächtigkeit der quartären Bedeckung im Bereich der Rutschung ist nicht bekannt; so wurde die Molasse bei einer 48 m tiefen Sondierbohrung nicht erreicht [5]. Ausserhalb des Untersuchungsgebietes variiert die Lockergesteinsmächtigkeit zwischen 10 und 50 m ([6], [3], [25]).

Geotechnische Disposition

Gemäss den Sondierungen bestehen die Moränesedimente aus kompaktem siltig-sandigem Kies mit Steinen (GM – ML), deren Lagerungsdichte in den tiefer liegenden Zonen abnimmt [13]. Die Rückstausedimente haben einen generell hohen Feinanteil. Sie werden als tonige Silte, Sande und Kiese beschrieben, welche als Schichten oder Linsen vorliegen [13]. Die Seetone sind kompakt gelagert und werden als tonige Silte (CL – ML) klassiert. Ihre Durchlässigkeit ist sehr gering. Triaxversuche mit den Seetonen haben einen inneren Reibungswinkel von 35° ergeben [25]. Der Wassergehalt dieser glazialen Sedimenten beträgt 5 – 20 % [25].

Grundsätzlich variieren die geotechnischen Eigenschaften dieses komplexen und heterogenen Lockergesteinskörpers sehr stark (vgl. Plan 667122, Stützmauer Raintalwald, Geotechnik, Schachtaushübe).

Hydrogeologische Disposition

Die Heterogenität des Lockergesteinskörpers führt zu ebenfalls komplexen Grundwasserverhältnissen. Aus den Sondierungen geht hervor, dass die Schichten oberhalb der Seetone meist wassergesättigt sind. Weiter sind entlang von Schichtgrenzen Wasseraustritte beobachtet worden. Es kann jedoch nicht von zusammenhängenden Grundwasser- oder Quellhorizonten ausgegangen werden (vgl. Schachtprofile [20]). Beim Bau der Nationalstrasse wurden zur Hangentwässerung Oberflächendrainagen [13] und eine tiefe Längsdrainage bergseitig der Autobahn erstellt [5]. Starke Versinterungen und die Rutschbewegungen schränken die Funktionalität der Drainage ein [14].

Der Wasserandrang im Rutschhang ist sehr stark, wobei noch nicht klar ist, woher das Wasser kommt. Nördlich von Märchligenacher und Lückholtere liegt ein wasserstauender Moränenrücken direkt auf der Molasse [3]. Dieser wirkt als hydraulische Barriere, so dass eine Infiltrierung aus den nördlich vorhandenen Münsigenschottern nahezu ausgeschlossen werden kann. Hingegen sind im Bereich weiter Südöstlich (Breitenacher – Kleinhöchstetten) solche Infiltrierungen nicht ausgeschlossen.

Gleitfläche (Lage, Verlauf, Geometrie)

Der komplexe Aufbau des Lockergesteinskörpers im Untergrund lässt ein Rutschsystem mit verschiedenen Teilrutschungen und somit mehreren Gleitflächen unterschiedlicher Gründigkeit und Geometrie vermuten. Verschiedene Untersuchungen ([5], [13]) weisen darauf hin, dass das Moränenmaterial nicht auf einer Gleitfläche entlang der Seetonoberkante abgleitet. Es handelt sich eher um eine gleichförmige Kriechbewegung innerhalb des Seetons oder des Lockergesteins, womit die Ausbildung einer klaren Scherzone ausbleibt. Dies würde auch die fehlende Gleitfläche während den Aushubarbeiten erklären. Weiter wurden bei Verschiebungsmessungen an zwei 8 – 10 m tiefen Messschächten keine Verkipnungen registriert. Dies kann einerseits auf eine tiefgründige (> 20 m) Gleitfläche z.B. auf der Molasse oder auf plastisches Deformieren des Lockergesteinskörpers hinweisen.

Bewegungsrates

Die Rutschbewegungen im Gebiet Raintalwald können bis ins Jahr 1850 zurückverfolgt werden ([13], [3]). In den 1970er Jahren wurde eine Messkampagne durchgeführt, welche Rutschgeschwindigkeiten von ca. 2.5 cm / Jahr ergaben. Die aktuellen Bewegungen der Grossrutschung werden als gering (< 2 cm/Jahr) eingestuft. Lokal werden die grossräumigen Bewegungen von flachgründigen Rutschungen überlagert [13].

Reaktivierungspotenzial

Gemäss der Gefahrenbeurteilung aus dem Jahre 2006 liegt ein Reaktivierungspotenzial vor, primär bedingt durch einen markanten Grundwasseranstieg bzw. Hangwasserzufluss. Dieser Anstieg kann einerseits durch langanhaltende Niederschläge, anthropogene Hangwasserzuflüsse aus dem Gebiet südlich des Eichenhubels und/oder durch Versagen der Drainageleitungen bedingt sein. Aus den Historien sind keine Reaktivierungen der Grossrutschmasse bekannt. Hingegen sind lokale Reaktivierungen flachgründiger Sekundärrutschungen seit dem Bau der A6 mehrmals beobachtet worden.

Kausalität der Rutschung

Im Jahre 1970 konnte die eigentliche Rutschursache trotz Einbezug verschiedener Fachspezialisten nicht geklärt werden [5]. Auch 40 Jahre später können aufgrund fehlendem Monitoring nur Vermutungen über die Kausalität des Rutschprozesses gemacht werden.

Die Materialeigenschaften (plastisches Material) und der Aufbau des Lockergesteinskörper werden als primäre Ursache der Bewegungen vermuten. Diese Gegebenheiten ermöglichen eine langsame plastische Deformation der Masse (Kriechen entlang Kleinsttrennflächen), welche wahrscheinlich durch eine generell hohe Wassersättigung und ein hohes Eigengewicht angetrieben wird.

3.4 Aktive Sekundärrutschung

Zur Zeit besteht im Gebiet Breitacher (km 9.95) eine aktive Sekundärrutschung, welche sich von der Mittelböschung der Nationalstrasse bis zu den Giessen in der Talebene erstreckt. Die Ausdehnung der Rutschmasse umfasst eine Fläche von ca. 0.4 ha. Die Sekundärrutschung manifestiert sich durch Terrainabsenkungen in der Böschung oberhalb der Fahrbahn Bern – Thun, sowie durch Absenkungen im Bereich des Standstreifens. Sie ist Teil der Grossrutschung und wurde im Rahmen der Gefahrenanalyse bereits ausführlich beschrieben [13].

Die für die Massnahmenplanung relevanten Parameter werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Geologisch-geotechnische und hydrogeologische Disposition

Die im Bereich der Grossrutschung durchgeführten Untersuchungen liefern grobe Hinweise zu den geologisch-geotechnischen sowie hydrogeologischen Verhältnissen (vgl. Kapitel 3.3). Detaillierte Aussagen zu den betreffenden Punkten sind jedoch aufgrund fehlender Sondierungen im Gebiet der Sekundärrutschung nicht möglich.

Gleitfläche (Lage, Verlauf, Geometrie)

Die Gleitfläche wird aufgrund der Geländemorphologie und den beobachteten Terrainabsenkungen in einer Tiefe von 2 – 10 m vermutet. Die Felsoberfläche kommt gemäss den Felsreliefmodellierungen erst in einer Tiefe von 14 – 25 m [9] zuliegen. Der Gleithorizont verläuft somit vermutlich innerhalb des Lockergesteins.

Bewegungsrate

Innerhalb der letzten 6 Jahren (2004 – 2010) wurden beim Standstreifen Belagabsenkungen von ca. 8 cm beobachtet. Über die Jahre gemittelt ergibt dies eine horizontale Absenkrate von ca. 1.3 cm/Jahr. Über die vertikale Verschiebung der Sekundärrutschung können nur Vermutungen anhand des Versatzes des Maschendrahtzaunes / Leitplanken angestellt werden.

Reaktivierungspotenzial

Von den oberflächennahen Rutschungen ist ein gewisses Reaktivierungspotenzial bekannt. Die Reaktivierungen werden vermutlich a) durch Änderungen im System der Grossrutschung und b) durch lokale Wasser-Exfiltration bei lecken Drainagestellen ausgelöst.

Kausalität

Die permanenten Bewegungen innerhalb der Grossrutschung führen zu einem stetigen Wechsel der treibenden und rückhaltenden Kräfte. Auch wenn die Bewegungen für das Gleichgewicht der Grossrutschung nahezu vernachlässigbar sind, haben sie einen merklichen Einfluss auf oberflächennahe lokale Rutschpakete, welche meist sensibler auf Systemänderungen reagieren.

Wasser-Exfiltrationen aus lecken Drainagen führen zu punktuelltem Wassereintrag in das ohnehin rutschanfällige Material und begünstigt dadurch lokale Instabilitäten.

3.5 Bestehende Massnahmen / Massnahmenwirkung (vgl. Anhang 3)

Die in den Jahren 1965 – 1973 durchgeführten Sondierungen und Messungen führten zu zahlreichen Massnahmen während des Baus der Nationalstrasse. Die Massnahmenwirkung konnten mit Ausnahme der oberflächennahen Drainagewirkung nie quantifiziert werden. Nach der Installation der oberflächennahen Drainage wurden kleinere Bewegungsraten gemessen.

Tabelle 2: Zusammenstellung ausgeführten Massnahmen im Rutschgebiet Raintalwald

Massnahme	Ziel
Oberflächennahe Drainage	Stabilisierung durch frühzeitige Austrocknung des stützenden Hangsegments
Schachtstützmauer	-
Hangseitige, tiefe Längsdrainage innerhalb ungestörter Seetonzone	Allmähliche Austrocknung des Rutschhangs
Betonierte Sondierpfähle oberhalb der Längsdrainage im Abstand von 10 m	Dübelwirkung zwischen Moräne und Seetone
Dammfussstabilisation mittels Bohrpfahlwandverdübelung (Bohrpfähle 3 m in Seeton und 2-3 m in Rutschung; in zwei Reihen versetzt angeordnet)	Stabilisierung der flachgründigen Rutschung (km 9.2)
Materialabtrag um 4 m oberhalb der Strasse inkl. Abdichtung mittels 80 cm gutem Waldboden (km 9.0 – 9.2)	Reduktion der treibenden Kraft; Verringerung der Oberflächenversickerung
Sanierung eines lokalen Hangmurenbereiches sowie diverse Arbeiten zur Verbesserung der Terrainentwässerung und Ableitung des Meteorwassers (606'200/195'400)	Verhinderung weiterer Hanginstabilitäten sowie erhöhter Oberflächenwasserzuflüssen in den Böschungen oberhalb der Nationalstrasse zw. Km 9.5 und km 9.8

4. Planung von Schutzmassnahmen bei Rutschungen

Die Massnahmenplanung bei Rutschungen ist eine besondere Herausforderung, da die Interaktion(en) zwischen Massnahmen und Prozess aufgrund fehlenden Prozesskenntnissen schwierig abzuschätzen ist. Die vom Bund zu Verfügung gestellte Arbeitshilfe PROTECT [8] schreibt ein klar strukturiertes Vorgehen in der Planung und Beurteilung von Schutzmassnahmen vor. Dabei wird ebenfalls die Negativwirkung von Massnahmen auf die Gefahrensituation berücksichtigt.

In der ersten Phase werden sämtliche notwendigen Prozessangaben erhoben bzw. erarbeitet. Die zweite Phase, die eigentliche Massnahmenplanung, stützt massgebend auf den Resultaten der ersten Phase ab. Fundierte Abklärungen und Sondierungen sind somit für eine detaillierte Modellbildung unerlässlich.

4.1 Generelle Prozessangaben & Sondiermassnahmen

Ein Rutschkörper muss hinsichtlich der in Tabelle 3 zusammengestellten Punkte umfassender untersucht sein, als dies bei der Ausarbeitung einer Gefahrenkarte der Fall ist.

Tabelle 3: Für den Aufbau eines plausiblen Modells notwendigen Prozessangaben

Prozessangabe	Was ist bereits bekannt?	Untersuchungsmethode
<i>Lage der Gleitfläche(n)</i> → Gründigkeit	Im Rutschgebiet wird von einem System verschiedener Gleitflächen ausgegangen. Über die Gründigkeit der Gleitflächen können nur Annahmen (2 m bis > 20 m) getroffen werden.	Inklinometermessungen
<i>Geometrie Gleitfläche(n)</i> → Translation → Rotation → Mischformen	Die Geometrie der Gleitfläche ist nicht bekannt.	Grossflächige Vermessung der Rutschung mittels Distanzmessungen
<i>Verlauf der Gleitfläche(n)</i> → auf Fels → in Lockergestein	Es werden verschiedene Gleithorizonte vermutet, welche wahrscheinlich sowohl auf der Molasse (tiefgründige Grossrutschung) aber auch im Lockergestein (mittel- bis flachgründige Rutschungen) verlaufen.	Inklinometermessungen; Distanzmessungen; Seismik
<i>Geologisches Modell</i> → Geometrie der verschiedenen Schichten → Bodenkennwerte der Schichten	Keine eigentlichen Schichten vorhanden; Rutschkörper kann grob unterteilt werden in eine Seeton-Schicht und ein stark heterogenes Lockergestein aus Moräne und Rückstausedimenten.	Weitere Rotationskernbohrungen an gezielten Standorten
<i>Teilkörperidentifikation</i> → Teilrutschungen → Sekundärrutschungen → tiefe stabilisierte Zonen → überlagerte Prozesse	Die tiefgründige Massenbewegung ist heterogen und weist in sich vermutlich unterschiedliche Bewegungen auf. Zudem wird sie von flachgründigen Rutschungen überlagert. Die Abgrenzung der einzelnen Zonen ist unklar.	Inklinometermessungen

Prozessangabe	Was ist bereits bekannt?	Untersuchungsmethode
<i>Hangwasserverhältnisse</i> → Lage Hangwasserspiegel → Porenwasserdrücke bei verschiedenen Bedingungen → unterirdische Fliesswege → Zu- und Abflüsse → Zuflüsse aus anderen Einzugsgebieten	Die in den 1970er Jahren durchgeführten Sondierungen lassen einen Grundwasserspiegel und Quellhorizonte vermuten. Über die Grundwasserverhältnisse, Porenwasserdrücke, unterirdische Fliesswege sowie Zu- und Abflüsse ist jedoch noch vieles unklar.	- Wasserspiegelmessungen bei noch vorhandenen Piezometerrohren - Tracerversuche
<i>Interaktion mit anderen Prozessen</i> → Bachprozesse (Erosion, Infiltration,...) → andere Rutschungen	Interaktionen (z.B. durch Erosion) mit dem Talfluss können seit der Aarekorrektur ausgeschlossen werden. Gemäss Wasserwirtschaftsamt des Kt. Bern [4] ist eine Infiltration des Aarewassers in den Hang ausgeschlossen. Es bestehen keine weiteren Rutschgebiete.	-
<i>Historie des Rutschverhaltens</i> → Ereignisdokumentation → Trigger	Vgl. Kapitel 3.3 Kausalität der Rutschung	-
<i>Frühere Bewegungen</i> → Bewegungsintensität → Verschiebungsmessungen → Geodäsie	In den 1970er Jahren wurden Verschiebungsmessungen durchgeführt, wodurch die Bewegungsintensität während und nach der Bauphase quantitativ erhoben wurde. Wie das Bewegungsmuster der einzelnen Schollen aussieht, ist nicht bekannt. Gemäss den Untersuchungen von 2006 wird die Bewegungsintensität als gering eingestuft.	-
<i>Frühere Massnahmen</i> → Wirkung → Funktionstauglichkeit → Unterhalt → Kontrolle	Es bestehen zahlreiche bauliche Massnahmen (vgl. Tabelle 2), deren Wirkung und Funktionstauglichkeit meist nicht quantifizierbar ist. Bei den Drainagen ist der Unterhalt und die Kontrolle durch den Autobahnwerkhof gewährleistet.	-
<i>Möglichkeit eines kurz- oder langfristigen Systemswechsels</i>	Bei der Grossrutschung sind bis zum jetzigen Zeitpunkt keine Angaben vorhanden, welche auf einen plötzlichen Systemwechsel hinweisen. Im Bereich der oberflächlichen Rutschungen sind plötzliche Reaktivierungen möglich. Der jeweilige Lokalität und das Prozessausmass sind schwierig abzuschätzen.	-

5. Vorschläge für weitere Untersuchungsschritte und Massnahmen

Da von den Rutschungen keine akute Gefährdung ausgeht, drängen sich keine sofortigen Massnahmen auf. Es empfiehlt sich aber die Bewegungen zu verfolgen und zu rapportieren. Folgend werden für die Grossrutschung und die Sekundärrutschung bei km 9.95 weitere Untersuchungen und mögliche Massnahmen vorgeschlagen.

5.1 Untersuchungsschritte Grossrutschung Raintalwald

Eine vollständige Stabilisierung der Grossrutschung ist aus naturgefahrenstechnischer Sicht nicht zweckmässig. Es ist jedoch zwingend notwendig, die zu Beginn der Nationalstrasse erstellten Massnahmen (Entwässerung, Stützmauer, etc.) zu unterhalten und deren Funktionstauglichkeit zu gewährleisten. Im Hinblick auf zukünftige Bauwerksanierungen erachten wir eine schlanke Messkampagne über mehrere Jahre zur quantitativen Erfassung der wichtigsten Rutschparameter als durchaus sinnvoll. Folgend werden die Unterhalts- und Untersuchungsmassnahmen kurz erläutert.

Distanzmessungen: Das langfristige Bewegungsmuster der Rutschmasse kann mittels Distanzmessungen quantifiziert werden. Dazu muss ein Netz von Reflektoren (ca. 30 – 50 Stk.) über die Rutschung verteilt (km 8.8 – km 10.0) installiert und jährlich Messungen durchgeführt werden.

Messintervall: nach Vereinbarung; Vorschlag: jährlich

Kosten: Nullmessung inkl. Versetzen der Punkte ca. CHF 5'000, jede weitere Folgemessung inkl. Berichterstattung ca. CHF 2'500.

Grundwasserspiegelmessungen: Um Hinweise über das Verhalten des Wasserspiegels in der Rutschung zu erhalten, können an den noch funktionstüchtigen Piezometerrohren die Wasserspiegel gemessen und aufgezeichnet werden.

Messintervall: nach Vereinbarung; Vorschlag: jährlich

Kosten: Erhebung und Messung der noch funktionstüchtigen Piezometerrohre ca. CHF 3'000 - 5'000. Jede Folgemessung inkl. Auswertung und Berichterstattung ca. CHF 1'500. Die Messungen können durch Personal des ASTRA vorgenommen werden.

Kontrolle und Unterhalt der Entwässerungssysteme: Um die Funktionstauglichkeit der Rutschentwässerung zu gewährleisten, sollten die zugänglichen Drainagen und Entwässerungssysteme regelmässig auf Versinterungen und Schäden kontrolliert werden (Begehung, Kanalfernsehaufnahmen). Allfällige Reparaturen sind möglichst schnell durchzuführen, um lokale Wasserinfiltrationen in die Rutschung zu verhindern.

Messintervall: alle 5 Jahre (vorzugsweise im Winterhalbjahr)

Kosten: Begehung der Leitungen und Auswertung der Kanalfernsehaufnahmen inkl. Berichterstattung ca. CHF 3'000.

Inklinometermessungen: Um Bewegungen innerhalb der Rutschung zu erfassen, erachten wir Messungen an noch funktionierenden Inklinometer als sinnvoll.

Messintervall: nach Vereinbarung; Vorschlag: jährlich

Kosten: Erhebung der noch funktionstüchtigen Inklinometerrohre ca. CHF 3'000. Folgemessungen inkl. Auswertung und Berichterstellung abhängig von Anzahl funktionstüchtiger Inklinometer. Die Erhebungen können zusammen mit den Wasserspiegelmessungen vorgenommen werden.

5.2 Untersuchungsschritte und Massnahmen Sekundärrutschung (km 9.95)

Aus heutiger Sicht besteht keine Gefahr, dass sich die Sekundärrutschung massgeblich aktiviert und eine plötzliche Gefährdung für die Strassenbenutzer darstellt. Davon ausgehend sind zwei Strategien im Umgang mit den Rutschbewegungen möglich.

Es kann einerseits versucht werden, die Bewegungen mittels baulichen Massnahmen zu verringern (vgl. Kapitel 5.2.1), oder die Terrainabsenkungen werden akzeptiert, im Wissen, dass alle 5 – 10 Jahre Reparaturen an den Installationen anfallen. Unabhängig welche Strategie gewählt wird, sind unseres Erachtens regelmässige Messungen zur Quantifizierung der wichtigsten Rutschparameter angebracht (vgl. Kapitel 5.1).

5.2.1 Bauliche Massnahmen

Drainagen / Hangentwässerung: Durch die Veränderung der Hangwasserverhältnisse können die treibenden Kräfte innerhalb der Rutschung stark reduziert werden. Vorgängig müssten Untersuchungen zu den Grundwasserverhältnissen durchgeführt werden. Dazu müssten über die ganze Länge der Sekundärrutschung Piezometer versetzt (ca. 8 Stk.) und regelmässig Grundwasserspiegelmessungen durchgeführt werden. Die installierten Piezometer können später zur Überwachung der Rutschung weiterverwendet werden.

Messintervall: Während den Sondierungen ca. vier Messungen; danach jährlich

Kosten: Installation der Piezometerrohre ca. CHF 15'000 (Rammpiezometer).
Grundwasserspiegelmessungen inkl. Auswertung und Berichterstattung ca. CHF 5'000.

Anker und Stützkonstruktionen:

Durch das Einbringen von entgegengesetzten Kräften oder Widerständen (z.B. Anker, verankerte Stützmauer, usw.) kann die Stabilität eines Rutschhanges erhöht werden. Zur Dimensionierung der Verankerung muss die Gründigkeit der Rutschmasse bekannt sein. Um dies zu Erkunden sind aufwändige Abklärungen (Sondierungen) notwendig. In Anbetracht der geringen Bewegungsraten ist diese Massnahmenvariante zur Zeit kaum wirtschaftlich.

6. Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Bericht liegt dem ASTRA ein Dokument vor, welches die bestehenden Grundlagen und Studien im Rutschgebiet Raintalwald zusammenfasst und als Basis für weiterführende Untersuchungen und Massnahmenplanungen dienen soll.

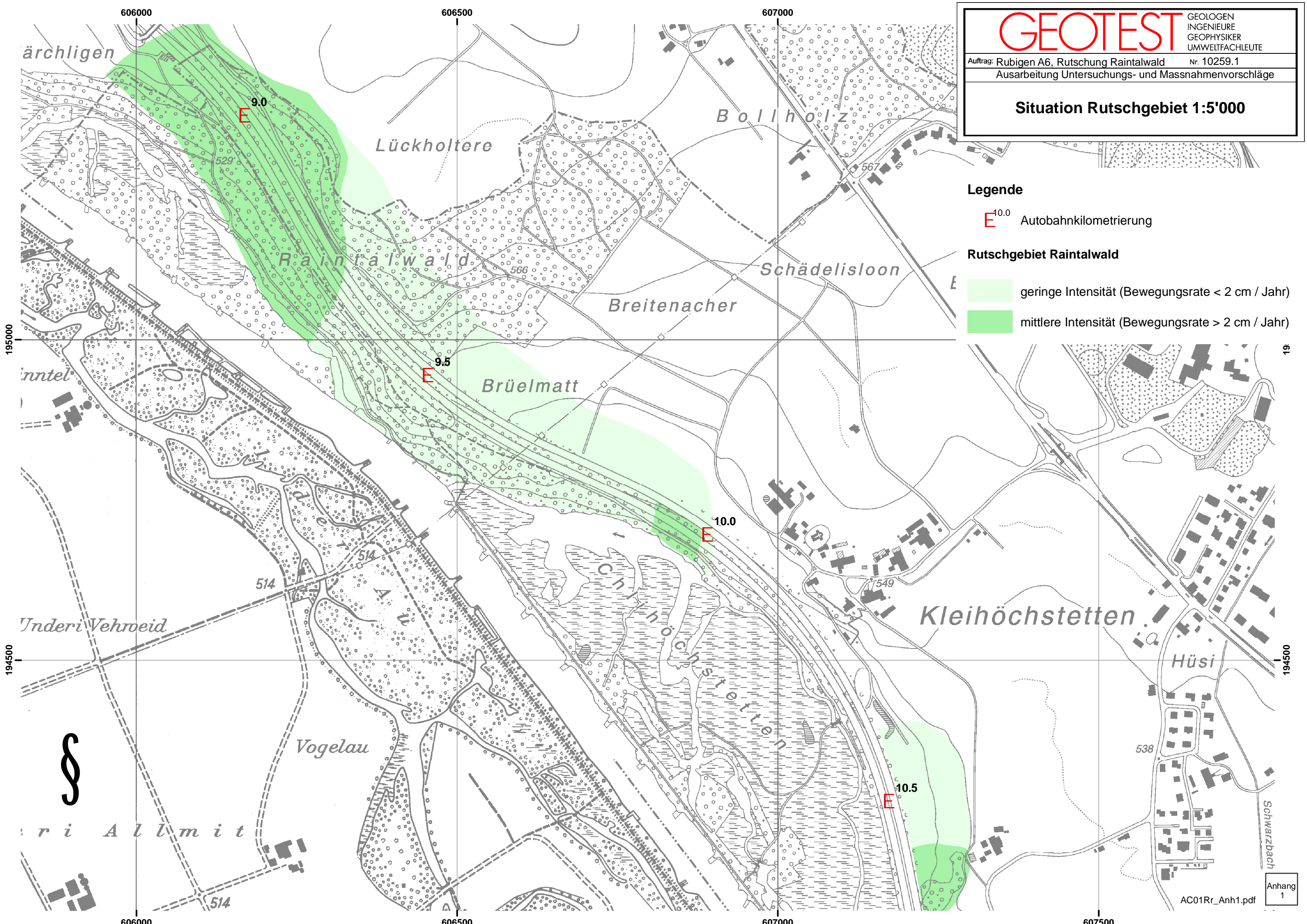
Die Untersuchungen zeigen, dass von den Rutschbewegungen im Gebiet Raintalwald keine Gefährdung für die Strassenbenützer ausgeht, wodurch weitere Stabilisierungsmassnahmen innerhalb der tiefgründigen Rutschung wenig sinnvoll sind. Im Bereich der Sekundärrutschung können Stabilisierungsmassnahmen in Form von Hangentwässerungsmassnahmen diskutiert werden.

Im Hinblick auf zukünftige Bauwerkssanierungen oder mögliche Ausbauprojekte erachten wir ein Monitoring von Grundwasserverhältnissen und Bewegungen der Rutschmasse als zweckmässig. Dabei kann auf die vielen vorhandenen Installationen (Piezometer, Inklinometer) zurückgegriffen werden. Eine solche Überwachung führt auch zu einem bessern Verständnis der Rutschung. Parallel dazu ist die Funktionstauglichkeit bestehender Massnahmen durch regelmässige Bauwerksinspektionen (Kontrollgänge, Kanalfernsehaufnahmen) zu gewährleisten.

Als nächstes gilt es, die noch ausstehenden Kanalfernsehaufnahmen (Sommer 2010) auszuwerten. Danach schlagen wir vor, die weiteren Untersuchungen und mögliche Massnahmen im Rahmen einer Sitzung zu diskutieren. Bei Fragen können Sie uns gerne kontaktieren.

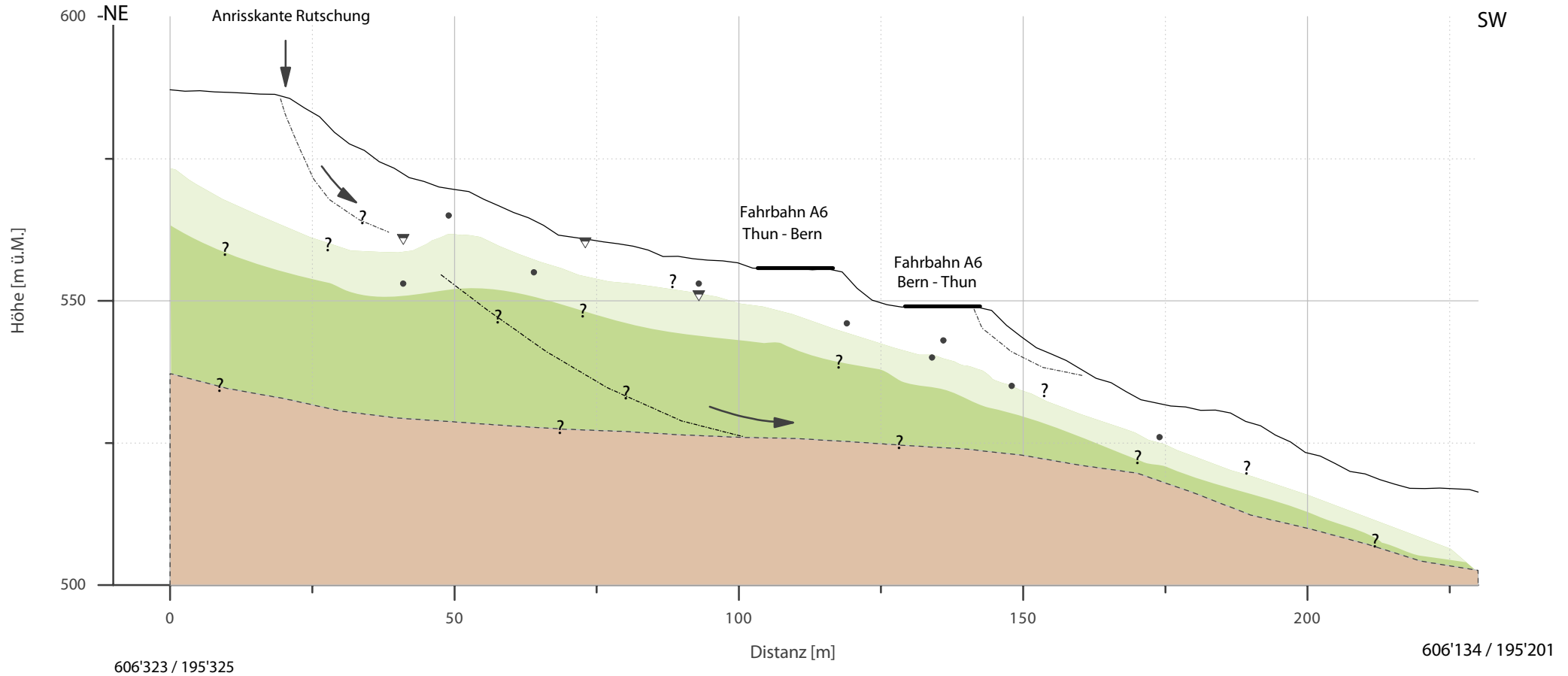
GEOTEST AG





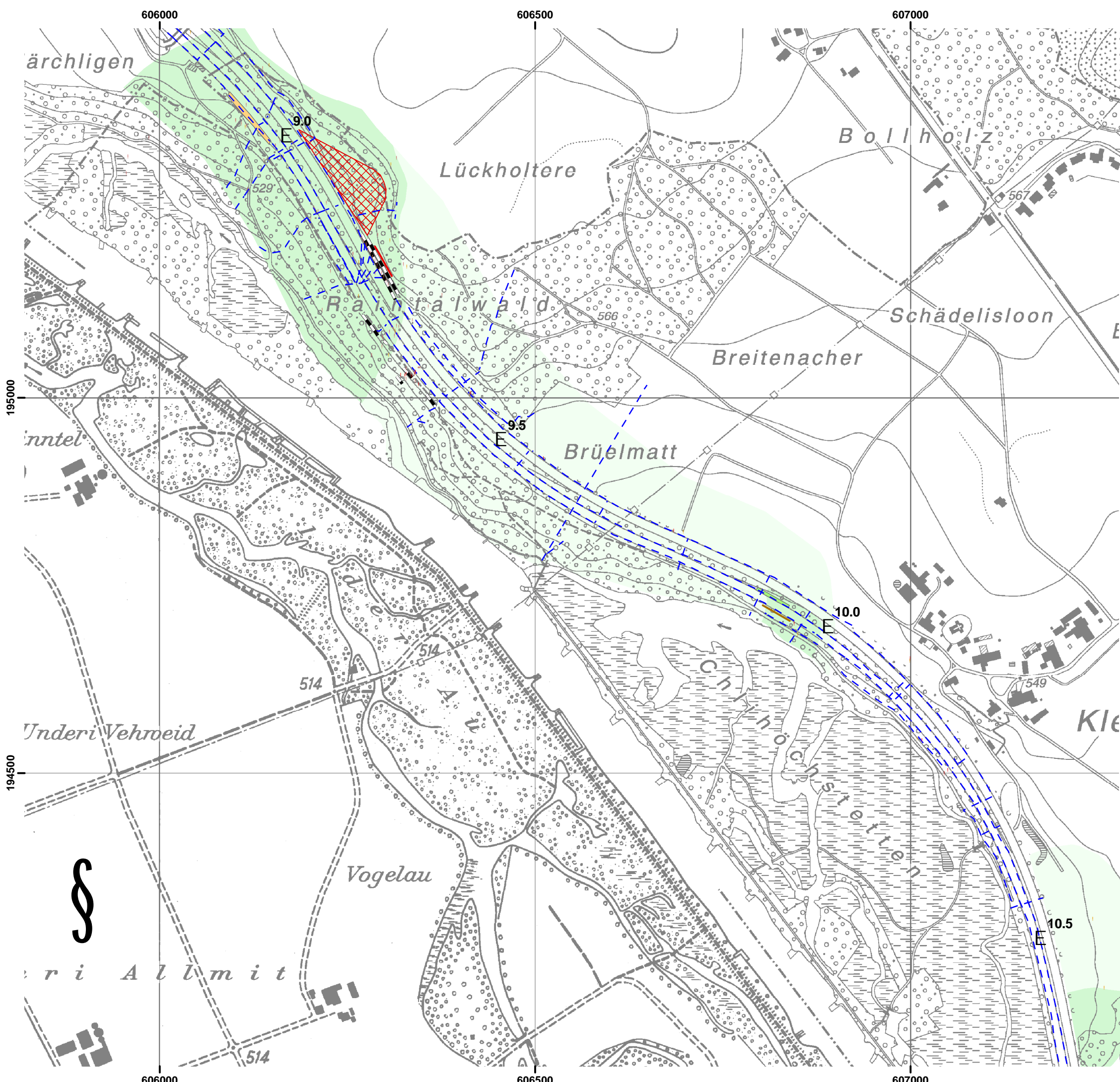
Querprofil Rutschung Raintalwald

Massstab: 1:1'000



- ▼ Bei Sondierung gemessener GW-Spiegel
- Oberfläche weicher / verwitterter Seeton (Quelle: Div. Sondierungen vgl. Archiv)
- Terrainoberfläche (Quelle: DTM-AV, 2m-Grid)
- Mögliche Gleitflächen innerhalb der Grossrutschung

- verwitterter Seeton
- harter Seeton
- Molasse mit modelliertem Felsrelief (Quelle: Modellierte Felsoberfläche Kartenblatt 1167 Worb, 1:25'000)
- Vermutete Oberfläche Seetone generell (B-Spline durch Sondierpunkte)



GEOTEST

GEOLOGEN
INGENIEURE
GEOPHYSIKER
UMWELTFACHLEUTE

Auftrag: Rubigen A6, Rutschung Raintalwald

Nr. 10259.1

Ausarbeitung Untersuchungs- und Massnahmenvorschläge

Durchgeführte Sondierungen und Massnahmen

Rutschgebiet Raintalwald 1:5'000

Legende

- E 10.0

Autobahnkilometrierung
- Sondierungen und Stabilisierungsmassnahmen**

"

Baggerschlitz

!

Rammsondierung

!

Rotationskernbohrung

!

Sondierbohrung undifferenziert

Drainage

—

Soltec

—

Steinschlagschutzmauer

—

Stützmauer

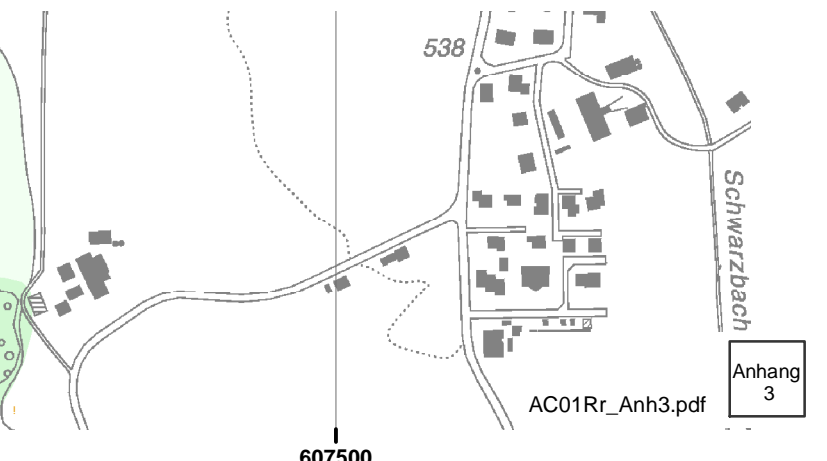
Pfähling

Rasengittersteine

Geländeabtrag
- Rutschgebiet Raintalwald**

geringe Intensität (Bewegungsrate < 2 cm / Jahr)

mittlere Intensität (Bewegungsrate > 2 cm / Jahr)



§
r i A l l m i t