

Anhang 1

Hydologie Schwemmholz Geschiebe

A) Hydrologie

Bestimmung der charakteristischen Hochwasserabflussmengen.

Vorgehen

Bereits im Vorprojekt wurde durch die Ingenieurunternehmung ribi AG für die Pöppelbachmündung eine Hochwasserabflussbestimmung für HQ₁₀₀ mittels des Programmpaketes HAKESCH vorgenommen. Die weiteren Bemessungsabflüsse wurden von ribi mittels pragmatischen Umrechnungsfaktoren festgelegt¹.

Die Hochwasserbestimmung an der Pöppelbachmündung wurde im Bauprojekt durch Bänziger Kocher AG verifiziert (und für korrekt befunden). Zusätzlich wurde mit HAKESCH das HQ₂₀ bestimmt.

Die weiteren charakteristischen Hochwassergrößen (HQ₃₀, HQ₅₀, HQ₃₀₀, HQ₁₀₀₀) sind mittels einer Inter-/Extrapolation nach der Gumbel'schen Wahrscheinlichkeitsverteilung hergeleitet worden. Die Verteilung von Extremereignissen wie Hochwässer passen sich in der Regel dieser Extremalverteilung gut an.

Die Umrechnung der Bemessungshochwasser auf die Teileinzugsgebiete erfolgte nach der Methode der nichtlinearen flächenproportionalen Umrechnung.

Resultate

a) charakteristische Abflüsse Pöppelbach an der Mündung :

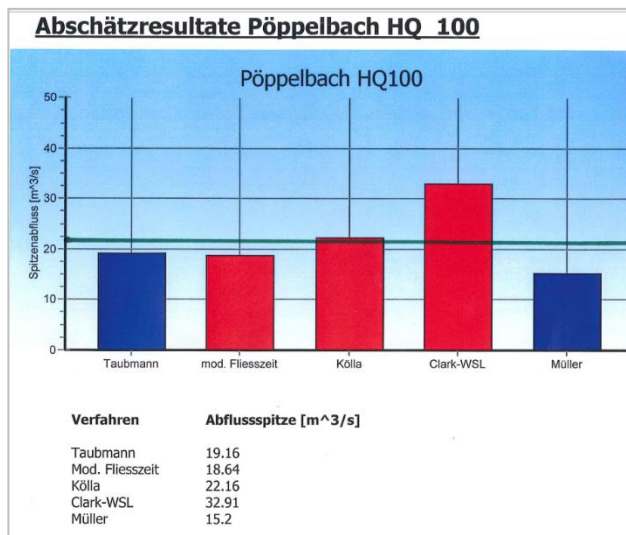


Abbildung 1: HAKESCH Berechnung HQ₁₀₀

Die Berechnung nach Clark-WSL wurde wie bereits im Vorprojekt nicht durchgeführt. Sie ergibt im vorliegenden Fall keine plausiblen Resultate.

Aus der Literatur ist ferner bekannt, dass Methoden wie diejenige von Müller die Hochwasserabflüsse im Alpsteingebiet massiv (um bis zu > 50%) unterschätzen², sodass die vorliegende Berechnung entsprechend relativiert werden kann.

¹ Vorprojekt Pöppelbach, Technischer Bericht S.6. ribi Ingenieure AG, Heiden. 10. Juni 2019

² Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten, Praxishilfe, BWG 2003

Als HQ_{100} an der Mündung wird aufgrund dieser Randbedingungen unabhängig ein Wert von $21.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt. Dieser Wert entspricht demjenigen, der im Vorprojekt hergeleitet/festgelegt worden ist.

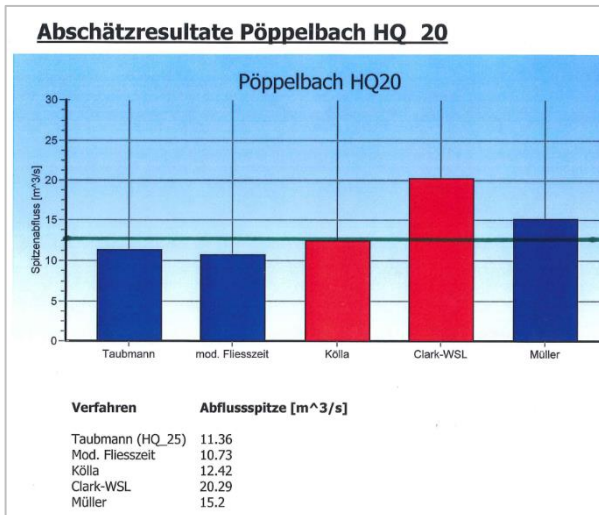


Abbildung 2: HAKESCH Berechnung HQ_{20}

Als HQ_{20} wird ein Wert von $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ermittelt.

Mit den beiden Hochwasserabflusswerten HQ_{100} und HQ_{20} können die weiteren charakteristischen Hochwasserabflüsse interpoliert werden (Verteilfunktion nach Gumbel).

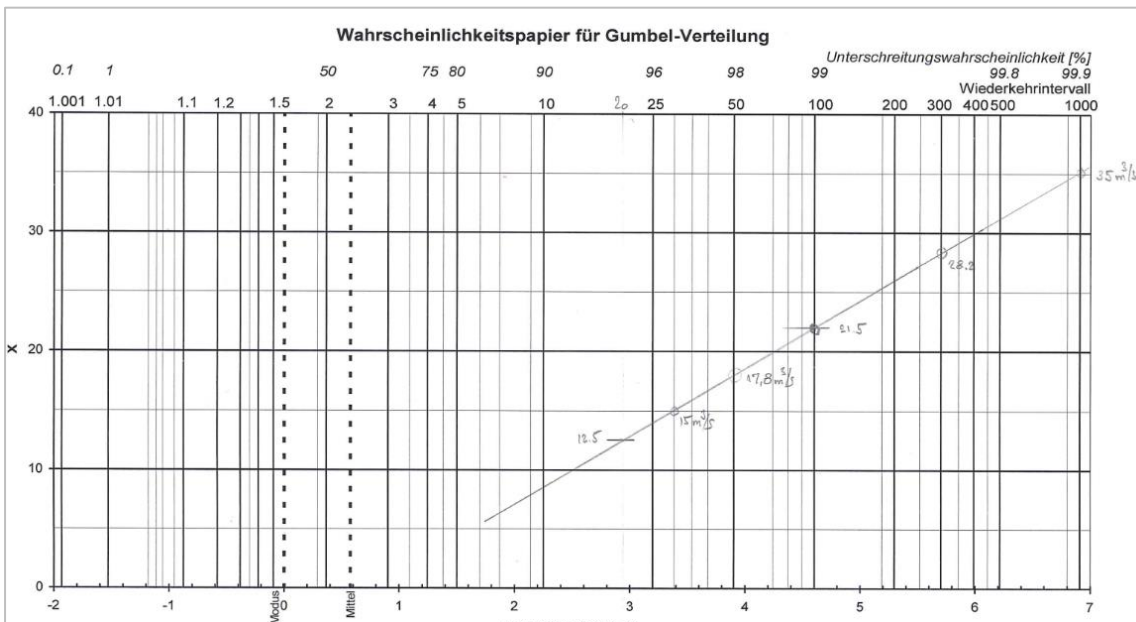


Abbildung 3: Inter-/Extrapolation charakteristischer Hochwasserabflussmengen, Wahrscheinlichkeitsverteilung nach Gumbel

b) Umrechnung der Abflüsse auf Teileinzugsgebiete:

Die Umrechnung der Hochwasserabflüsse erfolgt flächenproportional, jedoch nicht linear.

mit

$$c_x = \frac{HQ_x}{E^{2/3}}$$

x = Jährlichkeit

E = Einzugsgebietsfläche

HQ_x = Hochwasser bestimmter Jährlichkeit

ergeben sich für die Umrechnungswerte c:

HQ ₁₀₀₀	= 35 m ³ /s	C ₁₀₀₀	= 25.8
HQ ₃₀₀	= 28.2 m ³ /s	C ₃₀₀	= 20.8
HQ ₁₀₀	= 21.5 m ³ /s	C ₁₀₀	= 15.8
HQ ₅₀	= 17.8 m ³ /s	C ₅₀	= 13.2
HQ ₃₀	= 15.0 m ³ /s	C ₃₀	= 11.1
HQ ₂₀	= 12.5 m ³ /s	C ₂₀	= 9.2

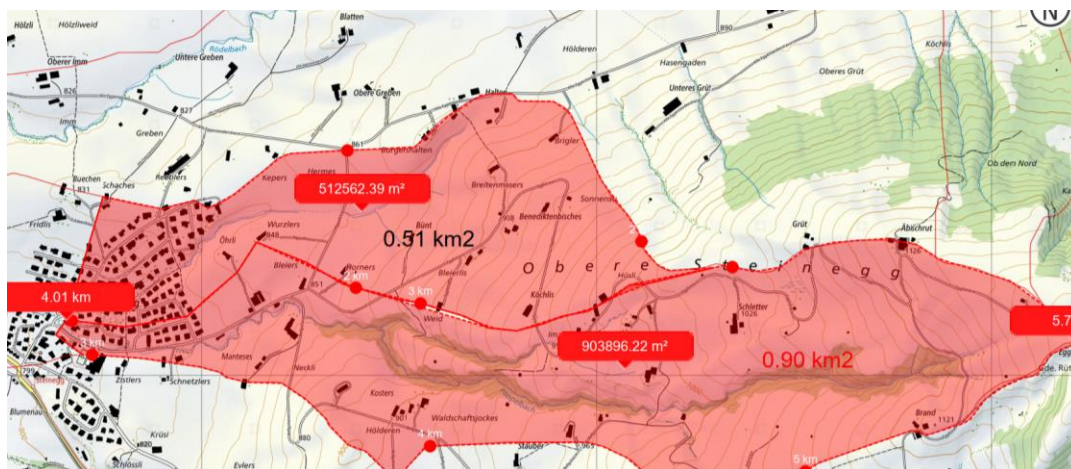


Abbildung 4: Teileinzugsgebiete beim Zusammenfluss Pöppel- und Haltenbach (km 0.38 resp. 0.00)

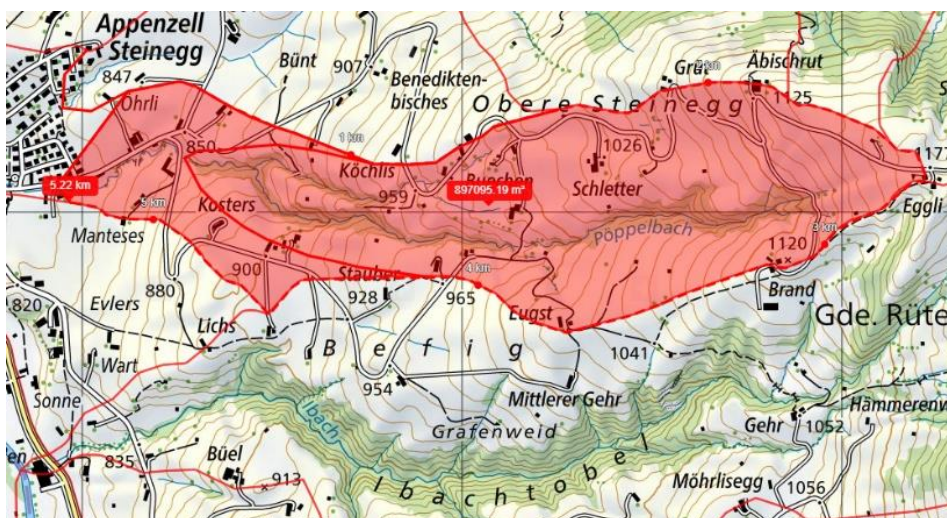


Abbildung 5: Teileinzugsgebiet Pöppelbach, km 0.80

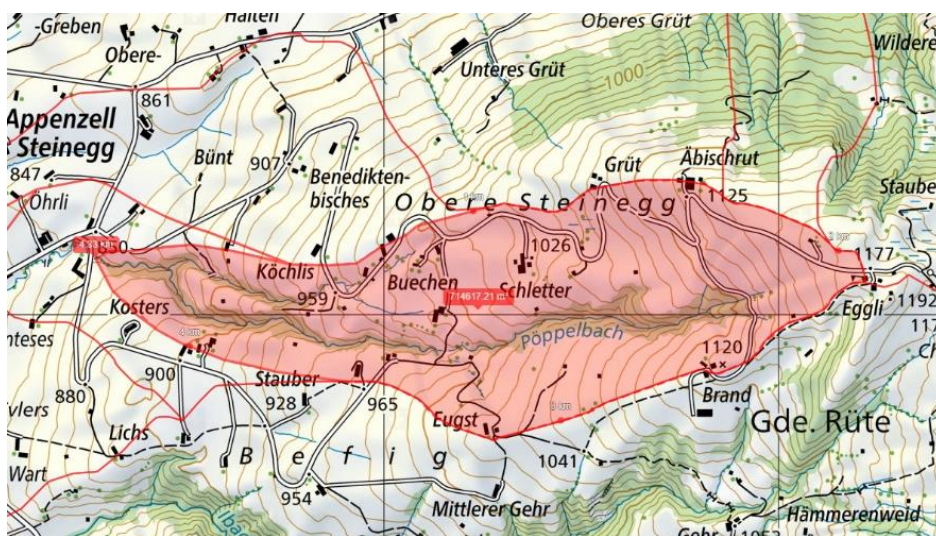


Abbildung 6: Teileinzugsgebiet Pöppelbach, km 1.27 (beim geplanten Rechen)

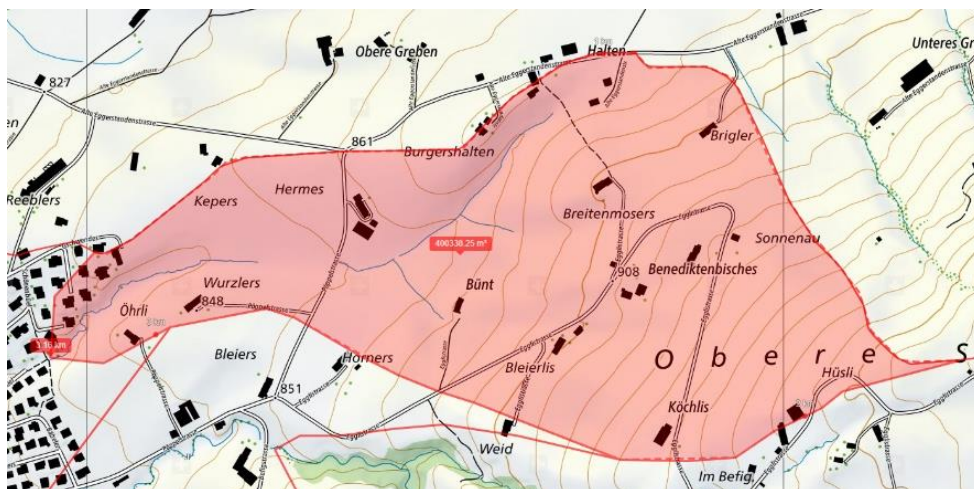


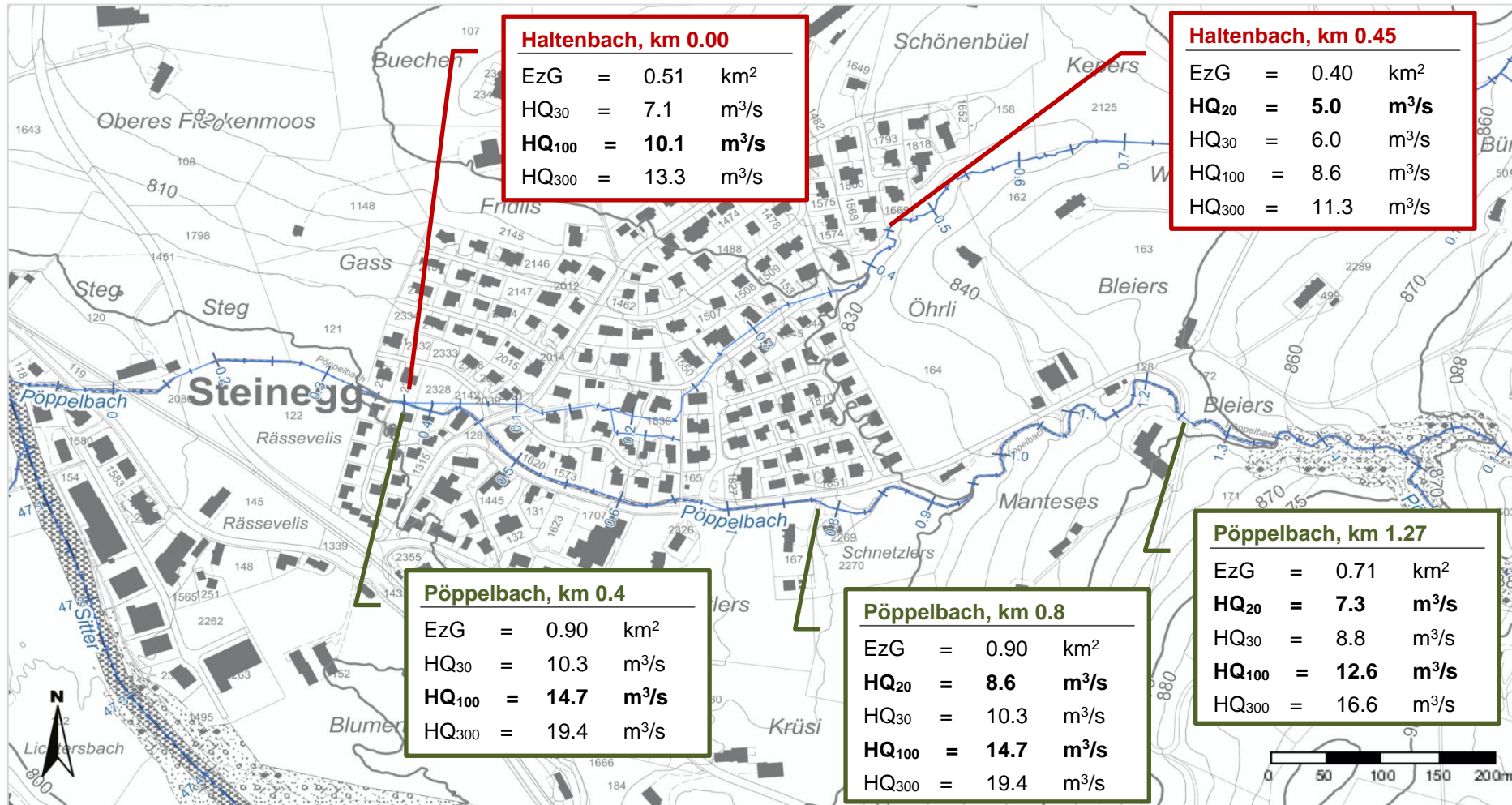
Abbildung 7: Teileinzugsgebiet Haltenbach, km 0,45 (Beginn Eindolung)

Aus den oben berechneten C-Werten und den Teileinzugsgebietsflächen ergeben sich die folgenden Abflüsse für die relevanten Gewässerpunkte:

	C - Wert	Pöppelb. km 0,38	Pöppelb. km 0,80	Pöppelb. km 1,27	Haltenbach km 0,00	Haltenbach km 0,45
EZ (km ²)		0.90	0.90	0.71	0.51	0.40
HQ ₁₀₀₀	25.8	24.0 m3/s	24.0 m3/s	20.5 m3/s	16.5 m3/s	14.0 m3/s
HQ ₃₀₀	20.8	19.4 m3/s	19.4 m3/s	16.6 m3/s	13.3 m3/s	11.3 m3/s
HQ ₁₀₀	15.8	14.7 m3/s	14.7 m3/s	12.6 m3/s	10.1 m3/s	8.6 m3/s
HQ ₅₀	13.2	12.3 m3/s	12.3 m3/s	10.5 m3/s	8.4 m3/s	7.2 m3/s
HQ ₃₀	11.1	10.3 m3/s	10.3 m3/s	8.8 m3/s	7.1 m3/s	6.0 m3/s
HQ ₂₀	9.2	8.6 m3/s	8.6 m3/s	7.3 m3/s	5.9 m3/s	5.0 m3/s

Tabelle 1: Charakteristische Hochwasserabflussmengen

Abflussmengen / Bemessungsgrößen



Schwemmholz³

Aspekte der Schwemmholzentstehung

Totes Holz in Gewässern und an deren Ufern trägt wesentlich zur ökologischen Vielfalt der gerinnenahen Lebensräume bei. Das Holz verändert die Strömungsverhältnisse im Gewässer. Dadurch werden für verschiedene Lebewesen wichtige Strukturen wie Kolke, Kiesbänke und Uferanbrüche geschaffen. Zudem dient das organische Material als Nahrungsangebot und Versteck, Ruheplatz oder Refugium während Hochwasser oder Zeiten der Austrocknung.

Eintrag von Holz in die Gewässer

Unwetterereignisse weisen jedoch auch auf die nachteiligen Auswirkungen von Schwemmholz hin. Einerseits leistet der Wald einen wichtigen Beitrag zur Stabilität steiler Hänge entlang von Fliessgewässern indem er den Eintrag von Geschiebe vermindert. Andererseits ist die ufernahe Bestockung selbst Teil der Schwemmholzproblematik: Durch Prozesse wie Rutschungen, Ufererosion und Windwurf gelangt das Holz in das Gerinne.

Die bei einem Hochwasser mobilisierbare bzw. mobilisierte und damit gefährliche Holzmenge setzt sich zusammen aus Holz, welches beim Ereignis bereits im Abflussquerschnitt des Gewässers liegt und Holz, welches während des Ereignisses durch Ufererosion, Rutschungen etc. frisch eingetragen wird. Der Eintrag pro Zeiteinheit ist abhängig von der Art der Bestockung (Vorrat, Stabilität), der Topographie, der Hangstabilität und der Intensität des Ereignisses. Der Eintrag von Holz in das Gerinne und der Transport im Gerinne fallen zeitlich häufig nicht zusammen. Je länger der Abstand zwischen zwei Hochwasserereignissen, desto mehr Holz wird im Bachbett angesammelt.

Schätzverfahren

Bisherige Ereignisse und Erfahrungen im betroffenen Einzugsgebiet können für die Abschätzung der Schwemmholzmenge eine wertvolle Grundlage sein. Für die Abschätzung, der zu erwartenden Schwemmholzmenge existieren zudem verschiedene empirische Verfahren.

Nachfolgend sind zwei empirische Schätzformeln dargestellt⁴.

$H_m \approx 45 * A_{EG}^{2/3}$	H_m	mittlere Holzmenge Schwemmholz [m ³]
	A_{EG}	Fläche Einzugsgebiet [km ²]
$H_{pot} \approx 40 * L_{G. bew.}^2$	H_{pot}	potentiell mobilisierbare Holzmenge [m ³]
	$L_{G. bew.}$	Bewaldete Gerinnelänge [km]

Für den vorliegenden Fall des Pöppelbaches, mit einer Einzugsgebietsfläche von rund 0.743 km² (beim Durchlass GN10 km 1.3, Bleiers) und einer bewaldeten Gerinnelänge von ca. 2.6 km resultieren demnach:

$$H_m \approx 37 \text{ m}^3$$

$$H_{pot} \approx 270 \text{ m}^3$$

Der sehr grosse Streubereich (Mittelwert $\approx 153 \text{ m}^3$) zeigt, dass diese Formeln lediglich als ungefähre Grössenordnung dienen und keine Rücksicht auf die lokalen Besonderheiten nehmen. Im

³ Die Angaben zu Schwemmholz und Geschiebe stammen weitgehend aus dem Vorprojekt von ribi Ingenieure, 2019

⁴ Aus: Rickemann, D., 1997: Schwemmholz und Hochwasser. wasser, energie, luft 89 (5/6), 115-119

vorliegenden Fall ist der Streubereich viel zu gross, um damit eine Grössenordnung angeben zu können.

Bessere Schätzungen werden mit Beobachtungen und Erhebungen in den Einzugsgebieten erreicht. So können beispielsweise der Holzvorrat ($m^3/Fläche$) und/oder Abminderungsfaktoren (z.B. für Hangstabilität) miteinbezogen werden.

Die Schwierigkeit bei der Schätzung der zu erwartenden Schwemmh Holzmenge (z.B. für ein HQ_{100}) besteht insbesondere in der Frage, welcher Anteil des potentiellen Holzes im Gerinnebereich tatsächlich durch das Hochwasser mobilisiert und dann bis zum fraglichen Querschnitt transportiert wird.

Die Abschätzung für den Haltenbach entfällt, da im Teileinzugsgebiet kein Wald vorhanden ist.

WSL-Untersuchung

Bauliche Massnahmen (Schwemmh Holzrückhalt, schadlose Durchleitung) können die Situation entschärfen. Aber auch durch Entfernen oder Zerkleinern von Totholz (Pflege der Bachnahen Bereiche) kann der Eintrag von Holz in das Gewässer verkleinert werden.

An der WSL wurde 2006 ein Forschungsprojekt präsentiert, welches der Frage nach dem Zusammenhang zwischen dem Zustand der ufernahen Bestockung und dem Schwemmh Holz anfall in Wildbächen nachgeht. Dem Projekt lag die Hypothese zu Grunde, dass das Ausmass von Schwemmh Holz abhängig ist von bestimmten Charakteristika der Ufervegetation und der Bestockung der Einhänge. Bei der Schwemmh Holz inventur wurden alle Stücke die länger als 1m und dicker als 10cm sind erfasst.

Einige relevante Punkte aus den Resultaten aus der Untersuchungen in zehn Wildbächen in verschiedenen Regionen der Schweiz werden untenstehend festgehalten:

- Die Holz m engen sind entlang des Bachlaufes sehr unterschiedlich verteilt, auf einer Abschnittslänge von 1.0 km wurden in den Bächen zwischen 50- und $100m^3$ oder 472 bis 879 Stücke erfasst
- Es konnten viele kleine und nur wenig grosse Holz stücke beobachtet werden (80% kürzer als 5m und dünner als 23 cm).
- Ungefähr ein Drittel der Stücke sind ganze Bäume oder Stamm stücke mit Stöcken. Sofern diese transportiert werden, sind sie als besonders gefährlich zu beurteilen.
- Auf einem schmalen Streifen beidseits der Bachufer (Stammachse $\leq 1.0m$ Abstand vom Ufer) steht viel Holz, welches leicht zu Schwemmh Holz werden kann ($18 - 88m^3$ pro km).
- Die Stabilität der Bestockungen in den Einhängen wurde zwar nicht als besorgniserregend beurteilt, weist jedoch trotzdem einige Defizite auf, namentlich auf die Kriterien „Kronenlänge“ und „Verankerung“.
- Die Auswertung weist auf einen Einfluss der Bestandesstabilität und der Totholzmenge hin: je kleiner die Totholzmenge in den Einhängen, desto weniger Holz wurde im Abflussbereich der Bäche gefunden.

Trotz dem Ziel, nebst der Bestockung möglichst vergleichbare Bäche zu untersuchen, stellt jeder Bach einen Einzelfall dar. Deshalb sind die Ergebnisse mit Vorsicht auf andere Gebiete zu übertragen.

Geschiebe

Der im Schweizer Gewässerschutzgesetz geforderten Herstellung der Geschiebedurchgängigkeit – oft im Zusammenhang mit Hochwasserschutzmassnahmen – hin zu einer naturnäheren Morphologie ist genauso Beachtung zu schenken wie dem Schwemmholz. Diverse Hochwasserereignisse der letzten Jahre haben gezeigt, dass sich der fluviale Geschiebetransport als einer der bedrohlichsten Naturgefahrenprozesse erweist.

Der Geschiebetransport ist jedoch auch ein sehr wichtiger Faktor bei der Gestaltung des Gewässers. Sediment, das sich ablagert (Auflandung) oder abtransportiert wird (Erosion bzw. Kolkbildung) verändert den durchströmten Querschnitt und bildet eine für diverse Lebewesen wichtige variable Gerinnestruktur. Die Kieslebensräume auf den Kiesbänken unter- und über Wasser sowie die Uferanbrüche sind für verschiedene Lebewesen von besonderer Bedeutung. Ein Geschiebedefizit kann zur Eintiefung der Gewässersohle führen und dadurch die Erosion vom Ufer beschleunigen. Zudem werden Grundwasserstände abgesenkt.

Eintrag von Geschiebe in die Gewässer

Geschiebetransport findet statt, wenn es aufgrund der höheren Schleppspannungen zur Erosion der Flusssohle kommt. Geschiebe kann aber auch durch den seitlichen Eintrag (Uferanbrüche / Rutschungen) ins Gewässer gelangen.

Schätzverfahren, mögliche Fracht

Es existieren verschiedene Methoden zur Abschätzung des Geschiebepotentials und der Geschiebefrachten. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) wurde die Praxishilfe „Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebelieferung in Vorfluter“ erarbeitet. Im Fachartikel „Verbesserung von Geschiebevorhersagen in Wildbächen und Gebirgsflüssen durch Berücksichtigung von Makrorauigkeit beim Fließwiderstand“ wurden Ergebnisse aus früheren Studien zusammengefasst.

Es ist festzuhalten, dass sich die Verfahren zur Pauschalbeurteilung und groben Abschätzung eignen. Bei Geschiebefrachtberechnungen ist immer von einer grossen Bandbreite auszugehen, obwohl es sich um eine gutachterliche Beurteilung der jeweiligen lokalen Verhältnisse handelt. Liegen Erhebungen über Sohlenveränderungen oder Kiesentnahmen vor, können die Ergebnisse verifiziert werden.

Wird angenommen, dass die im Mittel rund 1.5m breite Sohle (geschätzt) auf dem 2 km langen Abschnitt vom Durchlass „Bleiers“ (GN10 km 1.30) bis hinauf zum Quellgebiet unterhalb des Eggli (GN10 km 3.30) im Schnitt um etwa 10 cm erodiert wird, resultiert bereits eine Geschiebefracht von rund 300 m³ – ohne Berücksichtigung der Seitenzuflüsse.