Kanton St.Gallen
Baudepartement

Tiefbauamt

Kantonsstrasse	Nr. 9, Gossau - Arnegg
RMS-Kilometer	4.950 – 5.000
Gemeinde	Gossau
Bauobjekt	Durchlass Geretschwilerbach
Plan, Massstab	**Technischer Bericht**

02

Projektverfasser	Genehmigungsvermerke	vom TBA freigegeben
Wälli AG Ingenieure Schuppisstrasse 7 9016 St. Gallen T 058 100 90 05 st.gallen@waelli.ch www.waelli.ch 3105-0372		
Plan 02.02 Projekt B87.5.009.217 Mn/FGS 3.2.4 FinV	Ausfertigung für	Format A4

	Entwurf	Gezeichnet	Geprüft	Datum
Vorstudie				
Vorprojekt	twe	twe	pbs	05.08.2020
Bauprojekt				
Genehmigungs-/Auflageprojekt				
Ausschreibung				
Ausführungsprojekt				
Dok. des ausgeführten Werks				

Inhalt

1 Zusammenfassung 4

2 Ausgangslage 4

3 Grundlagen 4

3.1 Verwendete Grundlagen 4

3.2 Gefahrenkarte 5

3.3 Schutzzieldefinition 6

3.4 Einzugsgebiet 7

3.5 Hochwassermengen und Dimensionierungswassermengen 7

3.6 Freibord 7

3.7 Verklausungsgefahr 7

4 Projektbeschrieb 9

4.1 Linienführung 9

4.2 Zusammenlegung mit Loobach 9

4.3 Bauwerk 9

4.4 Sohl- und Böschungsschutz 10

4.5 Zugänglichkeit 10

4.6 Werkleitungen 10

5 Hochwasserschutz 11

5.1 Massnahmen 11

5.2 Überlastfall 11

6 Bauablauf 12

6.1 Etappe 1 12

6.2 Etappe 2 12

7 Kosten 13

8 Unterschriften 13

Anhang 14

Anhang 1: Hydrologie 14

Anhang 2: Hydraulik 15

Anhang 3: Sohl- und Böschungssicherung 16

Anhang 4: Freibord 17

Anhang 5: Verklausungsgefahr 18

1 Zusammenfassung

Im Zuge der Sanierung der Kantonsstrasse Bischofszellerstrasse in Arnegg, wurde der Durchlass des Geretschwilerbachs untersucht. Es stellte sich heraus, dass hydraulische Defizite vorhanden sind. Der bestehende Durchlass birgt eine Gefahr in Bezug auf den Hochwasserschutz. Er soll vorgängig zur Sanierung der Strasse erneuert werden.
Massgebend für die Planung war die Optimierung des Bauablaufs, um die Bauzeit möglichst kurz zu halten und den Verkehr möglichst wenig zu beeinflussen. Deshalb werden Rechteckprofile als Fertigbetonelemente eingebaut. Die ökologische Situation wird mit diesem Projekt aufgewertet. Es wird eine durchgängige Kiessohle eingebracht, welche durch Traversen stabilisiert wird. Für die Längsvernetzung von Kleintieren ist eine einseitige Berme geplant. Diese bringt auch Vorteile für die Begehbarkeit. Der Ein- und Auslauf werden gegen Erosion gesichert.

2 Ausgangslage

Der Geretschwilerbach beginnt rund 830 m oberhalb der Bischofszellerstrasse und mündet rund 30 m nach der Querung der Kantonsstrasse in den Loobach. Bei dem zu bearbeitenden Abschnitt handelt es sich um den Durchlass unter der Kantonsstrasse. Der bestehende Durchlass weist eine zu geringe Kapazität auf. Aus dem Massnahmenkonzept Hochwasserschutz des Geretschwilerbachs ist zu entnehmen, dass der Durchlass zu vergrössern sei. Dies soll mit der Sanierung der Bischofszellerstrasse kombiniert werden. Da die Kantonsstrasse mit einem DTV von 12‘600 Fahrzeugen pro Tag eine stark befahrene Strasse ist, soll die Bauzeit möglichst kurz gehalten werden. Aus ökologischer Sicht soll die Längsvernetzung verbessert werden. Zusätzlich soll die Ökomorphologie im Durchlass aufgewertet werden.
Die Wälli AG Ingenieure wurden beauftragt, ein Projekt für den Ausbau des Durchlasses Geretschwilerbach unter der Kantonsstrasse auszuarbeiten.

3 Grundlagen

3.1 Verwendete Grundlagen

[1] Massnahmenkonzept Hochwasserschutz Geretschwilerbach
[2] Kanalfernsehuntersuchungen Entwässerung/Kanalisation (Mökah AG, Juni 2019)
[3] Verklausungsgefahr an Brücken oder Durchlässen (Amt für Wasser und Energie Kanton St. Gallen, 2017)
[4] Merkblatt für Gerinne und Gerinneübergänge (Amt für Wasser und Energie Kanton St. Gallen, 2017)
[5] Gewässerschutzkarte, Gefahrenkarte „Wasser“, Gewässereinzugsgebiete und Gefahrenquellen, www.geoportal.ch
[6] Detaillierte Feldaufnahmen Wälli AG Ingenieure

3.2 Gefahrenkarte

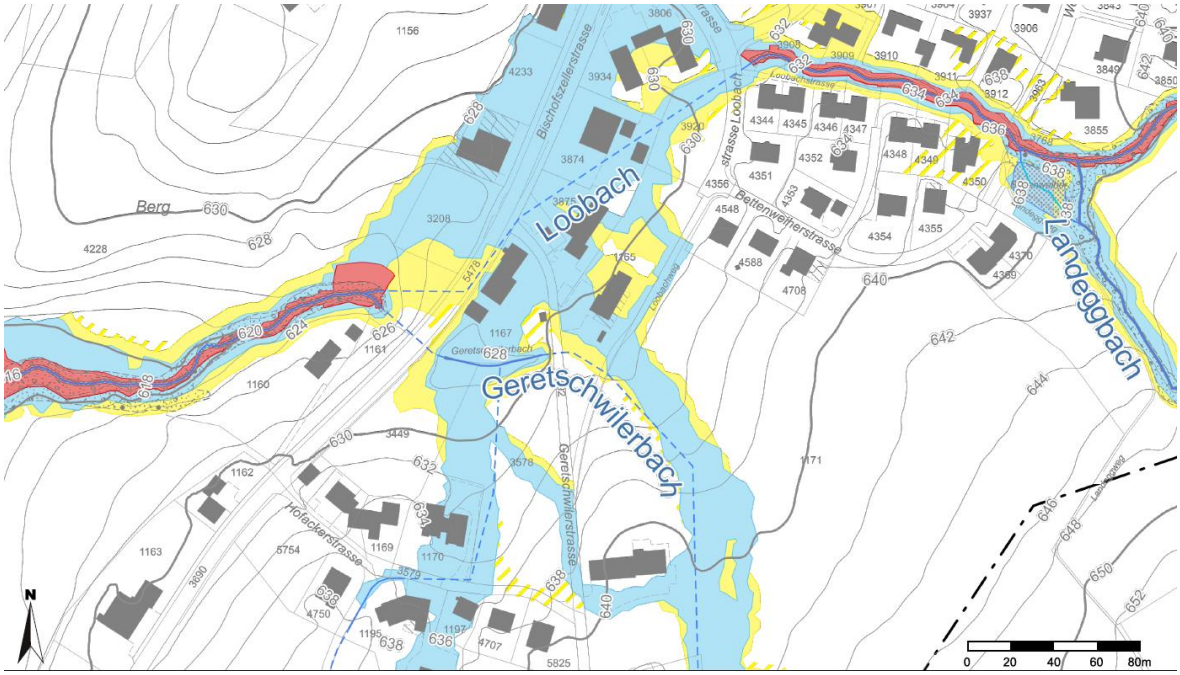


Abbildung 1: Gefahrenkarte Wasser

3.3 Schutzzieldefinition

Legende

=	vollständiger Schutz	= keine Intensität zulässig	= 0
=	Schutz vor mittleren und starken Intensitäten	= schwache Intensität zulässig	= 1
=	Schutz vor starken Intensitäten	= mittlere Intensität zulässig	= 2
=	fehlender Schutz	= starke Intensität zulässig	= 3

Objektkategorie				Schutzziele			
				Wiederkehrperiode (Jahre)			
				1–30	30–100	100–300	>300
				häufig	selten	sehr selten	extrem selten
Nr.	**Sachwerte**	**Infrastruktur-Anlagen**	**Naturwert**				
1		Berg- und Skitourenrouten (gemäss Karten SAC u.a.)	Naturlandschaften	3	3	3	3
2.1		Kommerzielle Wanderwege und Loipen, Flurwege, Leitungen von kommunaler Bedeutung		2	3	3	3
2.2	Unbewohnte Gebäude (Remisen, Weidescheunen u.a.)	Verkehrswege von kommunaler Bedeutung, Leitungen von kommunaler Bedeutung	Wald mit Schutzfunktion, landwirtschaftlich genutztes Land	2	2	3	3
2.3	Zeitweise oder dauernd bewohnte Einzelgebäude und Weiler, Ställe	Verkehrswege von kantonaler oder grosser kommunaler Bedeutung, Leitungen von nationaler Bedeutung, Bergbahnen, Zonen für Skiabfahrts- und –übungsgelände	Wald mit Schutzfunktion, sofern er geschlossene Siedlung schützt	1	1	2	3
3.1		Verkehrswege von nationaler oder grosser kantonaler Bedeutung, Ski- und Sessellifte		0	1	2	3
3.2	Geschlossene Siedlungen, Gewerbe und Industrie, Bauzonen, Campingplätze, Freizeit- und Sportanlagen	Stationen diverser Beförderungsmittel		0	0	1	2
3.3	Sonderrisiken bzw. besondere Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Sonderrisiken bzw. besondere Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden		**Festlegung fallweise**			

Abbildung 2: Schutzzielmatrix nach Empfehlung: Raumplanung und Naturgefahren von Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Wasser und Geologie und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft

Der Durchlass befindet sich im Baugebiet. Zusätzlich ist die Kantonsstrasse von grosser kantonaler Bedeutung. Dementsprechend wird ein Schutzziel von einem 100jährlichem Hochwasser (HQ_{100}) definiert.

3.4 Einzugsgebiet

Der Geretschwilerbach entwässert ein Gebiet mit einer Fläche von 38.4 ha. Die Fläche besteht zu rund 8.6% aus bebauter Fläche. Die restliche Fläche besteht aus Wiese. Es gibt keine Waldfläche in diesem Gebiet. Der Abflussbeiwert des ganzen Gebiets wird auf 0.27 geschätzt, wie in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 1: Berechnung des Abflussbeiwertes und der abflusswirksamen Fläche

Einzugsgebiet Geretschwilerbach	Fläche [m²]	Abflussbeiwert Ψ	Red. Fläche [m²]
Wald	0	0.10	0
Wiese	282'671	0.25	70'668
Bebaut	32'966	0.40	13'186
Einzugsgebiet Geretschwilerbach	315'637	**0.27**	83'854

3.5 Hochwassermengen und Dimensionierungswassermengen

Für die Bestimmung der Abflussmenge wurden fünf verschiedene Berechnungsmethoden angewendet und verglichen. Als Basis wurde das HQ_{100} der Naturgefahrenkarte genommen und auf Plausibilität überprüft. Das höchste und tiefste Resultat wurde nicht berücksichtigt. Der Mittelwert der verbleibenden Resultate beträgt 7.5 m^3/s (s. Anhang 1). Das HQ_{100} der Naturgefahrenkarte beträgt 7.0 m^3/s. Diese Abweichung wird als klein eingestuft. Damit gelten die Werte der Naturgefahrenkarte als plausibel und können verwendet werden.

Tabelle 2: Hochwassermengen und Dimensionierungswassermenge (grau) Geretschwilerbach gemäss der Naturgefahrenkarte

Gewässer	**HQ_{30} [m^3/s]**	**HQ_{100} [m^3/s]**	**HQ_{300} [m^3/s]**	**EHQ [m^3/s]**
Geretschwilerbach	5.2	7.0	9.2	13.2

3.6 Freibord

Das Freibord bezeichnet den Abstand zwischen dem Wasserspiegel und der Oberkante des Ufers oder der Unterkante eines Gewässerübergangs. Dazu gehören auch Durchlässe. Die Berechnung des benötigten Freibords wurde auf der Basis des Merkblatts des AWE Kanton St. Gallen durchgeführt. Dabei wird zwischen Bereichen auf freier Fliessstrecke, auf Wildbachkegeln und von Brücken und Durchlässen unterschieden. Nach Anwendung der Formel für den Bereich von Durchlässen ergibt sich ein minimales **Freibord von 0.9 m**. Dies wurde für ein Profil von 1.90x2.00 m berechnet. Details sind im Anhang 3 ersichtlich. Mit dem projektiertem Profil ergibt sich ein Freibord von über einem Meter. Aus den Betrachtungen aus dem folgenden Kapitel der Verklausungsgefahr ergibt sich ein solches Profil.

3.7 Verklausungsgefahr

Für die Bestimmung der Gefahr durch Verklausung einer Brücke oder eines Durchlasses wird laut Merkblatt des AWE Kanton St. Gallen der verfügbare Querschnitt mit dem benötigten Querschnitt verglichen. Für den benötigten Querschnitt werden anhand von hydraulischen Berechnungen die Höhe des Wasserspiegels und die halbe Geschwindigkeitshöhe unmittelbar vor dem Hindernis bestimmt. Mit der Summe dieser Höhen und dem vorhandenen Gerinneprofil kann die Höhe des benötigten Querschnitts berechnet werden.
Aus dem Verhältnis dieser Querschnitte wird die Verklausungsziffer bestimmt. Diese wird zur Einschätzung der Wahrscheinlichkeit verwendet, mit welcher der Durchlass verklausen kann. Der Geretschwilerbach wird als Talgewässer eingestuft. Als verfügbarer Querschnitt wird die lichte Fläche des Einlaufquerschnitts bestimmt. Als benötigter Querschnitt wird das Gerinne oberhalb des Durchlasses betrachtet (Sohlbreite 1.0 m, Uferneigung 2:3). Es werden die verschiedenen Hochwasser HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300} angeschaut.

Da im Einzugsgebiet keine Waldflächen vorhanden sind, wird auf einen Rechen am Einlaufbauwerk verzichtet. Damit kann keine Reduktion der Verklausungswahrscheinlichkeit in Betracht gezogen werden.
Dass die Verklausungswahrscheinlichkeiten aller Szenarien als akzeptierbar eingestuft werden können, ist eine vorhandene Querschnittsfläche von rund 3.80 m^2 notwendig. Damit ergibt sich das Profil von 1.80x2.10 m. Die Verklausungsgefahr wird nur auf der Intensitätskarte für das EHQ abgebildet. Details sind im Anhang 4 dargestellt.

Tabelle 3: Beurteilung der Verklausungsgefahr

Hochwasser	**HQ_{30}**	**HQ_{100}**	**HQ_{300}**
Verklausungswahrscheinlichkeit	0%	25%	50%

4 Projektbeschrieb

4.1 Linienführung

Die horizontale Linienführung wurde so gewählt, dass der Durchlass im Bereich des bestehenden Gewässers zu liegen kommt. Der Einlauf befindet sich am gleichen Ort. Im Ist-Zustand gibt es in der Eindolung einen Knick, welcher im projektierten Durchlass nicht mehr vorkommen wird. Damit werden bessere hydraulische Bedingungen geschaffen. Der Kanal endet dort, wo die Oberkante die Geländeoberfläche schneidet. Da der neue Durchlass höher ist, ist der Auslauf weiter oben. Ab dem Auslauf bis zum bestehenden Gewässer wird das Gerinne offen geführt.
Für die vertikale Linienführung wurden der bestehende Einlauf und die Sohle des bestehenden Gerinnes unterhalb als Fixpunkte definiert. Dazwischen soll die Sohle gerade verlaufen, um die hydraulischen Bedingungen optimal auszulegen.

4.2 Zusammenlegung mit Loobach

Der Loobach weist ebenfalls eine zu geringe Kapazität und eine Gefahr durch Hochwasser auf. Er wird ab der Bettenstrasse unterirdisch geführt und fliesst teilweise unter der Bischofszellerstrasse. Erst kurz vor dem Zusammenfluss mit dem Geretschwilerbach endet die Eindolung, welche auf der ganzen Länge zu klein ist. Es wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht, diese Situation zu verbessern. Zum einen wurde geprüft, ob der Loobach direkt nach der Bettenstrasse in Richtung Süden verlegt wird. Damit könnte der Zusammenfluss mit dem Geretschwilerbach vor dem Durchlass der Bischofszellerstrasse erfolgen. Das Gefälle würde in diesem Fall rund 0.8% betragen, was zu einer hohen Wassertiefe führt. Des Weiteren würde dieser Gewässerverlauf durch Parzellen mit bestehenden Gebäuden führen, was die Umsetzung erheblich erschwert. Eine grosszügige Offenlegung kann kaum realisiert werden. Deshalb wurde diese Variante nicht weiter verfolgt.
Eine andere Möglichkeit ist, nur im Bereich der Bischofszellerstrasse Vorbereitungen zur Kapazitätserhöhung für den Loobach zu machen. Damit könnte der obere Teil des Loobachs ab der Bettenstrasse zu einem späteren Zeitpunkt ausgebaut werden. Der bestehende Verlauf in der Kantonsstrasse soll belassen werden, jedoch soll der Zusammenfluss der beiden Gewässer im Strassenbereich stattfinden. Für eine Zusammenführung wurde das bestehende Gefälle des Loobachs bis zum projektierten Durchlass des Geretschwilerbachs verlängert. Die Sohle des Loobachs liegt rund 2.0 m tiefer als der Geretschwilerbach. Damit wäre eine Tieferlegung des Geretschwilerbachs mit den nötigen Absturzbauwerken notwendig. Damit würde sich eine Baugrubentiefe von mehr als 7 m ergeben. Hinzu kommen sehr unterschiedliche Strömungsverhältnisse. Der Geretschwilerbach weist ein Gefälle von 7.6% auf, der Loobach nur 2.3%. Durch die geringeren Fliessgeschwindigkeiten und unterschiedlichen Energiehöhen kann dies zu Rückstaueffekten im Loobach kommen. Des Weiteren führt der Loobach laut Gefahrenkarte während einem HQ_{100} 12.2 m^3/s. Dies ist fast doppelt so viel wie der Geretschwilerbach. Eine grobe Dimensionierung eines gemeinsamen Durchlasses hat ergeben, dass das erforderliche Profil rund 3.00x2.30 m beträgt. Aus diesen Gründen wird die Zusammenführung der Gewässer erst nach der Strassenquerung wie im Ist-Zustand belassen. Der bauliche Zustand des 1981 erstellten Eindolung des Loobachs ist gut.

4.3 Bauwerk

Der Durchlass besteht aus einem Einlauf, dem Durchlass als Rechteckkanal und einem Auslauf. Der Einlauf wird beidseitig mit Wasserbausteinen in Beton ausgebaut. Sie beginnen auf Höhe der Böschung und steigen bis auf die Höhe der Oberkante des Kanals. Es ist kein Rechen notwendig. Eine Absturzsicherung wird rundherum angebracht.
Der Rechteckkanal selbst wird mit Fertigelementen auf eine Magerbetonsohle eingebracht. Die Aussenmasse betragen 2.50 m in der Höhe und 2.60 m in der Breite. Eine Kleintierberme wird rechtsseitig gesetzt. Sie wird mit flachen Steinen ausgebildet und einbetoniert. Die Breite

beträgt 80 cm und sie muss mindestens über den Niedrigwasserspiegel ragen. Die Höhe beträgt deshalb ca. 20 cm. Es wird eine Kiesschicht eingebracht, welche durch Traversen stabilisiert wird. Details dazu im Kapitel 4.4. Der hydraulisch wirksame Querschnitt beträgt 1.80x2.10 m.

4.4 Sohl- und Böschungsschutz

Im Durchlass können im Hochwasserfall hohe Geschwindigkeiten (rund 3.6 m/s) auftreten. Damit die Kiessohle nicht ausgespült wird, werden Traversen aus Beton im Kanal angebracht. Es liegt ein Gefälle von 6.9% vor. Das natürliche Gefälle einer Kiessohle beträgt rund 1.5%. Die Traversen haben eine Höhe von 20 cm. Der Abstand zwischen den Traversen beträgt 2 m, damit die ganze Länge der Sohle mit genügend Kies bedeckt ist. Unterhalb der einzelnen Traversen entsteht ein leichter Absturz. Auch bei lokaler Erosion der Sohle beträgt die Absturzhöhe nicht mehr als 20 cm. Die Längsvernetzung im Gewässer ist dadurch über die ganze Länge gegeben.
Beim Einlauf zur Eindolung sind als Böschungsschutz Wasserbausteine vorgesehen. Es wird ein Fundament unterhalb der Sohle angebracht. Für den Fussstein werden grössere Steine (500-800 kg) verwendet, die Böschung wird mit 300 – 500 kg Steinen gesichert. Die Dimensionierung der Fuss- und Böschungssteine sind im Anhang 3 beigefügt. Die Sohle beim Einlauf wir mit einer Reihe Wasserbausteine gesichert. Sie sind bündig mit dem Dorn des Kanals. Beim Auslauf werden ebenfalls Wasserbausteine einbetoniert. Die Rückwand, welche rechtwinklig zum Kanal beim Auslauft liegt, muss wegen der Steilheit gestützt werden. Die Mauer aus Wasserbausteinen kann abgelegt und der Böschung angepasst werden. Sie wird auf ein Fundament gestellt, welche unterhalb der Sohle angebracht wird. Es soll ein kleines Tosbecken ausgebildet werden. Die Sohle im Tosbecken wird gesichert. Dazu wird eine Gegenschwelle eingebaut. Diese wird bis in die Böschung reichen und etwas konkav ausgebildet, um sich selbst zu stützen. Zusätzlich fliesst das Wasser so in die Mitte des Gerinnes unterhalb und die Böschungen werden vor Erosion geschützt. Die Steine werden im ganzen Bereich mit Beton gegen Erosion geschützt. Das Gerinne nach dem Durchlass ist heute in der Sohle und an der Böschung verbaut und gesichert. Es soll eine Sicherung des Böschungsfusses durch Fusssteine erstellt werden. Die Sicherung der Sohle kann ebenfalls notwendig sein.

4.5 Zugänglichkeit

Der Durchlass hat eine Höhe von 1.90 m und ist somit begehbar. Die Kleintierberme wird statt beidseitig nur auf einer Seite geführt, dafür aber doppelt so breit. Diese kann auch für den Unterhalt genutzt werden, denn im Niederwasserfall liegt diese trocken. Der Einstieg kann vom Einlauf sowie vom Auslauf erfolgen. Auf einen Einstieg in der Strasse durch einen Schacht wird verzichtet.

4.6 Werkleitungen

Im Bereich des Durchlasses liegen zahlreiche Werkleitungen. Die Schmutzwasserleitung liegt am tiefsten. Damit diese nicht tangiert wird, soll der Kanal darunter zu liegen kommen. Folgende weitere Werkleitungen liegen im Perimeter des Kanals:

- EW (beidseitig der Strasse)
- Wasser inkl. Hydrant
- Best. Meteorwasserleitung: entwässert in Bach
- Swisscom
- Cablecom
- Gas (3 Leitungen)

5 Hochwasserschutz

5.1 Massnahmen

Mit dem vorliegenden Projekt kann im Bereich der Bischofszellerstrasse die geforderte Hochwassersicherheit erreicht werden. Die Gefahrenkarte Wasser des Kantons St. Gallen zeigt auf, dass bereits weiter flussaufwärts ungenügende Kapazitäten vorliegen. Diese Schwachstellen können im Hochwasserfall zu Ausuferungen führen. Da der offene Bereich des Geretschwilerbachs in einer Senke liegt, fliesst ein Teil des ausgeuferten Wassers dort hin. Der bestehende Durchlass weist ebenfalls eine zu geringe Kapazität auf, deshalb sind die umliegenden Parzellen gefährdet. Durch die Erhöhung der Kapazität im Durchlass kann das Volumen weitergeleitet werden und wird nicht mehr durch den Damm der Kantonsstrasse zurückgehalten und aufgestaut. Damit sind die Parzellen 3449, 3578 und 1167 weniger gefährdet.

5.2 Überlastfall

Falls ein Ereignis auftritt, welches grösser als das Dimensionierungshochwasser ist, kann es trotzdem zu Ausuferungen kommen. Hydraulische Berechnungen (s. Anhang 2) haben gezeigt, dass der Durchlass bei Normalabfluss mehr als 16 m^3/s ableiten kann. Da vor dem Durchlass ein geringes Gefälle vorliegt, wird sich der Normalfluss nicht schon zu Beginn des Durchlasses einstellen. Mit hydraulischen Berechnungen konnte gezeigt werden, dass auch ein HQ_{300} von 9.2 m^2/s abgeleitet werden kann (Anhang 2). Es gibt jedoch kein genügendes Freibord mehr und die Gefahr durch Verklausung ist höher. Falls der Durchlass verklaust, muss mit den gleichen Auswirkungen wie im Ist-Zustand gerechnet werden. Von diesen Annahmen muss jedoch nur bei einem Ereignis grösser HQ_{100} ausgegangen werden.

6 Bauablauf

Die Bischofszellerstrasse ist im Bereich des Durchlasses stark befahren (DTV 12‘600 Fahrzeuge pro Tag). Deshalb ist eine einseitige Sperrung mit Lichtsignalanlage nicht möglich. Dadurch gäbe es einen zu grossen Rückstau. Deshalb wird eine Verlegung der Fahrbahn geplant. Ein Teil des Kanals wird eingebaut, während auf der anderen Seite der Verkehr geführt wird. Dafür ist eine provisorische Verbreiterung der bestehenden Strasse notwendig.

6.1 Etappe 1

Zuerst wird der Kanal auf der Seite des Auslaufs realisiert. Der Verkehr wird auf die südöstliche Seite verlegt. Es ist eine Aufschüttung des Geländes notwendig, damit eine provisorische Strassenumlegung möglich wird. Da das Gelände auf dieser Seite flacher abfällt als auf der Seite des Auslaufs, wird die Strasse so weit wie möglich flussaufwärts geschoben. Schleppkurvenberechnungen haben ergeben, dass eine Strassenbreite von 7.0 m notwendig ist, um die Strasse rund 4.5 m zu verschieben. Das Trottoir wird ebenfalls auf die Aussenseite verschoben. Für die Aufschüttung muss die Wiese abhumusiert werden. Anschliessend wird gut verdichtbares Material eingebracht und provisorischer Belag eingebaut.
Ab dem provisorischen Strassenrand auf der Kurveninnenseite der Strasse beträgt der Abstand zur Baugrube aus Sicherheitsgründen 0.50 m. Es gibt eine Spriessung auf beiden Seiten des Grabens sowie nach oben. Es muss eine kleine Öffnung für die provisorische Wasserhaltung aus dem bestehenden Kanal geführt werden. Nach dem Aushub kann und der Umlegung in die Wasserhaltung kann der bestehende Kanal abgebrochen werden. Anschliessend können die Fertigelemente des Kanals eingebracht werden. Die Wiederauffüllung kann durchgeführt werden, jedoch muss zuerst umgespriesst werden. Der Kanal soll in Fliessrichtung oben rund einen Meter frei bleiben, um den oberen Teil anschliessen zu können. Der Belag der Strasse wird nur provisorisch gemacht, denn das geplante Strassenbauprojekt folgt. Die Aufschüttung kann rückgebaut werden. Mit dem Bau des Auslaufbauwerks kann ebenfalls begonnen werden.

6.2 Etappe 2

Für eine Umlegung der Strasse auf die andere Seite ist wiederum eine Aufschüttung notwendig. Auf der nordwestlichen Seite der Strasse wird die grosse Hecke gerodet, der Zaun abgebrochen, und die Böschung abhumusiert. Anschliessend wird gut verdichtbares Material eingebracht. Es wird ein provisorischer Belag eingebaut und die Strasse umgelegt. Für den oberen Teil des Durchlasses wird wieder gespriesst und eine provisorische Wasserhaltung gelegt. Der bestehende Kanal wird abgebrochen und die neuen Fertigelemente eingebracht. Das bestehende Einlaufbauwerk wird auch abgebrochen. Der Anschluss an die bereits eingebrachten Elemente ist gesichert. Der Einlauf mit den einbetonierten Wasserbausteinen kann ausgeführt werden. Die Hinterfüllung des Kanals wird durchgeführt und anschliessend provisorischer Belag eingebracht. Die Aufschüttung kann rückgebaut werden, damit der Auslauf gebaut werden kann. Die Strasse kann auf ihre ursprüngliche Linienführung umgelegt werden.

7 Kosten

Im Rahmen des Bauprojekts wurde ein Kostenvoranschlag ausgearbeitet. Die Kosten wurden auf Preisbasis Juni 2020 erarbeitet. Die Genauigkeit liegt bei ± 10%. Die Gesamtkosten des Projekts Bachdurchlass Geretschwilerbach betragen 1‘154‘800 CHF.
Der detaillierte Kostenvoranschlag inkl. Beitragsplan0 liegt diesem Dossier als separater Bericht bei.

8 Unterschriften

Der Projektverfasser:

St. Gallen, 5. August 2020

Wälli AG Ingenieure

Tobias Wetzel
MSc. ETH Umwelting.

Patrick Brunschwiler
Dipl. Bauing. FH, EMBA FH

Anhang

Anhang 1: Hydrologie

Wälli AG Ingenieure

CH-9320 St. Gallen
Schuppisstrasse 7

T. 058 100 90 05

st.gallen@waelli.ch
www.waelli.ch

Abflussberechung nach Müller

n = 100 c = 43

Auftraggeber: 3105-0372
Sachbearbeiter: twe
Berechnungsgrundlage:

$$HHQ = \psi \cdot c \cdot E^{2/3}$$

Gerinne: Geretschwilerbach und Loobach
Bachzone: Geretschwil Arnegg
Bachstrecke: oberhalb Bischofszellerstrasse

Ort	Punkt zu Punkt	Fläche ΔF ha	Abfl. Koef. Ψ	F red. ha	Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{30}	Q_{50}	Zuflauf Q_{100}	EHQ HQ_{300}	PMF HQ_{1000}	
	Geretschwilerbach														
		31.56	0.27	8.39	1.43	1.85	2.49	3.02	3.65	4.02	4.55	**5.30**	6.62	7.94	
											q_{spez}	16.78	m³/s km²		
	Loobach														
		94.00	0.30	28.05	3.32	4.31	5.79	7.02	8.49	9.36	10.59	**12.31**	15.39	18.47	

Wälli AG Ingenieure

CH-9320 St. Gallen
Schuppisstrasse 7

T. 058 100 90 05

st.gallen@waelli.ch
www.waelli.ch

Berechnung des Abflussbeiwertes Geretschwilerbach/Loobach

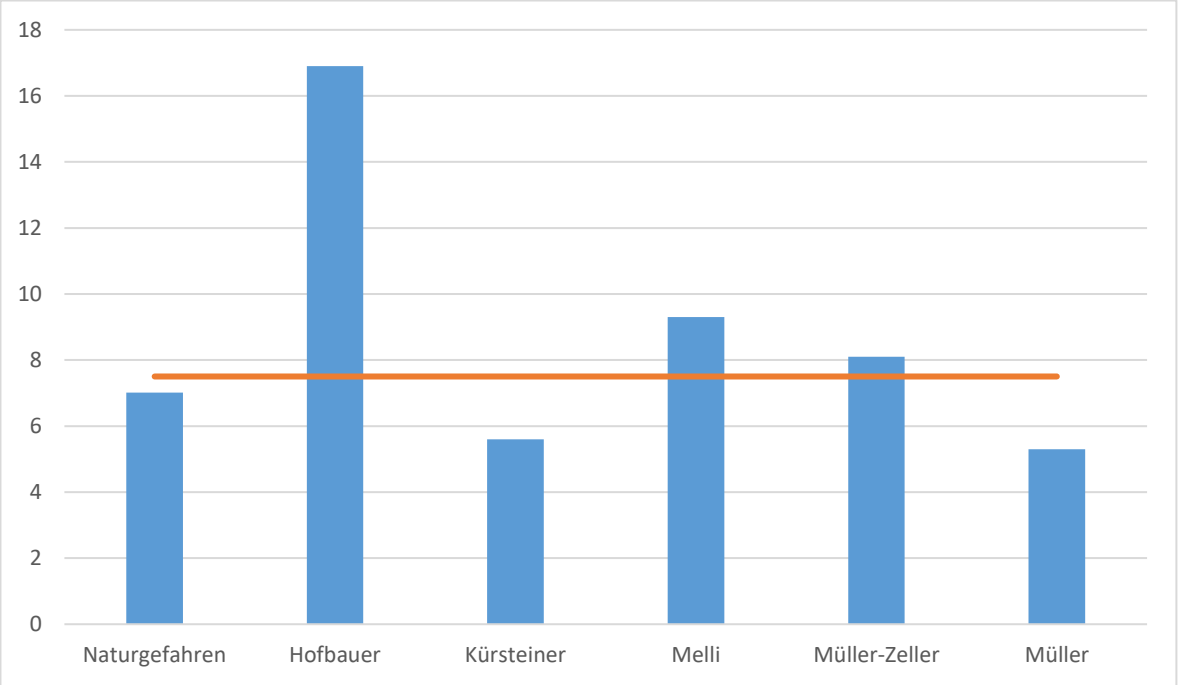
Einzugsgebiet Geretschwilerbach	Fläche [m^2]	Abflussbeiwert Ψ	Red. Fläche [m^2]
Wald	0	0.10	0
Wiese	282’671	0.25	70’668
Bebaut	32’966	0.40	13’186
Einzugsgebiet Geretschwilerbach	315’637	**0.27**	83’854

Einzugsgebiet Loobach	Fläche [m^2]	Abflussbeiwert Ψ	Red. Fläche [m^2]
Wald	0	0.10	0
Wiese	637’201	0.25	159’300
Bebaut	303’173	0.40	121’269
Einzugsgebiet Loobach	940’374	**0.30**	280’569

Zusammenfluss G'-bach und Loobach	1’256’011	**0.29**	364’424

Hochwassermengen Geretschwilerbach

Quelle	HQ30	HQ100	HQ300	EHQ
Naturgefahren	5.17	7.01	9.21	13.24
Hofbauer		16.9		
Kürsteiner		5.6		
Melli		9.3		
Müller-Zeller		8.1		
Müller		5.3		
Mittelwert		8.7		
ohne Ausreisser		7.5		



	Fläche F ha	Abfl. Koef. Ψ	F red. ha
Geretschwilerbach	31.56	0.27	8.52
Loobach	94.04	0.30	28.21

Niedrigwassermenge

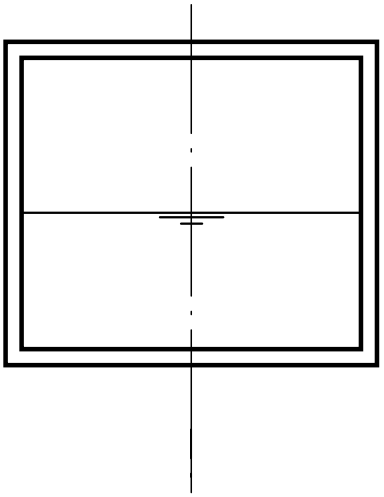
	min.	max.	
Abflussspende	5	10	l/s/km2
Q347 Geretschwilerbach	1.6	3.2	l/s

Anhang 2: Hydraulik

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Geretschwilerbach

ABFLUSSMENGE / ABFLUSSTIEFE



Rechteck - Profil

Eingaben :

Berechnung nach Strickler
(Thormann berücksichtigt)

Gefälle	J	=	69.00	°/₀₀
Widerstandsbeiwert	ks	=	25.00	
Breite	b	=	2.10	m
Kanalhöhe	h	=	1.80	m
Abflussmenge	Q	=	7.000	m³/s

Resultate :

Abflusstiefe	hN	=	0.84	m	hk	=	1.04	m
Energiehöhe	H	=	1.64	m	HK	=	1.56	m
Geschwindigkeit	vN	=	3.96	m/s	vk	=	3.20	m/s
Bei Füllhöhe 85%	Q85	=	15.386	m³/s	v85	=	4.79	m/s
(ohne Thormann)	h85	=	1.53	m	F85	=	3.213	m²
Volle Füllung	Qv	=	15.315	m³/s	vv	=	4.05	m/s
(volle Reibung)	hv	=	1.80	m	Fv	=	3.780	m²

Normalabfluss :

Wasserspiegelbreite	B	=	2.10	m
Benetzte Fläche	F	=	1.769	m²
Benetzter Umfang	P	=	3.79	m
Schwerpunkt ab Wsp	zs	=	0.42	m
Wasserdruck	W	=	7.31	kN
Froude - Zahl	Fr	=	1.38	
Füllungsgrad		=	0.46	
Füllhöhe		=	46.81	%

Schiessender Abfluss Füllhöhe < 85%

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach
Berechnung HQ100

Eingabe / Kurzfassung

Ausgangs - Profil	Stationierung	:	0.000	m
	Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Ausgangstiefe	oben	:	automatisch	(hN)
Schrittweite Resultatausgabe		:	1.000	m
Minimale Berechnungsschrittweite		:	1.000	m
Plötzliche Übergänge bei dL bis		:	0.050	m

Stationierung	Sohlenkote	Profiltyp		Breite	Gesamthöhe	Torbogenradius	ks	Bezeichnung
0.000 m	627.000 m	1	beliebig	(3.00/-1.50) (0.00/-0.50) (1.00/0.00) (0.00/0.50) (3.00/1.50)				
35.000 m	625.075 m	1	beliebig	(3.00/-1.50) (0.00/-0.50) (1.00/0.00) (0.00/0.50) (3.00/1.50)				
40.000 m	624.800 m	4	Rechteck	2.10 m	1.80 m		25	
71.100 m	622.670 m	4	Rechteck	2.10 m	1.80 m		25	
73.100 m	622.530 m	1	beliebig	(3.00/-2.00) (2.00/0.00) (3.00/2.00)				
78.700 m	622.140 m	1	beliebig	(3.00/-2.00) (2.00/0.00) (3.00/2.00)				

von Stationierung	bis Stationierung	Distanz	Gefälle	Zufluss	Geschwindigkeit	Winkel
0.000 m	35.000 m	35.000 m	55.00 °/₀₀			
35.000 m	40.000 m	5.000 m	55.00 °/₀₀			
40.000 m	71.100 m	31.100 m	68.49 °/₀₀			
71.100 m	73.100 m	2.000 m	70.00 °/₀₀			
73.100 m	78.700 m	5.600 m	69.64 °/₀₀			

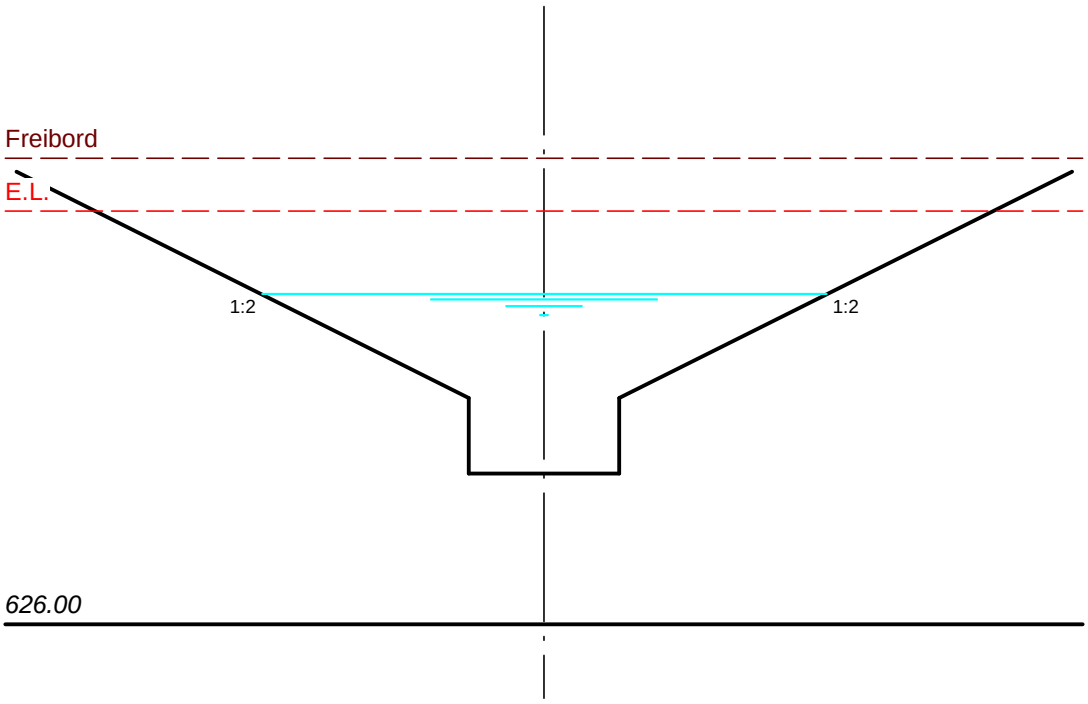
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

0.000 m

1:50



Sohlenkote	:	627.000 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

Abflusstiefe	:	1.187	m
Abflusstiefe hk	:	1.352	m
Abflusstiefe hN	:	1.187	m
Wsp-Kote	:	628.187	m
Energie-Kote	:	628.737	m
Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Geschwindigkeit	:	3.29	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.39	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	3.746	m
Benetzte Fläche	:	2.129	m²

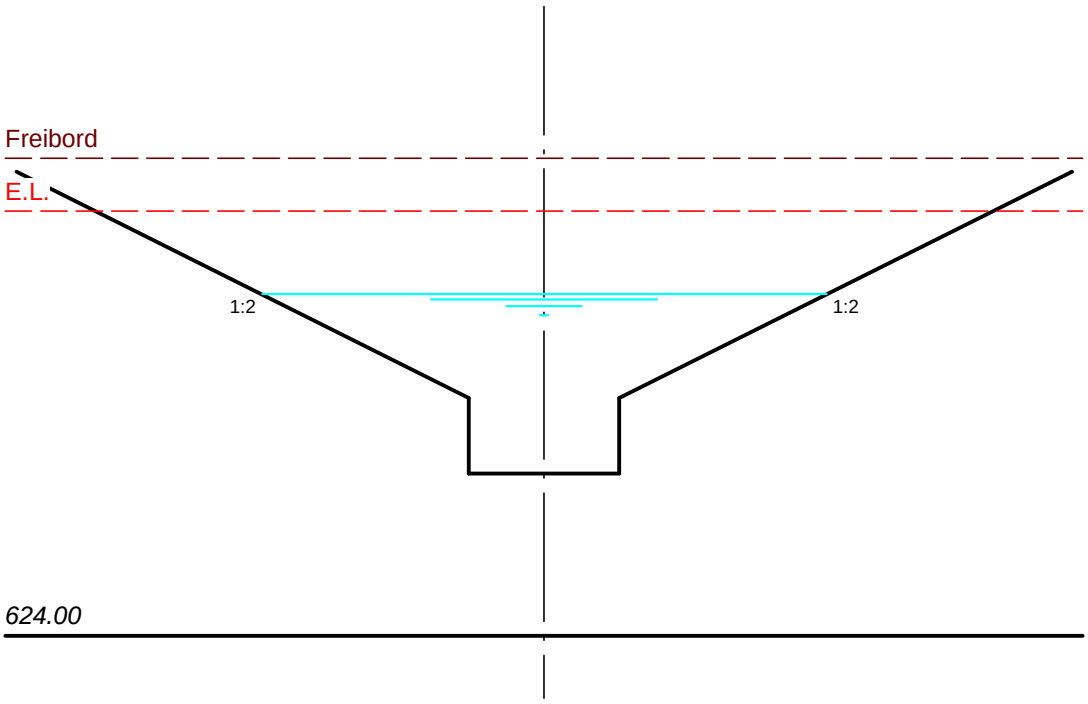
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

35.000 m

1:50



Sohlenkote	:	625.075 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

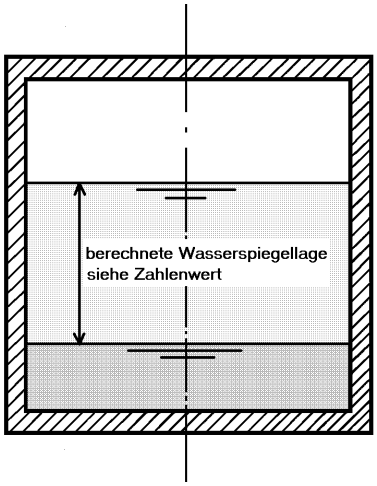
Abflusstiefe	:	1.187	m
Abflusstiefe hk	:	1.352	m
Abflusstiefe hN	:	1.187	m
Wsp-Kote	:	626.262	m
Energie-Kote	:	626.812	m
Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Geschwindigkeit	:	3.29	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.39	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	3.746	m
Benetzte Fläche	:	2.129	m²

PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

40.000 m



Sohlenkote	:	624.800 müM	
Profiltyp	:	4	Rechteck
Breite	:	2.10	m
Höhe	:	1.80	m
Rauhigkeit	:	25	

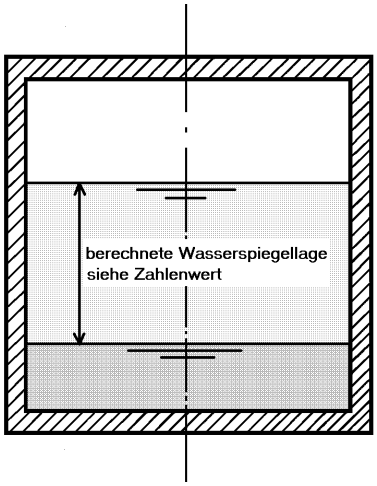
Abflusstiefe	:	0.798	m
Abflusstiefe hk	:	1.042	m
Abflusstiefe hN	:	0.916 m / 0.845	m
Wsp-Kote	:	625.598	m
Energie-Kote	:	626.487	m
Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Geschwindigkeit	:	4.17	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.49	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	2.100	m
Benetzte Fläche	:	1.677	m²

PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

71.100 m



Sohlenkote	:	622.670 müM	
Profiltyp	:	4	Rechteck
Breite	:	2.10	m
Höhe	:	1.80	m
Rauhigkeit	:	25	

Abflusstiefe	:	0.845	m
Abflusstiefe hk	:	1.042	m
Abflusstiefe hN	:	0.845 m / 0.838	m
Wsp-Kote	:	623.515	m
Energie-Kote	:	624.308	m
Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Geschwindigkeit	:	3.95	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.37	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	2.100	m
Benetzte Fläche	:	1.774	m²

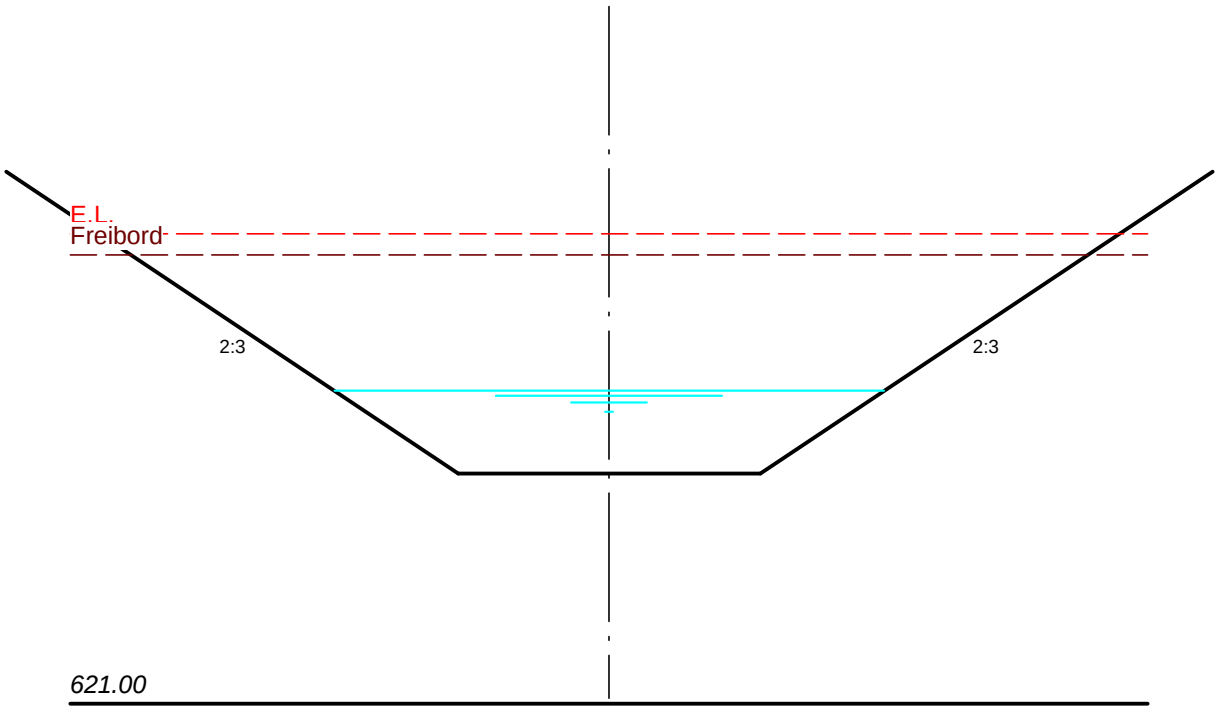
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

73.100 m

1:50



Sohlenkote	:	622.530 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

Abflusstiefe	:	0.550	m
Abflusstiefe hk	:	0.862	m
Abflusstiefe hN	:	0.628	m
Wsp-Kote	:	623.080	m
Energie-Kote	:	624.116	m
Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Geschwindigkeit	:	4.51	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	2.21	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	3.649	m
Benetzte Fläche	:	1.553	m²

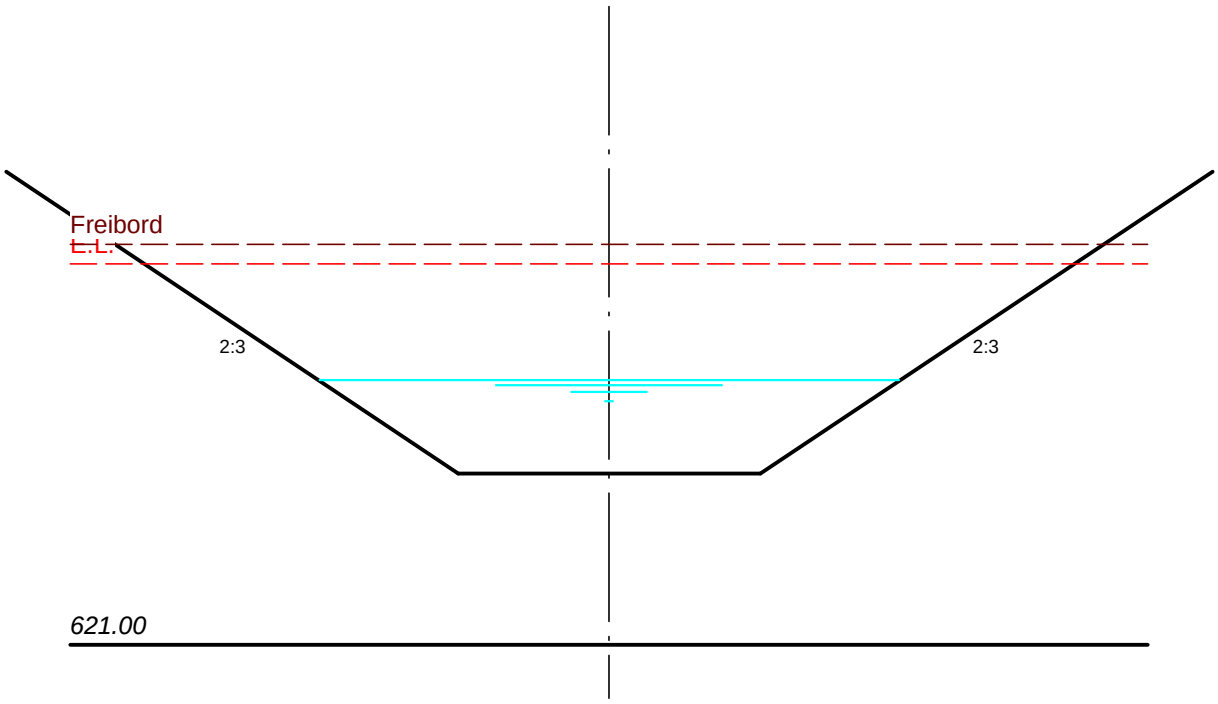
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

78.700 m

1:50



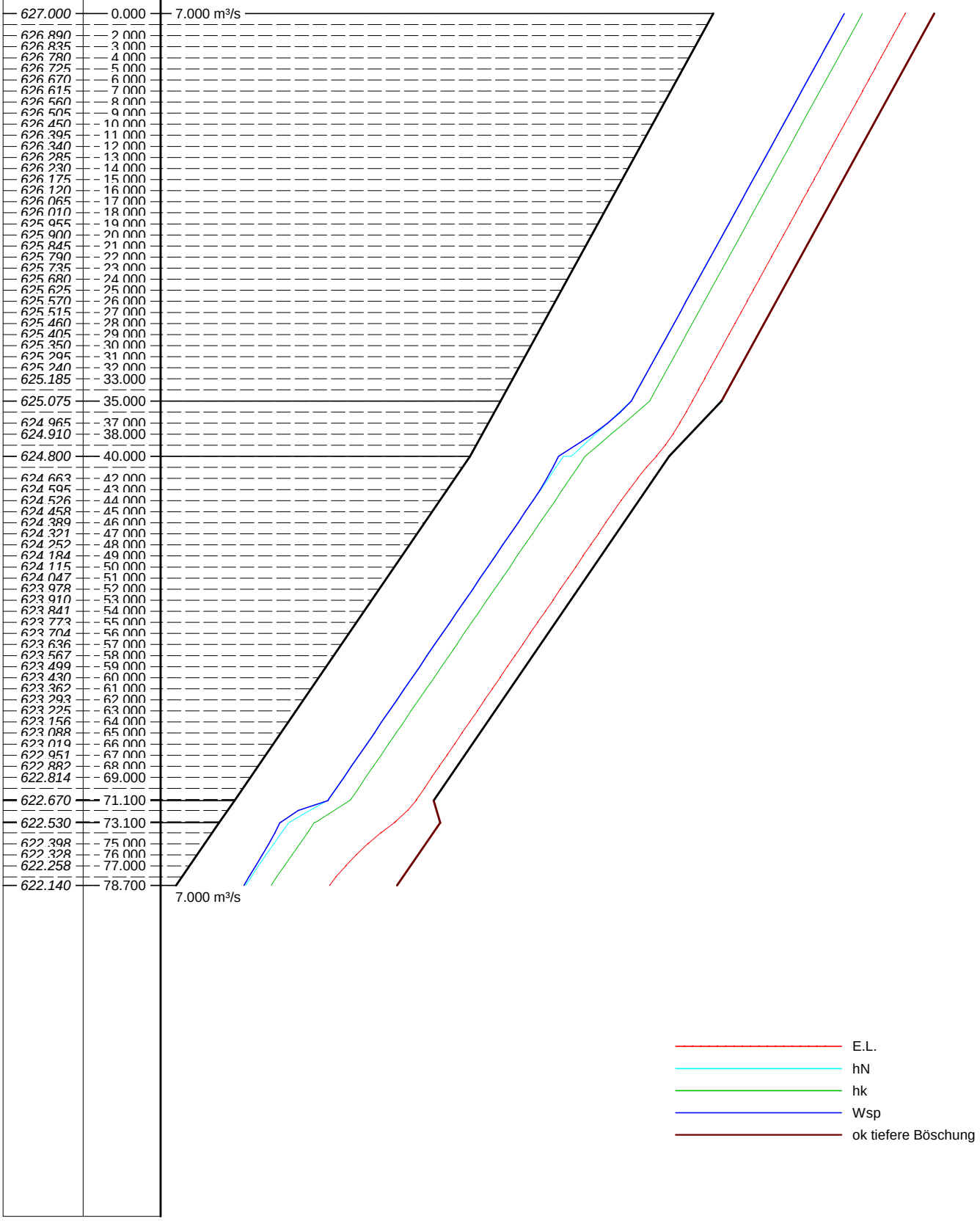
Sohlenkote	:	622.140 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

Abflusstiefe	:	0.615	m
Abflusstiefe hk	:	0.862	m
Abflusstiefe hN	:	0.629	m
Wsp-Kote	:	622.755	m
Energie-Kote	:	623.528	m
Abflussmenge	:	7.000	m³/s
Geschwindigkeit	:	3.89	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.82	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	3.846	m
Benetzte Fläche	:	1.798	m²

PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Massstab = 500 : 50
Horizont = 622.00

3105-0372-02 / 03.07.2020



PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach
Berechnung HQ300

Eingabe / Kurzfassung

Ausgangs - Profil	Stationierung	:	0.000	m
	Abflussmenge	:	9.200	m³/s
Ausgangstiefe	oben	:	automatisch	(hN)
Schrittweite Resultatausgabe		:	1.000	m
Minimale Berechnungsschrittweite		:	1.000	m
Plötzliche Übergänge bei dL bis		:	0.050	m

Stationierung	Sohlenkote	Profiltyp		Breite	Gesamthöhe	Torbogenradius	ks	Bezeichnung
0.000 m	627.000 m	1	beliebig	(3.00/-1.50) (0.00/-0.50) (1.00/0.00) (0.00/0.50) (3.00/1.50)				
35.000 m	625.075 m	1	beliebig	(3.00/-1.50) (0.00/-0.50) (1.00/0.00) (0.00/0.50) (3.00/1.50)				
40.000 m	624.800 m	4	Rechteck	2.10 m	1.80 m		25	
71.100 m	622.670 m	4	Rechteck	2.10 m	1.80 m		25	
73.100 m	622.530 m	1	beliebig	(3.00/-2.00) (2.00/0.00) (3.00/2.00)				
78.700 m	622.140 m	1	beliebig	(3.00/-2.00) (2.00/0.00) (3.00/2.00)				

von Stationierung	bis Stationierung	Distanz	Gefälle	Zufluss	Geschwindigkeit	Winkel
0.000 m	35.000 m	35.000 m	55.00 °/₀₀			
35.000 m	40.000 m	5.000 m	55.00 °/₀₀			
40.000 m	71.100 m	31.100 m	68.49 °/₀₀			
71.100 m	73.100 m	2.000 m	70.00 °/₀₀			
73.100 m	78.700 m	5.600 m	69.64 °/₀₀			

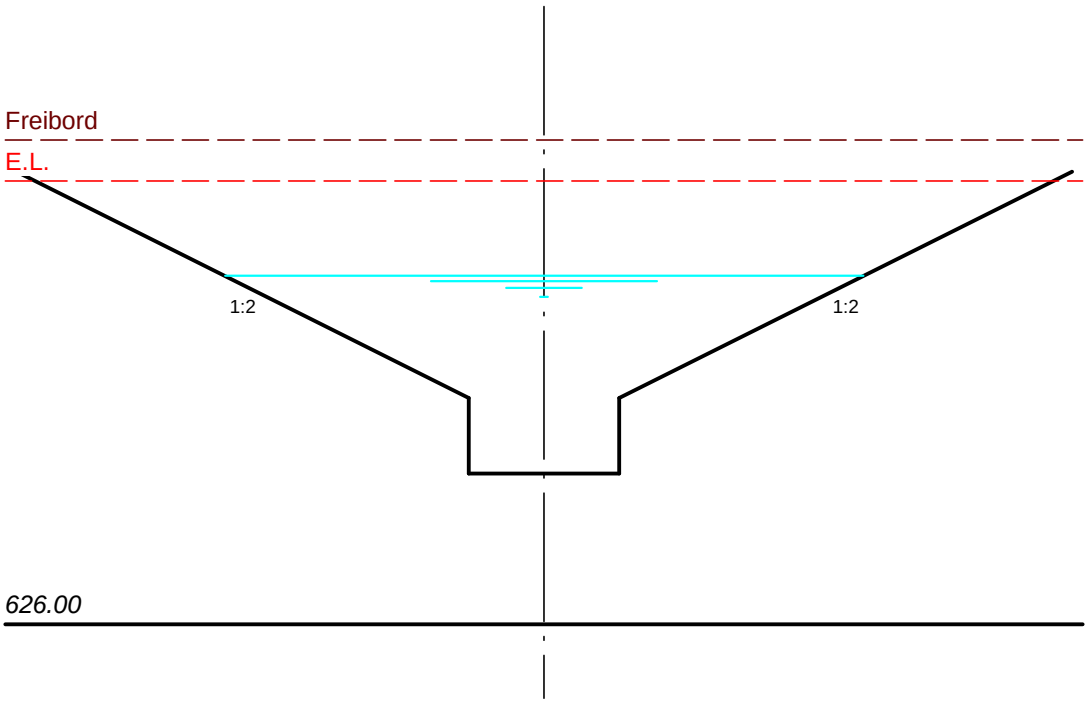
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

0.000 m

1:50



Sohlenkote	:	627.000 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

Abflusstiefe	:	1.308	m
Abflusstiefe hk	:	1.502	m
Abflusstiefe hN	:	1.308	m
Wsp-Kote	:	628.308	m
Energie-Kote	:	628.940	m
Abflussmenge	:	9.200	m³/s
Geschwindigkeit	:	3.52	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.43	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	4.231	m
Benetzte Fläche	:	2.613	m²

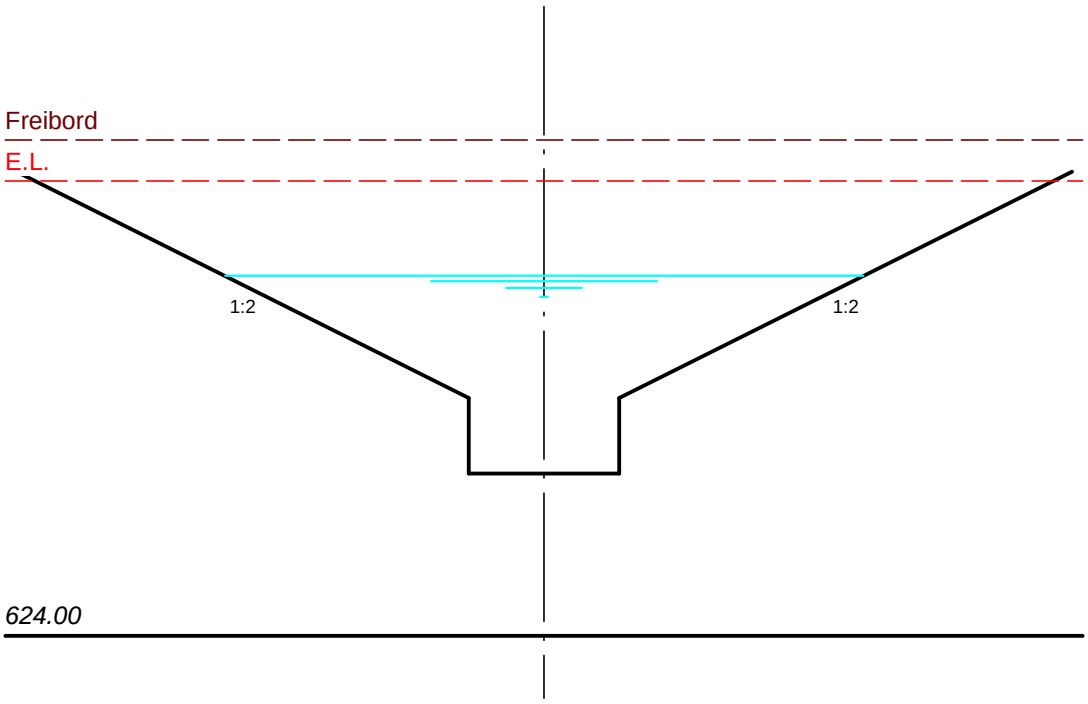
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

35.000 m

1:50



Sohlenkote	:	625.075 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

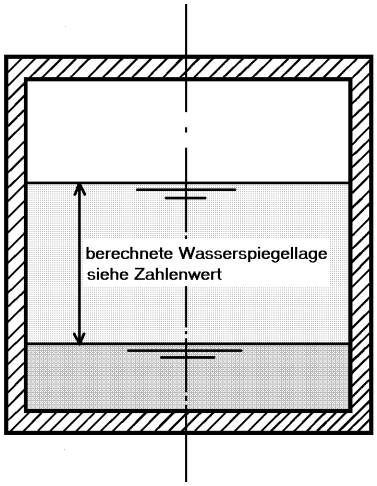
Abflusstiefe	:	1.308	m
Abflusstiefe hk	:	1.502	m
Abflusstiefe hN	:	1.308	m
Wsp-Kote	:	626.383	m
Energie-Kote	:	627.015	m
Abflussmenge	:	9.200	m³/s
Geschwindigkeit	:	3.52	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.43	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	4.231	m
Benetzte Fläche	:	2.613	m²

PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

40.000 m



Sohlenkote	:	624.800 müM	
Profiltyp	:	4	Rechteck
Breite	:	2.10 m	
Höhe	:	1.80 m	
Rauhigkeit	:	25	

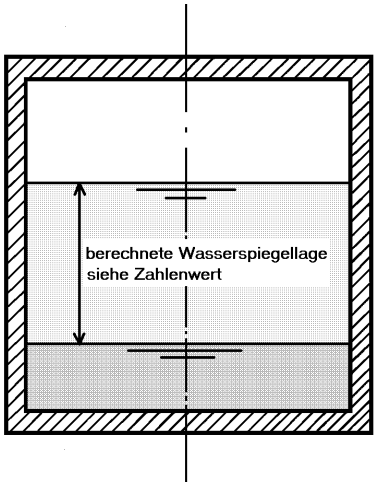
Abflusstiefe	:	1.057 m	
Abflusstiefe hk	:	1.251 m	
Abflusstiefe hN	:	1.123 m	/ 1.034 m
Wsp-Kote	:	625.857 m	
Energie-Kote	:	626.733 m	
Abflussmenge	:	9.200 m³/s	
Geschwindigkeit	:	4.14 m/s	
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.29	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	2.100 m	
Benetzte Fläche	:	2.220 m²	

PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

71.100 m



Sohlenkote	:	622.670 müM	
Profiltyp	:	4	Rechteck
Breite	:	2.10	m
Höhe	:	1.80	m
Rauhigkeit	:	25	

Abflusstiefe	:	1.034	m
Abflusstiefe hk	:	1.251	m
Abflusstiefe hN	:	1.034 m / 1.026	m
Wsp-Kote	:	623.704	m
Energie-Kote	:	624.619	m
Abflussmenge	:	9.200	m³/s
Geschwindigkeit	:	4.24	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.33	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	2.100	m
Benetzte Fläche	:	2.172	m²

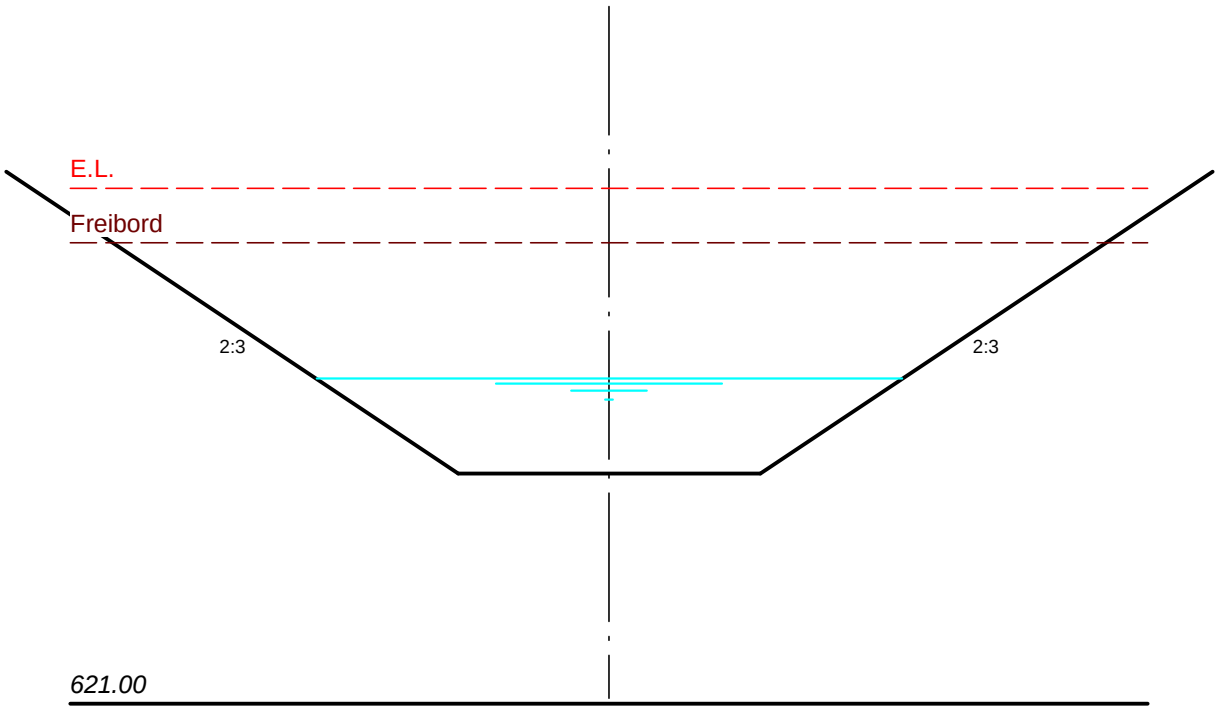
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

73.100 m

1:50



Sohlenkote	:	622.530 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

Abflusstiefe	:	0.629	m
Abflusstiefe hk	:	1.002	m
Abflusstiefe hN	:	0.728 m / 0.729	m
Wsp-Kote	:	623.159	m
Energie-Kote	:	624.418	m
Abflussmenge	:	9.200	m³/s
Geschwindigkeit	:	4.97	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	2.30	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	3.886	m
Benetzte Fläche	:	1.851	m²

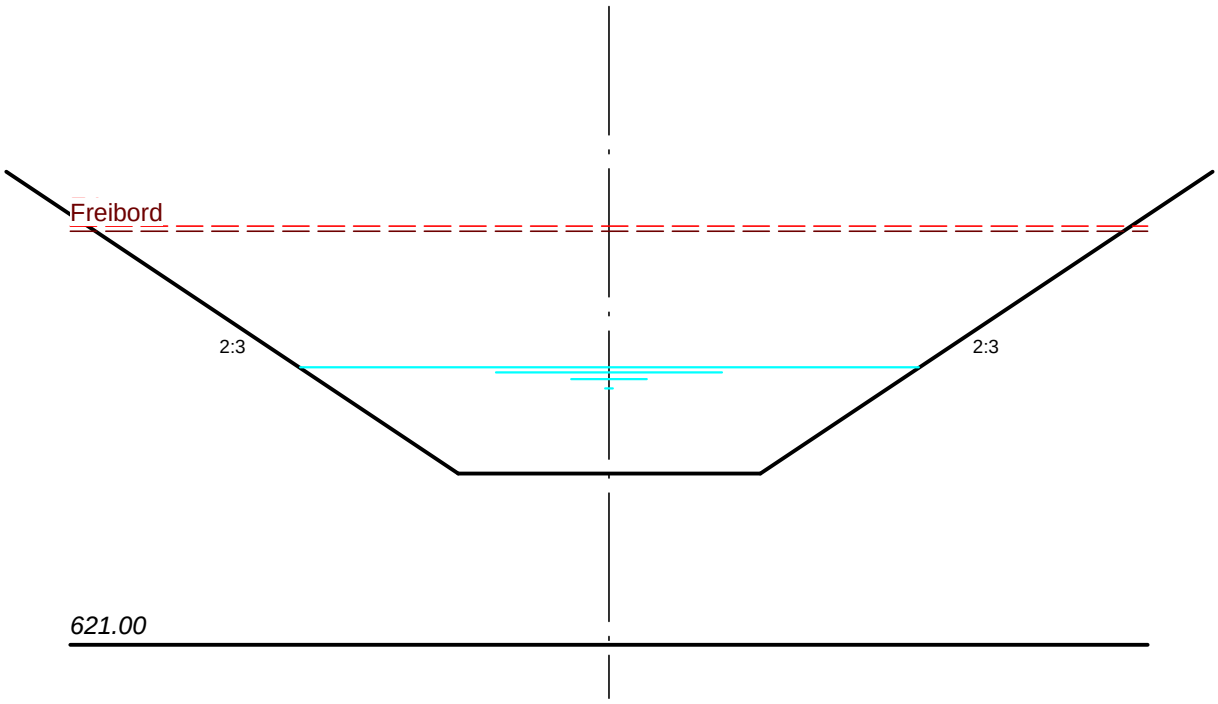
PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Wälli AG Ingenieure

Datum : 03.07.2020
Objekt : 3105-0372-02
Gossau, Durchlass Geretschwilerbach

78.700 m

1:50



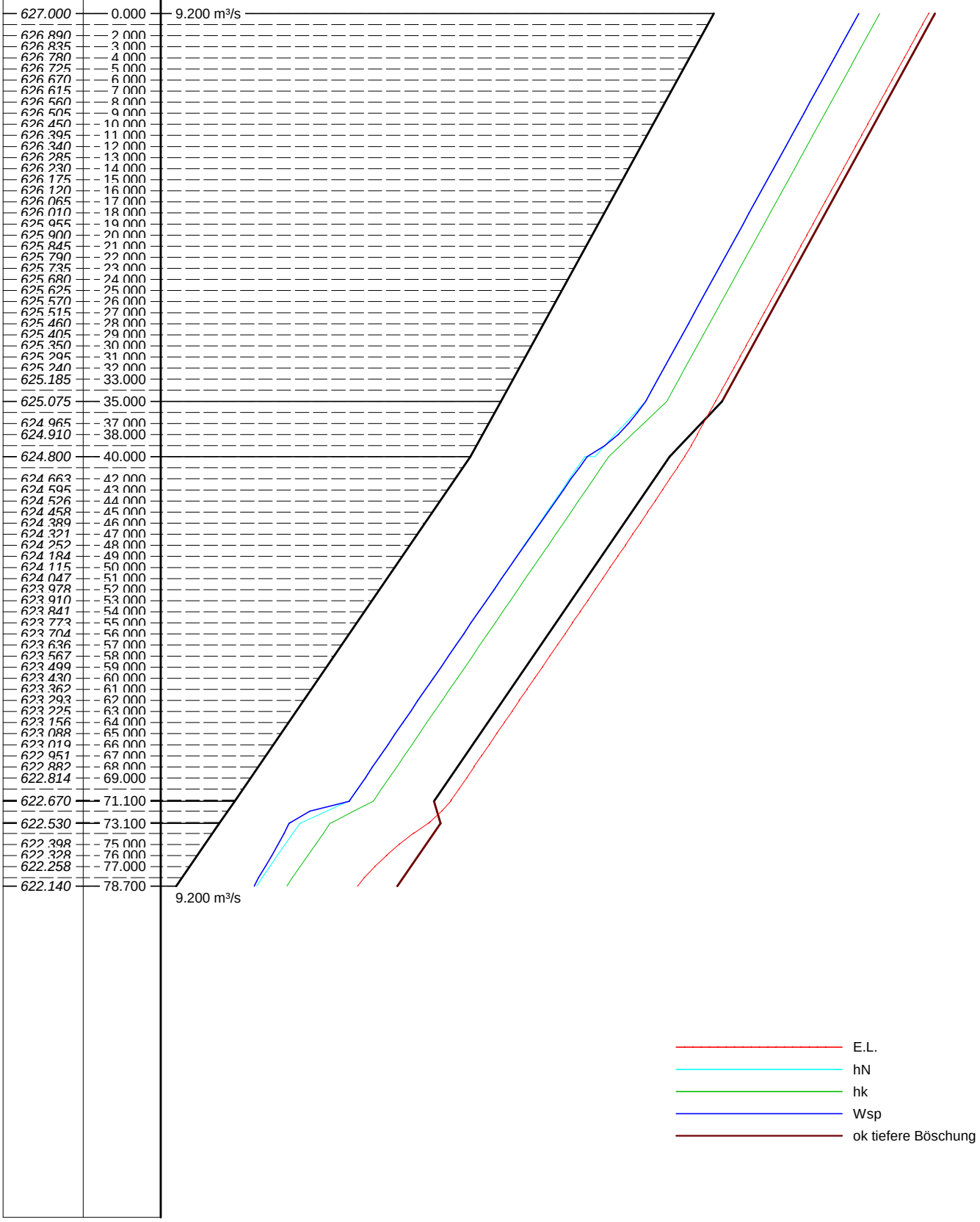
Sohlenkote	:	622.140 müM	
Profiltyp	:	1	beliebig

Abflusstiefe	:	0.703	m
Abflusstiefe hk	:	1.002	m
Abflusstiefe hN	:	0.729	m
Wsp-Kote	:	622.843	m
Energie-Kote	:	623.778	m
Abflussmenge	:	9.200	m³/s
Geschwindigkeit	:	4.28	m/s
mittlere Rauhigkeit	:	25	
Froude-Zahl	:	1.89	
Abfluss	:	schiessend	
Wsp-Breite	:	4.110	m
Benetzte Fläche	:	2.148	m²

PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Massstab = 500 : 50
Horizont = 622.00

3105-0372-02 / 03.07.2020



PDF wurde mit pdfFactory Pro-Prüfversion erstellt. www.context-gmbh.de

Anhang 3: Sohl- und Böschungssicherung

Bemessung Höhe Steinsatz Auslauf

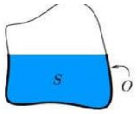
Ort	Offenlegung	Eingabe	
t_{max}	max. Wassertiefe	0.74	[m]
A	benetzte Fläche	1.915	[m²]
U	benetzter Umfang	4.152	[m]
τ_{zul}	zulässige Schleppspannung	70	[N/m²]
J_e	Energieliniengefälle (ungefähr Sohlengefälle)	0.06	[für 1% den Wert 0.01 einsetzen]

Bach

h_{St}	Höhe des Steinsatzes über der Sohle	0.55	[m]

Fluss

h_{St}	Höhe des Steinsatzes über der Sohle	0.62	[m]



Beispiele für den hydraulischen Radius

	Rechteck	Trapez	Dreieck	Kreis	Parabel
Breite B	b	$b+2\cdot mh$	$2\cdot mh$	$\left(\sin\frac{\theta}{2}\right)\cdot D$ oder $2\sqrt{h\cdot(D-h)}$	$\frac{3}{2}\frac{S}{h}$
Mittlere Wassertiefe	h	$\frac{(b+mh)h}{b+2\cdot mh}$	$\frac{1}{2}h$	$\left[\frac{\theta-\sin\theta}{\sin\frac{\theta}{2}}\right]\frac{D}{8}$	$\frac{2}{3}h$
Querschnittsfläche S	$b\cdot h$	$(b+mh)\cdot h$	$m\cdot h^2$	$\frac{1}{8}(\theta-\sin\theta)\cdot D^2$	$\frac{2}{3}Bh$
benetzter Umfang P	$b+2h$	$b+2\cdot h\cdot\sqrt{1+m^2}$	$2h\cdot\sqrt{1+m^2}$	$\frac{1}{2}\theta\cdot D$	$B+\frac{8}{3}\frac{h^2}{B}$ [1]
Hydraulischer Radius r_h	$\frac{bh}{b+2h}$	$\frac{(b+mh)\cdot h}{b+2h\cdot\sqrt{1+m^2}}$	$\frac{mh}{2\cdot\sqrt{1+m^2}}$	$\frac{1}{4}\left[1-\frac{\sin\theta}{\theta}\right]D$	$\frac{2B^3h}{3B^2+8h^2}$ [1]

1. gültig für $0<\xi<1$, mit $\xi=\frac{4h}{b}$. Si $\xi>1$: $P=\left(\frac{B}{2}\right)\left[\sqrt{1+\xi^2}+\frac{1}{\xi}\ln\left(\xi+\sqrt{1+\xi^2}\right)\right]$

BAUDEPARTEMENT
Tiefbauamt
Abteilung Gewässer
Sektion Wasserbau

Hydraulik
Schleppspannungen / Uferschutz

Ordnungs Nr. **1201**

A) Zulässige Schleppspannung

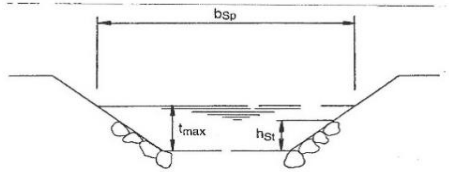
Die Höhe des Steinsatzes richtet sich nach der oberhalb der Blöcke vorhandenen Vegetation. Weidenbewuchs (We) oder Rasen (Ra) widersteht den Angriffen des Wassers bis zur Überschreitung der zulässigen Schleppspannung. Bei der Dimensionierung der Höhe des Steinsatzes ist von folgenden zulässigen Schleppspannungen ($\tau_{zul.}$) auszugehen:

τRa_{zul} : 50 bis 80 N/m²

τWe_{zul} : 100 bis 140 N/m²

Erfahrungsgemäss hält Rasen auch höhere Belastungen aus. Anhand von Naturbeobachtungen kann am jeweiligen Gewässer festgestellt werden, bis zu welcher Schleppspannung die vorhandene Vegetation den Uferschutz übernehmen kann.

B) Bemessung der Höhe des Steinsatzes



Legende:

b_{Sp}	=	Wasserspiegelbreite bei maximaler Wassertiefe	[m]
t_{max}	=	maximale Wassertiefe	[m]
h_{St}	=	Höhe des Steinsatzes über der Sohle	[m]
R	=	hydraulischer Radius	[m]
τ_{zul}	=	zulässige Schleppspannung	[N/m²]
τ_{So}	=	maximale Schleppspannung an der Sohle	[N/m²]
J_e	=	Energieliniengefälle (≅ Sohlengefälle)	[für 1% den Wert 0.01 einsetzen]

Gebrauchsformeln:

- für Gerinne mit der Bedingung $b_{Sp}/t < 30$ (≈ Bäche) gilt:

$$\tau_{So} = 10'000 \cdot R \cdot J_e$$

$$h_{St} = t_{max} - \frac{\tau_{zul}\cdot t_{max}}{R\cdot J_e\cdot 10'000}$$

- für Gerinne mit der Bedingung $b_{Sp}/t > 30$ (≈ Flüsse) gilt:

$$\tau_{So} = 10'000 \cdot t_{max} \cdot J_e$$

$$h_{St} = t_{max} - \frac{\tau_{zul}}{J_e\cdot 10'000}$$

Datum: Januar 1996

Bemessung Höhe Steinsatz Einlauf

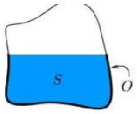
Ort	Offenlegung	Eingabe	
t_{max}	max. Wassertiefe	0.6	[m]
A	benetzte Fläche	1.838	[m²]
U	benetzter Umfang	4.207	[m]
τ_{zul}	zulässige Schleppspannung	70	[N/m²]
J_e	Energieliniengefälle (ungefähr Sohlengefälle)	0.07	[für 1% den Wert 0.01 einsetzen]

Bach

h_{St}	Höhe des Steinsatzes über der Sohle	0.46	[m]

Fluss

h_{St}	Höhe des Steinsatzes über der Sohle	0.50	[m]



Beispiele für den hydraulischen Radius

	Rechteck	Trapez	Dreieck	Kreis	Parabel
Breite B	b	$b+2\cdot mh$	$2\cdot mh$	$\left(\sin\frac{\theta}{2}\right)\cdot D$ oder $2\sqrt{h\cdot(D-h)}$	$\frac{3}{2}\frac{S}{h}$
Mittlere Wassertiefe	h	$\frac{(b+mh)h}{b+2\cdot mh}$	$\frac{1}{2}h$	$\left[\frac{\theta-\sin\theta}{\sin\frac{\theta}{2}}\right]\frac{D}{8}$	$\frac{2}{3}h$
Querschnittsfläche S	$b\cdot h$	$(b+mh)\cdot h$	$m\cdot h^2$	$\frac{1}{8}(\theta-\sin\theta)\cdot D^2$	$\frac{2}{3}Bh$
benetzter Umfang P	$b+2h$	$b+2\cdot h\cdot\sqrt{1+m^2}$	$2h\cdot\sqrt{1+m^2}$	$\frac{1}{2}\theta\cdot D$	$B+\frac{8}{3}\frac{h^2}{B}$ [1]
Hydraulischer Radius r_h	$\frac{bh}{b+2h}$	$\frac{(b+mh)\cdot h}{b+2h\cdot\sqrt{1+m^2}}$	$\frac{mh}{2\cdot\sqrt{1+m^2}}$	$\frac{1}{4}\left[1-\frac{\sin\theta}{\theta}\right]D$	$\frac{2B^3h}{3B^2+8h^2}$ [1]

1. gültig für $0<\xi<1$, mit $\xi=\frac{4h}{b}$. Si $\xi>1$: $P=\left(\frac{B}{2}\right)\left[\sqrt{1+\xi^2}+\frac{1}{\xi}\ln\left(\xi+\sqrt{1+\xi^2}\right)\right]$

BAUDEPARTEMENT Tiefbauamt Abteilung Gewässer Sektion Wasserbau	**Hydraulik** **Schleppspannungen / Uferschutz**	Ordnungs Nr. **1201**

A) Zulässige Schleppspannung

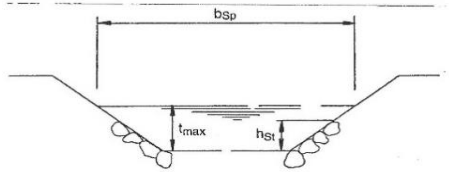
Die Höhe des Steinsatzes richtet sich nach der oberhalb der Blöcke vorhandenen Vegetation. Weidenbewuchs (We) oder Rasen (Ra) widersteht den Angriffen des Wassers bis zur Überschreitung der zulässigen Schleppspannung. Bei der Dimensionierung der Höhe des Steinsatzes ist von folgenden zulässigen Schleppspannungen ($\tau_{zul.}$) auszugehen:

τRa_{zul} : 50 bis 80 N/m²

τWe_{zul} : 100 bis 140 N/m²

Erfahrungsgemäss hält Rasen auch höhere Belastungen aus. Anhand von Naturbeobachtungen kann am jeweiligen Gewässer festgestellt werden, bis zu welcher Schleppspannung die vorhandene Vegetation den Uferschutz übernehmen kann.

B) Bemessung der Höhe des Steinsatzes



Legende:

b_{Sp}	=	Wasserspiegelbreite bei maximaler Wassertiefe	[m]
t_{max}	=	maximale Wassertiefe	[m]
h_{St}	=	Höhe des Steinsatzes über der Sohle	[m]
R	=	hydraulischer Radius	[m]
τ_{zul}	=	zulässige Schleppspannung	[N/m²]
τ_{So}	=	maximale Schleppspannung an der Sohle	[N/m²]
J_e	=	Energieliniengefälle (≅ Sohlengefälle)	[für 1% den Wert 0.01 einsetzen]

Gebrauchsformeln:

- für Gerinne mit der Bedingung $b_{Sp}/t < 30$ (≈ Bäche) gilt:

$$\tau_{So} = 10'000 \cdot R \cdot J_e$$

$$h_{St} = t_{max} - \frac{\tau_{zul}\cdot t_{max}}{R\cdot J_e\cdot 10'000}$$

- für Gerinne mit der Bedingung $b_{Sp}/t > 30$ (≈ Flüsse) gilt:

$$\tau_{So} = 10'000 \cdot t_{max} \cdot J_e$$

$$h_{St} = t_{max} - \frac{\tau_{zul}}{J_e\cdot 10'000}$$

Datum: Januar 1996

Dimensionierung Sohlenschutz Einlauf

nach Vischer

	Eingabewert
	Resultat

ρ Wasser	spez. Gewicht Wasser	1000	kg/m3
Benetzte Fläche A	(gemäss Abflussberechnung)	1.838	m2
Benetzter Umfang U	(gemäss Abflussberechnung)	4.207	m
R	hydr. Radius (A/U)	0.44	m
k	Strickler Koeffizent		
kr	Anteil durch Kornrauhigkeit		
k/kr	= 1,0 bei ebener Sohle	1	-
	=0.5 bei hohen Sohlenwellen		
J	Gefälle (dimensionslos)	0.07	-
ρ Stein	spez. Gewicht Stein	2700	kg/m3

				Gewicht [kg]	Grösse eckig lxbxh [m]
d50	Durchmesser 50er-Korn (rund)	0.45	m	129	0.36
dmin= 0.6 x d50	Durchmesser Minimalkorn (rund)	0.27	m	28	0.22
dmax= 1.6 x d50	Durchmesser Maximalkorn (rund)	0.72	m	527	0.58

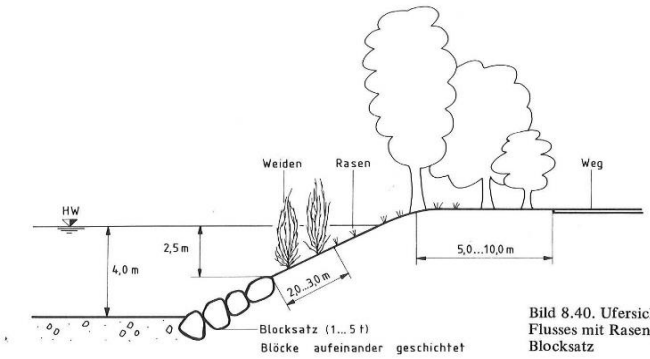


Bild 8.40. Ufersicherung eines kleinen Flusses mit Rasen, Weidenbüschen und Blocksatz

Jahre auf den Stock geschnitten werden, damit sie elastisch bleiben und sich bei Hochwasser umlegen.

Beispiel 3: Ein größerer Fluß soll eine Ufersicherung mit losen Bruchsteinen, also einen sogenannten Blockwurf erhalten. Dabei soll auf eine mögliche Eintiefung der Sohle infolge von Erosion Rücksicht genommen werden. Bild 8.41 zeigt die üblichen Lösungsmöglichkeiten. Bei der einen Lösung wird am Fuß der Böschung ein sogenannter Vorgrund geschüttet, der eine Reserve von Bruchsteinen umfaßt. Sobald die Sohlenerosion einsetzt, rollen die in dieser Reserve vorgehaltenen Bruchsteine in den entstehenden Kolk, ergänzen die Ufersicherung und bilden die endgültige Fußsicherung. Bei der anderen Lösung wird der Blockwurf von vornherein bis zur größten zu erwartenden Kolktiefe hinuntergezogen und dort mit einem kräftigen Fuß gesichert. Liegt der Blockwurf auf feinem Lockergestein, so muß zwischen den groben Bruchsteinen und dem Untergrund unbedingt ein Filter eingebracht werden. Denn sonst wird das feine Lockergestein mit der Zeit ausgewaschen, was zu großen Setzungen im Uferbereich und gar zu einer Zerstörung der Ufersicherung führen kann. Als Filter eignen sich Filterschichten aus Schroppen- und Kieslagen, die durch Drahtnetze noch gesichert werden können. Neuerdings werden als Filter auch Gewebe aus Kunststoffen verwendet (Kunststoffvliese und engmaschige Gitterplanen).

Der Sohlenschutz

Der Sohlenschutz wird mit einer künstlichen Abpflasterung oder mit Grundschwellen verwirklicht. Die künstliche Abpflasterung kann nach der Formel von Meyer-Peter bemessen werden. Gemäß Abschnitt 2.8.3 wird das erforderliche fünfziger Korn durch die Formel

$$d_{50} = \frac{\rho R \left(\frac{k}{k_r}\right)^{3/2} J}{0{,}04\,(\rho_s - \rho)}$$

angenähert. Die notwendige Kornmischung läßt sich gemäß Bild 8.42 abschätzen. Der Durchmesser d_{min} des Minimalkorns und d_{max} des Maximalkorns ergeben sich damit zu

$$d_{min} = 0{,}6\, d_{50}\,,$$

$$d_{max} = 1{,}6\, d_{50}\,.$$

Die erforderliche Dicke wird dabei etwa dem Maximalkorn gleichgesetzt.

Anstelle einer lückenlosen Abpflasterung kann die Sohle auch durch Streuung von einzelnen großen Blöcken befestigt werden.

Die Grundschwellen sind künstliche Fixpunkte, welche die Sohle auf der gewünschten Höhe halten. Sie werden in Bächen und kleineren Flüssen gewöhnlich aus Holz oder Beton hergestellt. Bild 8.43 zeigt ein Beispiel für die Anwendung von Holzschwellen in einem Bach.

Dimensionierung Sohlenschutz Auslauf

nach Vischer

	Eingabewert
	Resultat

ρ Wasser	spez. Gewicht Wasser	1000	kg/m3
Benetzte Fläche A (gemäss Abflussberechnung)		1.915	m2
Benetzter Umfang U (gemäss Abflussberechnung)		4.152	m
R	hydr. Radius (A/U)	0.46	m
k	Strickler Koeffizent		
kr	Anteil durch Kornrauhigkeit		
k/kr	= 1,0 bei ebener Sohle	1	-
	=0.5 bei hohen Sohlenwellen		
J	Gefälle (dimensionslos)	0.06	-
ρ Stein	spez. Gewicht Stein	2700	kg/m3

				Gewicht [kg]	Grösse eckig lxbxh [m]
d50	Durchmesser 50er-Korn (rund)	0.41	m	95	0.33
dmin= 0.6 x d50	Durchmesser Minimalkorn (rund)	0.24	m	21	0.20
dmax= 1.6 x d50	Durchmesser Maximalkorn (rund)	0.65	m	390	0.52

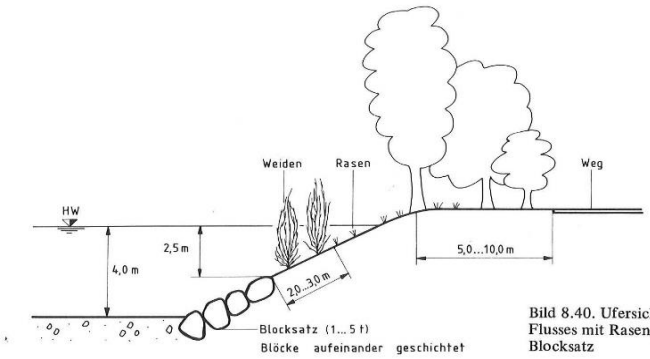


Bild 8.40. Ufersicherung eines kleinen Flusses mit Rasen, Weidenbüschen und Blocksatz

Jahre auf den Stock geschnitten werden, damit sie elastisch bleiben und sich bei Hochwasser umlegen.

Beispiel 3: Ein größerer Fluß soll eine Ufersicherung mit losen Bruchsteinen, also einen sogenannten Blockwurf erhalten. Dabei soll auf eine mögliche Eintiefung der Sohle infolge von Erosion Rücksicht genommen werden. Bild 8.41 zeigt die üblichen Lösungsmöglichkeiten. Bei der einen Lösung wird am Fuß der Böschung ein sogenannter Vorgrund geschüttet, der eine Reserve von Bruchsteinen umfaßt. Sobald die Sohlenerosion einsetzt, rollen die in dieser Reserve vorgehaltenen Bruchsteine in den entstehenden Kolk, ergänzen die Ufersicherung und bilden die endgültige Fußsicherung. Bei der anderen Lösung wird der Blockwurf von vornherein bis zur größten zu erwartenden Kolktiefe hinuntergezogen und dort mit einem kräftigen Fuß gesichert. Liegt der Blockwurf auf feinem Lockergestein, so muß zwischen den groben Bruchsteinen und dem Untergrund unbedingt ein Filter eingebracht werden. Denn sonst wird das feine Lockergestein mit der Zeit ausgewaschen, was zu großen Setzungen im Uferbereich und gar zu einer Zerstörung der Ufersicherung führen kann. Als Filter eignen sich Filterschichten aus Schroppen- und Kieslagen, die durch Drahtnetze noch gesichert werden können. Neuerdings werden als Filter auch Gewebe aus Kunststoffen verwendet (Kunststoffvliese und engmaschige Gitterplanen).

Der Sohlenschutz

Der Sohlenschutz wird mit einer künstlichen Abpflasterung oder mit Grundschwellen verwirklicht. Die künstliche Abpflasterung kann nach der Formel von Meyer-Peter bemessen werden. Gemäß Abschnitt 2.8.3 wird das erforderliche fünfziger Korn durch die Formel

$$d_{50} = \frac{\rho R \left(\frac{k}{k_r}\right)^{3/2} J}{0{,}04\,(\rho_s - \rho)}$$

angenähert. Die notwendige Kornmischung läßt sich gemäß Bild 8.42 abschätzen. Der Durchmesser d_{min} des Minimalkorns und d_{max} des Maximalkorns ergeben sich damit zu

$$d_{min} = 0{,}6\, d_{50}\,,$$

$$d_{max} = 1{,}6\, d_{50}\,.$$

Die erforderliche Dicke wird dabei etwa dem Maximalkorn gleichgesetzt.

Anstelle einer lückenlosen Abpflasterung kann die Sohle auch durch Streuung von einzelnen großen Blöcken befestigt werden.

Die Grundschwellen sind künstliche Fixpunkte, welche die Sohle auf der gewünschten Höhe halten. Sie werden in Bächen und kleineren Flüssen gewöhnlich aus Holz oder Beton hergestellt. Bild 8.43 zeigt ein Beispiel für die Anwendung von Holzschwellen in einem Bach.

Anhang 4: Freibord

Freibord für Gerinne und Gewässerübergänge

nach Merkblatt AWE Kanton St. Gallen

Eingabewert

Resultat

QP	h	v	sigma	ft	Methode (frei/Brücke)	fmin	fmax	f	**Freibord**
Durchlass	0.85	3.95	0.3	0	Brücke	0.5	2.5	0.85716	0.9

Auf freier Fliessstrecke

Auf freier Fliesstrecke, d.h. in Geländeeinschnitten berechnet sich das notwendige Freibord gemäss nebenstehender Formel. Unabhängig von den Resultaten gelten die folgenden minimalen und maximalen Werte für das Freibord:

Minimum für alle Gewässer	0.5 m
Maximum bei strömendem Abfluss	1.5 m
Maximum bei schiessendem Abfluss	2.5 m

$$f = \sqrt{(0.06 + 0.06 \cdot h)^2 + \sigma_{wz}{}^2}$$

h mittlere Abflusstiefe

σ_{wz} Unschärfe der massgeblichen Sohlenlage

Die Werte für σ_{wz} variieren zwischen 0 (stabile Sohle; nur mit entsprechendem Nachweis) und 1 (Wildbach mit stark veränderlicher Sohlenlage).

Im Bereich von Brücken und Durchlässen

Im Bereich von Brücken und Durchlässen ist zusätzlich zum den Freibordbetrachtungen basierend auf der Wellenbildung, Unsicherheiten in der Wasserspiegelberechnung und der Unschärfe der Sohlenlage auch dem Schwemmholz Beachtung zu schenken. Dementsprechend muss das Freibord zusätzlich erhöht werden. Unabhängig von den Resultaten gelten die folgenden minimalen und maximalen Werte für das Freibord:

Minimum für alle Gewässer	0.5 m
Maximum bei strömendem Abfluss	1.5 m
Maximum bei schiessendem Abfluss	2.5 m

$$f = \sqrt{\left(\frac{v^2}{2 \cdot g}\right)^2 + (0.06 + 0.06 \cdot h)^2 + \sigma_{wz}{}^2 + f_t{}^2}$$

v mittlere Fliessgeschwindigkeit

g Erdbeschleunigung (9.81 m/s^2)

h mittlere Abflusstiefe

σ_{wz} Unschärfe der massgeblichen Sohlenlage

Die Werte für σ_{wz} variieren zwischen 0 (stabile Sohle; nur mit entsprechendem Nachweis) und 1 (Wildbach mit stark veränderlicher Sohlenlage).

f_t zusätzliches Freibord an Brücken und Durchlässen

Der Standardwert von 1.0 kann reduziert werden, wenn nur Schwemmholz mit geringen Abmessungen (Äste) erwartet wird (0.5). Bei glatter Untersicht kann der Wert weiter auf 0.3 reduziert werden; bei glatter Untersicht und einzeln angeschwemmten Baumstämmen wird der Wert 0.5 eingesetzt.

Anhang 5: Verklausungsgefahr

Beurteilung Verklausungsgefahr an Brücken oder Durchlässen

(SG Version Dez. 2017)

wälli Ingenieure

Einlauf Durchlass
Geretschwilerbach

Eingabefelder

Hochwasser		HQ_{30}	HQ_{100}	HQ_{300}	
Hochwassermengen		5.20	7.00	9.20	m^3/s
Querschnitt verfügbar	Q_v	3.800	3.800	3.800	m^2
Querschnitt benötigt	Q_b	2.47	3.12	3.87	m^2
- benetzte Fläche	F	1.57	1.95	2.39	m^2
- Fliessgeschwindigkeit	v	3.32	3.59	3.84	m/s
- Erdbeschleunigung	g	9.81	9.81	9.81	m/s^2
- Zuschlag 1/2 Geschwindigkeitshöhe ($1/2 * v^2/2 * g$)		0.28	0.33	0.38	m
- Wsp-Breite Querschnitt	b	3.22	3.57	3.92	m
Verhältnis Q_v / Q_b		1.54	1.22	0.98	
Verklausungswahrscheinlichkeit		**0**	**25**	**50**	**%**

Gerinne	Durchlass
J=5.5%	J=6.9%
ks=25	ks=25
b=1	h=1.90
n=2:3	b=2.00