

KANTON BERN  
Nat Str. 1. Kl.  
N6 Bern - Lattigen



STRECKE / ABSCHNITT  
Freudenbergerplatz - Hunziken  
UH - A:32

Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse und Massnahmenplanung Naturgefahren,  
Nationalstrassen Kanton Bern

U - Km : 3.3 - 11.7

## Phase 1: Gefahrenbeurteilung Los Raintalwald

# Technischer Bericht



Kantonale Behörde:

Tiefbauamt des Kantons Bern

Eingangsstempel:

Eintragung im  
Prüfungsprotokoll:

Datum der Gesuchstellung:

Genehmigung des Projektes:

provisorisch:

definitiv:

Projektverfasser:

**GEOTEST** GEOLOGEN  
INGENIEURE  
GEOPHYSIKER  
UMWELTFACHLEUTE

Birkenstrasse 15, CH-3052 Zollikofen  
Tel. 031 910 01 01, Fax 031 910 01 00  
www.geotest.ch

Index

Visum

Datum

Bemerkungen:

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
1.1 Ausgangslage, Vorgeschichte	5
1.2 Problemstellung, Zielsetzung	5
1.3 Auftrag	5
1.4 Arbeitsschritte Projektphase 1	5
<b>2. Verwendete Unterlagen</b>	<b>6</b>
2.1 Allgemeine Grundlagen	6
2.2 Naturgefahrenspezifische Grundlagen	6
2.3 Technische Berichte	6
<b>3. Untersuchungssperimeter</b>	<b>7</b>
3.1 Topographie	7
3.2 Geologie	7
3.3 Hydrogeologie	8
3.4 Geomorphologie	9
3.5 Klima und Hydrologie	9
3.6 Landnutzung	9
<b>4. Untersuchungsmethodik</b>	<b>9</b>
<b>5. Gefahrenbeurteilung Rutschungen und Hangmuren</b>	<b>10</b>
5.1 Gefahrenhinweiskarten	10
5.2 Ereigniskataster	10
5.3 Bestehende Schutzbauten	10
5.4 Geländebefunde (Anhang 4 und Beilage 1)	11
5.5 Kanalfernsehaufnahmen	11
5.6 Beurteilung des Wirkungsraumes der permanenten Rutschungen	12
5.6.1 Permanente Rutschung Hinter-Märchligen – Raintalwald (km 8.8 – 10.1)	12
5.6.2 Permanente Rutschung Brüelmatt (km 9.9)	13
5.6.3 Permanente Rutschung Uelersacher (km 10.6)	13
5.7 Allgemeine Beurteilung der Liefergebiete von Hangmuren	13
5.8 Allgemeine Beurteilung des Wirkungsraumes von Hangmuren	14
5.9 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Bärgliacher“ (km 8.6 – 8.8)	14
5.10 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Hinter-Märchligen“ (km 8.75 – 8.95)	14
5.11 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Lückholtere“ (km 8.8 – 9.55)	15
5.12 Hangmurenbeurteilung Gebiet „I der Au“ (km 8.95 – 9.85)	15
5.13 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Chlihöchstetten“ (km 9.9 – 10.0)	15

5.14	Hangmurenbeurteilung Gebiet „Kleinhöchstetten“ (km 10.05 – 10.45)	16
5.15	Hangmurenbeurteilung Gebiet „Uelersacher“ (km 10.6 – 10.8)	16
5.16	Akute Gefährdung	16
5.17	Vorschläge für Massnahmen bezüglich permanenter Rutschungen	16
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>18</b>

## **Anhang**

Nr.

Übersicht bestehender Archivunterlagen	1
Resultate der Kanalfernsehaufnahmen (Aktennotiz GEOTEST AG vom 12.12.06)	2
Formulare Disposition Hangmure	3
Erläuterung zur Karte der Phänomene	4
Ereigniskataster	5
Schutzbautenkataster	6

## **Beilagen**

Karte der Phänomene 1:2'000	1
Karte der historischen Ereignisse 1:5'000	2
Karte der bestehenden Schutzbauten 1:5'000	3
Intensitätskarte permanente Rutschungen 1:5'000	4
Intensitätskarte Hangmuren (Wiederkehrperiode 30 Jahre) 1:5'000	5
Intensitätskarte Hangmuren (Wiederkehrperiode 100/300 Jahre) 1:5'000	6
Karte der vorgeschlagenen Massnahmen 1:5'000	7
Karte der geotechnischen Untersuchungen 1:5'000	8

## **Einleitung**

### **1.1 Ausgangslage, Vorgeschichte**

Im Gebiet Raintalwald war bereits vor dem Bau der Nationalstrasse N6 im Streckenabschnitt Muri – Rubigen ein aktives Rutschungsgebiet im Gelände erkennbar. Während der Projektierungsphase wurden umfangreiche Sondierarbeiten durchgeführt. In der Bauphase wurde ein komplexer Aufbau des Rutschkörpers festgestellt, welcher umfangreiche Sondier-, Stabilisierungs- und Drainagemassnahmen notwendig machte.

### **1.2 Problemstellung, Zielsetzung**

Das Tiefbauamt des Kantons Bern, Nationalstrassenbau, Abteilung Betrieb und Unterhalt, beabsichtigt eine Beurteilung der aktuellen Rutschproblematik im Hinblick auf eine Gesamtanierung des erwähnten Streckenabschnitts. Diese Beurteilung erfolgt durch ein 3-phasiges Vorgehen.

1. Phase: Gefahrenbeurteilung und Vorschlag für ein weitergehendes Mess- und Überwachungsprogramm
2. Phase: Detailplanung, Ausführung, Betrieb und Auswertung des Mess- und Überwachungsprogramms
3. Phase: Massnahmenplanung

### **1.3 Auftrag**

Im Rahmen des Projektes „Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse und Massnahmenplanung Naturgefahren, Nationalstrassen Kanton Bern“ beauftragte das Tiefbauamt des Kantons Bern die GEOTEST AG am 14. 7. 2006 zur Ausarbeitung der 1. Phase. Der vorliegende Bericht bezieht sich ausschliesslich auf diese Phase.

### **1.4 Arbeitsschritte Projektphase 1**

Gemäss Pflichtenheft, Kapitel 8, umfassen die Untersuchungen die folgenden Tätigkeiten:

- Erfassen der naturgefahrenrelevanten historischen Ereignisse im Untersuchungsperimeter
- Erfassen und beurteilen der bestehenden Massnahmen, die zum Schutz des Strassenabschnitts vor Naturgefahren erstellt worden sind
- Erkennen, dokumentieren und beurteilen der Naturgefahren, welche die Nationalstrasse im festgelegten Streckenabschnitt tangieren
- Erstellen von Intensitätskarten bezüglich der vorliegenden Naturgefahren
- Darstellen der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit von Gefahrenprozessen
- Erkennen von akuten Gefahren für die Nationalstrasse im Untersuchungsperimeter

## **2. Verwendete Unterlagen**

### **2.1 Allgemeine Grundlagen**

- Luftbilder aus Bildflug. Swisstopo, 2005.
- Atlas der Schweiz (2004), Version 2.0, Institut für Kartographie, ETH Zürich. Zürich.
- Vischer, D. (2003): Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz. Berichte des BWG, Serie Wasser, Nr. 5. Bern.
- Kellerhals, P. et al. (2001): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1167, Worb. Karte und Erläuterungen. Landeshydrologie und –geologie (Hrsg.), Bern.
- Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) (1981): Hydrogeologie Aaretal, zwischen Thun und Bern. Karte mit Bericht, Bern.
- Kilchenmann, F. (1973): Nationalstrassenbau im Kanton Bern. In: Strasse und Verkehr, Nr. 6, S. 345 – 353. Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (Hrsg.), Zürich.
- Institut de géophysique appliquée (1983): Atlas gravimétrique du Plateau Suisse, partie ouest, Blatt D4 (243). Lausanne.
- Digitales Terrainmodell DTM\_AV, 2 m Auflösung. Swisstopo.

### **2.2 Naturgefahrenspezifische Grundlagen**

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

### **2.3 Technische Berichte**

- Kanalfernsehaufnahmen des Streckenabschnitts km 9.8 – km 10.1 vom 5.12.2006, (Aktennotiz GEOTEST vom 12.12.2006).
- Kappeler, H. (1986): N6 Muri – Kiesen, km 8.8 – 9.8, Raintalwald. Sanierung und Ergänzung Entwässerung. Unveröffentlichte Plangrundlage. Autobahnamt des Kt. Bern (Hrsg.), Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1975): Rammsondierungen RS 1 – 10, kleiner Rutsch bei km 9.300 – geotechnische Voruntersuchungen Raintalwald. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1973): Muri – Kiesen, Ausführungsplan, Blatt 4, km 7.000 – km 9.400. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1973): Muri – Kiesen, Ausführungsplan, Blatt 5, km 9.400 – km 10.800. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.

- Kellerhals, P. (1972): N6 Rutschgebiet Raintalwald / km 8.9 bis 9.25. Vorläufiger Bericht, Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1971): Sondierungen Km 9.348 + 9.380 (Stützmauer Raintalwald). Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1970): N6, Muri – Kiesen, Stützmauern Raintalwald. Querprofile km 9.348 – km 9.380. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1970): N6, Muri – Kiesen, Stützmauern Raintalwald. Querprofile km 9.404 – km 9.416. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- Autobahnamt des Kt. Bern (1969): Geotechnisches Längenprofil km 9,3 – km 10,9. Unveröffentlichte Plangrundlage, Bern.
- GEOTEST AG (1968): Geotechnische Detailuntersuchung Abschnitt 3 + 4, Rutschgebiet Raintalwald. Unveröffentlichter Bericht. Bern.
- Fisch, W. (1965): Geoelektrische Sondierungen Kieslager Kleinhöchstetten. Plangrundlage und Profilaufnahmen.

### **3. Untersuchungssperimeter**

Der Perimeter umfasst einen durchschnittlich 100 m breiten Streifen entlang der Nationalstrasse N6 zwischen Bern und Lattigen im Streckenabschnitt von km 8.6 – km 10.8 (Hinter Märchligen – Raintalwald – Kleinhöchstetten). Die Grenze im Norden bildet die ausgeprägte Hangkante von Märchligenacher – Lückholtere – Breitenacher. Im Süden wird der Perimeter im Wesentlichen durch das Ufer des alten Aarelaufs begrenzt.

#### **3.1 Topographie**

Von Nordwest nach Südost durchquert die N6 im Gebiet Märchligenacher – Raintalwald zuerst einen nach Süden steil zur Aare einfallenden Hang (30° - 42°) auf einer Länge von 800 m. Danach flacht das Gelände kontinuierlich bis zu km 9.5 und km 10.0 ab. Hier ist der unbewaldete Hang noch rund 6° nach Südwesten geneigt. Im Gebiet Kleinhöchstetten bis zum Perimeterende nimmt die Neigung des fortan nach Westen orientierten Hanges wiederum auf 10° - 15° zu.

Bei Hinter-Märchligen und Chlihöchstetten sind aufgrund des alten Aarelaufes zwei leichte Prallhänge ausgebildet.

#### **3.2 Geologie**

Schichtaufbau: Im Untersuchungsgebiet liegt die Felsoberfläche der Oberen Meeresmolasse unter einer variablen, aber generell mächtigen Lockergesteinsbedeckung. Sie ist aufgrund der intensiven glazialen Überprägung nirgends aufgeschlossen. Die Molasse weist vermutlich ein deutliches, generell nach Südwesten geneigtes Relief auf. Aufgrund der tektonischen Beeinflussung (Geologischer Atlas, 2001) weist die Molasse vermutlich Klüfte auf.

Im Gebiet Märchligenacher und Raintalwald überlagert die Moräne der letzten Vergletscherung glaziale Sedimente der vorletzten Vergletscherung. In den Moränenablagerungen der vorletzten Vergletscherung sind hart gelagerte und stark

strukturierte Seetone sowie andere fluviale und lakustrine interglaziale Sedimente (Schotter, Sande, Silte) eingebettet (Geotest, 1968).

Während des Nationalstrassenbaus wurde bei km 9.2 ein System von Klüften in den quartären Ablagerungen vorgefunden (Kilchenmann, 1972).

Schichtmächtigkeiten: Nordöstlich des Perimeters (Eichlihubel, Kleinhöchstetten) beträgt die mittlere Mächtigkeit der quartären Bedeckung rund 20 m (Geologischer Atlas, 2001). Deren Mächtigkeit nimmt nach Süden zu und beträgt unterhalb der Trasse der Nationalstrasse bei Hinter Märchligen über 50 m (Geotest, 1968 und Atlas gravimétrique, 1983). Im Perimeter liegt nur bergseits der Nationalstrasse im Gebiet Märchligenacher – Raintalwald eine geringmächtige Überdeckung mit letzteiszeitlichen Moränenablagerungen vor, unterlagert von Sedimenten der vorletzten Vergletscherung. Ansonsten fehlen im Perimeter Ablagerungen der letzten Vergletscherung. Die früheren Untersuchungen (Geotest, 1968) zeigen somit eine komplexe, mehrere 10er Meter mächtige Abfolge von interglazialen Lockergesteinen (fluviale Schotter, Seetone mit darin eingelagerten, bzw. überlagernden glazialen Sedimenten).

Geotechnische Eigenschaften: Zahlreiche Rammsondierungen und Rotationskernbohrungen sind im Untersuchungsgebiet vorgenommen worden. Der Bericht von Geotest (1968) zeigt, dass im Gebiet Märchligenacher die Moränenbedeckung oberhalb der heutigen Autobahnführung aus kompaktem siltigen Sand und Kies mit Steinen besteht. Zur Aare hin nimmt die Korngrösse der Moränensedimente und deren Lagerungsdichte ab. Die darunter liegenden Seetone (toniger Silt mit Sand) sind sehr kompakt und hart gelagert. Aus den Bohrungen wird ersichtlich, dass der Seeton nicht als eine grossräumlich zusammenhängende Schicht vorliegt, sondern als Schollen oder Linsen in unterschiedlichen Tiefen anzutreffen ist, eingebettet in Schotterablagerungen. Im zentralen und südöstlichen Teil des Perimeters ist der Seeton stellenweise an der Oberfläche aufgeschlossen (Kellerhals, 1972). Die natürlichen Wassergehalte der untersuchten Proben lagen zwischen 10 - 20 % (Geotest, 1968). Triaxialversuche ergaben undrainierte Scherfestigkeiten von 1 – 2 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.3 Hydrogeologie

Im Untersuchungsgebiet bestehen Quellen mit erheblichen Schüttungen, welche im Rahmen des Nationalstrassenbaus mittels tiefer bergseitiger Drainagen entlang der Strasse gefasst wurden (Kilchenmann, 1973). So liegt heute ein weit verbreitetes Netz von Drainagen zur Oberflächen- und Hangentwässerung vor (Beilage 3). Im ganzen Perimeter sind aktuell keine perennierenden, natürlichen Gerinne vorhanden.

Seetone und Moränenablagerungen sind generell als wenig durchlässig zu erachten. Der komplexe, lateral und vertikal inhomogene Lockergesteinskörper führt vermutlich zum Vorhandensein kleinräumig wechselnder Grundwasserverhältnisse, bzw. zu verschiedenen Grundwasserstockwerken. Klüfte im Lockergestein könnten unter Umständen lokal einen erheblichen Einfluss auf die Wasserführung und damit auf die Hangstabilität haben. Die Rolle der Felsoberfläche ist auf Grund ihres unklaren Verlaufs nicht bekannt.

Aufgrund der vermuteten Orientierung der Molasseschichten besteht zudem die Möglichkeit der Wasserzuleitung in den Perimeter durch die Molasse.



### **3.4 Geomorphologie**

Im Norden grenzt sich der steil nach Südosten einfallende Hang im Gebiet von Hinter-Märchligen – Raintalwald durch eine scharfe Hangkante ab. Der Abschnitt Breitenacher-Grünenmatt ist oberhalb der Trasse relativ flach. Bei Kleinhöchstetten ist die Geländekante wiederum deutlicher ausgeprägt. In beiden steilen Zonen bildet der alte Aarelauf einen Prallhang (der Fluss schwenkt jeweils über eine Länge von rund 500 m von Nord nach Nordwesten ab).

Im Gebiet von Hinter-Märchligen – Raintalwald sind talseits der Strasse Anzeichen von Hangbewegungen erkennbar (Stauchwülste und offene Anrisse). Diese Phänomene werden durch markante, nach Südwesten orientierte Geländerippen begrenzt. An den Steilhängen sind im ganzen Perimeter vereinzelt Anzeichen von Hangmuren oder flachgründigen Böschungsrutschungen erkennbar.

### **3.5 Klima und Hydrologie**

Mit einer Jahresmitteltemperatur von 8.3°C und einer Meereshöhe von 600 m liegt das Untersuchungsgebiet in der kollinen Stufe. Die langjährigen Jahresniederschläge betragen 1'120 mm. Die Starkniederschlagsstatistik weist für die Region 5 – 10 Starkniederschläge pro 20 Jahre mit einer Intensität von >70 mm/Tag aus (Atlas der Schweiz, 2004).

Bei km 8.83 bestand vor dem Nationalstrassenbau ein NE – SW verlaufendes Gerinne, welches drainiert wurde und heute durch eine Entwässerungsleitung der Aare zugeführt wird. Die Oberflächenentwässerung erfolgt primär durch den Bodenkörper. Dieser besteht aus Braunerdeböden (Atlas der Schweiz, 2004). Bei Aufsättigung der Bodenschicht während andauernden Niederschlägen oder Gewittern kann Oberflächenabfluss auftreten. Dieser sowie Abflüsse im Bodenkörper werden durch Drainageleitungen gefasst und kontrolliert der Aare zugeführt (Beilage 3). Die Tiefsickerung ist gering.

### **3.6 Landnutzung**

Im Gebiet Allmendingen - Kleinhöchstetten wird der Boden nördlich des Perimeters intensiv bewirtschaftet. Der nordwestliche Teil des Perimeters bis km 9.5 sowie die gesamte Perimeterfläche talseitig der Trasse sind bewaldet. Im übrigen Perimetergebiet erfolgt extensive und intensive Bewirtschaftung.

## **4. Untersuchungsmethodik**

Das Studium der bestehenden Archivunterlagen und der naturgefahrenspezifischen Grundlagen diente sowohl zur Planung der Feldarbeiten wie auch zur Gefahrenbeurteilung. Durch den Kontakt mit dem Autobahnwerkhof (C. Stöckenius, W. Eichenberger, A. Schenk) ergaben sich wichtige Hinweise bezüglich vergangener und aktueller Prozesse. Zur Ausscheidung permanenter Rutschungen sowie als Unterstützung für die Lokalisierung der Hangmurendispositionen wurden GIS-Applikationen angewendet (Ermittlung der Hangneigung, Hillshade des DTM-AV, 2 m Raster).

Aufgrund von Geländebegehungen wurde eine Karte der Phänomene sowie ein Ereignis- und Schutzbautenkataster erstellt.

Basierend auf diesen Datengrundlagen wurden Intensitätskarten mit Abgrenzung der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit ausgearbeitet (Beilagen 4 – 6) und im Feld validiert.

Zur Erstellung der Karten wurden folgende Verfahren eingesetzt:

- Ausscheidung von Hangneigungsklassen mittels ArcGIS 9.1 als Unterstützung für die Festlegung der Hangmurendispositionen
- Darstellung des DTM AV Hillshade in ArcGIS 9.1 als Unterstützung für die Erkennung Permanenter Rutschungen
- Erstellung Karte der Phänomene
- Kontrolle der Entwässerungsleitungen (km 9.8 – km 10.0) am 5.12.06 mit Kanalvideo

## **5. Gefahrenbeurteilung Rutschungen und Hangmuren**

### **5.1 Gefahrenhinweiskarten**

Die Gefahrenhinweiskarte des Kantons Bern weist östlich von km 10.6 eine 0.5 ha grosse, flachgründige permanente Rutschung aus. Die Untersuchung im Feld bestätigt diesbezüglich die Gefahrenhinweiskarte weitgehend. Eine Ausdehnung der Rutschung im Bereich der Fahrbahn konnte nicht bestätigt werden.

### **5.2 Ereigniskataster**

**Rutschungen:** Die Angaben bezüglich Rutschungsereignissen sind spärlich. Dokumentiert sind insbesondere konstante Terrainabsenkungen im talseitigen Strassenbelag bei km 9.9 seit 1987. Bezüglich der permanenten Rutschung zwischen km 8.8 und km 9.3 sind zwischen 1971 – 1973 Rutschungsbeträge von 2.5 cm/Jahr (Kilchenmann, 1973) dokumentiert.

**Hangmuren:** Eine Hangmure verschüttete vermutlich bei km 9.3 in den 1980-er Jahren die bergseitig verlaufende Trasse. Eine detaillierte Beschreibung des Ereignisses fehlt.

Ein Ereigniskataster in Tabellenform findet sich in Anhang 5.

### **5.3 Bestehende Schutzbauten**

Südlich angrenzend an die Autobahn zwischen km 9.25 und km 9.4 bestehen gemauerte Böschungsstabilisierungen und Stützmauern zum Schutz der autobahnparallelen Forststrasse. Diesbezüglich liegen jedoch keine Archivunterlagen vor.

Eine Übersicht in Tabellenform findet sich in Anhang 6.

## 5.4 Geländebefunde (Anhang 4 und Beilage 1)

**Geländeanalyse:** Südlich der Nationalstrasse im Gebiet Hinter-Märchligen – Raintalwald wird eine Zone von knapp 2 ha mit stufigen Terrainabsenkungen (Versatz ca. 1 m – mehrere Meter) und Stauchwülsten klar durch NE – SW-verlaufende Geländerippen begrenzt. Im gesamten Perimeter finden sich an steilen Böschungen flachgründige Anrisse. Bergseits der Nationalstrasse ist die quartäre Deckschicht bei km 9.2 über eine Strecke von ca. 50 m durch einen wenige Meter hohen Hanganriss freigelegt. Im Gebiet Breitenacher sowie südlich von km 9.7 sind stufige Terrainabsenkungen (ca. 1 m Versatz) erkennbar. Bei km 9.95 finden sich über eine Strecke von 40 m Terrainabsenkungen (0.15 m Versatz) im talseitigen Pannestreifen. Angrenzend zum Weiler Uelersacher (km 10.6) befindet sich die in Kapitel 5.1 beschriebene permanente Rutschung.

**Interpretation Permanente Rutschungen:** Aufgrund der Morphologie und der vorhandenen Erkenntnisse aus der Bauphase kann zwischen km 8.8 und km 9.3 eine mittel- bis tiefgründige permanente Rutschung klar abgegrenzt werden. Die stockwerkartig vorliegenden Seetonschollen stellen dabei die Gleitflächen dieser permanenten Rutschung dar. Das Alter der permanenten Rutschung reicht bis vor die Aarekorrektur zurück (ca. 1850), da die rutschungsanfälligen Seetone im Rutschkörper nicht über die jüngsten Aareschotter glitten (Kellerhals, 1972). Überdies ist die Rutschung als solche bereits auf den ältesten Siegfriedkarten vermerkt (Kilchenmann, 1973). Der Krummwuchs von Bäumen kann auf andauernde Bewegungen hinweisen. Aufgrund fehlender rezenter Zugrisse oder Schäden im Strassenbelag ist zu schliessen, dass die aktuelle Rutschgeschwindigkeit gering ist. Eine Ausdehnung der Rutschung nach Südosten (km 9.3 – km 10.0) in das Gebiet Breitenacher und Brüelmatt ist aufgrund der morphologischen Anzeichen nicht auszuschliessen.

Bei km 9.95 weisen die kontinuierlichen Belagsabsenkungen seit 1987 auf eine flachgründige, kleinräumig begrenzte permanente Rutschung hin.

Bei km 10.6 ist die bergseits der Strasse befindliche permanente Rutschung vermutlich flachgründig.

**Interpretation Hangmuren:** Rezente Hangmuren beschränken sich auf die steilen Böschungen. Eine Hangmure in den 1980-er Jahren legte bei km 9.2 die quartäre Deckschicht frei. Bergseits der Strasse zwischen km 8.8 und km 9.3 wurde der Hang beim Bau abgetragen und anschliessend künstlich angeböscht, wodurch trotz der grossen Neigung keine Anzeichen von Hangmuren zu erkennen sind.

## 5.5 Kanalfernsehaufnahmen

Drainagen stellen bei unsachgerechter Wartung eine grosse Gefahr bezüglich Rutschungsprozessen dar. Es empfiehlt sich eine Zustandsbeurteilung des gesamten Drainagesystems alle 5 Jahre.

Am 5.12.2006 wurden die Entwässerungsleitungen zwischen km 9.8 – km 10.1 mittels Kanalvideo begutachtet (Anhang 2). In zahlreichen Leitungen konnten mehrheitlich feine Radial-, Quer- und Längsrisse gefunden werden. In einigen Rissen kann Wasser exfiltrieren. Mehrere Einlaufschächte weisen lecke Stellen auf. Die Leitungen sind mehrheitlich versintert. Strassenquerende Leitungen sind stärker beschädigt als jene parallel dazu. Die Schäden nehmen tendenziell von West nach Ost zu. Die Leitung im Bereich der Fahrbahnschäden (km 9.9) konnte aufgrund der starken Wasserführung nicht untersucht werden. Es wird davon

ausgegangen, dass auch diese Leitung lecke Stellen aufweist und dadurch Wasser exfiltrieren kann.

## **5.6 Beurteilung des Wirkungsraumes der permanenten Rutschungen**

### **5.6.1 Permanente Rutschung Hinter-Märchligen – Raintalwald (km 8.8 – 10.1)**

Die Rutschung 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. Die Geländebefunde (Kapitel 5.4) lassen auf eine geringe Intensität der Rutschbewegungen schliessen (<2 cm/Jahr). Entlang der NE – SW verlaufenden Geländerippen an den seitlichen Rutschbegrenzungen (km 8.8 und km 9.3, südlich der Nationalstrasse) werden aktuell geringe Differenzialbewegungen vermutet, welche im Feld aber nicht direkt erkennbar sind.

Folgende Auffälligkeiten lassen eine Ausdehnung der permanenten Rutschung bis km 10.1 vermuten:

- stufige Terrainabsenkungen südlich der Strasse zwischen km 9.6 – km 9.9
- stufige Terrainabsenkungen im Gebiet Breitenacher
- oberflächennahe Seetonschichten
- beschädigte Entwässerungsleitungen zwischen Kilometer 8.8 – 10.1. Risse, welche Versinterungen in den Leitungen durchschlagen, weisen auf frische Schäden hin.

Beeinflussung der Rutschung:

Die Übersteilung des Hangfusses wird in Verbindung mit der ungünstigen geotechnischen Beschaffenheit des Untergrundes und der Infiltration des Niederschlages in die Lockergesteinsbedeckung als primäre Ursache für die Rutschaktivität erachtet. Der Einfluss der Wasserzuführung über Klüfte in den Molasseschichten ist nicht bekannt, dürfte aber grossräumig eine untergeordnete Rolle spielen. Auslösende Faktoren einer Rutschintensivierung stellen Hangwasserzuflüsse südlich des Eichlihubels dar in Verbindung mit infiltrierendem Meteorwasser. Die ehemalige, NE – SW verlaufende Gerinneführung bei km 8.83 stellt möglicherweise präferenzielle Fliesswege für anfallendes Hangwasser dar.

Durch das erstellte Entwässerungssystem verringerte sich die Rutschanfälligkeit des Gebietes. Die Bewegungen dürften aktuell gering sein. Im Falle des Versagens von Entwässerungsleitungen besteht die Gefahr einer Zunahme der Bewegungsintensitäten, wodurch der Rutschung zwischen km 8.8 – km 9.3 ein Reaktivierungspotential zugesprochen wird. Langandauernde Niederschläge können zudem den Grundwasserspiegel erhöhen und den Hangwasserfluss intensivieren, was ebenfalls eine Reaktivierung der Rutschung zur Folge haben kann.

Hinsichtlich eines Ausbaus der Nationalstrasse muss berücksichtigt werden, dass eine Fahrbahnverbreiterung in Verbindung mit Böschungsschüttungen eine markante Gewichtszusatzbelastung zur Folge hat, was die Rutschung reaktivieren könnte. Eine Quantifizierung tolerierbarer Zusatzbelastungen bedingt lokale geotechnische Untersuchungen (Kapitel 5.17).

### **5.6.2 Permanente Rutschung Brüelmatt (km 9.9)**

Die Rutschung mit einer Fläche von rund 0.4 ha beschränkt sich auf die Mittelböschung der Nationalstrasse und die angrenzende talseitige Fahrbahn.

Rutschungsursache:

Im Gebiet Breitenacher führt die bestehende Muldenlage nördlich der Rutschzone zu einer Konzentration von Hangwasser mit folgender Entwässerung durch die Rutschzone. Oberflächennahe und mittelgründige Seetonschichten verhindern dabei lokal eine Tiefsickerung des anfallenden Niederschlags- und Hangwassers. Nebst dem infiltrierenden Meteorwasser führen die vermutlich lecken Leitungen der Hangentwässerung zu einer zusätzlichen Aufsättigung der Strassenkofferung und verursachen die seit 1987 registrierten Terrainabsenkungen mittlerer Intensität (Bewegungsrate zwischen 2 cm – 10 cm/Jahr). Geringe Differenzialbewegungen werden an den lateralen Rutschungsbegrenzungen vermutet, sind im Feld aber nicht erkennbar.

Aufgrund der vermuteten Rutschungsursache ist nicht damit zu rechnen, dass Gewichtszusatzbelastungen im Zusammenhang mit einer Trasseverbreiterung die Rutschbewegungen intensivieren.

Zur Gefahrenabminderung und Unterbindung der Schäden bei km 9.9 sollte das anfallende Hangwasser zwischen km 9.8 – km 10.0 mittelgründig gefasst und die Entwässerungsleitungen periodisch auf Risse untersucht werden. Zudem müsste die Oberflächenentwässerung auf der talseitigen Trasse gewährleistet sein.

### **5.6.3 Permanente Rutschung Uelersacher (km 10.6)**

Die Rutschung mit einer Fläche von rund 0.5 ha grenzt östlich an die Nationalstrasse an. Vermutete Ursache der aktiven Rutschbewegungen sind oberflächennahe Seetonschichten, über welchen der Bodenhorizont bei infiltrierendem Meteorwasser abgleitet. Beeinträchtigungen der Autobahn im Zusammenhang mit der Rutschung sind nicht erkennbar. Der Krummwuchs der Bäume weist auf eine mittlere Rutschintensität hin (Bewegungsrate zwischen 2 cm – 10 cm/Jahr). Eine Aktivierung der nördlich angrenzenden Hangpartien kann bei langandauernden Niederschlägen nicht ausgeschlossen werden. Geringe Differenzialbewegungen werden an den lateralen Rutschungsbegrenzungen vermutet, sind im Feld aber nicht erkennbar.

Aufgrund der vermuteten Rutschungsursache ist nicht damit zu rechnen, dass Gewichtszusatzbelastungen die Rutschbewegungen intensivieren. Jedoch erhöht das Anschneiden des Hanges bei einer Trasseverbreiterung die Gefahr von oberflächennahen Rutschbewegungen.

## **5.7 Allgemeine Beurteilung der Liefergebiete von Hangmuren**

In Hangbereichen über 20° Neigung können gemäss AGN (2004) Hangmuren anreissen. Liefergebiete finden sich im Perimeter primär zwischen km 8.6 und km 9.5 bergseits der Trasse. Durch infiltrierendes Meteor- respektive Hangwasser werden die Bodenschichten mit Wasser übersättigt, was zur Auslösung der Hangmuren führt. Besonders gefährdet sind

Gebiete mit oberflächennahen Seetonschichten. Bei künstlich geschütteten Böschungen ist die Disposition zu Hangmuren unter Annahme der optimalen Verdichtung des Untergrundes vermindert.

Eine Trasseverbreiterung bedingt das Anschneiden des Hanges nördlich der Autobahn. Dadurch können Gleithorizonte angeschnitten und aktiviert werden, wodurch die Gefahr von Hangmuren erhöht wird. Hanganschnitte und die Dimensionierung allfälliger Hangsicherungen bedingen geotechnische und geophysikalische Vorabklärungen (Kapitel 5.17). Südlich der Autobahn ist der Einfluss einer Trasseverbreiterung auf die Hangmurenaktivität von untergeordneter Bedeutung. Bei der Schüttung einer künstlichen Böschung im Zusammenhang mit einer Trasseverbreiterung erhöht sich lokal jedoch die Gefahr von Hangmuren aufgrund der entstehenden künstlichen Hangübersteilung.

## 5.8 Allgemeine Beurteilung des Wirkungsraumes von Hangmuren

Stellenweise durchquert die Nationalstrasse steiles Gelände und liegt dadurch im Auslaufbereich von potentiellen Hangmuren. Beim Auftreffen einer Hangmure auf die Fahrbahn entwässern sich die Schuttmassen wegen des markanten Gefällsknickes rasch. Ein Tangieren der talseitigen Fahrbahn ist daher selbst bei sehr seltenen Ereignissen nicht zu erwarten.

## 5.9 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Bärgliacher“ (km 8.6 – 8.8)

**Beurteilung des Liefergebietes:** Durch den Autobahnbau wurde der Hang angeschnitten und mit einer künstlichen Schüttung überdeckt. Die Hanglänge des Gebietes ist kurz. Zudem ist anzunehmen, dass aufgrund des bestehenden Siedlungsgebietes anfallendes Hangwasser bereits in der Wohnzone gefasst wird. Die Hangmurengefährdung ist aus den erwähnten Gründen klein und nur bei seltenen Ereignissen existent.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Die bergseitige Trasse grenzt unmittelbar an den Hang an und liegt dadurch im Einflussbereich von seltenen Hangmurenereignissen. Deren Volumina dürften auf maximal einige 10er Kubikmeter beschränken.

## 5.10 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Hinter-Märchligen“ (km 8.75 – 8.95)

**Beurteilung des Liefergebietes:** Entlang der talwärts verlaufenden markanten Geländerippen weisen rezente und alte Anrisse auf Hangmurenaktivität hin. Ausserhalb der Geländerippen können in Zonen über 20° Steilheit ebenfalls Hangmuren anreissen. Die Volumina abgehender Hangmuren ist klein und bewegt sich aufgrund der Feldbefunde im Bereich weniger 10er Kubikmeter. In der künstlichen Böschung bei der Autobahnüberführung ist bei seltenen Ereignissen mit Hangmuren zu rechnen.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Die Nationalstrasse liegt ausserhalb des Wirkungsbereiches der Hangmuren bei 30-jährlichen Ereignissen. Bei seltenen Ereignissen

können Hangmuren aus der künstlich geschütteten Böschung bei der Strassenüberquerung die Nationalstrasse erreichen.

### **5.11 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Lückholtere“ (km 8.8 – 9.55)**

**Beurteilung des Liefergebietes:** Im gesamten Bereich können an Stellen über 20° Steilheit Hangmuren anreissen. In künstlich geschütteten Böschungen lösen sich nur bei seltenen Ereignissen Hangmuren.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Die bergseitige Fahrspur entlang des zentralen und südöstlichen Teils des Gebietes liegt im Einflussbereich von Hangmuren. Aufgrund der markanten Gefällsverflachung beim Übergang auf die Autobahn kommen die Hangmuren bei häufigen Ereignissen rasch zum Stillstand. Dabei ist damit zu rechnen, dass die bergseitige Fahrbahn nur noch durch Geschwemmsel betroffen wird. Bei seltenen Ereignissen kann die gesamte bergseitige Fahrbahn verschüttet werden. Beim Ausbau der bergseitigen Fahrbahn auf 3 Spuren drängt sich die Nationalstrasse näher an den Hang und gelangt dadurch in den Einflussbereich von Hangmuren. Zudem bedingt ein Ausbau das Anschneiden von Hängen, was zur Aktivierung von Gleithorizonten führen kann.

### **5.12 Hangmurenbeurteilung Gebiet „I der Au“ (km 8.95 – 9.85)**

**Beurteilung des Liefergebietes:** Die talseitige Fahrbahn grenzt unmittelbar an künstliche steile Böschungen oder an den natürlichen steilen Hang an. Bei künstlich geschütteten Böschungen ist erst bei seltenen Ereignissen mit Hangmurenaktivität zu rechnen. An natürlichen Hängen in Strassennähe können jedoch bereits bei häufigen Ereignissen Hangmuren abgehen. In beiden Fällen kann die Kofferung der Strasse randlich leicht erodiert werden. Im Falle eines Strassenausbaus nehmen die Flächen von künstlichen Böschungen auf Kosten natürlicher Hänge zu. Dadurch ist mit einer Minderung der Hangmurengefährdung im Einflussbereich der Strasse zu rechnen. Beim Entscheid für den Ausbau mittels Lehnenviadukt reduziert sich die Gefahr von Hangmurenanrissen stärker gegenüber der Schüttung einer künstlichen Böschung.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Die Strasse ist lediglich im Anrissbereich von Hangmuren durch Erosion der Strassenkofferung gefährdet.

### **5.13 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Chlihöchstetten“ (km 9.9 – 10.0)**

**Beurteilung des Liefergebietes:** Durch flachgründige Hangmurenaktivität ist bereits bei häufigen Ereignissen mit einer leichten Erosion der bergseitigen Fahrspur zu rechnen. Dieses Schadenbild ändert sich in seiner räumlichen Ausdehnung auch bei seltenen Ereignissen kaum. Bezüglich der Jährlichkeit der Ereignisse unterscheidet sich das Liefergebiet nur in der Intensität der Gefährdung.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Die talseitige Fahrbahn kann sowohl bei häufigen wie bei seltenen Ereignissen verschüttet werden. Zudem ist mit Erosion der talseitigen Fahrbahn

zu rechnen aufgrund des Abgleitens der Kofferung. Beim Strassenausbau ändert sich das Gefährdungsbild kaum.

#### **5.14 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Kleinhöchstetten“ (km 10.05 – 10.45)**

**Beurteilung des Liefergebietes:** Aufgrund von generell oberflächennah liegenden Seetonschichten ist die Bereitschaft für Hangmuren grösser als im nordwestlichen Perimeter. Anrissbereiche beschränken sich auf steile Böschungen und steile Hänge an den Geländekanten.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Im nordöstlichen Bereich des Gebietes verläuft die Trasse leicht erhöht. Dadurch ist nicht damit zu rechnen, dass die Strasse im Ereignisfall von Hangmuren betroffen wird. Im südlichen Teil des Gebietes grenzt sich die Strasse durch eine Geländeterrasse, stellenweise durch eine Mulde vom Einflussgebiet möglicher Hangmuren ab. Beim Ausbau der Strasse gelangt die bergseitige Fahrbahn aber im nördlichen Gebietsabschnitt in den Einflussbereich von Hangmuren.

#### **5.15 Hangmurenbeurteilung Gebiet „Uelersacher“ (km 10.6 – 10.8)**

**Beurteilung des Liefergebietes:** Aufgrund von generell oberflächennah liegenden Seetonschichten ist die Bereitschaft für Hangmuren grösser als im nordwestlichen Teil des Perimeters. Anrissbereiche beschränken sich auf steile Böschungen und steile Hänge an den Geländekanten.

**Beurteilung des Wirkungsraumes:** Die Strasse verläuft leicht erhöht auf einem Damm. Dadurch liegt sie ausserhalb des Einflussbereiches von Hangmuren. Ein Ausbau der Nationalstrasse hat das Anschneiden der Böschungen zur Folge, damit rückt die Strasse im südlichen Teil des Gebietes in den Einflussbereich von Hangmuren.

#### **5.16 Akute Gefährdung**

Es liegen keine akuten Gefährdungen für Personen und Bauwerke im Perimeter vor.

#### **5.17 Vorschläge für Massnahmen bezüglich permanenter Rutschungen**

Die folgenden Vorschläge für weitere Untersuchungen zielen einerseits auf die Beweissicherung der vorliegenden geologischen Beurteilung hin. Andererseits liefern die Resultate die Grundlage für die gezielte Gefahrenüberwachung während der Ausbauarbeiten sowie für die Langzeitüberwachung. Im Weiteren erlauben sie durch die Eruierung des Schichtaufbaus und der Lokalisierung von Gleithorizonten die Dimensionierung von Massnahmen (z.B. Fundationstiefe für Pfählungen, Dimensionierung tolerierbarer Hanganschneidungen, Dimensionierung Entwässerungsleitungen).



Inklinometermessungen: Zur Eruierung der Mächtigkeit und der räumlichen Verteilung der Rutschbewegungen erachten wir eine Überwachung mittels Inklinometer als zweckmässig (6 Bohrungen). Dabei sollten in jedem Fall drei Bohrungen die Felsoberfläche erreichen; ein Kerngewinn ist nicht unbedingt notwendig. Gleichzeitig kann die Bestimmung von Grundwasserspiegellagen und die Abklärung der hydraulischen Druckverhältnisse im Grundwasser wichtige Erkenntnisse über die Rutschcharakteristik liefern. Die Bohrstandorte sind ausserhalb der Trassenerweiterung zu wählen, damit die Messungen auch nach dem Ausbau weitergeführt werden können.

Messintervall: halbjährlich während Ausbauphase. Bei Deformationen häufigere Messungen.

Kosten: ca. CHF 30'000 – 40'000 pro Bohrung (Tiefe zwischen 50 und 80 m); Total ca. CHF 180'000 – 200'000. Kosten für jährliche Vermessung und Berichterstellung: ca. CHF 1'000.

Aufbau Messsystem: Als Massnahme zur Quantifizierung der Verschiebungsraten der grossen permanenten Rutschung empfiehlt sich der Aufbau eines Monitoringsystems mittels Vermessungspunkten. Ein Anknüpfen an das alte Messprogramm der 1980-er Jahre ist aufgrund unauffindbarer Datengrundlagen nicht möglich. Dabei sollten sich 30 – 50 Fixpunkte entlang der Autobahn und entlang der Hangkante zwischen km 8.8 – km 10.0 an Referenzpunkten ausserhalb der Rutschung orientieren.

Messintervall: jährlich

Kosten: Nullmessung inkl. Versetzen der Punkte ca. CHF 5'000. Jährliche Messung inkl. Berichterstellung ca. CHF 2'500.

#### Prüfung der Entwässerungsleitung:

Aufgrund der erhöhten Wasserführung in der Hangentwässerungsleitung bei km 9.95 (strassenquerende Leitung) konnte diese nicht begutachtet werden. Die Abklärung des Zustandes der Leitung ergibt wesentliche Auskünfte bei der Ursachenbehebung der permanenten Rutschung bei km 9.9.

Prüfintervall: alle 2 Jahre

Kosten: ca. CHF 1'000 pro Kontrolle

#### Seismische Untersuchungen:

Ziel dieser geophysikalischen Untersuchung ist die flächenhafte Eruierung des Felsreliefs. Allenfalls können Rutschungshorizonte ausgeschieden werden. Dadurch dient diese Methode als Grundlage für die Planung von Pfahlfundationen beim allfälligen Ausbau in Form eines Lehnenviadukts. Wir empfehlen die Methode im Gebiet Hinter-Märchligen – Raintalwald beidseits der Autobahn sowie bei der permanenten Rutschung bei km 9.9.

Die Eruierung von Feuchtzonen oder präferenziellen unterirdischen Fliesswegen mittels Geoelektrik ist bezüglich dem Kosten-Nutzenverhältnis nicht zielführend. Zudem erweisen sich geoelektrische Untersuchungen nahe der Verkehrsachse als ungünstig, da Eisenzäune und der starke Verkehr die Güte der Resultate negativ beeinflussen.

Untersuchungsintervall Seismik: einmalig

Kosten: ca. CHF 50'000 – 60'000 (Datenerhebung und Auswertung)

## **6. Zusammenfassung**

Die Autobahn quert bei km 8.8 – km 10.1 einen Hang, der durch 2 Prallhanglagen des Aarelaufes beeinflusst ist. Bereits beim Bau der Nationalstrasse mussten massive Massnahmen gegen bestehende permanente und spontane Rutschbewegungen ergriffen werden.

Im Perimeter stellen die grosse permanente Rutschung und die bergseitige Hangmurenaktivität im Gebiet Hinter-Märchligen – Raintalwald das grösste Gefahrenpotential dar. Aktuell verursacht jedoch ausschliesslich die permanente Rutschung bei km 9.9 Schäden.

Bei den tiefgründigen permanenten Hangbewegungen sind die rutschungsfördernde Beeinflussung durch die Seetonschichten und die Korrelation mit der Prallhanglage auffällig.

Die hydrogeologischen Verhältnisse, die räumliche Verteilung der Seetone sowie die Lage und der Einfluss der Felsoberfläche sind bis heute jedoch wenig bekannt.

Hinsichtlich einer Gesamtsanierung und eines möglichen Ausbaus des Streckenabschnitts müssen die Rutschungsursachen besser bekannt sein. Der vorliegende Bericht bildet dazu die Basis.

Die Resultate der von uns vorgeschlagenen Untersuchungen sollen eine ausreichende Beurteilung der Rutschmechanismen ermöglichen und dienen dadurch als Planungsgrundlage für den bevorstehenden Streckenausbau.

GEOTEST AG