KANTON URI

Amt für Forst und Jagd

Abteilung Naturgefahren
Klausenstrasse 4, 6460 Altdorf

Isitalerbach, Isleten

Überarbeitung der Gefahrenkarte Hochwasser






Zürich, 30. Juni 2022

Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch

Holbeinstr. 34, CH-8008 Zürich, Tel. 044 251 51 74, Fax 044 251 51 78, sah.zh@flussbau.ch

Auftraggeber

Kanton Uri
Abteilung Naturgefahren
Klausenstrasse 2
6460 Altdorf

Projektleiter:

Lukas Eggimann
041 875 23 07
lukas.eggimann@ur.ch

Projektverfasser

Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch
Holbeinstrasse 34
CH - 8008 Zürich

Projektleiter:

Fabio Wyrsch

Sachbearbeiter:

Thomas Hürlimann
041 220 23 03
thomas.huerlimann@flussbau.ch

Christian Greber

Fotos Titelblatt:

Ehemalige Werksbrücke während der Spitze des Hochwasser 2005, Entfernung von Geschiebeablagerungen aus dem Gerinne während dem Hochwasser 2005, überflutete Bauenstrasse bei der Schifflände Isleten während dem Hochwasser 2005, Geschiebeablagerungen auf dem Schwemmkegel am rechten Ufer nach dem Hochwasser 2005. Bilder von oben links nach unten rechts (alle Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).

Inhalt

1 Einleitung 1
1.1 Ausgangslage und Aufgabenstellung 1
1.2 Einzugsgebiet und Untersuchungsperimeter 1
1.3 Verbauungsgeschichte und historische Hochwasserereignisse 2
1.4 Grundlagen 6
2 Zustandsanalyse 7
2.1 Hochwasser vom 22. August 2005 7
2.2 Hydrologie 14
2.3 Geschiebeaufkommen und Korngrössen 19
2.4 Schwemmholzaufkommen 22
2.5 Schwachstelle Brücke Bauenstrasse 22
3 Methodik und Szenariendefinition 23
4 Intensitäten und Gefahrenstufen 32
5 Schlussfolgerungen für zukünftige Planungen 33

Anhang

Anhang I	Längenprofil Isitalerbach, Rekonstruktion Sohlenlage nach Hochwasser 2005
Anhang II	Resultate Abschätzung Hochwasserabflüsse
Anhang III	Zusammenstellung Geschiebeentnahmen Isleten
Anhang IV	Resultate 1-dimensionale Berechnungen mit fester Sohlenlage
Anhang V	Resultate 1-dimensionale Berechnungen mit beweglicher Sohlenlage
Anhang VI	Austrittsganglinien für 2D-Berechnungen
Anhang VII	Abschätzung Freibord nach KOHS
Anhang VIII	Gefahrenkarte und Intensitätskarten HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300}

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Gemäss der Gefahrenbeurteilung Hochwasser Isleten aus dem Jahr 2001 ist beim Isitalerbach auf dem Schwemmkegel rechtsseitig mit Ausuferungen zu rechnen. Beim Hochwasserereignis von 2005 trat der Isitalerbach jedoch beidseitig über die Ufer. In der Folge wurden verschiedene Hochwasserschutzmassnahmen umgesetzt. Die Gefahrenkarte wurde seither jedoch nicht nachgeführt.

Im Zusammenhang mit geplanten Umnutzungen und Zonenplanrevisionen in Isleten wurde die Flussbau AG von der Abteilung Naturgefahren des Kantons Uri beauftragt, die Gefahrenkarte Hochwasser Isleten zu überprüfen und gegebenenfalls zu überarbeiten.

1.2 Einzugsgebiet und Untersuchungsperimeter

Der Isitalerbach entspringt dem Blüemlisalpfirn am Brunnistock (2952m ü.M.). Zunächst fliesst er als Grosstalbach durch das gleichnamige Seitental, bevor er sich in Isenthal (771m ü.M.) mit dem Chlitalerbach vereinigt und als Isitalerbach durch ein steiles Tobel zum Schwemmkegel in Isleten fliesst (Mündung in den Vierwaldstättersee: 434m ü.M.). Das Gesamteinzugsgebiet weist eine Fläche von 59.7km^2, eine mittlere Höhe von 1762m ü.M. und eine Vergletscherung von ca. 5% auf.

Das Bundesamt für Umwelt BAFU betreibt am Grosstalbach in Isenthal eine Abflussmessstation (vgl. Übersicht in Bild 1). Direkt bachabwärts der Mündung des Chlitalerbachs liegt die Wasserfassung (inkl. Staubecken) des EWA Kraftwerks Isenthal. Hier wird ein Teil des Wassers des Isitalerbachs gefasst und über eine Druckleitung im Gebiet Bolzbach direkt in den Urnersee turbiniert.

Im Tobelausgang in Isleten stehen linksufrig Gebäude der ehemaligen Sprengstofffabrik Cheddite AG. Der Hauptkomplex der Sprengstofffabrik erstreckt sich linksufrig entlang des Übergangs von der Felswand zum Schwemmkegel. Am linken Ufer hat es zudem diverse Dammschüttungen und unterirdische Durchgänge aus den Zeiten der Sprengstofffabrikation. Am rechten Ufer bestehen auf dem Schwemmkegel weitere Einzelgebäude und Unterstände der Sprengstofffabrik, zudem ein Wohnhaus, ein Restaurant und mehrere Parkplätze.

Der Isitalerbach fliesst auf dem Schwemmkegel in einem begradigten Trapezgerinne mit verbauten Ufern. Der Untersuchungsperimeter für die Überarbeitung der Gefahrenkarte beschränkt sich auf den Schwemmkegel (vgl. Bild 1).

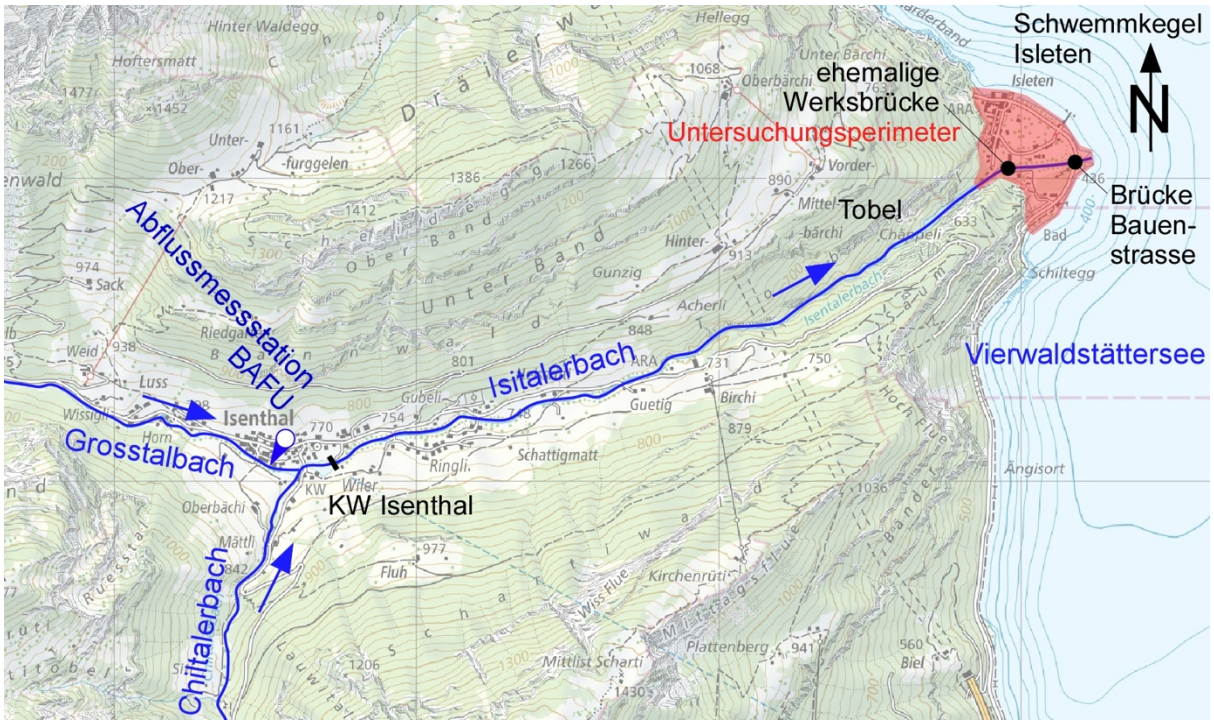


Bild 1 *Übersicht des Isitalerbachs zwischen Isenthal und dem Schwemmkegel in Isleten. Rot ist der Untersuchungsperimeter dargestellt. Massstab 1:25'000.*

1.3 Verbauungsgeschichte und historische Hochwasserereignisse

Schwemmkegel Isleten, ältestes Industrieareal des Kantons Uri

Der Schwemmkegel von Isleten mit dem Areal der ehemaligen Sprengstofffabrik Cheddite AG zählt als ältestes Industrieareal des Kantons Uri [5]. Die gewerbliche Nutzung begann bereits im 16. Jahrhundert mit der Verhüttung von im Isenthal (Eisental) gefördertem Eisenerz und der Verarbeitung von Holz. Um 1860 wurde in Isleten kurzzeitig Papier produziert, bevor Alfred Nobel ab 1873 in Zusammenhang mit dem Bau des Gotthard Eisenbahntunnels die bis heute bestehende Sprengstofffabrik baute.

Verbauung des Isitalerbachs

Bei Baubeginn der Sprengstofffabrik um 1873 bestanden in Isleten erst am nördlichen Ende des Schwemmkegels ein Hafen und wenige Industriegebäude. Über eine Brücke am Kegelhals (im Bereich der ehemaligen Werksbrücke der Cheddite AG) führte vom Hafen eine Wegverbindung nach Isenthal (vgl. Bild 2). Die Strassenverbindung nach Isenthal wurde erst 1901 zusammen mit der heutigen Schifflände erstellt (vgl. Bild 3), die Strasse von Seedorf nach Bauen erst zwischen 1954 und 1956.

Der Isitalerbach beanspruchte vermutlich noch bis um 1900 fast den gesamten südlichen Teil des Schwemmkegels von Isleten (vgl. Bild 2 und Bild 3). Das Gerinne dürfte erst mit dem Bau der Strassenverbindung Isleten - Isenthal um 1901 (mit einer neuen Brücke kurz vor der Mündung in den Vierwaldstättersee) sowie dem Ausbau der Sprengstofffabrik entlang des linken Ufers bis 1907 kanalisiert, begradigt und verbaut worden sein.

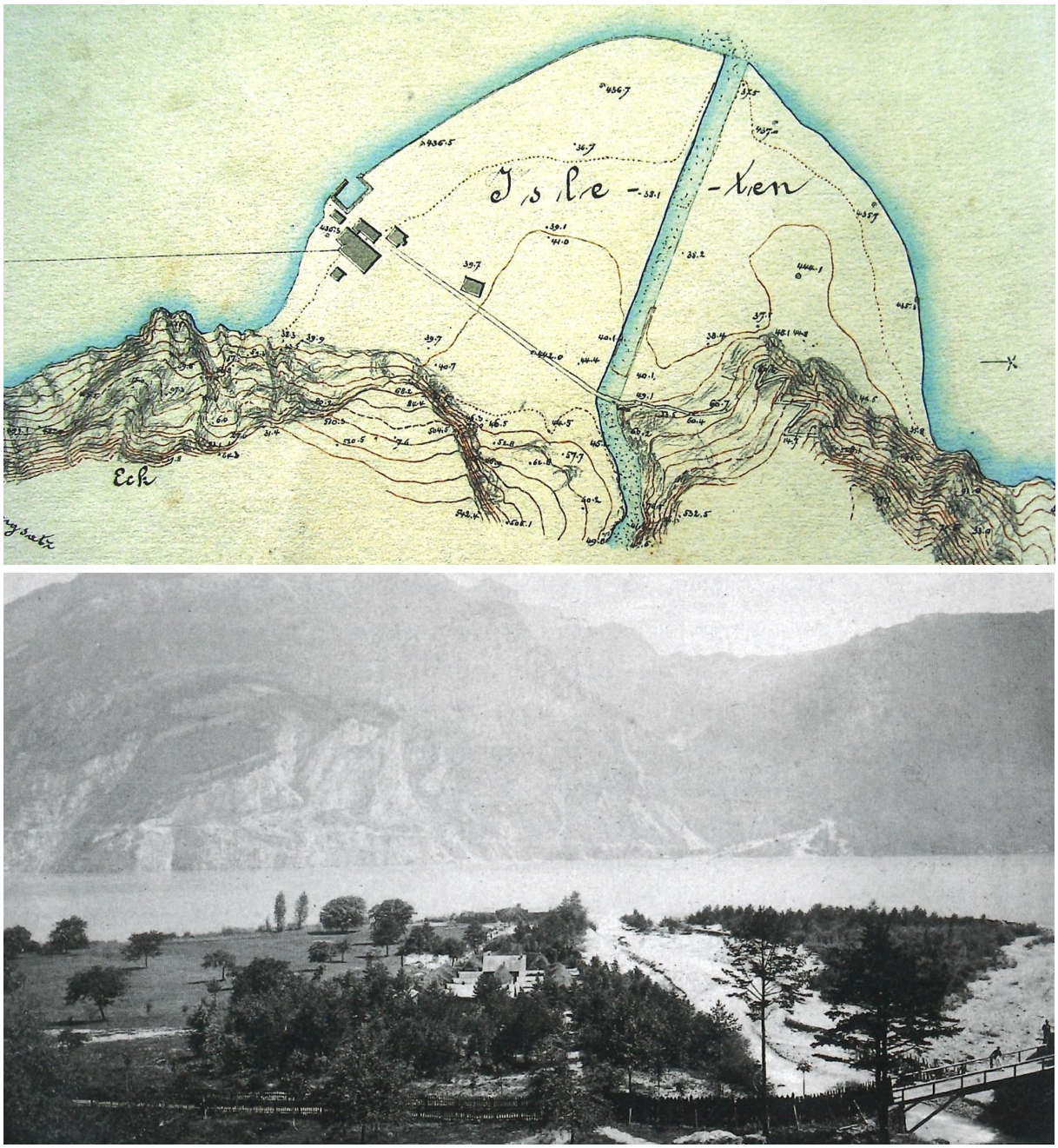


Bild 2 *Plan von Isleten um 1872 (vor dem Bau der Sprengstofffabrik) und Foto des Schwemmkegels von Isleten um 1875 (Blick bachabwärts, nach Baubeginn der Sprengstofffabrik). Um 1875 beanspruchte der Isitalerbach noch beinahe die gesamte südliche Hälfte des Schwemmkegels. Bilder aus Grundlage [5].*

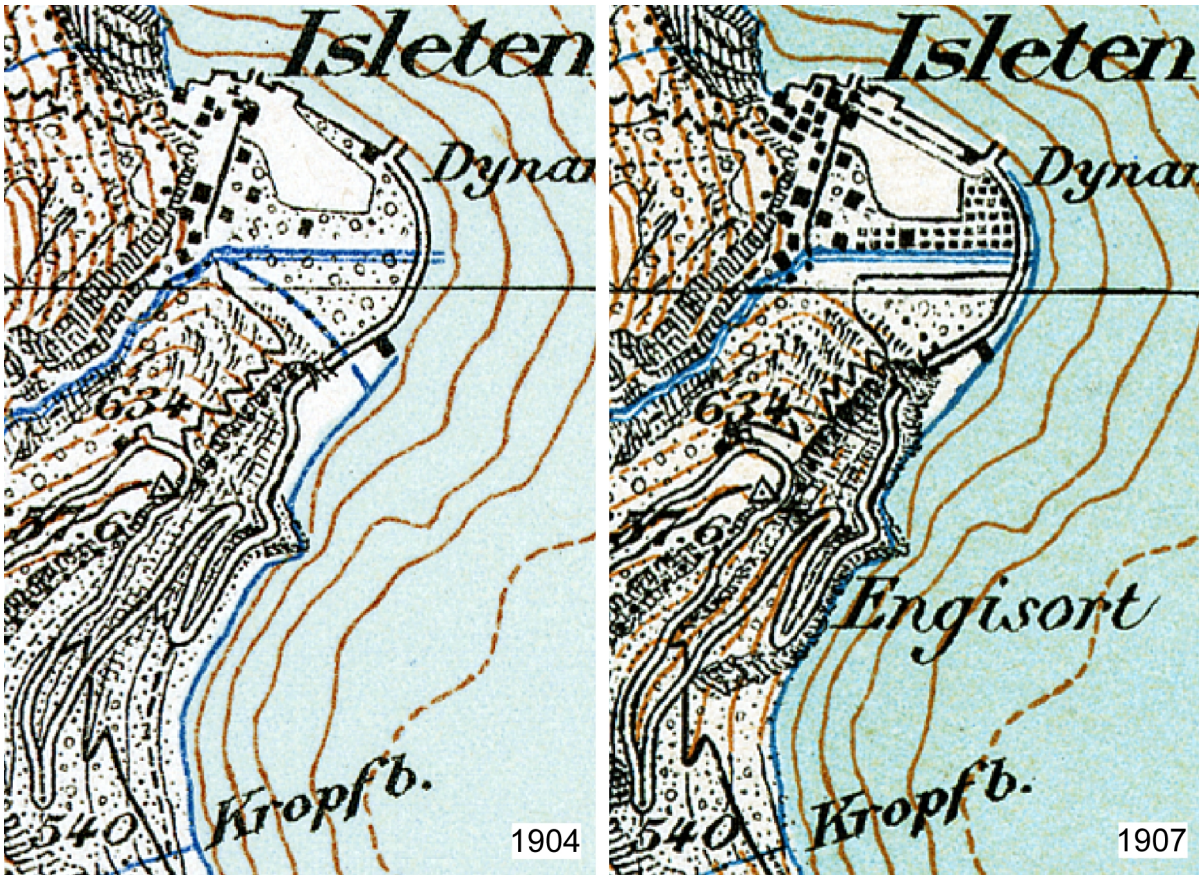


Bild 3 *Siegfriedkarte von 1904 (links) und 1907 (rechts) nach dem Bau der Strasse von Isleten nach Isenthal (inkl. Schifflände Isleten). Der südliche Altarm des Isitalerbachs ist auf der Karte von 1907 nicht mehr ersichtlich und entlang des rechten Ufers des kanalisierten Gerinnes ist ein Weg verzeichnet. Massstab 1:10'000.*

Historische Hochwasserereignisse

Auf dem Schwemmkegel von Isleten sind seit dem Bau der Sprengstofffabrik 1873 zu folgenden 4 Hochwasserereignissen Schäden und nähere Details bekannt. Weiter ist bekannt, dass die Wasserfassung des Betriebskraftwerks am Tobelausgang (seit längerem ausser Betrieb) sowie die in diesem Bereich bestehenden Wuhrmauern verschiedentlich beschädigt oder zerstört wurden [5].

1910 Durch starke Regenfälle und die dadurch beschleunigte Schneeschmelze stieg der Abfluss des Isitalerbachs am 14./15. Juni stark an. Durch den ebenfalls stark ansteigenden Seepegel wurde der Isitalerbach zunehmend zurückgestaut.

Wegen der grossen Gefährdung der Fabrikationsanlagen entschloss sich der damalige Direktor der Sprengstofffabrik den rechten Damm zu durchbrechen, um einen Teil des Abflusses (und der Geschiebefracht) nach Süden entlang des ursprünglichen Altlaufs zu entlasten. Durch diese frühzeitige Entscheidung konnten schwerwiegende Schäden

verhindert werden und die Eisenbrücke am Kegelhals (vgl. Bild 2) gerettet werden. Der Strassendamm der Isenthalerstrasse beim heutigen Holzplatz wurde jedoch durchbrochen und es musste eine Notbrücke erstellt werden. Bei der Instandstellung des Strassendamms wurde im Anschluss ein Durchlass erstellt [5]. Der Durchlass ist heute nur noch auf der Nordseite des Damms erkennbar und wurde südseitig zwischenzeitlich wieder zugeschüttet.

Die Jährlichkeit des Hochwassers von 1910 ist nicht bekannt, dürfte jedoch aufgrund des Prozessablaufs mit dem Hochwasser von 2005 vergleichbar gewesen sein (vgl. Kapitel 2.1).

1981 Im Jahre 1981 führten Geschiebeablagerungen im Gerinne des Isitalerbachs auf dem Werksgelände der Sprengstofffabrik lokal zu Ausuferungen [1].

Aufgrund der Abflussmessungen in Isenthal dürfte es sich bei Hochwasser 1981 um ein ca. 30-jährliches Hochwasserereignis gehandelt haben.

1999 Durch einen Rückstau des Isitalerbachs infolge hohem Seestand kam es im Bereich der Natelantenne am rechten Ufer bachaufwärts der Brücke Bauenstrasse zu Ausuferungen.

Aufgrund der Abflussmessungen in Isenthal dürfte es sich bei Hochwasser 1999 um ein ca. 10-jährliches Hochwasserereignis gehandelt haben.

2005 Am 22. / 23. August 2005 trat der Isitalerbach auf dem Schwemmkegel an mehreren Stellen über die Ufer und führte zu grossen Schäden und durch Ausuferungen und Geschiebeablagerungen. Das Hochwasser von 2005 wird in Kapitel 2.1 detailliert beschrieben und analysiert.

1.4 Grundlagen

Für die Bearbeitung wurden folgende Grundlagen berücksichtigt:

[1] Gefahrenbeurteilung Isleten, Technischer Bericht (Juli 2001). Ingenieure Bart AG – Louis Ingenieurgeologie, Schwanden - Weggis. Im Auftrag des Kantons Uri und der Gemeinde Bauen.

[2] Ereigniskataster Naturgefahren, StorMe, Ereigniskatasternummer: Ba-01, Kartierung 16.09.2005. CSD Ingenieure und Geologen AG, Altdorf.

[3] Massnahmenvorschläge nach dem Hochwasserereignis vom 22./23. Aug. 2005, Bericht und Planskizzen (21.12.2005). DUWAPLAN GmbH, Altdorf. Im Auftrag des Kantons Uri, Amt für Tiefbau, Abteilung Wasserbau.

[4] HQx_meso_CH, Handbuch, Version 1.0, November 2002. Bundesamt für Wasser und Geologie, Landeshydrologie, Bern.

[5] DYNAMIT am Gotthard SPRENGSTOFF in der Schweiz, Eine Geschichte der Sprengstoffindustrie in der Schweiz am Beispiel Isleten am Urnersee (2012). Hansjakob Burkhardt, hier+jetzt, Verlag für Kultur und Geschichte, Baden.

[6] Wehrreglement, Reglement für die Bedienung der Hochwasserentlastung und des Grundablasses der Stauanlage Isenthal (29.05.2015). Pöyry Schweiz AG, Zürich. Im Auftrag des Elektrizitätswerks Altdorf AG, Altdorf.

[7] Richtlinien zur Ausarbeitung und Umsetzung von Gefahrenkarten und Gefahrenzonenplänen (4. Dezember 2001, revidiert 20. Oktober 2020). Kanton Uri, Regierungsrat, Altdorf.

[8] Datenmodell Naturgefahren Uri (10.02.2011). Kanton Uri.

Zusätzlich wurden durch die Flussbau AG folgende Grundlagen erhoben:

- Linienproben Geschiebe und Sohlenmaterial
- Aufnahme Ufer- und Sohlenbeschaffenheit
- Vermessung (Gerinne, Brücken, Bauten, Terrain)

2 Zustandsanalyse

2.1 Hochwasser vom 22. August 2005

Ausgangslage

Die bestehende Gefahrenkarte Isleten wurde 2001 erstellt. Vier Jahre nach Fertigstellung trat am Isitalerbach im August 2005 ein sehr grosses Hochwasserereignis auf (ca. 100-jährliches Ereignis, vgl. Kapitel 2.2). Das Schadensbild während dem Hochwasser 2005 deckte sich nicht mit der in der Gefahrenkarte hergeleiteten Gefährdung (vgl. Kapitel 1.1). Aus diesem Grunde wurde für die Überarbeitung der Gefahrenkarte Isleten als erstes das Hochwasser von 2005 eingehend analysiert.

Grundlagen

Für die Analyse des Hochwassers von 2005 wurden folgende Grundlagen berücksichtigt:

- BAFU Abflussmessstation Isenthal (Grosstalbach)
- BAFU Pegelmessstation Brunnen (Vierwaldstättersee)
- Ereigniskataster Naturgefahren [2]
- Massnahmenvorschläge nach Hochwasser 2005 [3]
- Fotos Hochwasser Tiefbauamt Uri
- Fotos Hochwasser Hr. Sigrist (Cheddite AG)
- Gespräche mit Hr. Sigrist und Hr. Ziegler (Cheddite AG) am 22. Februar 2022 (waren beide während des Hochwasserereignisses vor Ort)

Hochwasserabfluss

Bei der BAFU Abflussmessstation des Grosstalbachs in Isenthal wurde am 22. August 2005 um 19:10 Uhr eine Abflussspitze von 65.3m^3/s registriert. Unter Berücksichtigung des Zwischeneinzugsgebietes bis Isleten (inkl. Chlitalerbach, vgl. Berechnungen in Kapitel 2.2) wird in Isleten von einem Spitzenabfluss von ca. 85m^3/s ausgegangen. Die Fliesszeit von Isenthal bis Isleten beträgt ungefähr 10 – 15min.

Die Ganglinie ist bereits ca. 25h vor der Abflussspitze leicht und während den letzten 10h vor der Spitze sehr stark angestiegen. Der Spitzenwert hat ca. 2h angehalten. Danach dauerte es noch etwa 30h bis der Abfluss wieder unter 10m^3/s fiel (vgl. Bild 4). Insgesamt dauerte das Hochwasser rund 3 Tage (gut 70h).

Pegel Vierwaldstättersee

Beim Beginn der Hochwasserabflussganglinie lag der Pegel des Vierwaldstättersees bei ca. 433.70m ü.M. (ca. P_{73}, wird im langjährigen Mittel an ca. 73 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten). Danach stieg der Pegel stark an und lag während der Abflussspitze des Isitalerbachs bereits bei 434.44m ü.M. (ca. P_2, an ca. 2 Tagen pro Jahr erreicht oder überschritten, < HQ_{30}). Bis ca. 10h nach der Abflussspitze stieg der See weiterhin schnell an. Danach flachte die Kurve ab und erreicht am Ende der Abflussganglinie den maximalen Wert von 435.21m ü.M. (vgl. Bild 4). Dies entspricht dem höchsten gemessenen Wert seit Beginn der Messaufzeichnungen 1930[1].

[1] Zu den Jährlichkeiten des Vierwaldstätterseespiegels bestehen rund um den See unterschiedliche Angaben. Gemäss einer Einordnung des BAFU (Review HW Juli 2021, 1. Februar 2022) liegen die Werte je nach berücksichtigter Quelle in folgenden Bereichen: **HQ_{30}** = 434.60 – 434.85m ü.M. / **HQ_{100}** = 434.73 – 435.05m ü.M. / **HQ_{300}** = 435.00 – 435.25m ü.M.

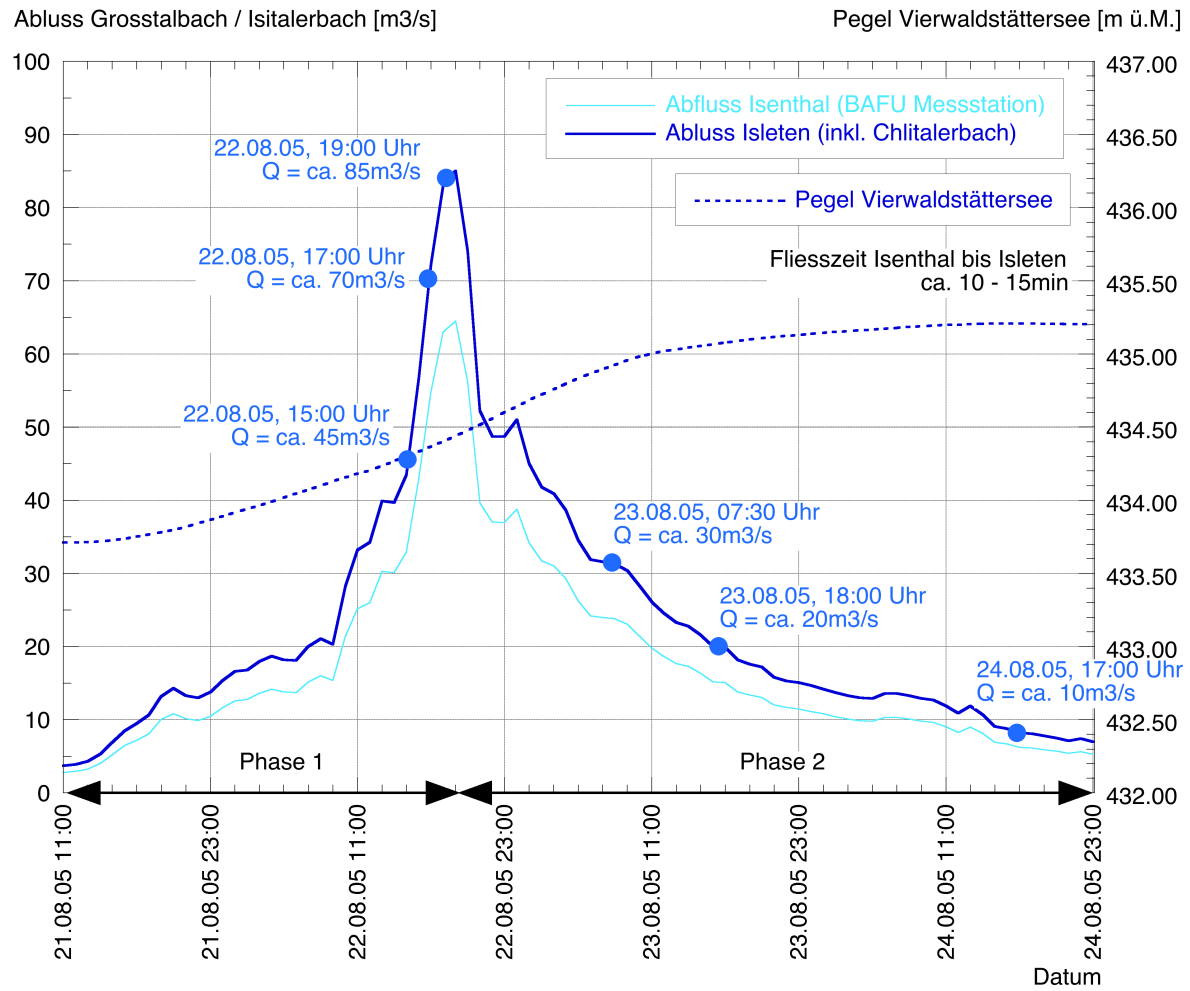


Bild 4 *Hochwasserganglinie 2005 des Grosstalbachs in Isenthal (BAFU Abflussmessstation, hellblau) und abgeschätzte Ganglinie für den Isitalerbach in Isleten (dunkelblau). Dunkelblau gestrichelt ist der korrespondierende Pegel des Vierwaldstättersees dargestellt (BAFU Messstation Brunnen). Die mit Punkten markierten Zeitpunkte werden im nachfolgenden Ereignisablauf erläutert.*

Ereignisablauf

Das Hochwasser 2005 und die daraus entstandenen Schäden war ein sehr komplexes Zusammenspiel zwischen Abfluss, Geschiebefracht, Seespiegel und der ungenügenden Abflusskapazität der Brücke Bauenstrasse. Aufgrund des Zusammenspiels kann das Ereignis grob in folgende 2 Phasen unterteilt werden:

Phase 1

Beginn des Hochwassers bis ungefähr zur Abflussspitze:

Bis zur Abflussspitze am 22. August 2005 um ca. 19:00 Uhr traten nur rechtsufrig und vergleichsweise geringe Wassermengen aus. Der Isitalerbach vermochte einen Grossteil des Wassers bis in den Vierwaldstättersee abzuleiten. Das Geschiebe verblieb bis zu diesem Zeitpunkt vollständig im Gerinne (vgl. Bild 5, Bild 6 und Bild 7 sowie Ganglinie in Bild 4). Während der Abflussspitze waren aber sowohl die ehemalige Werksbrücke als auch die Brücke Bauenstrasse eingestaut (der Standort der Brücken ist in Bild 1 ersichtlich).



Bild 5 *Blick bachabwärts auf die ehemalige Werksbrücke (links) und die Brücke Bauenstrasse (rechts) am 22. August 2005 um ca. 15:00 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 45m^3/s**). Die Werksbrücke weist noch ein Freibord von 1.0 – 1.5m auf, die Brücke Bauenstrasse ein Freibord von 0.5 – 1.0m (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 6 *Ehemalige Werksbrücke (links, Fliessrichtung von links nach rechts) und Wald am rechten Ufer bachaufwärts der Brücke Bauenstrasse (rechts) am 22. August 2005 um ca. 17:00 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 70m^3/s**). Der Wasserspiegel steht an der Werksbrücke an, bachaufwärts der Brücke Bauenstrasse tritt der Isitalerbach rechtseitig über die Ufer (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 7 *Blick bachabwärts vom Turm der Cheddite AG (links) und auf die ehemalige Werksbrücke (rechts) am 22. August 2005 um ca. 18:30 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 85m^3/s, Abflussspitze**). Die Werksbrücke wird überströmt, bachaufwärts der Brücke kommt es rechtsufrig zu ersten (noch geringfügigen) Ausuferungen (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*

Phase 2

Ungefähr ab der Abflussspitze bis zum Ende des Hochwassers

Irgendwann nach Durchgang der Abflussspitze (Zeitpunkt nicht dokumentiert, da während der Nacht) veränderte sich das Hochwassergeschehen deutlich, vermutlich hauptsächlich hervorgerufen durch den stark steigenden Seespiegel.

Es wird davon ausgegangen, dass sich mit dem stark steigenden Seespiegel im Deltabereich zunehmend Geschiebe abzulagern begann. Durch die Ablagerungen wurde irgendwann die Brücke Bauenstrasse vollständig eingekiest (vgl. Bild 10 und Bild 11). Die eingekieste (verstopfte) Brücke führte zu bachaufwärts rückschreitenden Auflandungen. Dadurch wurden die Hochwasserspiegel trotz rückläufigem Abfluss bachaufwärts zunehmend angehoben.

Zuerst verstärkten sich dadurch die rechtsufrig austretenden Wassermengen, später begann das Wasser auch linksufrig auszutreten. Die durch die verstärkten Ausuferungen zunehmende Reduktion des Abflusses im Gerinne des Isitalerbachs verstärkte seinerseits die Geschiebeablagerungen im Gerinne, wodurch irgendwann während der Nacht auch die ehemalige Werksbrücke eingekiest und vollständig überströmt wurde (vgl. Bild 8).

Entgegen den Angaben in Grundlage [3] wurde die Werksbrücke nicht bereits während des Hochwassers entfernt, sondern erst am 25. August 2005, nach Abklingen des Hochwassers (vgl. Bild 10, Bild 11 und Bild 12).

Die überströmte Werksbrücke verstärkte die Auflandungen weiter bachaufwärts bis zur noch heute bestehenden Sperre am Tobelausgang. Dadurch kam es gegen Ende des Hochwassers auch am linken Ufer oberhalb der Werksbrücke zu umfangreichen Ausuferungen (vgl. Bild 8 und Bild 9).

Beim Turm der Cheddite AG am Tobelausgang konnten Ausuferungen nur mittels maschinellem Einsatz (Aufschütten eines Kiesdamms) verhindert werden. Das Gerinne wurde an dieser Stelle vollständig mit Geschiebe verfüllt. Eine Markierung der Sohlenlage am Ende des Hochwassers ist an der gegenüberliegenden Felswand noch heute sichtbar (gelber Strich).

Die grossen Schäden auf dem Schwemmkegel von Isleten entstanden hauptsächlich während Phase 2 des Hochwassers (nach Durchgang der Abflussspitze). Durch die starken Auflandungen im Gerinne trat viel mehr Wasser aus als während Phase 1. Zudem wurden, im Gegensatz zu Phase 1, beidseitig auch grosse Mengen Geschiebe ausserhalb des Gerinnes abgelagert (vgl. Bild 13).



Bild 8 *Blick bachabwärts vom Turm der Cheddite AG (links) und entlang der linksufrigen Zufahrt zur ehemaligen Werksbrücke mit dem Bach im Hintergrund (rechts) am 23. August 2005 um ca. 07:30 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 30m^3/s**). Trotz bereits deutlich zurückgegangenen Abfluss liegt der Hochwasserspiegel höher als während der Abflussspitze (Werksbrücke wird vollständig überströmt) und es tritt auch linksufrig Wasser aus (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 9 *Blick vom Turm der Cheddite AG bachaufwärts auf den Tobelausgang (links) und bachabwärts zur ehemalige Werksbrücke (rechts) am 23. August 2005 um ca. 18:00 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 20m^3/s**). Der Weg der Cheddite AG ins Tobel ist überflutet, im Bereich der ehemaligen Werksbrücke wird versucht das Wasser mittels maschinellem Einsatz wieder ins Gerinne zu leiten. Rechts im Vordergrund sind die Spuren von Ausuferungen erkennbar, die Uferbestockung und mehrere Bäume wurden erodiert (vgl. Bild 8, Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 10 *Blick bachabwärts zum Bereich der ehemaligen Werksbrücke (links) und die Brücke Bauenstrasse (rechts) am 24. August 2005 um ca. 17:00 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 10m^3/s**). Das Wasser fliesst im Bereich der Werksbrücke wieder im Gerinne (Werksbrücke wird weiterhin überströmt), die eingekieste Brücke Bauenstrasse wird maschinell freigeräumt (ein Teil des Wassers strömt immer noch auf die Brücke, Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 11 *Blick bachabwärts auf die ehemalige Werksbrücke (links) und auf die Brücke Bauenstrasse (rechts) am 25. August 2005 um ca. 08:00 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 7m^3/s**). Die Werksbrücke wurde maschinell teilweise freigeräumt (wird aber noch leicht überströmt), bei der Bauenstrasse fliesst das Wasser wieder unter der Brücke durch (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 12 *Blick bachabwärts auf den Bereich der ehemaligen Werksbrücke (links) und von der Brücke Bauenstrasse bachaufwärts (rechts) am 26. August 2005 um ca. 11:00 Uhr (**Abfluss Isitalerbach: ca. 6m^3/s**). Die Werksbrücke wurde zwischenzeitlich entfernt und im Gerinne werden mit grossem maschinellem Einsatz Geschiebeablagerungen entfernt (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*



Bild 13 *Zusammengeschobene Geschiebedepots am linken Ufer und Freiräumung von mächtigen Geschiebeablagerungen am rechten Ufer im Herbst 2005 (Fotos: M. Sigrist, Cheddite AG).*

Geschiebeaufkommen

Während dem Hochwasser von 2005 lagerte der Isitalerbach im Delta, im Gerinne und beidseitig ausserhalb des Gerinnes auf dem Schwemmkegel grosse Mengen Geschiebe ab.

Auf Grundlage der rekonstruierten Sohlenlage am Ende des Hochwassers (vgl. Längenprofil in Anhang I), den morphologischen Berechnungen (vgl. Kapitel 3 und Anhang V) und den zur Verfügung stehenden Fotos wird für das Hochwasser 2005 auf dem Schwemmkegel Isleten **mindestens** von folgender Geschiebefracht ausgegangen:

Ablagerungen im Delta:	3'000 – 5’000m^3
Ablagerungen im Gerinne:	9'000 – 14’000m^3
Ablagerungen auf Schwemmkegel:	8'000 – 11’000m^3
Geschiebefracht Total:	**20'000 – 30’000m^3**

Im Bachbett wurde das Geschiebe nach dem Hochwasser rasch ausgebaggert (vgl. Bild 10, Bild 11 und Bild 12). Rund 8’000m^3 wurden im Bereich des Parkplatzes beim Klettergarten deponiert, der Rest abgeführt [3]. Rund 2’000m^3 des deponierten Materials wurde später für Ufererhöhungen und Dammschüttungen verwendet (siehe unten). Ausserhalb des Gerinnes wurden die Geschiebeablagerungen nur im Bereich von Gebäuden und Zufahrtsstrassen entfernt. Im Wald am rechten Ufer wurden bis zu 1m mächtige Ablagerungen belassen.

Im Ereigniskataster Naturgefahren [2] ist eine “abgelagerte Feststoffmenge“ von 100’000m^3 erwähnt. Wahrscheinlich bezieht sich diese Menge auf Geschiebe (Korndurchmesser $\geq$ 2mm) und Feinsedimente (Korndurchmesser < 2mm) oder wurde falsch abgeschätzt. Für reine Geschiebeablagerungen erscheint die Menge zu hoch.

Schwemmholzaufkommen

Der Schwemmholzanfall während dem Ereignis wurde im Ereigniskataster Naturgefahren [2] als gering bewertet. Die verfügbaren Fotos während des Hochwasser zeigen ebenfalls nur wenige, kleinere Schwemmholzstücke (vgl. Bild 14).



Bild 14

Ablagerung von kleineren Schwemmholzstücken auf und um die ehemalige Werkbrücke während der Abflussspitze (22. August 2005, ca. 18:30 Uhr, Foto: M. Sigrist, Cheddite AG).

Unterschiede zu den Annahmen in der Gefahrenkarte

In der bestehenden Gefahrenkarte [1] wurde für das HQ_{100} von folgenden Annahmen ausgegangen:

Abfluss HQ_{100}:	65 – 75m^3/s
Geschiebefracht HQ_{100}:	2'500 – 3'000m^3
Dauer HQ_{100}:	ca. 5h
Seespiegel während HQ_{100}:	nicht angegeben, es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Seespiegel bei einem HQ_x nicht einem Seehochstand mit ähnlicher Jährlichkeit entspricht

Es wurde in der bestehenden Gefahrenkarte somit der Abfluss und insbesondere die Geschiebefracht und die Dauer des Hochwassers deutlich unterschätzt. Ebenso zeigte das Hochwasser 2005, dass entgegen der Annahme in der Gefahrenkarte, ein Hochwasser am Isitalerbach durchaus mit einem Seehochstand mit ähnlicher Jährlichkeit zusammenfallen kann.

Sofortmassnahmen im Anschluss an das Hochwasser 2005

Im Anschluss an das Hochwasser 2005 wurden rasch folgende Sofortmassnahmen geplant (Grundlage [3]) und bereits im Frühjahr 2006 umgesetzt:

- Erhöhung und Verstärkung des linken Uferdamms zwischen dem Turm der Cheddite AG und der ehemaligen Werksbrücke (vgl. Längenprofil in Anhang I)
- Einbau eines Dammbalkensystems beim Durchgang um den Turm der Cheddite AG am linken Ufer
- Schutzdamm entlang des Parkplatzes beim Klettergarten und entlang der angrenzenden Gebäude bis zur Bauenstrasse (rechtes Ufer Isitalerbach)

Die Massnahmen hatten zum Ziel, dass Ausuferungen zukünftig vorrangig am rechten Ufer auftreten und der Parkplatz beim Klettergarten und die angrenzenden Gebäude bei Ausuferungen besser geschützt werden.

2.2 Hydrologie

Abflussmessung

Der Abfluss des Isitalerbachs wird nicht gemessen. Es gibt jedoch eine eidgenössische Messstelle am Grosstalbach in Isenthal, welche seit 1957 in Betrieb ist. Direkt unterhalb der Messstelle vereinigt sich der Grosstalbach mit dem Chlitalerbach zum Isitalerbach.

Das Einzugsgebiet (EZG) des Grosstalbachs an der Messstelle misst rund 43.9km^2. Der Chlitalerbach entwässert ein Gebiet von 12.4km^2. Bis zur Seemündung weist der Isitalerbach ein Einzugsgebiet von 59.7km^2 auf.

Hochwasserabflüsse

Die charakteristischen Hochwasserabflüsse des Isitalerbachs wurden einerseits mit dem Programm HQx_meso_CH und andererseits aufgrund der BAFU Abflussmessungen am Grosstalbach hergeleitet. Eine Zusammenstellung der entsprechenden Abflusswerte ist in Tabelle 1 ersichtlich. Zusätzliche Resultate sind in Anhang II zusammengestellt.

Mit dem Programm HQx_meso_CH können Hochwasserabflüsse verschiedener Jährlichkeiten in schweizerischen Einzugsgebieten mit einer Fläche zwischen 10 und 500km^2 abgeschätzt werden. Dieses Programm wurde 2002 vom damaligen BWG (Bundesamt für Wald und Geologie, heute BAFU) herausgegeben [4].

Die Abflüsse wurden mit HQx_meso_CH für das Einzugsgebiet des Grosstalbachs (bis zur BAFU Abflussmessstation), sowie für den Isitalerbach beim Delta berechnet. Hierbei wurden mehrheitlich die Standardwerte der verschiedenen Modelle verwendet. Durch die Anwendung auf beide Einzugsgebiete konnte auch die Proportionalität der Abflüsse an den beiden Standorten abgeschätzt werden (Faktor von ca. 1.30; Streuung zwischen 1.20 und 1.49). Die Streuung der verschiedenen Modelle ist erfahrungsgemäss ziemlich gross. Die kleine Streuung beim HQ_{30} kommt daher, dass nur für wenige Modelle diese Jährlichkeit ausgegeben werden kann. Beim EHQ sind in der Tabelle die Werte von HQ_{max} eingetragen.

Zur Auswertung der Abflussmessdaten der BAFU Messstation am Grosstalbach in Isenthal wurde einerseits die Hochwasserstatistik des BAFU berücksichtigt. Zusätzlich wurden mit den Jahresmaximalabflüssen unter Berücksichtigung verschiedener Wahrscheinlichkeitsverteilungen mehrere Frequenzanalysen durchgeführt. Die Resultate wurden anschliessend unter Berücksichtigung der Einzugsgebietsgrösse mittels folgendem Faktor umgerechnet auf den Isitalerbach in Isleten:

$$Faktor = \left(\frac{EZG_{Isitalerbach}}{EZG_{Grosstalbach}}\right)^{0.6-0.9} = 1.20 - 1.32$$

Die Berechnung des Faktors beruht auf einer Formel der VAW in einer Studie von 1987 (Anwendung von Hochwasserabschätzmethoden in kleinen natürlichen Einzugsgebieten der Schweiz). Mit der Formel wird berücksichtigt, dass der Abfluss weniger stark zunimmt als die Fläche des Einzugsgebietes.

Die Wahl der charakteristischen Hochwasserabflüsse für die Überarbeitung der Gefahrenkarte Isleten (vgl. Tabelle 1) erfolgte gutachterlich unter Berücksichtigung der verschiedenen, abgeschätzten Abflusswerte.

Tabelle 1 Zusammenstellung der charakteristischen Hochwasserabflüsse des Grosstalbachs in Isenthal und des Isitalerbachs in Isleten.

Hochwasserabflüsse	**HQ_{30}** [m^3/s]	**HQ_{100}** [m^3/s]	**HQ_{300}** [m^3/s]	**EHQ** [m^3/s]
Grosstalbach, Isenthal (EZG = 43.9km^2)				
Frequenzanalyse Jahresmaximalabflüsse BAFU Abflussmessstation, **Auswertung BAFU**	45	68	98	-
Frequenzanalyse Jahresmaximalabflüsse BAFU Abflussmessstation, **Auswertung Flussbau AG**	40-48	51-78	61-122	-
Hochwasserabschätzung mit HQx_meso_CH	38-42	25-100		46-127
Isitalerbach, Isleten (EZG = 59.7km^2)				
Gefahrenbeurteilung 2001 [1]	50-60	65-75	90-100	100-120
Hochwasserabschätzung mit HQx_meso_CH	56-57	34-138		59-173
Umgerechnete Abflüsse Frequenzanalyse Grosstalbach, Isenthal, **bezogen auf Auswertung Flussbau AG**	50-63	65-104	78-163	-
Wahl Hochwasserabflüsse für die Überarbeitung der Gefahrenkarte	***60***	***85***	***110***	***140***

Hochwasser 2005

Das Hochwasserereignis vom 22. August 2005 entsprach gemäss den Frequenzanalysen für die Messstelle am Grosstalbach etwa einem 100- jährlichen Ereignis (HQ_{100}).

Hochwasserganglinie

Für die weiteren Betrachtungen wird die Hochwasserganglinie von 2005 berücksichtigt (vgl. Bild 4) und je nach Szenario skaliert und angepasst (vgl. Kapitel 3).

Pegel Vierwaldstättersee

Die Analyse des Hochwasserereignisses von 2005 zeigte, dass seltene Hochwasserereignisse durchaus auf einen seltenen Seehochstand treffen können. Vor diesem Hintergrund wird für die weiteren Betrachtungen die Ganglinie des Seespiegels während dem Hochwasser 2005 berücksichtigt (vgl. Bild 4 und Kapitel 3).

Einfluss Wasserfassung Kraftwerk Isenthal

Das Kraftwerk Isenthal wurde 1955 in Betrieb genommen. Die Betonstaumauer der Wasserfassung hat eine Höhe von 20m, eine Kronenlänge von 35m und staut ein Becken mit einem Inhalt von ca. 20'700m^3 auf, welches als Tagesausgleichsspeicher genutzt wird [6].

Das Staubecken besitzt auf Höhe der ursprünglichen Bachsohle (Felssohle) einen Grundablass, welcher mittels einer Sektorschütze reguliert werden kann. Zur Stauzielregulierung und Ableitung von kleineren Hochwassern ist in der Staumauerkrone ein Überlauf mit Stauklappe angeordnet. Die Steuerung der Regelorgane im Hochwasserfall ist im Wehrreglement von 2015 definiert [6] und nachfolgend beschrieben.

Gemäss Wehrreglement von 2015 [6] weist der Überlauf über die Staukrone beim Stauziel und vollständig abgesenkter Stauklappe eine Abflusskapazität von **28m^3/s** auf (ca. HQ_5 - HQ_{10}). Steigt der Abfluss des Isitalerbachs weiter an, so wird gemäss dem Wehrreglement unter Einhaltung des Stauziels kontinuierlich in 5cm Schritten der Grundablass geöffnet. Die maximale Abflusskapazität des vollständig geöffneten Grundablasses beträgt gemäss Wehrreglement beim Stauziel (Grundablass eingestaut) ca. **150m^3/s** (> EHQ). Zusammen mit dem Abfluss über den Überlauf können unter Einhaltung des Stauziels damit rund **180m^3/s** abgeleitet werden (> EHQ).

Werden die Organe der Wasserfassung im Hochwasserfall gemäss Wehrreglement von 2015 gesteuert, so wird das Staubecken bis zu sehr seltenen Hochwasserereignissen (> EHQ) nicht abgesenkt. Dadurch wird der Abfluss des Isitalerbachs kontinuierlich weitergeleitet (es entsteht kein Schwall durch die Absenkung des Staubeckens). Anfallendes Schwemmholz wird über die abgesenkte Stauklappe weitergegeben.

Durch das Halten des Stauziels werden während Hochwasserereignissen jedoch Geschiebe und Feinsedimente im Staubecken abgelagert (Ablagerungsvolumen von schätzungsweise 10'000 – 15’000m^3). Gemäss Wehrreglement muss dieses bei Abflüssen > 25m^3/s (ca. HQ_2 – HQ_5) mindestens einmal pro Tag ausgespült werden (Spülungen werden manuell ausgelöst). Der Grundablass wird zu diesem Zweck langsam, stufenweise geöffnet (und das Staubecken entleert). Während der Entleerung wird anfallendes Schwemmholz zurückgehalten (kein Überfall) und kann erst bei vollständiger Absenkung im Freispiegel durch den Grundablass weitertransportiert werden.

Gemäss Auskunft des Betriebsleiters A. Schuler vom EWA (Telefon vom 28. März 2022) sind bei der Wasserfassung Isenthal keine Probleme mit Schwemmholz (z.B. Verklausungen) bekannt, auch nicht während des Hochwassers von 2005.

Bei ordnungsgemässem Betrieb der Wasserfassung gemäss Wehrreglement führt diese somit allenfalls zu einem temporären Rückhalt von Geschiebe und Schwemmholz (temporäre Ablagerungen im Stauraum) sowie zu einer langsamen, leichten Erhöhung des Abflusses während Spülungen.

Auf Luftbildern der Wasserfassung am Ende des Hochwassers 2005 (vgl. Bild 15) ist der Grundablass vollständig geöffnet und das Staubecken abgesenkt. Im Staubecken sind nur kleine Geschiebeablagerungen und sehr wenig Schwemmholz sichtbar (das Geschiebe und Schwemmholz wurden grossmehrheitlich bachabwärts weitertransportiert). Es wird vermutet, dass der Grundablass aufgrund des sehr grossen Geschiebeanfalls wäh-

rend dem Hochwasser 2005 nach Auslösung eines Spülvorgangs nicht mehr geschlossen wurde (sofern die Wasserfassung im Jahr 2005 analog zum Wehrreglement von 2015 betrieben wurde). Möglicherweise konnte das Staubecken während dem Hochwasser 2005 auch zwischenzeitlich nicht mehr vollständig abgesenkt werden, da die Abflusskapazität des Grundablasses dafür mit zunehmender Absenkung nicht mehr ausreichte. Gemäss Wehrreglement beträgt die Abflusskapazität bei einer Absenkung um 10m nur noch gut 90m^3/s (was nur wenig über der Abflussspitze des Hochwassers 2005 lieg), der Grundablass wird aber erst ab einer Absenkung von rund 14m im Freispiegel durchflossen.



Bild 15

Wasserfassung und Staubecken des Kraftwerks Isenthal gegen Ende des Hochwassers von 2005. Im Staubecken sind nur sehr kleine Geschiebeablagerungen und sehr wenig Schwemmholz (am linken Ufer, auf dem anstehenden Fels) ersichtlich, das Wasser fliesst durch den vollständig geöffneten Grundablass (Fotos: Tiefbauamt Uri).

Der Einfluss der Wasserfassung Isenthal ist für die Gefährdungssituation auf dem Schwemmkegel Isleten aufgrund der vorangehenden Ausführungen von untergeordneter Bedeutung und wird deshalb nicht speziell berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Auswirkungen der Wasserfassung bei zukünftigen, grossen Hochwasserereignissen ähnlich sein werden, wie während des Hochwassers 2005 und diese durch die detaillierte Analyse des Hochwassers 2005 (vgl. Kapitel 2.1) für die Beurteilung der Gefährdungssituation auf dem Schwemmkegel von Isleten entsprechend berücksichtigt sind.

2.3 Geschiebeaufkommen und Korngrössen

Geologie

Das Einzugsgebiet des Isitalerbachs ist gekennzeichnet durch Kalkschichten, die stark verfaltet und zerbrochen sind sowie zur Verkarstung neigen.[2] Im Bereich der engen Tobelstrecke zwischen Isenthal und Isleten besteht der Untergrund aus Tonschiefer und Sandstein [1].

Geschiebeaufkommen und Ereignisfrachten

Geschiebe, welches den Schwemmkegel in Isleten erreicht, stammt hauptsächlich von oberhalb der Tobelstrecke zwischen Isenthal und Isleten. Das Gerinne in der Tobelstrecke ist extrem grobblockig und entsprechend stabil. Gemäss Gefahrenbeurteilung [1] können erst ab einem HQ_{100} wenige hundert Kubikmeter Geschiebe in der Tobelstrecke mobilisiert werden (Beurteilung aufgrund einer Begehung des Tobels).

Vom im oberen Einzugsgebiet mobilisierten Geschiebe wird bei seltenen Hochwasserereignissen (> ca. HQ_{10}) jedoch nur ein Teil des Geschiebes bis zum Schwemmkegel in Isleten transportiert. Der Rest lagert sich auf den Schwemmkegeln von Seitenbächen und in Flachstrecken entlang des Grosstal- und des Chlitalerbachs ab. Dies konnte auch während des Hochwassers von 2005 in eindrücklicher Art und Weise beobachtet werden (vgl. Bild 16).



Bild 16 *Grossflächige Geschiebeablagerungen und Gerinneverlagerungen am Isitalerbach bachabwärts von Isenthal (links, Fliessrichtung von links nach rechts) und am Grosstalbach im Gebiet St. Jakob (rechts, Blick gegen die Fliessrichtung, Fotos: Tiefbauamt Uri).*

Geschiebeaufkommen und Ereignisfrachten

Zur Abschätzung der Ereignisfrachten für die Überarbeitung der Gefahrenkarte Isleten wurden folgende Grundlagen berücksichtigt. Die resultierenden Geschiebefrachten sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

[2] Quelle: Geologische / hydrogeologische Charakterisierung zum Einzugsgebiet der Eidgenössischen Messstelle Grosstalbach-Isenthal (2276).

- Geschiebeentnahmen in Isleten (Delta und Gerinne, Zusammenstellung Tiefbauamt Uri von 1972 – 2021, vgl. Anhang III). **Seit den 80er Jahren wird im Delta nicht mehr kommerziell Kies abgebaut, sondern nur noch nach Hochwasserereignissen mit Auflandungen im Gerinne Geschiebe entnommen oder umdeponiert**.
- Rekonstruierte Ereignisfracht Hochwasser 2005

Aus den Geschiebeentnahmen wurde die durchschnittliche jährliche Geschiebefracht hergeleitet. Diese diente als Hilfsgrösse für die Abschätzung der Ereignisfrachten. Erfahrungsgemäss entspricht beispielsweise die Ereignisfracht des HQ_{100} mindestens der 10-fachen mittleren Jahresfracht.

Die Ereignisfrachten wurden zusätzlich anhand der rekonstruierten Ereignisfracht des Hochwassers 2005 hergeleitet (ca. HQ_{100}, vgl. Kapitel 2.1). Ausgehend vom HQ_{100} wurden die weiteren Ereignisfrachten proportional zum Abflussvolumen berechnet (Geschiebe muss bachaufwärts durch mehrere limitierende Flachstrecken transportiert werden können).

Aus der resultierenden Bandbreite wurde für die weiteren Betrachtungen gutachterlich eine Ereignisfracht festgelegt.

Tabelle 2 Zusammenstellung der charakteristischen Geschiebefrachten des Isitalerbachs in Isleten.

Geschiebefrachten	**Ø jährliche Fracht** [m^3/a]	**GF_{30}** [m^3]	**GF_{100}** [m^3]	**GF_{300}** [m^3]	**GF_{EHQ}** [m^3]
Gefahrenbeurteilung 2001 [1]		1’000 - 1’500	2’500 - 3’000	4’000 - 5’000	>5’000
Abgeschätzte Geschiebefracht, Bandbreite	2'000 - 4’000	14’000 - 22’000	20’000 - 30’000	26’000 - 40’000	33’000 - 50’000
Wahl Geschiebefracht für die Überarbeitung der Gefahrenkarte		***18’000***	***25’000***	***33’000***	***42’000***

Korngrössen

Die Korngrössen des Geschiebes zwischen Tobelausgang und Delta wurden mittels zwei Linienproben erhoben (vgl. Bild 17 und Bild 18). Die Bilder der Linienproben zeigen, dass die Probe am Tobelausgang gröber war als jene im Delta. Aus den Linienproben resultieren folgende charakteristische Korndurchmesser:

Geschiebe: d_m = 4.8 – 6.9cm (Ø ca. 6cm)
d_{90} = 12.4 – 18.6cm (Ø ca. 16cm)

Das Sohlenmaterial ist deutlich gröber als das Geschiebe. Am Ausgang des Tobels beträgt der Durchmesser des Maximalkorns ca. 1.7 - 2.0m, im oberen Bereich des Schwemmkegels ca. 0.8 - 0.9m (wobei die Sohle in diesem Bereich mit Blöcken befestigt ist und nach dem Ereignis 2005 wieder

künstliche “Blocknester“ erstellt wurden). Richtung Delta wird die Sohle immer feinkörniger und geht am Schluss in die Geschiebeablagerungen des Deltas über.



Bild 17

Geschiebeablagerungen auf dem gröberen Sohlenmaterial am Ausgang des Tobels kurz vor dem Schwemmkegel (bachaufwärts Turm Cheddite AG, Aufnahmedatum: 5. Januar 2022).



Bild 18

Linienprobe auf dem Delta mit Blick gegen die Fliessrichtung (Aufnahmedatum: 5. Januar 2022).

2.4 Schwemmholzaufkommen

Art und Grösse

Während des Hochwasserereignisses vom 22. August 2005 wurde nur wenig, kleineres Schwemmholz (Äste, kleine Stämme und Wurzelstöcke) auf dem Schwemmkegel abgelagert (vgl. Bild 14 in Kapitel 2.1). Schwemmholz wird für die weitere Betrachtung deswegen nicht berücksichtigt (vgl. auch Kapitel 3).

2.5 Schwachstelle Brücke Bauenstrasse

Schwachstelle

Brücke Bauenstrasse Delta

Hauptschwachstelle auf dem Schwemmkegel von Isleten ist die Brücke Bauenstrasse. Die Brücke weist folgende maximale Abflusskapazität auf (vgl. Längenprofile in Anhang IV, ab diesem Abfluss wird die Brücke eingestaut):

ohne Sohlenerosionen im Brücken und Deltabereich:
20 – 30m^3/s (< HQ_{30})

mit Sohlenerosionen im Brücken und Deltabereich:
60 – 70m^3/s (HQ_{30} – HQ_{100})

Sohlenerosionen sind nur bei tiefem Seestand zu erwarten. Bei hohem Seestand lagert sich im Delta- und Brückenbereich Geschiebe im Gerinne ab, was die Abflusskapazität der Brücke weiter reduziert. Dies war gut zu beobachten während dem Hochwasserereignis vom Juli 2021 (Abflussspitze 20 – 25m^3/s, < HQ_{30}), welches bei hohem Seestand auftrat und die Brücke Bauenstrasse beinahe vollständig einkieste (vgl. Bild 19).



Bild 19 *Vollständig verlandetes Gerinne im Deltabereich (links, Blick von der Brücke Bauenstrasse bachabwärts) und beinahe vollständig eingekieste Brücke Bauenstrasse (rechts, Blick bachaufwärts) nach dem Hochwasser vom Juli 2021 (Bilder: Abteilung Naturgefahren, Kanton Uri).*

Ohne Geschiebeablagerungen würde die zu geringe Abflusskapazität der Brücke Bauenstrasse nur zu Ausuferungen im Brückenbereich führen (als erstes am rechten Ufer im Bereich des bestehenden Antennenmasts). Weiter bachaufwärts würden die Hochwasserspiegel auch bei hohem Seestand und eingestauter Brücke bis zum HQ_{300} tiefer als die Uferlinie liegen (vgl. Längenprofile in Anhang IV, es wäre nur lokal mit überschwappendem Wasser zu rechnen).

Durch den ausgeprägten Geschiebetrieb des Isitalerbachs führt die geringe Abflusskapazität der Brücke, gepaart mit einem hohen Seespiegel jedoch schnell zu rückschreitenden Auflandungen und dadurch zu einer Anhebung der Hochwasserspiegel auf dem gesamten Schwemmkegel.

Durch das jährliche Wachstum des Deltas (jährliche Geschiebeablagerungen von durchschnittlich ca. 3'000m^3 (seit den 80er Jahren wird im Delta nicht mehr kommerziell Kies abgebaut, vgl. Kapitel 2.3) verschlechtert sich die Hochwassersicherheit der Brücke Bauenstrasse zudem zunehmend (parallele Sohlenanhebung bachaufwärts im Brückenbereich durch das Wachstum des Deltas Richtung Seemitte).

3 Methodik und Szenariendefinition

Berechnungsmodelle

Das Zusammenspiel zwischen Abflusskapazität, Seespiegel, Geschiebeablagerungen und Ausuferungen auf dem Schwemmkegel von Isleten lässt sich aufgrund der Komplexität nicht mittels eines einzigen numerischen Berechnungsmodells abbilden.

Für die Beurteilung der Gefährdungssituation durch den Isitalerbach wurden deshalb drei verschiedene Berechnungsmodelle berücksichtigt. Diese werden nachfolgend beschrieben.

Differenzen in den bestehenden Höhengrundlagen

Für die Berechnungen standen folgende Höhengrundlagen zur Verfügung:

- Fixpunkte amtliche Vermessung
- Gerinnevermessung Acht Grad Ost AG (Juli/September 2021, im Auftrag der Flussbau AG)
- Diverse Pläne Brücke Bauenstrasse mit Höhenangaben (vom Tiefbauamt des Kantons Uri)
- DTM swissALTI3D swisstopo (Aufnahme: 2013)
- DTM-AV Kanton Uri (Aufnahme: 2015)
- Oberflächenmodell swissSURFACE3D swisstopo (Aufnahme: 2019/2020)

Beim Vergleich der verschiedenen Grundlagen im Rahmen der Erstellung der Berechnungsmodelle wurden teilweise erhebliche Differenzen von **mehreren Dezimetern** zwischen den unterschiedlichen Grundlagen festgestellt. Zudem wurden parallel zur Überprüfung der Höhendifferenzen die Fixpunkthöhen der amtlichen Vermessung auf dem Schwemmkegel von Isleten angepasst.

Vor diesem Hintergrund wurden die Höhen in Absprache mit der Abteilung Naturgefahren des Kantons Uri (L. Eggimann) durch die Flussbau AG am 22.2.2022 mittels zusätzlicher Vermessung überprüft. Als Referenz für die Überprüfung dienten die aktualisierten Fixpunkthöhen der amtlichen Vermessung (Stand 21.2.2022) sowie der Pegel des Vierwaldstättersees (BAFU Messstationen Brunnen/Luzern).

Aufgrund der Überprüfung wurden für den Aufbau der Berechnungsmodelle folgende Höhengrundlagen berücksichtigt:

für Gerinnegeometrie und Überflutungsflächen:

- Oberflächenmodell swissSURFACE3D swisstopo (Aufnahme: 2019/2020, Höhengenauigkeit ± 10cm)

für Uferlinien, Hochwasserschutzmassnahmen, Terrainkanten, Brücke Bauenstrasse:

- Vermessung Flussbau AG (22.2.2022, Genauigkeit ± 1-3cm)

Zwischen dem Oberflächenmodell swissSURFACE3D und der Vermessung der Flussbau AG wurden Höhendifferenzen von maximal rund 5cm festgestellt.

1-dimensionale Berechnungen mit fester Sohlenlage und ohne Geschiebetransport

Für die 1-dimensionalen Berechnungen auf fester Sohle wurde ein Staukurvenmodell mit folgenden Eingabegrössen erstellt:

d_{90} Sohle:	15 - 90cm
Rauigkeit Ufer:	30 – 35$m^{1/3}$/s

Die Berechnungen wurden mit dem Programm MORMO durchgeführt und hauptsächlich für die Beurteilung folgender Punkte verwendet:

- Abflusskapazität der Brücke Bauenstrasse (mit und ohne Sohlenerosionen, in Abhängigkeit des Seespiegels).
- Einfluss Seespiegel auf Hochwasserspiegel bachaufwärts.

Die Resultate der Berechnungen sind in den Längenprofilen in Anhang IV dargestellt.

1-dimensionale Berechnungen mit beweglicher Sohlenlage und mit Geschiebetransport

Die 1-dimensionalen Berechnungen auf beweglicher Sohle wurden ebenfalls mit dem Programm MORMO durchgeführt. Als Ausgangslage diente das oben beschriebene Staukurvenmodell. Für die morphologischen Berechnungen wurden zusätzlich folgende Eingabegrössen verwendet:

d_m Geschiebe:	6cm
d_{90} Geschiebe:	16cm

Als Ganglinie wurde die Ganglinie des Hochwassers von 2005 verwendet (vgl. Bild 4) und je nach Spitzenabfluss proportional skaliert. Es wurden folgende zwei Szenarien berechnet:

HQ_{30}	Spitzenabfluss:	$60m^3/s$
	Geschiebefracht:	$18'000m^3$
	Seespiegel:	Ganglinie Hochwasser 2005
HQ_{100}	Spitzenabfluss:	$85m^3/s$
	Geschiebefracht:	$25'000m^3$
	Seespiegel:	Ganglinie Hochwasser 2005

Die Berechnungen wurden hauptsächlich für die Beurteilung folgender Punkte verwendet:

- Prozesse während dem Hochwasser 2005
- Geschiebefracht Hochwasser 2005

Die Resultate der morphologischen Berechnungen sind in den Längenprofilen in Anhang V dargestellt. Je Szenario sind zwei Längenprofile dargestellt (Phasen 1 und 2 gemäss Kapitel 2.1).

Da in den morphologischen Berechnungen seitliche Ausuferungen nicht berücksichtigt sind (alles Wasser und Geschiebe bleibt im Gerinne)**, werden die Wasserspiegel- und Sohlenlagen lokal über- respektive unterschätzt und können nicht 1:1 für die Herleitung von Austrittsganglinien für die 2-dimensionalen Berechnungen verwendet werden** (vgl. Bemerkungen auf den Längenprofilen in Anhang V).

2-dimensionale Berechnungen

Die 2-dimensionalen Berechnungen wurden mit dem Programm BASEMENT durchgeführt. Das Berechnungsmodell umfasst den gesamten Schwemmkegel von Isleten ohne das Gerinne des Isitalerbachs (im Gerinne des Isitalerbachs wurden keine 2-dimensionalen Berechnungen durchgeführt). Für die Berechnungen wurden folgende Eingabegrössen verwendet:

Rauigkeit Asphaltstrassen:	$60m^{1/3}/s$
Rauigkeit Kieswege:	$28 - 45m^{1/3}/s$ (je nach Oberfläche)
Rauigkeit Wald:	$20m^{1/3}/s$
Rauigkeit Wiesen:	$33m^{1/3}/s$

Auf Grundlage der Rekonstruktion des Hochwassers 2005 (vgl. Kapitel 2.1) und den 1-dimensionalen Berechnungen wurden 5 Austrittstellen definiert. Die Austrittsstellen sind in Bild 20 dargestellt. Das linke Ufer zwischen dem Turm der Cheddite AG und der ehemaligen Werksbrücke wurde nach dem Hochwasser

2005 im Rahmen der Sofortmassnahmen verstärkt und erhöht. In diesem Bereich sind bis zum HQ_{300} keine Ausuferungen mehr zu erwarten (vgl. auch Uferlinien auf den Längenprofilen im Anhang).

Die 2-dimensionalen Berechnungen wurden für folgende drei Szenarien (Hochwasserabflüsse) durchgeführt:

HQ_{30}
HQ_{100}
HQ_{300}

Auf Grundlage der Ganglinie des Hochwassers 2005 wurde (je Szenario) für jede Austrittsstelle eine Austrittsganglinie hergeleitet. **Die Herleitung erfolgte gutachterlich auf Grundlage der Rekonstruktion des Hochwassers 2005 sowie den Resultaten der 1-dimensionalen Berechnungen**. Die Austrittsganglinien sind in Anhang VI dargestellt. Die maximalen Wasseraustritte sind auch nachfolgend in Tabelle 3 aufgelistet.



Bild 20 *Luftbild des Schwemmkegels von Isleten mit den berücksichtigten Austrittsstellen (blau). Massstab 1:3'000.*

Annahmen Szenariendefinition

Für die 2-dimensionalen Berechnungen wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

Freibord:

Gemäss Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS, 2013) ergeben sich beim HQ_{100} für den Isitalerbach auf dem Schwemmkegel von Isleten **ohne Berücksichtigung von Sohlenveränderungen** ungefähr folgende minimal erforderliche Freibordhöhen (vgl. Abschätzung in Anhang VII):

Freibord Ufer	1.0m
Freibord Brücken	1.5m

Mit Berücksichtigung der ausgeprägten Sohlenveränderungen im Hochwasserfall (vgl. Kapitel 2.1 und Anhang I) würden für Ufer und Brücken je nach Standort minimal erforderliche Freibordhöhen zwischen 2 und 4m resultieren (vgl. Abschätzung in Anhang VII).

Die Berücksichtigung eines Freibords bei der Erarbeitung der Gefahrenkarte Isleten ist vor diesem Hintergrund schwierig. Grund dafür sind die komplexen Prozesse, welche während eines seltenen Hochwasserereignisses auf Schwemmkegel von Isleten ablaufen (insbesondere die ausgeprägten Sohlenveränderungen, vgl. Anhang I). Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Erarbeitung der Gefahrenkarte **auf eine explizite Berücksichtigung des Freibords verzichtet**. Die Unsicherheiten in der Sohlenlage und in den zu erwartenden Wasserspiegellagen wurden in der Szenariendefinition auf Grundlage der detaillierten Prozessanalyse und Rekonstruktion des Hochwassers 2005 gutachterlich berücksichtigt.

Dammbalken Turm Cheddite AG:

Die Dammbalken beim Turm der Cheddite AG (Sofortmassnahme nach Hochwasser 2005) sind **nicht** eingesetzt.

Der Einbau der Dammbalken ist zwar in der Notfallplanung der Gemeinde Seedorf enthalten, gemäss interner Wegleitung des Kantons Uri werden organisatorische Massnahmen (wie der Einbau von Dammbalken) im Kanton Uri in den Gefahrenkarten in der Regel nicht berücksichtigt (Angaben: L. Eggimann, Abteilung Naturgefahren des Kantons Uri, per Mail am 24. März 2022).

Sandsäcke Bauenstrasse:

Die Notfallplanung der Gemeinde Seedorf beinhaltet auch den Aufbau von Sandsäcken entlang der Bauenstrasse. Die Sandsäcke werden als organisatorische Massnahmen analog zu den Dammbalken beim Turm der Cheddite AG in der Gefahrenkarte nicht berücksichtigt.

Brücke Bauenstrasse:

Aufgrund der Erkenntnisse vom Hochwasser 2005 wird davon ausgegangen, dass es bei der Brücke Bauenstrasse **nicht** zu einer Verklausung durch Schwemmholz kommt.

Abflussrinne Bauenstrasse:

Entlang der Bauenstrasse besteht auf dem Schwemmkegel von Isleten hangseitig über weite Strecken eine grosse, durchgehende Abflussrinne. Für die Überflutungsberechnungen wird angenommen, dass die Abflussrinne nicht abflusswirksam ist (Annahme: Abflussrinne ist durch Laub/Astwerk/Sedimente verstopft und/oder durch hohen Seespiegel rückgestaut).

Pegel Vierwaldstättersee:

Es wird angenommen, dass sich der Pegel des Vierwaldstättersees während den betrachteten Hochwasserabflüssen HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300} gleich verändert, wie während dem Hochwasser 2005 (starker Anstieg während dem Hochwasserereignis, knapp 30-jährlicher Wasserspiegel während der Abflussspitze, ca. 100 bis 300-jährlicher Wasserspiegel am Ende der Ganglinie, vgl. Kapitel 2.1 und Bild 4).

Würden die Hochwasserereignisse auf einen konstant tiefen Seespiegel treffen, so sind kleinere Überflutungsflächen und austretenden Wasser- und Geschiebemengen zu erwarten. Bei einem bereits zu Beginn der Hochwasserereignisse sehr hohen Seespiegel sind die Überflutungsflächen sowie die austretenden Wasser- und Geschiebemengen grösser als berechnet.

EHQ:

Während eines EHQ muss für den gesamten Schwemmkegel von einer (Rest)Gefährdung ausgegangen werden. Durch die grosse Geschiebefracht und die dadurch zu erwartenden, mächtigen Geschiebeablagerungen auf dem Schwemmkegel können überall Ausuferungen auftreten (je nach Ort der Ablagerungen). Die während eines EHQ ablaufenden Prozesse sind nicht vorhersehbar, weshalb für das EHQ auf 2-dimensionale Berechnungen verzichtet wird.

Eine Übersicht der berücksichtigten Szenarien ist in Tabelle 3 ersichtlich. Die austretenden Geschiebefrachten wurden auf Grundlage der Rekonstruktion des Hochwasser 2005 sowie den Resultaten der morphologischen Berechnungen (vgl. Anhang V) hergeleitet.

Tabelle 3 Zusammenstellung der maximalen Abflüsse an den verschiedenen Austrittsstellen sowie der austretenden Geschiebefracht für die untersuchten Szenarien.

Szenario	**Austrittsstellen** Q_{max} [m^3/s]					**Austretende Geschiebefracht** [m3]
	1 Brücke Bauenstrasse rechts	**2** Brücke Bauenstrasse	**3** Schwemmkegel links	**4** Schwemmkegel rechts	**5** Turm Cheddite AG	
HQ_{30} Q_{max} = 60m^3/s GF = 18'000m^3	15.0	0.0	0.0	14.0	0.0	4'000
HQ_{100} Q_{max} = 85m^3/s GF = 25'000m^3	25.0	3.0	3.0	20.0	1.5	10'000
HQ_{300} Q_{max} = 110m^3/s GF = 33'000m^3	35.0	13.0	7.0	25.0	3.0	17'000
EHQ Q_{max} = 140m^3/s GF = 42'000m^3	-	-	-	-	-	25'000

Umgang mit Geschiebeablagerungen ausserhalb des Gerinnes

Am rechten Ufer sind ab einem HQ_{30} mächtige Geschiebeablagerungen ausserhalb des Gerinnes zu erwarten. Diese erhöhen die mittels den 2-dimensionalen Berechnungen hergeleiteten Intensitäten.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurden die zu erwartenden Geschiebeablagerungen in den Intensitätskarten gutachterlich berücksichtigt. Die Berücksichtigung erfolgte für Flächen mit zu erwartenden Ablagerungsmächtigkeiten von > 1m und in Anlehnung an die Kriterien bei Übermurung aus der Empfehlung “Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BWW; BRP, BUWAL, 1997):

starke Intensität: $h_{Ablagerungen} > 1m$

Die Abschätzung der von Geschiebeablagerungen (> 1m) betroffenen Bereiche ausserhalb des Gerinnes erfolgte auf Grundlage der während dem Hochwasser 2005 beobachteten Ablagerungen (vgl. Bild 21 bis Bild 24). Die entsprechenden Flächen sind auf den “Intensitätskarten Wasser“ in Anhang VIII ausgewiesen. Die kombinierten “Intensitätskarten Wasser und Geschiebe“ (inkl. Berücksichtigung von Geschiebeablagerungen) sind ebenfalls in Anhang VIII dargestellt. Die resultierende Gefahrenkarte (vgl. Anhang VIII) basiert auf den kombinierten “Intensitätskarten Wasser und Geschiebe“.

Am linken Ufer sind aufgrund der Sofortmassnahmen nach dem Hochwasser 2005 (Erhöhung und Verstärkung des linken Uferdamms zwischen dem Turm der Cheddite AG und der ehemaligen Werksbrücke) bis zum HQ_{300} keine signifikanten Geschiebeablagerungen mehr zu erwarten



Bild 21

Geschiebeablagerungen von ca. 0.6-0.7m vor einem linksufrigen Werksgebäude am Tobelausgang rot markiert ist die Türfalle. (Foto: M. Sigrist, Cheddite AG, Aufnahmedatum: 24. August 2005, Standort gemäss Markierung auf Intensitätskarten in Anhang VIII).



Bild 22

Geschiebeablagerungen von ca. 1m auf der Strasse beim obersten Gebäude am rechten Ufer. Der überdeckte Unterstand wurde ca. 3-4m hoch mit Geschiebe aufgefüllt. (Foto: M. Sigrist, Cheddite AG, Aufnahmedatum: 26. August 2005, Standort gemäss Markierung auf Intensitätskarten in Anhang VIII).



Bild 23

Geschiebeablagerungen von ca. 0.8m an einem Nebengebäude direkt am rechten Ufer. (Foto: M. Sigrist, Cheddite AG, Aufnahmedatum: 26. August 2005, Standort gemäss Markierung auf Intensitätskarten in Anhang VIII).



Bild 24

Geschiebeablagerungen von ca. 1m bei den rechtsufrigen Nebengebäuden. (Foto: M. Sigrist, Cheddite AG, Aufnahmedatum: 24. August 2005, Standort gemäss Markierung auf Intensitätskarten in Anhang VIII).

4 Intensitäten und Gefahrenstufen

Die Herleitung der Intensitäten bei den massgebenden Hochwasserereignissen HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300} sowie der resultierenden Gefahrenstufen erfolgte auf Grundlage der 2-dimensionalen Berechnungen gemäss den Richtlinien zur Ausarbeitung und Umsetzung von Gefahrenkarten und Gefahrenzonenplänen [7] und dem Datenmodell Naturgefahren des Kantons Uri [8]. Die Intensitätskarten (mit und ohne Berücksichtigung von Geschiebeablagerungen ausserhalb des Gerinnes, vgl. Kapitel 3) und die Gefahrenkarte sind in Anhang VIII dargestellt. Die nachfolgend verwendeten Ortsbezeichnungen sind in Bild 20 (Seite 27) ersichtlich.

Für die Erstellung der Intensitäts- und Gefahrenkarten wurden die Resultate der 2D-Berechnungen bereinigt (z.B. Glättung von Modelleffekten, Entfernung von Kleinstflächen). Die Gefahrenkarte wurde auf Grundlage der Intensitätskarten mit Berücksichtigung von Geschiebeablagerungen ausserhalb des Gerinnes erstellt.

Bei einem **HQ_{30}** kommt es als erstes am rechten Ufer bachaufwärts der Brücke Bauenstrasse zu Ausuferungen (im Bereich der bestehenden Natelantenne). Das ausufernde Wasser füllt zuerst die Senke entlang der Bauenstrasse. Anschliessend fliesst das Wasser auf die Bauenstrasse und entlang dieser beidseitig Richtung Schifflände Isleten und Abzweigung Isenthalerstrasse. Mit zunehmenden Auflandungen im Gerinne tritt am rechten Ufer auch weiter bachaufwärts bei Austrittstelle 4 Wasser und Geschiebe aus. Das Wasser fliesst entlang des Kieswegs und um die bestehenden Gebäude Richtung Parkplatz beim Klettergarten. Ein Teil des Wassers fliesst entlang des nach dem Hochwasser 2005 erstellten Schutzdammes (vgl. Kapitel 2.1) östlich Richtung Bauenstrasse. Da der Kiesweg jedoch ins umliegende Terrain eingeschnitten verläuft (respektive im Wald erhöht liegende Geschiebeablagerungen bestehen), gelangt ein Teil des Wassers weiter bis zum Parkplatz Klettergarten und füllt den in einer Senke gelegenen Parkplatzes. Die Ausuferungen führen zu einer Gefährdung der Bauenstrasse, aller rechtsufrig bestehenden Gebäude, einzelner Gebäude am linken Ufer (Rückstau durch unterirdischen Durchgang ab Bauenstrasse), des Parkplatzes beim Klettergarten sowie der Schifflände Isleten.

Bei einem **HQ_{100}** kommt es zusätzlich zu den Austrittstellen beim HQ_{30} zu Ausuferungen auf die Brücke Bauenstrasse, sowie bei zwei Stellen entlang des linken Ufers des Isitalerbachs (Austrittstellen 2, 3 und 5). Durch die grössere austretende Wassermenge sind die Überflutungsflächen leicht grösser als beim HQ_{30}. Zudem treten entlang des rechten Ufers grosse Geschiebemengen aus. Beim HQ_{100} sind linksufrig neu auch diverse Gebäude der Cheddite AG mit geringer Intensität gefährdet (durch Ausuferungen bei Turm der Cheddite AG mit geringer Intensität).

Bei einem **HQ_{300}** tritt Wasser und Geschiebe an den gleichen Stellen aus wie beim HQ_{100}. Aufgrund der grösseren Wassermenge sind die Überflutungsflächen und Wassertiefen leicht grösser, ebenso die (mehrheitlich rechtsufrig) austretenden Geschiebemengen.

Bei einem **EHQ** können aufgrund der grossen Geschiebefracht und der dadurch zu erwartenden, mächtigen Geschiebeablagerungen im gesamten Abschnitt zwischen Tobelausgang und See Ausuferungen auftreten (je nach Ort der Ablagerungen). Es wird deshalb für den gesamten Schwemmkegel eine Restgefährdung ausgewiesen.

Die **Gefahrenkarte** zeigt aufgrund der grossflächigen Ausuferungen bei einem HQ_{30} mehrheitlich blaue Flächen (mittlere Gefährdung). Die roten Flächen (erhebliche Gefährdung) beschränken sich hauptsächlich auf die durch mächtige Geschiebeablagerungen betroffenen Bereiche (Tobelausgang und rechtes Ufer) sowie auf kleinräumige Senken mit grosser Wassertiefe. Entgegen der bestehenden Gefahrenkarte ist die Bauenstrasse durchgehend gefährdet (mittlere Gefährdung) und es bestehen auch Gefährdungen am linken Ufer (mehrheitlich geringe Gefährdung). Aufgrund der Erhöhung und Verstärkung des linken Uferdamms zwischen dem Turm der Cheddite AG und der ehemaligen Werksbrücke (Sofortmassnahme nach Hochwasser 2005, vgl. Kapitel 2.1) fällt die Gefährdung am linken Ufer jedoch geringer aus als vor dem Hochwasser 2005.

5 Schlussfolgerungen für zukünftige Planungen

Die überarbeitete Gefahrenkarte (vgl. Anhang VIII) weist am rechten Ufer des Isitalerbachs eine deutlich höhere Gefährdung auf, als am linken Ufer. **Die mehrheitlich geringe Gefährdung am linken Ufer resultiert nur deshalb, weil der Isitalerbach heute frühzeitig nach rechts ausufern und grosse Geschiebemengen flächig ausserhalb des Gerinnes ablagern kann.**

Um die Gefährdungssituation am linken Ufer nicht zu verschlechtern, muss dieses Zusammenspiel bei zukünftigen Planungen auf dem Schwemmkegel von Isleten zwingend berücksichtigt und der rechtsufrige “Entlastungskorridor“ erhalten bleiben.

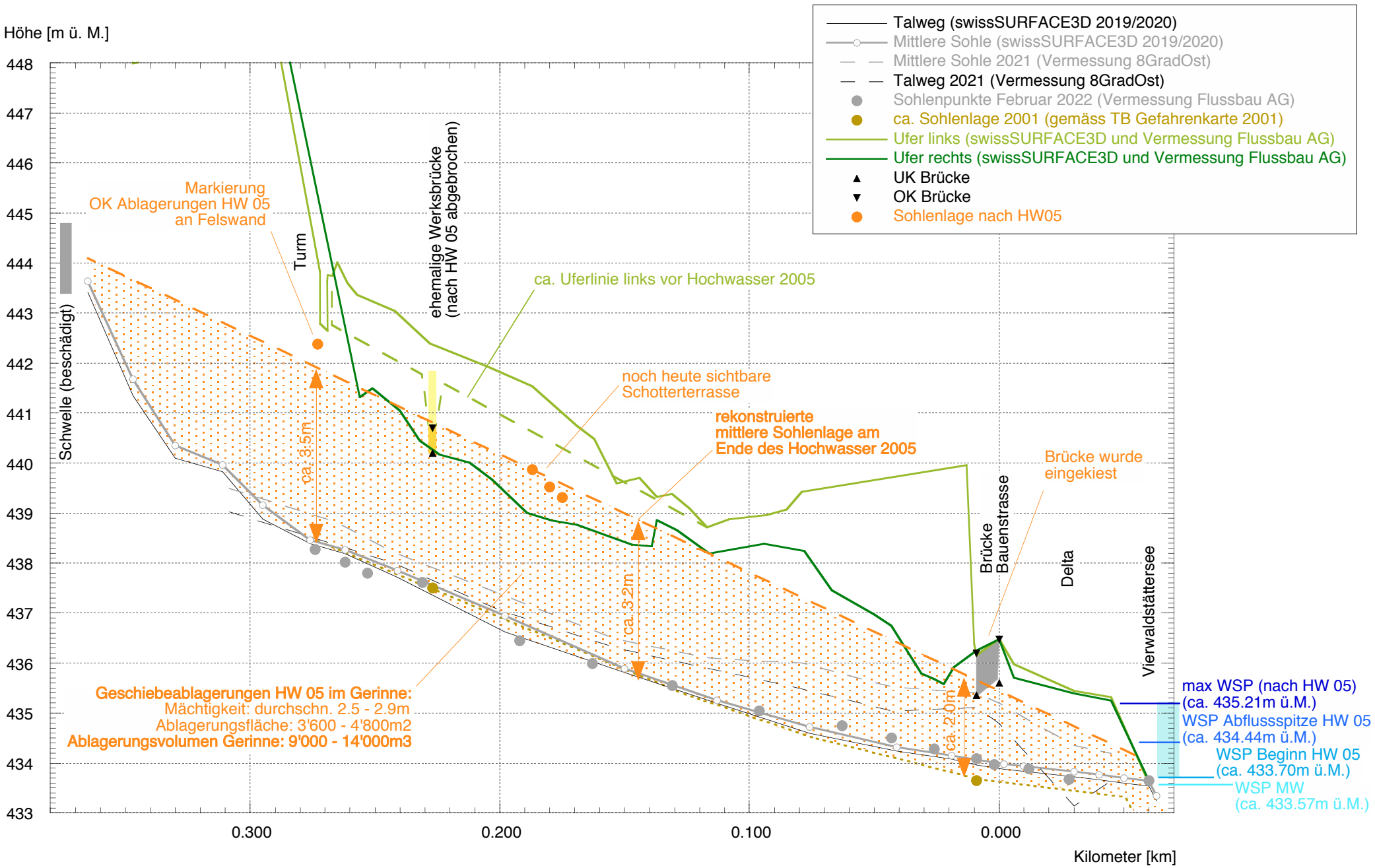
Anhang I

Längenprofil Isitalerbach

Rekonstruktion Sohlenlage nach Hochwasser 2005

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

Sohlenlage, Uferlinien und Rekonstruktion Auflandungen Hochwasser 2005

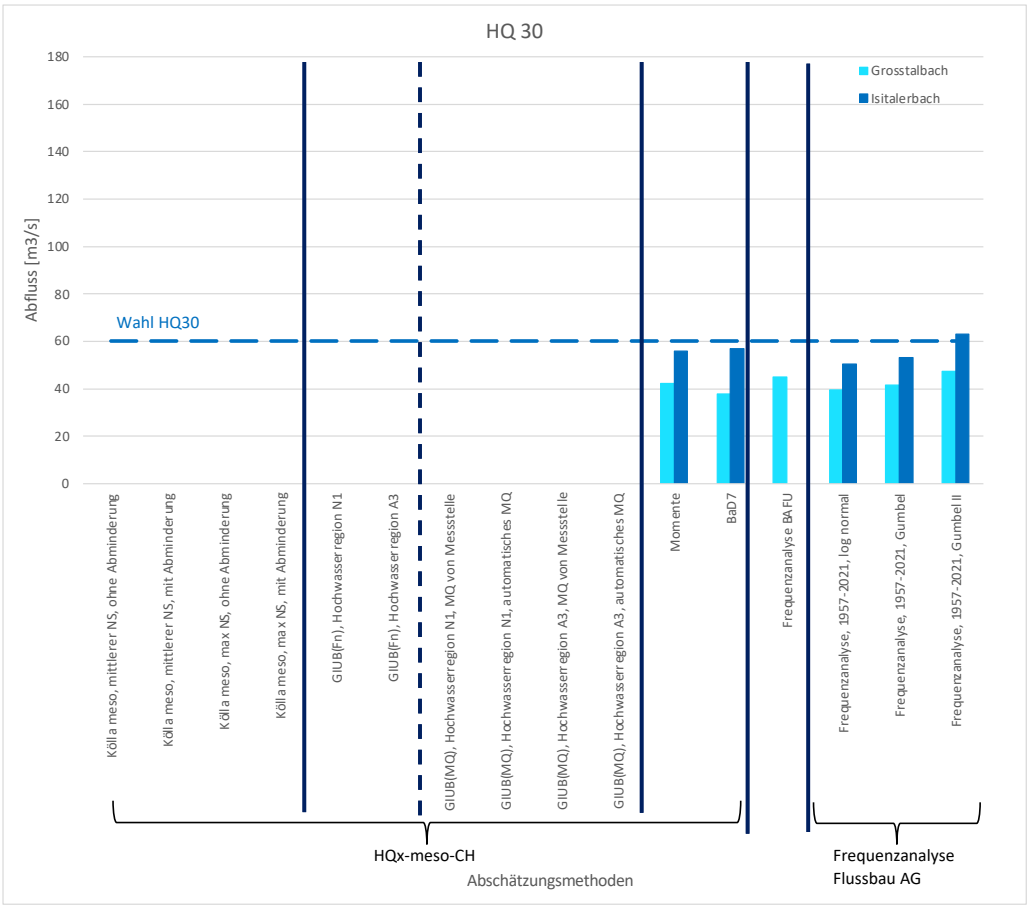


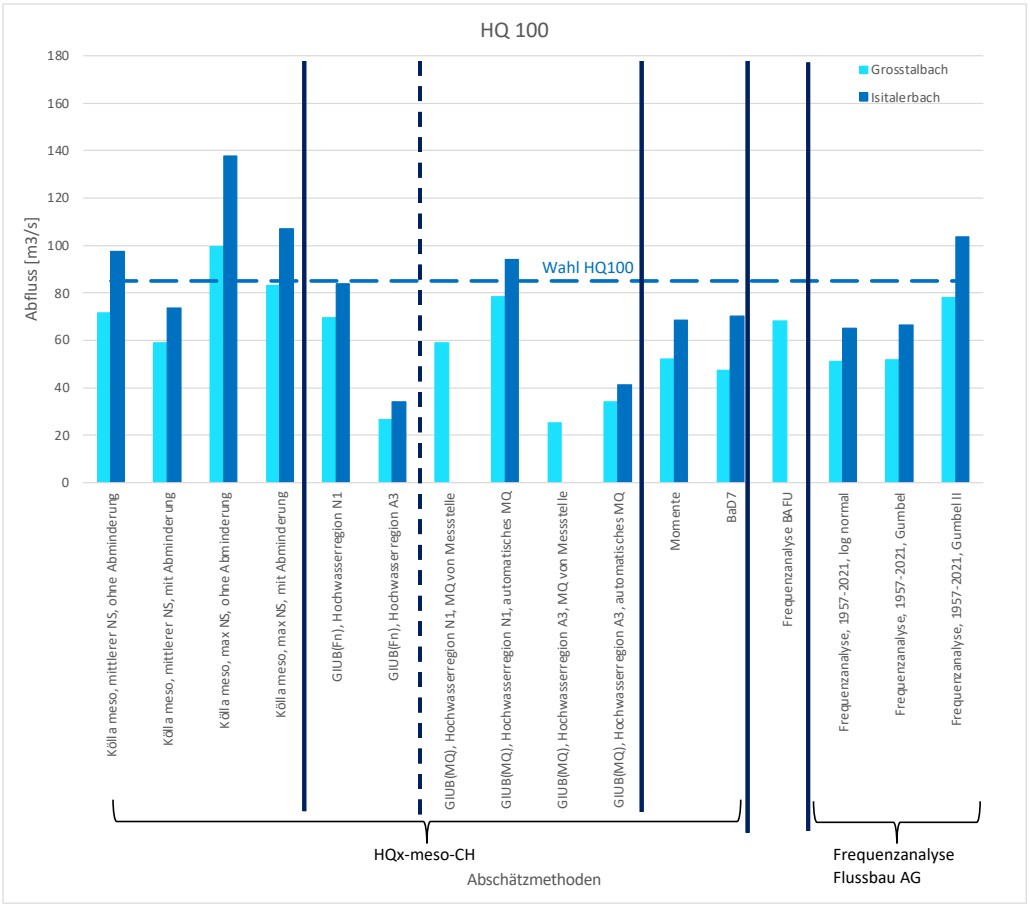
Flussbau AG, 25.02.2022

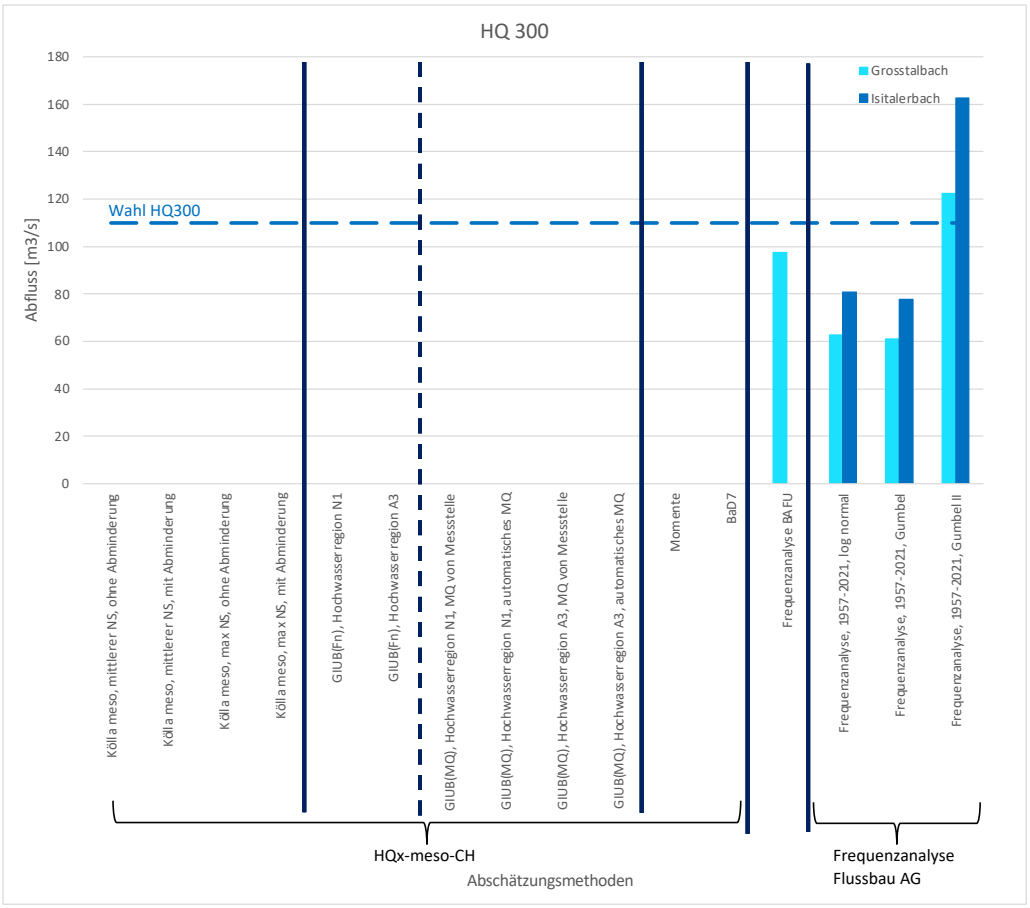
Anhang II

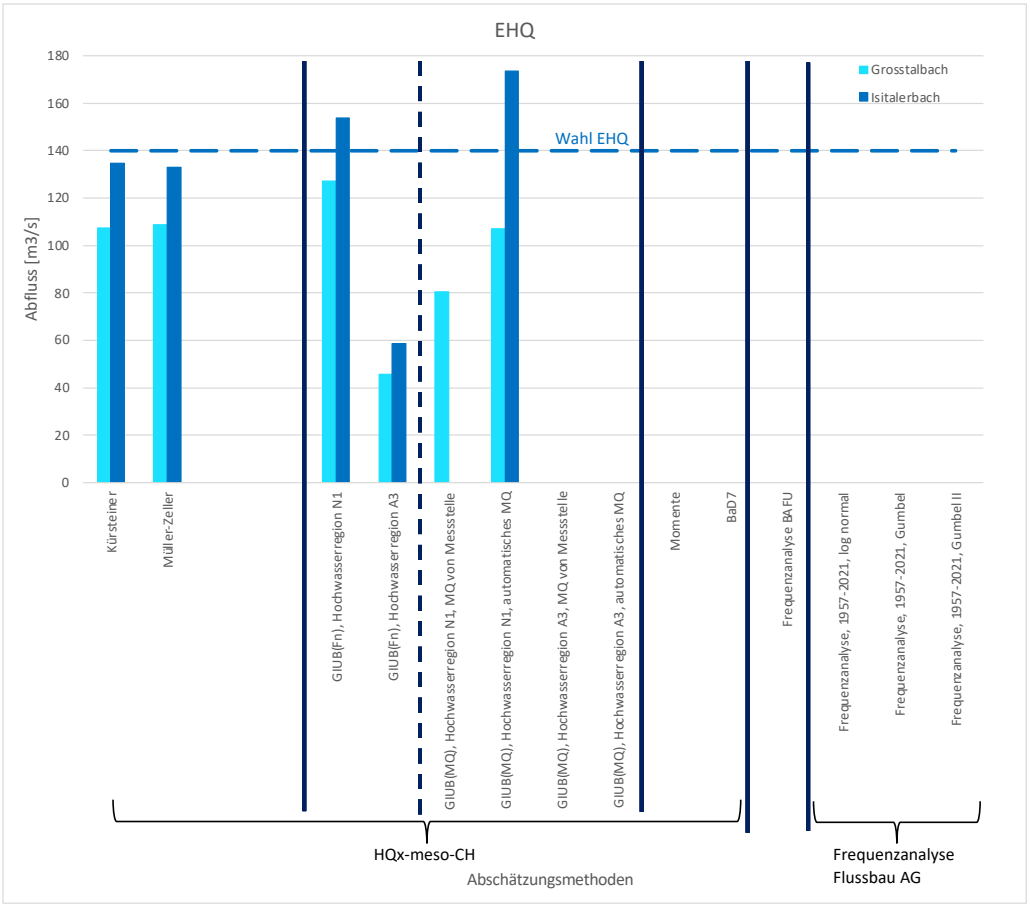
Resultate Abschätzung Hochwasserabflüsse

Vergleich der verschiedenen Abschätzmethoden und Frequenzanalysen
für HQ_{30}, HQ_{100}, HQ_{300} und EHQ


HQ 30
Grosstalbach
Isitalerbach
Abfluss [m3/s]
Wahl HQ30
Kölla meso, mittlerer NS, ohne Abminderung
Kölla meso, mittlerer NS, mit Abminderung
Kölla meso, max NS, ohne Abminderung
Kölla meso, max NS, mit Abminderung
GIUB(Fn), Hochwasserregion N1
GIUB(Fn), Hochwasserregion A3
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, automatisches MQ
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, automatisches MQ
Momente
BaD7
Frequenzanalyse BAFU
Frequenzanalyse, 1957-2021, log normal
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel II
HQx-meso-CH
Frequenzanalyse Flussbau AG
Abschätzungsmethoden


HQ 100
Grosstalbach
Isitalerbach
Abfluss [m3/s]
Wahl HQ100
Kölla meso, mittlerer NS, ohne Abminderung
Kölla meso, mittlerer NS, mit Abminderung
Kölla meso, max NS, ohne Abminderung
Kölla meso, max NS, mit Abminderung
GIUB(Fn), Hochwasserregion N1
GIUB(Fn), Hochwasserregion A3
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, automatisches MQ
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, automatisches MQ
Momente
BaD7
Frequenzanalyse BAFU
Frequenzanalyse, 1957-2021, log normal
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel II
HQx-meso-CH
Frequenzanalyse Flussbau AG
Abschätzmethoden


HQ 300
Grosstalbach
Isitalerbach
Wahl HQ300
Abfluss [m3/s]
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
Kölla meso, mittlerer NS, ohne Abminderung
Kölla meso, mittlerer NS, mit Abminderung
Kölla meso, max NS, ohne Abminderung
Kölla meso, max NS, mit Abminderung
GIUB(Fn), Hochwasserregion N1
GIUB(Fn), Hochwasserregion A3
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, automatisches MQ
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, automatisches MQ
Momente
BaD7
Frequenzanalyse BAFU
Frequenzanalyse, 1957-2021, log normal
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel II
HQx-meso-CH
Frequenzanalyse Flussbau AG
Abschätzungsmethoden


EHQ
Grosstalbach
Isitalerbach
Wahl EHQ
Abfluss [m3/s]
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
Kürsteiner
Müller-Zeller
GIUB(Fn), Hochwasserregion N1
GIUB(Fn), Hochwasserregion A3
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion N1, automatisches MQ
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, MQ von Messstelle
GIUB(MQ), Hochwasserregion A3, automatisches MQ
Momente
BaD7
Frequenzanalyse BAFU
Frequenzanalyse, 1957-2021, log normal
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel
Frequenzanalyse, 1957-2021, Gumbel II
HQx-meso-CH
Frequenzanalyse Flussbau AG
Abschätzungsmethoden

Anhang III

Zusammenstellung Geschiebeentnahmen Isleten

Tabelle des Tiefbauamts des Kantons Uri

Isitalerbach, Bauen

Kontrolle der Geschiebeentnahmen

Jahr	m3	Abbau durch	Ereignis	Abbauzeit	Bemerkung
1972	2090	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1973	2210	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1975	2730	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1976	6520	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1977	3700	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1979	10050	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1980	5360	Arnold & Co. AG, Flüelen			
1981	5400	Arnold & Co. AG, Flüelen			
2005	8000	Arnold & Co. AG, Flüelen	24./25.8.2005	nach Ereignis	Sehr viel Geschiebe abtransportiert
2013	1600	Arnold & Co. AG, Flüelen	09.07.13	nach Ereignis	Verklappung von schlechtem Material
2021	?	Muheim macht's	Jul 21	nach Ereignis	Abflussrinne Delta freilegen
	953	plus Deltawachstum?			

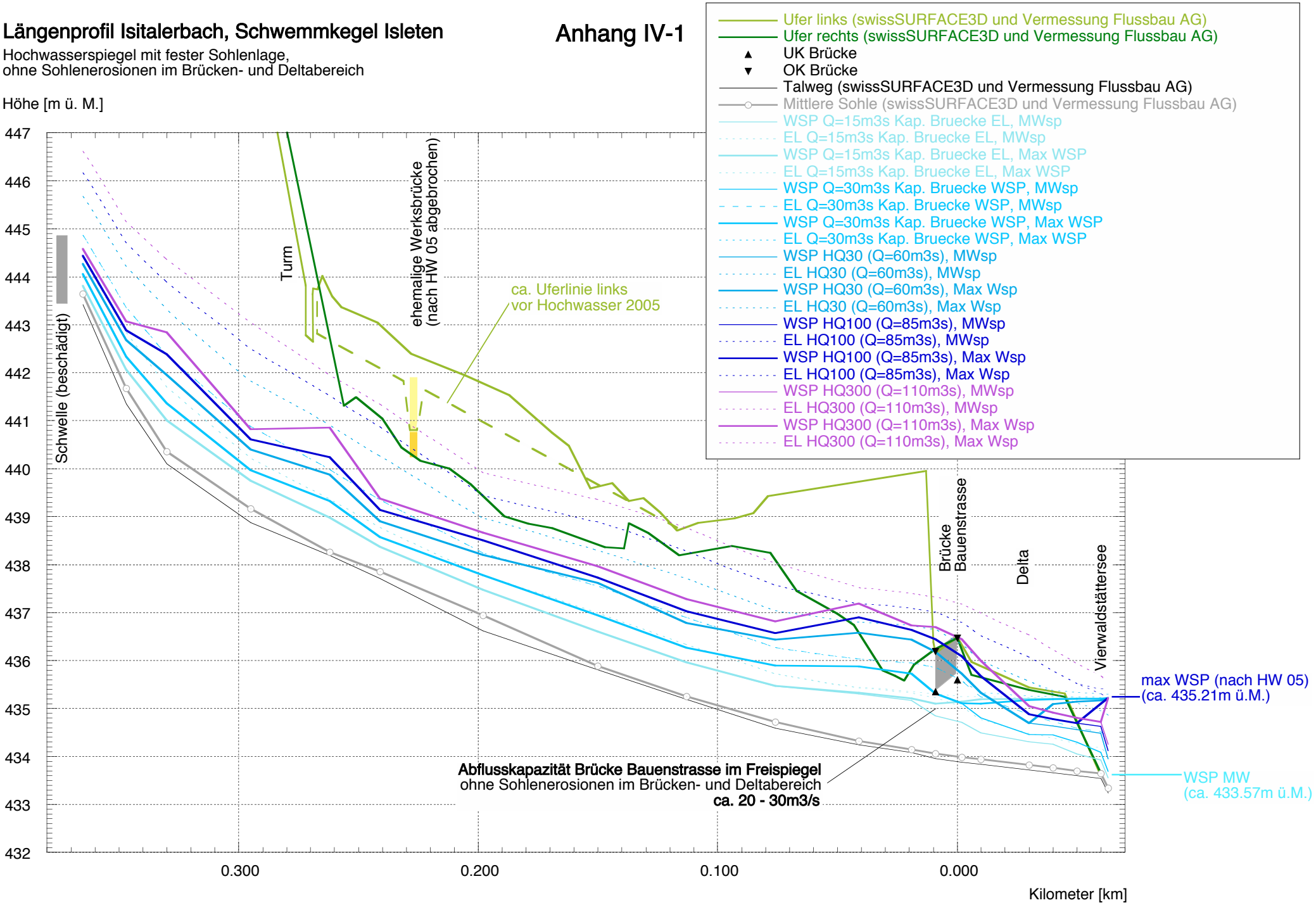
Anhang IV

Resultate 1-dimensionale Berechnungen mit fester Sohlenlage

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

Hochwasserspiegel mit fester Sohlenlage,
ohne Sohlenerosionen im Brücken- und Deltabereich

Anhang IV-1

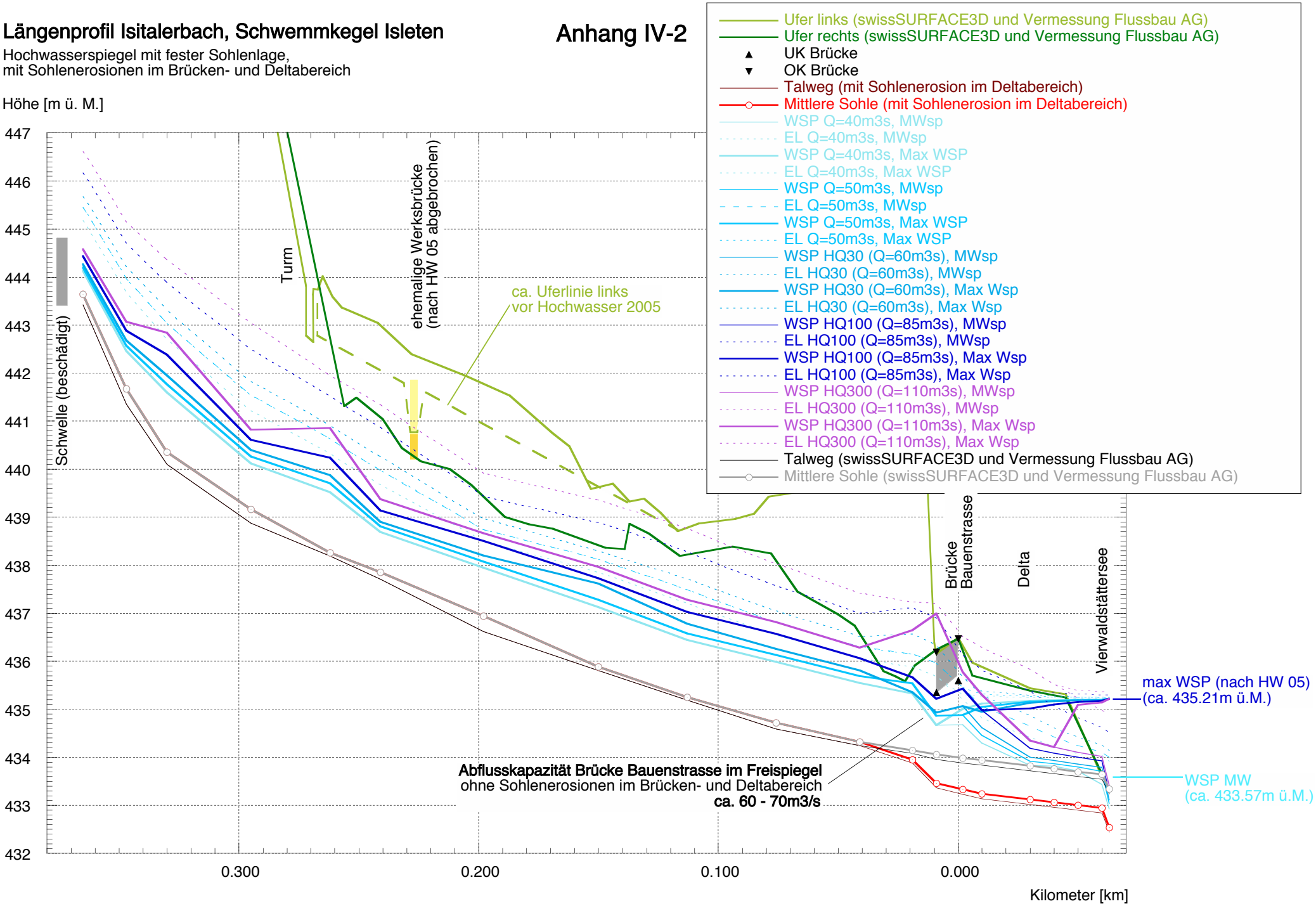


Flussbau AG, 25.02.2022

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

Hochwasserspiegel mit fester Sohlenlage,
mit Sohlenerosionen im Brücken- und Deltabereich

Anhang IV-2



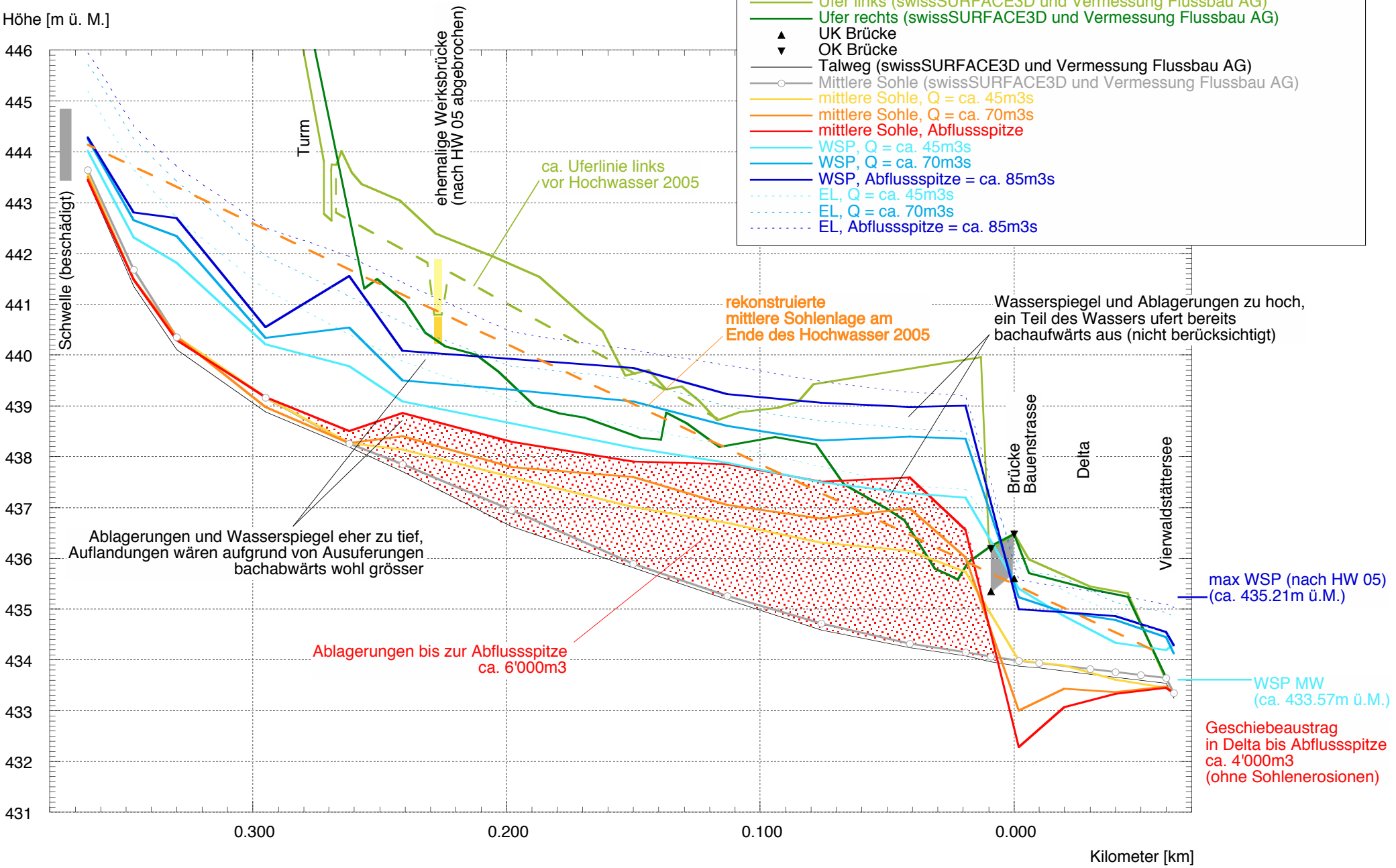
Flussbau AG, 24.02.2022

Anhang V

Resultate 1-dimensionale Berechnungen mit beweglicher Sohlenlage

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

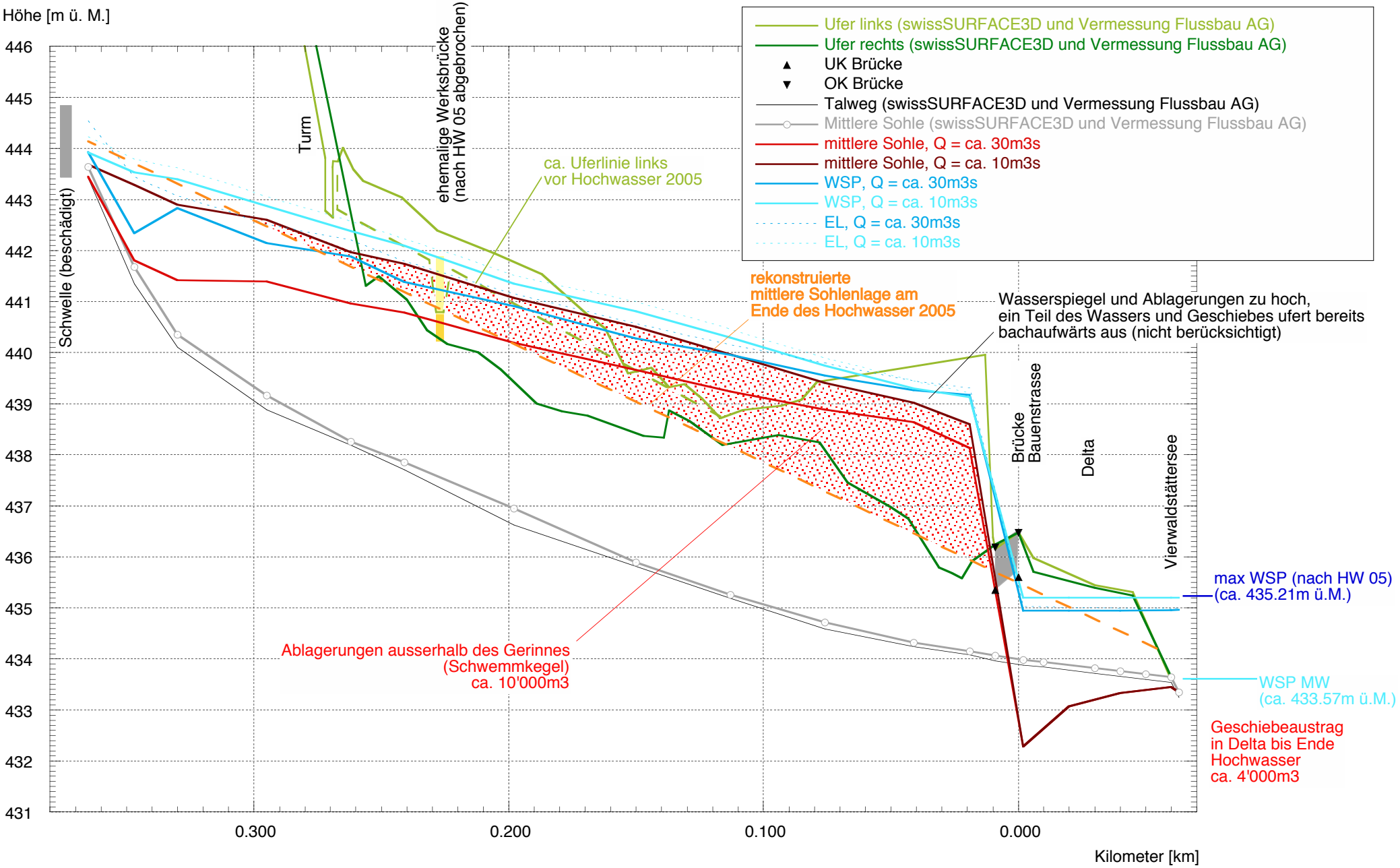
Hochwasserspiegel HQ100 auf beweglicher Sohle, GF = 25'000m3, d90 = 16cm, dm = 6cm
Phase 1 - Beginn Hochwasser bis ca. Abflussspitze, **ohne Berücksichtigung von Ausuferungen**



Flussbau AG, 25.02.2022

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

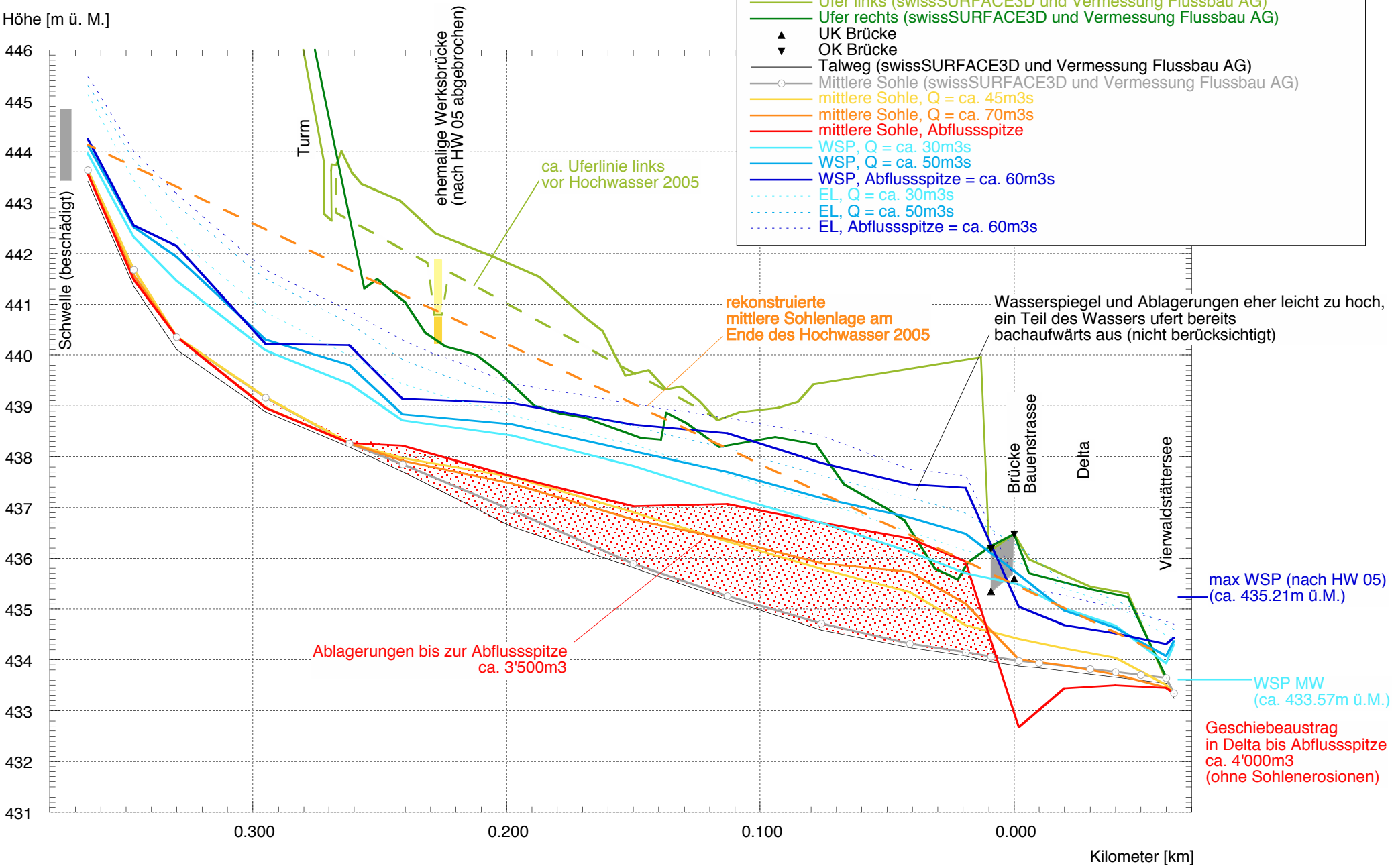
Hochwasserspiegel HQ100 auf beweglicher Sohle, GF = 25'000m3, d90 = 16cm, dm = 6cm
Phase 2 - ca. Abflussspitzei bis Ende Hochwasser, **ohne Berücksichtigung von Ausuferungen**



Flussbau AG, 25.02.2022

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

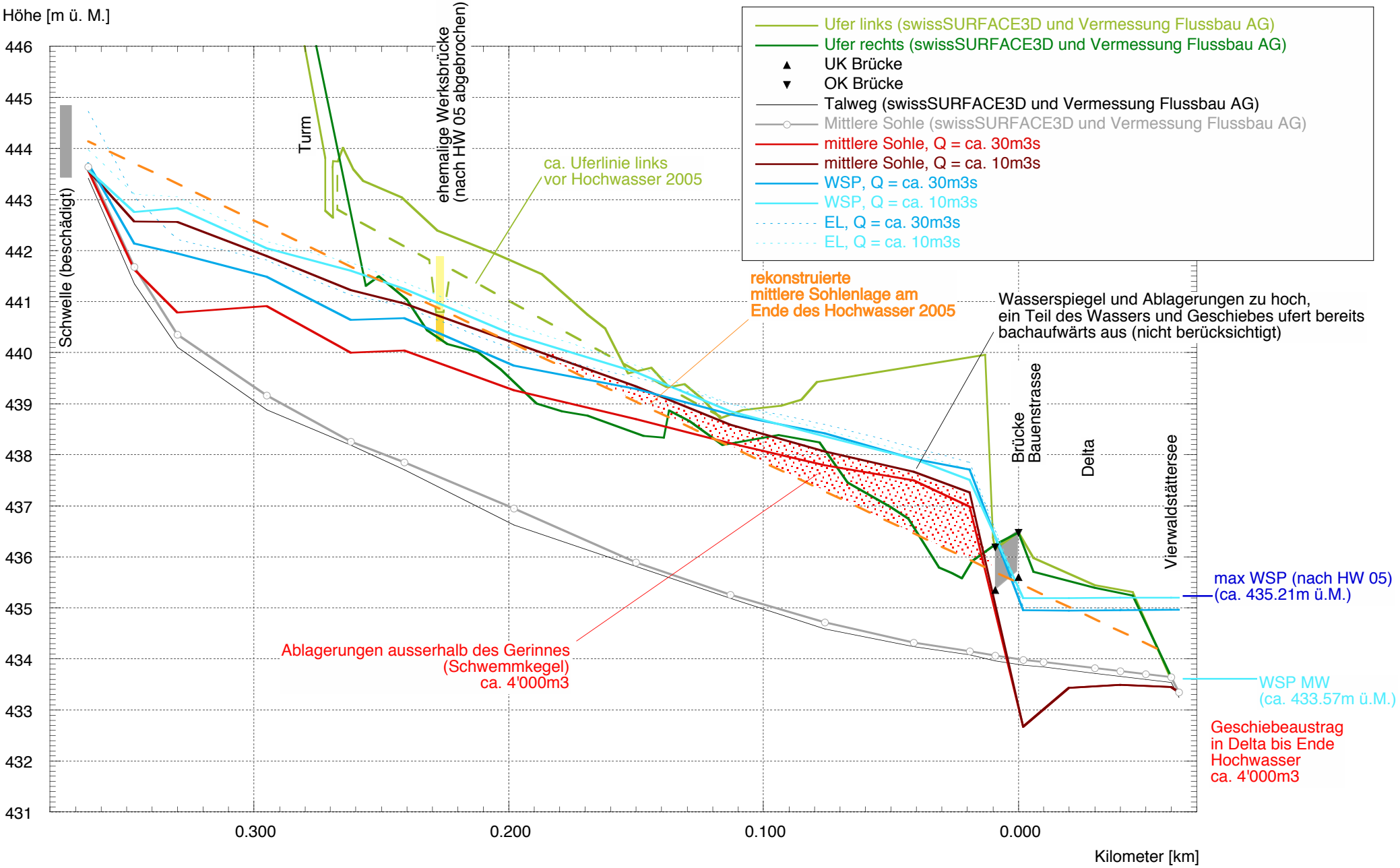
Hochwasserspiegel HQ30 auf beweglicher Sohle, GF = 18'000m3, d90 = 16cm, dm = 6cm
Phase 1 - Beginn Hochwasser bis ca. Abflussspitze, **ohne Berücksichtigung von Ausuferungen**



Flussbau AG, 25.02.2022

Längenprofil Isitalerbach, Schwemmkegel Isleten

Hochwasserspiegel HQ30 auf beweglicher Sohle, GF = 18'000m3, d90 = 16cm, dm = 6cm
Phase 2 - ca. Abflussspitzei bis Ende Hochwasser, **ohne Berücksichtigung von Ausuferungen**



Flussbau AG, 25.02.2022

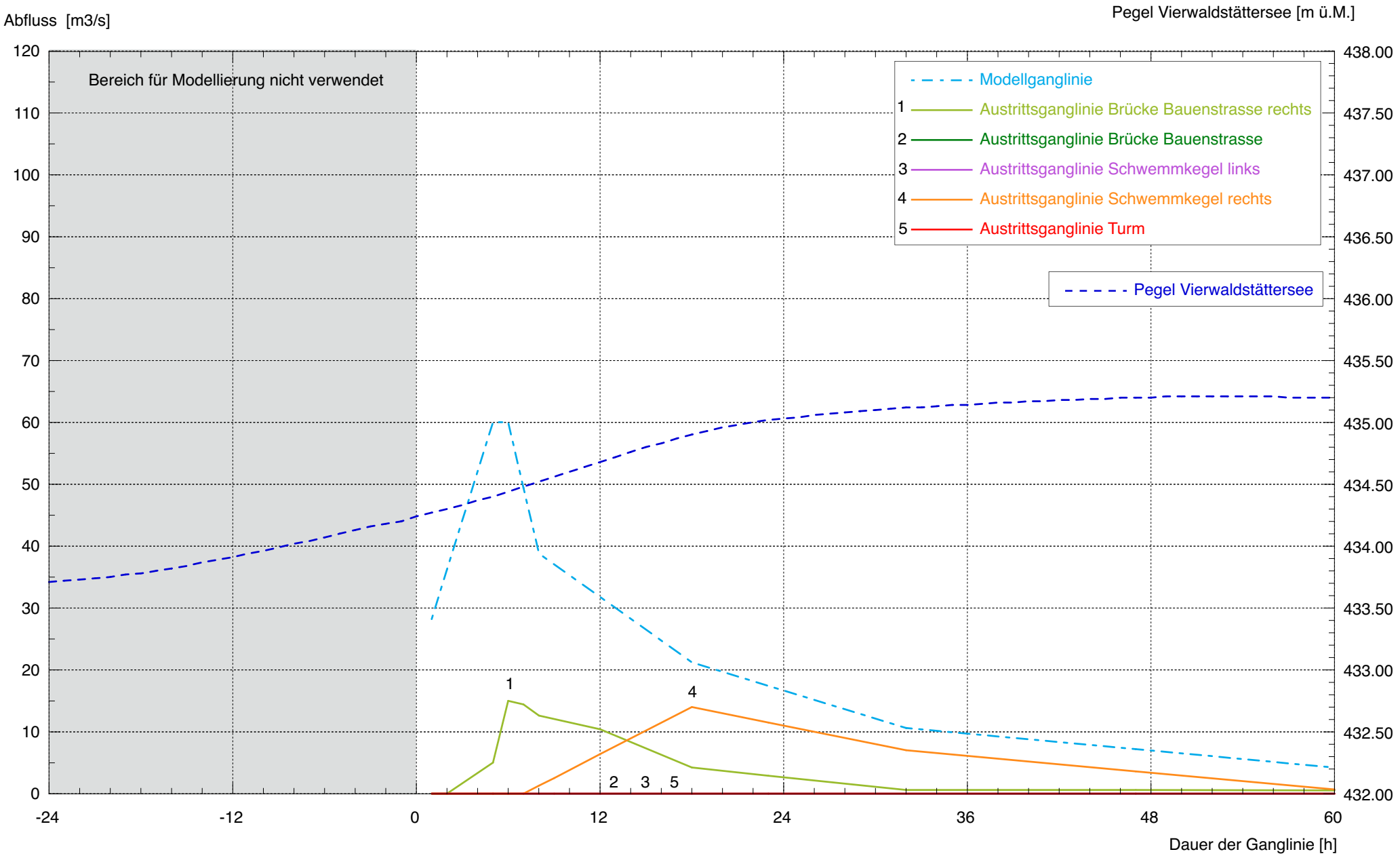
Anhang VI

Austrittsganglinien für 2D-Berechnungen

Austrittsganglinie Isitalerbach für 2D-Berechnungen, HQ30

Austrittsstellen gemäss Bild 20 direkt im Diagramm nummeriert

Anhang VI-1

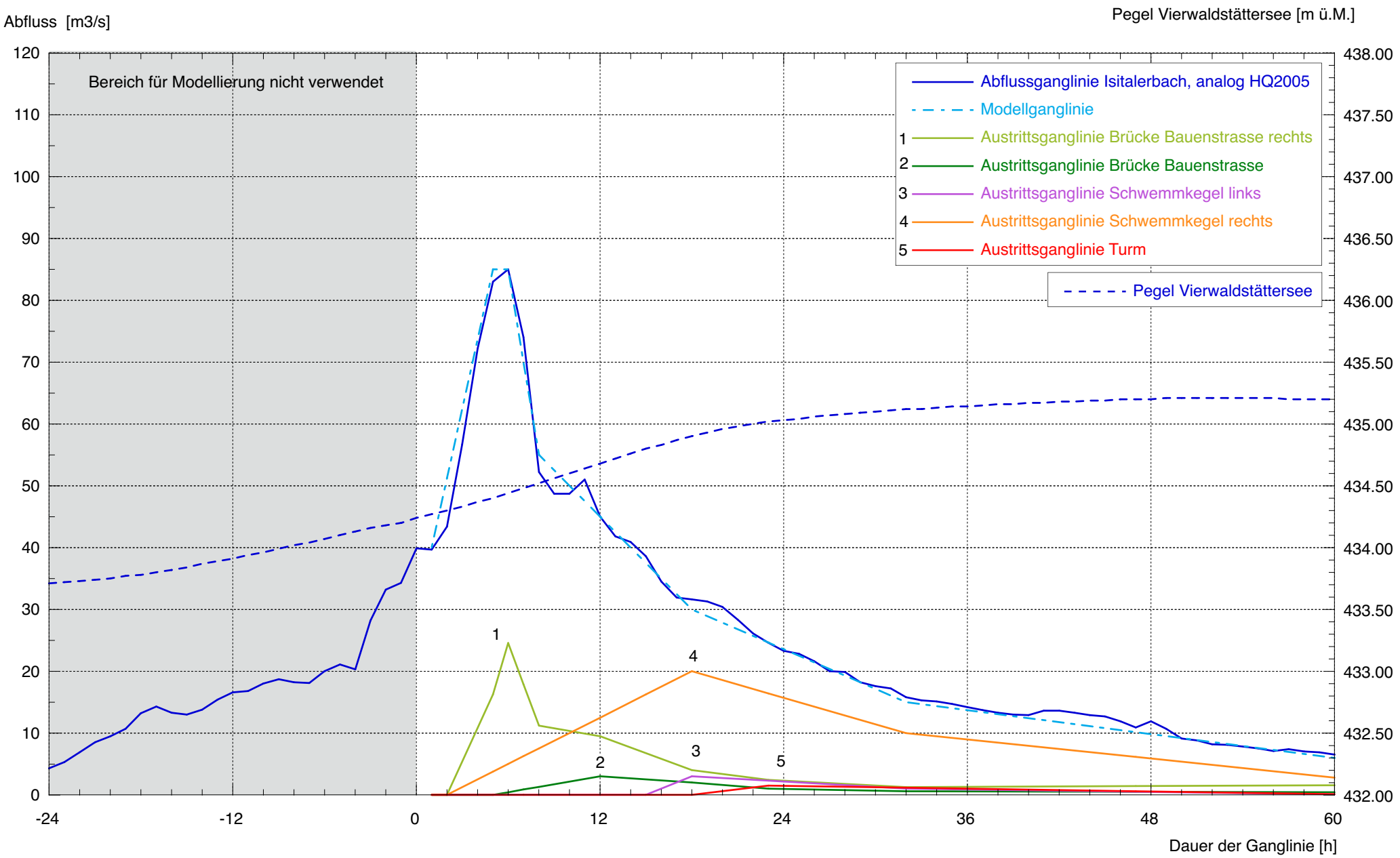


Flussbau AG, 10.05.2022

Austrittsganglinie Isitalerbach für 2D-Berechnungen, HQ100

Austrittsstellen gemäss Bild 20 direkt im Diagramm nummeriert

Anhang VI-2

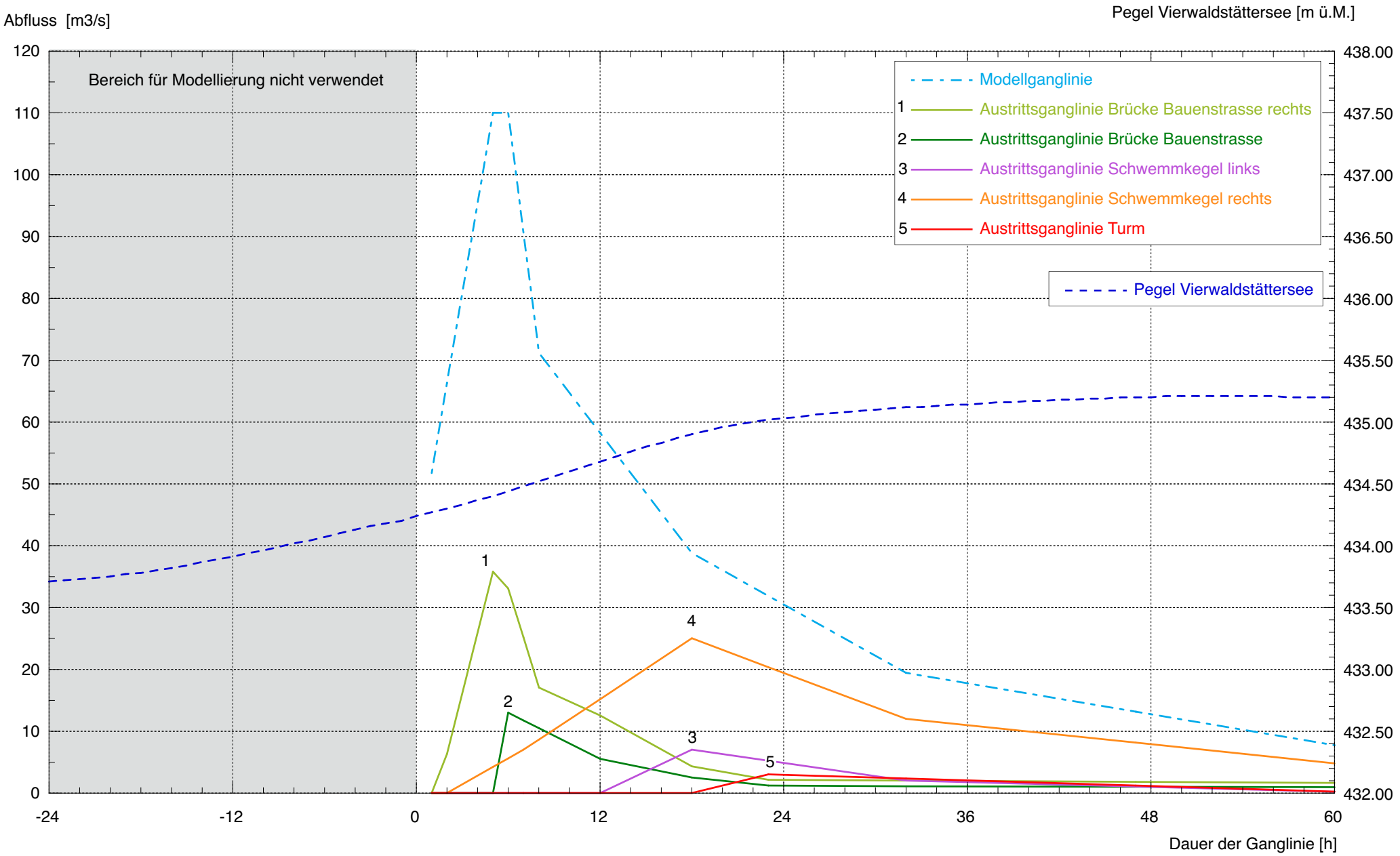


Flussbau AG, 10.05.2022

Austrittsganglinie Isitalerbach für 2D-Berechnungen, HQ300

Austrittsstellen gemäss Bild 20 direkt im Diagramm nummeriert

Anhang VI-3



Flussbau AG, 10.05.2022

Anhang VII

Abschätzung Freibord nach KOHS

Bestimmung Freibord gemäss KOHS-Empfehlung

Isitalerbach - Schwemmkegel Isleten

ohne Berücksichtigung von Sohlenveränderungen

erforderliches Freibord f_e	**berechnet MIN**	**berechnet Mittel**	**berechnet MAX**	**gerundet** (Grenzwerte berücksichtigt)	**Bemerkung**
Abfluss Q [m^3/s]	85.0	85.0	85.0		HQ_{100}
Fliesstiefe h [m]	2.45	2.70	3.05		mittlere Fliesstiefe
Fliessgeschwindigkeit v [m/s]	3.65	4.35	5.15		mittlere Geschwindigkeit
σ_{wz} [m] (Sohlenlage)	0.00	0.00	0.00		ohne Berücksichtigung Sohlenveränderungen
σ_{wh} [m] (Abflusstiefe)	0.21	0.22	0.24		Gl. (3)
f_w [m]	0.21	0.22	0.24		Gl. (2)
f_v [m]	0.68	0.96	1.35		Gl. (4)
f_t [m]	1.00	1.00	1.00		wenig Holz, maximal kleine Stämme und Wurzelstöcke
f_e Einschnitt [m]	0.21	0.22	0.24	**0.3**	$f_e = \sigma_{wh}$
f_e Damm/Kegel [m]	0.71	0.99	1.37	**1.0**	f_e aus Gl. (1) mit f_w und f_v
f_e Brücke [m]	1.23	1.41	1.70	**1.5**	f_e aus Gl. (1) mit f_w, f_v und f_t

$$f_{min} \le f_e = \sqrt{f_w^2 + f_v^2 + f_t^2} \le f_{max} \qquad (1)$$

$$f_w = \sigma_w = \sqrt{\sigma_{wz}^2 + \sigma_{wh}^2} \qquad (2)$$

$$\sigma_{wh} = 0.06 + 0.06\,h \qquad (3)$$

$$f_v = \frac{v^2}{2g} \qquad (4)$$

Bestimmung Freibord gemäss KOHS-Empfehlung

Isitalerbach - Schwemmkegel Isleten

mit Berücksichtigung von Sohlenveränderungen

erforderliches Freibord f_e	**berechnet MIN**	**berechnet Mittel**	**berechnet MAX**	**gerundet** (Grenzwerte berücksichtigt)	**Bemerkung**
Abfluss Q [m^3/s]	85.0	85.0	85.0		HQ_{100}
Fliesstiefe h [m]	2.45	2.70	3.05		mittlere Fliesstiefe
Fliessgeschwindigkeit v [m/s]	3.65	4.35	5.15		mittlere Geschwindigkeit
σ_{wz} [m] (Sohlenlage)	2.00	2.80	3.50		mit Berücksicht. Sohlenveränderungen (analog HW 2005)
σ_{wh} [m] (Abflusstiefe)	0.21	0.22	0.24		Gl. (3)
f_w [m]	2.01	2.81	3.51		Gl. (2)
f_v [m]	0.68	0.96	1.35		Gl. (4)
f_t [m]	1.00	1.00	1.00		wenig Holz, maximal kleine Stämme und Wurzelstöcke
f_e Einschnitt [m]	0.21	0.22	0.24		$f_e = \sigma_{wh}$
f_e Damm/Kegel [m]	2.12	2.97	3.76		f_e aus Gl. (1) mit f_w und f_v
f_e Brücke [m]	2.35	3.13	3.89		f_e aus Gl. (1) mit f_w, f_v und f_t

$$f_{min} \le f_e = \sqrt{f_w^2 + f_v^2 + f_t^2} \le f_{max} \quad (1)$$

$$f_w = \sigma_w = \sqrt{\sigma_{wz}^2 + \sigma_{wh}^2} \quad (2)$$

$$\sigma_{wh} = 0.06 + 0.06\,h \quad (3)$$

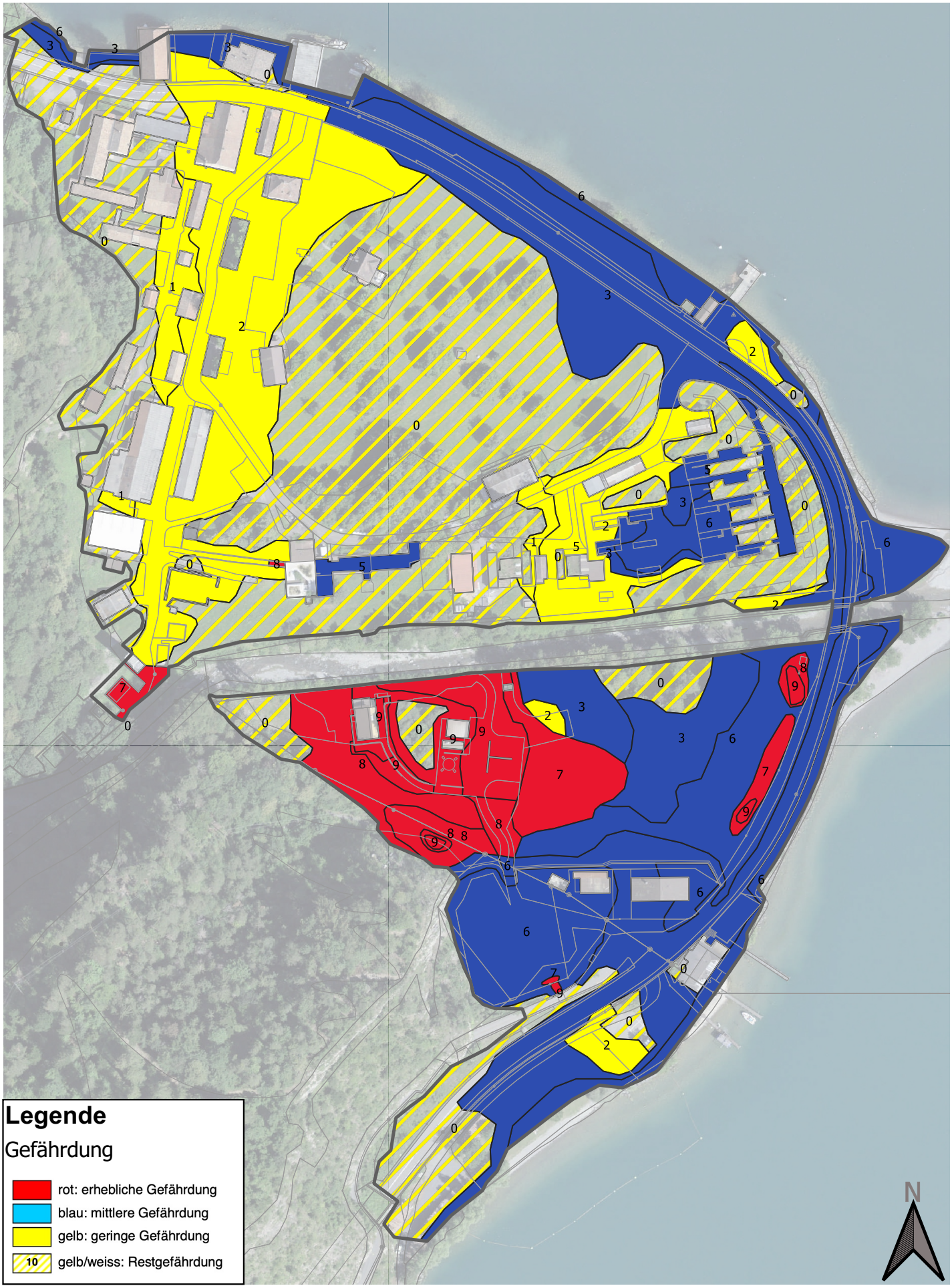
$$f_v = \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Anhang VIII

Gefahrenkarte und Intensitätskarten

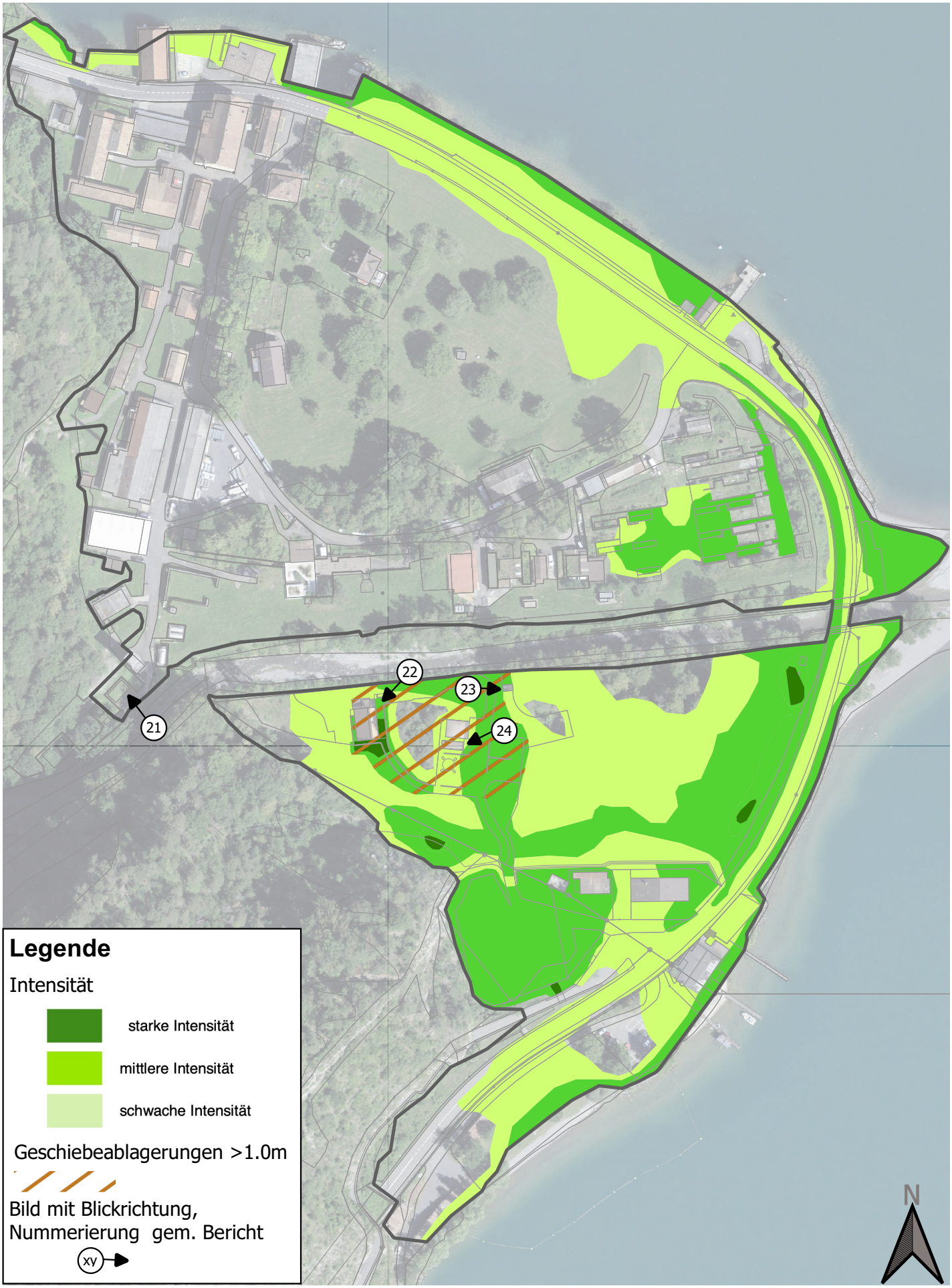
HQ_{30}, HQ_{100} und HQ_{300}

Gefahrenkarte Wasser und Geschiebe, 1:2'000



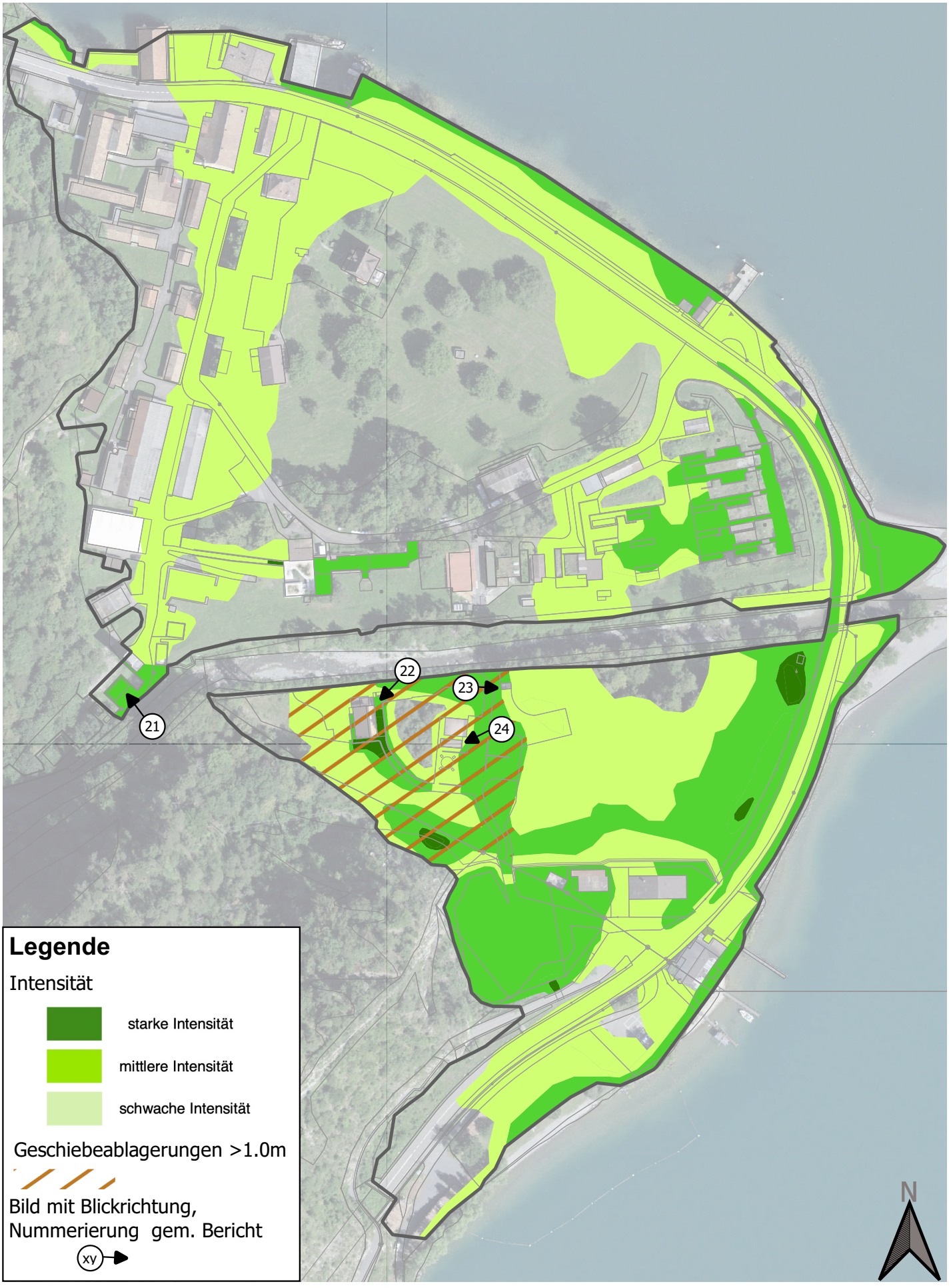
Flussbau AG, 24.06.2022

Intensitätskarte Wasser HQ30, 1:2'000



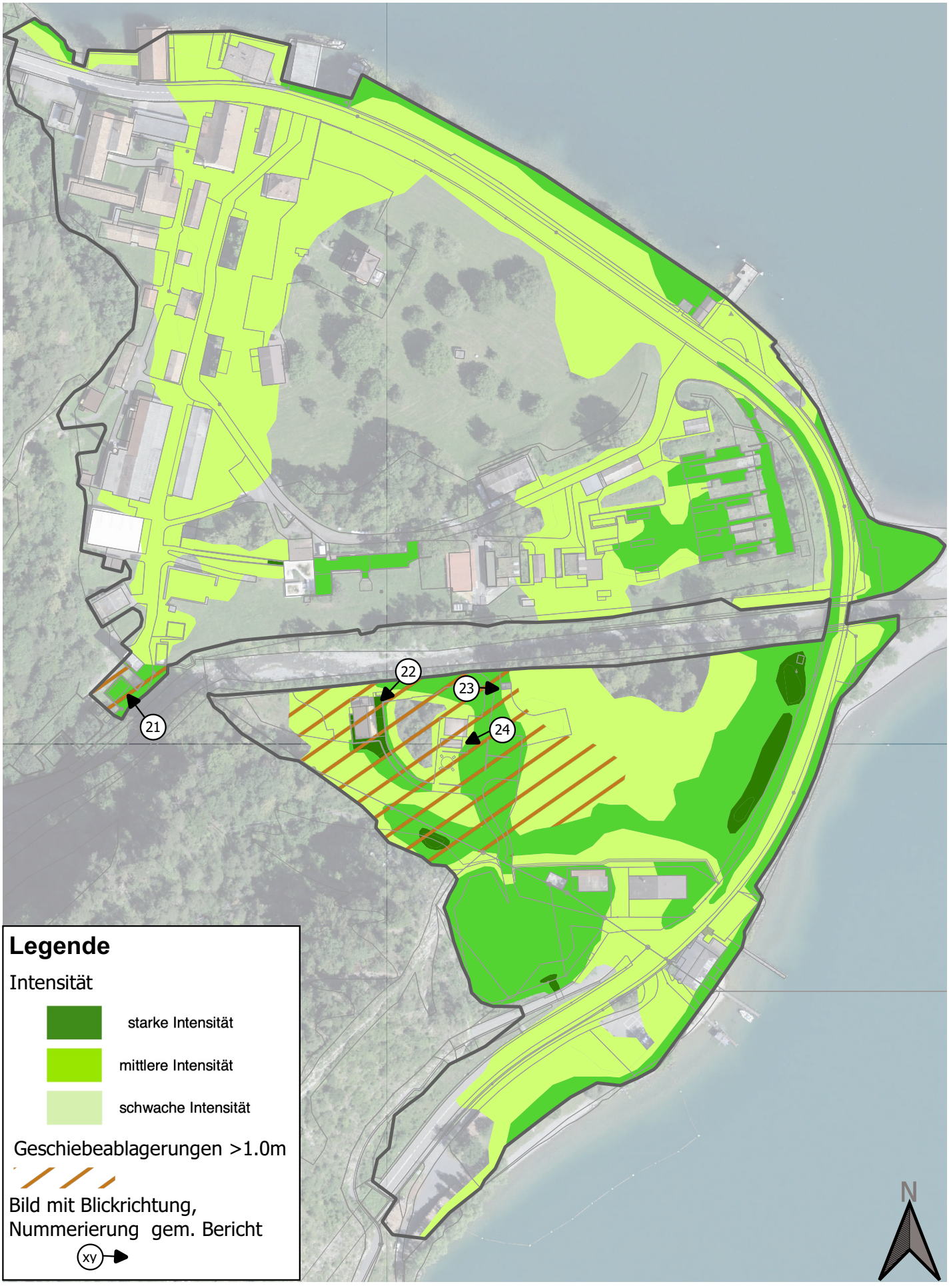
Flussbau AG, 24.06.2022

Intensitätskarte Wasser HQ100, 1:2'000



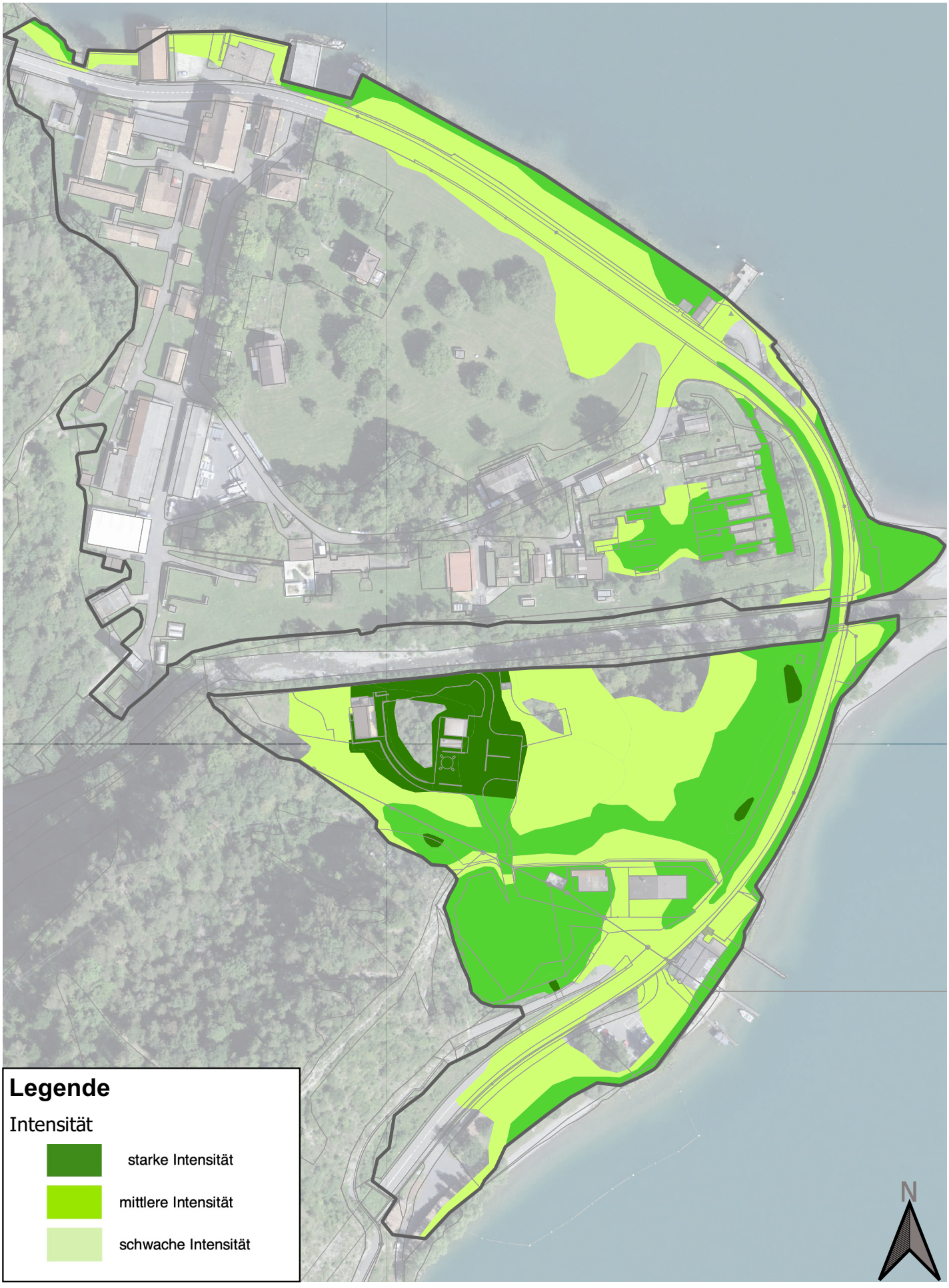
Flussbau AG, 24.06.2022

Intensitätskarte Wasser HQ300, 1:2'000



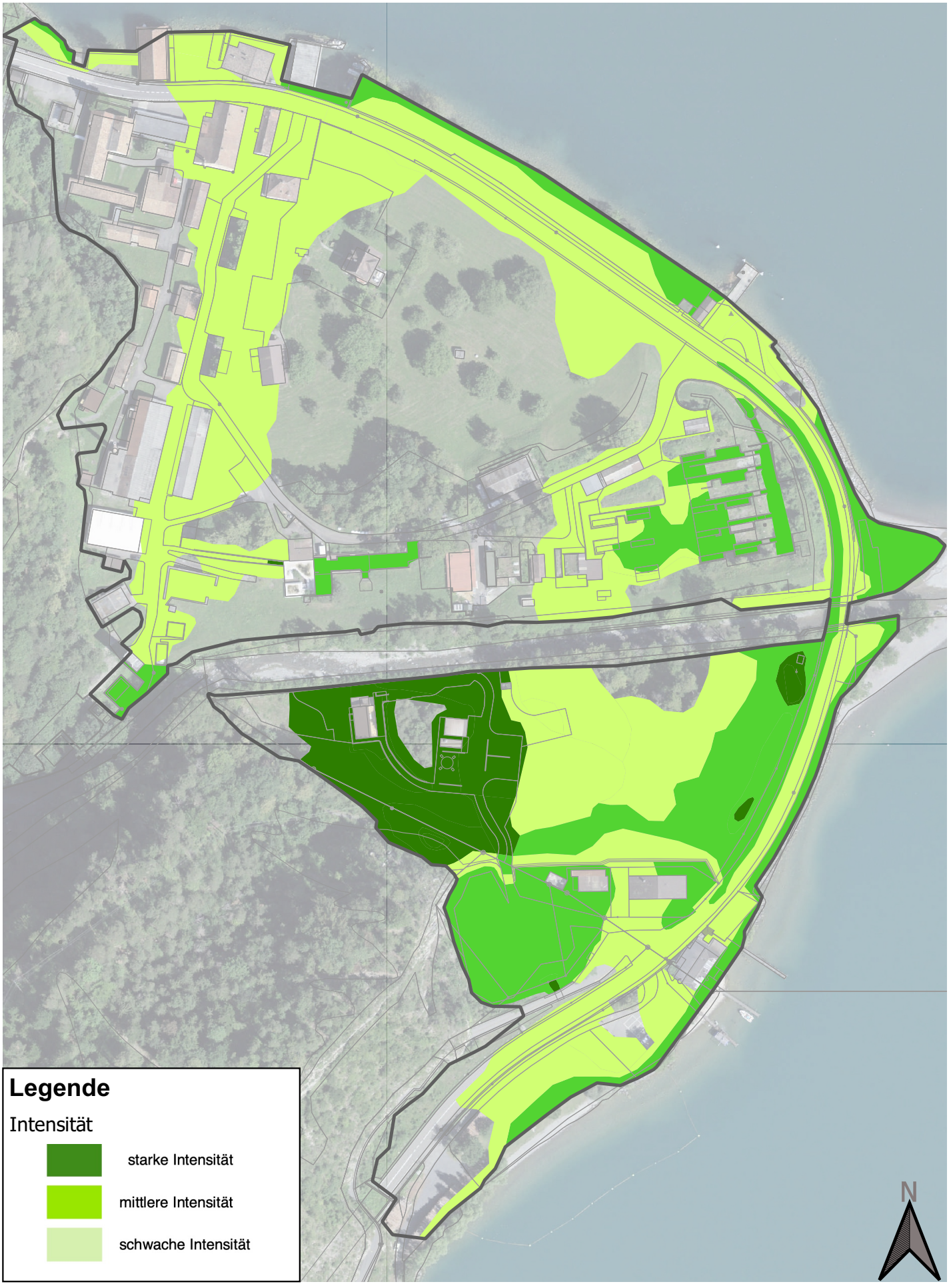
Flussbau AG, 24.06.2022

Intensitätskarte Wasser und Geschiebe HQ30, 1:2'000



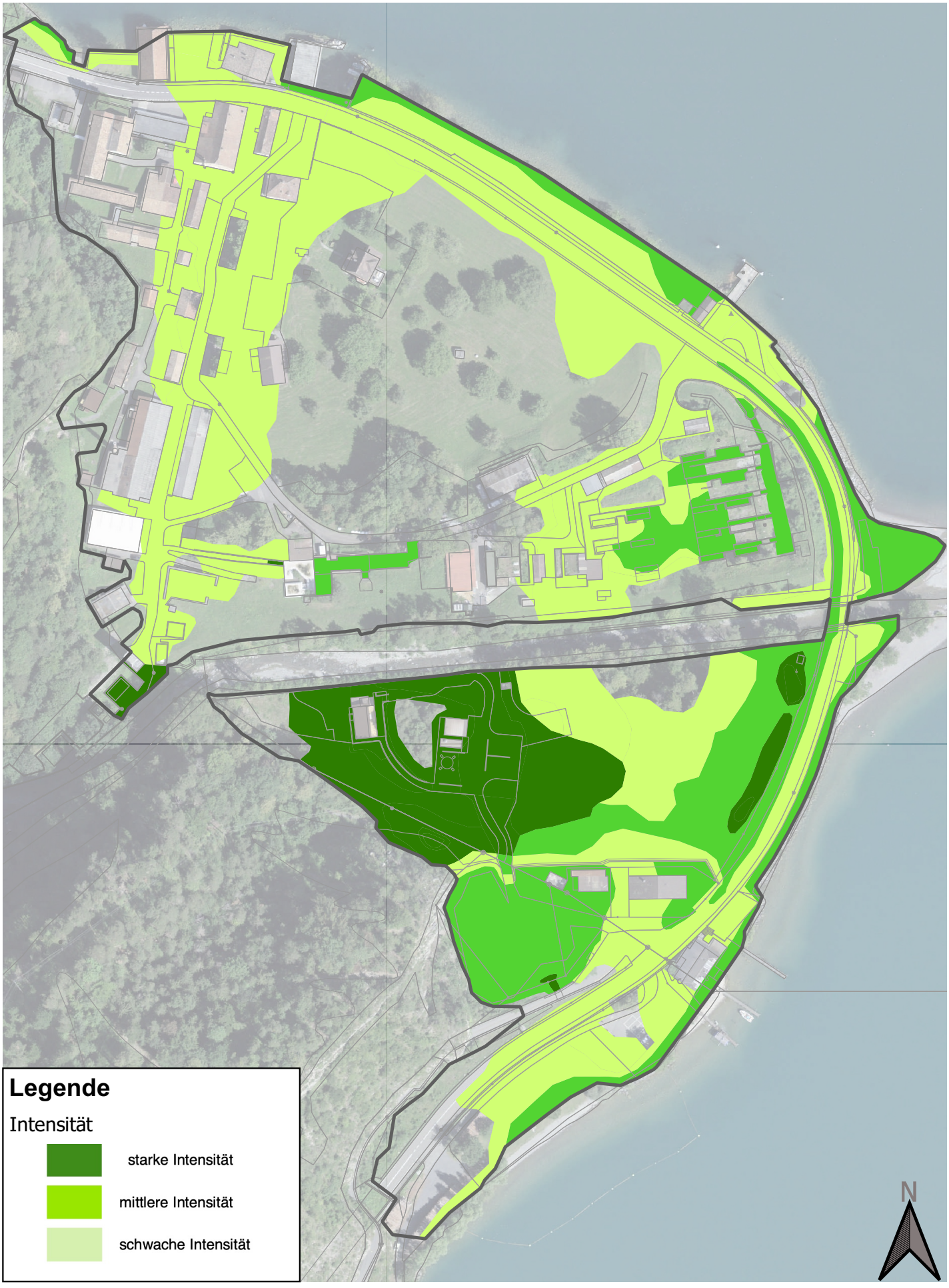
Flussbau AG, 24.06.2022

Intensitätskarte Wasser und Geschiebe HQ100, 1:2'000



Flussbau AG, 24.06.2022

Intensitätskarte Wasser und Geschiebe HQ300, 1:2'000



Flussbau AG, 24.06.2022