

Anhang 4

Schwemmholtzrechen Teilprojekt 4
Standortwahl, Berechnungen und Ausführungsdetails

A) Variantenstudium Standort Schwemmholzrechen

Situation, Aufgabenstellung

Im Einzugsgebiet des Pöppelbachs befinden sich grosse Teilabschnitte im Wald. Daher ist auch mit einem grossem Schwemmholzaufkommen zu rechnen. Gemäss Anhang 1 wird die erwartete Schwemmholzmenge auf ca. 150 m³ und die erwartete Geschiebemenge auf ca. 300 m³ geschätzt.¹

Die Waldfläche endet vor dem Durchlass Befigstrasse, bei rund km 1.27. Entsprechend ist die grobe Lage des Schwemmholzrechens oberhalb dieses Durchlasses, am Ende der Waldfläche. Der genaue Standort ist örtlich durch weitere Faktoren abhängig – Zufahrt für Betriebs- und Entsorgungsarbeiten, topologische Verhältnisse (natürliche Bachaufweitung oder flache Böschung) oder vorangehende Ausbildung eines Schwemmholzteppichs.

Vorgehen, Methodik

Daraus ergeben sich im Perimeter drei mögliche Standorte für einen Schwemmholzrechen, welche verschiedene Vor- und Nachteile besitzen:



Abbildung 1: mögliche Standorte für einen Schwemmholzrückhalt oberhalb des Durchlasses Befigstrasse.

Standort 1:

Ein Rechen am Standort 1 eignet sich aufgrund folgender Gegebenheiten:

- Vollständige Abdeckung des Schwemmholzeintrags, inklusive der linksseitigen bestockten Fläche nach der Waldzone
- Bereits bestehender, optimaler Zugang zum Schwemmholzrechen via den landwirtschaftlichen Nutz- und Abstellplatz
- Das Längenprofil zeigt ein rückwärtig Gefälle von 4.84%, im Wald (Oberwasser) erhöht sich das Gefälle zunehmend.

¹ Details siehe Anhang 1: Hydrologie, Schwemmholz, Geschiebe

Um den Rechen an diesem Standort zu bauen muss jedoch das Gerinne aufgeweitet werden, um einerseits genügend Oberfläche für den Rückhalt zu generieren und andererseits um bei einem V-Rechen ausreichend Platz für eine Kolkwanne zu haben. In Längsrichtung ist der Platz der Kolkwanne bedingt vorhanden, da die Kurve in Richtung Durchlass Befigstrasse beginnt und somit zu Unterspülungen am Einlaufbauwerk führen kann.

Standort 2

Ein Rechen am Standort 2 eignet sich aufgrund folgender Gegebenheiten:

- Vollständige Abdeckung des Schwemmhölzeintrags, teilweise auch der linksseitigen Büsche nach dem offiziellen Waldgebiet
- Das Längenprofil zeigt ein rückwärtig Gefälle von 2.68%, im Wald (Oberwasser) erhöht sich das Gefälle zunehmend.
- Leicht flacheres Vorland am rechten Ufer, um geringeren Volumenabtrag gegenüber vom Standort 1 zu erhalten.
- Keine problematischen Nebeneffekte aufgrund eines Kolks im Unterwasser

Die Zufahrt muss durch eine aufwändige Geländeanpassung auf der nördlichen Seite des Pöppelbachs erstellt werden (rund 60 Meter)

Standort 3

Ein Rechen am Standort 3 eignet sich aufgrund folgender Gegebenheiten:

- Abdeckung des Schwemmhölzeintrags der gesamten Waldfläche

- Im Rückhaltebereich befindet sich ein flaches Gleitufer, welches bei Hochwasserzuständen überströmt wird (siehe Abbildung 2). Diese natürliche Aufweitung kann zugunsten des Rückhaltebereichs genutzt werden, sofern das Holz nicht aufgrund zu kleiner Abflusstiefe verlandet. Der Bereich ist auch mit vielen Bäumen bewachsen, welche vorgängig entfernt werden müssten.

Bei kleineren Ereignissen mit Schwemmhölz sowie ohne Überströmung des Gleitufers (ab rund 6 m³/s) ist aufgrund der Rechtskurve eine unpassende Anströmung vorhanden.

- Die Geländeoberfläche wirkt auch beim Überlastfall gutmütig.
- Keine problematischen Nebeneffekte aufgrund eines Kolks im Unterwasser



Abbildung 2: verwachsenes Gleitufer beim Standort 3
(Blick gegen die Fliessrichtung)

Der Nachteil an diesem Standort ist die aufwändige Geländeanpassung aufgrund des benötigten Zugangs durch Forstmaschinen. Dieser würde nördlich des Pöppelbachs platziert und ist rund 80 Meter lang. Aufgrund der obenstehenden Erklärungen ist der Schwemmhölzrückhalt bei geringerer Abflusstiefe nicht vollständig gewährleistet.

Resultat

Da sich für den Standort 2 keine wesentlichen negativen Einflüsse ergeben, wird der Schwemmhölzrechen in diesem Abschnitt platziert. Die Baupiste kann zugleich nach der Bauzeit als Zufahrtsweg genutzt werden, was sich positiv auf die Erstellungskosten auswirkt.

B) Projektierungsgrundlagen / Berechnungen

Hydrologie

Die Projektierungselemente im Teilprojekt 4 werden aufgrund der losen Besiedelung auf ein HQ₂₀ berechnet. Da sich der Schwemmholzrechen auch auf das Teilprojekt 3 auswirkt (trotz diverser Durchlässe im TP 4) ist das Schutzziel das HQ₁₀₀. Gemäss Anhang 1 ist der Abfluss bei HQ₁₀₀ und km 1.27 12.6 m³/s. Die Sohlenbreite wird wie weiter bachabwärts als 2 Meter übernommen.

Geometrie des Rechens

Die Spitze des Rechens ist an der Stelle im Querschnitt zu platzieren, an der die maximale Geschwindigkeit bei einem HQ₁₀₀ auftritt. In diesem Fall wird dies die Mitte des Gerinnes sein, der Rechen also symmetrisch angeordnet werden.

Es gilt, je kleiner der Winkel des Rechens desto grösser die Ablagerungsfläche, die Anzahl an Rechensäulen. In diesem Fall bietet sich ein Winkel von 45 Grad an.

Die Grösse des Stababstandes spielt nur am Anfang des Ereignisses eine Rolle, sobald der Rechen mit den ersten Stämmen verlegt ist, können die einzelnen Holzstämmen den Rechen nicht mehr durchqueren. Je grösser der Stababstand, desto kleiner das Risiko für Verklausung und auch der Unterhaltsaufwand. Gemäss VAW-Mitteilung 188² wird die 1.5-fache Länge des lichten Stababstandes zurückgehalten. Der kleinste und somit massgebende Durchlass ist unter der Befigstrasse. Die massgebende Breite beträgt 1.5 Meter. Mit einem Sicherheitspuffer sollte also Schwemmholz ab einer Grösse von 1.2 Meter zurückgehalten werden. Somit sollte der Abstand zwischen den Rechen maximal 0.8 Meter betragen.

Es sind so viele Stäbe zu setzen, bis die obere Gerinnebreite (Wasserspiegel bei HQ₁₀₀) gedeckt ist. So wird verhindert, dass das Schwemmholz seitlich abschwemmt.

Die Säulenhöhe ist in Abhängigkeit mit der höchstmöglichen Aufstauhöhe beim Bemessungsabfluss nach der Formel von Knauss (1995) festzulegen.

$$\text{Säulenhöhe} = h_1 + \alpha * \frac{v_1^2}{2g}, \quad \alpha \approx 1.5 - 2.5 \text{ (wenig bis viel Feinanteile)}$$

Für die Berechnung wird $\alpha = 2.0$ angenommen, da es im Pöppelbach nicht auffällig viel oder wenig Feinanteile vorhanden sind. Nach Strickler-Normalabfluss sind beim bestehenden Profil 1329.90 folgende Abflusstiefen:

Szenario	Abflusstiefe h ₁ [m]	v _{1, mittel} [m/s]	Säulenhöhe [m]
HQ ₃₀ (Q=8.8m ³ /s)	0.99	2.97	1.88
HQ ₁₀₀ (Q=12.6m ³ /s)	1.20	3.27	2.28
HQ ₃₀₀ (Q=16.6m ³ /s)	1.39	3.51	2.63

Mit dem Strickler-Normalabfluss wird aufgrund der höheren Geschwindigkeit auch der konservativste Fall geprüft.

Die äussersten Stäbe werden gemäss Höhe bei HQ₃₀₀ ausgebildet, um im Überlastfall die Wahrscheinlichkeit des Abschwemmens des Treibguts über den Rechen zu reduzieren, da sich im Überlastfall der Holzteppich an den Seiten des Rechens ablagert und das Wasser mittig abströmt. Entsprechend ist auch das Freibord der Höhenunterschied der äussersten zu den mittigen Stäben, also 0.35 Meter.

² VAW-Mitteilung 188, Schwemmholz Probleme und Lösungsansätze, D. Lange und G.R. Bezzola, Zürich, 2006, Seite 51

Runde Säulen eignen sich am besten, denn sie sind am strömungsgünstigsten. Stahlrohre sind als Materialtyp üblich für kleine Bäche, da sie im Vergleich zu Holzstämmen eine höhere Stabilität mit kleineren Durchmessern und längere Beständigkeit aufweisen. Um das Einknicken des Stahlrohres zu verhindern, wird es mit Sand verfüllt und anschliessend mit einem Stahldeckel verschweisst werden. Damit der Stahl korrosionsbeständig ist, werden feuerverzinkte Stahlrohre verwendet

Mit der Verklausungslänge L_A wird überprüft, ob die Säulenhöhe genügend hoch gewählt wurde. Diese berechnet sich mittels der Schwemmholzmenge V_L , der Wassertiefe h_1 und der Wasserspiegelbreite bei HQ_{100} B .³

$$L_A = \frac{V_L}{h_1 * B} = \frac{150}{1.20 * 4.5} = 27.8m$$

Nachfolgend müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

- Keine Auflandung infolge Gefälle im Oberwasserbereich
 $L_A * J \leq \text{Säulenhöhe}$ $27.8 * 0.0268 = 0.774 \text{ m} < 2.08 \text{ m}$, i. O.
- Keine Hindernisse / Kurvensituation in der Verklausungslänge L_A
 Länge ohne Hindernisse = 33 Meter, i.O.
- Verklausungslänge $L_A < \text{Länge Aufstaubereich}$ (infolge Verklausung)
 $28m > 25.7m$, nicht i.O. aufgrund der konservativen Betrachtungen als annehmbar zu betrachten.

Durch den Schwemmholzrückhalt wird ein Teil des anfallenden Geschiebes zurückgehalten. Da es sich im Teilprojekt 4 um eine Revitalisierung handelt, soll so viel Geschiebe wie möglich durchtransportiert werden. Daher wird die Gerinnebreite nicht zusätzlich verbreitert und somit tendenziell eine Ablagerung verhindert.

Fundament / Felsoberfläche

Statisch optimal werden die Rechenstäbe in der Felsoberfläche verankert. Die Geotechnische Karte 200 zeigt im Bereich des Schwemmholzrechens eine Übergangzone zwischen Sande bis Silte oder eckiger Schutt.⁴ Für eine genaue Bestimmung des Materials und die Lage der Felsoberfläche müssen Probebohrungen durchgeführt werden.

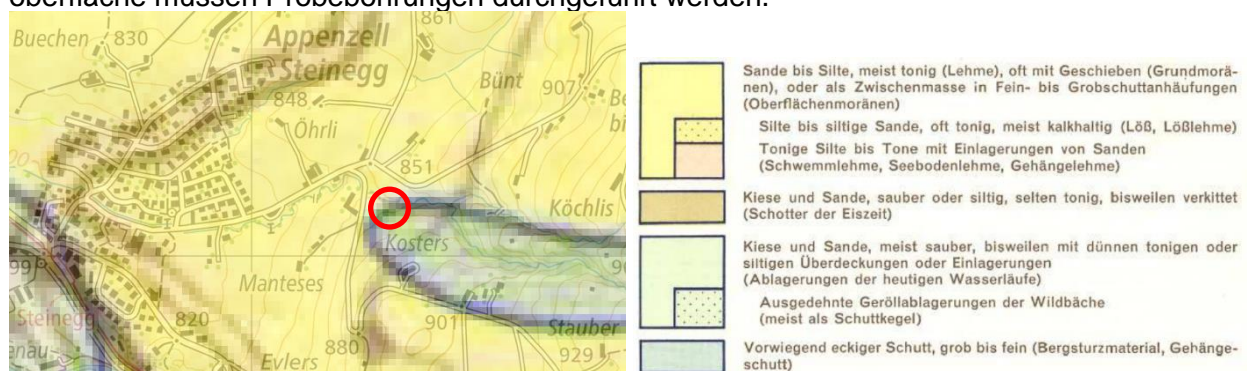


Abbildung 3: Geotechnische Karte 200, mit der Lage des Schwemmholzrechens und Erklärung der Gesteinsschicht.

³ VAW Mitteilung 249, Modeling hazards related to large wood in rivers, Isabella Schalko, Zürich, 2018, Seite 139

⁴ Geotechnische Karte der Schweiz 1:200'000, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 01.01.1967, www.maps.geo.admin.ch

Ist eine Einbindung in die Felsoberfläche nicht zweckmässig, muss ein Streifenfundament erstellt werden. Das Fundament sollte mindestens bis in die Frosttiefe reichen. Im Mittelland wird die Frosttiefe auf 80 cm verallgemeinert und auf das Fundament ebenfalls angewendet.

Im Geotechnischen Bericht der FS Geotechnik AG wird erläutert, dass die Felsoberfläche (Molasse: Mergelstein, Sandstein, hart) im Bereich der Bachsohle oberflächennah ist. Die maximale Tiefe bis zur Erreichung der Felsoberfläche liegt bei 2.5 Meter (Randbereich).⁵ Die Voraussetzung für eine Verankerung im Fels ist entsprechend gegeben.

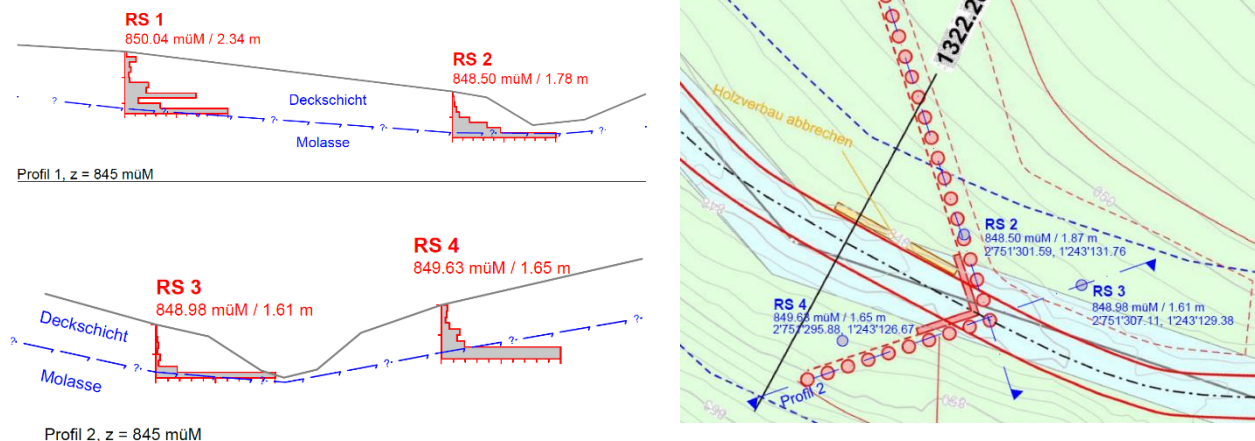


Abbildung 4: Situation, Querschnitt und Ergebnisse der durchgeführten Rammsondierungen

Statischer Nachweis

Wird bei der Detailprojektierung erfüllt.

Kolkausbreitung

Um einen Kolk im Bereich des Fundament und unterhalb des V-Rechens zu vermeiden wird eine Vergrößerung der Sohle angestrebt. Der minimale Durchmesser kann anhand von Kotulas (1967) sowie Tschopp und Bisaz (1972) ermittelt werden.⁶

Mit einer Sohlenanhäufung von Steinen mit einem Durchmesser 20 cm, sollte sich eine Kolk-tiefe von 1 Meter entwickeln. Kotulas (1967) beschreibt auch die Lage des tiefsten Punkts sowie die Gesamtlänge. Diese ist im vorliegenden Schwemmholzrechen 3.3 bzw. 6.0 Meter. Die Sohlenanhäufung muss unbedingt auch über den Bereich der Stäbe erfolgen, da sich ein Wasserstrom auch unterhalb des Teppichs einstellen kann und somit ein Kolk verursacht.

Da bei einem V-Rechen der Überströmbereich auch in der Böschung liegt, muss die Böschung im Fallliniengefälle auch abgeplästert werden.

⁵ Geotechnischer Bericht zur Baugrunduntersuchung mit Rammsondierungen am Schwemmholzrechen, FS Geotechnik AG, 17.11.2023

⁶ Wasserbau Skript, Ostschweizer Fachhochschule, Dr. Davood Farshi et al., 2021, Seite 41

Zusammenfassung Vordimensionierung

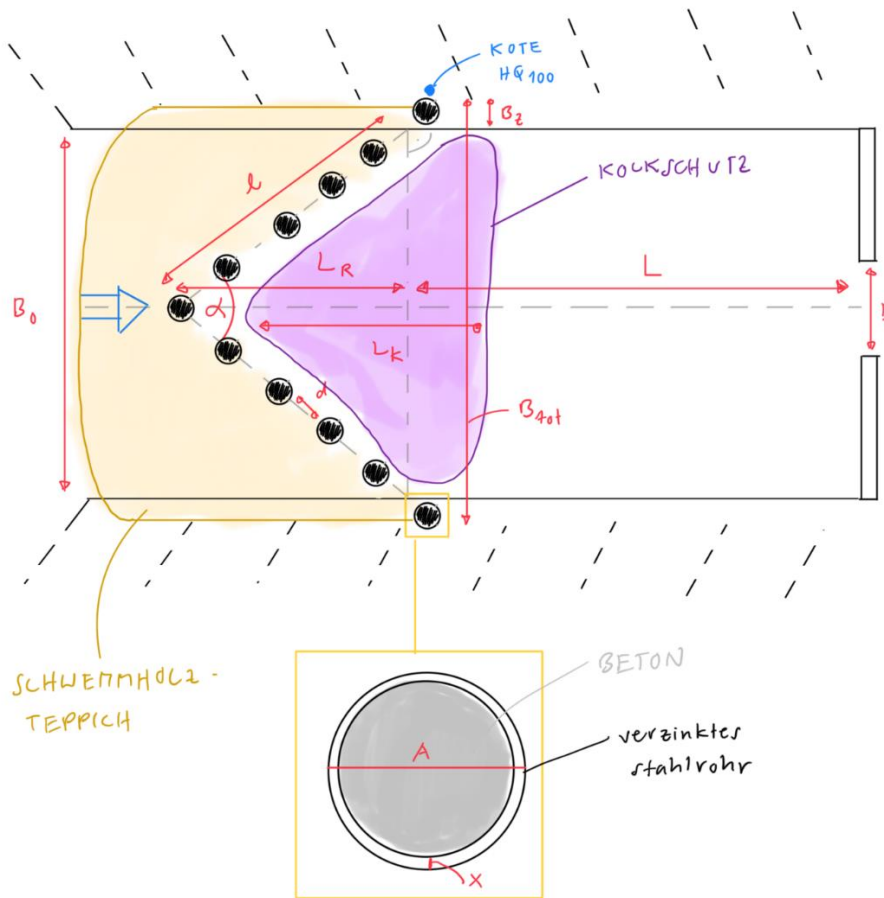


Abbildung 5: Skizze Vordimensionierung Schwemmholzrechens

$B_0 = 2.0 \text{ m}$
 $B_{\text{tot}} = 11.5 \text{ m}$
 $B_z =$
 $A = \text{n.d. (Annahme } 0.4\text{m)}$
 $x = \text{n.d.}$

$L = \text{nicht notwendig}$
 $L_r \text{ links} = 2.1 \text{ m}$
 $L_k = 6\text{m} + 2\text{m über Rechen}$
 $n_{\text{Pfeiler}} = 17$

$l_{\text{links}} = 5.13\text{m}$
 $l_{\text{rechts}} = 14.28\text{m}$
 $\alpha = 45^\circ + 45^\circ$
 $d = 0.8\text{m}$

C) Ausführungsdetails

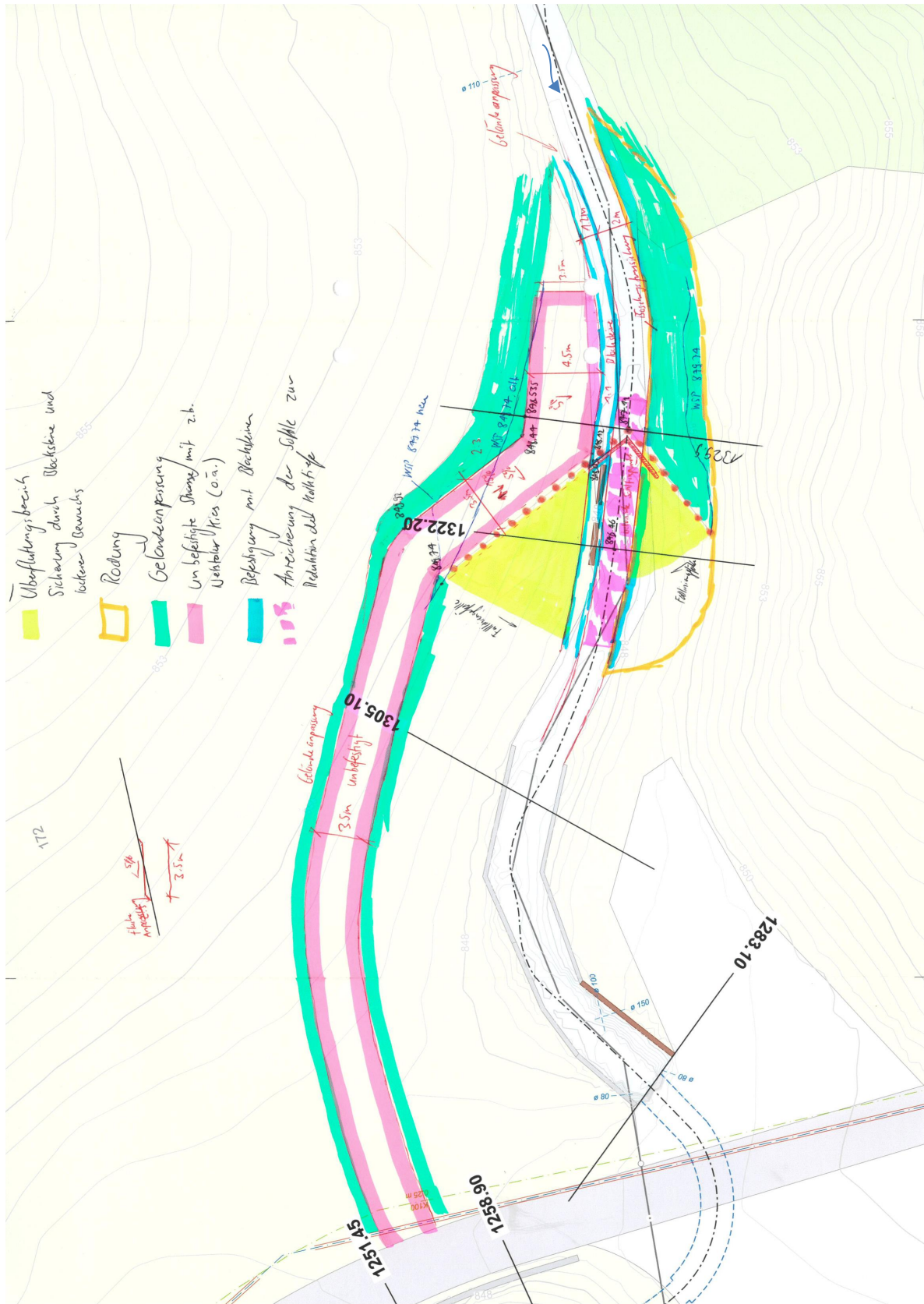


Abbildung 6: Ausführungsskizze zur Projektierung Stand 26.07.2022, ohne Masstab