

# VSA - EMPFEHLUNG

## HYDRAULISCHE BEURTEILUNG IN DER SIEDLUNGSENTWÄS- SERUNG

ÜBERPRÜFUNG VON ENTWÄSSERUNGSSYSTEMEN UND UMGANG MIT OBERFLÄCHENABFLUSS



## Impressum

Die vorliegende Publikation konkretisiert die Anforderungen der eidgenössischen Gewässerschutzgesetzgebung, gewährleistet eine gute Praxis und ermöglicht den einheitlichen Vollzug der Behörden. Sie wurde mit aller Sorgfalt und nach bestem Gewissen erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität kann der VSA jedoch keine Gewähr übernehmen. Haftungsansprüche wegen Schäden materieller oder immaterieller Art, welche durch die Anwendung der Publikation entstehen können, werden ausgeschlossen.

### Autorenschaft

Markus Gresch, Hunziker Betatech AG, Winterthur  
Reto Flury, Holinger AG, Bern  
Rahel Buss, Hunziker Betatech AG, Winterthur  
Natalie Muff, Holinger AG, Bern  
Anna-Gesa Meier, Holinger AG, Bern

### Mitglieder des Projektteams

Antoine Magnollay, BAFU, Bern  
Reto Battaglia, VSA, Glattbrugg  
Roberto Loat, BAFU, Bern  
Jörg Rieckermann, Eawag, Dübendorf  
Philipp Stauer, AfU, Solothurn  
Mirjam Asanger, Stadt Luzern, Luzern  
Sophie Fukutome, MeteoSchweiz, Zürich

### Empfohlene Zitierweise

Autor: Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)  
Titel: <Titel der Publikation>  
Untertitel: <Art der Publikation>  
Ort: Glattbrugg  
Jahr: <Erscheinungsjahr>

### Herausgeber

Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
Association suisse des professionnels de la protection des eaux  
Associazione svizzera dei professionisti della protezione delle acque

### Titelfoto

### Gestaltung

< Name des Gestalters >

### Druck

< Name der Druckerei >

### Bezugsquelle

VSA, Europastrasse 3, Postfach, CH-8152 Glattbrugg,  
Telefon 043 343 70 70, sekretariat@vsa.ch, www.vsa.ch

# Gesamtdokumentation

Die Gesamtdokumentation zur hydraulischen Beurteilung in der Siedlungsentwässerung besteht aus vier Teildokumenten. Die vorliegende Empfehlung stellt das Hauptdokument dar, das durch drei weitere Dokumente ergänzt wird. Die jeweiligen Inhalte aller Dokumente werden nachfolgend kurz beschrieben.

## 1. Empfehlung

Dieses Dokument umfasst die Kriterien und Methodik zur gesamtheitlichen hydraulischen Beurteilung der Siedlungsentwässerung. Darin enthalten sind Inhalte zur Festlegung von Schutzziele, der Regendaten, die Methodik zur hydraulischen Überprüfung von bestehenden Entwässerungssystemen und die Dimensionierung von neuen Anlagen sowie Methoden zur Überprüfung des Umgangs mit Oberflächenabfluss.

## 2. Fallstudien

Die Fallstudien dienen zur Erklärung der Anwendung der Empfehlung. In der Empfehlung wird auf eine detaillierte Beschreibung von Beispielen verzichtet.

## 3. Aufgabenwahrnehmung Oberflächenabfluss

In diesem Dokument werden die Zuständigkeiten für die Umsetzung von Massnahmen zur Reduktion des Risikos durch Oberflächenabfluss sowie deren Finanzierung beschrieben.

## 4. Begleitdokumentation

In der Begleitdokumentation werden die anzuwendenden Methodiken von der technischen Seite erläutert. Die Unterschiede zur heute gängigen Praxis und Konsequenzen der neuen Empfehlung werden beschrieben. Auch wird auf die Abgrenzung und den Zusammenhang mit anderen bestehenden Richtlinien und Normen eingegangen.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>10</b>
1.1	Ausgangslage und Übersicht	10
1.2	Ziele der Empfehlung	10
1.3	Anwendungsbereich und Verweise auf Normen und Richtlinien	11
1.4	Methodik und Begriffe	11
1.5	Zusammenfassung des Vorgehens und der Inhalte der Empfehlung	12
<b>2</b>	<b>Schutzziele</b>	<b>14</b>
2.1	Vorgehen	14
2.2	Schutzgutklassen	14
2.2.1	Zuordnung nach Nutzungsart von Gebäuden und Flächen	14
2.2.2	Individuelle Schutzgutklassen	14
2.3	Kriterien für die Überprüfung von Entwässerungssystemen	15
2.4	Kriterien für die Dimensionierung von Kanalisationen	15
2.5	Kriterien für Oberflächenabfluss und 2D-Überflutungsberechnungen	16
<b>3</b>	<b>Regendaten</b>	<b>18</b>
3.1	Vorgehen	18
3.2	Vorhandene Regendaten in der Schweiz	18
3.3	Anwendung von Regendaten in der Siedlungsentwässerung	18
3.4	Prüfung der Regendaten	19
3.4.1	Übersicht	19
3.4.2	Qualitätsprüfung der Regendaten an der MeteoSchweiz	19
3.4.3	Empfehlung für Extremwertanalysen: Überprüfung der Maxima	20
3.5	Regendaten für die Überprüfung von Entwässerungssystemen	20
3.5.1	Übersicht	20
3.5.2	Anforderungen an die Auflösung, Aufzeichnungsdauer und räumliche Repräsentativität	21
3.5.3	Validierung/Kalibrierung von Kanalnetzmodellen	21
3.5.4	Vorgehen für die Auswahl der Niederschlagsmessstation ohne lokale Regendaten	21
3.5.5	Vorgehen für die Auswahl der Niederschlagsmessstation mit lokalen Regendaten	23
3.5.6	Regenereigniskatalog	23
3.5.7	Regendaten für die Definition von Wet-Spots durch kanalinduzierte Überflutung	24
3.6	Regendaten für die Oberflächenabflussmodellierung (Detailanalyse)	24
3.7	Auswirkung des Klimawandels	24
<b>4</b>	<b>Hydraulische Überprüfung von Entwässerungssystemen</b>	<b>26</b>
4.1	Vorgehen	26
4.2	Planungsablauf	27
4.3	Kurzerläuterung der Planungsschritte	27

4.4	Anforderungen an die Modellierung	29
4.4.1	Allgemeines	29
4.4.2	Modellvalidierung	29
4.5	Hydrodynamische Simulation mit einem Regenereigniskatalog und Auswertung der Ergebnisse	30
4.5.1	Anforderungen an die Hydrodynamische Langzeitsimulation	30
4.5.2	Methodik der Statistischen Auswertung	30
4.5.3	Ermittlung der Häufigkeit von Überstau in Schächten	31
4.5.4	Ermittlung des Dimensionierungsdurchflusses in Leitungen	31
<b>5</b>	<b>Grobanalyse Oberflächenabfluss</b>	<b>32</b>
5.1	Einordnung und Vorgehen	32
5.2	Grundlagenanalyse	33
5.2.1	Grundlagen	33
5.2.2	Wet-Spots-Identifikation	33
5.3	Plausibilisierung der Wet-Spots	35
5.4	Gebietsauswahl Oberflächenabfluss	36
5.5	GEP-Massnahmen Oberflächenabfluss	36
<b>6</b>	<b>Detailanalyse Oberflächenabfluss</b>	<b>38</b>
6.1	Vorgehen	38
6.2	Grundlagen	39
6.2.1	Regenereignisse und Szenarien	39
6.2.2	Abflussabschätzung in kleinen Einzugsgebieten	39
6.3	Methodenauswahl	40
6.4	Simulation	40
6.5	Intensitätskarten	40
6.6	Betroffenheit und Schutzzielprüfung	41
6.7	Qualitative Risikobeurteilung	41
<b>7</b>	<b>Massnahmen</b>	<b>43</b>
7.1	Integrale Massnahmenkonzeption	43
7.2	Massnahmentypen	43
7.2.1	Raumplanerische Massnahmen	43
7.2.2	Präventive Massnahmen ausserhalb des Siedlungsraums	43
7.2.3	Verzögerungsmassnahmen	44
7.2.4	Durchleitmassnahmen	44
7.2.5	Massnahmen im Entwässerungssystem	44
7.2.6	Objektschutzmassnahmen	44
7.2.7	Organisatorische Massnahmen	44
7.3	Priorisierung und Projektierung von Massnahmen	44
<b>8</b>	<b>Risikokommunikation</b>	<b>46</b>

<b>Literaturliste</b>	<b>47</b>
Gesetze und Verordnungen	47
Wegleitungen, Richtlinien und Publikationen des Bundes	47
Normen	48
Publikationen des VSA (Richtlinien, Merkblätter usw.)	48
Interkantonale Merkblätter	48
DWA/BWK-Arbeits- und Merkblätter, DIN-Normen	48
Weitere Dokumente	49
Hyperlinks	50

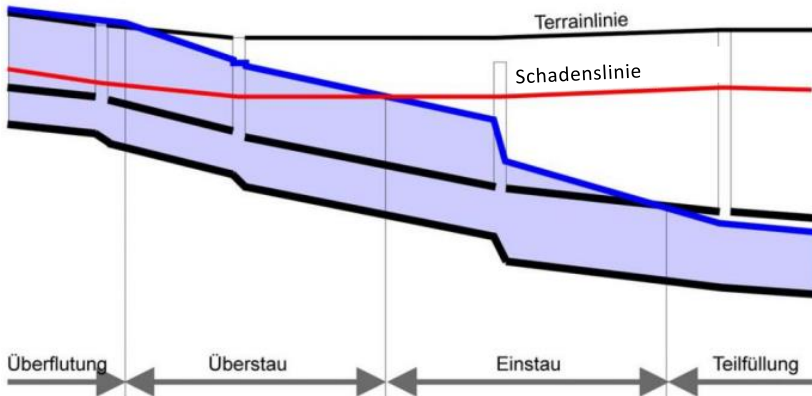
VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

# Begriffsdefinition

Belastungszustände

Prüfgrößen des Wasserstandes zur hydraulischen Überprüfung der Schutzziele eines Entwässerungssystems

## Längenprofil



**Abb. 1**

Längenprofil mit Definition der verschiedenen Belastungszuständen für den Fall, dass die Rückstauenebene unter der Terrainlinie liegt (verändert aus [GEP Stadt Bern (2018)]).

<b>Berechnungsmethode</b>	Algorithmen zur numerischen Nachbildung des Niederschlag-Abfluss-Transportprozesses.
<b>Betroffenheit</b>	Prüfgröße für die Beurteilung der Auswirkung einer Überflutung. Diese wird aus dem Flächenverschnitt der Intensitätskarte mit den Grundlagen zur Nutzung von Gebäuden oder Fläche bzw. Sonderobjekte- und Nutzungen ermittelt.
<b>Dimensionierung</b>	Verfahren zur Auslegung von Abwasseranlagen mit Hilfe von Dimensionierungskriterien. Anmerkung: Im Gegensatz zur "Dimensionierung" beschreibt der Begriff "Bemessung" die statische, bautechnische und detailhydraulische Planung von Abwasseranlagen. Im vorliegenden Dokument wird ausschliesslich der Begriff Dimensionierung verwendet.
<b>Dimensionierungsabfluss</b>	Wassermenge, die als Grundlage für die Bemessung der erforderlichen Rohrquerschnitte dient.
<b>Einstau</b>	Belastungszustand der Kanalisation, bei dem der Wasserstand zwischen dem Rohrscheitel und der Schadenslinie liegt. Das heisst, der Durchfluss erfolgt unter Druck.
<b>(Kommunales) Entwässerungssystem</b>	Infrastruktur für den Umgang von Abwasser und Oberflächenabfluss in der bebauten Umwelt [ergänzt aus EN 752 (2017)].
<b>Erwartete Häufigkeit</b>	Durchschnittliche Eintrittshäufigkeit eines Ereignisses. Die erwartete Häufigkeit kann als Jährlichkeit (einmal je z Jahre) oder als Eintrittswahrscheinlichkeit in einem Jahr (1/z) ausgedrückt werden.
<b>Extremwertstatistik</b>	Zeitbezogene Auswertung der Häufigkeit der Überschreitung eines Belastungszustandes.
<b>Hochwasser</b>	Wasserstand oder Abfluss, der deutlich über dem langjährigen Mittelwert liegt [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage].
<b>Integrales Risikomanagement</b>	Systematisches Vorgehen beim Schutz vor Naturgefahren in einem Kreislauf von Vorbeugung, Bewältigung und Regeneration [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage].
<b>IST-Zustand</b>	Aktueller Zustand des Entwässerungssystems unter Berücksichtigung der aktuellen Einzugsgebiete und deren entwässerungstechnischen Kennwerte und der vorhandenen Siedlungsentwässerungsinfrastruktur.
<b>Jährlichkeit</b>	Als Jährlichkeit wird in den Geo- und Ingenieurwissenschaften die Wiederkehrwahrscheinlichkeit von Naturereignissen bezeichnet. Gemessen wird in 1/z («pro Jahr») oder in Zeiteinheiten, dann spricht man auch von Wiederkehrintervall. Der Begriff ist wichtig für die Abschätzung von Extremereignissen und deren Folgen [ergänzt aus VSA Glossar, Homepage].

<b>Kanalinduzierte Überflutung</b>	Zustand, bei dem Abwasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten kann und entweder auf der Oberfläche verbleibt oder von der Oberfläche her in Gebäude eindringt [EN 752 (2017)].
<b>Kanalisationsnetz</b>	Alle Bauwerke zur Ableitung von Abwasser (inkl. Regenabwasser) innerhalb des Siedlungsgebietes [VSA Glossar].
<b>Klimasignal</b>	Beschreibt die Auswirkung des heutigen bzw. zukünftigen Klimas auf die Siedlungsentwässerung (generell: ein System). Der Klimawandel (steigende Temperaturen, Veränderungen im Niederschlag und von Wetterextremen) bedeutet eine Veränderung des Klimasignals.
<b>Langzeitkontinuumssimulation</b>	Langzeitsimulationen basierend auf dem gesamten Niederschlagskontinuum aus einer Serie kontinuierlich aufgezeichneter historischer Regendaten mehrerer Jahre.
<b>Langzeitseriensimulation</b>	Langzeitsimulationen basierend auf einer Folge von spezifisch ausgewählten Einzelregen. Die Stichprobe der Einzelregen wird so ausgewählt, dass durch die Reduktion der Rechenzeit abflusseitig keine wichtige Information verloren geht.
<b>Langzeitsimulation (LZS)</b>	Mit der Langzeitsimulation wird der Abflussprozess in Entwässerungssystemen, der sich aus einer Folge von Einzelregen ergibt, mathematisch nachgebildet. (Quelle: ATV (1999)). Anmerkung: Langzeitsimulation ist ein Oberbegriff zu den Begriffen Langzeitseriensimulation und Langzeitkontinuumssimulation.
<b>Oberflächenabfluss</b>	Oberflächenabfluss ist Regenabwasser, das besonders bei starken Niederschlägen nicht versickert und über das offene Gelände abfließt und so Schäden verursachen kann [BAFU, SVV, VKG (2018)]. <u>Hinweis:</u> In der vorliegenden Empfehlung wird mit dem Begriff "Oberflächenabfluss" auch das aus der Kanalisation austretende und an der Oberfläche abfließende Abwasser, also eine "kanalinduzierte Überflutung", berücksichtigt. Nicht berücksichtigt ist eine Überflutung aus einem Gewässer.
<b>Planungszustand</b>	Zielzustand des Entwässerungssystems unter Berücksichtigung der zukünftigen Siedlungsentwicklung (Bestimmung der künftigen Einzugsgebiete und deren entwässerungstechnischen Kennwerte) und der zukünftigen / optimierten Siedlungsentwässerungsinfrastruktur. Synonym für Prognose-Zustand.
<b>Rechenmodell</b>	Kombination aus Datenmodell und Berechnungsmethoden (Niederschlag-Abfluss-Modell)
<b>Regenwasser / Regenabwasser</b>	Unter Regenwasser versteht man das Wasser, welches bei einem Niederschlagsereignis auf eine Oberfläche fällt. Solange es nicht abfließt und direkt versickert, gilt es als Regenwasser. Sobald es nicht direkt versickert, sondern zuerst über eine bebaute oder befestigte Fläche abfließt, gilt es als Regenabwasser [VSA Wiki, Homepage]. Synonym von Niederschlagswasser/ Niederschlagsabwasser.
<b>Regenereigniskatalog</b>	Repräsentative Regenereignisse mit bestimmter Regen-Charakteristiken, wie maximale Intensität über eine Dauerstufe. Verwendung für Langzeitseriensimulationen.
<b>Risiko</b>	Im weiteren Sinn: Möglichkeit, dass aus einem Zustand, Umstand oder Vorgang ein Schaden entstehen kann (a). Im engeren Sinn: Grösse und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens (b) [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage]. <u>Hinweis:</u> In der Empfehlung wird unterschieden zwischen dem qualitativen Risiko (Schadensausmass wird qualitativ hinsichtlich der betroffenen Schutzgutklassen bewertet) und quantitativem Risiko (Schadensausmass wird monetär bewertet).
<b>Rückstauenebene</b>	Niveau, unterhalb dem in der Grundstücksentwässerung besondere Massnahmen gegen Rückstau zu treffen sind [DIN 4045 (2016)].



	Die höchste Ebene, bis zu der das Abwasser in einer Entwässerungsanlage ansteigen kann. Es wird unterschieden zwischen errechneter bzw. maximal möglicher Rückstauenebene (i.d.R. Strassenniveau) [SN 592 000 (2012)].
<b>Schadensausmass</b>	Grösse eines Schadens in Bezug auf seine Ausdehnung, den Grad der Zerstörung und die damit verbundenen Folgen für Mensch und Umwelt [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage].
<b>Schadenslinie</b>	Wasserstand, ab welchem Schäden an einer Liegenschaft entstehen können. Die Schadenslinie ist dabei abhängig von der Konstruktion der Liegenschaft und deren Entwässerungs- bzw. Objektschutzmassnahmen und nicht vom Kanalisationsnetz.  <u>Hinweis:</u> Die Schadenslinie wird als rechnerische Prüfgrösse für den Überstau verwendet. Sie wird für jede GEP-Überarbeitung im Bereich zwischen Rohrscheitel und Terrain festgelegt. Ohne konkrete Nennung gilt die Terrainoberkante.
<b>Schadenspotenzial</b>	Grösse des möglichen Schadens im betrachteten Gefahrengebiet [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage].
<b>Schutzgüter</b>	Personen und erhebliche Sachwerte für die gemäss minimalen Standards des BAFU (2020a) die Betroffenheit sowie das Risiko für gravitative Naturgefahren zu ermitteln sind.
<b>Sonderobjekt</b>	Objekt mit einem besonders grossen Schadenpotenzial [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage].
<b>Sturzflut</b>	Plötzlich auftretendes Hochwasser mit einer hohen Abflussspitze [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage].
<b>Überflutung durch Niederschlagswasser</b>	Oberflächenabfluss, der nicht in ein Entwässerungssystem eintritt [EN 752 (2017)].
<b>Überlastfall</b>	Ereignis, bei welchem die Schutzmassnahmen gemäss gewählten Schutzziele nicht ausreichen. Der Überlastfall zeigt die Grenzen der Schutzwirkung auf [BAFU (2020b)].
<b>Überschreitungshäufigkeit</b>	Häufigkeit, mit welcher ein bestimmter Belastungszustand erreicht oder überschritten wird
<b>Überflutung</b>	Vorübergehende Bedeckung einer Landfläche ausserhalb des Gewässerbettes mit Wasser und häufig auch mit Feststoffen [TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage]. Synonym von Überschwemmung
<b>Überstau</b>	Belastungszustand der Kanalisation, bei dem der Wasserstand ein definiertes Bezugsniveau (= Schadenslinie) überschreitet.
<b>Vollausbau (kurz Voll)</b>	Übergangszustand des Entwässerungssystems unter Berücksichtigung der zukünftigen Siedlungsentwicklung (Bestimmung der künftigen Einzugsgebiete und deren entwässerungstechnischen Kennwerte) und der vorhandenen Siedlungsentwässerungsinfrastruktur.
<b>Wassergefahren</b>	Überflutung, Übermuring, Ufererosion, Oberflächenabfluss, Grundwasseraufstoss, Kanalisationsrückstau (ergänzt aus [BAFU (2020b)]).
<b>Wet-Spot</b>	Begriff aus dem englischen Hot-Spot abgeleitet, der Orte beschreibt, in denen potenziell ein erhöhtes Risiko von Schäden durch Oberflächenabfluss besteht. Diese werden im Rahmen der Grundlagenanalyse identifiziert und analysiert.

# 1 EINFÜHRUNG

## 1.1 Ausgangslage und Übersicht

Die vorliegende Empfehlung beschreibt eine Methodik für eine gesamtheitliche hydraulische Beurteilung der Entwässerung des Siedlungsgebietes unter der Berücksichtigung des Umgangs mit Oberflächenabfluss. Dabei liegt der Fokus auf dem Kanalisationsnetz, dem Oberflächenabfluss in Siedlungsgebieten sowie der Schnittstellen.

Die neue Empfehlung führt die Methode des **integralen Risikomanagements**, welche im Bereich der Naturgefahren etabliert ist, in der Siedlungsentwässerung ein. Dabei werden Gefahren und Schadenspotentiale analysiert und bewertet. Dies gelingt durch die Definition **differenzierter Schutzziele** in Abhängigkeit verschiedener Schutzgutklassen (Sachwerte, Nutzungen) und durch die gemeinsame Betrachtung der Abflussprozesse im Kanalisationsnetz und des Oberflächenabflusses. Daraus sollen optimale Massnahmen zur Vorbeugung, wie auch zur Begrenzung der Risiken eines Ereignisses definiert werden.

Mit dem beschriebenen Ansatz wird der Standard für die Beurteilung in der Siedlungsentwässerung den technischen Entwicklungen angepasst. Die Methodik beruht auf **hydrodynamischen Simulationen** für die Modellierung des Kanalisationsnetzes und des Oberflächenabflusses.

Oberflächenabfluss bei Starkregenereignissen ist eine Naturgefahr und führt immer wieder zu erheblichen Schäden. Die Siedlungsentwässerung stellt einen wichtigen Akteur im Entstehen von und im Umgang mit Oberflächenabfluss dar. Das bei Starkregen an der Oberfläche zufließende Wasser kann zu überlasteten Kanalisationsleitungen und Rückstau in die Liegenschaften führen. Es können aber auch freie Kapazitäten in der Kanalisation zur Ableitung von Oberflächenabfluss genutzt und auf diese Weise Schäden an der Oberfläche vermieden oder abgeschwächt werden. Schliesslich kann durch den Austritt von Abwasser aus der Kanalisation (**kanalinduzierte Überflutung**) Oberflächenabfluss entstehen. Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Empfehlung alle Quellen und Ursachen, die zu Überflutungen und Abfluss von Wasser an der Oberfläche führen, als Oberflächenabfluss bezeichnet.

Für die **hydraulische Überprüfung des Entwässerungssystems** (Kanalizationsnetz) stehen mittlerweile langjährige Niederschlagsaufzeichnungen von 30 oder mehr Jahren zur Verfügung. Die vorliegende Empfehlung sieht eine Überprüfung anhand der Eintrittshäufigkeit eines Ereignisses in der Kanalisation vor. Diese Überprüfung erfolgt anhand einer Langzeitsimulation, respektive mit einem repräsentativen Regenereigniskatalog. Aufgrund der langjährigen Aufzeichnungen besteht kein Bedarf für die weitere Verwendung von Modellregen oder historischen Einzelregenereignissen. Ein Paradigmenwechsel wird mit diesem Ansatz vollzogen: Die Überprüfung erfolgt anhand der Ergebnishäufigkeit (Wasserstand in der Kanalisation) und nicht anhand eines Dimensionierungsregenereignisses mit einer definierten Jährlichkeit.

Die **Überprüfung bezüglich des Umgangs mit Oberflächenabfluss** verlangt eine Betrachtung mittlerer bis seltener Regenereignisse (Jährlichkeiten zwischen 30 und 300 Jahren). Die Aufzeichnungsdauer der **Regendaten** ist noch nicht ausreichend lang, um historische Regendaten für die Überprüfung verwenden zu können. Darum wird in dieser Empfehlung für die Überprüfung bezüglich kanalinduzierter Überflutungen und Oberflächenabfluss auf Modellregen basierend auf aktuellen Extremwertanalysen zurückgegriffen.

Zur Überprüfung des Umgangs mit **Oberflächenabfluss** werden zwei Methoden beschrieben. Die **Grobanalyse** basiert auf der bestehenden Gefährdungskarte Oberflächenabfluss und wird im Rahmen des GEP durchgeführt. Die **Detailanalyse** sieht eine 2D-Modellierung des Oberflächenabflussprozesses vor, um auf Grundlage von Intensitätskarten eine Risikoabschätzung vornehmen und konkrete Massnahmen planen zu können.

## 1.2 Ziele der Empfehlung

Die Empfehlung verfolgt die folgenden Ziele:

- Umsetzung eines risikobasierten Ansatzes zur Beurteilung und Dimensionierung der Siedlungsentwässerung
- Integrale Betrachtung des Kanalisationsnetzes und des Oberflächenabflusses
- Definition einer schweizweit einheitlichen Methodik zur Verwendung von Regendaten

- Schaffung der Grundlagen für eine integrale Massnahmenplanung und einer damit verbundenen effiziente Ressourcenverwendung

### 1.3 Anwendungsbereich und Verweise auf Normen und Richtlinien

Die vorliegende Empfehlung beschreibt die Methodik zur hydraulischen Überprüfung von Entwässerungssystemen und zum Umgang mit Oberflächenabfluss im Siedlungsgebiet. Der Begriff Entwässerungssystem beinhaltet in der vorliegenden Empfehlung die primären Abwasseranlagen (PAA) [VSA Wegleitung Daten der Siedlungsentwässerung, Homepage]. Für die Überprüfung oder Dimensionierung von weiteren Anlagen der Siedlungsentwässerung wird auf die in **Tabelle 1** aufgelisteten Normen und Richtlinien verwiesen.

Die Inhalte der Kapitel 2-5 werden in der Regel im Rahmen der Generellen Entwässerungsplanung erarbeitet. Dafür ist das Musterpflichtenheft des VSA [VSA (2010)] oder das überarbeitete Dokument (voraussichtlicher Titel: GEP Leitfaden) ausschlaggebend.

In der vorliegenden Empfehlung wird mit dem Begriff "Oberflächenabfluss" auch das aus der Kanalisation austretende und an der Oberfläche abfliessende Abwasser, also eine "kanalinduzierte Überflutung", berücksichtigt. Verantwortlichkeiten für die Umsetzung von Massnahmen und deren Finanzierung wird im Teil Aufgabenwahrnehmung (in Bearbeitung) beschrieben.

Die vorliegende Empfehlung dient sowohl Ingenieurbüros als auch kantonalen Fachstellen und Werkinhabenden als Hilfsmittel für die hydraulische Beurteilung der Siedlungsentwässerung.

**Tabelle 1**  
Verweis auf andere Normen, Richtlinien und Empfehlungen

	Norm / Richtlinie
<b>Liegenschaftsentwässerung</b>	SN 592 000 VSA Empfehlung Grundstücksentwässerung
<b>Strassenentwässerung</b>	Richtlinie ASTRA 18005 Dokumentation ASTRA 88002 VSS – 40 650 VSS – 40 353 VSS – 40 361
<b>Bahnanlagenentwässerung</b>	Richtlinien Entwässerung von Eisenbahnanlagen, BAV, BAFU
<b>Überlaufbauwerke (Regenbecken und -überläufe)</b>	VSA Richtlinie « Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter »
<b>Kanalisationen</b>	SIA 190
<b>Versickerungs- und Retentionsanlagen</b>	VSA Richtlinie « Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter »
<b>Gravitative Naturgefahren</b>	Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT «Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren», ARE 2005 «Kantonale Risikoübersichten für gravitative Naturgefahren» BAFU 2020 «Einwirkungen auf Tragwerke» SIA 261/1

### 1.4 Methodik und Begriffe

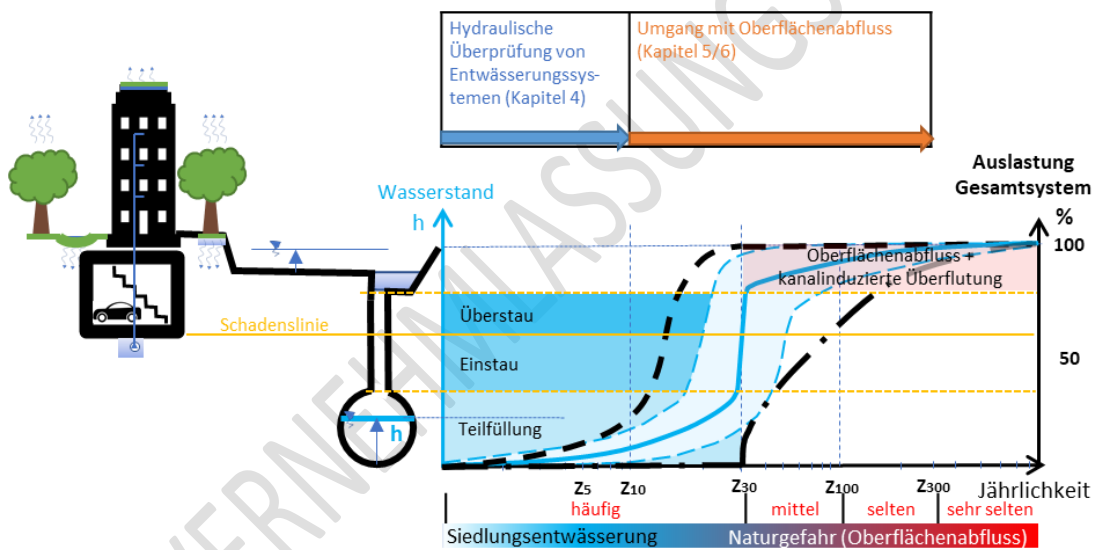
Für die hydraulische Überprüfung des Kanalisationsnetzes ist der Wasserstand das relevante Bezugsniveau. Der Wasserstand im Kanalisationsnetz, ab welchem Schäden auf einer Liegenschaft verursacht werden können, wird als **Schadenslinie** bezeichnet. Wie häufig der Wasserstand bei Regenereignissen in der

Kanalisation diese Schadenslinie überschreiten darf, wird in der Schutzzieldefinition (Kapitel 2) bestimmt. Ein Überschreiten der Schadenslinie wird als **Überstau** bezeichnet. Erreicht der Wasserstand das Niveau des Terrains, tritt Abwasser aus der Kanalisation aus. Dieses Austreten von Abwasser wird als **kanalinduzierte Überflutung** bezeichnet.

Die **Überprüfung des Entwässerungssystems** erfolgt anhand einer hydrodynamischen Simulation (Kapitel 4). Die Überprüfung der Gefahren durch Oberflächenabfluss kann anhand einer **Grobanalyse** (Kapitel 5) qualitativ erfolgen. Für relevante Orte muss eine **Detailanalyse** (Kapitel 6) erfolgen, welche auf einer modellgestützten Analyse basiert und die Grundlagen für eine Risikobetrachtung schafft.

In der Realität treten verschiedenste Interaktionen zwischen dem Kanalnetz und dem Oberflächenabfluss auf. Auf Stufe eines Entwässerungssystems können diese Interaktionen nicht vollumfänglich in ein Modell überführt und quantifiziert werden. In vielen Fällen ist eine entkoppelte Modellierung und Analyse des Überstaus in einem Entwässerungssystem, der Überflutung aus dem Entwässerungssystem und des Oberflächenabflusses möglich oder sogar sinnvoll. Für spezifische Fragestellungen und räumlich abgegrenzte Gebiete können dann detaillierte Grundlagen zu den Schnittstellen erhoben und gekoppelte Kanalisationsnetz-Oberflächenabflussmodelle verwendet werden. Damit wird ermöglicht, eine auf die Problemstellung angepasste integrale hydraulische Beurteilung des Entwässerungssystems und des Oberflächenabflusses durchzuführen. Die vorliegende Empfehlung basiert aus diesem Grund auf einer Methodik für die Verwendung von entkoppelten Modellgrundlagen. Die Resultate werden unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen und Abgrenzungen qualitativ zusammengetragen und es erfolgt eine integrale Massnahmenplanung.

In **Abb. 2** wird der Zusammenhang zwischen dem Kanalisationsnetz und dem Oberflächenabfluss aufgezeigt.



**Abb. 2**  
Funktionsbeispiel bezüglich der gängigen GEP-Praxis. Linien: blau = Wasserspiegel h, Punkt-Strich = prozentuale Überflutung, Gestrichelt = prozentuale Kanalauslastung.

## 1.5 Zusammenfassung des Vorgehens und der Inhalte der Empfehlung

Das generelle Vorgehen und die jeweiligen Schnittstellen zwischen den einzelnen Arbeitsschritten sind in **Abb. 3** dargestellt. In den folgenden Abschnitten werden die Inhalte der Kapitel kurz beschrieben und der Zusammenhang aufgezeigt.

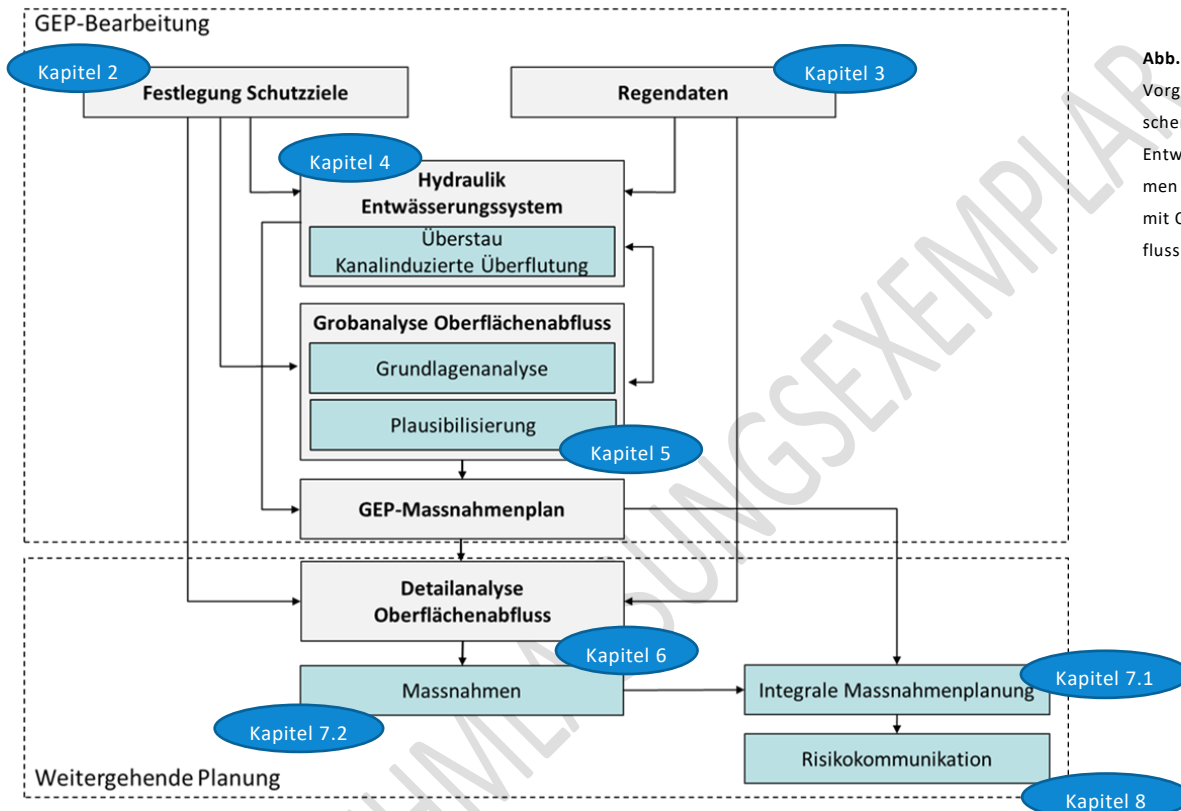
Die Grundlage der gesamtheitlichen Beurteilung des Entwässerungssystems und zum Umgang mit Oberflächenabfluss bildet die Festlegung der **Schutzziele** (Kapitel 2). Diese erfolgt übergeordnet für das Entwässerungssystem und den Oberflächenabfluss.

Die **hydraulische Überprüfung des Entwässerungssystems** erfolgt anhand der festgelegten Schutzziele und mit geeigneten Regendaten (Kapitel 3). Der neue Ansatz setzt eine Simulation mit einer Regenserie voraus (Langzeitsimulation). Anstelle einer Langzeitsimulation mit einer historischen Regenserie kann ein für die Regenserie repräsentativer **Regenereigniskatalog** verwendet werden (Kapitel 3.5.6).

Im Rahmen der **Grobanalyse** (Kapitel 5) werden alle relevanten und vorhandenen Grundlagen bezüglich des Oberflächenabflusses zusammengetragen. Der Fokus liegt dabei auf der Definition der Wet-Spots (Orte, welche durch kanalinduzierte Überflutung oder Oberflächenabfluss betroffen sind).

In der **Detailanalyse** erfolgt eine genauere Untersuchung des Oberflächenabflusses (Kapitel 6). Darin werden Methoden für die Modellierung beschrieben. Zudem wird eine Methodik beschrieben, mit der der Oberflächenabfluss für kleine, natürliche Einzugsgebiete (< 1 km<sup>2</sup>) abgeschätzt werden kann.

Eine Bearbeitung der Oberflächenabflussthematik kann im Rahmen einer GEP-Bearbeitung/Überarbeitung erfolgen. Die Methodik der Grob- und Detailanalyse kann aber auch unabhängig von einer GEP-Bearbeitung bei Fragestellungen zum Oberflächenabfluss angewendet werden.



**Abb. 3**  
Vorgehen zur hydraulischen Überprüfung von Entwässerungssystemen und zum Umgang mit Oberflächenabfluss.

## 2 SCHUTZZIELE

### 2.1 Vorgehen

Die Schutzziele stützen sich auf eine Einteilung der Schutzgüter anhand ihres Schadenpotenzials. Das Schutzziel wird für die verschiedenen Überprüfungen (hydraulische Überprüfung des Entwässerungssystems, Dimensionierung von Kanalisationen, Umgang mit Oberflächenabfluss) pro Schutzgutklasse festgelegt (vgl. Kapitel 2.3 bis 2.5). Dabei können die Schutzziele für Neubauten und bestehende Bauten unterschiedlich gewählt werden. Die Festlegung der Schutzziele erfolgt im interdisziplinären Team bestehend aus GEP-Ingenieur/GEP-Ingenieurin, Betreibenden, Werkeigentümern und Werkeigentümerinnen, Gemeinde, Politik (Gemeinderat, etc.), den zuständigen kantonalen Fachstellen und evtl. regionalen Führungsstäben.

### 2.2 Schutzgutklassen

#### 2.2.1 Zuordnung nach Nutzungsart von Gebäuden und Flächen

Die Einteilung der Schutzgüter in Schutzgutklassen sorgt für eine transparente Priorisierung der zu treffenden Massnahmen. Zusätzlich wird eine qualitative Kosten-/Nutzen-Abwägung, basierend auf Klassen und nicht auf Einzelobjekten, ermöglicht.

Es werden die Schutzgutklassen gemäss **Tabelle 2** empfohlen.

Die qualitative Zuordnung in die Klassen 1-3 erfolgt anhand der Nutzungsart von Gebäuden und Flächen und des damit verbundenen Schadenspotenzials.

Schutzgutklassen		Schadenspotenzial
Klasse 1	Freiflächen, Verkehrswege	Gering
Klasse 2	Wohngebiete / Kleingewerbe ohne zu Wohn- oder Gewerbe-zwecken genutzten Untergeschossen	Mässig
Klasse 3	Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete, Wohngebiete mit zu Wohn- oder Gewerbe-zwecken genutzten Untergeschossen	Hoch
Klasse 4	Sonderobjekte / kritische Infrastruktur / sensible Nutzungen	Sehr hoch

**Tabelle 2**

Die Schutzgüter werden gemäss ihrem Schadenspotenzial in vier Schutzgutklassen eingeteilt.

#### 2.2.2 Individuelle Schutzgutklassen

Bei der Ereignisbewältigung, bei sensiblen Nutzungen oder zum Schutz besonderer Schutzgüter sind partiell höhere Anforderungen zu stellen, da Schäden seltener akzeptiert werden können. Sonderobjekte der Klasse 4 sind in jedem Fall objektspezifisch zu bestimmen.

Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) definiert kritische Infrastrukturen, die besonders schutzwürdig sind (vgl. Begleitdokumentation). Gemäss dieser gehören zu den Sonderobjekten:

- Gebäude, Anlagen und Einrichtungen, in denen sich viele, in ihrer Bewegung eingeschränkte oder schwer zu evakuierende Personen aufhalten (z.B. Spitäler, Schulen, Heime, Gefängnisse)
- Einrichtungen mit der Funktion der Personenrettung (Feuerwehr, Einsatzzentrale, Krisenstab)
- Einrichtungen mit einer essenziell wichtigen und versorgungsrelevanten Funktion (Trinkwasser, Strom, Gas, ARA)
- Gebäude, Anlagen und Einrichtungen, an denen grosse umweltrelevante Folgeschäden auftreten können (z.B. Störfallbetriebe, Lager gefährlicher Stoffe)
- Gebäude, Anlagen und Einrichtungen, bei denen bereits bei Ereignissen mit einer geringen Intensität grosse finanzielle Schäden zu erwarten sind (z.B. Telefonzentralen, ARA)

## 2.3 Kriterien für die Überprüfung von Entwässerungssystemen

Die Schadenslinie wird als rechnerische Prüfgrösse für den Überstau verwendet. Sie wird für jede GEP-Überarbeitung im Bereich zwischen Rohrscheitel und Terrain festgelegt. Ohne konkrete Nennung gilt die Terrainoberkante.

Die Festlegung der zulässigen Häufigkeit von Überstau in Schächten (Wasserstand höher als die Schadenslinie) erfolgt zu Beginn der Bearbeitung einer Generellen Entwässerungsplanung (GEP) spezifisch für jedes (parzellenscharfe) Einzugsgebiet. In der **Tabelle 3** ist eine empfohlene Bandbreite für die rechnerisch maximal zulässige Häufigkeit für Überstau in Abhängigkeit der Schutzgutklasse angegeben. Dabei können für Mischabwasser- und Regenabwasserkanalisationen unterschiedliche zulässige Häufigkeiten festgelegt werden. Die Gefährdung durch potentiellen Wasseraustritt bei starken Regenereignissen wird im Zusammenhang mit dem Oberflächenabfluss (Kapitel 5) untersucht. Schächte mit potenziellem Wasseraustritt stellen Wet-Spots dar (vgl. Kapitel 5.2.2) und werden mittels einer hydrodynamischen Simulation mit einem starken Regenereignis (vgl. Kapitel 3.5.7) ermittelt und im Rahmen der Grobanalyse im Feld plausibilisiert (vgl. Kapitel 5.3).

Schutzgutklasse		Überstau*	Kanalinduzierte Überflutung
		Häufigkeit [einmal in z Jahren]	
<b>Klasse 1</b>	Freiflächen, Verkehrswege	2-3	Berechnung mit Starkregenereignis (vgl. Kap 3.5.7) zur Definition von Wet-Spots
<b>Klasse 2</b>	Wohngebiete / Kleingewerbe ohne zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzten Untergeschossen	3-10	
<b>Klasse 3</b>	Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete, Wohngebiete mit zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzten Untergeschossen	5-10	
<b>Klasse 4</b>	Sonderobjekte / kritische Infrastruktur / sensible Nutzungen	10-20**	

**Tabelle 3**

Empfohlene Bandbreite für die zulässigen Überschreitungshäufigkeiten für die Defizitanalyse und Massnahmenprüfung

### Hinweise:

\*Die Häufigkeiten für Überstau gelten nicht für Düker und Drosselstrecken, wo sich Abflüsse unter Druck einstellen. Die zulässigen Einstauhöhen sind dort durch den Betreiber des Kanalisationsnetzes festzulegen.

\*\*Eine Überprüfung für Ereignisse mit einer grösseren Jährlichkeit als 10 Jahre ist derzeit noch nicht möglich. Dafür sind längere Messzeitreihen erforderlich (vgl. Tabelle 8 in Kapitel 3.5.2).

## 2.4 Kriterien für die Dimensionierung von Kanalisationen

Für die Dimensionierung von GEP-Massnahmen und Erschliessungsplanungen sind Dimensionierungsdurchflüsse erforderlich. Aus Kostengründen kann es sinnvoll sein, diese ohne Überflutungsprüfung her-zuleiten. Dafür wird nachfolgendes Vorgehen empfohlen:

- Die Häufigkeit des Dimensionierungsdurchflusses wird für jede Leitung anhand der zugewiesenen Schutzgutklasse und der dafür zulässigen Überschreitungshäufigkeit für den Überstau definiert (vgl. **Tabelle 4**). Der Dimensionierungsdurchfluss wird empirisch aus den Ergebnissen der Langzeitsimulation bzw. der Berechnung mittels Regenereigniskatalog ermittelt und entspricht dem Durchfluss mit Häufigkeit z.
- Die Kanalisation leitet den Dimensionierungsdurchfluss im Freispiegelabfluss und ohne Rückstau ab [SIA 190 (2017)].

Schutzgutklasse		Dimensionierungsdurchfluss mit Häufigkeit [1-mal in z Jahren]
<b>Klasse 1</b>	Freiflächen, Verkehrswege	2-3
<b>Klasse 2</b>	Wohngebiete / Kleingewerbe ohne zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzten Untergeschossen	3-10
<b>Klasse 3</b>	Stadtzentren, Industrie und Gewerbegebiete, Wohngebiete mit zu Wohn- oder Gewerbebezwecken genutzten Untergeschossen	5-10
<b>Klasse 4</b>	Sonderobjekte / kritische Infrastruktur / sensible Nutzungen	10-20*

**Tabelle 4**

Empfohlene Bandbreite für Häufigkeiten von Dimensionierungsdurchflüssen pro Schutzgutklasse, die der Dimensionierung von Kanalisationen ausserhalb von Liegen-schaften zu Grunde gelegt werden.

\*Eine Überprüfung für Ereignisse mit einer grösseren Jährlichkeit als 10 Jahre ist heutzutage noch nicht möglich. Dafür sind längere Messzeitreihen erforderlich.

## 2.5 Kriterien für Oberflächenabfluss und 2D-Überflutungsberechnungen

In (gekoppelten) hydrodynamischen Überflutungsmodellen liegen neben Angaben zur Landnutzung und zu sensiblen Nutzungen auch berechnete Zeitreihen zu Fliesstiefen und Fliessgeschwindigkeiten vor. Diese ermöglichen das potenzielle Schadensausmass oder die Gefährdung der Schutzgüter in Beziehung zu Fliesstiefen und Intensitäten zu setzen.

Intensitätsklasse	Einwirkung	Fliesstiefe h [m]	oder	Intensität (Fliesgeschwindigkeit $v * \text{Fliesstiefe } h$ ) [m <sup>2</sup> /s]
Schwache Intensität	Schwach	$h \leq 0.5$		$v * h \leq 0.5$
Mittlere Intensität	Mittel	$0.5 < h \leq 2.0$		$0.5 < v * h \leq 2.0$
Starke Intensität	Stark	$h > 2.0$		$v * h > 2.0$

**Tabelle 5**  
Intensitätsklassen zur Beurteilung der Betroffenheit durch Überflutungen gemäss [SIA 261.1 (2020)]

Das Vorgehen für die Wahl der Regenereignisse wird in Kapitel 3.6 beschrieben. Die zu Beginn definierten Schutzgutklassen werden mit den Ergebnissen aus der Simulation verglichen. Um Defizite abzuleiten, konkretisiert **Tabelle 6** die Beziehung zwischen Schutzgutklasse und Eintretenswahrscheinlichkeit der jeweiligen Intensitätsklasse (vgl. **Tabelle 5**).

Schutzgutklasse		Schadenspotenzial	Häufigkeit (einmal je z Jahre)		
			Schwache Intensität	Mittlere Intensität	Starke Intensität
<b>Klasse 1</b>	Kleingärten	Gering	zulässig	>30	>100
	Parks, Grünflächen				
	Verkehrswege				
<b>Klasse 2</b>	Wohngebäude ohne für Wohn- oder Gewerbezwecken genutztes Untergeschoss	Mässig	>30	>100	>300
	Einstellhallen (<500 m <sup>2</sup> )				
	Einzelhandel, Kleingewerbe				
<b>Klasse 3</b>	Wohnbebauung mit für Wohn- oder Gewerbezwecke genutztes Untergeschoss	Hoch	>100	>300	Nicht zulässig
	Industrie, Gewerbe				
	Einstellhallen (>500 m <sup>2</sup> )				
	Schule, Hochschule, Tageschule				
<b>Klasse 4</b>	KiTa, Spital, Alters- und Be- tagtenzentren, Gefängnis	Sehr hoch	Fallweise festlegen		
	Einsatzzentralen,				

**Tabelle 6**  
Zulässige Eintretenshäufigkeiten von Oberflächenabfluss inkl. kanalinduzierter Überflutung in Abhängigkeit der Schutzgutklassen und Intensitätsklassen (ergänzt aus [DWA M 119 (2016)] und in Anlehnung an Schutzzielmatrix Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren, [ARE (2005)]).



Feuerwehr, Rettungssach- sen von Feuerwehr, Polizei und Rettungsdienst
Energieversorgung, Tele- kommunikation, Wasser- versorgung, ARA
Zugang zu öffentlichen Un- tergeschossen (aussen), Unterführungen
Störfallbetriebe, Lagerflä- chen für gefährliche Stoffe

VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

# 3 REGENDATEN

## 3.1 Vorgehen

Die hydraulische Überprüfung von Entwässerungssystemen erfolgt basierend auf der Ergebnishäufigkeit von Resultaten aus hydrodynamischen Simulationen. Relevant sind die Ergebnisse des maximalen Wasserstandes in Schächten und des maximalen Durchflusses in Leitungen während eines Regenereignisses. Dafür wird nicht mehr ein Modellregen eingesetzt, sondern ein Regenereigniskatalog, welcher eine Regenserie mit einer Länge von 20 – 40 Jahren repräsentiert. Der in der vorliegenden Empfehlung beschriebene Ansatz basiert auf der Anwendung von historischen Regendaten. Der Ansatz berücksichtigt aber die Möglichkeit, dass in Zukunft geeignete synthetische Regendaten für die hydraulische Überprüfung von Entwässerungssystemen verwendet werden können.

## 3.2 Vorhandene Regendaten in der Schweiz

### Historische Regendaten

In der Schweiz gibt es verschiedene Betreiber von Regemesstationen. Aufgrund der Anforderungen an die Datenqualität und die Aufzeichnungsdauer sind i.d.R Daten von folgenden Institutionen relevant:

- MeteoSchweiz
- Private professionelle Meteodatendienstleister
- Kantonale Fachstellen
- Gebäudeversicherungen

Im Einzelfall können aber auch weitere Regendaten aus anderen Quellen Anwendung finden. Zu verwendende Regendaten müssen auf die Datenqualität und Vollständigkeit geprüft sein (Kapitel 3.4). Die Daten der MeteoSchweiz-Messtationen sind geprüft. Bei der Verwendung von Regendaten aus anderen Quellen ist mit dem Eigentümer der Daten zu klären, ob geprüfte Daten vorliegen. Eine Regendatenprüfung muss nach dem Stand der Technik und durch ausgewiesene Fachpersonen erfolgen.

Radardaten sind in der Schweiz von MeteoSchweiz vorhanden. Auch decken die Radardaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) einen Teil der Schweiz ab. Die Qualität der Rohdaten hinsichtlich Verwendung in der Siedlungsentwässerung ist zurzeit nicht ausreichend. Eine Korrektur auf physikalische Effekte ist für die Verwendung in der Niederschlags-Abfluss-Modellierung erforderlich [Krämer et al (2009)].

### Metadatenbank Regendaten

Der VSA hat 2016 das Projekt "Meta-Daten zu Niederschlagsmessstationen – Datensammlung" lanciert. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine Meta-Datenbank der bestehenden Niederschlagsmessstationen aufgebaut. Die Datenbank gibt einen raschen Überblick über die in der Schweiz vorhandenen Niederschlagsmessstationen, die jeweiligen Betreibenden, die Verfügbarkeit und die Auflösung der Regendaten. Die eigentlichen Regendaten sind in der Datenbank nicht enthalten und die Qualität der Messdaten wird nicht beschrieben.

Die Meta-Datenbank ist auf der Homepage des VSA aufgeschaltet [Metadatenbank Regendaten VSA, Homepage] und wird durch den VSA betrieben und laufend ausgebaut.

### Synthetische Regendaten

Zurzeit existiert in der Schweiz noch kein Werkzeug für die synthetische Generierung von geeigneten Regendaten für die Siedlungsentwässerung. Forschungsarbeiten dazu sind in Gange [Cook (2021)]. Sobald für die Schweiz ein stochastischer Regengenerator für die Erstellung synthetischer Regendaten für die Siedlungsentwässerung vorhanden ist, können diese Regendaten anstelle der historischen Messdaten verwendet werden. Der Vorteil von synthetischen Regendaten besteht darin, dass räumlich und zeitlich hochaufgelöste Regendaten generiert werden können. Auch ist es möglich zukünftige Gegebenheiten, wie z.B. ein zukünftiges Klimasignal, zu berücksichtigen.

## 3.3 Anwendung von Regendaten in der Siedlungsentwässerung

In der vorliegenden Empfehlung wird die Methodik für die Bereitstellung der geeigneten Regendaten für die Validierung/Kalibrierung von Kanalnetzmodellen (Kapitel 4.4.2), für die Überprüfung von Entwässerungssystemen (Kapitel 4), die Vordimensionierung von Kanalisationen (Kapitel 2.4) und für die Modellierung von Oberflächenabfluss (Kapitel 6) beschrieben.

Für die Validierung/Kalibrierung von Kanalnetzmodellen werden Einzelregenereignisse verwendet.

Für die hydraulische Überprüfung von Entwässerungssystemen werden Regenserien oder Regendatenkataloge bestehend aus starken historischen Regenereignissen verwendet. Die Überprüfung der Leistung des Entwässerungssystems erfolgt anschliessend basierend auf der Ergebnishäufigkeit (Wasserstand, Durchfluss). Die Methodiken für die Auswertung der Ergebnisse sind in Kapitel 4.5 beschrieben. Wichtig zu beachten ist, dass bei der Anwendung von Regenserien oder eines Regendatenkatalogs in der hydrodynamischen Simulation andere Auswertungsmethoden angewendet werden als bei der Verwendung von Modellregen.

Für die Modellierung von Oberflächenabfluss muss auf Modellregen basierend auf Extremwertanalysen zurückgegriffen werden, weil die Mess- und Aufzeichnungsdauer noch nicht ausreichend lang ist.

	Grundlage	Ergebnisse
<b>Validierung / Kalibrierung von Kanalnetzmodellen</b>	Einzelereignisse von lokalen Messstationen	Durchfluss und Wasserstand für jedes Regenereignis
<b>Überprüfung von Entwässerungssystemen: Hydrodynamische Modelle</b>	(Regenserie) / Regenereigniskatalog	Durchfluss und Wasserstand für jedes Regenereignis (Maximalwerte, Ganglinien)
<b>Oberflächenabflussmodellierung</b>	Modellregen basieren auf Extremwertanalysen	Abflussmengen, Fliesstiefen und -geschwindigkeiten
<b>Vordimensionierung von Kanälen bei Neubau</b>	Dimensionierungsdurchfluss = Durchfluss mit Jährlichkeit z	Durchfluss (Maximalwert)

**Tabelle 7**  
Empfehlung für die Verwendung von Regendaten für unterschiedliche Anwendungen und daraus resultierende Ergebnisse.

Für die Strassenentwässerung, die Dimensionierung und Überprüfung von Sonderbauwerken/ Einzelanlagen wird die Verwendung von Regendaten nach entsprechenden Normen oder Richtlinien empfohlen. Einen Überblick gibt **Tabelle 1** in Kapitel 1.3.

### 3.4 Prüfung der Regendaten

#### 3.4.1 Übersicht

Für die Berechnungen verwendete Regenereignisse dürfen keine falschen Messdaten enthalten. Sie sind mitunter die wichtigste Inputgrösse und sind für den Umfang und die Kosten von erforderlichen Massnahmen entscheidend.

Niederschlagsmessungen können aus verschiedenen Gründen (Fehlfunktion z.B. durch Verstopfung, ungeheizte Messinstrumente bei Schnee, Sammelmessungen bei manuellen Beobachtungen) falsche Niederschlagsdaten aufzeichnen. Generell wird empfohlen, nur Stationen mit geheizten Niederschlagsmessern zu verwenden. Ungeheizte Geräte können insbesondere im Winter deutliche Messdefizite im Vergleich mit geheizten Gebern aufweisen. Auch können Zeitreihen Inhomogenitäten aufweisen, z.B. bei der Verschiebung einer Station oder bei einem Wechsel des Instrumenten-Typs. Die Überprüfung der Regendaten ist aufwändig und selten definitiv. Sie hängt von der Nutzung der Daten ab. Wird beispielsweise eine Extremwertanalyse beabsichtigt, genügt es, die monatlichen Maxima zu überprüfen. Wird eine Analyse beabsichtigt, die das ganze Spektrum der Daten verwendet, müssen auch kleine Werte überprüft werden.

Im Folgenden wird zuerst der Ansatz der MeteoSchweiz für die Qualitätssicherung der Regendaten kurz beschrieben und dann eine Empfehlung für die Prüfung und Bereinigung von weiteren Zeitreihen gemacht. Dieser Ansatz ist eine Empfehlung und hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

#### 3.4.2 Qualitätsprüfung der Regendaten an der MeteoSchweiz

Die Niederschlagsdaten werden mit sogenannten harten und weichen Limiten verglichen. Wird das harte Limit verletzt, wird der Messwert entfernt. Wird das weiche Limit verletzt, wird der Messwert manuell überprüft. Dies geschieht auf der Basis von Tagessummen, da das Messnetz hier am dichtesten ist (inkl. manuelle Niederschlagsstationen) und somit unabhängige Informationen zur Verfügung stehen. Insbesondere wird damit auch die räumliche Plausibilität geprüft.

#### Harte Limiten

Physikalisch unmögliche Werte werden automatisch entfernt. Insbesondere darf der Messwert auf der 10-Minuten-, stündlichen und täglichen Dauerstufe nicht negativ sein. Die maximale 3-Monats-Summe darf ebenfalls nicht Null sein. Ferner darf ein Niederschlagsmesswert auf der 10-Minuten- (stündlichen; täglichen) Dauerstufe 80mm (350mm; 900mm) nicht überschreiten. Ausserdem müssen die Niederschlagswerte mit der gemessenen Sonnenscheindauer konsistent sein.

#### **Weiche Limiten**

Ist an einer Station eine Zeitreihe genügend lang, wird mit der Rekordwertliste verglichen. Es werden pro Monat die 10 höchsten (und plausiblen) Messwerte verwendet. Wenn keine Rekordwertliste vorhanden ist, wird die Rekordwertliste einer ähnlichen Station verwendet.

Niederschlagssummen werden als verdächtig gekennzeichnet, wenn in einem Monat Werte gemessen werden, die grösser als der zehnte grösste Rekordwert sind.

#### **3.4.3 Empfehlung für Extremwertanalysen: Überprüfung der Maxima**

Bei der Überprüfung der Niederschlagsmesswerte mit Blick auf eine Extremwertanalyse sind sowohl anomal grosse Werte als auch sehr kleine Maximalwerte über längere Zeit (z. B. über einen Monat) zu entfernen. Beide können die Analyse verfälschen.

Der saisonale Zyklus der monatlichen Maxima gibt Auskunft darüber, ob einzelne Messwerte für die Jahreszeit ausserordentlich sind. Zu diesem Zweck eignen sich monatliche Boxplots der monatlichen Maxima. Ferner empfiehlt es sich, die Zeitreihen der monatlichen Maxima darzustellen, um sonstigem fehlerhaftem Verhalten auf die Spur zu kommen. Das gleiche Prinzip kann für den 10-Minuten oder täglichen Niederschlag angewendet werden.

In folgend genannten Fällen ist eine detaillierte Überprüfung der Messwerte erforderlich:

- Erscheinen monatliche Maxima, die dem saisonalen Verlauf nicht folgen oder z.B. konstante Werte aufweisen, sind diese zu überprüfen. Generell sind im Winter stündliche Niederschlagssummen über 10 mm/h zu überprüfen. Eventuell können Radardaten herangezogen werden, oder die fraglichen Werte können mit denjenigen von Nachbarstationen verglichen werden.
- Sind die monatlichen Maxima gleich 0, sollten diese ebenfalls überprüft werden, insbesondere wenn es mehrere Monate betrifft. Die kleinen Werte können eine wichtige Rolle bei der Bestimmung der Parameter in der Extremwertstatistik spielen.

Wird ein Wert entfernt, sollte die Überprüfung wiederholt werden, da ein Monatsmaximum einen anderen anomalen Wert verstecken kann.

### **3.5 Regendaten für die Überprüfung von Entwässerungssystemen**

#### **3.5.1 Übersicht**

Bei den Messdaten der Niederschlagsmessstationen handelt es sich um Punktmessungen. Es gibt kein standardisiertes Werkzeug für eine Regionalisierung der Messdaten. Somit existiert keine Definition für ein Gebiet, für welches eine Messstation repräsentativ ist. Die Auswahl der Niederschlagsmessstation mit möglichst ähnlicher Regencharakteristik für die hydraulische Überprüfung oder die Vordimensionierung soll anhand eines Vergleichs der Wiederkehrwertdiagramme (auch Frequenz-Diagramm oder return level plot genannt) des 60-minütigen Regens erfolgen.

Bei diesem Vorgehen handelt es sich um einen pragmatischen Ansatz. Das Verhalten der Extreme für eine Dauerstufe ist ähnlich, respektive es kann nicht nachgewiesen werden, dass sich die Extreme anders verhalten. Deshalb kann für subtägliche Dauerstufen (10-Minuten bis 2 Stunden) die Niederschlagsmessstation aufgrund des Vergleichs der Wiederkehrwerte des 60-minütigen Regens ausgewählt werden.

Beim Vorgehen für die Auswahl der geeigneten Niederschlagsmessstation ist zu unterscheiden, ob eine lokale Niederschlagsmessstation (mit einer zu kurzen Zeitreihe oder nicht den Anforderungen genügenden Auflösung der Messintervalle) vorhanden ist oder nicht. Wenn keine lokale Messstation zu Verfügung steht, sollen die Wiederkehrwertdiagramme für den 60-minütigen Regen aus dem Hydrologischen Atlas der Schweiz [Hydromaps, Homepage] verwendet werden. Stehen lokale Regendaten zur Verfügung, kann anhand von berechneten Wiederkehrwerten für unterschiedliche Dauerstufen die geeignete Regenmessstation ausgewählt werden. Für die Auswahl der geeigneten Messstation und insbesondere bei Unsicherheiten soll eine ausgewiesene Fachperson beigezogen werden.

### 3.5.2 Anforderungen an die Auflösung, Aufzeichnungsdauer und räumliche Repräsentativität

Als Grundlage für die hydrodynamische Modellierung müssen geeignete Messstationen ausgewählt werden. Vorausgesetzt wird, dass eine ausreichend lange Zeitreihe von Messdaten vorhanden ist und die Regendaten in einer hohen Auflösung verfügbar sind.

#### Auflösung

Die Mess-/Aufzeichnungsintervalle müssen 10 Minuten oder kleiner sein.

#### Aufzeichnungsdauer

Die mindestens notwendige Aufzeichnungsdauer der Regendaten ist abhängig von der zu überprüfenden Überstau- oder Überflutungshäufigkeit. In **Tabelle 8** ist die empfohlene Mindestdauer der Regenzeitreihe für unterschiedliche Jährlichkeiten der Überprüfung der Überstau- / Überflutungshäufigkeit angegeben. In einem Einzugsgebiet werden in Abhängigkeit der Schutzgutklasse für die Überprüfung unterschiedliche Häufigkeiten für das Auftreten von Überstau und Überflutung definiert (vgl. **Tabelle 3**). Die Mindestdauer der Regenzeitreihe soll anhand des seltensten Wertes der Überstauhäufigkeit festgelegt werden.

Überstauhäufigkeit [einmal in z Jahren]	Mindestdauer der Regenzeitreihe [Jahre]	<b>Tabelle 8</b> Empfohlene Richtwerte zur Mindestdauer von Regenzeitreihen mit einer Dauerstufe von 10 Minuten * In der Schweiz sind heute keine Regenreihen mit Aufzeichnungsdauer > 50 Jahre vorhanden.
1-2	10	
3	15	
5	20	
10	30	
20	50*	
30	80*	

#### Räumliche Repräsentativität

In Einzugsgebieten, welche sich bezüglich Regencharakteristik unterscheiden, können für die hydraulische Überprüfung des Entwässerungssystems mehrere Messstationen für die Analyse herangezogen werden. Dabei erfolgt eine räumliche Zuordnung von Teilgebieten zur passenden Messstation.

### 3.5.3 Validierung/Kalibrierung von Kanalnetzmodellen

Die Validierung oder Kalibrierung von Kanalnetzmodellen (Kapitel 4.4.2) erfolgt anhand vorhandener Messdaten (Durchflüsse, Wasserstand) und im gleichen Zeitraum aufgezeichneten historischen Regenereignissen. Die historischen Regenereignisse sind aus Messdaten von lokalen Niederschlagsmessstationen oder temporär aufgestellten Messgeräten auszuwählen. Für eine zeitlich und örtlich repräsentative Regenmessung wird ein Niederschlagsmesser pro 3 bis 5 km<sup>2</sup> Einzugsgebietsfläche empfohlen [KA (2007)].

Für die Auswahl der geeigneten Niederschlagsmessstationen gelten folgende Kriterien:

- Es ist die für das Gebiet des Kanalnetzmodells repräsentativste Niederschlagsmessstation zu verwenden. Für grosse Einzugsgebiete sind mehrere Niederschlagsmesser zu verwenden.
- Die verwendeten Messdaten müssen geprüft sein.
- Geeignet ist eine Auflösung von 10 Minuten oder kleineren Messintervallen.

### 3.5.4 Vorgehen für die Auswahl der Niederschlagsmessstation ohne lokale Regendaten

Die Auswahl erfolgt basierend auf der 60-minütigen Wiederkehrwerten des Niederschlags aus dem Hydrologischen Atlas [Hydromaps, Homepage]. Dafür werden die Wiederkehrwerte am Standort des zu überprüfenden Entwässerungssystems und die Wiederkehrwerte der Standorte der Niederschlagsmessstationen in der Nähe verwendet.

Die zur Auswahl führenden 3 Teilschritte sind nachfolgend beschrieben und anhand eines Beispiels illustriert.

1. Wiederkehrwerte (Median) für die Wiederkehrperioden von 2 – 50 Jahren mit Konfidenzintervallgrenzwerten am Standort des zu überprüfenden Entwässerungssystems herauslesen und graphisch darstellen
2. Wiederkehrwerte (Median) der Wiederkehrperioden von 2 – 50 Jahren für die Rasterzelle der umgebenden Niederschlagsmessstationen (welche den Anforderungen an die Länge und Auflösung der Aufzeichnungsdauer entsprechen) herauslesen und graphisch darstellen.
3. Auswahl der Niederschlagsmessstation, welche die ähnlichsten Wiederkehrwerten hat. Die Wiederkehrwerte für die Jährlichkeiten zwischen 2 und 30 Jahren müssen innerhalb der Konfidenzintervalle der Wiederkehrwertkurve am Standort des zu überprüfenden Entwässerungssystems aufweisen.

**Beispiel**

Für das Gebiet der Gemeinde Ermatingen wird die geeignetste Niederschlagsmessstation mit einer ausreichend langen Datenreihe und Auflösung gesucht. Die nächstgelegenen MeteoSchweiz Messstationen sind Güttingen, Tänikon und Schaffhausen.

1. Wiederkehrwerte für die 60-minütige Niederschlagssumme für den Standort Ermatingen herauslesen und graphisch darstellen.
2. Wiederkehrwerte für die Rasterzellen der MeteoSchweiz Messstationen Aadorf-Tänikon, Güttingen und Schaffhausen herauslesen und graphisch darstellen.

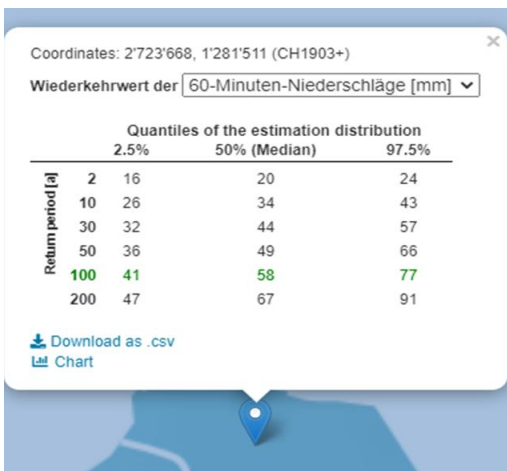


Abb. 4: Wiederkehrwerte Ermatingen

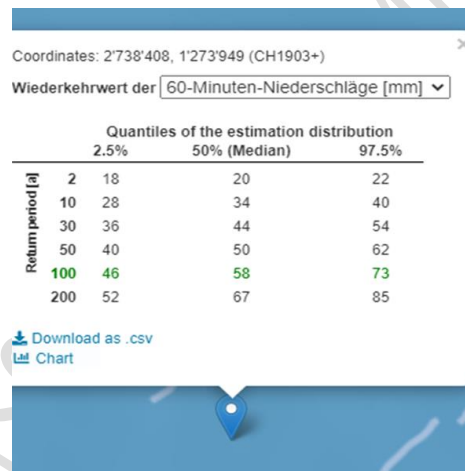


Abb. 5: Wiederkehrwerte der Rasterzellen der MeteoSchweiz Messstationen (Bsp. Aadorf-Tänikon)

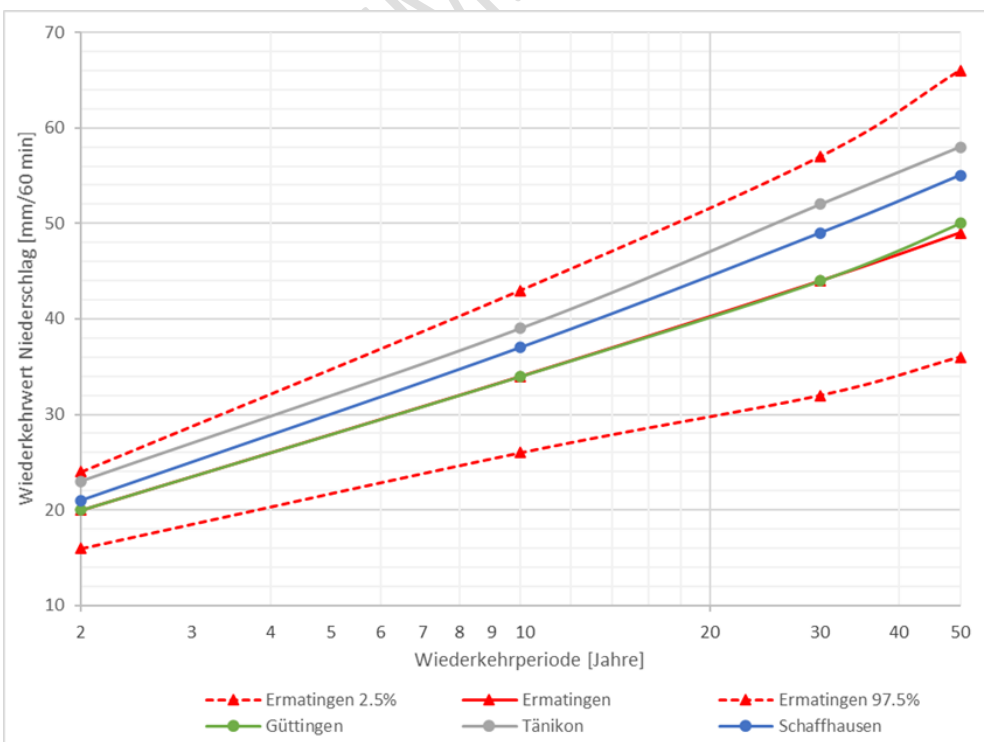


Abb. 6: Wiederkehrdiagramm (Basis: 60-minütiger Niederschlag) basierend auf den Daten der Rasterzellen des Standortes Ermatingen und der Standorte der MeteoSchweiz Messstationen Güttingen, Tänikon und Schaffhausen

3. Auswahl der geeigneten Niederschlagsmessstation: Der Vergleich der Wiederkehrkurven zeigt, dass die Wiederkehrwerte der Messstationen von Güttingen und Tänikon und Schaffhausen innerhalb des Konfidenzintervalls der Wiederkehrwertkurve von Ermatingen liegen. Die Wiederkehrwerte für Güttingen sind am ähnlichsten, wie jene von Ermatingen. Folglich wird die Niederschlagsmessstation Güttingen ausgewählt.

Bei Unsicherheiten bei der Auswahl der geeigneten Niederschlagsmessstation soll eine ausgewiesene Fachperson beigezogen werden.

### 3.5.5 Vorgehen für die Auswahl der Niederschlagsmessstation mit lokalen Regendaten

Wenn Daten einer lokalen Niederschlagsmessstation über eine ausreichend lange Messzeitdauer aber mit einer nicht den Anforderungen genügenden Auflösung der Messintervalle vorhanden sind, kann die Auswahl der Niederschlagsmessstation anhand der Extremwertanalyse der 60-minütigen Niederschlagssummen erfolgen.

Die zur Auswahl führenden 5 Teilschritte sind nachfolgend beschrieben.

1. Durchführung einer Extremwertanalyse mit den lokalen Regendaten zur Bestimmung der Wiederkehrwerte für eine Dauerstufe (z.B. 60 Minuten). Als Leitfaden kann die DWA-A 531 verwendet werden.
2. Mit den berechneten Wiederkehrwerten der lokalen Regendaten für die Wiederkehrperioden von 2 – 50 Jahren (und ev. für unterschiedliche Dauerstufen) ein Wiederkehrdiagramm zeichnen.
3. Wiederkehrwerte für die entsprechenden Dauerstufen für die Wiederkehrperioden von 2 – 50 Jahren aus den Extremwertanalysen von MeteoSchweiz [Klima Extreme, Homepage] oder aus dem hydrologischen Atlas [Hydromaps, Homepage] herauslesen und darstellen.
4. Auswahl der Niederschlagsmessstation, welche die ähnlichsten Wiederkehrwerte für Jährlichkeiten zwischen 2 und 30 Jahren wie jene der lokalen Regendaten aufweist.
5. Abgleich der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe berechnet aus den Messdaten der lokalen Messstation und der ausgewählten Messstation für die hydraulische Überprüfung. Bei einer grösseren Abweichung der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe ist die Datenqualität der lokalen Messstation oder die Auswahl der geeigneten Messstation zu hinterfragen. Es empfiehlt sich eine Fachperson beizuziehen.

### 3.5.6 Regenereigniskatalog

#### 3.5.6.1 Ersatz der Seriensimulation durch einen Regenereigniskatalog

Für die Überprüfung von Entwässerungssystemen basierend auf der Häufigkeit des Eintretens definierter Ergebnisse (maximaler Durchfluss und Wasserstand) ist eine hydrodynamische Kontinuumsimulation (Langzeitsimulation) erforderlich. Für die Überprüfung relevant sind jedoch nur die höchsten Wasserstände und grössten Durchflüsse aus mehreren Jahren. Diese werden durch die stärksten Regenereignisse verursacht. Somit kann eine Auswahl der stärksten Regenereignisse für die Simulation getroffen werden, ohne dass in Bezug auf die Systemüberprüfung Informationen verloren gehen. Damit kann der erhebliche Rechenaufwand einer Langzeitseriensimulation umgangen werden. Da die Jährlichkeit des Regens jedoch nicht der Ergebnishäufigkeit eines bestimmten Durchflusses oder Wasserstandes entspricht, muss eine Auswahl von Regenereignissen für die hydraulische Berechnung verwendet werden. Die Gesamtheit der Auswahl stellt den Regenereigniskatalog dar.

#### 3.5.6.2 Definition des Regenereigniskatalogs

Kritische Abflusszustände bezüglich Auslastung der Leitungen und Wasserstand in den Schächten werden sowohl von kurzen Starkregen mit hoher Intensität als auch von lang andauernden Regen mit grossen Wassermengen hervorgerufen. Insbesondere bei längeren Fliesszeiten im Netz sind für die Überstau-/Überflutungsprüfung Regenereignisse mit unterschiedlicher Dauer, maximalen Intensitäten und Niederschlagsvolumen zu verwenden. Kurze intensive Regenereignisse sind massgebend für Anfangshaltungen. In Hauptleitungen hingegen sind voluminöse Ereignisse entscheidend.

Im Regenereigniskatalog werden historische Regenereignisse ausgewählt, welche die stärksten Regenereignisse hinsichtlich Intensität und Volumen der aufgezeichneten Messreihe repräsentieren. Dabei sollen folgend aufgelistete Kriterien verwendet werden:

- Für eine Regendauer von 10min, 20min, 30min, 1 h, 2 h, 4h werden je die 15 stärksten Regenereignisse ausgewählt (entspricht den Top 15: wird von MeteoSchweiz zur Verfügung gestellt [Hyetogramme, MeteoSchweiz, Homepage]). Die grösste zu verwendende Dauerstufe muss mindestens der massgebenden Fliesszeit bei Regenwetter im Einzugsgebiet entsprechen. In den Top 15 der

verschiedenen Dauerstufen sind teilweise identische Regenereignisse vorhanden. Für die hydraulischen Berechnungen darf jedes Regenereignis nur einmal verwendet werden

- Die Abflussereignisse müssen voneinander unabhängig sein. Somit sind Regenereignisse zu wählen, die zu unabhängigen Abflussereignissen führen. Abflussereignisse sind voneinander unabhängig, wenn der Abfluss wieder seinen Ausgangswert, respektive den Wert bei Trockenwetter erreicht hat.
- Im Minimum sollen 30 Regenereignisse in den Regenkatalog aufgenommen werden. Falls nach der Auswahl gemäss obenstehenden Kriterien nicht 30 unterschiedliche Regenereignisse vorhanden sind, sind die Auswahlkriterien entsprechend zu erweitern (z.B. Verwendung der Top 20 für jede Dauerstufe).
- Wenn in einem Einzugsgebiet für Teilgebiete Regendaten verschiedener Messstationen verwendet werden, bestehen zwei mögliche Vorgehensweisen für die Definition des Regenereigniskatalogs.
  - Wenn die Teilgebiete durch hydraulisch definierte Verhältnisse (z.B. Pumpwerk, Regenbecken) verbunden sind, kann für jedes Teilgebiet der wie obenstehend definiert Regenereigniskatalog verwendet werden. An den Schnittstellen sind die definierten hydraulischen Verhältnisse (z.B. Pumpmenge oder Weiterleitmenge) als Randbedingung anzusetzen.
  - Wenn die Teilgebiete ohne definierte hydraulische Verhältnisse verbunden sind, ist der Regenereigniskatalog für jedes Teilgebiet so anzupassen, dass für das gesamte Einzugsgebiet die gleichen Regenereignisse für die Berechnung verwendet werden.

### 3.5.7 Regendaten für die Definition von Wet-Spots durch kanalinduzierte Überflutung

Kanalinduzierte Überflutungen können bei Starkregenereignissen im Bereich von überlasteten Kanalisationssträngen auftreten. Zusätzlich zur Überprüfung der Schutzziele bezüglich Überstau sollen bei der Überprüfung des Kanalnetzes Schächte identifiziert werden, wo bei Starkregenereignissen potenziell eine Überflutung auftritt. Diese Schächte stellen Wet-Spots dar.

Eine kanalinduzierte Überflutung tritt auf, wenn die Kapazitätsgrenzen des Kanalsystems überschritten werden. Dieser Zustand wird als Überlastfall bezeichnet. Der Überlastfall wird mit einem starken Regenereignis (Wiederkehrperiode > 15 Jahre) simuliert. Dabei wird angenommen, dass alles anfallende Regenwasser in die Kanalisation gelangt und keine Verringerung der Einlaufkapazität z.B. durch verlegte Schächte vorhanden ist. Dies entspricht bezüglich der Auslastung des Kanalnetz dem konservativen Fall, welcher für die Prüfung des Überlastfalls geeignet ist. Für die Auswahl eines geeigneten Regenereignisses bestehen beispielsweise folgende Möglichkeiten:

- Auswahl eines Regenereignisses mit einer Wiederkehrperiode > 15 Jahre für die Dauerstufe von 10 bis 30 Minuten aus den Messdaten der für die Überprüfung des Entwässerungssystems ausgewählten Niederschlagsmessstation.
- Verwendung eines Block- oder Modellregens (z.B. Euler Typ II) mit einer Wiederkehrperiode > 15 Jahre gemäss Extremwertanalysen von MeteoSchweiz [Klima Extreme, Homepage] oder aus dem hydrologischen Atlas [Hydromaps, Homepage].

### 3.6 Regendaten für die Oberflächenabflussmodellierung (Detailanalyse)

Teil einer Detailanalyse ist die Modellierung des Oberflächenabflussprozesses (vgl. Kapitel 6). Dafür sind Regendaten mit einer Wiederkehrperiode von 30 – 300 Jahren erforderlich (vgl. Kapitel 2.5 Schutzziele). Regenereignisse mit einer Wiederkehrperiode von 30 - 300 Jahren können aufgrund der noch zu kurzen Aufzeichnungsdauer nicht aus historischen Regendaten bestimmt werden. Für die Simulationen in Oberflächenabflussmodellen sollen Blockregen mit Wiederkehrwerten aus den Extremwertanalysen von MeteoSchweiz [Klima Extreme, Homepage] verwendet werden [Bernet, et al., (2018)]. Es wird empfohlen den Median des Wiederkehrwerts für die zu betrachteten Wiederkehrperioden zu verwenden. Dabei können bis zu drei Szenarien mit einer unterschiedlichen massgebenden Regendauer in die Detailanalyse einbezogen werden:

- Gewitterregen: 10-minütige Niederschlagssumme
- Intensiver Regen: stündliche Niederschlagssumme
- Dauerregen: tägliche Niederschlagssumme

### 3.7 Auswirkung des Klimawandels

Die Methodik beruht auf der Verwendung von historischen Regendaten für die Simulation und die Überprüfung von Entwässerungssystemen. Aufgrund von wissenschaftlichen Untersuchungen [Egger et al (Aqua&Gas, 2015), P. Beutler et al (Aqua&Gas, 2018)], die kein erkennbares Klimasignal für die hydraulische Auslegung der Siedlungsentwässerung zeigen, wird vorerst von einer direkten Berücksichtigung des



Klimawandels abgesehen. Somit soll für Kanalnetzsimulationen kein zukünftiges Klimasignal berücksichtigt werden. Dafür sollen robuste Schutzziele festgelegt und resiliente Massnahmen geplant werden.

In anderen Ländern, wie z.B. Dänemark, existieren Empfehlungen, wie die Auswirkungen des Klimawandels in der Überprüfung von Kanalisationen berücksichtigt werden können. Solche Empfehlungen fehlen für die Schweiz. Sobald wissenschaftliche Erkenntnisse über die Auswirkung des Klimawandels für die Auslegung von Entwässerungssystemen vorliegen, kann eine Anpassung der Empfehlung zur Verwendung von Regendaten erfolgen. Das in der vorliegenden Empfehlung beschriebene Vorgehen für die Überprüfung von Entwässerungssystemen kann zukünftig z.B. auch mit synthetischen Regendaten angewendet werden. Bei der Generation von synthetischen Regendaten kann ein zukünftiges Klimasignal berücksichtigt werden.

VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

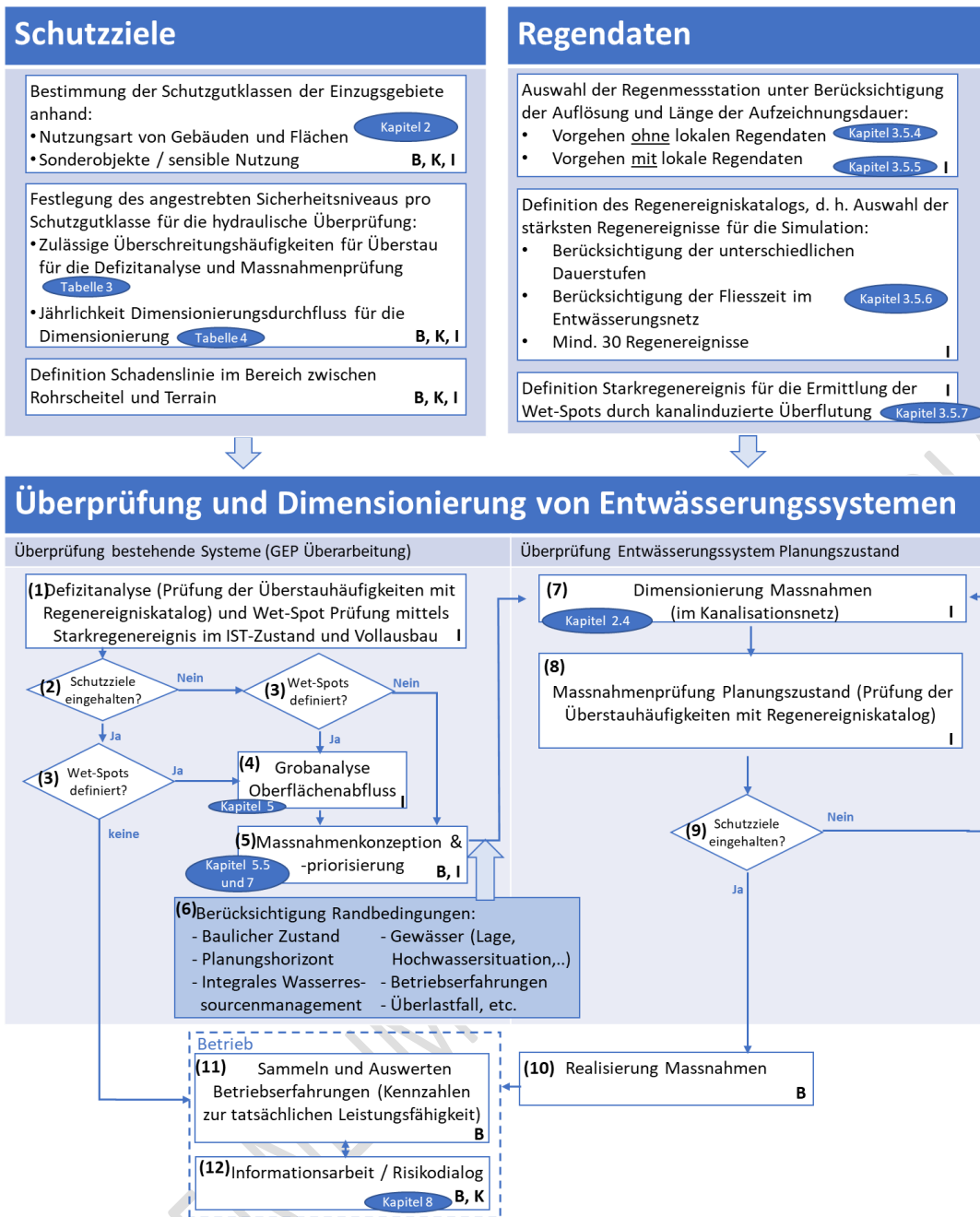
# 4 HYDRAULISCHE ÜBERPRÜFUNG VON ENTWÄSSERUNGSSYSTEMEN

## 4.1 Vorgehen

Das Vorgehen und die Grundlagen für die hydraulische Überprüfung von Entwässerungssystemen ist im nachfolgenden Ablaufschema in **Abb. 7** dargestellt, mit Kurzerläuterungen zu den Planungsschritten. Basis für die Überprüfung ist eine hydrodynamische Kanalnetzsimulation (=Stand der Technik). Die Überprüfung ermöglicht, die Defizite im Kanalnetz hinsichtlich der Schutzziele zu eruieren und Massnahmen festzulegen, welche z.B. in den GEP Massnahmenplan einfließen. Planungsschritte für die Projektierung und Umsetzung der Massnahmen sind nicht Bestandteil dieser Empfehlung. Im Ablaufschema finden sich Verweise auf Kapitel, welche detaillierte Erklärungen zum Vorgehen liefern. Zentrale Begriffe für die Anwendung dieser Empfehlung werden in Kapitel 1.4 definiert. Mit Hilfe von Fallstudien werden zudem konkrete Beispiele zur Anwendung der Schutzzieldefinition aufgezeigt und das Vorgehen für die rechnerische Überprüfung von Entwässerungssystemen erläutert.

VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

## 4.2 Planungsablauf



**Abb. 7**  
Vorgehen bei der hydraulischen Überprüfung von Entwässerungssystemen. Die einzelnen Schritte des Vorgehens werden im Kapitel 4.3 erläutert. Für die Schutzzielbestimmung siehe Kapitel 2. Für die Regendaten siehe Kapitel 3. Die Zuständigkeiten der einzelnen Teilschritte sind wie folgt definiert:  
B = Betreibende / Eigentümer und Eigentümerinnen  
K = Kantonale (Gewässerschutz-) Fachstellen  
I = GEP-Ingenieurin oder GEP-Ingenieur

## 4.3 Kurzerläuterung der Planungsschritte

Die Festlegung des angestrebten Schutzniveaus und die Bereitstellung der Regendaten sind erforderliche Grundlagen für die Überprüfung von Entwässerungssystemen. Diese Grundlagen sind deswegen zu Beginn der Bearbeitung im interdisziplinären Team bestehend aus GEP-Ingenieur/GEP-Ingenieurin, Betreibenden/ Werkeigentümern und Werkeigentümerinnen, Gemeinde, Politik (Gemeinderat, etc.), den zuständigen kantonalen Fachstellen und evtl. regionalen Führungsstäben und den Kantonalen Gebäudeversicherungen festzulegen. Können nach der Massnahmenprüfung die Schutzziele nicht eingehalten werden und kann nach durchgeführter Risikobetrachtung das verbleibende Restrisiko in Rücksprache mit der Gemeinde und der zuständigen kantonalen Fachstelle getragen werden, ist eine Anpassung des Schutzzieles möglich (vgl. auch integrale Massnahmenkonzeption in Kapitel 7.1).

- 1) Die Überprüfung bestehender Systeme (z. B. bei einer GEP-Überarbeitung) beginnt mit der Defizitanalyse, wobei mit Hilfe eines Regenereigniskataloges die Häufigkeiten für Überstau für den IST-

	<p>Zustand und den Vollausbau bestimmt werden. Dabei soll das verwendete hydrodynamische Modell für den IST-Zustand insbesondere bei Netzen mit grossem Wiederbeschaffungswert (&gt;CHF 80 bis 100 Mio.) anhand einer Messkampagne vorgängig validiert werden (vgl. Kapitel 4.4). Zusätzlich soll der Überlastfall mit einem starken Regenereignis für den IST-Zustand und Vollausbau berechnet werden. Damit können Schächte und Kanalisationsabschnitte identifiziert werden, bei welchen potenziell eine kanalinduzierte Überflutung auftritt bzw. ein Rückstau in Gebäude eintritt. Diese Schächte stellen Wet-Spots dar.</p>
2-3)	<p>Die berechneten Überschreitungshäufigkeiten werden anschliessend mit den zulässigen Häufigkeiten gemäss Tabelle 3 verglichen. Dafür wird vorgängig jedem Schacht / jeder Haltung eine Schutzgutklasse entsprechend der Schutzgutklasse der angeschlossenen Einzugsgebiete zugewiesen. Dabei ist bei mehreren angeschlossenen Einzugsgebieten mit unterschiedlichen Schutzgutklasse das Einzugsgebiet mit der höchsten Klasse massgebend.</p> <p>Können die Schutzziele für Überstau überall eingehalten werden und wurden bei der Simulation des Überlastfalls keine Schächte mit potenzieller kanalinduzierten Überflutungen identifiziert (=Wet-Spots), ist die Überprüfung abgeschlossen. Andernfalls ist für definierte Wet-Spots eine Grobanalyse im Rahmen der Oberflächenabflussbetrachtung durchzuführen und eine Massnahmenprüfung angezeigt (vgl. Schritt 4 ff.)</p>
4)	<p>Im Rahmen der Grobanalyse (vgl. Kapitel 5) werden anhand der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss und Beobachtungen aus dem Gebiet Wet-Spots definiert (vgl. Kapitel 5.2.2). Zusätzlich werden die Schächte, welche tatsächlich oder potenziell von kanalinduzierter Überflutung betroffen sind, auch als Wet-Spots aufgenommen.</p> <p>Mit einer Wet-Spot-Plausibilisierung (vgl. Kapitel 5.3) werden u.a. die Fliesswege und Eindringpfade im Falle eines kanalinduzierten Wasseraustritts untersucht, welche stark von den topographischen und sonstigen örtlichen Gegebenheiten abhängig sind. Erst so kann die tatsächliche Betroffenheit von Schutzgütern beurteilt werden bzw. festgestellt werden, ob infolge des Wasseraustritts Schäden zu erwarten sind.</p> <p>In einigen Fällen (vgl. Kapitel 5.4) ist für bestimmte Gebiete eine anschliessenden Detailanalyse (gemäss Kapitel 6) angezeigt. Dafür stehen verschiedene methodische Ansätze (1D-Berechnung, 2D-Simulation des Oberflächenabflusses, gekoppelte 1D/2D-Kanalnetzmodelle, GIS-Analyse der Fliesswege, Statistische Volumenbetrachtung, Strassenprofilmethode, etc.) zur Verfügung, welche mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad und Bearbeitungstiefe durchgeführt werden können (siehe auch Kapitel 6.3).</p>
5-6)	<p>Aufgrund der identifizierten hydraulischen Defizite im bestehenden Entwässerungssystem unter Berücksichtigung der formulierten Entwässerungsziele sind verschiedene Massnahmen zu entwickeln und zu untersuchen (Kapitel 5.5). Eine Übersicht über die verschiedenen Massnahmentypen und Hinweise zur Massnahmenplanung im Kanalisationsnetz und an der Oberfläche (Verzögern, Durchleiten, Objektschutz) findet sich in Kapitel 7. Durch eine gemeinsame Betrachtung des Kanalisationsnetzes und der Oberfläche (hinsichtlich Überlastfall) kann sichergestellt werden, dass Massnahmen koordiniert geplant und umgesetzt werden (Integrale Massnahmenkonzeption).</p> <p>Massnahmen im Kanalisationsnetz können im Rahmen des GEP dimensioniert und im Planungszustand rechnerisch überprüft werden (Schritt 7 ff.), wobei weitere Randbedingungen zu beachten sind (Schritt 6), welche die Massnahmenplanung und Priorisierung beeinflussen können.</p> <p>Alle weiteren Massnahmen an der Oberfläche (Verzögern, Durchleiten, Objektschutz, etc.) bedingen eine an die GEP-Bearbeitung anschliessende Detailanalyse (vgl. Kapitel 6).</p>
7)	<p>Die Dimensionierung von Massnahmen im Kanalisationsnetz erfolgt anhand des aus der Simulation mittels Regenereigniskatalog berechneten Dimensionierungsdurchflusses. Dieser ist abhängig von der definierten Überschreitungshäufigkeit einer Schutzgutklasse gemäss Kapitel 2.4. Dabei soll die Kanalisation beim Dimensionierungsdurchfluss in der Regel nicht unter Druck und ohne Rückstau funktionieren [SIA 190 (2017)].</p>
8-9)	<p>Das angepasste System (Planungszustand) wird nach der Dimensionierung nochmals mit Hilfe einer Simulation mittels Regenereigniskatalog überprüft (Schritt 8), um festzustellen, ob Defizite</p>

	hinsichtlich Überstau vorliegen. Werden die Schutzziele eingehalten (Schritt 9), ist die Prüfung abgeschlossen. Andernfalls sind die Massnahmen anzupassen (Schritt 8).
10)	Nach Abschluss der Überprüfung werden Massnahmen entsprechend ihrer Priorität bautechnisch geplant und umgesetzt (auf Basis der im GEP festgelegten Randbedingungen). Dafür werden für Massnahmen im Kanalisationsnetz der jeweilige Dimensionierungsdurchfluss in Abhängigkeit der Schutzgutklasse als Bemessungsgrösse verwendet.
11)	Die betriebliche Leistungsfähigkeit des Systems soll regelmässig anhand der Dokumentation betrieblicher Störfälle oder Versagenszuständen beurteilt werden. Diese Informationen sind wertvoll für eine künftige Beurteilung des Entwässerungssystems aber auch bei der Priorisierung von Massnahmen (vgl. Hinweise zum Betriebsdatenmanagement liefert die VSA Richtlinie zur integralen Betrachtung ARA-Netz-Gewässer [VSA 202X]).
12)	Die kantonalen Fachstellen, Betreibende sowie Eigentümerinnen und Eigentümer sind angehalten, eine transparente und nachvollziehbare Risikokommunikation zu pflegen und in die Informationsarbeit zu investieren. Dies mit dem Ziel, risikominimierende Nutzungen / Planungen zu fördern bzw. risikohafte Nutzungen / Planungen zu vermindern (vgl. Kapitel 8).

#### 4.4 Anforderungen an die Modellierung

##### 4.4.1 Allgemeines

Modelle für die hydraulische Berechnung von Entwässerungssystemen können die Realität stets nur vereinfacht abbilden. Abweichungen zwischen der effektiven und der berechneten Funktion der Kanalisationsnetze treten durch die Verwendung von Punkt-Niederschlägen aus einzelnen Niederschlagsmessern sowie die Wahl und die Genauigkeit der Eingangsparameter, insbesondere der Einzugsgebietsdaten und Anschlussverhältnisse, auf.

Mit einer Kalibrierung und Validierung wird erreicht, dass ein Berechnungsmodell in einem begrenzten Untersuchungsperimeter für eine klar definierte Aufgabe vertrauenswürdige und sinnvolle Resultate liefert.

Eine **Kalibrierung** beinhaltet immer eine spezifische Anpassung ausgesuchter Modellparameter aufgrund einer Auswertung von Messdaten und einer Sensitivitätsanalyse der Berechnungsergebnisse.

Mit einer **Validierung** wird bestimmt, ob ein Berechnungsmodell für den im spezifischen Fall festgelegten Verwendungszweck hinsichtlich der Anforderungen und Ziele der Untersuchungen sinnvoll genutzt werden kann bzw. wie gross der zu erwartende Fehler der Modellberechnungen ist.

Die **Abflussverhältnisse in den Gewässern** können über die Einleitstellen aus dem Kanalisationsnetz dessen Funktion massgeblich beeinflussen. Im Hochwasserfall kann Wasser aus dem Gewässer über die Ausläufe aus dem Regenabwassersystem oder die Überläufe aus dem Mischabwassersystem in das Kanalnetz gelangen, was zu einer Überlastung des Systems oder im Falle von Mischabwassersystemen sogar zur Beeinträchtigung der ARA-Reinigungsleistung führen kann.

Ob und in welcher Form das Gewässernetz als Randbedingung bei der Modellierung berücksichtigt werden soll, hängt von der konkreten Aufgabenstellung, der Einzugsgebietscharakteristik der Gewässer und des Kanalnetzes sowie den örtlichen Gegebenheiten bei den Einleitstellen (Topografie, Schadenpotenzial) ab. Randbedingungen können beispielsweise in Form von Wasserständen des Gewässers, in welches eingeleitet wird, modelliert werden. Dafür sind in Abhängigkeit der Aufgabenstellung Mittelwasserstände, Hochwasserstände oder bei genügender Datengrundlage sogar kontinuierliche Wasserstandmessungen des Abflusses im Gewässer zu verwenden.

##### 4.4.2 Modellvalidierung

Für verlässliche Planungen müssen Berechnungsmodelle von Kanalisationsnetzen mit Beobachtungen bzw. in bestimmten Fällen mit Messungen am realen System validiert werden, indem geprüft wird, ob der Vergleich zwischen Simulationsresultat und Beobachtung der erwarteten Genauigkeit entspricht. Dabei ist wichtig festzulegen, für welchen Anwendungsfall das zu validierende Modell eingesetzt wird. Ziel der

Validierung ist es, das Vertrauen in die Resultate des Berechnungsmodelles zu stärken, damit dieses über einen längeren Planungszeitraum als sinnvolles Planungsinstrument eingesetzt werden kann.

Für den Entscheid, ob eine Validierung eines Berechnungsmodelles anhand von Messungen im Kanalisationsnetz durchgeführt werden soll, sind die konkrete Aufgabenstellung, die Komplexität und Grösse des Kanalnetzes (und damit des Berechnungsmodelles) sowie der Wert des Kanalisationsnetzes als Kriterien heranzuziehen. Insbesondere wenn grössere Investitionen für bauliche Massnahmen geplant sind, welche konzeptionell mit dem Berechnungsmodell geprüft werden, ist eine Validierung mittels Messungen im Kanalnetz durchzuführen.

Zur Beurteilung werden die folgenden Richtgrössen vorgeschlagen:

- Wiederbeschaffungswert des Kanalisationsnetzes grösser als CHF 80 bis 100 Mio. (entspricht typischerweise Gemeinden mit 7'000-10'000 Einwohnern und Einwohnerinnen [AfU Kanton SO (2021)]).
- Geringe Kosten der Messkampagne im Verhältnis zu den gesamten Planungskosten für den Aufbau und Betrieb des Modells und die Auswertung der Berechnungsergebnisse, d.h. günstiges Kosten- / Nutzenverhältnis der Validierung (ist im Einzelfall mit der Auftraggeberschaft festzulegen).

Für eine Validierung des Berechnungsmodells sind die dazu benötigten Grundlagendaten wie Abflussganglinien an verschiedenen Stellen im Kanalisationsnetz, Maximalabflüsse bei festgelegten Regenereignissen, Volumenbilanzen des Abflusses und Entlastungsaktivitäten von Sonderbauwerken zusammenzutragen und auf ihre Qualität zu prüfen. Im Idealfall können dafür die Daten von fix installierten Messeinrichtungen der Aussenbauwerke und nahegelegener Niederschlagsmessstationen verwendet werden. Falls solche Daten zur Verfügung stehen, empfiehlt es sich in jedem Fall diese Messdaten für eine Validierung auszuwerten, unabhängig von der Netzgrösse bzw. dem Wiederbeschaffungswert. Des Weiteren kann auch mit spezifischen temporären Messkampagnen die Funktion des Kanalisationsnetzes ausreichend bestimmt werden.

Für Berechnungsmodelle von Entwässerungssystemen, welche die oben aufgeführten Kriterien und Richtwerte nicht erfüllen bzw. diese nicht überschreiten, genügt in der Regel eine Validierung aufgrund eines Vergleiches der Resultate der Simulation von Starkregenereignissen mit dem Schadenkataster der Gemeinde und mit Beobachtungen der Betreibenden (kommunaler Werkhof, Unterhaltspersonal des ARA-Verbandes) und der lokalen Wehrdienste.

Entspricht der Vergleich zwischen Simulationsresultat und Beobachtung bzw. Messwerten der erwarteten Genauigkeit, gilt das Kanalisationsnetzmodell als validiert und kann für den vorgesehenen Verwendungszweck eingesetzt werden. Sind die Abweichungen zu gross, sind die Ursachen dazu zu evaluieren. Es ist im Einzelfall zu definieren, welche Modellvereinfachungen oder Modellparameter anzupassen sind, bis eine ausreichende Übereinstimmung zwischen Modellprognose und Beobachtungen bzw. Messungen erreicht wird.

Weitergehende Hinweise zur Prüfung von Berechnungsmodellen sind z.B. im Merkblatt [DWA-M 165-1 (2020 Gelbdruck)] (Stand Entwurf August 2020) zu finden.

## **4.5 Hydrodynamische Simulation mit einem Regenereigniskatalog und Auswertung der Ergebnisse**

### **4.5.1 Anforderungen an die Hydrodynamische Langzeitsimulation**

Die hydrodynamische Simulation erfolgt mit einer gängigen Software zur Berechnung von Kanalisationsnetzen. Der festgelegte Regenereigniskatalog wird für die Simulation verwendet (vgl. Kapitel 3.5.6). Als Simulationstyp soll eine Langzeitsimulation gewählt werden. Auf folgende Punkte ist zu achten:

- Die Simulationsdauer für jedes Regenereignis muss mindestens der längsten massgebenden Fließzeit im Kanalisationsnetz entsprechen.
- Für jedes Regenereignis aus dem Regenereigniskatalog ist in der Resultatdatei die Ausgabe des maximalen Wasserstands in jedem Schacht und des maximalen Durchflusses in einer Leitung erforderlich. In die Auswertung fliessen diese Maximalwerte der Ergebnisse (Durchfluss und Wasserstand) ein.

### **4.5.2 Methodik der Statistischen Auswertung**

Für die statistische Auswertung der Berechnungsergebnisse sind zwei Vorgehensweisen möglich [Verworn (1999)]: die Auszählung der Überschreitung der Schadenslinie oder eine Extremwertstatistik anhand von Verteilungsfunktionen. Für die hydraulische Überprüfung des Entwässerungssystem ist die Anzahl

Überschreitungen der Schadenslinie relevant. Die genaue Jährlichkeit der stärksten Ergebnisse ist sekundär. Daher kann die Methodik der Auszählung der Merkmals-Überschreitung angewendet werden und es ist keine Extremwertstatistik erforderlich. Die Schadenslinie gilt als Merkmal.

#### 4.5.3 Ermittlung der Häufigkeit von Überstau in Schächten

Die Auswertung erfolgt für jeden Schacht anhand der Maximalwasserstände (berechnet mit allen Regenereignissen aus dem Regenereigniskatalog). Durch Auszählen ergibt sich die Anzahl  $x$  der Überschreitungen der festgelegten Schadenslinie. Die jährliche Häufigkeit  $n\ddot{U}$  der Überschreitungen (Überstauhäufigkeit) folgt daraus, indem die Anzahl  $x$  der Überschreitungen durch die Anzahl  $M$  der Jahre dividiert wird. Die Anzahl  $M$  Jahre entspricht der Länge der Regenreihe, aus welcher der Regenereigniskatalog definiert wurde (und nicht der Zeitspanne zwischen dem ältesten und jüngsten Regenereignis aus dem Katalog).

$$\text{Berechnete jährliche Häufigkeit der Überschreitung: } n\ddot{U} = \frac{x}{M}$$

$$\text{Berechnete Häufigkeit von Überstau: } \ddot{U} = \frac{1}{n\ddot{U}}$$

Anhand der berechneten Häufigkeit von Überstau kann festgelegt werden, ob das Schutzziel (zulässige Häufigkeit für Überstau) eingehalten wird.

- Das Schutzziel ist eingehalten: berechnete Häufigkeit für Überstau ( $\ddot{U}$ )  $\geq$  tolerierte Häufigkeit für Überstau
- Das Schutzziel wird verletzt: berechnete Häufigkeit für Überstau ( $\ddot{U}$ )  $<$  tolerierte Häufigkeit für Überstau

Nach Verworn [Verworn (1999)] liefert diese einfache Auswertung ausreichend zuverlässige Aussagen über die jährliche Überstauhäufigkeit, wenn  $x \geq 3$  ist. Diese Randbedingung ist für die Jährlichkeit, für die der Nachweis zu führen ist, immer dann erfüllt, wenn die Mindestdauer der verwendeten Regenreihe nach **Tabelle 8** beachtet wird.

#### 4.5.4 Ermittlung des Dimensionierungsdurchflusses in Leitungen

Für jede Leitung wird ein Dimensionierungsdurchfluss bestimmt. Die Häufigkeit des Dimensionierungsdurchflusses richtet sich nach der entsprechenden Schutzgutklasse (vgl. Kapitel 2.4).

Der Dimensionierungsdurchfluss wird durch eine statistische Auswertung der Maximalwerte des Durchflusses in jeder Leitung (berechnet mit allen Regenereignissen aus dem Regenereigniskatalog) festgelegt. Dafür wird die Jährlichkeit für jeden Durchfluss-Maximalwert von einem Regenereignis (aus dem Regenereigniskatalog) in einer Leitung geschätzt. Zur Berechnung werden die Durchfluss-Maximalwerte der Grösse nach absteigend sortiert. Der grösste Durchfluss hat den Index  $i=1$ . Der kleinste Durchfluss hat den Index  $i=n$ .  $n$  ist gleich der Anzahl Ereignisse des Regenereigniskatalogs. Die Häufigkeit eines Durchflusses wird berechnet, indem die Länge der Regenreihe  $M$  ( $M$  = Länge der Regenreihe, aus welcher der Regenereigniskatalog definiert wurde, in Jahren) durch den Index  $i$  des Durchflusses dividiert wird.

$$\text{Häufigkeit des Durchflusses mit Index } i: P = \frac{M}{i}$$

Diese empirische Berechnung der Häufigkeit eines Durchflusses kann im mittleren Häufigkeitsbereich angewendet werden [Verworn (1999)].

Für jede Leitung wird nun der Dimensionierungsdurchfluss festgelegt. Er entspricht jenem Durchfluss, welcher der festgelegten Häufigkeit gemäss Schutzgutklasse (vgl. 2.4, **Tabelle 4**) entspricht.

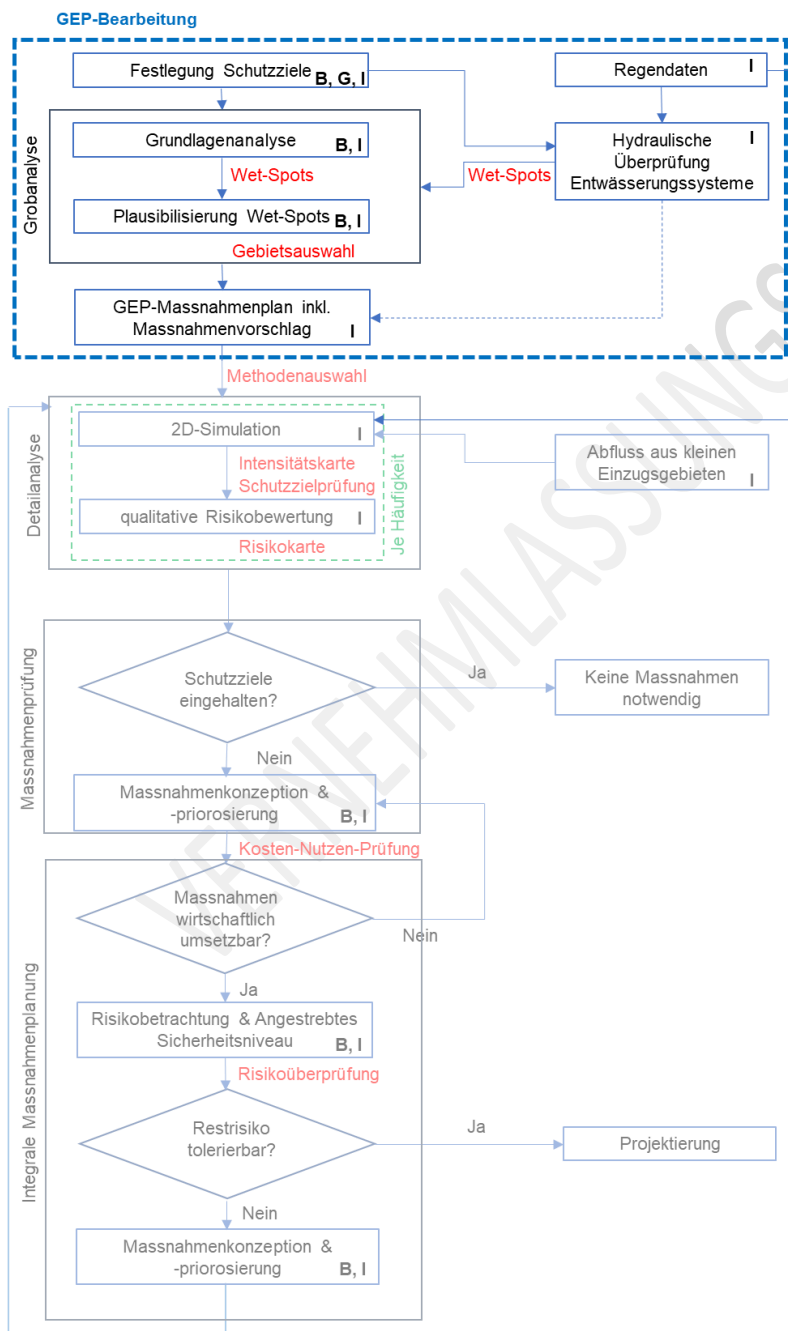
# 5 GROBANALYSE OBERFLÄCHENABFLUSS

## 5.1 Einordnung und Vorgehen

Die Grobanalyse stellt den Teil der GEP-Bearbeitung dar, der sich mit der Gefährdung durch Oberflächenabfluss befasst. Sie kann aber auch unabhängig vom GEP durchgeführt werden. Unter dem Begriff Oberflächenabfluss werden im Rahmen dieser Empfehlung auch kanalinduzierte Überflutungen verstanden. Ziel der Grobanalyse ist es, schutzbedürftige Gebiete und Quartiere zu identifizieren und Massnahmen insbesondere im GEP-Massnahmenplan vorzuschlagen. Bei Bedarf werden diese Massnahmenvorschläge im Rahmen einer Detailanalyse weiter untersucht und konkretisiert.

Der Umfang der Grobanalyse, die Abhängigkeiten zu der hydraulischen Überprüfung des Entwässerungssystems sowie die Zuständigkeiten gehen aus **Abb. 8** hervor und werden nachfolgend näher erläutert.

Im Rahmen dieser Empfehlung wird eine Grobanalyse unter Verwendung der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss empfohlen, vergleiche Kapitel 5.2.1. Darüber hinaus werden in der Begleitdokumentation weitere Methoden und Ansätze erläutert, die abweichend oder ergänzend verwendet werden können.



**Abb. 8**  
Methodisches Vorgehen zur Überprüfung der Gefährdung durch Oberflächenabfluss sowie zur Identifikation von Massnahmen. Die Zuständigkeiten der einzelnen Teilschritte sind wie folgt definiert:  
B = Betreibende / Eigentümer und Eigentümerinnen  
I = GEP-Ingenieur/GEP-Ingenieurin, G = kantonale Fachstelle



## 5.2 Grundlagenanalyse

In der Grundlagenanalyse werden auf Basis vorhandener Daten und Informationen Orte identifiziert, welche tatsächlich oder potenziell von kanalinduzierter Überflutung oder Oberflächenabfluss betroffen sind (**Wet-Spots**). Die identifizierten Wet-Spots sind Grundlage für weiterführende Untersuchungen (Grob- und Detailanalyse) und die Priorisierung der Massnahmen.

Im Rahmen einer Ortsbegehung werden die identifizierten Wet-Spots plausibilisiert (vgl. Kap. 5.3). Unter Berücksichtigung der Schutzziele wird entschieden, ob eine weitergehende Überprüfung notwendig ist.

### 5.2.1 Grundlagen

Folgende Informationen sollten bei der Analyse berücksichtigt werden:

- Amtliche Vermessung (Gebäude, Infrastrukturanlagen)
- Schutzgüter: Gebäude/ Landnutzung/Bauzonen, Kulturgüter, Infrastrukturanlagen
- Einstellhallen, bewohnte oder gewerblich genutzte Untergeschosse
- kritische Infrastruktur (Schulen, Spitäler, ...)
- Sonderobjekte, Pläne Katastrophenschutz, Einsatzplanung
- Bauzonen/ neue Bebauungsgebiete
- Informationen zur Geländeoberfläche (z.B. Höhenlinien, Digitale Geländemodelle wie die Höhenmodelle swisstopo swissALTI3D, swissSURFACE3D, swiss-SURFACE3D Raster)
- Entwässerungssystem (Kanäle, Schächte, Sonderbauwerke, Gewässer/Gräben, Fliessrichtungen)
- Überstau- und Überflutungsberechnungen Entwässerungskanäle (Ermittlung gemäss Vorgehen in Kapitel 4)
- Ereigniskataster (Feuerwehr, Siedlungsentwässerung, Versicherungen, Naturereigniskataster StorMe). Für die Berücksichtigung von Feuerwehreinsätzen sollten relevante, stattgefundene Starkregenereignisse ausgewählt werden. Die Auswahl der Ereignisse kann beispielsweise anhand der Extremwertstatistik einer nahegelegenen Regenstation erfolgen. Eine andere Möglichkeit ist, nur die Ereignisse zu berücksichtigen, die zu mehreren Feuerwehreinsätzen geführt haben (keine Einzeleinsätze).
- Naturgefahrenkarten hinsichtlich Wassergefahren
- Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (BAFU) und ggf. kantonale Gefährdungskarten.

Die **Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (BAFU)** bildet keine kanalinduzierten Überflutungen ab und basiert zum Teil auf vereinfachenden Annahmen. Nähere Informationen dazu sind dem Technischen Bericht zur Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zu entnehmen [geo7 (2018)].

Die Karte wurde 2018 veröffentlicht und eine Aktualisierung der Karte ist bisher nicht vorgesehen. Ihre Inhalte sind somit zwingend mit aktuellen Daten der Amtlichen Vermessung zu vergleichen. Änderungen in der Bebauung sind bei der weiteren Betrachtung und Bewertung zwingend zu berücksichtigen.

### 5.2.2 Wet-Spots-Identifikation

**Wet-Spots** sind Orte, welche potenziell von Oberflächenabfluss oder kanalinduzierter Überflutung betroffen sind. Konkret sind damit beispielsweise (Teil-) Gebiete gemeint,

- in denen bewohnte Gebäude und Arbeitsstätten **potenziell betroffen** sind,
- in denen Einstellhallen **potenziell betroffen** sind,
- in denen in der Vergangenheit wiederholt und/oder gehäuft Schäden eingetreten sind beziehungsweise Feuerwehreinsätze erfolgten,
- in denen eine sensible Nutzung von Flächen und Gebäuden erfolgt bzw. kritische Infrastrukturanlagen **potenziell betroffen** sind,
- in denen sich Unterführungen insbesondere entlang vielbefahrener Strassen und entlang von Einsatzstrecken befinden,
- sowie Siedlungsränder mit Zuflüssen von Oberflächenabfluss aus natürlichen Einzugsgebieten oder Gebiete, wo Oberflächenabfluss in die Kanalisation eindringt.

Darüber hinaus können vom interdisziplinären Team weitere Kriterien definiert werden.

Die Identifikation der Wet-Spots erfolgt überlagernd, belastungsunabhängig (ohne Berücksichtigung einer Ereignishäufigkeit) und kartographisch, beispielsweise in einem Geografischen Informationssystem (GIS). Informationen zu Nutzungen und Strukturen, Ereignissen sowie Infrastrukturanlagen werden auf dem Gemeindegebiet dargestellt und ggf. verschnitten. Anhand der räumlich überlagerten Informationen und unter Berücksichtigung der zuvor definierten Kriterien lassen sich Wet-Spots lokalisieren und eingrenzen. Die Identifikation der Wet-Spots in einem Einzugsgebiet setzt sich im Allgemeinen aus drei Schritten zusammen:

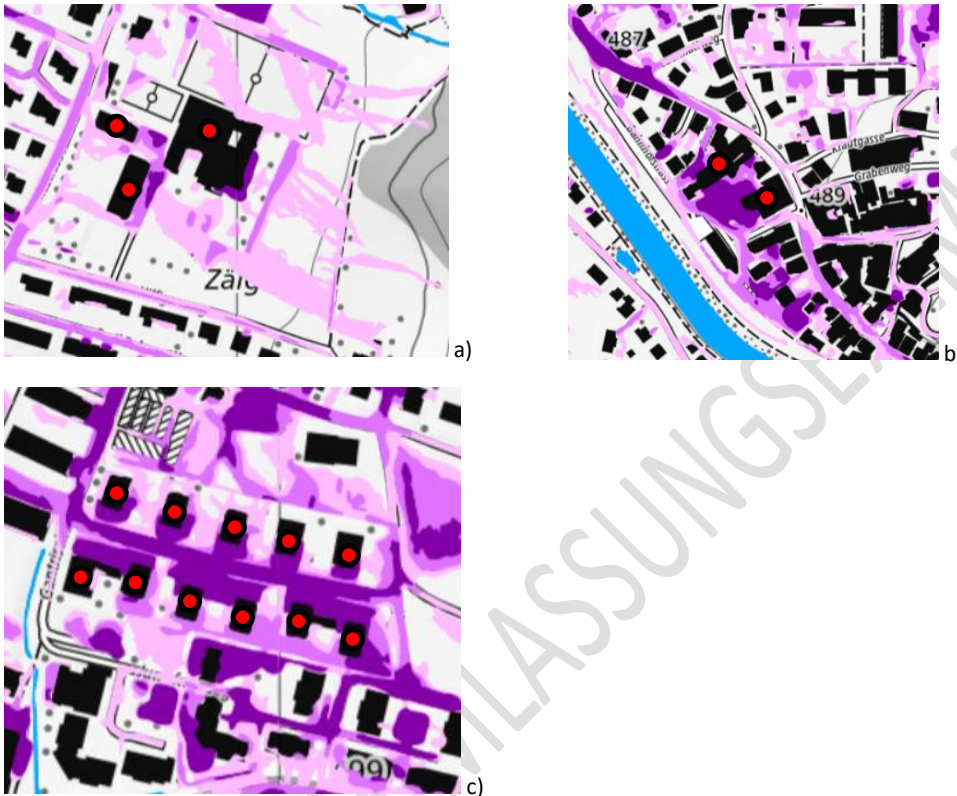
1. In einem ersten Schritt wird die **potenzielle Betroffenheit** der Objekte, Anlagen und Flächen ermittelt.

Eine **potenzielle Betroffenheit** von Objekten, Anlagen und Flächen gemäss Gefährdungskarte Oberflächenabfluss ist beispielsweise gegeben, wenn:

- a. sie sich gemäss Gefährdungskarte Oberflächenabfluss in Fließrichtung befinden und ein Aufstau > 25 cm am Gebäude zu erwarten ist,
- b. sie sich gemäss Gefährdungskarte Oberflächenabfluss in einer Senke mit einer Wassertiefe > 25 cm befinden,
- c. sie durch übertretendes Wasser von öffentlichen Strassen/Wegen überflutet werden und ein Aufstau > 25 cm zu erwarten ist oder

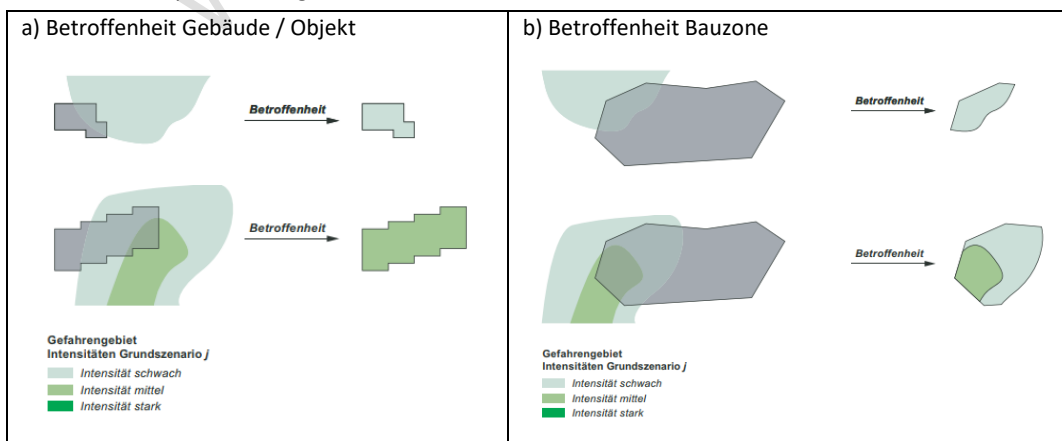
**Einstellhallen** sind dann potenziell gefährdet, wenn gemäss Gefährdungskarte eine Wassertiefe > 0 cm im Bereich der Zufahrt zu erwarten ist.

Beispiele zur potenziellen Betroffenheit sind in **Abb. 9** dargestellt.



**Abb. 9**  
Ableitung einer potenziellen Betroffenheit (rote Punkte) gemäss Gefährdungskarte Oberflächenabfluss, Beispiele. Betroffenheit durch a) Gebäude in Fließrichtung, b) Gebäude in Senke und c) Rückstau von Wasser von der Strasse auf die Liegenschaft.

Im Wesentlichen ergibt sich die potenzielle Betroffenheit aus einem Verschnitt der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss mit Gebäuden, anderen Objekten und Anlagen oder Flächen. Der Verschnitt der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss kann anhand des Verfahrens erfolgen, welches in den minimalen Standards zur kantonalen Risikoübersicht für Naturgefahren, Anhang C [BAFU (2020a)] beschrieben ist. Es ist in **Abb. 10** exemplarisch dargestellt.

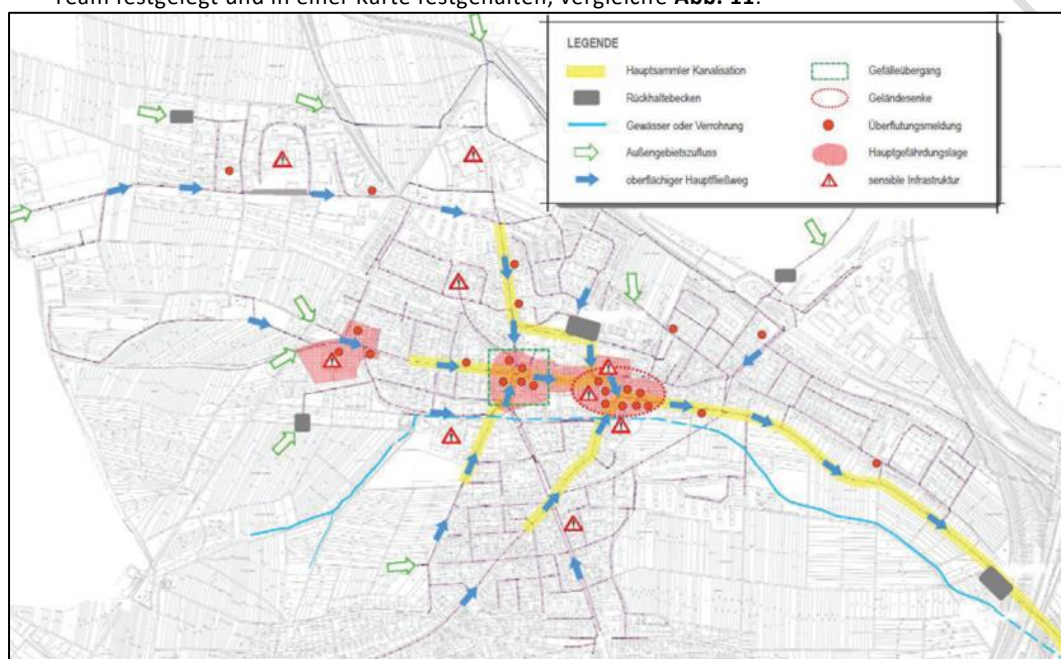


**Abb. 10**  
Ermittlung der Betroffenheit von a) Gebäuden und b) Bauzonen gemäss Anhang C der minimalen Standards zur kantonalen Risikoübersicht für Naturgefahren [BAFU (2021)]

Sollte abweichend von der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss eine andere Methode für Grundlagenanalyse verwendet werden, so sind unter Berücksichtigung definierter Regenereignisse Wasserstände und ggf. Fließgeschwindigkeiten zu ermitteln, auf deren Grundlage die Feststellung der Betroffenheit erfolgen kann.

2. In einem zweiten Schritt ist zu evaluieren, wieviel Wasser im Mittel auf einer Strasse abfließen kann, ohne dass es auf angrenzende, private Grundstücke übertritt. In der Realität stellen Strassen aufgrund des reduzierten Fließwiderstandes der glatten Strassenoberfläche präferentielle Fließwege dar. Für die Berechnungen der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss wurden die Strassen systematisch um 25 cm abgesenkt, um dies modelltechnisch berücksichtigen zu können. Es ist zu prüfen, ob diese Annahme im Einzelfall zutrifft. Grundsätzlich sollten die Strassenabschnitte berücksichtigt werden, in denen Wasserstände > 25 cm, das Trottoir abgesenkt ist oder hohe Fließgeschwindigkeiten (>3 m/s, entspricht Strassenneigungen von >2%) zu erwarten sind.
3. In einem dritten Schritt werden zusätzlich zu den potenziell betroffenen Objekten, Anlagen und Flächen in der Vergangenheit aufgetretene Schadensmeldungen, Einsätze und Beobachtungen der Feuerwehr sowie weitere Informationen zu Fließwegen, Einsatz- und Notfallplänen aufgenommen.

Abschliessend werden unter Berücksichtigung aller Informationen Wet-Spots vom interdisziplinären Team festgelegt und in einer Karte festgehalten, vergleiche **Abb. 11**.



**Abb. 11**  
Beispiel Wet-Spot-Analyse  
[Reinstaller et al. (2020)]

### 5.3 Plausibilisierung der Wet-Spots

Alle Wet-Spots müssen vor Ort in Augenschein genommen und die lokale Aussagekraft der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss sowie die Modellergebnisse der Überflutungsprüfung plausibilisiert werden. Die Plausibilisierung der Wet-Spots erfolgt anhand einer Ortsbegehung. Diese wird mindestens unter Beteiligung der Feuerwehr, der Gemeinde, der zuständigen Entwässerungsbetriebe, Naturgefahrenspezialisten sowie dem GEP-Ingenieur/ der GEP-Ingenieurin durchgeführt.

Während der Begehung sollten folgende Punkte aufgenommen werden:

- In der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss wurden die Strassen und andere befestigte Flächen grundsätzlich um 25 cm abgesenkt [geo7 (2018)]. Die Annahme wurde getroffen, um die Ausbildung präferentieller Fließpfade auf Strassen infolge des reduzierten Fließwiderstandes der glatten Oberfläche modelltechnisch vereinfacht zu berücksichtigen. Diese Annahme muss vor Ort überprüft werden und bei einer Abweichung die resultierenden Konsequenzen ermittelt werden.
- Die Eindringpfade für Oberflächenabfluss an potenziell betroffenen Gebäuden und auf Grundstücken sind zu bestimmen (z.B. Lichtschächte, Kellerfenster, Türen und Fenster, Einstellhallen, Durchsickerung an Aussenwänden, Einlaufschächte, Tiefgarageneinfahrten). Insbesondere bei Einstellhallen mit ebener Zufahrt und einem verschlossenen Tor ist zu prüfen, ob die Parkflächen gegenüber der Zufahrt höher oder tiefer liegen.
- Die Fließwege sind im Feld zu verifizieren. Änderungen gegenüber der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss im Geländemodell und Bebauungen dabei zu berücksichtigen.

- Die Unterführungen insbesondere entlang von wichtigen Einsatzwegen sind anzuschauen. In der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss wurden Unterführungen beispielsweise von Bahndämmen unberücksichtigt gelassen. Es muss beurteilt werden, welche Konsequenzen daraus folgen.
- Eine Aufnahme von Strukturen, die den Oberflächenabfluss behindern oder leiten (z.B. Mauern, dichte Hecken und Pflanzungen, Wälle, Dämme, Durchlässe, Tore, Unterführungen, Tunnel).

Anhand der Erkenntnisse aus der Ortsbegehung wird die **tatsächliche Betroffenheit** von Objekten und Flächen bewertet und die Liste der bisher definierten Wet-Spots bereinigt oder ggf. auch ergänzt. Beispielsweise werden folgende Fragen beantwortet:

- Gibt es bspw. Strukturen, die in der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss unberücksichtigt blieben und die einen Schutz leisten?
- Kann Wasser in Gebäude eindringen und auf welche Weise?

#### 5.4 Gebietsauswahl Oberflächenabfluss

Die **Gebietsauswahl** erfolgt als Vorbereitung auf eine weitergehende Überprüfung der Gefährdung durch Oberflächenabfluss und kanalinduzierte Überflutungen im Rahmen einer Detailanalyse. Sie basiert auf den vor Ort plausibilisierten Wet-Spots.

Unter den folgenden Bedingungen kann auf eine weitergehende Prüfung (Detailanalyse) verzichtet werden:

- Der Wet-Spot liegt in einem Gebiet der Schutzgutklasse 1 (vgl. **Tabelle 6**)
- Die Ortsbegehung hat ergeben, dass die potenziell betroffenen Objekte und Flächen unter Berücksichtigung der definierten Schutzziele ausreichend geschützt sind oder durch Objektschutzmassnahmen geschützt werden können. Ausreichend geschützt bedeutet beispielsweise, dass ein maximaler Wasserstand von 2 m bzw. 2 m<sup>2</sup>/s Fliessgeschwindigkeit mal Wasserstiefe für ein 100 bzw. 300-jährliches Ereignis auszuschliessen ist (vgl. **Tabelle 5**). Sollten kantonal andere Vorgaben gelten, sind diese für die Beurteilung des Schutzes analog anzuwenden.

Hingegen wird eine Detailanalyse des Oberflächenabflusses und der kanalinduzierten Überflutungen in den folgenden Fällen empfohlen:

- Es sind bereits Schäden durch kanalinduzierte Überflutungen oder Oberflächenabfluss bei Starkregen aufgetreten oder es waren Feuerwehreinsetze zur Intervention im Ereignisfall notwendig.
- Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss zeigt nach einer Plausibilisierung eine potenzielle Gefährdung (Schutzgutklassen 2 bis 4, vgl. Tabelle 6).
- Bei Planung von Neubaugebieten, die einer potenziellen Gefährdung durch Oberflächenabfluss ausgesetzt sind, damit eine qualitative Berücksichtigung in der späteren Planung erfolgen kann.
- Im Falle von Unterführungen, einer potenziellen Betroffenheit von Objekten, Anlagen und Gebieten der Schutzgutklasse 4, entlang von essenziellen Einsatzwegen sowie bei zusammenhängenden, grösseren Gebieten mit gemischten Schutzgutklassen und/oder komplexeren Fliessverhältnisse ist eine Detailanalyse anzustreben.

Weitere, zu definierende Kriterien, anhand derer die Gebiete eingegrenzt werden können beziehungsweise die eine weitergehende Überprüfung auslösen, sind zum Beispiel:

- Anzahl potenziell betroffener Gebäude überschritten
- Anzahl potenziell betroffener kritischer Infrastrukturanlagen überschritten
- Grösse der Fläche definierter Zonen (Gewerbe, Wohnen, ...) in m<sup>2</sup>
- Gebiete, in denen eine Überflutungsberechnung an mehr als einem Schacht eine Überflutung anzeigt

Welche Kriterien schliesslich eine weitergehende Überprüfung auslösen, muss in Abstimmung zwischen Gemeinde und GEP-Ingenieurin/GEP-Ingenieur bestimmt werden. Die Kriterien lassen sich auch in Zusammenarbeit mit den Kantonen auf Grundlage der minimalen Standards für kantonale Risikoübersichten erarbeiten [BAFU (2020a)].

Das Ergebnis der Gebietsauswahl können einzelne Wet-Spots oder Objekte, Zusammenschlüsse von Wet-Spots in Clustern oder grössere, zusammenhängende Gebiete sein.

#### 5.5 GEP-Massnahmen Oberflächenabfluss

Mögliche Massnahmen, die sich aus der Grobanalyse ergeben, sind:

- Massnahmen im Kanalisationsnetz (inkl. Dimensionierungsgrundlagen und Berechnungen der Massnahmen)
- eine anschliessende Detailanalyse,
- die Prüfung von Objektschutzmassnahmen oder
- die Erarbeitung von Notfallkonzepten.

Im Rahmen einer GEP-Bearbeitung werden die resultierenden Massnahmen in die GEP-Massnahmenplanung aufgenommen, wenn sie einen Bezug zur Siedlungsentwässerung aufweisen. Die Massnahmen werden in einem GEP-Massnahmenplan vollständig aufgelistet und pro Massnahme Punkte wie die Verantwortlichkeit, Zuständigkeit, Kosten, Priorität, den geplanten Realisierungszeitraum und die vorgesehene Erfolgskontrolle etc. definiert (vgl. Kapitel 7.3).

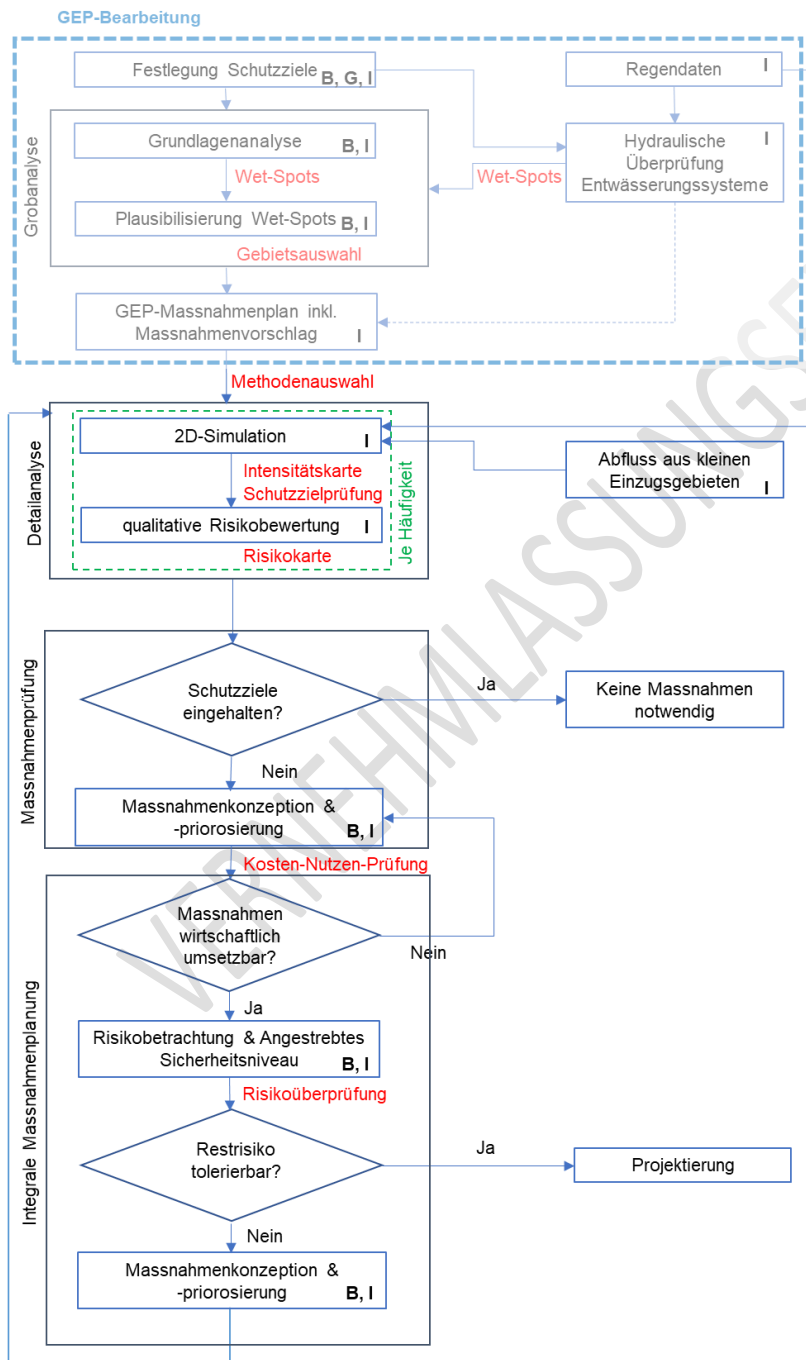
VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

# 6 DETAILANALYSE OBERFLÄCHENABFLUSS

## 6.1 Vorgehen

Die Detailanalyse Oberflächenabfluss erfolgt im Anschluss an die GEP-Bearbeitung basierend auf den im GEP-Massnahmenplan definierten Massnahmen und Lösungsansätze. Unter dem Begriff Oberflächenabfluss werden im Rahmen dieser Empfehlung auch kanalinduzierte Überflutungen verstanden.

Ziel der Detailanalyse ist es, die im Rahmen der Grobanalyse festgelegten Schutzziele auf Objekte überprüfen und anhand einer qualitativen Risikobewertung weitergehende Massnahmen priorisieren zu können. Das Vorgehen sowie die sich an der Detailanalyse anschliessenden Schritte gehen aus **Abb. 12** hervor. Im Folgenden werden die Verfahrensschritte im Rahmen der Detailanalyse näher erläutert. Auf die weitergehenden Massnahmen wird in Kapitel 7 eingegangen.



**Abb. 12** Methodisches Vorgehen zur Überprüfung der Gefährdung durch Oberflächenabfluss sowie zur Identifikation von Massnahmen. Die Zuständigkeiten der einzelnen Teilschritte sind wie folgt definiert:  
 B = Betreibende / Eigentümerinnen und Eigentümer  
 I = GEP-Ingenieur/GEP-Ingenieurin, G = kantonale Fachstelle

## 6.2 Grundlagen

### 6.2.1 Regenereignisse und Szenarien

Analog zur Beurteilung von Naturgefahren werden für die Untersuchung von Oberflächenabfluss drei Regenereignisse mit einer Eintrittshäufigkeit von einmal in 30, 100 und 300 Jahren herangezogen (vgl. Kapitel 3.6). Diese werden aus der Extremwertstatistik einer geeigneten Niederschlagsmessstation ermittelt, vgl. Kapitel 3.6.

Häufigkeit [1-mal je z Jahren]	Häufigkeit [in Worten]
1 bis 30	Häufig
30 bis 100	Mittel
100 bis 300	Selten
mehr als 300	Sehr selten

**Tabelle 9**  
Häufigkeit der Regenereignisse für die Prüfung des Überlastfalls gemäss [PLANAT (2012)]

Darüber hinaus können auch Szenarien definiert werden, die neben dem Regenereignis zusätzliche Annahmen, beispielsweise zur Verlegung von Regeneinläufen, der Kapazität des Kanalisationsnetzes oder der Jahreszeit, berücksichtigen. Die Szenarien werden vorgängig durch die Gemeindevertretung und die Ingenieurin oder den Ingenieur/die Ingenieurin festgelegt und nach Möglichkeit mit den Gebäudeversicherungen besprochen. Es wird die Betrachtung eines Worst-Case empfohlen, bei dem die Wirkung der Kanalisation als vernachlässigbar zu betrachten ist.

Für die Definition von Szenarien können unter anderem folgende Bedingungen berücksichtigt werden:

- Wie wird die Kanalisation einbezogen? (gekoppeltes Modell, prozentuale/ absolute Quellen und Senken)
- Welche Durchlässe, Verdolungen, etc. gelten als verlegt?
- Sind technische Anlagen wie bspw. Pumpen in Betrieb?
- Wie ist die Vorfeuchte des unversiegelten Bodens?

### 6.2.2 Abflussabschätzung in kleinen Einzugsgebieten

Die Gefährdungskarte Oberflächenabfluss liefert Hinweise, welche Gebiete in der Schweiz durch Oberflächenabfluss potenziell gefährdet sind und wie tief sie bei einem Ereignis mit einer Jährlichkeit seltener als 100 Jahre unter Wasser stehen können. Aus der Karte können nicht nur die Fliesstiefen des Oberflächenabflusses abgelesen, sondern auch Abflussmengen in [l/s] abgeschätzt werden. Die Karte zeigt die Flächen, die bei seltenen bis sehr seltenen Regenereignissen (Wiederkehrsperiode > 100 Jahre) potenziell durch Oberflächenabfluss betroffen sind [Bernet et al (2018)]. Andere Jährlichkeiten lassen sich daraus nicht ableiten. Insbesondere für die Definition von Randbedingungen zur kleiräumigen Modellierung im Rahmen der Detailanalyse werden für verschiedene Szenarien Zuflüsse in das Untersuchungsgebiet benötigt. In der Begleitdokumentation wird eine Methodik vorgestellt, mit der insbesondere in kleinen Einzugsgebieten (< 1 km<sup>2</sup>) inner- und ausserhalb von Siedlungen die Abflussmengen anhand einfacher Massenbilanzen abgeschätzt werden können. Dabei werden folgende Modellannahmen getroffen:

- Für kleine Einzugsgebiete (< 1 km<sup>2</sup>) können Abflussprozesse in Form von Massenbilanzen pauschalisiert werden.
- Aufgrund der geringen Einzugsgebietsfläche wird das gesamte Einzugsgebiet gleichmässig beregnet (Blockregen).
- Es werden Annahmen von Bodeninfiltrationskoeffizienten, den Rauigkeitsbeiwerten, der Interzeption der Vegetation und den Abflusskoeffizienten sowie den Restkapazitäten von relevanten Fließgewässern und der Kanalisation getroffen.

Mit dem beschriebenen und anhand von zwei Fallbeispielen veranschaulichten Modellansatz können die Oberflächenabflüsse für Regenereignisse bestimmter Jährlichkeit entweder an der Grenze zum Siedlungsraum oder innerhalb der Siedlung ermittelt werden. Die Randzuflüsse können als Randbedingungen für hydrodynamische 2D-Modelle verwendet werden. Ferner kann die mittlere Fliesstiefe hergeleitet und der Einfluss von Massnahmen abgeschätzt werden. Die Methode ermöglicht auch, einen unteren Grenzwert für die Intensität des Regenereignisses beim Einsetzen von Oberflächenabfluss zu ermitteln und die entsprechende Jährlichkeit abzuleiten.

### 6.3 Methodenauswahl

Die Methodenauswahl orientiert sich an der Zielsetzung und dem im GEP definierten Lösungsvorschlag. Grundsätzlich gilt, dass für die betrachteten Gebiete (Wet-Spots, Cluster oder Objekte) und die zu lösenden Aufgabenstellungen eine Methodik verwendet werden sollte, die eine Massnahmenkonzeption in der betrachteten Auflösung zulässt und mit welcher die Randbedingungen für die Massnahmenplanung zuverlässig bestimmt werden können.

Die Auswahl des Verfahrens und der Detaillierungsgrad der Untersuchungsmethodik ist neben dem Vorhandensein der notwendigen Grundlagen von der zu beantwortenden Fragestellung abhängig.

Im Rahmen dieser Empfehlung wird eine Detailanalyse mittels 2D-Simulation empfohlen, auf deren Grundlage sich alle Fragestellungen beantworten und alle Detaillierungsgrade realisieren lassen.

### 6.4 Simulation

Die Detailanalyse erfolgt mithilfe eines zweidimensionalen hydrodynamischen Oberflächenabflussmodells für drei Jährlichkeiten, vergleiche **Tabelle 5**.

Folgende Grundlagen sollten in die Modellierung einfließen:

- Höhenmodelle wie beispielsweise swisstopo swissALTI3D, swiss-SURFACE3D (Auflösung: mind. 1 m x 1m oder höher)
- Gebäudekulisse
- Alle abflussrelevanten Kleinstrukturen (Wälle, Mauern, Senken, Dämme, Durchlässe, Bruchkanten, Bordsteine) gemäss Ortsbegehung
- abflussrelevante Kennwerte (Rauigkeit, Speicher, Drosselungen)
- Zuflüsse aus dem Umland, vergleiche Kapitel 6.2.2. Hinweis: Bei Zuflüssen aus landwirtschaftlichen Einzugsgebieten ist der Ackerzustand (bestellt | gepflügt | etc.) zu berücksichtigen, da sich unterschiedliche Fliesswege einstellen können. Es sollte der Fall betrachtet werden, der den grössten Zufluss erzeugt.
- Ggf. weitere bekannte Quellen/Zuflüsse und Senken/Abflüsse.

Die Berücksichtigung des Siedlungsentwässerungssystems kann entweder über eine gekoppelte Modellierung Kanal-Oberfläche, eine Senke bzw. einen definierten Abfluss oder eine absolute beziehungsweise prozentuale Reduktion des effektiven Regens erfolgen.

Es wird empfohlen, in einem ersten Modellauf den unveränderten IST-Zustand abzubilden und somit eine Referenz für die Wirkung und den Nutzen der im GEP vorgeschlagenen Lösungen darstellen zu können.

### 6.5 Intensitätskarten

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt als Wassertiefenkarte je Jährlichkeit mit den in **Tabelle 10** wiedergegebenen Klassen gemäss [BAFU (2021)] und abgestuften Farbindensitäten (bspw. von hell zu dunkel).

Wassertiefenklasse	Intensität gem. Tabelle 5	<b>Tabelle 10</b> Klassen für die Darstellung der Ergebnisse der Oberflächenabflussberechnung in einer Wassertiefenkarte je Jährlichkeit gemäss [BAFU (2021)].
0.015 <sup>1</sup> - 0.250 m	Schwache Intensität	
0.250 - 0.500 m		
0.500 – 0.750 m	Mittlere Intensität	
0.750 – 1.000 m		
1.000 – 1.250 m		
1.250 – 1.500 m		
1.500 – 1.750 m		
1.750 – 2.000 m		
> 2.00 m	Starke Intensität	

<sup>1</sup> Unterer Grenzwert für die kartographische Darstellung entspricht 15 mm Wassertiefe (BAFU (2016))



Diese Karten kommen vor allem im Zusammenhang mit spezifischen Projekten zur Anwendung. In Anlehnung an die Naturgefahrenkarten für Überflutungen können die Ergebnisse auch als dreistufige Intensitätskarte je Jährlichkeit dargestellt werden (vgl. Intensitätsklassen gemäss **Tabelle 5**). Die Wassertiefenkarte bzw. Intensitätskarte weist je Jährlichkeit mindestens die berechneten Wasserstände bzw. Fliesstiefe und die Fliessrichtungen aus. Ergänzend können Fliessgeschwindigkeiten und abgeleitete Betroffenheit der Gebäude farblich dargestellt werden. **Abb. 13** zeigt ein Beispiel einer Intensitätskarte.

## 6.6 Betroffenheit und Schutzzielprüfung

Die Information bezüglich der Betroffenheit von Objekten oder Flächen resultiert aus dem Verschnitt der Intensitätskarte mit den Gebäuden oder Fläche bzw. Sonderobjekten und Nutzungen. Die Betroffenheit kann mithilfe des in den minimalen Standards zur kantonalen Risikoübersicht für Naturgefahren Anhang C [BAFU (2020a)] beschriebenen Verfahrens und der dort genannten Grundlagendaten ermittelt werden..



**Abb. 13**  
Beispiel einer Intensitätskarte aus Deutschland mit Angabe der Betroffenheit der Gebäude [DWA M 119 (2016)]

Auf Grundlage der Intensitätskarten je Regenerereignis (Eintrittshäufigkeit einmal in 30, 100 und 300 Jahren) und der ermittelten Betroffenheit von Objekten und Flächen werden die gemäss Kapitel 2.5 definierten Schutzziele überprüft. Werden die Schutzziele nicht eingehalten, müssen Massnahmen ergriffen werden.

## 6.7 Qualitative Risikobeurteilung

Unter Berücksichtigung des Schadenpotenzials bzw. der definierten Schutzgutklassen und der Intensität bzw. der Betroffenheit erfolgt die qualitative Risikobewertung je Jährlichkeit, vergleiche **Tabelle 11**. Die qualitative Risikobewertung ist eine Grundlage dafür, wo Massnahmen notwendig sind. Ihre Ziele sind sind

- zu entscheiden, ob übergeordnete oder objektbezogene Massnahmen notwendig sind,
- die vorgeschlagenen Massnahmen zu priorisieren und
- Massnahmen und Risiken gegenüber Entscheidungsträgern und Entscheidungsträgerinnen zu kommunizieren.

Grundsätzlich sollen die vorhandenen monetären Ressourcen zunächst dort eingesetzt werden, wo sie einen maximalen Nutzen generieren.

Um dies auch räumlich abwägen zu können, wird das qualitativ ermittelte Risiko analog zur Darstellung der Betroffenheit bzw. der Intensitäten in einer Karte je Jährlichkeit dargestellt. Eine farbliche Abgrenzung der resultierenden Risiken ist für das Kartenverständnis hilfreich.

Es wird empfohlen, das Risiko in Klassen zu unterteilen. In einer aggregierten Karte kann dann je Objekt die maximale Risikoklasse dargestellt werden.

Risiko für Jährlichkeit z		Schadenspotenzial			
		Gering	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Betroffenheit	<b>Schwach</b> <i>schwache Intensität</i>	RK1	RK2	RK2	RK3
	<b>Mittel</b> <i>mittlere Intensität</i>	RK2	RK2	RK3	RK4
	<b>Stark</b> <i>starke Intensität</i>	RK2	RK3	RK4	RK4

**Tabelle 11**  
Beispiel einer qualitativen Risikobewertung auf Grundlage der Betroffenheit und des Schadenspotenzials für ein Ereignis mit Jährlichkeit z. Vereinfachend in Grautönen markiert; RK = Risikoklasse; je höher die Zahl, desto grösser das potenzielle Risiko

VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

# 7 MASSNAHMEN

## 7.1 Integrale Massnahmenkonzeption

Innerhalb eines Quartiers, eines Gebiets oder einer Gemeinde müssen die Massnahmen und ihre Wirkungen aufeinander abgestimmt werden und auch die Interaktion mit angrenzenden Quartieren, Gebieten und Gemeinden muss miteinbezogen werden.

Ergänzend sind gezielte Objektschutzmassnahmen beim, am und im Gebäude, temporäre Leitsysteme sowie die damit verbundenen organisatorischen Aufgaben und übergeordnete, planerische Massnahmen bspw. zur Sicherung und Ausscheidung von Flächen zu erwägen.

Viele der möglichen Massnahmen sind im Anschluss an die GEP-Bearbeitung nicht allein durch die Siedlungsentwässerung zu projektieren und umzusetzen. Die Vielzahl der möglichen Massnahmen bringt eine mindestens ebenso grosse Vielzahl an Planungs- und Umsetzungsbeteiligten mit sich, die in den Prozess der Massnahmenkonzeption im Sinne der integralen Planung frühzeitig eingebunden werden müssen. Das interdisziplinäre Team kann beispielsweise um Personen aus der Grünplanung, der Verkehrs- und Strassenplanung oder der Stadtplanung ergänzt werden. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass die Massnahmen wirtschaftlich, akzeptiert und umsetzbar sind.

Die Prüfung der Wirksamkeit von Massnahmen bezüglich der Reduktion der Wasserstände (Intensität des Ereignisses) und der potenziellen Schäden beziehungsweise des Risikos wird iterativ durchgeführt, bis ein konsensuales, angestrebtes Sicherheitsniveau der betrachteten Schutzgüter erreicht wird.

## 7.2 Massnahmentypen

Zur Reduktion des Schadenspotenzials und des damit verbundenen Risikos sollen Massnahmen ergriffen werden, die den Abfluss aus der Fläche verringern (Verzögerungsmassnahmen durch Versickern, Verdunsten und Speichern) und die den Oberflächenabfluss leiten (Durchleitmassnahmen und Speicherung durch Mitbenutzung von Strassen, öffentlichen Plätzen und Parks sowie anderen Grünflächen). Die Massnahmen folgen dem Schwammstadtprinzip und fördern die Anpassung an den Klimawandel.

Eine Vielzahl möglicher Massnahmen und deren Wirkung auf die Prozesse "Verzögern" und "Leiten/Mitbenutzen" werden beispielsweise im Dokument Regenwasser im Siedlungsraum [BAFU (2022)] beschrieben. Auch werden Möglichkeiten zur Umsetzung und Finanzierung von Massnahmen im Teil Aufgabenwahrnehmung (in Erarbeitung) beschrieben. Konventionelle Massnahmen in und an der unterirdischen Infrastruktur sind ebenfalls möglich, jedoch nicht zu priorisieren, da diese wenig robust und vergleichsweise teuer sind.

Nachfolgend werden die verschiedenen Massnahmentypen beschrieben. Bezüglich der konkreten Ausgestaltung von Massnahmen wird auf die weiterführende Literatur verwiesen.

### 7.2.1 Raumplanerische Massnahmen

Raumplanerische Massnahmen umfassen formelle und informelle Instrumente auf übergeordneter, kommunaler oder bundesweiter Ebene. Zu den raumplanerischen Massnahmen gehören z.B. das Erstellen von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, die Schaffung neuer Freihalteräume (Grünfläche, Einstauflächen, etc.) in der Ortsplanung, das Erlassen von Bauvorschriften für erhöhte Zugänge, dichte Türen, bruchsicheres Glas, etc.

In Analogie zum Wasserbau sind raumplanerische Massnahmen anzustreben und mit erster Priorität zu prüfen. Gelingt es einer Gemeinde, Freihalteräume für den Oberflächenabfluss in ihren Zonenplan zu integrieren, könnten gegebenenfalls Objektschutzmassnahmen hinfällig werden.

### 7.2.2 Präventive Massnahmen ausserhalb des Siedlungsraums

Präventive Massnahmen ausserhalb des Siedlungsraums sind Massnahmen, die im angrenzenden natürlichen Einzugsgebiet im Rahmen des Hochwasserschutzes erfolgen. Dies sind beispielsweise Massnahmen zur Wasserrückhaltung, das Errichten von Barrieren und die Anpassung der Landnutzung. Insbesondere bei einer landwirtschaftlichen Nutzung ist auch die Bewirtschaftung der Flächen zu berücksichtigen (z.B. hangparalleles pflügen).

Massnahmen ausserhalb der Siedlung liegen nicht in der Verantwortung der Siedlungsentwässerung, sondern des Hochwasserschutzes (vergleiche Teil Aufgabenwahrnehmung (in Erarbeitung)). Im Rahmen einer integralen Konzeption sind sie gleichwohl mit zu berücksichtigen.

### 7.2.3 Verzögerungsmassnahmen

Verzögerungsmassnahmen entsprechen Massnahmen im Frei- und Strassenraum, im Untergrund, an der Topografie und Flächenbefestigung sowie an Gebäuden. Es sind Massnahmen des integrierten Regenwassermanagements (Schwammstadt-Prinzip), die das Wasser am Ort des Anfalls zurückhalten und den Oberflächenabfluss von diesen Flächen reduzieren bzw. vermeiden.

Beispiele sind das Schaffen wasserdurchlässiger Freiflächen, die Flächenentsiegelung und Begrünung, Versickerungsanlagen, ober- und unterirdische Speicher wie Mulden und Rigolen, Grün- und Retentionsdächer, Einstau auf definierten Flächen wie Parkplätzen und Grünflächen im Sinne der Mitbenutzung oder konventionelle Rückhaltebecken.

### 7.2.4 Durchleitmassnahmen

Durchleitungsmassnahmen sind temporäre Massnahmen des integrierten Regenwassermanagements (Schwammstadt-Prinzip) zum Management des Oberflächenabflusses in Extremsituationen / im Überlastfall sowie zum Umgang mit dem Restrisiko.

Beispiele sind ein oberirdischer Abfluss auf Strassen und Grünflächen, Notwasserwege hin zu nutzbaren Einstauflächen im Sinne der Mitbenutzung.

### 7.2.5 Massnahmen im Entwässerungssystem

Massnahmen im Entwässerungssystem umfassen alle Anpassungen und Ergänzungen im bestehenden Kanalnetz und den dazugehörigen Sonderbauwerken, um die Kapazität zu erhöhen und die Abflussspitzen zu reduzieren.

Beispiele sind Kanalvergrösserungen, Einbau von Speicherkanälen und Rückhaltebecken oder eine Anpassung der Entwässerungsart.

### 7.2.6 Objektschutzmassnahmen

Der Objektschutz stellt eine effiziente Lösung dar, um das Personen- und Sachwertrisiko zu reduzieren. Es können sowohl permanente als auch temporäre Schutzmassnahmen ergriffen werden. Das Gebäude wird unempfindlich ausgebildet, so dass einwirkende Gefahren der Baute nur gering Schaden zufügen können. Oftmals lassen sich bei Neubauten durch kleinste Anpassungen wesentliche Schäden durch Überflutung zweckmässig und ohne Nutzungseinschränkung und Mehrkosten verhüten.

Verallgemeinert kommen bei Überflutungen folgende Objektschutzstrategien in Abhängigkeit der Bauten (Neubau oder Bestand) in Frage:

- Neubau:
  - Erhöhte Lage des Erdgeschosses resp. der Öffnungen
  - Angepasstes Nutzungskonzept von Innenräumen
  - Anordnung auf einer Anschüttung oder Abschirmung durch Dämme und Mauern
- Bestand:
  - Rückstauschutz Kanalisationen (Schmutzwasserpumpen), Verankerung Öltanks
  - Lichtschächte anheben oder Abschirmen durch Dämme und Mauern
  - Abdichtung von Öffnungen und Aussenwänden

Dabei gilt es zu beachten, dass durch die Massnahmen keine Mehrgefährdung der umliegenden Parzellen resultieren darf.

Da der Objektschutz Sache der Eigentümerinnen und Eigentümer ist, besteht eine entsprechende GEP Massnahme in der Information über etwaige Risiken und der Vorstellung möglicher Objektschutzmassnahmen (vgl. auch Kapitel 7.3). Es wird empfohlen, die Massnahmen mit der Gebäudeversicherung abzustimmen.

### 7.2.7 Organisatorische Massnahmen

Zu den organisatorischen Massnahmen zählen die Festlegung und Freihaltung von Fluchtwegen, Wetterbeobachtungen, Alarmkonzepte und die Vorwarnung betroffener Gebiete. Diese Massnahmen kommen im Ereignisfall zum Tragen und Dienen der Ereignisbewältigung.

## 7.3 Priorisierung und Projektierung von Massnahmen

Die Massnahmenpriorisierung wird anhand definierter Kriterien vorgenommen. Diese sind beispielsweise:

- Risiko bzw. Dringlichkeit (vgl. Kapitel 6.7)
- Synergien mit anderen Massnahmen (auch aus anderen Ressorts)
- Lage bzw. Abhängigkeit der Massnahme

Die Kriterien sind zwischen der Gemeinde und dem bearbeitenden Ingenieur/der bearbeitenden Ingenieurin abzustimmen.

Die resultierenden Massnahmen sind i.d.R., d.h. wenn sie einen Bezug zur Siedlungsentwässerung aufweisen, in die GEP-Massnahmenplanung aufzunehmen. Dabei soll die Erfassung gemäss den gültigen Datenmodellen VSA-DSS resp. VSA-DSS-Mini erfolgen. Im VSA-DSS-Mini ist hierfür die Klasse «Massnahmen» vorgesehen, innerhalb derer die Beschreibung der Einzelmassnahme mittels 21 Attributen erfolgt. Der Umfang der erforderlichen Attribute (Vollständigkeit) richtet sich nach den Vorgaben des Datenmodells resp. den Anforderungen der Bewilligungsbehörde und Auftraggeber. Wichtig für die Klassifizierung der Massnahmen ist das Attribut «Kategorie». Je nach Art der resultierenden Einzelmassnahme ist der entsprechende Attribut-Wert zu wählen (z.B. «Abflussvermeidung\_Retention\_Versickerung» oder «Netzerweiterung»). Die weiteren Attribute ergeben sich aus dem Kontext und bedürfen keiner Erläuterung.

Ergänzend können für die betrachteten Quartiere, Gebiete oder (Teil-) Einzugsgebiete Massnahmenblätter formuliert werden. Darin werden Massnahmen konzeptionell skizziert und beschreiben sowie Abhängigkeiten aufgezeigt. Auf Grundlage der Massnahmenblätter erfolgt die Projektierung der konkreten Massnahmen.

VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR

# 8 RISIKOKOMMUNIKATION

Ein Nullrisikoansatz ist nicht finanzierbar, weswegen kein Weg an einem Risikodialog vorbeiführt. Für die risikobasierte Planung werden die bestehenden Risiken, die Massnahmenmöglichkeiten sowie die Restrisiken, die nach Realisierung der Massnahmen verbleiben, analysiert und dokumentiert (PLANAT 2014).

Im Naturgefahrenbereich ist die Risikokommunikation Grundlage für eine funktionierende risikobasierten Planung. Auf der nationalen Plattform Naturgefahren PLANAT werden vom Bund zahlreiche Hilfsmittel hinsichtlich der Risikokommunikation zur Verfügung gestellt.

Anders verhält es sich im Bereich der Siedlungsentwässerung, wo eine Risikokommunikation bisher kaum praktiziert wird und die rechtlichen Rahmenbedingungen noch nicht definiert sind. Im Folgenden werden darum Ansätze für eine nachvollziehbare und zielgruppenorientierte Informationsaufbereitung im kommunalen Überflutungsschutz präsentiert und nach Möglichkeit Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten aufgezeigt. Der GEP kann grundsätzlich ohne Risikokommunikation abgeschlossen werden, die Risikokommunikation kann aber bedarfsabhängig im Rahmen einer GEP-Massnahme nachfolgend erarbeitet werden.

## **Aufbereitung der Grundlageninformation**

Die meisten Grundlageninformationen sind nach der Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Kanalnetzabschnittes oder des gesamten Kanalisationsnetzes vorhanden. Dazu zählen Flächennutzungsarten und Sonderrisiken, Topografie, Leitungsgeometrie, Gewässerinformationen, Angabe der Rückstauenebene, etc. Diese können zu interaktiven Karten weiterverarbeitet werden.

Ein weiterer Aspekt der Risikokommunikation ist die systematische Aufarbeitung und ortsbezogene Dokumentation der Erfahrungen und Betroffenheit aufgetretener Überflutungsereignisse. Diese Erfahrungen sollten mit einer Verifizierung der abgelaufenen Prozesse und Massnahmen bei der Ereignisbewältigung verknüpft werden.

Gerade bei Vorbereitung der Grundlagen bewähren sich durch die Ereignisdienste und die Bevölkerung verifizierte Wasserstände und Fliesswege.

## **Dokumentation**

Projektinformationen sind nachvollziehbar und transparent zu dokumentieren. Damit wird das Vertrauen in die Resultate aber auch der Wissenstransfer zu neuen Beteiligten und die nächste Überarbeitung sichergestellt.

Ebenfalls wichtig ist die Massnahmendokumentation (z. B. kartographisch im GIS), sowie die Ereignis- und Schadensdokumentation. So lassen sich technisch relevante Zusammenhänge erkennen und zielgerichtet umsetzen.

## **Kommunikationskanäle**

Es ist möglich, die Informationen primär den kommunalen Adressanten wie den Baubehörden, den Stadtplanern und Stadtplanerinnen oder der Feuerwehr zur Verfügung zu stellen.

Wird in Betracht gezogen, Risikoinformationen öffentlich zugänglich zu machen, sind Datenschutz und Informationsfreiheit gegeneinander abzuwägen. Gemäss Behördenleitfaden zum Datenschutz bei Geodaten und –diensten der Arbeitsgruppe Geodatenschutz [IMAGI (2014)] kann davon ausgegangen werden, dass das öffentliche Interesse überwiegt bei Daten, die eine der folgenden Auflösungsschwellen erfüllen:

1. Karten mit einem Massstab < 1:5000;
2. Satelliten- oder Luftbildinformationen mit einer Bodenauflösung  $\geq 20$  cm;
3. Eine gerasterte Fläche auf  $\geq 100 \times 100$  m;
4. Mindestens auf vier Haushalte aggregierte Informationen

Den Grundeigentümern und Grundeigentümerinnen sowie Bauherren und Bauherrinnen sollten vorrangig allgemeine Risikoinformationen sowie Möglichkeiten der objektbezogenen Risikoprävention vermittelt werden. Ergänzend könnten grundstücksbezogene Gefährdungsklassifizierungen auf Anfrage den jeweiligen Grundstückseigentümern und Grundstückseigentümerinnen zur Verfügung gestellt werden. Mögliche Informationskanäle sind:

- Gefahren- und Risikokarten, Überflutungsvisualisierung
- Flyer und Informationsbroschüren, Infobriefe, Informationsveranstaltungen
- Pressemitteilungen, Soziale Medien

## **Arbeitshilfen**

- Checklisten

## **Adressaten**

Eine Veröffentlichung flächenbezogener Risikoinformationen erfordert eine sorgfältige Abwägung hinsichtlich der Haftung für die Richtigkeit der veröffentlichten Informationen, da anders als im Naturgefahrenbereich noch keine gesetzlichen Vorgaben für die Erstellung und Veröffentlichung derselben existieren. Entsprechend sind etwaige Karten als Hinweise zu verstehen.

# LITERATURLISTE

## Gesetze und Verordnungen

- [GSchG (2016)] Schweizerische Eidgenossenschaft  
**Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG)**  
SR 814.20, Bern, Stand am 1. Januar 2016.
- [GSchV (2016)] Schweizerische Eidgenossenschaft  
**Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)**  
SR 814.201, Bern, Stand am 2. Februar 2016.

## Wegleitungen, Richtlinien und Publikationen des Bundes

- [ASTRA (2013)] Bundesamt für Strassen  
**Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen**  
ASTRA-Richtlinie 18005, Bern, 2013.
- [BAV, BAFU (2018)] Bundesamt für Verkehr, Bundesamt für Umwelt  
**Richtlinie Entwässerung von Eisenbahnanlagen**  
BAV, BAFU, Bern, 2018.
- [ARE (2005)] Bundesamt für Raumentwicklung, Bundesamt für Wasser und Geologie,  
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
**Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren**  
Bern, Oktober 2005.
- [BAFU (2020a)] Bundesamt für Umwelt  
**Minimale Standards - Kantonale Risikoübersichten für gravitative Natur-  
gefahren**  
Januar 2020.
- [BAFU (2021)] Bundesamt für Umwelt  
**Datenmodell Gefahrenkartierung, Geobasisdaten des Umweltrechts**  
Bern, Mai 2021.
- [BAFU (2016)] Bundesamt für Umwelt  
**Oberflächenabfluss - Subventionierung, Grundsätze**  
Magnollay, Juli 2016.
- [PLANAT (2012)] Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
**Lesehilfe Gefahrenkarten für gravitative Naturgefahren**  
PLANAT, Bern, Januar 2012.
- [BAFU, SVV, VKG (2018)] Bundesamt für Umwelt  
**Faktenblatt, Gefährdungskarte Oberflächenabfluss**  
BAFU, SVV, VKG, Juli 2018.
- [BAFU (2020b)] Bundesamt für Umwelt  
Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz  
**Bericht zum Stand der Umsetzung des Integralen Risikomanagements von  
Naturgefahren 2020**  
Bern, 2020.
- [PLANAT (2013)] Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
**Sicherheitsniveau für Naturgefahren**  
PLANAT, Bern, August 2013.
- [PLANAT (2015)] Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
**Sicherheitsniveau für Naturgefahren, Materialien**  
PLANAT, Bern, Februar 2015.
- [PLANAT (2006)] Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
**Risikokommunikation und Naturgefahren**  
PLANAT, Bern, November 2006.
- [PLANAT (2014)] Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
**Risikobasierte Raumplanung, Synthesebericht zu zwei Testplanungen auf  
Stufe kommunaler Nutzungsplanung**  
PLANAT, Bern, Dezember 2014.
- [BABS (2019)] Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS  
**Starkniederschläge und Einsatzplanung von Schutz & Rettung Zürich**  
Studie im Rahmen des National Centre for Climate Services NCCS  
März 2019.

## Normen

- [SN 592 000 (2012)] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**SN 592 000 Anlagen für die Liegenschaftsentwässerung – Planung und Ausführung**  
SIA-VSA, Zürich, 2012.
- [SIA 190 (2017)] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**SN 533 190 Kanalisationen**  
SIA, Zürich, 2017.
- [SIA 261/1 (2020)] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**SN 505 261/1 Einwirkungen auf Tragwerke - Ergänzende Festlegungen**  
SIA, Zürich, 2020.
- [SN 640 350 (2019)] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute  
Normenwerk zur Entwässerung von Strassen:  
**SN 640 350 Oberflächenentwässerung von Strassen**  
VSS, Zürich, 2019.
- [SN 640 357 (2019)] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute  
Normenwerk zur Entwässerung von Strassen:  
**SN 640 357 Bemessung der Leitungen**  
VSS, Zürich, 2019.
- [EN 752 (2017)] Europäisches Komitee für Normung CEN  
**Europäische Norm EN 752 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Kanalmanagement**  
Technisches Komitee CEN/TC, Brüssel, 2017.

## Publikationen des VSA (Richtlinien, Merkblätter usw.)

- [VSA (2019)] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter, Richtlinie**  
VSA & OKI, Glattbrugg, 2019.
- [VSA (2018)] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**Grundstücksentwässerung, Empfehlung**  
VSA & OKI, Glattbrugg, 2018.
- [VSA (2010)] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**Erläuterungen zum Musterpflichtenheft für den Generellen Entwässerungsplan (GEP)**  
VSA & OKI, Glattbrugg, 2010.
- [VSA (202X)] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute  
**Integrale Betrachtung ARA-Netz-Gewässer, Richtlinie**  
VSA & OKI, Glattbrugg, 202X.

## Interkantonale Merkblätter

- [AfU Kanton TG (2017)] Amt für Umwelt des Kanton Thurgau  
**Regendatenkatalog, Generelle Entwässerungsplanung (GEP)**  
Kanton Thurgau, Amt für Umwelt, Frauenfeld, August 2017
- [AfU Kanton SO (2021)] Amt für Umwelt des Kanton Solothurn  
**Wiederbeschaffungswerte der Abwasserentsorgung**  
Erhebung per 31.12.201, Stand vom 16.12.2021.

## DWA/BWK-Arbeits- und Merkblätter, DIN-Normen

- [DWA-A 118 (2006)] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.  
**Arbeitsblatt A118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen**  
DWA-Regelwerk, Hennef, 2006.
- [DWA-M 119 (2016)] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.  
**Merkblatt M119: Risikomanagement in der kommunalen**



- Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen**  
DWA-Regelwerk, Hennef, 2016.
- [DWA-M 165-1 (2020 Gelbdruck)] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.  
**Merkblatt M165-1: Niederschlag-Abfluss- und Schmutzfrachtmodelle in der Siedlungsentwässerung – Teil 1: Anforderungen**  
DWA-Regelwerk, Hennef, 2020 (Gelbdruck).
- [DIN 4045 (2016)] DIN-Normausschuuss Wasserwesen NAW  
**DIN 4045:2016-11: Abwassertechnik - Grundbegriffe**  
Deutsches Institut für Normierung, November 2016.
- [DWA-A 530 (2011)] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.  
**Arbeitsblatt A530: Beobachteranleitung für nebenamtliche Niederschlagsstationen Nst (A) und Nst (k) (BAN)**  
DWA-Regelwerk, Hennef, 2011.
- [DVWK Merkblätter 230/1994] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. DVWK  
**Merkblatt 230: Niederschlag - Empfehlung für Betreiber von Niederschlagsstationen**  
DVWK, Bonn 1994.

## Weitere Dokumente

- [Scherrer (2020)] Scherrer S.  
**Vergleich der Abflüsse aus der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss mit ermittelten HQ100 an 2 Beispielen**  
Juni 2020.
- [geo7 (2018)] geo7  
**Gefährdungskarte Oberflächenabfluss Schweiz, Technischer Bericht**  
Juni 2018.
- [ATV (1999)] ATV-Abwassertechnische Vereinigung eV  
**Regenbewirtschaftung in Siedlungsgebieten zur Angleichung an natürliche Abflußverhältnisse**  
Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6, "Hydrologie der Stadtentwässerung", 1999.
- [GEP Stadt Bern (2018)] Genereller Entwässerungsplan (GEP) Stadt Bern,  
**Teilprojekt Entwässerungskonzept, Schutzziele,**  
Tiefbauamt der Stadt Bern, Februar 2018.
- [HSB (2017)] Siedlungswasserwirtschaft, Hochschule Bremen  
**Ermittlung von Überflutungsgefahren mit vereinfachten und detaillierten hydrodynamischen Modelle**  
Praxisleitfaden, erstellt im Rahmen des DBU-Forschungsprojekts "KLASII".  
Lehrgebiet  
Oktober 2017.
- [Reinstaller et al. (2020)] Reinstaller S., Muschalla D., Maier R.  
**Leitfaden: Modellbasierte Urbane Überflutungsvorsorge**  
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau (2150),  
Juli 2020.
- [Kourtis et al. (2017)] Kourtis I. M., Bellos V., Tsihrintzis V. A.  
**15th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST)**  
Rhodes, Greece, 2017.
- [Rüttimann & Egli, 2010] Rüttimann, D., Egli, T.  
**Wegleitung punktuelle Gefahrenabklärung Oberflächenwasser**  
Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen, St. Gallen 2010.
- [Bernet, et al., (2018)] Bernet, et al.  
**Werkzeuge zum Thema Oberflächenabfluss als Naturgefahr - eine Entscheidungshilfe**  
SGHL, Chy der SCNAT, Mobiliar Lab für Naturrisiken der Universität Bern,  
Bern, 2018.

- [Bernet (2017)] Bernet D. B.  
**On the occurrence and modeling of surface water floods**  
Universität Bern, 2018.
- [McCuen (2016)] McCuen, R. H.  
**Hydrologic analysis and design (4th ed.)**  
Hoboken, USA Pearson Higher Education, 2016.
- [IMAGI (2014)] Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI)  
**Behördenleitfaden zum Datenschutz bei Geodaten und -diensten**  
IMAGI, S. 8. (2013).
- [National Center for Climate Services (2018)] National Center for Climate Services  
**CH2018: CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland**  
Technical Report,  
Zürich, S. 271, 2018.
- [Egger et al (Aqua&Gas, 2015)] Egger C. et al (Eawag)  
**Kanalnetzbemessung unter Unsicherheit, Die Bedeutung des Klimawandels für die hydraulische Funktion von Kanalnetzen**  
Aqua und Gas N°11, 2015.
- [P. Beutler et al (Aqua&Gas, 2018)] P. Beutler et al. (Eawag)  
**Klimawandel und Starkregen, Führt der Klimawandel zu veränderten Starkregen in der Schweiz? Ein Statusbericht**  
Aqua und Gas N°10, 2018.
- [Krämer et al (2009)] Krämer S., Verworn H. R., Treis A., Pfister A. und Becker M.  
**Korrektur von C-Band-Radardaten für die Niederschlags-Abfluss-Modellierung. Grundlagen, Algorithmen und Verifikation**  
Korrespondenz Wasserwirtschaft Nr. 9, S. 479-486, 2009 (2).
- [KA (2007)] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.  
**Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme, Arbeitsbericht**  
KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall, (51) Nr. 1, 2007.
- [Cook (2021)] Cook L.  
**Zukünftige hochaufgelöste Niederschlagsdaten**  
2021.
- [Verworn (1999)] Verworn H.R.  
**Die Anwendung von Kanalnetzmodellen in der Stadthydrologie**  
1999
- [Fukutome et al (2018)] Fukutome S, Schindler A., Capobianco A.  
**MeteoSwiss extreme value analyses: User manual and dokumentation**  
MeteoSwiss, 2018
- [Fukutome und Frei (2018/2022)] Frei C., Fukutome S.  
**Wasser in der Atmosphäre, Extreme Punktniederschläge**  
Hydrologischer Atlas, B: 2018/2022
- [INIS-Verbundprojekt SYNOPSE II (2019)] INIS-Verbundprojekt SYNOPSE II  
**Synthetische Niederschlagszeitreihen für die optimale Planung und den Betrieb von Stadtentwässerungssystemen II, Gemeinsamer Abschlussbericht,**  
INIS, 2019

## Hyperlinks

- [Metadatenbank Regendaten VSA, Homepage] **Metadatenbank Regendaten des VSA**  
<https://www.vsa.ch/regendaten/>
- [Hydromaps, Homepage] **Hydrologischer Atlas der Schweiz, Hydromaps**  
<https://hydromaps.ch/>
- [Klima Extreme, Homepage] **Extremwertanalysen Meteoschweiz**  
[www.klima-extreme.ch](http://www.klima-extreme.ch)
- [gestellt [Hyetogramme, Meteoschweiz, Homepage]] **Hyetogramme Meteoschweiz**  
<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/extremwertanalysen/hyetogramme.html>

[Glossar EconoMe, BAFU, Homepage] **Glossar EconoMe, BAFU**  
[https://econome.ch/eco\\_work/glossar.php](https://econome.ch/eco_work/glossar.php)

[VSA Wiki, Homepage] **VSA Wiki**  
<https://www.vsa.ch/wiki/>

[VSA Wegleitung Daten der Siedlungsentwässerung, Homepage] **VSA Wegleitung Daten in der Siedlungsentwässerung**  
[https://vsa.ch/wiki\\_categories/wegleitung-daten-der-siedlungsentwaeserung/](https://vsa.ch/wiki_categories/wegleitung-daten-der-siedlungsentwaeserung/)

[VSA Glossar, Homepage] **VSA Glossar**  
<https://vsa.ch/glossar/>

[TERMDAT Bundesverwaltung, Homepage] **Terminologie-Datenbank des Bundes**  
<https://www.termdat.bk.admin.ch/Search/Search>

VERNEHMLASSUNGSEXEMPLAR