Kanton Graubünden

Gemeinde Davos

Verbauung Flüelabach
Holzrückhalt Färich

Auflageprojekt
Technischer Bericht

Plan Nr. 340.28-E.000

Davos, Februar 2023

Der Projektverfasser
Herzog Ingenieure AG

Verbauung Flüelabach

Holzrückhalt Färich

Technischer Bericht

Gewässernummer

340.28

Projektnummer

340.28-E

Auftraggeber

Gemeinde Davos

Verfasser

Herzog Ingenieure AG, Promenade 75, 7270 Davos Platz
Tel. 058 201 23 50, buero@herzog-ingenieure.ch

Datum des Berichtes

22. Februar 2022

Revisionen

--

Dateiname

b-1183-3_TB_Holzrückhalt Flüelabach_Auflage_af210223.docx

INHALTSVERZEICHNIS

ANHANG 4

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 4

GRUNDLAGEN 6

1. ZUSAMMENFASSUNG 8

2. ALLGEMEINES UND PROJEKTUMFELD 10
2.1. Auslöser des Projektes 10
2.2. Perimeter 11
2.3. Projektorganisation 11

3. SITUATION 12
3.1. Einzugsgebiet und Charakteristik 12
3.2. Geologie 12
3.3. Ereigniskataster 13
3.4. Hydrologie 14
3.5. Hydraulik und Gerinnekapazität Flüelabach 15
3.6. Geschiebehaushalt 15
3.7. Bestehende Schutzbauten 16
3.8. Schwemmholzpotenzial 17

4. PROBLEME 19

5. ZIELE 20

6. MASSNAHMEN 21
6.1. Geprüfte und verworfene Varianten 21
6.2. Gewähltes Schutzkonzept 22

7. RAUMPLANUNG UND UMWELT 25
7.1. Allgemeines und Standortnachweis 25
7.2. Richtplanung 25
7.3. Nutzungsplanung 26
7.4. Inventar der natürlichen Lebensräume 26
7.5. Gewässerökologie und Gewässerschutz 27
7.6. Gewässerraum 28
7.7. Fischerei 29

7.8. Vegetation und Wald 29
7.9. Boden 30
7.10. Altlasten 31
7.11. Landschaftsbild 31
7.12. Fuss- und Wanderwege, Loipe 31
7.13. Geschiebedurchgängigkeit 32
7.14. Ökologische Bilanzierung 32
7.15. Ausnahmebewilligungen 32

8. BAUAUSFÜHRUNG 33
8.1. Baugrund 33
8.2. Materialbilanz 33
8.3. Qualität 33
8.4. Bauablauf und Installationen 34

9. KOSTEN 35
9.1. Grundlagen 35
9.2. Kostenvoranschlag 35
9.3. Kostenträger und Finanzierung 35

10. AUSWIRKUNGEN DES PROJEKTS 36
10.1. Landerwerb 36
10.2. Werkleitungen und Anlagen Dritter 36

11. PLANVERFAHREN UND TERMINE 36

ANHANG

[A] Gestaltungsplan 1:1'000, Bestand und Projekt

[B] Entsorgungserklärung

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Gefahrenkarte Wasser, aus Geoportal GR 10
Abb. 2 Perimeter, roter Kreis: Standort Holzrückhalt 11
Abb. 3 Einzugsgebiet Flüelabach, Betrachtung beim Standort Färich 12
Abb. 4 Auszug aus Geocover [8], dunkelbraun = Paragneise, hellbraun = Moränenmaterial, rot = Orthogneise, grün = Amphibolite, grau = Bachschutt 13
Abb. 5 Blick ab Brücke Oberhöfji stromaufwärts, Hochwasser vom 10. Juni 2019 15
Abb. 6 Orthophoto Geschiebesammler mit Auflandungsflächen nach Gefälle 17

Abb. 7 Kanal im Färich 17
Abb. 8 Bewaldung im unteren Flüelatal 18
Abb. 9 Schutzziele Bauzone gem. kantonaler Verordnung [15] 20
Abb. 10 Prinzip Tandemsystem, Foto aus Modellversuch Zulg [26] 22
Abb. 11 Ausschnitt Situationsplan mit angepasster Geometrie 23
Abb. 12 Ausschnitt Regionaler Richtplan Davos gemäss [9], ohne Massstab, rot: Rückhaltestandort 25
Abb. 13 Zonenplan der Gemeinde Davos 26
Abb. 14 Karte Ökomorphologie [9]: rot = künstlich, blau = wenig beeinträchtigt 27
Abb. 15 Gewässerschutzkarte aus [9], der Perimeter befindet sich vollumfänglich im Bereich Ao (hellrot) 28
Abb. 16 Prov. Gewässerraum Flüelabach aus [9] 29
Abb. 17 Typische Vegetation am (links) und unmittelbar vor (rechts) dem Kanal 30
Abb. 18 Ausschnitt aus Sachplan Langsamverkehr [9], rot = Bergwanderweg, hellblau = Langlaufloipe 32
Abb. 19 Gewichtsbeschränkungen gem. WebGIS Davos [10], hellgrün = 40 to, dunkelgrün = 32 to, Brücke Waldstrasse Färich = 18 to 35

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Massnahmen im Hochwasserschutzkonzept 10
Tab. 1 Projektorganisation 11
Tab. 2 Ereigniskataster Landwasser aus [3] 13
Tab. 3 Abflussspitzen Flüelabach 15
Tab. 4 Geschiebefrachten Flüelabach 16
Tab. 2 Schwemmholzfrachten, gem. empirischen Schätzformeln aus [25], E= Einzugsgebiet, W=Waldfläche, L= Gerinnelänge, Q=Abfluss 19
Tab. 5 Legende Zonenplan 26
Tab. 6 Raster Kontrollplan Ausführung 34

GRUNDLAGEN

[1] Gefahrenkarte Davos Wassergefahren, Herzog Ingenieure AG / tur GmbH, 2015

[2] Gefahrenkarte Talflüsse Davos, Herzog Ingenieure AG, 2011

[3] Wassergefahrenstudie Davos, Basler + Hofmann AG, 2000

[4] Konzept Hochwasserschutz Davos, Herzog Ingenieure AG, 2020

[5] Sofortmassnahmen Flüelabach Färich, Schlussbericht, Herzog Ingenieure AG, 2020

[6] Grundbuchplan (AV Daten), Darnuzer Ingenieure AG, Bezug August 2020

[7] DTM-Daten SwissSurface3D, Stand August 2022

[8] Landeskarte der Schweiz mit verschiedenen Ebenen (u.a. Geocover), https://www.map.geo.admin.ch, September 2022

[9] Raumplanungsinformationen Graubünden, auf map.geo.gr.ch, Stand September 2022

[10] WebGIS Davos, kommunale Informationen über Infrastruktur, Werkleitungen etc., https://darnuzer.mapplus.ch, September 2022

[11] HADES, Hydrologischer Atlas der Schweiz, September 2022

[12] Bundesgesetz über den Wasserbau, Nr. 721.000, 21. Juni 1991

[13] Verordnung zum Gewässerschutzgesetz, GschV, Nr. 814.201 vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. April 2020)

[14] Gesetz über den Wasserbau im Kanton Graubünden, Nr. 807.700, Stand 01.01.2011

[15] BR 920.150 - Verordnung zum Integralen Risikomanagement bei Naturgefahren (IRMV), 1.1.2021

[16] Besatzstrategie 2025, Landquart/Albula/Landwasser, AJF Graubünden, 2020

[17] Mündliche Auskunft Forstbetrieb Gde. Davos

[18] Sanierung Geschiebehaushalt, Teil 11 Landwasser, Hunziker, Zarn und Partner AG 10.12.2014

[19] G. R. Bezzola: Flussbau, Skript ETHZ, Stand 2018

[20] BPUK, LDK, BAFU, ARE, BLW (Hrsg.) 2019: Gewässerraum. Modulare Arbeitshilfe zur Festlegung und Nutzung des Gewässerraums in der Schweiz.

[21] Bezzola Gian Reto, Lange Daniela: 'Schwemmholz', VAW-Mitteilung Nr. 188, ETH Zürich 2006

[22] Rickli Christian, Hess Josef: Aspekte der Schwemmholzentstehung, Weiterbildungskurs KOHS, 2008

[23] WSL: Schwemmholz des Hochwassers 2005, Birmensdorf, ohne Datum

[24] Schwemmholzproblematik an der Matteschwelle in Bern, Hydraulische Modellversuche, VAW-Bericht Nr. 4248, ETH Zürich, Juni 2008

[25] Schwemmholz in Fliessgewässern, ein praxisorientiertes Forschungsprojekt, BAFU, 2019

[26] Modellversuche Holzrückhalt Zulg, Technischer Bericht, Institut für Bau und Umwelt (IBU), Rapperswil, Juni 2017

[27] Verzeichnis Brücken, Forstamt Gemeinde Davos vom Mai 2020

[28] Ereignisanalyse Hochwasserereignis vom Juni 2019, Herzog Ingenieure AG, Davos Platz, 2019, Bericht Nr. 1183-10

[29] Landeshydrologie und –geologie, GHO: Die Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen, Ch. Lehmann, 1996

1. ZUSAMMENFASSUNG

Auslöser des Projektes

In Davos besteht ein Hochwasserschutzdefizit an den Talflüssen Flüelabach ab Färich, Dischmabach und Landwasser. Problematisch sind v.a. die zahlreichen Brücken, welche durch Schwemmholz verklausen können, was zu Überschwemmungen führen kann.

Im Hochwasserschutzkonzept von 2020 [4] ist daher unter anderem eine Verbesserung des Holzrückhaltes am Flüelabach enthalten. Dieser Teil des Konzeptes wird im vorliegenden Dossier umgesetzt.

Untersuchungen

Im Flüelatal wurden 2021 sowohl das Geschiebe- wie auch das Holzpotenzial abgeschätzt. Eine Überprüfung des Geschiebesammlers 'Pulverhäuser' ergab, dass das Rückhaltevolumen für Geschiebe genügend gross ist. Hingegen kann das Abschlussbauwerk bei starkem Holztrieb nicht alles Holz zurückhalten. Ausserdem befindet sich zwischen dem Geschiebesammler und den ersten Brücken eine weitere Waldstrecke von rund 800 m.

Ein Ausbau des Geschiebesammlers wäre deutlich kostenintensiver als ein zusätzlicher Holzrückhalt.

Massnahmen

Im Färich oberhalb der Bauzone wird ein Holzrechen im Flüelabach erstellt. Er besteht aus zwei Rechen, welche in Kombination funktionieren. Die beiden Rechen sind nicht geschlossen, d.h. sie lassen eine Lücke fürs Wasser in der Innenseite. Dadurch kann ein Überfall des Abflusses 'über die Rechen' verhindert und die Konstruktionshöhe sehr gering gehalten werden. Die Elemente ragen lediglich 1.5 Meter aus der Sohle.

Im Bereich des Holzrückhaltes wird der gepflästerte Kanal zurückgebaut. Während die Uferböschungen verbaut werden müssen, kann die Gewässersohle aus natürlichem Bachkies ohne künstliche Sicherung erstellt werden. Die Uferböschungen werden mit Bachschuttmaterial überschüttet.

Unterhalt

Der Unterhalt obliegt der Gemeinde. Es besteht eine Zufahrtsstrasse (Waldstrasse).

Planverfahren

Das Projekt wird im Plangenehmigungsverfahren gemäss Wasserbaugesetz [14] aufgelegt und bewilligt. Leitbehörde ist das Tiefbauamt Graubünden, vertreten durch die Abteilung für Wasserbau. Die Projektgenehmigung erfolgt durch den Regierungsrat.

Kosten und Kostenträger

Der Kostenvoranschlag weist gesamte Erstellungskosten von Fr. 0.65 Mio. aus. Darin eingeschlossen sind alle Baunebenkosten (Planung, Landerwerb, etc.) sowie Reserven (Risikokosten) und Mehrwertsteuer.
Das Projekt ist bei Kanton und Bund über den Wasserbau voraussichtlich subventionsberechtigt.

Raumplanung und Umwelt

Das Projekt ist richtplankonform und zerstört keine Naturwerte. Durch die Verbreiterung und Rückbau der Pflästerung wird das Gerinne erheblich aufgewertet. Während der Ausführung muss dem Gewässerschutz die entsprechende Beachtung und Sorgfalt zukommen.

Für den Holzrückhalt ist gem. Rücksprache mit dem RFI des AWN Graubünden kein Rodungsverfahren notwendig (Kleinbaute im Wald).

Termine

Es ist vorgesehen, das Projekt Anfang 2023 aufzulegen und parallel dazu die Submission durchzuführen. Ab August 2023 sollen die Bauarbeiten stattfinden. Bis zum Loipenbetrieb im Oktober / November müssen sie abgeschlossen sein.

Landerwerb

Für die Gerinneverbreiterung ist ein Landerwerb erforderlich. Die Gemeinde erwirbt die zusätzliche Gewässerfläche bis und mit Damm.

Werkleitungen und Anlagen Dritter

Es sind keine Werkleitungen im Perimeter vorhanden. Waldstrasse und Wanderweg müssen temporär unterbrochen, bzw. umgeleitet werden.

Die allfällige Erweiterung des Bike- und Seilparks Färich wird nicht tangiert.

2. ALLGEMEINES UND PROJEKTUMFELD

2.1. Auslöser des Projektes

Am Landwasser und den beiden Hauptzubringern Flüelabach und Dischmabach bestehen erhebliche Schutzdefizite. Gemäss der gültigen Naturgefahrenkarte Wasser (siehe Abb. 1) betrifft dies sowohl die Bauzone wie auch Tourismusanlagen und öffentliche Infrastrukturen.

Die wesentlichen Schwachstellen sind die vielen Brücken. Alle der knapp 20 Brücken im Talboden sind infolge Verklausung durch Schwemmholz gefährdet.

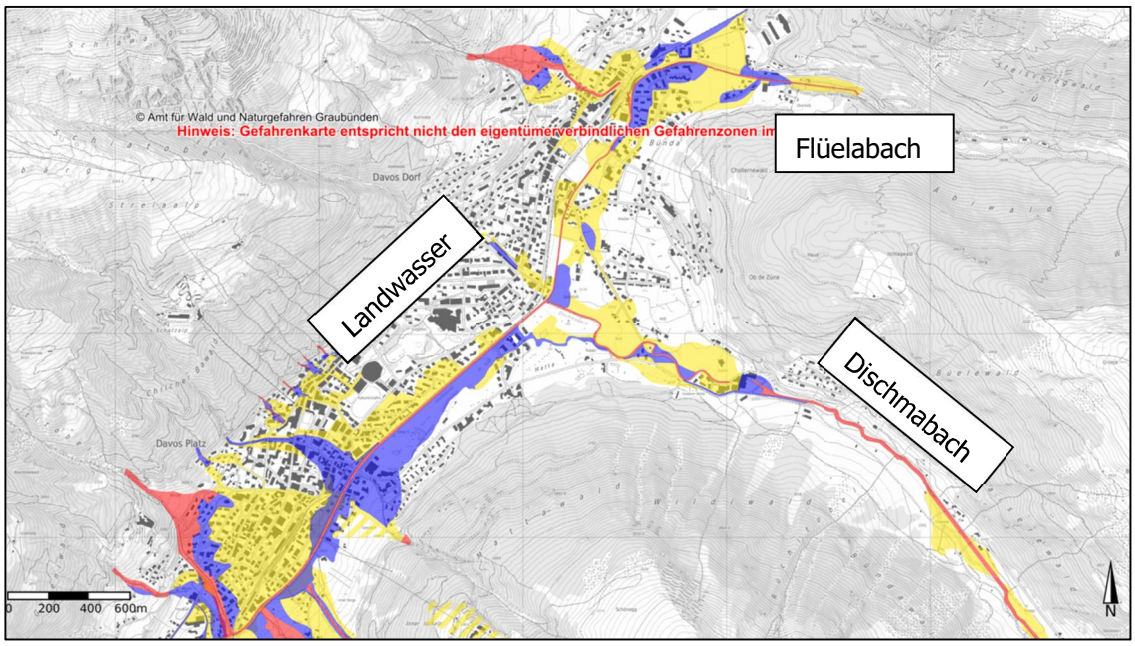


Abb. 1 GEFAHRENKARTE WASSER, AUS GEOPORTAL GR

Im Jahr 2020 hat die Gemeinde ein Hochwasserschutzkonzept [4] beschlossen. Darin ist ein Ausbau des Holzrückhalts am Flüelabach als Teilprojekt mit hoher Priorität enthalten. Dieses Teilprojekt wird nun im vorliegenden Dossier umgesetzt.

Tab. 1 MASSNAHMEN IM HOCHWASSERSCHUTZKONZEPT

Nr.	Massnahme	Kostenklasse	Priorität	Projektträger
1	Ausbau Holzrückhalt im Flüelabach	2.0 Mio.	1	Wasserbau
2	Überprüfung/ Optimierung Holzrückhaltewirkung Dischmabach	0.5 Mio.	1	Wasserbau
3	Sicherstellen Ausleitung Überlast in den See (RE) / Geschiebebewirtschaftung oberhalb Wehr	0.5 Mio.	1	Wasserbau
4	Erschliessung Bolgen mit neuer Brücke	-	1	Werkeigentümer
5	Brückenanpassungen / Gesamtkonzept Brücken	15 - 20 Mio.	2	Gemeinde / WE
6	Ausbau Gerinne Hertistrasse bis Bolgen inkl. Ausgleichsmassnahmen	6 - 8 Mio.	2	Wasserbau
7	Statische Überprüfung kritischer Abschnitte	0.1 Mio.	3	Gemeinde
8	Unterhaltsprojekt Verbauungen in Etappen	1.0 Mio.	1-3	Gemeinde
9	Ausbau Bünda bis Hertistrasse, inkl. Ausgleichsmassnahmen	6 - 8 Mio.	4	Wasserbau
10	Ökologische Aufwertungen	-		ökol. Fonds

2.2. Perimeter

Der Projektperimeter liegt Ausgangs Flüelatal im Bereich 'Färich' und umfasst den Flüelabach vom Geschiebesammler bis zum Oberhöfji.

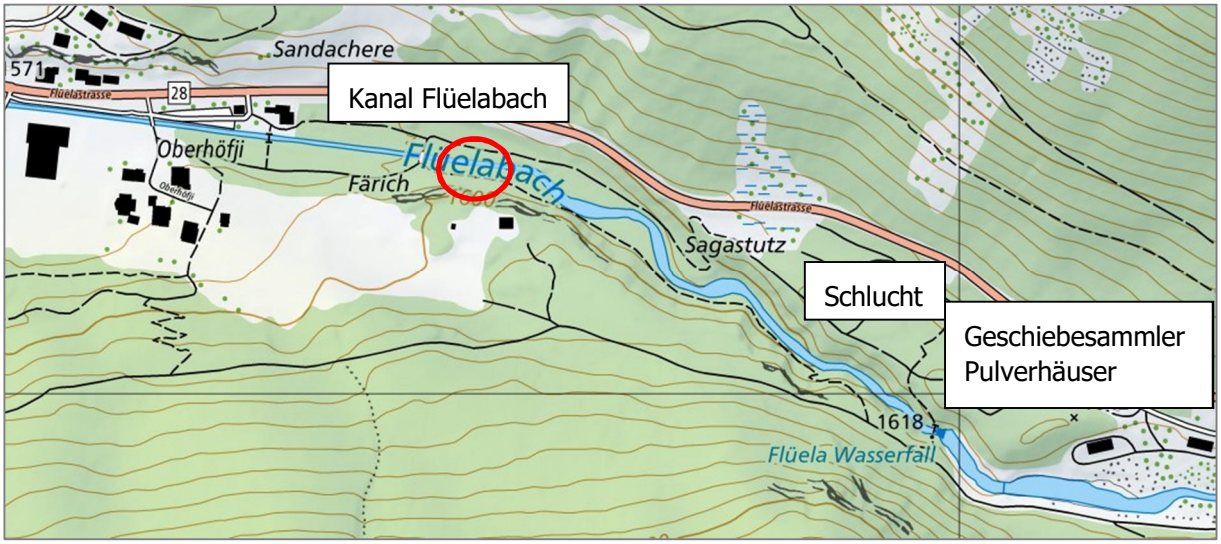


Abb. 2 PERIMETER, ROTER KREIS: STANDORT HOLZRÜCKHALT

Kurz nach dem Geschiebesammler 'Pulverhäuser' befindet sich eine kurze enge Schlucht, dann öffnet sich der Talboden und wird etwas breiter. Ab hier verläuft der Flüelabach in einem gepflästerten Kanal. Unterhalb der Loipenbrücke liegen verschiedene touristische Infrastrukturen (Seilpark, Bikeanlagen). Im Bereich 'Oberhöfji' beginnt die eigentliche Siedlung.

Der Betrachtungsperimeter (Geschiebe, Holzpotenzial) umfasst das gesamte Flüelatal.

2.3. Projektorganisation

Erfüllungspflichtig und damit Bauherrschaft ist die Gemeinde Davos, vertreten durch den Forstbetrieb. Im Zuge der Projektbearbeitung wurden die direkt betroffenen Werke und Anstösser von der Gemeinde kontaktiert. Das Tiefbauamt Graubünden, Abt. Wasserbau, als Aufsichts- und Subventionsbehörde wurde in die Projektentwicklung involviert. Das Amt für Wald und Naturgefahren und das Amt für Umwelt wurden vorinformiert und konnten ihre Anliegen bereits einbringen.

Tab. 1 PROJEKTORGANISATION

Funktion	Organisation
Bauherrschaft	Gemeinde Davos, Forstbetrieb
Fachbehörde Wasserbau	Tiefbauamt Graubünden, Wasserbau
Wald	AWN Region 1 Herrschaft / Prättigau / Davos
Umwelt	ANU Abteilung Landschaft und Gewässer
Nebenprojekte	Konzept Vorderes Flüelatal, Masterplan Sommer
Bauingenieure	Herzog Ingenieure AG

Alle betroffenen Fachstellen des Kantons werden im Rahmen der Vernehmlassung durch die Leitbehörde begrüsst.

3. SITUATION

3.1. Einzugsgebiet und Charakteristik

Das oberflächliche Einzugsgebiet des Flüelabaches umfasst das gesamte Flüelatal ab der Passhöhe. Die Fläche beträgt knapp 35 km^2, der grösste Anteil befindet sich über der Waldgrenze und reicht bis knapp über 3'100 m ü. M.

Das Einzugsgebiet ist praktisch unvergletschert.

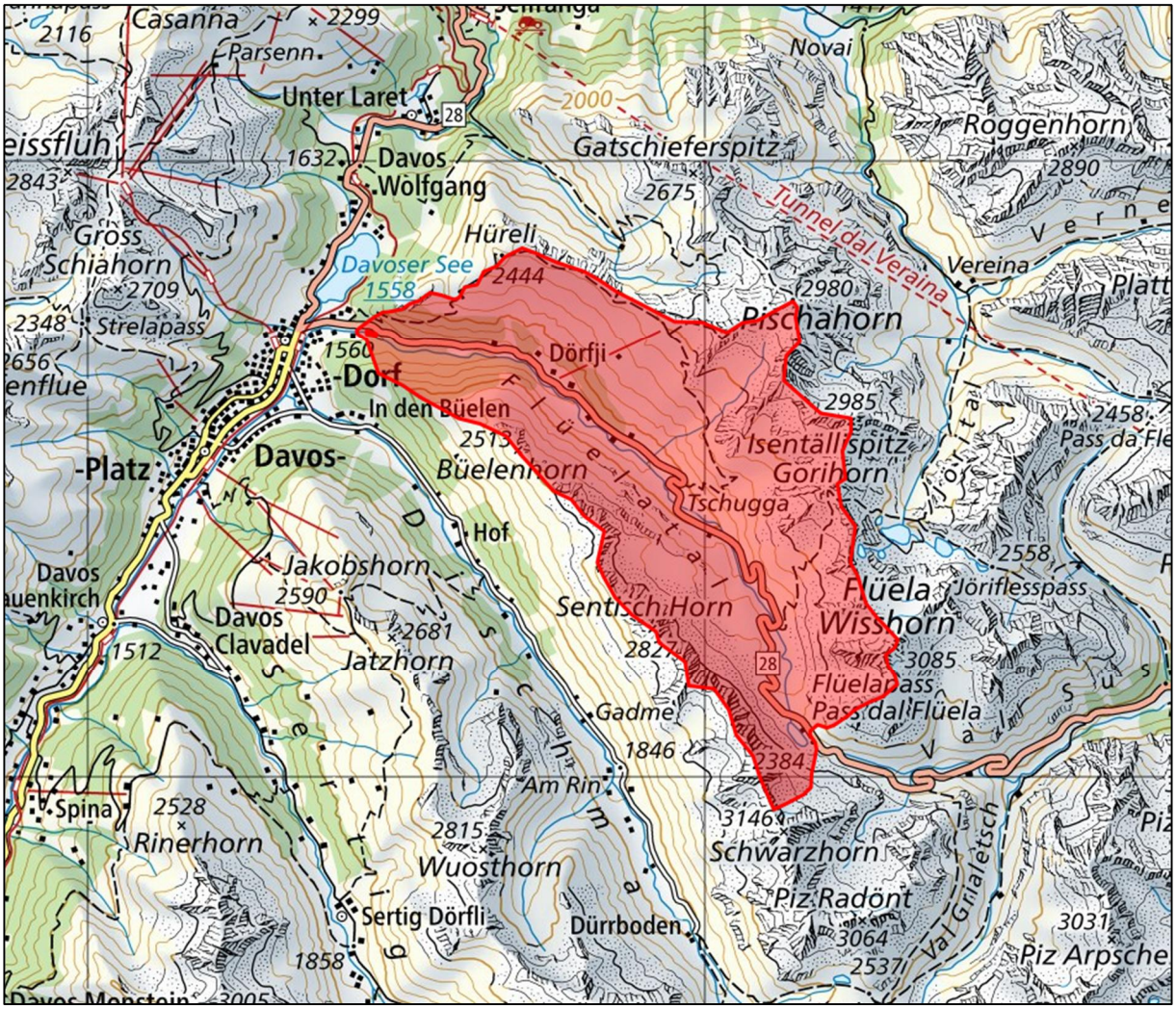


Abb. 3 EINZUGSGEBIET FLÜELABACH, BETRACHTUNG BEIM STANDORT FÄRICH

3.2. Geologie

Der Hauptteil des Einzugsgebietes besteht aus den kristallinen Gesteinen der Silvrettadecke, diese ist meist mit Lockergestein, namentlich Moränenmaterial aus dem Quartär, überlagert. Beim Ausgangsgestein handelt es sich hauptsächlich um Ortho- (Flüela Weisshorn) und Paragneise (Pischahorn). Auch Amphibolite (Schwarzhorn) und verschiedene Schiefer kommen vereinzelt vor.

Die Talsohle besteht aus Alluvionen des Flüelabachs sowie einzelnen Bachschuttkegeln der Seitenbäche.

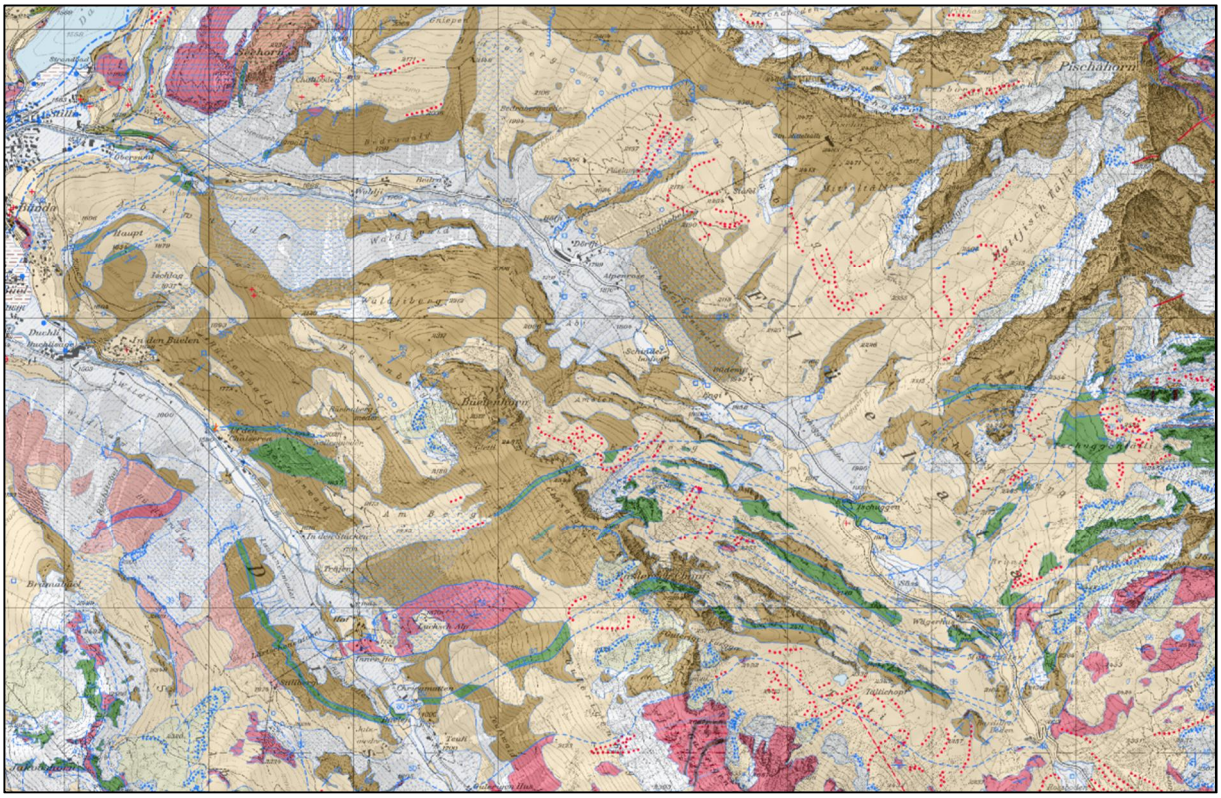


Abb. 4 AUSZUG AUS GEOCOVER [8], DUNKELBRAUN = PARAGNEISE, HELLBRAUN = MORÄNENMATERIAL, ROT = ORTHOGNEISE, GRÜN = AMPHIBOLITE, GRAU = BACHSCHUTT

3.3. Ereigniskataster

Im Einzugsgebiet des Flüelabachs sind kaum Ereignisse bekannt, vereinzelt haben die Seitenbäche die Passstrasse übersart. Aus der Baugeschichte des Landwassers geht hervor, dass der Flüelabach früher im Bereich Färich / Stilli häufig Übersarungen des Landes verursachte.

Massgebend für die geplante Verbauung sind aber die Ereignisse im Talboden. Im letzten Jahrhundert sind hier sechs Ereignisse mit Sachschäden bekannt. Die Reinwasser-Kapazität des Gerinnes war jedoch allein in den letzten zwei Jahrzehnten mehrfach ausgeschöpft, sodass Brückenverklausungen schwerwiegende Folgen nach sich gezogen hätten.

Tab. 2 EREIGNISKATASTER LANDWASSER AUS [3]

Datum	Ursache	Schaden
Juli / Juni 1762	Dauerregen	Grosse Überflutung, ganzer Talboden
14. / 15. Juni 1910	Dauerregen	Talboden überflutet bei Einmündung Dischmabach und abwärts.
Juli 1935	Schneeschmelze	bordvoller Abfluss, Schäden nicht bekannt
Frühjahr 1965	unbekannt	Wuhrschäden Davos Platz bis Frauenkirch, KV Instandstellung 763'000.- CHF
Juli 1975	Dauerregen	Schäden Ufer Glaris, KV Ufersicherung 42'000.- CHF

1. Juli 1987	Gewitter	div. Schäden, Folgekosten Ufersicherung, Instandstellung 323'000.- CHF
Mai / Juni 1999	Regen / Schneeschmelze	Überflutung rechtsufrig / Erosion links im Bereich 'Ardüs'
Juni 2019	Schneeschmelze	Lokale Überflutungen, Beschädigungen an Sohlenpflästerung

Das jüngste Ereignis vom 12./13. Juni 2019 hat die Wehrdienste während mehrerer Tage beschäftigt. Grössere Schäden im Siedlungsgebiet konnten mithilfe zahlreicher Interventionsmassnahmen verhindert werden. Eine Brücke am Bolgen musste abgebrochen werden. Das Ereignis ist in einer separaten Ereignisanalyse dokumentiert [28].

3.4. Hydrologie

Methodik

Die Hydrologie des Landwassers sowie der beiden Seitentäler wurden im Hochwasserschutzkonzept [4] detailliert untersucht und hergeleitet. Sie konnte zudem anhand aktueller Ereignisse und Niederschlagsdaten kalibriert werden.

Die gewählten Spitzenabflüsse sind auch für allfällige Schutzprojekte gültig und werden daher im vorliegenden Bericht nicht erneut hergeleitet. Die wichtigsten Erkenntnisse aus dem erwähnten Bericht sind nachfolgend zusammengefasst.

Hydrologische Eigenheiten der Einzugsgebiete

Der Unterschied im Spitzenabfluss zwischen häufigen und seltenen Hochwasserereignissen ist im Landwasser deutlich geringer als an anderen Gewässern. Dies dürfte einerseits an den hohen Schmelzwasserabflüssen liegen, anderseits an der Höhenlage (massgeblicher Einfluss der Schneefallgrenze im Sommer) und entspricht auch der Erfahrung ("häufig bordvoll, aber sehr seltenes ausufern").

Weiter kann festgestellt werden, dass auch fast reine Schmelzwasserabflüsse zu Hochwasser führen können. Beispielsweise wurde im Juni 2019 bei der Messstelle Frauenkirch ein ca. 100-jährliches Hochwasser (das Abflussmaximum lag bei rund 52 m^3/s) registriert, trotz nur wenigen Millimeter Regenspende. Während mehreren Tagen blieb die Spitze bei sehr warmem und schönem Wetter so hoch.

Spitzenabflüsse

Aufgrund der beiden gut korrelierenden BAFU-Messstellen am Landwasser und am Dischmabach kann für die Abflüsse am Flüelabach eine Regionalisierung angewendet werden. Die beiden Messstellen weisen mit 50-80 Jahren eine lange Messdauer auf und die Daten sind von guter Qualität. Die geschätzten Vertrauensintervalle (95%) von +/- 12%, resp. 17% für ein HQ_{100} sind gute Werte.

Der Spitzenabfluss wird vom Landwasser auf den Flüelabach mit einem Exponenten von n=2/3 übertragen, was auch der Übertragung vom Landwasser zum Dischmabach entspricht.

Der Unterschied in der Niederschlagsintensität eines 24-stündigen Regens für die beiden Seitentäler liegt im Bereich von 5-10 %. Hingegen liegt die Gerinnedichte im Flüelatal deutlich tiefer als im Dischmabach. Die Effekte dürften sich in etwa aufheben.

Gewählte Dimensionierungsabflüsse

Ausgehend von der oberen Grenze des Vertrauensintervalls ergeben sich folgende Spitzenabflüsse für den Flüelabach:

Tab. 3 ABFLUSSSPITZEN FLÜELABACH

Beobachtungspunkt	HQ_{30} [m^3/s]	HQ_{100} [m^3/s]	HQ_{300} [m^3/s]
Flüelabach Färich	18.0	20.0	22.0

3.5. Hydraulik und Gerinnekapazität Flüelabach

Die Sohlenbreite des Kanals im Färich beträgt 3.5 bis 4.0 m, das Längsgefälle rund 3.0 %. Die Uferhöhe ist sehr gering, tendenziell ist die rechte Uferseite leicht tiefer. Die Höhe beträgt 1.4 m bis 1.8 m. Der rechnerische Wasserspiegel liegt für ein HQ_{100} bei ca. 1.3 m, die Fliessgeschwindigkeit erreicht dabei rund 3 m/s.

Auf der Folgestrecke entlang dem SLF bis zur Einmündung des 'Seewässerli' (ab hier heisst der Fluss 'Landwasser') ist die Kapazität etwas höher.

Das verbleibende Freibord ist nach heutigen Massstäben ungenügend, hat auf der freien Strecke aber wenig Konsequenzen. Bei den Brücken besteht die Gefahr von Verklausungen.



Abb. 5 BLICK AB BRÜCKE OBERHÖFJI STROMAUFWÄRTS, HOCHWASSER VOM 10. JUNI 2019

3.6. Geschiebehaushalt

Korngrössen

Im Flüelabach wurden Linienproben erhoben. Die Korngrössen sind je nach Standort unterschiedlich und betragen in etwas wie folgt:

d_{30} = 80 mm

d_m = 120-200 mm

d_{90} = 300 mm

Prozesse

Der Flüelabach ist nicht murfähig. Das Geschiebe wird fluvial verlagert. Die hauptsächlichen Prozesse zur Mobilisierung sind Seiten- und Tiefenerosion. Rein erosive Abschnitte gibt es dabei kaum. Die

meisten Strecken können als Umlagerungsstrecken bezeichnet werden, wobei jeweils eine eher erosive oder eher alluviale Tendenz festgestellt werden kann. Dadurch wird die Geschiebefracht am Kegelhals à priori weniger von den Einträgen als durch die Transportkapazität bestimmt. Diese ist ausser vom Gefälle und dem Abfluss insbesondere stark von der Ereignisdauer abhängig.

Zur Zeit der Begehungen (Herbst 2020) konnte im Feld festgestellt werden, dass das Gerinne zur Zeit auf fast allen Abschnitten regelrecht 'ausgehungert' ist. Dies als Folge des mehrtägigen Hochwasserereignisses von 2019.

Im Geschiebesammler wird das Geschiebe durch abnehmende Transportkapazität (Verbreiterung) von hinten nach vorne abgelagert. Erst bei einer Verlagerung des Abschlussbauwerkes mit Holz kann es auch zu einer Seebildung kommen.

Geschiebefracht

Die Ereignisfrachten wurden nach [29] im Feld bestimmt. Das mobilisierbare Geschiebe stammt meist aus der Sohle und den Böschungen des Baches, teilweise auch aus seitlichen Zubringern. Zu letzteren muss erwähnt werden, dass sie grösstenteils über ein sehr grosses Geschiebepotenzial verfügen und teilweise auch murfähig sind. Das Geschiebe erreicht den Flüelabach jedoch oft nicht oder nur teilweise. Grund dafür sind einerseits Flachstrecken vom Hang bis zum Vorfluter, aber auch viele Durchlassbauwerke unter der Flüelapassstrasse, welche im Ereignisfall mit hoher Wahrscheinlichkeit verklausen. Die grössten Seitenbäche liegen auf der rechten Talseite zwischen Tschuggen und Waldji.

Da im Flüelatal – wie das Ereignis 2019 gezeigt hat – auch mit sehr langen Ganglinien gerechnet werden muss, gelangt schliesslich trotz limitierter Transportkapazität das gesamte Potenzial bis zum Sammler. Bei einem HQ_{30} innert 12 h, bei einem HQ_{100} innert 48 h und bei einem HQ_{300} innert 120 h. Dies bedeutet andererseits auch, dass bei grossem Geschiebeanfall Zeit für Intervention besteht.

Tab. 4 GESCHIEBEFRACHTEN FLÜELABACH

Beobachtungspunkt	G_{30} [m^3]	G_{100} [m^3]	G_{300} [m^3]
Geschiebesammler	7'000 – 10'000	16'000 – 20'000	18'000-22'000

Das Geschiebe wird im Geschiebesammler 'Pulverhäuser' auf ca. 1'630 m ü.M. zurückgehalten. Die dazwischen liegende Schluchtstrecke verläuft im Fels und weist praktisch kein Geschiebepotenzial auf. Es ist daher bis zu einer Überlastung des Geschiebesammlers (=Ereignis seltener als HQ_{100}) im Färich so gut wie kein Geschiebe zu erwarten.

3.7. Bestehende Schutzbauten

Der Flüelabach ist im Oberlauf bis auf lokale Werke zum Schutz von Übergängen oder dgl. unverbaut.

Auf 1'630 m ü.M. bei den Sprengstoffdepots des SLF ('Pulverhäuser') befindet sich ein grosser Geschiebesammler. Dieser besteht aus einer Gerinneverbreiterung und einem Abschlussbauwerk. Dieser funktioniert gut, nur feine Sedimente werden weitertransportiert. Das Sammlervolumen wurde im Herbst 2020 mittels Drohnenflug neu vermessen. Das potenzielle Rückhaltevolumen ist vom Auflandungsgefälle abhängig und beträgt ca. ca. 18'000 m^3 bei einem Auflandungsgefälle von 2.5% (hellblaue Linie in Abb. 6). Letzteres dürfte eher an der unteren Grenze liegen, da die letzten Gerinneabschnitte vor dem Sammler ein Gefälle von 3-4% aufweisen. Mit einem Auflandungsgefälle von 3% beträgt das potenzielle Ablagerungsvolumen bereits ca. 25'000 m^3 (rote Linie in Abb. 6), liegt jedoch bereits teilweise ausserhalb des Sammlerbeckens.

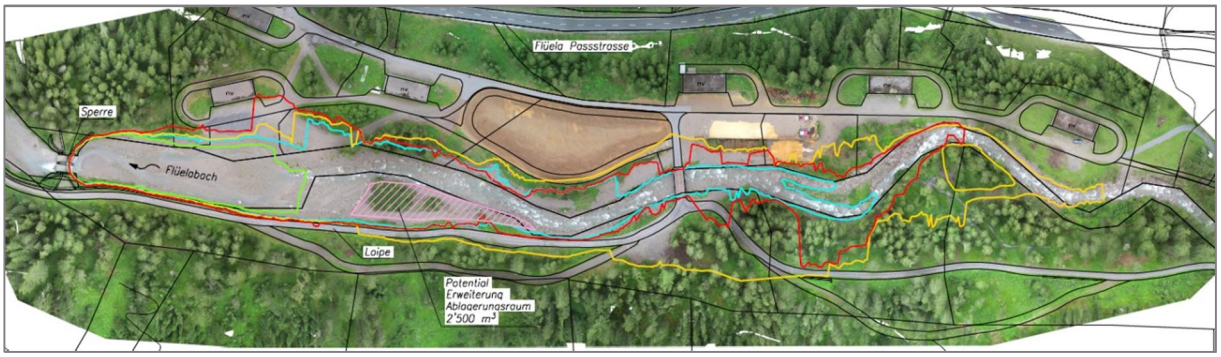


Abb. 6 ORTHOPHOTO GESCHIEBESAMMLER MIT AUFLANDUNGSFLÄCHEN NACH GEFÄLLE

Weiter ist in Abb. 6 eine Fläche schraffiert, welche das aktuelle Volumen noch vergrössern könnte (Insel). Es handelt sich um rund 2'500 m^3.

Fast unmittelbar unterstrom des Geschiebesammlers befindet sich eine alte, mehrere Meter hohe Sperre, welche mutmasslich früher schon Geschiebe zurückhalten sollte. Sie ist in der Karte als 'Wasserfall' bezeichnet.

Zwischen dieser Sperre und dem Kanal im Färich ist der Bach unverbaut. Der Kanal im Färich bis zum Perimeterende im Oberhöfji ist mit behauenen Natursteinen gepflästert, welche mit Mörtel verfugt sind. Er verläuft abschnittsweise im Einschnitt, abschnittsweise auch zwischen Erddämmen.

Das Hochwasser vom Sommer 2019 hatte in der Sohle des Kanals einigen Schaden verursacht. An mehreren Stellen wurde die Pflästerung aufgerissen. Bereits im Herbst darauf wurde die erste Etappe der Sofortmassnahmen [5] ausgeführt, im Frühling 2020 wurden diese abgeschlossen.



Abb. 7 KANAL IM FÄRICH

3.8. Schwemmholzpotenzial

Einzugsgebiet

Im Flüelatal liegt die Waldgrenze etwa auf 2'100 m ü.M. Die rechte Talseite ist bis in den Bereich des Mattjischtäli bewaldet. Der Baumbestand befindet sich jedoch grösstenteils oberhalb der Passstrasse und kann nicht bis in den Flüelabach verlagert werden. Bewaldete Gerinneeinhänge finden sich an beiden Ufern nur auf einer Strecke von ca. 3.2 km.

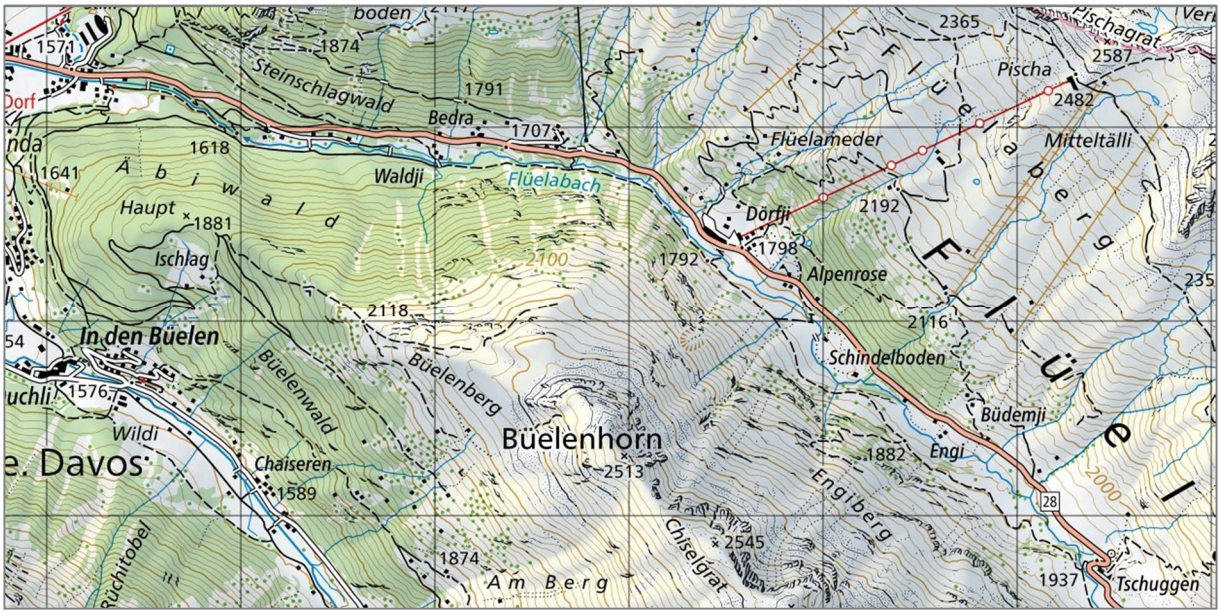


Abb. 8 BEWALDUNG IM UNTEREN FLÜELATAL

Auf der linken Talseite befinden sich mehrere Runsen und Rutschungen, welche Schwemmholz direkt ins Hauptgerinne liefern können. Auf dem Abschnitt Talstation Pischabahn bis Geschiebesammler Pulverhäuser befinden sich auch mehrere Lawinenzüge, welche im Frühling Holz bringen.

Auf der rechten Seite hat es eher grössere Seitenbäche, welche viel Geschiebe liefern, durch die engen Durchlässe unter der Passstrasse hindurch jedoch nur Holz aus dem untersten Gerinneabschnitt.

Holz kann entlang des Hauptgerinnes durch Seitenerosion, in den breiteren Abschnitten auch durch Gerinneverlagerung mobilisiert werden.

Im Geschiebesammler 'Pulverhäuser' wird im Ereignisfall ausser Geschiebe auch Holz abgelagert. Sobald das Abschlussbauwerk jedoch teilverklaust und Wasser aufgestaut wird, kann Schwemmholz über die Sperre ausgetragen werden. Aus diesem Grund intervenierte die Gemeinde beim Hochwasser 2019 schon bevor der Sammler ganz mit Geschiebe gefüllt war. Der Sammler ist nicht für den Rückhalt von Schwemmholz ausgelegt. Der Schwemmholzaustrag hängt vom Füllstand ab und kann 100% betragen.

Zwischen Geschiebesammler und Färich liegt eine weiter, rund 800 Laufmeter lange, bewaldete Zwischenstrecke. Sie weist steile, felsige Gerinneeinhänge auf und ist forstlich kaum zu bewirtschaften.

Mengen

Nach dem Hochwasser 2005 wurden gesamtschweizerische Auswertungen gemacht [23], [22]. Diese zeigten, dass durchschnittlich pro km bewaldete Gerinnelänge (L_W) rund 80 Festmeter Holz bis auf die Schwemmkegel transportiert wurden. Weitere empirische Ansätze berechnen sich aus dem Einzugsgebiet E, der gesamten Gerinnelänge L oder der Waldfläche im EZG (W).

Diese ergeben für den Flüelabach – wie üblich – stark schwankende Werte für die Schwemmholzmenge. Dazu ist anzumerken, dass aufgrund der oben beschriebenen Disposition des Einzugsgebietes, Ansätze über die Einzugsgebietsfläche oder die Abflussspitze nicht anwendbar sind.

Tab. 2 SCHWEMMHOLZFRACHTEN, GEM. EMPIRISCHEN SCHÄTZFORMELN AUS [25], E= EINZUGSGEBIET, W=WALDFLÄCHE, L= GERINNELÄNGE, Q=ABFLUSS

Gleichung Nr. in [25] (Funktion von)	Schwemmholzfracht (Festvolumen)	Bemerkung
1.3 (E)	*259*	*nicht anwendbar*
1.4 (W)	*125*	*eher nicht anwendbar*
1.5 (L_W)	88	
1.6 (L)	70	
1.9 (Q_{max})	*87*	*nicht anwendbar*

Bemessungsannahmen und Anforderungen

Die zurückzuhaltende Holzmenge für grosse Hochwasserereignisse liegt gemäss obenstehender Herleitung in etwa um die 100 m^3. Diese Zahl ist als 'Festvolumen' zu verstehen. Der Auflockerungsfaktor bei Schwemmholz von Festmetern zu 'locker' beträgt etwa 2 bis 5, beim Ereignis 2005 wurden Auflockerungsfaktoren zwischen 3 und 3.5 festgestellt [23]. Die Menge von 100 m^3 Festmetern entspricht damit etwa 300 m^3 locker.

Da im Flüelabach sehr lange – mehrtägige - Ereignisse auftreten können, ist diese Menge trotz beschränkter Bewaldung plausibel. Die effektive Schwemmholzfracht im Färich hängt dabei ausser von der Ereignisdauer stark vom Zustand des Gerinnes, der Seitenbäche, des Waldes und dem Füllgrad des Geschiebesammlers ab.

Systemwahl und Standort

Der Holzrückhalt muss folgende Anforderungen erfüllen:

- Rückhalt von ungefähr 300 m^3 Schwemmholz, locker
- Gute Zufahrt für Unterhalt und Betrieb
- Möglichst nahe am Siedlungsgebiet (keine holzreichen Zwischenstrecken)
- Robustes Verhalten im Überlastfall

4. PROBLEME

Der Flüelabach und das Landwasser werden vom Färich, Davos Dorf bis zur Bolgenstrasse, Davos Platz von 18 Brücken überspannt. Aufgrund der limitierten Breiten von ca. 6 m und der geringen lichten Höhen sind die Brücken verklausungsanfällig. Obwohl das Schwemmholzpotenzial des Flüelabaches gemessen an anderen Einzugsgebieten nicht erheblich ist, stellt das Holz wegen der genannten Brücken und dem hohen Schadenpotenzial im dicht überbauten Talboden dennoch eine grosse Gefährdung dar.

Da die meisten Brücken aufgrund der Strassennivelletten nicht angehoben werden können, ist ein Holzrückhalt sinnvoll, da er die Gefährdung für alle Brücken und den gesamten Perimeter reduziert.

5. ZIELE

Projektziel

Ziel des Projekts ist es, den Schwemmholzeintrag aus dem Flüelatal zu minimieren[1]. Für die Beurteilung von Brückenquerschnitten im Talboden soll künftig ohne Schwemmholz gerechnet werden dürfen.

Der Eingriff in die Landschaft soll dabei möglichst gering sein.

Schutzziele

Die Schutzziele richten sich nach den Vorgaben des BAFU bzw. der Verordnung des Kantons über das integrale Risikomanagement [15].

Gefährdet sind nebst allen wichtigen Verkehrsträgern wie Strasse und Bahn auch viele weitere Infrastrukturbauten, Wohngebäude, Gewerbe, Schulen und touristische Anlagen.

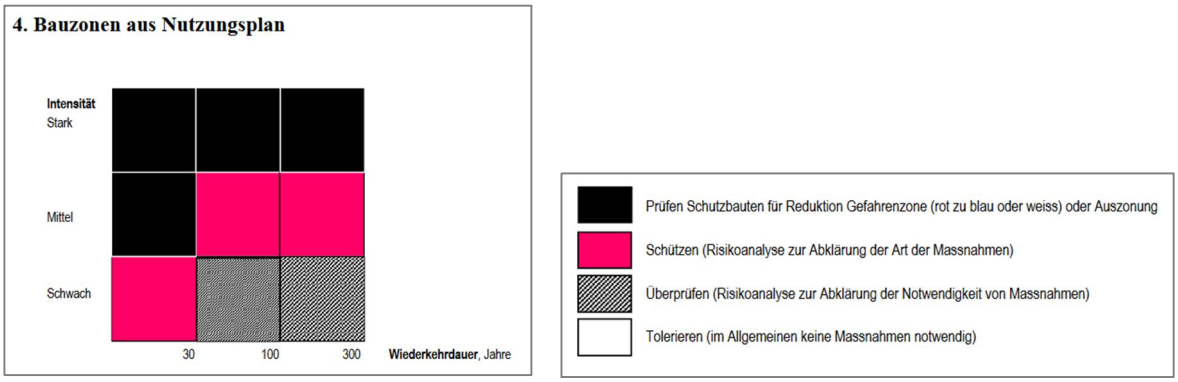


Abb. 9 SCHUTZZIELE BAUZONE GEM. KANTONALER VERORDNUNG [15]

Gemäss Verordnung (Abb. 9) sind Gebiete in der Bauzone welche in etwa im blauen Gefahrengebiet (Matrixfelder U3, U5, U4) liegen, zu schützen.

Ökonomische Ziele

Das Kosten-/Nutzenverhältnis wurde in [4] für das gesamte Hochwasserschutzkonzept mittels der Methode 'EconoMe' Version 4.0 des BAFU überprüft und die Wirtschaftlichkeit auf Basis der damals vorhandenen Grobkostenschätzung nachgewiesen.

Das vorliegende Teilprojekt ist Teil des HWS-Konzeptes. Der Kostenvoranschlag liegt deutlich unter der ursprünglichen Kostenschätzung aus dem Jahr 2020 von Fr. 2 Mio. Dies liegt daran, dass im Geschiebesammler Pulverhäuser keine Massnahmen nötig sind. Damit ist die Wirtschaftlichkeit gegeben.

Ökologische Ziele

In Absprache mit dem ANU GR wurde der Standort so gewählt, dass möglichst nur der heute kanalisierte Bachperimeter tangiert wird. Die neu geschaffene Gerinneaufweitung im Rückhalteraum soll möglichst naturnah gestaltet und die Blocksätze mit Aushubmaterial überschüttet werden.

Unterhaltseingriffe sind auf das notwendige Minimum zu beschränken.

[1] Der Dischmabach ist Teil einer separaten Untersuchung.

6. MASSNAHMEN

6.1. Geprüfte und verworfene Varianten

Nullvariante

In den letzten Jahren wurde nur wenig Schwemmholz aus dem Geschiebesammler Pulverhäuser ausgetragen, weil die Gemeinde im Ereignis jeweils intervenierte. Auch damit konnte das Schwemmholz aber nicht vollständig aus den Flüssen ferngehalten werden.

Das Entfernen von Schwemmholz mittels Intervention im Geschiebesammler ist eher nur für kleinere Ereignisse angemessen. Bei Szenarien, in denen der Sammler mit Geschiebe vollständig gefüllt wird, kann der Austrag von Schwemmholz mittels Intervention nicht mehr bewerkstelligt werden. Die Intervention darf ausserdem in der Gefahrenbewertung nicht berücksichtigt werden.

Die Nullvariante wurde daher wieder verworfen.

Unterhalt

Im Rahmen des forstlichen Unterhalts könnte die Teilstrecke Sammler bis Färich laufend ausgeholzt werden, sodass das Schwemmholzpotenzial auf einen allfälligen Austrag aus dem Sammler beschränkt werden kann. Auch im Einzugsgebiet wären verstärkte Bewirtschaftungsmassnahmen möglich, indem eine Stammlänge von den Gerinnen weg ausgeholzt würde.

Unterhaltsmassnahmen sind sinnvoll und wenn sie örtlich beschränkt sind, oft auch kostengünstig. Es ist hingegen aufwändig, das gesamte Flüelatal intensiver zu bewirtschaften und aus ökologischer Sicht ist eine vollständige Entfernung von Tot- und Fallholz aus dem Gerinnebereich nicht erwünscht.

Aufgrund der vielen, engen Brückenquerschnitte und des hohen Schadenpotenzials wurde daher entschieden, eine Rückhaltemassnahme dem Unterhalt vorzuziehen.

Verbesserung / Ausbau Holzrückhalt im Geschiebesammler

Da bereits ein Rückhalteraum besteht, wurde untersucht, ob das Abschlussbauwerk optimiert werden könnte oder ein zusätzlicher Rechen erstellt werden sollte.

Das Abschlussbauwerk sollte eher nicht umgebaut werden, da es sich als sehr gutes Sortierwerk erwiesen hat. Eine reine Erhöhung kommt aus statischen Gründen nicht in Frage und auch die Entnahme von Holz würde erschwert. Ein separater Holzrechen könnte innerhalb des Rückhalteraumes erstellt werden. Auf diese Weise würden Holz und Geschiebe auch besser getrennt.

Aufgrund der Stauhöhe im Sammler von mehreren Metern müsste der Rechen allerdings eine sehr grosse Konstruktionshöhe aufweisen. Ausserdem ist dadurch die bewaldete Zwischenstrecke bis zum Färich noch nicht abgedeckt. Die Variante wurde aus Kostengründen nicht weiterverfolgt.

Es wurde zudem geprüft die Plattform und Zugänglichkeit für Interventionsmassnahmen beim Abschlussbauwerk zu optimieren. Die Gemeinde hat durch eine Optimierung an der Umzäunung bereits eine Massnahme ausgemacht, um die Intervention zu verbessern. Vorbehältlich der Ausführung des Holzrückhaltes im Färich sind keine weiteren Massnahmen notwendig.

Holzrechen im Färich als Querbauwerk

Da in diesem Gerinneabschnitt kaum Geschiebe anfällt (Kap. 3.6), könnte ein einfacher Querrechen - also ein geschlossenes Rechensystem über die ganze Gerinnebreite – erstellt werden.

Da der Abfluss bei einer Verlegung des Rechens mit Holz aber über den Rechen fliessen muss, wird zusätzliche Schutzhöhe notwendig. Die Ufer müssten deutlich erhöht werden. Ein Querrechen ist ausserdem aufwändiger bezüglich Kolkschutz und Erosionsschutz der Ufer. Das Bauwerk würde grösser und teurer als das gewählt System mit zwei Rechen.

Standort oberstrom des Kanals

Ursprünglich war der Rückhalt im Bereich der bestehenden, natürlichen Aufweitung geplant, welche oberstrom des Kanals liegt. Dies, weil der Eingriff bzw. Aufwand geringer ist. In Absprache mit den ANU wurde der Standort der beiden Rechen stromabwärts in den Kanalbereich verschoben, damit kein neues Bauwerk entsteht und der oberste Kanalabschnitt aufgewertet werden kann.

6.2. Gewähltes Schutzkonzept

Konzept 'Tandemrechen'

Das Rückhaltesystem besteht aus zwei Rechenelementen: Ein Querrechen über ca. 2/3 der Bachbreite mit nachfolgendem 'Parallelrechen' (Rechen parallel zum Uferverlauf). Das Hochwasser durchfliesst den Querrechen bis eine Verklausung eintritt. Daraufhin wird der Rechen links umflossen und direkt in den Parallelrechen gelenkt. Dieser füllt sich dann von unten nach oben mit Holz. Wenn er auch voll ist, läuft der Abfluss um beide Rechen herum.

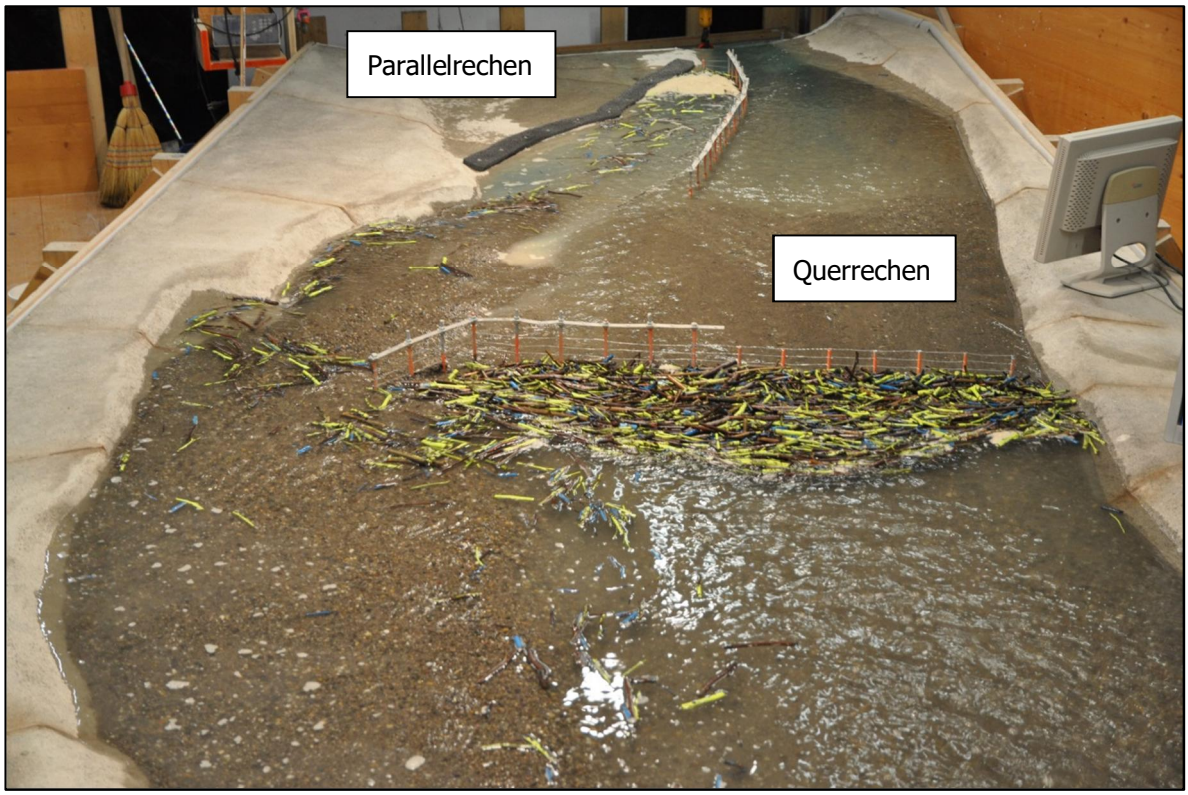


Abb. 10 PRINZIP TANDEMSYSTEM, FOTO AUS MODELLVERSUCH ZULG [26]

Ein grosser Vorteil dieses Systems sind die geringen Konstruktionshöhen. Die gefüllten Rechen werden nicht über- sondern seitlich umflossen. Dies reduziert ausserdem die Einwirkungen auf das Tragwerk.

Dieses Rechenkonzept wurde in Zusammenarbeit mit der Hochschule Ost, Rapperswil für den Schwemmholzrückhalt an der Zulg bei Steffisburg [26] entworfen und im Modellversuch getestet

Geometrie

Für den Flüelabach wurde die Grundgeometrie skaliert um ähnliche Strömungsbilder zu erhalten. Die Höhe der Rechen wurde dem Schwemmholzanfall angepasst.

Die Gerinnesohle wird auf ca. 15 m verbreitert, was etwas mehr als das Dreifache des heutigen Kanals ist. Die Gesamtlänge des Rückhalteraumes beträgt ca. 65 m. Die Verbreiterung erfolgt nach links

gegen den Hang, damit der bestehende Waldweg am rechten Ufer genügend Platz hat (Forstwirtschaft, Loipe).

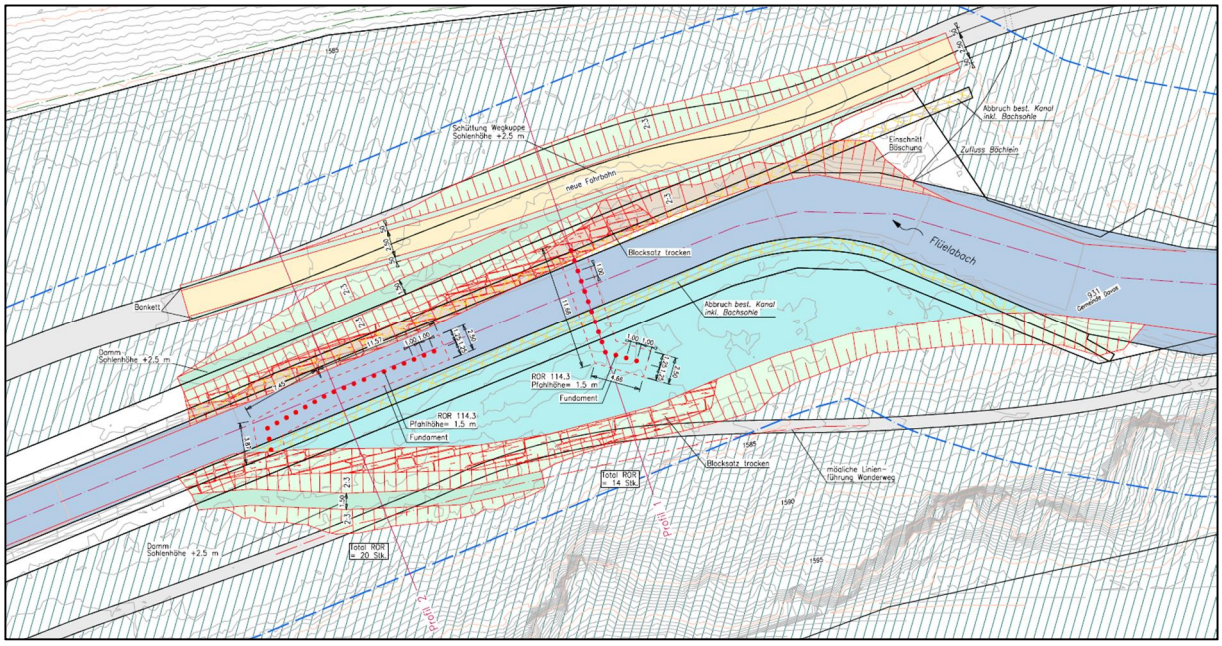


Abb. 11 AUSSCHNITT SITUATIONSPLAN MIT ANGEPASSTER GEOMETRIE

Konstruktion der Rechen

Die beiden Rechen bestehen aus vertikalen Einzelstäben (ROR-Profile), welche in ein Streifenfundament aus Stahlbeton eingespannt werden. Die Stahlstäbe ragen ca. 1.5 m aus dem Boden und haben einen horizontalen Achsabstand von ca. einem Meter. Damit soll Schwemmholz mit grösseren Abmessungen zurückgehalten werden, welches an den Brücken Probleme verursachen kann, nicht aber Äste und kleine Holzstücke.

Die Sohlenpflästerung wird abgebrochen und die Fundamente mit Bachkies eingedeckt. Dank dem gewählten System ist keine Sohlensicherung erforderlich.

Uferverbau

Die bestehende Uferpflästerung wird rückgebaut. Die direkt angeströmten Bereiche werden mit einem trockenen Blocksatz aus formwilden Blocksteinen gesichert und mit Bachschuttmaterial überschüttet. Zentral sind vor allem die Anschlussbereiche der Rechen und die beiden Engstellen bei den Rechenöffnungen. Die Berandungen im aufgeweiteten Teil sind mit einer doppelten Fusssteinreihe bereits ausreichend befestigt.

Der ganze Verbau wird mit Aushubmaterial überschüttet und kann einwachsen.

Betrieb und Unterhalt

Für Bau und Unterhalt ist eine Zufahrt erforderlich. Diese erfolgt über den bestehenden Waldweg. Der Weg wird angehoben, da er gleichzeitig die rechte Berandung bildet. Für die Aufschüttung kann Material aus der Sohlenverbreiterung verwendet werden. Mit einem Schreitbagger sind die beiden Rückhalteräume problemlos zugänglich, bei grossen Schwemmholzmengen muss eine temporäre Piste von der Forststrasse aus geschüttet werden.

Die Unterhaltspflicht liegt bei der Gemeinde. Der Rückhalteraum ist grundsätzlich leer zu halten. Schwemmholz mit kleinen Abmessungen kann zugunsten der Ökologie im Gerinne belassen werden, solange es keine Gefährdung darstellt.

Gestaltung

Durch die Aufweitung wird sich die Morphologie verändern und wieder vermehrt dem natürlichen Zustand nahe kommen. Es können sich Gewässerverzweigungen und Kiesbänke bilden.

Die mögliche Gestaltung des Projektzustandes sowie der heutige Bestand als Vergleich sind im Anhang [A] dargestellt.

7. RAUMPLANUNG UND UMWELT

7.1. Allgemeines und Standortnachweis

Das Projektvorhaben befindet sich ausserhalb der Bauzone. Demgemäss sind einerseits die Vorgaben der Richtplanung zu überprüfen, andererseits ist die Standortgebundenheit nachzuweisen.

Das vorliegende Wasserbauvorhaben ist einerseits aufgrund des historischen Verlaufs des Gewässers, andererseits durch den zu schützenden Wirkungsraum standortgebunden. Der Rückhalt von Schwemmholz muss aus Sicherheitsgründen so nahe wie möglich am verbauten Gewässerabschnitt und den Schutzgütern zu liegen kommen. Dies ist im vorliegenden Fall so gelöst worden.

Die Verwirklichung des Wasserbauvorhabens ist von öffentlichem Interesse. Die Massnahmen stützen sich auf die gültige Gefahrenkarte [1] sowie die Schutzzielvorgaben von Bund und Kanton [15].

Im Rahmen der Projektentwicklung wurden mögliche Massnahmenvarianten verglichen und beurteilt. Die Interessensabwägung und Prüfung von Alternativen hat ergeben, dass der Bauperimeter idealerweise in die heutige Kanalstrecke gelegt werden kann. Dadurch wird kein natürlicher Gewässerabschnitt beeinträchtigt, sondern das Gerinne im Projektbereich aufgewertet.

7.2. Richtplanung

Im regionalen Richtplan der Region Davos sind im Perimeter lediglich Wald, Gewässer, die Langlaufloipe rechtsufrig, sowie der linksufrige Wanderweg festgehalten. Der Richtplan zeigt im Wesentlichen die aktuellen Bestände (flächig: Gewässer, Landwirtschaftsgebiet, Wald) einschliesslich der bestehenden Strassen und Wege.

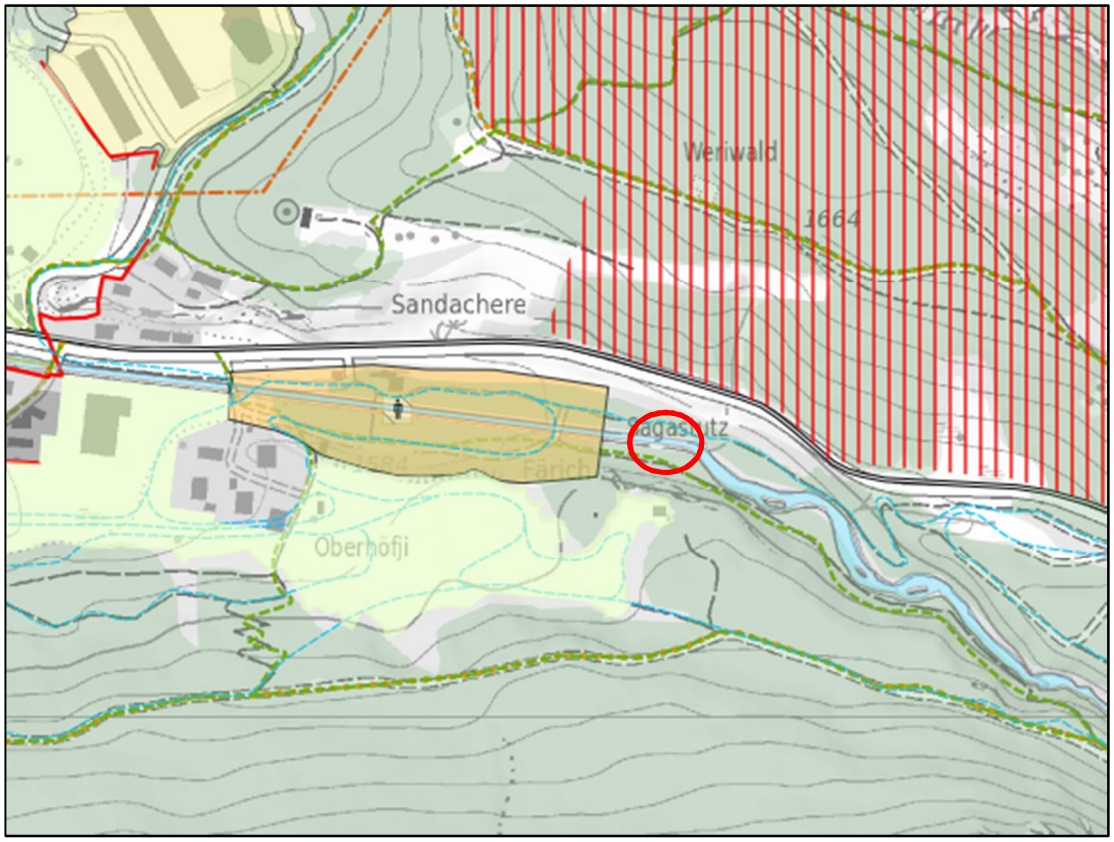


Abb. 12 AUSSCHNITT REGIONALER RICHTPLAN DAVOS GEMÄSS [9], OHNE MASSSTAB, ROT: RÜCKHALTESTANDORT

Weiter ist im Richtplan die touristische Freizeitnutzung des Outdoor - Centers Färich (orange in Abb. 12) unmittelbar unterstrom des Bauperimeters (Bike- und Seilpark). Ausserdem ist die Bauzone im 'Oberhöfji' (grau in Abb. 12) ersichtlich.

Der Waldweg, einschliesslich des Fuss- und Veloweges und der Loipennutzung werden im Projektzustand nicht beeinträchtigt, sondern nur temporär für den Baustellenverkehr genutzt, resp. gesperrt.

Durch die gewählte Anordnung der wasserbaulichen Massnahmen wird sichergestellt, dass das Gewässer seine verschiedenen Funktionen erfüllen kann. Das Vorhaben ist verhältnismässig und entspricht dem zeitgemässen Wasserbau. Es wurde nach den einschlägigen Richtlinien und Handlungsgrundsätzen des Kantons und Bundes dimensioniert und realisiert den Gewässerraum baulich.

Demgemäss ist das Projekt richtplankonform.

7.3. Nutzungsplanung

Die Ortsplanung zeigt ausser Wald- und Landwirtschaftsflächen auch die Schutzgüter in den eingezonten Flächen.

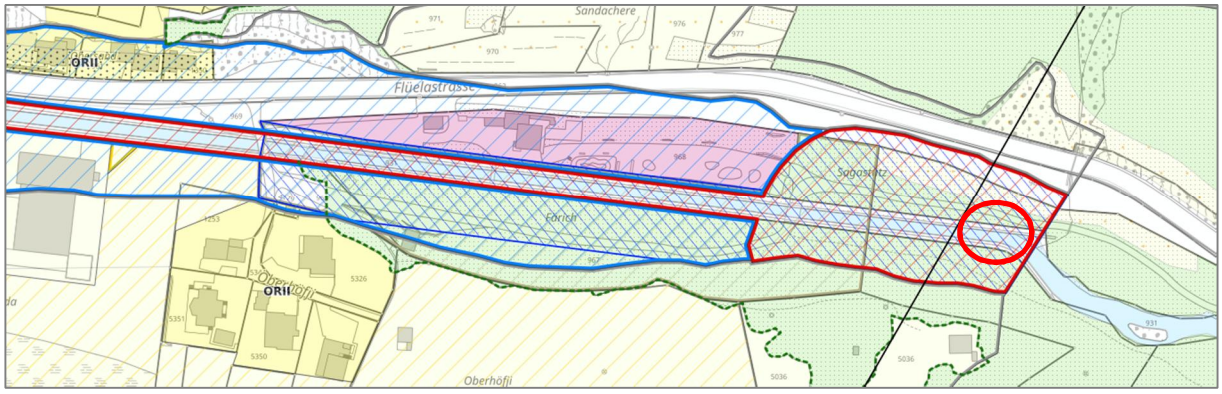


Abb. 13 ZONENPLAN DER GEMEINDE DAVOS

Überlagert sind im Färich Gefahrenzonen 1 und 2.

Tab. 5 LEGENDE ZONENPLAN

Farbe Zonenplan	Zone
hellgrün	Landwirtschaft
dunkelgrün	Wald
weiss	übriges Gemeindegebiet, Strassen, Bahn
gelb	Wohnzone
violett	Sport- und Freizeitnutzungen

7.4. Inventar der natürlichen Lebensräume

Es sind im Perimeter keine inventarisierten Naturobjekte vorhanden.

7.5. Gewässerökologie und Gewässerschutz

Ökomorphologie

Stromaufwärts des Kanals befindet sich eine Umlagerungsstrecke. Sie ist in der Kartierung der Ökomorphologie als 'wenig beeinträchtigt' klassiert.

Im Färich ist der Bach durchgehend gepflästert. Da aus dem Geschiebesammler kaum Feststoffe weitertransportiert werden, sind innerhalb des Kanals kaum morphologische Entwicklungen möglich. Der Abschnitt ist als künstlich / naturfremd eingestuft [9].

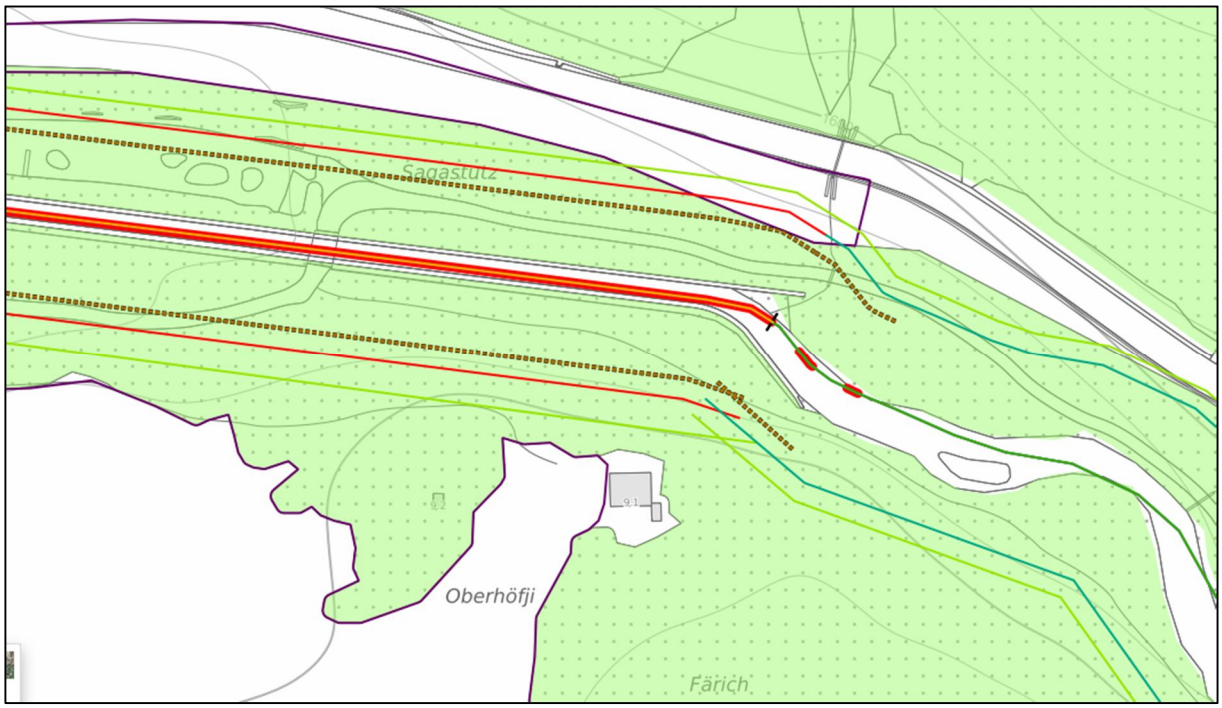


Abb. 14 KARTE ÖKOMORPHOLOGIE [9]: ROT = KÜNSTLICH, BLAU = WENIG BEEINTRÄCHTIGT

Gewässerschutz

Der Talboden ausserhalb des unmittelbaren Gewässerbereichs liegt in der Gewässerschutzzone Au, dunkelrot in untenstehender Abbildung.

Der Gewässerraum befindet sich im Gewässerschutzbereich Ao (hellrot), wie alle oberirdischen Fliessgewässer.

Während der Bauarbeiten müssen die üblichen Gewässerschutzvorschriften eingehalten werden.

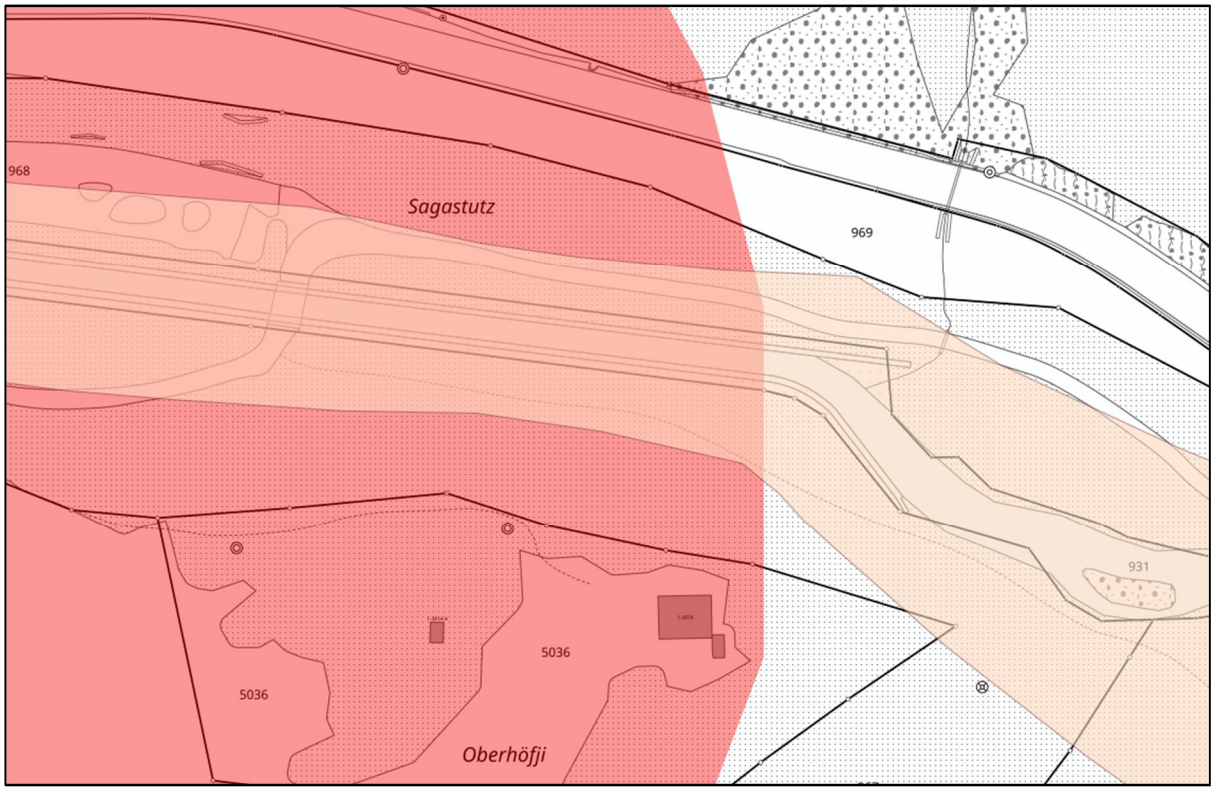


Abb. 15 GEWÄSSERSCHUTZKARTE AUS [9], DER PERIMETER BEFINDET SICH VOLLUMFÄNGLICH IM BEREICH AO (HELLROT)

7.6. Gewässerraum

Grundlage

Mit der Festlegung des Gewässerraumes nach Artikel 36a des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer GSchG [13] sollen folgende Funktionen der Gewässer gewährleistet werden:

1. die natürlichen Funktionen der Gewässer (Lebensräume, Wasser- und Feststofftransport)
2. den Schutz vor Hochwasser (Abflusskapazität, Platz für Verbauungen und Zugang für Unterhalt und Intervention)
3. die Gewässernutzung

Die Ausscheidung des Gewässerraums ist Sache der Kantone bzw. der Gemeinden. In der Regel wird der Gewässerraum im Rahmen der Ortsplanung grundeigentümerverbindlich ausgeschieden (Baurechtliche Grundordnung).

Planungsstand und rechtsgültiger Raum

In der Gemeinde Davos ist die Ausscheidung der Gewässerräume im Rahmen der Ortsplanungsrevision im Gange. Die Mitwirkungsphase wurde Ende 2021 abgeschlossen, die Genehmigung ist noch ausstehend. In den Plänen ist daher der provisorische Gewässerraum dargestellt. Bis zur verbindlichen Festlegung des Gewässerraumes in der Ortsplanung, gelten die Übergangsbestimmungen des GschG.

Der provisorische Gewässerraum im Färich ist 45.5 m breit.

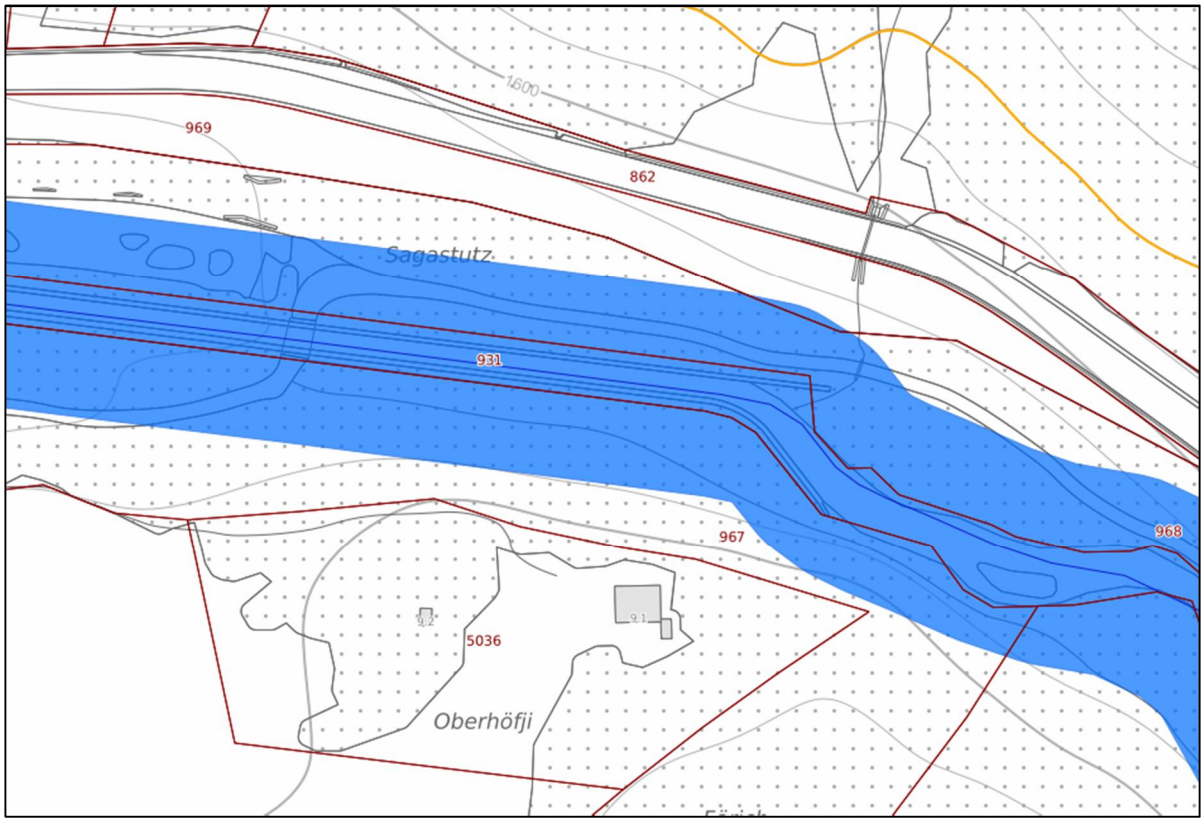


Abb. 16 PROV. GEWÄSSERRAUM FLÜELABACH AUS [9]

7.7. Fischerei

Der Flüelabach ist gemäss [16] ein Fischgewässer (Fangstatistiknummer 260), vorwiegend handelt es sich dabei um Bachforellen, aber auch Bachsaiblinge werden erwähnt. Es findet jährlich Besatz durch das AJF statt.

Das Entfernen der künstlichen, geschlossenen Pflastersohle und Ersatz durch ein natürliches Kiesbett dürfte die Lebensbedingungen für die Fischfauna deutlich verbessern. Ausserdem wird durch die Gerinneverbreiterung die Möglichkeit für Sohlenstrukturen und Kiesumlagerungen geschaffen. Es ist vorgesehen, dass Äste und Geschwemmsel mit kleineren Abmessungen im Rückhalteraum nicht entfernt werden. Dies ergibt zusätzliche Lebensräume.

Da die Bauausführung vor Beginn der Loipensaison erfolgen soll, fällt sie voraussichtlich nicht oder nur teilweise in die Fischschonzeit. Falls die Schonzeit tangiert wird, müssen für Arbeiten im Wasser in Zusammenarbeit mit der Fischereiaufsicht die nötigen Massnahmen definiert werden (Abfischen, Wasserhaltung). Die Bauausführung soll soweit als möglich im Trockenen erfolgen.

7.8. Vegetation und Wald

Bestand

Der heutige Kanal verläuft im Waldareal, der Wald besteht mehrheitlich aus grossen Fichten. In Gewässernähe sind auch ein paar Erlen, Weiden und Vogelbeeren heimisch.

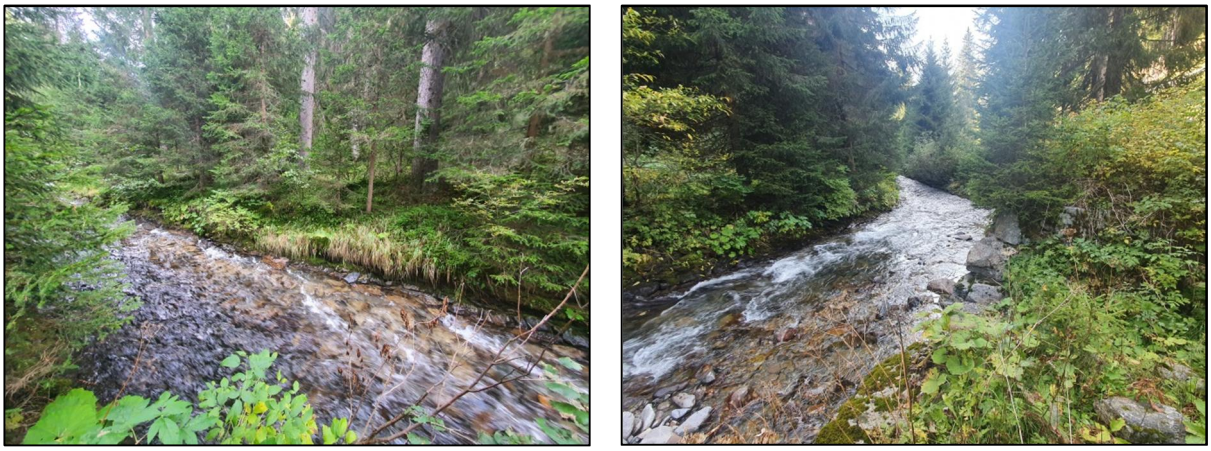


Abb. 17 TYPISCHE VEGETATION AM (LINKS) UND UNMITTELBAR VOR (RECHTS) DEM KANAL

Trotz der gepflästerten Oberfläche sind die Ufer bewachsen, wenn auch nur locker. Die Ufervegetation muss abschnittsweise temporär entfernt werden.

Es sind im Perimeter keine gesetzlich geschützten Arten gefunden worden. Hingegen ist die Ufervegetation von Gewässern durch das NHG grundsätzlich vor Eingriffen geschützt. Für die temporäre Entfernung im Rahmen der Bauarbeiten ist eine Ausnahmebewilligung nötig.

Gemäss Abklärungen mit dem Regionalforstingenieur des AWN ist für die Erstellung des Holzrückhalts (Baute im Wald) und die dafür erforderlichen temporären Holzereiarbeiten kein Rodungsverfahren notwendig.

Neophyten

Eine Anfrage bei der kommunalen Ansprechperson für invasive Neophyten (KAFIN) hat ergeben, dass im Bereich des Bauperimeters Riesenbärenklau von 2019 bis 2021 durch die Gemeinde und Zivildienst entfernt wurde. Die Samen sind jedoch bis zu 7 Jahre keimfähig und das Bodenmaterial ist entsprechend zu behandeln. Bei einer genügend grossen Überdeckung darf das Aushubmaterial an Ort wiederverwendet werden.

Siehe auch Entsorgungserklärung im Anhang.

Bestockungen

Die nicht verbauten Böschungen werden neu bestockt. Es werden ausnahmslos einheimische, standortgerechte Arten eingesetzt. Die Ausführung erfolgt in Rücksprache mit dem AWN und durch spezialisierte Unternehmen oder den Forstbetrieb der Gemeinde.

7.9. Boden

Bestand

Für die Bau- und Installationsflächen muss Waldboden abgetragen werden.

Den Aufschlüssen nach handelt es sich um einen rezenten, äusserst geringmächtigen und sehr skelettreichen Waldboden.

Verwendung des Bodens und Schutzmassnahmen

Der Waldboden wird einschichtig abhumusiert. Eine Trennung in Ober- und Unterboden ist aufgrund der geringen Mächtigkeit, des hohen Skelettgehaltes mit viel Überkorn und der Durchwurzelung nicht möglich.

Um Schädigungen des Bodens und übermässige Verluste zu vermeiden, soll auf ein zentrales Zwischendepot verzichtet werden. Stattdessen ist im Landerwerbsplan ein Liniendepot entlang der bearbeiteten Fläche vorgesehen.

Der Boden wird an Ort und Stelle in den neuen, flachen Böschungen wieder angelegt. Durch die Gerinneverbreiterung entsteht theoretisch ein Überschuss, der Humus wird entsprechend etwas mächtiger aufgebracht. In der Praxis entstehen aber häufig Verluste, so dass der Überschuss kaum ins Gewicht fällt.

Generell sind im Rahmen der Submission die einschlägigen Gesetze und Fachgrundlagen (USG, VBBO, etc.) zu erwähnen und die entsprechenden Vorschriften zum Bodenschutz in den Vorbedingungen zu definieren (NPK Kap. 102).

Es sind die üblichen Schutzmassnahmen in der Submission zu beschreiben. Die wichtigsten Massnahmen sind:

- Kulturerdearbeiten nur bei geeigneten Witterungsbedingungen (Bodenfeuchte)
- Geeigneter Geräteeinsatz (Raupenbagger mit Beschränkung von Flächenpressung und Gesamtgewicht oder Schreitbagger, Humuslöffel)
- Fachgerechtes Anlegen und Unterhalt der Humusdepots, Depots nicht befahren

Die Depots müssen den einschlägigen Vorschriften entsprechen. Sie werden entweder auf einem Geovlies oder direkt auf der Grasnarbe angelegt. Wegen der kurzen Schüttdauer ist eine Begrünung voraussichtlich kaum möglich (Höhenlage, Dauer von ca. September bis Juni).

7.10. Altlasten

Im Projektperimeter ist gemäss dem kantonalen Kataster kein belasteter Standort vorhanden.

7.11. Landschaftsbild

Die geplanten Rechenelemente ragen lediglich 1.5 m über die Bachsohle und sind dank der Lage des Gerinnes im Wald nur aus unmittelbarer Nähe wahrnehmbar. Trotzdem werden die Stahlstäbe als künstliche Elemente sichtbar sein, aufgrund der Form und Materialisierung. Der Holzrechen wird in seiner Funktion als Rückhalte- und Schutzelement wahrgenommen und somit auf die Bevölkerung nicht als negativer Faktor wirken.

Durch die Aufweitung des Bachgerinnes allerdings wird sich der Wald lichten und die Freifläche aus Bach / Kiesbänken / Uferbereich ergibt ein naturnahes Gesamtbild. Ausserdem wird örtlich mehr Licht einfallen.

7.12. Fuss- und Wanderwege, Loipe

Der Bergwanderweg in Richtung Wasserfall am linksseitigen Hangfuss wird durch die Bachaufweitung etwas nach aussen verschoben. Während der Bauzeit muss dieser Abschnitt für Wanderer umgeleitet werden.

Die Langlaufloipe wird meist ab Ende Oktober in Betrieb genommen (Snowfarming). Es ist darauf zu achten, dass sich die Bauphase zu Beginn der Pistenpräparierung abgeschlossen ist. Unter Umständen können Fertigstellungsarbeiten auch erst im Frühling 2024 erfolgen.

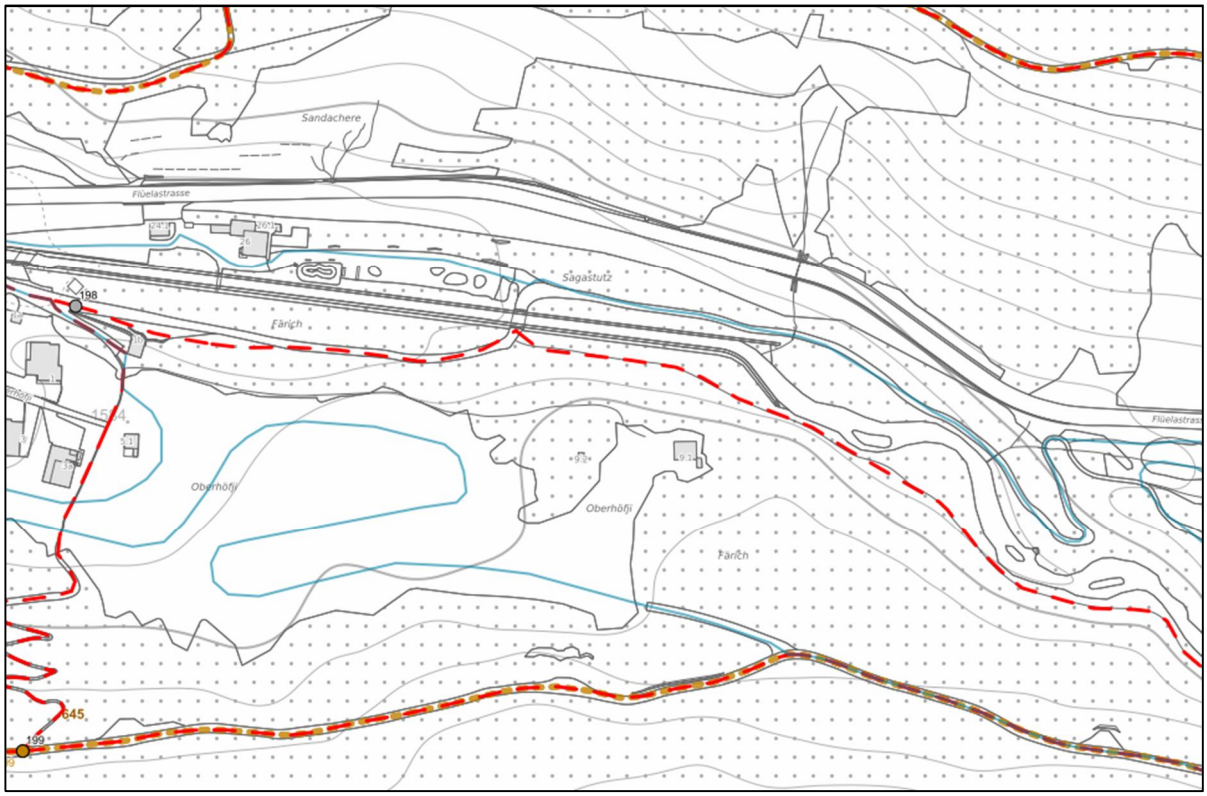


Abb. 18 AUSSCHNITT AUS SACHPLAN LANGSAMVERKEHR [9], ROT = BERGWANDERWEG, HELLBLAU = LANGLAUFLOIPE

7.13. Geschiebedurchgängigkeit

Das Rückhaltebauwerk ist durch das gewählte System offen und hält kein Geschiebe zurück. Der natürliche Geschiebehaushalt im Sinne von GschG Art. 43 ff wird nicht beeinträchtigt.

7.14. Ökologische Bilanzierung

Auf eine Kartierung und Bilanzierung der Lebensräume wurde in Absprache mit dem ANU Graubünden verzichtet.

Die bestehende Pflästerung von Sohle und Ufern wird auf ca. 60 Lfm. zurückgebaut und die Gerinnesohle auf das rund 3-fache aufgeweitet. Insgesamt stellt die aus ökologischer Sicht eine Verbesserung dar.

7.15. Ausnahmebewilligungen

Die Genehmigung des Vorhabens erfordert im Rahmen des massgeblichen Verfahrens die Erteilung verschiedener Ausnahmebewilligungen. Gemäss heutiger Kenntnis handelt es sich dabei um:

- Bewilligung für Verbauungen und Korrektionen von Fliessgewässern nach Art. 37 Abs. 3 des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer, GSchG
- Bewilligung für technische Eingriffe in Gewässer nach Art. 8 Abs. 1 des Bundesgesetzes über die Fischerei, BGF
- Bewilligung zur Beseitigung von Ufervegetation nach Art. 22 Abs. 2 NHG
- Bewilligung für das Einleiten oder Versickernlassen von behandeltem verschmutztem Abwasser nach Art. 7 Abs. 1 des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer, GSchG
- Bewilligung für die Erstellung von standortgebundenen, im öffentlichen Interesse liegenden Anlagen im Gewässerraum nach Art. 41c Abs. 1 der Gewässerschutz GSchV

- Bewilligung für die Errichtung von Bauten und Anlagen in besonders gefährdeten Bereichen des Grundwassers nach Art. 19 Abs. 2 GSchG

8. BAUAUSFÜHRUNG

8.1. Baugrund

Grundlagen

Es wurden keine Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Aus den Sofortmassnahmen 2020 [5] konnten gewisse Erkenntnisse gewonnen werden, welche genügend sind.

Eignung als Baugrund und Schüttmaterial

Das anstehende Material ist für die vorgesehenen Blocksteinverbauungen und Bodenplatten als Fundationsschicht, wie auch für die eher anspruchslosen Schüttungen von genügender Qualität.

Der Baugrund muss während der Bauausführung laufend beurteilt und triagiert werden. Bei Auftreten von örtlichen Feinmaterialablagerungen erfolgt ein Materialersatz.

8.2. Materialbilanz

Aushubmaterial

Aus Baugruben und Gerinneverbreiterung werden rund 1'550 m^3 (fest) ausgehoben. Für Hinterfüllungen und die Anhebung des Waldweges werden 900 m^3 (fest) Material benötigt. Es entsteht ein Materialüberschuss von 650 m^3 fest, resp. ca. 800 m^3 lose. Dieser kann je nach Qualität der Wiederverwertung zugeführt werden oder geht auf Deponietyp A.

Humus

Durch die Gerinneverbreiterung wird Waldboden abhumusiert. Der Humus wird vor Ort wiederverwendet.

Blocksteine

Der Bedarf an Blocksteinen wird aufgrund des Vorausmasses auf 850 to geschätzt. Diese Position unterliegt erfahrungsgemäss einem gewissen Mengenrisiko und muss während dem Bau engmaschig kontrolliert werden. Es wird nicht damit gerechnet, die plattigen, kleinen Pflastersteine aus dem abzubrechenden Kanal im neuen Blocksatz wiederverwenden zu können.

Abfälle

Die Kanalpflästerung (Steine und Mörtelabbruch) wird abgeführt. Die Steine können der Wiederverwertung (Brecher) zugeführt werden. Der Mörtel wird als Inertstoff deponiert (Deponietyp B).

Die Entsorgungserklärung wurde elektronisch beim ANU eingereicht und ist im Anhang ersichtlich.

8.3. Qualität

Um eine gute Bauqualität zu erreichen, soll vor Baubeginn ein Kontrollplan erstellt werden. Mindestens die in Tab. 6 genannten Parameter sollten definiert und mit Prüfungen überwacht werden.

Das Baugrundmodell muss während der Arbeiten laufend überprüft werden.

Tab. 6 RASTER KONTROLLPLAN AUSFÜHRUNG

Bereich	Prüfparameter
Humusarbeiten	Physikalischer Bodenschutz, Festlegen der Bodenparameter vor Ausführung (Feuchtigkeit, Maschinengewichte und dgl.).
Erdarbeiten	Materialqualität (Kornverteilung, Feinanteile, Sauberkeit) Wassergehalt beim Einbau Geeignete Entwässerungen von nässenden Bereichen, Ableitung von Oberflächenwasser
Blockverbauungen	Qualität der Blocksteine (Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit, Form) Blockgewichte Anordnung und Einbauvorschriften Fundationstiefen
Betonbau	Betonprüfungen - Kontrolle des Einbaus durch Bauleitung - Visuelle Beurteilung des ausgeschalten Betons - Druckfestigkeit, Frostbeständigkeit an Würfeln und Kernbohrungen
Hochwasserrisiko	Alarmkonzept und Pikettdienst während der Baustelle

8.4. Bauablauf und Installationen

Die Arbeiten können in einem Baujahr ausgeführt werden. Eine Etappierung der Bauarbeiten ist nicht vorgesehen. Der Baubeginn erfolgt vorzugsweise unmittelbar nach der Schneeschmelze im Juli oder anfangs August, damit der Loipenbetrieb frühzeitig vorbereitet werden kann. Für einen effizienten Arbeitsfortschritt wird eine Wasserhaltung eingerichtet.

Die Zufahrt erfolgt über die bestehende Waldstrasse zunächst am linken Ufer, dann am rechten. Die Strasse ist mit einer Gewichtsbeschränkung von 18 to signalisiert. Für eine effiziente Transportleistung (Abtransporte von Aushubmaterial sowie Anlieferung Blocksteine) wären 28 bis 32 to bevorzugt. Es ist vorgesehen, die Brücke mit temporären Stützen für die Ausführungsphase zu verstärken. Der Bikepark soll nicht durchfahren werden. Es sind Zufahrten ausgeschieden für beide Uferseiten.

Auch sind zwei Installationsplätze vorgesehen, wobei einer ausserhalb des Gewässerraums angeordnet ist für Maschinenbetankung etc.

Die Gewichtsbeschränkung der Brücke Oberhöfji beträgt 32 to.

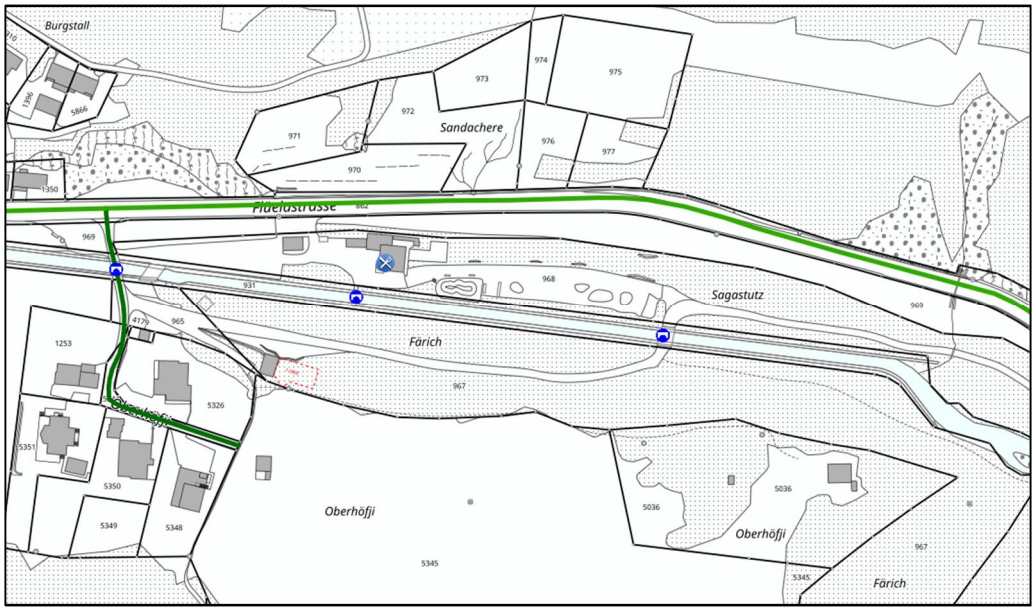


Abb. 19 GEWICHTSBESCHRÄNKUNGEN GEM. WEBGIS DAVOS [10], HELLGRÜN = 40 TO, DUNKELGRÜN = 32 TO, BRÜCKE WALDSTRASSE FÄRICH = 18 TO

9. KOSTEN

9.1. Grundlagen

Der Kostenvoranschlag basiert auf einem detaillierten Vorausmass. Im Projektperimeter besteht ein grobes Geländemodell aus Flugdaten [7], die Verbauungen wurden gemäss den Normalien im Laufmeter ausgezogen.

Die Preisbasis ist Februar 2023. In den Risikokosten ist auch eine Teuerungsreserve mit eingerechnet, da die Wahrscheinlichkeit von weiterführender Inflation zurzeit gross ist, hinzu kommt die aktuelle Materialknappheit und die stark steigenden Energiekosten.

Für die Einheitspreise wurden langjährige Erfahrungswerte eingesetzt und mit aktuellen Bauvorhaben abgeglichen. Je nach Marktsituation können die Preise erfahrungsgemäss um bis zu 20% abweichen (Wettbewerbspreise). Die Baunebenkosten wurden aufgrund der Erfahrungen aus anderen Projekten, der zu erwerbenden Landfläche und der SIA LHO 103 berechnet.

9.2. Kostenvoranschlag

Der Kostenvoranschlag beläuft sich total auf Fr. 650'000.- einschliesslich aller Baunebenkosten, der Geschiebestudie Flüelatal, Risiken, Rundung und Mehrwertsteuer. Die Kostengenauigkeit beträgt +/- 10 %.

9.3. Kostenträger und Finanzierung

Die Kosten der wasserbaulichen Massnahmen werden in erster Linie von der Gemeinde Davos getragen und von Bund und Kanton voraussichtlich subventioniert.

Die Gemeinde Davos beantragt beim Tiefbauamt Graubünden, Abteilung Wasserbau beziehungsweise dem Kanton Graubünden die Subventionierung des vorliegenden Wasserbauprojekts im üblichen Umfang (35% Bund, 20% Kanton KWBG).

Die Gemeinde finanziert die Bruttokosten vor.

10. AUSWIRKUNGEN DES PROJEKTS

10.1. Landerwerb

Der Flüelabach ist ausparzelliert und im Eigentum der Gemeinde. Die durch den Holzrechen zusätzlich beanspruchte Fläche wird durch die Gemeinde erworben (ca. 900 m^2).

Für Zufahrten und Installationsplätze ist zusätzlich temporärer Landerwerb von etwa ca. 3'400 m^2. erforderlich.

10.2. Werkleitungen und Anlagen Dritter

Es bestehen keine Leitungstrassees unmittelbar im Bauperimeter.

Der südseitige Wanderweg ist zurzeit gesperrt. Bei Bedarf kann dieser an das neue Ufer angepasst werden.

Die bebaute Grundfläche befindet sich vollumfänglich im Gewässerraum und liegt neben einer bestehenden Waldstrasse. Deshalb können spätere Konflikte mit Drittprojekten praktisch ausgeschlossen werden.

Die Zufahrt führt neben den Adventure-Park Färich hindurch und muss abgesperrt und signalisiert werden. Die Langlaufloipe ist üblicherweise ab Ende Oktober in Betrieb. Deren Betrieb darf durch die Baustelle nicht behindert werden.

Die Betreiber des Seilparks und der Langlaufloipe wurden projektseitig bereits begrüsst und sind auch in der Submissions- und Ausführungsphase laufend zu informieren.

11. PLANVERFAHREN UND TERMINE

Das Projekt wird im Plangenehmigungsverfahren gemäss kantonalem Wasserbaugesetz bewilligt. Leitbehörde ist das Tiefbauamt, vertreten durch das Amt für Wasserbau.

Die Gemeinde legt das Projekt öffentlich auf. Die Projektgenehmigung erfolgt durch den Regierungsrat.

Es sind folgende Termine vorgesehen:

Öffentliche Planauflage	März 2023
Genehmigung (RB)	April / Mai 2023
Submission	März – April 2023
Arbeitsvergabe	Juni 2023
Ausführung	August bis Oktober 2023

ANHANG A

Gestaltungsplan 1:1'000

- Bestand
- Projekt

ANHANG B

- Entsorgungserklärung