

Furt, Sachseln

Version Française

Geschiebetaugliche Gerinnequerung

- Funktionstauglich auch in geschiebeführenden und lawinengefährdeten Gerinnen
- Befestigung des Wegekörpers in Gerinnen mit starken Abflussschwankungen und Geschiebführung



Abb. 1: Furt mit eingerutschtem Schnee (Bild: A. Von Moos)

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Sachseln (OW), Ebnetwald im Melchtal (2 664 135 / 1 188 219)
Bauherrschaft:	Korporation Sachseln, Chalchofen 1, 6073 Flüeli-Ranft
Bauleitung	Adrian von Moos, dipl. Forsting. ETH, Riedweg 3, 6072 Sachseln
Projektverfasser:	Adrian von Moos, dipl. Forsting. ETH, Riedweg 3, 6072 Sachseln
Ausführung:	B+B Bau AG, Steinenstrasse 2, 6072 Sachseln
Baujahr:	2016

Funktion / Anwendungsgrenzen

Eine Furt ist eine befestigte, für Fahrzeuge überquerbare Gerinnesohle, oder ein dahingehend befestigter Wegekörper, dass er im Bereich des Gerinnes von Geschiebe überlagert werden darf und freigeräumt werden kann. Der Bau einer Furt erweist sich als vorteilig in Gerinnen, die wenig Wasser und im Ereignisfall viel Geschiebe führen und von Lawinnenniedergängen betroffen sind. Ausserdem kann die Furt in eine Bachverbauung integriert werden. Die Wasserführung gestaltet sich wegen ihrer Führung an der Oberfläche als relativ einfach. Im Ereignisfall kann Geschiebe in der Furt liegenbleiben, der Abfluss im Gerinne sollte jedoch immer gewährleistet sein (kein Verstopfen). Als nachteilig kann der beeinträchtigte Fahrkomfort (starke Änderung der Längsneigung auf kurzer Distanz) betrachtet werden. In Erschliessungsprojekten muss bei der Linienführung der Höhenverlust berücksichtigt werden, da die Furt durch die wannenförmige Ausbildung (Wasserführung) keine Steigung ermöglicht. Daher hat insbesondere die nachträgliche Einbettung bei bestehenden Erschliessungsanlagen Grenzen. Furten eignen sich vor allem bei Strassen mit geringer Verkehrsbelastung, was bei Forststrassen in der Regel der Fall ist.

Furten können entweder mit Steinen/Blöcken unterschiedlicher Dimension gepflastert oder mit einer Betonplatte versehen werden. Zu beachten ist, dass der Beton dabei der grösste Kostentreiber ist. Mit einem fakultativ eingelassenen Rohr kann bei einer nassen Furt (permanent wasserführend) der Normalabfluss unterirdisch abgeführt werden.

Die Ausrundungen der Furten müssen auf die vorgesehenen Fahrzeuge abgestimmt sein (Bodenfreiheit).

Voraussetzungen Baugrund

Im Idealfall gründet das Fundament einer Furt auf gewachsenem Grund. Bei Ausführung in Beton, wie vorliegend, sind neben dem Ausschluss der Tragfähigkeiten S0 und S1 keine weiteren Anforderungen zu stellen.

Gesetze / Normen

Normen

- SN 640 461 Betondecken für Verkehrsflächen

Grundlagen in der Fachliteratur:

Kuonen V, 1983. Wald und Güterstrassen. Planung – Projektierung – Bau. Eigenverlag, Pfaffenhausen, 743 S.

Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), 2003. Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern, 119 S.

Projektierung

Normalie / Plan

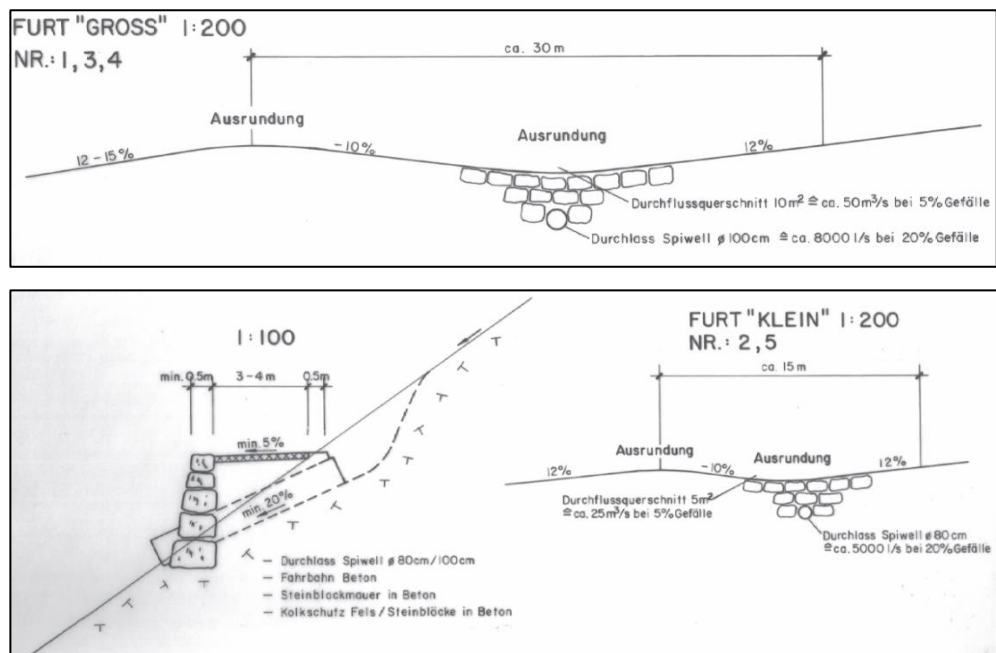


Abb. 2: Die Variante «klein» und «gross» unterscheiden sich in ihrem Fassungsvermögen (Aus technischem Bericht, Von Moos 2016).



Abb. 3: Lage der realisierten Furten im Ebnet Wald bei Sachseln (OW; Von Moos 2016, verändert).

Tragwerksanalyse

Bei Furten wird in der Regel keine vertiefte Tragwerksanalyse vorgenommen. Primär wird eine Furt physikalisch beansprucht, überwiegend im Bereich der Fahrbahnoberfläche und im Kolkbereich. Nachfolgend ein Zusammenzug der wesentlichen Einwirkungen:

- Mechanische Beanspruchung durch die Befahrung.
- Hydroabrasiv-Verschleiss durch das Geschiebe im Falle einer Übersarung und/oder bei langandauerndem / permanentem Überfließen der Furt (Nasse Furt).
- Frosteinwirkungen abhängig von Exposition und Abflussregime des Einzugsgebiets
- Tiefenerosion im Kolkbereich am Fusse der Stützmauer

Entsprechend diesen Einwirkungen ist bei der Wahl der Baustoffe, insbesondere des Betons, wichtig (Expositions-klasse).

Entscheidend ist die Tragfähigkeit des Baugrundes. Die Geometrie wird bestimmt durch die Abfluss-szenarien, die vorgesehenen Fahrzeuge, die vertikale Linienführung der gesamten Strasse und dem Gelände.

Bemessung

Für die Bemessung wurden folgende Nutzungszustände berücksichtigt:

- Niedrigwasser (Normalabfluss)
- Niederschlagsereignis mit der Wiederkehrperiode von 100 Jahren (HQ100)
- Übersarter Zustand mit Geschiebe / Schnee

Als typische Gefährdungsbilder gelten

- der Abtrag in Folge Hydroabrasion und
- der Verlust der Einbindung im Bereich der Bauwerks-Sohle durch die Auskolkung.

Die **Tragsicherheit** und die Gebrauchstauglichkeit werden grundsätzlich durch hydraulische und statische Berechnungen nachgewiesen. Im vorliegenden Projekt wurde jedoch auf detaillierte Berechnungen verzichtet. Hingegen stützte man sich auf Erfahrungswissen (Bemessung nach Konstruktion; bewährte Bauweisen, zwei erprobte Typen). Allgemeine Hinweise zu Betonplatten für Fahrbahndecken sind in der SN 640 461 zu finden.



Damit der Wasserabfluss auch im Falle einer Schnee- und Geschiebeablagerung gewährleistet ist, wurden bei der Dimensionierung der Furten hohe Sicherheitsfaktoren angewendet (hohes Freibord).

Weiter ist die Befahrbarkeit der Furt entscheidend (**Gebrauchstauglichkeit**). Hierfür ist das Gegengefälle massgeblich, das nicht steiler als die vorgegebene maximale Neigung der Waldstrasse sein darf. Im vorliegenden Projekt waren dies 12 %. Zusammen mit dem erforderlichen Abflussquerschnitt und den vorgesehenen Fahrzeugmassen ergibt sich daraus die erforderliche Ausrundungslänge. Kuonen gibt gegen «Aufsitzen der Fahrzeuge» vor, Krümmungen < 1%/m zu verwenden.

Im vorliegenden Fall wird mit zwei Typen gearbeitet:

Nachfolgend ein Zusammenzug der Bemessungsgrössen

Furt-Typ	Bemessungshochwasser	Ausrundungslänge	Tiefe*	Rohrbemessung
«Gross»	50 m ³ /s	30 m	1.4 m	100 cm ≈ 8 m ³ /s
«Klein»	35 m ³ /s	15 m	1.4 m	80 cm ≈ 5 m ³ /s

* Höheunterschied im Gegengefälle

Die Schichtstärke der Fahrbahn (Betonplatten) beträgt 18 cm. Dies liegt im Bereich der von der SN 640 461 empfohlenen minimalen Schichtstärke für Güter- und Waldstrassen.

Um eine Auskolkung im Bereich der Bauwerkssohle zu vermeiden, entschied man sich für einen Kolkenschutz im Kolkbereich.

∅ Kosten pro Einheit

Die dargestellten Kosten sind nicht vollständig, da diverse Vorarbeiten bereits im Rahmen des Strassenbaus realisiert wurden (z.B. Abtrag von Lockermaterial und Felsblöcken). Sie zeigen die Ansätze für eine Furt, die im Zuge dreier Furten realisiert werden konnte. Die Einheitspreise entsprechen der Offerte, da pauschal über sämtliche Bauarbeiten abgerechnet wurde.

Position	EH	Menge	Kosten/EH	Kosten
Steinblockmauern u. Einlaufmauerwerke				
Baumeisterarbeiten [m ² Ansicht]	m ²	55	60.-	3'300.-
Lieferung Blocksteine	to	80	60.-	8'100.-
Lieferung Beton PC 250	m ³	27	300.-	4'800.-
Betonfahrbahn				
Baumeisterarbeiten,[Betonfläche]	m ²	40	30.-	1'200.-
Lieferung Beton PC 300	m ³	10	300.-	3'000.-
Durchlass				
Baumeisterarbeiten [Durchlasslänge]	m	8	150.-	1'200.-
Lieferung Durchlass (∅ 100 cm)	m	8	300.-	2'400.-
Lieferung Beton PC 250	m ³	3	320.-	960.-
Realisierungskosten Total				24'960.-

Tun und Vermeiden Folgendes wird empfohlen:

- Furt im Zweifelsfall eher etwas zu tief konstruieren, anstatt zu hoch (Knickpunkt Sohle)



- Ein eingelassenes Rohr ist nicht zwingend, bietet aber mehr Komfort bei Normalabfluss
- Talseitig eine Kollsicherung gegen Unterspülung des Fundaments einbauen
- Eine Dicke der Betonplatte der Furt von mindestens 18 cm (Bewehrung mittig)
- Die für den Mauerbau nötigen Blocksteine sind, wenn möglich vor Ort zu gewinnen.
- Bei der Absteckung genügend Reserve für Gegengefälle und Ausrundung berücksichtigen.
- Die Pauschalvergabe an eine ortsansässige Bauunternehmung hat sich in diesem Fall bestens bewährt.



Materialien

Namen	Fahrbahnschalen (bewehrt)
	<ul style="list-style-type: none">– Beton PC 300 (unvollst. Bezeichnung für Beton nach Zusammensetzung)– Bewehrungsnetz biaxial, K131
	Durchlass
	<ul style="list-style-type: none">– Typ «klein»: Doppelwandiges PE-Rohr, gerippt 80 cm– Typ «gross»: Doppelwandiges PE-Rohr, gerippt 100 cm– Beton PC 250 (unvollst. Bezeichnung für Beton nach Zusammensetzung)
	Steinblockmauern
	<ul style="list-style-type: none">– Beton PC 250 (unvollst. Bezeichnung für Beton nach Zusammensetzung)– Blocksteine

NPK Kapitel / Position	Garten und Landschaftsbau	181.XXX
	Foundationsschichten für Verkehrswege	221.XXX
	Ortbetonbau	241.XXX

Mindestanforderungen Fassungsvermögen der Furt: Die Furt muss die Abflussmenge des Bemessungsereignisses (hier HQ100) fassen können, ohne dass das Wasser seitlich über den Strassenkörper abfließt.

Betonfahrbahn (Betondecken gem. SN 640 461)

- Schichtstärke d: >15 cm
- Druckfestigkeit: C 25/30
- Expositionsklasse: XF3
- Plattenlänge: 20 d bis 25 d
- Verhältnis Plattenlänge / -breite max. 1.5
- Min. Überdeckung der Bewehrung: 2 cm

Unter bestimmten Voraussetzungen ist eine Bewehrung nicht erforderlich (SN 640 461). Die Erfahrung zeigt, dass im Falle von Furten eine Bewehrung unerlässlich ist.

Verarbeitung Tipp Die Blocksteine sollten kompakt sein und nicht aus einem brüchigen Gestein wie Flysch bestehen.

Ø Menge pro Einheit Folgende Angaben beziehen sich auf die grosse Furt:

Fahrbahn

- Bewehrungsnetz K131: 2.1 kg/m²
- Beton PC 300: 0.18 m³/m²

Steinblockmauern

- Steinblöcke: ca. 1.5 t/m²
- Beton PC 250: 0.5 m³/m²

Wegen Pauschalabrechnung wurde kein Nachausmass aufgenommen (Ausmasse gemäss Planung).



Mittel

Maschinen	Erbewegungen: Hydraulikbagger entsprechend der zu manipulierenden Blockgrösse mit Löffel und Greifzange Verdichtung: Vibrowalze und Grabenstampfer, Innenrüttler (Vibronadel)
Geräte	Trennjäger, Handarbeitsgeräte

Installation

Der Umschlagplatz war flexibel und folgte dem Baufortschritt der Erschliessungsstrasse. Der Beton wurde direkt vom Kieswerk angeliefert. Vor Ort wurden talseitig mobile Stahlpallisaden als Abrollssicherung eingesetzt.

Ausführung

Absteckung	<ol style="list-style-type: none">1) Markierung der Nulllinie im Gelände mit Pflöcken. Im Bereich der Furt wurde die Nulllinie mit 0 % abgesteckt.2) Markierung der höchste Stelle der Furt markiert (entspricht dem letzten Nulllinienpunkt vor der Furt).3) Markierung der tiefsten Stelle der Furt in der Grabenmitte anhand Skizze/Normalprofil und dem geforderten Durchflussquerschnitt.4) Erstellung der Ausrundungen beim Bau nach Erfahrungswert durch den Baggerführer und Anpassungen nach den ersten Lastwagendurchfahrten.
Erdarbeiten	<p>Erdarbeiten sind für das Rohplanum des Erschliessungsweges, der Mauerfundamente und Hinterfüllung, und für das Durchlassrohr sowie für die Hinterfüllung notwendig.</p> <p>Wegen des steilen Geländes musste sämtlicher Aushub auf ein Depot abtransportiert werden. Die Hinterfüllung erfolgte mit Felsabtrag des nach der Furt folgenden Abschnittes.</p>
Arbeitsschritte	<ol style="list-style-type: none">1. Grabarbeiten, sofern möglich, bis auf gewachsenen Boden2. Betonieren der Fundamentsohle (für Mauerwerk), danach parallel Arbeiten an Blocksteinmauer und Durchlass vorantreiben3. Durchlass<ol style="list-style-type: none">A) Kolksicherung erstellenB) Rohr einlegen mit 20 % Gefälle und Ausgestaltung der Ein- und Ausläufe (Betonsohle)C) sorgfältige, seitliche Verdichtung.4. Blocksteinmauer<ol style="list-style-type: none">A) Steinblöcke mit Fugenbeton aufschichtenB) Blocksteinmauer hinterfüllen und Verdichten5. Betonfahrbahn<ol style="list-style-type: none">A) Rohplanie der Fahrbahn gemäss Längs- und QuerneigungsplanungB) Schalung der folgenden Betonplatte inkl. Vorbereiten der FugenlageC) Betonunterlage ausbringen (ca. halbe Menge) und Bewehrungsnetz auflegen. restliche Betonmenge aufbringen, Planie und verdichten der Fahrbahn.D) Oberfläche mit Besenstrich (Aufrauen)E) nachbehandeln (abdecken, bespritzen, evtl. Nachbehandlungsmittel)
Abschlussarbeiten	Entfernen der Stahl-Palisaden



Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- | | | | | |
|--------------------------|---|--|-------------------------------------|---|
| immer | <input type="checkbox"/> | 9 lebenswichtige Regeln für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820) | <input type="checkbox"/> | Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| | <input type="checkbox"/> | Notfallplanung (SUVA Publikation 67061) | <input type="checkbox"/> | Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148) |
| | <input type="checkbox"/> | Arbeitsvorbereitung (AVOR) (SUVA Publikation 67124) | <input type="checkbox"/> | Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154) | <input type="checkbox"/> | Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574) | <input checked="" type="checkbox"/> | Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153) |
| <input type="checkbox"/> | Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092) | <input type="checkbox"/> | | |
| <input type="checkbox"/> | Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input type="checkbox"/> | | |
| <input type="checkbox"/> | 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter -Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819) | <input type="checkbox"/> | | |

Werterhalt

Betrieblich

Im Ereignisfall (nach Geschiebetrieb), meist aber im Frühling nach der Schneeschmelze muss die Fahrbahn freigeräumt werden.

Baulich

Während der Nutzungsdauer können im Beton Schwundrisse, Belastungsbrüche und Abrasiv-Verschleiss auftreten, die beobachtet werden sollten und bauliche Unterhaltmassnahmen erforderlich machen, sobald die Gebrauchstauglichkeit eingeschränkt wird. Namentlich bei

- Hervortreten der Bewehrung
- Abplatzungen der Betonplatten
- Abtrag Kolkenschutz
- Unterspülung der Bauwerkssohle

Rückbau

Die Durchlassrohre bestehen aus Polypropylen und müssen nach einem fachgerechten Rückbau wiederverwendet, oder entsorgt werden. Der Betonbestandteil des Stahlbetons kann zurückgebaut und zu RC-Beton aufbereitet werden, während der Stahl neu aufbereitet werden kann.

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauobjektes. Sie soll Planern und Ausführenden Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, zum Nachdenken über die eigenen Vorgehensweisen anregen und Anhaltspunkte zur ähnlichen Realisierung geben. Obwohl alle Sorgfalt bei der Erarbeitung der Dokumentation verwendet wurde, können Fehler enthalten sein und kann für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten weder eine explizite noch implizite Zusicherung und Gewährleistung abgegeben werden. Für die inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Auswahl lehnt die Fachstelle für forstliche Bautechnik jede Haftung ab. Bei Verwendung von Informationen zu eigenen Zwecken sind die übergeordneten Normen einzuhalten und sind die Angaben situativ an die eigenen Gegebenheiten anzupassen.

Die Nutzung der Daten erfolgt somit auf eigene Gefahr. Insbesondere ist die Fachstelle für forstliche Bautechnik nicht verantwortlich, wenn der Nutzer im Vertrauen auf die Fehlerfreiheit und Vollständigkeit der Inhalte Handlungen vornimmt oder unterlässt und ihm im Folgenden daraus ein Schaden erwächst.



Bilder



Abb. 4: Rohplanie der neuen Waldstrasse durch die Runse. Links die Stahlpalisaden zum Auffangen des Aushubmaterials (Bild: Von Moos).



Abb. 5: Auskrägung eines Durchlasses (PP-Rohr) zur Vermeidung einer Unterkolkung (Bild: Von Moos).



Abb. 6: Starke bergseitige Einschnitte (Bild: Von Moos).



Abb. 7: Stahlrost aus H-Profilen (Bild: Von Moos).



Abb. 8: Ausgeführte Furt von unten. Links die Furt «gross» und rechts die Furt im Ausbaustandard «klein» (Bild: Von Moos).

Furt, Sachseln (OW)

Traversée du cours d'eau adaptée au charriage

- Fonctionne également dans les ravins soumis au charriage et aux avalanches.
- Fixation du corps du chemin dans les ravins à fortes variations d'écoulement et de charriage



Passage à gué avec de la neige qui a glissé (A. Von Moos)

Informations générales

Lieu d'implantation :	Sachseln (OW), Ebnetwald im Melchtal (2 664 135 / 1 188 219)
Maître d'ouvrage :	Corporation Sachseln, Chalchofen 1, 6073 Flüeli-Ranft
Direction du projet :	Adrian von Moos, dipl. Forsting. ETH, Riedweg 3, 6072 Sachseln
Planification et direction des travaux :	Adrian von Moos
Exécution des travaux :	B+B Bau AG, Steinenstrasse 2, 6072 Sachseln
Année de construction	2016

Fonctions / limitations

Un gué est un lit consolidé pouvant être franchi par des véhicules ou un tronçon de chemin consolidé de telle sorte qu'il puisse être recouvert d'alluvions dans la zone du chenal et être dégagé. La construction d'un gué s'avère avantageuse dans les chenaux qui contiennent peu d'eau et, en cas d'événement, beaucoup de matériaux charriés et qui sont touchés par des avalanches. En outre, le gué peut être intégré dans un aménagement de ruisseau. L'écoulement de l'eau est relativement simple en raison de son guidage en surface. En cas d'événement, des sédiments peuvent rester dans le gué, mais l'écoulement dans le chenal devrait toujours être garanti (pas d'obstruction). Le confort de conduite peut être considéré comme un inconvénient (forte modification de la pente longitudinale sur une courte distance). Dans les projets d'aménagement, il faut tenir compte de la perte de hauteur lors du tracé, car le gué ne permet pas de gravir de pente en raison de sa conception en forme de cuvette (guidage de l'eau). C'est pourquoi l'intégration ultérieure dans des installations de desserte existantes présente des limites. Les gués conviennent surtout aux routes à faible trafic, ce qui est généralement le cas des routes forestières.

Les gués peuvent être soit pavés avec des pierres/blocs de différentes dimensions, soit équipés d'une dalle en béton. Il convient de noter que le béton est le principal facteur de coût. Un tuyau encastré facultatif permet d'évacuer l'écoulement normal sous terre dans le cas d'un gué humide (en permanence en eau).

La géométrie des gués (rayon de courbure) doit être adaptée aux véhicules prévus (garde au sol).



Prérequis géotechniques

Dans l'idéal, les fondations d'un gué reposent sur un sol naturel. En cas d'exécution en béton, comme c'est le cas ici, aucune autre exigence particulière n'est requise si ce n'est une capacité portante minimale (pas de S0 ni S1)..

Lois / Normes

Normes :

- SN 640 461 Dalles en béton pour surfaces de circulation

Ouvrages techniques :

- Kuonen V, 1983. Wald und Güterstrassen. Planung – Projektierung – Bau. Eigenverlag, Pfaffenhausen, 743 S
- Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), 2003. Estimation des crues dans les bassins versants suisses. Aide pratique. Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, Berne, 119 p.

Planification

Profils type / Plan

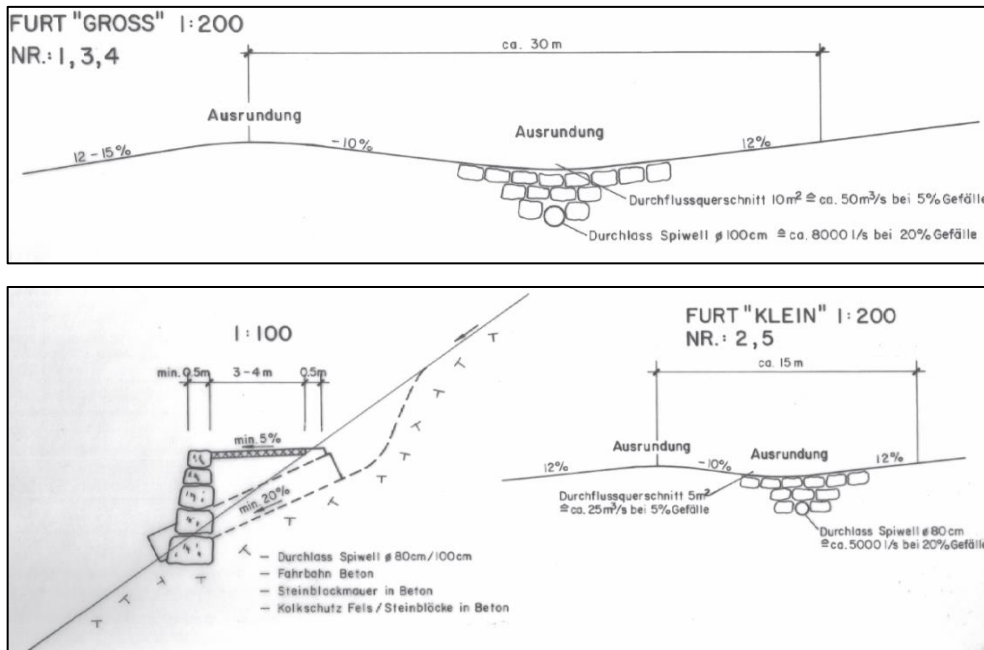


Figure 1: La variante "petite" (en bas) et la variante "grande" (en haut) se distinguent par leur capacité (Extrait du rapport technique, A. Von Moos 2016).



Illustration 2 : Situation des gués réalisés dans la forêt d'Ebnet près de Sachseln (A. Von Moos 2016, modifié)

Analyse structurelle

En règle générale, les gués ne font pas l'objet d'une analyse approfondie de la structure porteuse. Un gué est en premier lieu soumis à des sollicitations physiques, principalement dans la zone de la surface de la chaussée et dans la zone d'affouillement. Ci-après, un résumé des principales actions :

- Sollicitation mécanique due au passage des véhicules.
- Usure hydroabrasive due au charriage en cas de sursaturation et/ou de débordement prolongé / permanent du gué (gué mouillé).
- Les effets du gel dépendent de l'exposition et du régime d'écoulement du bassin versant.
- Erosion en profondeur dans la zone d'affouillement au pied du mur de soutènement.

En fonction de ces actions, le choix des matériaux de construction, en particulier du béton, est important (classe d'exposition).

La capacité portante du sol de fondation est déterminante. La géométrie est déterminée par les scénarios d'écoulement, les véhicules prévus, le tracé vertical de l'ensemble de la route et le terrain.

Dimensionnement

Les conditions d'utilisation suivantes ont été prises en compte pour le dimensionnement :

- Etiage (débit normal)
- Événement pluvieux avec une période de retour de 100 ans (HQ100)
- Etat de surcharge avec charriage / neige

Les dangers typiques sont les suivants

- L'érosion due à l'hydroabrasion et
- L'érosion dans la zone du fond de l'ouvrage suite à l'affouillement.



La **sécurité structurale** et l'aptitude au service sont en principe démontrées par des calculs hydrauliques et statiques. Dans le présent projet, on a toutefois renoncé à des calculs détaillés. En revanche, on s'est appuyé sur des connaissances empiriques (dimensionnement selon la construction ; méthodes de construction éprouvées, deux types testés). Des indications générales sur les dalles en béton pour chaussées se trouvent dans la norme SN 640 461.

Pour que l'écoulement de l'eau soit garanti même en cas de dépôt de neige et de sédiments, des facteurs de sécurité élevés ont été appliqués lors du dimensionnement des gués (bord franc élevé).

En outre, la praticabilité du gué est déterminante, on parle d'**aptitude au service**. Pour cela, la contre-pente est déterminante et ne doit pas être plus raide que la pente maximale prescrite pour la route forestière. Dans le présent projet, cette pente était de 12 %. Avec la section d'écoulement requise et les spécifications techniques des véhicules prévus, on obtient la longueur d'arrondi nécessaire. Kuonen préconise d'utiliser des courbures < 1%/m pour éviter que les véhicules ne restent bloqués.

Dans le cas présent, on travaille avec deux types :

Type de gué	Crue de dimensionnement	Longueur d'arrondi	Profondeur *	Dimension du tuyau
«Gross»	50 m ³ /s	30 m	1.4 m	100 cm ≈
«Klein»	35 m ³ /s	15 m	1.4 m	80 cm ≈

* Höheunterschied im Gegengefälle

L'épaisseur de la couche de la chaussée (dalles en béton) est de 18 cm. Cela se situe dans la fourchette de l'épaisseur de couche minimale recommandée par la norme SN 640 461 pour les routes de marchandises et les routes forestières.

Afin d'éviter un affouillement au niveau du radier de l'ouvrage, il a été décidé d'installer une protection contre l'affouillement dans la zone d'affouillement.

∅ Coûts unitaires

Les coûts présentés ne sont pas exhaustifs, car divers travaux préparatoires ont déjà été réalisés dans le cadre de la construction de la route (p. ex. enlèvement de matériaux meubles et de blocs de roche). Ils montrent les tarifs pour un gué qui a pu être réalisé dans le cadre de trois gués. Les prix unitaires correspondent à l'offre, car un décompte forfaitaire a été établi pour l'ensemble des travaux de construction.

Position	U.	Nbre	c.u.	Coûts
Murs en blocs de pierre et ouvrage d'entrée				
Travaux de construction [m ² visibles]	m ²	55	60.-	3'300.-
Livraison de blocs	to	80	60.-	8'100.-
Livraison du béton PC 250	m ³	27	300.-	4'800.-
Chaussée en béton				
Travaux de construction [Surface de béton]	m ²	40	30.-	1'200.-
Livraison du béton PC 300	m ³	10	300.-	3'000.-
Passage busé				
Travaux de construction [Longueur de tuyau]	m	8	150.-	1'200.-
Livraison du tuyau (∅ 100 cm)	m	8	300.-	2'400.-
Livraison du béton PC 250	m ³	3	320.-	960.-
Coûts de réalisation Total				24'960.-



A faire / à éviter

En cas de doute, construire le gué un peu trop bas plutôt que trop haut (point d'inflexion du fond).

Un tuyau encastré n'est pas obligatoire, mais offre un meilleur confort en cas de débit normal.

Installer une protection anti-affouillement côté aval pour éviter l'affouillement des fondations.

Une épaisseur de la dalle de béton du gué d'au moins 18 cm (armature au milieu).

Les blocs nécessaires à la construction du mur seront, si possible, être extraits sur place.

Lors du piquetage, prévoir une réserve suffisante pour la contre-pente et l'arrondi.

Matériaux

Désignation

Chaussée :

- Béton PC 300
- Treillis d'armature biaxial, K131

Tuyau :

- Type "petit" : Tube PE à double paroi, nervuré 80 cm
- Type "grand" : Tube PE à double paroi, nervuré 100 cm
- Béton PC 250

Murs en blocs de pierre :

- Béton PC 250
- Blocs de pierres

Chapitre CAN / rubrique

- 221.XXX.XXX Couches de fondation pour voies de communication
- 241.XXX.XXX Construction en béton coulé sur place

Exigences minimales

Capacité du gué : le gué doit pouvoir contenir le débit de l'événement de référence (ici HQ100), sans que l'eau ne s'écoule latéralement par-dessus le corps de la route.

Chaussée en béton (revêtement en béton selon SN 640 461)

- Épaisseur de couche d : >15 cm
- Résistance à la compression : C 25/30
- Classe d'exposition : XF3
- Longueur de la dalle : 20 d à 25 d
- Rapport longueur / largeur de plaque max. 1.5
- Recouvrement min. de l'armature : 2 cm

Dans certaines conditions, une armature n'est pas nécessaire (SN 640 461). L'expérience montre que dans le cas de gués, une armature est indispensable.

Conseils de mise en œuvre

Les blocs doivent être compacts et ne pas être constitués d'une roche fragile comme le flysch.

∅ Quantité par unité

Les indications suivantes se réfèrent au grand gué :

Chaussée :

- Treillis d'armature K131 : 2.1 kg/m²
- Béton PC 300 : 0.18 m³/m²

Murs de blocs de pierre



- Blocs de pierre : env. 1.5 t/m²
- Béton PC 250 : 0.5 m³/m²

En raison de la facturation forfaitaire, aucun les quantités mises en œuvre n'ont pas été relevées (dimensions selon la planification).

Inventaire

Machines et engins

Terrassement : Pelle hydraulique en fonction de la taille du bloc à manipuler, avec godet et pince de préhension.

Compactage : rouleau vibrant et pillonneuse de tranchée, vibreur interne (aiguille vibrante)

Installation

La place de dépôts était flexible et suivait l'avancement des travaux de la route de desserte. Le béton a été livré directement par la gravière. Sur place, des palissades mobiles en acier ont été utilisées côté aval pour retenir les matériaux.

Exécution

Piquetage

- 1) Marquage de la ligne de pente sur le terrain avec des piquets. Dans la zone du gué, la ligne pente a été tracée avec 0 %.
- 2) Marquage du point le plus haut du gué (correspond au dernier point de la ligne de pente avant le gué).
- 3) Marquage de l'endroit le plus profond du gué au milieu de la tranchée à l'aide du croquis/profil normal et de la section d'écoulement requise.
- 4) Réalisation des arrondis lors de la construction selon la valeur empirique par le machiniste et adaptations après les premiers passages de camions.

Terrassement

Des travaux de terrassement sont nécessaires pour la plate-forme brute du chemin d'accès, les fondations des murs et le remblayage, et pour le tuyau ainsi que pour le remblayage.

En raison de la déclivité du terrain, tous les déblais ont dû être évacués vers un dépôt. Le remblayage a été effectué avec les matériaux excavés pour le gué suivant.

Phases de travail

1. Creuser, si possible, jusqu'au niveau du sol naturel
2. Bétonnage de la base des fondations (pour le mur), puis poursuite en parallèle des travaux sur le mur en blocs et le tuyau
3. Tuyau
 - A) Réaliser une protection contre l'affouillement
 - B) Poser le tuyau avec une pente de 20 % et aménager les entrées et les sorties (radier en béton)
 - C) Compactage latéral soigné
4. Mur en blocs
 - A) Empiler les blocs de pierre avec du mortier.
 - B) Remblayer le mur en blocs et le compacter.
5. Chaussée en béton



- A) Nivellement brut de la chaussée selon le plan des pentes longitudinales et transversales.
- B) Coffrage de la dalle en béton y compris la préparation de la couche de joint.
- C) Mise en place de la sous-couche de béton (environ la moitié de la quantité) et pose du treillis d'armature. Mise en place du reste du béton, nivellement et compactage de la chaussée.
- D) Passer un coup de balai sur la surface (rendre la surface rugueuse).
- E) Traiter ultérieurement (recouvrir, arroser), travaux de finition

Enlever les palissades de protection

Sécurité

Aspects sécuritaires à respecter impérativement :

- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| Toujours | <ul style="list-style-type: none">▪ Neuf règles vitales pour le génie civil et les travaux publics (Publication SUVA 88820.F)▪ Plan d'urgence (Publication SUVA 67061.F)▪ Préparation du travail (Publication SUVA 67124.F) | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Dangers naturels, montagne
(Publication SUVA 33019, 67154) | <input checked="" type="checkbox"/> | Chutes au travail (Publications
SUVA 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Machines (Publications SUVA 67041, 67039, 67161, 1574) | <input checked="" type="checkbox"/> | Fouilles et terrassements
(Publication SUVA 67148) |
| <input type="checkbox"/> | Electricité sur les chantiers
(Publications SUVA 67081, 67092) | <input type="checkbox"/> | Collaboration avec les entreprises tierces (Publication SUVA 66092/1) |
| <input type="checkbox"/> | Trafic et infrastructures (SN 640886) | <input type="checkbox"/> | Travaux forestiers (SUVA Publication 84034) |
| <input type="checkbox"/> | Neuf règles vitales pour le personnel au sol des aires de manœuvre d'hélicoptère (Publication SUVA 88819) | <input checked="" type="checkbox"/> | Travaux de construction au bord, dans ou au-dessus de l'eau
(Publication SUVA 67153) |

Entretien

Opérationnel

En cas d'événement (après le charriage), mais le plus souvent au printemps après la fonte des neiges, la chaussée doit être dégagée.

Constructif

Pendant la durée d'utilisation, des fissures de retrait, des fentes de ruptures et une usure par abrasion peuvent apparaître dans le béton. Ces phénomènes doivent être surveillés et nécessitent des mesures d'entretien constructif dès que l'aptitude au service est réduite. Notamment en cas de

- Armature saillante
- Ecaillage des dalles de béton
- Erosion de la protection contre l'affouillement
- Affouillement du radier de l'ouvrage

Démolition

Les tuyaux en polypropylène peuvent être réutilisés, ou alors éliminés, après un démantèlement professionnel. Le composant béton du béton armé peut être déconstruit et recyclé en béton RC, tandis que l'acier peut être recyclé.

Clause de non-responsabilité :

La présente documentation résulte du déroulement d'un projet et d'un chantier réel. Elle peut être utile aux planificateurs et exécutants (utilisateurs) comme base de réflexion et de test pour leurs propres solutions techniques pour des ouvrages remplissant une fonction similaire. Cette documentation a fait l'objet d'un soin tout particulier, elle ne peut toutefois être exempte de fautes ou d'erreurs. Elle ne peut en aucun cas constituer, de manière implicite ou explicite, une base pour un projet. Le centre pour le génie forestier et l'auteur du projet initial (ayant servi de base à la documentation) déclinent toute responsabilité pour les projets ou réalisations faisant référence à toute ou partie de la présente documentation. Lors de l'utilisation des informations contenues dans cette documentation pour des besoins propres, toutes les normes et règles de l'art sont à appliquer et les données contenues dans la documentation sont à vérifier et adapter par l'utilisateur aux circonstances locales du projet. L'utilisation d'informations contenues dans la documentation se fait aux risques de l'utilisateur. En particulier, le centre pour le génie forestier et l'auteur du projet déclinent toute responsabilité pour des dégâts résultant de la reprise sans vérification des informations et des calculs contenus dans cette documentation par l'utilisateur.



Images (Sources : A. Von Moos)



Illustration 8 : Tracé brut de la nouvelle route forestière à travers le ravin. A gauche, les palissades en acier pour retenir les matériaux d'excavation.



Illustration 9 : Prolongement du passage busé (tuyau en PP) pour éviter un affouillement



Illustration 10 : Forte entaille en amont



Illustration 11 : Grille en acier composée de profilés en H



Figure 2: Gué aménagé vu d'en bas. A gauche le gué "grand" et à droite le gué "petit".