



Wasserbaubewilligung
Beilage 7

Gemeinde	Bern	Datum Dossier	25.07.2025
Erfüllungspflichtiger	Tiefbau Stadt Bern	Revidiert	
Gewässernummer	62839	Projekt-Nr.	BE03
Gewässer	Napoleonsbächli	Plandatum	25.07.2025
Plan-Nr.		Format	A4

Wasserbaubewilligung Napoleonsbächli

Unterlage

Technischer Bericht

Projektverfassende

Gallmann Engineering AG
Graffenriedweg 12
3007 Bern

Genehmigungsvermerke:

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ANLASS UND AUFTRAG	1
2.	ALLGEMEINE PROJEKTDATEN	1
2.1	Projektorganisation	1
2.2	Projektdateien	1
2.3	Projektperimeter und -abgrenzung	2
2.4	Partizipation	2
3.	AUSGANGSSITUATION / IST-ZUSTAND	3
3.1	Einzugsgebiet	3
3.2	Hydrologie / Hochwasserabfluss	4
3.2.1	Abflussregiemtyp	4
3.2.2	Abflussregime	4
3.3	Historische Ereignisse	5
3.4	Historischer Gewässerverlauf	5
3.5	Bestehende Abflusskapazität	6
3.5.1	Bestehende Bachleitung	6
3.5.2	Offener Bachabschnitt	6
3.6	Gefährdungssituation	6
3.7	Geschiebe / Schwemmholz	7
3.8	Schwachstellenanalyse	8
3.9	Gewässerraum	8
3.10	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	8
3.10.1	Geologie / Baugrund	8
3.10.2	Hydrogeologie	8
3.11	Umwelt / Ökologie	9
3.11.1	Flora, Fauna, Lebensräume	9
3.11.2	Altlasten	9
3.11.3	Archäologie	9
3.12	Werkleitungen	9
3.12.1	20kV Elektroleitung	9
3.12.2	Regenwasserleitung	10
3.12.3	GVM UNIGAZ	10
3.12.4	Drainagenleitungen	10
4.	PROJEKTDEFINITION	10
4.1	Projektziele	10
4.2	Hochwasserschutzziel	10

4.3	Dimensionierungswassermenge	10
4.4	Freibord	11
4.5	Ökologische Entwicklungsziele	11
5.	PROJEKTBSCHRIEB / MASSNAHMENPLANUNG	11
5.1	Konzept	11
5.2	Massnahmen Wasserbau	12
5.2.1	Oberster Abschnitt / Bereich Einlaufbauwerk	12
5.2.2	Neuer Bachlauf	12
5.2.3	Geschiebesammler / Holzrechen	13
5.2.4	Durchlass Feldweg und bestehende Drainagenleitung	13
5.2.5	Bachlauf unterhalb Feldweg bis Mündung Gäbelbach	13
5.3	Massnahmen bestehende Bachleitung	14
5.4	Massnahmen Umwelt	14
5.5	Unterhalt	15
6.	KOSTEN	15
6.1	Projektkosten	15
6.2	Baunebenkosten / Diverse	16
6.3	Subventionen	16
7.	BAUPHASE /-ABLAUF	16
7.1	Bodenschutz	17
8.	AUSWIRKUNGEN PROJEKT / MASSNAHMEN	18
8.1	Hochwasserschutz	18
8.2	Umwelt	18
9.	VERBLEIBENDE GEFAHREN	18
9.1	Restgefährdung	18
9.2	Überlastfall	18
10.	TECHNISCHE NACHWEISE	19
10.1	Abflussberechnung neuer Bachlauf	19
10.2	Bachsohle neuer Bachlauf	19
10.3	Verbau neuer Bachlauf	19
10.4	Dimensionierung Abflussektion Holzsperr	20
10.5	Baustatische Bemessung Holzsperr	21
10.6	Durchlass Feldweg	21
10.7	Geschiebesammler	21
11.	TERMINE UND WEITERES VORGEHEN	21

12. GRUNDLAGEVERZEICHNIS**22****TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 2.1	Projektorganisation	1
Tabelle 2.2	Projektdaten	1
Tabelle 3.1	Abschätzung Abflussmenge HQ ₁₀₀	4
Tabelle 3.2	Abflussregime	4
Tabelle 3.3	Abflusskapazität bestehende Bachleitung	6
Tabelle 6.1	Projektkosten Wasserbau	15
Tabelle 6.2	Baunebenkosten / Diverse	16

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1	Projektperimeter	2
Abbildung 3.1	Einzugsgebiet Napoleonsbächli mit Oberflächenabfluss [12]	3
Abbildung 3.2	Beobachtete Problemzonen [10]	5
Abbildung 3.3	Historischer Verlauf Napoleonsbächli 1945 und 1954 [7]	6
Abbildung 3.4	Gefahrenkarte Rutschungen und Wassergefahren [4]	7
Abbildung 3.5	Ablagerungen vor Einlaufbauwerk	7
Abbildung 5.1	Bsp. Bachverbau	12
Abbildung 5.2	Böschungssicherung mittels Hozverbau / Gestaltung Wiesenbach	14
Abbildung 7.1	Baustellenerschliessung und -installation	17

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang A	Fotodokumentation	24
Anhang B	Hydrologie / Hochwasserabfluss	25
Anhang C	Technische Nachweise	26
Anhang D	Kostenvoranschlag	27

IMPRESSUM

Projektbearbeitung

Gallmann Engineering AG

Graffenriedweg 12, CH-3007 Bern

Projektleitung: Michael Gallmann (Dipl. Bauing. FH)

Subplaner:

BSB + Partner, Ingenieure und Planer

Zeichnerarbeiten: Roland Eigenmann

Änderungskontrolle

Version	Datum	Name	Bemerkung
1.0	01.04.2022	Michael Gallmann	Machbarkeitsstudie Entwurf
1.1	23.06.2025	Michael Gallmann	Bauprojekt Entwurf
1.2	25.07.2025	Michael Gallmann	Bauprojekt

1. Anlass und Auftrag

Das Seitengerinne des Gäbelbachs unterhalb der Napoleonsbrücke, im weiteren Napolensbächli genannt, uferte in der Vergangenheit aufgrund starker Niederschläge immer wieder aus - so u.a. im Sommer 2021. Dabei führte der Oberflächenabfluss zu Materialeintrag im Oberlauf (Waldbereich), was zu einer Verklausung des Einlaufbauwerks führte. Entsprechend uferte das Wasser beim Einlaufbauwerk aus und floss oberirdisch Richtung Gäbelbach (vgl. Abbildung 3.2).

In Absprache mit der Grundeigentümerin (Immobilien Stadt Bern) der Parzelle-Nr. 3670 wurde in einer Machbarkeitsstudie [1] eine Offenlegung des eingedolten Abschnitts (vgl. Abbildung 2.1 rot gestrichelte Linie) untersucht.

Aufgrund erneuter Ausuferungen im November und Dezember 2023 soll nun die Machbarkeitsstudie [1] vom 01.04.2022 integral in ein Bauprojekt überführt werden.

2. Allgemeine Projektdaten

2.1 Projektorganisation

Institution	Adresse	Vertreter/in
Bauherrschaft / Auftraggeber	Tiefbauamt Stadt Bern Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün Bundesgasse 38 3001 Bern	Dina Brügger
Projektverfasser	Gallmann Engineering AG Graffenriedweg 12 3007 Bern	Michael Gallmann

Tabelle 2.1 Projektorganisation

2.2 Projektdaten

Position	Beschreibung
Bauprojekt	Offenlegung Napoleonsbächli, Gemeinde Bethlehem, Kanton Bern
Landeskoordinaten	2 595 103 / 1 199 972
Gewässer / Abschnitt	Napoleonsbächli
Kantonale Gewässernummer	62839 [4]
Betroffene Gerinnelänge	165 m
Betroffene Grundstücke	Parzelle-Nr. 79, 3670 (Kreis 6)
Verfahren	Wasserbaubewilligung

Tabelle 2.2 Projektdaten

2.3 Projektperimeter und -abgrenzung

Der Projektperimeter beginnt bei Kote 542.00 m ü. M. im Bereich des Waldes und erstreckt sich bis zur Mündung in den Gäbelbach (vgl. Abbildung 2.1).

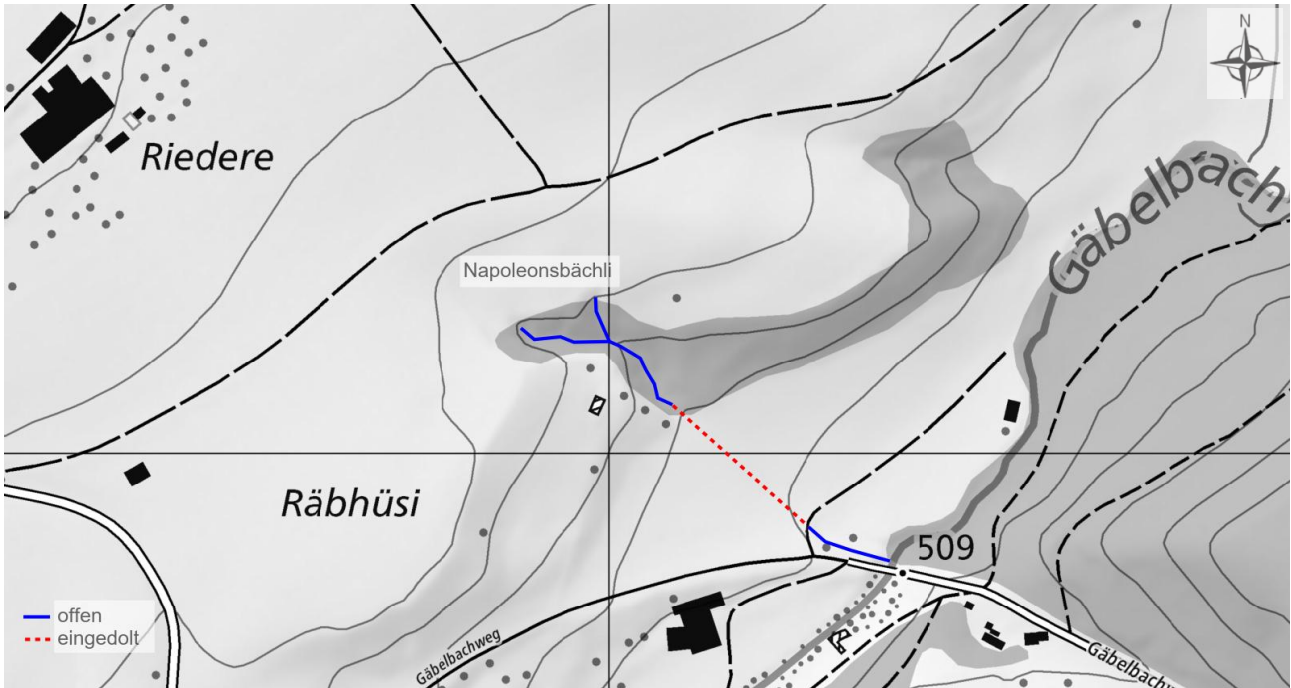


Abbildung 2.1 Projektperimeter

2.4 Partizipation

Im Rahmen der Projektentwicklung fanden bisher folgende Gespräche mit Grundeigentümern und Pächter statt:

- | | |
|------------|--|
| 23.05.2022 | ▪ Begehung und Besprechung Massnahmen mit Grundeigentümer Parzelle-Nr. 79 (P. Reber) und 3670 (Immobilien Stadt Bern vertreten durch M. Lehmann) |
| 18.10.2024 | ▪ Begehung und Besprechung Massnahmenplanung mit Grundeigentümer Parzelle-Nr. 3670 (Immobilien Stadt Bern vertreten durch M. Hertig) und Pächter (S. Niederhauser) |
| 10.12.2024 | ▪ Projektpräsentation Entwurf Bauprojekt an Behörden (TBA OIK II, W. Bertschi / FI, S. Schläppi / AWN, S. Vogelsanger / SGB, N. Indermühle / ANF, B. Schranz, AWA, HP Kleiber) |
| 28.05.2025 | ▪ Begehung und Präsentation Entwurf Bauprojekt an Grundeigentümer Parzelle-Nr. 3670 (Immobilien Stadt Bern vertreten durch M. Hertig) und Pächter (S. Niederhauser) |

3. Ausgangssituation / IST-Zustand

3.1 Einzugsgebiet

Das für den Projektperimeter massgebende Einzugsgebiet (EZ) ist in Abbildung 3.1 dargestellt und umfasst rund 207'000 m².

Das Gebiet Schlyfacher und Teile oberhalb davon sowie der Bereich östlich des offenfliessenden Napoleonsbächli sind drainiert. Das über diese Flächen anfallende Wasser wird dem Napoleonsbächli zugeleitet, weshalb die Fläche des Einzugsgebiets nicht mit dem Oberflächenabfluss korreliert.

Die Wasserscheide des Napoleonsbächli bildet der Grat des Riederehubel auf rund 618.00 m ü.M. Das Einzugsgebiet besteht fast ausschliesslich aus Landwirtschaftsland (Weide- und Ackerland). Das Gefälle des Einzugsgebiets beträgt im Bereich des Riederehubel 35% und im Zwischenbereich Obermatt, Riedere rund 10%. Im Durchschnitt über die Länge gemittelt rund 15%.

Der Oberlauf des Gerinnes, rund 100 m, liegt im Wald und weist ein steiles Gefälle von rund 20% auf. Der anstehende Molassefels (USM) bildet auf diesem Abschnitt die Bachsohle. Im Waldbereich bei Kote 519.00 m ü.M. wird der Bach in einem Fassungsbauwerk gefasst und verläuft parallel zur Grundstücksgrenze der Parzellen-Nr. 79 und 3670 (Kreis 6) bis unterhalb des Feldwegs auf einer Länge von rund 95 m eingedolt. Zwischen Feldweg und der Mündung in den Gäbelbach verläuft der Bach wieder in einem offenen Gerinne mit einem relativ kleinen Gerinnequerschnitt und einem Gefälle von rund 10%.

Beim Napoleonsbächli ist auf Grund seines Regimetyp (vgl. Kapitel 3.2.1) mit Hochwassern in den Monaten Januar bis Juni zu rechnen [13].

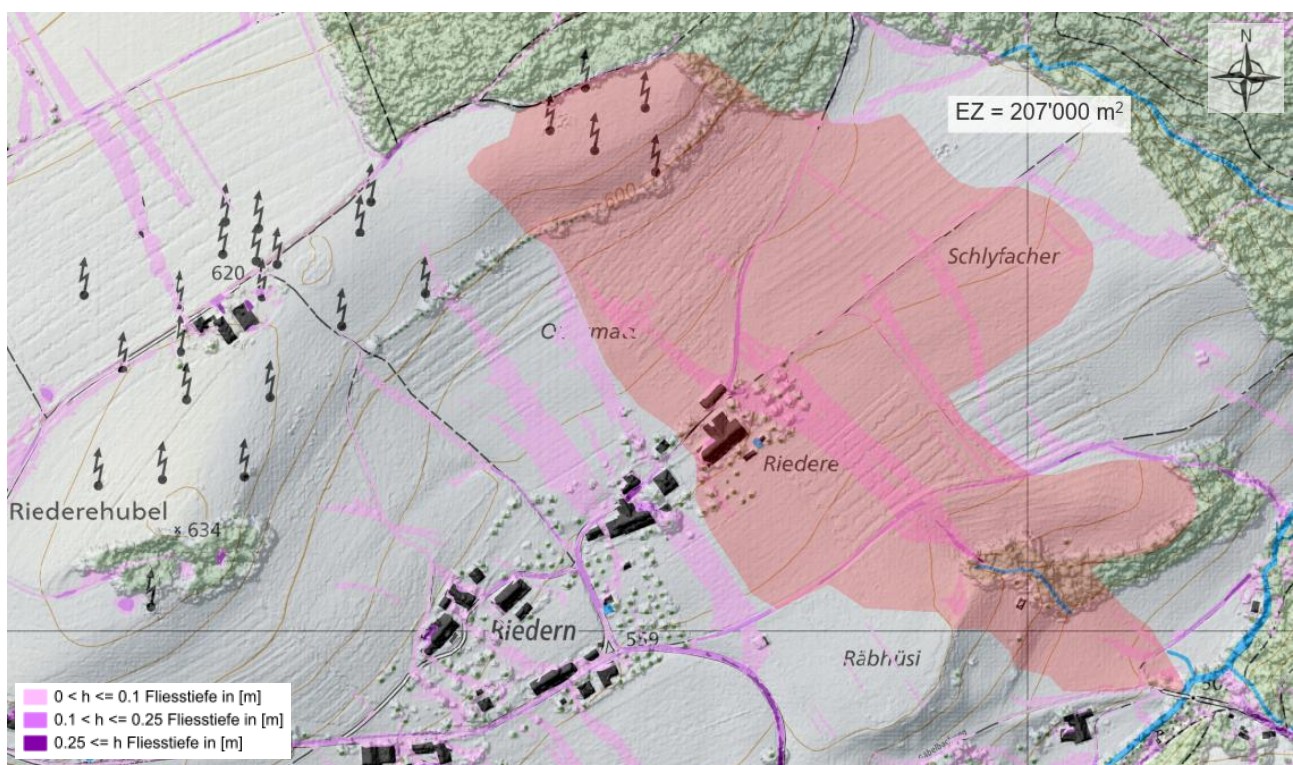


Abbildung 3.1 Einzugsgebiet Napoleonsbächli mit Oberflächenabfluss [12]

3.2 Hydrologie / Hochwasserabfluss

3.2.1 Abflussregiemtyp

Anhand der Lage und der mittleren Höhe des Einzugsgebiets lassen sich nach [13] das Abflussregime bestimmen. Das Napoleonsbächli ist dem Abflussregimetyp 10 pluvial inférieur zuzuordnen. Basierend auf dem Abflussregimetyp lässt sich der jährliche Mittelwasserabfluss **MQ** abschätzen. Dieser beträgt für das Napoleonsbächli **3 bis 4 l/s**.

3.2.2 Abflussregime

Das Napoleonsbächli wird hauptsächlich durch Oberflächenabfluss und Drainagenwasser gespeisen (vgl. Abbildung 3.1).

Zur Ermittlung des Einzugsgebiets und der massgebenden Fließwege wurde die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss beigezogen [12]. Die Modellierung der Fließrichtung und der Fließwege zeigt, dass im Gebiet Riedere ein grösserer oberflächlicher Abflussweg besteht, welcher im oberen Abschnitt in das Napoleonsbächli mündet.

Die massgebenden zusätzlichen Flächenangaben, welche dem Bach Drainagenwasser zuführen, basieren auf Informationen der örtlichen Eigentümer und Pächter.

Mittels den für das Einzugsgebiet ermittelten Abflusskoeffizienten, den Regendaten und der Charakteristik des Einzugsgebiets, wurde anhand von verschiedenen empirischen Methoden der Hochwasserabfluss des Napoleonsbächli abgeschätzt (vgl. Anhang B). Dabei wurden die Methoden nach Hofbauer, Kürsteiner, Melli, Müller-(Zeller), Müller modifiziert, modifiziertes Fließzeitverfahren, VAW und GIUB'96 sowie Kölla angewendet. Wobei die Werte, welche aus der Abschätzung nach Müller modifiziert und VAW resultieren, Höchsthochwasserwerte darstellen und deshalb entsprechend nicht berücksichtigt werden. Das Einzugsgebiet des Napoleonsbächli liegt im Grenzbereich der regionsspezifischen Parameter M1, N1 und N2 des empirischen Modells GIUB 96. Je nachdem mit welchen Parametern das HQ_{100} abgeschätzt wird, resultiert eine kleinere oder grössere Abflussmenge, weshalb in Tabelle 3.1 für den Mittelwert aus den oben erwähnten empirischen Modellen für ein HQ_{100} eine Bandbreite angegeben wird.

Zudem wurde der Gebietsausfluss nach den Methoden der Siedlungswasserwirtschaft mittels Blockregen nach Hörler und Rhein sowie über einen 90 min Modellregen (SASUM) ermittelt (vgl. Tabelle 3.1).

Gewässer	Einzugsgebiet [km ²]	Listenrechnung nach Imhof HQ_{20} [m ³ /s]	Mittelwert Siedlungs- wasserwirtschaft HQ_{100} [m ³ /s]	Mittelwert empirische Modelle HQ_{100} [m ³ /s]
Napoleonsbächli	0.207	1.0	1.9	1.7 bis 2.0

Tabelle 3.1 Abschätzung Abflussmenge HQ_{100}

Die Abflusswerte für ein Hochwasser mit einer Wiederkehrperiode von 20, 30, resp. 300 Jahren wurden mit Hilfe einer logarithmischen Funktion (Methode der kleinsten Quadrate) inter-, bzw. extrapoliert (vgl. Tabelle 3.2).

Gewässer	HQ_{20} [m ³ /s]	HQ_{30} [m ³ /s]	HQ_{100} [m ³ /s]	HQ_{300} [m ³ /s]
Napoleonsbächli	1.1	1.4	1.9	2.5

Tabelle 3.2 Abflussregime

3.3 Historische Ereignisse

Wie bereits eingangs erwähnt, uferte das Napoleonsbächli im Sommer 2021 sowie im November und Dezember 2023 oberhalb der Eindolung aufgrund starker Niederschläge aus, bzw. führte der Oberflächenabfluss zu Materialeintrag im Oberlauf (Waldbereich), was zu einer Verklausung des Einlaufbauwerks führte und folglich zu Ausuferungen oberhalb der Eindolung (vgl. Abbildung 3.2).

Aufgrund erneuter Ausuferungen im November und Dezember 2023 soll nun die Machbarkeitsstudie [1] vom 01.04.2022 integral in ein Bauprojekt überführt werden.

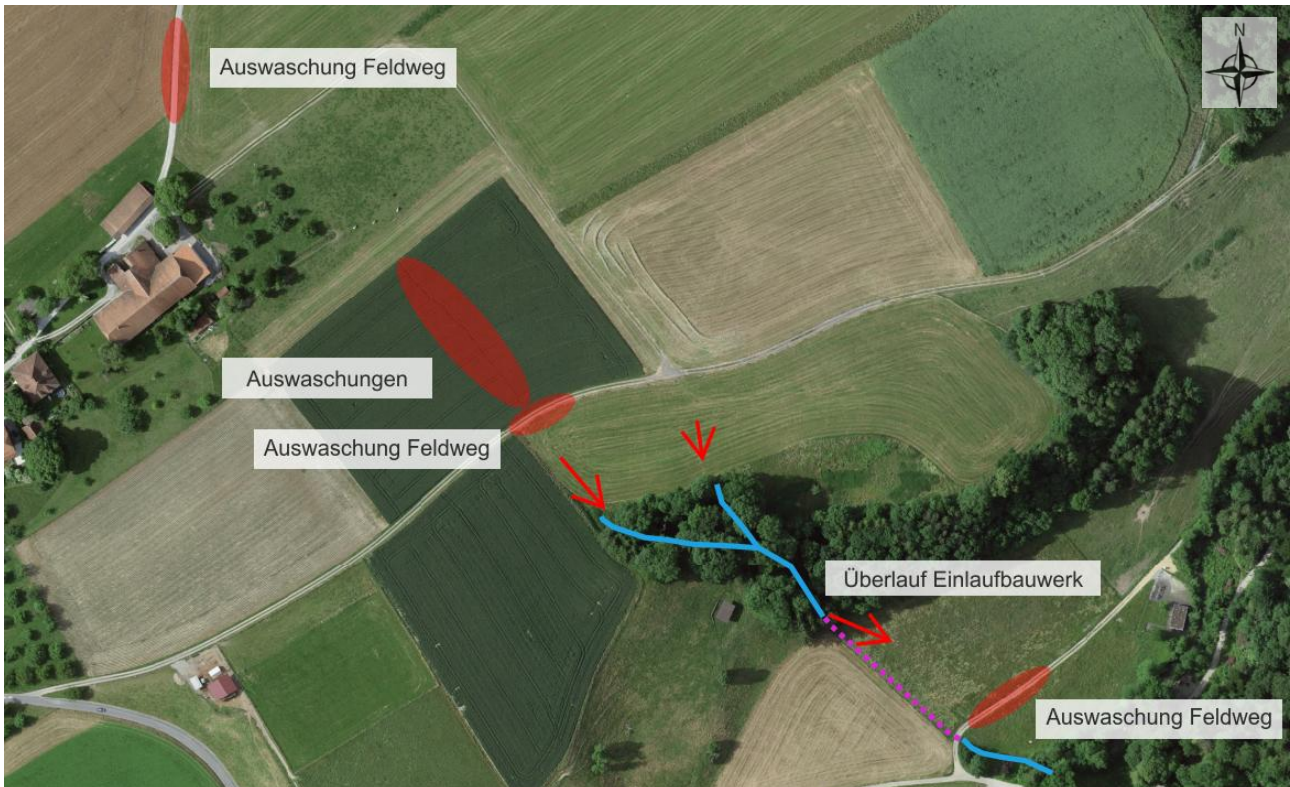


Abbildung 3.2 Beobachtete Problemzonen [10]

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (vgl. Abbildung 3.1) visualisiert sehr schön die neuralgischen Punkte im Gelände, welche mit den im Sommer 2021 gemachten Beobachtungen übereinstimmen (vgl. Abbildung 3.2).

3.4 Historischer Gewässerverlauf

Der historische Verlauf des Napoleonsbächli ist in Abbildung 3.3 anhand des Zeitreise-Kartenwerks [7] ersichtlich. Das Napoleonsbächli wurde demzufolge zwischen 1953 und 1954 auf dem Abschnitt zwischen dem Waldstück und dem Gäbelbach eingedolt. Vor 1953 führte das Gerinne ungefähr entlang der heutigen Grundstücksgrenze der Parzellen-Nr. 79 und 3670.

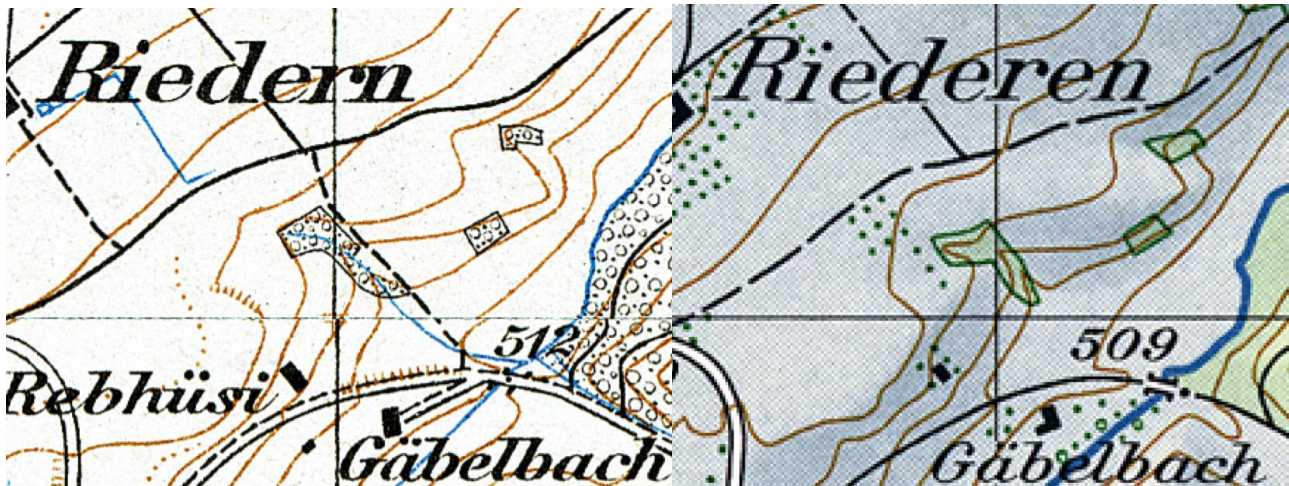


Abbildung 3.3 Historischer Verlauf Napoleonsbächli 1945 und 1954 [7]

3.5 Bestehende Abflusskapazität

3.5.1 Bestehende Bachleitung

Das Einlaufbauwerk sowie die Bachleitung (\varnothing 300 mm) weisen folgende Abflusskapazität auf (vgl. Anhang C-1):

Abschnitt	Position	Gefälle %	Kapazität [l/s]
Abschnitt 1	Einlaufbauwerk - Einlaufschacht	5.4	218
Abschnitt 2	Einlaufschacht - Kontrollschacht	11.1	313
Abschnitt 3	Kontrollschacht - Auslauf	7.1	250

Tabelle 3.3 Abflusskapazität bestehende Bachleitung

Das limitierende Element stellt das Einlaufbauwerk dar. Die Eindolung verfügt folglich über ein Fassungsvermögen von rund 218 l/s und weist auf sämtlichen Abschnitten eine ungenügende Abflusskapazität auf.

3.5.2 Offener Bachabschnitt

Die Abflusskapazität im Ist-Zustand beträgt im offenen Gerinne, bei einer Gerinnebreite von rund 0.6 m und bei Vollfüllung (d.h. ohne Freibord), rund 1.0 m³/s bis 1.2 m³/s (vgl. Anhang C-1).

3.6 Gefährdungssituation

Die Gefahrenkarte [4] zeigt die Gefährdungssituation entlang des Napoleonsbächli auf.

Das offene Gerinne befindet sich innerhalb des blauen Gefahrenbereichs. Im obersten Abschnitt sind Rutschungen die massgebende Naturgefahr (vgl. Abbildung 3.4).

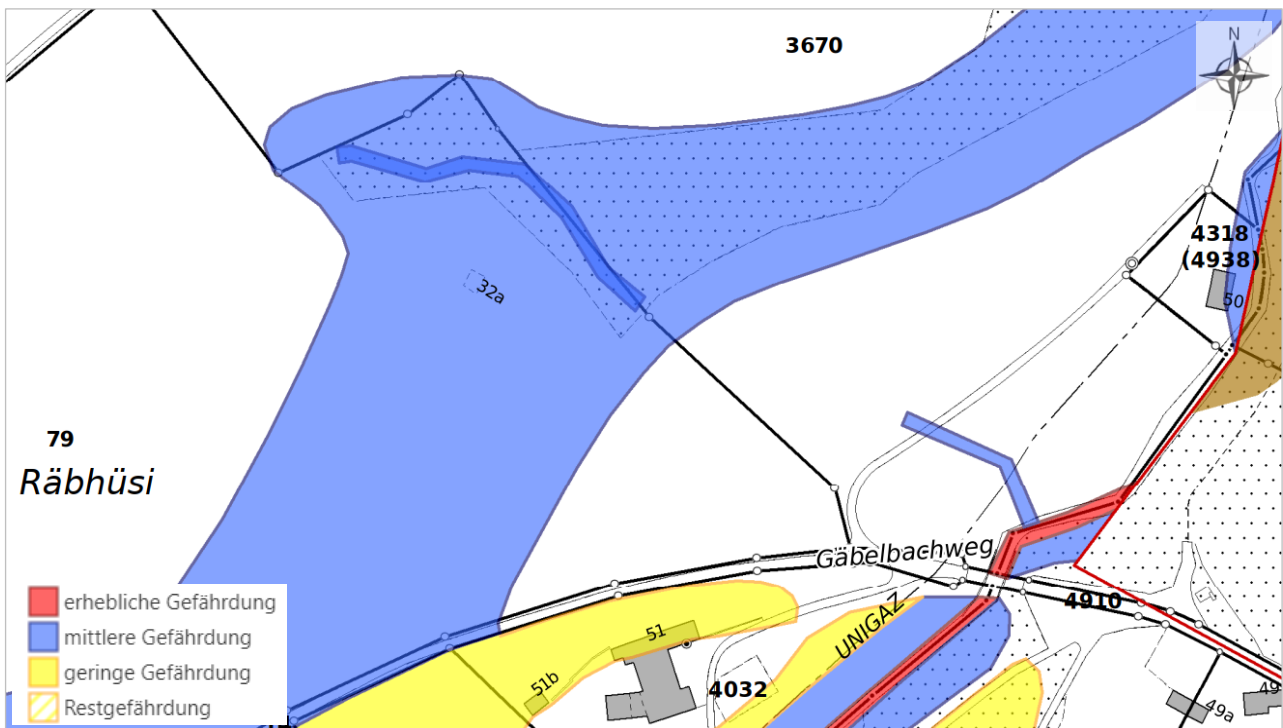


Abbildung 3.4 Gefahrenkarte Rutschungen und Wassergefahren [4]

3.7 Geschiebe / Schwemmholz

Im oberen Bachabschnitt im Wald kann bei Starkniederschlägen Material aus der Bachsohle und den Böschungsbereichen abgeschwemmt werden. Dies führte schlussendlich im Sommer 2021 und im November sowie im Dezember 2023 zur Verklauung des Einlaufbauwerks (vgl. Abbildung 3.5). Dabei wurde auch grösseres Astwerk mobilisiert.



Abbildung 3.5 Ablagerungen vor Einlaufbauwerk

3.8 Schwachstellenanalyse

Aus der Gefahrenkarte sind für das Napoleonsbächli keine Austrittstellen ersichtlich.

Die massgebende Schwachstelle des Napoleonsbächli stellt das Einlaufbauwerk vor der Eindolung dar. Die Abflusskapazität der Eindolung bzw. das Fassungsvermögen des Einlaufbauwerks ist zu klein, um das bei einem Starkniederschlagsereignis anfallende Oberflächenwasser abzuleiten. Dazu kommt, dass das Einlaufbauwerk bei einem Ereignis durch Geschiebeeintrag aus dem Oberlauf verklaut.

3.9 Gewässerraum

Der Gewässerraum wurde im Rahmen der Gewässerraumausscheidung der Stadt Bern im Plan «Gewässerraumplan Detailplan 3» [1] ausgeschieden und beträgt auf dem gesamten Projektabschnitt 11 m.

3.10 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

3.10.1 Geologie / Baugrund

Der Projektperimeter ist durch die Vorgänge während der letzten Vergletscherung geprägt. Fein- bis Grobsandsteine und bunte Mergel der unteren Süsswassermolasse (USM) bilden den Felsuntergrund (Gümnenen-Formation, Schicht c) [10]. Das heutige Relief der Felsoberfläche ist während und nach der Eiszeit entstanden. Darüber folgt eine Lockergesteinsbedeckung aus dem Quartär (Pleistozän-Holozän) bestehend aus Ablagerungen eines Gehängelehms (Schicht b) der letzten Eiszeit. Diese Ablagerungen überdecken den Molassefels im gesamten Projektperimeter. Oberflächlich steht eine natürliche Deckschicht (Schicht a) an [3].

- Schicht a (Grasnarbe mit Ober-/Unterboden): Mächtigkeiten von 1.8 - 3.0 m
- Schicht b (Gehängelehm): Die Schichtoberkante folgt in etwa dem Terrainverlauf und liegt in einer Tiefe von ca. 2 - 3 m unter Terrain. Die Schichtmächtigkeit nimmt von 1 - 2 m im oberen Bereich des Baches auf 3 - 5 m im unteren Bereich zu.
- Schicht c (USM): Die Felsoberfläche fällt leicht steiler als die Terrainoberfläche mit einer Neigung von 15 - 25 ° gegen Südosten ab und liegt in Tiefen von ca. 3.5 - 7.0 m unter Terrain.

Weiterführende Informationen zum Baugrund finden sich im Bericht zu den Baugrunduntersuchungen [3].

Im Bereich unterhalb des Feldwegs wurden im Zusammenhang mit dem Bau der Gasleitung in den 1965ern die Bohrung KB2a und KB2, sowie 1972 die Bohrung RB/P9 abgeteuft. Der Fels wurde dabei rund 3 bis 4.6 m unter Terrain auf einer Höhe von 499.20 bis 500.05 m ü.M. angetroffen [9].

Südlich angrenzend auf der Höhe des Feldwegs bzw. im untersten Abschnitt in den Projektperimeter ragend, erstreckt sich eine künstliche Ablagerung bzw. Aufschüttung (Deponie) Richtung Mündung des Napoleonsbächlis [10].

3.10.2 Hydrogeologie

Der Projektperimeter wird laut der kantonalen Gewässerschutzkarte [8] dem Gewässerschutzbereich üB (übriger Bereich) zugeordnet und liegt gemäss der Grundwasserkarte ausserhalb nutzbarer, zusammenhängender Grundwasservorkommen.

Auf der Höhe des Schopfs (32a) befindet sich die Quelfassung Riedern, Bern (WAWIS-Nr. 594/200.11). Es sind jedoch keine Angaben über die mittlere Quellschüttung bekannt. Auf gleicher Höhe, Rund 70 m südwestlich davon, befindet sich eine weitere Quelfassung, Bern (WAWIS-Nr. 594/199.12), mit einer mittleren Quellschüttung von 10 l/min [8].

Das Lockergestein über dem Felsen ist wasserführend. Dies zeigen u.a. die Kanalfernsehaufnahmen vom 19.08.2021, wo bei den Rohrverbindungen (Metrierung 63.48 und 88.29) Wassereintritte ersichtlich sind. Ebenfalls ist aus den Baugrunduntersuchungen [3] ersichtlich, dass das Hangwasser rund 1.0 bis 2.5 m unter Terrain verläuft.

Im Unteren Projektabschnitt wurde, im Vorfeld der Bauarbeiten der Gasleitung, die Bohrung KB2a abgeteuft. In dieser Bohrung aus dem Jahre 1965 lag der Grundwasserspiegel rund 1.45 m unter Terrain [9].

3.11 Umwelt / Ökologie

3.11.1 Flora, Fauna, Lebensräume

Der Wald im oberen Abschnitt des Projektperimeters ist gemäss [15] als Gerinneschutzwald ausgeschieden. Der Gerinneschutzwald stellt den Schutzwald dar, welcher verhindert, dass Geschiebe und Holz durch Steinschläge, Hangmuren und Rutschungen ins Gewässer gelangen.

Im Projektperimeter oberhalb der Eindolung im Waldabschnitt sind Neophytenbestände vom Typ «drüsiges Springkraut» vorhanden.

Gemäss Stadtgrün Bern kommt in der nahen Umgebung des Napoleonsbächli der Feuersalamander vor.

3.11.2 Altlasten

In unmittelbarer Nähe zum Projektperimeter sind im Kataster der belasteten Standorte keine Ablagerungs- und / oder Betriebsstandorte ausgewiesen [6].

Gemäss [10] befindet sich im unteren Projektabschnitt jedoch eine Aufschüttung bzw. Deponie (vgl. Kapitel 3.10.1). Eventuell muss demzufolge bei den Aushubarbeiten mit verschmutztem Aushub gerechnet werden.

Ein Teil des Einschnitts im Wald, im Bereich des Einlaufbauwerks, wurde früher mit Aushubmaterial aufgefüllt und enthält u.a. Ziegelschrot. Demzufolge ist beim Aushub in diesem Bereich mit Inermaterial zu rechnen.

3.11.3 Archäologie

Im Bereich der Anschüttung westlich der Napoleonsbrücke ist in der Karte «Archäologisches Inventar» der Standpunkt mit der Objektidentifikations-Nr. 12993 eingetragen [14]. Vermutlich wurden im Rahmen der UNIGAZ-Leitung entsprechende Funde verzeichnet.

3.12 Werkleitungen

Innerhalb des Projektperimeters befinden sich im unteren Bachabschnitt eine 20kV Elektroleitung und unterhalb des Feldwegs im Mündungsbereich des Gäbelbachs eine Regenwasserleitung sowie die GVM UNIGAZ inkl. Kommunikationsleitung sowie zahlreiche Drainagenleitungen.

3.12.1 20kV Elektroleitung

Die Elektroleitung (2 PE12 Rohre ohne Hüllrohr) verläuft im Bereich des Projektperimeters im Feldweg auf rund 3.0 m Tiefe und unterquert die heutige Bachleitung. Der beschriebene Abschnitt wurde mittels einer Spülbohrung ausgeführt, weshalb die Leitung im Leitungskataster mit «Lage unbekannt» eingetragen ist. Auf Anordnung der Bauherrschaft wurde die Lage und Höhe der Leitung durch ewb am 25.02.2025 geortet und die Aufnahmen mittels des vorhandenen Bohrprofils plausibilisiert.

3.12.2 Regenwasserleitung

Bei der Regenwasserleitung handelt es sich um eine SB K 1'500 Leitung, die den Bach im Unterlauf auf einer Höhe von ca. 502.66 m ü.M. unterquert.

3.12.3 GVM UNIGAZ

Die Gasleitung liegt im unteren Projektabschnitt des Bachs rund 2.5 bis 3.0 m unter Terrain. Es handelt sich um den Leitungstyp ST 400 KAT.

3.12.4 Drainagenleitungen

Auf dem Projektabschnitt verlaufen von Südwest nach Nordost diverse kleinere Drainagenleitungen.

An die Eindolung des Napoleonsbächli sind gemäss Kanalfernsehaufnahmen vom 19.08.2021 auf dem Leitungsabschnitt drei Drainagenleitungen der Parzelle-Nr. 79 angeschlossen. Eine weitere mündet direkt in den Schacht unmittelbar oberhalb des Feldwegs (vgl. Kapitel 3.12):

- Anschluss beim Schacht Ø 100 mm
- Anschluss im Rohrscheitel Ø 150 mm bei 22.63 m
- Anschluss im Rohrscheitel Ø 100 mm bei 31.63 m
- Anschluss, 9 Uhr, Ø 100 mm bei 80.33 m

Die Distanzen sind ab dem Kontrollschacht oberhalb des Feldwegs bis zur jeweiligen Drainageeinleitung gemessen.

Die heutige Bachleitung verläuft rund 1.0 bis 1.3 m unter Terrain.

4. Projektdefinition

4.1 Projektziele

Mit dem vorliegenden Projekt werden folgende zwei Hauptziele verfolgt:

- Mit der Offenlegung des Napoleonsbächli soll das Hochwasserschutzdefizit (Einlaufbauwerk, und Bachleitung) behoben sowie die Sicherung der Infrastrukturanlagen (Feldweg, Werkleitungen) im untersten Gewässerabschnitt sichergestellt werden.
- Die ökologische Aufwertung der heutigen Situation durch die Offenlegung des Gewässers.

4.2 Hochwasserschutzziel

Basierend auf der Schutzzielmatrix [17] wird für die Objektkategorie «landwirtschaftliche Intensivflächen» bis zu einem **20-jährlichen Hochwasser (HQ₂₀)** ein vollständiger Schutz angestrebt.

4.3 Dimensionierungswassermenge

Die Dimensionierungswassermenge entspricht dem angestrebten Schutzziel (vgl. Kapitel 4.2) auf dem Projektperimeter. Da der neue Bachlauf gemäss Baugrunduntersuchungen [3] in schlechtem Baugrund (vgl. Kapitel 3.10.1) zu liegen kommt sind zur Stabilisierung der Sohle Sperren einzubauen. Gemäss [18] sind diese bei Wildbachverbauungen auf ein Hochwasser der Wiederkehrperiode von 100 Jahren HQ₁₀₀ (1.9 m³/s) und bei Kleingerinne auf ein HQ₃₀ (1.4 m³/s) zu bemessen. Aufgrund des schlechten Baugrunds werden die Sperren auf ein HQ₁₀₀ bemessen.

Die Dimensionierungswassermenge beträgt somit auf dem gesamten Projektabschnitt für den **neuen Bachlauf** und den **Durchlass**, $HQ_{20} = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ und für die **Sperren**, $HQ_{100} = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ (vgl. Kapitel 3.2.2).

4.4 Freibord

Der Freibord wird auf dem Projektperimeter nach den Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS) definiert [20]. Der erforderliche Freibord f_e bezeichnet den Freibord, welcher eingehalten werden muss, damit eine rechnerisch bestimmte Abflusskapazität des Gerinnes gewährleistet ist. Der erforderliche Freibord setzt sich aus mehreren Teilfreiborden zusammen (vgl. Anhang C-2). Diese berücksichtigen einerseits Unschärfen, die bei der Berechnung einer Wasserspiegellage auftreten und andererseits hydraulische Prozesse, wie die Wellenbildung, sowie den Rückstau an Hindernissen oder den Platz, welcher unter Brücken für das Abführen von Treibgut benötigt wird.

Die für den Projektabschnitt ermittelten Freiborde liegen zwischen 0.15 und 0.50 m. Die Berechnungen sind im Anhang C-2 zusammengestellt.

Basierend auf den Berechnungen in Anhang C-2 wird die **Freibordhöhe** für den zu verbauenden Bachabschnitt bei $f_e = 0.15 \text{ m}$ und auf dem unverbauten Abschnitt bei $f_e = 0.50 \text{ m}$ festgelegt. Für den neuen Durchlass resultiert ein Freibord von $f_e = 0.55 \text{ m}$.

4.5 Ökologische Entwicklungsziele

Aus Sicht Flora, Fauna und deren Lebensräume ist v.a. auf der Südseite des neuen Bachlaufs Ufergehölz zu pflanzen. Dabei sind standorttypische Arten von regionaler Herkunft zu verwenden.

Als Zielart soll der Feuersalamander gefördert werden.

5. Projektbeschreibung / Massnahmenplanung

5.1 Konzept

Für die Offenlegung des Napoleonsbächli wird rund 5 m neben der heutigen Bachleitung (NW 300) ein neues Gerinne erstellt. Dabei wird das heutige Einlaufbauwerk im Waldbereich zurückgebaut und mit Flusskies aufgefüllt bzw. die Bachsohle angehoben. Die heutige Bachleitung bleibt bestehen, da an dieser diverse Drainagenleitungen angeschlossen sind (vgl. Kapitel 3.12.4). Aufgrund des steilen Terrains (Neigung bis zu 15 %) und des schlechten Baugrunds (vgl. Kapitel 3.10.1) ist der neue Bachlauf mittels Holzsperrn zu verbauen. Die Uferbereiche oberhalb des Verbaus sind möglichst natürlich mit Strukturelementen (Ast- und Steinhaufen) zu gestalten. Ufergehölz soll Schatten auf die Wasserflächen werfen und dadurch für niedrigere Wassertemperaturen sorgen. Dazwischen sind besonnte Uferabschnitte mit Ufervegetation wichtig.

Vor dem Durchlass beim Feldweg wird ein Kiessammler mit einem Holzrechen erstellt. Der neue Durchlass wird auf die Dimensionierungswassermenge HQ_{20} ausgebaut.

Wie im Kapitel 3.5.2 beschreiben, ist der unterste Abschnitt gegen den Mündungsbereich des Napoleonsbächli heute ein natürliches Gerinne. Die Abflusskapazität ist bei Vollfüllung knapp ausreichend, um die Dimensionierungswassermenge abzuleiten. Unmittelbar unterhalb des neu zu erstellenden Durchlasses ist die Bachsohle jedoch auf rund 17 m an das Niveau dieses anzupassen. Auf dem restlichen Abschnitt wird die rechtsufrige Böschung mittels Holzverbauungen gegen Erosion geschützt (vgl. Abbildung 5.2) und linksufrig das Terrain neu modelliert, so dass ein Freibord von rund 0.50 m eingehalten werden kann (vgl. Kapitel 4.4). Zur Förderung des Feuersalamanders werden im Mündungsbereich auf der linken Uferseite zwei Teiche erstellt.

5.2 Massnahmen Wasserbau

5.2.1 Oberster Abschnitt / Bereich Einlaufbauwerk

Im obersten Abschnitt im Wald, unmittelbar vor der heutigen Eindolung, lagert sich das Geschiebe, welches oberhalb davon mobilisiert wird, ab (vgl. Abbildung 3.5). Der Bereich vor der Eindolung, beim heutigen Einlaufbauwerk, wird im Rahmen des Rückbaus der Eindolung aufgefüllt, die heutige Bachsohle angehoben und mit einem Gefälle von 1.5 % ausgebildet (vgl. Querprofile Plan-Nr. 03, QP 9). Um zu verhindern, dass der Böschungsfuss der Seitenflanken bei einem Hochwasserabfluss unterspült wird, ist vorgesehen diesen mittels lebenden Uferfaschinen zu sichern. Durch eine künftige Durchwurzelung des Terrains werden die Böschungen dadurch langfristig stabilisiert. Das aus dem obersten Abschnitt anfallende Geschiebe kann somit bis zum Geschiebesammler bzw. ein Teil davon bis zum Gäbelbach durchgeleitet werden.

5.2.2 Neuer Bachlauf

Wie eingangs von Kapitel 5.1 erwähnt, wird der neue Bachlauf, aufgrund des steilen Terrains und des schlechten Baugrunds, mittels Holzsperrern verbaut. Der vorhandene feinkörnige Baugrund vermag den während eines Hochwassers auftretenden Schleppspannungen nicht standhalten (vgl. Kapitel 10.2). Ohne Verbau des neuen Bachlaufs müsste folglich mit Erosionsprozessen in der Sohle und im Uferbereich gerechnet werden.

Auch mit einem Verbau mittels Holzsperrern muss aufgrund des feinkörnigen Baugrunds mit starken Auskolkungen am Sperrenfuss gerechnet werden. Entsprechend hätte dies eine unverhältnismässige Einbindung der Sperre in der neuen Bachsohle zur Folge (vgl. Kapitel 10.3). Aus diesem Grund werden die Sperren mit einem Fallboden ausgebildet (vgl. Abbildung 5.1). Dieser verhindert die Kolkbildung. Dennoch wird sich aufgrund des kleinen Gefälles ($i = 0.5\%$) zwischen den Sperren auf dem Fallboden bei Normalabfluss Geschiebe ablagern.

Die beiden Längshölzer zwischen den Sperren dienen einerseits der Stabilisierung der Sperren (vgl. Kapitel 10.5) und verhindern andererseits die Gefahr einer Erosion der seitlichen Einbindung dieser.

Der neue Bachlauf wird in Anlehnung an Abbildung 5.1 verbaut. Bei einem gewählten Sperrenabstand von rund 4.0 m und einem Gefälle zwischen den Sperren von $i = 0.5\%$, resultiert, aufgrund der vorhandenen Topografie, eine Absturzhöhe von 0.40 bis 0.60 m und eine Anzahl Sperren von rund 22 Stück (vgl. Kapitel 10.3.) Aufgrund der Gefahr einer Erosion der seitlichen Einbindung ist die Abflussektion als Trapezprofil auszubilden. Wobei die Flügelhöhe der Abflussektion auf 0.9 m festgelegt wird (vgl. Kapitel 10.4).



Abbildung 5.1 Bsp. Bachverbau

Der Holzverbau wird aus Rundhölzern aufgebaut, die möglichst fugenlos miteinander mittels Armierungsstahl \varnothing 14 mm vernagelt werden. Da u.a. die Sperren von Böschung zu Böschung tragen, ist eine Einbindung von min. 1.0 m der Rundhölzer in die seitlichen Uferböschungen vorgesehen.

Obwohl der Anzug der Sperre aus der Sicht der Bemessung nicht massgebend ist, wird er aus Gründen einer guten Benetzung nicht steiler als 10:1 ausgebildet [18]. An der Sperrerrückwand wird aufgrund des feinkörnigen Baugrunds ein Geotextil angebracht.

Der Verbau wird leicht mäandrierend angelegt. Die Uferbereiche oberhalb der Rundhölzer werden variabel mit Böschungsneigungen zwischen 1:5 bis 2:3 gestaltet.

5.2.3 Geschiebesammler / Holzrechen

Auf dem obersten Abschnitt im Wald, im Bereich des heutigen Einlaufbauwerks, wurde früher Aushubmaterial deponiert (vgl. Kapitel 3.11.2). Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei einem Hochwasser ein Teil dieses Materials erodiert und abgeschwemmt wird.

Um einen zusätzlichen Geschiebeeintrag und ein Ausschwemmen des Inertmaterials in den Gäbelbach möglichst zu verhindern, wird unmittelbar vor dem Durchlass beim Feldweg, ein Geschiebesammler mit Holzrechen erstellt. Dieser ist so ausgebildet, dass bei Normalabfluss kein Geschiebe zurückgehalten wird.

Der Rückhalteraum ist über eine Zufahrt, welche als Schotterrasen ausgebildet ist, für dessen Unterhalt erschlossen. Damit der Rückhalteraum ohne Beschädigung der Uferböschungen ausgehoben werden kann, wird das linke und rechte Ufer mittels Blocksteinen verbaut.

Der dem Durchlass vorgelagerte Holzrechen aus Eisenbahnschienen bezweckt den Rückhalt des bei Hochwasser anfallenden Schwemmholz (Astwerk), wodurch die Gefahr einer Verkläusung des Durchlasses reduziert wird.

5.2.4 Durchlass Feldweg und bestehende Drainagenleitung

Gemäss den hydraulischen Berechnungen ist, unter Einhaltung des errechneten Freibords von rund 0.70 m, bei einem Abfluss von $HQ_{20} = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ für den Durchlass ein Rohrdurchmesser von min. 1.20 m erforderlich. Weshalb entschieden wurde, den Durchlass als Maulprofil auszubilden, damit der neue Bachlauf nicht unnötig ins Terrain eingetieft werden muss.

Der neue Durchlass wird zudem so angelegt, dass dieser einen genügenden Abstand zur 20kV-Leitung aufweist und der Einschnitt des neuen Bachlaufs oberhalb des Durchlasses nicht zu tief wird (vgl. Längenprofil Plan-Nr. 02 und Querprofile Plan-Nr 03). Dazu wird der heutige Feldweg im Bereich des Durchlasses um rund 0.60 m angehoben.

Weiter soll mit dem neuen Durchlass eine Fauna gerechte Durchquerung des neuen Gerinnes gemäss VSS-Norm SN 640 696 ermöglicht werden. Es ist folglich vorgesehen diesen mit einer Niederwasserrinne aus natürlichem Sohlensubstrat auszugestalten. Damit das Material nicht ausgeschwemmt wird, darf die Sohle gemäss Hersteller (Sytec) nicht steiler als 1.0 % ausgebildet werden.

5.2.5 Bachlauf unterhalb Feldweg bis Mündung Gäbelbach

Die heutige Bachleitung mündet unterhalb des Feldwegs rund 1.30 m über der heutigen Bachsohle in das offene Gerinne und führte am Gegenufer immer wieder zu Ausspülungen.

Der neue Durchlass wird ebenfalls rund 1.30 m über der heutigen Bachsohle in das Gerinne münden. Um künftig Ausspülungen in der Sohle und am Ufer zu vermeiden, wird die bestehende Bachsohle auf rund 17 m an das Niveau des neuen Durchlasses angeglichen (vgl. Längenprofil Plan-Nr. 02).

Die rechtsufrige Böschung des untersten Abschnitts wird mit einem Holzverbau in Anlehnung an Abbildung 5.2 gegen Erosion gesichert. Auf der linken Uferseite wird das Terrain neu modelliert, so dass bei einem HQ₂₀ ein Freibord von rund 0.50 m eingehalten werden kann (vgl. Kapitel 4.4). Dabei werden die Uferbereiche sehr variabel mit Böschungsneigungen zwischen 1:5 bis 2:3 gestaltet und mittels Wurzelstöcke und Asthaufen strukturiert (vgl. Abbildung 5.2). Die heutige Sohlenbreite auf dem unteren Bachabschnitt wird in ihrem Ursprung belassen.

Zur Förderung des Feuersalamanders werden zudem im Mündungsbereich auf der linken Uferseite zwei Teiche erstellt.



Abbildung 5.2 Böschungssicherung mittels Hozverbau / Gestaltung Wiesenbach

5.3 Massnahmen bestehende Bachleitung

Wie bereits unter Kapitel 3.12.4 erwähnt, bleibt die heutige Bachleitung bestehen, da an dieser diverse Drainagenleitungen angeschlossen sind. Der Leitungsabschnitt zwischen dem heutigen Einlaufbauwerk und dem Einlaufschacht wird mittels Sand oder Flüssigboden verfüllt. Der Einlauf im Einlaufschacht wird zugemauert und die bestehende Schachtabdeckung (geloht) durch einen Schachtdeckel ersetzt.

Die heutige Unterquerung des Feldwegs muss aufgrund des neu zu erstellenden Durchlasses ab dem Kontrollschacht leicht nach Süden verlegt werden (vgl. Situation Plan-Nr. 01).

5.4 Massnahmen Umwelt

Die Böschungen des neuen Bachlaufs werden nicht humusiert und mit einer ökologisch wertvollen Samenmischung angesät (z.B. UFA Wildblumenwiese Original CH-G). Abschnittsweise ist v.a. auf der Südseite entlang der Ufer Ufergehölz zu pflanzen bzw. dort, wo dieses aufgrund der Baumassnahmen geholt werden muss, zu ersetzen. Dabei sind standorttypische Arten von regionaler Herkunft zu verwenden (Schwarzdorn, Gewöhnlicher Schneeball, Sal-Weide, Silberweide, Purpurweide, Schwarzerle etc.). Insgesamt ist Ufergehölz im Umfang von rund 200 m² neu anzulegen. Dabei sollen sich Abschnitte mit Ufergehölz und solche mit Ufervegetation abwechseln.

Die durch das Projekt tangierte Waldfläche ist ebenfalls mit standortgerechten Straucharten wieder zu bestocken. Die Art und Anzahl der Pflanzen sind vor der Ausführung mit dem AWN abzusprechen.

Da der Biber im Gebiet aktiv ist, sind im unteren Bachabschnitt (Mündungsbereich) vor allem Weiden zu pflanzen.

Wie bereits unter Kapitel 4.5 erwähnt, soll der Feuersalamander gefördert werden. Dazu sind folgende Strukturelemente zu schaffen:

- Ausbuchtungen und Strukturen im Bächlein, damit geeignete Larvenhabitate entstehen können
- Zwei stehende Kleingewässer im Uferbereich des Bachlaufs
- Totholzstrukturen (Asthaufen) als Tagesverstecke und Überwinterungsorte

Von diesen Massnahmen profitieren auch andere Lebewesen wie Libellen, Kleinsäuger und Amphibien.

Neben den Totholzstrukturen werden auch Steinhaufen als Habitate angelegt. Die Strukturelemente sind im Abstand zueinander von ca. 20 m anzubringen.

5.5 Unterhalt

Die Unterhaltspflicht für das Napoleonsbächli liegt beim Tiefbau Stadt Bern.

Der Unterhalt hat jährlich im Spätsommer zu erfolgen und sich nach dem Merkblatt «Unterhalt von Wiesenbächen» [21] sowie der Wegleitung «Gewässerunterhalt» [22] des Kantons Bern zu richten.

6. Kosten

6.1 Projektkosten

Die Kosten für die Massnahmen werden auf Stufe Bauprojekt geschätzt und können der Tabelle 6.1 entnommen werden. Die Kostengenauigkeit beträgt +/- 10%. Eine detaillierte Zusammenstellung der Projektkosten befindet sich im Anhang D.

Die Erstellungskosten betragen rund **CHF 670'000.-** inkl. MWST.

Beschreibung	Kosten [CHF] exkl. MWST	Kosten [CHF] inkl. MWST ¹
Baukosten (vgl. Anhang D)	427'636.50	462'000.00
Honorarkosten, Phase 2 bis 5 gemäss Norm SIA 103	95'000.00	103'000.00
Baunebenkosten / Diverse	39'500.00	43'000.00
Erstellungskosten	562'136.50	608'000.00
Unvorhergesehenes	56'213.65	61'000.00
Erstellungskosten inkl. Unvorhergesehenes	618'350.15	669'000.00

Tabelle 6.1 Projektkosten Wasserbau

¹ Beträge auf Tausend aufgerundet

6.2 Baunebenkosten / Diverse

Unter dem Punkt «Baunebenkosten / Diverse» sind folgende Kosten exkl. MWST berücksichtigt:

Position	Kosten [CHF]
Kommunikation Infoanwohner	3'500.00
Sondagen	10'000.00
Geodaten	500.00
Geometer	6'000.00
Aufarbeitung 3D-Modell Bachlauf für Bagger	1'500.00
Grundbucheintrag	1'000.00
Gebühren / Bewilligung	7'000.00
Landerwerb und Inkonvenienzen	10'000.00
Total (exkl. MWST)	39'500.00

Tabelle 6.2 Baunebenkosten / Diverse

6.3 Subventionen

Wasserbauprojekte werden im Kanton Bern einerseits durch den Kanton, andererseits durch den Bund mit Beiträgen gefördert. Die Restkosten tragen die Wasserbauträger – im vorliegenden Fall die Stadt Bern.

Die vorliegende Wasserbaubewilligung wird als Revitalisierungsprojekt gehandhabt.

Bei Revitalisierungsprojekten beträgt der Kantonsanteil 15% und der Bundesanteil 35 %. Der Grundbeitrag beträgt somit 50%. Dieser Grundbeitrag kann mit ergänzenden ökologischen Leistungen um maximal 45 % erhöht werden. Im vorliegenden Fall wird ein kleines Gewässer ausgedolt. Diese Leistung entspricht dem Leistungsindikator (LI) 2.2.a gemäss Programmblatt (Ziffer 8.2.1) in den fachspezifischen Erläuterungen zur Programmvereinbarung im Bereich Revitalisierungen. Somit kann der Bundesanteil um 25% erhöht werden [23]. Folglich ist mit einem Kostenanteil durch Bund und Kanton von rund 75% zu rechnen.

Die Stadt Bern kann zudem beim Fischereinspektorat des Amtes für Landwirtschaft und Natur (LANAT), sowie beim ewb, für die Restkosten Beiträge aus dem Renaturierungsfonds (RenF) bzw. aus dem ewb-Ökofonds beantragen. Der RenF des Kantons Bern und der ewb-Ökofonds leisten Beiträge an die Restkosten von Wasserbauprojekten, welche einen wesentlichen Anteil an ökologischen Aufwertungsmassnahmen beinhalten.

7. Bauphase /-ablauf

Die Baustellenerschliessung und -installation ist aus Abbildung 7.1 ersichtlich.

Es ist vorgesehen, für die Realisierung der Massnahmen südlich des Gäbelbachwegs vor der Napoleonsbrücke den Hauptinstallationsplatz mit Mannschafts- und Werkzeugcontainern sowie Sanitärinstallationen einzurichten. Unmittelbar im Baustellenbereich bietet ein Material- und Logistikplatz Raum für den Materialumschlag.

Die Zufahrt zur Weide und zum Werk der Gasverbund Mittelland AG muss jederzeit gewährleistet sind. Während dem Einbau des neuen Druchlasses ist folglich eine provisorische Erschliessung (vgl. Abbildung 7.1 gelber Bereich) oberhalb des heutigen Feldwegs zu erstellen.

Da die Bauarbeiten von unten nach oben ausgeführt werden müssen, sind für den Rückbau des Einlaufbauwerks und die Realisierung des neuen Bachlaufs entsprechende Baupisten zu erstellen (vgl. Abbildung 7.1).

Nach der Installation der Wasserhaltungsmassnahmen auf dem unteren Abschnitt wird in einem ersten Schritt der neue Durchlass erstellt und die Bachleitung bzw. Drainageleitung im Bereich des Feldwegs verlegt. Im Anschluss wird der Geschiebesammler und der neue Bachlauf oberhalb des Feldwegs realisiert.

Der Abschnitt unterhalb des Feldwegs wird am Schluss von der Mündung her beginnend umgesetzt. Dies aus dem Grund, dass das Material für die Anhebung der Bachsohle aus dem Aushub vom oberen Projektabschnitt verwendet werden kann.

Zuletzt wird der Gewässerraum entsprechend bepflanzt und angesät (vgl. Kapitel 5.4).

Die Bauarbeiten für die Umsetzung der Massnahmen dauern rund drei bis vier Monate.

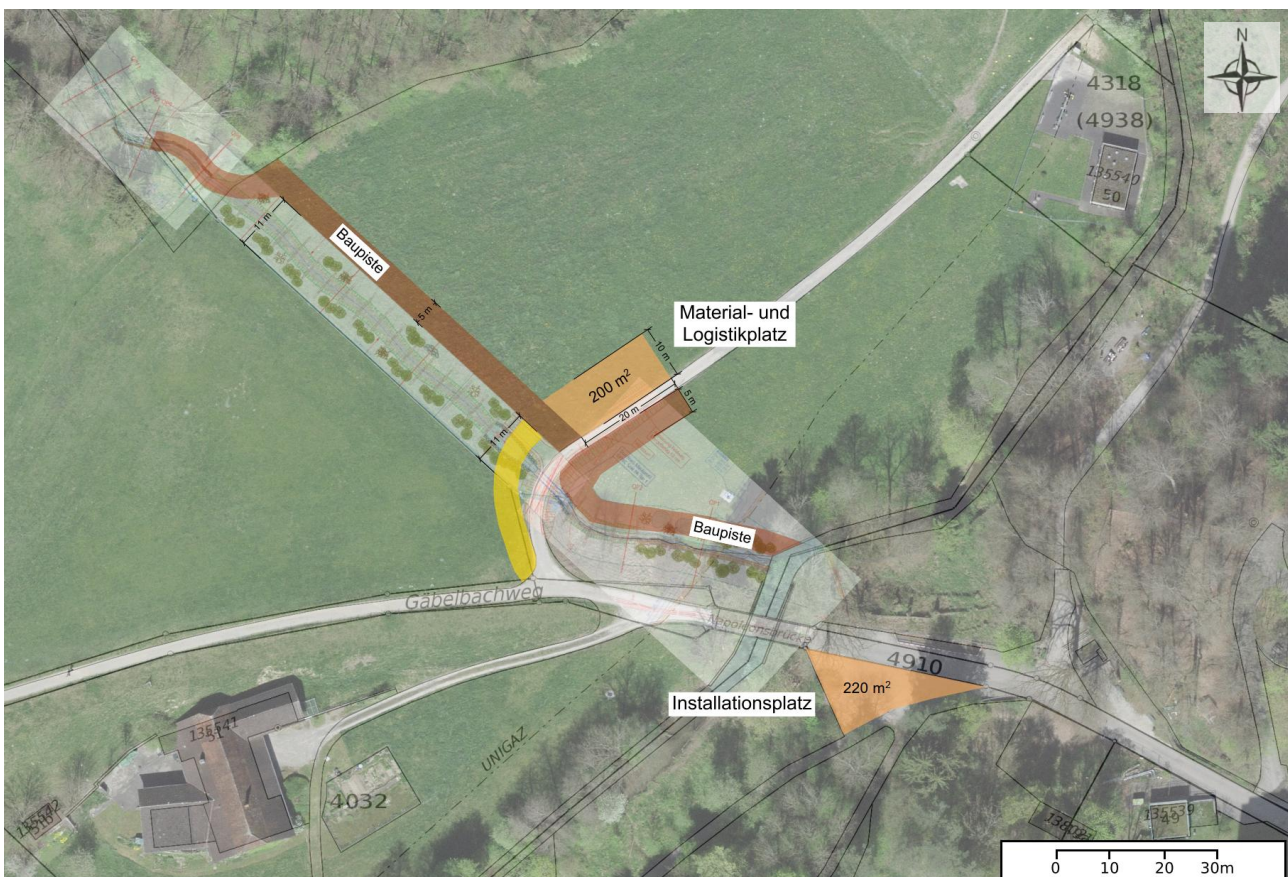


Abbildung 7.1 Baustellenerschliessung und -installation

7.1 Bodenschutz

Im Rahmen des Bauvorhabens werden rund 2'000 m² Boden tangiert.

Der Ober- und Unterboden wird auf der gesamten, durch die Massnahmen tangierten Flächen – exkl. Baupisten und Installationsplätze, separat abgetragen und für die spätere Wiederverwendung (Dammbauten, Umgebungsgestaltung) zwischengelagert.

8. Auswirkungen Projekt / Massnahmen

8.1 Hochwasserschutz

Die neuen Abflussquerschnitte auf dem Projektperimeter sind darauf ausgelegt, dass die in Kapitel 4.2 definierten Hochwasserabflussmengen mit dem in Kapitel 4.4 definierten Freibord durchgeleitet werden kann.

8.2 Umwelt

Das Projekt sieht Eingriffe im Bereich des Gerinneschutzwaldes vor (vgl. Kapitel 3.11.1). Die Massnahmen sind in jedem Fall vorgängig mit dem Forst zu besprechen. Allenfalls wäre es möglich, das Holz für den Bachverbau aus dem Schutzwald zu gewinnen. Diesbezügliche Abklärungen sind mit dem Eigentümer der Parzelle-Nr. 3790 bzw. mit dem Forstbetrieb der Burggemeinde Bern (Bewirtschafter) zu treffen.

Ein allfälliger Holzschlag ist durch den Revierförster der Waldabteilung Mittelland anzuzeichnen. Die erforderlichen Eingriffe in Gehölze (Bäume und Sträucher) dürfen nicht zwischen 1. April und 15. Juli erfolgen.

Im Rahmen der Offenlegung des Napoleonsbächli bzw. des neu zu erstellenden Bachlaufs wird Kulturland [16] (Kunstwiesen ohne Weiden) tangiert. Bei der Ausführung sind entsprechende Bodenschutzmassnahmen zu treffen (vgl. Kapitel 7.1) bzw. diesbezügliche Auflagen einzuhalten.

Vor Beginn der Arbeiten am bestehenden Gerinne im unteren Abschnitt ist der zuständige Fischereiaufseher beizuziehen (Ausfischung). Bezüglich Schutz und Aktivitäten des auf dem unteren Projektabschnitt (Mündungsbereich) heimischen Bibers ist der zuständige Wildhüter beizuziehen.

9. Verbleibende Gefahren

9.1 Restgefährdung

Das Gerinne ist auf ein HQ₂₀ inkl. ein Freibord dimensioniert. Der Abflussquerschnitt vermag folglich ein HQ₁₀₀ Bordvoll abzuleiten. Grössere Ereignisse als die Wassermenge eines HQ₁₀₀ von 1.9 m³/s können jedoch weiterhin zu Ausuferungen führen.

Weiter ist gemäss Gefahrenkarte [5] nach wie vor im oberen Abschnitt des Projektperimeters mit Rutschungen mittlerer Gefährdung zu rechnen.

9.2 Überlastfall

Tritt ein Niederschlagsereignis im Einzugsgebiet des Napoleonsbächli so heftig ein, dass der Ausbau des neuen Gerinnes sowie des Durchlasses beim Feldweg nicht ausreicht, die anfallenden Wassermengen abzuführen, wird es entlang des Gerinnes auf der Parzelle-Nr. 3670 zu Ausuferungen kommen. Es ist in diesem Fall mit Übersaarungen und Erosionen des Kulturlands sowie mit Ausschwemmungen des Feldwegs zu rechnen.

10. Technische Nachweise

10.1 Abflussberechnung neuer Bachlauf

Die Wasserspiegellagen wurden nach Manning-Strickler gerechnet. Folgende Parameter wurden berücksichtigt:

- Querprofile generiert aus DTM Projektperimeter, Vermessung BSB+ (Projektgeometrie) vom 21.10.2022
- Rauigkeit nach Strickler: Sohle $K = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, Böschung $K = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Die Resultate der durchgeführten hydraulischen Abflussberechnungen für die Bemessungswassermenge (Bachlauf $HQ_{20} = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$, Sperren $HQ_{100} = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$) für den verbauten Bachlauf sind im Anhang C-3 zusammengestellt.

10.2 Bachsohle neuer Bachlauf

Das Terrain zwischen dem Wald und dem Feldweg ist mit 13 bis 15 % Neigung relativ steil. Auch durch eine mäandrierende Anordnung des neuen Bachlaufs innerhalb des Gewässerraums kann das Gefälle nicht wesentlich verringert werden. Gemäss den hydraulischen Berechnungen ist bei einem Bruttosohlengefälle von 13 bis 15% und einem Abfluss von $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ_{20}) mit Fließgeschwindigkeiten zwischen 3.0 und 3.2 m/s zu rechnen. Dabei herrscht eine schiessende Abflussform. Die daraus resultierenden Schleppspannungen auf die Sohle liegen bei einer Gerinnebreite von 0.8 m zwischen $\tau = 250$ und 280 N/m^2 (vgl. Anhang C-4).

Das vorhandene Bodenmaterial der Deckschicht (Kies-Sand-Gemisch) und der darunterliegende Gehängelehm vermögen, bei langanhaltender Überströmung, Schleppspannungen bis zu $\tau_{\text{crit}} = 15 \text{ N/m}^2$ standzuhalten. Das vorhandene feinkörnige Sohlensubstrat vermag folglich den im neuen Gerinne auftretenden Schleppspannungen nicht standhalten. Um Erosionsprozesse in der Sohle und im Uferbereich auszuschliessen, ist die Sohle des neuen Bachlaufs auf dem Abschnitt zwischen dem Wald und dem Feldweg mittels Sperren zu verbauen.

10.3 Verbau neuer Bachlauf

Massgebend für die Sperrenanordnung ist das Grenzgefälle des Geschiebes bei Hochwasserabfluss [19]. Die korrekte Lösung ist der auf dieses Grenzgefälle ausgelegte Sperrenvollverbau, um stets ein ausreichendes Eindecken der Sperrfundamente gegen Tiefenerosion und Auskolkung zu gewährleisten. Das Grenzgefälle beträgt meistens wenige Prozente. In der Praxis legt man deshalb die Sperrenabstände möglichst auf das Horizontalniveau aus [18].

Für die Anordnung der Sperren, insbesondere für die Wahl des Sperrenabstands sowie für die Stabilität dieser Bauwerke, haben die Länge und Tiefe des Sperrerkolks eine grosse Bedeutung [24].

Wie in Kapitel 5.2.1 erwähnt, soll das Geschiebe, welches sich im obersten Abschnitt im Wald unmittelbar vor der heutigen Eindolung ablagert, bis zum Sammler vor dem Durchlass beim Feldweg weitergeleitet werden.

Damit das Material nicht zwischen den Sperren in grösseren Mengen liegen bleibt, ist die Staffelung bzw. der Abstand dieser sowie das Gefälle zwischen den Sperren so anzuordnen, dass das Geschiebe weitergeleitet werden kann.

Eine Abschätzung der maximalen Längsausdehnung der Kolkwirkung liefert die Bemessung der Tosbeckenlänge nach Angelholzer. Basierend auf dieser wurde, unter Berücksichtigung der Empfehlung aus [18] und aufgrund der Überlegungen zum Geschiebehalt, der Sperrenabstand bei rund 4.0 m festgelegt.

Mit dem im Projekt vorhandenen feinkörnigen Baugrund (Gehängelehm) ergeben die Berechnungen der Kolkiefen unrealistische Werte. Auch wird es kaum möglich sein die Filterkriterien für einen stabilen Kolkenschutz zu gewährleisten. Aus diesem Grund werden die Sperren mit einem Fallboden ausgebildet. Dieser verhindert die Kolkbildung und gewährleistet die Durchleitung des im Hochwasser anfallenden Geschiebes.

Aufgrund der Terrainneigung (vgl. Kapitel 10.2) und den oben beschriebenen Überlegungen (Grenzgefälle, Sperrenabstand, Geschiebetrieb) ergeben sich bei einem Gefälle von 0.5% zwischen den Sperren und einem Sperrenabstand von rund 4.0 m Absturzhöhen von 0.40 bis 0.60 m.

10.4 Dimensionierung Abflussektion Holzsperrre

Die Bemessung der Abflussektion in Abhängigkeit der Hochwasserabflussmenge $HQ_{100} = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ erfolgt nach der Formel von Poleni. Die Angaben gelten somit für reinen Wasserabfluss [18].

In allgemeiner Form schreibt sich die Formel von Poleni für die Wasserabflusskapazität Q beim Überfall zu:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b_{A,M} \sqrt{2g} H^{2/3}$$

Dabei entspricht die Energielinienhöhe H der Flügelhöhe H_A . Der Beiwert μ wird bei Sperren mit trapezförmiger Abflussektion meistens mit $\mu = 0.55$ eingesetzt. In ungünstigen Fällen, insbesondere bei schräger Anströmung, auch $\mu = 0.45$ [18]. Die Anströmgeschwindigkeit wird bei der Formel von Poleni vernachlässigt, was im vorliegenden Projekt zu einer etwas konservativen Bemessung der Abflussektion führt.

Die kritische Wasserabflusstiefe H_{Gr} tritt im Bereich der Überfallkante auf. D.h. gegen den Absturz hin nimmt die Fliessgeschwindigkeit stark zu und der ursprünglich strömende Zufluss geht im Bereich der Überfallkante ins Schiessen über. Der Wasserspiegel geht dabei durch die kritische Tiefe und die Fliessgeschwindigkeit entspricht der kritischen Abflussgeschwindigkeit [18].

Diese Formel gilt für einen vollkommenen Überfall. D.h. der Abfluss im Gerinne unterhalb der Sperre erfolgt so, dass dadurch der Zufluss zur Sperre und der Absturz über die Schwelle nicht beeinflusst werden. Bei einem Anstieg des Unterwassers bis über die Sperre kommt es zu einer Beeinflussung der Abflussleistung dieser. Zur Berücksichtigung dieses Rückstaeinflusses wird in der Formel ein zusätzlicher Beiwert c_u eingeführt. Dieser ist abhängig von der Form der Überlaufkante der Sperre, der Abflusshöhe oberhalb der Sperre und der Höhendifferenz von der Sperre zum Unterwasserspiegel. Im Vorliegenden Fall hat dies einen untergeordneten Einfluss, da der Beiwert c_u aufgrund der Schwellenhöhen von 0.40 bis 0.60 m bei 0.97 bis 1.00 liegt.

Der Wasserstrahl am Überfall breitet sich unter dem Winkel $\alpha = 10^\circ$ bis 15° gegenüber der Vertikalen aus und trifft an der Luftseite auf die Uferböschungen [18]. Um die Stabilität der Böschung und damit die Gesamtstabilität der Sperre zu gewährleisten, dürfen diese nicht erodiert werden, weshalb die Sohle unmittelbar unter der Abflussektion auf 1.60 m Breite ausgebaut und die Böschungen im vorliegenden Projekt mit einem Längsverbau (Rundholz) gegen Erosion gesichert werden.

Die Abmessungen der Abflussektion sind so zu wählen, dass bei Hochwasser die Böschungen unterhalb der Sperre nicht unterspült werden. Damit ein HQ_{100} von $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeleitet werden kann, ist die Abflussektion auf eine Breite von 1.20 m auszulegen. Die Flügelhöhe ist mit $1.5 \cdot H_{Gr}$ bei 0.90 m festzulegen [18] (vgl. Anhang C-5).

10.5 Baustatische Bemessung Holzsperre

In der Verbaupraxis werden Holzsperrren kaum bemessen, denn es hat sich gezeigt, dass für das Verhalten und insbesondere für die Lebensdauer in der Regel konstruktive und ausführungstechnische Belange massgebend werden [19].

Die einzelnen Rundhölzer der Sperrren tragen als horizontale Balken von Uferböschung zu Uferböschung und werden als solche auf den hydrostatischen Wasserdruck bemessen. Gemäss Abbildung 26 [19] liegt die maximale Spannweite der einzelnen Rundhölzer bei einem Rundholzdurchmesser von 20 bis 30 cm und einer Tiefe unter dem ideellen Wasserspiegel von 1.20 m bei 4.0 bis 6.0 m.

Von besonderer Bedeutung bei diesem von Uferböschung zu Uferböschung tragenden Systems ist eine ausreichende Einbindung der Rundhölzer in die seitlichen Uferböschungen bzw. die Stabilität des Baugrunds. Da dieser im Projektperimeter als schlecht einzustufen ist, haben die Sperrren unter anderem die Tendenz unter Belastung um den vorderen Fusspunkt nach vorne zu kippen. Die Querhölzer (Zangen), die mit der jeweiligen oberen Sperre verbunden sind, wirken als durchlaufende Biegeträger und stabilisieren den Bachverbau.

Für den Verbau ist aus Sicht Lebensdauer Weisstanne zu verwenden.

10.6 Durchlass Feldweg

Wie unter Kapitel 5.2.4 erwähnt, soll mit dem neuen Durchlass eine Fauna gerechte Durchquerung des neuen Gerinnes ermöglicht werden. Es ist vorgesehen diesen mit einer Niederwasserrinne aus natürlichem Sohlensubstrat auszugestalten. Damit das Material nicht ausgeschwemmt wird, darf die Sohle nicht steiler als 1.0 % ausgebildet werden (Angaben gemäss Hersteller Sytec).

Damit ein $HQ_{20} = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$, unter Einhaltung des errechneten Freibords von 0.55 m, abgeleitet werden kann, ist ein Maulprofil mit einer Höhe von 1.06 m und einem Abflussquerschnitt von 1.13 m^2 erforderlich (z.B. Maulprofil Typ 1 von Sytec). Die Konstruktion für die Niederwassergerinne im Durchlass wird den Abflussquerschnitt um rund 20 cm in der Höhe reduzieren.

Nach dem Rückbau des Einlaufbauwerks im Waldabschnitt und dem Bau des neuen Bachlaufs muss damit gerechnet werden, dass im Hochwasserfall Geschiebe und Äste bis zur Mündung des Napoleonsbächli weitertransportiert werden und folglich den Durchlass passieren. Da das Freibord, wie oben beschrieben, nicht ganz eingehalten werden kann, ist im Projekt vorgesehen vor dem Durchlass einen Geschiebe- und Holzsammler zu erstellen.

10.7 Geschiebesammler

Der neue Geschiebesammler verfügt über ein Fassungsvermögen von rund 15 m^3 . Dabei ist eine Ablagerungshöhe von rund 0.60 m auf einer Länge von 7.80 m und einer mittleren Breite von 3.30 m berücksichtigt.

11. Termine und weiteres Vorgehen

Das Projektdossier wird im Herbst 2025 bei der Leitbehörde des Tiefbauamts des Kantons Bern OIK II eingereicht.

Die Umsetzung der Massnahmen ist für den Herbst 2026 vorgesehen. Sofern das Holz für den Verbau aus dem an den Projektperimeter angrenzenden Wald verwendet werden kann (vgl. Kapitel 8.2), sind die Holzerarbeiten aufgrund der Schonzeit vorgängig auszuführen. Für die Realisierung ist mit rund drei bis vier Monaten zu rechnen.

12. Grundlageverzeichnis

Berichte und Pläne

- [1] Gallmann Engineering AG. (01.04.2022). Machbarkeitsstudie Offenlegung Napoleonsbächli.
- [2] Stadt Bern Stadtplanungsamt. (04.12.2019). Gewässerraumplan Detailplan 3.
- [3] Geotechnisches Institut AG (03.07.2025). Baugrunduntersuchung.

Geoportal / Internet

- [4] map.apps.be.ch. (15.05.2025). Gewässernetz. Abgerufen von https://www.topo.apps.be.ch/pub/map/?lang=de&datatheme=GNBE_FK
- [5] map.apps.be.ch. (01.04.2022). Naturgefahrenkarte. Abgerufen von https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_gk5&userprofile=geo&client=core&language=de
- [6] map.apps.be.ch. (31.03.2022). *Kataster der belasteten Standorte*. Abgerufen von https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_kbs&userprofile=geo&client=core&language=de
- [7] map.geo.admin.ch. (25.03.2022). *Zeitreise - Kartenwerke*. Abgerufen von https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers=ch.swisstopo.zeitreihen,ch.bfs.gebaeude_wohnungs_register,ch.bav.haltstellen-oev,ch.swisstopo.swisstlm3d-wanderwege,ch.astra.wanderland-sperrungen_umleitungen&layers_opacity=1,1,1,0.8,0.8&layers_visibility=true,false,false,false,fals&layers_timestamp=19541231,,,&E=2594965.94&N=1200040.74&zoom=10
- [8] map.apps.be.ch. (01.04.2022). Gewässerschutzkarte. Abgerufen von https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_gsk25&userprofile=geo&client=core&language=de
- [9] map.apps.be.ch (01.04.2022). *Felsreliefkarte*. Abgerufen von https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_frk&userprofile=geo&client=core&language=de
- [10] map.apps.be.ch (01.04.2022). Geologie. *GeoCover – Vektordaten*. Abgerufen von https://map.geo.admin.ch/?topic=geol&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover,ch.swisstopo.geologie-tektonische_karte&layers_opacity=0.75,1&E=2595034.74&N=1200053.67&zoom=10&catalogNodes=1786,1787&layers_visibility=true,false
- [11] map.apps.be.ch. (30.03.2022). Orthophoto. Abgerufen von Orthofoto. Abgerufen von https://map.geo.admin.ch/?topic=geol&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.swissimage&layers=ch.swisstopo.geologie-geocover,ch.swisstopo.geologie-tektonische_karte&layers_opacity=0.75,1&E=2594995.08&N=1200061.12&zoom=10.973499999999996&catalogNodes=1786,1787&layers_visibility=false,false
- [12] map.geo.admin.ch. (30.03.2022). *Gefährdungskarte Oberflächenabfluss*. Abgerufen von https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=ech&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&layers=ch.swisstopo.zeitreihen,ch.bfs.gebaeude_wohnungs_register,ch.bav.haltstellen-oev,ch.swisstopo.swisstlm3d-wanderwege,ch.astra.wanderland-sperrungen_umleitungen,ch.bafu.gefaehrdungskarte-

- oberflaechenabfluss&layers_opacity=1,1,1,0.8,0.8,1&layers_visibility=false,false,false,false,false,true&layers_timestamp=18641231,,,,,&E=2595002.80&N=1200139.05&zoom=10
- [13] bafu.admin.ch. (06.04.2022). *Bestimmung des Abflussregimetyps*. Abgerufen von <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/zustand/wasser--methoden/grobe-abschaetzung-hydrologischer-kenngroessen-ueber-den-abfluss/bestimmung-des-abflussregimetyps.html#1221100494>
- [14] map.geo.admin.ch. (07.04.2022). *Archäologisches Inventar*. Abgerufen von https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_archiv&userprofile=geo&client=core&language=de
- [15] www.topo.apps.be.ch (07.06.2025). *Schutzwald*. Abgerufen von https://www.topo.apps.be.ch/pub/map/?lang=de&datatheme=SHK_FK
- [16] map.geo.admin.ch. (07.04.2022). *Landwirtschaftliche Kulturen 2022 (provisorisch)*. Abgerufen von https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_landkult_prov&userprofile=geo&client=core&language=de

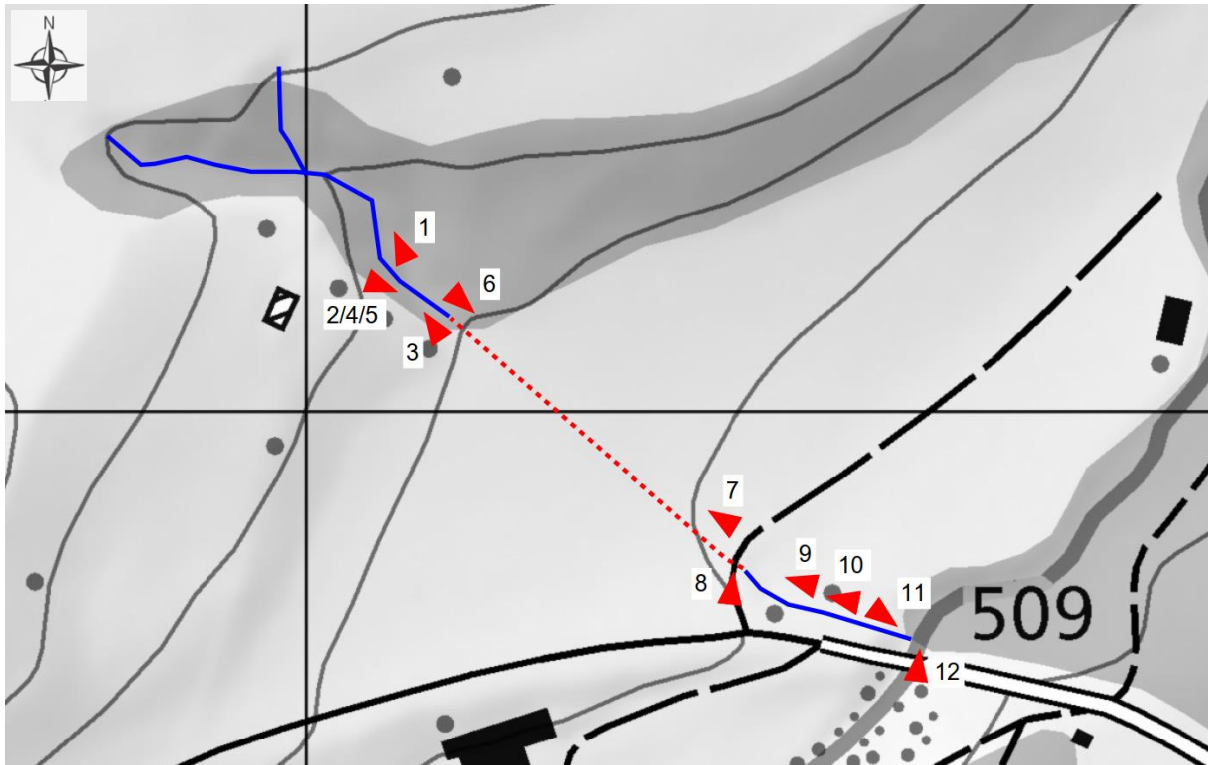
Literatur, Wegleitungen, Richtlinien, Gesetzliche Grundlagen

- [17] Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG). (2001). Hochwasserschutz an Fließgewässern. *Wegleitung des BWG*.
- [18] Böll, Albert. (1997). Wildbach- und Hangverbau. In Bericht der Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft Nr. 343.
- [19] A. Böll, W. Gerber, F. Graf, Chr. Rickli. (1999). Holzkonstruktionen im Wildbach- und Runsenverbau. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- [20] Kommission Hochwasserschutz KOHS. (2013). Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilung. Erschienen in: Wasser Energie Luft – 105 Heft 1. S. 43 – 53.
- [21] Tiefbauamt des Kantons Bern, Amt für Landwirtschaft und Natur, Fischereiinspektorat, Amt für Wasser und Abfall, Amt für Umweltkoordination und Energie. *Merkblatt 839.10, Unterhalt von Wiesenbächen*.
- [22] Tiefbauamt des Kantons Bern. (14.09.2018). *Wegleitung Gewässerunterhalt – Grundlagen zur Behandlung und Beurteilung von Unterhaltsanzeigen*.
- [23] Bau- und Verkehrsdirektion / Tiefbauamt Kanton Bern. (17.01.2025). Richtlinie. *Beiträge für wasserbauliche Grundlagen, Schutzbauten und Revitalisierungen im Kanton Bern*.
- [24] K. Bergmeister, J. Suda, J. Hübl, F. Rudolf-Miklau. (2009). *Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren – Grundlagen, Entwurf und Bemessung, Beispiele*. Berlin: Ernst & Sohn Verlag

ANHANG A FOTODOKUMENTATION

Machbarkeitsstudie Offenlegung Napoleonsbächli

Fotodokumentation



Napoleonsbächli Fotostandorte



Bild 1: Oberlauf Napoleonsbächli



Bild 2: Eingestautes Einlaufbauwerk, Blickrichtung Gäbelbach



Bild 3: Eingestautes Einlaufbauwerk, Blickrichtung Obermatt



Bild 4: Einlaufbauwerk nach Freilegung



Bild 5: Einlaufbauwerk an Begehung vom 14.02.2022

Bild 5: Bau Biberdamm mit Frassplatz am Ufer



Bild 6: Provisorium Ableitung Überlast



Bild 7: Provisorium Ableitung Überlast, Blickrichtung Obermatt



Bild 8: Durchlass Feldweg



Bild 9: Unterlauf Napoleonsbächli, Blickrichtung Obermatt



Bild 10: Unterlauf Napoleonsbächli



Bild 11: Unterlauf Napoleonsbächli unmittelbar vor Mündung Gäbelbach



Bild 12: Linksufrig des Gäbelbachs Einmündung Napoleonsbächli in den Gäbelbach

ANHANG B HYDROLOGIE / HOCHWASSERABFLUSS

Offenlegung Napoleonsbächli

Abflussermittlung Einzugsgebiet:

Napoleonsbächli

Fläche des Einzugsgebiets	F	20.700 [ha]			
red. Fläche des Einzugsgebiets	F _{red}	4.140 [ha]	Konzentrationszeit	t _c	25 [min]
Regenintensität	r	313 [l/s*ha]	Konzentrationszeit	t _c	27 [min]
Gebietsausfluss Q ₁₀₀	Q _{max}	1'297 [l/s]	ermittelt aus Blockregen		100 Jährliches Ereignis
Gebietsausfluss Q ₁₀₀	Q _{max}	2'477 [l/s]	ermittelt aus 90 min Modellregen		100 Jährliches Ereignis

Empirische Modelle zur Ermittlung des Gebietsausflusses für die Wiederkehrperiode von: 100 Jahre

Modell	Formel	Q ₁₀₀ [m ³ /s]	Q ₁₀₀ kor. [m ³ /s]	Gebietsparameter			Gültigkeitsbereich	Jährlichkeit
Hofbauer	$HQ_{max} = \alpha * 60 * F^{1/2}$	8.2	3.4	Abflusskoeffizient nach Hofbauer	α	0.3	10 - 20'000 km ²	2.4 * HQ ₁₀₀
Kürsteiner	$HQ_{max} = C * E^{2/3}$	2.1	1.5	Charakterisierung Einzugsgebiet	C	6	5 - 500 km ²	1.4 * HQ ₁₀₀
Melli	$HQ_{max} = 7.426 * F^{5/6}$	2.0	0.8				< 100 km ²	2.5 * HQ ₁₀₀
Müller - Zeller	$HQ_{max} = \alpha * \psi * F^{2/3}$	2.8	1.6	Zonenkoeffizient	α	20	2 - 100 km ²	1.8 * HQ ₁₀₀
				Abflusskoeffizient	ψ	0.4		
Müller modifiziert	$HQ_{max} = 43 * \psi * E^{2/3}$	3.8	-	Abflusskoeffizient nach Rickli und Forster	ψ	0.25	≥ 1 km ²	HHQ > HQ ₁₀₀
VAW	$HQ_{max} = C * E^{0.85}$	3.1	3.1	x Jahre	C	12	0.5 - 100 km ²	HHQ
GIUB'96	$HQ_{100} = a * F^n$	2.8	1.9	Regionspezifische Parameter	a	7.18	1 - 1'000 km ²	1.45 * HQ ₁₀₀
				Regionspezifische Parameter	b	0.6		

Laufzeitmodell zur Ermittlung des Gebietsausflusses für die Wiederkehrperiode von: 20 Jahre

Modell	Formel	Q [m ³ /s]	Gebietsparameter			Einheit / Bemerkungen
Listenrechnung Imhof (Rational Formula) Strassenentwässerung	$HQ_x = r_{t,x} * \psi * F$	1.0	massgebende Regenintensität	r _{t,x}	136.54	[l/s*ha]
			Anlaufzeit	T _A	49	[min]
			Koeffizient (Abhängig von Ort u. Intervall z)	K	9208	für z = 20 Jahre
			Koeffizient (VSS SN 640 350)	a _T	52.29	für z = 20 Jahre
			Koeffizient (VSS SN 640 350)	b _T	0.251	für z = 20 Jahre
			Abflusskoeffizient Mittelwert	ψ	0.35	-
			Fließweg	L _A	867.2	[m]
Mittleres Gefälle	J	9.67	[%]			

Hydrologie: Napoleonsbächli (topografisches EZ)

Berechnet von: Gallmann Engineering AG 04.07.2024

Informationen mit Übersichtsplan

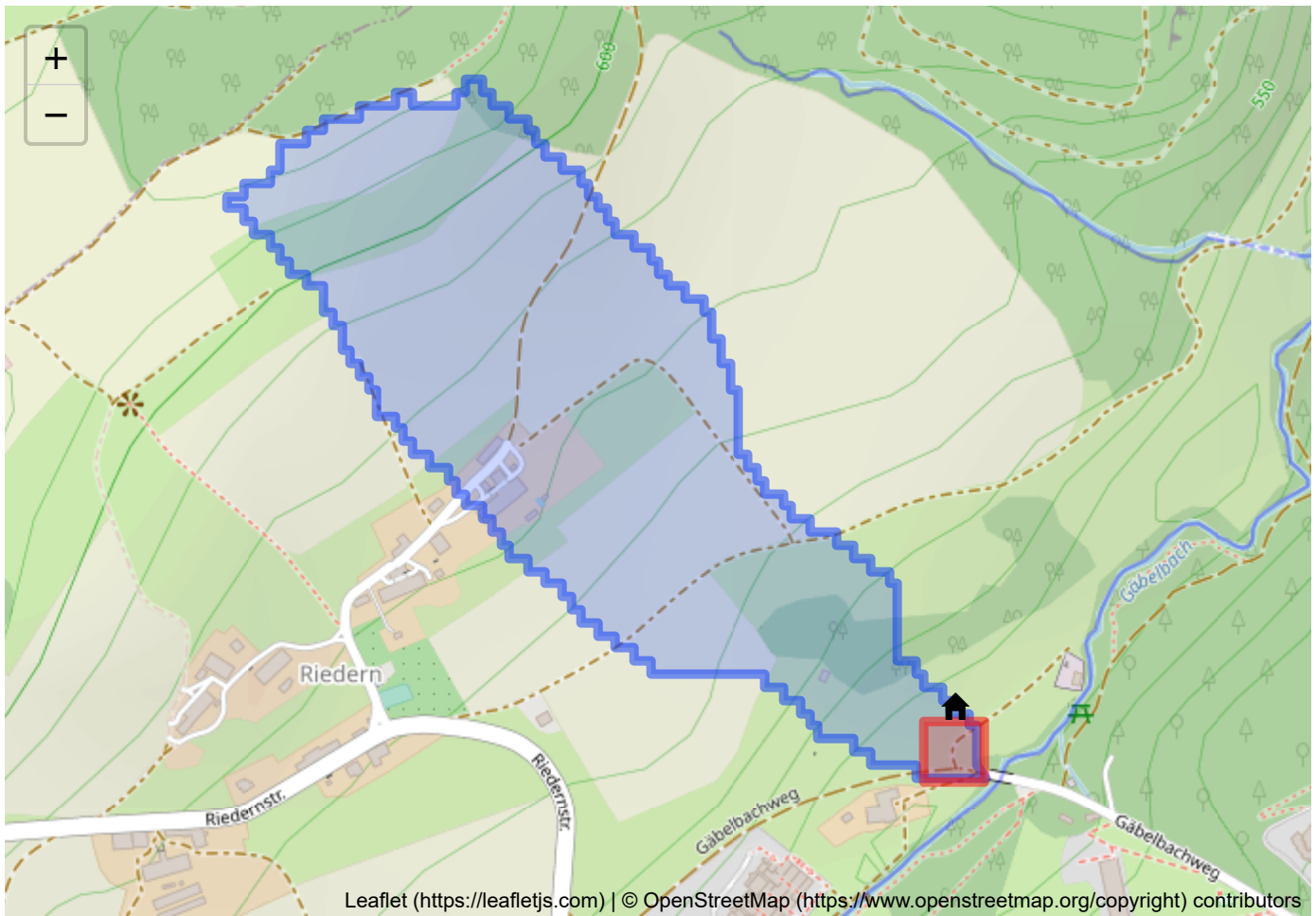
Beschreibung	Wert	Typ	Koordinate X	Koordinate Y	Einzugsgebiet
Einzugsgebiet (km²)	0.15	Ursprung	2595105	1199960	55m x 55m
Steigung Durchschnitt (%)	9.67				
Höhendifferenz Ursprung - höchster Punkt (m)	111.01				
Höhe Durchschnitt (m.ü.M)	571.71				

'Steigung Durchschnitt': für jeden Geo-Punkt im Raster wird der Durchschnitt aller 9 angrenzenden Steigungen berechnet

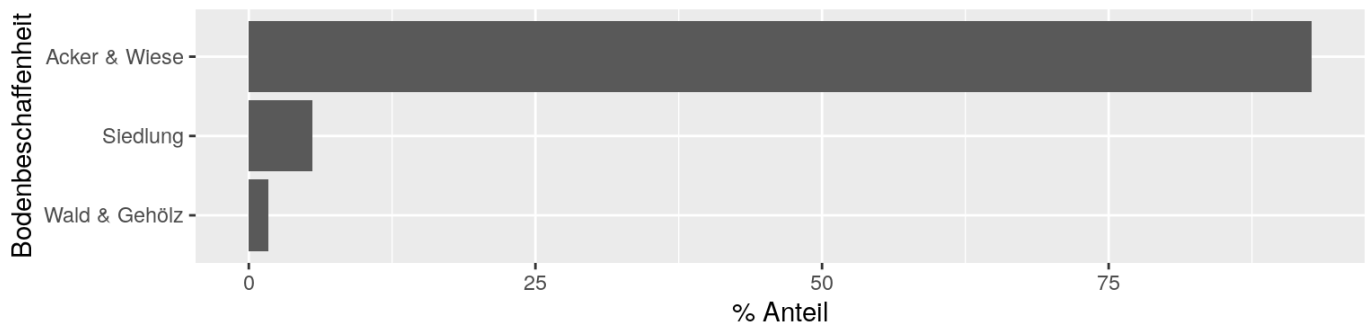
Abflussberechnungen

Formel	Parameter	Abfluss m ³ /s (Q)	Abfluss m ³ /s*km ² (q)
Kuersteiner	C= 5	1.4415	9.31210
Müllerzeller	alpha=43, phi=0.15	1.8595	12.01260
Durchschnitt	Mittelwert	1.6505	10.66235

Übersichtsplan Einzugsgebiet



Anteile der Bodenbeläge

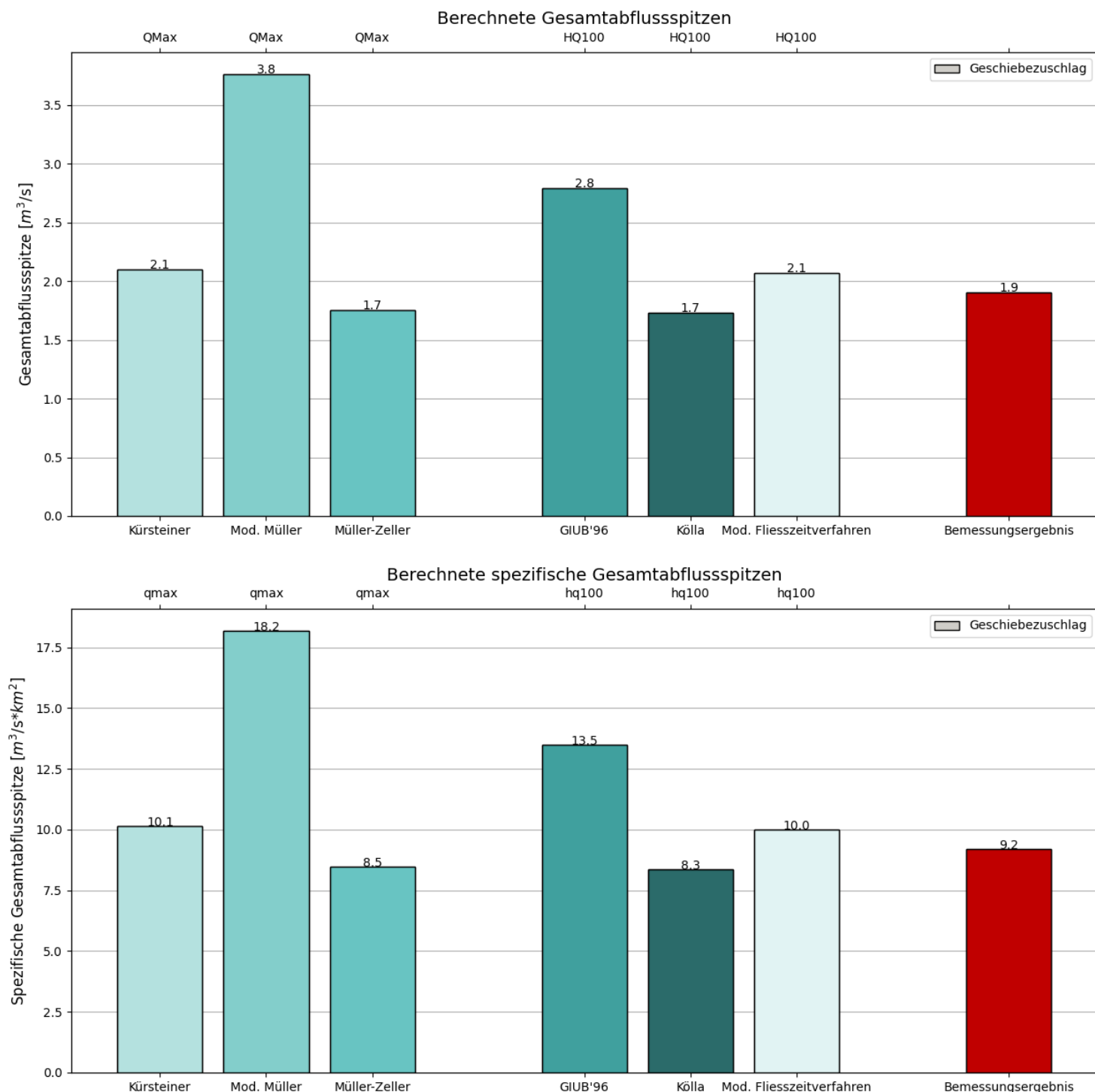


Werte der Bodenbeschaffenheit

Boden	Boden %	Steigung %	Mittlere Höhe (m)	Fläche (km ²)
Acker & Wiese	92.72	8.93	572.24	0.144
Wald & Gehölz	1.71	6.62	570.96	0.003
Siedlung	5.57	6.32	573.39	0.009

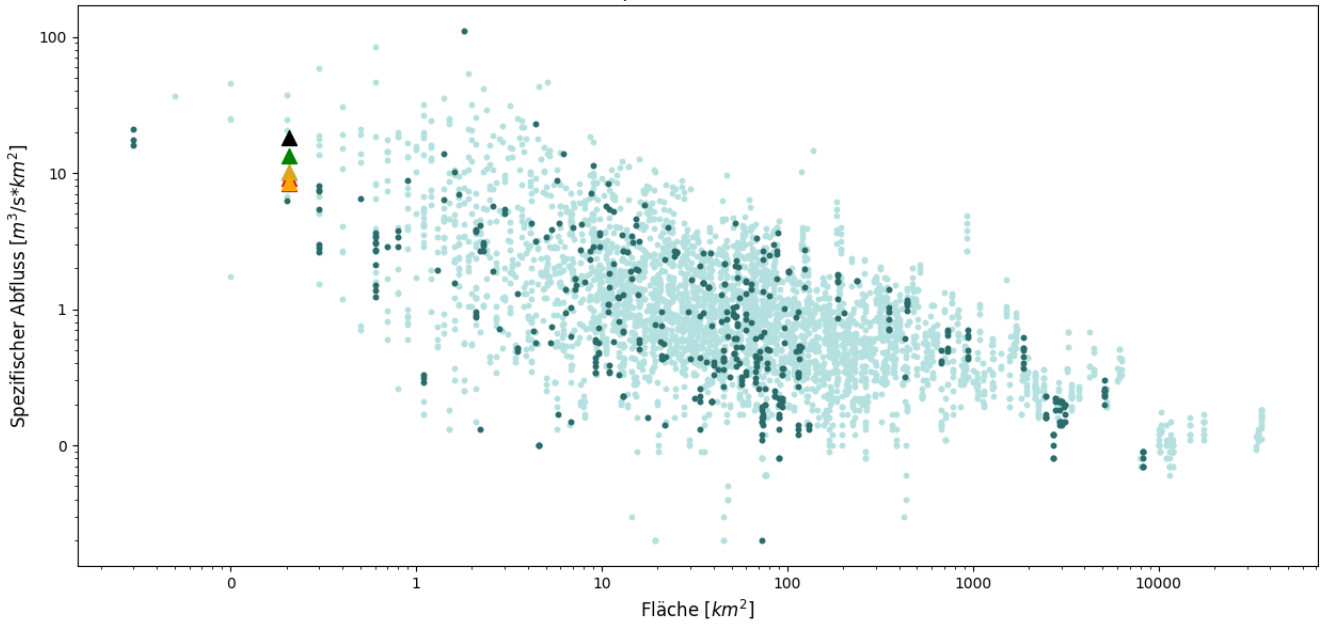
Offenlegung Napoleonsbächli Hochwasserabschätzung

Auswertung zu Napoleonsbächli am 12.08.2024

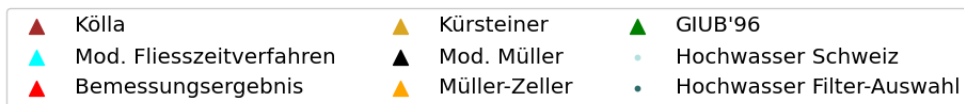
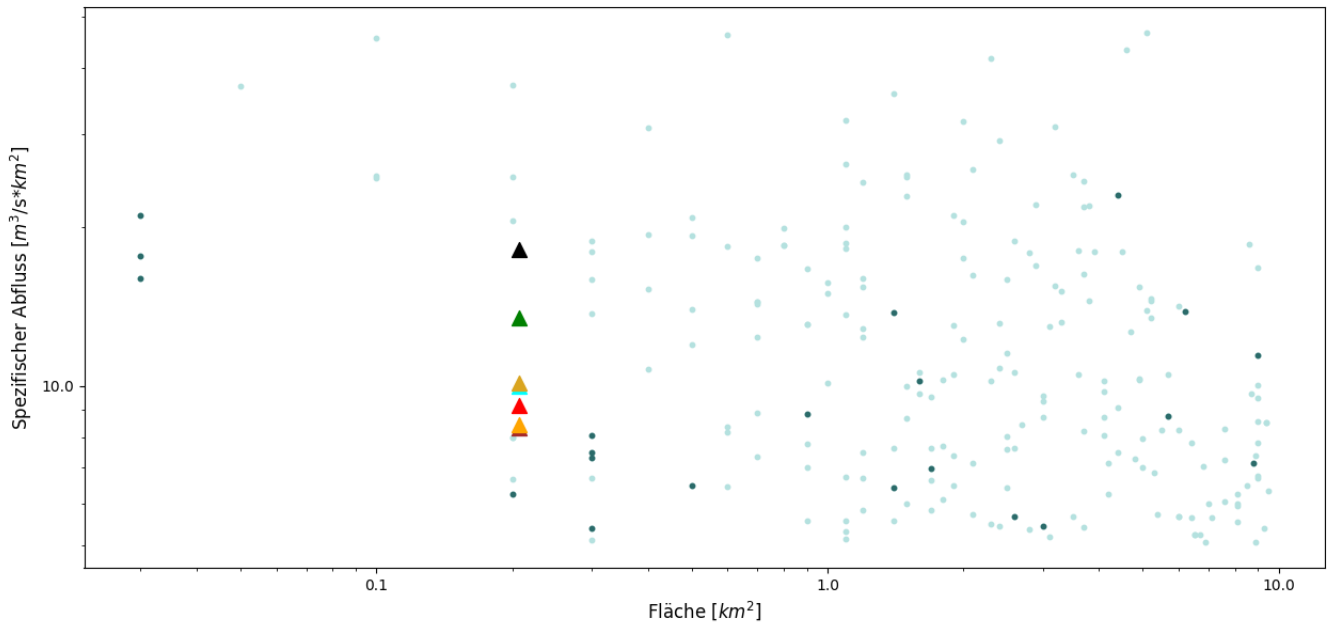


Plausibilisierung

Dokumentierte spezifische Hochwasserabflüsse



Detailansicht



Quelle: Hochwasserdaten, Scherrer et al., 2018

Berechnungsgrundlage

Berechnung	Parameter	Wert
Gebietseigenschaften	Name des Projekts	Napoleonsbächli
Gebietseigenschaften	Fläche Einzugsgebiet [km^2]	0.207
Bemessungsniederschlag	Summe 1h Niederschlag, Jährlichkeit 2.00 J [mm]	20.0
Bemessungsniederschlag	Summe 24h Niederschlag, Jährlichkeit 2.00 J [mm]	54.0
Bemessungsniederschlag	Summe 1h Niederschlag, Jährlichkeit 100 J [mm]	57.0
Bemessungsniederschlag	Summe 24h Niederschlag, Jährlichkeit 100 J [mm]	115.0
Kürsteiner	c-Wert [-]	6.0
Mod. Müller	mittlerer Abflussbeiwert [-]	0.25
Müller-Zeller	Alpha-Wert [-]	20
GIUB'96	a (HQ100)	7.18
GIUB'96	b	0.6
Kölla	kumulative Gerinnelänge [km]	0.9
Kölla	Klasse des Benetzungsvolumens	B
Kölla	Verteilung	1. Extremalverteilung
Kölla	Wiederkehrperiode	100 Jahre
Kölla	Fläche Gletscher [km^2]	0.0
Kölla	Fläche versiegelt [km^2]	0.009
Mod. Fließzeitverfahren	Jährlichkeit [Jahre]	100.0
Mod. Fließzeitverfahren	maximale Fließlänge [m]	868.0
Mod. Fließzeitverfahren	Höhendifferenz [m]	112.0
Filter	Geschiebezuschlag [%]	0.0
Filter	Bemessungsergebnis [m^3]	1.9
Plausibilisierung	Filtern der Daten nach Region	Mittelland
Plausibilisierung	Filtern der Daten nach Kanton	BE
Plausibilisierung	Filtern der Daten nach Flussgebiet	-
Plausibilisierung	Spezifischer Abfluss minimal [$m^3/s*km^2$]	5.0
Plausibilisierung	Spezifischer Abfluss maximal [$m^3/s*km^2$]	50.0
Plausibilisierung	Fläche minimal [km^2]	0.01
Plausibilisierung	Fläche maximal [km^2]	10.0

Reinwasser- und Gesamtabflussspitzen

Methode	Jährlichkeit	Reinwasserspitze [m^3/s]	Gesamtabflussspitze [m^3/s]
Kürsteiner	QMax	2.1	2.1
Mod. Müller	QMax	3.8	3.8
Müller-Zeller	QMax	1.7	1.7
GIUB'96	HQ100	2.8	2.8
Kölla 100 jährlich	HQ100	1.7	1.7
Mod. Fließzeitverfahren 100.0 jährlich	HQ100	2.1	2.1

ANHANG C TECHNISCHE NACHWEISE

Offenlegung Napoleonsbächli

Abflusskapazität best. Bachleitung Abschnitt 1 (Einlauf - ES)

Abflussleistung von kreisförmigen Druckrohren

EINGABE		
Rohrdurchmesser	$d =$	0,3 m
absolute Rauheit	$k =$	2 mm
Gefälle	$I =$	5,4 ‰
Temperatur	$T =$	10 °C
Dichte	$\rho =$	1000 kg/m ³
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Durchfluss	$Q =$	0,218 m ³ /s
Durchfluss	$Q =$	218,4 l/s
Querschnittsfläche	$A =$	0,071 m ²
Fließgeschwindigkeit	$v =$	3,090 m/s
Reynolds-Zahl	$Re =$	708.184,4 -
Widerstandsbeiwert	$\lambda =$	0,03328 -
Dynamische Viskosität	$\eta =$	0,00131 N·s/m ²
Kinematische Viskosität	$\nu =$	1,3091E-6 m ² /s

FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2)$$

$$v = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot d}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot d} \quad (3)$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4)$$

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{0,001779}{1 + 0,03368 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2} \quad (6)$$

Bei laminarer Strömung ($Re < 2320$):

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (7)$$

Bei turbulenter Strömung ($Re \geq 2320$):

$$\lambda = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \right]^{-2} \quad (8)$$

Offenlegung Napoleonsbächli

Abflusskapazität best. Bachleitung Abschnitt 2 (ES - KS)

Abflussleistung von kreisförmigen Druckrohren

EINGABE		
Rohrdurchmesser	$d =$	0,3 m
absolute Rauheit	$k =$	2 mm
Gefälle	$I =$	11,1 %
Temperatur	$T =$	10 °C
Dichte	$\rho =$	1000 kg/m ³
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Durchfluss	$Q =$	0,313 m ³ /s
Durchfluss	$Q =$	313,4 l/s
Querschnittsfläche	$A =$	0,071 m ²
Fließgeschwindigkeit	$v =$	4,433 m/s
Reynolds-Zahl	$Re =$	1.015.860,2 -
Widerstandsbeiwert	$\lambda =$	0,03325 -
Dynamische Viskosität	$\eta =$	0,00131 N·s/m ²
Kinematische Viskosität	$\nu =$	1,3091E-6 m ² /s

FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2)$$

$$v = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot d}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot d} \quad (3)$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4)$$

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{0,001779}{1 + 0,03368 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2} \quad (6)$$

Bei laminarer Strömung ($Re < 2320$):

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (7)$$

Bei turbulenter Strömung ($Re \geq 2320$):

$$\lambda = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \right]^{-2} \quad (8)$$

Offenlegung Napoleonsbächli

Abflusskapazität best. Bachleitung Abschnitt 3 (KS - Auslauf)

Abflussleistung von kreisförmigen Druckrohren

EINGABE		
Rohrdurchmesser	$d =$	0,3 m
absolute Rauheit	$k =$	2 mm
Gefälle	$I =$	7,08 %
Temperatur	$T =$	10 °C
Dichte	$\rho =$	1000 kg/m ³
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Durchfluss	$Q =$	0,250 m ³ /s
Durchfluss	$Q =$	250,2 l/s
Querschnittsfläche	$A =$	0,071 m ²
Fließgeschwindigkeit	$v =$	3,539 m/s
Reynolds-Zahl	$Re =$	811.071,9 -
Widerstandsbeiwert	$\lambda =$	0,03327 -
Dynamische Viskosität	$\eta =$	0,00131 N·s/m ²
Kinematische Viskosität	$\nu =$	1,3091E-6 m ² /s

FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2)$$

$$v = -2 \cdot \log \left(\frac{2,51 \cdot v}{d \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot d}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \cdot \sqrt{2g \cdot I \cdot d} \quad (3)$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4)$$

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{0,001779}{1 + 0,03368 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2} \quad (6)$$

Bei laminarer Strömung ($Re < 2320$):

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (7)$$

Bei turbulenter Strömung ($Re \geq 2320$):

$$\lambda = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \right]^{-2} \quad (8)$$

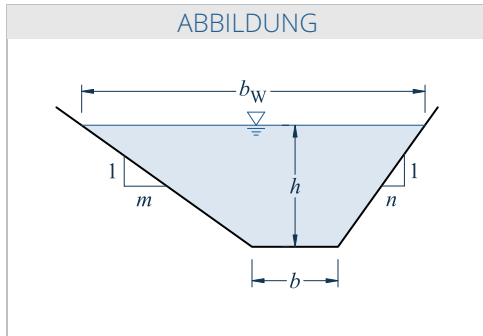
Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit der Fließtiefe h

EINGABE		
Fließtiefe	$h =$	0,45 m
Sohlbreite	$b =$	0,58 m
Gefälle	$l =$	10,5 %
Böschungsneigung links	$m =$	0,75 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	0,58 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 $m^{1/3}/s$
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 $m^{1/3}/s$
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 $m^{1/3}/s$
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s^2
ERGEBNIS		
Durchfluss	$Q =$	1,231 m^3/s
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	3,111 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,396 m^2
Benetzter Umfang	$l_U =$	1,663 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,238 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	245,11 N/m^2
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	1,179 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 $m^{1/3}/s$
Froude-Zahl	$Fr =$	1,714 -
Abflussform	$=$	schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit der Fließtiefe h



FORMELN

$Q = v \cdot A$	(1)
$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$	(2)
$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right)$	(3)
$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right)$	(4)
$r_{hy} = \frac{A}{l_U}$	(5)
$b_W = b + h \cdot (m+n)$	(6)
$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3}$	(7)
$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}}$	(8)
$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$	(9)

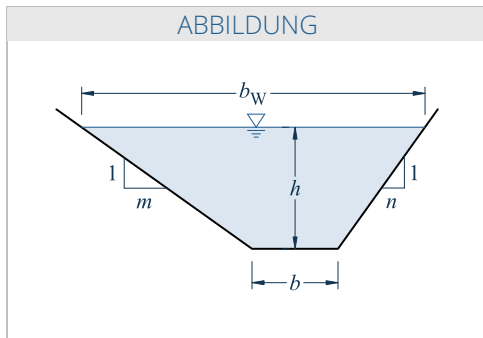
Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit der Fließtiefe h

EINGABE		
Fließtiefe	$h =$	0,41 m
Sohlbreite	$b =$	0,60 m
Gefälle	$l =$	5,8 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	1,07 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	0,98 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Durchfluss	$Q =$	0,961 m ³ /s
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	2,298 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,418 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	1,775 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,236 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	134,12 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	1,441 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	1,361 -
Abflussform	$=$	schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit der Fließtiefe h



FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right) \quad (3)$$

$$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right) \quad (4)$$

$$r_{hy} = \frac{A}{l_U} \quad (5)$$

$$b_W = b + h \cdot (m+n) \quad (6)$$

$$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3} \quad (7)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}} \quad (8)$$

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I \quad (9)$$

Offenlegung Napoleonsbächli

Berechnung Freibord

Gewässer: Napoleonsbächli Projekt Nr.: BE03
 Abschnitt: gesamt Datum: 21.05.2025

Berechnung unter Berücksichtigung eines Sohlenverbaus mittels Sperren (Nettogefälle)

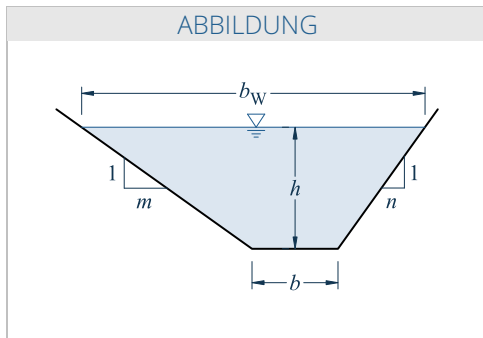
Querprofil	Wasserspiegellage HQ ₂₀ = 1.1 m ³ /s	Fließgeschw.	Unschärfe prognostizierte Sohlenlage	Teilfreibord Unschärfe Wsp.	Teilfreibord Wellenbildung / Rückstau	Teilfreibord Treibgut unter Brücke	Gesamtfreibord Erforderliches Freibord nach KOHS	Freibord gewählt
QP	h [m]	V [m/s]	σ_{wz} [m]	f_w [m]	f_v [m]	f_t [m]	f_e [m]	f_e [m]
QP11	0.26	2.76	0.10	0.13	0.39	0.00	0.41	0.45
QP10	0.38	2.96	0.10	0.13	0.45	0.00	0.47	0.50
QP9 Projekt	0.49	1.36	0.10	0.13	0.09	0.00	0.16	0.20
QP8 Projekt	0.44	1.35	0.10	0.13	0.09	0.00	0.16	0.20
QP7 Projekt	0.72	1.06	0.10	0.14	0.06	0.00	0.15	0.15
QP6 Projekt	0.71	1.01	0.10	0.14	0.05	0.00	0.15	0.15
QP5 Projekt	0.71	1.01	0.10	0.14	0.05	0.00	0.15	0.15
QP4 Projekt	0.33	1.06	0.10	0.13	0.06	0.00	0.14	0.15
Durchlass QP3 (Sytec Typ 1)	0.49	1.95	0.10	0.13	0.19	0.50	0.55	0.55
QP02 Projekt	0.71	1.01	0.10	0.14	0.05	0.00	0.15	0.15
QP01 bestehend	0.36	3.01	0.10	0.13	0.46	0.00	0.48	0.50

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen**Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q**

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	0.8 m
Gefälle	$I =$	10.8 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	0.75 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	0.50 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,357 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	3,012 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,365 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	1,645 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,222 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	235,19 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	1,246 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	1,776 -
Abflussform	$=$	schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right) \quad (3)$$

$$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right) \quad (4)$$

$$r_{hy} = \frac{A}{l_U} \quad (5)$$

$$b_W = b + h \cdot (m + n) \quad (6)$$

$$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3} \quad (7)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}} \quad (8)$$

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I \quad (9)$$

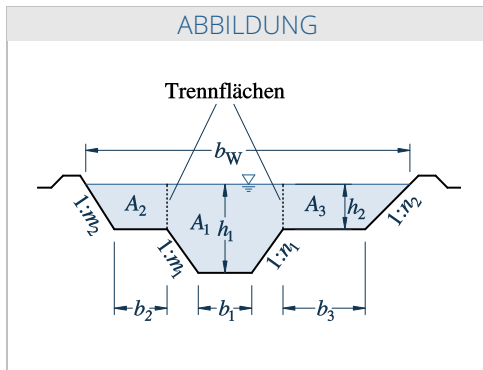
Abfluss in gegliederten Querschnitten

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler

EINGABE		
Fließtiefe im Hauptgerinne	$h_1 =$	0.71 m
Fließtiefe im Vorland	$h_2 =$	0.17 m
Sohlbreite im Hauptgerinne	$b_1 =$	1.32 m
Sohlbreite im linken Vorland	$b_2 =$	0.17 m
Sohlbreite im rechten Vorland	$b_3 =$	0.17 m
Gefälle	$I =$	0.5 ‰
Linke Böschungsneigung im Hauptgerinne	$m_1 =$	0.25 -
Rechte Böschungsneigung im Hauptger.	$n_1 =$	0.25 -
Böschungsneigung im linken Vorland	$m_2 =$	0.5 -
Böschungsneigung im rechten Vorland	$n_2 =$	0.5 -
Rauheitsbeiwert Hauptgerinne	$k_{St,1} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert linkes Vorland	$k_{St,2} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert rechtes Vorland	$k_{St,3} =$	25 m ^{1/3} /s
Trennflächen berücksichtigen?	=	nein
ERGEBNIS		
Abfluss im Gesamtquerschnitt	$Q =$	1,098 m ³ /s
Abfluss im Hauptgerinne	$Q_1 =$	1,070 m ³ /s
Abfluss im linken Vorland	$Q_2 =$	0,014 m ³ /s
Abfluss im rechten Vorland	$Q_3 =$	0,014 m ³ /s
Fließgeschwindigkeit im Hauptgerinne	$v_1 =$	1,013 m/s
Fließgeschwindigkeit im linken Vorland	$v_2 =$	0,382 m/s
Fließgeschwindigkeit im rechten Vorland	$v_3 =$	0,382 m/s
Gesamtdurchflussfläche	$A =$	1,128 m ²
Durchflussfläche des Hauptgerinnes	$A_1 =$	1,056 m ²
Durchflussfläche im linken Vorland	$A_2 =$	0,036 m ²
Durchflussfläche im rechten Vorland	$A_3 =$	0,036 m ²
Benetzter Umfang des Hauptgerinnes	$l_{U,1} =$	2,433 m
Benetzter Umfang im linken Vorland	$l_{U,2} =$	0,360 m
Benetzter Umfang im rechten Vorland	$l_{U,3} =$	0,360 m
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	2,100 m

Abfluss in gegliederten Querschnitten

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler



FORMELN

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_x = v_x \cdot A_x \quad (1)$$

$$v_x = k_{St,x} \cdot r_{hy,x}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$r_{hy,x} = \frac{A_x}{l_{U,x}} \quad (3)$$

$$A_1 = (h_1 - h_2) \cdot \left[b_1 + (h_1 - h_2) \cdot \frac{m_1 + n_1}{2} \right] + h_2 \cdot [b_1 + (h_1 - h_2) \cdot (m_1 + n_1)] \quad (4)$$

$$A_2 = h_2 \cdot \left[b_2 + \frac{m_2 \cdot h_2}{2} \right] \quad (5)$$

$$A_3 = h_2 \cdot \left[b_3 + \frac{n_2 \cdot h_2}{2} \right] \quad (6)$$

$$l_{U,1} = b_1 + (h_1 - h_2) \cdot \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + n_1^2} \right) + 2 \cdot h_2 \quad (\text{mit Trennflächen}) \quad (7)$$

$$l_{U,2} = b_2 + h_2 \cdot \sqrt{1 + m_2^2} \quad (8)$$

$$l_{U,3} = b_3 + h_2 \cdot \sqrt{1 + n_2^2} \quad (9)$$

$$b_W = b_1 + b_2 + b_3 + (h_1 - h_2) \cdot (m_1 + n_1) + h_2 \cdot (m_2 + n_2) \quad (10)$$

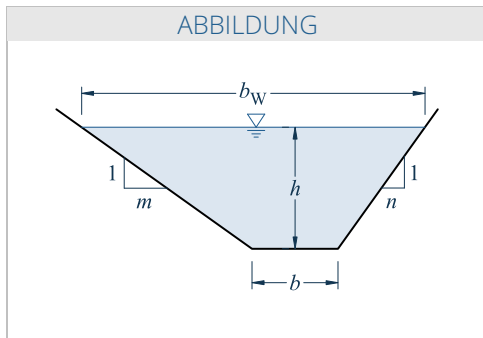
Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	3 m
Gefälle	$I =$	1 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	0.5 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	0.5 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,327 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	1,063 m/s
Durchflussfläche	$A =$	1,035 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	3,731 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,277 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	27,21 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	3,327 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	0,609 -
Abflussform	$=$	strömend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN	
$Q = v \cdot A$	(1)
$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$	(2)
$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right)$	(3)
$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right)$	(4)
$r_{hy} = \frac{A}{l_U}$	(5)
$b_W = b + h \cdot (m+n)$	(6)
$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3}$	(7)
$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}}$	(8)
$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$	(9)

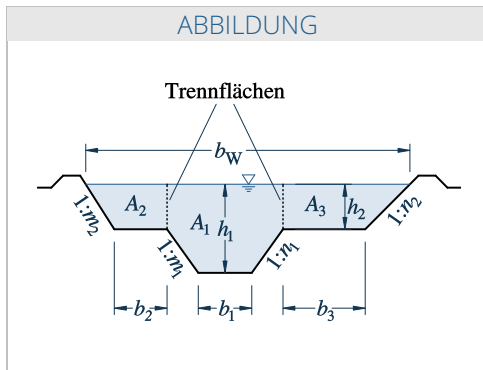
Abfluss in gegliederten Querschnitten**Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler**

EINGABE		
Fließtiefe im Hauptgerinne	$h_1 =$	0.72 m
Fließtiefe im Vorland	$h_2 =$	0.18 m
Sohlbreite im Hauptgerinne	$b_1 =$	1.28 m
Sohlbreite im linken Vorland	$b_2 =$	0.17 m
Sohlbreite im rechten Vorland	$b_3 =$	0.17 m
Gefälle	$I =$	0.5 ‰
Linke Böschungsneigung im Hauptgerinne	$m_1 =$	0.25 -
Rechte Böschungsneigung im Hauptger.	$n_1 =$	0.25 -
Böschungsneigung im linken Vorland	$m_2 =$	0.5 -
Böschungsneigung im rechten Vorland	$n_2 =$	0.5 -
Rauheitsbeiwert Hauptgerinne	$k_{St,1} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert linkes Vorland	$k_{St,2} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert rechtes Vorland	$k_{St,3} =$	25 m ^{1/3} /s
Trennflächen berücksichtigen?	=	nein

ERGEBNIS		
Abfluss im Gesamtquerschnitt	$Q =$	1,090 m ³ /s
Abfluss im Hauptgerinne	$Q_1 =$	1,060 m ³ /s
Abfluss im linken Vorland	$Q_2 =$	0,015 m ³ /s
Abfluss im rechten Vorland	$Q_3 =$	0,015 m ³ /s
Fließgeschwindigkeit im Hauptgerinne	$v_1 =$	1,016 m/s
Fließgeschwindigkeit im linken Vorland	$v_2 =$	0,392 m/s
Fließgeschwindigkeit im rechten Vorland	$v_3 =$	0,392 m/s
Gesamtdurchflussfläche	$A =$	1,121 m ²
Durchflussfläche des Hauptgerinnes	$A_1 =$	1,043 m ²
Durchflussfläche im linken Vorland	$A_2 =$	0,039 m ²
Durchflussfläche im rechten Vorland	$A_3 =$	0,039 m ²
Benetzter Umfang des Hauptgerinnes	$l_{U,1} =$	2,393 m
Benetzter Umfang im linken Vorland	$l_{U,2} =$	0,371 m
Benetzter Umfang im rechten Vorland	$l_{U,3} =$	0,371 m
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	2,070 m

Abfluss in gegliederten Querschnitten

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler



FORMELN

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_x = v_x \cdot A_x \quad (1)$$

$$v_x = k_{St,x} \cdot r_{hy,x}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$r_{hy,x} = \frac{A_x}{l_{U,x}} \quad (3)$$

$$A_1 = (h_1 - h_2) \cdot \left[b_1 + (h_1 - h_2) \cdot \frac{m_1 + n_1}{2} \right] + h_2 \cdot [b_1 + (h_1 - h_2) \cdot (m_1 + n_1)] \quad (4)$$

$$A_2 = h_2 \cdot \left[b_2 + \frac{m_2 \cdot h_2}{2} \right] \quad (5)$$

$$A_3 = h_2 \cdot \left[b_3 + \frac{n_2 \cdot h_2}{2} \right] \quad (6)$$

$$l_{U,1} = b_1 + (h_1 - h_2) \cdot \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + n_1^2} \right) + 2 \cdot h_2 \quad (\text{mit Trennflächen}) \quad (7)$$

$$l_{U,2} = b_2 + h_2 \cdot \sqrt{1 + m_2^2} \quad (8)$$

$$l_{U,3} = b_3 + h_2 \cdot \sqrt{1 + n_2^2} \quad (9)$$

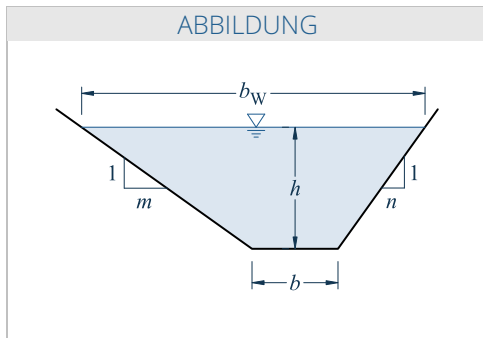
$$b_W = b_1 + b_2 + b_3 + (h_1 - h_2) \cdot (m_1 + n_1) + h_2 \cdot (m_2 + n_2) \quad (10)$$

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen**Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q**

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	1.20 m
Gefälle	$l =$	1.5 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	1.5 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	1.5 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,438 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	1,350 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,815 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	2,781 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,293 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	43,10 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	2,515 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	0,758 -
Abflussform	$=$	strömend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right) \quad (3)$$

$$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right) \quad (4)$$

$$r_{hy} = \frac{A}{l_U} \quad (5)$$

$$b_W = b + h \cdot (m + n) \quad (6)$$

$$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3} \quad (7)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}} \quad (8)$$

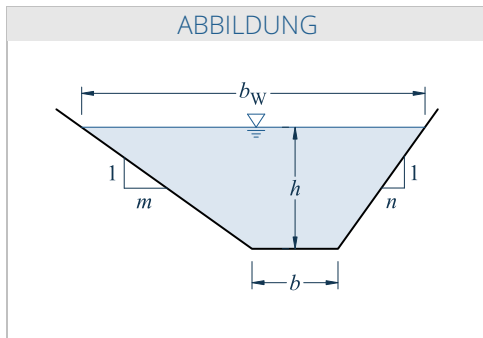
$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I \quad (9)$$

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen**Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q**

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	0.8 m
Gefälle	$l =$	1.5 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	1.5 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	1.5 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,510 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	1,379 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,798 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	2,638 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,302 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	44,49 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	2,329 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	0,753 -
Abflussform	$=$	strömend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right) \quad (3)$$

$$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right) \quad (4)$$

$$r_{hy} = \frac{A}{l_U} \quad (5)$$

$$b_W = b + h \cdot (m+n) \quad (6)$$

$$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3} \quad (7)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}} \quad (8)$$

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I \quad (9)$$

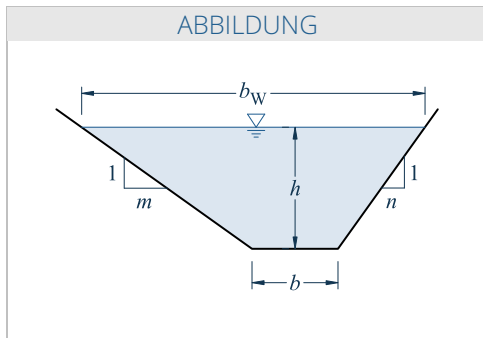
Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q

EINGABE			
Abfluss	$Q =$		1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$		0.63 m
Gefälle	$l =$		10.4 %
Böschungsneigung links	$m =$		0.91 -
Böschungsneigung rechts	$n =$		0.95 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$		25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$		25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$		25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$		9,81 m/s ²
ERGEBNIS			
Fließtiefe	$h =$		0,378 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$		2,966 m/s
Durchflussfläche	$A =$		0,371 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$		1,662 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$		0,223 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$		227,65 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$		1,333 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$		25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$		1,795 -
Abflussform	$=$		schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right) \quad (3)$$

$$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right) \quad (4)$$

$$r_{hy} = \frac{A}{l_U} \quad (5)$$

$$b_W = b + h \cdot (m+n) \quad (6)$$

$$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3} \quad (7)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}} \quad (8)$$

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I \quad (9)$$

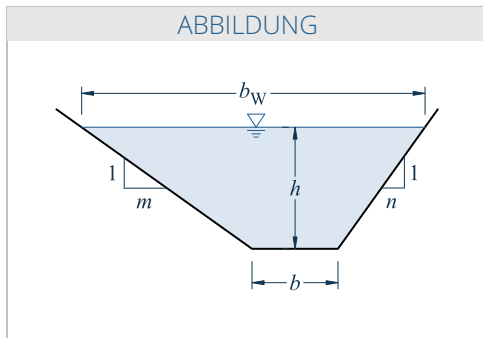
Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	1.31 m
Gefälle	$l =$	10.4 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	0.79 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	0.94 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,260 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	2,755 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,399 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	1,998 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,200 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	203,82 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	1,760 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	1,847 -
Abflussform	$=$	schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN	
$Q = v \cdot A$	(1)
$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$	(2)
$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right)$	(3)
$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right)$	(4)
$r_{hy} = \frac{A}{l_U}$	(5)
$b_W = b + h \cdot (m+n)$	(6)
$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3}$	(7)
$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}}$	(8)
$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$	(9)

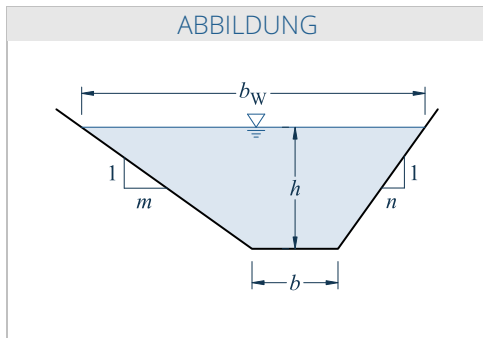
Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.9 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	0.8 m
Gefälle	$l =$	10.8 ‰
Böschungsneigung links	$m =$	0.75 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	0.5 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,491 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	3,492 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,544 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	1,964 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,277 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	293,58 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	1,414 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	1,797 -
Abflussform	$=$	schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN	
$Q = v \cdot A$	(1)
$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$	(2)
$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right)$	(3)
$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right)$	(4)
$r_{hy} = \frac{A}{l_U}$	(5)
$b_W = b + h \cdot (m+n)$	(6)
$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3}$	(7)
$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}}$	(8)
$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$	(9)

Abfluss in gegliederten Querschnitten

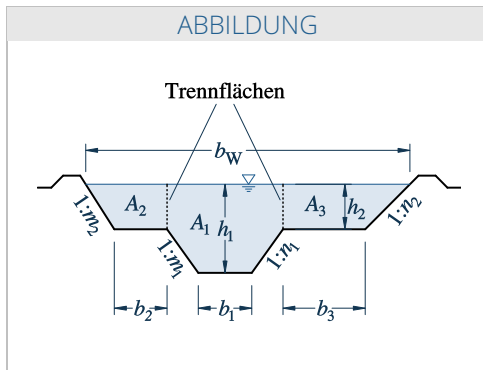
Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler

EINGABE		
Fließtiefe im Hauptgerinne	$h_1 =$	0.97 m
Fließtiefe im Vorland	$h_2 =$	0.43 m
Sohlbreite im Hauptgerinne	$b_1 =$	1.25 m
Sohlbreite im linken Vorland	$b_2 =$	0.17 m
Sohlbreite im rechten Vorland	$b_3 =$	0.17 m
Gefälle	$I =$	0.5 ‰
Linke Böschungsneigung im Hauptgerinne	$m_1 =$	0.25 -
Rechte Böschungsneigung im Hauptger.	$n_1 =$	0.25 -
Böschungsneigung im linken Vorland	$m_2 =$	0.5 -
Böschungsneigung im rechten Vorland	$n_2 =$	0.5 -
Rauheitsbeiwert Hauptgerinne	$k_{St,1} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert linkes Vorland	$k_{St,2} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbeiwert rechtes Vorland	$k_{St,3} =$	25 m ^{1/3} /s
Trennflächen berücksichtigen?	=	nein

ERGEBNIS		
Abfluss im Gesamtquerschnitt	$Q =$	1,885 m ³ /s
Abfluss im Hauptgerinne	$Q_1 =$	1,749 m ³ /s
Abfluss im linken Vorland	$Q_2 =$	0,068 m ³ /s
Abfluss im rechten Vorland	$Q_3 =$	0,068 m ³ /s
Fließgeschwindigkeit im Hauptgerinne	$v_1 =$	1,248 m/s
Fließgeschwindigkeit im linken Vorland	$v_2 =$	0,571 m/s
Fließgeschwindigkeit im rechten Vorland	$v_3 =$	0,571 m/s
Gesamtdurchflussfläche	$A =$	1,640 m ²
Durchflussfläche des Hauptgerinnes	$A_1 =$	1,402 m ²
Durchflussfläche im linken Vorland	$A_2 =$	0,119 m ²
Durchflussfläche im rechten Vorland	$A_3 =$	0,119 m ²
Benetzter Umfang des Hauptgerinnes	$l_{U,1} =$	2,363 m
Benetzter Umfang im linken Vorland	$l_{U,2} =$	0,651 m
Benetzter Umfang im rechten Vorland	$l_{U,3} =$	0,651 m
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	2,290 m

Abfluss in gegliederten Querschnitten

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler



FORMELN

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_x = v_x \cdot A_x \quad (1)$$

$$v_x = k_{St,x} \cdot r_{hy,x}^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2)$$

$$r_{hy,x} = \frac{A_x}{l_{U,x}} \quad (3)$$

$$A_1 = (h_1 - h_2) \cdot \left[b_1 + (h_1 - h_2) \cdot \frac{m_1 + n_1}{2} \right] + h_2 \cdot [b_1 + (h_1 - h_2) \cdot (m_1 + n_1)] \quad (4)$$

$$A_2 = h_2 \cdot \left[b_2 + \frac{m_2 \cdot h_2}{2} \right] \quad (5)$$

$$A_3 = h_2 \cdot \left[b_3 + \frac{n_2 \cdot h_2}{2} \right] \quad (6)$$

$$l_{U,1} = b_1 + (h_1 - h_2) \cdot \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + n_1^2} \right) + 2 \cdot h_2 \quad (\text{mit Trennflächen}) \quad (7)$$

$$l_{U,2} = b_2 + h_2 \cdot \sqrt{1 + m_2^2} \quad (8)$$

$$l_{U,3} = b_3 + h_2 \cdot \sqrt{1 + n_2^2} \quad (9)$$

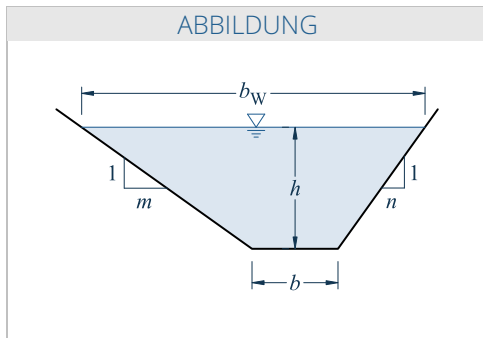
$$b_W = b_1 + b_2 + b_3 + (h_1 - h_2) \cdot (m_1 + n_1) + h_2 \cdot (m_2 + n_2) \quad (10)$$

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen**Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q**

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$	0.8 m
Gefälle	$I =$	13 %
Böschungsneigung links	$m =$	1.5 -
Böschungsneigung rechts	$n =$	1.5 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$	25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$	25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s ²
ERGEBNIS		
Fließtiefe	$h =$	0,293 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$	3,035 m/s
Durchflussfläche	$A =$	0,363 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$	1,855 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$	0,195 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$	249,22 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$	1,678 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$	25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$	2,085 -
Abflussform	$=$	schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN

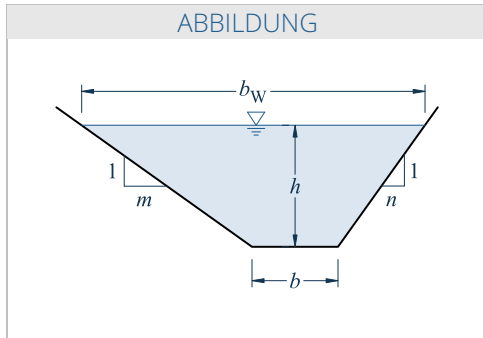
$Q = v \cdot A$	(1)
$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$	(2)
$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right)$	(3)
$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right)$	(4)
$r_{hy} = \frac{A}{l_U}$	(5)
$b_W = b + h \cdot (m+n)$	(6)
$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3}$	(7)
$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}}$	(8)
$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$	(9)

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen**Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q**

EINGABE			
Abfluss	$Q =$		1.1 m ³ /s
Sohlbreite	$b =$		0.8 m
Gefälle	$I =$		15 %
Böschungsneigung links	$m =$		1.5 -
Böschungsneigung rechts	$n =$		1.5 -
Rauheitsbeiwert Sohle	$k_{St,S} =$		25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung links	$k_{St,li} =$		25 m ^{1/3} /s
Rauheitsbw. Böschung rechts	$k_{St,re} =$		25 m ^{1/3} /s
Fallbeschleunigung	$g =$		9,81 m/s ²
ERGEBNIS			
Fließtiefe	$h =$		0,282 m
Mittlere Fließgeschwindigkeit	$v =$		3,196 m/s
Durchflussfläche	$A =$		0,344 m ²
Benetzter Umfang	$l_U =$		1,815 m
Hydraulischer Radius	$r_{hy} =$		0,190 m
Schleppspannung	$\tau_0 =$		279,03 N/m ²
Wasserspiegelbreite	$b_W =$		1,645 m
Mittlerer Rauheitsbeiwert	$k_{St,m} =$		25,00 m ^{1/3} /s
Froude-Zahl	$Fr =$		2,230 -
Abflussform	$=$		schießend -

Gleichförmiger Abfluss in prismatischen Gerinnen

Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler - Berechnung mit dem Abfluss Q



FORMELN

$Q = v \cdot A$	(1)
$v = k_{St} \cdot r_{hy}^{2/3} \cdot I^{1/2}$	(2)
$A = h \cdot \left(b + h \cdot \frac{(n+m)}{2} \right)$	(3)
$l_U = b + h \cdot \left(\sqrt{1+m^2} + \sqrt{1+n^2} \right)$	(4)
$r_{hy} = \frac{A}{l_U}$	(5)
$b_W = b + h \cdot (m+n)$	(6)
$k_{St,m} = \left[\frac{l_U}{\sum_{i=1}^n \frac{l_{U,i}}{k_{St,i}^{1,5}}} \right]^{2/3}$	(7)
$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot \frac{A}{b_W}}}$	(8)
$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$	(9)

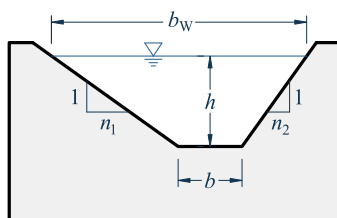
Offenlegung Napoleonsbächli

Dim. Sperre (HQ100 = 1.9 m³/s), Breite Abflussection 1.20 m, Trapezprofil 4:1

Trapezüberfall

EINGABE	
Überfallhöhe	$h = 0.9 \text{ m}$
Sohlbreite	$b = 1.20 \text{ m}$
Überfallbeiwert	$\mu = 0.55 \text{ -}$
Böschungsneigung links	$n_1 = 0.25 \text{ -}$
Böschungsneigung rechts	$n_2 = 0.25 \text{ -}$
Fallbeschleunigung	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
ERGEBNIS	
Abfluss	$Q = 1.914 \text{ m}^3/\text{s}$
Wasserspiegelbreite	$b_W = 1.650 \text{ m}$

ABBILDUNG



FORMELN

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot b \cdot h^{3/2} \cdot \left(1 + \frac{4}{5} \cdot \frac{h}{b'}\right) \quad (1)$$

$$b' = \frac{b}{n} \quad (2)$$

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} \quad (3)$$

$$b_W = b + h \cdot 2 \cdot n \quad (4)$$

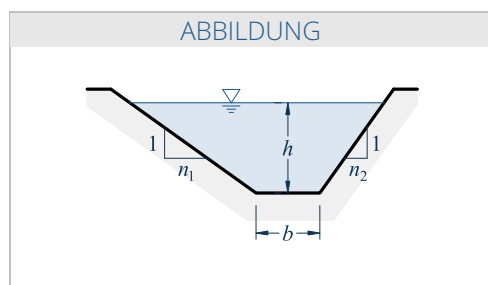
Offenlegung Napoleonsbächli

Abflusstiefe am Überfall bei $HQ_{100} = 1.9 \text{ m}^3/\text{s}$

Grenztiefe im Trapezquerschnitt

EINGABE		
Abfluss	$Q =$	1.9 m^3/s
Gerinnebreite	$b =$	1.20 m
Böschungsneigung links	$n_1 =$	0.25 -
Böschungsneigung rechts	$n_2 =$	0.25 -
Fallbeschleunigung	$g =$	9,81 m/s^2

ERGEBNIS		
Grenztiefe	$h_{gr} =$	0,607 m
Minimale Energiehöhe	$h_{E,\min} =$	0,880 m
Grenzgeschwindigkeit	$v_{gr} =$	2,314 m/s



FORMELN

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}} \cdot \frac{\sqrt[3]{1 + 2 \cdot \frac{n}{b} \cdot h_{gr}}}{1 + \frac{n}{b} \cdot h_{gr}} \quad (1)$$

$$h_{E,\min} = h_{gr} \cdot \frac{3 + \frac{5 \cdot n}{b} \cdot h_{gr}}{2 + \frac{4 \cdot n}{b} \cdot h_{gr}} \quad (2)$$

$$v_{gr} = \sqrt{g \cdot h_{gr} \cdot \frac{1 + \frac{n}{b} \cdot h_{gr}}{1 + 2 \cdot \frac{n}{b} \cdot h_{gr}}} \quad (3)$$

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} \quad (4)$$

ANHANG D KOSTENVORANSCHLAG

Wasserbaubewilligung Offenlegung Napoleonsbächli

Kostenvorschlag

NPK	Positionsbeschreibung	LE	Menge	EP	CHF
111	Regiearbeiten				
.01	Gesamte Regiearbeiten (ca. 5.0%)	gl	1.00	15'000.00	15'000.00
	Total Regiearbeiten				15'000.00
113	Baustelleneinrichtung				
.01	Baustelleneinrichtungen (ca. 10% der Bausumme)	gl	1.00	15'000.00	15'000.00
.02	Baustellenerschliessung Zufahrt (Breite 5 m)	m'	185.00	90.00	16'650.00
.03	Plätze und Lagerflächen	m ²	200.00	25.00	5'000.00
.04	Notstromaggregat Installation u. vorhalten	Stk.	1.00	2'500.00	2'500.00
.05	Notstromaggregat betreiben	h	960.00	10.00	9'600.00
.06	Neophyten Bekämpfung: vor Start Bauarbeiten u. während Bauphasen jäten	h	20.00	130.00	2'600.00
	Total Baustelleneinrichtung				51'350.00
151	Bauarbeiten für Werkleitungen				
.01	Verlegen Meteorwasser Ø300 mm	m	7.00	600.00	4'200.00
.02	Anpassen / Anschluss Werkleitungen (Meteorwasser)	Stk.	1.00	2'500.00	2'500.00
.03	Reparatur Drainagenleitungen	Stk.	5.00	500.00	2'500.00
.04	Verschliessen best. Schachtanschluss NW 300	Stk.	1.00	1'500.00	1'500.00
	Total Bauarbeiten für Werkleitungen				10'700.00
161	Wasserhaltung				
.01	Wasserhaltung (Umleitung mittels Rohr) für die Dauer der Arbeiten	m	65.00	45.00	2'925.00
.02	Wasserhaltung mit Pumpen (Antransport, Vorhalten, Umsetzen, etc.)	gl	2.00	1'500.00	3'000.00
.03	Wasserhaltung mit Pumpen Betrieb	h	960.00	5.00	4'800.00
	Total Wasserhaltung				10'725.00
211	Baugruben und Erdbau				
	<i>Aushubarbeiten</i>				
.01	Abtrag Waldboden / Kulturerde inkl. Lagerung im Schwenkbereich	m ³	945.00	5.00	4'725.00
.02	Aushub: normal Baggerbar inkl. Auflad oder Lagerung im Schwenkbereich	m ³	448.00	8.00	3'584.00
.03	Aushub: mit Saugbagger im Bereich ewb-Leitung	m ³	60.00	145.00	8'700.00
.04	Planie / Planum erstellen (Rohrleitungen, Wege etc.)	m ²	300.00	2.50	750.00
.05	Ober- und Unterboden anlegen (30 cm + 40 cm)	m ²	1'060.00	4.50	4'770.00
.06	Einbau Schüttmaterial in Lagen inkl. Verdichten	m ³	285.00	15.00	4'275.00
.07	Einbau Hinterfüllung inkl. Verdichten	m ³	200.00	8.50	1'700.00
	<i>Zwischenlager</i>				
.08	Zwischenlager aus Ober- oder Unterboden sowie Waldboden erstellen	m ³	945.00	3.00	2'835.00
.09	Zwischenlager aus Ober- und Unterboden planieren, ansäen, mähen inkl. Entsorgen Schnittgut	m ²	849.00	4.50	3'820.50
	<i>Materiallieferung</i>				
.10	Liefern Schüttmaterial	m ³	335.00	35.00	11'725.00
.11	Liefern Natürliche Gesteinskörnung nach Norm	m ³	150.00	45.00	6'750.00
	<i>Transporte und Lagerung</i>				
.12	Transport Wald- / Kulturerde zur Einbaustelle inkl. Ablad	m ³	742.00	4.50	3'339.00
.13	Erstellen Materiallager	m ³	1'308.00	3.00	3'924.00
.14	Transport Aushub zum Materiallager inkl. Ablad	m ³	448.00	8.00	3'584.00
.15	Transport angeliefertes Mat. ab Mat.-Depot zur Einbaustelle inkl. Auflad	m ³	860.00	13.00	11'180.00
.16	Transport Aushub zu Lager Unternehmer exkl. Gebühren Unterboden	m ³	98.00	20.00	1'960.00
.17	Transport Aushub zu Lager Unternehmer exkl. Gebühren Waldboden	m ³	105.00	20.00	2'100.00
.18	Transport Aushub zu Lager Unternehmer exkl. Gebühren Aushubmaterial	m ³	508.00	20.00	10'160.00
.19	Transport Aushub zu Lager Unternehmer inkl. Deponiegebühren (Aushubmat. mit Neophyten)	m ³	50.00	120.00	6'000.00
.20	Zwischentransport Steine zur Einbaustelle inkl. Auflad	m ³	10.00	10.00	100.00
.21	Zwischentransport Blocksteine zur Einbaustelle inkl. Auflad	t	100.00	8.00	800.00
	<i>Bearbeitung von Material in Zwischenlagern</i>				
.22	Aushubmaterial maschinell auf Transportmittel aufladen, ab bauseits angeordneten Zwischenlagern	m ³	508.00	3.00	1'524.00
.23	Blocksteine maschinell auf Transportmittel aufladen, ab bauseits angeordneten Zwischenlagern	t	100.00	3.00	300.00
.24	Zwischenlagerplätze instandsetzen und reinigen, inkl. Auflad, Transport und Entsorgung von Restmater	m ²	1'099.00	1.50	1'648.50
	<i>Gebühren</i>				
.25	Gebühren für Lagerung oder Abgabe von Material Unterboden	m ³	98.00	10.00	980.00
.26	Gebühren für Lagerung oder Abgabe von Material Waldboden	m ³	105.00	30.00	3'150.00
.27	Gebühren für Lagerung oder Abgabe von Material Aushubmaterial	m ³	508.00	20.00	10'160.00
.28	Gebühren für Lagerung oder Abgabe von Material Verschmutztes Material (Inertstoff) Typ B	m ³	95.00	65.00	6'175.00
	Total Baugruben und Erdbau				120'719.00
213	Wasserbau				
	<i>Vorbereitungsarbeiten</i>				
.01	Installation für Rodungsarbeiten	gl	1.00	1'500.00	1'500.00
.02	Schlagräumung (1'000 m ² / ha) inkl. Häckseln Äste und Wurzelstöcke	m ²	250.00	10.00	2'500.00
.03	Transport Bäume auf Verwertung oder Deponie inkl. Gebühren	m ³	25.00	20.00	500.00
	<i>Wege</i>				
.04	Liefern Fundationsschicht für nicht befestigte Wege, Plätze	m ³	120.00	45.00	5'400.00
.05	Einbau Fundationsschicht inkl. Verdichten	m ³	120.00	10.00	1'200.00
.06	Liefern Reutigermergel nichtbefestigte Wege, Plätze	m ³	20.00	82.00	1'640.00
.07	Einbau Reutigermergel inkl. Verdichten	m ³	20.00	30.00	600.00
.08	Bankette 0.50 m aus Fundationsschichtmaterial erstellen, Inkl. Materiallieferung	m	115.00	15.00	1'725.00
.09	Liefern Planiekies und Kiessand für Bettung Durchlass	m ³	15.00	52.00	780.00
.10	Einbau Planiekies und Kiessand für Bettung Durchlass inkl. verdichten	m ³	15.00	10.00	150.00
.11	Geovlies: Materiallieferung	m ²	50.00	3.00	150.00
.12	Geovlies: Ablad inkl. Einbau	m ²	50.00	2.50	125.00
	<i>Hartverbau</i>				
.13	Kies für Sohleneinbau: Materiallieferung	m ³	75.00	52.00	3'900.00
.14	Kies für Sohleneinbau: Ablad inkl. Einbau	m ³	75.00	8.00	600.00
.15	Materiallieferung: Filtermaterial für Sohlenschwellen / Uferverbau	m ³	135.00	45.00	6'075.00
.16	Einbau Filtermaterial Sohlenschwellen / Uferverbau	m ³	135.00	15.00	2'025.00
.17	Materiallieferung: Blöcke für Sohlen- u. Uferverbau	t	100.00	80.00	8'000.00
.18	Sohlen- u. Uferverbau erstellen	t	100.00	45.00	4'500.00
.19	Steine für Steinhauften (Bollensteine): Materiallieferung	m ³	10.00	70.00	700.00
.20	Steine für Steinhauften: Ablad inkl. Einbau	m ³	10.00	25.00	250.00
	<i>Ingenieurbioologische Bauweisen</i>				
.21	Gestaltung Gerinne u. Uferböschung (Naturmah, Niederwasserrinne, var. Böschungen)	m ²	1'100.00	10.00	11'000.00
.22	Holzverbau als Uferschutz erstellen / Fischunterstände a 5.0 m inkl. Lieferung Holz (Fichte)	Stk.	5.00	3'000.00	15'000.00
.23	Holzsperrn mit Fallboden	Stk.	22.00	3'500.00	77'000.00
.24	Uferfaschinen (Ø 0.4 m, 2 m) erstellen inkl. Materiallieferung	m	20.00	135.00	2'700.00
.25	Wurzelstöcke einbringen inkl. Lieferung	Stk.	5.00	210.00	1'050.00
.26	Asthaufen (Abmessungen: 2.0 x 2.0 x 1.5 m) Tagesverstecke u. Überwinterungsorte Feuersalamander	Stk.	10.00	160.00	1'600.00
	<i>Rekultivierungsarbeiten</i>				
.27	Pflanzenlieferung nach Pflanzenliste	Stk.	200.00	12.00	2'400.00
.28	Nageschutz (Biber) Tubex_Ventex oder Drahtkörbe, Pfähle CH	Stk.	200.00	5.40	1'080.00
.29	Pflanzenarbeiten	Stk.	200.00	14.00	2'800.00
.30	Ansaaten inkl. Lieferung Saatgut (z.B. UFA Wildblumenwiese CH)	m ²	1'105.00	3.50	3'867.50
	Total Wasserbau				160'817.50
290	Sonderobjekte				
.01	Rückbau Einlaufbauwerk Eindolung, 6 m best. Bachleitung NW 300	gl	1.00	5'000.00	5'000.00
.02	Durchlass Sytec Maulprofil PA 1 (Höhe 1.06 m, Breite 1.35 m, Länge 9.5 m) inkl. versetzen	gl	1.00	10'000.00	10'000.00
.03	Sohlensegmente Durchlass	Stk.	3.00	400.00	1'200.00
.04	Holzrechen	gl	1.00	3'500.00	3'500.00
.05	Holzsaun Doppellattig	m	25.00	45.00	1'125.00
.06	Biotop linkes Ufer 2 x 10 m ² (Lehmabdichtung, exkl. Zu- u. Ablauf)	m ²	20.00	250.00	5'000.00
	Total Sonderobjekte				25'825.00
	Total Bausumme (ohne Baustelleninstallation und Regie)				328'786.50
	Risikokosten				32'500.00
	Total exkl. MwSt. (ohne Unvorhergesehenes)				427'636.50
	Die Kostenvorschlag wurde auf Stufe Bauprojekt erarbeitet und weist eine Genauigkeit von +/-10% auf.				
	Sämtliche Volumenangaben sind als fest-Kubaturen ausgewiesen.				