

Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal

Gemeinden:

Baden, Bellikon, Birmenstorf, Birrhard,
 Bremgarten, Eggenwil, Fischbach-
 Göslikon, Fislisbach, Gebenstorf, Künten,
 Mägenwil, Mellingen, Mülligen, Niederrohr-
 dorf, Niederwil, Oberrohrdorf, Remetschwil,
 Stetten, Tägerig, Widen, Windisch, Woh-
 lenschwil, Zufikon

Technischer Bericht



Aarau, Dezember 2010

INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

INHALTSVERZEICHNIS	1
VERZEICHNIS DER BILDER UND TABELLEN	3
ANHANG- UND BEILAGENVERZEICHNIS	4
ABKÜRZUNGEN, GLOSSAR	5
ZUSAMMENFASSUNG	6
1. EINLEITUNG	8
1.1 Ausgangslage	8
1.1.1 Rechtsgrundlage	8
1.1.2 Gesamtprojekt Gefahrenkarte Kanton Aargau	8
1.1.3 Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal	9
1.2 Aufgabenstellung und Auftrag	9
1.2.1 Ausschreibung und Auftrag	9
1.2.2 Zielsetzung, Prozesse	10
1.2.3 Perimeter und Gewässerabschnitte	10
1.2.4 Produkte	13
1.3 Vorhandene Grundlagen	13
1.4 Organisation und Projektablauf	14
1.4.1 Projektorganisation	14
1.4.2 ARGE und Unterakkordanten	14
1.4.3 Projektteam, Projektsitzungen	15
1.4.4 Miteinbezug der Gemeinden und der Kraftwerke	15
1.4.5 Ablauf des Projektes	15
1.4.6 Projektphasen	16
2. PROBLEMSITUATION UND PRIMÄRMASSNAHMEN	17
2.1 Ereigniskataster und Gefahrenhinweiskarte	17
2.2 Hinweise des Kantons sowie der Gemeinden auf Schwachstellen.....	18
2.3 Primärmassnahmen.....	18
3. TOPOGRAFIE UND QUERPROFILE	19
3.1 Laserscan-Terrainmodell, Höhenkurven.....	19
3.1.1 Digitales Terrainmodell (DTM) des AGIS	19
3.1.2 Aufbereitung des DTM für die hydraulische Modellierung	19
3.1.3 Höhenkurven-Generierung	19
3.2 Gewässerquerprofile.....	19
3.2.1 Bäche	19
3.2.2 Reuss	20
4. HYDROLOGIE	21
4.1 Grundlagen, Gewässerabschnitte und Einzugsgebiete der Bäche	21
4.2 Abschätzung Abflussspitzen Bäche.....	22
4.2.1 Vorgehen	22
4.2.2 Auswertung Pegelmessstationen	23
4.2.3 Niederschlagsintensitäten und Abflussreaktionen	23
4.2.4 Ergebnisse natürliche Abflüsse	24
4.2.5 Überleitungen; definitiv berücksichtigte Abflussspitzen	24

4.3	Hochwasserganglinien.....	25
4.4	Abflussspitzen Reuss und Aare.....	26
5.	EREIGNISANALYSE.....	28
5.1	Massgebende Prozesse	28
5.2	Gerinnehydraulik und Abflusskapazität flache Gewässer	28
5.2.1	Staukurvenmodell Unterdorfbach Zufikon und Mülibach Niederrohrdorf	28
5.2.2	Hydraulisches Modell Reuss und Schwarzgraben Wohlenschwil / Mellingen	28
5.2.3	Untere Randbedingung Reuss	29
5.3	Gerinnehydraulik und Abflusskapazität steile Gewässer.....	29
5.4	Geschiebe und Übersarung.....	29
5.5	Verklausung	30
5.6	Ufererosion	32
5.7	Wellen und Freibord.....	33
5.8	Resultate, Wasseraustritte.....	33
6.	ÜBERFLUTUNGSFLÄCHEN (WIRKUNGSANALYSE)	35
6.1	Szenarien für die Überflutungsberechnung	35
6.2	Hydraulisches Überflutungsmodell Reuss.....	35
6.3	Hydraulische Überflutungsmodelle der Bäche	36
6.3.1	Modellerstellung	36
6.3.2	Randbedingungen	37
6.3.3	Berechnung und Resultatauswertung, Szenarienüberlagerung	37
6.4	Abgrenzung der Fliesstiefen entlang der steilen Bachabschnitte.....	38
6.5	Berücksichtigung von Retentionsmulden.....	38
6.5.1	Hydrologisch-hydraulische Wirkungsweise	38
6.5.2	Berücksichtigung in der Wirkungsanalyse	39
6.5.3	Geländemulden Bremgartenwald und Moossee Fischbach-Göslikon	39
6.5.4	Übrige Resultate	40
6.6	Ergebnisse, Fliesstiefenkarten.....	40
7.	GEFAHRENKARTE UND RISIKOANALYSE.....	42
7.1	Erstellung Gefahrenkarte.....	42
7.1.1	Gefahrenstufen	42
7.1.2	Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm	42
7.1.3	Hinweise auf mögliche Oberflächenwasser-Konzentrationen	43
7.2	Schutzziele und Objektkategorien	44
7.2.1	Schutzzielmatrix	44
7.2.2	Objektkategorienkarte	44
7.3	Schutzdefizite.....	44
8.	MASSNAHMEN UND PRIORITÄTEN.....	46
8.1	Massnahmenspektrum.....	46
8.1.1	Ziel	46
8.1.2	Vorgehen	46
8.1.3	Verhältnismässigkeit	46
8.1.4	Bearbeitungstiefe	46
8.2	Grundsätze zum Gewässerunterhalt	47
8.3	Grundsätze zu den raumplanerischen Massnahmen	47
8.3.1	Ziel	47
8.3.2	Allgemeines	47

8.3.3	Nutzungsplanung und Gefahrenkarte	48
8.3.4	Vorgehen bis zur raumplanerischen Umsetzung der Gefahrenkarte	48
8.4	Grundsätze zu den Objektschutzmassnahmen.....	48
8.4.1	Definition und Aufgabe	48
8.4.2	Projektierungsgrundsätze	49
8.5	Grundsätze zu den baulichen Massnahmen	49
8.5.1	Wasserbauliche Massnahmen am Gewässer	49
8.5.2	Bauliche Massnahmen im Überflutungsgebiet	50
8.5.3	Umgang mit belasteten Standorten	50
8.6	Notfallplanung und Notfallorganisation.....	50
8.6.1	Definition und Aufgabe	50
8.6.2	Notorganisation und temporäre Massnahmen	50
8.6.3	Zeitlicher Aspekt	51
8.7	Konkrete Massnahmenvorschläge für das Untersuchungsgebiet.....	51
8.7.1	Allgemeines	51
8.7.2	Prioritäten	52
8.7.3	Fremdwasserabtrennung	52
8.7.4	Massnahmenvorschläge pro Gemeinde	53
8.7.5	Information Eigentümer bestehender Gebäude	55

VERZEICHNIS DER BILDER UND TABELLEN

	Seite:	
Abb. 1:	Projekt Gefahrenkarte Kanton Aargau	8
Abb. 2:	Grundlagenerarbeitung für ein gesamtheitliches Hochwassermanagement	9
Abb. 3:	Organigramm	14
Abb. 4:	Projektablauf	16
Abb. 5:	Projektphasen gemäss Pflichtenheft	16
Abb. 6:	Reuss Windisch während des Hochwassers August 2005	17
Abb. 7:	Streifenförmig abgegrenzte Einzugsgebiete auf der Heitersberg-Westflanke	21
Abb. 8:	Diagramm spezifische Abflüsse in Abhängigkeit der Einzugsgebietsgrösse	24
Abb. 9:	Schematische Darstellung möglicher Überleitungen:	25
Abb. 10:	Musterganglinien Beispiele Dorfbach Fislisbach und Bitterwasserbächli, HQ ₁₀₀	26
Abb. 11:	Schwemmholtzquellen	30
Abb. 12:	Beispiele von Rechen	31
Abb. 13:	Beispiel einer Ufererosion (Mülibach Niederrohrdorf).	32
Abb. 14:	Ausschnitt Finite-Elemente-Modell Fislisbach	36
Abb. 15:	Modellinput (rot) am Beispiel Dorfbach Busslingen (Modell Stetten)	37
Abb. 16:	Beispiel einer fein strukturierten Topografie einer EFH-Zone am Hang	38
Abb. 17:	Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm (10-Felder-Diagramm)	43
Tabelle 1:	Untersuchte Hauptgewässer	13
Tabelle 2:	ausgewertete Bach-Querprofile	20
Tabelle 3:	Abflussspitzen Reuss Bremgarten (= Mellingen)	27
Tabelle 4:	Abflussspitzen und Wasserspiegel der Aare nach der Reuss und vor der Limmat	27
Tabelle 5:	Schutzdefizitflächen pro Gemeinde	45

ANHANG- UND BEILAGENVERZEICHNIS

- Anhang 01: Übersicht Perimeter, Bachabschnitte und Hydrologie
- Anhang 02: Übersicht Problemsituation und Primärmassnahmen
- Anhang 03: Hinweise des Kantons und der Gemeinden auf bekannte Schwachstellen
- Anhang 04: Tabellen und Fotos Primärmassnahmen
- Anhang 05: Pegelauswertung
- Anhang 06: Hydrologische Auswertung Haupteinzugsgebiete
- Anhang 07: Ganglinien und Retentionsberechnungen
- Anhang 08: Zusammenstellung Abflussspitzen Bäche, Reuss und Aare
- Anhang 09: Arbeitspapier hydraulische Berechnungen Reuss und Schwarzgraben/Franzosengraben
- Anhang 10: Längenprofile flache Gewässer
- Anhang 11: Resultate Ereignisanalyse Bäche
- Anhang 12: Objektkategorien und Schutzziele im Kanton Aargau
- Anhang 13: Zuordnung Objektkategorien
- Anhang 14: Massnahmenkatalog
- Anhang 15: Verzeichnis Projektgrundlagen

- Kartenbeilage Nr. 1: Fliesstiefenkarte Ist-Zustand, Wiederkehrperiode 30 Jahre
- Kartenbeilage Nr. 2: Fliesstiefenkarte Ist-Zustand, Wiederkehrperiode 100 Jahre
- Kartenbeilage Nr. 3: Fliesstiefenkarte Ist-Zustand, Wiederkehrperiode 300 Jahre
- Kartenbeilage Nr. 4: Fliesstiefenkarte Ist-Zustand, Extremes Hochwasser (EHQ)
- Kartenbeilage Nr. 5: Gefahrenkarte Ist-Zustand
- Kartenbeilage Nr. 6: Objektkategorienkarte
- Kartenbeilage Nr. 7: Schutzdefizitkarte Ist-Zustand

ABKÜRZUNGEN, GLOSSAR

ABauV	Allgemeine Verordnung zum Baugesetz vom 23. Februar 1994 (SAR 713.111)
AGIS	Aargauisches Geografisches Informationssystem
ALG	Abteilung Landschaft und Gewässer des Kantons Aargau
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BauG	Gesetz über Raumentwicklung und Bauwesen vom 19. Januar 1993 (Baugesetz, SAR 713.100)
BWG	ehemaliges Bundesamt für Wasser und Geologie, heute Abteilung Gefahrenprävention BAFU
DHM	Digitales Höhenmodell (aus Laserscanmessungen aus Flugzeugen)
DTM	Digitales Terrainmodell
EHQ	Extremes Hochwasserereignis mit Jährlichkeit >300
EL	Energielinie (Wasserspiegel plus Energiehöhe des fliessenden Wassers $v^2/2g$)
GEHIKA	Gefahrenhinweiskarte
GEKA	Gefahrenkarte
GEP	Generelle Entwässerungsplanung
GIS	Geografisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System (globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung)
HQ ₃₀	im Durchschnitt alle 30 Jahre erreichtes oder übertroffenes Hochwasserereignis (30-jährliches Hochwasser)
HQ ₁₀₀	im Durchschnitt alle 100 Jahre erreichtes oder übertroffenes Hochwasserereignis (100-jährliches Hochwasser)
HQ ₃₀₀	im Durchschnitt alle 300 Jahre erreichtes oder übertroffenes Hochwasserereignis (300-jährliches Hochwasser)
HWRB	Hochwasserrückhaltebecken: bei Hochwasser eingestautes Geländebecken zur Dämpfung von Hochwasserganglinien
J	Gefälle. Es wird das Sohlengefälle J_s , das Wasserspiegelgefälle J_w und das Energieliniengefälle J_e unterschieden.
Q	Abflussmenge in m ³ pro Sekunde
QP	Querprofil des Bachgerinnes
SAR	Systematische Sammlung des Aargauischen Rechts
SR	Systematische Sammlung des Bundesrechts
WBG	Bundesgesetz über den Wasserbau
WBV	Verordnung über den Wasserbau
WSP	Wasserspiegel
ZGB	Schweizerisches Zivilgesetzbuch vom 10. Dezember 1907 (SR 210)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal ist Teil des **gesamtheitlichen Hochwassermanagements** des Kantons Aargau, mit dem der Kanton die vom Bund gestellte Aufgabe zur Erarbeitung von Gefahrenkarten erfüllt. Sie ist eine von insgesamt 17 Teilgefahrenkarten des Kantons Aargau.

Das Ziel der Projektbearbeitung war das Erkennen, Dokumentieren und Beurteilen der aus Hochwasser resultierenden Gefahren sowie das Auflisten und Evaluieren von Massnahmen und Prioritäten zur Behebung von ausgewiesenen Schutzdefiziten. Es waren die **Prozesse** Überflutung, Übersarung und Ufererosion zu untersuchen. Der während der Projektbearbeitung noch angepasste Perimeter und die untersuchten Gewässer sind in Kap. 1.2.3 definiert.

Die Projektorganisation und das Vorgehen sind in Kap. 1.4 beschrieben. Die **Gemeinden** des unteren Reusstals sowie die **Kraftwerke** in Zufikon, Bremgarten und Windisch wurden an Orientierungsveranstaltungen und an Einzelgesprächen in das Projekt miteinbezogen. Das in die Schritte Grundlagen, Gefahrenerkennung, Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung gegliederte **Vorgehen** (Kap. 1.4.5) entspricht der einheitlichen Methodik, mit der auch die übrigen Teilgefahrenkarten im Kanton Aargau erstellt wurden.

In Kap. 2 wird die vorgängig bekannte **Problemsituation** aufgrund der vorhandenen Grundlagen Ereigniskataster, Gefahrenhinweiskarte sowie bekannter Schwachstellen aufgearbeitet. Die gemeinsam mit den Gemeinden festgelegten **Primärmassnahmen** beinhalten einfache Massnahmen des Unterhalts, welche rasch auszuführen sind. Die vorliegende Gefahrenkarte geht vom Zustand ausgeführter Primärmassnahmen aus.

Die **Topografie** und die **Gewässerquerprofile** (Kap. 3) waren wichtige Grundlagen für die Gefahrenanalyse. Für die Topografie des Überflutungsgebiets stand das Laserscan-Terrainmodell zur Verfügung, welches mittels terrestrischer Aufnahmen ergänzt wurde. Für die Beurteilung steiler Überflutungsflächen wurden aus dem Terrainmodell Höhenkurven in 1m-Äquidistanz hergestellt. Die Gewässerquerprofile mussten aus verschiedenen Quellen und Aufnahmen ermittelt werden. Für die Ereignisanalyse an steilen Bachabschnitten wurden insgesamt 240 punktuelle Querschnitte, für die Modellierung der flachen Bachstrecken 70 Bachquerprofile sowie für die Modellierung der Reuss 160 Flussquerprofile untersucht.

Die **Hochwasserhydrologie** (Kap. 4) ist eine weitere zentrale Grundlage für die Gefahrenkarte. Für die Reuss standen die Hochwasserwerte bereits zur Verfügung (Kap. 4.4). Für die insgesamt 90 Einzugsgebiete der Bäche mussten sie neu ermittelt werden (Kap. 4.2). Um den statistischen Unsicherheiten zu begegnen, wurden die Hochwasserwerte HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ und EHQ von 39 Haupteinzugsgebieten mit allen verfügbaren Schätzmethode sowie mit einem Quervergleich zu den benachbarten Hochwasserpegeln abgeschätzt. Daraufhin erfolgte eine Übertragung auf 51 benachbarte, ähnliche Nebeneinzugsgebiete. Da vor allem in der topografisch schwach strukturierten Heitersbergflanke **Überleitungen** via Quartierstrassen oder grosskalibrige Meteorleitungen eine grosse Rolle spielen, mussten diese Effekte von den natürlichen Hochwasserwerten entweder hinzu- oder abgezählt werden (Kap. 4.2.5). Die hydraulische Überflutungsberechnung benötigte zudem charakteristische **Ganglinien**, welche an acht typischen Einzugsgebieten exemplarisch abgeschätzt wurden (Kap. 4.3).

Die **Ereignisanalyse** (Kap. 5) beschreibt die Prozesse und Wasseraustritte entlang der Gewässerstrecken. Zu beurteilen waren die **Abflusskapazität** und Verkläusungsanfälligkeit der Gewässerquerschnitte inkl. Durchlässe und Brücken. Die **Abflusskapazität** der Gewässerquerschnitte wurde an den steilen Gewässerstrecken mittels punktueller Hydraulik, an den flachen Gewässerstrecken mittels 1d-Staukurvenmodell ermittelt. Die Beurteilung der

Verklauungsanfälligkeit an Durchlässen und Brücken, des **Geschiebetriebs** sowie der Strecken mit potenzieller **Ufererosion** erfolgte gutachtlich aufgrund verschiedener Kriterien.

Für die **Reuss** (Kap. 5.2.2, 5.2.3 und 6.2) wurde ein gekoppeltes 1D-2D-Modell berechnet, welches sowohl die Wasseraustritte wie auch die sich daraus ergebenden Überflutungsflächen automatisch berechnet. Der Flussschlauch ist dabei als 1d-Staukurvenmodell nachgebildet, das Überflutungsgebiet mittels hydraulischen 2d-Modells modelliert.

Die Kap. 6.3 bis 6.5 beschreiben die **Überflutungsflächen der Bäche**, welche bei HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ und EHQ zu erwarten sind. Für die flachen Ebenen bei Fislisbach, Niederrohrdorf, Stetten, Widen, Bremgarten/Zufikon und Mägenwil waren dafür detaillierte zweidimensionale Überflutungssimulationen notwendig. Die Überflutungen im steilen Bereich wurden mit der Methode der Fliesswege im Feld und mit punktuellen hydraulischen Abschätzungen ermittelt. Beim Moossee Fischbach-Göslikon, im Bremgartenwald, in Niederwil, in Birmenstorf und in Mellingen waren zudem die Retentionseffekte von Geländemulden und Weihern zu berücksichtigen. Die Resultate der Ereignis- und Wirkungsanalyse sind in den **Fliess-tiefenkarten** dargestellt.

Die **Risikoanalyse** (Kap. 7) beinhaltet die Erstellung der **Gefahrenkarte** sowie die Ermittlung der **Schutzdefizite**. Die Gefahrenstufen wurden aus den Fliesstiefenkarten mit dem Vorgehen gemäss Bundesempfehlungen hergeleitet. Die roten Flächen (Verbotsbereich) stammen im Wesentlichen von Gebieten mit Überflutungstiefen über 2 m, vor allem entlang der Reuss. Die blauen Flächen (Gebotsbereich) werden im Wesentlichen durch die häufigen Überflutungen bis HQ₃₀ verursacht. Die gelben Flächen entstehen durch die Überflutungen bei HQ₁₀₀ und HQ₃₀₀ und die gelb/weissen Flächen durch diejenigen bis EHQ.

Ein **Schutzdefizit** (Kap. 7.3 und Schutzdefizitkarte) ist dann gegeben, wenn bei einem Objekt die gemäss Schutzzielmatrix maximal erlaubte Überflutungsintensität überschritten wird. Die **Schutzzielmatrix** ist für den ganzen Kanton einheitlich und definiert die für verschiedene Objektklassen unterschiedlich geltenden Schutzziele. Diese sind in der **Objektkategorienkarte** räumlich abgegrenzt. Der überwiegende Teil der Schutzdefizite ergibt sich durch Überflutungen in den Siedlungsgebieten bei HQ₃₀ und HQ₁₀₀. Im Untersuchungsgebiet werden insgesamt rund 150 ha Flächen mit Schutzdefizit ausgewiesen.

Im Kap. 8 und im Anhang 14 werden Vorschläge gegeben, mit welchen **Massnahmen** die ermittelten Schutzdefizite behoben werden könnten. Dabei können Unterhaltsmassnahmen, raumplanerische Massnahmen und bauliche Schutzmassnahmen in Frage kommen. Die Massnahmenvorschläge wurden in Einzelgesprächen mit den Gemeinden besprochen und in Prioritäten für die Projektierung und Ausführung eingeteilt. Die vorliegende Massnahmenplanung bewegt sich noch auf grober, konzeptioneller Stufe und muss in Folgeprojekten genauer ausgearbeitet und projektiert werden.

Raumplanerische Massnahmen und die damit verbundenen **Objektschutzmassnahmen** können das Schadenpotenzial wirksam beeinflussen. Schadensmindernde Vorschriften und Auflagen können sowohl in der allgemeinen Nutzungsplanung (Bauzonenplan, Bau- und Nutzungsordnung) wie auch über die Sondernutzungsplanung (Gestaltungspläne) erlassen werden. Die raumplanerische Umsetzung der Gefahrenkarte erfolgt jeweils im Rahmen der nächsten Nutzungsplanungsrevision. Die Resultate der Gefahrenkarte sind jedoch bereits ab sofort bei der Erteilung von Baubewilligungen verbindlich zu berücksichtigen. Die rechtliche Grundlage bilden der Art. 32 (Baureife) und Artikel 52 (Beschaffenheit) des Gesetzes über Raumentwicklung und Bauwesen vom 19. Januar 1993 (BauG, SAR 713.100).

Bei den **wasserbaulichen Massnahmen** stehen hauptsächlich lokale Massnahmen an den Gewässern im Vordergrund. Bei einem lokalen Ausbau einer Schwachstelle ist jeweils zu prüfen, ob dadurch eine zusätzliche Überlastung von unten liegenden Bachabschnitten resultiert.

1. EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Rechtsgrundlage

Nach Art. 2 des Bundesgesetzes über den Wasserbau vom 21. Juni 1991 (WBG; SR 721.100) ist der Hochwasserschutz Aufgabe der Kantone. In der Verordnung vom 2. November 1994 über den Wasserbau (WBV; SR721.100.1) beauftragt der Bund die Kantone, Gefahrengebiete zu bezeichnen und sie bei ihrer Richt- und Nutzungsplanung zu berücksichtigen (Art. 21 WBV). Nach Art. 27 WBV haben die Kantone Gefahrenkarten zu erstellen und periodisch nachzuführen. Gefahrenkarten sind eine Voraussetzung für Bundesbeiträge an den Wasserbau (Art. 1 und 3 WBV).

1.1.2 Gesamtprojekt Gefahrenkarte Kanton Aargau

Die Erarbeitung von Gefahrenkarten ist Teil des gesamtheitlichen Hochwassermanagements, welches im Kanton Aargau schrittweise aufgebaut wird. Das Projekt Gefahrenkarte Kanton Aargau besteht aus den zwei Stufen:

1. Richtplanungsrelevante und behördenverbindliche Gefahrenhinweiskarte mit Ereigniskataster
2. Nutzungsplanungsrelevante und grundeigentümergebundene Gefahrenkarten

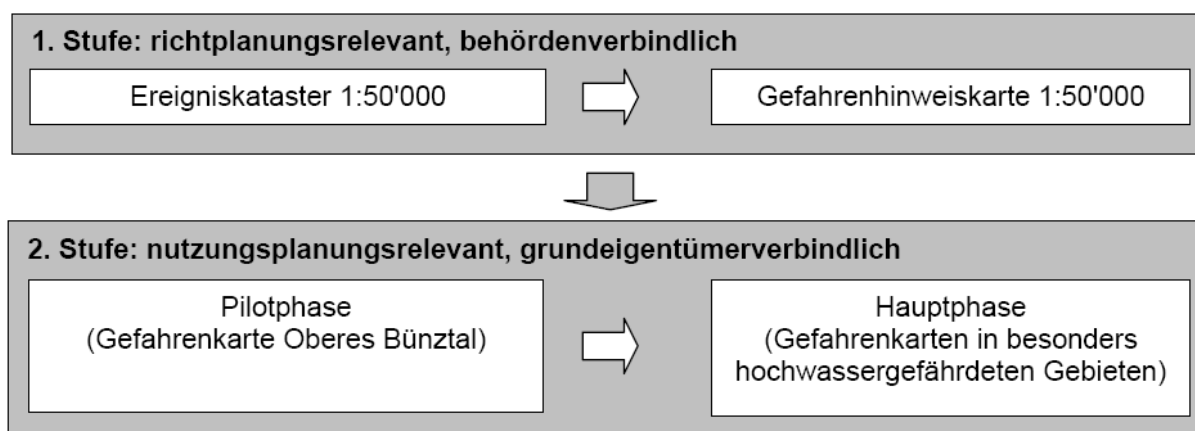


Abb. 1: Projekt Gefahrenkarte Kanton Aargau

Die Gefahrenhinweiskarte Hochwasser liegt seit 2002 vor. Sie zeigt die Gebiete, die bei einem Extremereignis von Hochwasser betroffen sein könnten. Sie ist jedoch nicht genügend genau, damit das Hochwassermanagement darauf basieren kann. Deshalb wird in den Gefahrenkarten Hochwasser die Hochwassergefährdung nach einheitlichen Kriterien dargestellt. Aus diesen Karten lassen sich die Gebiete mit Hochwassergefährdung herleiten. In den Massnahmenplanungen werden für diese Gebiete die Massnahmen zur Reduktion der Hochwassergefährdung aufgelistet, beurteilt und mit Prioritäten versehen. Bei der Planung und Realisierung der Massnahmen wird geprüft, ob die geplanten Massnahmen verhältnismässig sind. Dabei erfolgt ein pragmatisches, schrittweises Vorgehen: von den günstigen und einfach zu realisierenden zu den aufwendigen Massnahmen.

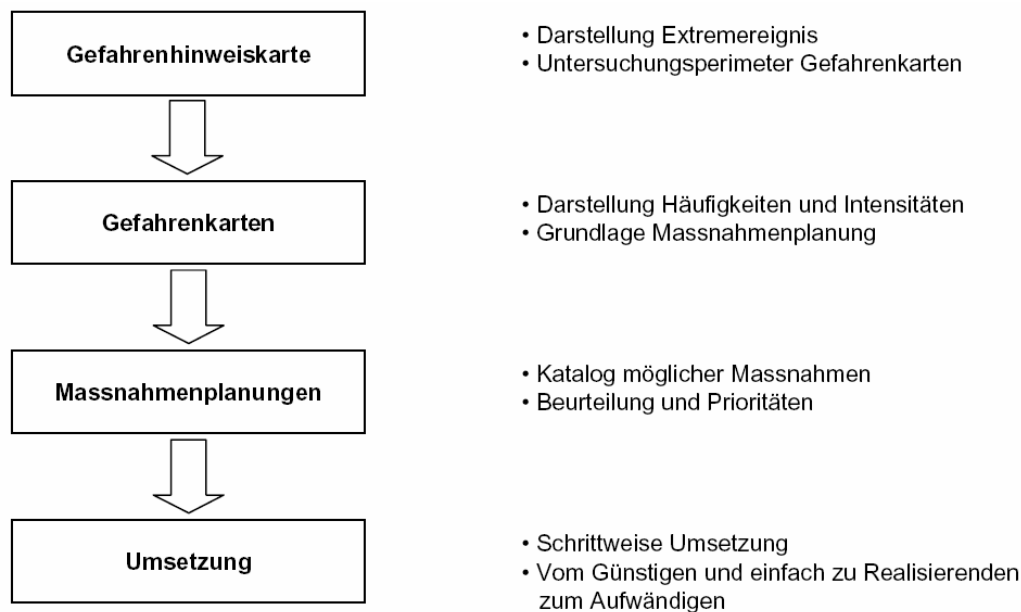


Abb. 2: Grundlagenerarbeitung für ein gesamtheitliches Hochwassermanagement

1.1.3 Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal

Die vorliegende Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal ist eine von insgesamt 17 Teilgefahrenkarten, welche die Gefährdung durch den Prozess Hochwasser im Kanton Aargau aufzeigen.

Die Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal deckt das Gebiet des unteren Reusstals über 23 Gemeinden von Zufikon nach Gebenstorf ab. Sie wurde nach derselben Methodik wie diejenige der Pilotphase im Oberen Bünztal erarbeitet.

1.2 Aufgabenstellung und Auftrag

1.2.1 Ausschreibung und Auftrag

Die Aufgabenstellung für die Erarbeitung der Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal ist im Pflichtenheft der Submission vom Dezember 2007 wiedergegeben. Der Auftrag wurde am 1. Februar 2008 an die "ARGE GEKA Hochwasser Unteres Reusstal", bestehend aus den drei Büros Niederer+Pozzi Umwelt AG, Uznach, Basler & Hofmann Planer und Ingenieure AG, Zürich, und Scheidegger+Partner AG, Baden, vergeben.

Im Lauf der Projektbearbeitung und insbesondere im Gespräch mit den Gemeinden wurden zusätzliche Arbeiten und Auftragsergänzungen notwendig, insbesondere:

- Diverse Perimetererweiterungen entlang der Bäche aufgrund der Hinweise der Gemeinden (zusätzliche Gewässer und Flächenerweiterung des Untersuchungsperimeters).
- Mehrleistungen für die hydraulische Modellierung der Reuss: zusätzliche Grundlagenbereitstellung und Kalibrierung, Darstellung der Überflutungsflächen zwischen den Einzelflächen des Untersuchungsperimeters.

- Zusätzliche Abklärungen auf Wunsch der Gemeinden, nachträgliche Überarbeitung nach den Gemeindegesprächen sowie zusätzliche hydrologisch-hydraulische Detailabklärungen
- Nachträgliche Berücksichtigung von neuen Hochwasserschutzbauten und Objektschutzmassnahmen.

In Abänderung des Grundauftrags wurden auf Wunsch des Auftraggebers keine Schutzhöhenkarten erstellt, sondern die aus den 2D-Modellierungen stammenden Resultate für eine Weblösung numerisch aufbereitet und abgegeben.

1.2.2 Zielsetzung, Prozesse

Ziel der Projektbearbeitung war:

- Erkennen, Dokumentieren und Beurteilen der aus Hochwasser resultierenden Gefahren im Untersuchungsperimeter, basierend auf dem Ist-Zustand: Gefahrenkarte und ergänzende Karten gemäss den Empfehlungen des Bundes
- Auflisten und Evaluieren von Massnahmen zur Behebung der ausgewiesenen Schutzdefizite.
- Festlegen von Prioritätenlisten für die Umsetzung dieser Massnahmen, in Zusammenarbeit mit den Gemeinden und mit den kantonalen Fachstellen.

Es waren die Prozesse Überflutung (inkl. Hangwasser), Übersarung und Ufererosion zu untersuchen. Die übrigen Naturgefahren-Prozesse (Murgang, Rutschungen, Steinschlag, Lawinen, Erdbeben) waren nicht Gegenstand der Untersuchung. Ebenfalls nicht untersucht wurden Überflutungen aufgrund der Engpässe in der Siedlungsentwässerung sowie infolge Grundwasseraufstössen.

1.2.3 Perimeter und Gewässerabschnitte

Der vom Auftraggeber vorgegebene **Untersuchungsperimeter** umfasst im Wesentlichen die Siedlungsgebiete der Gemeinden Baden (nur Stadtquartier Rütihof), Bellikon, Birmenstorf, Birrhard, Bremgarten, Eggenwil, Fischbach-Göslikon, Fislisbach, Gebenstorf, Künten, Mägenwil, Mellingen, Mülligen, Niederrohrdorf, Niederwil, Oberrohrdorf, Remetschwil, Stetten, Tägerig, Widen, Windisch (nur Quartier Unterdorf), Wohlenschwil und Zufikon.

Die zu untersuchenden **Gewässerabschnitte** umfassen die Reuss sowie alle Bäche im Unteren Reusstal gemäss dem Gewässernetz des kantonalen Fliessgewässerkatasters 1:5'000.

Gemäss Aufgabenstellung sind sämtliche Prozesse zu untersuchen, welche innerhalb des Untersuchungsperimeters zu einer Überflutungs-, Übersarungs- und Erosionsgefährdung führen könnten, auch wenn ihr Ursprung ausserhalb des Untersuchungsperimeters liegen sollte.

Im Laufe der Arbeiten musste der Untersuchungsperimeter und die Liste der zu untersuchenden Gewässerabschnitte erweitert werden. Die definitiven Perimeterflächen sowie das definitiv zu untersuchende Gewässernetz sind in den Übersichtskarten Anhang 01 dargestellt.

Besondere Abgrenzungen des Untersuchungsperimeters waren:

- Die Modellierung der Reuss erfolgte vom Wehr Bremgarten-Zufikon bis zur Mündung in die Aare. Die hydrologischen Randbedingungen konnten von der Gefahrenkarte Oberes Reusstal/Masterplan Hochwasserschutz übernommen werden. Die untere Randbedingung in der Aare wurde von den hydraulischen Modellierungen der Aare und der Limmat übernommen, wobei verschiedene Szenarien zu berücksichtigen waren.

- Der Stollenbach entlang der Gemeindegrenze Zufikon/Untertlunkhofen wurde im Verlauf der Arbeiten neu in den Perimeter aufgenommen und war so weit zu untersuchen, wie er für den Untersuchungsperimeter von Zufikon relevant ist.
- Für die Hochwassergefährdung von Fischbach-Göslikon, Niederwil und Tägerig war das ganze Gebiet Bremgartenwald – Althau – Grossmooshau – Honeri bis zur topografischen Scheide zum Bünztal zu untersuchen.
- Im Raum Widen – Berikon – Rudolfstetten wurden diejenigen Gebiete und GEP-Einzugsgebiete, welche den Pflanzerbach beeinflussen, abgeklärt.
- Der Ausserfeldgraben Eggenwil wurde zwar abgeklärt, aber im Verlaufe der Arbeiten aus dem Gewässerkataster entlassen und in den Resultaten nicht mehr dargestellt.
- Im Verlauf der Arbeiten wurde die Geländemulde Bodenächer-Chariwald in Niederwil in den Perimeter einbezogen und wie ein Gewässer behandelt, obwohl sie nicht im Bachkataster verzeichnet ist.
- Im Verlauf der Arbeiten wurde der Campingplatz Sulz mit Grossmattbach in den Perimeter einbezogen.
- In Büschikon wurden die neuen Entwässerungsverhältnisse mit Ableitung in das Einzugsgebiet des Heubeeribergbachs berücksichtigt. Letzterer liefert einen gedrosselten Abfluss zum Dorfbach Nesselbach.
- Im Verlauf der Arbeiten wurde der Unterholzbach im Einzugsgebiet des Dorfbachs Busslingen in die Untersuchung miteinbezogen.
- Im Verlauf der Arbeiten wurde die Geländemulde Obermatt in Mägenwil in den Perimeter einbezogen und wie ein Gewässer behandelt, obwohl sie nicht im Bachkataster verzeichnet ist.
- Das Einzugsgebiet des Alten Mülibachs in Mellingen musste vorgängig abgeklärt werden. Es erstreckt sich bis zum Weiher nördlich der Bahnlinie.
- Der GEP-Kanal von Fislisbach-Rütihof musste als Vorflut des Dorfbachs Fislisbach abgeklärt werden.
- Für die Gemeinde Baden war nur der Ortsteil Rütihof abzuklären. Die übrigen Gemeindeteile sind durch die Gefahrenkarte Limmattal abgedeckt.
- Für die diversen Einzugsgebiete von Birmenstorf musste deren Ableitung via die teilweise erneuerte Meteorentwässerung berücksichtigt werden.
- Die Lindmühle Birmenstorf wurde als neuer Perimeter aufgenommen. Dieser Weiler wird durch die Autobahntwässerung tangiert, welche wiederum Vorflut des Äschenbachs ist.
- Die kurze, gemäss Bachkataster offene Strecke des Bitterwasserbächlis innerhalb des Siedlungsgebietes von Birmenstorf ist in der Natur nicht vorhanden.
- In den Gemeinden Windisch und Gebenstorf¹ musste nur die Gefährdung durch die Reuss und ihre Zuflüsse untersucht werden.

¹ Die Aare und die Limmat mit ihren Zuflüssen sind durch andere Teilprojekte abgedeckt.

- Im Verlauf der Arbeiten wurde die Geländemulde Brand in Gebenstorf in den Perimeter einbezogen und wie ein Gewässer behandelt, obwohl sie nicht im Bachkataster verzeichnet ist.

Es waren rund 110 km Gewässernetz zu untersuchen. Die Hauptgewässer sind:

Gewässer	Gemeinden
Reuss	Zufikon, Bremgarten, Eggenwil, Fischbach-Göslikon, Künten, Niederwil, Stetten, Tägerig, Mellingen, Wohlenschwil, Birrhard, Birmenstorf, Mülligen, Windisch und Gebenstorf
Stollenbach	Zufikon
Chräenbuelbach und Zuflüsse	Zufikon, Bremgarten
Fröschengraben	Zufikon, Bremgarten
Kleingewässer "Landgericht_1"	Bremgarten
Unterdorfbach und Zuflüsse	Zufikon, Bremgarten
Itenhardbach	Bremgarten
Pflanzerbach und Zuflüsse	Widen, Berikon, Rudolfstetten, Bremgarten und Eggenwil
Ausserfeldgraben (wurde während der Bearbeitung aus dem Bachkataster entfernt)	Eggenwil
Junebach und Zuflüsse	Widen, Bellikon, Eggenwil
Wissbach samt Moosbach (Einzugsgebiet Moossee bis Bremgartenwald)	Bremgarten, Fischbach-Göslikon
Küntenerbach und Zuflüsse	Künten, Bellikon
Grossmattbach	Künten
Zigbach samt Zuflüsse und Einzugsgebiet Bodenächer-Chariwald	Niederwil
Dorfbach Nesselbach	Niederwil
Dorfbach Busslingen und Zuflüsse	Bellikon, Remetschwil, Künten und Stetten
Heubergbach inkl. neue Ableitung in Büschikon	Tägerig, Niederwil
Dorfbach Tägerig	Tägerig
Kleingewässer "Ra"	Mellingen
Eichstelbach und Dorfbach Mellingen	Tägerig, Mellingen
Alter Mülibach	Mellingen
Mülibach und Zuflüsse	Oberrohrdorf, Niederrohrdorf, Remetschwil, Fislisbach, Mellingen
Schwarzgraben und Zuflüsse	Mägenwil, Hendschiken, Tägerig, Wohlenschwil und Mellingen
Obermatt	Mägenwil
Dorfbach Fislisbach und Zuflüsse	Oberrohrdorf, Fislisbach
Klusgraben	Baden (Rütihof)

Gewässer	Gemeinden
Brunnmatterhau	Birmenstorf
Schlubächli und Zuflüsse	Birmenstorf
Bitterwasserbächli	Birmenstorf
Dägerlibach	Windisch
Brüelbächli	Gebenstorf
Hölibach und Seitenbäche	Gebenstorf

Tabelle 1: Untersuchte Hauptgewässer

1.2.4 Produkte

Für die Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal waren die folgenden Produkte zu erstellen:

- Fliesstiefenkarten für die Jährlichkeiten 30, 100, 300 und für das Extreme Hochwasser (EHQ); Darstellung der Abflusstiefen in sechs Abstufungen sowie der Flächen mit zu erwartenden Geschiebeübersarungen; Massstab 1:10'000.
- Gefahrenkarte Ist-Zustand mit den Gefahrenstufen rot, blau, gelb und gelb-weiss-gestreift gemäss den Empfehlungen des Bundes, Massstab 1:10'000.
- Objektkategorienkarte mit 7 Objektkategorien gemäss der Schutzzielmatrix Kanton Aargau; Massstab 1:10'000.
- Schutzdefizitkarte des Ist-Zustands mit den flächigen, linienförmigen oder punktuellen Schutzdefiziten; Massstab 1:10'000.
- Technischer Bericht samt Massnahmenkatalog und Prioritätenliste.
- Abgabe von diversen numerischen Resultaten (Fliesstiefen, Schutzhöhen) als geraster-te Punktdaten

1.3 Vorhandene Grundlagen

Für die Projektbearbeitung wurden Daten des Aargauischen Geografischen Informationssystems AGIS, die bisherigen Resultate der Gefahrenkarte Aargau (Ereigniskataster, Hinweiskarte) sowie zahlreiche frühere Studien und Berichte über den Hochwasserschutz zur Verfügung gestellt. Diese Grundlagen wurden im Laufe der Projektbearbeitung ergänzt. Ein umfassendes Verzeichnis der verwendeten Grundlagen ist im Anhang 15 zu finden.

1.4 Organisation und Projektablauf

1.4.1 Projektorganisation

Die Organisation des Projektes Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal ist folgendem Organigramm zu entnehmen.

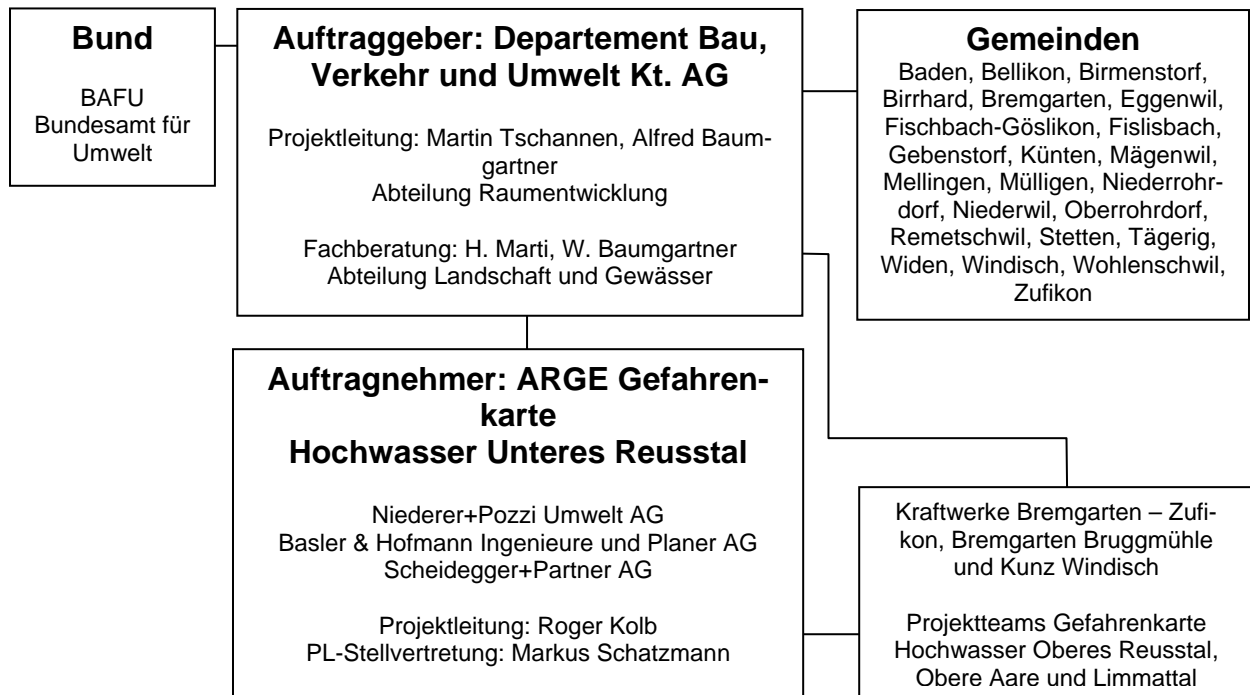


Abb. 3: Organigramm

1.4.2 ARGE und Unterakkordanten

Die ARGE GEKA Hochwasser Unteres Reusstal besteht aus den drei Büros:

- Niederer + Pozzi Umwelt AG, Uznach: verantwortlich für ARGE-interne Projektleitung, Gefahrenanalyse Bäche, Kartenerstellung und Massnahmenkatalog
- Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG, Zürich: verantwortlich für die Stellvertretung der ARGE-internen Projektleitung, Gefahrenanalyse Reuss und Massnahmenvorschläge Reuss
- Scheidegger + Partner AG, Baden: Mitarbeit in Feldaufnahmen und Massnahmenplanung.

Daneben unterstützten die folgenden zwei Unterakkordanten die Projektarbeiten:

- Naturkonzept AG, Steckborn: Unterstützung für Gefahrenanalyse Bäche
- PlüssMeyerPartner Ingenieure und Planer AG, Luzern: Unterstützung für Gefahrenanalyse Reuss

1.4.3 Projektteam, Projektsitzungen

Das engere Projektteam bestand aus den Mitgliedern:

- Martin Tschannen; Abteilung Raumentwicklung, ab 1.5.2010 Abteilung Landschaft und Gewässer
- Alfred Baumgartner; Abteilung Raumentwicklung
- Hans Marti, Walter Baumgartner, Urs Egloff; Abteilung Landschaft und Gewässer
- Roger Kolb, Markus Schatzmann; ARGE GEKA Unteres Reusstal

An den regelmässigen Projektsitzungen in Aarau nahmen zusätzlich folgende Personen teil:

- Georges Brandenburg; Aargauische Gebäudeversicherung
- Felix Frei; Abteilung für Umwelt
- Mario Kokschi; Abteilung Landschaft und Gewässer

1.4.4 Miteinbezug der Gemeinden und der Kraftwerke

Die Gemeinden wurden an zwei Informationsveranstaltungen in Mellingen und Zufikon über den Stand der Arbeiten informiert. Nach Projektabschluss ist zudem eine öffentliche Information für alle Interessierten und Betroffenen vorgesehen.

In den zusätzlichen Einzelbesprechungen im Juni 2008 und im Juni - August 2009 wurden gemeinsam mit den Gemeindevertretern die Primärmassnahmen und der Massnahmenkatalog samt Prioritätenliste festgelegt. Dabei konnten auch Fragen bezüglich der Umsetzung der Gefahrenkarte geklärt werden.

Für die Gemeinden Birrhard und Mülligen, in denen kaum eine Gefährdung festgestellt wurde, war eine Einzelbesprechung nicht notwendig.

Mit den Gemeinden Windisch und Oberrohrdorf wurden weitere Sitzungen abgehalten, in denen die Resultate der Gefahrenkarte sowie die laufenden Hochwasserschutzmassnahmen im Detail besprochen wurden. Ausserdem wurden die Kraftwerke entlang der Reuss gemeinsam mit der parallel laufenden Gefahrenkarte Hochwasser Oberes Reusstal in zwei Sitzungen orientiert.

1.4.5 Ablauf des Projektes

Die Erarbeitung des Projekts Gefahrenkarte Unteres Reusstal erstreckt sich von der Aufarbeitung der Grundlagen und der Gefährdungssituation bis zum Massnahmenkatalog. Letzterer enthält grobe Vorschläge und Alternativen auf Konzeptstufe, wie die festgestellten Schutzdefizite bereinigt werden könnten und gibt eine Einschätzung über ihre Dringlichkeit. Die nachfolgende eigentliche Massnahmenprojektierung ist nicht mehr Bestandteil des vorliegenden Projektes.

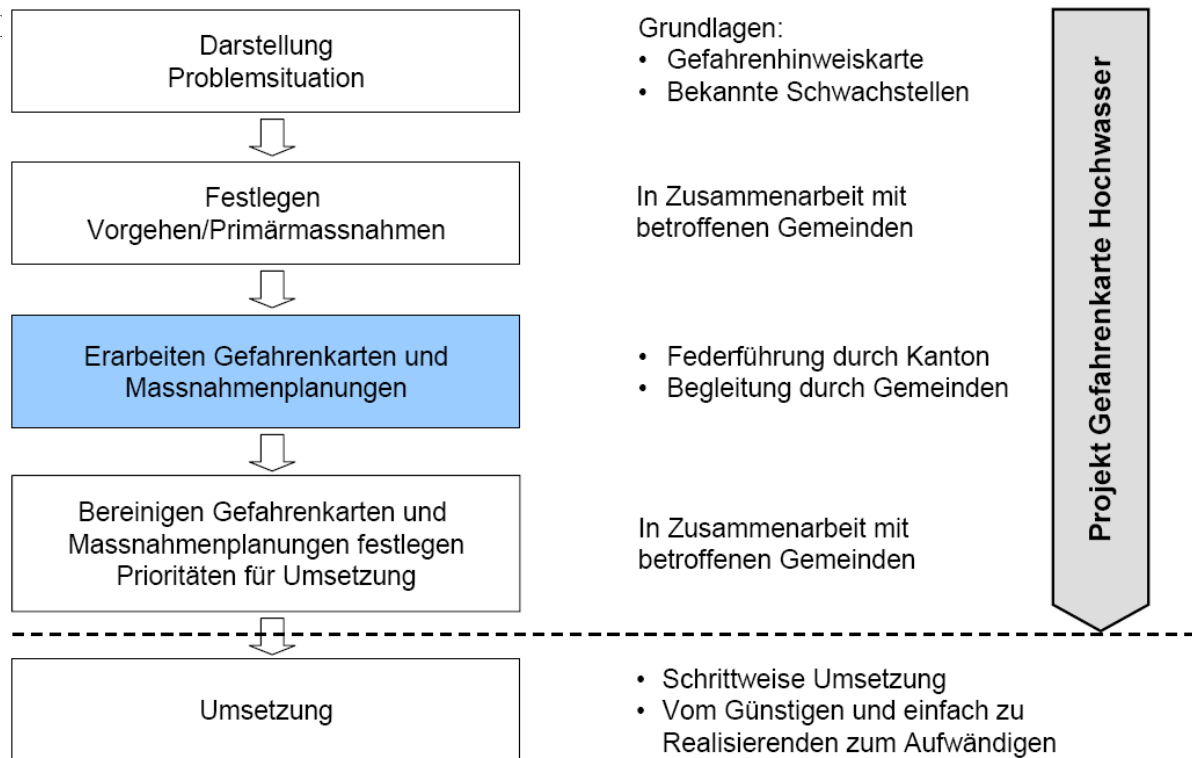


Abb. 4: Projektablauf

1.4.6 Projektphasen

Die einzelnen Phasen des Projektes hatten zusammengefasst folgende Arbeitsschritte zum Inhalt:

Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse Problemsituation, Festlegung des definitiven Vorgehens sowie der Primärmassnahmen. • Aufarbeitung der hydrologischen und topografischen Grundlagen.
Gefahren-erkennung	<ul style="list-style-type: none"> • Ereignisanalyse an den Gewässerläufen: Gerinnehydraulik, Geschiebe- und Treibholzaufkommen, Verklausungsprozesse, Ermittlung der Wasseraustrittsstellen.
Gefahren-beurteilung	<ul style="list-style-type: none"> • Wirkungsanalyse im Überflutungsgebiet: Abgrenzung der Überflutungsflächen und Fliesstiefen für die Jährlichkeiten 30, 100, 300 und Extremereignis (Überlastfall). • Risikoanalyse: Ermittlung der Gefahrenstufen (Gefahrenkarte) nach den Empfehlungen des Bundes, Erstellung der Objektkategorienkarte aufgrund der Schutzzielmatrix, Ermittlung der Schutzdefizite.
Massnahmen-planung	<ul style="list-style-type: none"> • Massnahmenplanung: Katalog möglicher Massnahmenvorschläge zur Behebung der vorhandenen Schutzdefizite und Prioritätenliste für die Umsetzung.

Abb. 5: Projektphasen gemäss Pflichtenheft

2. PROBLEMSITUATION UND PRIMÄRMASSNAHMEN

2.1 Ereigniskataster und Gefahrenhinweiskarte

Der **Ereigniskataster** Hochwasser (AGIS-Datensatz) beschreibt kurz zusammengefasst die aus den letzten Jahrzehnten bekannten Hochwasserereignisse und lokalisiert grob die betroffenen Flächen und Objekte (vgl. Übersichtskarte Anhang 02).

Die grössten Hochwasser in der Reuss der letzten Jahrzehnte waren:

- 15. Mai 1999: Spitze Mellingen 760 m³/s.
- 23. August 2005: Spitze Mellingen 854 m³/s. Überflutung der Unterstadt von Bremgarten, des Kraftwerks Bruggmühle, des Campingplatzes Sulz, der Altstadt von Mellingen sowie des Gewerbegebietes und des Kraftwerks der ehemaligen Spinnerei Windisch sowie ausgedehnte Kulturlandflächen in der Talebene.
- 8. August 2007: Spitze Mellingen 770 m³/s. Erneute Überflutung von Teilen des oben genannten Siedlungsgebietes sowie von Kulturlandflächen in der Talebene.



Abb. 6: Reuss Windisch während des Hochwassers August 2005

Auch bei den Bächen gab es in den letzten Jahrzehnten Überflutungen, zum Beispiel:

- Gewitter vom 21.6.2007 über Zufikon
- Eggenwil 12.2.1999, 12.5.1999, 21.6.2007, 8./9.8.2007 und 17.6.2010
- Birnenstorf 15.7.2009

Die **Gefahrenhinweiskarte** zeigt die bei Extremereignissen potenziell von Überflutungen betroffenen Geländeflächen auf, weist aber noch keine Fliesstiefen oder Jährlichkeiten aus. Zur Abschätzung der hydraulischen Abflusskapazität der Gewässerabschnitte wurde an ausgewählten Querprofilen eine punktuelle hydraulische Berechnung mit einem Extremereignis-Abfluss vorgenommen. Die EHQ-Abflüsse wurden aus HQ₁₀₀-Werten abgeleitet, welche wie-

derum mit einem einfachen hydrologischen Verfahren über den ganzen Kanton abgeschätzt wurden.

Im Rahmen der Untersuchungen für die Gefahrenhinweiskarte wurden im Perimeter der Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal insgesamt 30 Querprofile geprüft, wovon 15 beim EHQ Wasseraustritte aufwiesen.

Ausgehend von den Wasseraustritten wurden für die Gefahrenhinweiskarte die potenziellen Überflutungsflächen mittels topografischer Geländeanalyse grob abgegrenzt. Das Resultat der entsprechenden Extremereignis-Überflutungsflächen ist in den Übersichtskarten Anhang 02 dargestellt.

2.2 Hinweise des Kantons sowie der Gemeinden auf Schwachstellen

Die dem Kanton bereits vor der Erstellung der Gefahrenkarte bekannten Schwachstellen sind in der Tabelle im Anhang 03 zusammengestellt und in der Übersichtskarte Anhang 02 verzeichnet.

Daneben konnten die Gemeinden bei den ersten Gemeindebesprechungen vom Juni 2008 weitere Informationen zu bekannten Schwachstellen angeben. Nach den Besprechungen wurden zudem jeweils Fragebögen abgegeben, welche von den Gemeinden mit weiteren ergänzenden Informationen retourniert wurden. Diese Informationen der Gemeinden sind ebenfalls im Anhang 03 zusammengetragen.

2.3 Primärmassnahmen

Die Primärmassnahmen sind als einfache Massnahmen im Rahmen des Gewässerunterhalts definiert, welche mit sehr kleinem Aufwand eine deutliche Verminderung des Risikos bewirken. Sie sind unbestritten und wurden bereits oder werden in nächster Zeit durchgeführt.

In einer ersten Übersichtsbegehung wurden alle massgebenden Gewässerabschnitte inspiziert und danach Vorschläge für sofort auszuführende Primärmassnahmen zusammengestellt. Die Vorschläge wurden in den Einzelbesprechungen vom Juni 2008 mit den Gemeinden diskutiert und genehmigt. Es resultierten insgesamt 32 Primärmassnahmen (Anhang 04), welche von den Gemeinden in Zusammenarbeit mit der Sektion Wasserbau der Abteilung Landschaft und Gewässer kurzfristig im Rahmen des Gewässerunterhalts ausgeführt werden.

Die vorliegende Gefahrenkarte geht vom Zustand ausgeführter Primärmassnahmen aus.

Die Primärmassnahmen sind nicht hinreichend, um die vorhandenen Schutzdefizite zu beseitigen. Dazu sind die weiteren Massnahmen gemäss Kap. 8 notwendig.

3. TOPOGRAFIE UND QUERPROFILE

3.1 Laserscan-Terrainmodell, Höhenkurven

3.1.1 Digitales Terrainmodell (DTM) des AGIS

Die Bestimmung der Fliesswege und Überflutungsgebiete in der Wirkungsanalyse erforderte möglichst detaillierte Informationen über die Geländeoberfläche. Vom Auftraggeber wurde ein Laserscan-Höhenmodell zur Verfügung gestellt (Flug im Frühling 2001). Dieses Digitale Terrainmodell (DTM) besteht aus Einzelpunkten in XYZ-Landeskoordinaten ohne Bruchkanten. Der verwendete Datensatz ist bereits vom AGIS ausgedünnt worden und verfügt noch über eine Punktdichte von etwa 70'000 Punkten pro km².

Das DTM besteht nur aus Punkten der Erdoberfläche. Punkte der Vegetation oder von Gebäuden und Brücken sind vorgängig herausgefiltert.

3.1.2 Aufbereitung des DTM für die hydraulische Modellierung

Im Bereich von Wäldern und Ufervegetation enthält das gefilterte DTM nur wenige Punkte. Ausserdem erfasst der Laserscan lediglich den Wasserspiegel, nicht aber die für die Modellierungen wichtige Höhe der Bachsohle. Aus diesen Gründen waren die hydraulisch wichtigen Bachgräben mittels Querprofilaufnahmen zu ergänzen (siehe unten).

Da das DTM nur aus einzelnen Massenpunkten besteht, waren zur hydraulisch exakten Nachbildung der Geländeoberfläche Bruchkanten notwendig. Diese wurden während der hydraulischen Modellierung bei Bedarf aus den AV-Daten Bodenbedeckung und Einzelobjekte hergeleitet oder von Hand nachdigitalisiert.

3.1.3 Höhenkurven-Generierung

Anhand des Laserscan-DHM wurden Höhenkurven mit 1 m Äquidistanz generiert und in das Geografische Informationssystem (GIS) eingelesen. Diese Höhenkurven dienten vor allem zur Beurteilung der Fliesswege und Abgrenzung der Überflutungsgebiete im steilen Bereich ausserhalb des hydraulischen 2D-Modells sowie zur manuellen Überprüfung und Verifikation der Ergebnisse der Wirkungsanalyse.

3.2 Gewässerquerprofile

3.2.1 Bäche

Aus der Gefahrenhinweiskarte standen 30 punktuell ohne absolute Höhen aufgenommene Querprofile zur Verfügung. Diese wurden im Laufe der Arbeiten mit weiteren Querprofilen ergänzt. Die neuen Querprofile wurden auf folgende Arten erhoben:

- Sichtung des umfangreichen Archivmaterials bei der ALG in Aarau, Auswertung von insgesamt 46 Ausführungsprojekten und Gewässerstudien von den 1940er-Jahren bis zur Gegenwart. Die aus den Unterlagen herausgelesenen Querschnittsdaten wurden geografisch lokalisiert und verifiziert. Es kamen nur diejenigen Querschnitte zur Anwendung, welche heute noch unverändert vorhanden sind. Aktuelle Projekte durften nur dann berücksichtigt werden, wenn sie bereits genehmigt und finanziell gesichert sind. Die Querprofilaten bestehen meistens aus absoluten Höhen in Metern über

Meer; ihre Lage in Landeskoordinaten musste aber auf dem GIS neu festgelegt werden.

- Ergänzende GPS-Aufnahmen und Tachymeter-Aufnahmen mit absoluten Höhen und Landeskoordinaten (33 Profile an Schwarzgraben, Franzosengraben, Mülibach, Dorfbach Busslingen und Unterdorfbach Zufikon).
- Handvermessung, z.B. von Durchlassdimensionen ohne absolute Höhen und Koordinaten.

Für die Ereignisanalyse standen schliesslich die folgenden Bach-Querprofile zur Verfügung:

Punktuelle Querprofile (ohne absolute Höhe)	240
Querprofile für Staukurvenberechnung Unterdorfbach (mit absoluter Höhe)	36
Querprofile für Staukurvenberechnung Schwarzgraben (mit absoluter Höhe)	7
Querprofile für Staukurvenberechnung Mülibach (mit absoluter Höhe)	27
Total Querprofile Bäche:	310

Tabelle 2: ausgewertete Bach-Querprofile

3.2.2 Reuss

Für die Modellierung der Reuss stand bereits aus der Machbarkeitsstudie Hochwasserschutz Aargauer Reusstal ein zusammenhängendes numerisches Modell der gesamten Aargauer Reuss zur Verfügung. Es wurde im Rahmen der beiden Gefahrenkarten Oberes und Unteres Reusstal aktualisiert und verdichtet.

Im Flussschlauch der Reuss setzt sich das Modell im Wesentlichen aus den aktuellen Querprofilenaufnahmen von Meisser Vermessungen AG aus dem Jahr 2006 zusammen. Die Topografie der Gerinnesohle entspricht somit dem Zustand nach dem grossen Hochwasser vom August 2005. Die rund 29 km lange Fließstrecke zwischen dem Wehr Bremgarten-Zufikon bis zur Aare weist bei einem mittleren Querprofilabstand von etwa 200 m **rund 160 Querprofile** auf.

In der Überflutungsebene der Reuss wurde aus den Laserscandaten ein zweidimensionales Überflutungsmodell aufgebaut.

4. HYDROLOGIE

4.1 Grundlagen, Gewässerabschnitte und Einzugsgebiete der Bäche

Die bestehende grobe Hydrologie aus der Gefahrenhinweiskarte genügte für die Anforderungen der Gefahrenkarte nicht. Im Rahmen der Gefahrenkarte waren einerseits die massgebenden Abflussspitzen breiter abzustützen, zuverlässiger zu berechnen und für feiner unterteilte Gewässerabschnitte zu ermitteln. Andererseits benötigte die instationäre 2D-Berechnung sowie die Abschätzung von Retentionsmulden charakteristische Ganglinienformen.

Die Übersicht der hydrologisch relevanten Informationen ist in den Übersichtskarten Anhang 01 gegeben. Grundlage des Gewässernetzes ist das digital vorhandene Gewässernetz 1:5'000 des Bachkatasters. Die massgebenden Abflusswerte HQ_{30} , HQ_{100} , HQ_{300} und Extremereignis EHQ wurden für insgesamt 90 Gewässerquerschnitte ermittelt. Die entsprechenden Hydrologiequerprofile sind in der Regel am unteren Ende des jeweiligen Abschnittes angeordnet. Diese und die dazugehörigen 90 Einzugsgebiete sind ebenfalls in den Übersichtskarten ersichtlich.

Der Querschnitt Nr. 2, Ausserfeldgraben Eggenwil, wurde gemäss Gemeindebesprechung vom 2. Juli 2009 aus dem Bachkataster gelöscht und musste fortan nicht mehr beurteilt werden. Er erscheint nicht mehr in den Kartenwerken. Die Resultate der vorgängig durchgeführten hydrologischen Abklärung stehen aber in Anhang dennoch zur Verfügung.

Die streifenförmigen Einzugsgebiete an der rechten, östlichen Talseite von Oberrohrdorf bis nach Zufikon sind durch den gleichförmigen Abhang der Heitersberg-Westflanke geprägt. Aufgrund der wenig ausgeprägten Topografie waren die Einzugsgebietsgrenzen nicht immer einfach abgrenzbar.

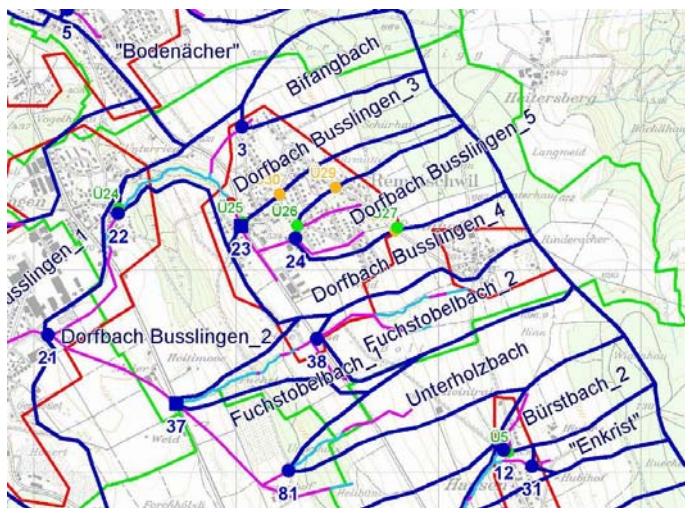


Abb. 7: Streifenförmig abgegrenzte Einzugsgebiete auf der Heitersberg-Westflanke

4.2 Abschätzung Abflussspitzen Bäche

4.2.1 Vorgehen

Das Ziel der hydrologischen Abschätzung ist die Bestimmung plausibler Werte für die Hochwasserereignisse HQ_{30} , HQ_{100} , HQ_{300} und EHQ (30-, 100- und 300-jährliches Hochwasser sowie äusserst seltenes Extremereignis). Die für die Gefahrenkarte zu berechnenden Szenarien sind gemessen am Erinnerungsvermögen seltene, grosse Ereignisse. Die Jährlichkeiten sind wesentlich höher als die üblichen Annahmen (ca. HQ_5 - HQ_{10}) bei der Dimensionierung des GEP.

Die hydrologische Abschätzung von Abflussspitzen und ihrer Jährlichkeiten ist bekanntermassen mit statistischen Unsicherheiten verbunden. Dies gilt in erster Linie in denjenigen Einzugsgebieten, in denen keine direkten Abflussmessungen zur Verfügung stehen, was bei den allermeisten Bachabschnitten der Fall ist.

Um der statistischen Unschärfe gut begegnen zu können, wurde die Hochwasserabschätzung breit abgestützt, mit Hilfe folgender Methoden durchgeführt, nach ihrer Güte gewichtet, in einer Grafik zusammengetragen und daraus die plausiblen wahrscheinlichen Hochwasserwerte herausgezogen.

Von den 90 Einzugsgebieten der Gefahrenkarte Hochwasser Unteres Reusstal wurden 39 Haupteinzugsgebiete gemäss dem folgenden Vorgehen ausgewertet (Anhänge 06 bis 08):

- Hochwasserabschätzung nach Modell Kölla 1986, mit minimalen bzw. maximalen Annahmen bezüglich Abflussreaktion (Gewässerlänge, Bodeneigenschaften) und Niederschlagsdaten (altes oder neues Blatt 2.4 des hydrologischen Atlases der Schweiz).
- Empirische Hochwasserformel Geografisches Institut der Uni Bern GIUB, Gebiete M4 und M5, wobei dem Gebiet M4 aufgrund der höheren Stichprobenanzahl in der Auswertung eine grössere Zuverlässigkeit beigemessen wird.
- Empirische Hochwasserformeln aus Programm HAKESCH (Müller, Rickli und Forster für alle Einzugsgebiete, zusätzlich Modifiziertes Fliesszeitverfahren und Taubmann für Einzugsgebiete $> 1 \text{ km}^2$).
- Empirische Verfahren aus Programm HQx_meso_CH (Momentenmethode, BaD7) für folgende Einzugsgebiete grösser als 5 km^2 : Q20 Dorfbach Buslingen_1, Q60 Mülibach_1.
- Hochwasserwerte HQ_2 , HQ_{30} und HQ_{100} aus der Auswertung der Pegelstationen, auf den jeweiligen Gewässerstandort mit der Formel $HQ = a \cdot F^c$ übertragen (siehe unten Kap. 4.2.2).
- Synoptische Darstellung aller Hochwasserwerte als Punktwolke in einer Abfluss-Jährlichkeits-Grafik, optisch gewichtet nach der Güte des Verfahrens.
- Optische Einpassung einer möglichst gut passenden statistischen Verteilungsfunktion (Gumbel, log-Gumbel, Pearson III oder log-Pearson III) in die Punktwolke. Die Abflussspitzen HQ_{30} , HQ_{100} , HQ_{300} ergeben sich für jeden Gewässerstandort aus dieser individuellen Verteilungsfunktion.
- Die Abflussspitze EHQ ist definiert als $2 \times HQ_{100}$.

Die 51 Nebeneinzugsgebiete wurden mit Analogieschluss mit der Formel $HQ = a \cdot F^c$ unter Verwendung des Koeffizienten a des jeweiligen Haupteinzugsgebietes bestimmt. Dabei wurde der Exponent $b = 0.58$ gemäss GIUB-Gebiet M4 verwendet.

4.2.2 Auswertung Pegelmessstationen

(siehe auch Anhang 05)

Im Untersuchungsgebiet ist nur eine Pegelmessstation an Seitenbächen vorhanden: Nr. 368 Küntenerbach in Künten-Sulz, Messreihe 1982 - 2005. Die statistische Auswertung dieser Messreihe ergab aber Resultate mit geringer Zuverlässigkeit. Der für die Pegel zuständige Mitarbeiter der ALG bestätigte uns, dass für diesen Pegel nur eine wenig zuverlässige Schlüsselkurve zur Verfügung steht. Es ist zudem zu befürchten, dass die grossen Hochwasserabflüsse aufgrund des Pegelstandorts an einer Kurvenaussenseite gleich nach einer Brücke nur schlecht gemessen werden. Aus diesen Gründen wurde an der Projektteamsitzung vom 16.05.2009 beschlossen, diesen Pegel nicht zu verwenden und stattdessen zwei zuverlässige Pegel im benachbarten Bünztal auszuwerten:

- Nr. 355 Holzbach Villmergen, Messreihe 1980 - 2005
- Nr. 332 Bünz Othmarsingen, Messreihe 1977 - 2005

Die Frequenzanalyse dieser Pegel ergab die Resultate in Anhang 05. Beide Pegel haben ein Einzugsgebiet, das mit denjenigen des Reusstals vergleichbar ist. Die Resultate wurden denn auch wie folgt auf die Einzugsgebiete des Unteren Reusstals übertragen:

- linke Talseite: Analogieschluss mit Holzbach Villmergen (gleiche Exposition, etwa gleiche Topografie)
- rechte Talseite, Einzugsgebiete Birnenstorf, Rütihof, Fislisbach: Analogieschluss mit Holzbach (langsam reagierend)
- rechte Talseite, EZG Hölibach Gebenstorf: Analogieschluss mit Bünz Othmarsingen (rasch reagierend)
- rechte Talseite, EZG Niederrohrdorf – Zufikon: Analogieschluss mit Bünz Othmarsingen (rasch reagierend, mit Südeinfluss)

Die Ergebnisse der Frequenzanalyse sowie ihre Übertragung auf die Haupteinzugsgebiete mittels Analogieschluss ergaben die grünen Punkte in den Grafiken Anhang 06.

4.2.3 Niederschlagsintensitäten und Abflussreaktionen

Die für die Einzugsgebiete charakteristischen Niederschlagsdaten wurden dem Blatt 2.4 des Hydrologischen Atlas der Schweiz entnommen und auf verschiedene Jährlichkeiten und Regendauern umgerechnet. Es existiert eine ältere und eine neue Version dieses Blattes, wobei die ältere eher die höheren Niederschlagsmengen liefert. Zur Variation der Abflusswerte wurden deshalb für die Fliesszeitenmethode nach Kölla beide Blätter verwendet.

Das Blatt 2.4 des Hydrologischen Atlases basiert auf den Niederschlagsdaten bis 1972 und berücksichtigt die neueren Grossereignisse nicht. Deshalb wurden die herausgelesenen Niederschlagsmengen in Absprache mit dem Auftraggeber pauschal um 10% erhöht.

Bei den Bächen im Unteren Reusstal handelt es sich um eher kleine Einzugsgebiete. Das massgebende Niederschlagsszenario sind kurzzeitige, heftige Gewitterzellen von 1 - 2 Stunden Dauer, welche örtlich eng begrenzt sein können. Als Beispiele aus den letzten Jahren können genannt werden:

- Ruedertal Juni 2009
- Beinwil (Freiamt) Juni 2008
- Kaisten/Oeschgen Juni 2000

Die Abflussreaktionen der Teileinzugsgebiete wurde aufgrund des Waldanteils, der Topografie (Steilheit, Rinnen), der Bodennutzung (Siedlungsgebiet, Strassen, Ackerbau) und wo möglich der Geologie abgeschätzt. Als wichtigen Bestandteil für die Einschätzung wurde die Bodeneignungskarte der Schweiz (1:200'000) beigezogen.

4.2.4 Ergebnisse natürliche Abflüsse

Die Abflusswerte aller 90 Einzugsgebiete sind in den Tabellen Anhang 08 zusammengestellt. Im nachfolgenden Diagramm ist der spezifische Abfluss in Abhängigkeit der Einzugsgebietsgrösse dargestellt.

Ein Vergleich der Resultate des HQ₁₀₀ mit denjenigen des Unteren Bünztals zeigt tendenziell leicht höhere Abflusswerte.

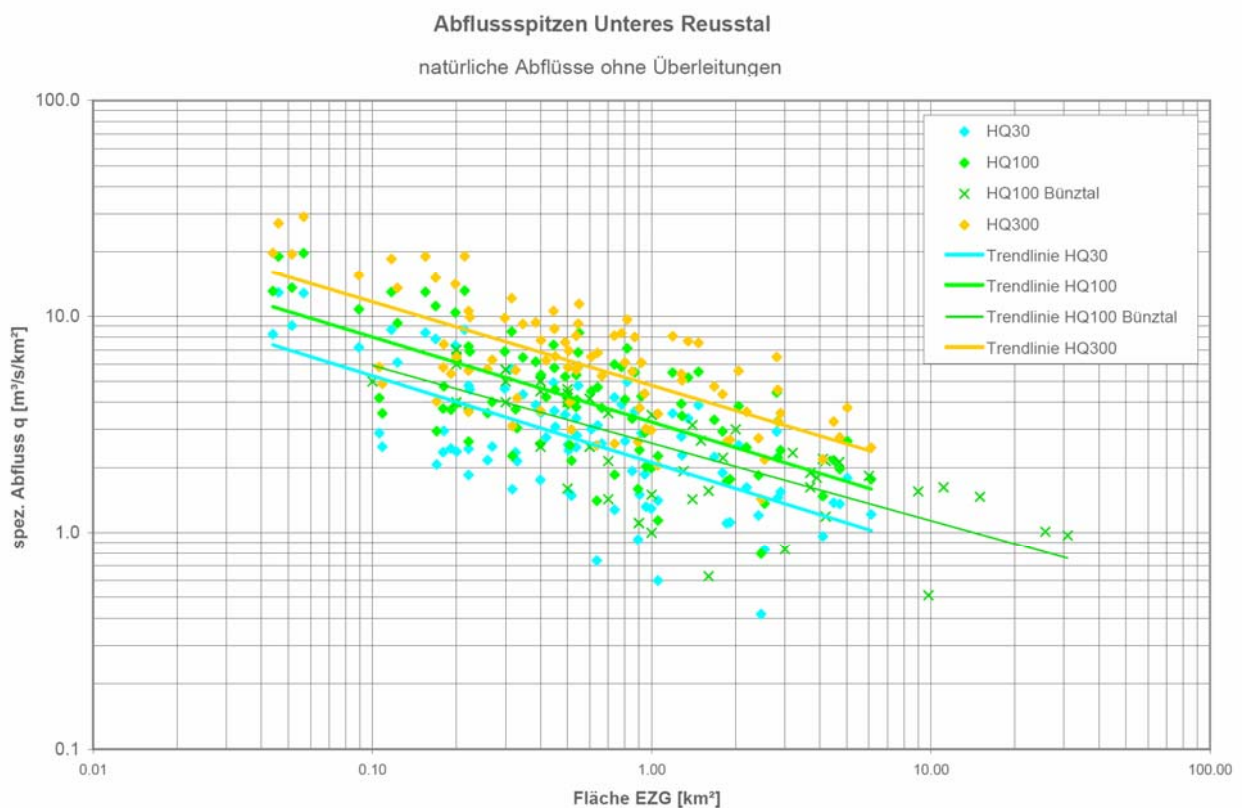


Abb. 8: Diagramm spezifische Abflüsse in Abhängigkeit der Einzugsgebietsgrösse

4.2.5 Überleitungen; definitiv berücksichtigte Abflussspitzen

Vor allem an der topografisch wenig strukturierten Heitersberg-Westflanke gewinnen die Strukturen, welche das Wasser quer über eine Einzugsgebietsgrenze von einem Einzugsgebiet in das andere leiten, eine besondere Bedeutung. Es handelt sich meistens um quer zum Hang verlaufende Strassen oder grössere unterirdische Meteorleitungen.

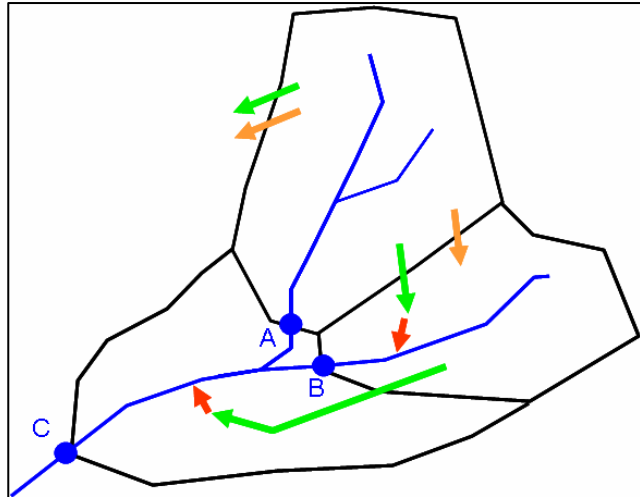
Hauptstrassen, Quartierstrassen und zum Teil auch Feldwege bilden mit ihrem Quer- oder Dachgefälle, Bordsteinen und erhöhten Trottoirs flache Rinnen quer zum Hang, welche trotz ihres flachen Querschnitts bis zu mehrere 100 l/s von einem Einzugsgebiet in das andere leiten können. Die maximale übergeleitete Wassermenge wurde mittels punktueller Abflussberechnung im Strassenprofil am Ort der Einzugsgebietsgrenze abgeschätzt.

Die Siedlungsentwässerung vermag in überbauten Gebieten einen Teil des Regenwassers abzuführen und unterirdisch abzuleiten. Dieses Wasser gelangt erst bei Regenwasserüberläufen

in die oberflächlichen Bachläufe. Während der Versiegelungsgrad von Siedlungsflächen bereits in den Gebietseigenschaften der hydrologischen Abschätzung berücksichtigt ist, musste der hydraulische Einfluss der grossen Meteorableitungen von Hand aufgrund der GEP-Kanalisationspläne abgeschätzt werden. Dies erfolgte ebenfalls mit punktuellen hydraulischen Berechnungen aller Rohrleitungsstränge mit Kaliber 500 mm oder grösser, welche die Einzugsgebietsgrenzen unterirdisch unterqueren.

Abb. 9: Schematische Darstellung möglicher Überleitungen:

gelb: oberflächlich, Strasse
 grün: Meteorleitung GEP
 rot: Rückfluss, Regentlastung



Bei der Lindmühle Birmenstorf entwässert der Äschbach via Autobahntwässerung in die Reuss. Zur Überprüfung der Rohrleitung bei der Lindmühle musste zum Hochwasserabfluss des Äschbachs ein Zufluss von der Fahrbahntwässerung dazu addiert werden. Dies erfolgte mittels Berücksichtigung der massgebenden Regenintensitäten auf die versiegelte Fläche des entwässerten Autobahnabschnitts.

Beim Schluckgraben Oberrohrdorf sind die Versickerungsmulde und der Überlauf in das Kanalisationsnetz berücksichtigt. Trotzdem kommt es bereits beim HQ₃₀ zum Überlauf in Richtung Fislisbach.

In der Tabelle 'Definitiv berücksichtigte Hochwasserspitzen in den Bächen' im Anhang 08 werden die Überleitungen von und nach den Einzugsgebieten dazu- bzw. abgezählt. Die gelben Spalten zeigen schliesslich die in der Ereignisanalyse definitiv berücksichtigten Hochwasserspitzen der 90 Einzugsgebiete im aktuellen Zustand Herbst 2010.

Vor allem in den topografisch schwach ausgeprägten Einzugsgebieten an der Heitersberg-Westflanke ist zu beachten, dass künftige Infrastrukturausbauten wie z.B. neue Quartierstrassen oder ein künftiger Ausbau der Siedlungsentwässerung einen wesentlichen Einfluss auf die Hochwasserspitzen der Bäche ausüben kann.

4.3 Hochwasserganglinien

Für die instationäre Überflutungsberechnung wie auch für die Retentionsabschätzung in den zahlreichen Weihern und Geländemulden waren charakteristische Ganglinienformen herzuleiten. Dies erfolgte mittels Berechnung eines Niederschlags-Abfluss-Modells an folgenden typischen Einzugsgebieten:

- Q18: Chräenbüelbach_2, Zufikon (0.55 km²)
- Q80: Unterdorfbach_2, Zufikon (0.82 km²)
- Q14: Cholmoos, Bremgarten (0.64 km²)
- Q13: Chintis-Moosee, Fischbach-Göslikon (1.91 km²)

- Q62: Mülibach_3, Niederrohrdorf (1.28 km²)
- Q63: Münztalbach, Mägenwil (0.52 km²)
- Q25: Dorfbach Fislisbach (2.54 km²)
- Q4: Bitterwasserbächli, Birnenstorf (0.32 km²)

Jedes dieser Einzugsgebiete wurde so geeicht, dass einerseits die vorgängig ermittelte HQ₁₀₀-Spitze und andererseits der für das Einzugsgebiet abgeschätzte Direktabfluss-Anteil erreicht werden. Daraufhin wurde die Regendauer variiert. Die massgebenden Regendauern betragen zwischen 1 h und 3 h (Kurzzeitereignis, Gewitter).

Sämtliche Auswertungen sind im Anhang 07 zu finden. Die ermittelten typischen Ganglinien haben alle etwa die Jährlichkeit 100. Sie wurden mittels vertikaler Streckung/Stauchung auf die übrigen Jährlichkeiten angepasst.

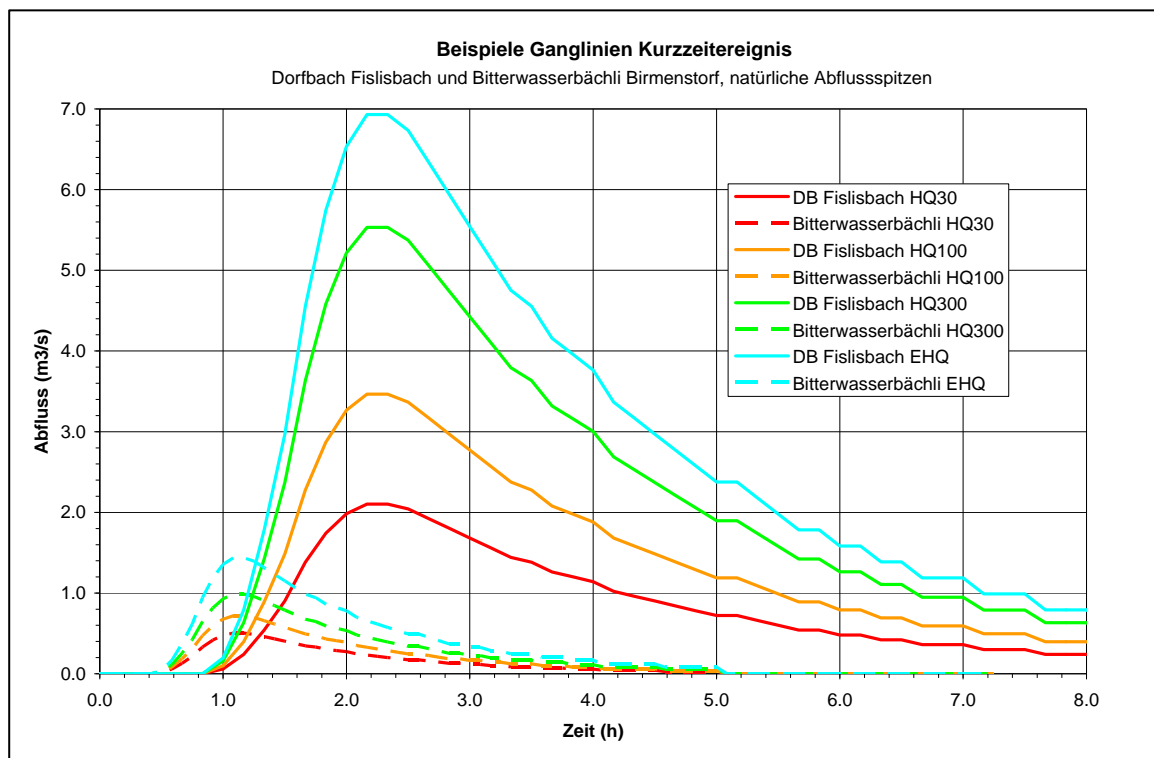


Abb. 10: Musterganglinien Beispiele Dorfbach Fislisbach und Bitterwasserbächli, HQ₁₀₀

4.4 Abflussspitzen Reuss und Aare

Die Abflussspitzen der **Reuss** standen aus der Machbarkeitsstudie Hochwasserschutz Reusstal zur Verfügung. Ihre Auswertung berücksichtigt insbesondere das sehr grosse Hochwasser vom August 2005. Für den Extremereignis-Wert wurde eine gewisse Abflussdämpfung durch Ausuferungen im Istzustand in der Luzerner, Zuger und Aargauer Reussebene bis zum Kraftwerk Bremgarten – Zufikon berücksichtigt.

Für den Abschnitt zwischen Bremgarten und Mellingen ist einerseits der Retentionseffekt gering, andererseits münden nur kleine Seitengewässer in die Reuss. Für den Unterlauf von Mellingen bis zur Aare können daher dieselben Werte verwendet werden.

Es wurden die Abflussspitzen des heutigen Zustands berücksichtigt, da die zahlreichen Projekte am Aargauer und Luzerner Oberlauf noch nicht genehmigt sind. Die definitiven Abflusswerte betragen:

Jährlichkeit	Abfluss Reuss
HQ ₃₀	720 m ³ /s
HQ ₁₀₀	830 m ³ /s
HQ ₃₀₀	910 m ³ /s
EHQ	1'050 m ³ /s

Tabelle 3: Abflussspitzen Reuss Bremgarten (= Mellingen)

Für die **Aare** im Bereich des Wasserschlosses, das heisst ober- und unterhalb der Reussmündung sowie unterhalb der Limmatmündung, wurden die Abflussspitzen aus der hydrologischen Studie von Flussbau AG für die Gefahrenkarte Hochwasser Limmattal verwendet (siehe Anhang 08). Für den Querschnitt Gebenstorf unmittelbar nach der Reussmündung, noch ohne Limmat, gelten die folgenden gerundeten Abflusswerte bzw. Wasserspiegelhöhen:

Jährlichkeit	Abfluss Aare nach Reuss	Wasserspiegel Aare nach Reuss
HQ ₃₀	1'880 m ³ /s	331.15 m ü.M.
HQ ₁₀₀	2'140 m ³ /s	331.57 m ü.M.
HQ ₃₀₀	2'390 m ³ /s	331.97 m ü.M.
EHQ	2'640 m ³ /s	332.37 m ü.M.

Tabelle 4: Abflussspitzen und Wasserspiegel der Aare nach der Reuss und vor der Limmat

5. EREIGNISANALYSE

Die Ereignisanalyse beschreibt die hydraulischen und morphologischen Prozesse entlang der Gewässerstrecken bei den massgebenden Hochwasserereignissen HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ und Extremereignis EHQ. Für die steilen und für die flachen Gewässerstrecken kamen unterschiedliche Vorgehensweisen zur Anwendung.

5.1 Massgebende Prozesse

Im Rahmen der Untersuchung waren die Schadensprozesse Überflutung, Übersarung und Ufererosion zu prüfen. Als auslösende Prozesse kommen in Frage:

- Wasseraustritte aufgrund hydraulischer Überlastung
- Geschiebeauflandungen
- Übersarungen
- Verklausungen mit Treibholz und Geschwemmsel
- Ufererosion

Innerhalb des Untersuchungsgebietes sind weder die Reuss noch die Seitenbäche mit namhaften Dämmen versehen. Deshalb wurden Dammbüche in der Prozessanalyse nicht untersucht.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde an allen untersuchten Gewässerstrecken die volle Hochwasserspitze gemäss Kap. 4.2.5 verwendet. Eine Retentionswirkung von oben liegenden Wasseraustritten wurde in der Ereignisanalyse nicht berücksichtigt.

5.2 Gerinnehydraulik und Abflusskapazität flache Gewässer

(vergleiche Anhang 10)

5.2.1 *Staukurvenmodell Unterdorfbach Zufikon und Mülibach Niederrohrdorf*

Entlang der flachen Strecken des Unterdorfbachs Zufikon sowie des Mülibachs Niederrohrdorf kam ein eindimensionales hydraulisches Berechnungsmodell (Staukurve) zum Einsatz. Es wurde mit dem Programm HEC-RAS berechnet. Die Querprofilgeometrie stammt aus den aufbereiteten topografischen Daten gemäss Kap. 3.2. Diese Querprofile wurden zur korrekten hydraulischen Nachbildung des Gewässerlaufes sowie von Brücken und Durchlässen ergänzt und verdichtet.

5.2.2 *Hydraulisches Modell Reuss und Schwarzgraben Wohlenschwil / Mellingen*

(Detaillierter Modellbescrieb vgl. Anhang 09)

Die hydraulische Berechnung der Reuss sowie ihres Überflutungsgebietes wurde mit der Software MIKE-Flood durchgeführt. Das Modell besteht aus einem 1D-Teilmodell für das Flussgerinne und einem 2D-Teilmodell für das Überflutungsgebiet. Beide Teilmodelle sind dynamisch miteinander gekoppelt und werden in einem Durchgang mitsamt den Wasseraustritten und eventuellen Wasserrückflüssen berechnet.

Da der Schwarzgraben und der Franzosengraben das gleiche Überflutungsgebiet wie die Reuss teilen, wurden diese mit demselben Modell wie die Reuss berechnet.

5.2.3 Untere Randbedingung Reuss

(Detaillierter Modellbescrieb vgl. Anhang 09)

In Absprache mit dem Auftraggeber und in Übereinstimmung mit der Gefahrenkarte Limmattal wurde die untere Randbedingung des Reussmodells wie folgt festgelegt:

- Das Hochwasser mit der Jährlichkeit X in der Reuss trifft auf ein etwas kleineres Hochwasser in der Aare. Zusammen ergeben sie wiederum ein Hochwasser der Jährlichkeit X in der Aare unterhalb des Zusammenflusses.

Der umgekehrte Fall, grosses Hochwasser in Aare trifft auf kleineres Hochwasser in der Reuss, ist zwar für die Aare, nicht aber für die Reuss massgebend.

An der unteren Modellgrenze wurde der Wasserspiegel der Aare, welcher dem jeweiligen Abfluss entspricht, von der Gefahrenkarte Limmattal übernommen.

5.3 Gerinnehydraulik und Abflusskapazität steile Gewässer

Die insgesamt 240 Querprofile der steilen Gewässerabschnitte wurden analog zum Vorgehen in der Gefahrenhinweiskarte mittels punktueller Hydraulik berechnet. Je nach der Art des Querschnittes und der örtlichen Verhältnisse wurde eine Normalabflussberechnung oder eine Durchlassberechnung ausgeführt, wobei folgende Querprofiltypen zu unterscheiden waren:

- Trapezprofil/Rechteckprofil offen
- Trapezprofil/Rechteckprofil Durchlass
- Kreisprofil Durchlass
- Bogenprofil Durchlass

5.4 Geschiebe und Übersarung

Die untersuchten flachen Bachabschnitte sind nur wenig geschiebeführend. Die visuelle Beurteilung der Gewässersohle zeigte keine Anzeichen für eine wesentliche Auflandungs- resp. Erosionstendenz. Auch beim Unterdorfbach Zufikon kann davon ausgegangen werden, dass die kleinen Geschiebefrachten aus den steileren Gewässerabschnitten in den neuen Geschiebesammlern zurückgehalten werden. Ausnahmen bilden das Schlubbächli in Birnenstorf, der Münztelbach in Mägenwil und der Sädelbach in Zufikon, wo in allen drei Neubaustrecken Geschiebeabschwemmungen und -ablagerungen aufgetreten sind.

Auch bei der Reuss ist der Geschiebetrieb nach dem Flachsee gering. Sie wurde mit der aktuellen Sohle gemäss Vermessungsaufnahmen 2006 modelliert.

Die Szenarien mit Geschiebeverkläuserung kamen, wenn notwendig, bei den steilen Bachabschnitten zur Anwendung.

Aufgrund der eher kleinen Geschiebepotentiale wurden nur wenige und eher kleine Übersarungsflächen ausgeschieden. Sie befinden sich alle in Bereichen mit einem markanten Übergang vom steilen ins flache Gefälle.

5.5 Verklauung

Bei grossen Hochwasserereignissen ab HQ₃₀ ist mit einem Aufkommen von Schwemmholz und sonstigem Geschwemmsel zu rechnen. Als mögliche Quelle kommt schwimmfähiges und nicht befestigtes Material entlang der Gewässer und im Überflutungsgebiet in Frage, z.B.:

- unterspülte und erodierte Uferbestockung
- Asthaufen, herumliegendes Totholz, Holzdepots (z.B. Holzscheiter) und Bauholz
- abgeschwemmte Silo- und Heuballen
- Laub, Heu und Grünabfälle (bei kleinen Querschnitten und engen Rechen gefährlich)
- Abfall, vor allem im Bachbett herumliegende Fremdgegenstände sowie Grünabfälle
- lose Steine unmittelbar vor engen Durchlässen

Die Primärmassnahmen Kap. 2.3 enthalten bereits einige Vorschläge zur Verkleinerung des Geschiebeaufkommens, welche im Rahmen des Gewässerunterhalts zu leisten sind. Sie können aber das Aufkommen von Schwemmholz nicht ganz verhindern.



*Abb. 11: Schwemmholzquellen
Asthaufen beim Bürstbach Künten,
Totholz Dägerlibach Windisch*

Die Verklauungsanfälligkeit der Querschnitte wurde gutachtlich abgeschätzt. Das Resultat ist in der Tabelle Anhang 11 aufgeführt. Zur Beurteilung kamen folgende Faktoren qualitativ zur Anwendung:

- Handelt es sich um einen Durchlass, eine Brücke oder um ein offenes Profil?
- Welche Grösse und Form weist der Querschnitt auf?
- Welches Freibord bezüglich Brückenunterkante ist beim entsprechenden Ereignis noch vorhanden?
- Bei Durchlässen: Wie ist die Form des Einlaufes? Ist ein Rechen vorhanden? Wie ist dieser beschaffen?
- Bei Brücken und Wehren: Ist ein Mittelpfeiler vorhanden? Wie ist die Rauigkeit und Struktur der Brückenuntersicht? Sind Werkleitungen angehängt, in denen sich Geschwemmsel verfangen kann?
- Ist mit einem namhaften Geschwemmselaufkommen zu rechnen?

- Geschwemmselepotenzial in den oberhalb liegenden Bachabschnitten (je näher zum Querschnitt desto massgebender)
- Gibt es unmittelbar oberhalb des Querschnittes einen weiteren verklauungsanfälligen Querschnitt, der Geschwemmsel auffängt?
- Bisherige Erfahrungen und Beobachtungen (v.a. massgebend für HQ₃₀).

Rechen: An den zahlreichen engen Eindolungen und Brücken der Seitenbäche kommt den Rechen besondere Bedeutung zu. Ein zweckmässig eingerichteter Rechen, der eine genügende Oberfläche und richtigen Stababstand² aufweist, kann die Verklauungsgefährdung stark herabsetzen. Ideal ist eine Rechenoberfläche, die ca. 5x grösser als der Durchlassquerschnitt ist und einen Stababstand von etwa $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ des Durchlassdurchmessers aufweist. Im Untersuchungsgebiet wurden aber auch Rechen mit zu feinem Stababstand und zu kleiner Oberfläche festgestellt, welche die Verklauungsgefahr eher erhöhen als verkleinern.



Abb. 12: Beispiele von Rechen

Links: verklauungsanfälliger, zu feiner Stababstand (Eichstelbach Ta09). Mitte: grosse Fläche (Stollenbach Zu15). Rechts: guter Stababstand (Junebach Wi027)

An der Reuss wurde kein Verklauungsszenario berücksichtigt, da anzunehmen ist, dass das Treibholz in Zukunft im Kanton Luzern (Malters und Rathausen, in Bau) sowie unter Umständen auch oberhalb des Wehrs Bremgarten-Zufikon (Phase Vorprojekt) zurückgehalten wird.

Auf eine Schätzung der Eintretenswahrscheinlichkeit der Verklauungen wurde aufgrund fehlender quantifizierbarer Parameter verzichtet. Als verklaut wurden diejenigen Querschnitte angenommen, die mit grosser Wahrscheinlichkeit zuschlagen (örtliche Eintretenswahrscheinlichkeit $\approx 100\%$).

² Meistens ist der Stababstand zu klein, sodass der Rechen zu viel Geschwemmsel zurückhält, das eigentlich den Durchlass noch problemlos passieren könnte.

5.6 Ufererosion

Die Uferstrecken mit potenzieller Ufererosion wurden für jede Jährlichkeit gutachtlich nach folgenden Aspekten ermittelt:

- bisherige Erfahrungen und Beobachtungen
- Begutachtung des Uferzustands und der Verbauung
- Strömungsexposition des Ufers
- allfällige Tendenz zur Sohlenerosion, dadurch Gefahr eines Nachrutschens des Ufers
- allfällige Kenntnisse über den Untergrund

Dabei kam in der Regel das folgende Beurteilungsschema zur Anwendung:

Potenzielle Ufererosion bis HQ_{30} :

- Stellen, an denen in der Vergangenheit Erosionsschäden auftraten und die seither nicht verstärkt wurden,
- Stellen, an denen Anzeichen einer latenten Ufererosion sichtbar sind,
- Besonders strömungsexponierte Ufer an Prallhängen ohne Erosionsschutz.

Potenzielle Ufererosion bis HQ_{100} , zusätzlich:

- Strömungsexponierte Ufer steiler Bäche mit leichter Verbauung,
- Ufer in Abschnitten mit deutlicher Tendenz zur Sohlenerosion.

Potenzielle Ufererosion bis HQ_{300} , zusätzlich:

- Alle strömungsexponierten Ufer in steilen Bächen

Beim Extremereignis ist in praktisch allen Uferabschnitten Ufererosion möglich.



*Abb. 13:
Beispiel einer Ufererosion (Müli-
bach Niederrohrdorf).
In diesem Fall noch nicht kri-
tisch, da kein angrenzendes
Schadenpotential.*

Die Erosionsintensität wurde nicht quantifiziert. Sowohl die Bäche wie auch die Reuss sind nicht stark der Seitenerosion unterworfen. Zumindest für häufige Ereignisse HQ_{30} bis HQ_{100} sind nur wenige Stellen vorhanden, wo die Ufererosion grössere Ausmasse annehmen kann.

5.7 Wellen und Freibord

Bei Hochwasserereignissen entstehen in den Gerinnen teilweise hohe Fliessgeschwindigkeiten. Bei Abflusshindernissen können dadurch Wellen auftreten, welche höher als der theoretisch berechnete Wasserspiegel sind. Diese Wellen können dazu führen, dass Durchlässe und Brücken früher hydraulisch zuschlagen³ als bei glattem Wasserspiegel.

Eine Berücksichtigung der Wellenbildung durch Reduktion des Durchlass- oder Brückenquerschnitts war nach unserer Ansicht nicht gestattet, da dies eine Verfälschung der Abflusskapazität sowohl des offenen Zustands wie des zugeschlagenen Zustands bewirken würde. Erfahrungsgemäss können zugeschlagene Brücken und Durchlässe, sofern sie nicht durch Geschwemmsel verstopft werden, unter Druckabfluss wesentlich mehr Wasser abführen als im offenen Zustand.

Sowohl bei der punktuellen hydraulischen Berechnung wie auch bei der Staukurvenrechnung wurden Brücken und Durchlässe, sobald sie hydraulisch zuschlagen, unter Druckabfluss berechnet und dabei der volle Querschnitt berücksichtigt, sofern sie nicht verklaut werden. Der Einfluss der Wellen wurde lediglich zur Bestimmung des *Zeitpunkts* des hydraulischen Zuschlagens berücksichtigt.

Entlang offener Strecken führen Wellen meist noch nicht zu massiven Wasseraustritten und können daher keine grossflächigen Überflutungen verursachen ("Überschwappen"). Aus diesem Grund wurden Wasseraustritte erst dort angenommen, wo der Wasserspiegel (und nicht die Energielinie) über die Ufer steigt und es somit zu deutlichen Wasseraustritten kommen kann. Damit werden die Wasseraustritte nicht zu pessimistisch eingeschätzt.

5.8 Resultate, Wasseraustritte

Die Resultate der Ereignisanalyse der Bäche, die hydraulische Kapazität sowie die Verklauungsanfälligkeit, sind in der Tabelle Anhang 11 für jedes untersuchte Bachquerprofil zusammengefasst. Die steilen Bachabschnitte sind im oberen Teil, die flachen Bachquerschnitte von Unterdorfbach, Mülibach und Schwarzgraben im unteren Teil der Tabelle vermerkt. Ein Austritt ist dann gegeben, wenn die bordvolle Abflusskapazität überschritten wird, d.h. wenn der Wasserspiegel über die Uferhöhe/Dammhöhe steigt.

In den Fliesstiefenkarten Beilagen 1-4 sind alle untersuchten Bachquerschnitte als grüne oder rote Punkte lokalisiert.

Grüner Punkt: genügende Abflusskapazität,
keine Verklauung
→ kein Wasseraustritt



Grüner Punkt und kleiner roter Punkt:
genügende Abflusskapazität, aber
Verklauung wahrscheinlich
→ Wasseraustritt



Roter Punkt: ungenügende Abflusskapazität
und evtl. zusätzliche Verklauung
→ Wasseraustritt



³ hydraulisch zuschlagen = ganzer Abflussquerschnitt gefüllt, kein freier Wasserspiegel, Druckabfluss.

Bei der Reuss erübrigte sich eine Bezeichnung der Profile mit Wasseraustritten, da hier die Austritte aufgrund der dynamischen Koppelung der Teilmodelle kontinuierlich erfolgen.

Es wird daran erinnert, dass die Resultate der Ereignisanalyse (Anhang 11 und rote/grüne Punkte in den Fliesstiefenkarten Beilagen 1-4) die Abflusskapazität bezüglich der vollen, unentlasteten Hochwasserspitze gemäss Kap. 4.2.5 wiedergeben, ohne Berücksichtigung allfälliger oben liegender Wasseraustritte.

6. ÜBERFLUTUNGSFLÄCHEN (WIRKUNGSANALYSE)

Die Wirkungsanalyse beschreibt die Vorgänge der Überflutung ausserhalb der Gewässerstrecken, welche durch die in der Ereignisanalyse ermittelten Wasseraustrittsstellen hervorgerufen werden. Das Ziel war, die Überflutungsflächen sowie die Fliesstiefen für die massgebenden Hochwasserereignisse HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ und das Extremereignis EHQ zu ermitteln und abzugrenzen.

6.1 Szenarien für die Überflutungsberechnung

Die hydrologischen Hauptszenarien sind die massgebenden Hochwasserereignisse HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ und EHQ.

Die für die Bestimmung der Überflutungsflächen massgebenden Wasseraustritte ergeben sich aus der Ereignisanalyse und werden durch die Querprofile mit ungenügender Abflusskapazität oder mit einer beim entsprechenden Ereignis wahrscheinlichen Verklausung definiert. Diese Querprofile sind in den Kartenbeilagen 1 - 4 (Fliesstiefenkarten) sowie in den Schutzdefizitkarten als rote Punkte gekennzeichnet und in den Tabellen Anhang 11 aufgeführt. Dammbüche spielen im Untersuchungsgebiet kaum eine Rolle.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde die abflussdämpfende Wirkung von bachaufwärts liegenden Wasseraustritten wie folgt berücksichtigt:

- In der **Ereignisanalyse** (Kap. 5.8) erfolgte die Berechnung der Abflusskapazität der Gewässerquerschnitte mit der unentlasteten hydrologischen Hochwasserspitze ohne Berücksichtigung der oben liegenden Wasseraustritte. Diese Resultate sind in den Fliesstiefenkarten Beilagen 1-4 als rote und grüne Punkte wiedergegeben.
- Für die Abgrenzung der Überflutungsflächen berücksichtigt die **Wirkungsanalyse** jedoch nur die Entlastungswirkung von oben liegenden Querschnitten. Wird ein unten liegender Querschnitt durch einen Wasseraustritt weiter oben zuverlässig entlastet, so wird an diesem Querschnitt keine zusätzliche Überflutungsausbreitung angenommen.

Dies bedeutet zum Beispiel für den Unterdorfbach in Zufikon, dass an einigen, in den Fliesstiefenkarten als rote Punkte markierten Querschnitten im Unterlauf keine zusätzlichen Überflutungsausbreitungen mehr berücksichtigt werden, obwohl diese Querschnitte ebenfalls eine zu knappe Abflusskapazität aufweisen. Das Wasser wird nämlich schon weiter oben an einem sehr knappen Querschnitt zuverlässig entlastet und gelangt gar nicht mehr in den Unterlauf.

Bei künftigen Bachausbauten (vgl. Massnahmen Kap. 8.5.1) ist zu beachten, dass der Ausbau von oben liegenden Engpässen zu einer zusätzlichen hydraulischen Belastung von unten liegenden Engpässen führen könnte.

6.2 Hydraulisches Überflutungsmodell Reuss

(Detaillierter Modellbeschreibung vgl. Anhang 09)

Die hydraulische Berechnung der Reuss, des Schwarzgrabens und des Franzosengrabens wurde mit der Software MIKE-Flood durchgeführt. Das Modell besteht aus einem 1D-Teilmodell für das Flussgerinne und einem 2D-Teilmodell für das Überflutungsgebiet. Beide Teilmodelle

sind dynamisch miteinander gekoppelt und werden in einem Durchgang mitsamt den Wasser-
austritten und eventuellen Wasserrückflüssen berechnet.

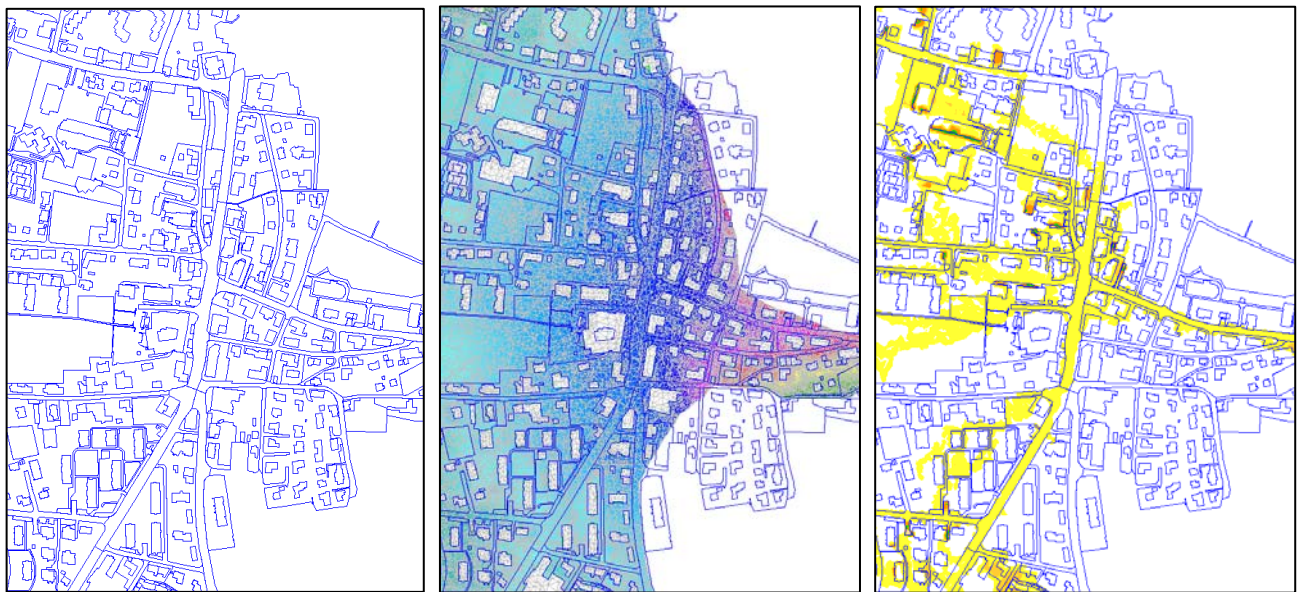
Das 2D-Modell des Überflutungsgebiets besteht aus einem äquidistanten Gitter mit einer Auf-
lösung von 10 x 10 m, basierend auf dem aufbereiteten digitalen Terrainmodell gemäss
Kap. 3.1. Relevante hydraulische Strukturen wie Durchlässe, Brücken etc. werden mit spe-
ziellen Modellstrukturen berücksichtigt. Die Oberflächenrauigkeit im 2D-Modellgebiet wird
durch einen einheitlichen Stricklerbeiwert von $k_{St} = 26 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ abgebildet.

6.3 Hydraulische Überflutungsmodelle der Bäche

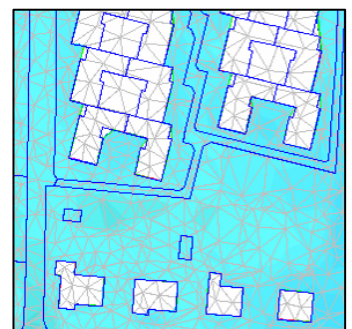
6.3.1 Modellerstellung

Überall dort, wo aufgrund der flachen oder komplizierten Topografie eine manuelle Abgren-
zung nicht mehr möglich war, wurde die Überflutung mittels numerischer 2D-Modellierung
berechnet. Das grosse 1D- und 2D-gekoppelte Modell in der Reussebene wurde bereits in
Kap. 5.2.2 vorgestellt.

Die flachen Überflutungsebenen für die Bäche wurden mit einem Finite-Elemente-Modell be-
rechnet. Es waren folgende sieben Flächen zu modellieren: Fislisbach, Niederrohrdorf, Mä-
genwil (2 Modelle), Stetten, Widen und Zufikon.



*Abb. 14: Ausschnitt Finite-Elemente-Modell Fislisbach
Von den Rohdaten (links; DTM, Bruchkanten) über das Modell-
netz (Mitte) zu den hydraulischen Berechnungen (rechts). Rechts
unten: Detailausschnitt Dreiecksvermaschung.*



Als Grundlage für die Modellierung des Terrains wurde der ausgedünnte Laserscan-Datensatz
gemäss Kap. 3.1 verwendet. Es wurde sichergestellt, dass alle überflutungsrelevanten Gelän-

destrukturen berücksichtigt sind. Auf der total 470 ha messenden Modellfläche garantieren ca. 330'000 Punkte und ca. 650'000 Dreieckelemente, dass die Modelle die Terrainoberfläche genügend genau nachbilden.

Da es sich um Überflutungen ohne dynamische Interaktion mit den Bachläufen handelt, konnten die Überflutungsmodelle Fislisbach, Mägenwil, Niederrohrdorf, Stetten, Widen und Zufikon als reine Ebenenmodelle erstellt werden. Eine Integration der Bachläufe in das Modellnetz war deshalb nicht notwendig.

6.3.2 Randbedingungen

Als obere Randbedingungen werden Abflussganglinien eingespeist. Da die Modelle die Bachgerinne nicht beinhalten, durfte nur derjenige Abflussanteil ins Modell eingespeist werden, welcher aus dem Bach austritt und in das Überflutungsgebiet gelangt. Diese Wasseraustritte wurden vorgängig in der Ereignisanalyse aufgrund der Abflusskapazitäten der Bachquerschnitte sowie der Verklauungsanfälligkeiten abgeschätzt. Die Abb. 16 verdeutlicht die Inputganglinie am Beispiel des Busslinger Dorfbachs in Stetten:

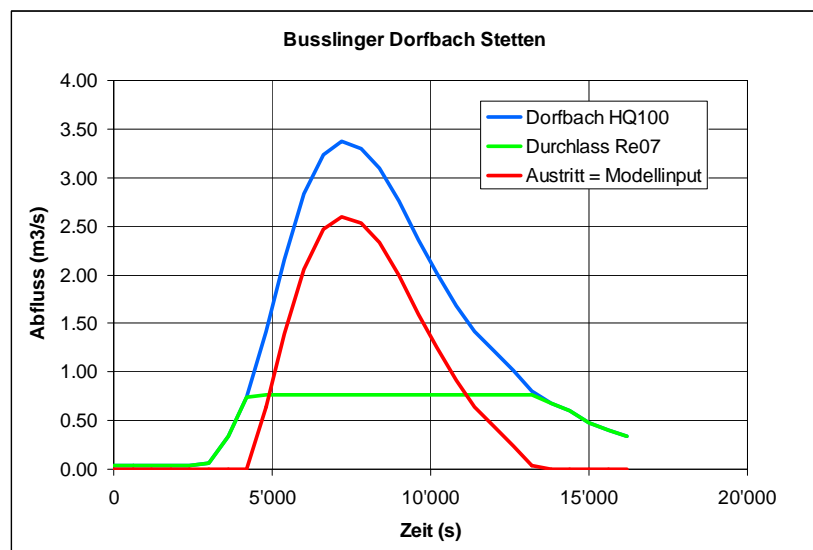


Abb. 15:
Modellinput (rot) am Beispiel
Dorfbach Busslingen (Modell
Stetten)

6.3.3 Berechnung und Resultatauswertung, Szenarienüberlagerung

Die Berechnung erfolgte mit dem Programm TELEMAT-2d. Zur Lösung der tiefengemittelten Flachwassergleichungen stehen verschiedene Algorithmen zur Auswahl. Die Berechnung erfolgt instationär für strömende und schiessende Abflüsse und unterstützt das Trockenfallen und Benetzen von Flächen mittels einer numerisch stabilen Methode, was für die Berechnung von wenig tiefen Überflutungen von besonderem Vorteil ist.

Als Resultat ergaben sich für jeden Geländepunkt und für jedes Szenario die maximale Wassertiefe und Überflutungsintensität (Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit) während des Durchgangs der Hochwasserganglinie.

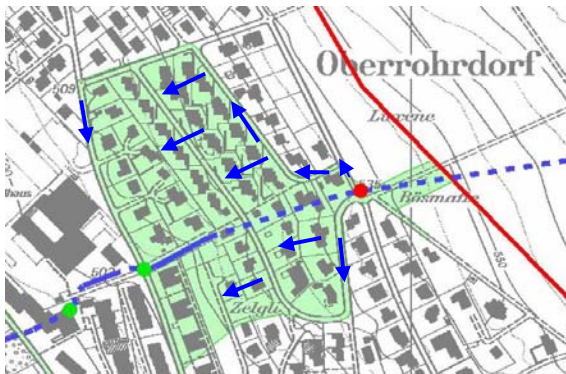
Die aus der Auswertung entstandenen Flächen wurden anhand unserer Ortskenntnisse verifiziert und wenn nötig korrigiert.

Die hydrologische Wahrscheinlichkeit eines Hauptszenarios ist der Kehrwert seiner Jährlichkeit und entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass der entsprechende Hochwasserwert pro Jahr erreicht oder überschritten wird.

6.4 Abgrenzung der Fliesstiefen entlang der steilen Bachabschnitte

In den übrigen Gebieten entlang der steilen Bachabschnitte erfolgte die Abgrenzung der Überflutungsflächen und -intensitäten mittels der Methode der Fließwege im Feld. Bei dieser Methode wird die Überflutungsausbreitung und -abgrenzung manuell und gutachtlich ohne numerische Simulationen bestimmt. Die während Feldbegehungen und Auswertungen des Digitalen Höhenmodells (1 m-Höhenkurven) analysierten Gefällsverhältnisse sowie die zahlreichen vorhandenen topografischen Strukturen, wie z.B. Randsteine, Mäuerchen, Hausmauern, Gräben, Wälle, bestimmen sowohl die Fließrichtung des Wassers wie auch die Begrenzung der Überflutung. Sie können im eher steilen Gelände relativ einfach und zuverlässig erkannt werden.

Eine Ausnahme bilden die terrassierten, extrem fein strukturierten Topografien der Einfamilienhausquartiere am Heitersberg-Hang, z.B. in Widen, Bellikon und Oberrohrdorf. Hier hängen die Fließwege oft von extrem kleinen Geländestrukturen im cm-Bereich ab. Oft verlaufen die Quartierstrassen fast horizontal quer zum Hang und können das Wasser entlang der Randsteine und Trottoirs über eine grosse Fläche verteilen. Die unübersichtlichen Strukturen der Gartenräume rund um die Häuser konnten oft aufgrund fehlenden Zutrittsrechts nicht im Detail studiert werden.



Aus diesen Gründen wurde der ganze Bereich, welcher von einer Überflutung betroffen werden könnte, mit sehr geringer Fliesstiefe gekennzeichnet. Das heisst nicht, dass die ganze Fläche bei einem Hochwasserereignis überstrichen wird. Das Wasser kann sich vielmehr innerhalb dieser Fläche einen Fließweg suchen und mit wenigen cm Fliesstiefe dem Gefälle nach abfliessen.

Abb. 16: Beispiel einer fein strukturierten Topografie einer EFH-Zone am Hang (Hinterbächli Oberrohrdorf)

Zur Abschätzung der Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten wurde an ausgewählten Punkten eine punktuelle hydraulische Berechnung durchgeführt. Diese ergab in den meisten Fällen eine geringe Fliesstiefe ≤ 0.25 m, sofern kein Aufstau an Geländeerhebungen zu berücksichtigen war.

6.5 Berücksichtigung von Retentionsmulden

6.5.1 Hydrologisch-hydraulische Wirkungsweise

An einigen Stellen verläuft die Überflutung durch Geländemulden und Weiher. Diese Mulden leiten die Überflutung erst weiter, wenn ihr Retentionsvermögen erschöpft ist. Es kann also sein, dass eine Überflutung in einer Mulde zum Stillstand kommt und gar nicht mehr weiterfließt. In diesem Fall hat die Mulde einen Einfluss nicht nur auf den Hochwasserabfluss, sondern auch auf die Ausdehnung des Überflutungsgebiets.

6.5.2 Berücksichtigung in der Wirkungsanalyse

In den Gebieten mit 2D-Modellierung wird dieser Rückhalteeffekt durch die instationäre Berechnung automatisch berücksichtigt. In folgenden steilen, manuell abgegrenzten Gebieten waren diese Prozesse jedoch separat zu beurteilen, wobei neben den Kurzzeitereignissen auch länger dauernde Niederschläge massgebend sein können:

- "Landgericht" Bremgarten: Mulde oberhalb Bahngleise
- Mehrere Geländemulden im Bereich Bremgartenwald
- Moossee Fischbach-Göslikon
- Rütnermoos Zigbach Niederwil
- Weiher alter Mülibach Mellingen
- Weiher Bitterwasserbächli Birmenstorf

Das im Einzugsgebiet des Zigbachs liegende Rütnermoos wurde für die Berechnung der Abflussspitzen nicht berücksichtigt. Alle übrigen Retentionsmulden wurden mittels einfacher Volumenbilanzierung berücksichtigt:

- Der Volumeninhalt der Retentionsmulde ergab sich aus einer Auswertung des DTM
- Das Volumen der einflussenden Ganglinie des Kurzzeitereignisses wurde gemäss Kap. 4.3 bestimmt.
- Das Volumen eines Langzeitereignisses wurde mit einem Rechteckregen unterschiedlicher Dauer und einem Abflusskoeffizienten einfach abgeschätzt.

Ein Weiterfliessen ergab sich, sobald im entsprechenden hydrologischen Szenario (HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ oder EHQ) das einflussende Volumen grösser als das Retentionsvolumen ist.

6.5.3 Geländemulden Bremgartenwald und Moossee Fischbach-Göslikon

Das grosse, topografisch komplizierte Einzugsgebiet des Moossees (5.4 km²) erforderte eine detaillierte hydrologische Betrachtung. Es weist praktisch keine Bachgerinne auf und ist während normaler hydrologischer Verhältnisse weitgehend hochwasser-inaktiv. Es war jedoch abzuklären, welche Flächen bei ausserordentlich starken Niederschlägen (> HQ₃₀) dennoch anspringen und einen Hochwasserabfluss in Richtung Moossee generieren können. Falls dieser Zufluss stattfindet, war in der Folge abzuklären, ob der Moossee dadurch überlaufen kann.

Das Vorgehen ist in den Präsentationsfolien im Anhang 07 wiedergegeben. Kurz zusammengefasst ergeben sich die folgenden Erkenntnisse:

- Südöstliches Einzugsgebiet, Bremgartenwald-Cholmoos: Bei Ereignissen bis und mit HQ₁₀₀ ergibt sich kein Zufluss aus dem Bremgartenwald. Oberflächlich abfliessendes Wasser wird vollständig in Geländemulden zurückgehalten. Bei den Grossereignissen HQ₃₀₀ und EHQ ist ein konstanter Zustrom von etwa 0.2 m³/s möglich.
- Nordwestliches Einzugsgebiet, Chintis: Aus dem Landwirtschaftsgebiet kann sich bereits bei einem HQ₃₀ ein Zustrom zum Moossee ergeben. Bei starken Regenfällen bildet sich bei Schache ein flacher See. Dieser fliesst heute durch einen künstlich geschaffenen Graben, welcher zwecks Verhinderung einer Überflutung von Niederwil angelegt wurde, zum Moossee ab.
- Moossee: Der Weiher überfließt bei einem Einstau von 1.5 m über dem normalen Wasserspiegel. Das entsprechende Retentionsvolumen von ca. 100'000 m³ wird nur

beim Langzeitereignis HQ₃₀₀ und EHQ erreicht. Der Weiher überläuft also bis zum HQ₁₀₀ nicht.

6.5.4 Übrige Resultate

Die übrigen Resultate lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Retentionsmulde des "Landgericht" Bremgarten überläuft bereits bei einem HQ₃₀
- Der Weiher des Alten Mülibachs bei Mellingen überläuft selbst bei einem EHQ nicht. Es ist nur der gedrosselte Auslauf zu berücksichtigen.
- Der Weiher des Bitterwasserbächlis Birmenstorf überläuft erst ab einem HQ₃₀₀. Bis dahin ist nur der gedrosselte Auslauf zu berücksichtigen.
- Die Fläche des Rütnermooses (Einzugsgebiet Zigbach Niederwil) wurde aufgrund ihrer Lage und ihres Speichervermögens für den Hochwasserabfluss des Zigbachs nicht berücksichtigt.

6.6 Ergebnisse, Fliesstiefenkarten

Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse sind in den Kartenbeilagen 1 - 4 (Fliesstiefenkarten) wiedergegeben. Diese stellen gemäss den Anforderungen des Pflichtenhefts die Wassertiefen in verschiedenen Stufen dar. Die Flächen wurden manuell kontrolliert, bereinigt und generalisiert, wobei Kleinstflächen < 100 m² jeweils einer Nachbarfläche zugeordnet wurden. In Bezug auf die Abgrenzung der Fliesstiefen ist besonders zu bemerken:

- In der Unterstadt Bremgarten wurde vorausgesetzt, dass im Ereignisfall die kürzlich erstellten mobilen Hochwasserschutzsysteme rechtzeitig und korrekt eingesetzt sind.
- In Widen wurde das in Ausführung begriffene Ausdolungsprojekt berücksichtigt.
- Beim Gyrenweiher Widen ist kein Dambruchszenario berücksichtigt, obwohl der Damm überströmt werden kann.
- Das Hochwasserschutzprojekt in Eggenwil „Offenlegung und Renaturierung Ibisguetbach“ mit gleichzeitiger Behebung aller Schutzdefizite gemäss Gefahrenkarte Hochwasser ist noch nicht berücksichtigt, da dessen Genehmigung bei der Finalisierung der Karten im Sommer 2010 noch nicht erfolgt war (Zustimmung zu Projekt und Kredit an der Urnenabstimmung vom 26.9.2010; Gefahrenkarte nach Massnahmen ist Bestandteil des Projektdossiers)
- aktuelle Ausbauprojekt in Eggenwil ist noch nicht berücksichtigt, da dessen Genehmigung noch nicht erfolgt ist (Stand August 2010; Gemeindeabstimmung im September 2010).
- Beim Bürstbach in Bellikon ist das breite Überflutungsgebiet hangabwärts unterhalb des Perimeters abgeschnitten, da die weitere Ausbreitung keinen weiteren Perimeter mehr tangiert.
- Das Überflutungswasser des Fahrbachs in Bellikon kann via Strassenzüge bis an die REHA-Klinik geführt werden.
- Bei Stetten ist die neue Überbauung bei Längene berücksichtigt.
- Bei Oberrohrdorf sind die diversen neuen Ausbauprojekte und Gestaltungspläne berücksichtigt.

- Die Hochwasserüberleitung in Büschikon vom Dorfbach Tägerig in den Heubeeribergbach sowie dessen gedrosselte Überleitung in den Dorfbach Nesselbach sind berücksichtigt.
- Mägenwil: die Überflutung aus der Geländemulde Obermatt kommt aufgrund ihres geringen Volumens relativ bald zum Stillstand.
- In Mülligen und Birrhard ergaben sich keine Fliesstiefen-Flächen.
- Bei Birmenstorf sind die diversen Ausbauten berücksichtigt. Ebenso ist der versteckte Meteorleitungs-Einlauf oberhalb von "Bööndler-Hübel" berücksichtigt.
- Auf Wunsch der Gemeinde Windisch wurde für den Dägerlibach und für die Reuss Detailabklärungen ausgeführt. Das definitive Resultat ist in den Fliesstiefenkarten ersichtlich.
- Im Gebiet des Technoparks und Rekrutierungszentrums Unterwindisch wurde vorausgesetzt, dass im Ereignisfall die kürzlich erstellten mobilen Hochwasserschutzsysteme rechtzeitig und korrekt eingesetzt sind.

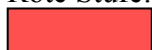
7. GEFAHRENKARTE UND RISIKOANALYSE

7.1 Erstellung Gefahrenkarte

7.1.1 Gefahrenstufen

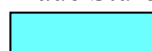
Gemäss den Vorgaben des Bundes werden fünf Gefahrenstufen unterschieden:

Rote Stufe:



Erhebliche Gefährdung: Menschen sind inner- und ausserhalb der Gebäude gefährdet. Die starken Intensitäten verursachen sehr grosse Schäden. Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen. Das rote Gebiet ist im Wesentlichen ein **Verbotsbereich**, d.h. es dürfen keine Bauten und Anlagen, die dem Aufenthalt von Menschen und Tieren dienen, errichtet oder erweitert werden.

Blaue Stufe:



Mittlere Gefährdung: Entweder häufige Ereignisse mit schwacher bis mittlerer Intensität oder seltene Ereignisse mit mittlerer Intensität. Menschen sind innerhalb von Gebäuden in der Regel kaum gefährdet, jedoch ausserhalb davon. Plötzliche Gebäudezerstörungen sind nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich der Bauweise beachtet werden. Es können aber grosse Sachschäden entstehen. Das blaue Gebiet ist im Wesentlichen ein **Gebotsbereich**, in dem Schäden durch geeignete Vorsorgemassnahmen (Auflagen) oder durch Verzicht von Einzonungen vermieden werden können.

Gelbe Stufe:



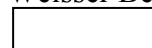
Geringe Gefährdung: Seltenerere Ereignisse mit schwacher bis mittlerer Intensität. Menschen sind in der Regel nicht direkt gefährdet, es können jedoch erhebliche Sachschäden entstehen. Deshalb wird empfohlen, auch in diesen Gebieten geeignete Vorsorgemassnahmen (Auflagen) zur Schadensminderung zu treffen.

Gelb/weisse Stufe:



Restgefährdung mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit einer Überflutung (**Hinweissbereich**).

Weisser Bereich:



Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kann eine Hochwassergefährdung in den weissen Gebieten ausgeschlossen werden.

7.1.2 Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm

Die oben stehenden Gefahrenstufen werden durch das Intensitäts-/Wahrscheinlichkeits-Diagramm (10-Felder-Diagramm) definiert.

Die Wahrscheinlichkeit wird durch die Jährlichkeit ausgedrückt, mit der ein Ereignis durchschnittlich erreicht oder übertroffen werden kann. Sie wird durch die Klassengrenzen 30, 100 und 300 Jahre abgegrenzt.

Die Überflutungsintensität wird definiert als:

- Intensität = Wassertiefe für Orte mit Fliessgeschwindigkeit < 1 m/s oder
- Intensität = Wassertiefe x Fliessgeschwindigkeit für Orte mit Fliessgeschw. > 1 m/s

Eine schwache Intensität ist bis 0.5 m Wassertiefe bzw. $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ Wassertiefe x Fliessgeschwindigkeit gegeben.

Eine mittlere Intensität ist bei 0.5 - 2.0 m Wassertiefe bzw. 0.5 - 2.0 m²/s Wassertiefe x Fließgeschwindigkeit gegeben.

Eine starke Intensität ist ab 2.0 m Wassertiefe bzw. 2.0 m²/s Wassertiefe x Fließgeschwindigkeit gegeben.

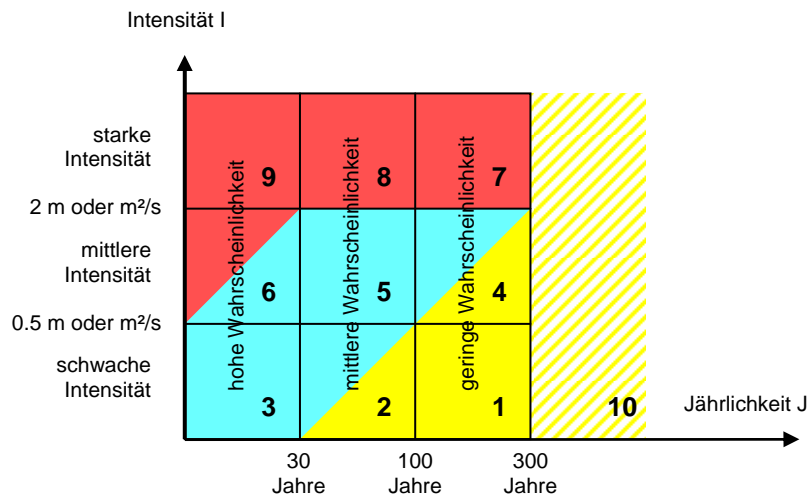


Abb. 17: Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm (10-Felder-Diagramm)

Die Flächen der Gefahrenstufen wurden durch räumliche Überlagerung der Intensitäten der verschiedenen Szenarien HQ₃₀, HQ₁₀₀, HQ₃₀₀ und EHQ bestimmt. Dabei ist jeweils das Szenario mit der grösseren Gefahrenstufe örtlich massgebend (rot vor blau vor gelb vor gestreift).

Das Ergebnis ist in der Gefahrenkarte wiedergegeben. Die roten Flächen stammen in der Regel von Gebieten mit Überflutungstiefen > 2 m bei Überflutungen ab HQ₁₀₀ (fast nur Flächen in tief liegenden Geländemulden entlang der Reuss). Die blauen Flächen werden im Wesentlichen durch die häufigen Überflutungen bis HQ₃₀ verursacht. Die gelben Flächen entstehen durch die Umhüllende der Überflutungen bei HQ₁₀₀ und HQ₃₀₀ und die gelb/weissen Flächen durch diejenigen bis EHQ.

Die Gewässerläufe sind aufgrund der dort möglichen starken Überflutungsintensitäten (hohe Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten) immer dem Verbotsbereich (rote Stufe) zuzuordnen. In den Fliesstiefenkarten und in der Gefahrenkarte sind diese schmalen Flächen aus Massstabsgründen nicht ausgewiesen.

7.1.3 Hinweise auf mögliche Oberflächenwasser-Konzentrationen

Hochwasserschäden können nicht nur durch Überflutungen aus den Bächen und Flüssen entstehen, sondern auch durch Oberflächenwasser, das sich während Starkniederschlägen auf der Erdoberfläche ansammelt und in Geländemulden abfließt. Auch wenn dessen Fliesstiefen in der Regel sehr klein bleiben, kann das Oberflächenwasser Erdreich mitschwemmen und z.B. Kellergeschosse überfluten.

Obwohl die Gefahrenkarte Hochwasser die Analyse der Überflutungsgefahr durch die Fließgewässer zum Inhalt hat, werden zusätzlich auch Hinweise auf mögliche Konzentrationen von Oberflächenwasser gegeben. Sie sind in der Gefahrenkarte als Hinweisfläche ohne Angabe einer Jährlichkeit und Intensität erfasst und grün schraffiert dargestellt.

Grün schraffiert: Hinweise auf mögliche Oberflächenwasser-Konzentrationen während Starkniederschlägen



Die entsprechenden Flächen wurden überall dort ausgeschieden, wo aufgrund der Topografie, der Exposition des Siedlungsgebiets sowie aufgrund von Hinweisen der Gemeinden eine Konzentration von Oberflächenwasser während Starkniederschlägen möglich ist. Sie haben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Überflutungen durch Regenwasser können bei ungünstiger Disposition der Gebäude auch andernorts entstehen.

Die grün schraffierten Flächen haben keine raumplanerische Relevanz, sollten aber als Hinweis bei der Siedlungsplanung, beim Ausbau von Quartierstrassen oder bei Objektschutzmassnahmen an Gebäuden berücksichtigt werden.

7.2 Schutzziele und Objektkategorien

7.2.1 Schutzzielmatrix

Bei der Risikobeurteilung werden die Prinzipien des differenzierten Hochwasserschutzes angewendet. Dazu werden je nach Schadensanfälligkeit der Objekte und Flächen kategorienweise Schutzziele festgelegt. Sie beschreiben, bis zu welcher Wiederkehrperiode Flächen- oder Objektkategorien welchen Schutz vor Naturgefahren erhalten sollen.

Die Schutzziele werden für den ganzen Kanton Aargau einheitlich festgelegt und sind in der Schutzziel-Matrix Anhang 12 wiedergegeben. Diese beschreibt für jede Objektkategorie, bis zu welcher Jährlichkeit sie vollständig und bis zu welcher Jährlichkeit sie begrenzt zu schützen ist.

Als Beispiel sei die wichtige Objektkategorie 3.2 (Geschlossene Siedlungen; Industrieanlagen, Freizeit- und Sportanlagen, Bauzonen, Weilerzonen) genannt: Sie erfordert einen vollständigen Hochwasserschutz bis zum HQ_{100} und einen begrenzten Hochwasserschutz mit höchstens geringer Überflutungsintensität bis zum HQ_{300} .

7.2.2 Objektkategorienkarte

Die Objektkategorien wurden mit Hilfe des Geografischen Informationssystems auf der Basis der Daten des AGIS räumlich abgegrenzt. Die Einteilung der AGIS-Layer erfolgte gemäss dem Schlüssel in Anhang 13. Das Ergebnis ist in der Objektkategorienkarte dargestellt. Sie enthält flächige (z.B. Bauzonen), linienförmige (z.B. Strassen) und punktförmige (z.B. Abwasserreinigungsanlagen) Objekte.

7.3 Schutzdefizite

Die Schutzdefizite ergeben sich durch Verschnitt der Objektkategorienkarte mit den drei Intensitätslayern HQ_{30} , HQ_{100} und HQ_{300} gemäss der Schutzzielmatrix. Ein Schutzdefizit ist dann gegeben, wenn bei einem Objekt die gemäss Schutzzielmatrix maximal erlaubte Intensität überschritten wird. Die entsprechenden Flächen, Linien oder punktförmigen Objekte sind in der Schutzdefizitkarte Beilage 7 ausgewiesen.

Die Gefahrenkarte weist für die einzelnen Gemeinden folgende Flächen mit Schutzdefiziten aus:

Gemeinde	Schutzdefizitfläche
Baden	0.0 ha
Bellikon	14.2 ha
Berikon	0.1 ha
Birmenstorf	1.5 ha
Birrhard	0.0 ha
Bremgarten	20.9 ha
Eggenwil	5.8 ha
Fischbach-Göslikon	2.1 ha
Fislisbach	13.1 ha
Gebenstorf	3.0 ha
Künten	4.3 ha
Mägenwil	1.3 ha
Mellingen	12.5 ha
Mülligen	0.0 ha
Niederrohrdorf	2.2 ha
Niederwil	6.9 ha
Oberrohrdorf	11.7 ha
Remetschwil	5.6 ha
Rudolfstetten-Friedlisberg	0.7 ha
Stetten	7.5 ha
Tägerig	0.4 ha
Widen	3.0 ha
Windisch	20.1 ha
Wohlenschwil	2.5 ha
Zufikon	10.6 ha
Total	150.0 ha

Tabelle 5: Schutzdefizitflächen pro Gemeinde

Der überwiegende Teil der Schutzdefizite ergibt sich durch Überflutungen in den Siedlungsgebieten/Bauzonen (Objektkategorie 3.2) mit Jährlichkeit 100. Kleinere Schutzdefizite ergeben sich zudem durch bewohnte Einzelgebäude ausserhalb der Bauzonen (Objektkategorie 2.3), welche bei HQ₃₀ mit mittlerer Intensität überflutet werden. Schutzdefizite im Landwirtschaftsland (Objektkategorie 2.2, Überflutung mit starker Intensität) sind praktisch keine vorhanden.

8. MASSNAHMEN UND PRIORITÄTEN

8.1 Massnahmenspektrum

8.1.1 Ziel

Die Massnahmenplanung hat das Ziel, die Schutzdefizite zu beheben. Dafür kommen verschiedene Massnahmen in Frage: Sachgerechter Gewässerunterhalt, raumplanerische Massnahmen und bauliche Schutzmassnahmen.

8.1.2 Vorgehen

Das Spektrum von möglichen Massnahmen ist sehr breit. Gemäss dem Bundesgesetz über den Wasserbau und der Wegleitung des ehemaligen Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) – heute Abteilung Gefahrenprävention des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) – ist folgende Rangfolge für die Massnahmenplanung vorgegeben:

- Sachgerechter Gewässerunterhalt
- Raumplanerische Massnahmen
- Bauliche Schutzmassnahmen

Bei den baulichen Schutzmassnahmen sind die Möglichkeiten ebenfalls sehr vielfältig. Grundsätzlich kommen folgende Massnahmentypen in Frage:

- Objektschutzmassnahmen an Gebäuden
- Wasserbauliche Massnahmen im Oberlauf
- Wasserbauliche Massnahmen an der entsprechenden Gewässerstrecke
- Massnahmen im Überflutungsgebiet zur oberflächlichen oder unterirdischen Wasserableitung via Strassen, Meteorwasserkanäle usw.

Die baulichen Massnahmen sind sorgfältig zu projektieren. Der natürliche Verlauf des Gewässers muss möglichst beibehalten oder wiederhergestellt werden. Häufig ist eine Kombination der oben genannten Massnahmentypen erforderlich.

Restrisiken können bei jeder Massnahmenplanung verbleiben und müssen im Verlauf der Massnahmenprojektierung abgeschätzt werden. Die Massnahmen sind zu ergänzen durch eine

- Notfallplanung und Notfallorganisation.

8.1.3 Verhältnismässigkeit

Nach den Vorgaben des Bundes (BAFU) müssen die Massnahmen technisch, ökonomisch und ökologisch verhältnismässig sein. Sind diese Kriterien nicht erfüllt, müssen die Schutzziele und die Massnahmen in einem iterativen Prozess angepasst werden.

8.1.4 Bearbeitungstiefe

Im Rahmen dieses Berichts werden Vorschläge und Ideen, mit welchen Massnahmen und Alternativen die Schutzdefizite behoben werden können, stichwortartig aufgezeigt und grob skizziert. Es handelt sich jedoch noch nicht um eine Massnahmenprojektierung. Dies kann erst im Rahmen der eigentlichen Projektierung geschehen. In den folgenden Kapiteln sollen jedoch verschiedene Massnahmenvorschläge aufgezeigt und beurteilt werden.

8.2 Grundsätze zum Gewässerunterhalt

Der sachgerechte Gewässerunterhalt ist eine Daueraufgabe. Er stellt sicher, dass die Gewässersläufe ihre Funktionen (Hochwasser- und Geschiebeableitung, natürlicher Lebensraum, Erholungsfunktion usw.) dauerhaft erfüllen können. Darunter fallen die Gehölzpflege, die Entfernung von schädlichem Geschwemmsel und Geschiebe sowie kleinere bauliche Eingriffe zur Wert- und Funktionserhaltung.

Die Bachläufe und Durchlässe sollen systematisch begangen und hinsichtlich ihres Zustands beurteilt und dauernd unterhalten werden.

Bei den Unterhaltsarbeiten sind immer auch die Anliegen des Naturschutzes und der Fischerei zu berücksichtigen, d.h. die Unterhaltsarbeiten sind zeitlich und örtlich auf die jeweiligen ökologischen Gegebenheiten abzustimmen.

8.3 Grundsätze zu den raumplanerischen Massnahmen

8.3.1 Ziel

Raumplanerische Massnahmen haben das Ziel, eine zukünftige Zunahme des Schadenpotenzials zu begrenzen oder gar zu verhindern. Dies kann erreicht werden durch

- Meiden von Gefahrengebieten
(indem in gefährdeten Gebieten keine neuen Bauzonen ausgeschieden werden)
- Ausscheidung von Freihaltezonen und Überflutungsflächen
- Aufnahme von Vorschriften in die Bau- und Nutzungsordnung
(indem z.B. mittels Bauauflagen sichergestellt wird, dass Eingänge und andere Fassadenöffnungen erhöht angeordnet werden, in Untergeschossen nur eine eingeschränkte Nutzung möglich ist, ein Rückstauschutz für die Kanalisation angebracht wird, Schutzmauern oder kleine Dämme angeordnet werden)

8.3.2 Allgemeines

Gemäss Bundesgesetz über den Wasserbau und Wasserbauverordnung sind die Kantone und Gemeinden verpflichtet, vorhandene Naturgefahren bei allen raumwirksamen Tätigkeiten zu berücksichtigen und umzusetzen, um Personen- und Sachschäden zu verhindern. Gemäss kantonalem Richtplan bilden im Kanton Aargau die Gefahrenkarten mit den Massnahmenplanungen die planungsrechtlich verbindlichen, fachlichen Grundlagen. Sind diese noch nicht erstellt, bildet die Gefahrenhinweiskarte die Grundlage.

Im gesamten Massnahmengefüge stellen die raumplanerischen Möglichkeiten nebst dem Gewässerunterhalt, dem Gewässerbau und dem Objektschutz ein separates Massnahmenpaket dar. Sie sollen in erster Linie bewirken, dass das Gefahren- und insbesondere das Schadenpotenzial nicht unkontrolliert zunehmen und dadurch andere Schutzmassnahmen notwendig werden. Vielfach sind raumplanerische Massnahmen in Kombination mit anderen Massnahmen anzuwenden.

8.3.3 Nutzungsplanung und Gefahrenkarte

Das für die Gemeinden bezüglich Raumplanung massgebende Planungsinstrument ist die kommunale Nutzungsplanung. Diese lässt sich in die allgemeine Nutzungsplanung und in die Sondernutzungsplanung unterteilen.

Die allgemeine Nutzungsplanung trennt das Baugebiet vom Nichtbaugebiet und scheidet Nutzungszonen mit entsprechenden Vorschriften parzellengenau und grundeigentümergebunden aus. Bestandteile der allgemeinen Nutzungsplanung sind der Bauzonenplan, der Kulturlandplan sowie die Bau- und Nutzungsordnung.

Zur Umsetzung raumplanerischer Hochwasserschutzmassnahmen steht zudem das Instrument der Sondernutzungsplanung zur Verfügung. Im Gegensatz zur Allgemeinen Nutzungsplanung, über welche die Gemeindeversammlung zu beschliessen hat, wird die Sondernutzungsplanung durch den Gemeinderat erlassen; sie ist daher flexibler einsetzbar. Sondernutzungspläne, im Speziellen Gestaltungspläne, können von den allgemeinen Nutzungsplänen und -vorschriften unter gewissen Voraussetzungen abweichen (Art. 3, Abs. 2 der Allgemeinen Verordnung zum Baugesetz vom 23. Februar 1994 (ABauV; SAR 713.111)).

Die Abteilung Raumentwicklung hat eine Arbeitshilfe zur Umsetzung der Gefahrenkarte in der Nutzungsplanung ausgearbeitet (Stand Juni 2008).

8.3.4 Vorgehen bis zur raumplanerischen Umsetzung der Gefahrenkarte

Die raumplanerische Umsetzung der Gefahrenkarte erfolgt jeweils im Rahmen der nächsten Nutzungsplanungsrevision. Dieses Vorgehen entbindet die Gemeinden jedoch nicht davon, die Resultate der Gefahrenkarte bei Bauvorhaben bereits vor Eingang in die Nutzungsplanung zu berücksichtigen. Konkret sind die Gemeindebehörden verpflichtet, bei Baugesuchen die aus der Gefahrenkarte resultierenden Erkenntnisse in Form von Auflagen im Rahmen der Baubewilligung verbindlich zu verfügen. Die rechtliche Grundlage bilden die Art. 32 (Baureife) und Art. 52 (Allgemeine Anforderungen) des Gesetzes über Raumentwicklung und Bauwesen vom 19. Januar 1993 (BauG, SAR 713.100). Das Departement Bau, Verkehr und Umwelt hat ein Merkblatt für die Umsetzung der Gefahrenkarte Hochwasser im Baubewilligungsverfahren verfasst (Stand 25. Oktober 2007).

8.4 Grundsätze zu den Objektschutzmassnahmen

8.4.1 Definition und Aufgabe

Objektschutzmassnahmen dienen primär dem Schutz bestehender Gebäude und können den Schutz zukünftiger Gebäude im Rahmen von Bauauflagen sicherstellen. Sie umfassen die konzeptionelle Berücksichtigung der Hochwassergefährdung am Gebäude selbst, primär durch geeignete Einpassung des Gebäudes in die Umgebung unter Berücksichtigung der Gefährdung und sekundär durch bauliche Anpassungen am zu schützenden Objekt. Sie dienen in der Regel nur dem Schutz des Objektes selbst und kommen bei Neubauten und bei wesentlichen Umbauten zur Anwendung.

Objektschutzmassnahmen können entweder permanent oder – wo die zeitlichen Umstände es erlauben – temporär eingerichtet werden. Sind in einem Siedlungsgebiet viele Gebäude von einer potenziellen Überflutung betroffen, sind Objektschutzmassnahmen oftmals nicht wirtschaftlich. Sie sollen jedoch in Kombination mit anderen baulichen Massnahmen geprüft werden.

Typische Objektschutzmassnahmen sind: erhöhte Anordnung des Erdgeschosses bei Neubauten, Abdichtung der Gebäudehülle, Aufschüttungen, lokale Schutzwälle, erhöhte Türschwellen und Fensterbrüstungen, Dammbalkensysteme, hochwassersichere Lagerung von empfindlichem Material, hochwassersichere Anordnung von Versorgungseinrichtungen usw. (siehe auch Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren, herausgegeben von der Vereinigung Kantonalen Gebäudeversicherer).

8.4.2 Projektierungsgrundsätze

Zur Projektierung von Objektschutzmassnahmen gelten die folgenden Grundsätze:

- Es wird empfohlen, die Objektschutzmassnahmen auf das HQ₃₀₀ auszulegen, mindestens aber auf das Schutzziel des jeweiligen Bauobjekts.
- Das Bauobjekt muss bis zur Schutzhöhe (Wasserspiegel zuzüglich Freibord) vor eindringendem Wasser und Schlamm geschützt werden. Neben den Fensterbrüstungen, Türschwellen, Garagezufahrten usw. sind auch Lüftungsöffnungen, Lichtschächte, Werkleitungseingänge, Zivilschutz-Fluchtstollen usw. bis zur erforderlichen Schutzhöhe dicht auszuführen.
- Es wird empfohlen, die Schutzhöhe wenn immer möglich als absolute Meereshöhe (m ü. M.) anzugeben.
- In fliessendem Wasser ergeben sich an den verschiedenen Gebäudeseiten unterschiedliche Schutzhöhen.
- Im Bereich mit möglichen Geschiebeablagerungen (Hangfuss, Tobelausgang) ist die maximale Ablagerungshöhe miteinzuberechnen.
- Zugänge und Fenster können auch mit mobilen Systemen wie z.B. Dammbalken abgeschottet werden. Diese müssen aber jederzeit einsatzbereit sein und müssen innert kurzer Frist (siehe Notfallplanung und Notfallorganisation) montiert werden können.
- Die Massnahmen dürfen **keine Mehrgefährdung auf Nachbargrundstücken** verursachen. Das Bauobjekt darf nicht zu einer Mehrgefährdung der Umgebung infolge Wasserumleitung oder Aufstau führen (ZGB Art. 689 Abs. 2; SR 210). Abflusskorridore sind offen zu halten. Dies ist insbesondere auch bei grossen Überbauungen oder grossflächigen Aufschüttungen einzuhalten.
- **Umweltschäden**, wie z.B. durch auslaufende umweltgefährdende Stoffe, sollten bis zum Extremereignis EHQ verhindert werden.

8.5 Grundsätze zu den baulichen Massnahmen

8.5.1 Wasserbauliche Massnahmen am Gewässer

Wasserbauliche Massnahmen können entweder am betreffenden Bachabschnitt selbst (z.B. Kapazitätsausbau, Vergrösserung Durchlässe) wie auch am Oberlauf (Hochwasser- und Geschieberückhalt) ausgeführt werden. Sie sollen erst ergriffen werden, wenn die Massnahmen des Unterhalts und der Raumplanung ungenügend sind.

Falls wasserbauliche Massnahmen ausgeführt werden, ist gleichzeitig auch die ökologische Qualität des Gewässers zu verbessern. Der natürliche Verlauf des Gewässers muss möglichst beibehalten oder wiederhergestellt werden. Hydraulisch ungenügende Eindolungen sollen grundsätzlich durch offene Wasserläufe ersetzt werden, da diese in der Regel hydraulisch leistungsfähiger, weniger verklausurungsanfällig und ökologisch wertvoller sind. Konkrete Massnahmenvorschläge sind in Anhang 14 aufgeführt.

Bei künftigen Bachausbauten ist zu prüfen, ob der Ausbau von oben liegenden Engpässen zu einer zusätzlichen hydraulischen Belastung von unten liegenden Engpässen führen könnte. Dasselbe gilt auch für die Verklauungsgefährdung, falls durch einen Ausbau eines verklauungsgefährdeten Abschnitts zusätzliches Schwemmholz und Geschiebe in unten liegende Abschnitte weitergegeben wird.

8.5.2 Bauliche Massnahmen im Überflutungsgebiet

Bauliche Massnahmen können auch im Überflutungsgebiet zur schadlosen Ableitung der Überflutung getroffen werden. Oft ist entweder eine unterirdische Ableitung via Meteorkanäle oder eine oberflächliche, geordnete Ableitung über das Strassengefälle möglich, was sich in der Massnahmentabelle Anhang 14 in verschiedenen Alternativen ausdrückt.

Oft genügt eine kleine Anpassung des Quer- oder Längsgefälles einer Quartierstrasse oder ihrer Randsteine, um eine Überflutung mit geringer Fliesstiefe in eine gewünschte Richtung abzuleiten und eine Ausbreitung in schadensintensive Gebiete zu verhindern.

Die Massnahmen sind deshalb gemeinsam mit der Generellen Entwässerungsplanung (GEP) sowie mit den Strassenbau- und Erschliessungsvorhaben der Gemeinde zu koordinieren. Den Gemeinden wird zudem empfohlen, bei jeder grösseren Infrastrukturerneuerung die Gefahrenkarte zu konsultieren und mögliche Synergien zur Verringerung der Hochwassergefährdung zu prüfen.

8.5.3 Umgang mit belasteten Standorten

Wasserbauliche Massnahmen können belastete Standorte vor Überflutung schützen und das Risiko der Verbreitung von Schadstoffen vermindern, oder aber auf belasteten Standorten ausgeführt werden. Dies ist bei der Planung von wasserbaulichen Massnahmen zu berücksichtigen.

8.6 Notfallplanung und Notfallorganisation

8.6.1 Definition und Aufgabe

Durch geeignete Vorsorge können die Wehrdienste während eines Hochwasserereignisses begrenzte potenzielle Überflutungsflächen vor Überschwemmungen schützen. Dabei geht es insbesondere darum, das **im Überlastfall (EHQ)** ausgeuferte Wasser wieder zurück in das Gewässer zu leiten und exponierte Einfahrten und Gebäude zu schützen.

8.6.2 Notorganisation und temporäre Massnahmen

Die Notfallplanung beinhaltet sowohl die Planung und Vorbereitung der temporären, im Hochwasserfall zu treffenden Massnahmen wie auch die Organisation und das Training der im Notfall im Einsatz stehenden Kräfte (Gemeindeführungsstab, Feuerwehr, Zivilschutz). Sowohl Notorganisation wie auch temporäre Massnahmen müssen bereits in der hochwasserfreien Zeit geplant und vorbereitet werden, damit sie im Ernstfall rasch einsetzbar sind.

Zur temporären Wasserabwehr können verschiedene Systeme und Massnahmen zum Einsatz kommen, wie z.B. Sandsackreihen, Bretterschläge, Dammbalkensysteme, "Beaver" (wassergefüllte Gummiwalzen).

Ebenfalls vorgängig zu planen ist die Beobachtung während des Hochwassers, die Überwachung von kritischen Stellen, die rechtzeitige Alarmierung der jeweils zuständigen Dienste

(Alarmdispositiv) sowie die rechtzeitige Evakuierung von besonders gefährdeten Menschen und Tieren. Ausserdem müssen an verklausungsgefährdeten Brücken und Durchlässen sowie an weiteren kritischen Stellen rechtzeitig leistungsfähige Baumaschinen bereitgestellt werden können.

Damit die Notorganisation und die temporären Massnahmen im Notfall reibungslos funktionieren, ist eine periodische Übung der Einsätze notwendig.

8.6.3 Zeitlicher Aspekt

Temporäre Massnahmen müssen im Ereignisfall innerhalb von maximal einer Stunde einsatzbereit sein, da die Hochwasser an den Hauptgerinnen und in den Seitenbächen sehr rasch anspringen. Sehr kleine Einzugsgebiete haben bei Gewittern in der Regel eine so kurze Anspringzeit, dass hier rechtzeitige temporäre Massnahmen gar nicht möglich sind.

Der zeitliche Aspekt zeigt auch die Grenzen von temporären Massnahmen auf. Oft erlaubt die kurze Einsatzzeit nur lokale, gut vorbereitete und schnell eingesetzte Massnahmen, wie z.B. die Abdichtung von Eingängen oder kurze Barrikaden quer zu Strassen. Es ist aber nicht möglich, innert nützlicher Frist lange Bauwerke zu erstellen.

8.7 Konkrete Massnahmenvorschläge für das Untersuchungsgebiet

8.7.1 Allgemeines

Die konkreten Massnahmenvorschläge sind im Massnahmenkatalog Anhang 14 für jede Gemeinde in Tabellenform und mit schematischen Situationsskizzen im Detail aufgeführt. Es handelt sich nicht um projektierte Massnahmen, sondern lediglich um stichwortartig formulierte Ideen und Vorschläge, die vor einer Realisierung im Detail projektiert werden müssen.

Die angegebenen Kosten sind nur grobe Grössenordnungen und können erst während einer späteren Projektierung verlässlich angegeben werden. Die Zahlenwerte dürfen nicht aufsummiert werden, da es sich oft um Alternativen handelt.

Die Massnahmenvorschläge sind nach Gemeinde, Gewässer und Austrittsstellen geordnet. Letztere werden mit der Querprofilnummer angegeben, welche auch im Schutzdefizitplan enthalten ist.

Häufig sind zur Behebung einer Austrittsstelle bzw. eines Schutzdefizits verschiedene Massnahmen-Alternativen möglich. Jede Zeile pro Ausbruchsstelle stellt eine machbare Alternative dar.

Der Massnahmenkatalog konnte im Sommer 2009 an den Einzelgesprächen mit den Gemeinden besprochen und bereinigt werden. Die Prioritäten für die Projektierung und Ausführung der Massnahmen wurden mitsamt der Verantwortlichkeiten an den Einzelbesprechungen mit den Gemeinden festgelegt.

8.7.2 Prioritäten

Die Prioritäten für die Projektierung und Ausführung der Massnahmen wurden mitsamt der Verantwortlichkeiten ebenfalls an den Einzelbesprechungen mit den Gemeinden festgelegt. Sie lauten in absteigender Dringlichkeit wie folgt:

1. Berücksichtigung der Fliesstiefenkarten, Gefahrenkarte und Schutzdefizitkarte ab sofort im Baubewilligungsverfahren (siehe "Merkblatt für die Umsetzung der Gefahrenkarte Hochwasser im Baubewilligungsverfahren").
2. Überprüfung des Einsatzdispositivs und des Notfallplans der Feuerwehr. Selbst im Fall von heute gut eingespielten Feuerwehr- oder Freiwilligen-Einsätzen ist sicher zu stellen, dass auch in Zukunft und bei Kommandowechseln die Hochwassersicherheit gewahrt bleibt.
3. Umsetzung der Gefahrenkarte in der Nutzungsplanung bei nächster Gelegenheit (ggf. zusammen mit den Anpassungen an das teilrevidierte Baugesetz und an die Harmonisierung der Baubegriffe). Information Eigentümer bestehender Gebäude. Siehe auch Merkblatt für die Umsetzung der Gefahrenkarte Hochwasser in der Nutzungsplanung.
4. Umsetzung der Massnahmenplanung gemäss den Prioritäten der Gemeinde (siehe Zusammenstellung Kapitel 8.7.4).

8.7.3 Fremdwasserabtrennung

Innerhalb des Projektgebiets münden zahlreiche öffentliche Gewässer in das Kanalisationsnetz der Siedlungsentwässerung und belasten mit ihrem Abfluss die Abflusskapazität der Rohrleitungen und, falls kein Trennsystem vorhanden ist, die Reinigungsleistung der ARA's. Beispiele dafür sind:

- Fröschengraben Zufikon (Mischsystem)
- Hochwasserentlastung Dorfbach Busslingen (Mischsystem)
- Laubisbach Wohlenschwil: Hochwasserüberleitung bei Wo08 in Kanalsystem (Mischsystem)
- Schluckgraben Gemeinden Ober- und Niederrohrdorf: Überlauf der Versickerungsmulde (Mischsystem)
- Dorfbach Fislisbach (Mischsystem)
- Obermatt Mägenwil (Annahme Mischsystem)
- Birmenstorf: Bitterwasserbächli sowie Kanaleinlauf bei oberhalb Bööndler/Hubel (Trennsystem)

Diese Einleitungen in das Kanalisationsnetz sind auch aus Sicht der Siedlungsentwässerungen aufzuheben.

Falls eine Entlastung in das Kanalisationsnetz aufgehoben wird, so muss in den unten liegenden Abschnitten mit der vollen, unentlasteten Hochwasserspitze ohne Überleitung gerechnet werden. Dies ist insbesondere auch beim Dorfbach Busslingen oder beim Laubisbach Wohlenschwil zu berücksichtigen.

8.7.4 Massnahmenvorschläge pro Gemeinde

Die für die einzelnen Gemeinden vorgeschlagenen Massnahmen und Alternativen sind in den Tabellen und Skizzen Anhang 14 im Detail aufgeführt. In der Folge werden nur die wichtigsten Punkte und Besonderheiten zusammengefasst.

Bremgarten, Zufikon:

- Reuss: Umsetzung Machbarkeitsstudie Hochwasserschutz Reusstal sowie weiterer Ausbau Hochwasserschutz Unterstadt Bremgarten.
- Unterdorfbach: Dringlich, aber auch relativ teuer, ist der Ausbau des sehr engen Rohrstücks NW500 vom Sonnenhof in die Reuss. Gleichzeitig soll auch der Abschnitt bis Zu18 hydraulisch verbessert werden.
- Fröschengraben: Fremdwasserabtrennung und Sauberwasserleitung im Rahmen des GEP.
- Chräenbuelbach und Zuflüsse: Effektivität einer Lösung mit Hochwasserrückhalt muss geprüft werden. Ansonsten etappenweise Ausdolung bzw. Vergrösserung der Rohrleitung. Es wird die Erstellung eines gesamtheitlichen Hochwasserschutzkonzeptes vorgeschlagen.

Widen:

- Für die Lösung der zum Teil deutlichen Defizite am Haldenbach wird die Erstellung eines gesamtheitlichen Hochwasserschutzkonzeptes vorgeschlagen.
- Am Pflanzerbach ergeben sich dank des Ausbauprojektes kaum mehr Schutzdefizite.

Eggenwil:

- Es ist ein Hochwasserschutzprojekt in der Genehmigungsphase, das sämtliche Schutzdefizite am Ibisguetbach (Eg04, Eg04a), am Junebach (Eg06, Eg07a) und am Kreuzweidbach (Eg02) beheben wird.
- Der obere Abschnitt des Ausserfeldgrabens wurde aus dem Bachkataster entlassen und wird im Rahmen des GEP behandelt.

Fischbach-Göslikon:

- Moosbach, Wissbach: etappenweise Ausdolung
- Reuss: Objektschutzmassnahmen

Bellikon:

- Eine Hochwasserschutzstudie ist in Bearbeitung.
- Bei allen Eindolungen stehen die Alternativen Ausdolung, oberflächliche Ableitung oder Retention zur Diskussion.
- An der REHA-Klinik lohnt sich die Prüfung von Objektschutzmassnahmen.

Künten:

- Bürstbach Kirchweg: Entweder etappenweise Ausdolung oder oberflächliche Ableitung mit Objektschutz.
- Fahrbach Ku08: Objektschutz an Fabrikhalle
- Camping Sulz: Muss sowohl von Seiten Reuss wie auch von Seiten Grossmattbach geschützt werden. Ein Hochwasser in der Reuss verursacht einen Rückstau im Grossmattbach. Bei Dammbuchgefahr sind die Bewohner rechtzeitig zu evakuieren. Eine Aussiedlung des Campingplatzes an einen weniger gefährdeten Ort ist zu prüfen.

Niederwil:

- Für die optimale Lösung der Defizite an Zigbach und Bodenächer wird ein integrales Hochwasserschutzkonzept empfohlen.
- Es stehen die Alternativen Retention, Vergrösserung Durchlässe und oberflächliche Ableitung mit Objektschutz zur Diskussion.

Remetschwil (ohne Busslingen):

- Bei allen Eindolungen stehen die Alternativen Ausdolung, oberflächliche Ableitung oder Retention zur Diskussion.

Stetten inkl. Busslingen:

- Aufheben der Entlastung bei Re07, etappenweise Fortsetzung der Ausdolung des Dorfbachs.
- Es wird ein integrales Hochwasserschutzkonzept empfohlen.

Tägerig:

- Dank der Umleitung in Büschikon sind an der Dorfbachdole nur noch punktuelle Massnahmen notwendig.

Mellingen:

- Die Defizite am Alten Mülibach, am Franzosengraben und am Eichstelbach können im Rahmen des Baus der Umfahrungsstrasse gelöst werden.
- Reuss: Umsetzung Machbarkeitsstudie Hochwasserschutz Reusstal sowie Objektschutz.

Oberrohrdorf, Niederrohrdorf:

- Laufende Ausbauten am Dorfbach Staretschwil und am Hinterbächli mit Massnahmen bei den Querprofilen Or05 und Or06 ergänzen.
- Oberzelg und Bodenächer: Ausdolung oder geordnete oberflächliche Ableitung mit Objektschutzvorschriften.
- Schluckgraben: Zusammenarbeit mit Fislisbach.

Mägenwil:

- Oberzelg: Objektschutzvorschriften
- Eichstelbach: Ausdolung, Retention oder oberflächliche Ableitung mit Objektschutzvorschriften. Unterlauf quer zur Strasse in Münztal einleiten und versickern lassen, um Laubisbach zu entlasten.

Wohlenschwil:

- Schwarzgraben: Objektschutzmassnahmen
- Laubisbach: Vergrösserung/Umlegung der Eindolung bei Wo09 und Aufheben Entlastung in Kanalnetz. Münztelbach/Eichstelbach quer zur Strasse in Münztal einleiten und versickern lassen, um Laubisbach zu entlasten.
- Hölibach: Hochwasserblende und Hochwasser primär via Laubisbach ableiten.

Birrhard:

- Keine Massnahmenvorschläge.

Fislisbach:

- Studie Hochwasserschutz Dorfbach mit oberflächlicher Ableitung in Bearbeitung. Wiedereinleitung in Kanalnetz bei Hauptstrasse.
- Langfristige Fremdwasserabtrennung und Trennsystem.

Baden-Rütihof:

- Langfristige Fremdwasserabtrennung und Trennsystem, zusammen mit Fislisbach.

Mülligen:

- Nur Oberflächenabfluss am Hang: Objektschutzvorschriften.

Birmenstorf:

- Fremdwasserabtrennung Bitterwasserbächli
- Ausdolung Äschenbach; Vergrößerung Ableitung in Reuss oder Objektschutzvorschriften Lindmühle.

Windisch:

- Reuss: Ergänzende Hochwasserschutzmassnahmen für das Areal der ehemaligen Spinnerei gegen den Rückstau aus dem Schachen (Mündung in Aare).
- Dägerlibach: Ergänzende Massnahmen zum Schutz des Werkhofs und Objektschutzvorschriften.

Gebenstorf:

- Kleingewässer Brand und Brüelbächli: Ausdolung oder geordnete oberflächliche Ableitung und Objektschutzvorschriften.

8.7.5 Information Eigentümer bestehender Gebäude

Bei bestehenden Gebäuden innerhalb des gefährdeten Gebiets gibt es nur eine rechtlich verbindliche Handhabe für den Objektschutz, falls ein Umbau ansteht. Es wird jedoch den Gemeinden empfohlen, alle Eigentümer innerhalb des gefährdeten Gebiets über ihre Gefährdung zu informieren. Dabei sollen die Eigentümer auf Möglichkeiten hingewiesen werden, wie sie sich freiwillig und im eigenen Interesse mit Objektschutzmassnahmen schützen können.

Uznach, Dezember 2010

Die Projektverantwortlichen:

- R. Kolb; Niederer+Pozzi Umwelt AG
- M. Schatzmann; Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG