

Tiefbauamt des Kantons St. Gallen

Kantonsstrasse Nr. 76 Bad Ragaz-Pfäfers „Valurrank“

Baugrundgutachten

GEOLOGISCH-GEOTECHNISCHER BERICHT

Bericht Nr.: 6073-1
Datum: 30. Juni 2020
Sachbearbeiter: R. Grischott, Dr. sc. ETH, D. Figi, Dipl. Natw. ETH / MEng Civil Eng.



Büro für Technische Geologie AG

Grossfeldstrasse 74, Postfach 78, CH-7320 Sargans
Telefon +41 81 720 09 39, Fax +41 81 720 09 30
info@btgeo.ch, www.btgeo.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
1.1.	Auftrag	1
1.2.	Aufgabenstellung	1
1.3.	Verwendete Unterlagen	1
2.	Durchgeführte Untersuchungen	2
3.	Geologisch-hydrogeologischer Überblick	2
4.	Resultate der Untersuchungen	3
4.1.	Sondierbohrungen 2020	3
4.1.1.	Lage und geologische Beschreibung	3
4.1.2.	SPT-Versuche	4
4.2.	Baggerschlitze	5
4.3.	Auswertung Archiv-Unterlagen	6
4.4.	Feldkartierung	7
4.4.1.	Fels: Ragazer Flysch	7
4.4.2.	Felstrennflächen	7
4.4.3.	Lockergestein	8
4.5.	Hydrogeologie	8
4.6.	Rutschprozesse	8
4.7.	Zustand Kunstbauten und Strasse	9
5.	Beurteilung / Geologisches Modell	9
5.1.	Lithologische Grenzen	9
5.2.	Geotechnische Eigenschaften	10
5.3.	Baugrundwerte Lockergestein	10
5.4.	Baugrundwerte Festgestein (Felskennwerte)	10
5.5.	Geologische Standortrisiken	11
5.5.1.	Naturgefahren	11
5.5.2.	Erdbeben	11
5.6.	Hydrogeologie	11
5.7.	Kenntnislücken, Unsicherheiten	12
6.	Bauliche Folgerungen	13
6.1.	Allgemeines	13

6.2.	Aushub und Wiederverwendbarkeit	13
6.3.	Hang- und Böschungsinstabilitäten	13
6.3.1.	Temporäre Böschungen	13
6.3.2.	Bergseitige Felsböschungen	14
6.4.	Talseitige Anschüttungen	14
6.5.	Fundation: Tragfähigkeit, Setzungen	14
6.6.	Wasserhaltung	15
6.7.	Messkonzept und Überwachungsplan Perimeter	15

ANHÄNGE

- 1 Übersicht, 1:20'000
- 2 Situation mit Sondierstandorten, Karte der Phänomene, 1: 500
- 3a Geologisches Querprofil 1, 1:250
- 3b Geologisches Querprofil 2, 1:250
- 3c Geologisches Querprofil 3, 1:250
- 3d Geologisches Querprofil 4, 1:250
- 3e Geologisches Querprofil 5, 1:250
- 4 Kernbohrung KB1/20, 1:50
- 5 Kernbohrung KB2/20, 1:50
- 6 Kernbohrung KB3/20, 1:50
- 7 Kernbohrung KB4/20, 1:50
- 8 Statistische Auswertung Gefügemessungen, Stereographische Projektion
- 9 Fotodokumentation Baggerschlitz, Feldkartierung und Kernbohrungen

1. EINLEITUNG

1.1. Auftrag

Mit dem Schreiben vom 6. Dezember 2019 erteilte das Tiefbauamt St. Gallen unserem Büro den Auftrag zum Projekt Vorabklärungen des rutschgefährdeten und sanierungsbedürftigen Abschnitts „Valurrank“ der Kantonsstrasse Nr. 76 Bad Ragaz – Pfäfers (mittlere Koordinaten: 2'756'800/1'207'180).

1.2. Aufgabenstellung

Die Kantonsstrasse Nr. 76 soll auf dem Abschnitt zwischen km 1.955 und 2.120 in Stand gesetzt und ausgebaut werden. Der Strassenabschnitt befindet sich in einem ausgedehnten Rutschgebiet. In den 1980er Jahren waren talseitig der Strasse zwei Rutschungen eingetreten, worauf die talseitigen Böschungen mit neuen, rückverankerten Spundwänden stabilisiert worden. Eine Inspektion hat ergeben, dass die Spundwände in schlechtem Zustand sind.

Die Beschaffenheit des Baugrundes ist mittels geologischer Untersuchungen abzuklären. Darauf basierend sollen die geotechnischen Eigenschaften des vorliegenden Baugrunds für die zukünftige, nachhaltige Sanierung des Strassenabschnitts abgeschätzt und erläutert werden. In einem zweiten Schritt wird ein Überwachungskonzept des Perimeters vorgeschlagen.

1.3. Verwendete Unterlagen

- [1] Ingenieurbureau Spengler + Thut AG, Bericht Nr. 763-1 vom 6. Januar 1982, Pfäferserstrasse, Rutschsanierung vor Valurrank, Bohrprofile A-C.
- [2] Rüeegg AG, Bericht Nr. 87742 vom 30. Juli 1987, Ortsverbindungsstrasse Bad Ragaz-Pfäfers, Valurrank, Rutschungssanierung. Rammsondierungen RS1-4.
- [3] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS), SN 670 010b, (Dezember 1998): Bodenkennziffern.
- [4] TBA SG, Bericht vom November 2004, Inventar und Bewertung der verankerten Bauwerke im Kantonsstrassennetz, Objekt 7601.910 bis 7602.500, Stahlspundwand 1 bis 3.
- [5] Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (832.311.141, Bauarbeitenverordnung, BauAV) vom 29. Juni 2005 (Stand am 1. November 2011).
- [6] Dr. von Moos AG, Bericht Nr. 8909 vom 13. Oktober 2009, Kantonsstrasse Nr. 76 Valens – Pfäfers, Verbindung Pfäferserstrasse – Valenserstrasse, Gemeinden Bad Ragaz und Pfäfers.
- [7] Büro für Technische Geologie AG, Rutschung Valurrank, Bohrprofile Bohrungen B1-B3, März 2013.
- [8] Schweizer Norm SIA 261 Bauwesen, 2014: Einwirkungen auf Tragwerke (SN505 261).

- [9] Büro für Technische Geologie AG, Bericht Nr. 5634 vom 14. Dezember 2015, Kantonsstrasse Nr. 76, Bad Ragaz Verkehrsentslastung Dorfkern/Kurpark - B36.2.076.003, Variante Rosenbergli – Schlossrank, Sondierkampagne 2015, geologisch-geotechnischer Bericht.
- [10] Büro für Technische Geologie AG, Aktennotiz Nr. 5879-1 vom 9. Dezember 2018, Pfäferserstrasse, Rutschung vom Dezember 2017, Generelles Baugrundgutachten
- [11] Büro für Technische Geologie AG, Aktennotiz Nr. 6073-1 vom 23. Dezember 2019, Projekt Vorabklärungen, Kantonsstrasse Nr. 76 Bad Ragaz – Pfäfers, Untersuchungskonzept Sondierungen 2020.
- [12] Geoportal des Kantons St. Gallen (www.geoportal.ch) April 2020: Geologische Karte, Grundwasserkarte, Gewässerschutzkarte, Naturgefahrenkarte.
- [13] Geoportal der Schweizer Eidgenossenschaft: GeoCover und geologische Karten, Gefahrenkarte, seismische Baugrundklassen (www.map.geo.admin.ch).

2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zwischen dem 14. und dem 27. April 2020 wurden von der Firma Crestageo AG vier vertikale Sondierbohrungen von 4.5 bis 9.5 m Länge ausgeführt. In allen vier Sondierbohrungen wurden SPT-Versuche zur Ermittlung der Lagerungsdichte des Untergrunds ausgeführt. Das Bohrgut wurde von uns geologisch aufgenommen und ausgewertet. Die Bohrlöcher wurden zu Inklinometer-Messstellen ausgebaut. Die Standorte der Sondierbohrung wurden von der Vermessung vom Tiefbauamt eingemessen.

Am 22. April 2020 wurden drei Baggerschlitze ausgehoben und von uns geologisch aufgenommen. Der Perimeter wurde zusätzlich von uns geologisch begangen und eine Karte der Phänomene wurde erstellt.

3. GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHER ÜBERBLICK

Das Gebiet Valurrank liegt an der linken Talflanke vom Rheintal am nördlichsten Ausläufer des Calandamassivs. Der Untergrund besteht aus einer meist geringmächtigen Lockergesteinsbedeckung von kiesigem Hangschutt. Der Fels liegt am bergseitigen Strassenrand vom Perimeter grösstenteils aufgeschlossen vor. Unterhalb der Strasse liegt der Fels mit vereinzelt Aufschlüssen oberflächennah vor. Der Fels liegt als Ragazer Flysch vor, einer Wechsellagerung aus Mergel, Kieselkalk, Sandkalk, und Glimmersandstein.

Nördlich und südlich zum Gebiet Valurrank fliessen zwei kleine Bächlein ins Tal. Quellen sind keine bekannt.

Das Projektgebiet liegt im Gewässerschutzbereich üB (übrige Bereiche).

4. RESULTATE DER UNTERSUCHUNGEN

4.1. Sondierbohrungen 2020

4.1.1. Lage und geologische Beschreibung

In den Tabellen 1 bis 4 sind die geologischen Befunde der vier Sondierbohrungen KB1/20, KB2/20, KB3/20 und KB4/20 zusammengefasst. Die Sondierstandorte sind im Anhang 2 eingezeichnet. Die Bohrprofile finden sich in den Anhängen 4 bis 7.

Tabelle 1: Zusammenfassung Kernbohrung KB1/20, 2'756'903 / 1'207'144, 666.4 m ü. M.		
Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0.0 – 0.7	Silt, stark kiesig, schwach sandig	Künstliche Auffüllung
0.7 – 1.5	Kies stark sandig, schwach siltig	Hangschutt
1.5 – 1.8	Kalkschiefer und Mergel zu Steinen und Blöcken zerbohrt	Ragazer-Flysch (verwittert)
1.8 – 4.5	Wechsellagerung von Kieselkalk und Kalkschiefer, durchsetzt mit wenig Kalzitadern, Schieferungsflächen häufig verwellt, graphitisch und teilweise schmierig	Ragazer-Flysch

Bemerkungen

- Keine Wasserzutritte beobachtet
- fester Fels ab 1.8 m

Tabelle 2: Zusammenfassung Kernbohrung KB2/20, 2'756'854 / 1'207'160, 673.7 m ü. M.		
Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0.0 – 1.4	Kies, stark sandig bis Silt, kiesig, schwach sandig, schwach tonig	Künstliche Auffüllung
1.4 – 2.6	Kies, stark siltig, schwach sandig	Hangschutt
2.6 – 3.4	Kalkschiefer und Mergel zu Steinen und Blöcken zerbohrt	Ragazer-Flysch (verwittert)
3.4 – 9.5	Wechsellagerung von Kalkschiefer Mergeln, durchsetzt mit wenig Kalzitadern, Schieferungsflächen häufig glatt	Ragazer-Flysch

Bemerkungen

- Keine Wasserzutritte beobachtet
- fester Fels ab 3.4 m

Tabelle 3: Zusammenfassung Kernbohrung KB3/20, 2'756'817 / 1'207'180, 675.9 m ü. M.

Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0 – 1.2	Silt, schwach kiesig, schwach sandig bis Kies, stark sandig, schwach siltig, reichlich Steine (Ø 6-8 cm)	Künstliche Auffüllung
1.2 – 3.0	Silt, schwach kiesig bis stark kiesig, schwach tonig, lokal schwach sandig, wenig Steine (Ø 8 cm)	Hangschutt
3.0 – 3.7	Kalkschiefer und Mergel zu Steinen und Blöcken zerbohrt	Ragazer-Flysch (verwittert)
3.7 – 7.0	Wechselagerung von Kalkschiefer und Mergeln, durchsetzt mit wenig Kalzitadern, Schieferungsflächen häufig verwellt, graphitisch und teilweise schmierig	Ragazer-Flysch

Bemerkungen

- Keine Wasserzutritte beobachtet
- fester Fels ab 3.7 m

Tabelle 4: Zusammenfassung Kernbohrung KB4/20, 2'756'963 / 1'207'111, 662.2 m ü. M.

Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0 – 2.0	Sand, siltig, schwach kiesig, bis Kies, stark siltig, schwach sandig, wenig Steine (Ø 6 cm)	Künstliche Auffüllung
2.0 – 3.4	Kies, stark siltig, schwach sandig, wenig Steine (Ø 6-10 cm)	Hangschutt
3.4 – 4.0	Kalkschiefer und Mergel zu Steinen und Blöcken zerbohrt	Ragazer-Flysch (verwittert)
4.0 – 7.0	Wechselagerung von Kalkschiefer und Mergeln, durchsetzt mit wenig Kalzitadern, Schieferungsflächen häufig verwellt, graphitisch und teilweise schmierig	Ragazer-Flysch

Bemerkungen

- Keine Wasserzutritte beobachtet
- fester Fels ab 4.0 m

4.1.2. SPT-Versuche

In drei von vier Sondierbohrungen (KB1/20-KB4/20) wurden in einer Tiefe von 2 m je ein SPT-Versuch durchgeführt. Die Resultate der Standard Penetration Tests (SPT) und die daraus resultierende Lagerungsdichte sind in der Tabelle 5 aufgeführt. In KB1/20 wurde der Fels bereits in 1.3 m Tiefe erreicht und es wurde in der Folge kein SPT-Versuch durchgeführt.

Tabelle 5: Resultate SPT-Versuche in KB2/20, KB3/20 und KB4/20

Bohrung	Tiefe ab OKT [m]	Geologische Einheit	Anzahl Schläge pro 15 cm Eindringtiefe	Lagerungsdichte / Konsistenz bei feinkörnigen Böden
KB2/20	2	Hangschutt	12 / 13 / 13	mitteldicht
KB3/20	2	Hangschutt	8 / 9 / 9	sehr steif
KB4/20	2	Hangschutt	11 / 12 / 14	mitteldicht

4.2. Baggerschlitz

Die Standorte der Baggerschlitz sind aus Anhang 2 ersichtlich. In den Tabellen 6 bis 8 sind die angetroffenen geologischen Verhältnisse beschrieben und im Anhang 9 fotografisch dokumentiert (Fotos 1-4).

Tabelle 6: Zusammenfassung Baggerschlitz BS1/20, ca. 2'756'913 / 1'207'142, ca. 666.0 m ü. M		
Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0 – 0.2	Silt, stark kiesig, schwach sandig; Komponenten: kantig; verwurzelt, humos; geringe Plastizität; trocken; dunkelbraun	Boden
0.2 – 0.8	Kies, siltig, schwach sandig, schwach tonig, reichlich Steine (Ø 6-15 cm); Komponenten: kantig (monomikt: Kalkschiefer, Kieselkalk); feucht; dunkelgrau	Künstliche Auffüllung
0.8 – 3.8	Kies; siltig, schwach sandig, viele Steine (Ø 10-20 cm), wenig Blöcke (Ø 20-30 cm); Komponenten: kantig; feucht; beigebraun	Hangschutt

Bemerkungen

- Baggerschlitzwände kurzzeitig stabil
- Keine Wasserzutritte
- Fels in ca. 4.0 m Tiefe Baggerschlitz (mit Baggerschaufel gekratzt), bzw. ca. 8 m von OK Strasse.
- UK Spundwand in ca. 1.8 m Tiefe.

Tabelle 7: Zusammenfassung Baggerschlitz BS2/20, ca. 2'756'956 / 1'207'114, ca. 662.0 m ü. M.		
Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0 – 0.2	Silt, schwach kiesig, schwach sandig; Komponenten: kantig; verwurzelt, humos; geringe Plastizität; feucht; dunkelbraun	Boden
0.2 – 4.5	Silt, kiesig bis stark kiesig, schwach sandig, wenig Steine (Ø 6-10 cm); Komponenten: kantig; geringe Plastizität; feucht; dunkelbraun	Künstliche Auffüllung
4.5 – 6.0	Kies; siltig, schwach sandig, schwach tonig, reichlich Steine (Ø 6-15 cm), wenig Blöcke (Ø 20-25 cm); Komponenten kantig (monomikt: Kalkschiefer, Kieselkalk); feucht; beige-grau	Hangschutt

Bemerkungen

- Baggerschlitzwände untere 2 m stark nachbrüchig
- Keine Wasserzutritte
- Fels in ca. 6 m Tiefe (mit Baggerschaufel gekratzt), bzw. ca. 7 m von OK Strasse

Tabelle 8: Zusammenfassung Baggerschlitz BS3/20, ca. 2'756'832 / 1'207'172, ca. 674.8 m ü. M		
Tiefe OKT [m]	Geotechnische Beschreibung	Geologische Identifikation
0 – 0.2	Silt, stark kiesig, schwach sandig; Komponenten: kantig; verwurzelt, humos; geringe Plastizität; feucht; dunkelbraun	Boden
0.2 – 1.5	Silt, stark kiesig, schwach sandig, Komponenten: kantig; geringe Plastizität; feucht; braun	Künstliche Auffüllung
1.5 – 2.5	Kies; schwach sandig, siltig, schwach tonig, wenig Steine (Ø 6-15 cm), viele Blöcke (Ø 20-25 cm); Komponenten kantig; monomikt (Kalkschiefer, Kieselkalk); feucht; beige-grau	Hangschutt Übergang Fels

Bemerkungen

- Baggerschlitzwände stabil
- Keine Wasserzutritte
- Fels in ca. 2.5 m Tiefe bzw. 2.5 m OK Strasse

4.3. Auswertung Archiv-Unterlagen

Die uns vorliegenden Archiv-Unterlagen von der Rutschsanierung Valurrank 1982 und 1987 ([1], [2]) wurden ausgewertet, interpretiert und sind in der Tabelle 9 zusammengefasst. Von den in den Unterlagen erwähnten drei Sondierbohrungen Nr. A, B und C lag nur die Sondierbohrung Nr. A (1) vor. Die Rammsondierungen wurden aufgrund der Schlagzahlen qualitativ interpretiert. Die sehr hohen Schlagzahlen jeweils am Ende der Rammsondierung wurden vorsichtig als (verwitterter) Fels interpretiert. Aufgrund der Befunde der Baggerschlitzte besteht auch die Möglichkeit dass die hohen Schlagzahlen von Blöcken hervorgerufen wurden und die Felsoberfläche effektiv tiefer liegt.

Gemäss den Plan-Unterlagen wurden die rückverankerten Spundwände auf die Felsoberfläche abgestellt. Am Standort des Baggerschlitzes BS1/20 war dies jedoch nicht der Fall, da die Spundwand in einer Höhe von 1.8 m des Baggerschlitzes im Hangschutt eingebunden war. Demzufolge muss davon ausgegangen werden, dass die Unterkante der Spundwände entgegen der Plan-Unterlagen nicht durchgehend auf der Felsoberfläche abgestellt sind.

Tabelle 9: Zusammenfassung Sondierbohrung Nr. A (1) 1982, Höhe ca.			
Sondierart	Tiefe ab OK Strasse m]	Geotechnische Beschreibung (Original-Laut)	Geologische Identifikation (BTG)
Sondierbohrung Nr. A (1)	0 – 4.7	Kiessand, mässig bis leicht siltig, dunkelgrau-braun; Sand, stark siltig, leicht tonig, braun-grau; Kiessand, siltig, leicht tonig	Künstliche Auffüllung / Hangschutt
	4.7 – 6.7	Kalkschiefer, Sandkalke, mit Tonschieferzwischenlage	Ragazer Flysch
Rammsondierung RS1	0 – 6.6	Lockergestein; Kies, Sand, mit Blöcken	Künstliche Auffüllung / Hangschutt
	6.6 –	Blöcke, Fels verwittert	Ragazer Flysch
Rammsondierung RS2	0 – 4.4	Lockergestein; Kies, Sand, mit Blöcken	Künstliche Auffüllung / Hangschutt
	4.4 –	Blöcke, Fels verwittert	Ragazer Flysch
Rammsondierung RS3	0 – 8.0	Lockergestein; Kies, Sand, mit Blöcken	Künstliche Auffüllung / Hangschutt
	8.0 –	Blöcke, Fels verwittert	Ragazer Flysch
Rammsondierung RS4	0 – 9.0	Lockergestein; Kies, Sand, mit Blöcken	Künstliche Auffüllung / Hangschutt
	9.0 –	Blöcke, Fels verwittert	Ragazer Flysch

In den Archiv-Unterlagen [10] wurde eine Rutschung im Jahr 1987 erwähnt. Details über Ablauf und Ausmasse sind uns nicht bekannt. Der ungefähre Verlauf der Anrissnische ist im Anhang 2 gemäss [10] eingezeichnet. Im Gelände selbst sind heute – 33 Jahre später – keine Anzeichen für die Rutschung ersichtlich. Die Umrisse und der Ort der ersten Rutschung im Jahr 1982 sind nicht bekannt.

4.4. Feldkartierung

Die Resultate der Begehung der Strasse und des Hangs ober- und unterhalb der Strasse sind im Wesentlichen in den Anhängen (Situation Anhang 2 und Querprofile Anhang 3a bis 3e) dargestellt. An dieser Stelle werden nur einzelne Präzisierungen angebracht. Eine fotografische Dokumentation befindet sich im Anhang 9 (Fotos 5-12). Der Standort der Fotos ist zudem in der Karte der Phänomene (Anhang 2) verzeichnet.

4.4.1. Fels: Ragazer Flysch

Der Fels ist im südwestlichen Projektperimeter auf einer Länge von 150-200 m bergseitig entlang der Strasse aufgeschlossen. Talseits der Strasse sind Felsausschlüsse nur teilweise im westlichen Bereich vorhanden (vgl. Anhang 2).

Der anstehende Fels besteht im Projektperimeter aus einer flyschartigen Wechselfolge von beigegrauen Mergel, grauen Kalkschiefern, Kieselkalken, Sandkalken und Glimmersandsteinen. Die Schichten der Sandsteinbänke bzw. Schieferung der Mergel und Kalkschiefer fallen mittelsteil mit 35°-42° nach Südosten ein. Der unterhalb der Strasse aufgeschlossene Fels ist meist in Blöcke aufgelockert. Der Fels steht dort oft oberflächennah an. Der Fels in der bergseitigen Strassenböschung ist lokal stark zerschert und oberflächlich verwittert.

4.4.2. Felstrennflächen

Die Trennflächenorientierungen entlang der Strasse wurden aufgenommen und sind in allen Aufschlüssen ähnlich (Anhang 9, Fotos 9-11). Die eingemessenen Trennflächen wurden in einer stereographischen Projektion dargestellt (Anhang 8).

Die in den kompetenten Kalken vorhandene Schichtung und in den Schiefern und Mergeln ausgebildete Hauptschieferung fällt im Mittel mit 42° Richtung SE (ca. Azimut 122) und somit quer zum Tal ein.

Im Untersuchungsgebiet existiert eine talparallel streichende Hauptklüftschar (Tal-klüftung), welche sehr steil Richtung SW einfällt (K1 234/75+). Diese Klüftschar bildet die Richtung einfallenden Wände entlang des Projektperimeters. Zudem existieren eine senkrecht zu K1 und schief zur Schieferung streichende Nebenschar (K2 150/35+). Insbesondere K1 verfügt über überkippte Klüfte.

Der mittlere Abstand der Klüfte liegt in allen Scharen bei etwa 0.1-0.2 m (eng bis mittelständig). Aufgrund der räumlich reduzierten Aufschlussverhältnisse ist die Abschätzung des Durchtrennungsgrades mit Unsicherheiten behaftet. K1 weist oft einen grossen (> 10 m) und K2 einen mittleren bis grossen (1 bis > 5 m) Durchtrennungsgrad auf. Die Klüftflächen sind rau bis glatt bei K1 und rau bis

gestuft bei K2. Die Kluftöffnungen in den K1 und K3 Klüften können bis zu ein paar Zentimeter betragen.

4.4.3. Lockergestein

Im Projektperimeter ist die Lockergesteinsbedeckung, bestehend aus kiesigem Hangschutt, und untergeordnet Moräne mit 0.5-1 m geringmächtig (vgl. Foto 5, Anhang 9). Im westlichen Bereich unterhalb der Strasse ist der Hangschutt bzw. Moräne an Böschungskanten mit 1-2 m lokal etwas mächtiger. Künstliche Auffüllung von 1-5 m Mächtigkeit besteht unmittelbar talwärts angrenzend zur Strasse im Bereich der Spundwände und Stützmauern.

4.5. Hydrogeologie

Vernässte Stellen wurden an einer Lokalität an der bergseitigen Fels-Strassenböschung vorgefunden (vgl. Foto 10, Anhang 9). Es handelt sich vermutlich um kleine unergiebiges Hangquelle im Übergang vom Hangschutt zum Fels.

Während den Sondierarbeiten wurde in den Baggerschlitz im Hangschutt lediglich feuchtes Material gefunden. Die der Sondierung vorangegangene Witterung war ein Monat davor ausgesprochen trocken. Bei der Wetterstation Bad Ragaz wurde zwischen dem 13. März und 25. April 2020 kein Niederschlag gemessen.

4.6. Rutschprozesse

Das Gelände unterhalb der Strasse ist mit 35°-40° sehr steil. Die gemischtkörnige, humusreiche Bodenschicht v.a unterhalb der Strasse befindet sich knapp im Gleichgewicht des Reibungswinkels des Materials und dem Gelände. Die Fels-Böschung bergseitig zur Strasse angrenzend ist teilweise von wenig Hangschutt bedeckt.

Phänomene für kriechende bzw. rutschende Hänge in Form von Sichelwuchs wurden unterhalb der Strasse im mittleren Bereich des Perimeters beobachtet (vgl. Foto 6-8, Anhang 9). Der Sichelwuchs der Bäume ist augenfällig zweigeteilt, was auf diskontinuierliche Rutschbewegungen hindeuten kann.

Mehrere vergossene Risse unterschiedlicher Länge mit meist nordwestlich-südöstlicher Ausrichtung, können im Asphalt-Belag der Strasse beobachtet werden (Foto 9 und 11, Anhang 9). Auf Höhe von BS1/20 bis KB4/20 sind die meisten bzw. mehrere Meter langen Risse im Strassenbelag zu verzeichnen. Östlich von BS1/20 ist der Riss in der bergseitigen Entwässerungsrinne als geringfügige Absackung zu interpretieren. Der zweite Abschnitt mit mehrere Meter langen, vergossenen Rissen befindet sich zwischen KB3/20 und KB2/20. Vereinzelt, vergossene Risse mit rund 1 m Länge befinden sich auf Höhe der alten Rutschung von 1982 bzw. KB1/20. Die vergossenen Risse im Strassenbelag deuten auf lokale Rutschbewegungen im Lockergestein hin, können jedoch auch auf eine ungenügende Verdichtung der Hinterfüllung der Spundwände zurückzuführen sein.

Die Anrisskanten der Rutschungen von 1982 und 1987 sind im Feld nicht mehr als solche erkennbar (überwachsen oder im Rahmen der damaligen Sanierung bereits aufgefüllt resp. abgetragen).

Es liegen keine Messdaten (INSAR, Vermessung) für das Rutschgebiet vor. Aufgrund der im Feld gemachten Beobachtungen ist von einer wenig aktiven Rutschmasse auszugehen. Anzeichen für eine grossräumige und tiefgründige, den Fels erfassende Rutschung fehlen für den Perimeter.

4.7. Zustand Kunstbauten und Strasse

Der Zustand der Strasse bezüglich Vorkommen von Rissen ist im Anhang 2 dargestellt. Im östlichen Teil der Strasse wurden vorwiegend strassenparallel Risse gefunden (vgl. Foto 9 und 11, Anhang 9). Die 1-5 m langen Risse verlaufen meist entlang der mittleren Strassenmarkierung.

Die Bauweise und Typ der Stützkonstruktion wurde bereits in der Aktennotiz vom 23. Dezember 2019 [10] beschrieben und wird nachfolgend in der Tabelle 10 zusammengefasst:

Tabelle 10: Zusammenfassung Stützbauwerke Valurrank				
Typ	Bereich Bauwerk	Höhe ab OKT ca. [m]	Länge ca. [m]	Baujahr
Beton-Stützmauer	östlich Valurrank 1.1	1	35	nach 1987 (?)
Stahlspundwand rückverankert	Valurrank 1.1	4-4.5	40	1982
Stahlspundwand rückverankert	Valurrank 1.2	4-4.5	37.8	1987
Stahlspundwand rückverankert	Valurrank 2	2.5	25	1978/79
Blocksteinmauer	westlich Valurrank 2	1	25	zw. 1978-1982 (?)

Der Zustand der Stützkonstruktion wird in einem späteren Bericht (Bericht Zustandsanalyse Bauwerk und Massnahmenkonzept) im Detail beschrieben.

5. BEURTEILUNG / GEOLOGISCHES MODELL

5.1. Lithologische Grenzen

Die angetroffenen geologischen Verhältnisse sind in den geologischen Querprofilen im Anhang 3a bis 3e dargestellt.

Die Lockergesteinsbedeckung talseitig zur Strasse angrenzend ist im zentralen Bereich des Perimeters (BS1/20, RS3, RS1, RS4 und BS2/20) mit 4-6 m am mächtigsten und nimmt gegen den westlichen (KB1/20, KB2/20 und KB3/20) und östlichen Bereich (KB4/20) auf 2-4 m ab. Das Lockergestein ist aufgebaut von 1-5 m siltiger künstlicher Auffüllung gefolgt von 1-4 m kiesigem Hangschutt.

Bergseitig zur Strasse ist Fels grösstenteils anstehend, welcher lokal mit etwas Hangschutt leicht überdeckt ist.

5.2. Geotechnische Eigenschaften

Die locker bis mitteldicht gelagerte, siltige, künstliche Auffüllung verfügt über eine geringe bis mässige Tragfähigkeit und ist setzungs- und wasserempfindlich. Der locker bis mitteldicht gelagerte, siltige bis kiesige Hangschutt verfügt über eine mässige bis gute Tragfähigkeit und ist wenig bis mässig setzungs- und wasserempfindlich.

Der Fels ist auf den obersten 0.5-1 m verwittert und aufgelockert. Anschliessend kann von frischem, kompakt gelagertem Fels ausgegangen werden, der keine grossräumigen Instabilitäten aufweist, jedoch unterschiedlich stark geschiefert und lokal stark zerschert ist.

5.3. Baugrundwerte Lockergestein

Die in der Tabelle 11 angegebenen Baugrundwerte wurden aufgrund der Sondierergebnisse, der Schweizer Norm (SN) 670010b [1]) und unserer Erfahrung abgeschätzt. Angegeben werden der Mittelwert und in Klammern der Streubereich (Extremwerte). Der angegebene Streubereich gibt die mögliche Variation der Eigenschaften innerhalb der betreffenden Schicht an. Für die geotechnische Projektbearbeitung sind der jeweils zu betrachtenden Bemessungssituation angepasste charakteristische Wert festzulegen.

Tabelle 11: Abschätzung Baugrundwerte Lockergestein						
Lockergestein	Lagerungs- dichte / Konsistenz	Feucht- raum- gewicht [kN/m ³]	M _E -Wert (¹) [MN/m ²]	Reibungs- winkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Durch- lässigkeit [m/s]
künstliche Auffüllung (2)	locker bis mitteldicht	20 ± 1	20 (10 - 30)	32 (30 – 34)	0 (0 – 2)	1 x 10 ⁻⁴ bis 1 x 10 ⁻⁷
Hangschutt (3)	locker bis mitteldicht / sehr steif	20 ± 1	25 (15 – 35)	32 (28 – 36)	0 (0 – 5)	1 x 10 ⁻³ bis 1 x 10 ⁻⁶

(1) Die angegebenen M_E-Werte sind Erstbelastungswerte. Für Wiederbelastungsverhältnisse kann erfahrungsgemäss der dreifache M_E-Wert der Erstbelastung eingesetzt werden.

(2) Kies, stark sandig, sauber bis schwach siltig; Kies, stark siltig, schwach sandig, wenig Steine; Silt, schwach bis stark kiesig, schwach sandig, schwach tonig; Sand, siltig, schwach kiesig

(3) Kies, schwach bis stark sandig, schwach bis stark siltig, schwach sandig, stark siltig, lokal schwach tonig; Silt, schwach kiesig, schwach tonig

5.4. Baugrundwerte Festgestein (Felskennwerte)

Für felsmechanische Berechnungen können nachfolgende Felskennwerte (mittlere Erwartungswerte mit Streubereich) angenommen werden. Der angegebene Streubereich gibt die mögliche Variation der Eigenschaften innerhalb des Ragazer Flyschs an. Für die geotechnische Projektbearbeitung sind charakteristische Werte

festzulegen, die der jeweils zu betrachtenden Bemessungssituation, der Problemstellung und dem verwendeten Modell (z.B. numerisch) angepasst sind.

Die in der Tabelle 11 angegebenen Felskennwerte basieren auf Erfahrungswerten aus Projekten in gleichen oder ähnlichen Gesteinseinheiten.

Tabelle 11: Abschätzung Baugrundwerte Festgestein (Felskennwerte)			
Parameter	Mergelschiefer / Kalkschiefer	Kieselkalk / Kalksandstein	Bemerkungen
Reibungswinkel Φ [°]	30 ± 3	35 ± 3	Felsverband allgemein
	26 ± 4	30 ± 3	Trennfläche
Kohäsion c [MN/m ²]	2 ± 1	5 ± 3	Felsverband allgemein
	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.2	Trennfläche
Druckfestigkeit σ_u [MN/m ²]	$30 \pm 20^{(1)}$	$90 \pm 50^{(1)}$	intaktes Gestein
Elastizitätsmodul E [GPa]	15 ± 5	30 ± 8	Felsverband allgemein
Raumgewicht γ [kN/m ³]	27 ± 0.2	27 ± 0.2	intaktes Gestein

(1) Der Ragazer-Flysch (Wechselfolge von Mergelschiefer und Kalk-/Sandsteinlagen) ist durch stark anisotrope Druck- und Zugfestigkeiten charakterisiert. Einaxiale Druckfestigkeit: Die hohen bzw. maximalen Werte des angegebenen Streubereichs sind senkrecht bzw. parallel zur Schieferung, die minimalen Werte gelten für Belastungen 30-45° zur Schieferung.

5.5. Geologische Standortrisiken

5.5.1. Naturgefahren

Der Projektperimeter ist in der Naturgefahrenkarte [12] als ausserhalb des Erfassungsbereichs ausgewiesen und somit liegt keine Beurteilung für die Gefährdung durch die Prozesse Sturz, Rutschung, Wasser und Lawine vor.

In den steilen Hangpartien talseits der Strasse ist aufgrund der bisherigen Ereignisse (mehrere spontane Rutschungen) und der Feldkartierung (Hinweise auf eine wenig aktive permanente Rutschung) eine Gefährdung durch den Prozess Rutsch gegeben.

5.5.2. Erdbeben

Die Region zwischen Bad Ragaz und Pfäfers befindet sich hinsichtlich Erdbeben in der Gefährdungszone Z2 [13]. Der Untergrund im Projektgebiet ist der Baugrundklasse A bis B zuzuordnen [8].

5.6. Hydrogeologie

In den Baggerschlitten und Sondierbohrungen wurden keine Wasserzutritte festgestellt. Das in den Baggerschlitten aufgeschlossene Material war aber feucht, was auf eine lokale Zirkulation von Hangwasser bzw. evtl. Kluftwasser hindeutet.

Die geringe Durchlässigkeit des Mauerfundaments (Magerbeton), die dicht abschliessenden Spundwände und die unterliegende Felsoberfläche wirken als Stauer für die lokale Hang- und Kluftwasserzirkulation. Das Hang- bzw. Kluftwasser zirkuliert entlang der Felsoberfläche und in besser durchlässigen Schichten des

Hangschutts und Moräne, welche ihrerseits eine mässige bis lokal gute Durchlässigkeit aufweist. Lateral dürfte die Hangwasserzirkulation insbesondere im Bereich von Geländemulden verstärkt auftreten.

Während der Schneeschmelze und bei Starkniederschlägen muss mit einem erhöhten Anfall von Hang- und Kluftwasser gerechnet werden. Da die Hang- und Kluftwasserzirkulation im Bereich der Stützmauer bzw. Mauerfundaments bedingt durch das Bauwerk erschwert ist, kann sich Wasser aufstauen und die Festigkeit des Hangschutt- und Moränenmaterials vermindern.

5.7. Kenntnislücken, Unsicherheiten

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen und weiteren Untersuchungen entlang von Strassenabschnitten ober- und unterhalb des Valuranks ([6],[9] und [10]) ist davon auszugehen, dass die Felsoberfläche ein unruhiges Relief aufweist (Stufen, Längsrippen) und lokal stark variieren kann.

Der Verlauf der Felsoberfläche ist bei den Standorten BS1/20 und BS2/20 nur annähernd bekannt, da aufgrund der grossen Tiefe des Baggerschlitzes technisch bedingt nicht mehr tiefer gegraben werden konnte. Aufgrund der Angaben des Baggerführers und der eigenen Beobachtungen wurde die Felsoberfläche bei den Standorten BS1/20 und BS2/20 in einer Tiefe von ca. 4.0 bzw. 6.0 m Tiefe vermutet. Die genaue Ausbildung der Stützmauer inkl. Foundation bzw. der Foundationsschichten der Strasse sind im Detail nicht bekannt. Die Einbindung der Spundwände in den Untergrund ist aus den vorliegenden Unterlagen nicht zweifelsfrei ersichtlich.

Aufgrund der ausgesprochen langen Trockenphase im Frühjahr 2020 (März-April) wurde lediglich eine vernässte Stelle bergseitig der Strasse auf Höhe BS2/20 angetroffen. Es ist jedoch nicht auszuschliessen, dass weitere Vernässungen oder feuchte Stellen im Hang bei durchschnittlichem Witterungsverlauf anzutreffen sind. Gegebenenfalls ist eine erneute Begehung im Herbst um ein realistischeres Bild der Hydrogeologie im Rutschhang empfehlenswert.

Die Risse in der Strasse sind nicht zwingend als Anzeichen für eine Rutschung anzusehen. Aufgrund der Steilheit des Geländes unterhalb der Strasse und des dort oberflächlich vorhandenen Materials kann leichter Sichelwuchs auch ohne Rutschprozesse auftreten. Zusätzliche Untersuchungen (Inklinometer) sind dazu notwendig, um den Betrag allfälliger Rutschbewegungen und die Tiefe allfälliger Gleitflächen zu bestimmen (siehe Mess- und Überwachungskonzept Kap. 6.7).

6. BAULICHE FOLGERUNGEN

6.1. Allgemeines

Der Perimeter soll zwischen km 1.955 und km 2.120 auf einer Streckenlänge von ca. 165 m instand gestellt werden. Die Strasse soll in der Linienführung korrigiert, in der Breite angepasst und auf die angrenzenden, bereits ausgebauten Strassenabschnitte abgestimmt werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt (Stand Projekt Vorabklärungen) liegen uns keine konkreten Ausbau- oder Sanierungspläne vor. Aufgrund der engen Platzverhältnisse (Kehre/ «Valurrank») und der steilen Geländeneigungen bergseits der Strasse steht realistischerweise ein Ausbau talseits der derzeitigen Linienführung im Vordergrund.

Nachfolgend werden die generellen baulichen Folgerungen dargelegt. Ein Variantenstudium zur Stabilisierung/Korrektion des untersuchten Strassenabschnitts wird in einem nachfolgenden Bericht (September 2020) ausgearbeitet.

6.2. Aushub und Wiederverwendbarkeit

Bei einem allfälligen Ersatz der Spundwände und Blocksteinmauern ist ein Aushub notwendig. Die künstliche Auffüllung, der Hangschutt und die Moräne sind gut baggerbar. Mit vereinzelt Blöcken Ø bis 0.2 m ist zu rechnen. Im Bereich der verwitterten Felsoberfläche ist mit vielen Steinen und Blöcken Ø bis 0.4 m zu rechnen.

Der Hangschutt kann nach Abtrennung allfälliger Blöcke und bei Einhaltung der Vorschriften zu statisch relevanten Auffüllungen und Dammschüttungen verwendet werden. In der künstlichen Auffüllung und der Moräne ist der Feinanteil erhöht, was eine Wiederverwendung einschränkt und das Material kann zu einfachen Schüttungen verwendet werden. Allenfalls sind vorgängig Eignungsprüfungen durchzuführen.

6.3. Hang- und Böschungsinstabilitäten

6.3.1. Temporäre Böschungen

Temporäre Böschungen ergeben sich evtl. für die Freilegung der Spundwände und Blocksteinmauern.

Grundsätzlich sind im vorliegenden Baugrund (künstliche Auffüllung, Hangschutt) bei Böschungshöhen ≤ 4 m ohne Zusatzbelastung (Baumaschinen, Materialdepots etc.) sowie Hangwasser freie Böschungen mit Neigungen von maximal 4:5 machbar. Steilere oder höhere Böschungen erfordern geeignete Sicherungen (z.B. Nagelwand).

Bei höheren Böschungen, in steilerem Gelände und bei Hang- und Kluftwasserzutritten ist jeweils ein Sicherheitsnachweis der klein- bis mittlräumigen Stabilität zu erbringen.

6.3.2. Bergseitige Felsböschungen

Im Bereich der Querprofile QP2 und QP3 ist eine allfällige Verbreiterung der Strasse bergseits entlang von 40-50 m um lateral maximal 1-2 m machbar. Aufgrund des Trennflächengefüges ist grundsätzlich von einem standfesten Fels auszugehen. Lokal instabile Felsplatten/-Blöcke sind allenfalls abzutragen oder zu sichern. Es ist zu beachten, dass die Neigung der geplanten Felswand maximal 8:1 beträgt. Gegebenenfalls sind weitere Unterfangungen der darüber liegenden Strasse notwendig.

Der oberflächlich verwittrerte Fels kann mit dem Abbauhammer in den weniger kompetenten Mergel- und Kalkschiefern bis in schätzungsweise 1.5 m Tiefe abgetragen werden.

6.4. Talseitige Anschüttungen

Talseitige Aufschüttungen sind möglichst klein zu halten und insbesondere am oberen Ende von steilen Hängen oder in den besonders labilen Zonen zu vermeiden (Kopfbelastung im mittleren Bereich). Auch in vernässten Zonen sollten ohne Massnahmen keine Aufschüttungen erfolgen (Porenwasserüberdrucke).

6.5. Foundation: Tragfähigkeit, Setzungen

Der anstehende Lockergesteins-Baugrund ist, was die Materialzusammensetzung (Kies, stark siltig; Silt, schwach bis stark kiesig) und die Lagerungsdichte (locker bis mitteldicht) betrifft, grundsätzlich als mässig gut tragfähig und mässig setzungsempfindlich, aber wasserempfindlich zu beurteilen. Im Lockergestein reagiert der Baugrund bei Belastung grundsätzlich mit geringen bis mässig grossen initialen Setzungen. Im Fels sind keine Setzungen zu erwarten.

Bei der Foundation allfälliger Kunstbauten im Lockergestein ist generell auf eine einheitliche Lagerung zu achten. Allenfalls vorhandene weiche, wasserempfindliche Schichten (Silt, Sand) im Bereich der Foundationssohle müssen entfernt und durch geeignetes Material (ungebundene Gemische) ersetzt werden. Bei geringmächtiger Lockergesteinsbedeckung ist eine Foundation im Felsuntergrund zu bevorzugen. Bei einer Foundation im Felsuntergrund muss der verwittrerte und aufgelockerte Fels abgetragen werden und die Fundierung auf kompaktem, unverwittertem Fels erfolgen.

Bei einer Foundation in Übergangsbereich zwischen Fels und Lockergestein müssen bei allenfalls stark unterschiedlichen geotechnischen Eigenschaften Materialersatzmassnahmen vorgenommen werden, um differentielle Setzungen zu minimieren.

In allenfalls periodisch stark durchnässten Zonen (z.B. bei den wasserführenden Rinnen und in Mulden mit Vernässungen) kann die Tragfähigkeit des lokalen Untergrundes vermindert sein. Auch in diesen Bereichen müssen allfällige Materialersatzmassnahmen in Betracht gezogen werden.

Die wenig aktive permanente Rutschung im mittleren Teil des Untersuchungsperimeters befindet sich in einem labilen Gleichgewicht. Dies kann sich ungünstig auf die Tragfähigkeit und das Setzungsverhalten des Untergrundes auswirken.

Zusatzaufasten im treibenden Teil einer Rutschung haben einen negativen Einfluss auf die Gesamtstabilität des Hanges und erfordern deshalb einen entsprechenden Stabilitätsnachweis.

Bei tiefer liegendem Fels sind allfällige Stützkonstruktionen mittels Verankerungen resp. Mikropfählen zu fundieren. Mikropfähle und Anker sind in den frischen, kompakt gelagerten Fels unterhalb der oberflächlichen Verwitterungs- und Auflockerungszone einzubinden, damit die Stabilität der Konstruktion auch langfristig gewährleistet ist. Mikropfähle sollten mindestens 2-3 m in den frischen, kompakt gelagerten Fels eingebunden werden. Die Anker sind ebenfalls ausreichend tief, unter Berücksichtigung der Verwitterungs- und Auflockerungszone, in den Fels zu erstellen.

6.6. Wasserhaltung

Hang- und Kluftwasserzutritte während der Bauphase sind fachgerecht zu fassen und abzuleiten. Eine Vernässung der Baugrube ist zu vermeiden. Bei trockener Witterung wird nicht von grösseren Hang- und Kluftwasserzutritten ausgegangen. Während der Schneeschmelze und bei grösseren Niederschlagsereignissen muss jedoch entlang der Felsoberfläche und in besser durchlässigen Schichten des Lockergesteins mit zirkulierendem Hang- bzw. Kluftwasser gerechnet werden. Hinter der Stützmauer, dem Mauerfundament und/oder einer allfälligen Stützkonstruktion darf sich kein Wasserdruck aufbauen. Es sind entsprechende Massnahmen (Sickerleitung, Drainagerohre, Durchlässe usw.) vorzusehen, damit das anfallende Wasser abgeleitet wird. Eine konzentrierte Einleitung von Strassenabwasser oder Drainagewassers in den Hang unterhalb der Strasse muss vermieden werden.

Das Projektgebiet liegt im Gewässerschutzbereich üB. Es gilt die Sorgfaltspflicht, dass Bau- und Grabarbeiten fachmännisch ausgeführt und jede Verunreinigung des Bodens vermieden wird (Gewässerschutzgesetz, Art. 3 und 6).

6.7. Messkonzept und Überwachungsplan Perimeter

Basierend auf der Auswertung der Archiv-Unterlagen und der Begehung des Perimeters wurde in der Aktennotiz vom 23. Dezember 2019 [10] vorgeschlagen, die vier Kernbohrungen zu Inklinometer-Messstellen auszubauen.

Im Folgenden werden das Messkonzept und der Überwachungsplan konkretisiert. Die Inklinometer-Messstellen sind kurz nach der Installation ein erstes Mal gemessen worden (Null-Messung) vom 8. Mai 2020. Bei der Begehung des Geländes und der Strasse wurden nebst den Rissen in der Strasse und Sichelwuchs keine weiteren Anzeichen für Rutschprozesse vorgefunden. In der Folge wird davon ausgegangen, dass die Rutschprozesse generell langsam (<1 cm/y) vonstattengehen. Um allfällige Differenzen der Rutschung aufzeichnen zu können, wird davon ausgegangen dass halbjährliche Messintervalle ausreichend sind. Die erste Folgemessung empfehlen wir im Oktober 2020 und die zweite im

April 2021 durchzuführen. Die Messung sollte bevorzugt Ende April, d.h. nach Ende der Schneeschmelze durchgeführt werden. Unseren Erfahrungen zufolge kann die Bewegungsrate eines Rutschhangs von den saisonalen variierenden Hang- und Kluftwasserzirkulationen abhängen. Während der Schneeschmelze ist mit vermehrter Hang- und Kluftwasserzirkulation zu rechnen.

Die Vermessung des Tiefbauamts St. Gallen hat die Inklinometer-Messstellen unmittelbar nach der Null-Messung ebenfalls eingemessen. Es wird empfohlen, die Vermessung der Messstellen nach der letzten Folgemessung 2021 nochmals durchzuführen, um einen Vergleich mit den Inklinometer-Messdaten erstellen zu können.

Im Falle eines unerwartet grossen Rutschbetrags und bei der Messung sichtbaren oberflächlichen Anzeichen wie frische Risse in der Fahrbahn kann das Messintervall bei Bedarf verkürzt werden. Ergänzend können auch geodätische Messungen durchgeführt werden.

Sargans, 30. Juni 2020

BTG Büro für Technische Geologie AG

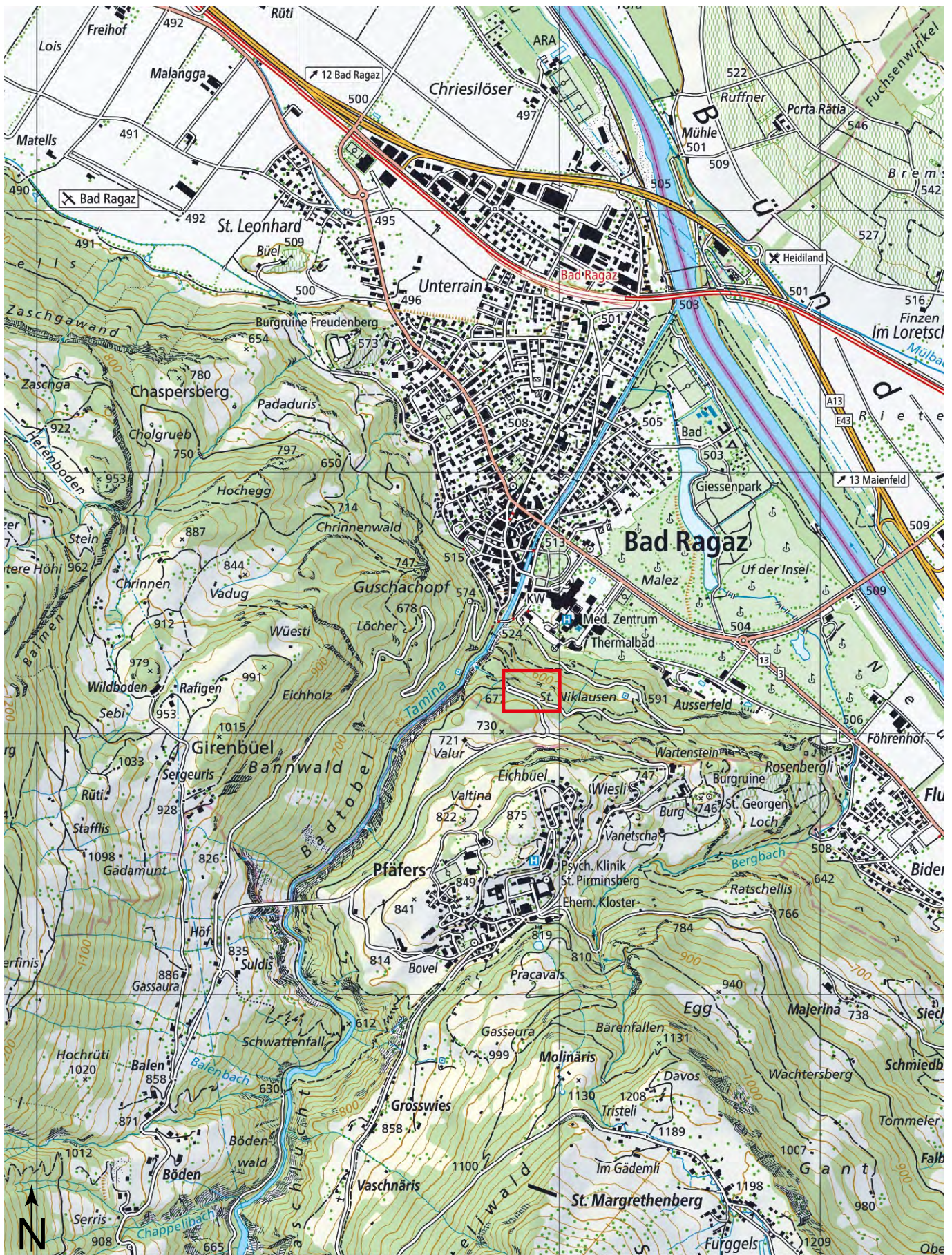
D. Figi

R. Grischott

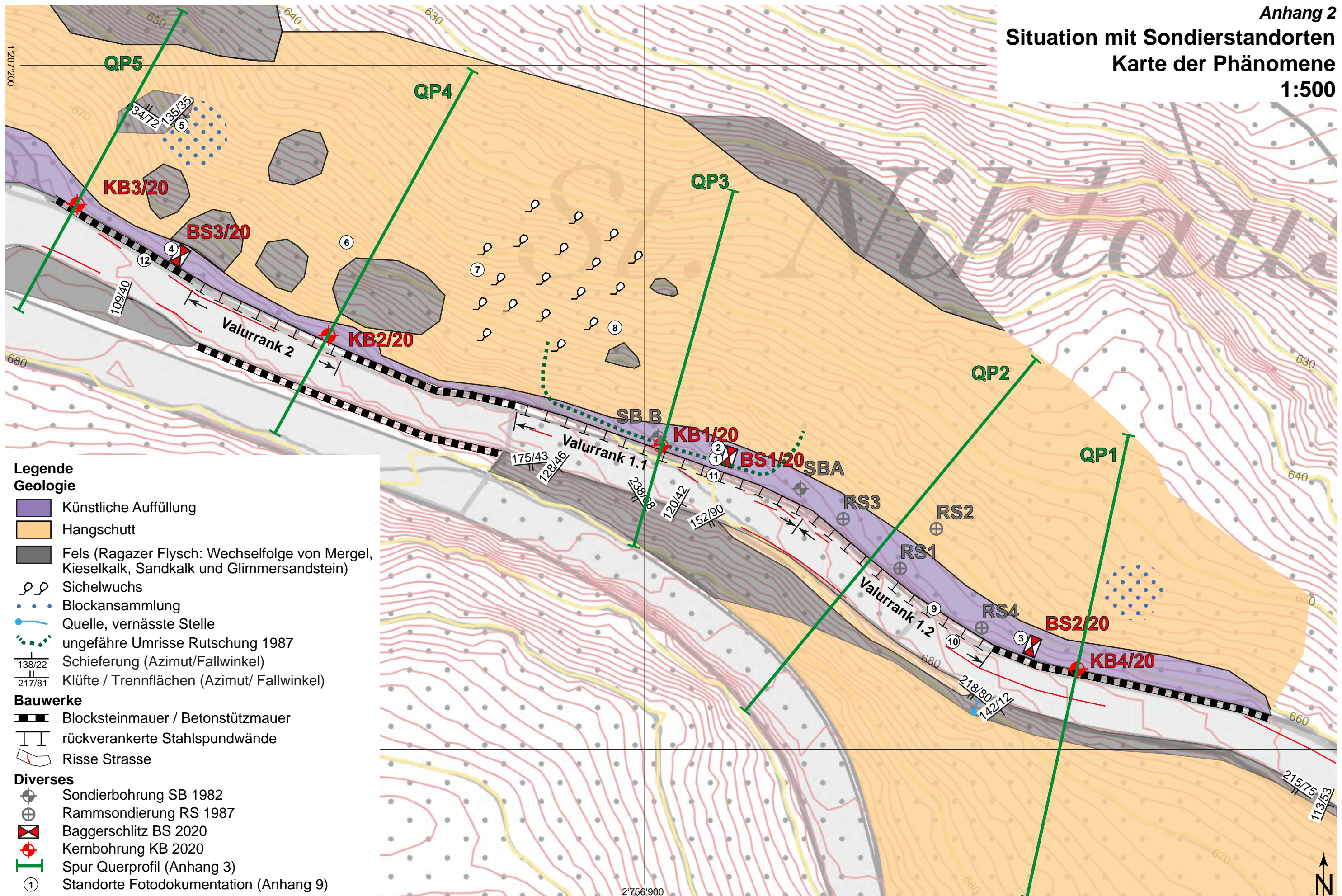
Anhang 1

Übersicht

1:20'000



Situation mit Sondierstandorten Karte der Phänomene 1:500



Legende Geologie

- Künstliche Auffüllung
- Hangschutt
- Fels (Ragazer Flysch: Wechselfolge von Mergel, Kieselkalk, Sandkalk und Glimmersandstein)
- Sichelwuchs
- Blockansammlung
- Quelle, vernässte Stelle
- ungefähre Umriss Rutschung 1987
- Schieferung (Azimut/Fallwinkel)
- Klüfte / Trennflächen (Azimut/ Fallwinkel)

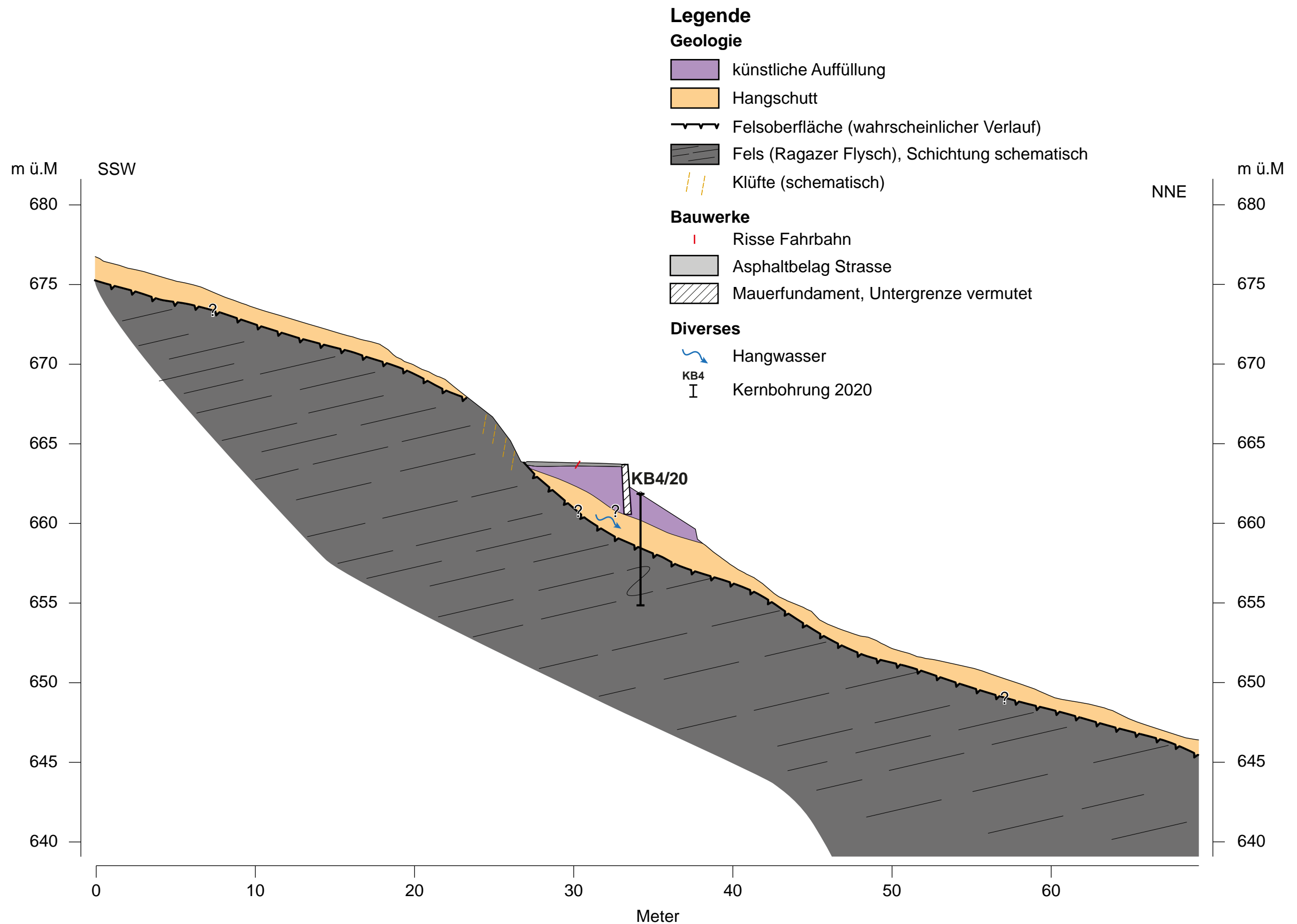
Bauwerke

- Blocksteinmauer / Betonstützmauer
- rückverankerte Stahlspundwände
- Risse Strasse

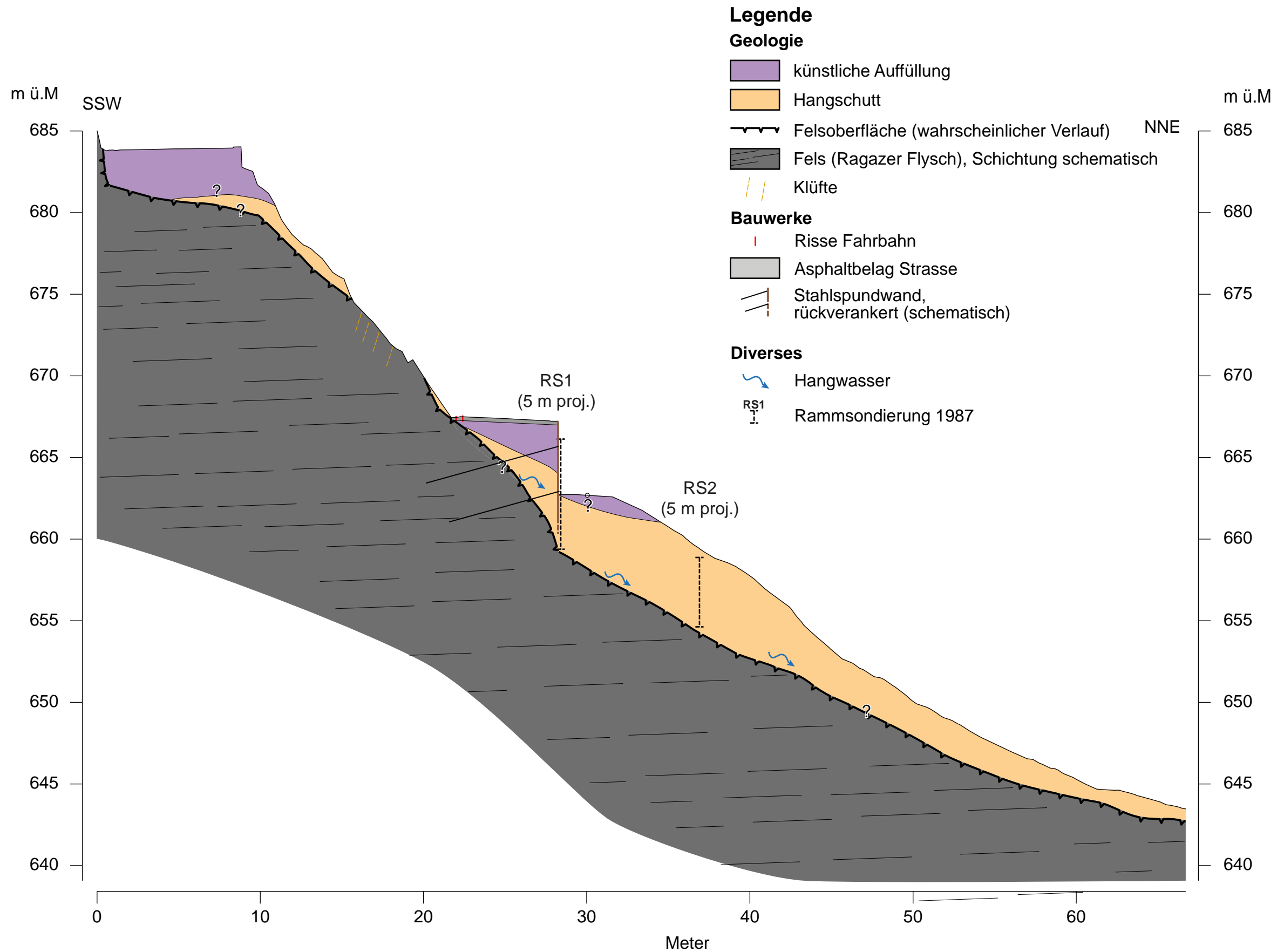
Diverses

- Sondierbohrung SB 1982
- Rammsondierung RS 1987
- Baggerschlitz BS 2020
- Kernbohrung KB 2020
- Spur Querprofil (Anhang 3)
- Standorte Fotodokumentation (Anhang 9)

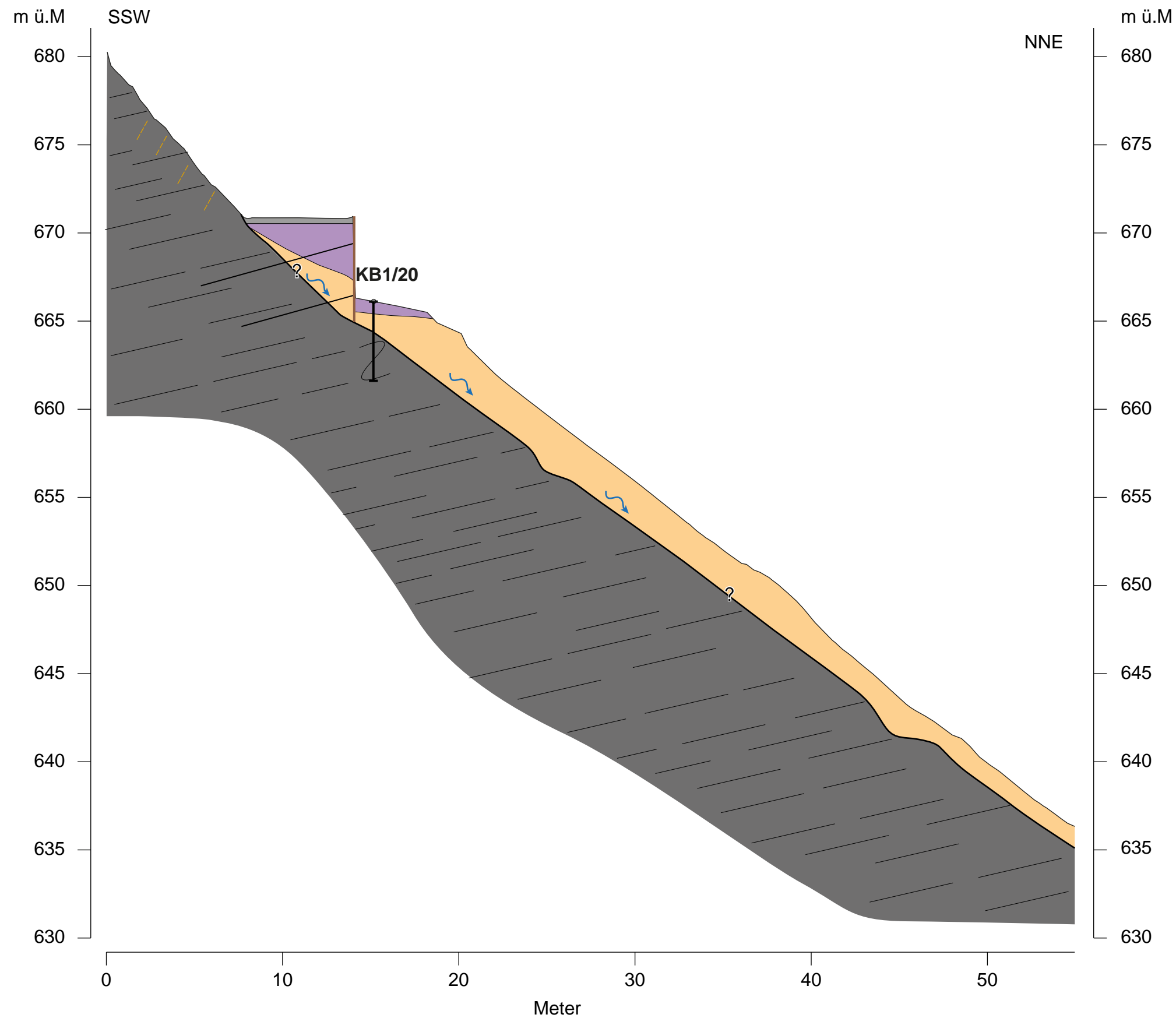
Anhang 3a
Geologisches Querprofil 1
1:250



Anhang 3b
Geologisches Querprofil 2
1:250



Anhang 3c
Geologisches Querprofil 3
1:250



Legende

Geologie

- künstliche Auffüllung
- Hangschutt
- Felsoberfläche (wahrscheinlicher Verlauf)
- Fels (Ragazer Flysch), Schichtung schematisch
- Klüfte

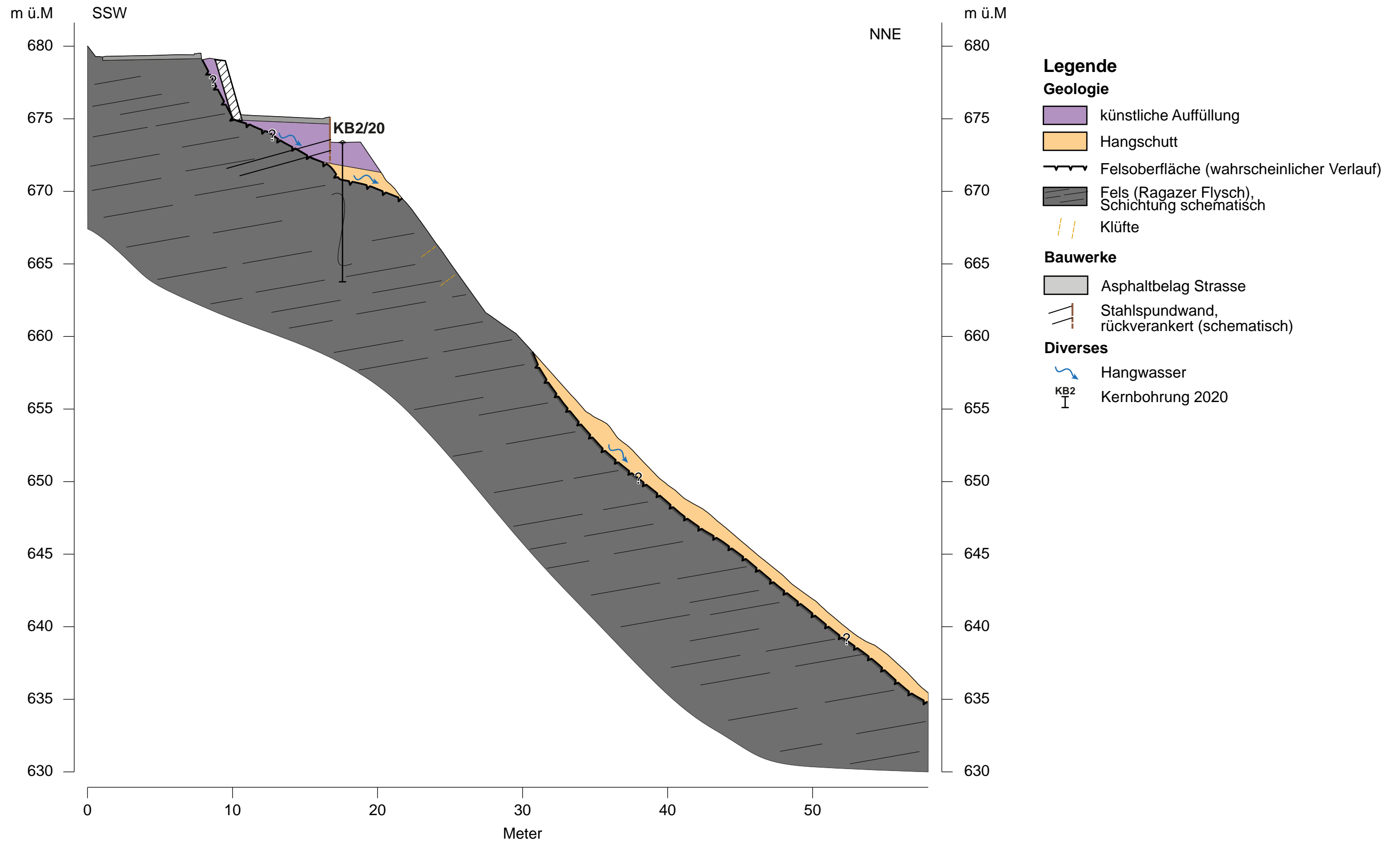
Bauwerke

- Asphaltbelag Strasse
- Stahlpundwand, rückverankert (schematisch)

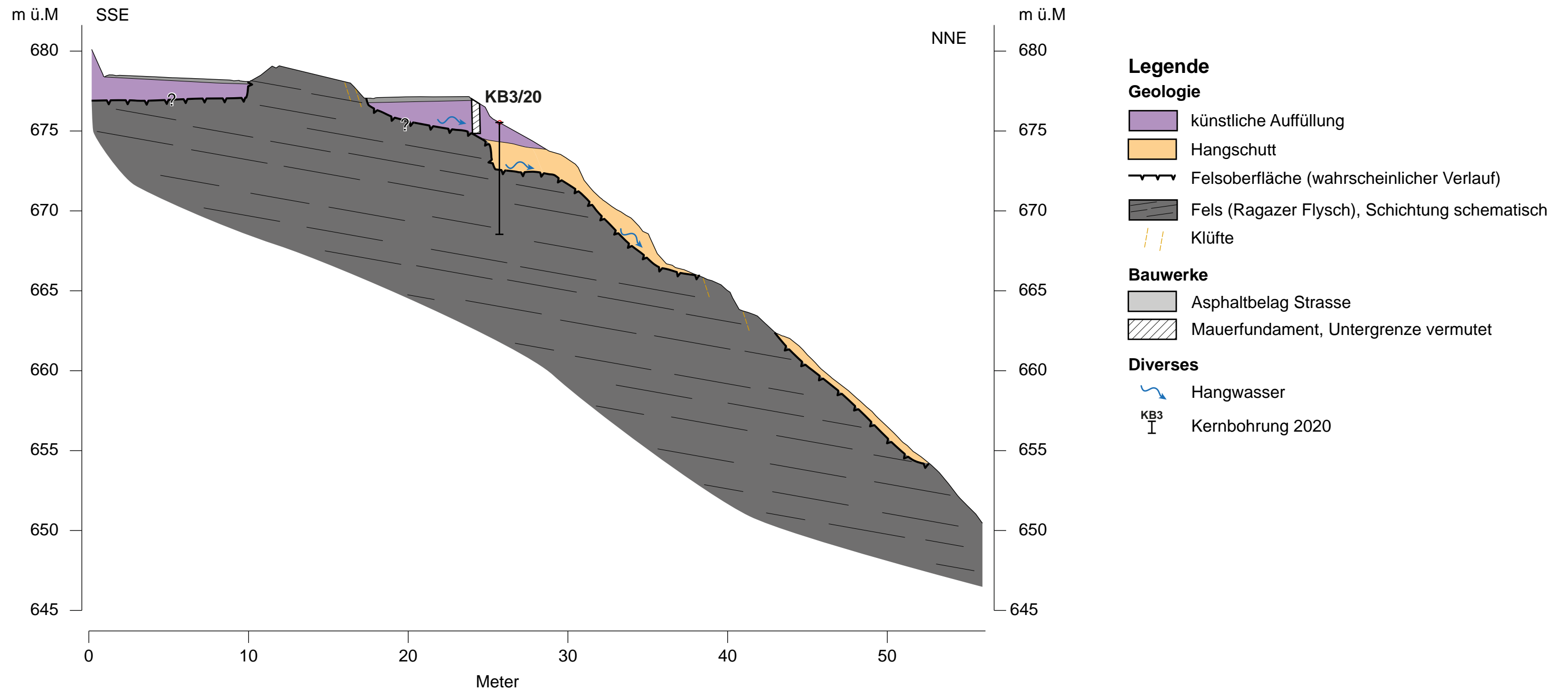
Diverses

- Hangwasser
- Kernbohrung 2020

Anhang 3d
Geologisches Querprofil 4
1:250



Anhang 3e
Geologisches Querprofil 5
1:250



Objekt: Kantonsstrasse Valurrank, 7312 Pfäfers		Bericht Nr.: 6073-1	Anhang Nr. 4
Bohrung Nr.: KB1/20 (4.5 m)		Bohrfirma: CrestaGeo AG, 7004 Chur	
		Bohrung ausgeführt: 21.4.2020	Bohrmeister: Enrico Sciuchetti
Bauherr: Tiefbauamt St. Gallen		Profil aufgenommen durch/Datum: gri/22.4.2020	
Bauleitung: BTG Büro für Technische Geologie AG, 7320 Sargans		Aufgezeichnet/Datum: la/28.4.2020	Format: 42 x 30
Höhenlage: 666.4 m ü. M.	Neigung: vertikal	<div><div><div>BTG</div><div>Büro für Technische Geologie AG</div><div>Grossfeldstrasse 74, Postfach 78, CH-7320 Sargans Telefon +41 81 720 09 39 Fax +41 81 720 09 30 info@btgeo.ch, www.btgeo.ch</div></div></div>	
Koordinaten: 2'756'903/1'207'144	Richtung: -		

Bohrprofil Massstab 1 : 50

Bohrart Verrohrung	Höhe (m ü. M.)	Bohrlochtiefe (m)	Schichtstärke (m)	Geologisches Profil	Beschreibung des aufgeschlossenen Bohrgutes	Kernqualität Z	RQD 0 25 50 75 100 [%]	Geologische Identifikation	Bemerkungen Einbauten Untersuchungen	
Rotations- kernbohrung Ø 168 mm	666.4	0.2	0.2		Silt, kiesig, schwach sandig; Komponenten: kantig; Wurzeln, humos			Boden		Inklinometerrohr: OKR = 666.4 m ü.M. Ø 85 mm
	665.7	0.7	0.5		Silt, stark kiesig, schwach sandig; Komponenten: kantig; feucht; braun			künstl. Auf- füllung		
Rotationskernbohrung Ø 116 mm					Kies, stark sandig, schwach siltig; Komponenten: kantig bis kantengerundet; trocken; braun			Hang- schutt		
	664.9	1.5	0.8		Steine und Blöcke (zerbohrt)			Ragazer- Flysch (verwittert)		
		1.8	0.3		Wechselagerung aus grauem Kieselkalk und grauem Kalkschiefer, durchsetzt mit wenig Kalzitadern Schieferungsflächen glatt			Ragazer- Flysch		
					S = 50° K = 80°					
					S = 67° K = 78°					
				stark geklüftet, mit teilweise verheilten Kalzitadern						
					S = 36° S = 31°					
	661.9	4.5	2.7		S = 35°					

Legende:

Z = Zustand des Kerngutes:

- keine Kerne
- in Kies und Steine zerbrochen
- Kernbruchstücke
- kurze Kerne < 20 cm
- lange Kerne > 20 cm

Trennflächen:

- S = Schieferungsflächen
- K = Kluffflächen
- 30° = Neigung in Grad ab der Horizontalen
- (gestuft, glatt / verlehmt) = Rauigkeit / Kluffflächenbeschaffenheit der Trennflächen

RQD= Rock Quality Designation Index:

Prozentueller Anteil Kernstücke > 10 cm

Objekt: Kantonsstrasse Valurrank, 7312 Pfäfers		Bericht Nr.: 6073-1	Anhang Nr.: 5
Bohrung Nr.: KB2/20 (9.5 m)		Bohrfirma: CrestaGeo AG, 7004 Chur	
		Bohrung ausgeführt: 15.-16.4.2020	Bohrmeister: Enrico Sciuchetti
Bauherr: Tiefbauamt St. Gallen		Profil aufgenommen durch/Datum: gri/21.4.2020	
Bauleitung: BTG Büro für Technische Geologie AG, 7320 Sargans		Aufgezeichnet/Datum: la/28.4.2020	Format: 42 x 30
Höhenlage: 673.7 m ü. M.	Neigung: vertikal	<div><div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div>Büro für Technische Geologie AG</div><div>Grossfeldstrasse 74, Postfach 78, CH-7320 Sargans Telefon +41 81 720 09 39 Fax +41 81 720 09 30 info@btgeo.ch, www.btgeo.ch</div></div></div></div>	
Koordinaten: 2'756'854/1'207'160	Richtung: -		

Bohrprofil Massstab 1 : 50

Bohrtart Verrohrung	Höhe (m ü. M.)	Bohrlochtiefe (m)	Schichtstärke (m)	Geologisches Profil	Beschreibung des aufgeschlossenen Bohrgutes	Kernqualität Z	RQD 0 25 50 75 100 [%]	Geologische Identifikation	Bemerkungen Einbauten Untersuchungen	
Rotationskernbohrung Ø 168 mm	673.7	0.2	0.2		Kies, stark siltig, schwach sandig; Komponenten: kantig; trocken; humos; verwurzelt; beige-grau			Boden		Inklinometerrohr: OKR = 673.7 m ü.M. Ø 85 mm
		1.0	0.8		Kies, stark sandig; Komponenten: kantig; trocken; < 1 % Fremdkomponenten (Ziegelstücke); beige-grau			künstl. Auf-füllung		
	672.3	1.4	0.4		Silt, kiesig, schwach sandig, schwach tonig; Komponenten: kantig; gering plastisch; beige-braun 1.4 m: leicht verwurzelt (alter Boden)			Hang-schutt		
	671.1	2.6	1.2		Kies, stark siltig, schwach sandig; Komponenten: kantig; beige-braun					
Rotationskernbohrung Ø 116 mm		3.4	0.8		Steine und Blöcke (zerbohrt)			Ragazer-Flysch (verwittert)		12 SPT-Nr. 1: 13 2.00 - 2.45
					Wechselagerung von grauem bis beige-grauem Kalkschiefer und Mergeln S = 62° S = 78° S = 45°					
		6.3	2.3		Wechselagerung von grauem Kieselkalk und grauem Glimmersandstein, reichlich Kalzitadern S = 48° S = 52° S = 58° S = 50° S = 58° S = 50° S = 75° S = 55° S = 45° S = 43°			Ragazer-Flysch		
	664.2	9.5	3.2							

Legende:

Z = Zustand des Kerngutes:

- keine Kerne
- in Kies und Steine zerbrochen
- Kernbruchstücke
- kurze Kerne < 20 cm
- lange Kerne > 20 cm

Trennflächen:

- S = Schieferungsflächen
- K = Klüftflächen
- 30° = Neigung in Grad ab der Horizontalen
- (gestuft, glatt / verlehmt) = Rauigkeit / Klüftflächenbeschaffenheit der Trennflächen

RQD= Rock Quality Designation Index:

Prozentueller Anteil Kernstücke > 10 cm

Objekt: Kantonsstrasse Valurrank, 7312 Pfäfers		Bericht Nr.: 6073-1	Anhang Nr.: 6
Bohrung Nr.: KB3/20 (7 m)		Bohrfirma: CrestaGeo AG, 7004 Chur	
		Bohrung ausgeführt: 20.4.2020	Bohrmeister: Enrico Sciuchetti
Bauherr: Tiefbauamt St. Gallen		Profil aufgenommen durch/Datum: gri/21.4.2020	
Bauleitung: BTG Büro für Technische Geologie AG, 7320 Sargans		Aufgezeichnet/Datum: la/28.4.2020	Format: 42 x 30
Höhenlage: 675.9 m ü. M.	Neigung: vertikal	<div><div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div>BTG</div><div></div></div><div>Büro für Technische Geologie AG Grossfeldstrasse 74, Postfach 78, CH-7320 Sargans Telefon +41 81 720 09 39 Fax +41 81 720 09 30 info@btgeo.ch, www.btgeo.ch</div></div></div>	
Koordinaten: 2'756'817/1'207'180	Richtung: -		

Bohrprofil Massstab 1 : 50

Bohrart Verrohrung	Höhe (m ü. M.)	Bohrlochtiefe (m)	Schichtstärke (m)	Geologisches Profil	Beschreibung des aufgeschlossenen Bohrgutes	Kernqualität Z	RQD 0 25 50 75 100 [%]	Geologische Identifikation	Bemerkungen Einbauten Untersuchungen	
Rotationskernbohrung Ø 168 mm	675.9	0.8	0.8		Silt, schwach kiesig, schwach sandig; Komponenten: kantig bis kantengerundet; gering plastisch; feucht; humos; verwurzelt; < 1% Fremdkomponenten (Ziegel)			künstl. Auf-füllung	<div>Inklinometerrohr: OKR = 675.9 m ü.M. Ø 85 mm</div> <div><div>8</div><div>9</div><div>9</div></div> SPT-Nr. 1: 2.00 - 2.45	
	674.7	1.2	0.4		Kies, stark sandig, schwach siltig, reichlich Steine (Ø 6-8 cm); Komponenten: kantig (monomikt: Kalkstein); anthrazit					
					Silt, schwach kiesig, schwach tonig, wenig Steine (Ø 8 cm); Komponenten: kantig (polymikt: Kalksteine, Quarzite); gering plastisch; feucht; verwurzelt; schwarz 1.6 - 3.5 m: schwach sandig 2.5 - 3.0 m: stark kiesig			Hang-schutt		
Rotationskernbohrung Ø 116 mm	672.9	3.0	0.5		Steine und Blöcke (zerbohrt)			Ragazer-Flysch (verwittert)		
		3.7	0.7		S = 50° Wechselagerung aus grauem bis schwarzem Kieselkalk und Glimmersandstein, stark brekziert mit vielen Kalzitadern und schwarzen Tonschieferlagen (0.5 - 2 cm mächtig), Schieferungsflächen häufig gewellt, graphitisch und teilweise schmierig					
	668.9	7.0	1.0		K = 70° rau K = 30° gestuft S = 70° K = 65° rau 5.3 - 5.7 m: schwarzer Kalkstein mit Kalzitadern K = 58° mit Rutschharnisch			Ragazer-Flysch		

Legende:

Z = Zustand des Kerngutes:

- keine Kerne
- in Kies und Steine zerbrochen
- Kernbruchstücke
- kurze Kerne < 20 cm
- lange Kerne > 20 cm

Trennflächen:

- S = Schieferungsflächen
- K = Kluffflächen
- 30° = Neigung in Grad ab der Horizontalen
- (gestuft, glatt / verleht) = Rauigkeit / Kluffflächenbeschaffenheit der Trennflächen

RQD= Rock Quality Designation Index:

Prozentueller Anteil Kernstücke > 10 cm

Objekt: Kantonsstrasse Valurrank, 7312 Pfäfers		Bericht Nr.: 6073-1	Anhang Nr.: 7
Bohrung Nr.: KB4/20 (7 m)		Bohrfirma: CrestaGeo AG, 7004 Chur	
		Bohrung ausgeführt: 23.-24.5.2020	Bohrmeister: Enrico Sciuchetti
Bauherr: Tiefbauamt St. Gallen		Profil aufgenommen durch/Datum: gri/28.4.2020	
Bauleitung: BTG Büro für Technische Geologie AG, 7320 Sargans		Aufgezeichnet/Datum: la/28.4.2020	Format: 42 x 30
Höhenlage: 662.2 m ü. M.	Neigung: vertikal	<div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div>Büro für Technische Geologie AG Grossfeldstrasse 74, Postfach 78, CH-7320 Sargans Telefon +41 81 720 09 39 Fax +41 81 720 09 30 info@btgeo.ch, www.btgeo.ch</div></div></div>	
Koordinaten: 2'756'963/1'207'111	Richtung: -		

Bohrprofil Massstab 1 : 50

Bohrart Verrohrung	Höhe (m ü. M.)	Bohrlochtiefe (m)	Schichtstärke (m)	Geologisches Profil	Beschreibung des aufgeschlossenen Bohrgutes	Kernqualität Z	RQD 0 25 50 75 100 [%]	Geologische Identifikation	Bemerkungen Einbauten Untersuchungen	
Rotations- kernbohrung Ø 168 mm	662.2	0.3	0.3		Sand, schwach kiesig, schwach siltig; Komponenten: kantig bis kantengerundet; verwurzelt; humos; dunkel- braun			Boden		Inklinometerrohr: OKR = 662.2 m ü.M. Ø 85 mm
		1.2	0.9		Sand, siltig, schwach kiesig; Komponenten: kantig bis kantengerundet; trocken; beigebraun ab 0.8 m: kiesig, vereinzelt Steine (Ø 6 cm)			künstl. Auf- füllung		
	660.2	2.0	0.8		Kies, stark siltig, schwach sandig, wenig Steine (Ø 6-10 cm); Komponenten: kantig; braun 1.2 - 1.5 m: vereinzelt < 1% Fremdkomponenten (Ziegelstücke)					
Rotations- kernbohrung Ø 145 mm	658.8	3.4	1.4		Kies, stark siltig, schwach sandig, wenig Steine (Ø 6-10 cm); Komponenten: kantig; braun			Hang- schutt		
					Steine und Blöcke (zerbohrter Fels); grau			Ragazer- Flysch (verwittert)		
Rotationskernbohrung Ø 116 mm	655.2	7.0	3.0		Wechselagerung aus grauem Kieselkalk und beigegeau- en Kalkschiefern und Mergeln, Schieferungsflächen häufig gewellt, graphitisch und teilweise schmierig kalzitisch verheilte Adern S = 85° S = 65° K = 78° Rutschharnisch, glatt S = 78° K = 75° K = 58° gestuft S = 62° S = 32° S = 50° S = 60° S = 64° K = 76°			Ragazer- Flysch		

Legende:

Z = Zustand des Kerngutes:

- keine Kerne
- in Kies und Steine zerbrochen
- Kernbruchstücke
- kurze Kerne < 20 cm
- lange Kerne > 20 cm

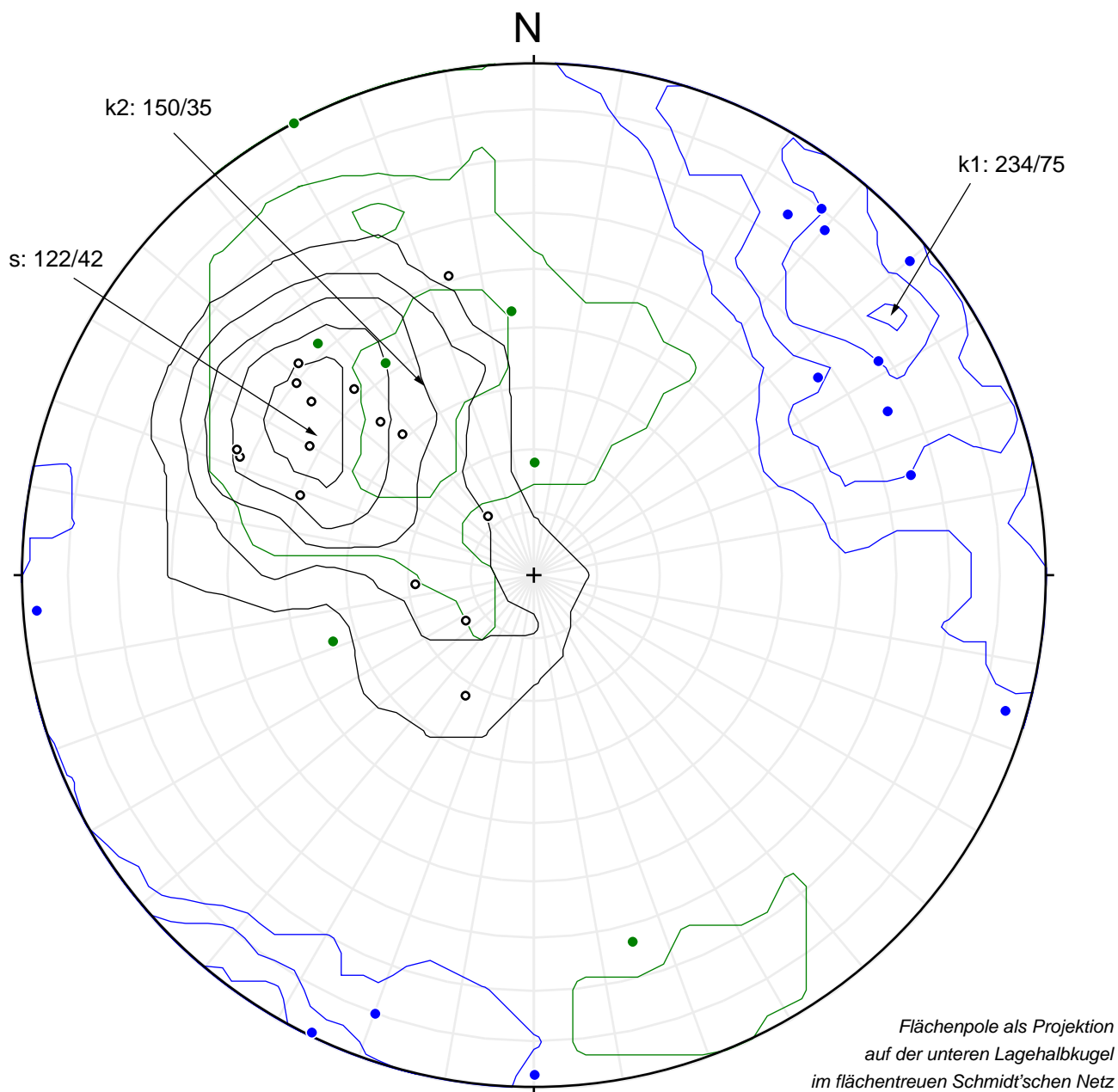
Trennflächen:

- S = Schieferungsflächen
- K = Kluffflächen
- 30° = Neigung in Grad ab der Horizontalen
- (gestuft, glatt / verlehmt) = Rauigkeit / Kluffflächenbeschaffenheit der Trennflächen

RQD= Rock Quality Designation Index:

Prozentueller Anteil Kernstücke > 10 cm

Statistische Auswertung Gefügemessungen Stereographische Projektion



Anzahl Messpunkte:

○	Schieferung s	10
●	Klüftung k1	27
●	Klüftung k2	19
Total		56

Dargestellt sind die Flächenpole als Projektion der unteren Lagehalbkugel in ihre Äquatorebene (Normalnetz, flächentreu). Mit dem Programm Stereonet 10.1 (R. Allmendinger, 2011-2018) wurden die relative Dichte der Flächenpole (Anzahl Pole pro Flächeneinheit) mit der Kamb-Methode dargestellt.

Fotodokumentation
Baggerschlitz BS1 bis BS3 und Feldkartierung
Bohrkerne KB1/20 bis KB4/20

Aufnahmen: Reto Grischott

Datum: 22. April 2020

Baggerschlitz BS1 bis BS3 und Feldkartierung



Foto 1: Baggerschlitz BS1 mit UK Spundwand in ca. 2 m ab OKT (Pfeil)



Foto 2: Baggerschlitz BS1 mit Grenze künstlicher Auffüllung und Hangschutt (gestrichelt).



Foto 3: Baggerschlitz BS2 mit Grenze künstlicher Auffüllung und Hangschutt (gestrichelt).



Foto 4: Baggerschlitz BS3 mit Grenze künstlicher Auffüllung und Hangschutt (gelb gestrichelt) und Mauerfundament (rot gestrichelt).



Foto 5: Blick nach Osten unterhalb Strasse mit oberflächennahem Fels



Foto 6: Blick nach Osten unterhalb Strasse mit geradem Baumwuchs



Foto 7: Blick nach Osten unterhalb Strasse zw. KB2-KB1 mit Sichelwuchs (Pfeile).



Foto 8: Blick nach Nordwesten unterhalb Strasse KB1 mit Sichelwuchs (Pfeile).



Foto 9: Blick nach Südosten, Strasse mit Rissen in der Fahrbahnmitte (Pfeile).



Foto 10: Blick nach Südosten, bergseitige Strassenböschung mit lokaler Vernässung (Pfeile).



Foto 11: Blick nach Südosten, Strasse mit Rissen in der bergwärts führenden Spur (Pfeile).



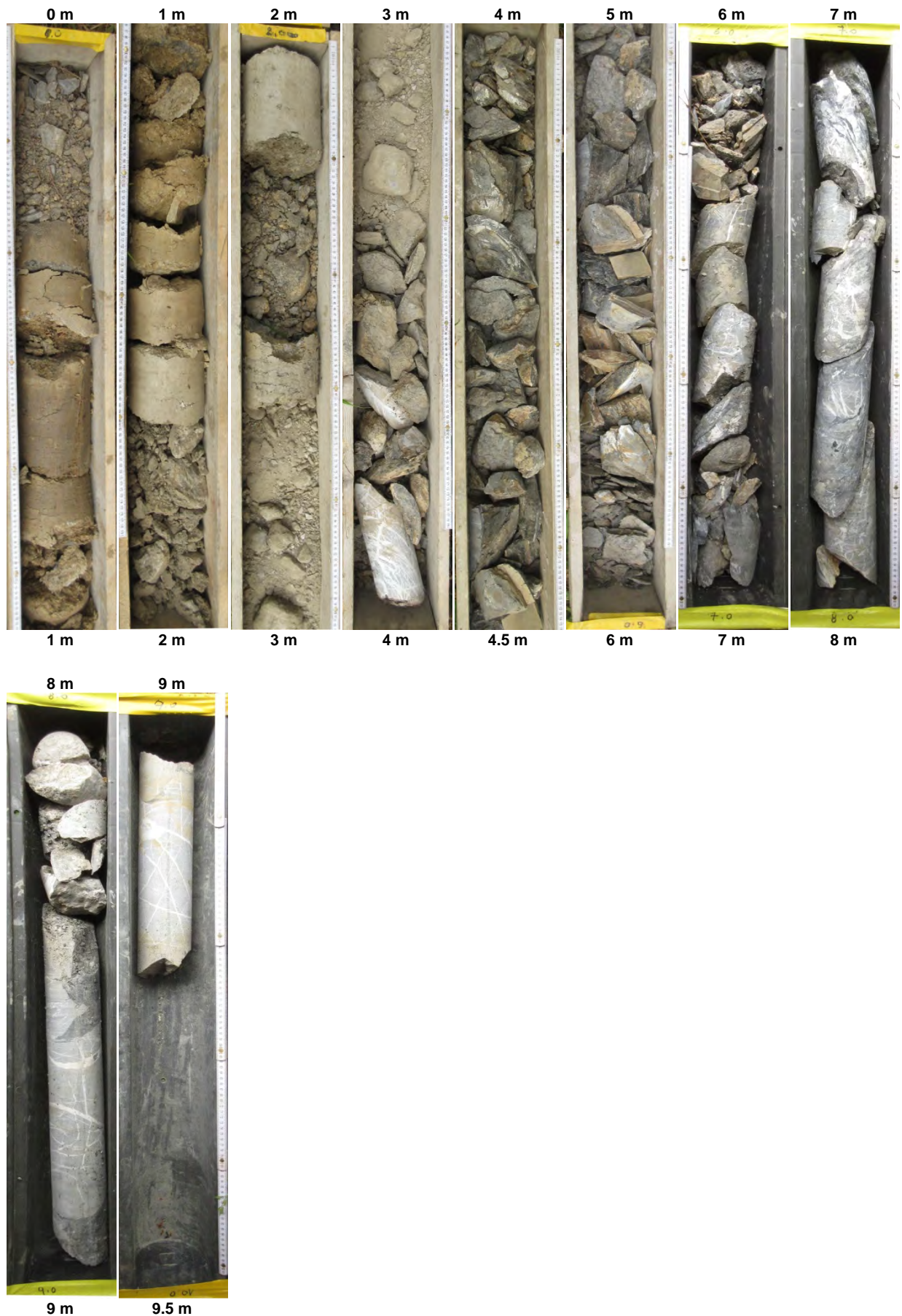
Foto 12: Blick nach Südosten, Strasse mit Felsböschung (Pfeil) und Stützmauer.

Bohrkerne KB1/20 bis KB3/20

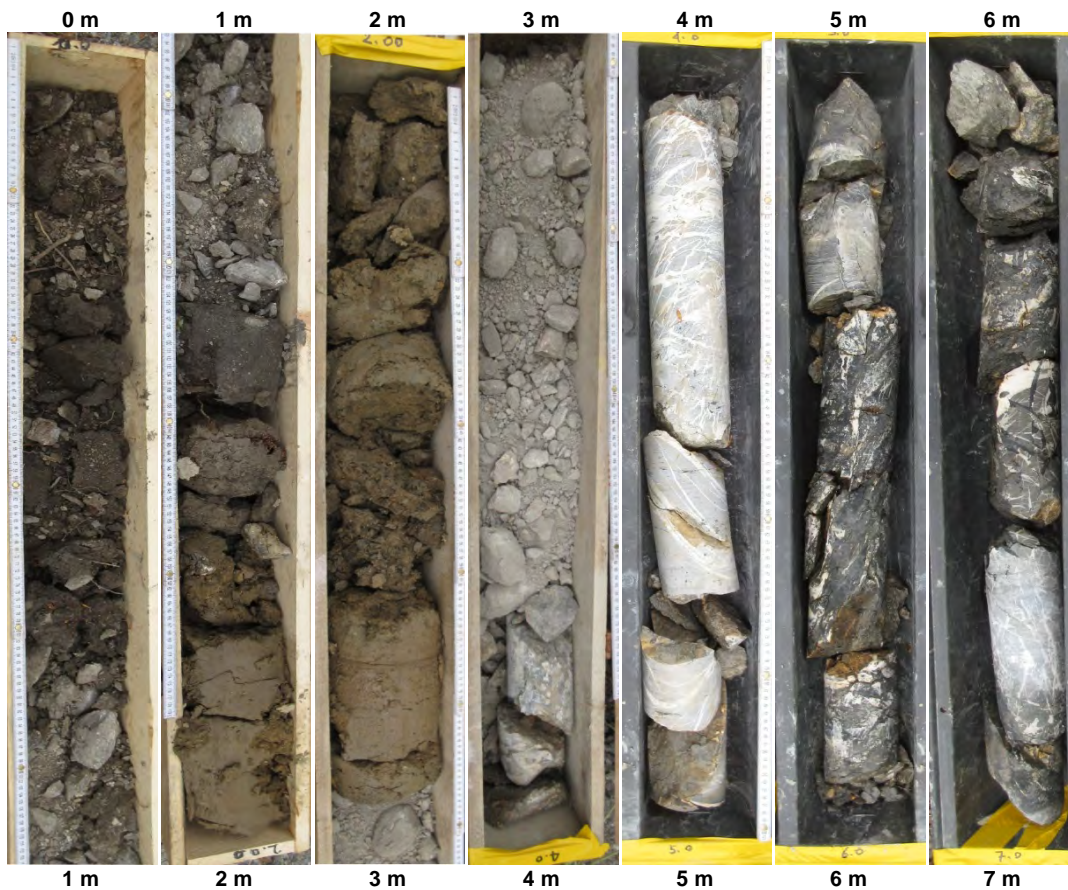
Sondierbohrung KB1/20:



Sondierbohrung KB2/20:



Sondierbohrung KB3/20:



Sondierbohrung KB4/20:

