



Gemeinde Lichtenstein

Untersuchung zum Hochwasser- schutz entlang der Echaz

GUTACHTEN

Stand: November 2016



Aufgestellt:

B. Eng. Steffen Jäger
Dipl.-Ing. (FH) Martin Seckel-Schmidt

FRITZ Planung GmbH
Am Schönblick 1
72574 Bad Urach

Bad Urach, den 30.11.2016

i.A. B.Eng. Steffen Jäger

i.V. Dipl.-Ing. (FH) Martin Seckel-Schmidt

INHALTSVERZEICHNIS

1	ANLASS UND ZWECK	5
2	ZWEIDIMENSIONALES ABFLUSSMODELL	5
2.1	ERLÄUTERUNG ZUM MODELL.....	5
2.2	ARBEITSSCHRITTE.....	5
2.2.1	<i>Streupunkt-Modul</i>	5
2.2.2	<i>Design-Modul</i>	6
2.2.3	<i>Netz-Modul</i>	7
2.2.4	<i>Hydraulik-Modul</i>	7
2.3	MODELL: HWGK ABGLEICH UND IST ZUSTAND WORST CASE.....	7
2.4	IN DER BERECHNUNG NICHT ERFASSBARE RANDBEDINGUNGEN.....	8
3	HYDROLOGIE	9
3.1	EINZUGSGEBIETE.....	9
3.1.1	<i>Standortwahl für mögliche Hochwasserrückhaltebecken</i>	11
3.1.2	<i>hydrologische Berechnung - Ausgangswerte</i>	11
3.1.2.1	Regionalisierungsverfahren Hochwasserabflüsse BaWü.....	11
3.1.2.2	Verfahren nach Lutz.....	12
3.1.3	<i>hydrologische Berechnung - Reißbach</i>	16
3.1.3.1	Ergebnisse der Berechnung nach Lutz.....	19
3.1.3.2	Abfluss Reißbach mit Klimafaktor.....	19
3.1.4	<i>hydrologische Berechnung - Stahleckerbach</i>	20
3.1.4.1	Ergebnisse der Berechnung nach Lutz.....	22
3.1.4.2	Abfluss Stahleckerbach mit Klimafaktor.....	22
3.2	SPEICHERWIRKUNGSLINIE - KLIMAFAKTOR.....	23
3.3	ZUSAMMENFASSUNG HYDROLOGIE.....	24
4	ABWEICHUNGEN ZUR HOCHWASSERGEFAHRENKARTE	25
4.1	REIßBACHVERDOLUNG.....	25
4.2	STAHLECKERBACH.....	27
4.3	LANGWIESENBACH.....	28
4.4	WASSERKRAFTANLAGEN T5 UND T6.....	29
4.5	WASSERKRAFTANLAGE T8.....	31
4.6	WASSERKRAFTANLAGE T12.....	33
5	HOCHWASSERRÜCKHALTEBECKEN UND AUSBAUVORSCHLÄGE INNERORTS	36
5.1	HOCHWASSERRÜCKHALTEBECKEN REIßBACH.....	36
5.2	HOCHWASSERRÜCKHALTEBECKEN STAHLECKERBACH.....	37
5.3	AUSBAUABSCHNITT 1: ECHAZ - FLUTMULDE UND GEWÄSSERAUSBAU.....	38
5.4	AUSBAUABSCHNITT 2: ECHAZ - DAMM UND GEWÄSSERAUSBAU.....	41
5.5	AUSBAUABSCHNITT 3: ZULAUF STAHLECKER BACH IN DIE ECHAZ.....	44
5.6	AUSBAUABSCHNITT 4: STAHLECKER BACH UND DAMMBAUWERK.....	46
5.7	AUSBAUABSCHNITT 5: ECHAZ - ZWISCHEN MOLTKE- UND SIEMENSSTRAßE.....	48
5.8	AUSBAUABSCHNITT 6: ECHAZ – MOLTKESTRASSE 49 BIS BRÜCKE KAISERSTRASSE.....	51
5.9	AUSBAUABSCHNITT 7: ECHAZ – WASSERKRAFTANLAGE T8 BIS T12.....	53
5.10	AUSBAUABSCHNITT 8: ECHAZ – WKA T8 BIS BRÜCKE BAHNHOFSTRASSE.....	57
5.11	AUSBAUABSCHNITT 9: ECHAZ – LUDWIGSTR. BIS ZULAUF LANGWIESENBACH.....	59
5.12	AUSBAUABSCHNITT 10: ECHAZ – ZULAUF LANGWIESENBACH BIS PAPPELWEG 15.....	62
5.13	AUSBAUABSCHNITT 11: ECHAZ – UMLAUF WKA T5 BIS IM WEIHER 3.....	64
6	KOSTENRAHMEN	68
6.1	KOSTENRAHMEN - ABSCHNITTE 1 BIS 11 UND RÜCKHALTEBECKEN.....	68
6.2	KOSTENRAHMEN - ABSCHNITTE 1 BIS 11 UND RÜCKHALTEBECKEN - ALTERNATIV.....	69
7	ZUSAMMENFASSUNG	70

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1: DVD – Rehm Ergebnisabdruck, Gutachten und Pläne als PDF**
- Anlage 2: Niederschlagshöhen und-spenden**
- Anlage 3: Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg**
- Anlage 4: Übersichtslageplan Segmente – Ist Zustand 2015**
- Anlage 5: Übersichtslageplan Auswirkung Ausbauabschnitte ohne Rückhaltedämme**
- Anlage 6: Übersichtslageplan Ausbauabschnitte und Dämme
Reißenbach – Rückhaltebecken mit Höhenlinien
Stahleckerbach – Rückhaltebecken mit Höhenlinien
Ausbauabschnitte**
- Anlage 7: Echaz - Längenschnitte**
- Anlage 8: Lagepläne Berechnung – Abgleich mit HWGK**
- Anlage 9: Lagepläne Berechnung – Ist Zustand 2015**

1 Anlass und Zweck

Das Gutachten soll aufzeigen, welche Möglichkeiten die Gemeinde Lichtenstein zum Schutz des Gemeindegebietes gegen Hochwasser aus der Echaz und aus den Seitengewässern Reißen- und Stahleckerbach hat.

Als Ausgangsdaten dienen hierzu die vom Land Baden-Württemberg erstellten Hochwassergefahrenkarten (HWGK) und die dafür durchgeführten Vermessungen.

Des Weiteren wurden Vermessungen vor Ort durchgeführt um fehlende Daten zu ergänzen.

2 Zweidimensionales Abflussmodell

2.1 Erläuterung zum Modell

Um das Hochwasserverhalten des Gewässers sowie Verzweigungen und seitliche Zuflüsse zum Gewässer zu simulieren, wurde das Programm „Fluss“ (Versionen 13.) der Firma Rehm Software GmbH verwendet.

Zweidimensionale Abflussmodelle berücksichtigen ein flächenhaftes Strömungsverhältnis in x- und y-Richtung. Diese Richtungen sind in und quer zur Fließrichtung berücksichtigt. Die Fließgeschwindigkeit und Tiefe in der z-Richtung werden durch gemittelte Werte dargestellt.

Das Modell verwendet für diese Berechnungen ein dreidimensionales Modell des zu berechnenden Gebietes. Hierfür wird mit der Finiten Volumen-Methode gerechnet.

2.2 Arbeitsschritte

Das „Fluss“ Programm beinhaltet vier Arbeits-Module. Die drei ersten Module (Streupunkt-, Design- und Netzmodul) werden für die Vorbereitung der Berechnung verwendet. Das letzte Modul, Hydraulik, wird für die Berechnung und die Ergebnisausgabe verwendet.

2.2.1 Streupunkt-Modul

Für die Berechnung wird ein Gelände Modell des zu berechnenden Gebietes benötigt. Dieses digitale Geländemodell (DGM) wurde aus den Laserscanning (Befliegungsdaten) und den Profilen der Hochwassergefahrenkarten-Vermessung erstellt.

Für die Berechnung der Gemeinde Lichtenstein wurde der Fritz Planung ein bereits vorhandenes DGM durch das RP Tübingen bereitgestellt. Fehlende Bereiche (z.B. Reißenbach) wurden durch die Befliegungsdaten und der eigenen Vermessungsleistung der Fritz Planung ergänzt und erzeugt.

Im Streupunkt Modul musste eine Ausdünnung der Laserscanning Daten vorgenommen werden. Die Ausdünnung ist erforderlich, da eine Fläche von 1 km² im Laserscanning 1 Million Punkte beinhalten. Diese Genauigkeit ist nicht in allen Bereichen des Untersuchungsgebietes erforderlich und würde außerdem zu einer hohen Rechenzeit führen.

2.2.2 Design-Modul

Nach der Aufbereitung des DGM's werden im Design-Modul die Rauigkeit der einzelnen Flächen festgelegt. Für das Festlegen der Flächen muss im „Fluss“ Programm zwischen 2 Grundsätzlichen Netzdreiecken unterschieden werden: der Patch-Methode für den Flussbereich und die Paving-Methode für den Rest.

In der Patch-Methode für Flussschläuche werden gleichmäßig angeordnete Dreiecke (Elemente) erzeugt. Diese orientieren sich an den Werten der vermessenen Flussprofile und der Uferlinien.

Das Vorland wird durch die Paving-Methode erzeugt. Grundlage für diese erzeugten Berechnungsdreiecke sind die Höhendaten der Laservermessung.

Beide Methoden bestimmen durch die Anzahl der Punkte entlang der Umrangungsgrenzen des jeweiligen Teilgebietes (Punkte im Polygon) die Größe der Netz-Elemente. Bei großen Elementen verringert sich die Anzahl, wodurch die Rechengeschwindigkeit erhöht wird.

Häuser und Hindernisse werden als nicht durchflossen definiert und erzeugen im Berechnungsnetz Löcher. Überflutete Keller, Tiefgaragen und ähnliches werden in der Berechnung nicht betrachtet.

Die für die Berechnung verwendeten Rauigkeitsbeiwerte stammen aus dem Fluss Programm, wurden jedoch mit mehreren Quellen abgeglichen. Zu den Quellen zählen Schneider Bautabelle, Bollrich & Preißler (1996), Lange & Lecher (1993) sowie der Firma LIKWID GmbH für den Neubau der Echazbrücke – Bahnhofstraße.

Außenbereich	
k_{st}	Bemerkung
0,1	Gebäude, Brückenbauteile
38	Grünflächen, Ackerflächen, Freiflächen
65	Asphalt, Parkplätze, Gehwege

Vorland/Böschung	
k_{st}	Bemerkung
20	Wiese mit Einzelgebüsch
30	Steinschichtung
38	Grünflächen, Bewuchs
50	Mauerwerk
60	Betonschalen, alter Beton, saubere Fläche

Gerinne und Durchlässe	
k_{st}	Bemerkung
25	raue Rampe
30	natürliches Gerinne, verkrautet
40	Brückenbereich, 2D Durchlässe
60	1D Durchlass (Verrohrung)

2.2.3 Netz-Modul

Im Netz-Modul werden die Bauwerke sowie die Zulauf- und Ablaufbedingungen definiert. Alle Zulaufmengen müssen wieder aus dem Gebiet ablaufen.

Durchlässe, Brücken, Wehre und Abstürze werden im Netz-Modul definiert.

Abstürze (Wehre) werden besonders in der Finite-Elemente-Methode benutzt, um größere Höhenunterschieden zu überwinden.

Durchlässe können eindimensional oder zweidimensional berechnet werden. Eindimensionale Durchlässe dürfen laut Hersteller nur für kleine Rohrdurchmesser verwendet werden (bis DN 700).

Brücken sind der Definition nach zweidimensionale Durchlässe. Die Brückenoberkante wird durch ein Wehr definiert, welches das Wasser bei Überstau rechnerisch über die Brücke fließen lässt.

Für die Berechnung des Ist-Zustandes in der Gemeinde Lichtenstein wurden rund 386.000 Finite Elemente erzeugt. Diese waren auf einer Fläche von ca. 2,15 km² verteilt.

2.2.4 Hydraulik-Modul

Das Hydraulik Modul erstellt die Berechnung und stellt die Ergebnisse grafisch dar. Auf die internen Berechnungsvorgänge soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Die Ergebnisabdrücke: „HWGK“ mit 285, und der „Ist Zustand“ mit 461 Seiten Umfang wurden dem Bericht in der Anlage 1 (digitale Form) beigelegt. Diese Abdrücke enthalten Angaben über Ab- und Durchflussmengen an Messsegmenten, Brücken und Wehren.

Der in der Anlage 3 befindliche Übersichtslageplan der (Durchflussmess-) Segmente ist nur für den „Ist Zustand“ gültig. Die genaue Aussage über die Abflussmengen und Verteilung wurde für die Erstellung der Ausbauabschnitt benötigt.

2.3 Modell: HWGK Abgleich und Ist Zustand Worst Case

Für die Berechnung des Hochwasserabflusses im Gemeindegebiet wurden 2 Hochwassermodelle berechnet.

Als erstes wurde ein Abgleichmodell berechnet. Hierbei handelt es sich um die Variante Hochwassergefahren Karten (HWGK). Bei diesem Modell wurde nur das zur Verfügung gestellte Hochwassergefahren-Karten-DGM verwendet. Ziel dieser Variante war es ein Ergebnis zu erhalten, welches mit den Hochwasserkarten abgeglichen werden konnte.

Nach dem dieses Ergebnis vorlag, wurden alle Nachvermessungen in das Model eingepflegt. Dazu gehörten bereits geräumte Gewässersohlen, sowie nicht aufgenommene Seitengewässer wie der Reißen-, Langwiesen-, Fisch-, Stahlecker- und Hozelfingertalbach.

Auch mussten einige Wasserkraftanlagen genauer vermessungstechnisch aufgenommen werden, um den Istzustand korrekt abbilden zu können.

Für das Ist-Modell wurden 2 Varianten gerechnet. Die 1. Variante geht davon aus, dass alle bekannten Wasserkraftanlagen ihre Turbinen im Hochwasserfall weiter betreiben.

Die 2. Variante geht von einem Worst Case Szenario aus. Hierbei ist so viel Treibgut und Schmutz im Gewässer, das die Wasserkraftanlagen (WKA) nicht betrieben werden können.

Die reine Simulationszeit der HWGK Berechnung für die Gemeinde Lichtenstein betrug rund 7 Tage. Nach Anpassung des Modells auf den IST Zustand, benötigte das Fluss Programm ca. 10 Tage für die Simulation. Die Worst Case Berechnung benötigte ebenfalls rund 10 Tage.

Die längere Simulationszeit wurde durch die größere zu berechnende Fläche hervorgerufen. Das IST Modell verfügt über ca. 10 km Fließgewässer, wohingegen das HWGK Modell nur rund 6,5 km abbildet.

2.4 In der Berechnung nicht erfassbare Randbedingungen

Ein weiterer Faktor bei der Ausbreitung des Wassers über Straßen und bebaute Gebiete, der jedoch keine Beachtung in der Berechnung findet, ist die öffentliche Kanalisation. Das Modell beinhaltet keine Kanalisationsbauwerke, welche in der Realität jedoch vorliegen und einen kleinen Teil an Wasser abtransportieren könnten. Durch das Fehlen der Kanalisationsbauwerke werden auch Wassertiefen von 1 cm dargestellt. Die Simulation ist bestrebt diese Wassermengen dem Gewässer zurück zu führen, dies ist jedoch nur möglich, wenn es das Geländegefälle ermöglicht.

Der wohl wichtigste Faktor bei der Auswertung der hydraulischen Berechnung ist die Ungenauigkeit des Modells selbst. Diese entsteht durch das Ausdünnen der Streupunkt- und Grunddaten und die 2D-Netz Erstellung. Je enger die Vermaschung, desto größer ist die Genauigkeit. Sehr enge Vermaschungen existieren in dicht bebauten Gebieten. Daher sind die Abweichungen in den ausgedünnten Außenbereichen größer.

Allerdings ist zu beachten, dass in Außenbereichen die Vermaschungselemente nicht zu eng beieinander liegen sollen, um die Simulationsdauer und das Datenvolumen zu entlasten.

Eine generelle Erhöhung der Genauigkeit und damit die Zunahme der Daten ist auf Grund der Größe des Gebietes nicht möglich, da dies die Berechnungszeit in eine unverhältnismäßige Höhe treiben würde.

Grundsätzlich gilt: Je genauer die Aussagen zum Gelände und dessen Einfluss auf das Fließverhalten, desto länger ist die Rechenzeit und das Datenvolumen steigt an. Dies kann zu einem Modell führen, welches nicht mehr berechnet werden kann.

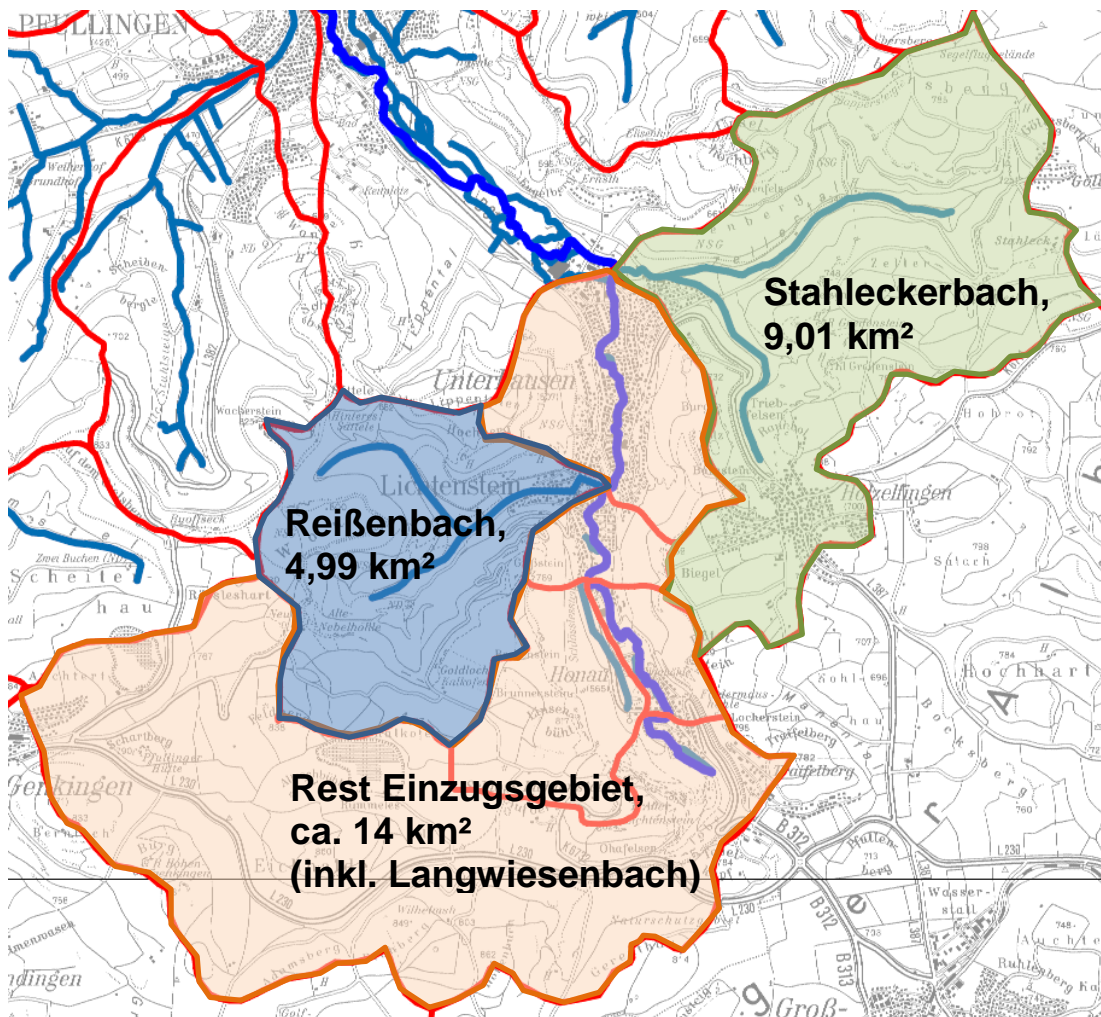
3 Hydrologie

3.1 Einzugsgebiete

Das Einzugsgebiet der Echaz im Bereich der Gemeinde Lichtenstein erstreckt sich über mehrere Seitenbäche (Reißen-, Stahlecker- und Langwiesenbach) sowie über die Echaz selbst, welche durch Honau und Unterhausen fließt.

Bedingt durch die geografische Lage sind die Einzugsgebiete recht klein, verfügen jedoch über viele Hanglagen. In diesen können Starkregenereignisse hängen bleiben, und somit viel Niederschlag in kurzer Zeit auf die Fläche abregnen.

Die im Rahmen der Untersuchungen zum Hochwasserschutz in der Gemeinde Lichtenstein durchgeführte Berechnung betrachtet keine urbanen Sturzfluten. Als Grundlage dienen Niederschlagshöhen entnommen aus dem Programm des Deutschen Wetterdienstes: KOSTRA-DWD 2000.



Im Jahr 2012 hat die Firma Aquantec (Karlsruhe) eine Hydrologie für die Gemeinde Lichtenstein erstellt. Diese wurde für die HWGK verwendet. In Rücksprache mit der Firma LIKWID (aus Wien), welche die HWGK für diesen Bereich berechnet hatten, wurden die gleichen Abflussmengen von der Fritz Planung übernommen.

Für die Berechnung der Rückhaltebecken musste eine eigene Hydrologie für die jeweiligen Beckenstandorte (Reißen- und Stahleckerbach) berechnet werden. Nur so konnten die Speicherwirkungskennlinien ermittelt werden. Zur Anwendung kam das Programm LUNA der Firma Rehm. Die Datengrundlage wurde dem LUBW Programm „Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg“ entnommen. Werte laut LuBW:

Reissenbach

B-2381721400000 Mündung

Gebiets-Kenngrößen

A _{EO} [km ²]	4.99
S [%]	2.5
W [%]	65.0
I _g [%]	6.50
L [km]	3.98
L _C [km]	1.89
N _G [mm]	965
LF [-]	90.1

HQ-Kennwerte

	Abfluss [m ³ /s]	Spende [m ³ /s·km ²]
MHQ / MHq	2.09	0.419
HQ ₂ / Hq ₂	1.56	0.314
HQ ₅ / Hq ₅	3.03	0.608
HQ ₁₀ / Hq ₁₀	4.32	0.866
HQ ₂₀ / Hq ₂₀	5.79	1.162
HQ ₅₀ / Hq ₅₀	8.10	1.625
HQ ₁₀₀ / Hq ₁₀₀	10.15	2.036

Stahleckerbach

B-2381722000000 Mündung

Gebiets-Kenngrößen

A _{EO} [km ²]	9.01
S [%]	4.3
W [%]	56.1
I _g [%]	4.61
L [km]	4.99
L _C [km]	1.63
N _G [mm]	969
LF [-]	80.8

HQ-Kennwerte

	Abfluss [m ³ /s]	Spende [m ³ /s·km ²]
MHQ / MHq	3.16	0.350
HQ ₂ / Hq ₂	2.45	0.272
HQ ₅ / Hq ₅	4.48	0.497
HQ ₁₀ / Hq ₁₀	6.19	0.687
HQ ₂₀ / Hq ₂₀	8.12	0.901
HQ ₅₀ / Hq ₅₀	11.07	1.229
HQ ₁₀₀ / Hq ₁₀₀	13.66	1.515

3.1.1 Standortwahl für mögliche Hochwasserrückhaltebecken

Die Standortwahl der möglichen Hochwasserrückhaltebecken wurde anhand der Auswertung der Einzugsgebiete, und deren Abflüssen getroffen.

Reißenbach laut HWGK, $HQ_{100} = 10,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Stahleckerbach laut HWGK, $HQ_{100} = 12,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Am Reißenbach ist das Hauptproblem die Verdolung. Durch diese können ca. $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ schadfrei der Echaz zugeführt werden. Hier besteht ein absolut dringendes Bedürfnis das rechtliche Wasser zurück zu halten und gedrosselt abfließen zu lassen.

Der Stahleckerbach, lokal auch oft als Zellertalbach bezeichnet, bringt nach dem Zusammenfluss mit dem Holzelfingertalbach $12,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Gewässer, welches im Normalabfluss nur ein Graben ist, ist für diese Menge nicht ausgelegt. Ferner wurde festgestellt, dass in der Vergangenheit der natürliche Bachlauf verändert wurde. Der Ausbau und die Rückverlegung des Gewässers in den ursprünglichen Verlauf mit maximal $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Hochwasserabfluss) wird als realistisch angesehen. Das überschüssige Wasser muss auch hier gestaut und gedrosselt abgegeben werden.

Durch den Rückhalt beider Becken wird der HQ_{100} Abfluss von ca. $34 \text{ m}^3/\text{s}$ auf rund $19,4 \text{ m}^3/\text{s}$ gedrosselt. Somit verbleiben gut 43% des ursprünglichen Hochwasserabflusses in den Rückhalteräumen.

3.1.2 hydrologische Berechnung - Ausgangswerte

Für die Ermittlung der Hochwasserrückhaltebecken wurde eine Hydrologieberechnung erstellt.

Die möglichen Verfahren nach Lutz und DVWK (SCS) ergeben sehr ähnliche Ergebnisse. Das Verfahren nach Lutz wurde schwerpunktmäßig unter Auswertung von Gewässern aus Baden-Württemberg entwickelt, weshalb dieses für die Berechnungen im Bereich der Gemeinde Lichtenstein gewählt wurde.

3.1.2.1 Regionalisierungsverfahren Hochwasserabflüsse BaWü

Die Spitzenabflüsse wurden nach dem „neuen“ Regionalisierungsverfahren, dem Berechnungsprogramm der LUBW „Abfluss-Kennwerte in Baden-Württemberg“, ermittelt.

Alle Eingangsparameter wie Fließlänge, Einzugsgebietsflächen, Landnutzung usw. wurden ebenfalls der gleichen Software entnommen.

Eingangswerte Einzugsgebiet:

	Kürzel	Reißenbach	Stahleckerbach
Einzugsgebiet	A _{EO}	4,99 km ²	9,01 km ²
Bebauung	S	2,5 %	4,3 %
Wald	W	65,0 %	56,1 %
Gewogenes Gefälle	I _G	6,50 %	4,61 %
Flusslänge:	L	3,98 km	4,99 km
Flusslänge b. Schwerp.	L _C	1,89 km	1,63 km
Niederschlag	N	965 mm	969 mm
Landschaftsfaktor	L _f	90,1	80,8

Spitzenabflüsse Einzugsgebiet:

	Kürzel	Reißenbach	Stahleckerbach
Mittleres Hochwasser	MHQ	2,09 m ³ /s	3,16 m ³ /s
2-jährlicher Abfluss	HQ ₂	1,56 m ³ /s	2,45 m ³ /s
5-jährlicher Abfluss	HQ ₅	3,03 m ³ /s	4,48 m ³ /s
10-jährlicher Abfluss	HQ ₁₀	4,32 m ³ /s	6,19 m ³ /s
20-jährlicher Abfluss	HQ ₂₀	5,79 m ³ /s	8,12 m ³ /s
50-jährlicher Abfluss	HQ ₅₀	8,10 m ³ /s	11,07 m ³ /s
100-jährlicher Abfluss	HQ ₁₀₀	10,15 m ³ /s	13,66 m ³ /s

HQ 100 – HWGK Berechnung	HQ₁₀₀	10,10 m³/s	12,90 m³/s
---------------------------------	-------------------------	------------------------------	------------------------------

3.1.2.2 Verfahren nach Lutz

Zur Ermittlung der Hochwasserabflussganglinien wurde das Programm „LUNA“ in der Version 3.2 der Firma Rehm Software GmbH verwendet. Mit Hilfe dieser Software konnten die Hochwasserabflüsse mit unterschiedlichen Jährlichkeiten anhand des Lutz-Verfahrens ermittelt werden.

Das Lutz-Verfahren für die Regionalisierung des effektiven Niederschlages sowie des Abflussbeiwertes für das Untersuchungsgebiet beinhalten gebietsspezifische Kenngrößen wie den Bodentyp und die Bodennutzung.

Anhand dieser Kenngrößen wird der Endabflussbeiwert (maximaler Abflussbeiwert), welcher bei der jeweiligen Niederschlagshöhe zu erwarten ist, ermittelt. Dieser Endabflussbeiwert wird für den jeweiligen Berechnungsfall über ereignisspezifische Parameter wie Gebietsniederschlag, Jahreszeit (ausgedrückt durch

den Monat bzw. die Wochenzahl, WZ), Vorfeuchte des Gebietes (ausgedrückt durch den Basisabfluss) und Niederschlagsdauer abgeändert.

Der Effektivniederschlag bzw. Abflussbeiwert für den jeweiligen Berechnungsfall wird nach folgender Gleichung bestimmt:

Effektivniederschlag: $N_{eff} = N_{eff,u} + N_{eff,s}$

Landflächen:
$$N_{eff,u} = \left[(N - A_v) \cdot c - \frac{c}{a} \cdot (1 - e^{-a(N-A_v)}) \right] \cdot \frac{A_E - A_{E,s}}{A_E}$$

Stadtflächen:
$$N_{eff,s} = (N - A'_v) \cdot \Psi_s \cdot \frac{A_{E,s}}{A_E}$$

Ereignisfaktor
$$a = C_1 \cdot e^{-C_2/WZ} \cdot e^{-C_3/q_B} \cdot e^{-C_4 \cdot TD}$$

Parameter:

- R : Gebietsrückhalt [mm]
- N : Gebietsniederschlag [mm]
- N_{eff} : abflusswirksamer Niederschlag [mm]
- N_{eff,u} : abflusswirksamer Niederschlag der unversiegelten Teilflächen [mm]
- N_{eff,s} : abflusswirksamer Niederschlag der versiegelten Teilflächen [mm]
- AV : Anfangsverlust für die unversiegelten Teilflächen [mm]
- A'V : Anfangsverlust für die versiegelten Teilflächen [mm]
- c : maximaler Abflussbeiwert (Endabflussbeiwert) [-]
- AE : Einzugsgebietsfläche [km²]
- AE,s : versiegelte Einzugsgebietsfläche [km²]
- a : Ereignisfaktor [1/mm]
- WZ : Wochenzahl
- q_B : Basisabflussspende direkt vor dem Niederschlagsereignis [l/sec/km²]
- TD : Niederschlagsdauer [h]
- C1-C4 : gebietsabhängige Parameter

Ermittlung des Endabflussbeiwerts c und des Anfangsverlusts A_v

Bodentyp	A	B	C	D
Landnutzung	maximaler Abflussbeiwerte c [-] (Endabflussbeiwert)			
Waldgebiet	0,17	0,48	0,62	0,70
Ödland	0,71	0,83	0,89	0,93
Reihenkultur: Hackfrüchte, Weinbau, u.a.	0,62	0,75	0,84	0,88
Getreideanbau: Weizen, Roggen, u.a.	0,54	0,70	0,80	0,85
Leguminosen: Kleefeld, Luzerne, Ackerfrüchte	0,51	0,68	0,79	0,84
Weideland	0,34	0,60	0,74	0,80
Dauerwiese	0,10	0,46	0,63	0,72
Haine, Obstanlagen	0,17	0,48	0,66	0,77
	Anfangsverlust A_v [mm]			
Landwirtschaftliche Flächen	7,0	4,0	2,0	1,5
Bewaldete Flächen	8,0	5,0	3,0	2,5
Versiegelte Flächen	1,0			
Beschreibung des Bodentyps:				
A: großes Versickerungsvermögen, auch noch starker Vorbefeuchtung z.B. Schotter, Kies, Sand (geringster Abfluss)				
B: mittleres Versickerungsvermögen, z.B. Feinsand, Löss, leicht tonige Sande				
C: geringes Versickerungsvermögen, z.B. bindige Böden mit Sand, Mischböden, sandiger Lehm, tonig-lehmiger Sand				
D: sehr geringes Versickerungsvermögen, z.B. Ton, Lehm, dichter Fels, stauer Untergrund (größter Abfluss)				

Die Einheitsganglinie nach Lutz wird in Abhängigkeit der orohydrographischen Kennwerte, der Bebauung, des Waldanteils und eines regional spezifischen Faktors (P1) ermittelt.

In der folgenden Tabelle wird die vereinfachte Bestimmung des P1-Wertes (Lutz, 1984) dargestellt:

Gebietsmerkmale	P1
Natürliche, unbebaute Einzugsgebiete: Vorfluter nicht oder nur wenig ausgebaut	0,25
Schwach bebaute Einzugsgebiete: Vorfluter teilweise bebaut	0,20
Stark bebaute Einzugsgebiete: Vorfluter teilweise ausgebaut	0,15
Stark bebaute Einzugsgebiete: Vorfluter größtenteils ausgebaut (z.B. Betonschalen)	0,10

Unter Ansatz der gebietsspezifischen Speicherkonstanten C1 - C4 werden die Abflussbeiwerte für unterschiedliche Monate ermittelt.

C₁	Empfehlung Lutz	0,02
C₂	Nadelwald Wiese 2,0 * 50% + Laubwald, Acker 4,62 * 50%	3,31
C₃	Empfehlung Lutz	2,00
C₄	Einfluss ist vernachlässigbar darum	0,00

Bedingt durch die kleinen Einzugsgebiete des Reißen- und Stahleckerbaches wurde der C₃ Wert auf 0,02 runtergesetzt. Nur dadurch konnten brauchbare Abflusswerte ermittelt werden, die der Vorgabe entsprechen.

Auch der C₂ wurde mit einem festen Wert von 2,0 verwendet, wie er oft angegeben wird.

Die Einheitsganglinien nach Lutz für die unterschiedlichen Jahreszeiten werden verschieden stark gestaucht oder gestreckt. Aus diesem Grund werden verschiedene Monate angesetzt.

Der Monat Januar ergibt die höchsten Abflussbeiwerte, der Monat Juli die höchste Spitze der Einheitsganglinie (=Abflussspitze).

Um die maximalen Abflüsse über das ganze Jahr betrachtet zu erhalten, wurden die kurzen Regendauern D = 0,25 h im Sommer (Juli) und die langen Regendauern D = 24 h im Winter (Januar) angesetzt. Die übrigen Regendauern wurden dazwischen verteilt.

3.1.3 hydrologische Berechnung - Reißbach

Für das Einzugsgebiet Reißbach wurde der Bodentyp Klasse D gewählt. Der Boden kann an Stellen, bedingt durch Karst, viel Wasser aufnehmen. Dies führt normalerweise zu einem geringen Abfluss. Dennoch weist das kleine Einzugsgebiet einen recht großen Abfluss auf, was nur durch den Bodentyp D simuliert werden konnte.

Nachfolgend die genaue Zusammensetzung der Flächenverteilungen zur Ermittlung des Anfangsverlustes und des Endabflussbeiwertes:

Anfangsverlust Av = 2,15 [mm]

Landnutzung	Bodentypen ...			
	Bodentyp A	Bodentyp B	Bodentyp C	Bodentyp D
Landwirtschaftliche Flächen AL	<input type="text" value="0,0"/> 7,0	<input type="text" value="0,0"/> 4,0	<input type="text" value="0,0"/> 2,0	<input type="text" value="35,0"/> 1,5
Bewaldete Flächen AW	<input type="text" value="0,0"/> 8,0	<input type="text" value="0,0"/> 5,0	<input type="text" value="0,0"/> 3,0	<input type="text" value="65,0"/> 2,5
Befestigte Flächen in den Landflächen	<input type="text" value="0,0"/> 1,0	<input type="text" value="0,0"/> 1,0	<input type="text" value="0,0"/> 1,0	<input type="text" value="0,0"/> 1,0
Summe: <input type="text" value="100,0"/> %	<input type="text" value="0,0"/> %	<input type="text" value="0,0"/> %	<input type="text" value="0,0"/> %	<input type="text" value="100,0"/> %

Endabflussbeiwert 0,748

Landnutzung	Bodentypen ...			
	A	B	C	D
Waldgebiet	<input type="text" value="0,0"/> 0,17	<input type="text" value="0,0"/> 0,48	<input type="text" value="0,0"/> 0,62	<input type="text" value="65,0"/> 0,70
Ödland	<input type="text" value="0,0"/> 0,71	<input type="text" value="0,0"/> 0,83	<input type="text" value="0,0"/> 0,89	<input type="text" value="0,0"/> 0,93
Reihenkultur: Hackfrüchte Weinbau, u.a.	<input type="text" value="0,0"/> 0,62	<input type="text" value="0,0"/> 0,75	<input type="text" value="0,0"/> 0,84	<input type="text" value="0,0"/> 0,88
Getreideanbau: Weizen Roggen, u.a.	<input type="text" value="0,0"/> 0,54	<input type="text" value="0,0"/> 0,70	<input type="text" value="0,0"/> 0,80	<input type="text" value="25,0"/> 0,85
Leguminosen: Klee Luzerne Ackerfrüchte	<input type="text" value="0,0"/> 0,51	<input type="text" value="0,0"/> 0,68	<input type="text" value="0,0"/> 0,79	<input type="text" value="0,0"/> 0,84
Weideland	<input type="text" value="0,0"/> 0,34	<input type="text" value="0,0"/> 0,60	<input type="text" value="0,0"/> 0,74	<input type="text" value="10,0"/> 0,80
Dauerwiese	<input type="text" value="0,0"/> 0,10	<input type="text" value="0,0"/> 0,46	<input type="text" value="0,0"/> 0,63	<input type="text" value="0,0"/> 0,72
Haine: Obstanlagen	<input type="text" value="0,0"/> 0,17	<input type="text" value="0,0"/> 0,48	<input type="text" value="0,0"/> 0,66	<input type="text" value="0,0"/> 0,77
Befestigte Flächen in den Landflächen	<input type="text" value="0,0"/> 1,00	<input type="text" value="0,0"/> 1,00	<input type="text" value="0,0"/> 1,00	<input type="text" value="0,0"/> 1,00
Summe: <input type="text" value="100,0"/> %	<input type="text" value="0,0"/> %	<input type="text" value="0,0"/> %	<input type="text" value="0,0"/> %	<input type="text" value="100,0"/> %

Bestimmung des Gebietsfaktors:

Bestimmung des P1-Wertes		0,248
Landnutzung		
Natürliche, unbebaute Einzugsgebiete: Vorfluter nicht oder nur wenig ausgebaut	95,0	0,25
Schwach bebaute Einzugsgebiete: U = 5 - 10 %, Vorfluter teilweise ausgebaut	5,0	0,20
Stark bebaute Einzugsgebiete: U = 30 %; Vorfluter teilweise ausgebaut	0,0	0,15
Stark bebaute Einzugsgebiete: U > 30 %; Vorfluter größtenteils ausgebaut (z. Bsp. Betonschalen)	0,0	0,10
Summe:	100,0	%

Ausgefüllte Parameter für den Gesamt Abflussbeiwert:

Gebietsparameter Bebauungsanteil U: 2,50 [%] ...	Ereignisparameter C 1: 0,020 C 2: 2,000 C 3: 0,020 C 4: 0,000
Landflächen Anfangsverlust AV: 2,15 [mm] ... Endabflussbeiwert C: 0,748 [-] ...	Basisabflussspende: 1,00 [(l/s)/km ²] Monat: Januar
Stadtflächen Bebauungsanteil U versiegelt: 25,00 [%] Anfangsverlust AVS: 1,00 [mm] Abflussbeiwert CS: 1,000 [-]	Referenz-Regenereignis Niederschlagsdauer: 1,000 [h] Niederschlagshöhe: 10,00 [mm]

Folgende Ansätze wurden ermittelt:

Anfangsverlust **Av = 2,15 mm**

Endabflussbeiwert **c = 0,748**

Gebietsfaktor **P1 = 0,248** .

Da das gewogene Gefälle von 6,50 % für das Einzugsgebiet zu klein erschien, wurde die eingebaute Funktion von LUNA verwendet und über Koordinaten das gewogene Gefälle neu ermittelt.

Einzugsgebiet	Punkt	Länge	Höhe	Bemerkung	gew. Höhe
Reißenbach-1	1	0,00	528,00		528,000
Reißenbach-1	2	287,00	537,00		555,810
Reißenbach-1	3	533,00	546,00		579,648
Reißenbach-1	4	775,00	559,00		603,098
Reißenbach-1	5	1000,00	572,00		624,900
Reißenbach-1	6	1400,00	640,00		663,660
Reißenbach-1	7	1890,00	838,00		711,141
Reißenbach-1	8	2050,00	842,00		726,645

Die Längen und Höhenangaben wurden der Höhenprofilfunktion von Google Earth entnommen. Die Genauigkeit und Längenermittlung sind für diese Zwecke vollkommen ausreichend.

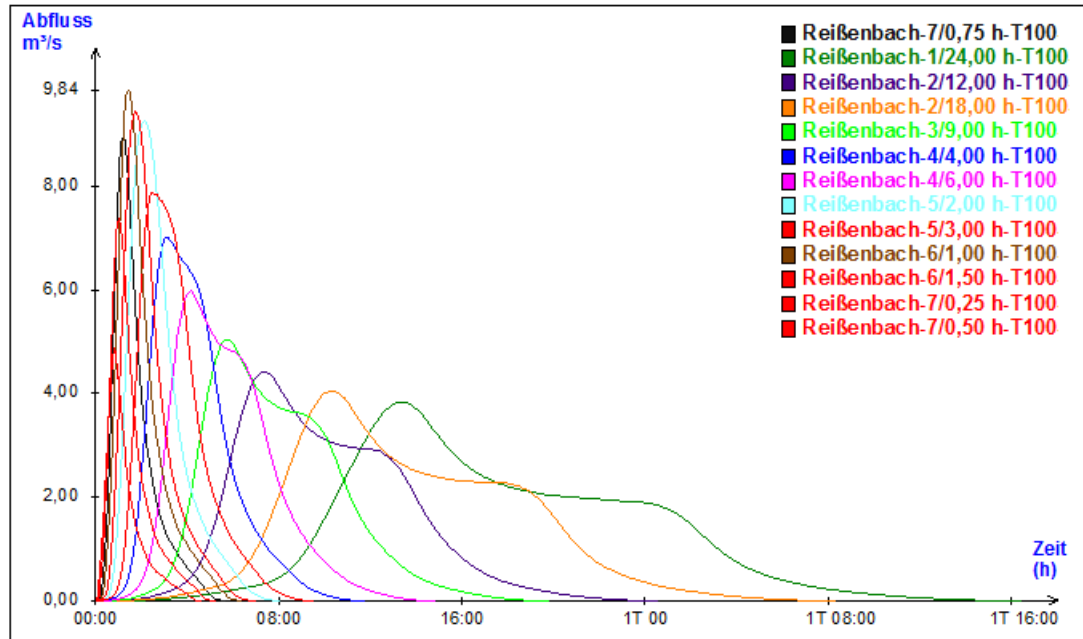
Die Strecke wurde so gewählt, dass sie den Hang abbildet und bis zum geplanten Rückhaltebauwerk führt.



Das durch LUNA ermittelte gewogene Gefälle beträgt: 9,69 %

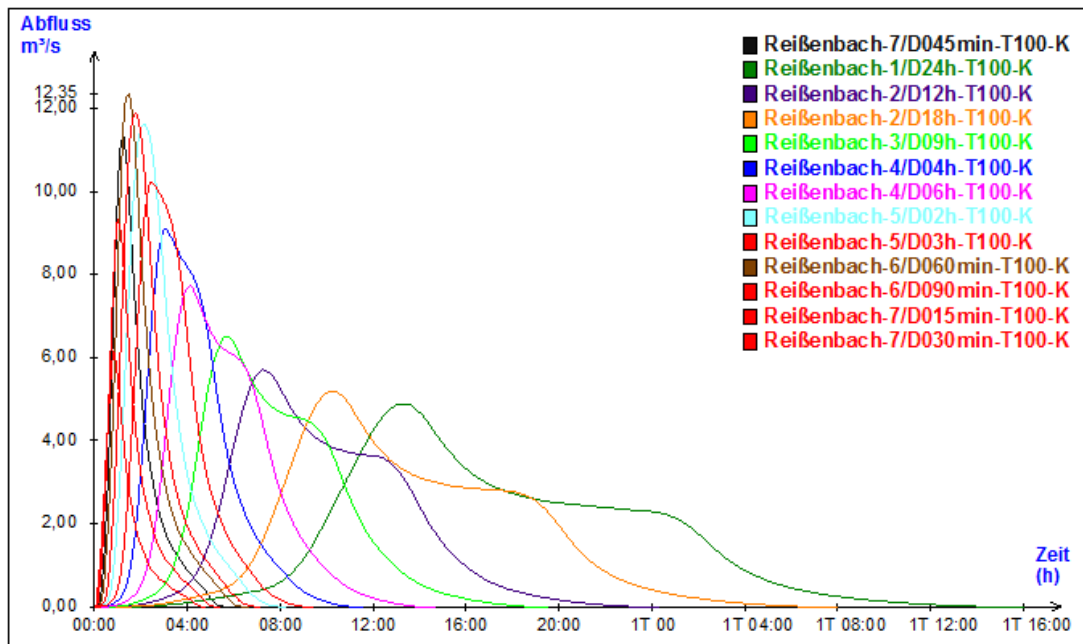
3.1.3.1 Ergebnisse der Berechnung nach Lutz

Die nach Lutz errechnete Abflussspitze $HQ_{100} = 9,84 \text{ m}^3/\text{s}$ weicht von dem Wert der Abfluss-Kennwerte des LUBW mit $HQ_{100} = 10,15 \text{ m}^3/\text{s}$ um ca. 3 % ab.



3.1.3.2 Abfluss Reißebach mit Klimafaktor

Der zu planenden Rückhalteraum für den Reißebach wird auf HQ_{100} mit Klimafaktor ausgelegt. Hierzu wurde das hydrologische Modell mit dem Klimafaktor 1,15 erneut berechnet. $HQ_{100, \text{Klima}} = 12,35 \text{ m}^3/\text{s}$.



3.1.4 hydrologische Berechnung - Stahleckerbach

Für das Einzugsgebiet Stahleckerbach wurde der Bodentyp Klasse D gewählt. Der Boden kann an Stellen, bedingt durch Karst, viel Wasser aufnehmen. Dies führt normalerweise zu einem geringen Abfluss. Dennoch weist das kleine Einzugsgebiet einen recht großen Abfluss auf, was nur durch den Bodentyp D simuliert werden konnte.

Nachfolgend die genaue Zusammensetzung der Flächenverteilungen zur Ermittlung des Anfangsverlustes und des Endabflussbeiwertes:

Anfangsverlust Av = 2,06 [mm]

Landnutzung	Bodentypen ...			
	Bodentyp A	Bodentyp B	Bodentyp C	Bodentyp D
Landwirtschaftliche Flächen AL	0,0 7,0	0,0 4,0	0,0 2,0	43,9 1,5
Bewaldete Flächen AW	0,0 8,0	0,0 5,0	0,0 3,0	56,1 2,5
Befestigte Flächen in den Landflächen	0,0 1,0	0,0 1,0	0,0 1,0	0,0 1,0
Summe:	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

Endabflussbeiwert 0,749

Landnutzung	Bodentypen ...			
	A	B	C	D
Waldgebiet	0,0 0,17	0,0 0,48	0,0 0,62	56,1 0,70
Ödland	0,0 0,71	0,0 0,83	0,0 0,89	0,0 0,93
Reihenkultur: Hackfrüchte Weinbau, u.a.	0,0 0,62	0,0 0,75	0,0 0,84	0,0 0,88
Getreideanbau: Weizen Roggen, u.a.	0,0 0,54	0,0 0,70	0,0 0,80	30,0 0,85
Leguminosen: Kleefeld Luzerne Ackerfrüchte	0,0 0,51	0,0 0,68	0,0 0,79	0,0 0,84
Weideland	0,0 0,34	0,0 0,60	0,0 0,74	0,0 0,80
Dauerwiese	0,0 0,10	0,0 0,46	0,0 0,63	11,4 0,72
Haine: Obstanlagen	0,0 0,17	0,0 0,48	0,0 0,66	2,5 0,77
Befestigte Flächen in den Landflächen	0,0 1,00	0,0 1,00	0,0 1,00	0,0 1,00
Summe:	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

Bestimmung des Gebietsfaktors:

Bestimmung des P1-Wertes		0,248
Landnutzung		
Natürliche, unbebaute Einzugsgebiete: Vorfluter nicht oder nur wenig ausgebaut	95,0	0,25
Schwach bebaute Einzugsgebiete: U = 5 - 10 %, Vorfluter teilweise ausgebaut	5,0	0,20
Stark bebaute Einzugsgebiete: U = 30 %; Vorfluter teilweise ausgebaut	0,0	0,15
Stark bebaute Einzugsgebiete: U > 30 %; Vorfluter größtenteils ausgebaut (z. Bsp. Betonschalen)	0,0	0,10
Summe:	100,0	%

Ausgefüllte Parameter für den Gesamt Abflussbeiwert:

Gebietsparameter		Ereignisparameter	
Bebauungsanteil	U: 4,30 [%]	C 1	0,020
		C 2	2,000
Landflächen		C 3	0,250
Anfangsverlust	AV: 2,06 [mm]	C 4	0,000
Endabflussbeiwert	C: 0,749 [-]	Basisabflussspende	1,00 [(l/s)/km²]
		Monat	Januar
Stadtflächen		Referenz-Regenereignis	
Bebauungsanteil U versiegelt	25,00 [%]	Niederschlagsdauer	1,000 [h]
Anfangsverlust	AVS: 1,00 [mm]	Niederschlagshöhe	10,00 [mm]
Abflussbeiwert	CS: 1,000 [-]		

Folgende Ansätze wurden ermittelt:

Anfangsverlust **Av = 2,06 mm**

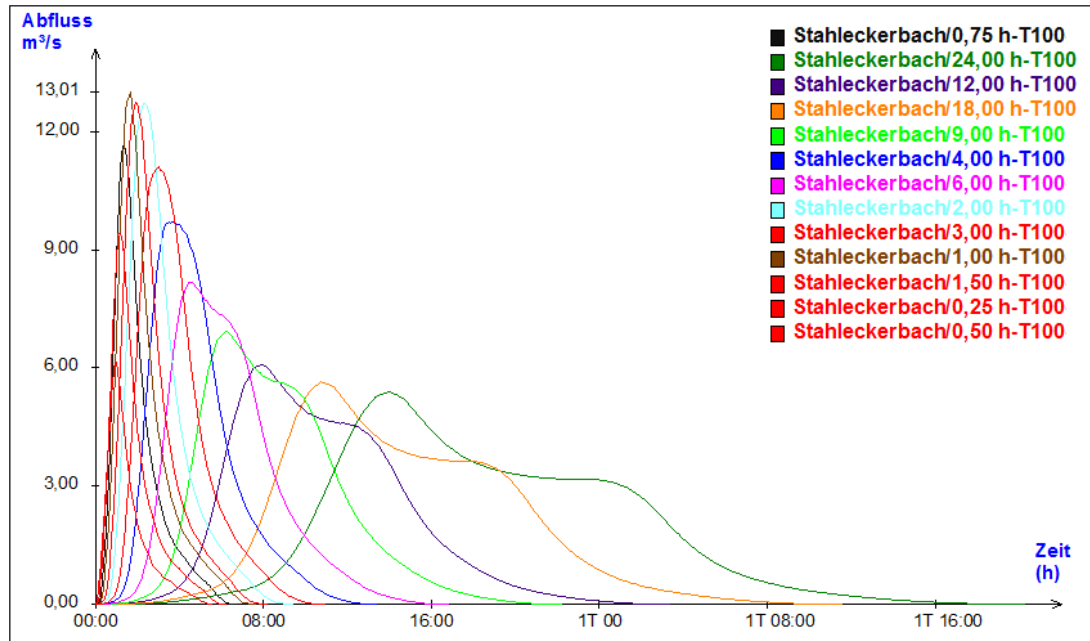
Endabflussbeiwert **c = 0,749**

Gebietsfaktor **P1 = 0,248.**

Das gewogene Gefälle von 4,61 % wurde für das Einzugsgebiet nicht angepasst. Im Gegensatz zum Reißenbach ist das Einzugsgebiet groß genug, um dieses Gefälle zu bestätigen.

3.1.4.1 Ergebnisse der Berechnung nach Lutz

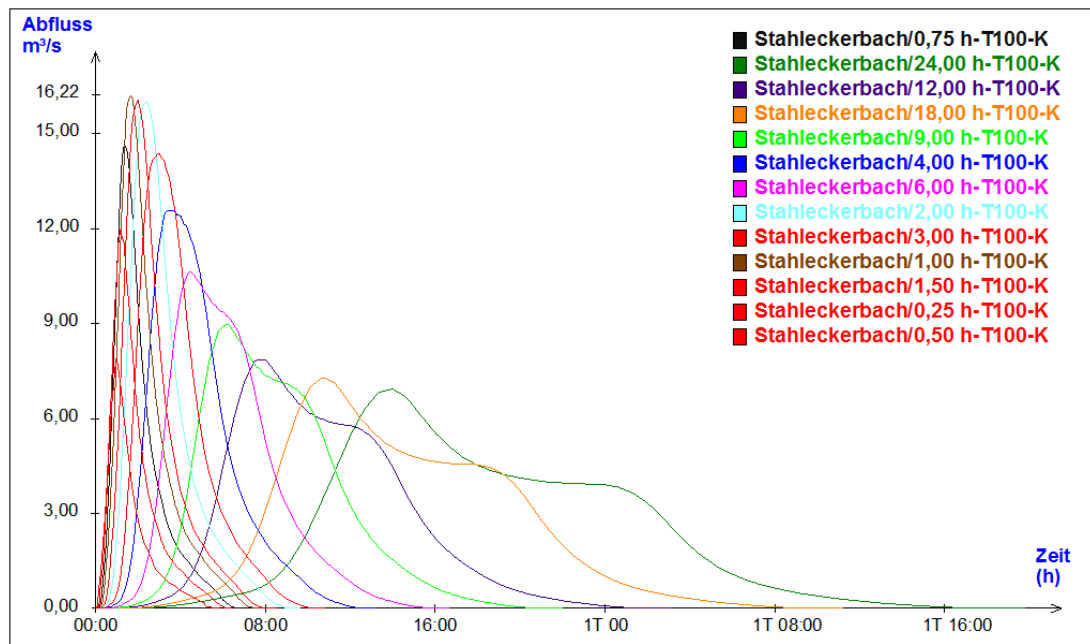
Die nach Lutz errechnete Abflussspitze $HQ_{100} = 13,01 \text{ m}^3/\text{s}$ weicht von dem Wert der Abfluss-Kennwerte des LUBW mit $HQ_{100} = 13,66 \text{ m}^3/\text{s}$ um ca. 5% ab.



Abflussganglinien, HQ_{100} (ohne Klimafaktor)

3.1.4.2 Abfluss Stahleckerbach mit Klimafaktor

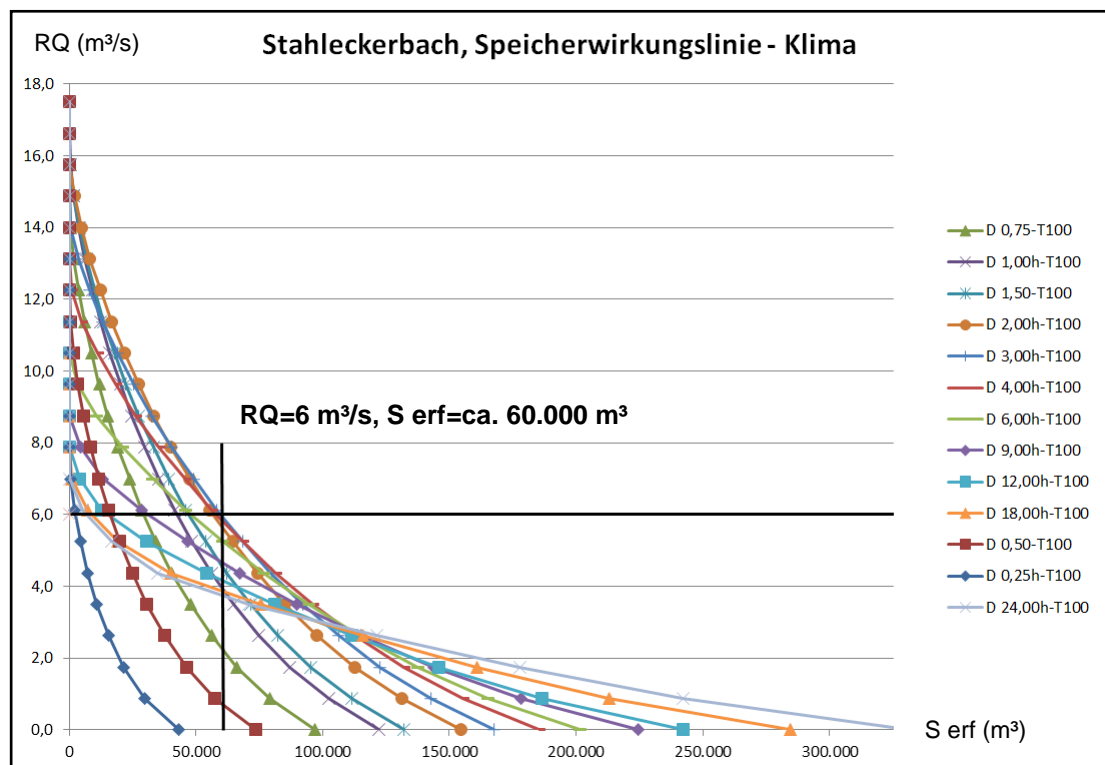
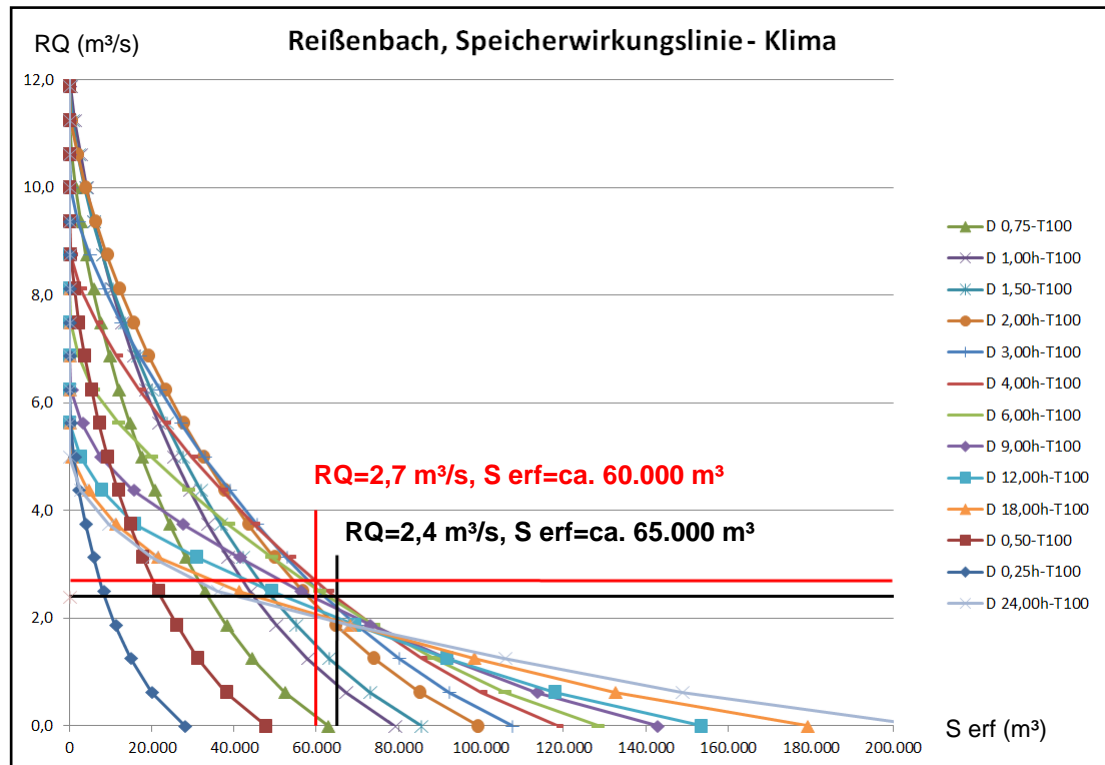
Der zu planenden Rückhalteraum für den Stahleckerbach wird auf HQ_{100} mit Klimafaktor ausgelegt. Hierzu wurde das hydrologische Modell mit dem Klimafaktor 1,15 erneut berechnet. $HQ_{100, \text{Klima}} = 16,22 \text{ m}^3/\text{s}$.



Abflussganglinien, $HQ_{100, \text{Klima}}$ (mit Klimafaktor)

3.2 Speicherwirkungslinie - Klimafaktor

Aus den Ergebnissen konnten die nachfolgenden Speicherwirkungslinien einmal für den Reißenbach und einmal für den Stahleckerbach ermittelt werden:



Der Abfluss am Reißbach wurde mit 2,4 m³/s und 2,7 m³/s betrachtet. Die Reißbachverdolung kann rund 2,7 m³/s aufnehmen und schadfrei abführen. Hierfür ist jedoch eine Optimierung am Einlaufbauwerk nötig.

Bei einem Einstauwasserspiegel von 534 mNN ist es bautechnisch möglich, an dem gewählten Standort (siehe Anlage 6) ein Beckenvolumen von rund 57.500 m³ zu realisieren. Dies entspricht dem aus der Speicherwirkungslinie erforderlichen Speichervolumen.

Für den Stahleckerbach wurden 6 m³/s als mögliche Abflussmenge festgelegt, da für diese ein Ausbau des Gewässers möglich ist.

Der Einstauwasserspiegel von 505 mNN erlaubt es bautechnisch an dem gewählten Standort (siehe Anlage 6) ein Beckenvolumen von ca. 60.000 m³ zu realisieren. Dies entspricht dem aus der Speicherwirkungslinie erforderlichen Speichervolumen.

3.3 Zusammenfassung Hydrologie

Die Hydrologie wurde nur für die Auslegung der Hochwasserrückhaltebecken erstellt. Für den simulierten Hochwasserabfluss gelten die durch die Hochwassergefahrenkarten festgelegten Zuläufe von 10,1 m³/s aus dem Reißbach und den 12,9 m³/s aus dem Stahleckerbach (Zellertalbach).

Bedingt durch die geografische Lage sind die Einzugsgebiete des Reiß- und Stahleckerbaches recht klein, verfügen jedoch über viele Hänge. In diesen können Starkregen Ereignisse hängen bleiben, und somit viel Niederschlag in kurzer Zeit auf die Fläche abregnen.

Nach Anpassung der Parameter konnten im LUNA Ergebnisse erzielt werden, die nur 3 bis 5% von der geforderten Abflussmenge abweichen. Für die Berechnung der jeweiligen hydrologischen Modelle wurde der Klimafaktor 1,15 auf die Niederschlagsmengen angewendet.

Die erhaltenen Zuflüsse auf die Rückhaltebecken belaufen sich laut Berechnung wie folgt: Reißbach = 13,01 m³/s und Stahleckerbach = 16,22 m³/s

Für einen schadfreien Ablauf des Reißbaches müssen rund 60.000 m³ Wasser zurückgehalten werden. Der gedrosselte Ablauf beträgt ca. 2,7 m³/s.

Im Bereich des Stahleckerbaches sind ebenfalls rund 60.000 m³ Wasser durch einen Damm zurück zuhalten. Hier beläuft sich der Drosselabfluss auf ca. 6 m³/s.

4 Abweichungen zur Hochwassergefahrenkarte

Die Berechnung des Ist-Zustandes basiert auf den Vermessungen der Hochwasserschutzgefahrenkarten. Seit der Messung im Jahr 2004 wurden in einigen Bereichen des Fließgewässers Sohlräumungsarbeiten durch die Gemeinde durchgeführt.

Folgende Vermessungsarbeiten wurden durchgeführt:

- 550 m Reißenbach
- 850 m Langwiesenbach
- 200 m Fischbach
- 800 m Zellerbach
- 500 m Holzelfingertalbach (Stahleckerbach)
- 2.900 m gesamt Neuvermessung
- + 1.300 m Einmessung Sohlräumung
- Wasserkraftanlage T5, T6, T8 und T12
- Einlaufbereiche und Hochwasser Entlastungsanlagen
- Brücke Staufenburgstraße

Die Nachvermessung an den Wasserkraftanlagen (WKA) wurde notwendig, da das Hochwassermittel der Hochwassergefahrenkarten die Zulaufbereiche zu den WKA nicht abbildete. Hier wurde am Umlauf das Gewässer weiter aufgemessen. Daraus resultiert ein falsches Hochwasserabflussverhalten.

Auch wurden an allen Anlagen die Hochwasserentlastungen nicht beachtet! Besonders wichtig ist diese Entlastung an der Anlage T12, welche nach der Vermessung und Einbau in das Modell größere Mengen Wasser in den unterhalb liegenden Auslauf leiten konnte.

Nachfolgend werden die Unterschiede zwischen den Modellen und Ergebnissen der „2015 Ist-Zustand“ und „HWGK-Abgleich“ aufgezeigt und kurz beschrieben.

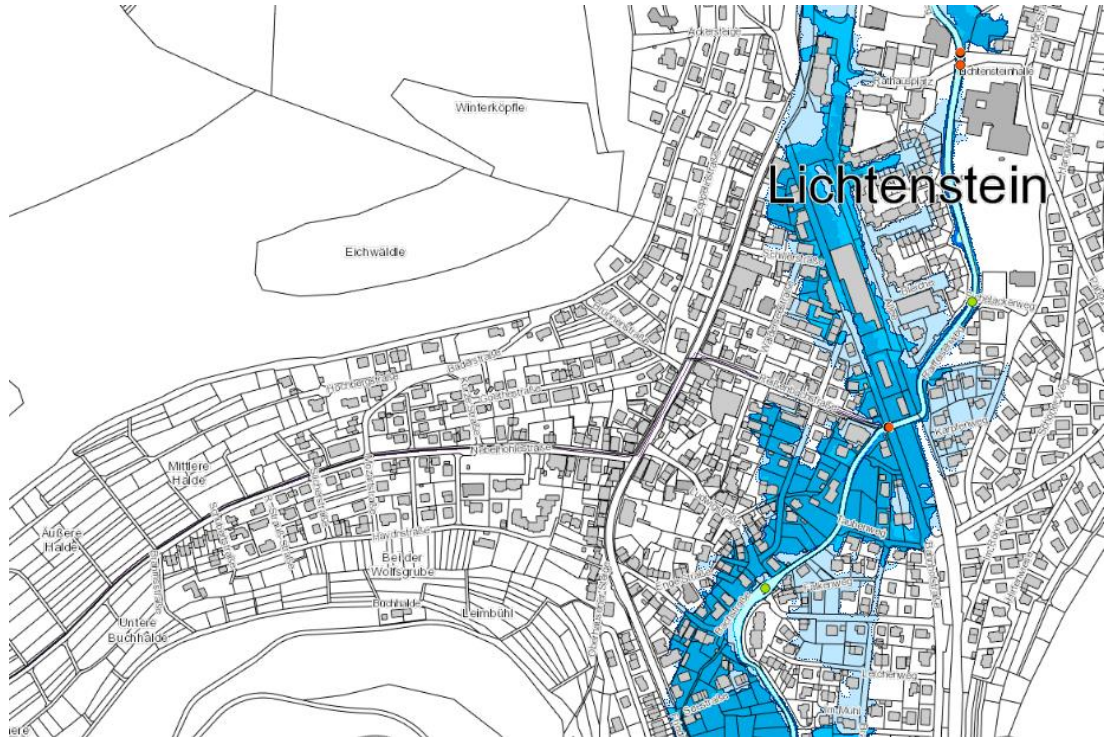
Für die WKA T3 konnten keine Nachvermessungen angestellt werden. Der Betreiber hatte dies abgelehnt, da er der Meinung war seine Anlage hätte noch nie Probleme gehabt. Im Rahmen der Beachtung seiner Entlastungsanlage am Rechen, wurden Maße übermittelt. Die Entlastung wurde im „Ist-Zustand“ Modell als Verdolung beachtet, und erbrachte ca. 2,1 m³/s Abfluss.

4.1 Reißenbachverdolung

In den HWGK werden Seitengewässer vernachlässigt und an deren Zuflüssen in das Hauptgewässer als Zugabe berechnet. Doch gerade bei der Verdolung des Reißenbaches ist dieser Ansatz nicht aussagekräftig und falsch. Die Verdolung mit einem Durchmesser von 1 m, einer Gesamtlänge von rund 677 m und einem mittleren Gefälle von 1,6% kann ca. 2,7 m³/s schadfrei ableiten.

Der HQ₁₀₀ Abfluss aus dem Reißenbach wurde mit 10,1 m³/s angegeben. Die Differenz zwischen Verdolungsabfluss und Zufluss beläuft sich auf 7,4 m³/s. Somit ergibt sich bereits bei der Vorbetrachtung der Zweifel an dem Ergebnis der HWGK in diesem Bereich.

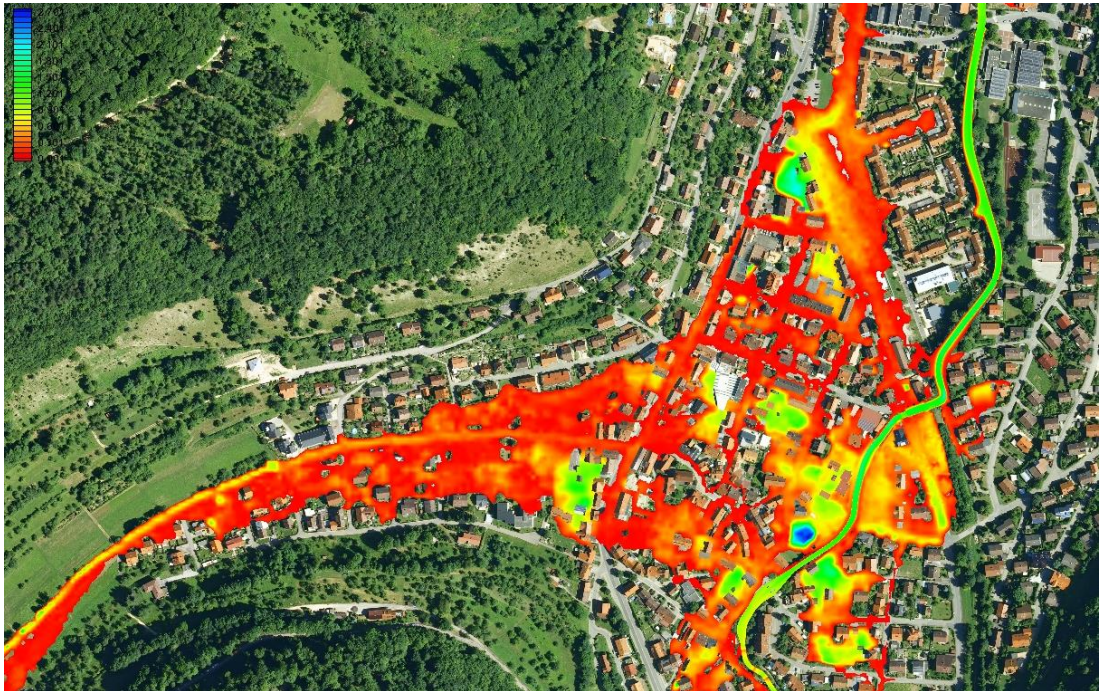
Nachfolgend sind 3 Bilder hinterlegt, welche die Überflutungsflächen der Modelle aufzeigen. Gut zu sehen ist, wie der Reißenbach, wenn er vor dem Einlauf in die Verdolung berechnet wird, sich auf die Überflutungsflächen auswirkt. Die Nachberechnung der Firma LIKWID GmbH vom Juni 2015 ist dem LRA Tübingen bekannt, ging jedoch nicht mehr in die derzeit offiziellen HWGK Daten ein.



HWGK – Stand 21.09.2016, interaktive Hochwassergefahrenkarte



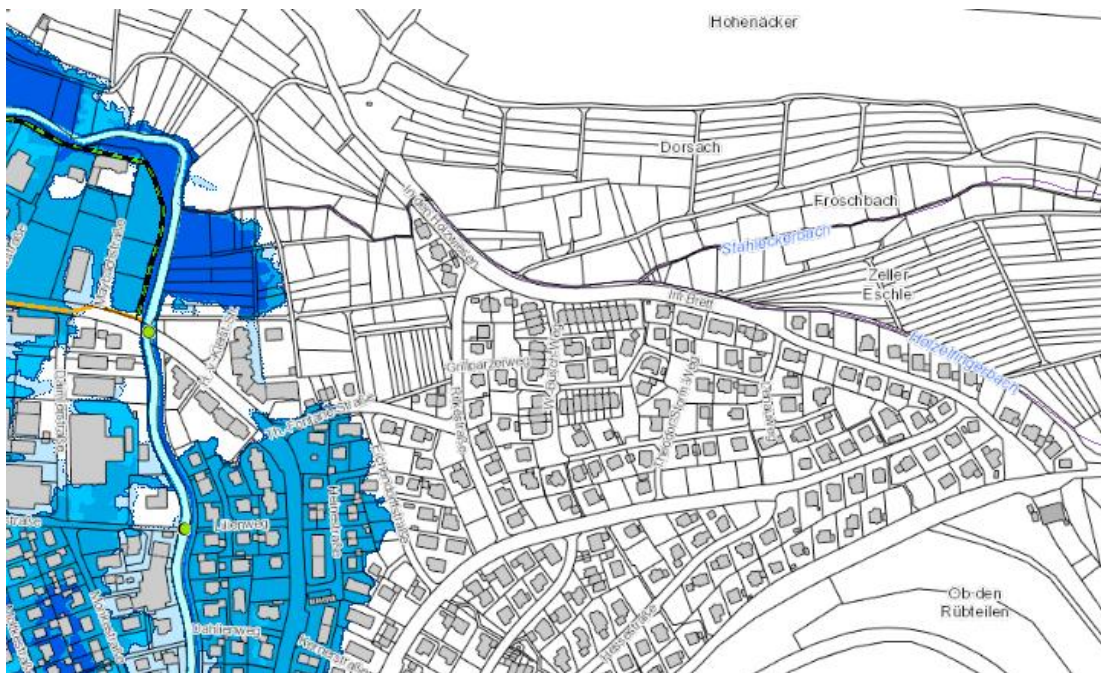
Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015



LIKWID GmbH – Nachberechnung Juni 2015

4.2 Stahleckerbach

Das Zweite wichtige und nicht beachtete Seitengewässer der Echaz ist der Stahleckerbach. Laut HWGK werden aus dem Einzugsgebiet 12,9 m³/s der Echaz zugeführt. In einer groben Flächenaufteilung wurde dem Stahleckerbach vor dem Zusammenlauf mit dem Holzelfinger Talbach rund 7,8 m³/s zugewiesen. Der Abfluss von rund 4,9 m³/s aus dem Holzelfinger Talbach erfolgt ohne Beachtung des Regenrückhaltebauwerks (Auslauf 1,3 m³/s) im Ortsteil Holzelfingen.



HWGK – Stand 21.09.2016, interaktive Hochwassergefahrenkarte



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

Wie aus der Simulation des „Ist-Zustand 2015“ zu erkennen ist, überflutet der Stahleckerbach die Flächen neben dem Gewässer, sowie nach dem Zusammenfluss mit dem Holzelfingertalbach auch die Flächen nördlich des Gewässerlaufes. Im Bereich der Straße „In den Holzwiesen“ ist die erste Engstelle. Auf diese wird später eingegangen und ein Ausbau vorgeschlagen. Im Bereich des Zusammenflusses mit dem Holzelfingertalbach entsteht ebenfalls eine Überflutung in Richtung Süden, welche sich durch die Wohnbebauung fortsetzt.

4.3 Langwiesenbach

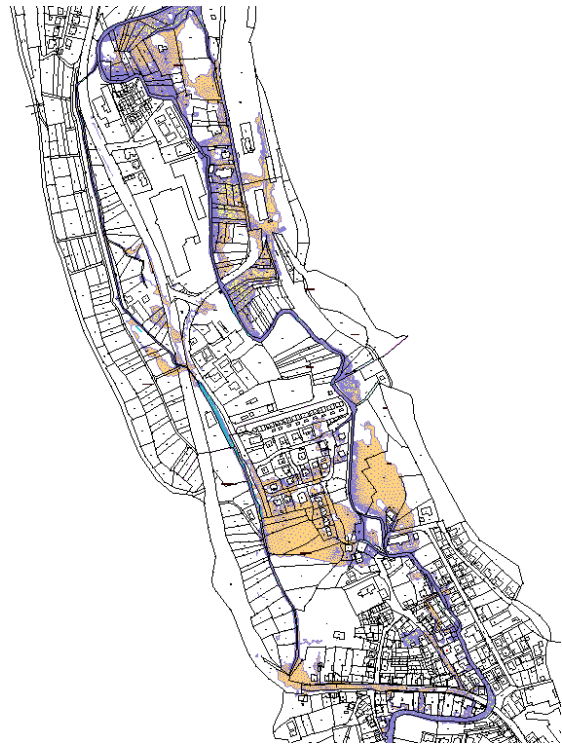
Der Langwiesenbach wurde durch die Fritz Planung über eine Länge von 850 m nachvermessen. Laut LUBW ist der Langwiesenbach ein eigenes Einzugsgebiet. In der Simulation der HWGK wurde der Bach einfach als Einlauf in die Echaz mit 1,2 m³/s simuliert.

Aus dem Vergleich „Ist-Zustand 2015“ und HWGK sind auf den ersten Blick keine großen Änderungen zu erkennen.

In der Berechnung des „Ist-Zustand 2015“ ist aufgefallen, dass die Brücken im Hauptgewässer (nähe Heerstraße) einstauen. Dort fließt das Hochwasser auf die Heerstraße und, bedingt durch das Gefälle, fließt es in den Langwiesenbach.



HWGK – Stand 21.09.2016,
interaktive Hochwassergefahrenkarte



Fritz Planung GmbH -
Ist-Zustand 2015

4.4 Wasserkraftanlagen T5 und T6

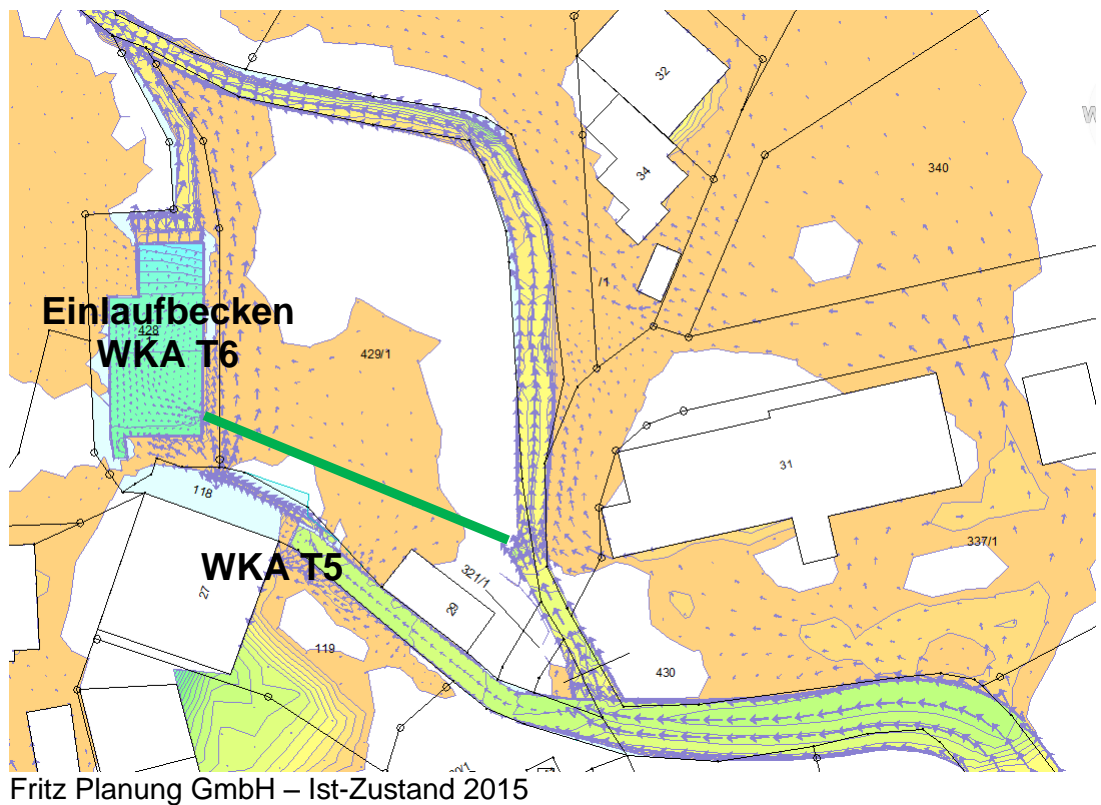
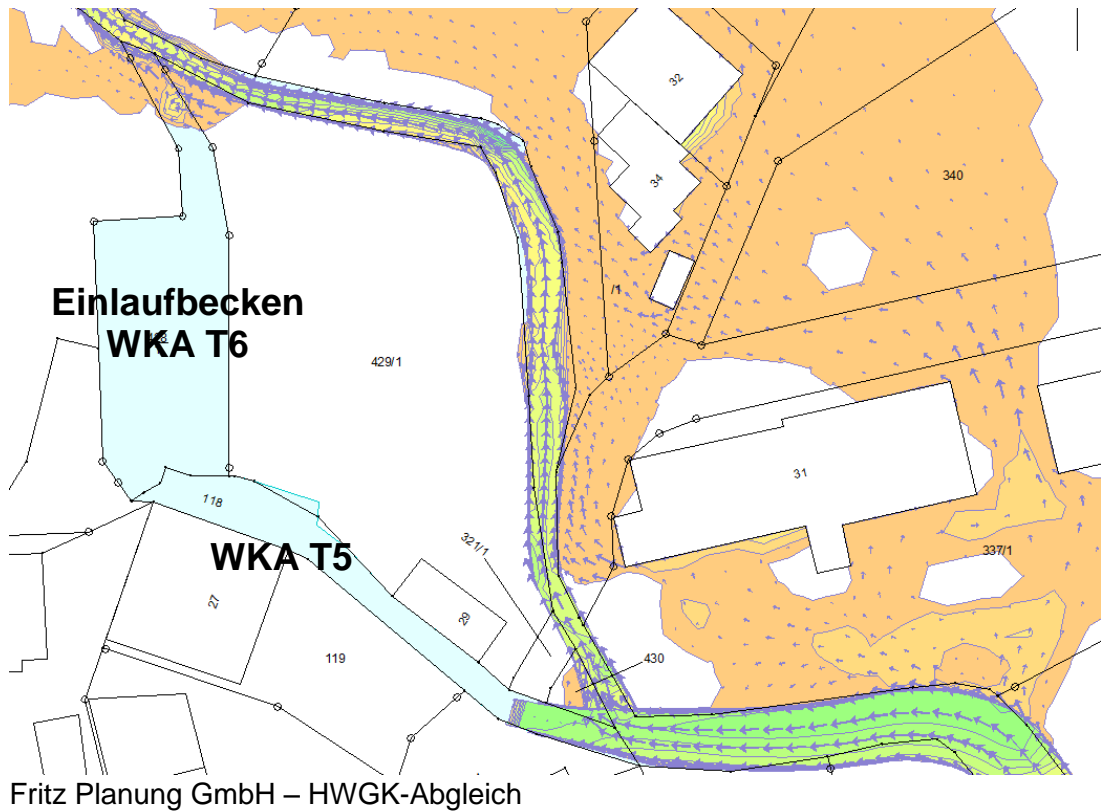
Die WKA T5 und T6 wurden zusammen vermessen, und werden daher auch zusammen betrachtet. Der Auslauf der T5 speist das Einlaufbecken der T6. Das Becken kann alternativ auch direkt aus dem Umlauf heraus durch eine Dole (mit ca. 1,1 m³/s) befüllt werden. Im Hochwasserfall ist auch diese geöffnet und leitet Wasser in das Becken. Am Überlauf des Beckens kann das Wasser dann in den Entlastungskanal fallen und der Echaz wieder zugeführt werden.



Fritz Planung GmbH – T5 Entlastung

Durch den Betreiber der Anlage T5 wurde darauf hingewiesen, dass im Hochwasserfall zu viel Wasser in seiner Entlastung fließt, und dadurch eine Überflutung seines Geländes hervorruft.

Die Entlastung der T5 führt auch bei normalem Betrieb Wasser, da diese an ein Streichwehr gekoppelt ist. Im Rahmen der Simulation wurde diese Freispiegelsituation abgebildet und simuliert.



Der Unterschied zwischen HWGK- und Ist-Zustand-Modell zeigen auf, wie das Wasser im Hochwasserfall tatsächlich fließt. Nur dadurch kann ein korrekter Ausbauvorschlag für den Zulaufbereich und dementsprechend die Überflutung der betroffenen Grundstücke getroffen werden!

4.5 Wasserkraftanlage T8

Die WKA T8 fiel in den HWGK auf, da diese offensichtlich einen Rückstau verursacht und damit Flächen flutet. In der Nachvermessung wurde der Zulaufkanal auf die Anlage zusammen mit dem Streichwehr und der Hochwasserentlastung aufgenommen.

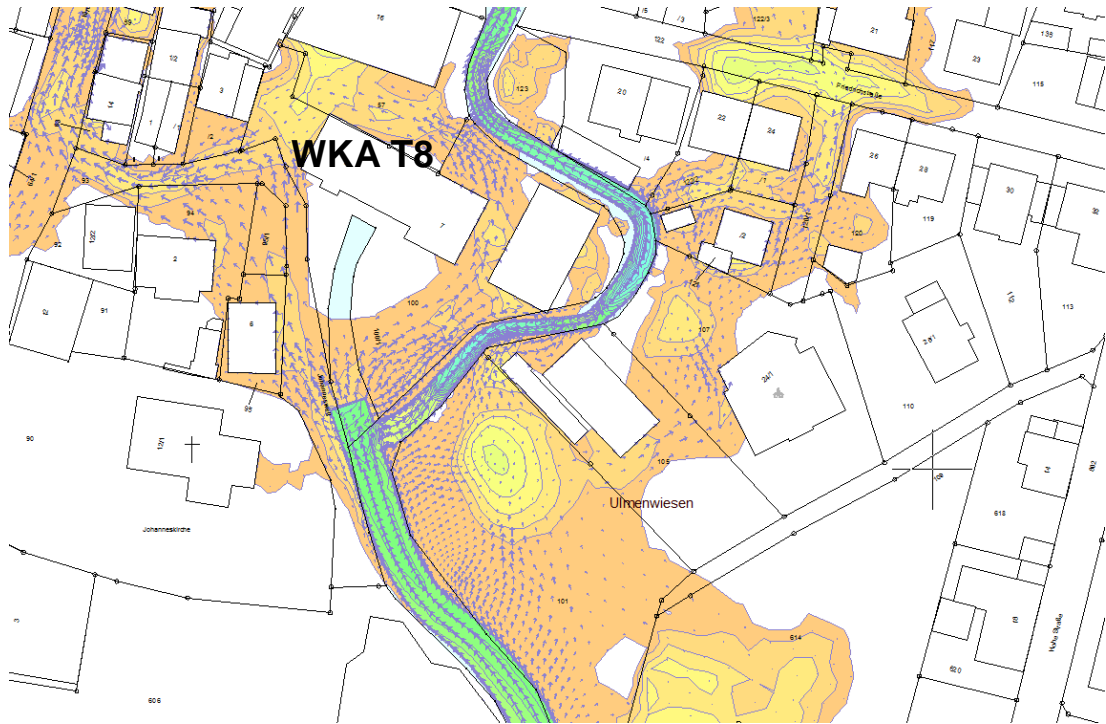


Fritz Planung GmbH – T8, Streichwehr (Links), Hochwasserentlastung (Rechts)

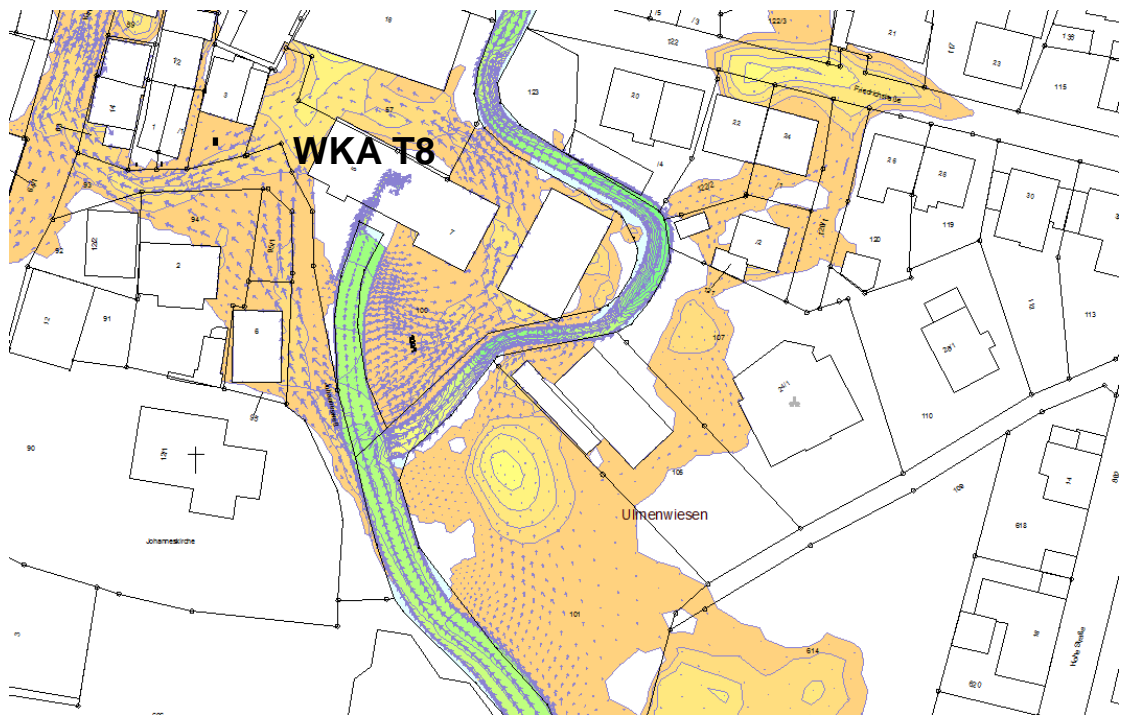


Fritz Planung GmbH – T8, Entlastung unter dem Gebäude (Links), Auslauf Arbeits- & Entlastungskanal (Rechts)

Der Vergleich beider gefluteten Flächen ergibt auf den ersten Blick nur geringe Unterschiede. Aber die Hochwasserentlastung beträgt in der Simulation 2,5 m³/s. Dieser Anteil des Hochwasserabflusses muss nicht mehr durch den Umlaufkanal laufen. Daher kann der Ausbau um die T8 optimiert geplant werden.



Fritz Planung GmbH – HWGK-Abgleich



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

4.6 Wasserkraftanlage T12

Die WKA T12 ist eine besondere Konstruktion. Steigt das Wasser in der Echaz auf das Niveau des Streichwehres, so wird das überschüssige Wasser darüber in den Umleitungskanal geleitet. Im Hochwasserfall wird die Entlastung (rechts im Bild) geöffnet. Dadurch kann mehr Wasser aufgenommen werden, als durch den regulären Umlaufkanal (Verdolung) abfließen kann.



Fritz Planung GmbH – T12, Blick auf Streichwehr (Links), Einlauf (Mitte) und Entlastung (Rechts)



Fritz Planung GmbH – T12 Entlastung, Blick auf Verdolung (Links), Blick auf Einlaufschütz (Rechts)



Fritz Planung GmbH – T12, Blick auf Hochwasserentlastungsbauwerk, Streichwehr Zulauf rechts

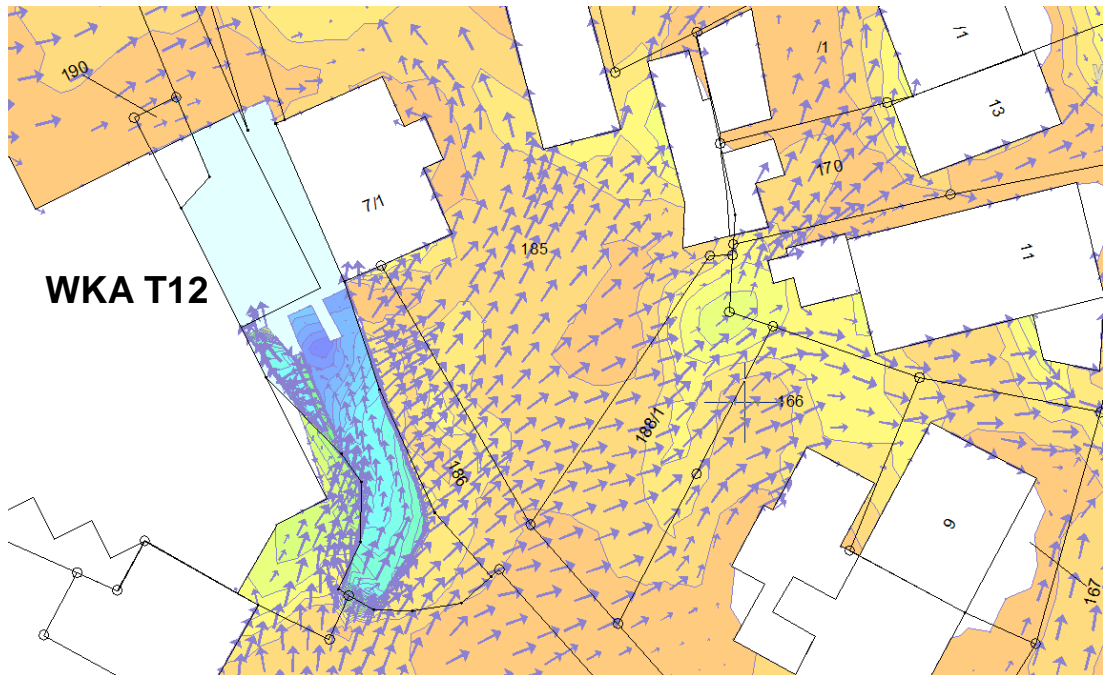


Fritz Planung GmbH – T12, Verdolung für Wasser vom Streichwehr

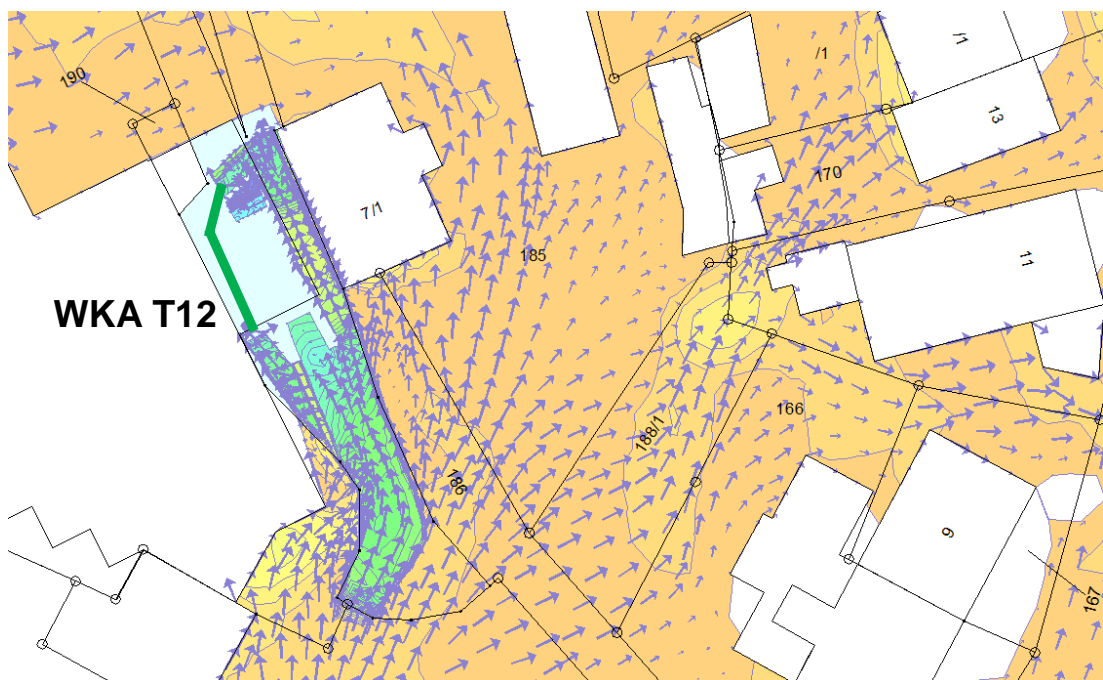
Durch das Entlastungsbauwerk, welches beim Anstieg des Wassers wie ein Überfallwehr fungiert, gelangt das Hochwasser in den Hauptarbeitskanal und kann dort schadfrei abgeleitet werden.

In der Simulation (WKA war Außerbetrieb) konnten ca. 7,8 m³/s durch den Hauptarbeitskanal abgeleitet werden. Rund 3 m³/s wurden durch den Umleitungskanal transportiert.

Dadurch konnte die Gesamt-Hochwasserentlastung der Anlage im Vergleich zur HWGK-Abgleichs Variante viel realistischer abgebildet werden.



Fritz Planung GmbH – HWGK-Abgleich



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

5 Hochwasserrückhaltebecken und Ausbauvorschläge Innerorts

Nachfolgend werden die beiden ermittelten Hochwasserrückhaltebecken, sowie die Ausbauvorschläge beschrieben. Diese wurden in 11 Ausbauabschnitte zusammengefasst.

Als Grundlage dienen die Ergebnisse die Simulation Ist-Zustand 2015 im Worst Case Szenario. Bei dieser Betrachtung wurde davon ausgegangen, dass keine Wasserkraftanlage aktiv ist. Diese Situation kann eintreten, wenn ein kurzzeitiges Ereignis sehr viel Unrat und Treibgut in der Echaz mitführt.

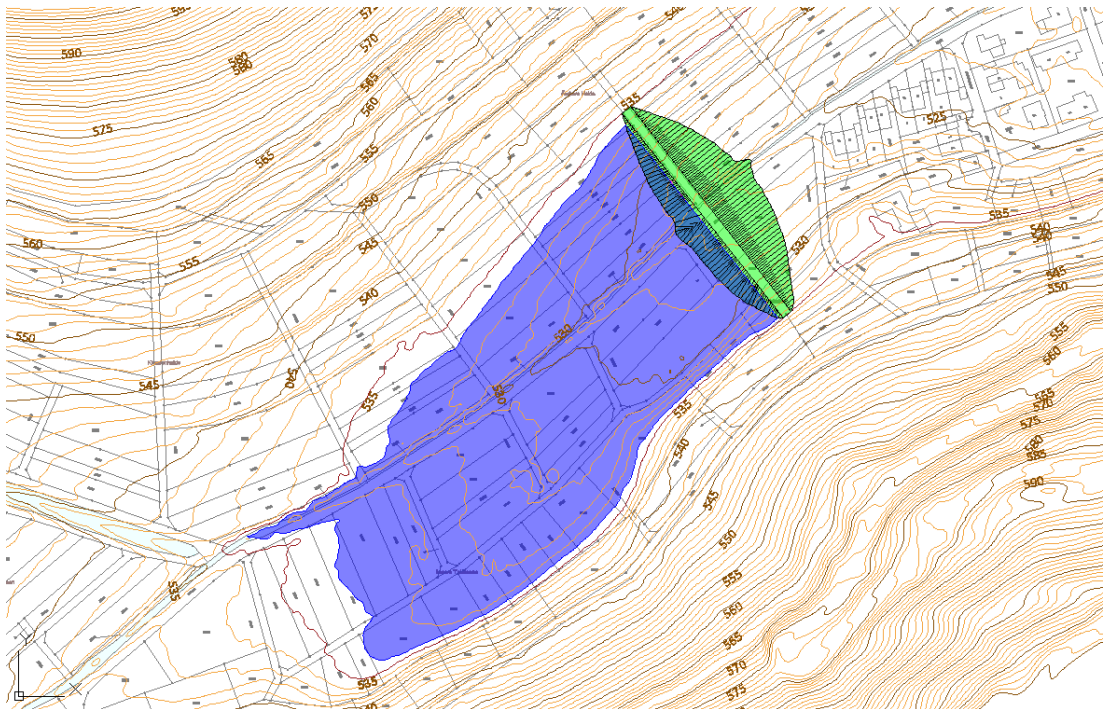
Das Integrierte Gemeindeentwicklungskonzept Lichtenstein 2030 (23.04.2015) wird im Bereich des Gewässerausbaus in die Ausbauabschnitte mit eingebunden.

5.1 Hochwasserrückhaltebecken Reißbach

Um den großen Abfluss von $10,1 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Reißbach abzufangen und zurückzuhalten, wurde in der Hydrologie ein Speichervolumen von ca. 60.000 m^3 errechnet. Am derzeit gewählten Beckenstandort können rund 57.500 m^3 Einstauvolumen erreicht werden. In der Phase der Genehmigungsplanung kann durch Optimierung der Lage und Bauform das Volumen an das benötigte $HQ_{100, \text{Klima}}$ Speichervolumen von 60.000 m^3 angepasst werden.

An der höchsten Stelle wird der Damm ca. 8 m hoch sein, und einen Einstau von rund 7 m ermöglichen. Das Dammvolumen umfasst ca. 12.000 m^3 bei einer Länge von rund 125 m. Die Dammkrone wurde auf 535 mNN und die Einstauhöhe auf 534 mNN bemessen.

Durch den gedrosselten Abfluss von $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ wird die Hochwassergefahr für die ursprünglich überfluteten Gebiete aufgehoben.



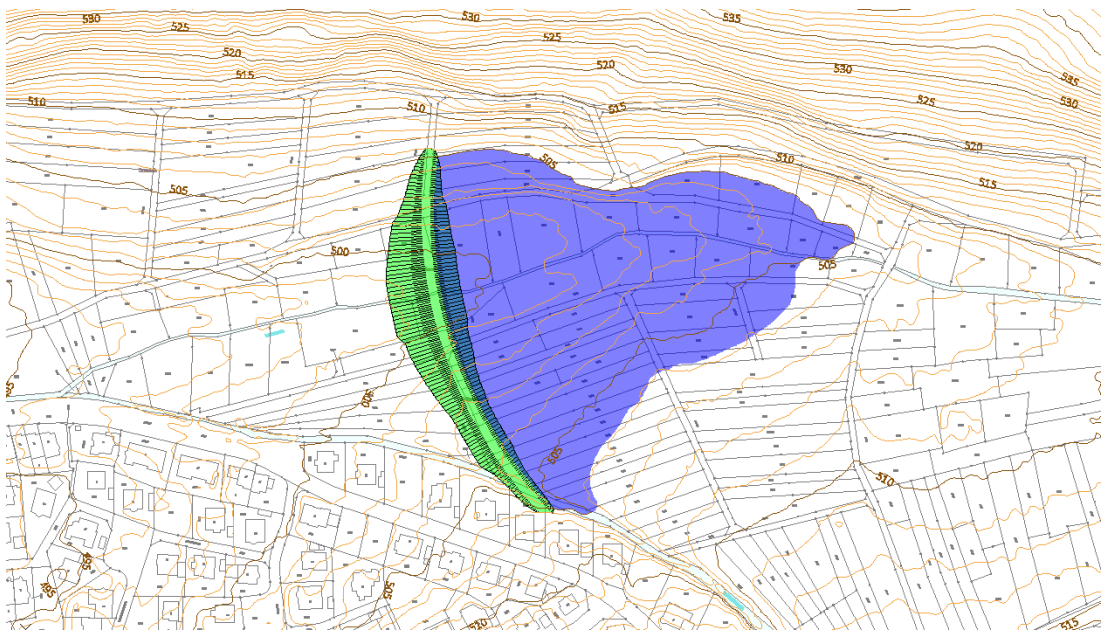
Fritz Planung GmbH – Beckenstandort Reißbach, Konzept

5.2 Hochwasserrückhaltebecken Stahleckerbach

Das Einzugsgebiet des Stahleckerbaches bringt laut Hydrologie einen Abfluss von 12,9 m³/s. Um diesen Abfluss abzufangen und einen Teil davon zwischenspeichern, werden ca. 60.000 m³ benötigt. Am derzeit gewählten Beckenstandort können rund 60.000 m³ Einstauvolumen erreicht werden.

An der höchsten Stelle wird der Damm gut 7 m hoch sein und einen Einstau von ca. 6 m ermöglichen. Das Dammvolumen umfasst ca. 13.000 m³ bei einer Länge von rund 210 m. Die Dammkrone wurde auf 506 mNN und die Einstauhöhe auf 505 mNN bemessen.

Durch den gedrosselten Abfluss auf 6 m³/s und dem notwendigen Gewässerausbau, wird die Hochwassergefahr für die ursprünglich überfluteten Gebiete aufgehoben. Der Ausbau des Gewässers vor und nach dem Becken werden gesondert betrachtet.



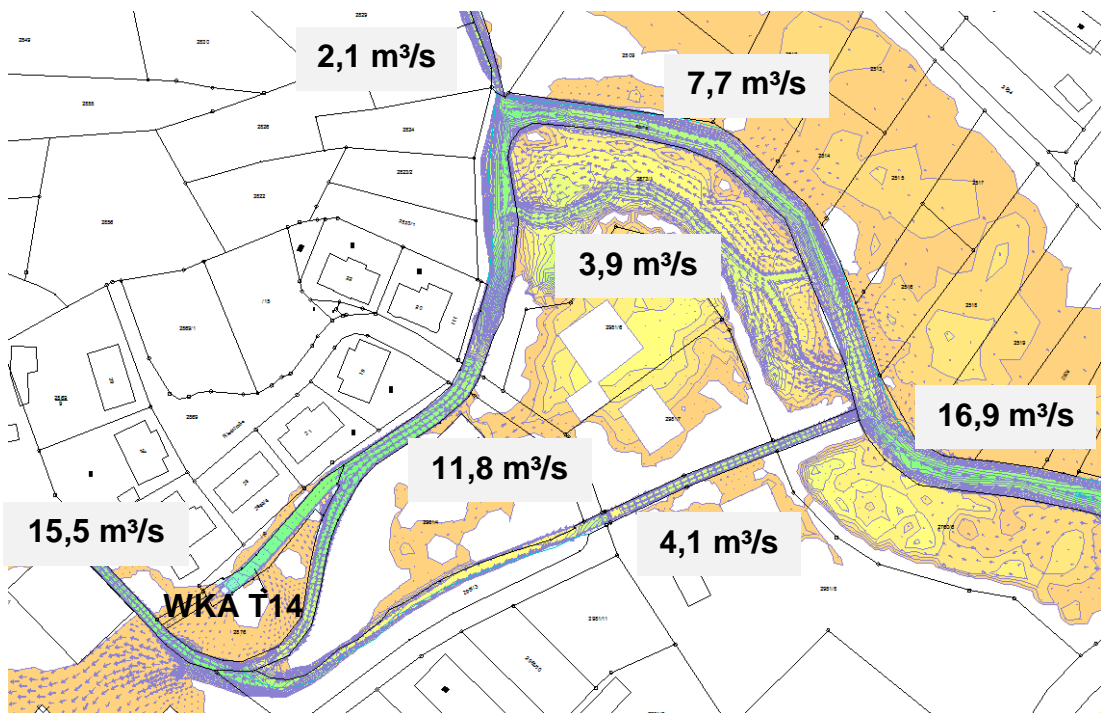
Fritz Planung GmbH – Beckenstandort Langwiesenbach, Konzept

5.3 Ausbaubereich 1: Echaz - Flutmulde und Gewässerausbau

Im Ausbaubereich 1 werden 2 Bereiche ausgebaut, welche im derzeitigen Zustand für die Überflutung von Industrieflächen verantwortlich sind.

Der HQ_{100} Abfluss wurde auf $27 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass es noch kein Becken im Stahleckerbach Einzugsgebiet gibt und der Reißenbach nur durch die bereits bestehende Verdolung begrenzt wird. Der restliche Hochwasserabfluss aus dem Reißenbach gelangt hauptsächlich über die B313 in Richtung Norden. Mit dem Bau des Beckens im Stahleckerbach kann der Abfluss auf rund $20 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden.

Aus dem Ist-Zustands Modell wurden folgende Abflüsse für Abschnitt 1 ermittelt:



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

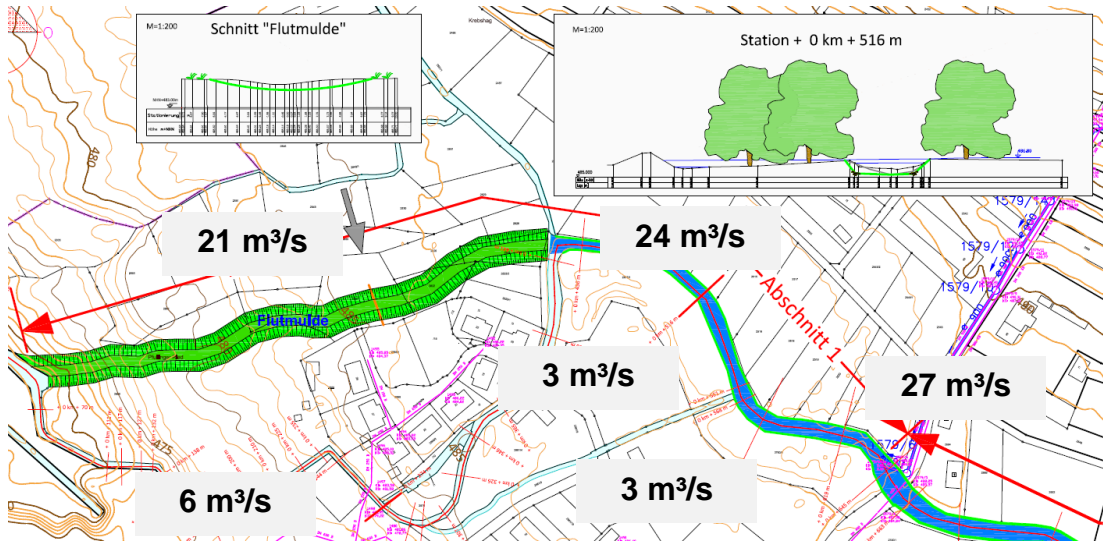
Es ist ersichtlich, dass bereits im Ist-Zustand der derzeitige Abflussquerschnitt des Gewässers nicht ausreicht! Durch Ausbau der restlichen Vorschläge werden bis zu $10 \text{ m}^3/\text{s}$ zusätzlich auf diesen Bereich zufließen, was die Hochwassersituation verschärfen würde.

Es wird daher vorgeschlagen eine Flutmulde zu gestalten, in welcher bei Hochwasser ca. $20 \text{ m}^3/\text{s}$ schadfrei um die vorhandene Engstelle abgeleitet werden können. Ab Station $0 \text{ km} + 274 \text{ m}$ wurde die Echaz flussabwärts so verbaut, dass mit einem Freiboard von rund 30 cm der Abflussquerschnitt zwischen $2,5$ und 3 m^2 liegt.

Der Hochwasserabfluss in diesem künstlichen Gerinne beläuft sich auf rund $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Abflüsse über dieser Menge führen zu Schäden und sorgen für Rückstau und Überflutung, was in der Simulation gut zu erkennen ist.

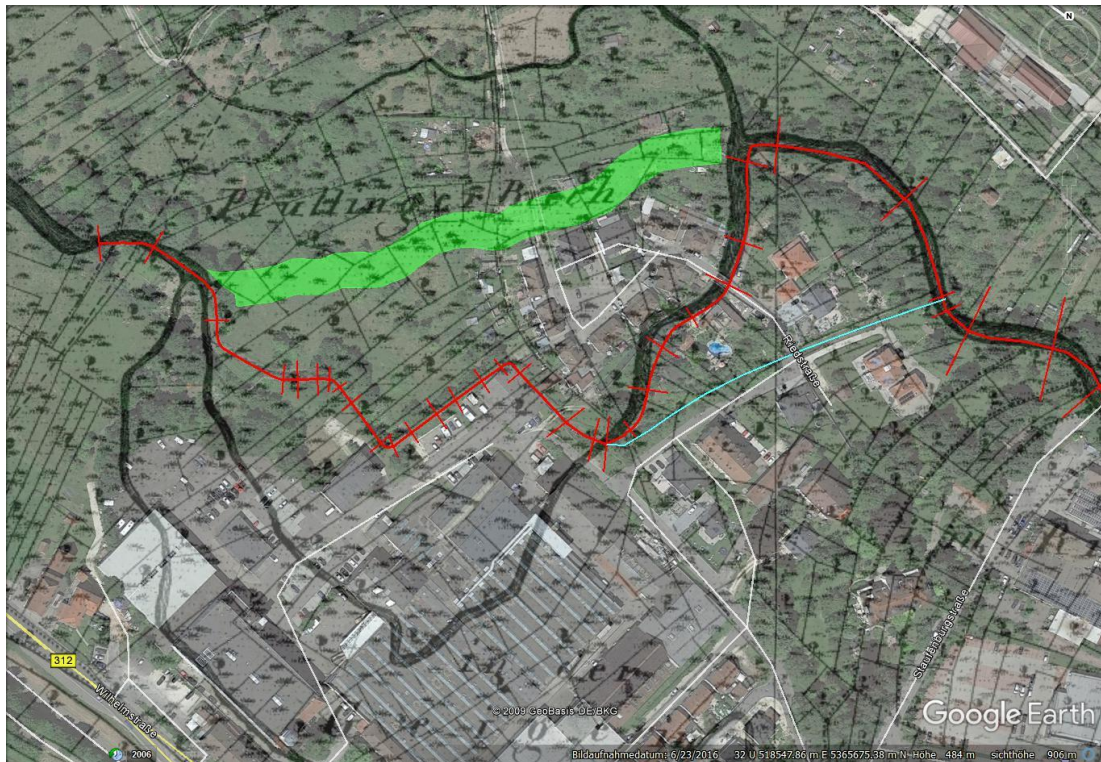
Die ca. 250 m lange und 15 m breite Flutmulde wurde so bemessen, dass sie als Wiese nutzbar bleibt und bewirtschaftet werden kann.

Die neue Flutmulde wird für einen Abfluss von maximal 21 m³/s ausgelegt. Die genaue Lage der Mulde, sowie der Einlaufbereich muss in der Planung festgelegt werden.



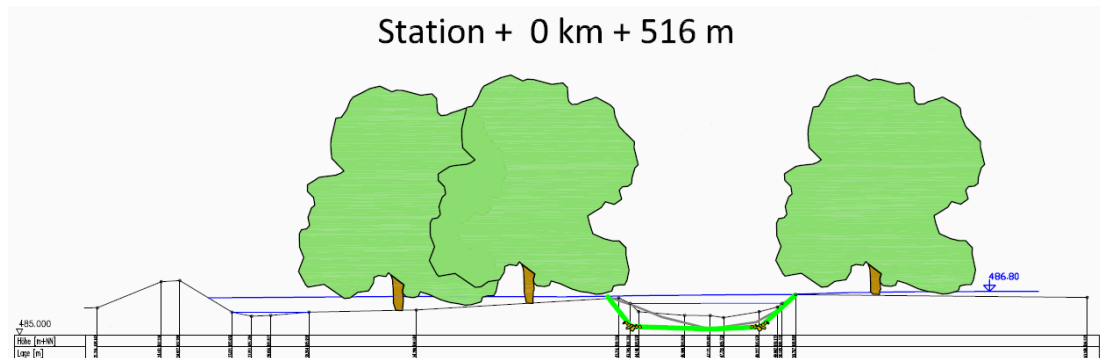
Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 1

Aus den Unterlagen des Staatsarchives konnte ermittelt werden, dass im gegenwertigen Abschnitt bereits um das Jahr 1820 der starke Knick im Gewässerverlauf vorhanden war. Heute jedoch ist der Verlauf soweit abgeändert das es für den Hochwasserabfluss in keiner Weise ausreicht.



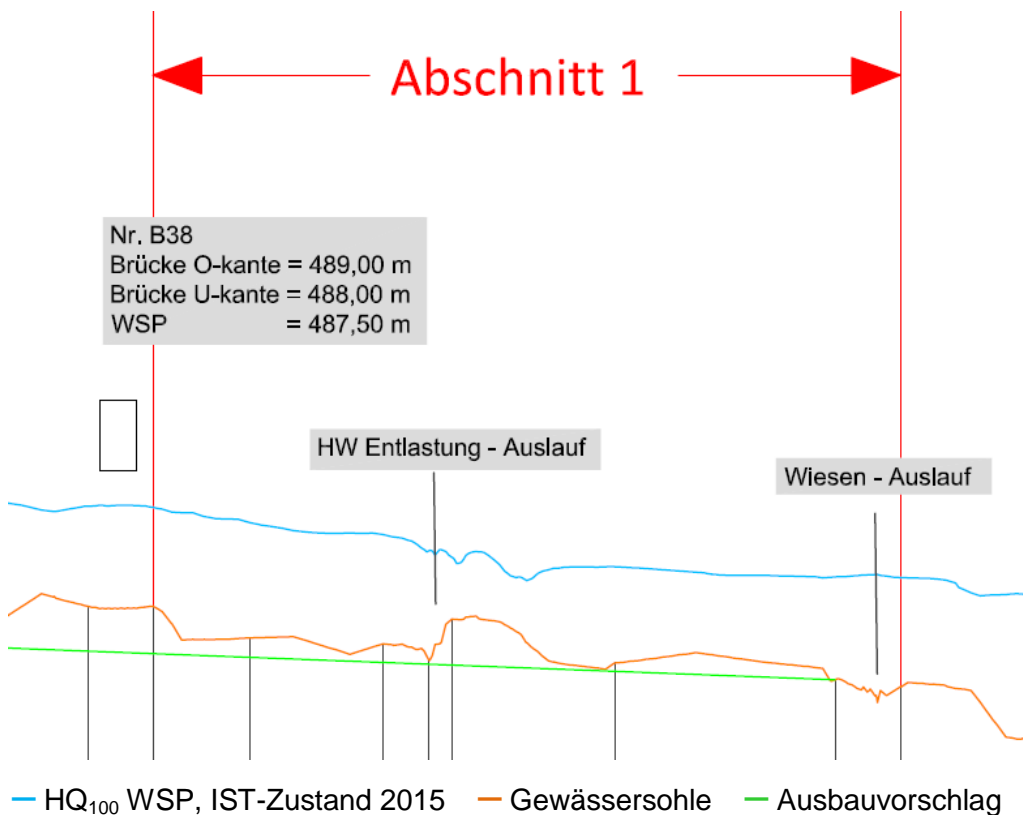
Google Earth – hinterlegte Flurkarte (1820, Staatsarchiv Ludwigsburg) mit Flutmulde

Der Gewässerausbau erstreckt sich vom Einlaufbereich in die Mulde bis zur Brücke Staufenburgstraße (Station 0 km + 441 m bis 0 km + 645 m).



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 1, Gewässerausbau

Die Gewässerböschung muss an vielen Stellen angepasst oder erneuert werden, bzw. muss das Gewässer aufgeweitet oder die Sohle an einigen Stellen zusätzlich geräumt werden. Die Sohlentiefe wird durch die egalisierte Gewässersohle vorgegeben.

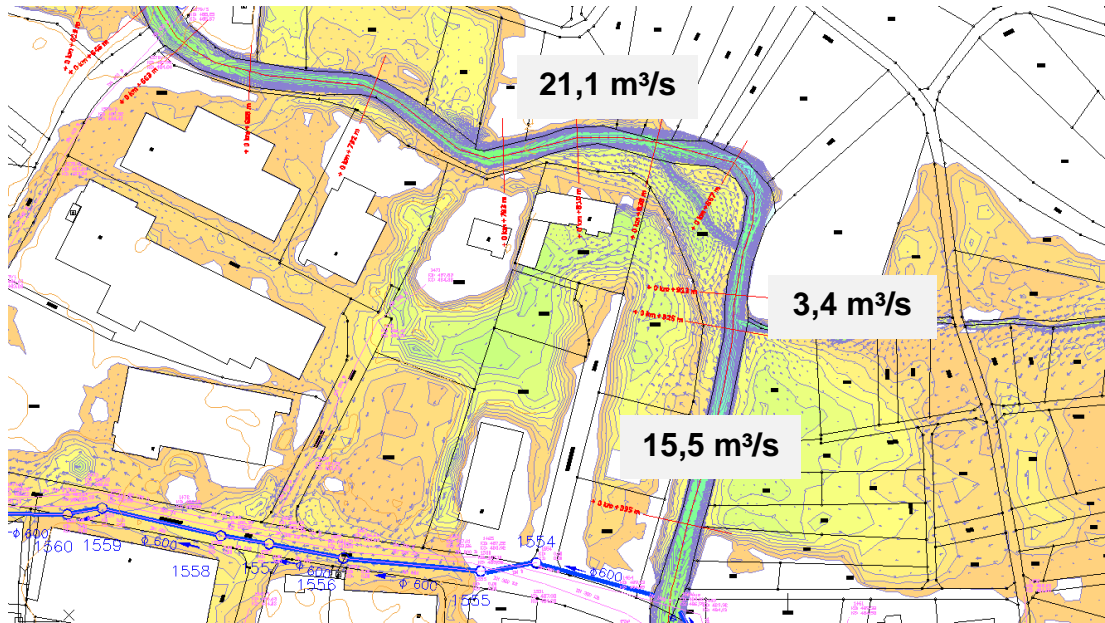


Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 1, Längsschnitt 10-fach überhöht

5.4 Ausbaubeschnitt 2: Echaz - Damm und Gewässerausbau

Der Ausbaubeschnitt 2 führt den begonnenen Gewässerausbau aus dem vorhergehenden Abschnitt ab der Brücke Staufenburgstraße fort und erstreckt sich bis zur Brücke Siemensstraße (Station 0 km + 645 m bis 0 km + 995 m).

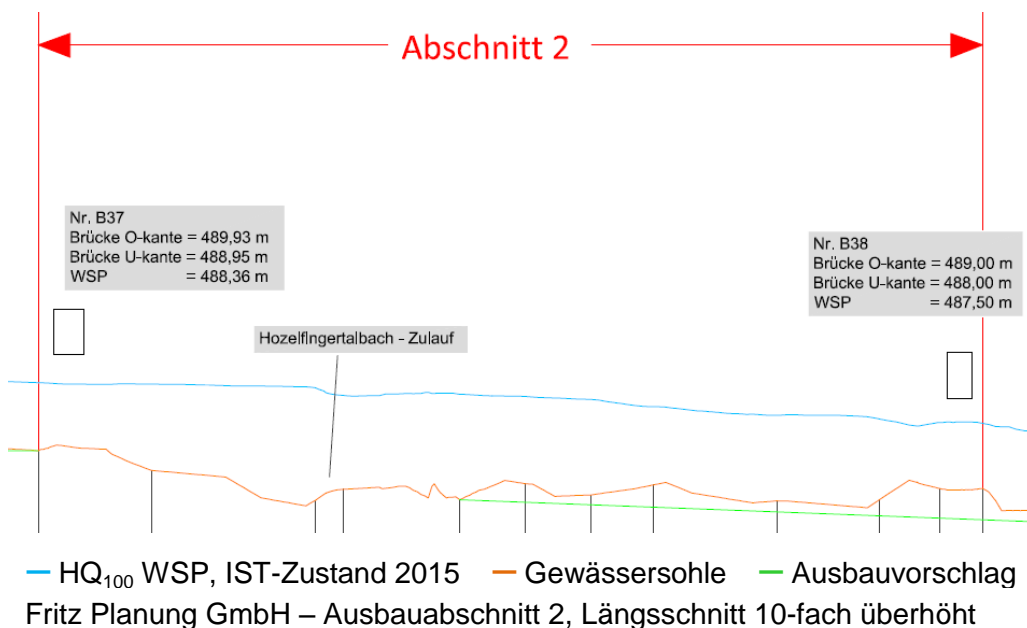
Aus der Simulation wurden folgende Werte ermittelt:



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

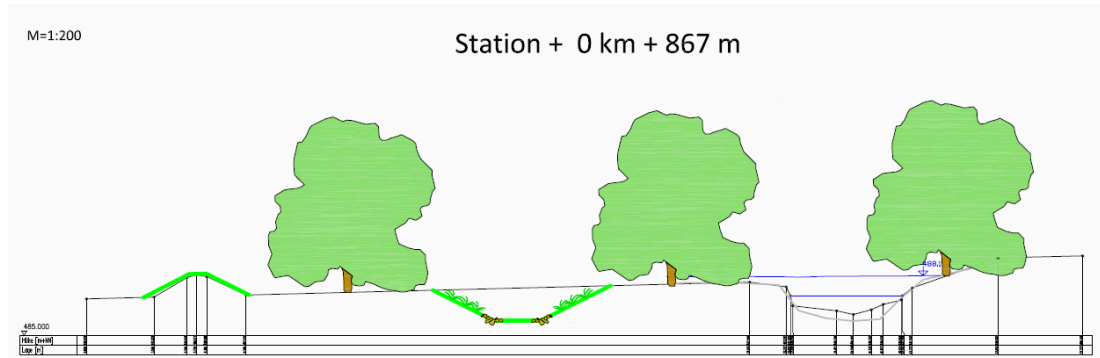
Als problematisch haben sich der Zulaufwinkel des Stahleckerbaches in die Echaz, sowie der gegenüber liegende Damm abgezeichnet. Sobald das Hochwasser den Damm überwindet, kann es sich über die dahinter liegenden Flächen ausbreiten.

Der geplante Gewässerausbau besteht wie im Abschnitt 1 aus Egalisierung der Gewässersohle sowie Ausbau der Böschung.



Fritz Planung GmbH – Ausbaubeschnitt 2, Längsschnitt 10-fach überhöht

Im Bereich des Gewässerknickes besteht bereits jetzt ein kleines Umlaufgerinne. Dieses wird weiter ausgebaut um das Hauptgerinne zu entlasten. Ein Schnitt durch das Umlaufgerinne folgt im nächsten Bild.

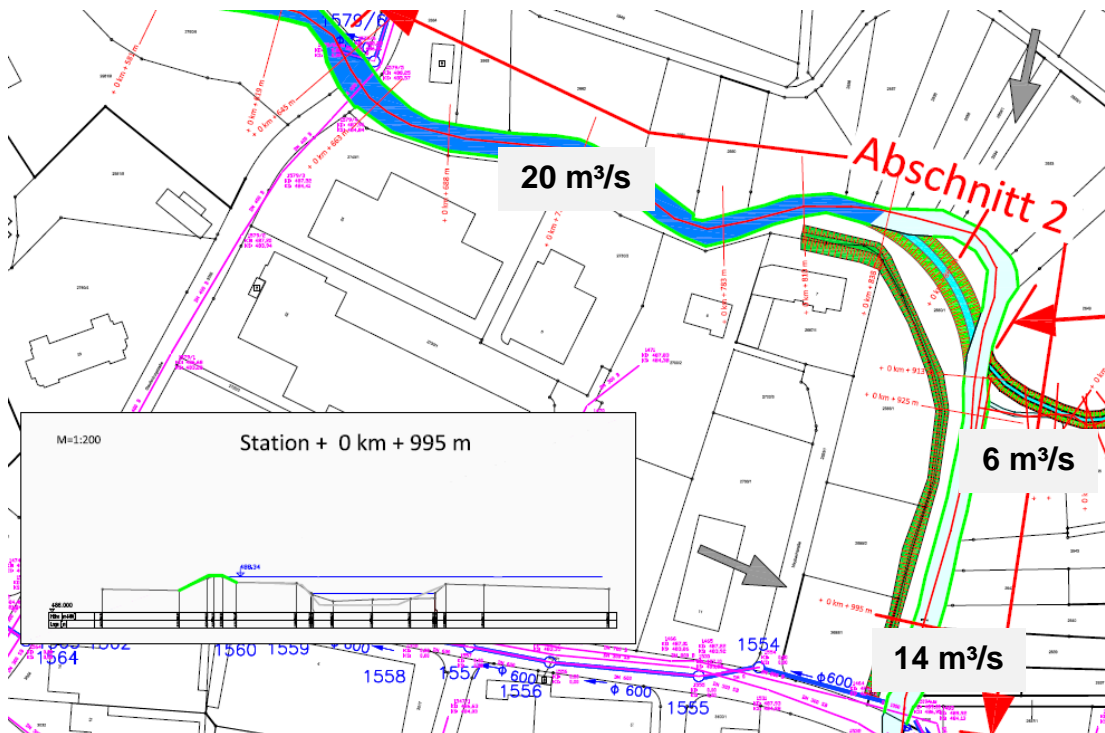


Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 2, Gewässerausbau

Der vorhandene Damm ist niedriger als in der Genehmigung, aus dem Jahr 1992, angegeben. Zudem weist er an einigen Stellen einen nicht korrekt aufgebauten Dammkörper auf.

Für den Ausbauabschnitt 2 wurde mit einem Damm gerechnet, der auf die genehmigte Höhe ausgebaut wurde und dessen Dammkörper den Regeln der Technik entspricht.

Zu beachten ist, dass weder die aktuelle Höhe, noch die genehmigte Höhe eine ausreichende Schutzfunktion für die dahinter liegenden Flurstücke bieten! Die 1992 berechneten Dammhöhen führen mit dem in der Simulation ermittelten Wasserspiegel zu einer HQ₁₀₀ Freibordhöhe im Bereich zwischen 4 bis 10 cm.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 2

Der Ausbauabschnitt 2 kann einen maximalen Abfluss von 27 m³/s aufnehmen. Nach Inbetriebnahme des Dammbauwerkes im Stahleckerbach kann der alte Knick im Hauptgewässer (fast 90°) zu einem Altarm, mit beruhigten Bereichen, umgewandelt werden.

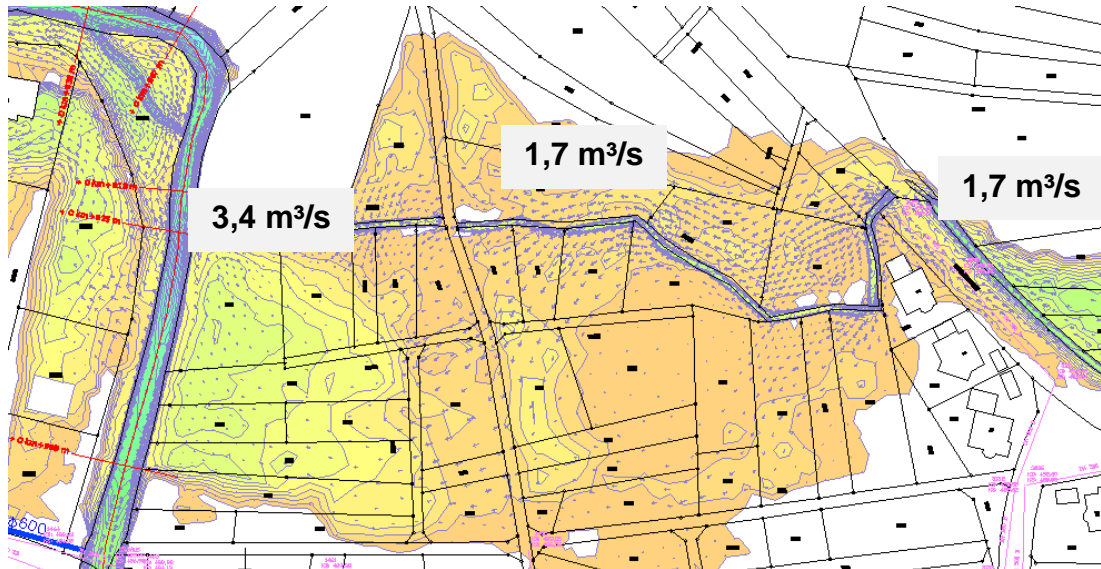
Der Damm entlang der Echaz, mit einer Schutzfunktion für HQ₂₅ bis HQ₅₀ (insofern dieser auf die Genehmigung ausgebaut wird) ist nach erfolgreichem Abschluss aller, hier vorgeschlagener, Ausbauabschnitte funktionslos.

Es ist allerdings nicht absehbar, wann und in welcher endgültigen Form die Ausbauabschnitte sowie Rückhaltedämme gebaut werden. Daher ist der Schutz des Gewerbegebietes Stetten wichtig, und darf nicht vernachlässigt werden.

5.5 Ausbauabschnitt 3: Zulauf Stahlecker Bach in die Echaz

Der Ausbauabschnitt 3 behandelt den Stahleckerbach im Bereich des Zulaufes in die Echaz und der Straße „In den Holzwassen“.

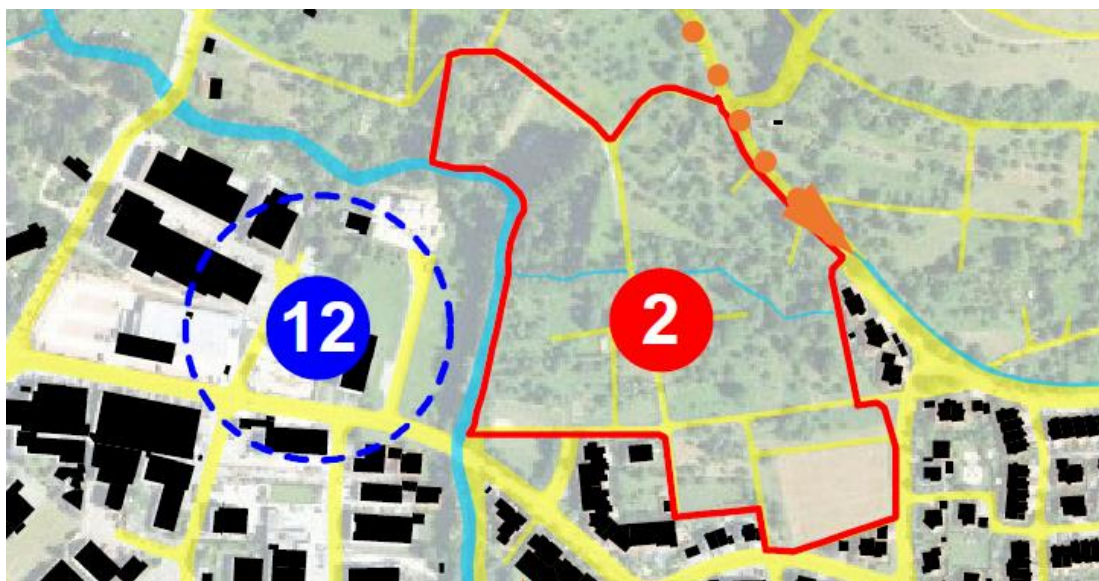
Aus der Simulation wurden folgende Werte ermittelt:



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

In der Simulation gut ersichtlich sind die nicht ausreichend ausgelegten Durchlässe an der Straße „In den Holzwassen“ und dem nachfolgende Wirtschaftsweg. 1,7 m³/s des rund 13 m³/s Hochwasserabflusses konnten rechnerisch durch diese Engstellen geleitet werden.

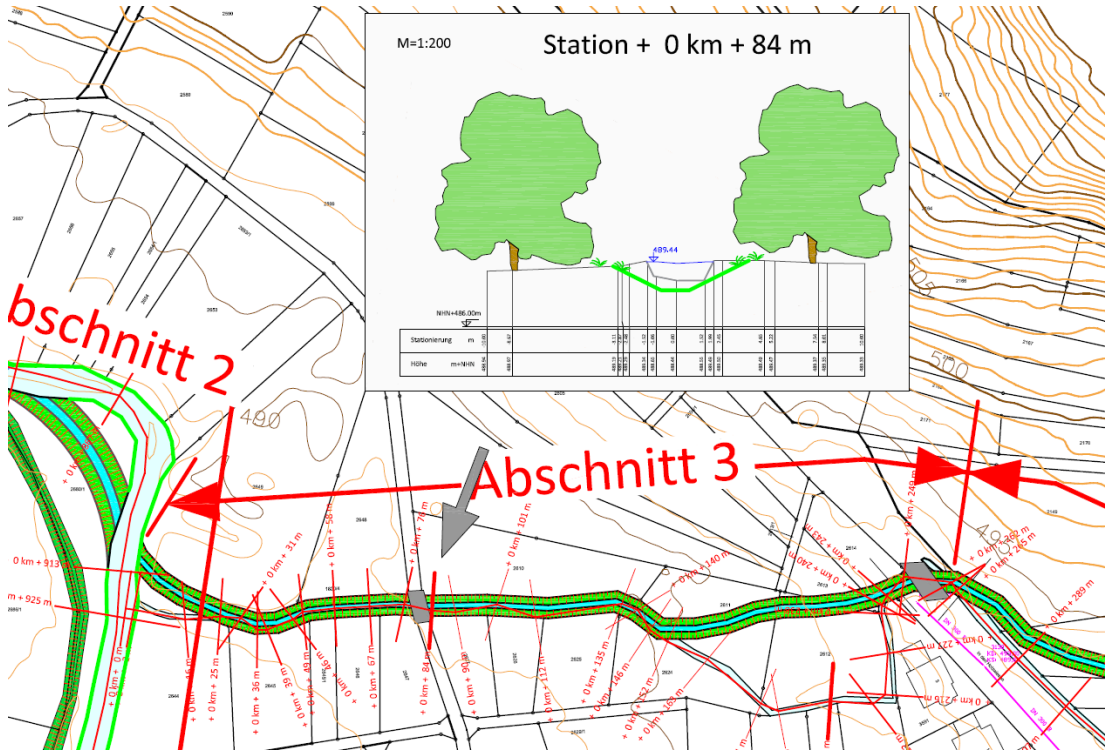
Das restliche Hochwasser überflutet dann die südlich vom Bach gelegenen Flächen. Diese langfristig zu schützen ist wichtig, da es sich dabei um das zukünftig mögliche Wohngebiet Nord-Ost IV handelt.



Gemeindeentwicklungskonzept Lichtenstein 2030 (23.04.2015)

Für den Ausbau wird vorgeschlagen, das Gewässer im Abflussquerschnitt auszubauen um den Abfluss von 6 m³/s zu ermöglichen. Der restliche Hochwasserabfluss wird am Stahleckerbach-Damm zurückgehalten.

Die Überfahrten müssen erneuert werden und an den neuen Durchfluss angepasst werden. Zusätzlich wird der vorhandene Verlauf so abgeändert, dass ein gleichmäßiges Gefälle entsteht und das Wasser keinen 90° Knick beschreiten muss.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 3

5.6 Ausbaubereich 4: Stahleckerbach und Dammbauwerk

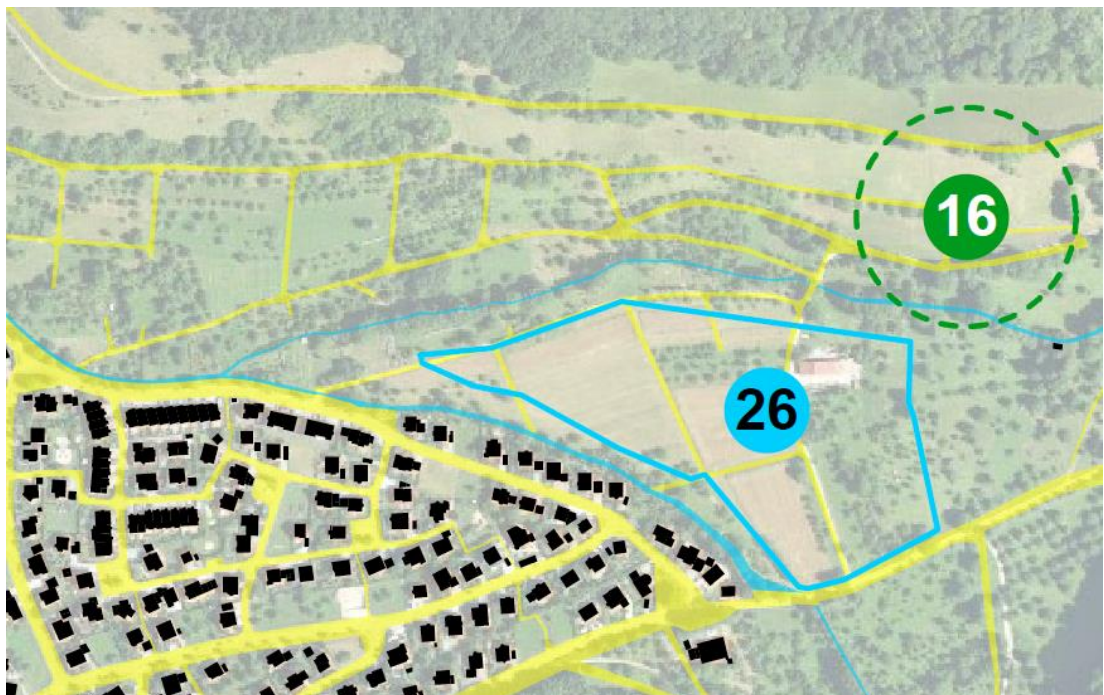
Der Ausbaubereich 4 behandelt den Stahleckerbach im Anschluss an den Abschnitt 3 bis nach dem geplanten Dammbauwerk.

Aus der Simulation wurden folgende Werte ermittelt:



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

Im Gemeindeentwicklungskonzept Lichtenstein 2030 ist im Stahleckerbach bereits ein Becken grob eingeplant. Die genaue Lage, sowie Dimensionierung lagen hier noch nicht vor. Aber dies zeigt, dass ein Grundverständnis für die Lage in diesem Gebiet vorhanden ist.



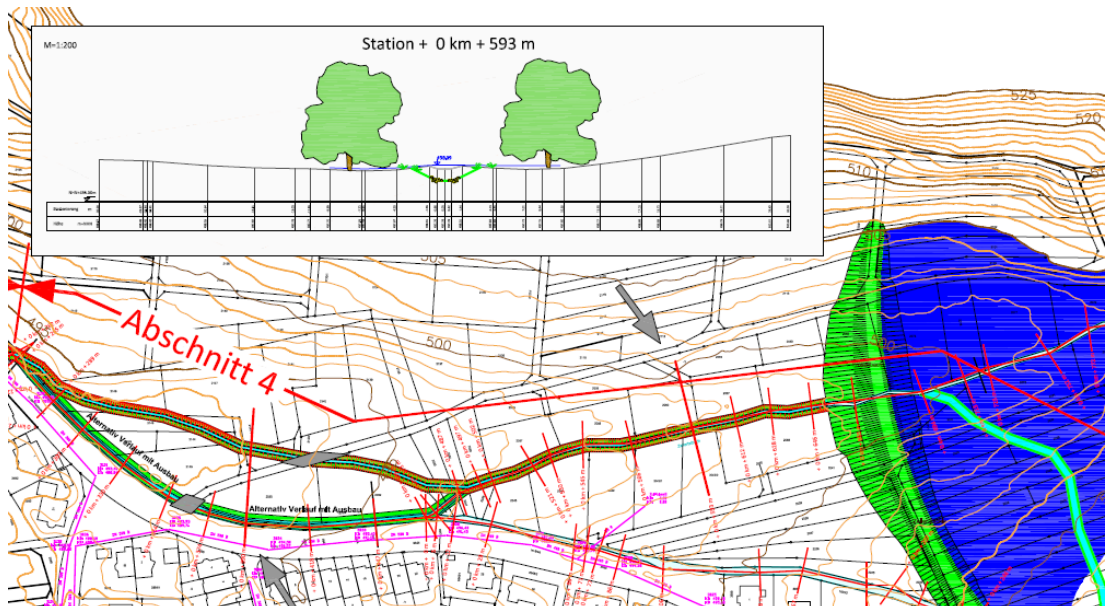
Gemeindefortentwicklungskonzept Lichtenstein 2030 (23.04.2015)

Bei der Betrachtung der Höhenlinien wurde deutlich, dass der jetzige Verlauf des Stahleckerbaches künstlich hervorgerufen wurde. Um das Gewässer in ein natürliches Bachbett zurück zu verlegen, wurde für den Ausbauabschnitt 4 die Trasse anhand von Höhenlinien gewählt. Auch der Zulauf auf die Querung mit der Straße „In den Holzwiesen“ verläuft in einem günstigeren Winkel.



Fritz Planung GmbH - Stahleckerbach, gegen Fließrichtung Station 0 km + 545 m

Der Hozelfingertalbach wurde so umverlegt, dass durch das Dammbauwerk nur ein Bach läuft. Der Durchlass soll auf 6 m³/s festgelegt werden. Dieser Abschnitt kann vor oder mit dem Errichten des Dammes zusammen erfolgen.

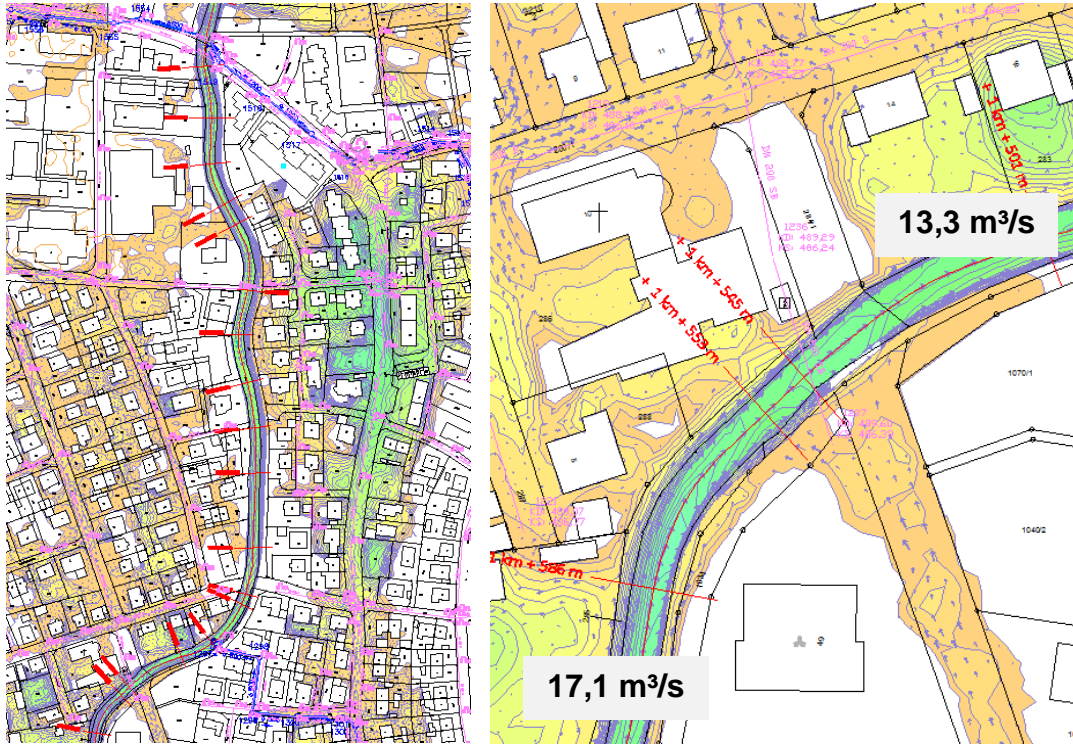


Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 4 inklusive Alternativ Verlauf

Alternativ wurde die Möglichkeit betrachtet den Stahleckerbach im derzeitigen Verlauf, entlang der Straße „Im Brett“, auszubauen. Auch diese Variante führt zu einer Entlastung der vom Hochwasser betroffenen Flächen.

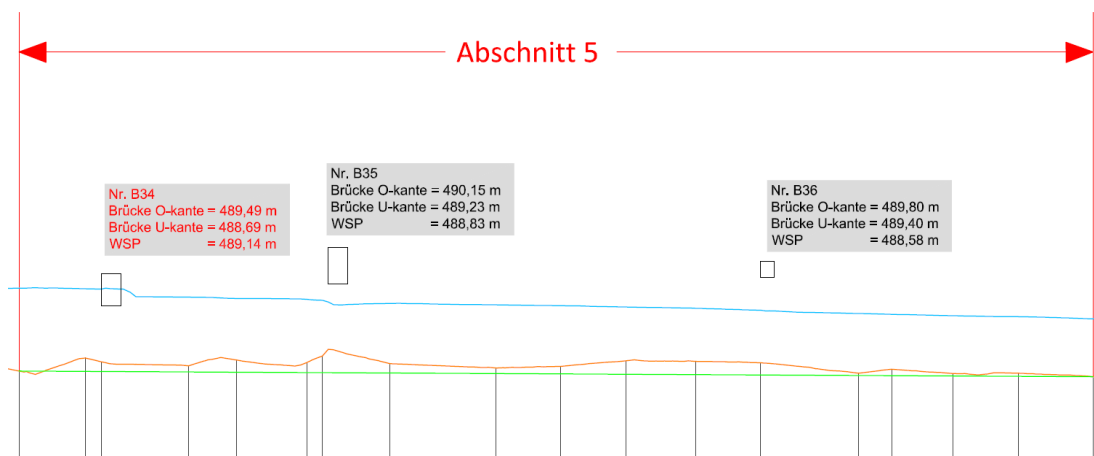
5.7 Ausbauabschnitt 5: Echaz - Zwischen Moltke- und Siemensstraße

Der Ausbauabschnitt 5 befindet sich zwischen den Brücken der Moltke- und Siemensstraße (Station 1 km + 44 m bis 1 km + 586 m). In diesem Abschnitt wird der Hochwasserabfluss an der Brücke Moltkestraße am Abfluss gehindert.



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015 (Links Übersicht; Rechts Moltkestraße)

Im Ist-Zustand fließen bei einem HQ_{100} rund $17 \text{ m}^3/\text{s}$ ab, welche nach dem Bau des Reißbach-Dammes auf $14 \text{ m}^3/\text{s}$ reduziert werden. Die Egalisierung der Gewässersohle wird den schadfreien Durchfluss von bis zu $14 \text{ m}^3/\text{s}$, inklusive Freiboard, zulassen.



— HQ_{100} WSP, IST-Zustand 2015 — Gewässersohle — Ausbauvorschlag

Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 5, Längsschnitt 10-fach überhöht



Fritz Planung GmbH – seitlicher Blick auf Ufermauer bei Station 1 km + 279 m

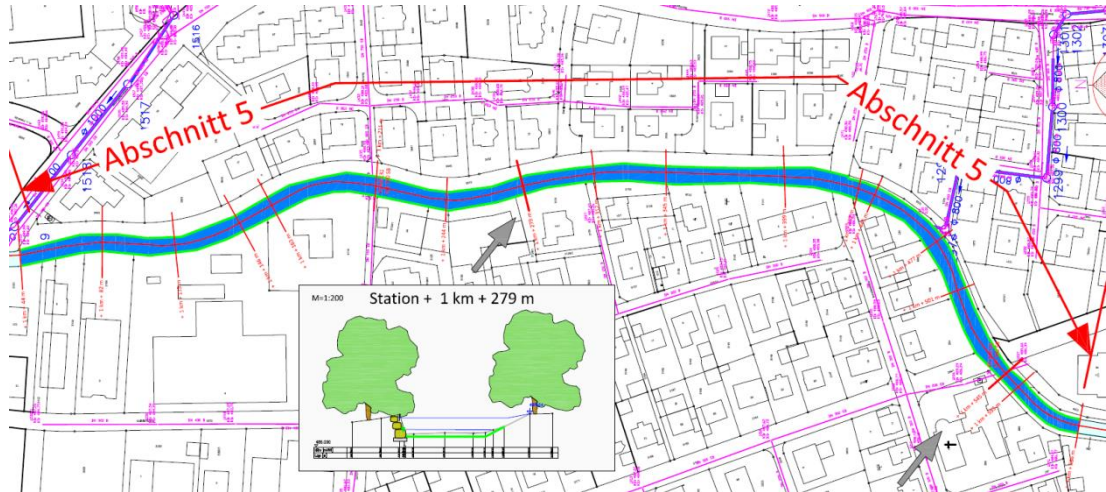


Fritz Planung GmbH – seitlicher Blick auf Ufermauer bei Station 1 km + 312 m

Wie aus den vorgehenden Bildern gut erkennbar, müssen die Mauern auf der linken Seite der Echaz im Zuge des Gewässerausbaus ebenfalls erneuert werden. Hier sind viele der Mauern in einem schlechten Zustand. Bäume und Sträu-

cher, die in den Hohlräumen und Rissen der Mauern wachsen, zerstören deren Fähigkeiten bei einem starken Hochwasser der Fließgeschwindigkeit Stand zu halten. Bei einem Versagen würde das dahinter liegende Gelände geflutet werden.

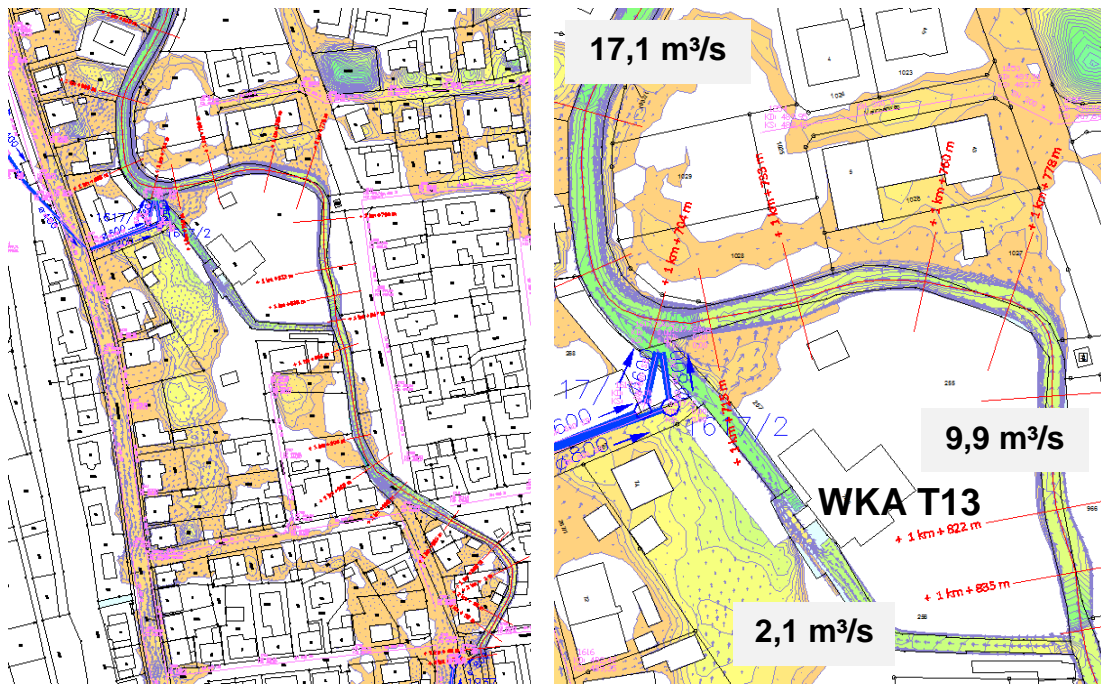
Die Ufer an der rechten Seite sind in diesem Abschnitt zum Großteil als Böschung vorhanden. Sofern die Bepflanzung in der Böschung den Abfluss nicht negativ beeinflusst, ist keine Änderung geplant.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 5

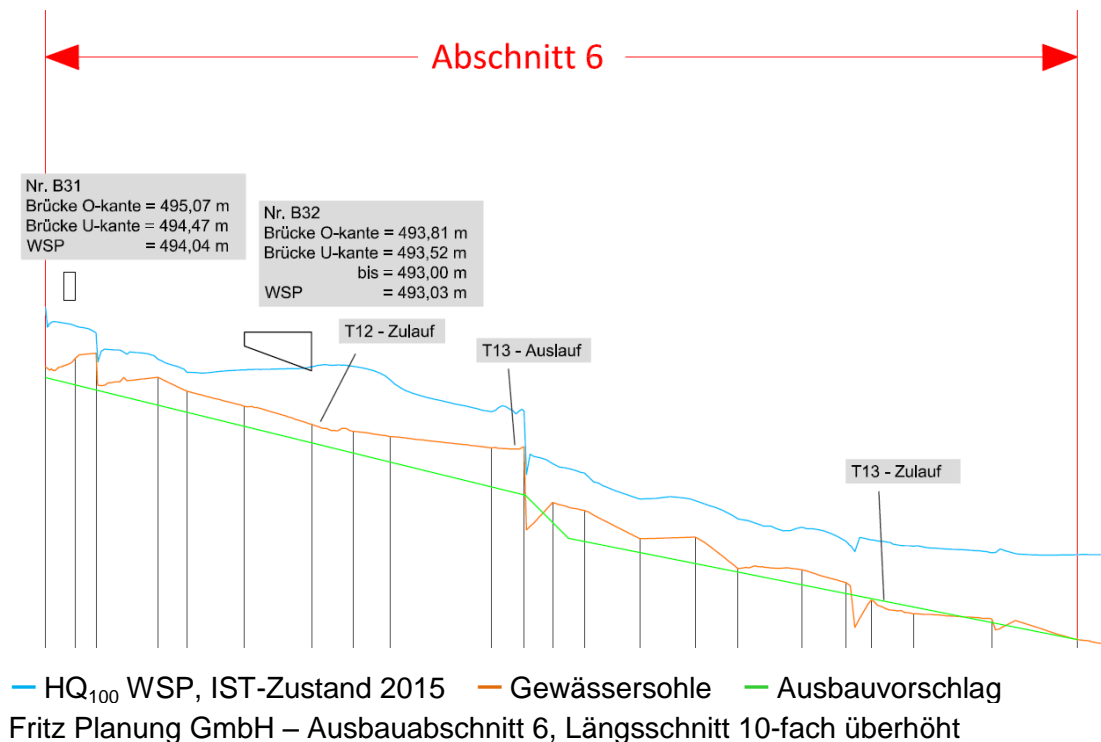
5.8 Ausbaubeschnitt 6: Echaz – Moltkestraße 49 bis Brücke Kaiserstraße

Der Ausbaubeschnitt 6 befindet sich im Bereich zwischen dem Kindergarten St. Elisabeth und der Brücke Kaiserstraße (Station 1 km + 619 m bis 2 km + 47 m).



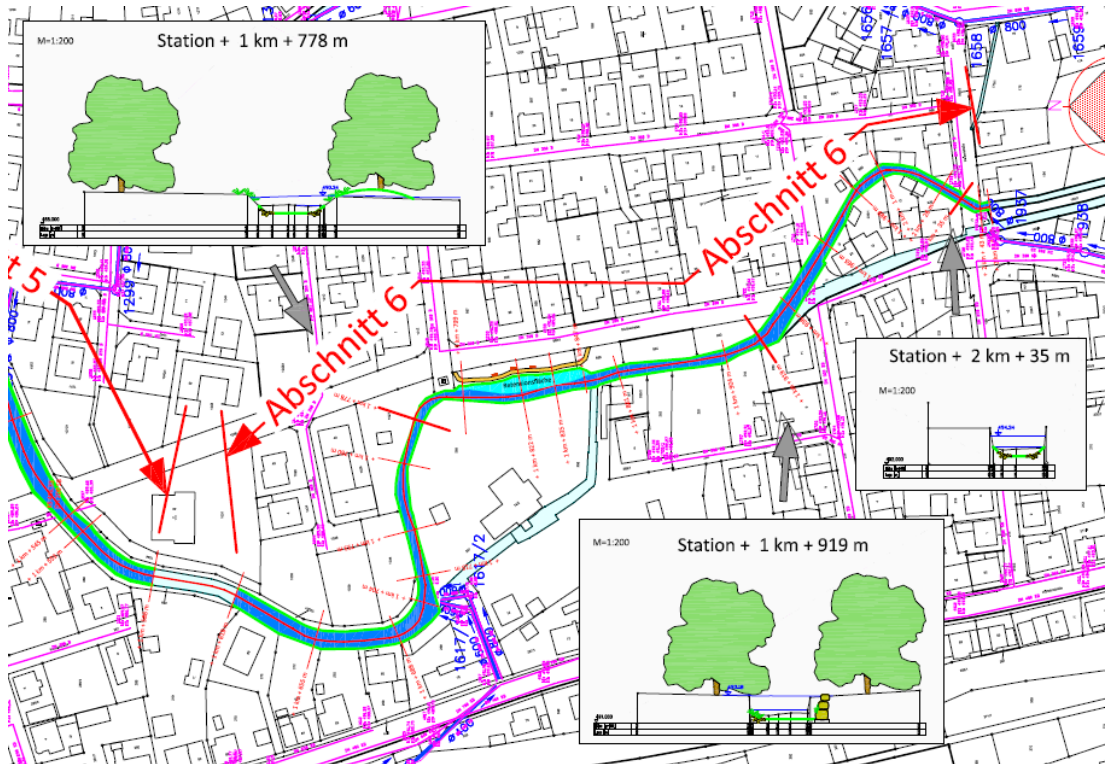
Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015 (Links Übersicht; Rechts Moltkestraße)

Im Ist-Zustand fließen bei HQ_{100} ca. $10 \text{ m}^3/\text{s}$ um die WKA T13. Bereits bei dieser Menge flutet das Hochwasser die Moltkestraße. Rund $2 \text{ m}^3/\text{s}$ fließen durch die Hochwasserentlastung der WKA. Der Ausbau der Echaz erfolgt auf $12 \text{ m}^3/\text{s}$.



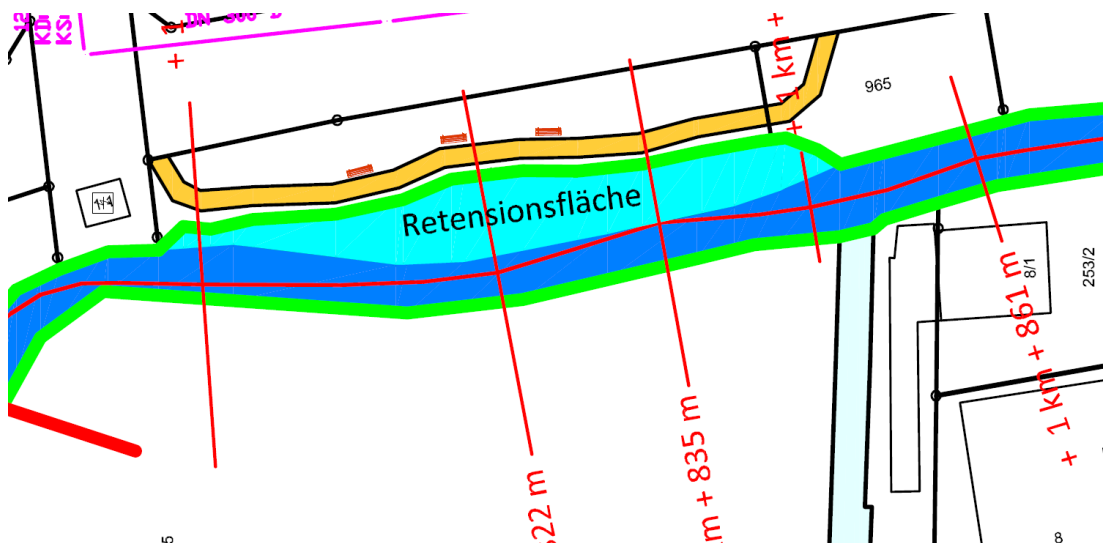
Fritz Planung GmbH – Ausbaubeschnitt 6, Längsschnitt 10-fach überhöht

Die Egalisierung der Gewässersohle betrifft, siehe Längsschnitt, nicht nur den Umlauf um die WKA. Flussaufwärts, nach dem Ende der Verdolung (Höhe Kaiserstraße), bis zur WKA muss die Sohle ebenfalls egalisiert werden.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 6

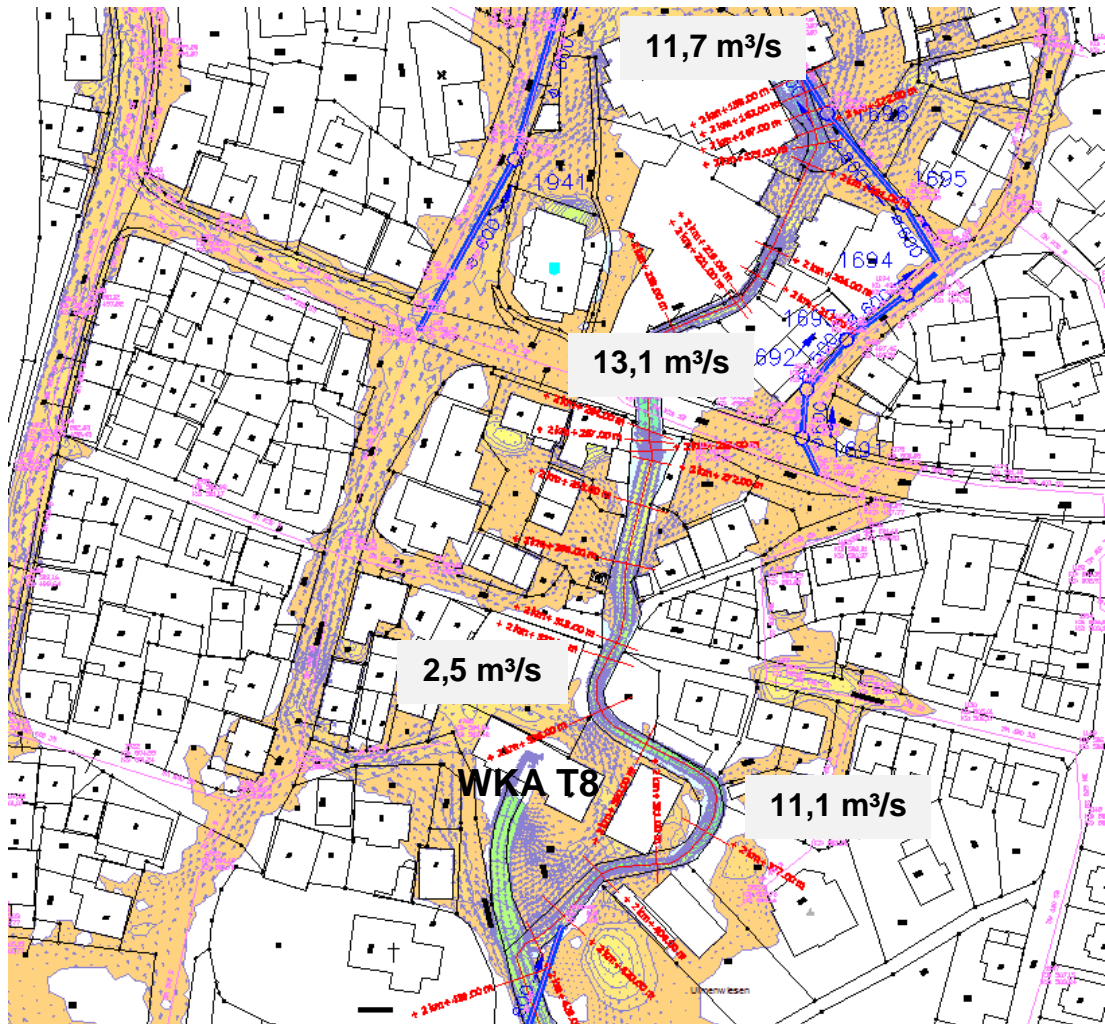
Nach der Wehranlage (Zulaufsteuerung WKA T13) wurde auf einer Länge von rund 50 m entlang der Echaz eine 220 m² große Retentionsfläche vorgesehen. Im Hochwasserfall hält diese Fläche einen kleinen Teil des Hochwassers zurück. Damit wird die Überflutungsgefahr auf die Moltkestraße zusätzlich entspannt. Die restliche Fläche des Grundstückes wird mit Bänken, Schotterweg, möglichen Bäumen und einer Grünfläche aufgewertet.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 6, Detailsicht

5.9 Ausbauabschnitt 7: Echaz – Wasserkraftanlage T8 bis T12

Der Ausbauabschnitt 7 befindet sich im Bereich zwischen der WKA T8 und T12 (Station 2 km + 181 m bis 2 km + 439 m) und umfasst auch den Zulaufkanal zur WKA T8.

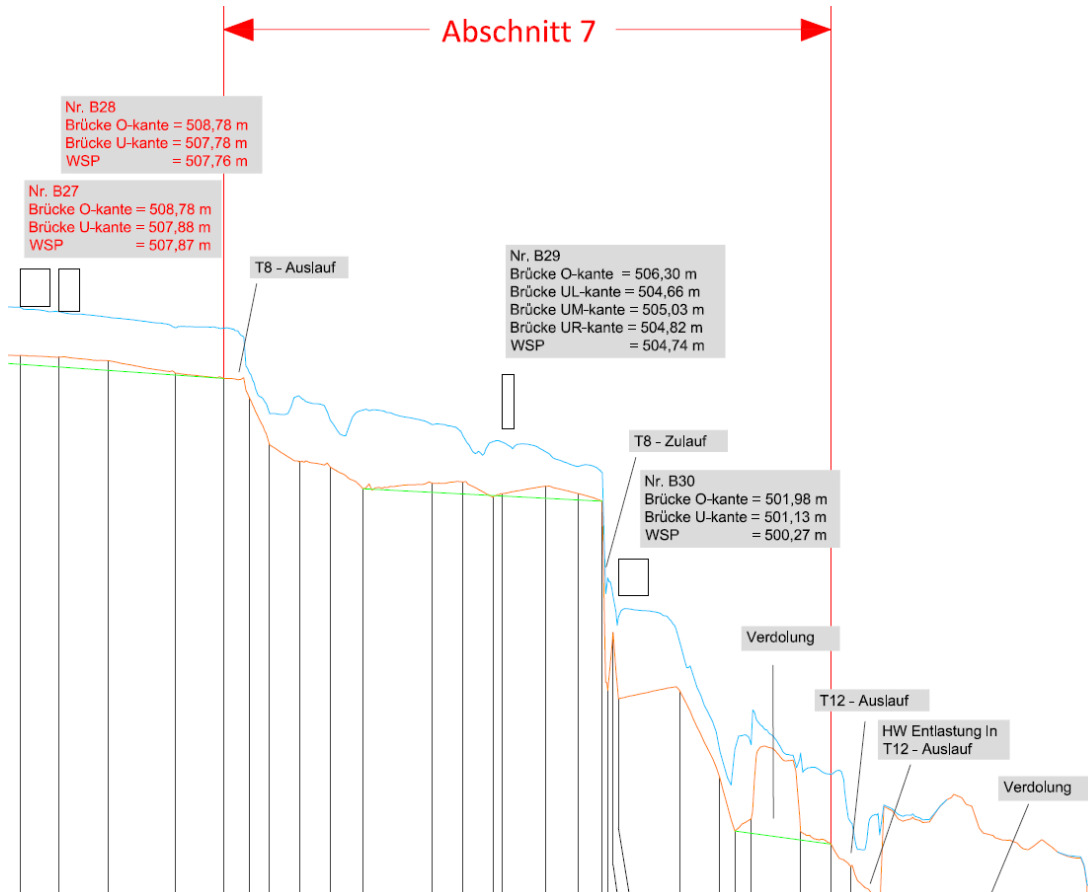


Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015 (Links Übersicht; Rechts Moltkestraße)

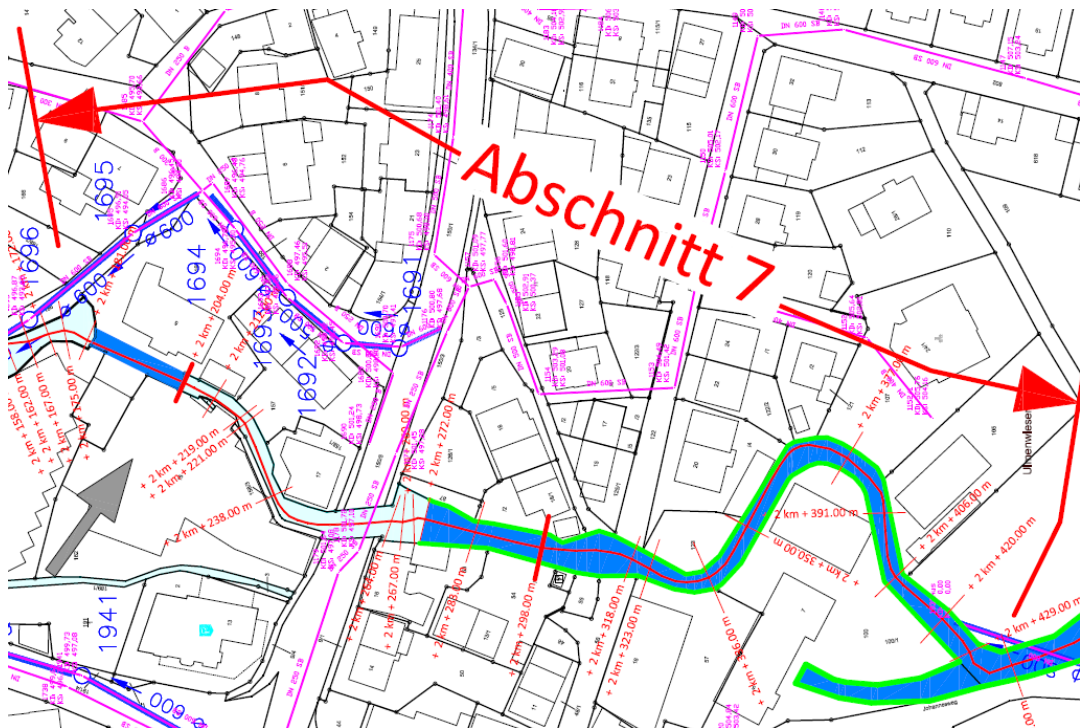
Im Abschnitt 7 gibt es 2 Schwachstellen. Wenn diese behoben werden, kann die Überflutung in die darunter liegende Senke verhindert werden. Besonders betroffen sind die Mühl- und Baumgartenstraße.

Der Umlauf um die T8 kann nur sehr gering eingetieft werden, da der Triebwerkskanal nach der Bogenbrücke direkt unter dem Gewässer verläuft. Hier wird eine Egalisierung der Sohle vorgeschlagen (siehe Längsschnitt). Durch die fehlende Eintiefung kann das Freiboard nicht eingehalten werden. Um das Überfluten der Ufermauern zu verhindern, wird vorgeschlagen komplett neue Mauern aus L Steinen zu setzen.

Die Verdolung zwischen den Stationen 2 km + 181 m und 2 km + 204 m muss freigeräumt werden, um den erforderlichen Abfluss gewährleisten zu können. Eine leichte Sohlabsenkung muss ebenfalls in Betracht gezogen werden.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 7, Längsschnitt 10-fach überhöht



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 7

Der Blick auf die Verdolung zeigt, dass unter der Überfahrt ein Bogenprofil existiert. Bei der Entwurfsplanung muss festgelegt werden, ob das Ausräumen und die Sohl-senkung ausreichend für den benötigten Durchflussquerschnitt sind.



Fritz Planung GmbH – Blick gegen Fließrichtung bei Station 2 km + 181 m



Fritz Planung GmbH – seitlicher Blick bei Station 2 km + 298 m

Aus der Simulation wird ersichtlich, dass im Bereich des Zulaufkanals in die WKA T8 das Hochwasser trotz Entlastungsbauwerken über beide Ufer tritt. Bei der Ausführungsplanung muss der Zulauf in den Umlaufkanal in enger Abstimmung mit dem Zulauf zur WKA berechnet und festgelegt werden.



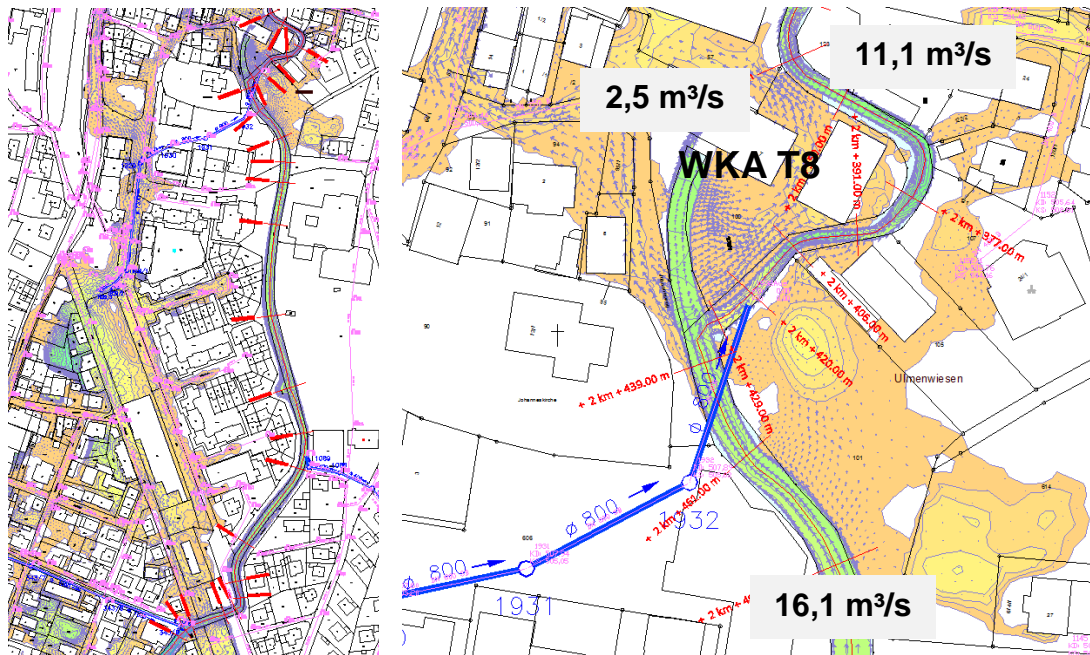
Fritz Planung GmbH – Blick auf WKA T8 bei Station 2 km + 439 m



Fritz Planung GmbH – Blick auf den Umlauf bei Station 2 km + 439 m

5.10 Ausbauabschnitt 8: Echaz – WKA T8 bis Brücke Bahnhofstraße

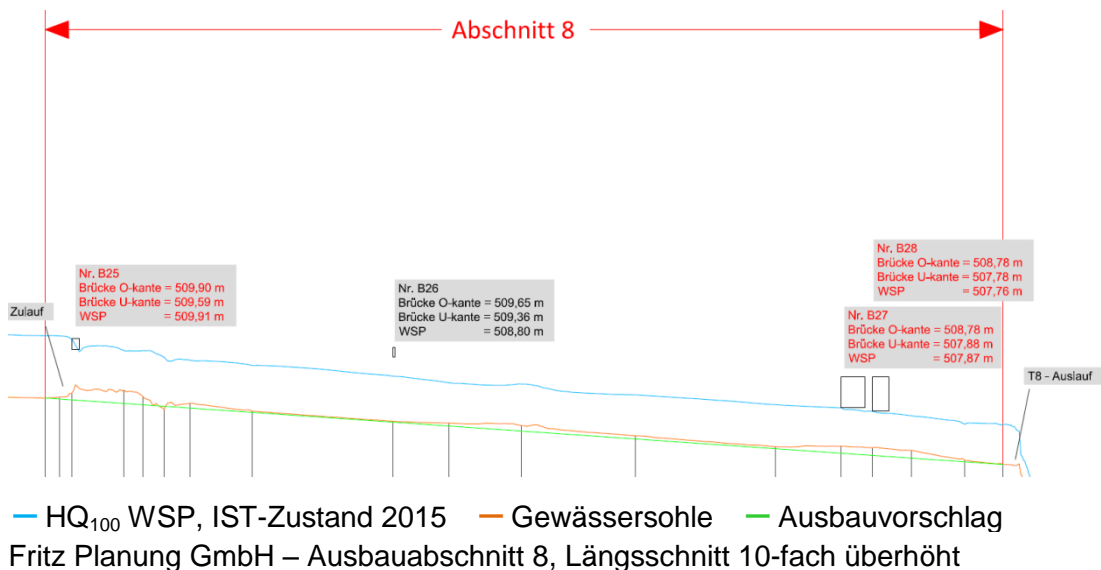
Der Ausbauabschnitt 8 umfasst den Bereich zwischen der WKA T8 und der Brücke Bahnhofstraße (Station 2 km + 439 m bis 2 km + 998 m).



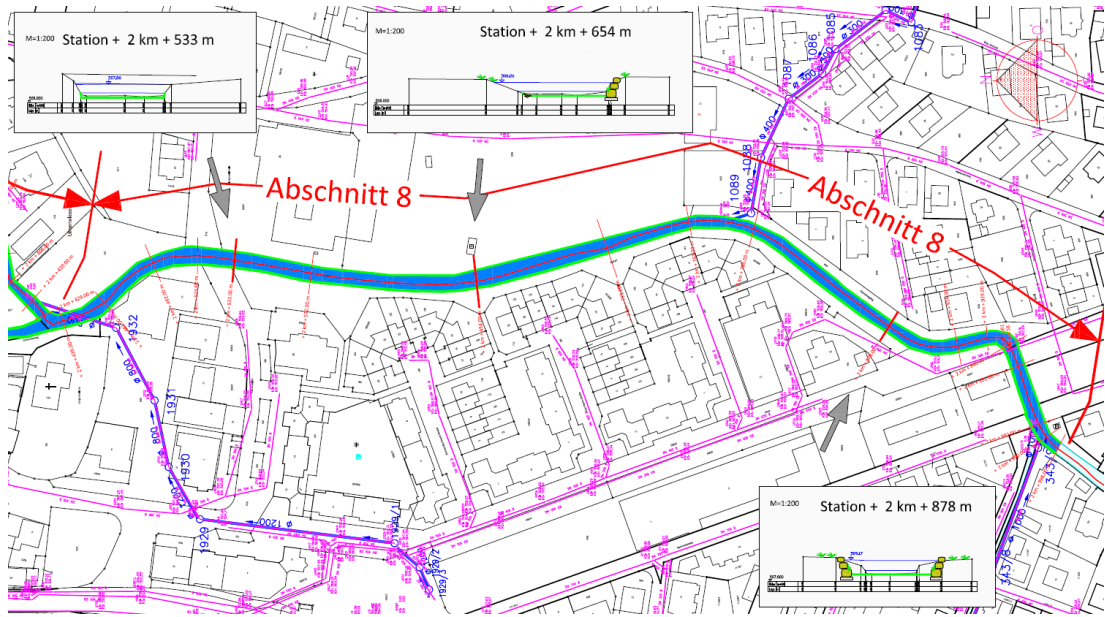
Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015 (Links Übersicht; Rechts T8 Zulauf)

Der Aus/Umbau der Brücke in der Bahnhofstraße ist bereits geplant, und wird daher nicht weiter betrachtet. Neben dem Ausbau der Brücke ist die Egalisierung der Gewässersohle, sowie in Teilen eine Aufweitung des Abflussquerschnittes gekoppelt mit der Wiederherstellung der Ufersicherung/Mauern der Hauptbestandteil des Hochwasserschutzes in diesem Abschnitt.

Die Angleichung der Sohle führt auch bei den Brücken am Rathausplatz zu einer Entspannung. Derzeit fließt das Hochwasser rechnerisch durch diese durch. Doch dabei gibt es kein Freibord mehr, was nicht zulässig ist.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 8, Längsschnitt 10-fach überhöht



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 8

Der Ausbau der Echaz auf bessere Durchgängigkeit, sowie Maßnahmen der Uferpflege sind auch in diesem Bereich bereits im Gemeinde Konzept 2030 erwähnt. Wie aus den nachfolgenden Bildern ersichtlich wird, ist die Uferpflege und Erneuerung dringend nötig.

Somit müssen auch in Bereichen in denen der Abflussquerschnitt ausreichend ist neue Blocksteinsätze verbaut werden.



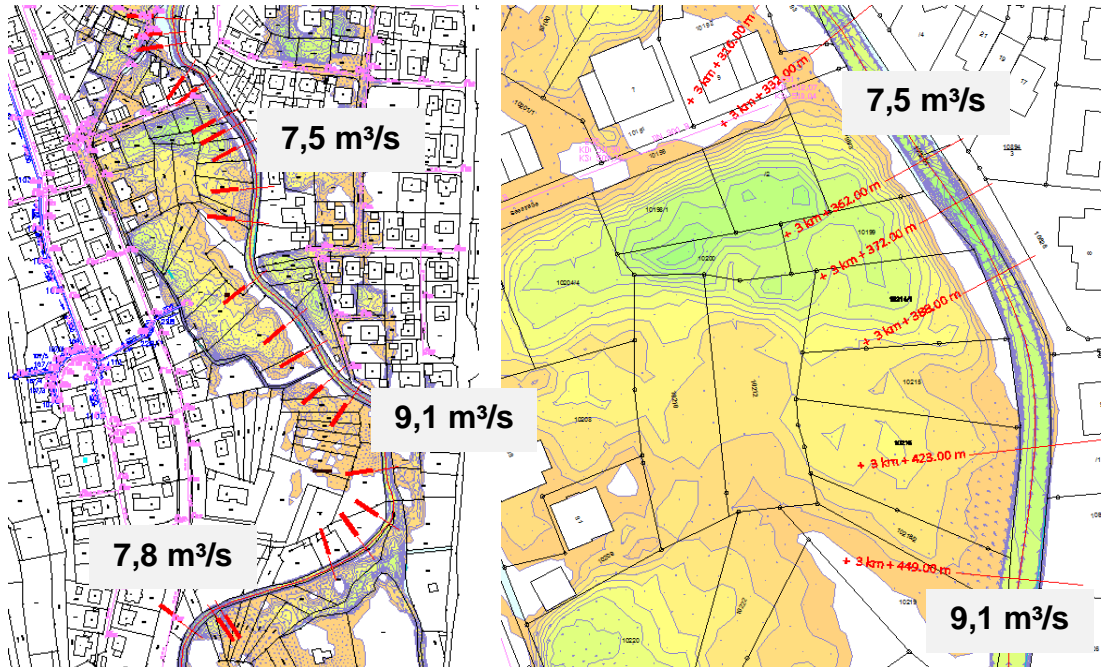
Fritz Planung GmbH – seitlicher Blick
Station 2 km + 721 m



Fritz Planung GmbH – seitlicher Blick
Station 2 km + 878 m

5.11 Ausbauabschnitt 9: Echaz – Ludwigstr. bis Zulauf Langwiesenbach

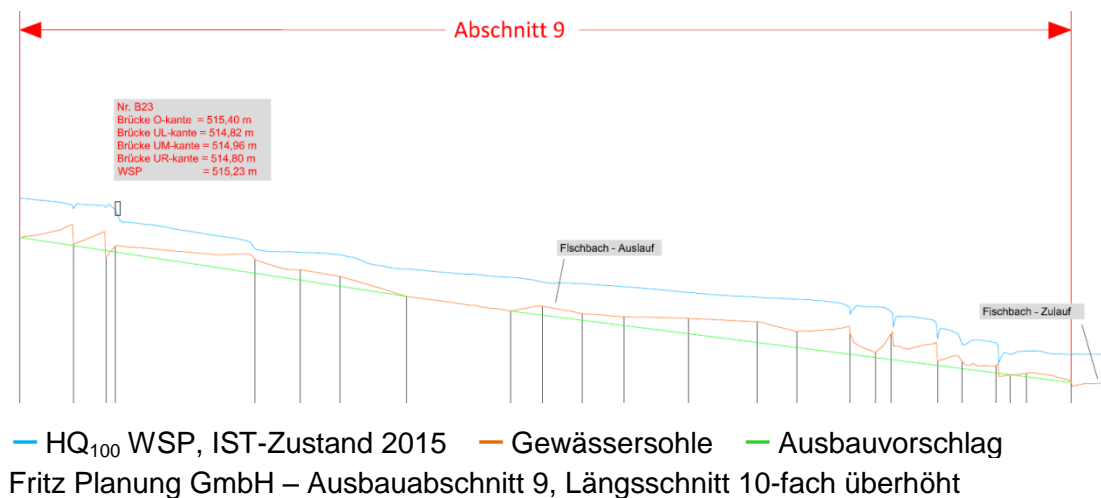
Der Ausbauabschnitt 9 umfasst den Bereich nach der Bogenbrücke in der Ludwigstraße und dem Zulauf des Langwiesenbaches in die Echaz (Station 3 km + 247 m bis 3 km + 920 m).



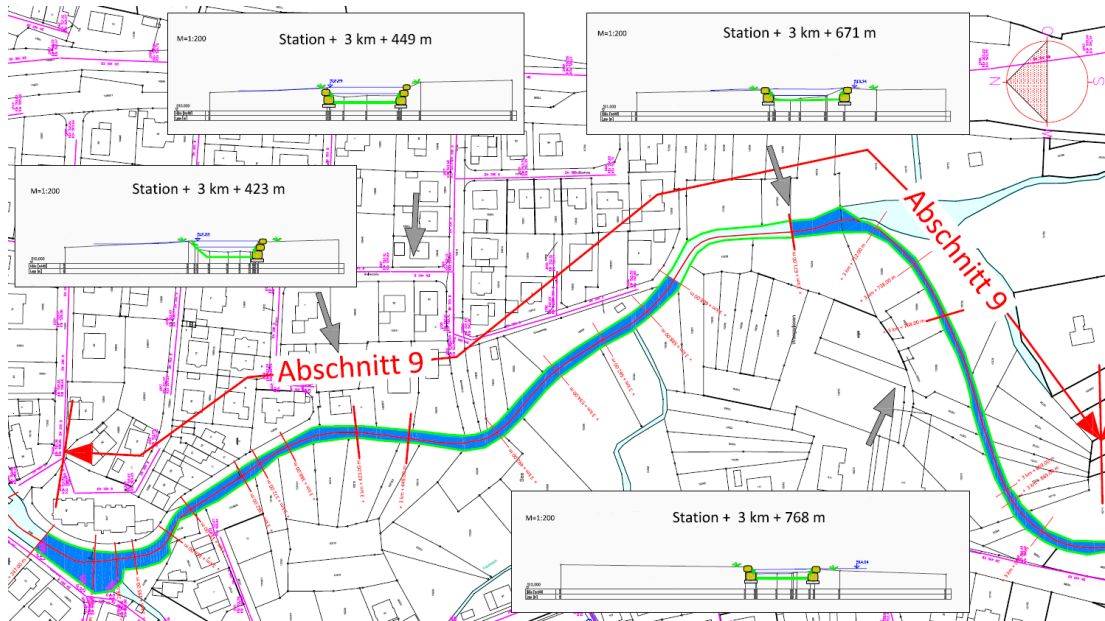
Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015 (Links Übersicht; Rechts Überflutung)

In der Simulation fließen nach dem Zufluss des Langwiesenbaches ca. 7,8 m³/s im Bachbett. Die restlichen 2,2 m³/s an Hochwasser befanden sich außerhalb des Baches und haben Flächen geflutet. Ein Teil des Wassers fand den Weg zurück in die Echaz, wurde dann jedoch durch den Fischbach entlastet und flutete die dortigen Flächen (im Kataster wird diese Fläche als „See“ bezeichnet).

Wasser, das nicht durch den Fischbach entlastet wurde, trat spätestens im Bereich der Stationierung 3 km + 449 m über die Ufer und flutete dann die Flächen hinter dem linken Ufer und damit die Gebäude im Bereich der Seestraße.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 9, Längsschnitt 10-fach überhöht



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 9

Das nachfolgende Bild zeigt die derzeitige Situation auf. Das Gelände ist an vielen Stellen niedriger als die Ufersicherung. Sobald Hochwasser über die Ufer tritt, kann dieses über lange Bereiche nicht wieder in das Gewässer zurückfließen. Dies ist in der Simulation an vielen Stellen anzutreffen.

Aktuell kommen als zusätzliche Gefahr die Bäume in den Böschungen hinzu. Wenn diese auf Grund eines Hochwassers entwurzelt werden, wird die Böschung / Damm schwer beschädigt. Ein Bruch ist nicht auszuschließen, wodurch ein ungehinderter Abfluss in die dahinter liegenden Flächen ermöglicht wird.



Fritz Planung GmbH – Blick gegen Fließrichtung bei Station 3 km + 588 m

Aus dem Längsschnitt wird ersichtlich, dass mittels Egalisierung und Ausbau der Ufer das Hochwasser mit einem Abfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ in diesem Abschnitt schadfrei durch die Echaz geleitet werden kann.

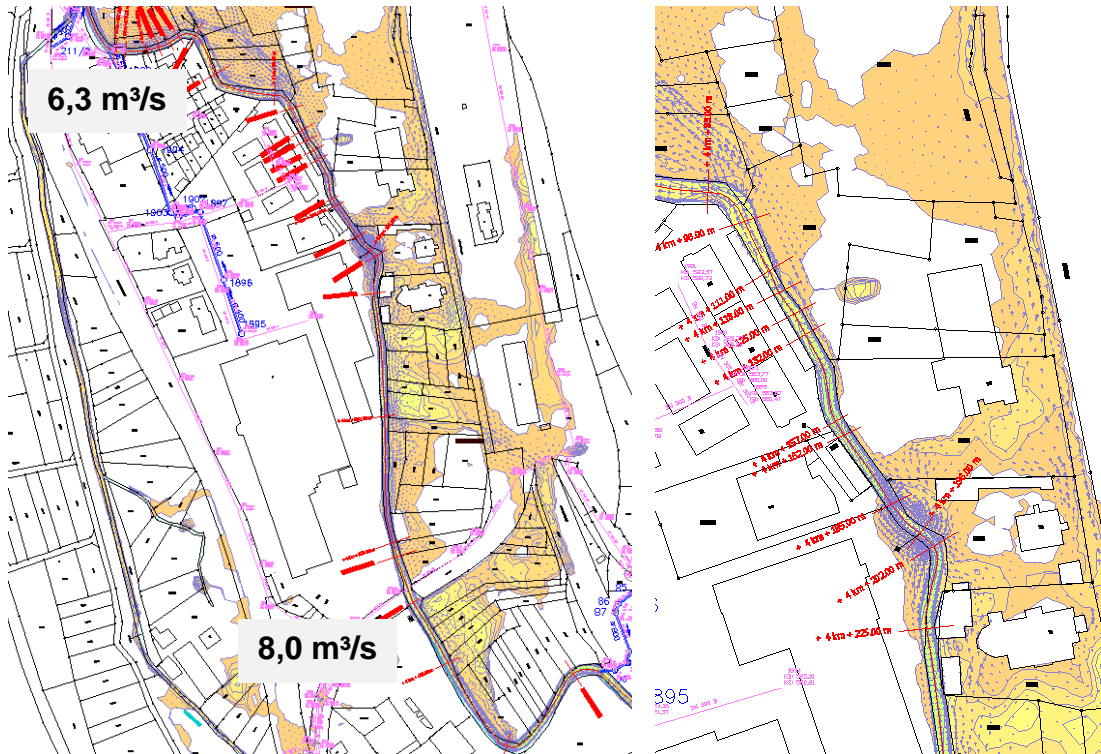
Im Zuge des Ausbaus von Abschnitt 9 muss auch die Bogenbrücke in der Friedrich-List-Straße auf die Durchgängigkeit von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgebaut werden. Es muss in der Entwurfsplanung geprüft werden, ob die Sohlanpassung hierfür bereits ausreicht oder ob weitere Maßnahmen getroffen werden müssen.



ISTW – Hochwassergefahrenkarten Vermessung 2004, Blick in Fließrichtung am Profil 10090-05920-01 (Station 3 km + 886 m)

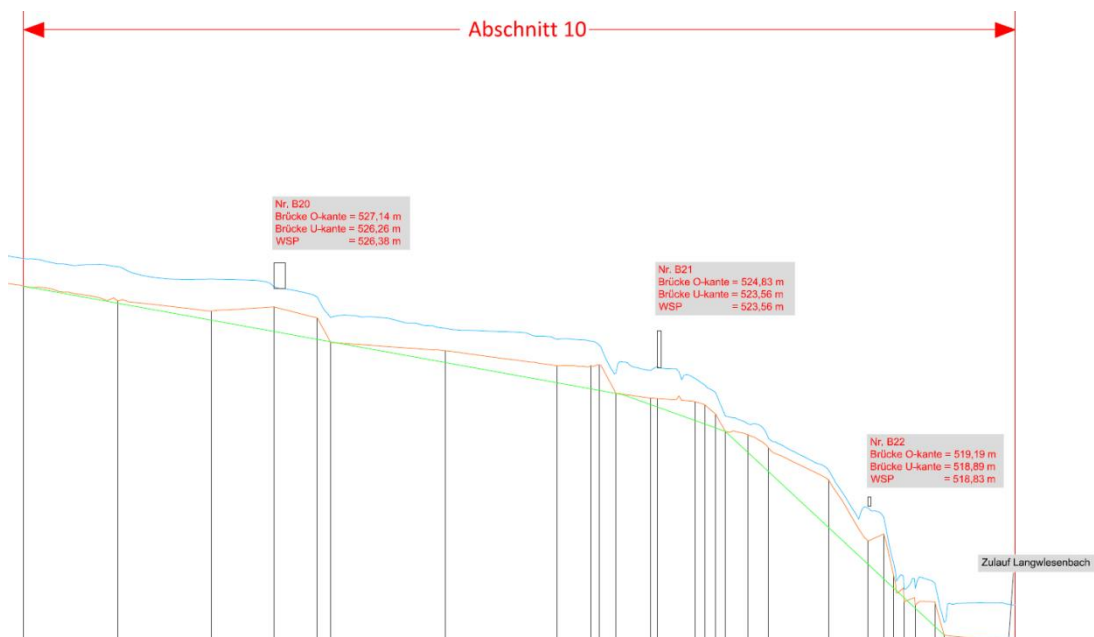
5.12 Ausbauabschnitt 10: Echaz – Zulauf Langwiesenbach bis Pappelweg 15

Der Ausbauabschnitt 10 umfasst den Bereich zwischen Zulauf Langwiesenbach und Pappelweg 15 (Station 3 km + 920 m bis 4 km + 583 m).



Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015 (Links Übersicht; Rechts Detailsicht)

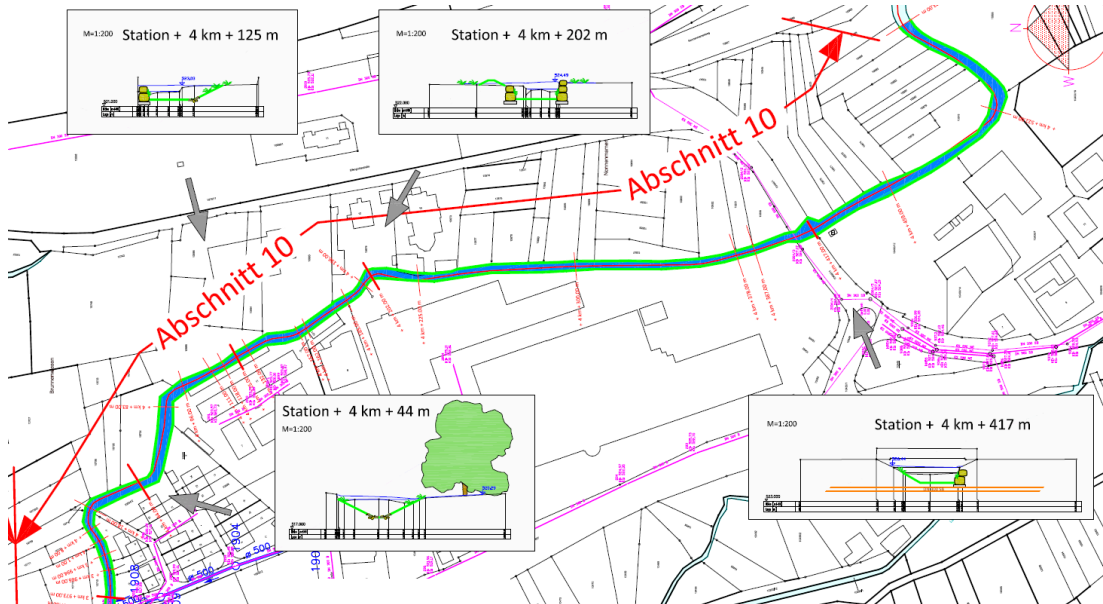
Bereits der Abfluss von 8 m³/s führt in vielen Bereichen zu Überflutungen, und bei der Station 4 km + 44m laufen rund 2 m³/s frei über das Gelände.



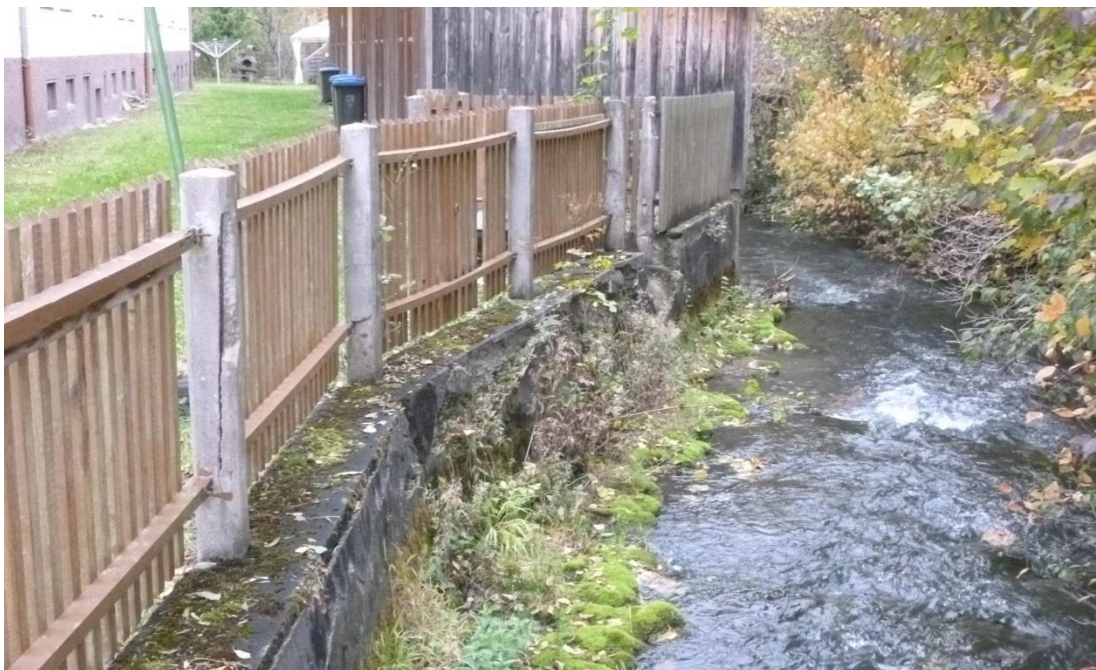
— HQ₁₀₀ WSP, IST-Zustand 2015 — Gewässersohle — Ausbauvorschlag
Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 10, Längsschnitt 10-fach überhöht

Es wird vorgeschlagen, auch hier die Sohle zu egalisieren und die Tuffablagerungen zu entfernen. Ferner muss für einen schadfreien Abfluss und genügend Freibord an vielen Stellen der Abflussquerschnitt und dadurch der Bach verbreitert werden. Defekte Uferböschungen sind in diesem Zuge ebenfalls zu erneuern.

Die Durchgängigkeit des Fließgewässers wird durch diese Maßnahmen verbessert. Der HQ_{100} Abfluss wurde auf $8,8 \text{ m}^3/\text{s}$ festgelegt, und der Ausbau erfolgt für $9 \text{ m}^3/\text{s}$.



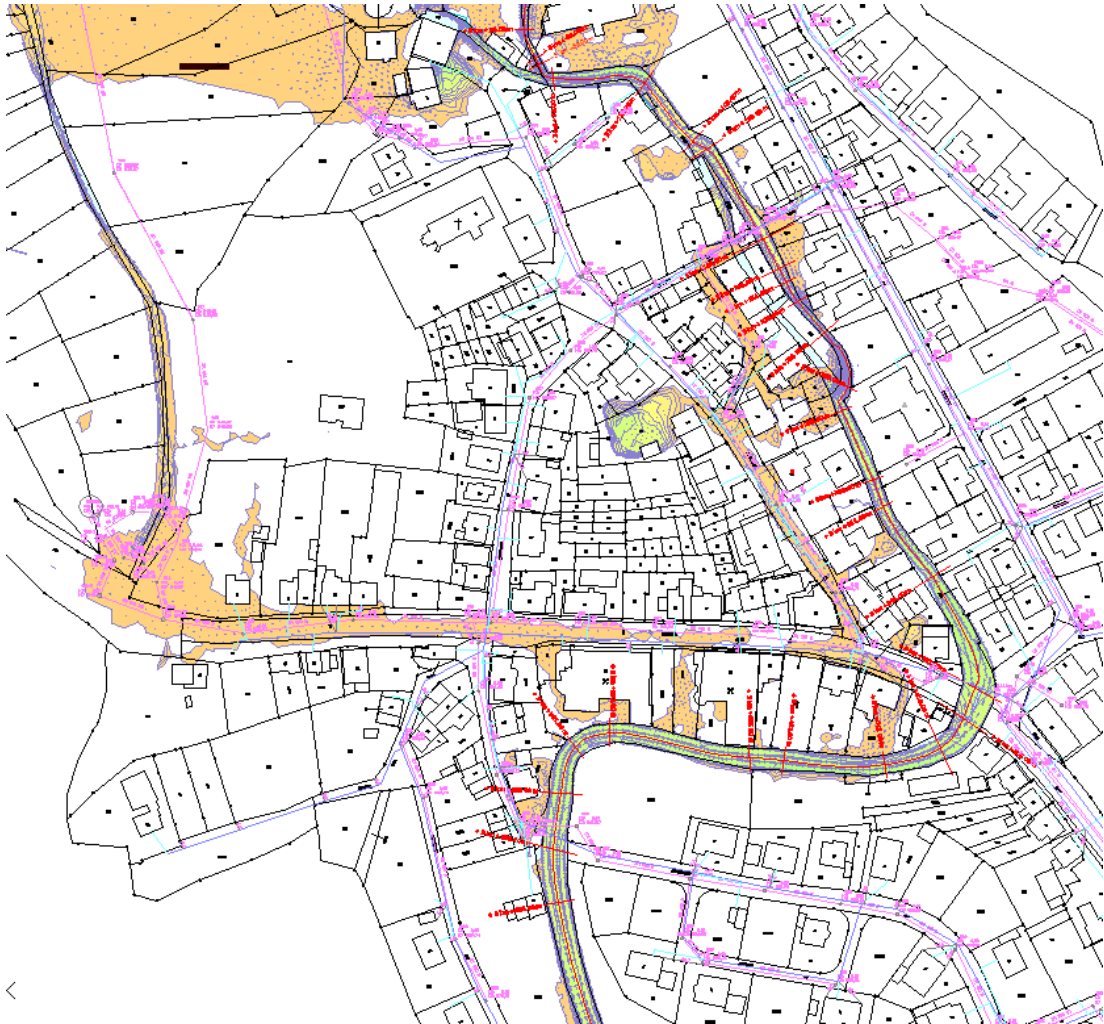
Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 10



Fritz Planung GmbH – Blick auf defekte Beton Mauern bei Station 4 km + 157 m

5.13 Ausbauabschnitt 11: Echaz – Umlauf WKA T5 bis Im Weiher 3

Der Ausbauabschnitt 11 umfasst den Bereich zwischen dem Umlauf der WKA T5 und „Im Weiher 3“ (Station 5 km + 77 m bis 5 km + 717 m).



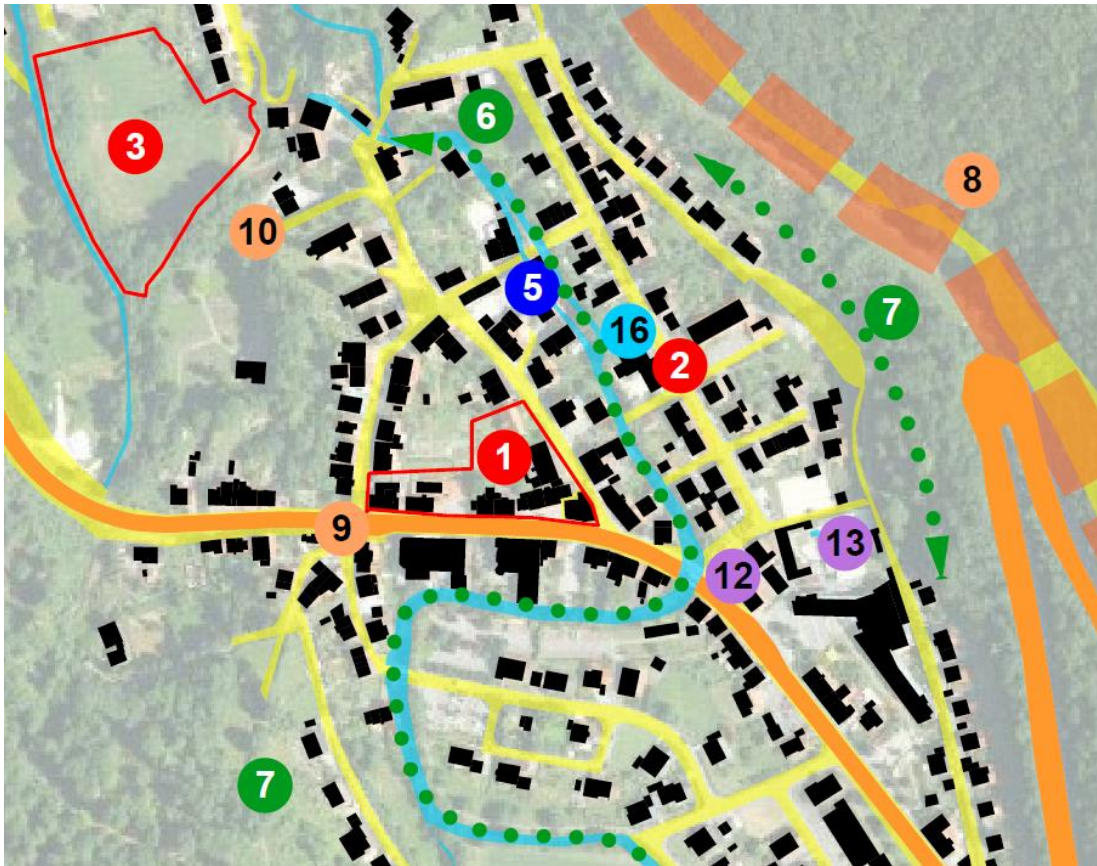
Fritz Planung GmbH – Ist-Zustand 2015

Die Simulation zeigt deutlich den Einfluss der Brückenbauwerke auf den Hochwasserabfluss. An mehreren Stellen wird das Gewässer zurückgestaut und das Hochwasser fließt in die Heerstraße. Bedingt durch das Gefälle wird das Wasser zum Großteil gesammelt und dem Langwiesenbach zugeführt.

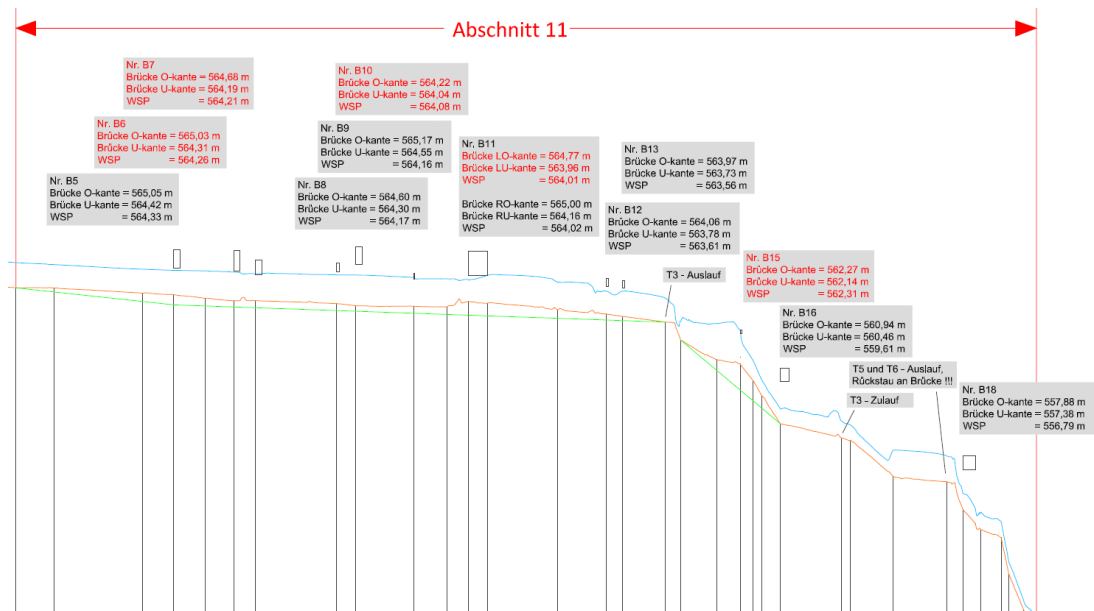
Weitere betroffene Gebiete sind die Schulstraße und der Mahlweg sowie der Bereich In Geren und Pappelweg.

Aus dem Gemeindeentwicklungskonzept geht hervor, dass für den Bereich In Geren und Pappelweg noch Teile als zukünftige Wohnbebauung geklärt werden müssen. Auch die Neubebauung „südliche Schulstraße/Heerstraße“ ist je nach Art der Bebauung ohne Gewässerausbau von Hochwasser betroffen.

Für den Ausbau der Echaz selbst sieht das Konzept den Ausbau als Blaues Band sowie Maßnahmen der Uferpflege vor.

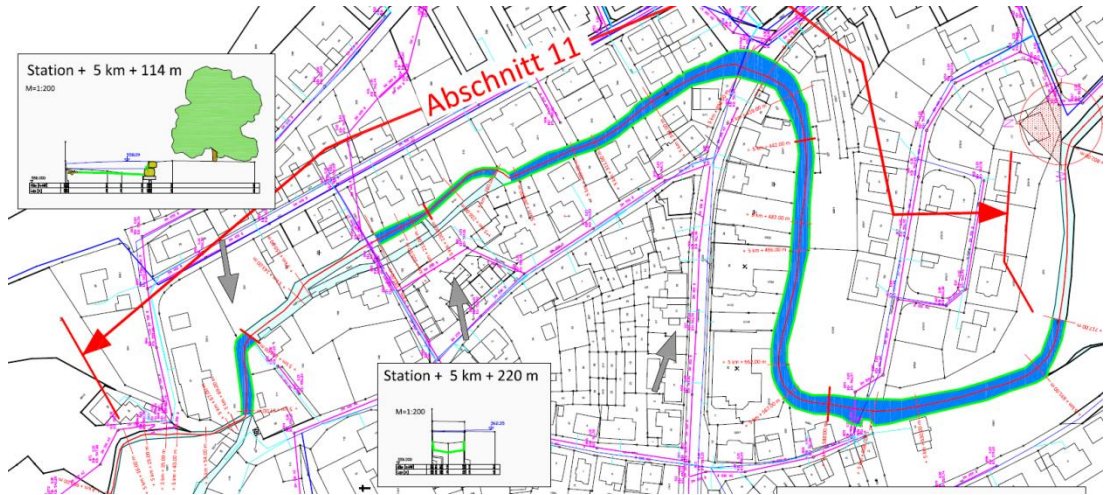


Gemeindeentwicklungskonzept Lichtenstein 2030 (23.04.2015)



— HQ₁₀₀ WSP, IST-Zustand 2015 — Gewässersohle — Ausbauvorschlag
 Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 11, Längsschnitt 10-fach überhöht

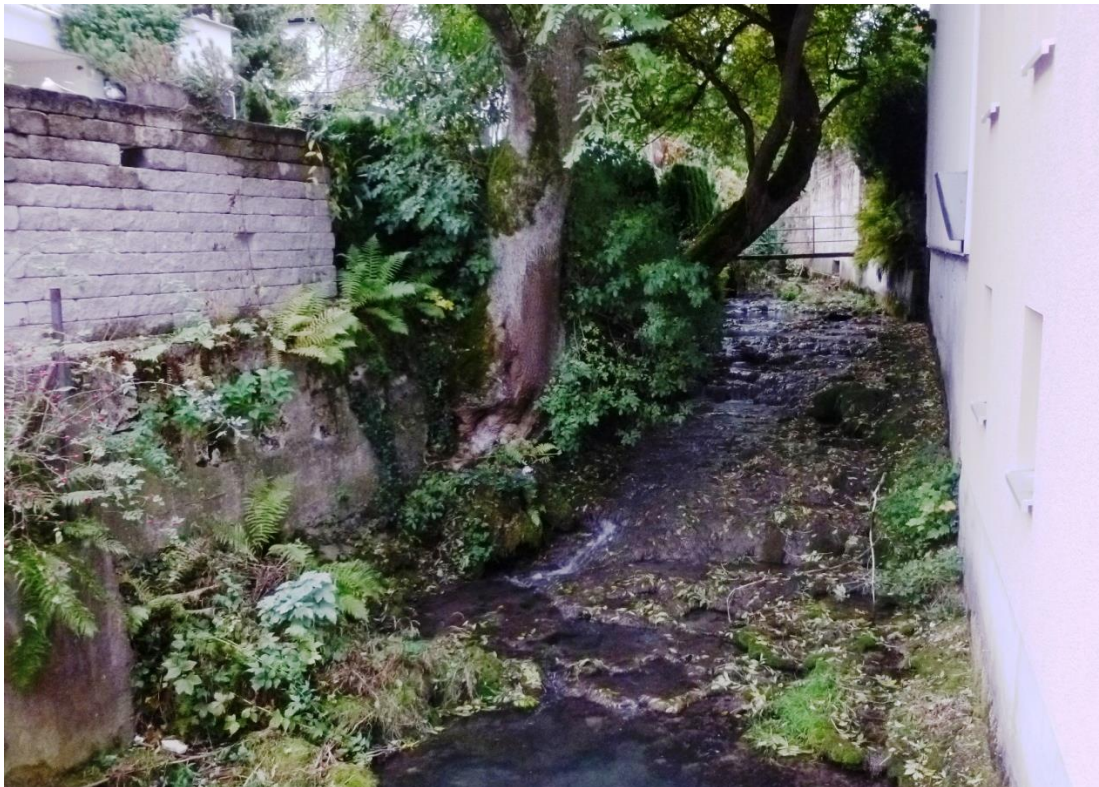
Durch gezielte Sohangleichungen im Bereich der Brücken, sowie am Umlauf der WKA T5 kann der Hochwasserabfluss von rund 9 m³/s schadfrei durch Honau geleitet werden. Die Ufersicherung, Mauern und Böschungen müssen hierzu breitflächig saniert werden.



Fritz Planung GmbH – Ausbauabschnitt 11

Bei der Egalisierung der Sohle muss im Bereich 5 km + 236 m bis 5 km + 205 m, Umlauf um WKA T3, mit größerem Aufwand gerechnet werden. Hier sind Gebäude und Mauern bis an das Gewässer gebaut. Bei der geplanten Sohlangleichung von bis zu 80 cm, um eine gleichmäßige Rampe zu bauen, müssen die Häuser und Mauern unterfangen werden.

Auf dem nachfolgenden Bild ist der Blick gegen die Fließrichtung zu sehen, welche genau diesen betroffenen Bereich abbildet. Gut erkennbar sind auch die Bäume und Schäden an der Mauer, welche im Zuge des Ausbaus beseitigt und saniert werden müssen.



Fritz Planung GmbH – Blick von Station 5 km + 192 m gegen Fließrichtung

Gewässer aufwärts, nach der WKA T3, müssen die Mauern wie bereits vorher erwähnt ebenfalls saniert werden. Die nachfolgenden Bilder geben einen guten Einblick auf den aktuellen Stand der Ufersicherung.



Fritz Planung GmbH – Seitlicher Blick von Station 5 km + 469 m



Fritz Planung GmbH – Seitlicher Blick von Station 5 km + 442 m

6 Kostenrahmen

Der Kostenrahmen wurde für alle Ausbauabschnitte inklusive der beiden Dammbauwerke erstellt. Nachfolgend können die ermittelten Werte aus den Tabellen entnommen werden. In der Alternativbetrachtung wird der Abschnitt 4 in seiner alternativen Fassung betrachtet (siehe Kapitel 5.6).

6.1 Kostenrahmen - Abschnitte 1 bis 11 und Rückhaltebecken

	Baukosten	Netto Bauneben- kosten	Gesamt	Länge [m]	Netto €/m	19 % MwSt Brutto Gesamt
Abschnitt 1	267.750,00 €	42.840,00 €	310.590,00 €	460	675,20 €	369.602,10 €
Abschnitt 2	199.500,00 €	31.920,00 €	231.420,00 €	327	707,71 €	275.389,80 €
Abschnitt 3	119.250,00 €	19.080,00 €	138.330,00 €	195	709,38 €	164.612,70 €
Abschnitt 4	195.775,00 €	31.324,00 €	227.099,00 €	407	557,98 €	270.247,81 €
Abschnitt 5	386.350,00 €	61.816,00 €	448.166,00 €	542	826,87 €	533.317,54 €
Abschnitt 6	260.250,00 €	41.640,00 €	301.890,00 €	425	710,33 €	359.249,10 €
Abschnitt 7	114.000,00 €	18.240,00 €	132.240,00 €	197	671,27 €	157.365,60 €
Abschnitt 8	424.500,00 €	67.920,00 €	492.420,00 €	894	550,81 €	585.979,80 €
Abschnitt 9	475.200,00 €	76.032,00 €	551.232,00 €	541	1.018,91 €	655.966,08 €
Abschnitt 10	705.350,00 €	112.856,00 €	818.206,00 €	585	1.398,64 €	973.665,14 €
Abschnitt 11	891.950,00 €	142.712,00 €	1.034.662,00 €	557	1.857,56 €	1.231.247,78 €
Summe Gewässerausbau	4.039.875,00 €	646.380,00 €	4.686.255,00 €	5.130	913,50 €	5.576.643,45 €
Damm Reiß- bach - 60.000 m ³ Rückhalt, Auslauf 2,7 m ³ /s	1.650.000,00 €	264.000,00 €	1.914.000,00 €			2.277.660,00 €
ökologische Auf- lagen	260.000,00 €	- €	260.000,00 €			309.400,00 €
Damm Stahle- ckerbach - 60.000 m ³ Rückhalt, Auslauf 6,0 m ³ /s	1.787.500,00 €	286.000,00 €	2.073.500,00 €			2.467.465,00 €
ökologische Auf- lagen	260.000,00 €	- €	260.000,00 €			309.400,00 €
Summe Rückhaltedämme	3.957.500,00 €	550.000,00 €	4.507.500,00 €			5.363.925,00 €
Gesamt Summe	7.997.375,00 €	1.196.380,00 €	9.193.755,00 €			10.940.568,45 €

6.2 Kostenrahmen - Abschnitte 1 bis 11 und Rückhaltebecken - Alternativ

	Baukosten	Netto Bauneben- kosten	Gesamt	Länge [m]	Netto €/m	19 % MwSt Brutto Gesamt
Abschnitt 1	267.750,00 €	42.840,00 €	310.590,00 €	460	675,20 €	369.602,10 €
Abschnitt 2	199.500,00 €	31.920,00 €	231.420,00 €	327	707,71 €	275.389,80 €
Abschnitt 3	119.250,00 €	19.080,00 €	138.330,00 €	195	709,38 €	164.612,70 €
Abschnitt 4 Alternative	254.550,00 €	40.728,00 €	295.277,99 €	407	725,50 €	351.380,81 €
Abschnitt 5	386.350,00 €	61.816,00 €	448.166,00 €	542	826,87 €	533.317,54 €
Abschnitt 6	260.250,00 €	41.640,00 €	301.890,00 €	425	710,33 €	359.249,10 €
Abschnitt 7	114.000,00 €	18.240,00 €	132.240,00 €	197	671,27 €	157.365,60 €
Abschnitt 8	424.500,00 €	67.920,00 €	492.420,00 €	894	550,81 €	585.979,80 €
Abschnitt 9	475.200,00 €	76.032,00 €	551.232,00 €	541	1.018,91 €	655.966,08 €
Abschnitt 10	705.350,00 €	112.856,00 €	818.206,00 €	585	1.398,64 €	973.665,14 €
Abschnitt 11	891.950,00 €	142.712,00 €	1.034.662,00 €	557	1.857,56 €	1.231.247,78 €
Summe Gewässerausbau	4.098.650,00 €	655.784,00 €	4.754.433,99 €	5.130	926,79 €	5.657.776,45 €
Damm Reiß- bach - 60.000 m ³ Rückhalt, Auslauf 2,7 m ³ /s	1.650.000,00 €	264.000,00 €	1.914.000,00 €			2.277.660,00 €
ökologische Auf- lagen	260.000,00 €	- €	260.000,00 €			309.400,00 €
Damm Stahle- ckerbach - 60.000 m ³ Rückhalt, Auslauf 6,0 m ³ /s	1.787.500,00 €	286.000,00 €	2.073.500,00 €			2.467.465,00 €
ökologische Auf- lagen	260.000,00 €	- €	260.000,00 €			309.400,00 €
Summe Rückhaltedämme	3.957.500,00 €	550.000,00 €	4.507.500,00 €			5.363.925,00 €
<u>Gesamt Summe</u>	<u>8.056.150,00 €</u>	<u>1.205.784,00 €</u>	<u>9.261.933,99 €</u>			<u>11.021.701,45 €</u>

7 Zusammenfassung

Für die Ermittlung des „Ist Zustand 2015“ wurden rund 10 km Fließgewässer auf einer Fläche von ca. 2,15 km² simuliert. Hierzu wurde ein Berechnungsmodell bestehend aus ca. 386.000 (Finite) Rechenelementen erzeugt.

Unklare Stellen sowie fehlende Stellen, gerade in den Bereichen der Wasserkraftanlagen (WKA), wurden durch die Fritz Planung nachvermessen und in die Simulation eingebunden.

Das Modell der Hochwassergefahrenkarten umfasst nur ca. 6,5 km Fließgewässer und vernachlässigt die Seitengewässer des Reißen-, Stahlecker- und Langwiesenbaches komplett.

Die Hydrologievorgaben der Firma Aquantec aus dem Jahr 2012 mussten als Vorgabe verwendet werden. Auch wurden sämtliche Zuflüsse und Zuflusspunkte an die Vorgaben der Hochwassergefahrenkarte angepasst.

Das Hochwasser (HQ₁₀₀ rund 34 m³/s) der Echaz teilt sich auf 3 Haupteinzugsgebiete auf. Diese bestehen aus dem Reißenbach mit 10,1 m³/s, Stahleckerbach mit 12,9 m³/s sowie der Echazquelle mit 8,8 m³/s. Zusätzlich wurden der Langwiesenbach mit 1,2 m³/s und zwischen WKA T8 und T12 1,1 m³/s der Abflusssimulation zugegeben.

Um die Hochwassergefahr für die Gemeinde zu bewältigen, wurden 2 Rückhalte-dämme vorgeschlagen. Beide haben jeweils ein Rückhaltevolumen von 60.000 m³. Beim Reißenbach wird der Abfluss von 10,1 m³/s auf 2,7 m³/s gedrosselt. Diese Drosselung ergibt sich aus der DN 1000 Reißenbachverdolung. Im Stahleckerbach wird der Abfluss von 12,9 m³/s auf 6 m³/s gedrosselt. Auf diese neue Abflussmenge kann ein Ausbau des Baches erfolgen.

Für die Ausbauvorschläge Innerorts wurde die Echaz in 9 Abschnitte unterteilt, zusätzlich gibt es 2 Ausbauvorschlagsabschnitte für den Stahleckerbach. Diese insgesamt 11 Ausbauvorschläge sowie die 2 Beckenstandorte wurden in Hinblick auf das Ergebnis Ist-Zustand 2015, dem Gemeindekonzept Lichtenstein 2030 sowie technischer Möglichkeiten erstellt.

Das Gewerbegebiet Stetten, welches durch Hochwasser gefährdet ist, wird erst nach dem Ausbau der Abschnitte 1 bis 4, sowie beider Rückhalteräume komplett geschützt sein. Der derzeitige Damm ist für ein HQ₁₀₀ unzureichend hoch gebaut. Jedoch bringt auch der 1992 beantragte Ausbau keine ausreichende Höhe, da er nach aktueller Berechnung ein Freibord mit rund 5 cm (WPS HQ₁₀₀, Ist Zustand 2015) erzeugt.

Die Vor-Ort Begehung hatte starke Schäden an den bestehenden Ufermauern und Ufersicherungen ergeben. Aus diesem Grund umfassen die Ausbauvorschläge nicht nur Bereiche in denen der Abflussquerschnitt erhöht und das Gefälle verändert wird, sondern auch die Sanierung / Erneuerung der Ufersicherungen.

Das Gesamtkonzept strebt an, die Gemeinde komplett vor einem HQ₁₀₀ zu schützen. Auch die ökologische Durchgängigkeit des Gewässers soll hergestellt und unnötige Abstürze und Tuffauflandungen in Rampen verwandelt werden.

Der ermittelte Kostenrahmen (inklusive Mehrwertsteuer, Baunebenkosten und ökologischen Auflagen für die Rückhaldedämme) beläuft sich auf rund 11 Millionen Euro. Dabei ist nahezu kein Unterschied der Gesamtbausumme zwischen beiden Alternativen erkennbar. Etwa die Hälfte der Baukosten entfallen auf den Bau der beiden Rückhaldedämme und die andere Hälfte auf den Gewässerausbau. Dabei sind pro laufender Meter Gewässerausbau im Mittel 913 bzw. 926 € / Netto erforderlich.