

Bundesamt für Strassen ASTRA

N06.48 Frutigen - Kandersteg
Kandergrund Notumfahrung Mitholz

Grundlagenbeschaffung
Hydrogeologie

Bern, 10. Dezember 2020
JA/rj 11881.2B201210

Zusammenfassung

Im ehemaligen Munitionslager Mitholz besteht ein höheres Risiko infolge einer Explosion von Munitionsrückständen im Jahr 1947 als bisher angenommen. Aus diesem Grund werden diverse Sanierungsvarianten für das Munitionsdepot Mitholz erarbeitet. Grundsätzlich wird eine vollständige Räumung des alten Munitionsdepots angestrebt.

Das ASTRA als neue Eigentümerin der Nationalstrasse N06 Spiez – Frutigen – Kandersteg (ehemals Kantonsstrasse Nr. 223), unterstützt das VBS mit dem Teilprojekt Schutzbauten Strasse. Zwei der drei evaluierten Varianten (Variante b: Verlängerung Tunnel Mitholz und Variante c: Verlängerung Nationalstrasse) tangieren das Grundwassergebiet zwischen Mitholz und Blausee. Negative Beeinträchtigungen des Grundwasserstroms während dem Bau und im Endzustand eines verlängerten Tunnels Mitholz oder einer komplett verlegten Nationalstrasse sind zu vermeiden. In der Planungsphase müssen deshalb hydrogeologische Abklärungen durchgeführt werden, um allfällige Schutzmassnahmen des Grundwasserzustroms während der Realisierung und im Endzustand zu definieren.

In diesem Bericht werden die bisherigen Kenntnisse zur Hydrogeologie zwischen Mitholz und Blausee zusammengefasst. Daraus ist ersichtlich, dass die Linienführung der beiden Varianten zum grössten Teil innerhalb des grobblockigen Bergsturzmaterials liegen, welches den Grundwasserleiter darstellt. Das Grundwasser fliesst im Bergsturzmaterial in wohl tendenziell eng begrenzten, mehr oder weniger talparallel fliessenden Grundwassersträngen, welche über durchlässige Querschläge verbunden sind. Die Bergsturzablagerungen weisen eine geringe Filterwirkungen und hohe Fliessgeschwindigkeiten auf. Deshalb ist das Grundwasser im gesamten Gebiet sehr vulnerabel. Bei geringem Abstand zwischen dem Bauwerk und dem Grundwasserspiegel erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung des Grundwassers deutlich.

Anhand dieser Erkenntnisse wurden die für das Grundwasser bestehenden Risiken der beiden Varianten analysiert und bewertet, um allfällige Schutzmassnahmen während der Realisierung und im Endzustand zu definieren. Die Beurteilung hat gezeigt, dass in beiden Varianten ähnliche Risiken für das Grundwasser bestehen. Geringfügige Vorteile sind für die Variante b auszumachen. Aus der Kompilation sämtlicher Grundlagen wurden zudem Kenntnislücken benannt, welche zeigen, dass im Abschnitt der gesamten Linienführung und insbesondere im Abschnitt mit vermutlich geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser die genaue Lage des Grundwasserspiegels (Mittelstand, Höchststand) nur annähernd bekannt ist. Für die präzisere Einschätzung der baulichen und betrieblichen Risiken beider Varianten sowie für die Planung der erforderlichen Massnahmen sind zudem weitere Eigenschaften des Grundwassersleiters (Mächtigkeit, Ausdehnung, spezifische Durchlässigkeit) sowie der Abstrombereich von Stellen mit erhöhtem Risiko einer Grundwasserbeeinträchtigung von Bedeutung. Auch eine allfällige Verbindung des Stägebach und der Kander mit dem Grundwasserleiter ist von Interesse. Folglich ist ein dafür ausgelegtes Untersuchungsprogramm mit zahlreichen Sondierungen erforderlich. Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit anderen Interessensgruppen bestehen bei der Bestimmung des Abstromgebiets der Bereiche mit geringem Abstand von Bauwerk und Grundwasser. Für die geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen entlang der projektierten Strecke dürften jedoch kaum Synergien möglich sein.

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsgebiet	2
3. Ausgeführte Arbeiten	2
4. Geologischer Überblick	3
4.1. Felsuntergrund	3
4.2. Lockergesteinsfüllung	3
5. Geologie im Gebiet Mitholz - Blausee	4
5.1. Überblick	4
5.2. Aufbau der Lockergesteine	5
6. Hydrogeologie im Gebiet Mitholz - Blausee	7
6.1. Einfluss der Kander	7
6.2. Gebiet Mitholz	7
6.3. Gebiet Blausee	8
6.4. Grundwasserbilanz	9
7. Grundwasserqualität	10
7.1. Überwachungsparameter NEAT	10
7.2. Schwermetalle	11
7.3. Sprengstoffe	11
7.4. Trübung	12
8. Grundwassernutzung	12
8.1. Grundwasserentnahmen und Quellen	12
8.2. Mögliche Gefährdung des Grundwassers	13
9. Zusammenfassung der Grundwassersituation	14
10. Beurteilung Verlängerung Tunnel Mitholz (Variante b)	15
10.1. Projektauswirkungen	15
10.1.1. Bauphase	15
10.1.2. Betriebsphase	16
10.2. Risikoanalyse	16

10.2.1.	Bauphase	16
10.2.2.	Betriebsphase	19
10.3.	Risikobewertung	20
10.3.1.	Bauphase	20
10.3.2.	Betriebsphase	21
11.	Beurteilung Verlegung Nationalstrasse (Variante c)	22
11.1.	Projektauswirkungen	22
11.1.1.	Bauphase	22
11.1.2.	Betriebsphase	22
11.2.	Risikoanalyse	23
11.2.1.	Bauphase	23
11.2.2.	Betriebsphase	24
11.3.	Risikobewertung	25
11.3.1.	Bauphase	25
11.3.2.	Betriebsphase	26
12.	Massnahmen zur Risikoreduktion	27
12.1.	Bauphase	27
12.2.	Betriebsphase	28
13.	Kenntnislücken	30
14.	Pflichtenheft für weitere Untersuchungen	31
15.	Zusammenfassung der Beurteilung	34
16.	Empfehlung und weiteres Vorgehen	34

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Aufbau der Lockergesteine	6
Tabelle 2:	Grundwasser-Durchfluss im oberen Grundwasserleiter gemäss [30]	10
Tabelle 3:	Im Gebiet vorhandene Wasserfassungen (Lage vgl. Beilage 1)	12
Tabelle 4:	Im Gebiet vorhandene gefasste und ungefasste Quellen (Lage vgl. Beilage 1)..	13
Tabelle 5:	Im Gebiet vorhandene belastete Standorte gemäss [36]. (Lage vgl. Beilage 1)..	14
Tabelle 6:	Risiken Bauphase Variante b	17
Tabelle 7:	Risiken Betriebsphase Variante b	19
Tabelle 8:	Bewertungsmatrix der Risiken Bauphase Variante b.....	21
Tabelle 9:	Bewertungsmatrix der Risiken Betriebsphase Variante b	21
Tabelle 10:	Risiken Bauphase Variante c	23
Tabelle 11:	Risiken Betriebsphase Variante c.....	25
Tabelle 12:	Bewertungsmatrix der Risiken Bauphase Variante c.....	26
Tabelle 13:	Bewertungsmatrix der Risiken Betriebsphase Variante c	26
Tabelle 14:	Risiken und mögliche Massnahmen Bauphase Varianten b und c	27
Tabelle 15:	Risiken und mögliche Massnahmen Betriebsphase Varianten b und c.....	29
Tabelle 16:	Risiken und Kenntnislücken Varianten b und c.....	30
Tabelle 17:	Sondierprogramm und Aufnahme-/Mess-/Analyseprogramm Variante b	32
Tabelle 18:	Sondierprogramm und Aufnahme-/Mess-/Analyseprogramm Variante c	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Variantenentwicklung Schutzbauten Strasse.....	1
Abb. 2:	Hydrogeologische Situation beim Blausee (quer zum Tal), Figur 13 aus [16]	9

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1	Verwendete Grundlagen
Anhang 2	Zusammenstellung der Bohrungen im Untersuchungsgebiet
Anhang 3	Zusammenstellung der Überwachungsparameter NEAT
Anhang 4	Zusammenstellung der Schwermetallanalysen
Anhang 5	Fotodokumentation Verlängerung Tunnel Mitholz (Variante b)
Anhang 6	Fotodokumentation Verlegung Nationalstrasse (Variante c)

BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1	Übersicht mit Umfahrungsvarianten 1:5'000
Beilage 2	Verlängerung Tunnel Mitholz (Variante b), Geologisches Längenprofil
Beilage 3	Verlegung Nationalstrasse (Variante c), Geologisches Längenprofil
Beilage 4	Übersicht mit Vorschlag der Sondierstandorte 1:5'000

Präambel:

Dieses Gutachten wurde im Auftrag des ASTRA zum Zweck der Grundlagenbeschaffung Hydrogeologie erstellt. Die vorgenannten Angaben und Folgerungen beziehen sich somit ausschliesslich auf das vorliegende Projekt. Bedeutende Änderungen des Projekts bedingen eine Neubeurteilung. Wird das Gutachten zudem für andere Zwecke verwendet, wird jede Haftung abgelehnt. Die Haftung wird auch gegenüber anderen Personen als den Auftraggebern vollumfänglich abgelehnt.

Bei den im Bericht gemachten Angaben handelt es sich um eine Interpretation der bis anhin von diesem Grundstück bzw. Standort bekannten Daten und Fakten. Sollten im Laufe der Planung bzw. der Ausführung des Bauvorhabens zusätzliche Informationen gewonnen werden, so müssen die gemachten Modellangaben überprüft und falls notwendig angepasst werden. Aus diesem Grund ist die Begleitung der Projektierungs- und Ausführungsarbeiten durch einen Geologen sehr zu empfehlen.

N06.48 Frutigen – Kandersteg, Kandergrund Notumfahrung Mitholz

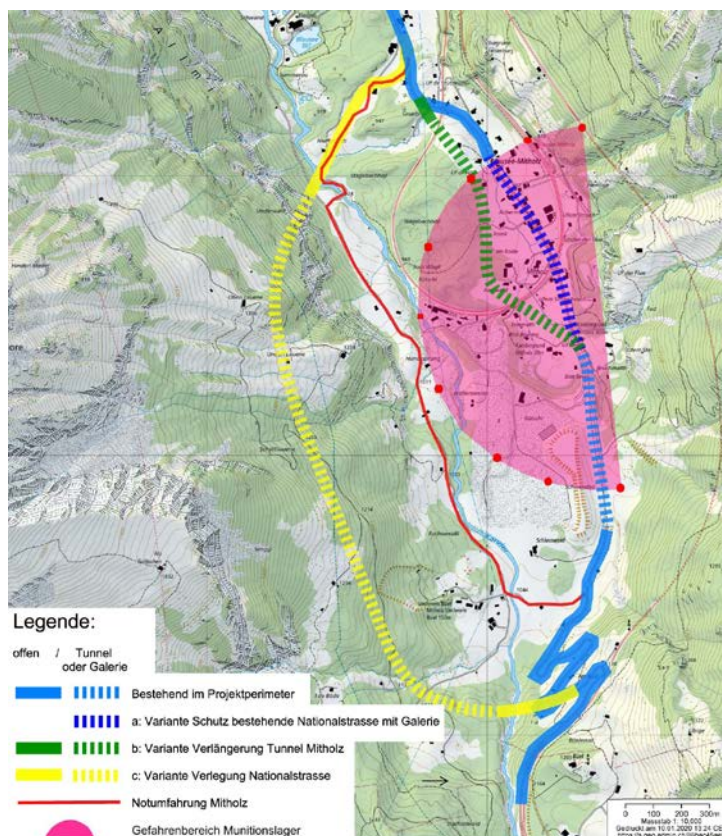
Grundlagenbeschaffung Hydrogeologie

1. Einleitung

Im Jahr 1947 explodierte ein Teil der eingelagerten Munition im Felsmunitionslager Mitholz des VBS. Vor ca. 2 Jahren wurde im Rahmen der Planung eines neuen Rechenzentrums für das VBS im Raum Mitholz festgestellt, dass ein höheres Gefährdungspotenzial infolge des alten Munitionsdepots Mitholz vorhanden ist, als es in den letzten 70 Jahren angenommen wurde. Aus diesem Grund werden diverse Sanierungsvarianten für das Munitionsdepot Mitholz erarbeitet. Grundsätzlich wird eine vollständige Räumung des alten Munitionsdepots angestrebt.

Das ASTRA als Eigentümerin per 01.01.2020 der Nationalstrasse N06 Spiez – Frutigen – Kandersteg (ehemals Kantonsstrasse Nr. 223), unterstützte das VBS in einer ersten Phase bei der Variantenevaluation für die Sanierung des Munitionsdepots mit dem Teilprojekt Schutzbauten Strasse. Es wurden Machbarkeitsstudien mit folgendem Lösungsansatz erarbeitet:

Abb. 1: Variantenentwicklung Schutzbauten Strasse



Die Verlängerung Tunnel Mitholz (Variante b) und die Verlegung Nationalstrasse (Variante c) tangieren das Kandertal oberhalb der Naturparks Blausee. Die Linienführung der untersuchten Varianten der Umfahrung sind in der Situation in Beilage 1 dargestellt [39]. Die entsprechenden geologischen Profile zur Variante b 'Verlängerung Tunnel Mitholz' und zum nördlichen, im Lockergestein verlaufenden Teil der Variante c 'Verlegung Nationalstrasse', sind in den Beilage 2 und 3 aufgeführt.

Das Gebiet liegt im Gewässerschutzbereich A_U. Negative Beeinträchtigungen des Grundwasserstroms während dem Bau und im Endzustand eines verlängerten Tunnels Mitholz oder einer komplett verlegten Nationalstrasse sollen vermieden werden. In dieser Planungsphase müssen deshalb Abklärungen zur Hydrogeologie getroffen werden, um allfällige Schutzmassnahmen des Grundwasserzustroms während der Realisierung und im Endzustand zu definieren.

2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Perimeter, welcher durch die Varianten a «Schutz bestehender Nationalstrasse mit Galerie», der Variante b «Verlängerung Tunnel Mitholz» und der nördlichen Lockergesteinsstrecke zur Variante c «Verlegung Nationalstrasse» betroffen sind (vgl. Beilage 1).

3. Ausgeführte Arbeiten

Für die Arbeiten zur Grundlagenbeschaffung Hydrogeologie im Gebiet Blausee-Mitholz wurden folgende Arbeiten ausgeführt

- Archivarbeiten bei Kellerhals + Haefeli AG
- Archivarbeiten beim Amt für Wasser und Abfall (AWA)
- Studium der Unterlagen
- Begehung vor Ort
- Kompilation der vorhandenen Daten
- Berichterstattung

4. Geologischer Überblick

4.1. Felsuntergrund

Das Kandertal durchschneidet den helvetischen Deckenstapel (Wildhorn-Decke, Gellihorn-Decke, Doldenhorn-Decke) ungefähr in nord-südlicher Richtung [8] und ist in die helvetischen Decken und die dasselbe unterlagernde Flysch-/Taveyannaz-Serie hinein geteuft [30]. Die Felsoberfläche liegt gemäss den im Rahmen der Projektierung des Lötschberg-Basistunnels durchgeführten Sondierbohrungen und seismischen Untersuchungen durchwegs 150 bis 400 m unter der Terrainoberfläche. Einzig im Bereich Büel, nördlich von Kandersteg wird eine Felsschwelle vermutet [19].

Die Wildhorn-Decke weist im Kandertal einen ausgeprägten Stockwerkbau auf. Das obere Stockwerk ist charakterisiert durch offene Faltenstrukturen. Es besteht hauptsächlich aus Kalken und Mergelkalken der Kreide und ist durch die undurchlässigen Palfris-Schiefer vom unteren Stockwerk getrennt. Das untere Stockwerk ist tektonisch stark überprägt und als Schuppenkomplex ausgebildet. Die tiefste Schuppe, welche mit der Lockergesteinsfüllung des Tals in seitlichem Kontakt steht, wurde mit der Bohrung 91/3 nordwestlich des Blausees erbohrt (vgl. Beilage 1). Eine darüberliegende Schuppe wurde mit der Bohrung 92/9 weiter nördlich durchörtet [14][22]. Es handelt sich dabei um Flysche mit Einschuppungen von tertiären Gesteinen (Fleckenmergel, Hohgant-Schiefer) sowie um Schiefer und Sandsteine der Tavayannaz-Serie.

4.2. Lockergesteinsfüllung

Am Ende der letzten Eiszeit wurden die teils ausgehobelten Talflanken mit dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher instabil und stürzten ein. So ereigneten sich im oberen Kandertal zahlreiche Bergstürze [1]. Ein grosser Bergsturz mit ca. 800 Mio. m³ aus mehrheitlich feinkörnigem Material dürfte damals das Tal unterhalb von Büel vorübergehend abgeriegelt haben. Dieser Bergsturz, welcher gemäss [2] wohl an der Bire abgegangen war, wirkte als Barriere und führte zur Bildung eines temporären Sees im Gebiet von Kandersteg [1]. Mit der Durchnässung des feinkörnigen Bergsturzmateriels ereignete sich in der Folge ein Durchbruch, der zu einer Flutwelle mit morgangartigen Ablagerungen bis in das Gebiet Bifigen führte. Datierungen an verschwemmten Hölzern und Pflanzenresten zeigten, dass dieser Durchbruch vor ca. 9'600 Jahre einzuordnen ist. [29].

Die grossen Blöcke und das an der Terrainoberfläche anstehende Bergsturzmateriel, welche das heutige Gebiet zwischen Mitholz und Blausee prägen, stammen von weiteren postglazialen Bergsturzereignissen, welche u.a. auch von den Fisistöcken stammen [4]. Sie dehnen sich vom Rande der Talebene von Kandersteg bis nach Bunderbach auf der Talsohle des Kandertals aus. Zudem entstanden in diesem ausgeprägten Blockgebiet beim Abschmelzen von lokalem Toteis Hohlformen. Einige wurden eingeebnet oder verlandet, andere blieben bis heute bestehen (Tanzboden, Rychnaufstoss, Blausee und das Quellgebiet des Fürtenbachs, Riegelseewanne [4]) An den Talflanken des Kandertals treten als Zeugen der letzten Eiszeit verbreitet Moränen auf [8].

5. Geologie im Gebiet Mitholz - Blausee

5.1. Überblick

In der Gegend Mitholz - Blausee besteht der oberste Teil des Lockergesteins vor allem aus grobblockigem Bergsturzmaterial [2]. Auf Höhe des Portals des Fensterstollens Mitholz (vgl. Beilage 1) befinden sich linksufrig der Kander (Bohrung Mi2) blockreiche Ablagerungen, welche in [15] als Moräne aus aufgearbeitetem Bergsturzmaterial angesprochen wurden. Teilweise ist diese Moräne örtlich durch leicht ausgewaschene, glaziale Murgänge umgelagert. Vermutlich nimmt die Mächtigkeit der Moräne aus Bergsturzmaterial von Osten nach Westen zur Felswand zu (vgl. Abb. 2). Unter dieser Moräne liegt eine blockarme Moräne. Rechtsufrig der Kander im Gebiet des Steinbruchs (Mi1) liegt das blockreiche Material bis in rund 12 m Tiefe vor. Darunter folgt von rund 960 m ü. M. schiefriges Bergsturzmaterial [15].

Im Areal des Steinbruch- und Hartschotterwerks Blausee-Mitholz (SHB) können in den Bohrungen 89.9 und 89.10 (vgl. Beilage 1) gemäss [7] augenfällig zwei unterschiedliche Bergsturzmassen erkannt werden. Eine ältere, feinkörnige Ablagerung aus Zementsteinschichten und eine jüngere grobkörnige Abfolge aus helvetischem Kieselkalk, welche wohl aus den Fisistöcken stammt. Sie werden durch eine 2 m bzw. 10 m mächtige Moräne getrennt. Die ältere Bergsturzmasse dürfte aus feinkörnigem Material der Bire und der jüngere Bergsturz aus grobblockigem Material von den Fisistöcken bestehen, wobei das feinkörnige Material z. T. umgelagert und mit Murgängen talabwärts transportiert wurde [29]. Weiter nördlich ist das feinkörnige Bergsturzmaterial nur noch als Murgangablagerungen erkennbar.

Im zentralen Teil des Abbaugebietes des Steinbruch- und Hartschotterwerks Blausee (SHB) bildet die unter dem blockigen Bergsturzmaterial vorhandene Moräne eine flache Mulde, deren tiefste Kote ungefähr auf 970 m ü. M. liegt [7]. Der Nordostrand dieser Mulde liegt auf rund 980 m ü. M. und bildet den in [5] vermuteten Moränenwall. Die Mächtigkeit der oberen Bergsturzablagerungen beträgt im südlichen Teil des Areals über 50 m und nimmt gegen Norden hin ab [23].

Randlich an der östlichen Talflanke im Bereich des ehemaligen Munitionsdepots Mitholz (Standort Nr. im Kataster der belasteten Standorte des VBS: APO S14, vgl. Beilage 1) zwischen dem Stägebach im Süden und dem Bruchgräbli im Norden ist die Moräne von Hang- und Bachschutt überlagert. Der Bereich unterhalb der Felspartien (Fluhmatte) diente bis zum Bau der unterirdischen Anlage als Überschwemmungsgebiet des Stägebachs. Beim Bau des Munitionsdepots wurde das Ausbruchmaterial unter der Fluh deponiert und mehrere Meter auf die Überschwemmungssedimente aufgeschüttet. Mit dem durch das Explosionsunglück verursachten Felssturz stürzte der vordere Teil der Felswand ein, wodurch heute über dem deponierten Ausbruchmaterial ein Schuttkegel von gesamthaft ca. 255'000 m³ Felssturzmaterial liegt. Im nördlichen Teil liegt der Berührungspunkt zwischen Felswand und Geröllhalde mehr als 40 m über der ursprünglichen Terrainhöhe. Im südlichen Teil der Sturzmasse befindet sich eine grössere Felspartie, welche bei der Explosion von der Felswand abgetrennt wurde. Die Felssturzmasse bedeckt eine Fläche von 15'000 m².

Der Blausee und der Riegelsee liegen in Toteismulden innerhalb des grobblockigen Bergsturzmaterials. Die Bergsturzablagerungen sind an der Basis ebenfalls durch eine geringmächtige

Moräne von darunter liegenden, mächtigen Murgangablagerungen getrennt. Die Bereiche, in welchen die grobblockigen Bergsturزابlagerungen ausdünnen und die gering durchlässigen, wohl z. T. aus feinkörnigen Bergsturzmateriel bestehenden Murgangablagerungen [22] nahe an die Oberfläche reichen, sind anhand von Quellwasseraustritte erkennbar. Unter der Moräne sind die Murgangablagerungen erst in ca. 60 m Tiefe wasserführend, wobei dieses Wasser wohl in Verbindung mit dem Felsgrundwasser steht (vgl. Bohrungen 91/3, BL3 [10] [19]).

5.2. Aufbau der Lockergesteine

Der Aufbau der Lockergesteine im Gebiet zwischen Mitholz und Blausee kann wie folgt zusammengefasst werden:

Bach- und Hangschutt, junge Murgangablagerungen

Der Bachschutt aus sandig-kiesigen bis blockigen Ablagerungen und die jungen Murgangablagerungen, welche gegenüber dem Bachschutt mit einem hohem Feinanteil versehen ist, sind hauptsächlich im Umfeld der Kander und der Seitenbäche am Übergang von den Talrändern zur Talsohle anzutreffen. Erfahrungsgemäss weisen diese Ablagerungen eine lockere bis mittlere Lagerungsdichte auf. Talseitig unter den Felswänden dürfte der Untergrund zu einem Grossteil aus Hangschutt und untergeordnet aus Blockschutt bestehen. Diesem bestehen aus steinigen und blockigen, kantigen Komponenten. Erfahrungsgemäss ist diese Schicht sehr locker bis locker gelagert.

Stillwasserablagerungen / Überschwemmungssedimente

Die Stillwasserablagerungen / Überschwemmungssedimente sind im Bereich der Seitenbäche anzutreffen und sind im Bachschutt mehrfach eingeschaltet. Teilweise sind die feinkörnigen Ablagerungen auch als Auffüllungen der Vertiefungen der darunter liegenden Bergsturزابlagerungen zu finden. Es handelt sich um meist feinkörnige Ablagerungen aus Ton, Silt und Sand. Darin können auch Komponenten grösserer Korngrössen auftreten. Solche Sedimente weisen normalerweise nur eine sehr lockere bis lockere Lagerungsdichte bzw. sehr weiche bis weiche Konsistenz auf.

Grobblockige Bergsturزابlagerungen

Der Talgrund des Kandertals im Gebiet um Mitholz wird zu einem Grossteil aus Bergsturزابlagerungen gebildet. Im Steinbruch Mitholz werden unter anderem solche Blöcke aus dem Fisi-stock-Bergsturz abgebaut. Gerade im Gebiet von Mitholz bis zum Blausee besteht das Bergsturzmaterial aus sehr grossen Blöcken. Dazwischen können auch grössere Hohlräume auftreten. Es muss von einer lockeren bis mittleren Lagerungsdichte ausgegangen werden.

Moräne

Unter den Bergsturزابlagerungen sind lokal Moränenablagerungen vorhanden, welche wie beim Blausee und als Grundwasserstauer wirken können. Durch die glaziale Vorbelastung weisen sie eine dichte Lagerung auf. Es ist denkbar, dass in die Moräne Rinnen eingeschnitten sind, welche mit durchlässigen fluviatilen Ablagerungen verfüllt sind.

Untere Murgangablagerungen / umgelagertes Bergsturzmaterial

Mit der Durchnässung des rückstauenden Bergsturzes folgten murgangartige Umlagerungen dieses Materials. Datierungen an verschwemmten Hölzern und Pflanzenresten zeigten, dass sich vor ca. 9'600 Jahre bei der Schwelle bei Büel ein Durchbruch mit murgangartigen Ablagerungen ereignete. Die Ablagerungen können noch heute bis in Gebiet von Bifigen erkannt werden. Anhand der Korngrösse lassen sich diese Ablagerungen als Kies, siltig, tonig, steinig, blockig klassieren.

Ältere Grundmoräne

Unter den oben genannten Lockergesteinsschichten dürften die mächtigen Moränenablagerungen der letzten Eiszeit folgen. Es dürfte sich dabei vorwiegend um eine feinkörnige Grundmoräne aus früheren Vergletscherungen handeln, die durch die glaziale Vorbelastung eine dichte Lagerung aufweist.

Tabelle 1: Aufbau der Lockergesteine

Schichtbezeichnung	Materialbeschreibung
Bach- und Hangschutt, jüngere Murgangablagerungen	Siltig-toniger Grobkies mit Steinen, Blöcken; schlecht sortiert, Komp. kantengerundet
Stillwasserablagerungen, Überschwemmungssedimente	Silt, Feinsand, z.T. mit einzelnen Gerölleinlagerungen; steif
Groblockige Bergsturzaablagerungen	Fein- bis Grobkies, Steine, Blöcke; kantig
Moräne	Silt mit Sand, Kies, Steinen und Blöcken
Untere Murgangablagerungen Umgelagertes Bergsturzmaterial	Siltiger Kies bis Grobkies, siltiger Sand, Steine und Blöcke
Grundmoräne	Silt mit Sand, Kies, Steinen und Blöcken
Fels	Flysch

6. Hydrogeologie im Gebiet Mitholz - Blausee

6.1. Einfluss der Kander

Das Grundwassereinzugsgebiet des Kandertales ist gleichzeitig auch das Einzugsgebiet der Kander. So ist der Grundwasserabfluss stark mit dem Kanderabfluss verknüpft. Im Gebiet Büel infiltrieren grössere Wassermengen aus der Kander in den Grundwasserleiter (vgl. Kapitel 6.4). Weil das Elektrizitätswerk Kandergrund oberhalb Büel Wasser für die Stromproduktion abzweigt, führt die Kander zwischen Mitholz und Kandergrund Restwasser. Entsprechend haben die Zuflüsse aus den Seitenbächen (u.a. Stägebach) in diesem Streckenabschnitt einen starken Einfluss auf die Abflussmenge der Kander.

Die Grundlagendaten zur Hydrogeologie sind im Bericht Hydrogeologie Kandertal zusammengefasst [30]. Es wurden dazu vor allem die für den Lötschberg-Basistunnel abgeteuften Bohrungen mit den zugehörigen Wasser- und Abstich-Messungen von 1993 bis 2003 verwendet. Zur Korrelation der Daten wurden die Messungen des Limnigraphen Kandergrund verwendet.

6.2. Gebiet Mitholz

Das Grundwasser fliesst über eine Schwelle bei Büel oder via Felsgrundwasserleiter in das Gebiet um Mitholz ab. Dabei ist nicht bekannt, ob die Schwelle eine eingeschnittene Rinne aufweist oder nicht. Im höher liegenden Teil ist das Grundwasservorkommen teilweise durch eine schlecht durchlässige Moränenlage und die hier je nach Lage sehr schlecht durchlässigen Bergsturzablagerungen in mehrere Stockwerke unterteilt. Das Bergsturzmateriale wird als eigentlicher Grundwasserleiter betrachtet und die im tieferen Untergrund vermutete und im südlichen SHB-Areal erbohrte Moräne wirkt als Grundwasserstauer [14][26]. Das Grundwasser zirkuliert zudem in Hang- und Bachschuttablagerungen. Im grobblockigen Bergsturzmateriale bildet es eigentliche unterirdische Stränge. Das Bergsturzmateriale ist aufgrund seiner stark heterogenen Zusammensetzung zwar sehr unterschiedlich, aber gesamthaft erheblich besser durchlässig als die darunter liegende Moräne. Die Pumpversuche in der Bohrung Mi6 [23] ergaben für das Bergsturzmateriale denn auch einen Profil-k-Wert von 7×10^{-4} m/s (Punkt-k-Werte von 1×10^{-3} und 4×10^{-4} m/s). In den Hohlräumen des Bergsturzmateriale ist sie sogar grösser als 10^{-3} m/s. Für die Moräne ist in der Bohrung Mi5 ein k-Wert von 9×10^{-5} m/s bestimmt worden. Im Nahbereich der Kander, wo sich rezente Alluvionen befinden, dürfte die Durchlässigkeit ebenfalls durchwegs relativ gut sein (10^{-3} bis 10^{-4} m/s) [14]. Beträchtliche Potenzialunterschiede zeigen jedoch, dass nicht von einem durchgehend zusammenhängenden Grundwasservorkommen ausgegangen werden darf (z. B. Messung am 1. April 1996, 9m Differenz zwischen den Bohrungen 89.7 und Mi5).

Der Grundwasserspiegel des oberen Grundwasserstockwerks liegt im Bereich der Bohrung 89.1 auf rund 1024 m. ü. M. Der Schwankungsbereich beträgt hier rund 0.8 m (Kote 1023.5 – 1024.3 m ü. M.). Das Gefälle des Grundwasserspiegels beträgt rund 8-10% [7]. Auf Höhe des Steinbruch-Areals fällt die Oberfläche der Moräne von der Kander im Südwesten Richtung Kantonsstrasse im Nordosten ein. Im Bereich der Bohrungen 89.2, 89.3, 89.9 und 89.10 liegt die Moränenoberfläche über dem Grundwasserspiegel. Im zentralen Teil des SHB Abbaubereiches bildet sie dann eine flache Mulde, deren Sohle unter dem Grundwasserspiegel liegt [7]. Der Nordoststrand dieser Mulde bildet der in [5] vermutete Moränenwall, an welchem sich Grundwasser

staut und beim Erlibrunnen aufstösst. Die Schüttung des Erlibrunnen beträgt rund 130 – 200 l/s [4]. Mindestens ein Teil des Wassers stammt aus dem Gebiet Tanzboden südlich oberhalb des Steinbruchareals. Auch die Bauquelle steht in Verbindung zum Erlibrunnen [6]. Der nahegelegene Allmibach hingegen steht zu diesem nicht in direktem Kontakt mit dem Erlibrunnen.

In [7] wurde beim Steinbruch ein Abfluss im Grundwasserleiter von $Q = 27 - 30 \text{ m}^3/\text{min}$ errechnet. Dabei wird vermutet, dass ein namhafter Teil des Grundwassers im westlichen Steinbruchgebiet zwischen dem Erlibrunnen und der Werkhalle gegen Norden abfließt. Eine direkte Verbindung des sich im östlichen Bereich befindenden Erlibrunnens zum Blausee hingegen darf entgegen den Annahmen in [4] aufgrund von Markierversuchen bezweifelt werden [7]. Es muss vielmehr angenommen werden, dass das Eriwasser in einem abflussmässig eigenständigen Grundwasserlauf östlich am Blausee vorbeifliesst. Die mögliche hydraulische Wirkung des östlichen Grundwasserlaufs auf den Blausee speisenden, westlichen Teil des Grundwasservorkommens ist über durchlässige Querschläge zwischen den wohl tendenziell eng begrenzten Grundwassersträngen erklärbar. Über diese Wege gelangten im Rahmen eines Markierversuchs denn auch sehr kleine Farbstoffmengen in diesen westlichen Grundwasserlauf [7]. So bestehen schwache Verbindungen zur Fürtenquelle und zur Teuffenmattquelle [6], welche wiederum zu einem kleinen Teil die Sommerauquelle, die Seequelle (heute Waldquelle) und den Blausee speist [24].

Die Grundwassermächtigkeit im Grundwasserleiter nimmt von Mitholz bis zum Blausee von ca. 50 m auf 30 m ab. Nördlich von Blausee bis Inner Kandergrund beträgt sie teilweise nur 5 bis 10 m [30].

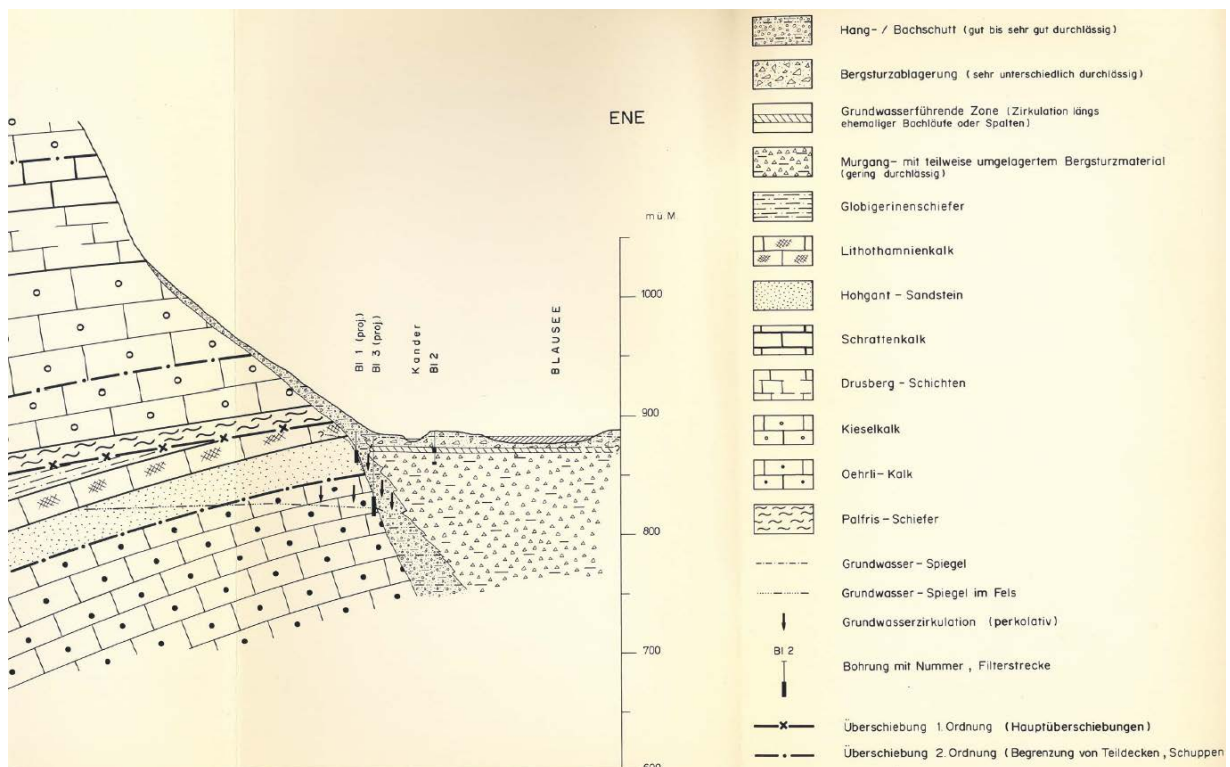
6.3. Gebiet Blausee

Der Blausee und der Riegelsee liegen in Toteismulden innerhalb des lokal gut durchlässigen Bergsturzmateriels, als welchem sie direkt oder indirekt via lokale Quellen gespiesen werden. Die Bergsturzaablagerungen beinhalten im Talabschnitt Blausee – Mitholz ein oberes Grundwasserstockwerk, welches vom unteren durch eine dünne Stauschicht aus Moränenablagerungen (und/oder Murgangablagerungen [22]) getrennt ist. Die Wassertiefe des Blausees beträgt rund 10-15m. Der Blausee weist einen Inhalt von rund 63'000 m^3 auf. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Wasser innerhalb von 6 Tagen durch den Nachfluss von 8'000 l/min ausgewechselt wird. Die im Blockschutt liegenden natürlichen und künstlichen Ausläufe des Sees speisen die Quellen der Fischzuchtanstalt und der Fürtenquelle [7].

Die natürlichen Schwankungen des Blausees betragen ca. 55 cm [7] [22]. Eine zentrale Rolle für den Seespiegel des Blausees spielt der Erlibrunnen. Veränderungen an dessen Niveau lösen beim Blausee erhebliche druckbedingte Schwankungen aus [4]. Weil eine direkte hydraulische Verbindung mit Markierversuchen bisher nicht nachgewiesen werden konnte [7], wird vermutet, dass die Seespiegelschwankungen durch Druckschwankungen über durchlässige Querschläge hervorgerufen werden. Erfahrungsgemäss zeigt der Blausee auch bei gleichbleibendem Niveau des Erlibrunnen Spiegelschwankungen, da er u.a. durch die Schüttungsschwankungen der Seequelle (heute Waldquelle) und vor allem durch die Wasserführung der Kander beeinflusst wird [25].

Gemäss mehreren Bohrungen folgt unter der Stauschicht bis zum Wasserspiegel des unteren Grundwasserstockwerkes eine bis 60m mächtige Grundluftzone [10] [19]. Eine Verbindung zwischen dem oberen Lockergesteinsgrundwasser und dem westlichen Felsgrundwasser besteht nicht [14]. Die den Blausee und den Riegelsee speisenden Quellen treten dort aus, wo der aus grobblockigen Bergsturzablagerungen gebildete Grundwasserleiter gegen Norden ausdünt und wo dessen Stauer aus Moräne und Murgangablagerungen [22] nahe an die Oberfläche reicht.

Abb. 2: Hydrogeologische Situation beim Blausee (quer zum Tal), Figur 13 aus [16]



Unterhalb des Blausees ist die Durchlässigkeit im oberen Grundwasserleiter mit Werten grösstenteils zwischen 2×10^{-4} und 2×10^{-5} m/s relativ gering. Stellenweise erreicht sie aber auch k-Werte zwischen 2×10^{-3} und 2×10^{-4} m/s. Der untere Grundwasserleiter hat mit 2×10^{-3} und 2×10^{-4} m/s im zentralen Bereich und 2×10^{-3} m/s im randlichen Bereich eine mittlere bis gute Durchlässigkeit. Zwischen Blausee und Inner Kandergrund sinkt das Gefälle auf 1.1 %. Bei Inner Kandergrund geht der obere Grundwasserleiter talwärts in den unteren Grundwasserleiter über, während von Westen her durch die seitlichen Zuflüsse ein neuer, oberer Grundwasserleiter gespeisen wird.

6.4. Grundwasserbilanz

Das Grundwassereinzugsgebiet des Kandertals ist gleichzeitig auch das Einzugsgebiet der Kander. So ist der Grundwasserabfluss stark mit dem Kanderabfluss verknüpft. Im Gebiet des Steinbruchs Mitholz ist ein Grundwasserdurchfluss von ca. 500 l/s nachgewiesen, wobei das Grundwasser hier teilweise mit 50-100 l/s aus der Kander gespeisen wird, was mit Abflussmessungen

nachgewiesen worden ist [4]. Das Dargebot an Grundwasser ist also grundsätzlich hoch, ist aber bezüglich Menge und Qualität stark von der Kander abhängig.

Beim Blausee exfiltriert dann je nach Wasserstand der Kander sehr viel Grundwasser wieder in die Kander oder tritt als Quellwasser (Wasseraufstösse) an die Oberfläche. Die Quellen beim Blausee werden von einzelnen Grundwasserströmen des Taltroges gespeist. Der Grundwasserdurchfluss sinkt hier deshalb auf ca. 40-45 l/s ab [24]. Die Schätzung basiert auf einem Markierungsversuch [7] und der Annahme, dass das Wasser aus dem Blausee vollumfänglich über die Fischzuchtquelle und die Fürtenquelle abfließt.

Der Grundwasserleiter ist in diesem Gebiet bekanntlich in mehrere Stockwerke aufgeteilt, wobei der unterste Leiter den grössten Durchfluss aufweisen dürfte. Die Durchlässigkeit und der Durchflussquerschnitt dieser unteren Stockwerke sind nicht bekannt. Das Dargebot an Grundwasser ist zwischen Blausee und Inner Kandergrund sehr klein.

Tabelle 2: Grundwasser-Durchfluss im oberen Grundwasserleiter gemäss [30]

Gebiet	Durchfluss (l/s)	Zuflüsse (l/s)	Wegflüsse (l/s)	Bemerkungen
Büel	100	400		<i>Infiltration von Kanderwasser ins Grundwasser</i>
Mitholz	500		-460	<i>Exfiltration in Kander,</i>
Blausee	40		-26	<i>bei Hochwasser Infiltration von Kanderwasser ins Grundwasser</i>
Inner Kandergrund	14			

7. Grundwasserqualität

7.1. Überwachungsparameter NEAT

Während des Baus des Lötschberg-Basistunnels wurden die Quellen im Bereich des damaligen Installationsplatzes Mitholz bis zum Blausee und Riegelsee intensiv überwacht. Weder in qualitativer noch in quantitativer Hinsicht konnten dazumal bedeutende Veränderungen der Quellen festgestellt werden, die auf die Bautätigkeiten im Bereich des Installationsplatzes zurückzuführen gewesen wären [37].

Die Leitfähigkeit des Quellwassers bewegte sich während der Messungen seit 2001 zwischen 297 und 456 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. bei tiefen Lufttemperaturen sank der Wert bis auf 213 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Temperatur der Quellen schwankte zwischen 6.6 und 9.2°C. Die starken Schwankungen der Leitfähigkeit weisen auf eine starke Beeinflussung sämtlicher gemessener Quellen (Grundwasseraufstösse) durch Oberflächenwasser hin. In den Bohrungen 89.1, 89.3 und 89.7 wurden zwischen

dem 20. August 2001 und 18. Dezember 2001 die Leitfähigkeit sowie einige chemische Parameter gemessen. Die Temperatur schwankte in dieser Zeit zwischen 6.5 und 10°C. Die Leitfähigkeit lag im Bereich von 180 bis 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Zusätzlich zur den Feldparametern wurden an mehreren Stellen weitere Parameter analysiert (u. a. Ammonium, Nitrit, Nitrat, Chlorid, Sulfat). Die Werte zeigten keine Auffälligkeiten (vgl. Anhang 3 und [37])

7.2. Schwermetalle

Schwermetalle wurden sowohl im Abstrombereich des ehemaligen Munitionsdepots als auch für den Bau des Lötschberg – Basistunnels analysiert. Die Resultate sind im Anhang 3 zusammengestellt. Aus den Resultaten können folgende Erkenntnisse festgehalten werden:

Sowohl die Bohrung 91/1 südlich von Kandersteg im Jahr 1992 als auch der Erlibrunnen und der Blausee am nördlichen Ende des Untersuchungsgebietes im Jahr 1991 zeigten geringe Zinkgehalte (vgl. Anhang 4). Die Konzentrationen liegen unter dem Wert, welcher gemäss Wegleitung Grundwasserschutz des BAfU für unbeeinflusstes Grundwasser gilt.

Im Grundwasser in den Bohrungen RB1/11 – RB3/11 im Abstrom des Munitionsdepots Mitholz (APO S14, vgl. Beilage 1) waren in den Jahren 2018 bis 2020 ebenfalls geringe Schwermetallgehalte (Blei, Kupfer, Nickel) messbar. Schwermetalle (Blei, Kupfer, Nickel) können in den Bohrungen zwar regelmässig nachgewiesen werden. Die Gehalte liegen aber im Promille-Bereich des entsprechenden Konzentrationswerts nach Anhang 1 der Altlasten-Verordnung und unter dem entsprechenden Indikatorwert nach der Wegleitung Grundwasserschutz. Die Konzentrationen sind im Grundwasser nicht unüblich und dürfen als Hintergrund angesehen werden [42].

7.3. Sprengstoffe

Sprengstoffe wurden sowohl in den Bohrungen RB1/11 bis RB3/11 im Abstrom des Munitionsdepots als auch in zwei Quellen beim Blausee (Waldquelle, früher Seequelle und Fürtenquelle) gemessen. Seit den Jahren 2018 und 2019 wird auch die Kander und der Stägebach im Rahmen versenkter Munition in Schweizer Seen regelmässig auf Sprengstoffe analysiert [42].

Im Grundwasser in den Bohrungen RB1/11 und RB2/11 können sehr geringe Gehalte an Abbauprodukten von TNT gemessen werden (2-A-4,6-DNT, 4-A-2,6-DNT). Die Konzentrationen pro Einzelstoff liegen im Bereich von wenigen Nanogramm pro Liter, mindestens das 350-fache unterhalb des für Altlasten relevanten 10% des Konzentrationswerts nach AltIV. In der Grundwasserblänke „Rychenaufstoss“, am südlichen Ufer des Blausees, wo sich die Blauseequelle als unterirdischen Zulauf zum See befindet, sowie in der Waldquelle und der Fürtenquelle konnten bisher keine Sprengstoffe festgestellt werden.

In der Kander wird über die gesamte Strecke der Sprengstoff Hexogen nachgewiesen, welcher sehr wahrscheinlich aus militärischen Aktivitäten im Gasterntal stammt. Im Stägebach unterhalb

des Munitionsdepots und vereinzelt in der Kander können wie auch im Grundwasser geringe Gehalte an Abbauprodukten von TNT nachgewiesen werden (2-A-4,6-DNT, 4-A-2.6-DNT). Im Stägebach konnte zudem auch TNT nachgewiesen werden [42].

7.4. Trübung

Vorübergehende Trübungen, insbesondere des Blausees, waren bisher keine Seltenheit. Sie gehen auf natürliche, teils auf künstliche Ereignisse zurück. Folgende Ereignisse sind schriftlich dokumentiert und in [7] und [25] zusammengefasst:

- Beim Bau eines Dückers oberhalb des Büelstegs im Jahre 1967 kam es zu einer starken Trübung der Kander und darum anschliessend auch des Blausees [5].
- Bei den Überwachungsmessungen zwischen 1971 und 1978 wurde wiederholt festgestellt, dass der Blausee im Frühsommer eine sichtbare Trübung aufweist, welche wohl von der Kander stammt. Bei ausserordentlich starken Gewitterregen mit hoher und trüber Wasserführung der Kander sind zuweilen auch der Erlibrunnen, die Tiefenmattquelle und der Blausee getrübt [6].
- Bei einer Unwetterkatastrophe im Jahre 1987 ergoss sich ein Murgang von der Ostflanke des Kandertals bis zum Erlibrunnen, überdeckte denselben und ergoss sich weiter talabwärts bis zur Tiefenmatt, den Teichen der Sommerau und dem Parkplatz der Blausee AG. Als Folge davon war der Blausee ca. 2 Wochen lang trübe (NABHOLZ 1987).

8. Grundwassernutzung

8.1. Grundwasserentnahmen und Quellen

Zwischen Mitholz im Gebiet der SHB Steinbruch- und Hartschotterwerk Blausee-Mitholz und dem Blausee befinden sich zahlreiche Wasserfassungen, welche für Brauchwasser, Fischereiwasser und Trinkwasser genutzt werden. Neben den gefassten Quellen befinden sich zudem zahlreiche ungefasste Quellen im Gebiet. Sie sind allesamt in den nachfolgenden zwei Tabelle aufgeführt.

Tabelle 3: Im Gebiet vorhandene Wasserfassungen (Lage vgl. Beilage 1)

Konzessionär	Konzessionierte Entnahmemenge [l/min] gemäss [33]	Art	Art
FBF Frischbeton AG	400	Vertikalfilterbrunnen	Brauchwasser
FBF Frischbeton AG	600	Bachwasserfassung	Brauchwasser
Blausee AG Fischzucht	1500	Bachwasserfassung	Fischerei
Fischzucht Blausee	2'000	Vertikalfilterbrunnen	Fischerei

Tabelle 4: Im Gebiet vorhandene gefasste und ungefasste Quellen (Lage vgl. Beilage 1)

Name	Schüttung in l/min gemäss [36]	Nutzung	
Obere Bodenquelle	500	gefasst	Trinkwasser
Untere Bodenquelle	1'000	gefasst	Trinkwasser
I de Böde	1'000	gefasst	Trinkwasser
Underem Büel	60	gefasst	Trink- und Brauchwasser
Wasserloch Tanzboden	keine Angaben	ungefasst	
Allmistutzquelle	2'000	ungefasst	Keine Nutzung
Bauquelle	300	ungefasst	Keine Nutzung
Erlibrunnen	10'000	gefasst	Trink- und Brauchwasser
Bunderbach	1'600	gefasst	Trink- und Brauchwasser
"Rychenaufstoss"	keine Angaben	ungefasst	Keine Nutzung
Hemlige (Blausee-Mitholz)	30	gefasst	Trink- und Brauchwasser
Blauseequelle	500	gefasst	Brauchwasser
Sommerauquelle	500	gefasst	Brauchwasser
Blausee Seequelle (Waldquelle)	500	gefasst	Trink- und Brauchwasser
Blausee Fischzuchtquelle	2'000	gefasst	Fischzucht
Blausee Fürtenquelle	4'000	ungefasst	Keine Nutzung

8.2. Mögliche Gefährdung des Grundwassers

Das Gebiet zwischen Mitholz und Blausee liegt im Gewässerschutzbereich A_u. Die Vulnerabilität des im blockigen Bergsturzmaterial zirkulierenden Grundwassers ist hoch. Die im Gebiet sich befindenden belasteten Standorte sind nachfolgend aufgeführt. Die beiden eingetragenen Standorte im VBS-Kataster sind untersucht. Für die übrigen Standorte fehlen entsprechende Untersuchungen.

Tabelle 5: Im Gebiet vorhandene belastete Standorte gemäss [36]. (Lage vgl. Beilage 1)

Nr. Im KBS	Typ	Bezeichnung	Untersucht	Behörde
05640003	Ablagerungsstandort	Underem Büel, BKW-Rutsch	Nein	AWA
05640018	Ablagerungsstandort	Ablagerung Alptransit, Steinbruch SHB Mitholz	Nein	AWA
05640006	Ablagerungsstandort	Blausee-Geidi	Nein	AWA
05640004	Ablagerungsstandort	Rigelsee	Nein	AWA
05640016	Schiessanlage	Jagd-Schiessanlage underem Bühl	Nein	AWA
05640014	Schiessanlage	Combat-Schiessanlage Mitholz	Nein	AWA
05640013	Schiessanlage	Schiessanlage 300-m Blausee, Mitholz	Nein	AWA
APO S 08	Betriebsstandort	Kandergrund, Basisapotheke: Fabrikationsanlage	JA	VBS
APO S 14	Unfallstandort	Explosion vom 19.12.1947	JA	VBS

9. Zusammenfassung der Grundwassersituation

Das Bergsturzmaterial in der Talsohle und die Hang- und Bachschuttablagerungen an den Talflanken stellen den eigentlichen Grundwasserleiter dar. Die Moräne sowie die vor allem im unteren Teil des Tales vorhandenen schlecht durchlässigen Murgangablagerungen wirken als Grundwasserstauer. Gebietsweise können auch mehrere Stockwerke vorhanden sein. Im grobblockigen Bergsturzmaterial und an dessen Basis bildet es eigentliche unterirdische Stränge, welche über durchlässige Querschläge zwischen den wohl tendenziell eng begrenzten, mehr oder weniger talparallel fliessenden Grundwassersträngen verbunden sind. Es wird vermutet, dass ein namhafter Teil des Grundwassers auf der westlichen Talseite abfließt. Das gesamte Grundwassergebiet weist aufgrund der vielerorts fehlenden Deckschichten, aufgrund der zahlreichen Grundwasseraufstösse und den zahlreichen Hohlräumen im Bergsturzmaterial bzw. den damit verbundenen fehlenden Filterwirkungen von Lockergestein und entsprechend hohen Fließgeschwindigkeiten sowie nicht zuletzt aufgrund der direkten Verbindung zur Kander eine sehr hohe Vulnerabilität auf. Zudem befinden sich im Gebiet mehrere belastete Standorte. Trotz diesen Umständen weist das Grundwasser im Talboden bei Blausee im Allgemeinen eine gute bis sehr gute Qualität auf. Es wird über mehrere Filterbrunnen und Quellen als Brauch- und Trinkwasser genutzt. Eine öffentlich-rechtliche Schutzzone ist nicht vorhanden.

10. Beurteilung Verlängerung Tunnel Mitholz (Variante b)

10.1. Projektauswirkungen

10.1.1. Bauphase

Das vom Projektperimeter betroffene Grundwassergebiet weist aufgrund der zahlreichen Hohlräume im grobblockigen Bergsturzmaterial bzw. den damit verbundenen, geringen Filterwirkungen und entsprechend hohen Fliessgeschwindigkeiten eine hohe Vulnerabilität auf. Dieser wurde bei realisierten Bauprojekten mit spezifischen Massnahmen Rechnung getragen, wie z.B. die Auflagen an den SHB in Mitholz zeigen. Der Abstand der Abtragskote zum höchsten Grundwasserstand wurde für den Abbau zunächst auf 7 m begrenzt und später aufgrund ausbleibender negativer Auswirkungen auf 4 m reduziert [23]. Für die Beurteilung der Varianten gilt deshalb, dass sich bei geringem Abstand zwischen dem Strassen- bzw. Tunnel und dem Grundwasserspiegel (Flurabstand) die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung des Grundwassers erhöht.

Die Variante b verläuft auf einer Strecke von rund 500 m in einem Abstand von weniger als 7 m zum Grundwasserspiegel. Im Bereich zwischen dem Allmigrabe und dem Wald müsste auch der minimale Abstand zum Grundwasserspiegel von 4 m auf einer Strecke von rund 250 m unterschritten werden. In einem kurzen Abschnitt nördlich der Unterführung der BLS – Linie (Metrierung ca. 320m) dürfte das Grundwasser sogar freigelegt werden. Für die Risikoanalyse müssen folgende Projektauswirkungen auf die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit und das Schadenpotenzial diskutiert werden:

- Das Bergsturzmaterial weist aufgrund des mehrheitlich korngestützten Gefüges und der initialen Verdichtung beim Bergsturzprozess nur eine geringe zusätzliche Verdichtbarkeit auf. Im Unterschied zum Abbaubetrieb der SHB, der relativ langsam fortschreitet, wird der Bau zur Verlängerung des Mitholztunnels forciert ausgeführt werden müssen. Für den Rückbau der grossen Felsen sind möglicherweise Sprengungen erforderlich, woraus Sprengstoffrückstände resultieren. Zudem sind beim Einsatz der entsprechenden Geräte für den Abbau des Felssturzmaterials sind Vibrationen zu erwarten, was die vertikale Verlagerung von Feinanteilen (Ton und Silt) zwischen den vorhandenen Blöcken bewirken kann.
- Nach dem Abtrag des Bergsturzmaterials können die Bauarbeiten Einbrüche von Material in Hohlräume provozieren. Bei Einbrüchen bis in den mit Grundwasser gesättigten Bereich stellt sich die Frage nach den Auswirkungen auf die Grundwasser - Durchflusskapazität und auf qualitative Beeinträchtigungen.
- Bohrpfähle und Anker müssen unter Umständen bis in den Bereich unter dem maximalen Grundwasserspiegel eingebaut werden.
- Bei Unfällen (Havariefälle) können Treibstoffe, Mineralöle in den Untergrund gelangen. Die Auswirkungen gilt es zu diskutieren.
- Die Linienführung der Variante b quert den Stägebach. Arbeiten im Gewässerraum sind deshalb unvermeidlich. Die Auswirkungen von allfälligen Havariefällen sind zu diskutieren.

10.1.2. Betriebsphase

Die Projektauswirkungen in der Betriebsphase hängen stark von der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV), vom Anteil an Schwerverkehr und dem Umgang mit Strassenabwasser ab. Gemäss schriftlicher Auskunft des Strasseninspektorats des Kantons Bern liegt der Durchschnitt des Durchgangsverkehrs in den letzten 10 Jahre bei 6'780 Fahrzeugen pro Tag, wobei der Anteil an Schwerverkehr rund 4.75% beträgt. Die Entwässerung der Strasse erfolgt teils in den Stägebach, teils in den Rotbach, welcher nach kurzer Strecke in den Stägebach mündet. Das Tunnelabwasser wird über Siphonschächte in ein Stapelbecken geführt und anschliessend am Nordportal des Tunnels in den Stägebach geleitet. Im Havariefall oder Störfall im Tunnel kann das Wasser mittels eines Schiebers in die Kanalisation umgeleitet werden [41].

- Mit dem Ausstoss an Abgasen und dem Abrieb an Bremsen, Pneus und Strasse werden Schadstoffe freigesetzt. Gemäss [38] sind im Nahbereich an bestehenden Strassen Belastungen mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) sowie mit Schwermetallen (hauptsächlich Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Zink) zu rechnen. Die Schwermetallgehalte sind primär vom Verkehrsaufkommen, vom Anteil Schwerverkehr und vom Strassenlängsgefälle abhängig. Für die PAK-Belastung waren bisher vor allem Art und Zustand der Fahrbahn verantwortlich. Die Verfrachtung der Schadstoffe kann durch die Luft (Abgase, Aerosole), an Partikel gebunden (Staub, Splitt) oder durch Wasser erfolgen. Das Verkehrswegeabwassers einer Strasse mit einem DTV von 6780 Fahrzeuge wird als belastet bezeichnet [38].
- Bei Unfällen (Havariefälle) können Treibstoffe, Mineralöle, etc. versickern. Die Unfallstatistik [40] zeigt, dass sich in den letzten 10 Jahren im Strassenabschnitt zwischen Blausee und Mitholz rund 20 Unfälle ereigneten, wobei mit Ausnahme von zwei Auffahrunfällen und einem Überholunfall allesamt Schleuder- oder Selbstunfälle sind, bei welchen vereinzelte Schäden an Tanks oder Motoren zu Verlusten von Treibstoffen und Motorenöl führen. Mögliche Auswirkungen sind zu diskutieren.
- Gefahrstoffe sind Stoffe, von denen eine Gefährdung für Umwelt und Gesundheit ausgeht. Gefahrguttransporte sind deshalb meist auch für das Grundwasser eine Gefahr und müssen diskutiert werden. Im Zusammenhang mit der Strassenentwässerung sind dabei drei Haupt-Störfallszenarien mit den Leitstoffen Benzin, einem generisch wasserlöslichen Leitstoff und Perchlorethylen relevant [34].

10.2. Risikoanalyse

10.2.1. Bauphase

Die Risiken für das Grundwasser in der Bauphase werden gemäss den im vorangegangenen Kapitel erläuterten Projektauswirkungen in nachfolgender Tabelle 6 aufgelistet und diskutiert. Mit der Identifizierung und Bewertung der Eintreffens-Wahrscheinlichkeit und der Schadenauswirkung anhand des bisherigen Kenntnisstands sind sie in einer Bewertungsmatrix zusammengefasst (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 6: Risiken Bauphase Variante b

Risiko-Bez.	Beschreibung der Risiken Bauphase Variante b
Qualitative Beeinträchtigungen	
b-Ba-1	Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen
c-Ba-2	Beeinträchtigung durch Sprengstoffrückstände
b-Ba-3	Trübung durch Einbrüche von Hohlräumen
b-Ba-4	Beeinträchtigung durch Versickern von Treibstoffen und Mineralölen beim Havariefällen
b-Ba-5	Beeinträchtigung bei Havariefällen über den Stägebach
Quantitative Beeinträchtigungen	
b-Ba-6	Durchflussminderung durch Einbrüche von Hohlräumen bei Überlast
b-Ba-7	Beeinträchtigung der Durchflusskapazität durch tiefgreifende Anker
b-Ba-8	Minderung des Grundwasserdurchflusses durch eine Wasserhaltung

- b-Ba-1** Der Eintrag von Feinmaterial ins Grundwasser durch Vibrationen und Erschütterungen beim Abbau von grobblockigem Felssturzmaterial ist einzig im Bereich mit Abtrag von Material unterhalb bzw. knapp oberhalb des Grundwasserspiegels wahrscheinlich. Diese Bauarbeiten werden über eine längere Zeitspanne und forciert ausgeführt und sind deshalb nur bedingt mit dem Abbaubetrieb beim Steinbruch vergleichbar. Die Exposition des genutzten Grundwassers sehen wir aber als eher gering, weil der Untergrund zwischen der rund 1 km langen Strecke zwischen dem Gebiet mit geringem Abstand zum Grundwasser und dem Blausee und den vom Blausee genutzten Quellen als Filter wirken kann. Zudem ist nicht klar, ob das Gebiet, namentlich der Bereich der Unterführung der BLS-Linie, eine direkte Verbindung zum Blausee und der von der Blausee AG genutzten Quellen aufweist. Zu diesen Fragen bestehen im Gebiet Blausee – Mitholz zurzeit unterschiedliche Einschätzungen und es sind weitere Abklärungen erforderlich, wie ein laufendes Verfahren aufgrund von temporär abgelagertem, belastetem Material aus der Sanierung des BLS-Scheiteltunnels im Gebiet des Steinbruchs SHB zeigt.
- b-Ba-2** Die Beeinträchtigung des Grundwassers durch den Eintrag von Sprengstoffrückständen ist möglich, weil im Felssturzgebiet grössere Felsen wohl mittels Sprengungen beseitigt werden müssen. Die Gefährdung hängt einerseits davon ab, wieviel Sprengstoff tatsächlich erforderlich ist. Zum anderen ist die Gefahr einer Freisetzung umso grösser, je geringer der Abstand zum Grundwasserspiegel ist. Sprengstoffe können

zudem im Grundwasser gelöst und so einfacher transportiert werden als partikuläre Stoffe. Eine hohe Exposition des genutzten Grundwassers besteht, wenn das Einsatzgebiet eine direkte Verbindung zum Blausee und der von der Blausee AG genutzten Quellen aufweist. Davon muss grundsätzlich ausgegangen werden.

- b-Ba-3 Einbrüche von Hohlräumen können dort vorkommen, wo Bauarbeiten stattfinden. Eine relevante Beeinträchtigung des Grundwassers wird dabei aber als wenig wahrscheinlich erachtet, weil der Einbruch ein einzelnes kurzzeitiges Ereignis darstellt, wohl mehrere Kubikmeter umfassen und im Grundwasser gesättigten Bereich stattfinden muss. Wie bei den Vibrationen wird die Freisetzung von allfällig verursachten Trübungen im Grundwasser als eher gering bezeichnet, weil im zwischen dem Abschnitt mit geringem Abstand zum Grundwasser und dem genutzten Grundwasser beim Blausee eine Strecke von rund 1 km liegt, in welcher von einer gewissen Filterwirkung ausgegangen werden darf. Dass die Einbruchstelle im Grundwasserleiter eine direkte Verbindung zum Blausee und der von der Blausee AG genutzten Quellen aufweist kann mit dem aktuellen Wissensstand weder bestätigt noch widerlegt werden.
- b-Ba-4 Bei den Bauarbeiten werden Maschinen eingesetzt, welche mit Benzin, Diesel und Hydrauliköl betrieben werden. Eine Beeinträchtigung durch Havariefälle, bei denen relevante Verluste von Treibstoffen und Mineralölen der Baumaschinen versickern können, ist insbesondere im Gebiet mit geringem Flurabstand durchaus möglich. Das Schadstoffpotenzial hängt dabei von der Menge des Flüssigkeitsverlusts ab. Weil es sich dabei um Flüssigkeiten handelt, ist insbesondere im Bereich mit geringem Abstand zum Grundwasser von einem eher hohen Freisetzungspotenzial auszugehen. Die Exposition des genutzten Grundwassers beim Blausee und der von der Blausee AG genutzten Quellen ist unklar.
- b-Ba-5 Havariefälle im Gewässerraum entlang des Stägebach sind zwar möglich, allerdings lässt sich die Gefahr einer relevanten Schadstoffmenge mit der Berücksichtigung der auf Baustellen üblichen Gewässerschutz-Vorschriften minimieren. So würde ein Ereignis auf einen kurzen Zeitraum beschränkt sein, in welchem nur wenig Bachwasser versickern könnte, wobei auch die Exposition des genutzten Grundwassers nicht als hoch bezeichnet werden muss.
- b-Ba-6 Relevante Beeinträchtigungen der Grundwasser-Durchflusskapazität aufgrund von Einbrüchen von Hohlräumen sind wie die Trübungen hauptsächlich dort ein Thema, wo Bauarbeiten unter oder wenig oberhalb des Grundwasserspiegels stattfinden. Die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit wird als relativ gering erachtet, weil nur Einbrüche im Grundwasser gesättigten Bereich relevant sind. Das Schadenpotenzial wird ebenfalls als gering erachtet, weil davon ausgegangen werden darf, dass das Grundwasser die lokal beschränkte Einbruchstelle im durchlässigen Felssturzmaterial wohl umfliessen kann.
- b-Ba-7 Eine relevante Beeinträchtigung der Grundwasser - Durchflusskapazität durch Bohrpfähle und Anker wird als wenig wahrscheinlich erachtet. Bereits im Rahmen des Baubewilligung verlangt die kantonale Behörde den hydrogeologischen Nachweis, dass mit Bauten ins Grundwasser die Durchflusskapazität nicht um mehr als

10% reduziert wird. Das Schadenpotenzial wird ebenfalls als gering erachtet, weil die Bohrpfähle und Anker im grobblockigen, durchlässigen Felssturzmaterial wohl umflossen werden können.

- b-Ba-8 Eine relevante Beeinträchtigung der Schüttungen der genutzten Quellen beim Blausee ist möglich, wenn für das Bauen im Grundwasser im Bereich unmittelbar nördlich der BLS-Linie (Metrierung ca. 320m) eine Wasserhaltung erforderlich ist. Dies zeigen Untersuchungsergebnisse in [4], als der Erlibrunnen in den Allmibach abgeleitet wurde und damit nach 2 Tagen im Blausee eine Absenkung von über 50 cm verursacht wurde.

10.2.2. Betriebsphase

Die Risiken für das Grundwasser während der Betriebsphase sind in nachfolgender Tabelle 7 aufgelistet:

Tabelle 7: Risiken Betriebsphase Variante b

Risiko-Bez.	Beschreibung der Risiken Betriebsphase Variante b
Qualitative Beeinträchtigungen	
b-Be-1	Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen
b-Be-2	Belastung durch Tunnel- und Strassenabwässer im Betrieb
b-Be-3	Beeinträchtigung durch Havariefälle
b-Be-4	Beeinträchtigung durch Störfälle

- b-Be-1: Der Eintrag von Feinmaterial ins Grundwasser durch geringe Vibrationen des Verkehrs ist zwar möglich, jedoch ist die Gefahr einer relevanten Menge auch im Bereich mit geringem Abstand der Tunnelsohle zum Grundwasser als gering einzuschätzen, wie der Betrieb der bestehenden Infrastrukturen (Strasse, BLS) zeigten. Die Exposition des genutzten Grundwassers hängt davon ab, ob das Gebiet, namentlich der Bereich der Unterführung der BLS-Linie eine direkte Verbindung zum Blausee und der von der Blausee AG genutzten Quellen aufweist.

- b-Be-2: Die Verfrachtung der Schadstoffe ins Grundwasser über eine Versickerung von unbehandeltem Strassenabwasser kann mit einer umsichtigen und sorgfältigen Planung verhindert werden. Die Planung der Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen folgt gemäss der VSS-Norm 640 347 [38] sowie der Richtlinie des ASTRA [34], welche im Gebiet die erhöhte Vulnerabilität des Grundwassers ausreichend berücksichtigt. Obwohl die Exposition des genutzten Grundwassers hoch ist, sehen wir eine Freisetzung von Schadstoffen unter den oben genannten Bedingungen als wenig wahrscheinlich.

- b-Be-3 Die Verfrachtung der Schadstoffe ins Grundwasser über eine Versickerung von unbehandeltem Strassenabwasser aufgrund von Havariefällen bei Unfällen kann mit einer geeigneten Planung und Umsetzung verhindert werden [34].
- b-Be-4: Die Verfrachtung der Schadstoffe ins Grundwasser über eine Versickerung von unbehandeltem Strassenabwasser aufgrund von Störfällen oder Betriebsstörungen der Reinigungsanlage kann mit den geeigneten Massnahmen verhindert werden. Bei solchen Fällen hängt die Wirksamkeit auch immer davon ab, wie die Massnahmen von den Beteiligten im Störfall umgesetzt werden [34].

10.3. Risikobewertung

10.3.1. Bauphase

Für die im Kapitel 10.2 diskutierten Risiken für das Grundwasser während der Bauphase werden die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit und das Schadenpotenzial eingeschätzt (vgl. Tabelle 8). Für eine relevante Eintreffens-Wahrscheinlichkeit ist ein minimales Schadstoffpotenzial erforderlich. Ein relevantes Schadenpotenzial beinhaltet ein entsprechendes Freisetzungspotenzial und die Exposition des genutzten Grundwassers.

Im Falle einer Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffe (Sprengstoffrückstände, Treibstoffe, Öl) muss das Schadenpotenzial auf das Schutzgut Grundwasser grundsätzlich als hoch bewertet werden.

Bei Havariefällen (b-Ba-4) ist auch die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit hoch, so dass hier äusserste Sorgfalt angebracht ist.

Für Sprengstoffrückstände (b-Ba-2) wird das Schadstoffpotenzial als eher gering betrachtet, so dass die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit für einen relevanten Eintrag ins Grundwasser gering ist. Das Schadenpotenzial durch Trübungen (b-Ba-1, b-Ba-3, b-Ba-5) ist aufgrund der möglichen Filterwirkung als mittel bis gering eingestuft.

Allfällige quantitative Beeinträchtigungen während der Bauphase (b-Ba-6 bis b-Ba-8) werden nur geringe Schadensauswirkungen erwartet, wobei auch die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit gering bis höchstens mittel ist.

Tabelle 8: Bewertungsmatrix der Risiken Bauphase Variante b

Schadensauswirkung	hoch						
			b-Ba-2			b-Ba-4	
	mittel						
		b-Ba-3	b-Ba-5	b-Ba-1			
	gering			b-Ba-8			
		b-Ba-6	b-Ba-7				
Eintreffens-Wahrscheinlichkeit		gering		mittel		hoch	

10.3.2. Betriebsphase

Für die im Kapitel 10.2 diskutierten Risiken für das Grundwasser während der Betriebsphase werden die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit und das Schadensauswirkung eingeschätzt (vgl. Tabelle 9). In der Eintreffens-Wahrscheinlichkeit ist auch das für eine relevante Beeinträchtigung erforderliche Schadstoffpotenzial berücksichtigt. Das Schadenpotenzial beinhaltet das Freisetzungspotenzial und die Exposition des genutzten Grundwassers.

Die Eintreffens-Wahrscheinlichkeiten der Risiken in der Betriebsphase können mit einer umsichtigen Planung, mit einem seriösen Unterhalt und unter Einhaltung der gesetzlichen Grundlagen geringgehalten werden. Das Schadenpotenzial wird einzig für Havarie- und Störfälle als hoch bezeichnet.

Tabelle 9: Bewertungsmatrix der Risiken Betriebsphase Variante b

Schadenauswirkung	hoch		b-Be-4				
			b-Be-3				
	mittel						
			b-Be-2				
	gering	b-Be-1					
Eintreffens-Wahrscheinlichkeit		gering		mittel		hoch	

11. Beurteilung Verlegung Nationalstrasse (Variante c)

11.1. Projektauswirkungen

11.1.1. Bauphase

Die Projektauswirkungen der Bauphase für die Variante c sind mit denjenigen für die Variante b nahezu kongruent. Sie unterscheiden sich aber darin, dass die Risiken unterschiedliche Abschnitte mit entsprechend unterschiedlichen Grundwasserverhältnissen betreffen. Damit differenziert darauf eingegangen werden kann, wird auch in der Beurteilung der Variante c nochmals auf alle Punkte eingegangen:

- Mit dem Einsatz der entsprechenden Geräte für den Abbau des Felssturzmaterials und den damit verbundenen Vibrationen und Erschütterungen kann Feinmaterial gelöst werden. Zudem müssen grosse Felsblöcke für den Abbau gesprengt werden.
- Nach dem Abtrag des Bergsturzmaterials können die Bauarbeiten Einbrüche von Material in Hohlräume provozieren.
- Bohrpfähle und Anker müssen unter Umständen in den Bereich unter den maximalen Grundwasserspiegel eingebaut werden.
- Bei Havariefällen können Treibstoffe und Mineralöle in den Untergrund versickern.
- Die Linienführung der diskutierten Variante quert den Stägebach und die Kander. Arbeiten im Gewässerraum können zu einer Beeinträchtigung des Oberflächengewässers führen. Infiltriert das Bachwasser ins Grundwasser, ist davon auch das Grundwasser betroffen.

11.1.2. Betriebsphase

Die Projektauswirkungen in der Betriebsphase hängen stark von der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV), vom Anteil an Schwerverkehr und dem Umgang mit Strassenabwasser ab.

- Mit dem Ausstoss an Abgasen und dem Abrieb von Bremsen, Pneus und Katalysatoren werden unterschiedliche Schadstoffe freigesetzt. Die Schwermetallgehalte waren gemäss bisherigen Erkenntnissen primär vom Verkehrsaufkommen, vom Anteil Schwerverkehr und nicht zuletzt vom Strassenlängsgefälle abhängig. Für die PAK-Belastung waren bisher vor allem Art und Zustand der Fahrbahn verantwortlich [38].
- Bei Unfällen (Havariefälle) können Treibstoffen und Mineralöle freigesetzt werden.
- Gefahrstoffe sind Stoffe, von denen eine Gefährdung für Umwelt und Gesundheit ausgeht. Im Zusammenhang mit der Strassenentwässerung sind dabei drei Haupt-Störfallszenarien mit den Leitstoffen Benzin, einem generisch wasserlöslichen Leitstoff und Perchlorethylen relevant [34]. Gefahrguttransporte können auch für das Grundwasser eine Gefahr darstellen.

11.2. Risikoanalyse

11.2.1. Bauphase

Die Risiken für die Bauphase werden in nachfolgender Tabelle 10 aufgelistet und nachfolgend diskutiert:

Tabelle 10: Risiken Bauphase Variante c

Risiko-Bez.	Beschreibung der Risiken Bauphase Variante c
Qualitative Beeinträchtigungen	
c-Ba-1	Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen
c-Ba-2	Beeinträchtigung durch Sprengstoffrückstände
c-Ba-3	Trübung durch Einbrüche von Hohlräumen
c-Ba-4	Beeinträchtigung durch Versickern von Treibstoffen und Mineralölen bei Havariefällen
c-Ba-5	Beeinträchtigung bei Havariefällen im Stägebach oder die Kander
Quantitative Beeinträchtigungen	
c-Ba-6	Beeinträchtigung der Durchflusskapazität durch Einbrüche von Hohlräumen
c-Ba-7	Beeinträchtigung der Durchflusskapazität durch tiefgreifende Anker und Bohrpfählen

- c-Ba-1 Der Eintrag von Feinmaterial ins Grundwasser durch Vibrationen und Erschütterungen ist im Bereich der Brückenpfeiler zur Kander - Querung und beim nördlichen Tunnelportals möglich, wo der Grundwasserspiegel nur geringfügig unter Terrain liegt. Aufgrund der Kenntnisse wird angenommen, dass bei Niedrig- und Normalwasserstand der Kander Grundwasser in die Kander exfiltriert. Bei Hochwasser infiltriert Flusswasser ins Grundwasser, welches wohl mit dem Blausee in direkter Verbindung steht, wie u.a. Trübungen des Blausees bei solchen Bedingungen zeigen [7]. Die Exposition des Schutzgut Grundwassers ist folglich hoch. So muss bei einer Beeinträchtigung des Grundwassers östlich der Kander, welche wohl als erstes in der Teuffenmattquelle sichtbar würde, mit einer hohen Schadensauswirkung gerechnet werden.
- c-Ba-2 Die Beeinträchtigung des Grundwassers durch den Eintrag von Sprengstoffrückständen ist möglich, weil im Felssturzgebiet grössere Felsen wohl mittels Sprengungen beseitigt werden müssen. Die Gefährdung hängt einerseits davon ab, wieviel Sprengstoff tatsächlich erforderlich ist. Zum anderen ist die Gefahr einer Freisetzung umso grösser, je geringer der Abstand zum Grundwasserspiegel ist. Sprengstoffe können zudem im Grundwasser gelöst und so einfacher transportiert werden, als wenn sie

- partikulär vorkommen. Es ist zudem von einer hohen Exposition des genutzten Grundwassers auszugehen [7].
- c-Ba-3 Mit ausreichenden Kenntnissen zur geologischen Situation und einer geeigneten Planung nach den Regeln der Baukunst kann einem Einbrechen von Hohlräumen entgegengewirkt werden. Bisherige Einschätzungen zum Grundwasserfließregime gehen davon aus, dass das Grundwasser östlich der Kander in direktem Zusammenhang zum Blausee steht.
- c-Ba-4 Bei den Bauarbeiten werden Maschinen eingesetzt, welche mit Benzin, Diesel und Hydrauliköl betrieben werden. Beeinträchtigung durch Havariefälle, bei denen Verluste von Treibstoffen und Mineralölen der Baumaschinen versickern können, ist insbesondere im Gebiet mit geringem Flurabstand ein erhöhtes Risiko.
- c-Ba-5 Mit der Berücksichtigung der auf Baustellen üblichen Gewässerschutz-Vorschriften und der nötigen Sorgfalt lässt sich die Gefahr eine Beeinträchtigung der Oberflächengewässer bei Havariefällen minimieren. Weil ein solches Ereignis über einen kurzen Zeitraum beschränkt ist, sehen wir die Schadenauswirkung als gering.
- c-Ba-6 Durchflussminderungen aufgrund Einbrüche von Hohlräumen, welches auch durch Last verursacht sein können, sind wie die Trübungen hauptsächlich dort ein Thema, wo punktuell oder flächenhaft zusätzliche Last auf den Untergrund abgegeben wird. Die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit wird als relativ gering erachtet, weil der Einbruch im mit Grundwasser gesättigten Bereich stattfinden müsste. Das Schadenpotenzial wird als gering erachtet, weil das Grundwasser die Einbruchstelle im durchlässigen Felssturzmaterial wohl umfliessen kann.
- c-Ba-7 Eine relevante Verminderung der Grundwasser - Durchflusskapazität durch Bohrpfähle und Anker wird als wenig wahrscheinlich erachtet. Bereits im Rahmen der Baubewilligung verlangt die kantonale Behörde den hydrogeologischen Nachweis, dass mit Bauten ins Grundwasser die Durchflusskapazität nicht um mehr als 10% reduziert wird.

11.2.2. Betriebsphase

Die Risiken für die Bauphase werden gemäss den im vorangegangenen Kapitel erläuterten Projektauswirkungen in nachfolgender Tabelle 11 aufgelistet und nachfolgend diskutiert. Die Bewertung erfolgt anhand einer Bewertungsmatrix (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 11: Risiken Betriebsphase Variante c

Risiko-Bez.	Beschreibung der Risiken Betriebsphase Variante c
Quantitative Beeinträchtigungen	
c-Be-1	Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen
c-Be-2	Belastung durch Tunnel- und Strassenabwässer im Betrieb
c-Be-3	Beeinträchtigung durch Havariefälle
c-Be-4	Beeinträchtigung durch Störfälle

- c-Be-1 Der relevante Eintrag von Feinmaterial ins Grundwasser durch Vibrationen des Verkehrs wird als wenig wahrscheinlich erachtet, worauf auch der Betrieb der bestehenden Infrastrukturen (Strasse, BLS) deutet.
- c-Be-2 Die Verfrachtung der Schadstoffe ins Grundwasser über eine Versickerung von unbehandeltem Strassenabwasser kann mit einer umsichtigen und sorgfältigen Planung verhindert werden. Die Planung der Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen folgt gemäss dementsprechend der VSS-Norm 640 347 [38] sowie der Richtlinie des ASTRA [34], welche im Gebiet die erhöhte Vulnerabilität des Grundwassers ausreichend berücksichtigt. Sowohl das Risiko einer Beeinflussung des Grundwassers als auch die Schadenauswirkung als sehen wir folglich gering.
- c-Be-3 Die Verfrachtung der Schadstoffe ins Grundwasser über eine Versickerung von unbehandeltem Strassenabwasser aufgrund von Havariefällen bei Unfällen kann mit einer geeigneten Planung und Umsetzung verhindert werden [34].
- c-Be-4 Die Verfrachtung der Schadstoffe ins Grundwasser über eine Versickerung von unbehandeltem Strassenabwasser aufgrund von Störfällen oder Betriebsstörungen der Reinigungsanlage kann mit den geeigneten Massnahmen verhindert werden. Bei solchen Fällen hängt die Wirksamkeit auch immer davon ab, wie die Massnahmen von den Beteiligten im Störfall umgesetzt werden [34].

11.3. Risikobewertung

11.3.1. Bauphase

Für die im Kapitel 11.2 diskutierten Risiken für das Grundwasser während der Bauphase werden die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit und das Schadenauswirkung eingeschätzt (vgl. Tabelle 12). Die relevante Eintreffens-Wahrscheinlichkeit beruht auch auf einem minimalen Schadstoffpotenzial. Das Schadenpotenzial beinhaltet das für einen Schaden erforderliche Freisetzungspotenzial und die Exposition des genutzten Grundwassers.

Im Falle einer Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schadstoffe (Sprengstoffrückstände, Treibstoffe, Öl) muss das Schadenpotenzial auf das Schutzgut Grundwasser grundsätzlich als

hoch bewertet werden. Bei Havariefällen (c-Ba-4) ist auch die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit hoch, so dass hier äusserste Sorgfalt angebracht ist. Für Sprengstoffrückstände (c-Ba-2) wird das Schadstoffpotenzial als mittel betrachtet, so dass die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit für einen relevanten Eintrag ins Grundwasser ebenfalls bei mittel liegt. Das Schadenpotenzial durch Trübungen (c-Ba-1, c-Ba-3, c-Ba-5) ist aufgrund der möglichen Filterwirkung als mittel bis gering eingestuft. Allfällige quantitative Beeinträchtigungen während der Bauphase (c-Ba-6, c-Ba-7) werden nur geringe Schadenpotenziale erwartet, wobei grösstenteils auch die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit gering ist.

Tabelle 12: Bewertungsmatrix der Risiken Bauphase Variante c

Schadenpotenzial	hoch						
				c-Ba-2		c-Ba-4	
	mittel			c-Ba-1			
		c-Ba-3	c-Ba-5				
	gering						
		c-Ba-6	c-Ba-7				
Eintreffens-Wahrscheinlichkeit		gering		mittel		hoch	

11.3.2. Betriebsphase

Die im Kapitel 11.2 diskutierten Risiken für das Grundwasser während der Betriebsphase für die Variante c gemäss der nachfolgenden Tabelle 13 bewertet. Die Eintreffens-Wahrscheinlichkeit erfordert ein entsprechendes Schadstoffpotenzial. Mit dem Freisetzungspotenzial und der Exposition des Schutzgutes Grundwassers wird das Schadenpotenzial eingeschätzt.

Die Eintreffens-Wahrscheinlichkeiten der Risiken in der Betriebsphase können wie bei der Variante c mit einer umsichtigen Planung, mit einem seriösen Unterhalt und unter Einhaltung der gesetzlichen Grundlagen geringgehalten werden. Das Schadenpotenzial ist insbesondere für Havariefälle als hoch gewertet.

Tabelle 13: Bewertungsmatrix der Risiken Betriebsphase Variante c

Schadenpotenzial	hoch		b-Be-4				
			b-Be-3				
	mittel						
			b-Be-2				
	gering	b-Be-1					
Eintreffens-Wahrscheinlichkeit		gering		mittel		hoch	

12. Massnahmen zur Risikoreduktion

12.1. Bauphase

Die Risiken der beiden Varianten für die Bauphase sind in der Thematik mit einer Ausnahme von b-Ba-8 grösstenteils kongruent und unterscheiden sich einzig damit, in welchem Abschnitt der Linienführung sie auftreten. Dieser Umstand lässt es zu, dass die entsprechend denkbaren Massnahmen für beide Varianten zusammengefasst werden können. In der nachfolgenden Tabelle 14 werden für die diskutierten Risiken mögliche Massnahmen aufgeführt und anschliessend kurz diskutiert.

Tabelle 14: Risiken und mögliche Massnahmen Bauphase Varianten b und c

Risiko-Bez.	Qualitative Beeinträchtigungen Bauphase	Denkbare Massnahmen
b-/c-Ba-1	- Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen	- Minimierung von Vibrationen und Erschütterungen durch geeignete Wahl des Abbauverfahrens, z. B. Schütten von speziellen, erschütterungsmindernden Arbeitsflächen)
b-/c-Ba-2	- Beeinträchtigung durch Sprengstoffrückstände	- Minimierung der Einsatzmenge - Depot von Ausbruchmaterial ausserhalb des Gefahrenbereichs - Anhaltung des Baustellenpersonals zur nötigen Sorgfalt
b-/c-Ba-3	- Trübung durch Einbrüche von Hohlräumen	- Punktuell hohe Belastungen möglichst vermeiden
b-/c-Ba-4	- Beeinträchtigung durch Versickern von Treibstoffen und Mineralölen beim Havariefällen	- Einhaltung von Gewässerschutzvorschriften, wo möglich präventive Baustellenentwässerung und Baustellenorganisation
b-/c-Ba-5	- Beeinträchtigung bei Havariefällen über den Stägebach	- Anhaltung des Baustellenpersonals zur nötigen Sorgfalt - Bereithalten von Ölbindern
	Quantitative Beeinträchtigungen Bauphase	Quantitative Beeinträchtigungen Bauphase
b-/c-Ba-6	- Durchflussminderung durch Einbrüche von Hohlräumen bei Überlast	- Punktuell hohe Belastungen möglichst vermeiden
b-/c-Ba-7	- Beeinträchtigung der Durchflusskapazität durch tiefgreifende Anker	- Einhaltung der 10%-Regel, bzw. Minderung der Durchflusskapazität höchstens 10% - Grundwasserumleitungen
b-Ba-8	- Minderung des Grundwasserdurchflusses durch eine Wasserhaltung	- Minimierung der Pumpmengen z. B. mit Bauen bei tiefem Grundwasserstand - Grundwasserumleitungen - Grundwasserrückversickerung

b-/c-Ba-1 Auf der Baustelle können Vibrationen und Erschütterungen nicht verhindert werden. Die Reduktion der Schadensauswirkung durch den Eintrag von Feinmaterial ins Grundwasser muss folglich durch eine Minimierung der Vibrationen und Erschütterungen erfolgen. Dies bedingt eine sorgfältige Prüfung von Abbauverfahren, die Wahl eines geeigneten Maschinenparks und z. B. das Schütten von erschütterungsmindernden Arbeitsflächen.

- b-/c -Ba-3 Der Gefahr vor Einbrüchen von Hohlräumen kann minimiert werden, indem Lastenabgaben an die geologischen Gegebenheiten angepasst erfolgen.
- b-/c -Ba-4 Die Gefahr eines Austrags von Treibstoffen und Hydrauliköl in den Untergrund kann durch eine entsprechende Baustellenorganisation minimiert werden. Wichtig ist z.B., dass Maschinen nur so lange wie unbedingt nötig im Gefährdungsbereich arbeiten, ausserhalb des Gefährdungsbereichs getankt, gewartet und abgestellt werden. Auch Versiegelung und Entwässerung von den Baustelleninstallationsplätzen kann eine Gefährdung reduzieren. Weiter ist eine seriöse Wartung der Geräte und Maschinen, das Bereithalten von Ölbindern sowie eine umfassende Sensibilisierung der Arbeiterschaft zwingend.
- b-/c-Ba-5 Die Massnahmen entsprechen denselben wie in b-/c-Ba-4. Auch hier ist die Einhaltung von Gewässerschutzvorschriften, eine seriöse Wartung der Geräte und Maschinen, das bereithalten von Ölbindern sowie eine umfassende Sensibilisierung der Arbeiterschaft erforderlich.
- b-/c-Ba-6 Die Gefahr einer Beeinträchtigung der Grundwasser-Durchflussskapazität aufgrund von Einbrüchen von Hohlräumen kann ausreichend minimiert werden, indem Lastenabgaben an die geologischen Gegebenheiten angepasst erfolgen.
- b-/c-Ba-7 Die Gefahr einer Beeinträchtigung der Grundwasser - Durchflussskapazität durch Bohrpfähle und Anker kann dadurch gebannt werden, dass die Durchflussskapazität nicht um mehr als 10% verringert wird. Dazu müssen vorgängig Kenntnisse zum Ist-Zustand gewonnen werden. Nötigenfalls kann eine temporäre Umleitung von Grundwasser eingerichtet werden. Bei Injektionen sind die Injektionsmengen bei der Ausführung minutiös zu kontrollieren und zu protokollieren.
- b-Ba-8 Die Gefahr einer Beeinträchtigung der Schüttungsmengen bei den genutzten Quellen beim Blausee kann vermindert werden, wenn eine die Entnahmemenge an Grundwasser möglichst geringgehalten wird. Dies wird einfachsten mit dem Bauen bei tiefem Grundwasserstand erreicht. Bei hohem Risiko können auch Ersatzwassermassnahmen geplant werden. Das gepumpte Grundwasser soll im Abstrom rückversickert werden.

12.2. Betriebsphase

Die Risiken für die Betriebsphase der beiden Varianten b und c unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Dieser Umstand lässt es aber zu, dass die entsprechenden Massnahmen für beide Varianten zusammenfassend genannt werden können.

Tabelle 15: Risiken und mögliche Massnahmen Betriebsphase Varianten b und c

	Qualitative Beeinträchtigungen Betriebsphase	Qualitative Beeinträchtigungen Betriebsphase
b-/c-Be-1	Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen	- Minimierung von Vibrationen und Erschütterungen durch geeignete Wahl der Foundation und des Belags
b-/c-Be-2	Belastung durch Tunnel- und Strassenabwässer im Betrieb	- Trennsystem - Entwässerung des Tunnels- und Strassenabwassers in eine Vorbehandlungsanlage mit anschliessender Ableitung in den Stägebach
b-/c-Be-3	Beeinträchtigung durch Havariefälle	- Rückhaltevorkkehrungen für Havariefälle
b-/c-Be-4	Beeinträchtigung durch Störfälle	- Rückhaltevorkkehrungen für Störfälle

- b-/c-Be-1** Für die Betriebsphase können Vibrationen und Erschütterungen nicht vollständig verhindert werden. Die Reduktion der Schadensauswirkung kann z.B. mit der Wahl eines geeigneten Belags erfolgen.
- b-/c-Be-2** Der Tunnel sollte grundsätzlich in einem Trennsystem entwässert werden. Dabei werden das Meteorwasser von ausserhalb des Tunnels und das Tunnelabwasser getrennt gesammelt und abgeführt. Das Grundwasser und das Meteorwasser von ausserhalb des Tunnels wird als unverschmutzt bezeichnet und soll mittels eines Drainagesystems gefasst werden. Über das Tunnelabwassersystem werden Flüssigkeiten abgeführt, welche auf die Fahrbahn gelangen. Es kann sich dabei auch um wassergefährdende Flüssigkeiten handeln, insbesondere bei einer Havarie oder bei einem Einsatz von Löschwasser und Löschmittel bei einem Brandereignis. Das Tunnelabwasser wird somit als potenziell verschmutztes Abwasser bezeichnet und in einer dafür ausgelegten Anlage gereinigt. Die Planung der Strassenabwasserbehandlung gemäss der VSS-Norm 640 347 [38] sowie der Richtlinie des ASTRA [34] soll die erhöhte Vulnerabilität des Grundwassers ausreichend berücksichtigen. So dürfte die Einleitung des gereinigten Wassers in den Stägebach oder die Kander unterhalb des Blausees einer Versickerung vorgezogen werden.
- b-/c-Be-3** Die Gefahr eines Austrags von Treibstoffen und Hydrauliköl in den Untergrund bei Havariefällen kann damit minimiert werden, dass das Abwasser aus dem Tunnel in eine Retention (Stapelbecken) fliesst, von wo aus es der geeigneten Behandlungsanlage zugeführt werden kann. Bei solchen Fällen hängt die Wirksamkeit auch immer davon ab, wie die Massnahmen von den Beteiligten umgesetzt werden. Die Planung der Vorkehrungen erfolgt gemäss Richtlinie des ASTRA [34] unter ausreichender Berücksichtigung der erhöhten Vulnerabilität des Grundwassers.
- b-/c-Be-4** Die Verfrachtung der Schadstoffe in den Untergrund aufgrund von Störfällen kann mit einem Stöfallrückhaltebecken minimiert werden. Bei solchen Fällen hängt die Wirksamkeit auch immer davon ab, wie die Massnahmen von den Beteiligten im Störfall umgesetzt werden. Die Planung der Vorkehrungen erfolgt gemäss Richtlinie des ASTRA [34] unter ausreichender Berücksichtigung der erhöhten Vulnerabilität des Grundwassers.

13. Kenntnislücken

Zu den hydrogeologischen Verhältnissen im Gebiet bestehen bedeutende Kenntnislücken für beide Varianten, welches für eine detaillierte Planung der Bau- und Betriebsphase der favorisierten Variante mittels umfassender geologischer und hydrogeologischer Untersuchungen geschlossen werden müssen (vgl. Tabelle 16).

Im Abschnitt der gesamten Linienführung und insbesondere im Abschnitt mit vermutlich geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser ist die Lage des Grundwasserspiegels (Mittelstand, Höchststand) nur annähernd bekannt. Unklar ist auch, ob lokal allenfalls Grundwasserstockwerke bestehen. Für die präzisere Einschätzung der baulichen und betrieblichen Risiken sind zudem die Mächtigkeit und Ausdehnung des Grundwassersleiters, dessen spezifische Durchlässigkeit sowie der Abstrombereich – wieder insbesondere von Abschnitten mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser - von grosser Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls eine allfällige Verbindung des Stägebach und der Kander mit dem Grundwasserleiter von Interesse. Allenfalls möglich Aussagen zum Feinanteil im Grundwasser-ungesättigten Bereich zeigen das Potenzial einer Trübung des Grundwassers und Aussagen zur Lagerungsdichte im Grundwasser-gesättigten Bereich weisen darauf hin, ob mit Einbrüchen von Hohlräumen gerechnet werden muss.

Tabelle 16: Risiken und Kenntnislücken Varianten b und c

Risiko-Bez.	Qualitative Beeinträchtigungen Bauphase	Kenntnislücken
b-/c-Ba-1	- Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen	- Genaue Lage des Grundwasserspiegels, insbesondere im Abschnitt mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser (Mittelstand, Höchststand)
b-/c-Ba-2	- Beeinträchtigung durch Sprengstoffrückstände	
b-/c-Ba-3	- Trübung durch Einbrüche von Hohlräumen	
b-/c-Ba-4	- Beeinträchtigung durch Versickern von Treibstoffen und Mineralölen beim Havariefällen	
b-/c-Ba-5	- Beeinträchtigung bei Havariefällen über den Stägebach	
	Quantitative Beeinträchtigungen Bauphase	- Mächtigkeit und Ausdehnung des Grundwasserleiters
b-/c-Ba-6	- Durchflussminderung durch Einbrüche von Hohlräumen bei Überlast	- Spezifische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters
b-/c-Ba-7	- Beeinträchtigung der Durchflusskapazität durch tiefgreifende Anker	- Abstrombereich des Abschnitts mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser
b-Ba-8	- Minderung des Grundwasserdurchflusses durch eine Wasserhaltung	
	Qualitative Beeinträchtigungen Betriebsphase	- Verbindung des Stägebach und der Kander mit dem Grundwasserleiter
b-/c-Be-1	Trübung durch Austrag von Feinanteilen aufgrund von Vibrationen und Erschütterungen	- Feinanteil im Grundwasser-ungesättigten Bereich
b-/c-Be-2	Belastung durch Tunnel- und Strassenabwässer im Betrieb	
b-/c-Be-3	Beeinträchtigung durch Havariefälle	- Lagerungsdichte im Grundwasser-gesättigten Bereich
b-/c-Be-4	Beeinträchtigung durch Störfälle	

14. Pflichtenheft für weitere Untersuchungen

Die Schliessung der in Tabelle 16 aufgeführten Kenntnislücken für die Verifizierung der Risikoanalyse und die Festlegung von Massnahmen erfordern weitere Untersuchungen. Ein dafür ausgelegtes Untersuchungsprogramm für die Variante b ist in der nachfolgenden Tabelle 17 aufgeführt, das Programm für die Variante c in der Tabelle 18 zu entnehmen. Das Untersuchungsprogramm ist in ein Sondierprogramm und ein Aufnahme-, Mess- und Analyseprogramm unterteilt.

Im Sondierprogramm werden die Anzahl Sondierungen, die Sondierstandorte, die voraussichtlichen Sondiertiefen sowie der Einbau in die Bohrung beschrieben. Im Untersuchungsprogramm werden die Methoden beschrieben, mit welchen entsprechend Aufnahmen, Messungen und Analysen durchgeführt werden können. Die im Sondierprogramm vorgeschlagenen Rotationskernbohrungen können dabei in zwei Gruppen unterteilt werden:

- Die erste Gruppe der Sondierungen, 9 Rotationskernbohrungen, dient zur Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten entlang der projektierten Linienführung der neuen Strasse. Die Bohrkernaufnahmen dienen gleichzeitig auch zur Identifikation der Lockergesteine zur Lokalisierung des Grundwasserleiters. Mit SPT-Versuchen werden Kenntnisse über die Lagerungsdichte gewonnen und für die Bestimmung des Feinanteils im Lockergestein dienen Siebanalysen. Mit dem Einbau von Piezometern können anschliessend Pumpversuche sowie regelmässige Grundwasserspiegelmessungen durchgeführt werden. Mit den Aufnahmen werden neue ergänzende Erkenntnisse gewonnen, welche für die weitere Planung sowohl für die hydrogeologische Beurteilung als insbesondere auch für die geologisch-geotechnische Grundlagenbeschaffung wichtige Erkenntnisse bringt.
- Die zweite Gruppe der Rotationskernbohrungen dient zur Bildung eines Transekts im Abstromgebiet, welcher für die Überwachung des Abstrombereich der Baustelle dient. Hier sind neben Wasserproben und deren Analysen im Labor zur Aufnahme des Ist-Zustand auch die Ausführung von Markierversuche aufgeführt. Dies dient zur Abschätzung des Risikos einer Beeinträchtigung von genutztem Grundwasser, insbesondere für den Bereich, wo im Grundwasser gebaut werden muss.

Weil die Überwachungsstellen der zweiten Gruppe auch für andere Interessensgruppen im Gebiet wichtig sein könnten, sehen wir eine Möglichkeit eines gemeinsamen Vorgehens. Im Rahmen von weiteren Projekten im Gebiet Mitholz wurden zudem bereits Markierversuche durchgeführt oder sind in Planung. Es ist sinnvoll, die Lokalisierung der Abstrombereich fraglicher Stellen mittels Bohrungen und Markierversuchen untereinander zu koordinieren. Für die Untersuchungen entlang der projektierten Strecke sehen wir hingegen zum heutigen Zeitpunkt keine Synergien mit anderen Interessensgruppen.

Tabelle 17: Sondierprogramm und Aufnahme-/Mess-/Analyseprogramm Variante bmit Priorisierung **Priorität 1**, Priorität 2, Priorität 3

Kenntnislücken	Sondierprogramm				Aufnahme-/Mess-/Analyseprogramm	
	Methode	Standorte	Tiefe	Einbau	Methode	Aufnahme/Messung/Analyse
<ul style="list-style-type: none"> - Genaue Lage des Grundwasserspiegels im Abschnitt mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser (Mittelstand, Höchststand) - Feinanteil im Grundwasser-ungesättigten Bereich - Lagerungsdichte im Grundwasser-gesättigten Bereich - Mächtigkeit und Ausdehnung des Grundwasserleiters 	9 Rotationskernbohrungen	Entlang der Projektstrecke: - 4 Bohrungen im Bereich mit geringem Abstand der Tunnelsohle zum Grundwasserspiegel - 5 Bohrungen im Bereich mit grösserem Abstand der Tunnelsohle zum Grundwasserspiegel des Hauptgrundwasserleiters	Mind. 10 m unter Tunnelsohle - 5 m ins Grundwasser - Südliche Bohrungen ca. 20-30m tief, nördliche Bohrungen ca. 30-40 m tief	Einbau von PVC-Piezometern inkl. Entsandern: - Durchmesser 6" bei der Bohrung im mit geringem Grundwasserabstand - Durchmesser 4.5" und 2"- Mehrfachpiezometer für u.a. Erfassung mehrerer Grundwasserstockwerke	- Bohrkernaufnahme	- Geologische Identifikation, Lokalisierung Grundwasserleiters
					- Grundwasserspiegelmessungen	- Bestimmen des Grundwasserspiegelschwankungsbereich - Grundwassergefälle
					- Bohrkernproben für Siebanalysen	- Korngrössenverteilung und Feinkornanteil für Abschätzung des Trübungsrisikos und für die geotechnische Beurteilung des Untergrunds
					- SPT-Versuche	- Lagerungsdichte für die geotechnische Beurteilung des Untergrunds
					- Pumpversuche	- Spezifische Durchlässigkeit zur Bestimmung der Grundwasserfließgeschwindigkeit und zur Planung von allfällig notwendigen Grundwasserabsenkungen
<ul style="list-style-type: none"> - Spezifische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters - Abstrombereich des Abschnitts mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser Verbindung des Stägebach und der Kander mit dem Grundwasserleiter	5 Rotationskernbohrungen	Im Abstrom nördlich entlang des Stägebach - Transekt zwischen der Kander und der BLS-Unterführung	in den Grundwasserstauer oder mind. 5 m ins Grundwasser Östliche 2 Bohrungen ca. 30-40m tief Westliche 2 Bohrungen ca. 20-30m tief	Einbau von PVC-Piezometern, Durchmesser: - 4.5" und 2" - Mehrfachpiezometer für Erfassung mehrerer Grundwasserstockwerke	- Grundwasserproben	- Trübung im Ist-Zustand
					- Grundwasserproben	- Schwermetalle, PAK im IST-Zustand
					- Markierversuch	- Bestimmung des Abstromgebiets des Abschnitts mit geringem Abstand des Bauwerks zum Grundwasserspiegel
					- Grundwasserproben	- Grundwassercharakter oberhalb/unterhalb Stägebach
					- Markierversuch (evtl. kombiniert mit weiteren Untersuchungen im Gebiet)	- Verbindung Stägebach/Kander zum Blausee und den dort genutzten Quellen

Tabelle 18: Sondierprogramm und Aufnahme-/Mess-/Analyseprogramm Variante cmit Priorisierung **Priorität 1**, Priorität 2, Priorität 3

Kenntnislücken	Untersuchungsprogramm					
Punkte	Sondierprogramm				Aufnahme-/Mess-/Analyseprogramm	
	Methode	Standort	Tiefe	Einbau	Methode	Analyse
<ul style="list-style-type: none"> - Zur Genaue Lage des Grundwasserspiegels im Abschnitt mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser (Mittelstand, Höchststand) - Feinanteil im Grundwasser-ungesättigten Bereich - Lagerungsdichte im Grundwasser-gesättigten Bereich - Mächtigkeit und Ausdehnung des Grundwasserleiters - Spezifische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters - Abstrombereich des Abschnitts mit geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser - Verbindung des Stägebach und der Kander mit dem Grundwasserleiter 	8 Rotationskernbohrungen	Entlang der Projektstrecke, 4 Bohrungen im Bereich mit geringem Abstand der Tunnelsohle zum Grundwasserspiegel 4 Bohrungen im Bereich mit grösserem Abstand der Tunnelsohle zum Grundwasserspiegel	<ul style="list-style-type: none"> - mind. 10 m unter Tunnelsohle - mind. 5 m ins Grundwasser - westliche 4 Bohrungen ca. 20-30 m tief - östliche 4 Bohrungen ca. 30-40 m tief 	westliche Bohrungen 4.5"-PVC-Piezometer östliche Bohrungen 2"-Piezometer	- Bohrkernaufnahme	- Geologische Identifikation, Lokalisierung Grundwasserleiters
					- Grundwasserspiegelmessungen	- Grundwasserspiegelschwankungsbereich - Grundwassergefälle
					- Bohrkernproben für Siebanalysen	- Korngrössenverteilung und Feinkornanteil für Abschätzung des Trübungsrisikos und für die geotechnische Beurteilung des Untergrunds
					- SPT-Versuche	- Lagerungsdichte für die geotechnische Beurteilung des Untergrunds
					- Pumpversuche	- Spezifische Durchlässigkeit zur Bestimmung der Grundwasserfliessgeschwindigkeit und zur Planung von allfällig notwendigen Grundwasserabsenkungen
	3 Rotationskernbohrungen	Profil im Abstrom nördlich entlang des Stägebach	mind. 5 m ins Grundwasser	Einbau von 4.5"- und 2"-Piezometer	- Grundwasserproben	- Trübung im Ist-Zustand
					- Grundwasserproben	- Schwermetalle, PAK im IST-Zustand
					- Markierversuch im Gebiet mit geringem Abstand des Bauwerks zum Grundwasserspiegel	- Allfällige Verbindungen zum Blausee und den dort genutzten Quellen
					- Grundwasserproben	- Grundwassercharakter oberhalb/unterhalb Stägebach
					- Markierversuch im Stägebach (evtl. kombiniert mit weiteren Untersuchungen im Gebiet)	- Verbindung Stägebach/Kander zum Blausee und den dort genutzten Quellen

15. Zusammenfassung der Beurteilung

Die Linienführung der Variante b und die Lockergesteinsstrecke der Variante c liegen zum grössten Teil innerhalb des Bergsturzmateriels, welches den Grundwasserleiter darstellt. Das Grundwasser fliesst im grobblockigen Bergsturzmateriel in wohl tendenziell eng begrenzten, mehr oder weniger talparallel fliessenden Grundwassersträngen, welche über durchlässige Querschläge verbunden sind. Die Bergsturzablagerungen weisen eine geringe Filterwirkungen und entsprechend hohen Fliessgeschwindigkeiten auf. Deshalb ist das Grundwasser im gesamten Gebiet sehr vulnerabel.

Bei geringem Abstand zwischen dem Strassen- bzw. Tunnel und dem Grundwasserspiegel (Flurabstand) erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung des Grundwassers deutlich. In der Variante b wird dabei auf einer Strecke von rund 250 m der Abstand von 4m zum Grundwasserspiegel von 4 m unterschritten und lokal möglicherweise sogar freigelegt. In der Variante c wird das Grundwasser zumindest auf der Westseite der Kander tangiert.

Die Analyse der Projektauswirkungen der beiden Varianten b und c haben gezeigt, dass in beiden Varianten ähnliche Risiken für das Grundwasser bestehen. Deshalb sind mit der Risikobewertung nur geringfügige Vorteile für die Variante b auszumachen. Allerdings ist in der Variante c lediglich der Abschnitt im Lockergestein berücksichtigt.

Auf der gesamten Linienführung und insbesondere im Abschnitt mit vermutlich geringem Abstand zwischen Bauwerk und Grundwasser ist die genaue Lage des Grundwasserspiegels (Mittelstand, Höchststand) nur annähernd bekannt. Für die Planung und präzisere Einschätzung der baulichen und betrieblichen Risiken beider Varianten sowie der erforderlichen Massnahmen sind neben Kenntnissen zu den geologischen Gegebenheiten für eine geotechnische Beurteilung des Projekts auch die Erkundung der Eigenschaften des Grundwasserleiters (Mächtigkeit, Ausdehnung, spezifische Durchlässigkeit) sowie der Abstrombereich insbesondere von Abschnitten mit geringem Abstand des Bauwerks zum Grundwasserspiegel erforderlich. Auch eine allfällige Verbindung des Stägebach und der Kander mit dem Grundwasserleiter ist von Interesse. Ein dafür ausgelegtes Untersuchungsprogramm mit zahlreichen Sondierungen ist zwingend. Möglichkeiten zur Zusammenarbeit mit anderen Interessensgruppen bestehen allenfalls bei der Überwachung des Abstromgebiets. Für die geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen entlang der projektierten Strecke dürften jedoch kaum Synergien möglich sein.

16. Empfehlung und weiteres Vorgehen

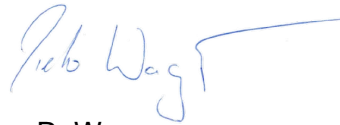
Die Projektauswirkungen der beiden Varianten b und c haben gezeigt, dass in beiden Varianten ähnliche Risiken für das Grundwasser bestehen. Mit der Risikobewertung sind höchstens geringfügige Vorteile für die Variante b auszumachen. Weil mit der Variante c nach der Lockergesteinsstrecke ein langer Tunnel im Fels erstellt werden müsste, ist diese Variante sicherlich deutlich kostenaufwändiger und mit längerer Bauzeit verbunden als die Variante b. Gemäss aktuellem Kenntnisstand hat der Bundesrat deshalb entschieden, die Variante b in der weiteren Planung zu favorisieren. Dies ist auch aus Sicht der hydrogeologischen Beurteilung der Varianten b und c ein logischer und vertretbarer Entscheid. Insbesondere mit der geologisch-geotechnischen

Betrachtung ist zudem zu empfehlen, die Verlängerung des Mitholztunnels möglichst nahe an die bestehende Strasse zu verlegen, um einerseits das vulnerable und grobblockige Felssturzgebiet möglichst zu umfahren und andererseits massive Einschnitte ins Gelände im nördlichen Abschnitt zu vermeiden. Unter anderem müsste hier deshalb die Abzweigung von der bestehenden Strasse wohl südlich der nördlichen BLS-Unterführung erfolgen.

KELLERHALS + HAEFELI AG



J. Jakob



R. Wagner

Sachbearbeiter: Jürg Jakob, dipl. Geologe

Bern, 10. Dezember 2020

JA/rj 11881.2

Anhang 1

Verwendete Unterlagen

- [1] Beck, P. (1929): Vorläufige Mitteilung über die Bergstürze und den Murgang im Kanderthal (Berner Oberland). *Eclogae geol. Helv.* 22/2, 155-159.
- [2] Beck, P. (1952): Neue Erkenntnisse über die Bergstürze im Kandertal. *Eclogae geol. Helv.* 45, 277-280.
- [3] Furrer, H (1953): Geologischer Bericht über die Quellverhältnisse im Gebiet der Schuttstrecke des Zulaufstollens Elektrizitätswerk Kandergrund.
- [4] Beck, P. (1954): Hydrogeologie des Blausee-Grundwassersystems in Inner Kandergrund;
- [5] Furrer, H (1968): Hydrogeologischer Bericht betreffend Zuflussgebiet des Blausees im Hinblick auf die Ausbeute des Steinbruchs Blausee-Mitholz (SHB)
- [6] Furrer, H (1979): Daten aus Hydrogeologischen Berichten betreffend Quellenkontrolle Blausee, Steinbrüche + Hartschotterwerk Blausee – Mitholz
- [7] Geotest AG (1989): Steinbruch Blausee – Mitholz; Erweiterung des Abbaugebietes, Hydrogeologischer Bericht Nr. 88289
- [8] Furrer, H., Huber, K., Adrian, H., Baud, W., Flück, W., Preiswerk, C., Schuler, P. & Zwahlen, P. (1993): *Geolog. Atlas der Schweiz*, Bl. 87, Adelboden.
- [9] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1991 - 2004): Hydrometrie Nord, Jahresberichte 1991 bis 2004 (Raum Blausee - Mitholz, Kandersteg, Gasteretal).
- [10] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1993): Achse Lötschberg, Abschnitt Basistunnel, Sondierstollen Nordseite und Fensterstollen Mitholz, Bericht zur Umwelt, Fachgutachten Geologie und Wasser
- [11] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1994): Lötschberg-Basislinie, Zusammenfassender Bericht über die geologischen Voruntersuchungen für den Lötschberg-Basistunnel bis Sommer 1994
- [12] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1992): Achse Lötschberg, Abschnitt: Basistunnel, Sondierbohrung „Weiche Gesteine“ RB 91/3, Bohrbericht.
- [13] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Handbuch III zur Störfallverordnung StFV Richtlinien für Verkehrswege Dezember 1992
- [14] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1993): Achse Lötschberg, Abschnitt: Basistunnel, Sondierstollen Nordseite und Fensterstollen Mitholz, Bericht zur Umwelt, Fachgutachten Geologie und Wasser.
- [15] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1993): Achse Lötschberg, Abschnitt Basistunnel, Sondier-/Fensterstollen; Geotechnische Untersuchung der Lockergesteinsstrecke
- [16] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1993): Lötschberg-Basislinie, Auflageprojekt, Fachgutachten Geologie / Wasser.
- [17] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1994): Lötschberg-Basislinie, Vorprojekt, UVP 2. Stufe, Synthesebericht.
- [18] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1994): Lötschberg-Basislinie, Vorprojekt, UVP 2. Stufe Fachexpertenbericht, 3.3 Wasser Abschnitt Basistunnel.

- [19] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1994): Lötschberg-Basislinie, Zusammenfassender Bericht über die geologischen Voruntersuchungen für den Lötschberg-Basistunnel bis Sommer 1994
- [20] Kellerhals+Haefeli AG (1995): Hydrogeologie Kandertal (Abschnitt BLS-Viadukt – Blausee), 16.06.1995.
- [21] Ingenieurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p.A. Emch+Berger AG (1996): Lötschberg-Basislinie, Auflageprojekt 1996, Basistunnel Nord Kandergrund / Kandersteg, Technisches Projekt Portweid – Kantonsgrenze, Technischer Bericht
- [22] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1996): Lötschberg-Basislinie, Auflageprojekt 1996, Basistunnel Nord, Kandergrund / Kandersteg, Umwelt und Raumplanung, Portweid – Kantonsgrenze, UVP 3. Stufe, Fachexpertenbericht Wasser.
- [23] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1996): Kandergrund, Hydrogeologie / Geotechnik, Installationsplatz SHB – Mitholz, Pumpversuch Juli 1996, Kartierung SHB - Areal (interner Bericht GG 60).
- [24] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1996): Chemische Analysen 1991 – 1996, Lötschberg-Basislinie Nord und Süd (Daten aus internem Bericht GG 76).
- [25] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1997): Massnahmen zum Schutz des Blausees (Auszug aus internem Bericht GG).
- [26] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1999): Aussenanlagen Mitholz, Kippgossen – SHB – Areal (interner Bericht GG 91).
- [27] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (1999): Ersatzwassermassnahmen Blausee, Untersuchungsergebnisse (interner Bericht GG 94).
- [28] Kellerhals+Haefeli AG (2002): Einwohnergemeinde Kandergrund - Genereller Entwässerungsplan, Zustandsbericht Versickerung, 18.10.2002.
- [29] Tinner Willy, Kaltenrieder Petra, Soom Michael, Zwahlen Peter, Schmidhalter Martin Boschetti Adriano & Schlüchter Christian (2005): Der nacheiszeitliche Bergsturz im Kandertal (Schweiz): Alter und Auswirkungen auf die damalige Umwelt. Eclogae geol. Helv. 98, 83-95.a
- [30] Kellerhals+Haefeli AG / Geotest AG (2007): Hydrogeologie Kandertal
- [31] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p.A. Kellerhals+Haefeli AG (2007): Schlussdokumentation Hydrometrie Nord, Schlussbericht 1991 – 2007 GG155 Doku-Nr. 4216000.BD.099-02
- [32] Wasserwirtschaftsamt WWA & Gewässerschutzamt GSA (2003): Hydrographisches Jahrbuch des Kantons Bern 2003
- [33] Arbeitsgruppe Interventionswerte und Risikobeurteilung AGIR (2013): Faktenblatt «Bodenbelastung entlang von Strassen»
- [34] Bundesamt für Strassen ASTRA (2013): Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen, Richtlinie
- [35] Amt für Wasser und Abfall Bern (2020): Datenauszug Grundwasserkonzessionen
- [36] Amt für Wasser und Abfall Bern (2020): Diverse Karten und Informationen aus dem

Geoportal Kanton Bern

- [37] BLS Netz AG (2019): Ausbau Lötschberg-Basistunnel (LBTA) km 10+500 bis km 36+000 Auflageprojekt Teilausbau Umweltverträglichkeitsbericht Hauptuntersuchung
- [38] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Norm 640347 Strassenentwässerung, Ausgabe 2019/03
- [39] Bundesamt für Strassen ASTRA (2020): Nationalstrassen N06 / Abschnitt 48, Variantevaluation ehemaliges Munitionsdepot Mitholz, Teilprojekt Schutzbauten Strasse. Machbarkeitsstudie.
- [40] Tiefbauamt des Kantons Bern (2020): Dokumente zum Unfallgeschehen der letzten 10 Jahre ab Blausee bis Mitholztunnel.
- [41] Tiefbauamt des Kantons Bern (2020): Strassenentwässerung Kantonsstrasse 223, Werkplan Abwasser 0449-223-4 und 0449-223-5
- [42] Kellerhals + Haefeli AG (2020): Überwachung Kander im Rahmen versenkte Munition, externe Quellen Mitholz und Gasterntal, Bericht Nr. 7031.3B201210
- [43] Kellerhals + Haefeli AG (2020): Ehemaliges Munitionsdepot Mitholz, Grundlagenbeschaffung Baustein «Wasser/Boden», Bericht Nr. 7031.5B201210

Anhang 2

Zusammenstellung der Bohrungen im Untersuchungsgebiet

Zusammenstellung der Bohrungen im Untersuchungsgebiet

Bohrung	Typ	X (LV95)	Y (LV95)	Tiefe [m]
SB 89.1	Alte Bohrung mit Piezo	2618222.8	1151736.8	16.9
SB 89.2	Alte Bohrung mit Piezo	2618104.8	1151744.8	25
SB 89.3	Alte Bohrung mit Piezo	2617925.8	1151856.8	21
SB 89.4	Alte Bohrung mit Piezo	2618399.8	1151782.8	13
SB 89.5	Alte Bohrung mit Piezo	2618403.8	1151980.8	10.5
SB 89.6	Alte Bohrung mit Piezo	2618189.8	1151982.8	12.5
SB 89.7	Alte Bohrung mit Piezo	2617949.8	1152123.8	18.5
SB 89.8	Alte Bohrung mit Piezo	2617939.8	1152431.8	14.5
SB 89.9	Alte Bohrung mit Piezo	2618000.8	1151906.8	31.6
SB 89.10	Alte Bohrung mit Piezo	2617949.8	1151970.8	26.7
91/3	Alte Bohrung	2616924.8	1153681.8	313.4
BL 1	Alte Bohrung mit Piezo	2617143.8	1153544.8	23.5
BL 2	Alte Bohrung mit Piezo	2617276.8	1153402.8	27.1
BL 3	Alte Bohrung mit Piezo	2617159.8	1153555.8	64.65
Mi 1	Alte Bohrung mit Piezo	2617805.6	1152476.5	15.15
Mi 2	Alte Bohrung mit Piezo	2617776.5	1152425.8	30.4
Mi 5	Alte Bohrung	2617932.8	1152214.8	29
Mi 6	Alte Bohrung	2617813.8	1152440.8	30.6
Mi 7	Alte Bohrung	2618351.8	1152280.8	34
Mi 8	Alte Bohrung mit Piezo	2618293.8	1152265.8	21.7
RB1-11	Kernbohrung mit Piezo	2618311.0	1152834.0	30.5
RB2-11	Kernbohrung mit Piezo	2618291.0	1152814.0	25.3
RB3-11	Kernbohrung mit Piezo	2618286.0	1152789.0	29
RB4-20	Kernbohrung mit Piezo	2618285.0	1152742.0	34
RB5-20	Kernbohrung mit Piezo	2618287.0	1152687.0	37
RB6-20	Kernbohrung mit Piezo	2618297.0	1152634.0	37
RB7-20	Kernbohrung mit Piezo	2618303.0	1152583.0	26
RB8-20	Kernbohrung mit Piezo	2618304.0	1152533.0	31

Anhang 3

Zusammenstellung der Überwachungsparameter NEAT

Tabelle: Auszug aus [27], Proben vom 1.2. 1999 bzw. 26.6.1997

Parameter	Einheit	Blausee	Stegenbach	Erlibrunnen	Allmibach	Kander
Feldparameter						
Temperatur	[°C]	4.4	2.5	6.5	5.3	1.9
el. Leitfähigkeit	[µS/cm]	382	392	331	446	352
pH	[-]	7.9	8.5	7.9	8.2	8.3
Laborparameter						
Aussehen	-	klar, farblos	klar, farblos	klar, farblos	klar, farblos	klar, farblos
Trübung	EBC	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Calcium (gelöst)	mg/l	51.8	58.6/ <u>41</u>	47.2	64.4/ <u>62</u>	49.7
Magnesium (gelöst)	mg/l	10.0	8.5/ <u>2.9</u>	9.6	11.1/ <u>10.2</u>	8.4
Gesamthärte (gelöst)	°fH	17.6	18.9/ <u>16</u>	16.5	22.0/ <u>25</u>	16.4
Säureverbrauch (bis pH 4.3)	mmol HCl/l	3.1	3.0	2.8	3.2	2.7
Eisen (gelöst)	mg/l	0.009	0.007	0.003	0.022/ <u>0.007</u>	0.007
Mangan (gelöst)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Ammonium (gelöst)	mg/l	<0.03	0.26/ <u><0.03</u>	<0.03	<0.03/ <u><0.03</u>	Spur
Nitrit (gelöst)	mg/l	<0.04	<0.04/ <u><0.04</u>	<0.04	<0.04/ <u><0.04</u>	<0.04
Nitrat (gelöst)	mg/l	1.0	1.5/ <u>1</u>	0.9	2.0/ <u>3</u>	1.3
Chlorid (gelöst)	mg/l	0.6	1.6/ <u>Spur</u>	0.3	3.3/ <u>4</u>	0.9
Sulfat (gelöst)	mg/l	27	43/ <u>9</u>	23	53/ <u>50</u>	34
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l	<0.75	3.3	Spur	Spur/ <u>Spur</u>	<0.75

Spur: kleiner als jeweilige Bestimmungsgrenze

Tabelle: Auszug aus [30]

Messstelle	RB 89.1	RB 89.3	RB 89.7	Quellen bei Mitholz	Indikatorwert Wegleitung Grundwasser	Anforderungen GschV
Periode	2001	2001	2001	2001 - 2006		
Anzahl Analysen	5	5	5	Monatlich		
Wasser- temp. °C	8.0 – 8.5	6.6 – 9.7	7.8 – 9.5	6.6 – 9.2		
Leitfähigkeit S/cm	214 - 302	191 - 302	223 - 339	297 - 497		
pH-Wert	7.6 – 7.9	7.7 – 8.1	7.6 – 7.9	7.6 – 8.4	Δ 0.5	
Chlorid mg/l	-	-	-	<2.5	< 40	40
Sulfat mg/l	16 - 19	11 - 57	12 - 25	12 - 73	< 40	40
Nitrat mg/l	<2	<4	<2	<23	< 25	25
Ammonium mg/l	< 0.14	< 0.14	< 0.14	< 0.34	< 0.1	0.1
Nitrit mg/l	< 0.15	<0.15	< 0.15	< 0.06	Δ 0.05	

Δ höchstens [Indikatorwert] mehr als im naturnahen Zustand

Anhang 4

Zusammenstellung der Schwermetallanalysen

Schwermetalle in mg/l															
	08.08. 1991	10.10. 1991	02.05. 1992	21.06. 2011	20.10. 2011	28.11. 2016	31.03. 2017	21.06. 2018	12.11. 2018	10.12. 2018	12.02. 2019	16.05. 2019	19.08. 2019	01.11. 2019	AltIV- Konz. -wert
Bohrung 91/1															
Zink			0.002												5
Blei			-												0.05
Erlibrunnen															
Zink	0.009	0.002													5
Blei	-	-													0.05
RB1 (Munitionsdepot)															
Zink				-	-	-									5
Blei				-	-	-	-		8E-05	6E-05	6E-05	-	1E-04	-	0.05
Kupfer					0.002	-	-		-	-	9E-04	-	-	-	1.5
Nickel					0.001	-	-		-	-	6E-04	6E-04	-	-	0.7
Antimon				-	-	-									0.01
RB2 (Munitionsdepot)															
Zink				-	-	-									5
Blei				0.002	-	-	-		-	-	1E-04	6E-05	8E-05	-	0.05
Kupfer				0.006	-	0.002	-		0.002	0.002	0.001	-	-	0.002	1.5
Nickel				0.012	0.004	0.004	0.002		0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.7
Antimon				0.001	-	-									0.01
RB3 (Munitionsdepot)															
Zink				-	-	-									5
Blei				-	5E-04	-	-		6E-05	-	6E-05	-	-	-	0.05
Kupfer				-	0.001	-	-		-	-	-	-	-	-	1.5
Nickel				-	0.001	0.002	0.001		1E-03	9E-04	0.001	0.001	8E-04	0.002	0.7
Antimon				-	-	-									0.01
Waldquelle															
Zink								0.007							5
Blei								-							0.05
Kupfer								0.006							0.05
Nickel								-							5
Antimon								-							0.05
Blausee															
Zink	0.002	0.002													5
Blei	-	-													0.05

Anhang 5

Fotodokumentation Verlängerung Mitholztunnel (Variante b)



Foto 1: Blick vom Portal Mitholzunnel Nord in Richtung N. Bereich mit oberirdischer Linienführung (Metrierung ca. 0-250m gemäss Beilage 2)



Foto 2: Bereich mit vorgesehener Unterführung Süd BLS-Strecke, westlich des Allmibachs, Blick in Richtung N. (Metrierung ca. 290-300m gemäss Beilage 2)



Foto 3: Blick von Waldrand Richtung S zur vorgesehener Unterführung BLS-Strecke (Metrierung ca. 300-420m gemäss Beilage 2).



Foto 4: Blick zum Eintritt der vorgesehener Linienführung in den Waldabschnitt (Metrierung ca. 420m gemäss Beilage 2), Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N



Foto 5: Linienführung im mit Felssturzmaterial geprägten Waldabschnitt (Metrierung ca. 420-660m gemäss Beilage 2), Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N.



Foto 6: Felssturzmaterial mit mächtigen Blöcken im Waldabschnitt (Metrierung ca. 420-660m gemäss Beilage 2), Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N



Foto 7: Austritt aus dem Waldabschnitt (Metrierung 660-760m gemäss Beilage 2), Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N



Foto 8: Zweiter kurzer Waldabschnitt (Metrierung 760-780m gemäss Beilage 2), Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N



Foto 9: geplanter Streckenabschnitt mit mächtigster Überdeckung, Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N (Metrierung 660-760m gemäss Beilage 2)



Foto 10: Geplante Unterführung BLS-Strecke Nord (Metrierung 1010m gemäss Beilage 2), Bereich mit unterirdischer Linienführung, Blick in Richtung N



Foto 11: Geplantes Portal Nord (Metrierung 1020-1080m gemäss Beilage 2), Bereich mit oberirdischer Linienführung, Blick vom Abschnitt mit höchster Überdeckung in Richtung N.



Foto 12: Anschluss an die bestehende Nationalstrasse (Metrierung 1080-1200m gemäss Beilage 2), Bereich mit oberirdischer Linienführung, Blick in Richtung N.

Anhang 6

Fotodokumentation Verlegung Nationalstrasse (Variante c)



Foto 13: im unbewaldeten Bereich des geplanten Portals Nord (Metrierung ca. 2300m gemäss Beilage 3), Blick in Richtung W



Foto 14: Bereich der geplanten Brücke über die Kander (Metrierung ca. 2360m gemäss Beilage 3), Blick in Richtung S



Foto 15: Linienführung im mit Felssturzmaterial geprägten Waldabschnitt (Metrierung ca. 2370-2670m gemäss Beilage 3). Bereich mit Einschnitt in das Gelände. Blick in Richtung E



Foto 16: Lage des geplanten Viadukts (Metrierung ca. 2650-2800m gemäss Beilage 3), Blick in Richtung W

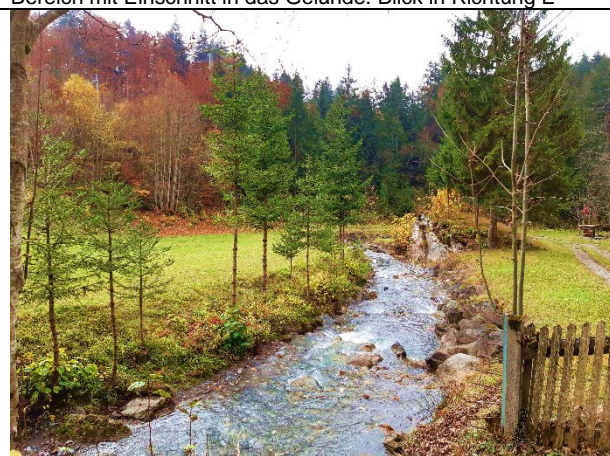


Foto 17: Lage des geplanten Viadukts mit Brücke über den Stägebach (Metrierung ca. 2650-2800m gemäss Beilage 3), Blick in Richtung W



Foto 18: Anschluss an die bestehende Nationalstrasse (Metrierung 2800-2930m gemäss Beilage 3), Bereich mit oberirdischer Linienführung, Blick in Richtung N.