



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Interfakultären Fachbereich für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„Hochwasserrisikoberechnung Gebäudeversicherung Zürich“

vorgelegt von

Dipl. Ing. (FH) Thomas Schuler
GIS_U1534, UNIGIS MSc Jahrgang 2011

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Basel, 23.12.2014

Redlichkeitserklärung

"Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden sind entsprechend gekennzeichnet."

Thomas Schuler

23.12.2014

Zusammenfassung

Die GVZ Gebäudeversicherung Zürich berechnet das Hochwasserrisiko der versicherten Gebäude mit pauschalen Annahmen auf Basis der Naturgefahrenkarte (NGK). Das Risiko soll das Mittel der Gebäudeschäden im ganzen Kanton Zürich repräsentieren. Zusätzlich verfügt die GVZ über sehr detaillierte Angaben einzelner Gebäude zum Gebäudewert, der Schadenempfindlichkeit und der Eintretenswahrscheinlichkeit.

In dieser Arbeit wird die Frage untersucht, wie sich das Risiko ändert, wenn diese detaillierten objektbezogenen Angaben, in die flächendeckende Berechnung einfließen.

Der Risikoberechnungsablauf der GVZ wird analysiert und in FME der Firma Safe Software implementiert. In einem zweiten Schritt wird das Risiko unter Einbezug der oben genannten detaillierten Informationen berechnet.

Aus Datenschutzgründen müssen die sensiblen punktuellen Informationen generalisiert werden. Die Resultate werden deshalb auf Ebene der Testgemeinde Rüti gekachelt und interpretiert.

Die neu erstellte, automatisierte Methode der Risikoberechnungen mit den angepassten / speziellen Parametern zeigen auf, wie stark jede genauere Grösse das Resultat beeinflusst.

Der einflussreichste Faktor für das Risiko ist die „Null-Schadengrenze“. Sie bezeichnet jene Eintretenswahrscheinlichkeit bei der gerade noch keine Schäden eintreten. Durch die Einteilung der Wiederkehrperioden in den NGK entstehen grosse Sprünge und kommen dem Umstand nicht entgegen, dass bei tiefen Jährlichkeiten die grössten Schäden entstehen. Deshalb ergeben sich die grössten Veränderungen am Gesamtrisiko durch die Berücksichtigung des detaillierten Wissens zur Eintretensgrenze (T-Schwelle).

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Ziel	2
2	Grundlagen	3
2.1	Theorie.....	3
2.1.1	Definition Katastrophe und -arten	3
2.1.2	Katastrophenrisikomanagement	5
2.1.3	Definition von Gefahr	5
2.1.4	Definition Risiko	8
2.1.5	Definition Risikobeurteilung	11
2.2	Methode	11
2.2.1	Risikoanalyse.....	12
2.2.2	Gefahrenanalyse	13
2.2.3	Expositionsanalyse	15
2.2.4	Konsequenzanalyse inklusive Schadenempfindlichkeit.....	16
2.2.5	Risikobeurteilung und -arten.....	21
2.2.6	Risikodarstellung.....	23
2.3	Lösungsansatz.....	26
2.3.1	Gefahrenanalyse	26
2.3.2	Expositionsanalyse	27
2.3.3	Konsequenzanalyse der GVZ.....	28
2.3.4	Risikoermittlung GVZ	32
3	Implementierung	38
3.1	Software.....	38
3.2	Daten.....	38
3.2.1	Gebäudedaten GVZ	38
3.2.2	Intensitätskarte Hochwasser ZH.....	39
3.2.3	HA-Raster-CH	45
3.3	Umsetzung	46
3.3.1	Bestimmung Verletzlichkeitsklasse	46
3.3.2	IK to IK-GK	49
3.3.3	Risikoberechnung pro Gebäude.....	53
3.3.4	Risikoberechnung pro HA-Rasterzelle.....	56
4	Resultate.....	58
4.1	Testgebiet Rüti	58
4.2	Gegenüberstellung der Resultate	62
5	Fazit.....	68
6	Ausblick	68
7	Literatur.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dichtefunktion der Wahrscheinlichkeit (Planat-A 09).....	7
Abbildung 2: Risikozusammensetzung	9
Abbildung 3: Risikobeurteilung	12
Abbildung 4: Faktoren der Hochwasserverwundbarkeit (Cees van Westen)	20
Abbildung 5: Illustration von Inventarschäden bei Hochwasser (Cees van Westen).....	21
Abbildung 6: Risikokurve	24
Abbildung 7: Dreickrisikoberechnung.....	25
Abbildung 8: Rechteckrisikoberechnung.....	25
Abbildung 9: Hochwassergefahrenkarte Kanton Zürich	27
Abbildung 10: Konsequenzanalyse GVZ	28
Abbildung 11: Schadenempfindlichkeit GVZ	31
Abbildung 12: Risikoberechnung pro Gebäude GVZ	32
Abbildung 13: Risikoberechnung pro Kachel GVZ a)	33
Abbildung 14: Schadenberechnung pro Gebäude GVZ	34
Abbildung 15: Risikoberechnung pro Kachel GVZ b)	35
Abbildung 16: Risikoberechnung GVZ.....	36
Abbildung 17: Löcherdetektion	41
Abbildung 18: betroffene Gebäude mit verschiedenen Buffern	44
Abbildung 19: Bestimmung Verletzlichkeitsklasse	47
Abbildung 20: Intensitätsgefahrenkarte	50
Abbildung 21: Risikoberechnung.....	53
Abbildung 22: Risikodarstellung auf Kachel	56
Abbildung 23: Testgemeinde Rüti im Kanton Zürich	58
Abbildung 24: Testgemeinde Rüti	59
Abbildung 25: Risikovergleich zw 2m und 6m Buffer	61
Abbildung 26: Resultate	65

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: EconoMe Schadenempfindlichkeiten	29
Tabelle 2: betroffene Gebäude pro Buffer	42
Tabelle 3: Schaden pro Buffer und Jährlichkeit	43
Tabelle 4: Risiko pro Buffer und Jährlichkeit	43
Tabelle 5: Risiko pro Jährlichkeit.....	66
Tabelle 6: Schaden pro Jährlichkeit	67

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Gebäudeversicherungen verfügen über statistisch wertvolle Daten im Bereich Gebäudebestand, -wert und Schadenempfindlichkeit mit dazugehörigen zeitlichen und georeferenzierten Informationen. Zusammen mit Naturgefahrenkarten bilden die Daten der Gebäudeversicherungen eine geeignete Basis, um durch räumlich abgestimmte Verschnitte und Klassifizierungen das jährliche Risiko der zu erwartenden Schäden bei natürlichen Gefahren zu ermitteln.

Die GVZ Gebäudeversicherung Kanton Zürich unterscheidet zwischen der flächendeckenden und der objektbezogenen Risikoberechnung. Bei ersterer wird mit pauschalen Annahmen zu Verletzlichkeiten und Gefährdung flächendeckend über den ganzen Kanton berechnet. Die pauschalen Annahmen sollen das Mittel der Gebäudeschäden im ganzen Kanton Zürich repräsentieren, für einzelne Gebäude können diese Annahmen abweichen. Die objektbezogene Risikoberechnung bezieht sehr detaillierte Angaben zum Gebäudewert, der Schadenempfindlichkeit und Gefährdung einzelner Gebäude mit ein, gilt jeweils aber nur für das untersuchte Objekt.

Die GVZ stellt sich nun die Frage, wie sich das flächendeckende Risiko ändert, wenn die detaillierten, objektbezogenen Angaben, in die flächendeckende Berechnung einfließen. Dieser Einbezug der gebäudespezifischen Angaben in die flächendeckende Hochwasser Risikoberechnung soll automatisiert („EinKnopf-Berechnung“) werden.

Ein bestimmender Faktor für das Risiko ist die „Null-Schadengrenze“. Sie bezeichnet jene Eintretenswahrscheinlichkeit bei der gerade noch keine Schäden eintreten. In der Gefahrenkarte Hochwasser wird die Häufigkeit mit 30-, 100-, 300-, 500-jährlichen (Extremereignis) Wiederkehrperioden ausgewiesen. Durch diese Einteilung der Wiederkehrperioden in der Gefahrenkarte entstehen grosse Sprünge. Ist beispielsweise bekannt, dass ein Fluss bereits bei einem 10-jährlichen Ereignis über die Ufer tritt, würde diese Überflutungsfläche trotzdem erst in der Intensitätskarte der Wiederkehrperiode 30 Jahre erscheinen. Mittels einer definierten „Null-Schadengrenze“ kann angegeben werden, wann dort der erste Schaden auftritt, also beispielsweise bei 10 Jahren. Falls lokales Wissen über die „Null-Schadengrenze“ besteht, soll diese spezifisch in die flächendeckende Risikoberechnung mit einbezogen werden.

Des Weiteren müssen für Darstellungen die sensiblen punktuellen Informationen aus Datenschutzgründen für Darstellungen generalisiert (Akkumulation auf Vek-

torebene) werden, um keine Schlüsse über ein bestimmtes Objekt ziehen zu können. Die Interpretationen (Resultate) sollen für Rasterkacheln (Ausrichtung am Hektarraster der Geostat-Daten CH) und auf die Gemeinden erzeugt werden.

1.2 Aufgabenstellung

Wie weit verändern sich die zu erwartenden jährlichen Schadensummen (= Risiko) unter Berücksichtigung objektbezogener Risikoberechnung gegenüber den Standardwerten?

Die drei veränderbaren Variablen Versicherungssumme, Schadenempfindlichkeit und Eintrittsjährlichkeit sollen gegeneinander sowie zu den Analysen mit den Standardwerten gegenübergestellt werden. Der Berechnungsablauf soll ausführlich dokumentiert werden. Die mehrstufigen Berechnungen sollen in einem FME-Workbench gebündelt werden.

1.3 Ziel

Die Gebäudeversicherung Kanton Zürich kann durch die Analysen und deren Ergebnisse der erwähnten Auswertungen genauere Vorhersagen des Risikos erstellen. Sie erlangt somit Rückschlüsse über die wichtigsten Parameter und deren Gewichtung in der Risikoberechnung. Dadurch kann sie in Zukunft genauere Resultate erlangen und ihre Ressourcen gezielter einsetzen.

2 Grundlagen

Dieses Kapitel erläutert alle relevanten Aspekte der Risikobeurteilung infolge Naturgefahren aus der aktuellen wissenschaftlichen Optik.

2.1 Theorie

Einen ersten Überblick verschaffen Begriffserklärungen und ihre gegenseitigen Zusammenhänge. Zuerst wird von der Vogelperspektive aus, das Gesamte betrachtet und fortlaufend immer tiefer ins Detail vorgedrungen.

Diese Arbeit bewegt sich in einem grossen Spannungsfeld von höchster Aktualität, da durch die stetig steigende Weltbevölkerung und den Klimawandel die Naturgefahren und deren Auswirkungen auf das gesellschaftliche Leben zunehmen. Das Risiko wird hauptsächlich von grossen Rückversicherungsunternehmen und staatlichen oder internationalen Organisationen getragen, um den steigenden Kosten und dem menschlichen Leiden entgegenzuwirken, welche aufgrund von Naturereignisse entstehen. Wissenschaftlich fundierte Standardberechnungsvorgaben entwickeln sich erst.

Eine entscheidende Rolle nimmt bei jeder Beurteilung der abgesteckte Umfang oder das Ziel der Auswertung und Aussage dar. Nicht nur der Detaillierungsgrad der Auswertungen, sondern auch die Ausdehnung des zu betrachtenden Gebietes ist dabei entscheidend für das Ergebnis. Denn es sind ganz verschiedene Ansätze anzuwenden, wenn ein einzelnes Objekt betrachtet wird oder ganze Regionen.

2.1.1 Definition Katastrophe und -arten

Wir kennen Naturkatastrophen aus den Schlagzeilen der Medien. Die Ereignisse, welche maximales Medieninteresse erhalten, sind diejenigen, welche blitzschnell eintreten, grossen Verlust und menschliches Leid verursachen, wie zum Beispiel Erdbeben, Überschwemmungen und Hurrikans. Andererseits sind geomorphologische Gefahren, die schleichend sind, wie Bodenerosion, Landverminderung, Versteppung, Gletscherrückzug etc. und wohl einen viel grösseren Schaden anrichten, in den Medien kaum vertreten (*Cees van Westen Kap.1-2*).

Eine Katastrophe ist ein extremes Phänomen, mit grosser Kraft, Energie und begrenzter Dauer, das an einem bestimmten Ort auftritt, menschliches Leid und eine Unterbrechung des normalen gesellschaftlichen Lebens verursacht, sowie die lokalen Kapazitäten zur Bewältigung übersteigt, also äussere Unterstützung benötigt wird (*unisdr.org / Alexander 93*).

Ein Erdbeben an und für sich gilt erst als Naturkatastrophe, wenn es zu tatsächlichen Schäden, Verlusten und Zerstörung führt (*Blaikie 94*).

Katastrophenarten

Es gibt verschiedene Möglichkeiten Katastrophen zu unterteilen und zu klassifizieren.

Eine Möglichkeit zur Unterteilung ist die Ursache der Entstehung zu betrachten:

- meteorologische (zu viel oder zu wenig Niederschlag, hohe Windgeschwindigkeit)
- geomorphologische / geologische (resultierend aus Vorgängen unter der Erdoberfläche)
- ökologische (betreffen die Flora und Fauna)
- technologische (vom Menschen verursacht)
- globales Klima (die Umwelt wird beeinflusst)
- extraterrestrial (z.B. Meteoriteneinschlag)

Eine andere Klassifizierung, richtet ihr Augenmerk auf den Ursprung und Auslöser der Katastrophe:

- natürlich
- menschenbedingt
- künstlich

Bei dieser Unterteilung können Katastrophen in verschiedenen Kategorien auftreten. So ist zum Beispiel ein Erdbeben rein natürlich, kann aber häufig auch menschenbedingt sein (*Cees van Westen Kap.1-4*).

Das Büro der Vereinten Nationen für Katastrophenrisikoreduzierung unterteilt wie folgt (*unisdr.org*):

- hydrometeorologische (Fluten / Stürme / Dürren / Feuer / Rutschungen / Lawinen)
- geophysikalische (Erdbeben / Tsunamis / vulkanische Eruptionen)
- biologische (Epidemien / Insektenplagen)

2.1.2 Katastrophenrisikomanagement

Durch menschliche Aktionen gegen Elementarrisiken, könnten Katastrophen verringert, wenn nicht sogar verhindert werden. Es liegt in unserer Verantwortung, die Risiken und Faktoren, die zu Katastrophen führen zu identifizieren und passende Interventionen umzusetzen (*Birkmann 06*).

Darum hat eine Risikobeurteilung immer das Ziel, Katastrophenrisiken mit ihren negativen Auswirkungen der Gefahren durch nachhaltige Entwicklungen zu vermeiden oder zumindest zu begrenzen. Katastrophenrisikomanagement ist also nichts anderes als eine Reihe von Massnahmen zur Risikoabschwächung (*Cees van Westen Kap.1-15*).

Dabei werden allgemeingültige methodische Ansätze angewendet, welche die Abläufe zur Beurteilung von Sicherheitslücken beim Umgang mit Risiken infolge Naturgefahren strukturieren. Die einzelnen Schritte dieses Ablaufes sind die Risikoanalyse, Risikobewertung sowie Risikoabschwächung. Durch ein Risikokzept sollen die Risiken von Elementarschäden mit Risiken aus anderen Bereichen beschränkt vergleichbar sein (*Planat-A 09 S.93*).

2.1.3 Definition von Gefahr

Das allgemein gebräuchliche Wort Gefahr bedeutet nach (*Wikipedia-en*): „Eine Gefahr ist eine Situation, die eine Bedrohung für Leben, Gesundheit, Eigentum und Umwelt darstellt“.

Im Gegensatz zur Katastrophe, stellt die Gefahr eine latente möglicherweise zukünftige Bedrohung dar. Wenn diese Bedrohung eintritt, kann sie zu einer Katastrophe führen (*Cees van Westen Kap.3-2*).

Die Gefahr ist die Wahrscheinlichkeit eines möglicherweise zerstörenden Phänomens oder Ereignisses, dass zu einem gewissen Zeitpunkt oder in einem zeitlichen Abstand wiederkehrend, mit einer bestimmten Dauer, mit einer Intensität, Energie und Geschwindigkeit, sowie in einem räumlich begrenzten Raum, auftritt (*unisdr.org*).

Es steckt also der Aspekt dahinter, dass eine Gefahr eine negative Auswirkung auf Sachen oder Leben, ausgedrückt als Schaden oder Verlust, verursacht. Prinzipiell ist aber das Konzept der Gefahr wertfrei.

Es können grob folgende Gefahren unterteilt werden:

- Elementarrisiken sind natürliche Prozesse oder Phänomene innerhalb der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre oder Atmosphäre), die möglicherweise Schaden verursachen.
- Menschlich bedingte Gefahren sind Änderungen an den natürlichen Prozessen, verursacht durch menschliche Aktivitäten (Luftverschmutzung / industrielle chemische Unfälle / bedeutende bewaffnete Konflikte, Nuklearunfälle, Ölpest), welche das Auftreten von Elementarrisiken beschleunigen und die resultierenden Schäden vergrössern.
- Menschlich verursacht oder technologische Gefahren, die durch bestimmte menschliche Aktivitäten entstehen, welche mögliche menschliche, wirtschaftliche Verluste oder Umweltzerstörung verursachen (nukleare Aktivitäten und Radioaktivitäten, giftige Abfallstoffe, industrielle oder technologische Unfälle wie Explosionen und Feuer) (*Cees van Westen Kap.3-3*).

2.1.3.1 Gefahreneigenschaften

Es gibt eine Vielzahl von Gefahrenphänomenen. Sie reichen von lokalen Tornados bis zum Klimawandel, oder von sehr schnellen zu sehr langsamen, wie Blitze bis Versteppungen. Um die verschiedenen Gefahrenarten zu beschreiben, können sechs Haupteigenschaften definiert werden (*Cees van Westen Kap.3-17*).

- Faktoren, die zur Auslösung einer Gefahr führen
- Räumliches Vorkommen
- Dauer des Ereignisses
- Zeit des Auftretens
- Häufigkeit
- Intensität

2.1.3.2 Gefahrengrössen

Gefahren werden durch ihre Jährlichkeit oder Häufigkeit sowie der Intensität beschrieben. Diese Grössen werden im Rahmen der Ereignisanalyse (siehe Kapitel 2.2.1) abgeleitet.

Dabei ist die Wahrscheinlichkeit, dass z.B. ein Pegelstand eine bestimmte Ereignisgrösse alle T Jahre erreicht oder überschreitet, die Jährlichkeit (Abb. 1 a).

Die Gefahrenwahrscheinlichkeit im Generellen wird in vorgesehene Zeiträume, sogenannten Szenarien oder Wiederkehrperioden, eingeschränkt. Dabei ent-

spricht die Fläche unter der Wahrscheinlichkeits-Dichtefunktion, als Differenz der jeweils angrenzenden Jährlichkeiten, der Häufigkeit des Szenarios (Abb. 1 b).

Die Intensität beschreibt den Grad der Gefahr. Sie wird als die Energie ausgedrückt, welche freigegeben wird. Je grösser die freigegebene Energie eines Ereignisses ist, je grösser ist ihr zerstörerisches Potenzial. Bei einer Überschwemmung wird das Volumen des Wassers, also der Intensität, mittels der Fliesstiefe und Fließgeschwindigkeit sowie der Jährlichkeit ausgedrückt. Die Gefährdung entsteht aus der Jährlichkeit und der Intensität (Cees van Westen Kap.3-10 / (Planat-A 09 S.32).

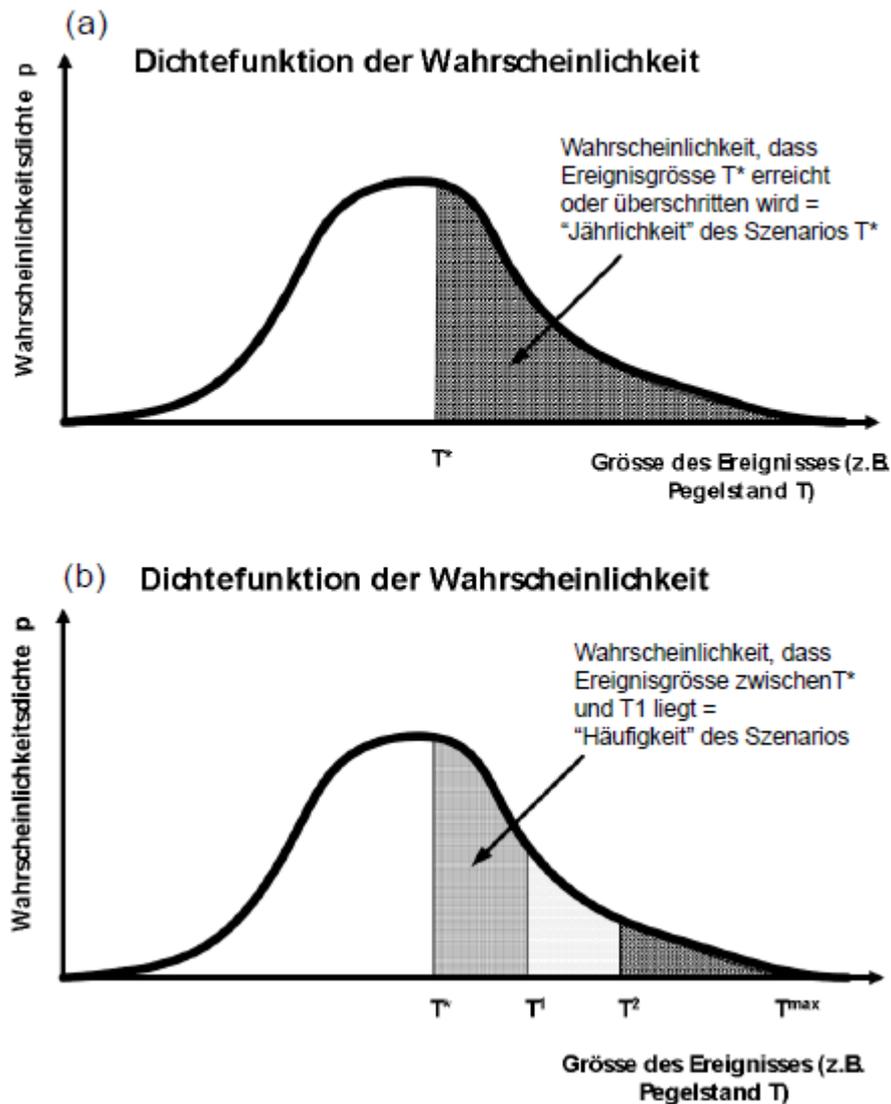


Abbildung 1: Dichtefunktion der Wahrscheinlichkeit (Planat-A 09)

2.1.4 Definition Risiko

Der Ausdruck Risiko stammt ursprünglich vom arabischen Wort „rizq“ „Wohlstand suchen“ ab. Im Mittelalter wurde das Wort „risicum“ beim Seehandel und den damit verbundenen rechtlichen Problemen des Verlustes sowie des Schadens verwendet. In der englischen Sprache wird das Wort risk seit dem siebzehnten Jahrhundert verwendet. Der heutige Gebrauch kristallisierte sich erst während den Konfrontationen des kalten Krieges heraus. Er wurde in den siebziger Jahren durch Öltankunfälle in Versicherungskreisen verbreitet. Die wissenschaftliche Benutzung des Wortes Risiko fand in den Achtziger Jahren im Finanzwesen Einzug. Die Verwendung in allgemeinen Berufsgattungen fand in den Neunziger statt (*Wikipedia-en*).

Der Begriff Risiko wird in verschiedenen Sparten/Anwendungen verwendet (*Cees van Westen Kap.1-18*).

- In der Finanzbranche ist das Risiko die Wahrscheinlichkeit, dass der tatsächliche Gewinn einer Investition auch zu einem möglichen Verlust (Risiko) führen kann.
- Versicherungen sind eine Risiko reduzierende Investition, bei der der Käufer vorzahlt, um vor einem möglichen grossen Verlust geschützt zu sein.
- Gesundheit: Risikokonzepte werden weitgehend in der Toxikologie und Epidemiologie verwendet.
- Technik: zum Beispiel in der Kernkraft oder Luftfahrtindustrie / Bautechnik
- In der Bewertung von Elementarrisiken

2.1.4.1 Begriffe Risiko

Allgemein betrachtet bezeichnet das Risiko die Möglichkeit, dass durch das tatsächliche Eintreten einer (natürlichen, menschlich bedingt oder künstlichen) Gefahr unerwünschte Folgen (Todesfälle, Verletzungen, Schaden an Objekten, gestörtes Wirtschaftsleben oder beschädigte Umwelt) entstehen. *Das Risiko kann daher als das Mass für den Umgang mit Sicherheit definiert werden, das an entsprechenden Risikogrössen gemessen und beurteilt wird. Das Risiko setzt sich aus folgenden Grössen zusammen (Planat-A 09 S.31):*

- der Häufigkeit oder Jährlichkeit und
- dem Schadenausmass (S), das bestimmt wird durch den Sachwert (W) und der Schadenempfindlichkeit (SE) eines Objektes, zum Zeitpunkt des Eintrittes eines gefährlichen Ereignisses

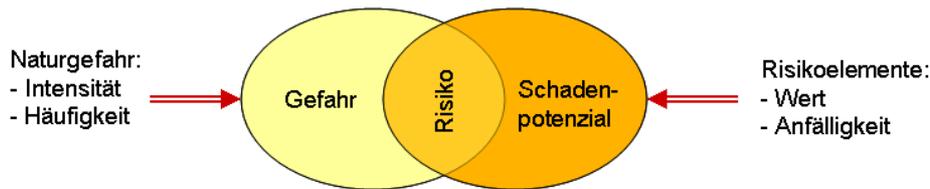


Abbildung 2: Risikozusammensetzung

Zu beachten ist, dass die Begriffe Gefahr und Risiko nicht vermischt werden. Die Gefahren einschätzung erfolgt immer von einem anthropozentrischen Standpunkt aus. Die Gefahr selber muss aber nicht notwendigerweise zu Schäden führen. Risiko ist dagegen das Potenzial für eine Naturkatastrophe. Das tatsächliche Eintreten eines schädlichen Ereignisses ist die Materialisierung des Risikos (Kap. 2.1.1) (Cees van Westen Kap.1-20).

Erwartete Verluste können auf unterschiedliche Arten unterteilt werden, normalerweise wird zwischen direkten und indirekten Schäden unterteilt (Cees van Westen Kap.1-18).

- Risiko für direkte Schäden, umfasst die unmittelbar aus der Auswirkung einer Gefahr resultierenden Schäden an Objekten und kann meistens in Geldeinheiten quantifiziert werden. *Der direkte Schaden entspricht dem Geldbetrag, der notwendig ist, um das Objekt wieder in den gleichen Zustand wie vor dem Ereignis zu versetzen (Planat-A 09 S.34).*
- Bei einem Naturereignis entstehen zusätzlich indirekte Schäden oder Folgeschäden. Dazu zählen Betriebunterbrechungen oder Verdiensteinbußen. *Die Quantifizierung dieser Schäden kann sehr umfangreich, schwierig oder gar unmöglich sein. Problematisch kann auch die Abgrenzung zwischen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Schäden sein. Aus den genannten Gründen werden indirekte Schäden häufig nicht oder nur unzureichend in Risikoanalysen einbezogen (Planat-A 09 S.34).*

Eine andere Unterteilungsmöglichkeit ist:

- bewertbare Schäden sind Verluste von Dingen, die einen Geldwert haben, z.B. Gebäude, Infrastruktur, etc.
- immaterielle Verluste sind Schäden an Dingen, die nicht gekauft und verkauft werden können, z.B. Leben und Verletzungen, Kulturerbe, Umweltqualität wie biologische Vielfalt etc.

Eine weitere Unterteilung wäre:

- Private Verluste wie gefährdete Wohngebäude und ihr Inhalt oder Firmen. Solche Schäden sollten durch Versicherungen abgedeckt sein.
- Bei allgemeinen Verlusten spricht man von gefährdeten Objekten, wie der Infrastruktur, den Verwaltungsgebäuden (*Cees van Westen Kap.1-20*).

2.1.4.2 Risikogrösse

Wie bereits mehrfach beschrieben, entsteht ein Risiko bzw. ein Schaden erst, wenn ein Objekt einem gefährlichen Ereignis ausgesetzt ist und als Folge seiner Empfindlichkeit Schaden nimmt. Dabei lässt sich das Risiko als Produkt aus der Schadenwahrscheinlichkeit (P) und des Schadenausmasses (S) formulieren (*Plannat-A 09 S.33*).

$$R = P * S$$

Risiko (R) = Schadenwahrscheinlichkeit (P) *Schadenausmass (S)

Wobei das Schadenausmass (S) sich zusammensetzt aus:

$$S = SE * W$$

Schadenempfindlichkeit (SE) * Schadenpotenzial (W)

Beschreibung der einzelnen Gleichungsgrössen:

- Risiko (R) infolge Naturgefahren ist ein Begriff, um den wirtschaftlichen Verlust, also den Schadenerwartungswert pro Jahr und / oder pro Ereignis (z.B. CHF pro Jahr), quantitativ zu bestimmen.
- Das Schadenpotenzial (W) beschreibt meistens den Geldwert (Kosten für die Wiederinstandsetzung, der Marktwert, usw.) eines betroffenen Objektes (Gebäude, Menschen, etc.)
- Die Schadenempfindlichkeit (SE) oder Verletzlichkeit / Verwundbarkeit ist die Anfälligkeit des Objektes auf die Auswirkung einer Gefahr. Die Verwundbarkeit und das Schadenpotenzial (W) zusammen ergeben die Konsequenz oder das Schadenausmass (S), also der zu erwartende Schaden oder Verlust.
- Das Gefahrenpotenzial, also die Schadenwahrscheinlichkeit (P) in der Gleichung bezieht sich auf die räumliche Auftretungswahrscheinlichkeit (= Wahrscheinlichkeit, dass das Objekt tatsächlich vollumfänglich dem Szenario ausgesetzt ist), Präsenzwahrscheinlichkeit (= durchschnittliche Dauer, dass das

Objekt dem Szenario ausgesetzt ist) und die Wiederkehrperiode (Häufigkeit oder Jährlichkeit) eines gefährlichen Phänomens (Szenario) mit einer gegebenen Intensität innerhalb eines vorgesehenen Zeitraums.

Die Formel zeigt auf:

- Der Sachwert, ausgedrückt als Schadenpotenzial, hat entscheidenden Einfluss auf das Risiko und wird in Geldeinheit (CHF) ausgedrückt.
- unterschiedliche Schadenempfindlichkeiten verschiedener Objekte bei gleicher Gefährdung führen zu unterschiedlichen Risiken.

Hinzu kommt, dass diese Grössen, im Besonderen die Schadenempfindlichkeit, bei der Berechnung des Risikos zuweilen schwierig, bis nicht zu quantifizieren sind, zum Beispiel bei Betriebsunterbrüchen, Personengefährdung, Denkmalschutz, Umwelt, Infrastruktur, usw. Diese Faktoren und Zusammenhänge muss man sich bei der Beurteilung von Risiken stets bewusst sein (*Planat-A 09 S.33*).

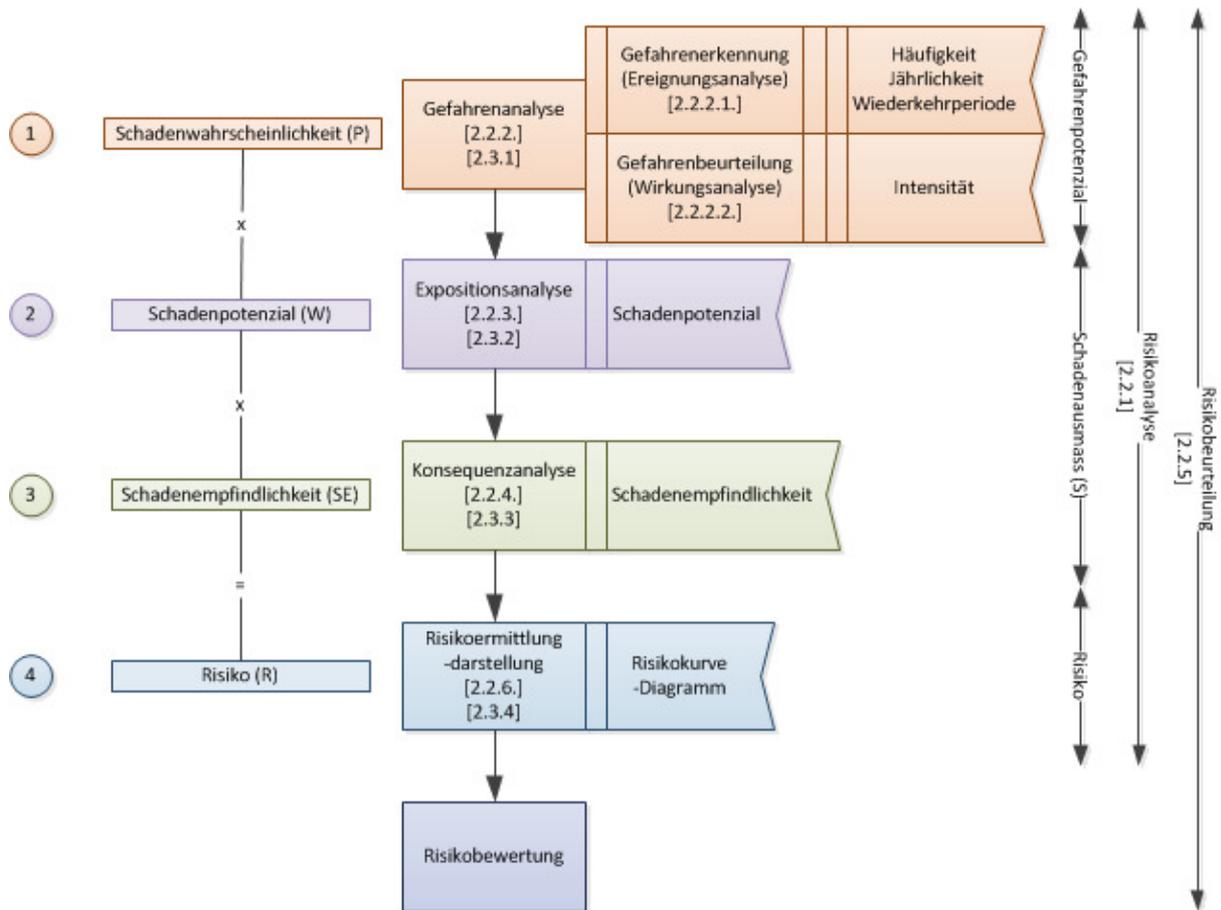
2.1.5 Definition Risikobeurteilung

Unter Risikobeurteilung versteht man allgemein, die Methode, um den Umfang und die Art eines Risikos, ausgedrückt durch die potenziellen Verluste an Menschen oder Schäden an Gütern und Umwelt, verursacht aus möglichen Gefahren, zu bewerten und zu analysieren (*unisdr.org*).

2.2 Methode

Da nun ein theoretisches Basiswissen vorhanden ist, geht es weiter mit deren Anwendungen.

Das nachfolgende Flussdiagramm soll einen Überblick geben über den Ablauf einer Risikobeurteilung mit all ihren Teilprozessen und Begriffen und eine Orientierungshilfe sein.



Legende:



Abbildung 3: Risikobeurteilung

In der Mitte ist in vertikaler Richtung der Risikobeurteilungsablauf mit seinen Teilschritten wiedergegeben. Die Resultatgrößen der einzelnen Prozesse sind links abgebildet, als auch rechts als vertikale Formel. Am linken Rand befinden sich die Begriffe für prozessübergreifende Zusammenhänge. Die Nummern in Klammern spiegeln die jeweiligen Kapitelnummern wieder.

2.2.1 Risikoanalyse

Das Ziel der Risikoanalyse in dieser Arbeit ist die möglichst genaue Ermittlung der Risikogrößen (Kap. 2.1.4.2) für alle zu erwartenden Schadenereignisse an Gebäuden im Kanton Zürich und deren Beurteilung.

Die Risikoanalyse setzt sich aus folgenden Schritte zusammen:

- Absteckung des Umfangs und Vorbereitungsarbeiten: Zielformulierung der Risikoanalyse, Abgrenzung des zu beurteilenden Gebietes sowie Grundlagenbeschaffung.
- Gefahrenanalyse: Sie wird unterteilt in die Ereignis- und Wirkungsanalyse. In der Ereignisanalyse werden die massgebenden Szenarien festgelegt und deren Eintretenswahrscheinlichkeiten. Die Bestimmung der Intensität und des Ausmasses der Gefährdung erfolgt in der Wirkungsanalyse.
- Expositionsanalyse: Identifizierung und Bewertung der gefährdeten Gebäude
- Konsequenzanalyse: Ermittlung des Schadenausmasses der einzelnen Gebäude.
- Risikoermittlung und -darstellung: Ermittlung und Darstellung der zu erwartenden Risikogrössen.

Es ist zu beachten, dass der Detaillierungs- und Quantifizierungsgrad der Risikoanalyse in hohem Masse von der Gefahrenart und der Gefahrensituation insgesamt abhängt. Eine wichtige Rolle spielt das Ziel und die Ansprüche an die Risikoanalyse selber sowie die Datengrundlagen (*Planat-A 09 S.37*).

2.2.2 Gefahrenanalyse

Die Gefahrenstudie wird Gefahreneinschätzung genannt und bezieht sich auf die Analyse der Phänomene durch Sammlung von historischen Aufzeichnungen, Interpretation von topografischen, geologischen und hydrologischen Informationen, um Schätzungen über die zeitliche und räumliche Wahrscheinlichkeit sowie der Wirkung (Intensität) eines gefährlichen Ereignisses zu ermitteln (*Cees van Westen Kap.3-3*). Die gewonnen Grössen der Gefahrenanalyse bilden somit die Grundlage für die Berechnung der Risiken. Die Gefahrenanalyse beinhaltet die Ereignisanalyse und die Wirkungsanalyse.

Die Ereignisanalyse identifiziert die zu berücksichtigenden Gefahren und legt die massgebenden Szenarien fest.

Die Wirkungsanalyse bestimmt Art, Ausdehnung und Intensität der gefährlichen Prozesse.

*Das Ergebnis der beiden Teilschritte und damit der Gefahrenanalyse sind Intensitätskarten für jedes der massgebenden Szenarien (Darstellung der Wirkungen je Szenario) (*Planat-A 09 S.39*).*

Die Gefahrenanalyse beim Prozess Hochwasser, kann man im Allgemeinen als das Eindringen des Wassers in normalerweise nicht überschwemmtes Gebiet definieren. Hochwasser ist Teil der Dynamik von Flüssen und Strömen sowie Küstenregionen (*Cees van Westen Kap.3-18*).

Grundsätzlich bezeichnet Hochwasser nur den Zustand eines Gewässers, bei dem ein bestimmter Wasserstand erreicht oder überschritten wird. Das dabei das Wasser aus seinem Gerinne austritt, muss nicht sein (*Planat-A 09 S.134*).

Es gibt viele Ursachen, die mögliche Überflutungen auslösen. Offensichtlich spielt der Standort, die Geländeeigenschaften und das Klima eine Schlüsselrolle. Es werden folgende Arten unterschieden:

- Statische Überflutungen. Das Wasser fließt langsam, auch der Anstieg ausserhalb des Beckens eines grösseren Flusses dauert meistens langsam. Das überschwemmte Gebiet ist durch das verhältnismässig flache Gelände grossflächig (*Cees van Westen Kap.3-18*). Der massgebende Schadenfaktor stellt dabei die maximale Überschwemmungstiefe dar. Das Ausmass der Schäden hängt massgeblich von der Anstiegsgeschwindigkeit des Wassers, den Feststoffablagerungen und der Überschwemmungsdauer ab (*Planat-A 09 S.134*).
- Dynamische Überflutungen: Das Wasser fließt schnell, da dynamische Überschwemmungen eher entlang von geneigtem Gelände in kleineren Flüssen auftreten. Die Gefährdung erfolgt vor allem durch den Strömungsdruck, ausgelöst von einem kurzen heftigen lokalen Niederschlag (Gewitter). Die dynamische Überschwemmung kann durch seine Wucht Menschen und Material mit sich reissen und Bauwerke zerstören. Durch Ufer- und Tiefenerosion entlang des Gewässers unterspült es Verkehrswege, Gebäude, Infrastruktur und Brücken bis zum Einstürzen. Das dabei mitgeschleppte Geschiebe beschädigt oft Bauten und Kulturland. Die mittlere Fliessgeschwindigkeit und die Wassertiefe sind die entscheidenden Schadenparameter. Nach dem Rückzug des Wassers bleiben meist Geröll und grobkörniger Schlamm zurück (*Planat-A 09 S.134*).
- Andere: Küstenüberschwemmung, Tsunamis, Gletscherseeabbruch, Dammbrüche

2.2.2.1 Ereignisanalyse

Die Beurteilung oder Erkennung der Gefährdung ist der erste Schritt der Ereignisanalyse. Dabei werden unter Einbezug früherer Ereignisse, der Einträge im Ereigniskatastern, lokalem Expertenwissen, Luftbild-, Geländeanalysen und der

Analyse der klimatischen Bedingungen (Niederschlagsregime, Temperaturverteilungen, Windverhältnisse, typische Wetterlagen) die massgebenden Ereignisszenarien festgelegt. Ein besonderes Augenmerk ist auf die hydrologischen und hydraulischen Eigenschaften eines Gewässers zu richten. Zu den hydrologischen Eigenschaften zählen Abflussregime und Hochwassertypen. Unter die hydraulischen Eigenschaften fallen die Kapazität, das Geschiebepotential und das Gefälle des Baches. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist die Analyse von Schwachstellen wie Durchlässe, Brücken, enge Kurven oder Gefällsbrüche im Längsprofil. Aus diesen Analysen lässt sich die Wahrscheinlichkeit der massgebenden Szenarien über die Jährlichkeit x festlegen. Aus Vergleichbarkeitsgründen werden in der Praxis der Gefahrenkartierung solche Szenarien für die Jährlichkeiten von 30, 100 und 300 Jahren sowie den Extremfall (EHQ) als Wiederkehrperioden kategorisiert (*Planat-A 09 S.39, 135*).

2.2.2.2 Wirkungsanalyse

In der Wirkungsanalyse erfolgt die Gefahrenbeurteilung durch Bestimmung der Art, Ausdehnung und Intensität der Gefährdung. Die Intensität bei einer dynamischen Überschwemmung entspricht dem Produkt aus der Überflutungshöhe und der Fliessgeschwindigkeit unter Einbezug des Geschiebegehalts. Bei einer statischen Überschwemmung setzt sich die physikalische Wirkung aus der Überflutungshöhe und der Überflutungsdauer zusammen (*Planat-A 09 S.135*).

Die Intensitäten in den Szenarien werden abgeschätzt oder mit Hilfe von Modellrechnungen und Simulationen berechnet und in Klassen (geringe, mittlere und starke Intensität) abgegrenzt.

Als Resultat der Ereignis- und Wirkungsanalyse für den Prozess Hochwasser, also als Ergebnis der Gefahrenanalyse, gewinnt man die Intensitätskarten (*Planat-A-09 S.136*). Sie bilden die Voraussetzung für detaillierte Risikoanalysen. Gefahrenkarten sind dazu nur bedingt geeignet, da darin die Intensität und Häufigkeit nicht getrennt sind. *Für eine Risikoanalyse ist es aber notwendig zu wissen, wo und wie oft mit welcher Intensität zu rechnen ist (Planat-A 09 S.41)*.

2.2.3 Expositionsanalyse

In der Expositionsanalyse werden die potentiell gefährdeten Gebäude identifiziert und hinsichtlich ihren Schadenpotenzial, also dem Sachwert aufgrund ihrer Lage, der Bauart, der Baukonstruktion, deren Nutzen, etc. qualitativ bzw. quantitativ beschrieben. Die Risikoanalyse ist grundsätzlich eine IST-Zustandsberechnung, daher fliessen nur die Gebäude zum Zeitpunkt der Beurteilung mit ein (*Planat-A 09 S.39*).

Bei Überflutungen stehen Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen, Verkehrswege, ober- und unterirdische Leitungen im Vordergrund. Mit Personenschäden wird allgemein nicht gerechnet, da Überflutungen eine relative lange Vorwarnzeit haben. Daher ist in der Regel eine die Berücksichtigung der Letalität nicht notwendig (*Planat-A 09 S.136*).

2.2.4 Konsequenzanalyse inklusive Schadenempfindlichkeit

Durch Überlagerung der Intensitätskarten mit den potentiell gefährdeten Objekten, sowie der Berücksichtigung von Schadenempfindlichkeit, der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit und der Präsenzwahrscheinlichkeit derselbigen (siehe Kapitel 2.1.4.2), wird in der Konsequenzanalyse, das Schadenausmass für jedes Objekt für alle Wiederkehrperioden bestimmt (*Planat-A 09 S.37 / 47*).

Die Auftretenswahrscheinlichkeit soll den Umstand berücksichtigen, dass meist nicht die gesamte ausgeschiedene gefährdete Fläche gleich stark betroffen ist. Dies kann durch einen Faktor für einzelne Bereiche oder durch Abschätzung ortsspezifischer Eigenschaften des Gebäudes (Gelände / Lage) erfolgen. Für Analysen von kleinen lokalen Gebieten mit hohem Detaillierungsgrad ist dieser Faktor in der Beurteilung interessant.

Die Präsenzwahrscheinlichkeit berücksichtigt die durchschnittliche Dauer der Anwesenheit eines Objektes im gefährdeten Bereich. Diese Grösse bezieht sich hauptsächlich auf Personen und wirkt reduzierend auf den Schaden. Da Personen in dieser Arbeit nicht Bestandteil sind, wird dieser Faktor nicht berücksichtigt.

Schadenempfindlichkeitseinschätzung

Die Schadenempfindlichkeit oder ihre Synonyme Verletzlichkeit und Verwundbarkeit, stellt eine schwierige Grösse dar, da der Begriff in der Literatur und im Sprachgebrauch sehr weit gefasst und interpretiert wird (Thywissen 06 / Planat B5 S.9). Die Literatur zu methodischen oder konzeptionelle Ansätzen der Verletzlichkeit sowie Verletzlichkeitsanalysen oder -funktionen von gravitativen Naturgefahren ist nach Hollenstein et al. (2002) sehr schmal und lückenhaft. Weiter zeigt Hollenstein (2005) ein sehr heterogenes Bild bezüglich der Definition und der Verwendung des Begriffs Verletzlichkeit auf. So kann man heutzutage schon über ein Paradoxum sprechen, wenn Verwundbarkeit gemessen oder berechnet wird, obwohl die Verletzlichkeit noch gar nie abschliessend definiert worden ist (Birkmann 06).

Die Schadenempfindlichkeit wird aus Erfahrungswerten vergangener Ereignisse, Versuchen, Berechnungen, Modellierungen gewonnen. Bei gravitativen Naturgefahren kommen meistens standardisierte Werte zur Anwendung.

Das Grundkonzept der Verletzlichkeit stammt aus den siebziger Jahren. Neuere Konzepte schliessen das Leben des Menschen mit ein, was unter dem Begriff Letalität zusammengefasst wird (*Cees van Westen 5-3*).

Aus oben genannten Gründen gibt es eine Reihe von Begriffsinterpretationen. Hier eine kleine Auswahl von Definitionen, welche sich mit der Naturkatastrophenthematik auseinandersetzen:

- Die Höhe des Verlustes eines Objektes resultierend aus einem ereigneten natürlichen Phänomen (*UNDRO 91*).
- Die Unfähigkeit einen Schaden oder Verlust durch ein Risiko nicht zu verhindern (*Pelling 03*).
- Die Eigenschaft einer Person oder Gruppe, den Auswirkungen einer Gefahr zu widerstehen, oder sich von ihr zu erholen (*Blaikie, Canone et al. 94*).
- Die Anfälligkeit der Nichtlernfähigkeit einer Gemeinschaft (*Young 98*).
- Der physische und oder sozialwirtschaftliche Zustand resultierend aus den Auswirkungen eine Gefahr (*UNDP 04*).
- Die tatsächliche und dynamische Grösse eines gefährdeten Elementes, dass den Schaden bestimmt, welcher sich durch ein Ereignis ergibt. Die Grösse ändert sich ununterbrochen im Laufe der Zeit und wird durch materielle, wirtschaftliche und Umweltfaktoren beeinflusst (*Birkmann 06-2*).
- Das Schaden- oder Verlustpotenzial, ausgedrückt durch einen Wert, welcher durch eine Gefahr zu erleiden ist (*Pelling 07*).
- Die Grösse, gegen die ein System anfällig oder unfähig, ist mit einem negativen Ereignis fertig zu werden (*IPCC 01, S 165*).

Aus diesen Definitionen lässt sich die Verletzlichkeit in 4 Gruppen aufteilen:

- Physische (materielle) Verwundbarkeit: das Potenzial der materiellen Auswirkung auf die Umwelt und Bevölkerung. Ausgedrückt durch die Grösse des Verlustes eines Objekt, resultierend aus einem natürlichen Phänomen.
- Technisch wirtschaftliche Verwundbarkeit: die möglichen Beeinträchtigungen von Gefahren auf wirtschaftliche Prozesse (Energie-, Wasserversorgung, Kommunikations-, Verkehrsnetze), sowie die benötigte Zeit, um das System wieder zum Laufen zu bringen (Resilienz des Systems) (*Planat-A 09 S.47*).

- Sozialverwundbarkeit: negative Auswirkungen von Ereignissen auf *eine Gesellschaft bzw. den Teil einer Gesellschaft (z. B. Bewohner einer Region oder Talschaft oder einer Gemeinde)*. Die Verletzlichkeit bestimmt hier den Grad der Abweichung von einem definierten Normalzustand. Die Beeinträchtigung kann z. B. darin bestehen, dass nach wiederholten Naturereignissen ein Gebiet einen starken Imageschaden erleidet oder an Attraktivität verliert und die Bewohnerinnen und Bewohner dieses Gebiet verlassen. Die Resilienz einer Gemeinschaft (z. B. Talgemeinschaft) spielt für den Grad der Verletzlichkeit eine bedeutende Rolle (Planat-A 09 S.48).
- Umweltverwundbarkeit

Zusammengefasst haben alle Definitionen folgendes gemeinsam (Cees van Westen Kap.5-4):

- Mehrdimensional: z.B. Physische-, soziale-, technisch wirtschaftliche , Umweltverletzlichkeit
- Dynamisch: Verwundbarkeitsänderung im Laufe der Zeit
- Skalaabhängig: Verwundbarkeit kann durch verschiedene Skalen für Menschen, Gebäude, Umwelt ausgedrückt werden
- Standortspezifisch: jeder Standort (Gegend) benötigt seine eigene Skala

In Bezug auf die gravitativen Naturgefahren charakterisiert der Begriff Schadenempfindlichkeit das Ausmass einer Beeinträchtigung, welche ein Objekt (wie z. B. Gebäude oder Infrastruktur) unter einer bestimmten Einwirkung erfährt (Hollenstein et al., 2002).

Die Ansätze zur Festlegung der Schadenempfindlichkeit hängen stark von der lokalen Gefahr und deren gefährdeten Objekten ab. Sie erlauben kaum eine Übertragung auf andere Rahmenbedingungen (Hollenstein 2005). Das lockere Umgehen mit der Schadenempfindlichkeit bei gravitativen Gefahren liegt nach Douglas (2007) darin, dass durch geeignete Massnahmen am Objekt die Auswirkungen reduziert, oder an der Gefahrenquelle sogar ganz abgewendet werden können.

Trotzdem stellt die Verletzlichkeit ein grundlegender Faktor bei der Beurteilung von Risiken infolge Naturgefahren dar (Planat-B5 08 S.11).

Der Wert zur Schadenempfindlichkeit (SE) von Gebäuden wird im Allgemeinen über das Verhältnis von Gebäudeschäden zum Versicherungswert des Gebäudes ermittelt (*Planat-B5 08 S.14*):

$$SE = \frac{S}{VW}$$

S = Schadensumme des Objektes [CHF]

VW = Versicherter Wert des Objektes [CHF]

Gemäss dieser finanziellen Definition der Schadenempfindlichkeit wird in diesem Sinne auch vom relativen Schaden gesprochen. Der relative Schaden wird mit einem Wert zwischen 0 (kein Schaden) und 1 (Totalschaden) quantifiziert (*Hollenstein 02, Merz 06, Planat-B5 08 S.14*).

Die Verwundbarkeit kann auf verschiedene Arten ausgedrückt oder dargestellt werden (*Cees van Westen Kap.5-11*):

- Verletzlichkeitsindex: Basierend auf Verwundbarkeitsindikatoren, haben meistens keinen direkten Bezug zu den Gefahrenintensitäten
- Verletzlichkeitskurven: Hier werden die Gefahrenintensität und der Schaden in Beziehung gesetzt. Sie werden auch Schadenfunktionskurven genannt. Man unterscheidet zwei Arten:
 - Relative Kurven: sie zeigen den Prozentsatz der Vermögenswerte, also der beschädigte Anteil des Gesamtwertes zur Gefahrenintensität.
 - Absolute Kurven zeigen den tatsächlichen Schaden abhängig von der Gefahrenintensität
- Verwundbarkeitstabellen: zeigt das gleiche auf wie in einer Kurve, einfach aufgeteilt in Klassen / Blöcke

Im besten Fall gibt es Normen oder Regeln, um den gefährdeten Objekten Verletzlichkeitswerte bzw. -funktionen zuzuweisen. Leider ist dies in der heutigen Naturgefahrenpraxis nicht oder nur selten der Fall. So muss auf nachvollziehbare Annahmen zurückgegriffen werden.

In der Schweiz wurden im Rahmen des Projektes EconoMe (BAFU 08) auf Basis des vorhandenen Wissens Werte für die Schadenempfindlichkeit von Objekten definiert (Planat-A 09 S.48).

Hochwasserverwundbarkeit

Hochwasserschadenfunktionen beschreiben das Verhältnis zwischen hydraulischen Parametern und dem relativen Schaden oder dem tatsächlichen Schaden des gefährdeten Objektes und sind je nach Überschwemmungsart verschieden. Es kommt dabei meist nur im bodennahen Bereich des Objekts zu Schäden. Entscheidend über die Höhe des Schadens bei Gebäuden ist, ob das Wasser in das Gebäude eindringen kann oder nicht. Dies hängt einerseits davon ab, wo Türen und Öffnungen und in welcher Höhe über Boden sie sind und über das Vorhandensein eines Kellers oder nicht. Ist das Wasser im Gebäude, kommt das geschädigte Inventar dazu. Weiter ist entscheidend, wie lange die Überschwemmung dauert was nicht zuletzt Einfluss auf das Baumaterial und das generelle Bauerhaltungsniveau hat. Verschmutztes Wasser und Sedimentanteile haben nicht zuletzt Einfluss auf die Reinigungskosten. Nicht zu vergessen ist bei Überschwemmungen der Faktor Fließgeschwindigkeit, welcher dazu beiträgt, dass zum Beispiel Häuserfundamente unterspült oder ganze Häuser einstürzen. All diese Faktoren sind entscheidend für die Schäden und somit ist eine Definition einer einheitlichen Schadenempfindlichkeit bereits für ein einziges Objekt sehr problematisch und dürfte nur in erster Näherung eine aussagekräftige Grösse liefern (Planat-A 09 S.136, 242).

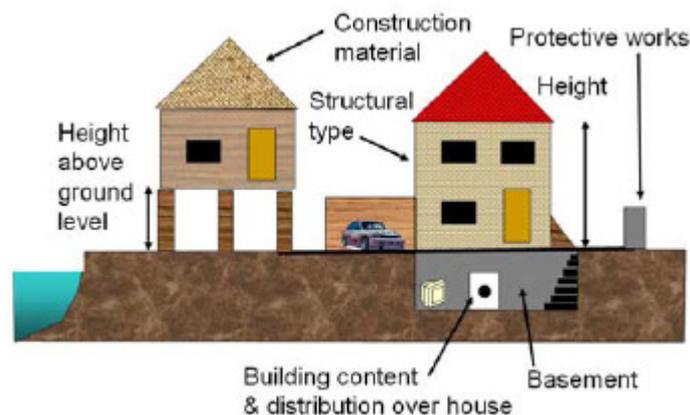


Abbildung 4: Faktoren der Hochwasserverwundbarkeit (Cees van Westen)



Abbildung 5: Illustration von Inventarschäden bei Hochwasser (Cees van Westen)

Für eine detaillierte Risikoanalyse müssen die Objekteigenschaften und die Werte zu Schadenempfindlichkeit von Objekten für den Einzelfall beurteilt, überprüft und angepasst werden. Eine solche Analyse ist wegen der Vielzahl möglicher betroffener Objekte sehr aufwendig. Deshalb müssen als erste Annäherung die entsprechenden Standardwerte aus EconoMe (BAFU 08) genügen (Planat-A 09 S.137).

Blickt man über den Tellerrand Schweiz, lassen sich nur schon in Europa grosse Anstrengungen durch internationale Forschungsprojekte oder auf nationalen Ebenen im Bereich Verletzlichkeit durch Hochwasser finden. Es geht dabei meistens um neue verbesserte Methoden die realen Kosten als auch die indirekten und damit die Verletzlichkeit zu quantifizieren. Das Ziel von einheitlichen standardisierten Schadenfunktionen zu erreichen, ist dabei sehr selten (Planat B5 08 S.20-21).

2.2.5 Risikobeurteilung und -arten

Die Risikobeurteilung besteht aus zwei Komponenten, der Risikoanalyse und der Risikobewertung.

Die Risikoanalyse beschäftigt sich damit, das vorhandene Risiko objektiv, systematisch und transparent einzuschätzen, welches von einer Gefahr auf die Gesellschaft (Bevölkerung), Sachwerte (individuelles oder kollektives Eigentum) oder die Umwelt ausgeht. Zur Erinnerung: die Risikoanalyse enthält im Allgemeinen folgende Schritte (Cees van Westen Kap.6-2):

- Definition des zu untersuchenden Umfangs (Vorbereitung / Grundlagebeschaffung)
- Gefahrenanalyse:
 - Ereignisanalyse (Gefahrenerkennung)
 - Wirkungsanalyse (Gefahrenbeurteilung /Schätzung der Gefahr)
- Expositionsanalyse (Schadenpotenzial)
- Konsequenzanalyse (Bewertung der Verwundbarkeit der ausgewählten Objekte)
- Risikoschätzung

Risikobewertung ist der Prozess zur Entscheidung oder Empfehlung, ob ein vorhandenes Risiko eingegangen werden kann, und wenn nicht, welche Massnahmen dagegen ergriffen werden müssen (*Cees van Westen Kap.6-2*).

Erst mit der darauffolgenden Massnahmenplanung wird aufgezeigt, ob die Risiken mit einem verhältnismässigen Aufwand reduziert werden können, um das Ziel des Schutzes von Individuum und dem Kollektiv zu gewährleisten (*Planat-A 09 S.67*).

Risikobeurteilungsarten

Die Risikobeurteilung kann aufgrund der angewendeten Methode unterteilt werden.

Qualitative Risikobestimmung

Die qualitative Beschreibung des Risikos wird in niedrig, mittel und hoch oder in weitere Untergruppen eingeteilt. Die Anzahl der Klassen beträgt allgemein zwischen 3 und 5. Diese Methode kommt zur Anwendung, wenn die Gefahr (Wiederkehrperiode und Intensität) und oder die Verwundbarkeit nicht quantitativ ausgedrückt werden kann. (Fielen 94) schlägt eine Terminologiedefinition für die Klassen, Grösse, Wahrscheinlichkeit, Gefahr, Verwundbarkeit und spezifisches Risiko vor. Eine weitere Terminologierichtlinie für das Festlegen von Risiko stellte die australische geomechanische Gesellschaft (AGS 00) auf. Die qualitative Methode kommt zur Anwendung wenn schnell und kostengünstig eine Risikobeurteilung gefordert wird. Dabei wird die Gefahr qualitativ geschätzt und daraus die Konsequenz für die verschiedenen Objekte festgelegt (Ko Ko et al. 04) (*Cees van Westen Kap.6-6*).

Semiquantitative Risikoeinschätzung

Bei dieser Technik wird das Risiko mithilfe von Risikoindizes beschrieben. Diese sind Zahlenwerte zwischen 0 und 1. Sie stellen keinen direkten zu erwartenden Verlust dar, sondern relative Anzeichen für das Risiko.

Relatives Risiko stammt aus der Epidemiologie, um das Verhältnis aufzuzeigen mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Ergebnis zwischen zwei Versuchsgruppen auftritt (Cees van Westen Kap.6-6).

Quantitative Risikobestimmung

Das Risiko kann quantitativ ausgedrückt werden, wenn es genügend Informationen über die einzelnen Komponenten Gefahr, Verwundbarkeit und Objekte gibt. Hierbei wird das Risiko über die Wahrscheinlichkeit und den zu erwartenden Verlust ausgedrückt. Entweder wird nur ein bestimmtes Szenario betrachtet (deterministisch), oder der Effekt aller möglichen Szenarien berücksichtigt (probabilistisch). In dieser Methode werden die gesamten Effekte der Verluste aller auftretenden Szenarien berechnet. Es gibt verschiedene Ansätze, aber entweder wird die Gefahr oder die Verwundbarkeit und die Konsequenzen berechnet. Allgemein wird dann die Gefahr als Wahrscheinlichkeit und die Verwundbarkeit als Konsequenz kombiniert. Für verschiedene Gefahrenszenarien werden die Konsequenzen gegen die zeitliche Wahrscheinlichkeit eines Naturereignisses in einem Diagramm grafisch dargestellt. Durch diese berechneten Punkte wird eine Risikokurve eingepasst und die Fläche unter der Kurve stellt das Gesamtrisiko dar. Da das Ergebnis in jährlichen Risiken normalisiert ist, kann es als Basis für Katastrophenrisikoreduktionsauswertungen benutzt werden (Cees van Westen Kap.6-6).

2.2.6 Risikodarstellung

Das Risiko kann als Kurve (Wahrscheinlichkeits-Ausmass Diagramm: WA-Diagramm), in der alle Szenarien mit ihren Wiederkehrperioden oder Wahrscheinlichkeiten und den dazugehörigen Schäden (Schadenausmass) in einem Diagramm grafisch dargestellt werden. Solch eine Risikokurve wird auch als Verlustüberschreitungskurve genannt (Cees van Westen Kap.6-28).

Die Darstellung der Summe der Wahrscheinlichkeiten der Szenarien (kumulative Wahrscheinlichkeit) mit dem dazugehörigen Schadenausmass ergibt eine Treppenfunktion. Daraus lässt sich die Wahrscheinlichkeit ablesen, mit der ein bestimmtes Schadenausmass erreicht oder überschritten wird (Planat-A 09 S.65).

Dabei müssen für jedes Objekt die Wiederkehrperiode, die Intensität, sowie die Informationen zur Berechnung der Verletzlichkeit vorhanden sein.

Die Kurve kann auf zwei Möglichkeiten dargestellt werden. Die linke Kurve hat den Vorteil, dass besser sichtbar wird, bei welchen Wiederkehrperioden der grösste Betrag von Schäden anfällt. Die rechte Kurve zeigt hingegen direkt die jährlichen Verluste an. Berechnet werden sie durch den Bereich unter der Kurve (Cees van Westen Kap.6-28).

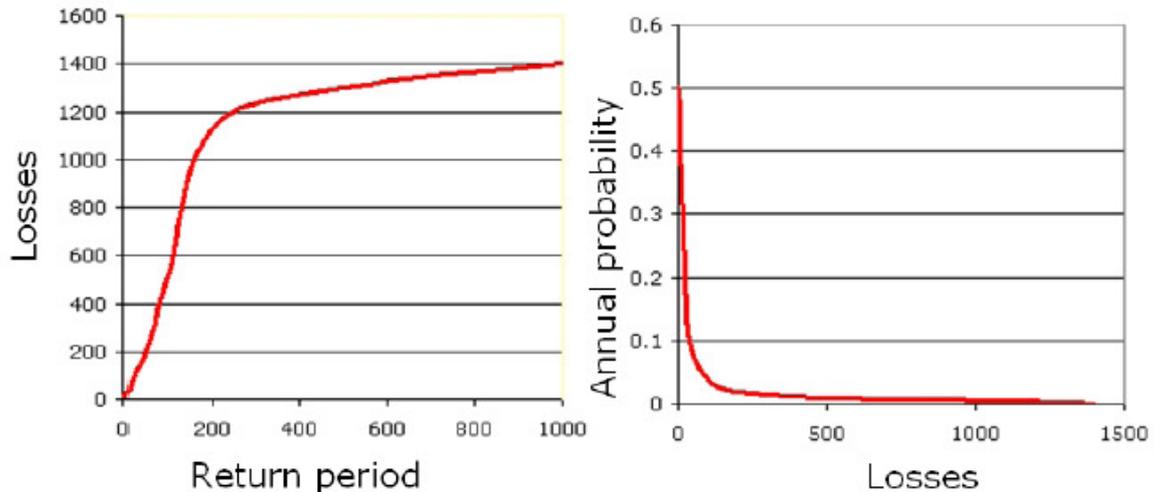


Abbildung 6: Risikokurve

Das jährliche kollektive Risiko (Totalrisiko) entspricht dabei immer der Fläche unter der Kurve (*Planat-A 09 S.65*). Die Form der Treppenkurve ist ein Abbild der gewählten Szenarien zum gesamten Risiko (*Merz 06*).

Es gibt zwei „grafische“ Methoden, um die Gesamtfläche unter der Kurve zu berechnen:

Methode 1: Dreiecke und Rechteckmethode

Der Bereich unter der Kurve wird geteilt in Dreiecke. Dabei werden die zwei Grenzen der Wahrscheinlichkeitsachse auf der Kurve durch Geraden zwischen den zwei Punkten verbunden und mittels dem Unterschied der Verluste auf der Y-Achse berechnet. Der Rest unter der Kurve wird dann mit Rechtecken aufgefüllt.

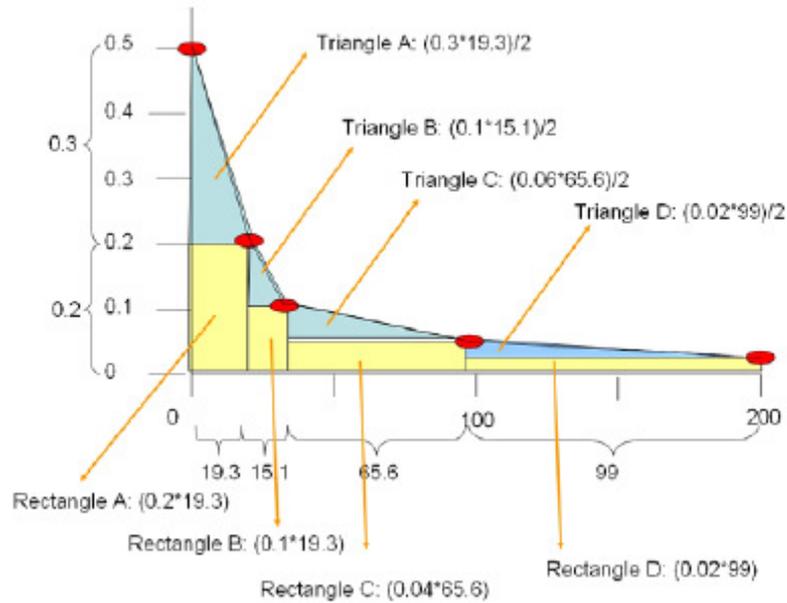


Abbildung 7: Dreieckrisikoberechnung

Method 2: Vereinfachte Rechtecke Methode.

In dieser Methode vereinfachen wir das Diagramm in Rechtecke, welche auf der Y-Achse den Unterschiedswert zwischen zwei aufeinander folgenden Szenario haben, und als X-Achse die Durchschnittsverluste zwischen zwei aufeinander folgenden Verlustereignissen.

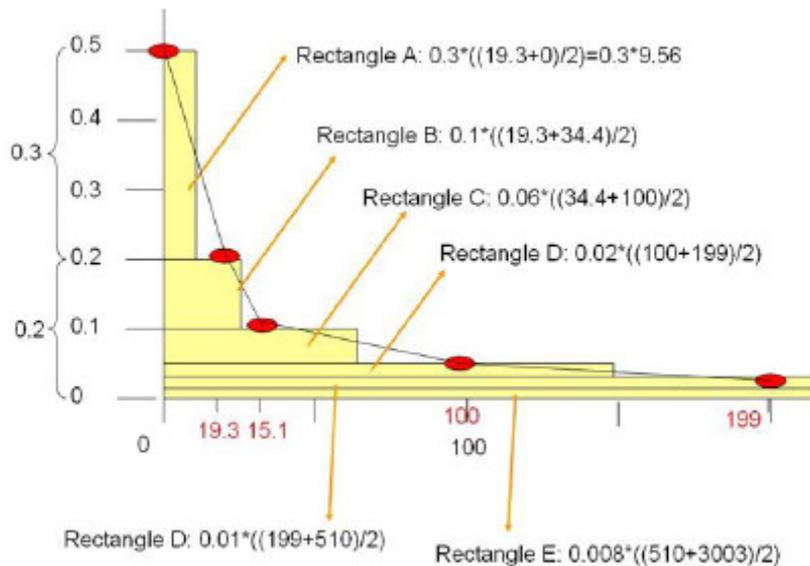


Abbildung 8: Rechteckrisikoberechnung

2.3 Lösungsansatz

Dieses Kapitel beschreibt, wie die in Kapitel 2.2 vorgestellte Methode umgesetzt wird.

Zur Erinnerung: Der Begriff der Naturkatastrophe verursacht durch Elementarrisiken bezieht sich immer auf ein Verhältnis zwischen Gefahren und der verletzbaren Gesellschaft (*O'Keefe, Westgate u. Wisner 76*).

Da die Siedlungsflächen immer näher an gefährdete Gebiete heranwachsen steigen die Schadensummen laufend, trotz grossen Investitionen in Schutzvorkehrungen. Hat man früher versucht Naturgefahren mit allen Mitteln zu verhindern, versucht man in den letzten Jahrzehnten ihr Risiko zu senken. Damit ist gemeint, dass durch raumplanerische Massnahmen das Schadenpotenzial begrenzt werden sollen.

2.3.1 Gefahrenanalyse

Als Grundlage für jede Beurteilung des Risikos von bestimmten Flächen dienen die Intensitätskarten, als Ergebnis der Gefahrenanalyse.

Der Kanton Zürich verfügt über 171 Gemeinden sowie 26 Kreise in den Städten Zürich und Winterthur. Von diesen 197 politischen Gebilden existieren in 128 Gefahrenkarten. Dies entspricht ca. 68% des Kantonsgebietes.

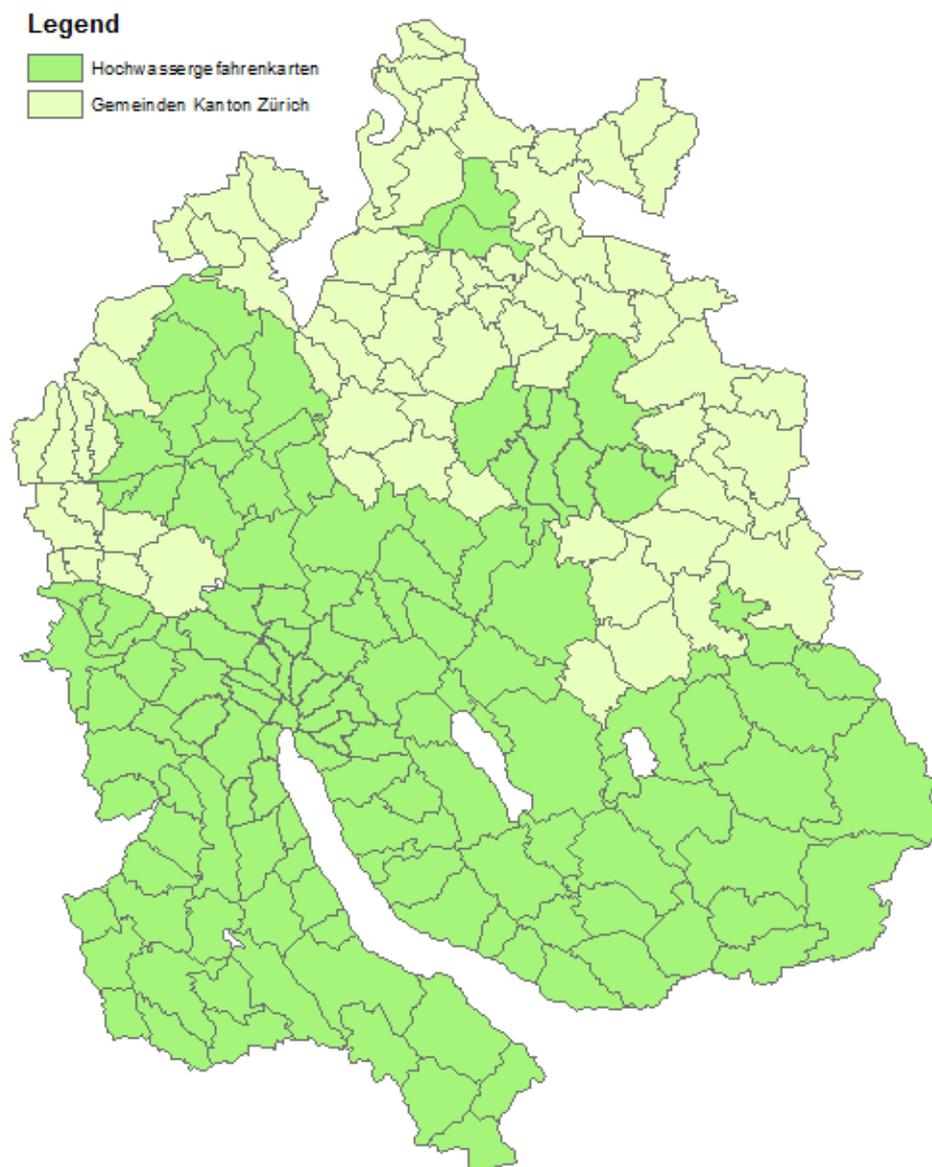


Abbildung 9: Hochwassergefahrenkarte Kanton Zürich

2.3.2 Expositionsanalyse

Die GVZ verfügt über alle relevanten Daten der potenziell gefährdeten Gebäude. Knapp 285'000 Gebäude sind als Punktinformation georeferenziert. Davon liegen 229'500 Gebäuden, welche 89% der gesamten Versicherungssumme auf Kantonsgebiet ausmachen, in den Gemeinden mit Hochwasserintensitätskarten.

2.3.3 Konsequenzanalyse der GVZ

Der Untersuchungsperimeter dieser Arbeit erstreckt sich über den ganzen Kanton Zürich. Der Einbezug der Auftretens- und Präsenzwahrscheinlichkeit muss vernachlässigt werden, da diese Daten fehlen.

Die georeferenzierten Gebäudepunktinformationen liegen richtigerweise innerhalb der Gebäude. Intensitätskarten müssen keine Intensitätsinformationen innerhalb Gebäuden enthalten (siehe Kapitel 3.2.2). Eine einfache Überlagerung bringt demzufolge keine brauchbaren Resultate. Die GVZ rechnet deshalb mit einer Bufferradiusfunktion von 6m.

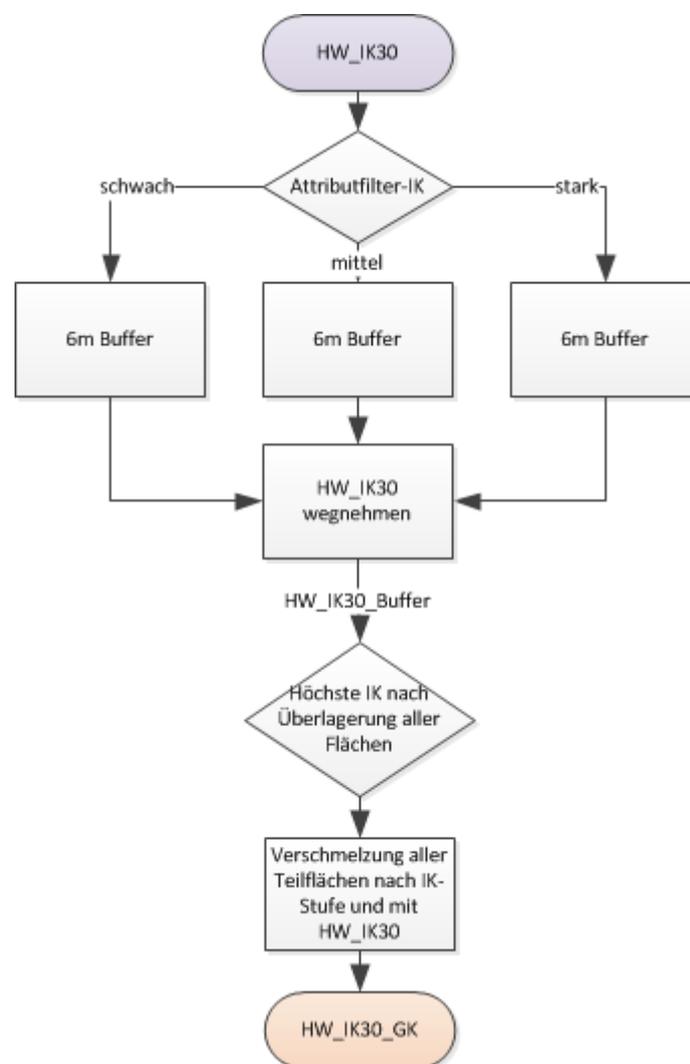


Abbildung 10: Konsequenzanalyse GVZ

2.3.3.1 Schadenempfindlichkeit

Wie bereits in Kap. 2.2.4 aufgezeigt, ist die Verletzlichkeit von Objekten und Systemen ein grundlegender, bedeutender Faktor für die Berechnung des Schaden-

ausmasses und somit für die Beurteilung von Risiken infolge Naturgefahren. Der Begriff Verletzlichkeit wird in dieser Arbeit auf die Schadenempfindlichkeit von Gebäuden beschränkt. Damit ist der Grad der Beschädigung gemeint, den ein Gebäude unter einer bestimmten physikalischen Einwirkung erleidet.

Die vorhandenen Werte in „EconoMe“ zur Schadenempfindlichkeit (SE) beruhen zum Teil auf groben Abschätzungen (*Planat-B5 08 S.7*).

EconoMe	Dynamische Überschwemmung	Statische Überschwemmung
Schwache Intensität	ca. 0.1	ca. 0.15
Mittlere Intensität	ca. 0.3	ca. 0.35
Starke Intensität	ca. 0.4	ca. 0.55

Tabelle 1: EconoMe Schadenempfindlichkeiten

2.3.3.2 Unterteilung urban und ländlich

In Bezug auf die Verletzlichkeit zeichnet sich der Kanton Zürich durch folgende Eigenschaften aus:

- Die Gefahrenkarten weisen sehr selten in bebauten Gebieten eine hohe Gefahr auf, sprich eine starke Intensität aus. Deshalb wird auf eine eigene Verletzlichkeitskategorie für starke Intensitäten verzichtet.
- der Kanton Zürich zeichnet sich einerseits durch eine hohe Siedlungsdichte aus, andererseits aber auch durch landwirtschaftliche geprägte oder sogar voralpine Landschaften.

Aus diesen Gründen, sowie Erfahrungen und Kenntnisse von vergangenen Ereignissen teilt die GVZ ihre Schadenempfindlichkeitswerte in ländliche und urbane Gebiete auf.

Für die urbanen Siedlungsgebiete mit Untergeschossen, hohen Ausbaustandards und intensiver Nutzung im Kanton Zürich sind die „EconoME“ Schadenempfindlichkeiten/Verletzlichkeiten jedoch zu tief. Für diese urbanen Gebiete werden die Verletzlichkeiten verwendet, welche die GVZ 2011 in einer Studie für den Sihl Hochwasser Perimeter in der Stadt Zürich ermittelt und detailliert untersucht hat. Die Verletzlichkeiten für ländliche Gebiete werden aufgrund verschiedener Studien und Untersuchungen geschätzt:

- Analyse der GVZ Überschwemmungsschäden von 2004 bis 2013.
- Analyse der Überschwemmungsschäden von einzelnen Ereignissen in jüngerer Vergangenheit.
- Schadenpotenzialschätzung an einzelnen Bachgebieten.

- Studie der PLANAT: Strategie Naturgefahren Schweiz, Umsetzung des Aktionsplans PLANAT 2005 – 2008. Projekt B5, Verletzlichkeit bei gravitativen Naturgefahren – eine Situationsanalyse. Schlussbericht 31. Oktober 2008.

Es muss zum Schluss noch festgehalten werden, um keine falschen Eindruck zu erwecken, dass diese Verletzlichkeiten sich nur auf die Gebäudewerte ohne Mobilien beziehen.

SE-GVZ	ländliche Gebiete	Urbane Gebiete
Schwache Intensität	0.04	0.1
Mittlere/Starke Intensität	0.2	0.3

Für die Zuweisung der Gebäude zu ihrer Schadenempfindlichkeitsklasse kommen verschiedene Kriterien in Frage:

- Bevölkerung: ab einer gewissen Anzahl Einwohner gilt ein Gebiet als urban oder darunter als ländlich
- Nutzungsplan: ab Zonen mit Wohnhaus grösser zwei Stockwerken gilt ein Gebiet als urban
- Höhenmodell: ab einer gewissen Höhe gilt ein Gebiet als ländlich
- Bauzonenplan: ab einer gewissen Fläche gilt das Gebiet als urban
- Kombinationen aus obigen Kriterien

Die GVZ weist ihre Gebäude momentan nach einem weiteren Kriterium, der Versicherungssumme von Gebäuden, der urban oder ländlichen Schadenempfindlichkeitsklasse zu. Dabei gelten Hektarrasterkacheln mit einer Versicherungssumme von mindestens 40 Mio CHF als urbane Gebiete. Steht ein Gebäude in einer Zelle, welche eine Gesamtversicherungssumme von mindestens 40 Mio CH erreicht, so erhält das Gebäude die urbane Verletzlichkeit, andernfalls den Wert für die ländliche. Diese Zuweisungsart genügt den Ansprüchen der GVZ ist aber nicht abschliessend geregelt.

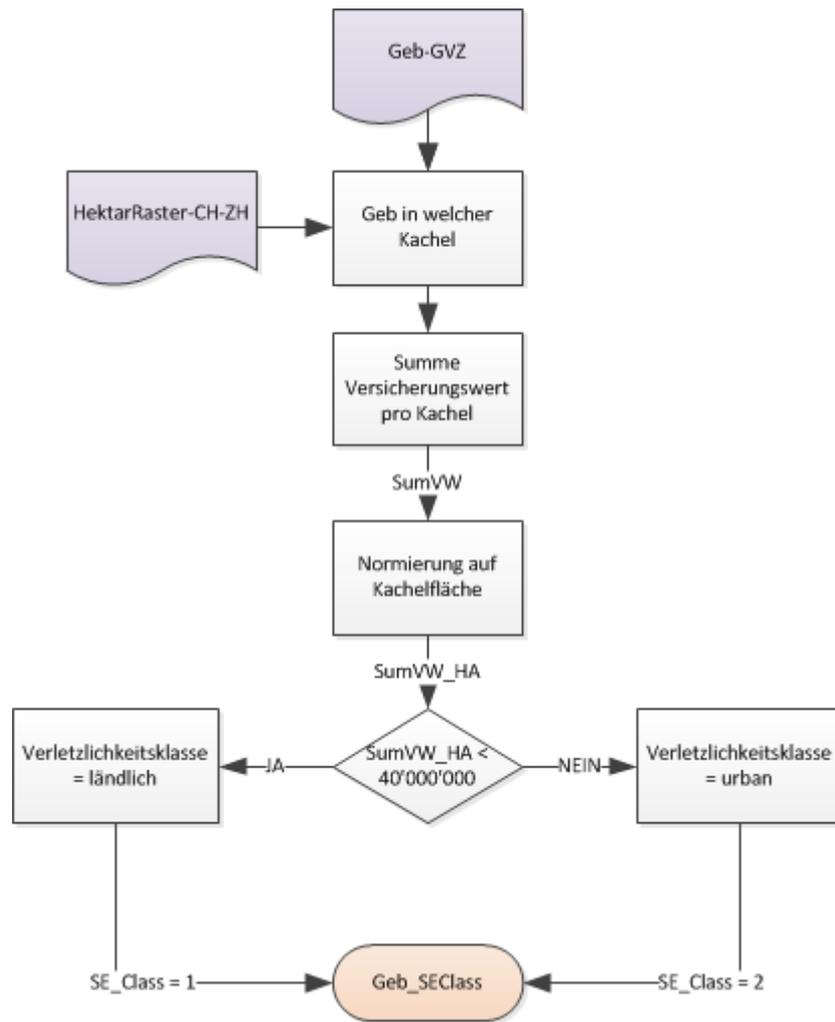


Abbildung 11: Schadenempfindlichkeit GVZ

2.3.4 Risikoermittlung GVZ

Die GVZ beurteilt das Hochwasserrisiko pro Hektar-Rasterzelle als Schaden-Wahrscheinlichkeitsbeziehung auf zwei Arten:

- a) Risiko pro Gebäude berechnen, dann auf 1ha-Raster aufsummieren. Die zwei nächsten Flussdiagramme veranschaulichen diesen Prozess.

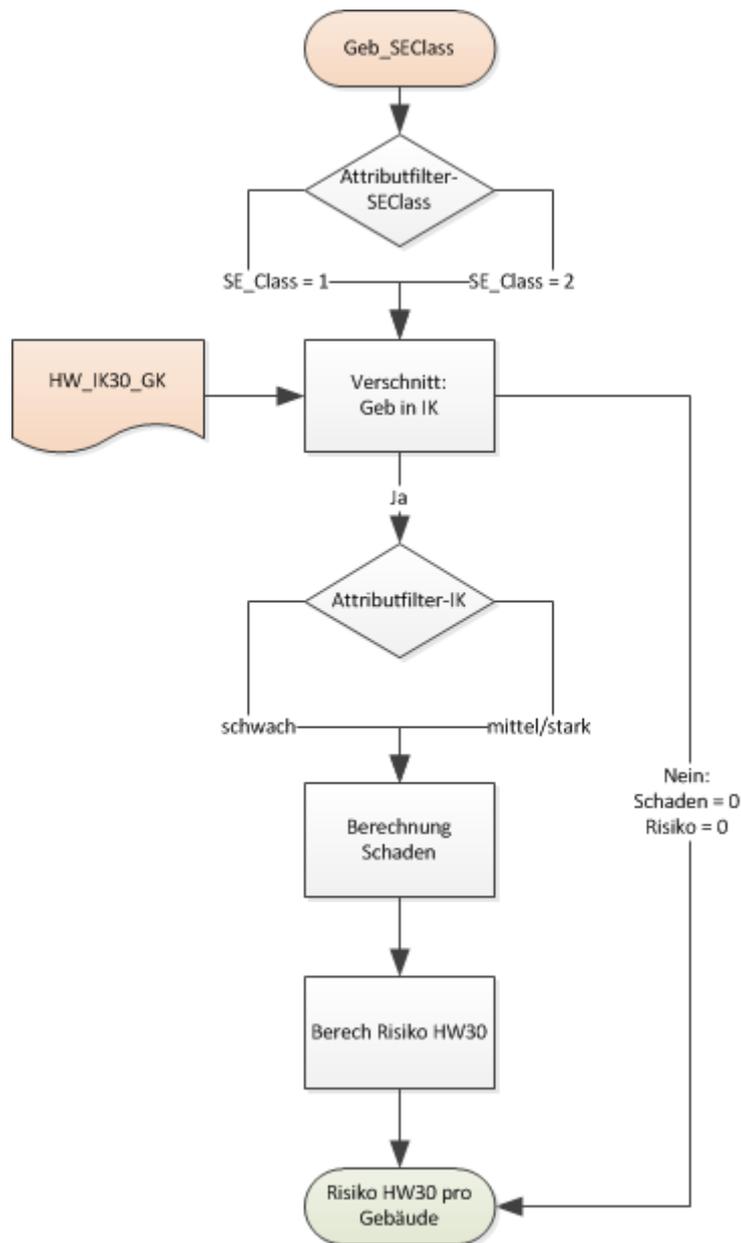


Abbildung 12: Risikoberechnung pro Gebäude GVZ

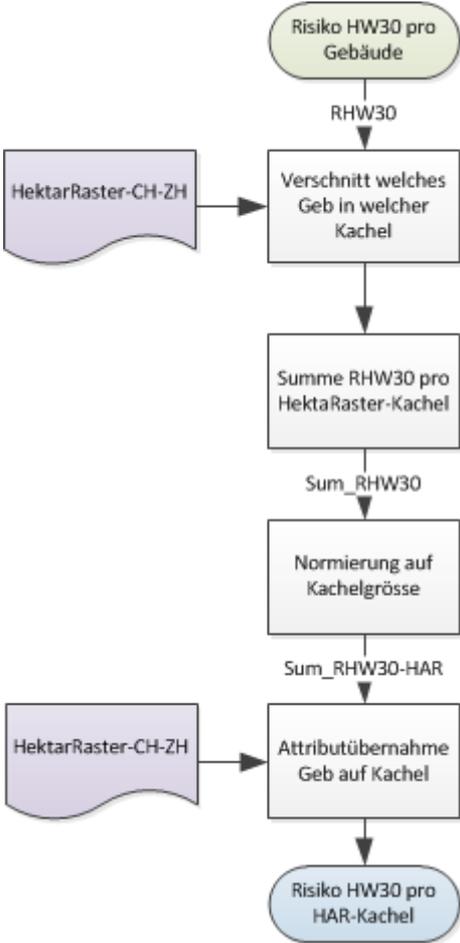


Abbildung 13: Risikoberechnung pro Kachel GVZ a)

b) Gebäudeschaden pro Jährlichkeit auf 1ha-Raster summieren, dann Risiko pro 1ha-Raster rechnen. Diese Berechnungsart wird erfolgt, da weitere Untersuchungen / Analyse auf Basis der Schäden pro Gebäude erfolgen, sogenannte Szenarienbasierte Ereignisanalysen.

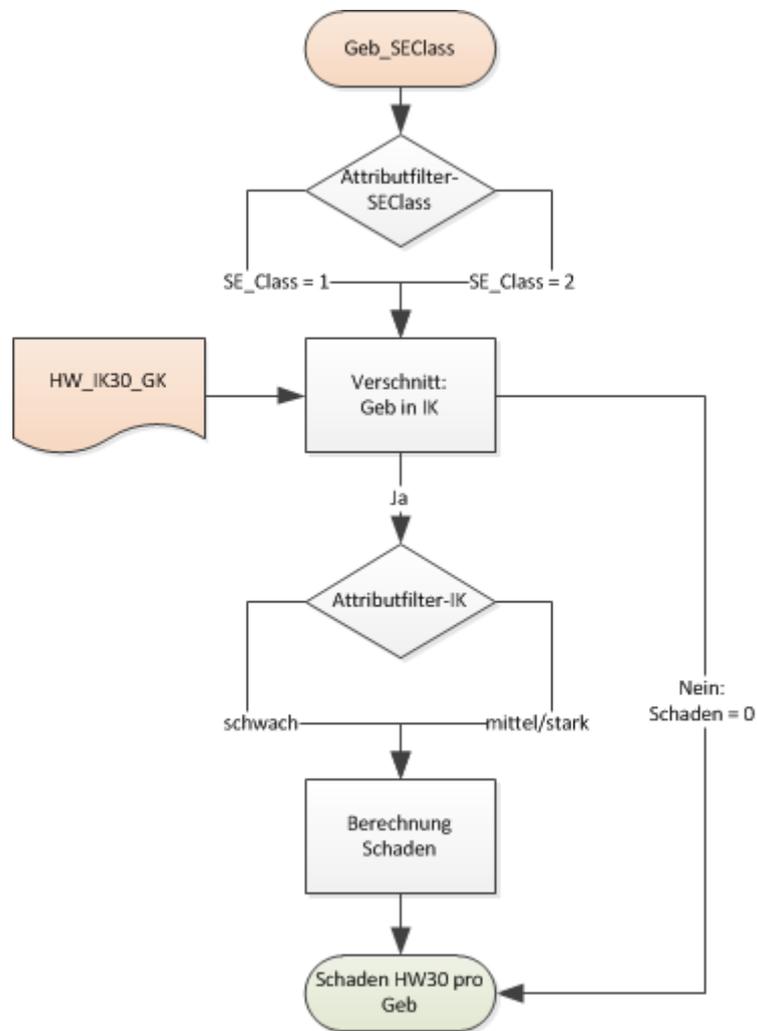


Abbildung 14: Schadenberechnung pro Gebäude GVZ

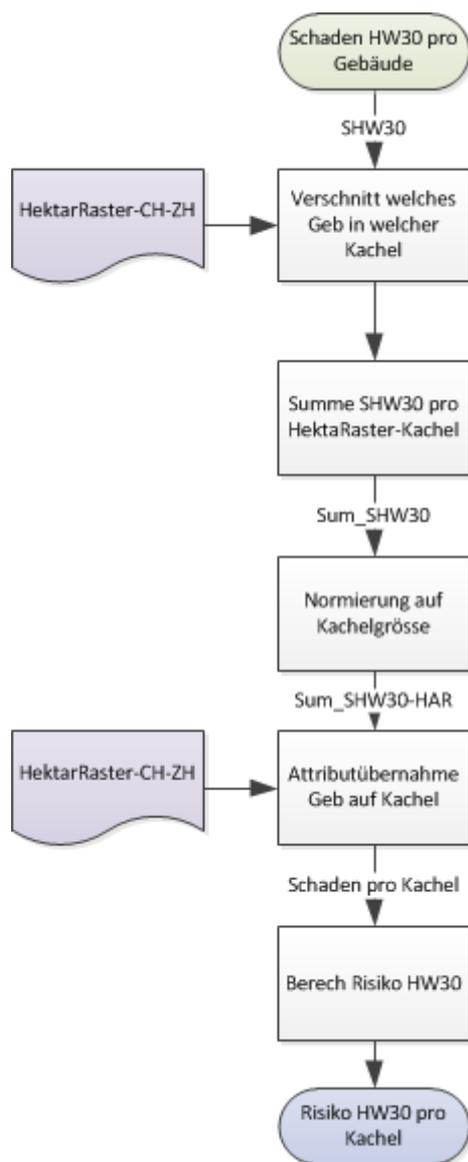


Abbildung 15: Risikoberechnung pro Kachel GVZ b)

Risikoberechnung

Zusammengefasst berechnet die GVZ auf Basis der erstellten Naturgefahren-Intensitätskarten ihre jährlichen Schadenerwartungen für Hochwasser wie folgt:

1. Adressgeoreferenzierung für alle versicherten Objekte
2. Geographische Bestimmung der Intensitätszugehörigkeit für alle Wiederkehrperioden (HW30, HW100, HW300 und EHW) anhand der Gefahrenkarte Hochwasser für alle georeferenzierten Objekte aus 1.
3. Berechnung des Risikos nach der Formel:

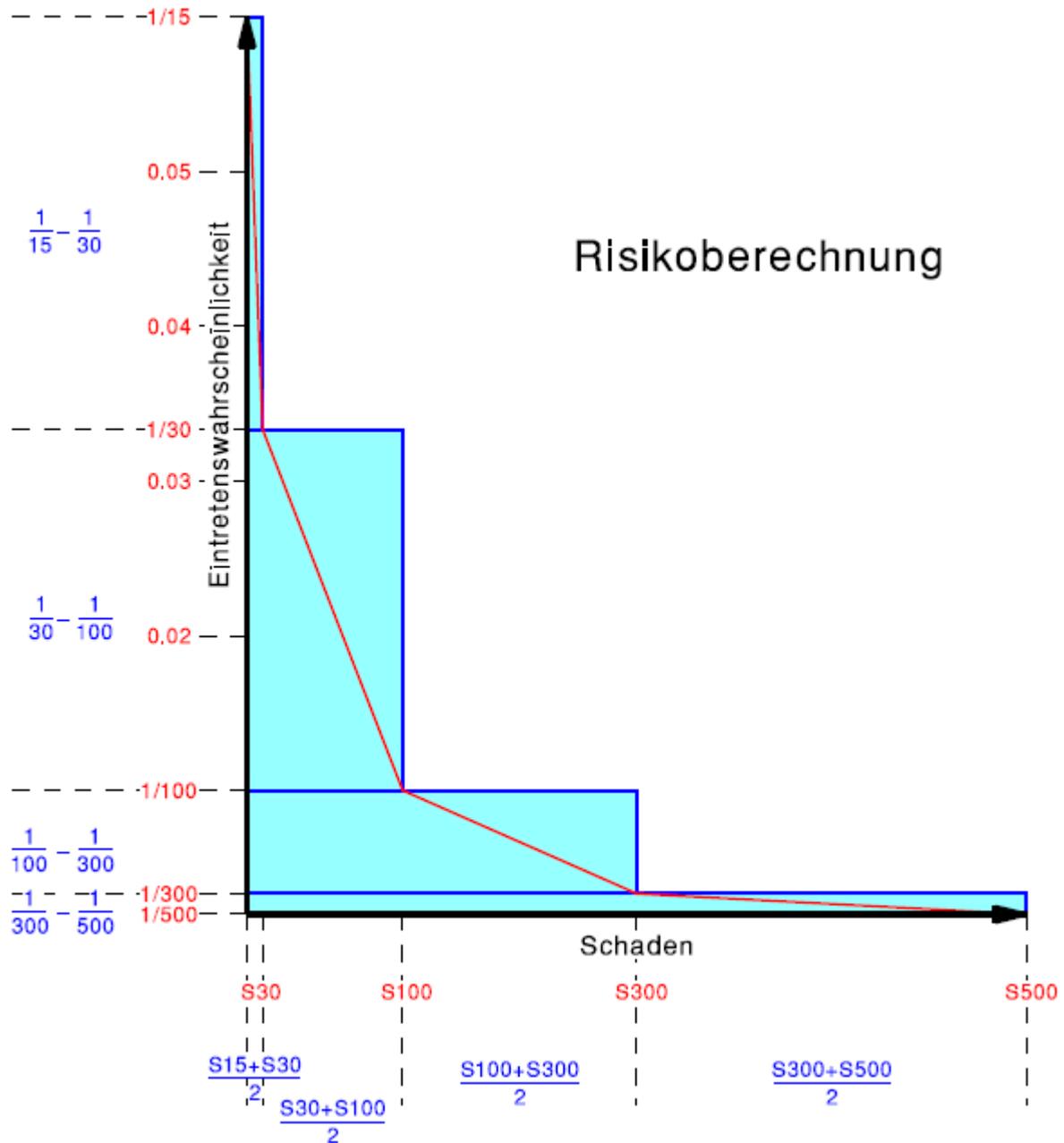


Abbildung 16: Risikoberechnung GVZ

$$R_{30} = \frac{S_{15} + S_{30}}{2} * \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{30} \right)$$

$$R_{100} = \frac{S_{30} + S_{100}}{2} * \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{100} \right) + R_{30}$$

$$R_{300} = \frac{S_{100} + S_{300}}{2} * \left(\frac{1}{100} - \frac{1}{300} \right) + R_{100}$$

$$R_{500} = \frac{S_{300} + S_{500}}{2} * \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{500} \right) + R_{300}$$

4. Aggregationen zur Darstellung der Resultate auf Basis des Hektarrasters Schweiz.

Die Erkenntnisse der GVZ in den letzten Jahren haben folgendes gezeigt:

- Die Anzahl der 5% höchsten geschädigten Gebäude bei einem Ereignis machen 50% der gesamten Schadenssumme aus.
- Für den vorgestellten Ansatz muss eine Schadengrenze festgelegt werden. Der Wahl der untersten Schadengrenze, d.h. jener Jährlichkeit wo gerade noch keine Schäden auftreten („Null-Schaden-Grenze“), kommt für die Risikoberechnung eine grosse Bedeutung zu. Je nach gewählter Jährlichkeit ändert sich das berechnete Risiko stark, weshalb diese „Null-Schaden-Grenze“ möglichst nahe an der Realität liegen sollte. Häufig ist diese Jährlichkeit aber nicht bekannt, es wird aber vermuten, dass die ersten Schäden schon vor der fixen Wiederkehrperiode von 30 Jahren auftreten. Wo die unterste Schadengrenze nicht bekannt ist, wird diese für die Berechnung zwischen Null und 30, also auf bei 15 Jahre gesetzt.
- Die Höhe eines Risikos hängt in erster Linie von der Nutzung ab und nicht von der Gefahr. Hohe Risiken liegen nicht nur in den Bereichen hoher Gefährdung, sie treten gerade auch in Gebieten mit geringer oder Restgefährdung auf. Umgekehrt sind in Bereichen der roten Gefahrenstufe oft nur kleine Risiken vorhanden.

3 Implementierung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie die Risikoberechnung der GVZ umgesetzt wurde.

3.1 Software

Zur Umsetzung wurde die Software FME Desktop 2014 der Firma Safe Software herangezogen. Sie eignet sich ausgezeichnet zur Manipulation von geographischen Daten, die nach dem Baukastenprinzip miteinander verarbeitet werden sollen.

3.2 Daten

Im Folgenden werden die verwendeten Daten dieser Thesis beschrieben.

3.2.1 Gebäudedaten GVZ

Bei der öffentlich-rechtlich kantonalen Gebäudeversicherung Zürich sind die Schadendossiers für vergangene Schäden archiviert. Zudem verfügt sie über eine Datenbank, welche in Form einer Exceltabelle exportiert werden kann. Sie besitzt Angaben zu Versicherungssumme, Koordinaten, Baujahr, Verwendungszweck, etc.

Datenanpassungen

Schätzexperten der GVZ schätzen den Versicherungswert einzelner Gebäude aufgrund der Bauweise und des Ausbaustandards. Das Schadenausmass wird aufgrund der Gefährdung (Intensitätskarten) und des Versicherungswertes beurteilt. Der Quotient aus der Versicherungssumme und dem erwartendem Schaden ergibt eine spezielle Schadenempfindlichkeit.

Aus der Wahrscheinlichkeitsdichte- und Wasserstand-Funktionsdiagramm von Hydrologen, z.B. vom Amt für Abfall, Wasser Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL), leiten sich genauere Informationen zu den Schadens-Jährlichkeiten von Gewässern ab. Die Konsequenz daraus ergibt entweder eine spezielle T-Schwelle, also nicht mehr der Standardschwelle T15, oder die Wiederkehrperiodenklassen können angepasst werden, z.B. HW300 wird zu HW200, bei gleichbleibender Fläche der Gefahrenkarte Hochwasser.

3.2.2 Intensitätskarte Hochwasser ZH

Die Kantone wurden mit den Bundesgesetzen zum Wasserbau (WBG, 1991) und Wald (WaG, 1991) verpflichtet, Gefahrenkarten zu erstellen und diese bei raumwirksamen Tätigkeiten zu berücksichtigen.

Die Kantone werden meist aufgrund der natürlichen Einzugsgebiete der Gewässer in verschiedene Gefahrenkartenprojekte mit Untersuchungsperimetern unterteilt. Die Bearbeitung erfolgt durch Ingenieurfirmen. Die für diese Arbeit relevante Gefahrenkarte Hochwasser entstand zwischen 2000 und 2014. Im Jahr 2006 wurde das Naturgefahrenkonzept des Kantons Zürich aufgrund der eigenen, als auch den Erfahrungen anderer Kantone, angepasst. Dadurch ergeben sich gewisse Heterogenitäten zwischen den Losen vor und nach 2006.

- Überschwemmungsflächen, die ausserhalb des Untersuchungsperimeters liegen, aber untersucht wurden, da sie Auswirkungen innerhalb des Perimeters besitzen, mussten erst nach 2008 abgegeben werden.
- Ein Extremereignis (HQ500) musste erst nach der Überarbeitung des Konzeptes und nur an ausgewählten Flüssen innerhalb eines Loses erarbeitet werden.

Nicht zu unterschätzen ist der Umstand, dass trotz sehr guten Leitfäden, Pflichtenheften, Wegweisungen, etc. die Beurteilung und zuletzt die Interpretation der Gefahren durch Menschen festgelegt wird. Bei verschiedenen Auftragnehmern führt dies zwangsläufig zu unterschiedlichen Gefahrenkarten. Dieser Aspekt soll hier erwähnt sein, kann aber im Umfang dieser Arbeit nicht näher untersucht werden.

Ein weiterer grundlegender Aspekt, der beachtet werden muss, liegt darin, dass Gefahrenkarten, wie eingangs erwähnt für raumplanerische Tätigkeiten erarbeitet wurden und nicht für versicherungstechnische Auswertungen. Will heissen, dass zum Beispiel die Untersuchungsgebiete nach gewissen Interessen (Bauzonen, Verkehrswegen, Pumpstationen, Elektrizitätswerke, etc.) ausgewählt wurden. So können durchaus ausserhalb des Perimeters Naturgefahren auftreten, die aber nicht als relevant betrachtet wurden. Es muss also beachtet werden, dass die Resultate aufgrund der verwendeten Grundlagen nicht alle Gebäude abdecken. Hinzu kommt, dass wie im Kapitel 2.3.1 noch nicht von allen Zürcher Gemeinden Hochwassergefahrenkarten vorhanden sind.

Löcher / Donuts

Die aus der Ereignisanalyse identifizierten Schwachstellen lassen sich nach verschiedenen methodischen Ansätzen zu Intensitätskarten ausarbeiten, dies zeichnet sich durch ein heterogenes Identitätskartenbild aus. In einigen Gemeinden sind die Gebäude ausgestanzt. Dies suggeriert, dass Gebäude nicht von einem Hochwasser betroffen ist, was als falsch angenommen werden darf. Diese Löcher werden mit der umhüllenden Identitätsstufe gefüllt. Bei unterschiedlichen Randstufen, wird sie der schwachen Identität zugewiesen. Dieses Vorgehen ist relativ rudimentär, führt aber zu einem ausreichenden Ergebnis und da diese Thematik nicht das Hauptziel darstellt, kann auf eine differenzierte Anpassung, verzichtet werden.

Blind ausfüllen lassen sich diese Donut's allerdings nicht, denn wie in der nachstehenden Grafik zu sehen ist, würden landschaftliche Erhöhungen fälschlicherweise miteinbezogen. Ein Flächenkriterium von 5'000m² für Donut's aus der vereinigten Intensitätsfläche pro Jährlichkeit fängt diese Besonderheit ab. Der Lochfläche wird die Gefahrenstufe schwach zugewiesen. Typisch für Löcher aufgrund von Gebäuden ist, dass die Fläche rund herum der gleichen Identitätsstufe innerhalb der gleichen Jährlichkeit entspricht. Hier wurde in der Testgemeinde Rüti eine Grenzflächengrösse von 10'000m², also etwa 200m x 50m zugewiesen. Dieses Ausmass schliesst selbst eine mittlere Fabrikhalle in die Berechnungen mit ein und es wird angenommen, dass auf diese Weise nahezu alle Gebäudelöcher gefüllt werden können.

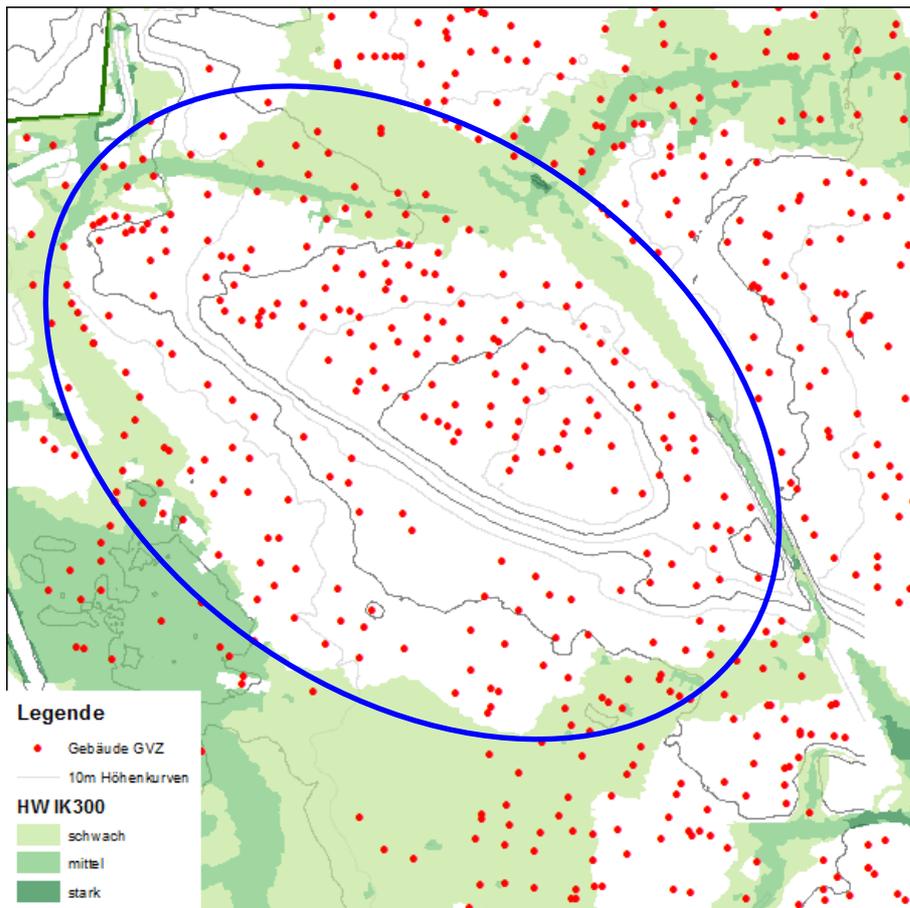


Abbildung 17: Löcherdetektion

Nicht alle georeferenzierten Punktinformationen der GVZ befinden sich immer im Schwerpunkt eines Gebäudes. Manche kommen innerhalb, manche ausserhalb eines Gebäudes zu liegen. Daraus ergibt sich also bereits eine gewisse Unsicherheit, ob ein Gebäude tatsächlich von einer Überschwemmung betroffen ist oder nicht. Generell stellt sich die Frage, inwieweit ein Gebäude am Rand einer Intensitätsfläche von einer Überschwemmung wie stark betroffen sein wird neben den allgemein wichtigen Kriterien wie Öffnungshöhe/-orte/Durchlässigkeit der Wände / etc. Dies lässt sich eigentlich nur anhand eingetretener Ereignissen ableiten oder zumindest besser abschätzen durch eine Begehung vor Ort. Beide Ansätze können alleine eine Doktorarbeit füllen, der Schlüssel liegt in einem pragmatischen Ansatz, nämlich dem Distanzkriterium. In der Testgemeinde Rüti werden dazu Buffer von 0 bis 6 Meter gegeneinander und zwar sowohl anhand der Anzahl Gebäuden als auch den Schäden und dem Risiko untersucht.

Wie den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen ist, nehmen rein zahlenabhängig die Werte ab dem 2m Buffer nicht mehr proportional zu. Bei grösserem Buffer ergeben sich kleinere Veränderung der Zunahme der Anzahl Gebäude, als auch des Schadens und Risikos gegenüber kleinerem Buffer.

Als erstes werden tabellarisch die Anzahl Gebäuden bei jeder Hochwasserjährlichkeit (HW30, 100, 300 und Extremereignis) und deren Ergebnis pro Bufferdistanz aufgelistet. Zusätzlich ist die Zunahme der Anzahl Gebäuden in Prozentpunkten gegenüber dem Ergebnis der vorgegangenen Bufferdistanz als auch zum 0m Buffer aufgeführt.

	HW30 [Anz. Geb]	HW100 [Anz. Geb]	HW300 [Anz. Geb]	HWE [Anz. Geb]
ohne Buffer	108	286	409	417
1m Buffer	130	338	483	490
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	20	18	18	18
2m Buffer	152	363	509	517
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	41	27	24	24
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	20	9	6	6
3m Buffer	165	382	533	542
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	53	34	30	30
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	12	7	6	6
4m Buffer	178	400	561	571
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	65	40	37	37
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	12	6	7	7
5m Buffer	189	420	582	591
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	75	47	42	42
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	10	7	5	5
6m Buffer	199	431	602	608
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	84	51	47	46
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	9	4	5	4

Tabelle 2: betroffene Gebäude pro Buffer

Eine andere Resultattabelle liefert die Aufzählung der betroffenen Schadenssummen (S) in Schweizer Franken (CHF) mit den verschiedenen Bufferdistanzen und pro Wiederkehrperiode (30, 100, 300, EHW).

	S30 [CHF]	S100 [CHF]	S300 [CHF]	SEHW [CHF]
ohne Buffer	1'132'311	3'779'209	6'305'143	6'643'525
1m Buffer	1'598'703	4'589'248	7'777'752	8'083'204
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	41	21	23	22
2m Buffer	1'862'368	5'107'597	8'234'948	8'567'615
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	64	35	31	29
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	23	14	7	7
3m Buffer	1'786'887	5'276'303	8'529'193	8'883'013
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	58	40	35	34
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	-7	4	5	5
4m Buffer	1'928'183	5'494'149	8'892'019	9'309'657
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	70	45	41	40
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	12	6	6	6
5m Buffer	2'049'709	5'702'689	9'207'602	9'654'074
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	81	51	46	45
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	11	6	5	5
6m Buffer	2'107'669	5'786'655	9'561'153	9'960'526
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	86	53	52	50
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	5	2	6	5

Tabelle 3: Schaden pro Buffer und Jährlichkeit

Als letztes werden die Gesamtrisiken des Hochwassers (Rhw) pro Wiederkehrperiode in Form der letzten zwei Tabellen niedergelegt.

	Rhw S30	Rhw S100	Rhw S300	Rhw SEHW
ohne Buffer	18'872	76'173	109'787	118'420
1m Buffer	26'645	98'838	140'061	150'635
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	41	30	28	27
2m Buffer	31'039	112'356	156'831	168'033
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	64	48	43	42
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	23	18	15	15
3m Buffer	29'781	112'185	158'204	169'812
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	58	47	44	43
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	-7	0	1	2
4m Buffer	32'136	118'730	166'684	178'819
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	70	56	52	51
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	12	9	8	8
5m Buffer	34'162	124'606	174'307	186'882
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	81	64	59	58
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	11	8	7	7
6m Buffer	35'128	127'228	178'388	191'402
Zunahme zu n0 [%-Pkt.]	86	67	62	62
Zunahme zu n-1 [%-Pkt.]	5	3	4	4

Tabelle 4: Risiko pro Buffer und Jährlichkeit

Eine grafische Überprüfung stützt die Annahme, dass - für die Gemeinde Rüti - bereits ein 2m Buffer die meisten Gebäude korrekt der jeweiligen Gefährdung zuweist. In der nachfolgenden Grafik sind die Gebäude mit einem orangen Kreis gekennzeichnet, welche ab einem 4m Buffer in die Berechnung mit einfließen würden, wohl aber wirklich nicht von einer Überschwemmung betroffen wären. Andererseits zeigen die schwarzen Kreise Gebäude, die erst ab einem 3m Buffer in die Risikoberechnung einfließen würden, obwohl sie ziemlich sicher von einem Ereignis betroffen wären. Die Grafik zeigt weiter, dass die Gebäudepunktinformationen generell an der Gebäudekante zu ihrer Adressierung stehen und somit bereits bei einem kleineren Buffer in die Berechnung einfließen.

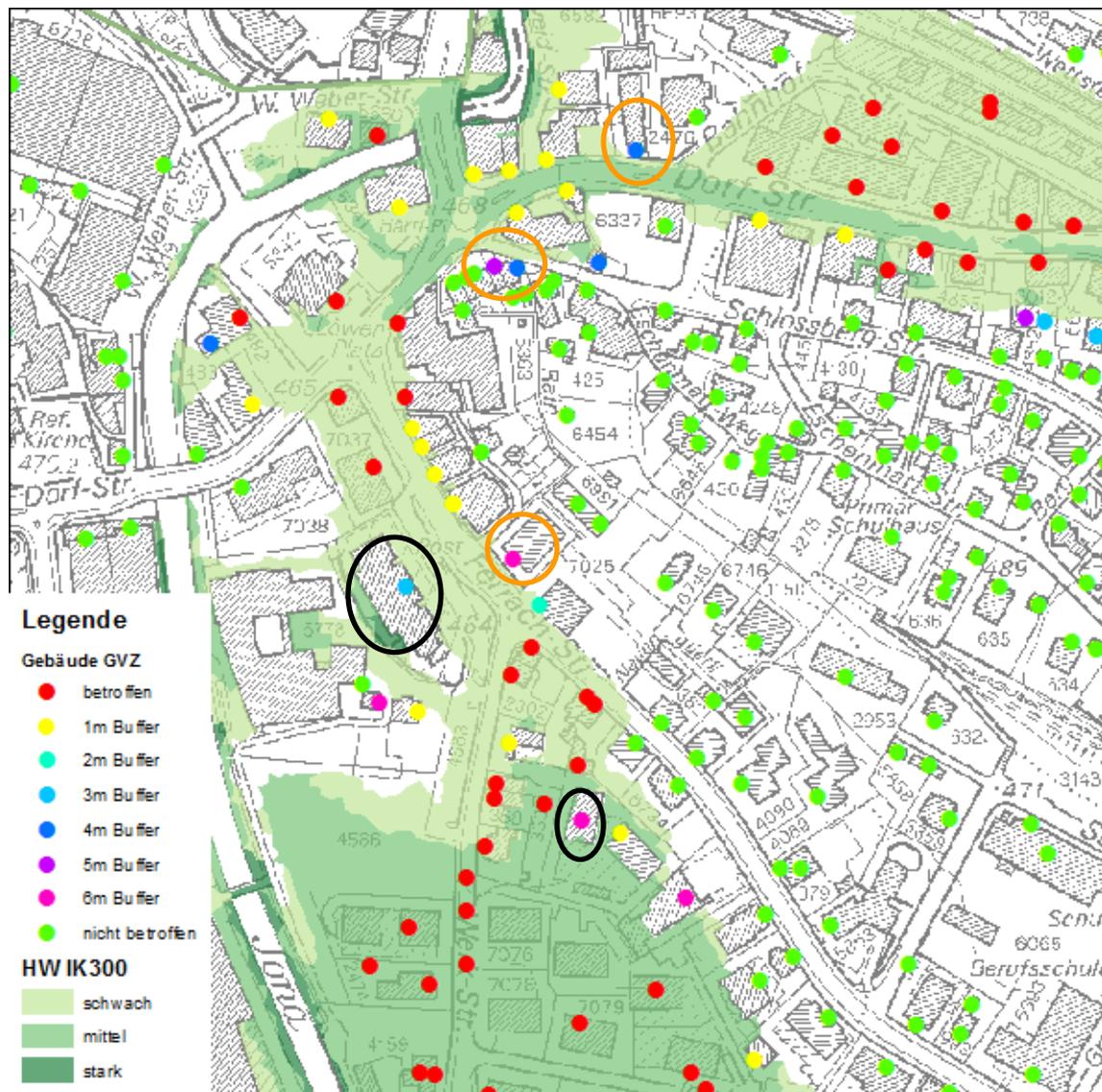


Abbildung 18: betroffene Gebäude mit verschiedenen Buffern

Es ist einzuwenden, dass in anderen Gemeinden, die einen noch stärkeren städtischen Charakter aufweisen, ein 2m Buffer definitiv zu wenig ist. Nach Rücksprache mit der GVZ wird ein 6m-Buffer festgelegt, um nicht zuletzt die Resultate mit der bis dato händischen Berechnung zu verifizieren. Die Resultate dieser Analyse sind dennoch interessant, dass heisst, es kann in Zukunft eine optimistische (2m Buffer) und eine pessimistische (6m Buffer) Risikoeinschätzung erfolgen.

3.2.3 HA-Raster-CH

Verschiedene statistische Geodaten der Schweiz sind als Rasterdaten aufbereitet. Das zugrundeliegende Hektarraster wird in dieser Arbeit verwendet.

Hektarraster Normierung

Da die Resultate auf den Kanton oder sogar Gemeinde geclippt werden und dadurch Teilrasterzellen entstehen, werden die Resultate auf die jeweilige Hektarrasterzellfläche normiert damit sie miteinander vergleichbar sind.

3.3 Umsetzung

In diesem Kapitel wird anhand einzelner Flussdiagramme, welche die Workbenches repräsentieren, semantisch beschrieben, welche Arbeitsschritte in den drei Hauptprozessen vorkommen, inklusive der Beschreibung der sogenannten Transformer und deren konkreter Funktion für den jeweiligen Teilprozess.

Der erste Hauptprozess bestimmt die Verletzlichkeitsklassen der Gebäude. Die Aufbereitung der Naturgefahrenkarte erfolgt in einem zweiten Schritt. Die eigentliche Risikoberechnung erfolgt anschliessend und endet mit der Aufbereitung zur Darstellung.

Die einzelnen Workbenches können bei Bedarf zusammengefügt werden. Zur Übersichtlichkeit und besseren Handhabung wurde darauf verzichtet.

In violetter Farbe sind die Ausgangsdaten dargestellt, die Zwischenresultate sind in orange und die Endprodukte in grün, wenn sie weiterverwendet werden, oder blau gehalten.

3.3.1 Bestimmung Verletzlichkeitsklasse

Die Gebäude erhalten verschiedene Verletzlichkeitsklassen und somit Verletzlichkeitswerte. Ist der aufsummierte Versicherungswert aller Gebäude innerhalb einer Rasterzelle der Geodaten der Bundesstatistik (GEOSTAT HA-Raster) grösser als 40Mio CHF erhalten die Gebäude den Wert zwei, ansonsten eins. Die Abbildung 19 veranschaulicht die Berechnung der Verletzlichkeitsklasse:

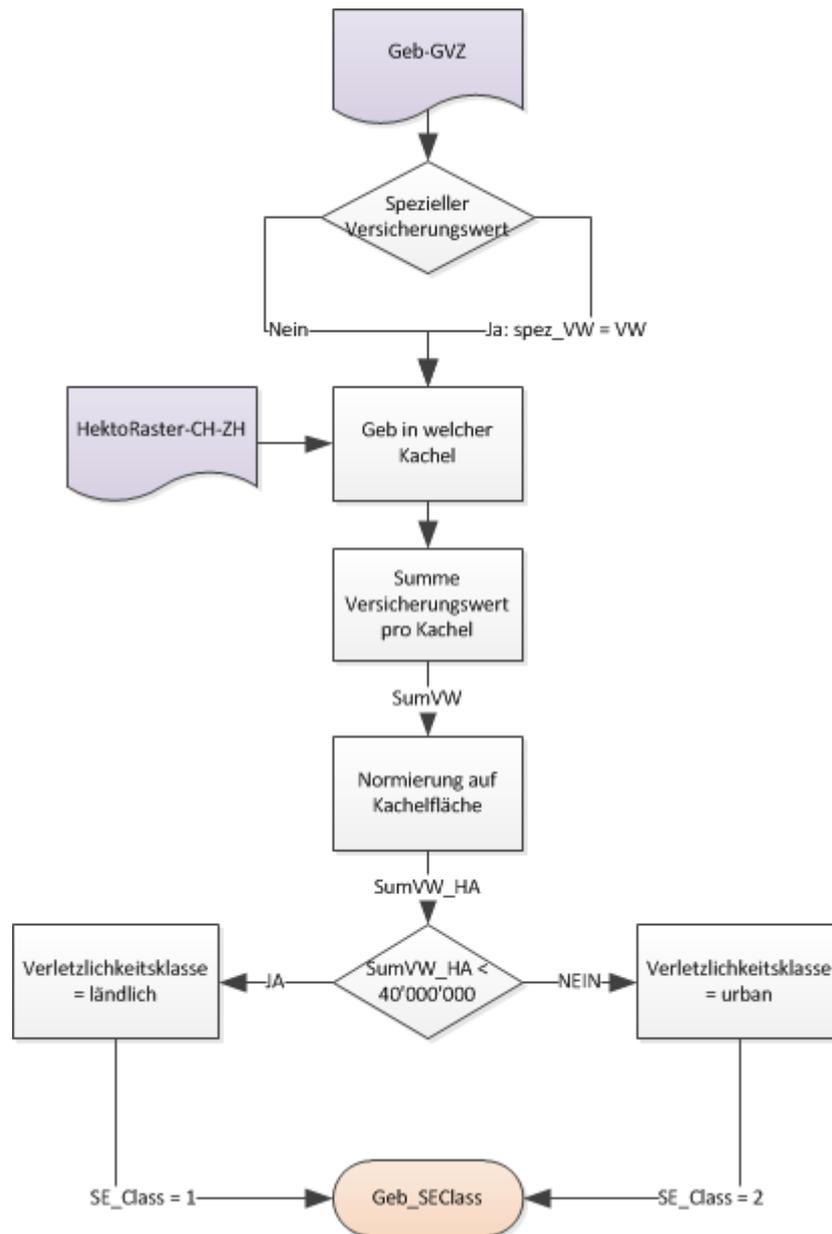


Abbildung 19: Bestimmung Verletzlichkeitsklasse

Die Grundlagendaten selbst müssen zu aller erst und einmalig aufbereitet werden.

- Die Gebäudedaten sind als Exceltabelle vorhanden. Diese wird in einen Geometriepunkt datensatz im schweizerischen Landeskoordinatensystem LV03 umgewandelt. Durch Fehladressierung kann es vorkommen, dass Gebäude ausserhalb der Gemeinden des Kantons Zürich liegen. Diese werden nicht berücksichtigt.

Transformer	Funktion
VertexCreator	Erzeugt aus den zwei angegebenen Spalten der Exceltabelle, welche die X- und Y-Koordinate repräsentieren einen Punkt
Clipper	Schneidet alle generierten Gebäudepunkte weg, welche sich ausserhalb des Kantonsgebietes befinden.

- Der GEOSTAT-Hektar-Raster-Schweiz wird mittels Clipper-Transformer auf den Gemeindedatensatz verschnitten. Jede Rasterzelle erhält eine ID und eine Flächenangabe.

Transformer	Funktion
AttributeCreator	Erzeugt die neuen Attribute Raster-ID und Raster-AREA
AreaCalculator	Berechnet die Fläche der einzelnen erzeugten Rasterzellen
Counter	Vergibt jeder Zelle eine eindeutige Laufnummer

- Die Grundlegendaten sind somit für die weitere Verarbeitung aufbereitet. Für spezielle Schätzungen können Gebäude einen anderen Versicherungswert (VW) erhalten. Dieser spezielle Versicherungswert (spez_VW) ist in einem eigenen Attribut abgelegt und überschreibt bei Vorhandensein das Attribut VW.

Transformer	Funktion
Tester	Ist die Spalte (Attribut) spezieller Versicherungswert nicht gleich 0
AttributeCreator	Schreibt die gefilterten spez_VW in das Attribut VW

- Um die Versicherungssumme pro Kachel zu berechnen, wird jeder Gebäudepunkt der zugrundeliegenden Kachel zugewiesen und auf ihre Fläche normiert, um sie gegenseitig zu vergleichen. Dies aus dem Grund, da durch den Verschnitt mit den Gemeinden, Teilkacheln entsteht. Durch den Flächenverhältnisfaktor gegenüber einer ganzen Kachel lassen sich so alle Werte miteinander vergleichen.

Transformer	Funktion
PointOnAreaOverlayer	Jedes Gebäude wird der zugrundeliegenden Kachel zugewiesen
StatisticsCalculator	Aufsummierung aller Versicherungswerte (Sum_VW) innerhalb jeder Kachel
ExpressionEvaluator	Normierung der Sum_VW auf die Kachelfläche: $Sum_VW/R_Area*10'000$

- Als letzter Schritt dieses Teilprozesses werden die Gebäudeverletzlichkeitsklassen (SE_Class) ländlich und urban vergeben. Ist der Versicherungswert pro Kachel (SumVW_HA) höher als 40Mio. CHF erhalten alle Gebäude darin den Wert 2 für die SE_Class urban, ansonsten 1 für ländlich.

Transformer	Funktion
Tester	Ist die Spalte (Attribut) SumVW_HA kleiner als 40 Mio. CHF
AttributeCreator	Vergabe der jeweiligen SE_Class

3.3.2 IK to IK-GK

Für jede Intensitätskarte pro Jährlichkeit wird bei übereinanderliegenden Flächen die massgebende (höchste IK-Stufe) ermittelt und so eine quasi Intensitätsgefahrenkarte erstellt. Zusätzlich werden Donuts, sogenannte Löcher, mittels eines Flächenkriteriums gefüllt. Dies, da bei der Intensitätsmodellierung zuweilen Gebäude nicht berücksichtigt (ausgestanzt) wurden (siehe Kapitel 3.2.2). Ein Buffer von 6m gewährleistet, dass die Gebäude, welche auch tatsächlich von einem Hochwasser betroffen sind, berücksichtigt werden. Die Abbildung 20: Intensitätsgefahrenkarte zeigt den konzeptionellen Weg zur IK-GK:

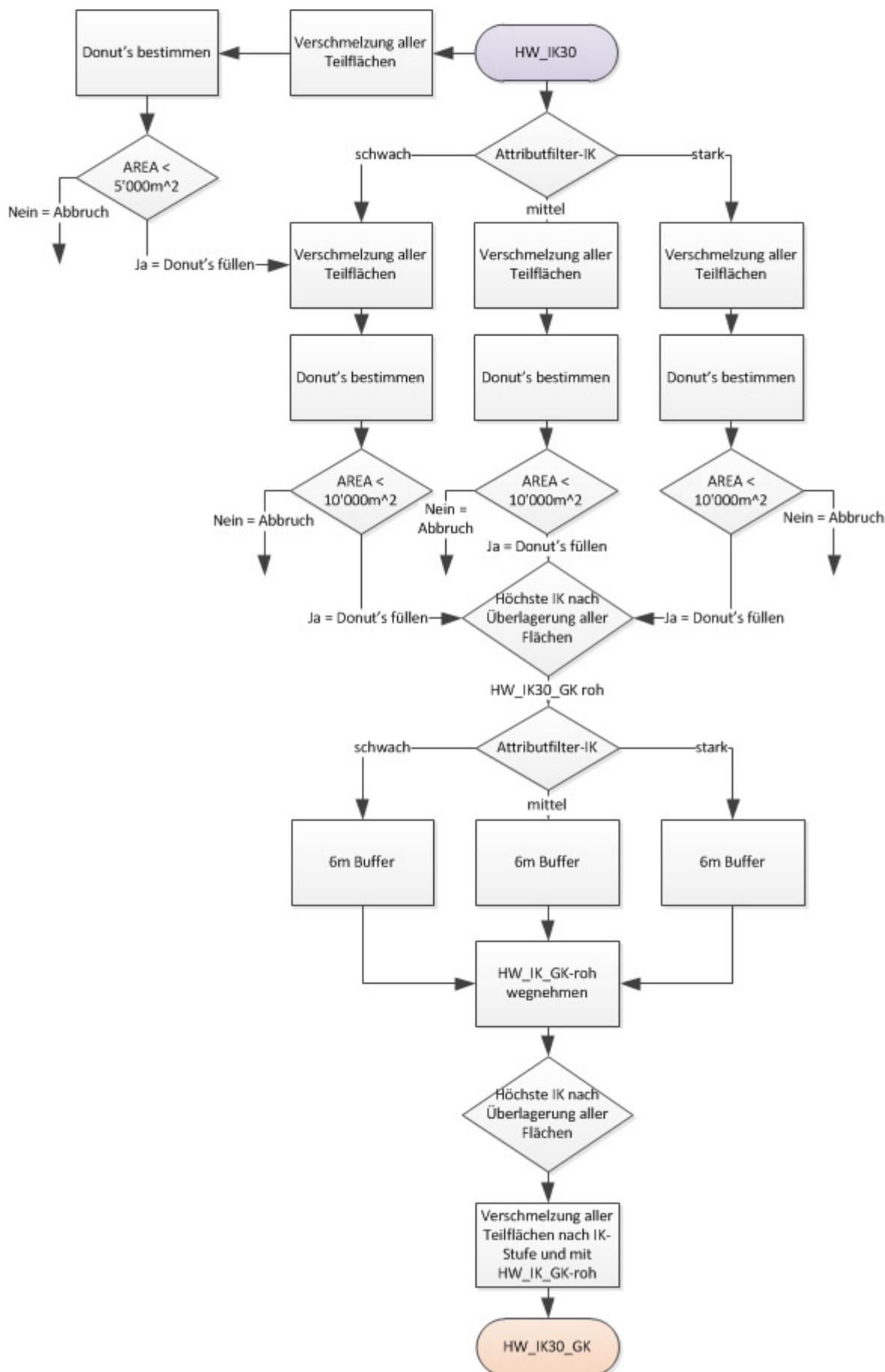


Abbildung 20: Intensitätsgefahrenkarte

- Als erstes wird pro Jährlichkeit allen Löchern innerhalb der zusammengefassten IK-Flächen pro Jährlichkeit, egal welcher Stufe sie angehören und die kleiner als 5'000m² sind, die Intensität schwach zugewiesen. Tests in der Gemeinde Rüti haben ergeben, dass Donuts, die nicht mit der gleichen Intensitätsstufe umhüllt sind, unterhalb dieser Schwelle mit Sicherheit keine topologischen Erhöhungen sind und somit zu berücksichtigen sind (siehe Kapitel 3.2.2).

Transformer	Funktion
Dissolver	Vereinigt alle Flächen zu einer einzigen
DonutHoleExtractor	Detektiert alle Löcher
AreaCalculator	Berechnet die Fläche aller Löcher
TestFilter	Filtert alle Löcher, die eine kleinere Fläche als 5'000m ² besitzen
AttributeCreator	Weisst den Flächen die IK-Stufe schwach zu.

- Ausgestanzte Gebäude in den IK's zeichnen sich oft durch die gleiche umhüllende IK-Stufe aus. Um diese Gebäude in die Risikoberechnung einzubeziehen, werden pro IK-Stufe und Jährlichkeit alle Löcher mit einer Fläche kleiner 10'000m², was einem Gebäude von 200m x 50m entspricht, in die jeweilige IK-Stufe integriert.

Transformer	Funktion
AttributeFilter	Filtert die IK nach Stufen
Dissolver	Vereinigt alle Flächen zu einer einzigen
DonutHoleExtractor	Detektiert alle Löcher
AreaCalculator	Berechnet die Fläche aller Löcher
TestFilter	Filtert alle Löcher, die eine kleinere Fläche als 10'000m ² besitzen
AttributeCreator	Weisst den Flächen die IK-Stufe schwach zu.

- Aus einer zweistufigen Verschneidung der drei IK-Stufen-Flächen resultiert eine Intensitätsgefahrenkarte (HW_IK_GK_roh) mit der jeweils höchsten IK-Stufe bei sich überschneidenden Flächen. Dieser Schritt ist notwendig, da die Intensitätskarten überlagernd sein können, weil sie pro Prozessquelle berechnet sind, was für das weitere Vorgehen, aber unerwünscht ist.

Transformer	Funktion
Clipper	1. Detektierung aller IK schwach, wo gleichzeitig keine mittel oder starke Fläche darüber liegt 2. Detektierung aller IK mittel, wo gleichzeitige keine starke Fläche darüber liegt

- Um Gebäude am Rand einer Überflutungsfläche, welche höchstwahrscheinliche von einem Ereignis auch betroffen sind, mit einzubeziehen, wird pro IK-Stufe ein Buffer von 6m in die HW_IK_GK_roh integriert. Da sich diese einzelnen Bufferstufenflächen wieder gegenseitig überlagern können, muss nochmals die massgebende IK-Stufe detektiert werden. Die resultierenden Bufferflächen werden mit der bereits berechneten HW-IK-GK_roh zur definitiven HW-IK-GK verschmolzen.

Transformer	Funktion
AttributeFilter	Filtert die IK nach Stufen
Buffer	Generiert 6m Buffer
AreaonAreaOverlaper	Zerschneidet alle überlagernde Bufferflächen
Clipper	Stantzt die Bufferflächen aus der HW_IK_GK_roh aus
ExpressionEvaluator	Zusammenfügen der IK-Stufenattribute zu einem Attribut
AttributeFilter	Trennung nach IK_Stufenüberschneidungen: 1 = nur schwach 2 = nur mittel 3 = nur stark 12 = schwach und mittel übereinander = mittel 13 = schwach und stark übereinander = stark 23 = mittel und stark übereinander = stark 123 = alle Stufen übereinander = stark
Dissolver	Verschmelzung der massgeblichen Bufferfläche mit HW_IK_GK_roh zu HW_IK_GK

3.3.3 Risikoberechnung pro Gebäude

In diesem Teilprozess erfolgt die eigentliche Hochwasserrisikoberechnung statt.

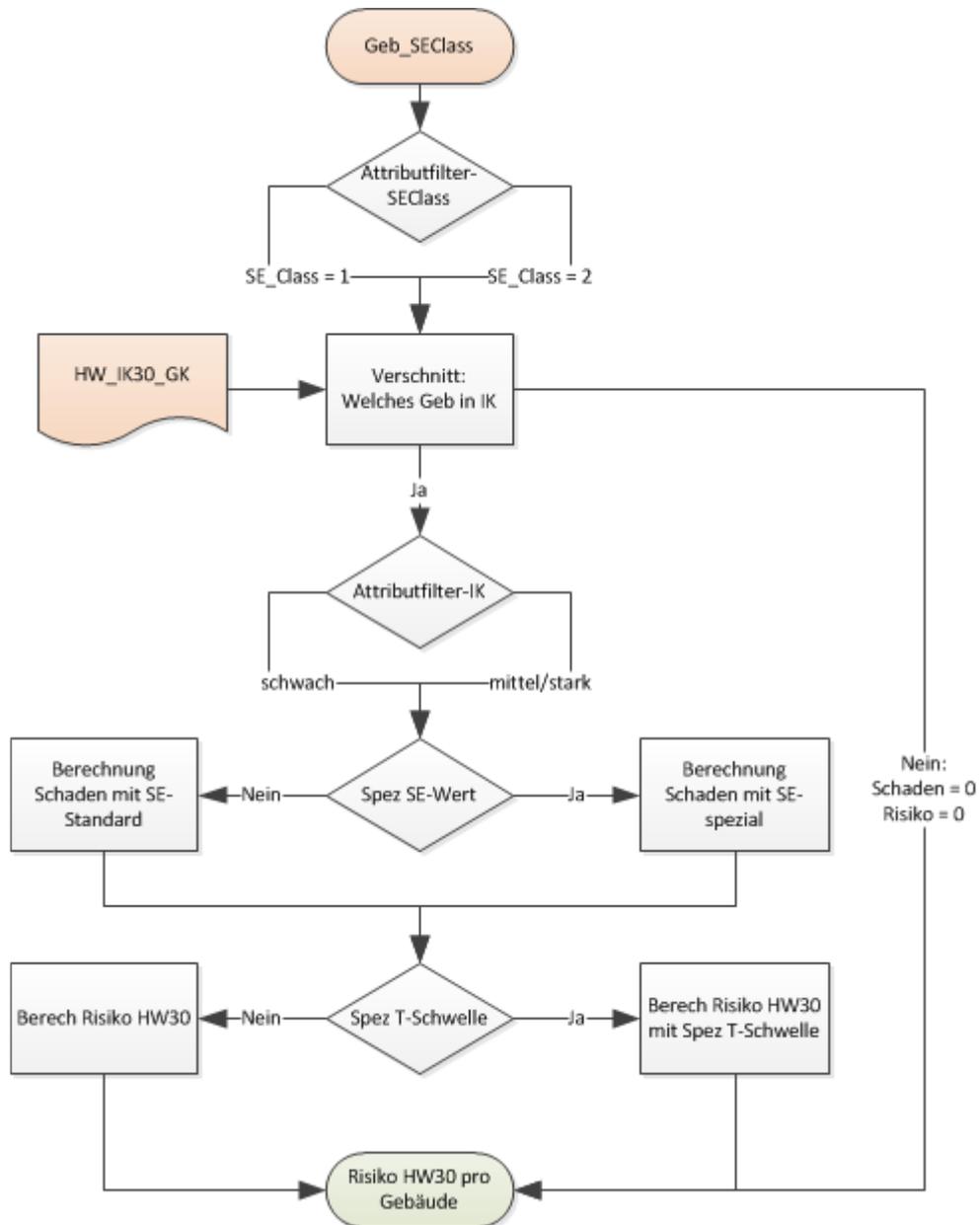


Abbildung 21: Risikoberechnung

- Die Ergebnisdatei Geb_SEClass aus dem ersten Teilprozess wird nach den Verletzlichkeitsklassen getrennt

Transformer	Funktion
AttributeFilter	SE_Class = 1 = ländlich SE_Class = 2 = urban

- Durch Gutachten können Gebäude eine genauere Schadenempfindlichkeit erfahren (siehe Kapitel 2.3.3. Dieser spezielle Verletzlichkeit (spez_SE) ist in einem eigenen Attribut abgelegt und wird bei Vorhandensein verwendet.

Transformer	Funktion
TestFilter	Ist die Spalte (Attribut) spezielle Verletzlichkeit nicht gleich 0

- Durch hydrologische Gutachten kann die Eintretensgrenze (siehe Kapitel 2.3.3) verschoben werden. Diese spezielle T-Schwelle (spez_TW) ist in einem eigenen Attribut abgelegt. Wenn sie ungleich null ist, wird mit diesem Wert das Risiko berechnet.

Transformer	Funktion
TestFilter	Ist die Spalte (Attribut) spezielle T-Schwelle nicht gleich 0

- Nun erfolgt für die beiden Schadenempfindlichkeitsklassen separat die eigentliche Schadenberechnung. Als erstes wird die Gebäudepunktinformation mit der generierten Intensitätsgefahrenkarte verschnitten. Die Gebäude wissen nun, von welcher Intensitätsstufe sie bei einem Ereignis erfasst werden. Die Berechnung des Schadens erfolgt nach der Formel: Versicherungswert * Schadenempfindlichkeit. Dabei gelten nach GVZ folgende Werte (siehe Kapitel 2.3.3.2):

SE-GVZ	ländliche Gebiete	urbane Gebiete
schwache Intensität	0.04	0.1
mittlere / starke Intensität	0.2	0.3

Transformer	Funktion
PointOnAreaOverlayer	Jedes Gebäude wird der jeweiligen IK-Fläche zugewiesen. Ein Gebäude ausserhalb der IK_GK erhält einen Schaden und das Risiko 0
AttributeFilter	Trennung der Gebäude nach IK-Stufe
ExpressionEvaluator	Berechnung des Schaden

- Die Ermittlung des Risikos pro Gebäude und Jährlichkeit ist der abschliessende Schritt dieses Prozesses:

Transformer	Funktion
ExpressionEvaluator	<p data-bbox="571 315 1171 349">Berechnung des Risiko nach der Fromel:</p> $R_{30} = \frac{S_{15} + S_{30}}{2} * \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{30} \right)$ $R_{100} = \frac{S_{30} + S_{100}}{2} * \left(\frac{1}{30} - \frac{1}{100} \right) + R_{30}$ $R_{300} = \frac{S_{100} + S_{300}}{2} * \left(\frac{1}{100} - \frac{1}{300} \right) + R_{100}$ $R_{500} = \frac{S_{300} + S_{500}}{2} * \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{500} \right) + R_{300}$

3.3.4 Risikoberechnung pro HA-Rasterzelle

Als allerletzten Schritt werden die berechneten Risikodaten zur Darstellung aufbereitet.

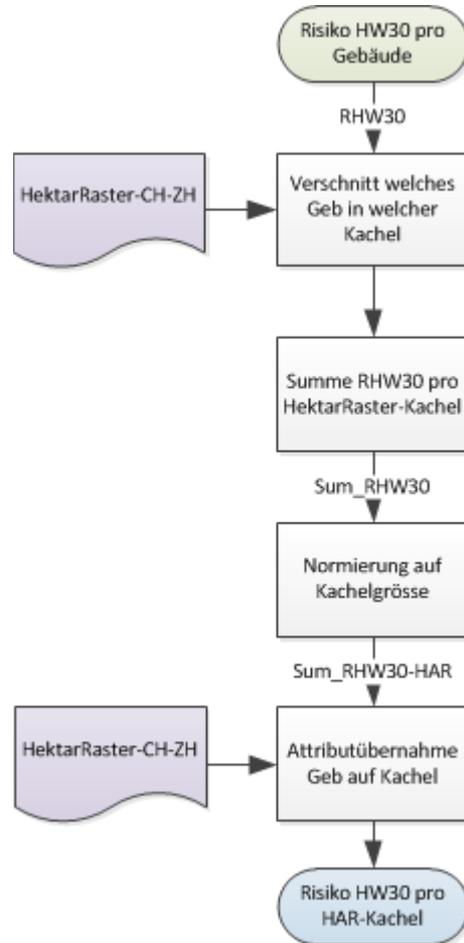


Abbildung 22: Risikodarstellung auf Kachel

- Nachdem jedes Gebäude erfährt in welcher Kachel es liegt, wird das Risiko pro Kachel zusammengezählt und auf die Kachelgröße normiert.

Transformer	Funktion
PointOnAreaOverlayer	Zusammenzug aller Gebäude einer Rasterzelle
StatisticsCalculator	Summe aller Risikowerte der Gebäude pro Rasterzelle = Sum_RHW
ExpressionEvaluator	Normierung des Risiko pro Kachel nach der Formel: $RHW_sum / R_Area * 10000$

- Durch die Übergabe der berechneten Werte aus dem vorgegangenen Punkt an die Kachel, kann das Risiko infolge Hochwasser visualisiert werden.

Transformer	Funktion
PointOnAreaOverlayer	Attributübernahme auf Kachel

4 Resultate

4.1 Testgebiet Rüti

Die Gemeinde Rüti ist eine eher ländliche, mittelgrosse Gemeinde am südöstlichen Rand des Kantons Zürichs mit knapp mehr als 10'000 Einwohnern. Sie weist mehrere kleine Seitengewässer und den Fluss Jona auf, welcher ein Einzugsgebiet von 65km² besitzt. Die Jona hat in der Vergangenheit zu Hochwasserschäden geführt. Diese relevanten Eckdaten liegen für den Kanton Zürich um den Durchschnitt, deshalb ist die Gemeinde Rüti prädestiniert als Testobjekt. Nicht zu verachten ist zudem die lückenlose Detailerfassung aller Gebäude in dieser Gemeinde, welche die Resultate der Analysen besondere Aussagekraft verleihen.



Abbildung 23: Testgemeinde Rüti im Kanton Zürich

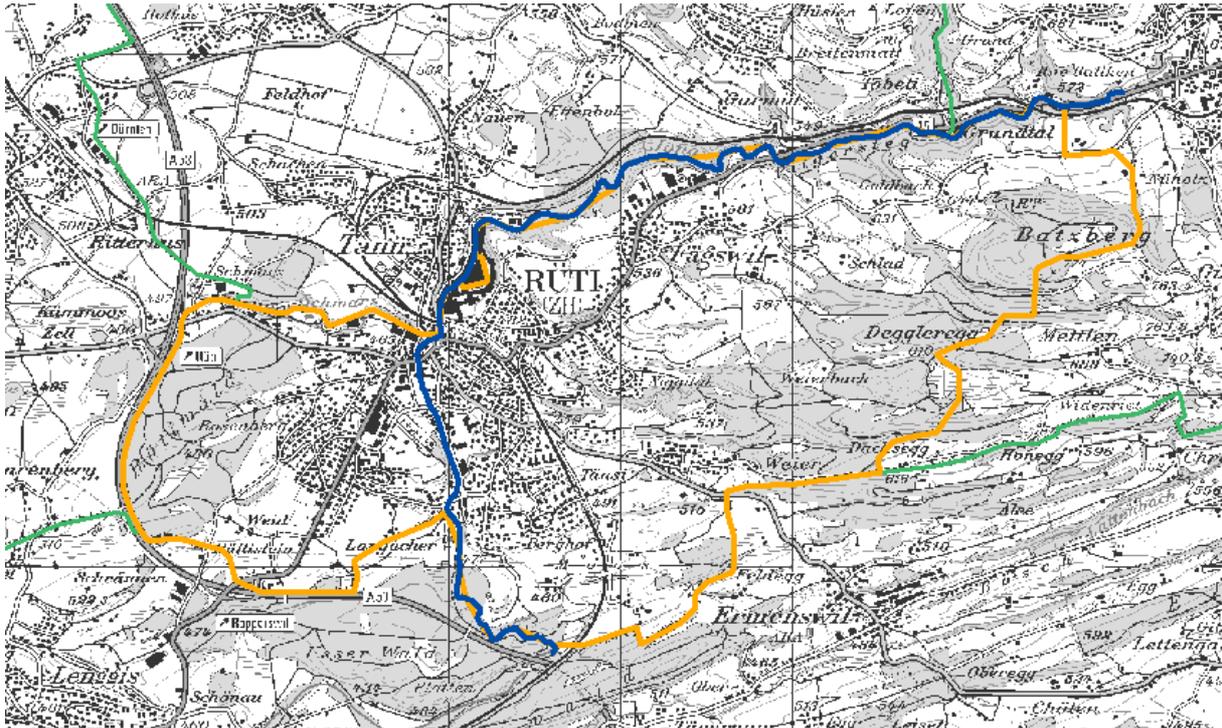
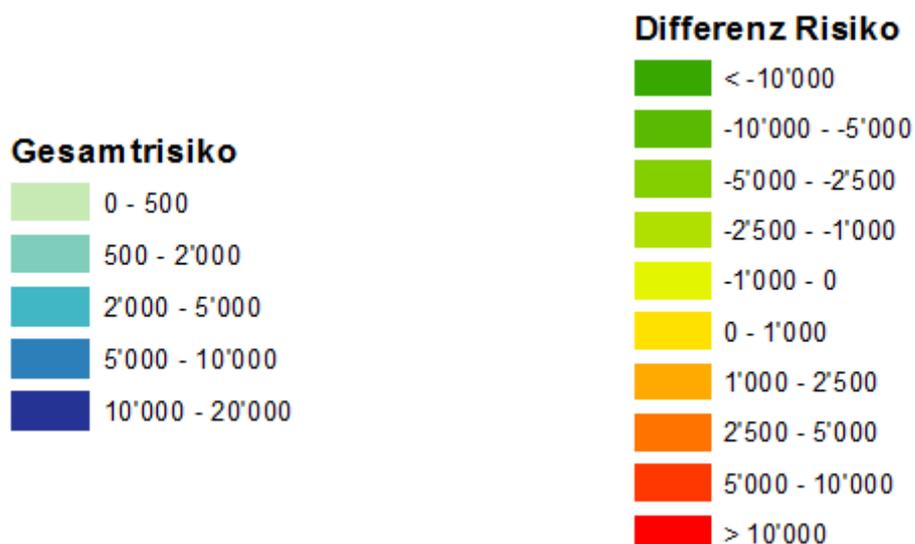


Abbildung 24: Testgemeinde Rütli

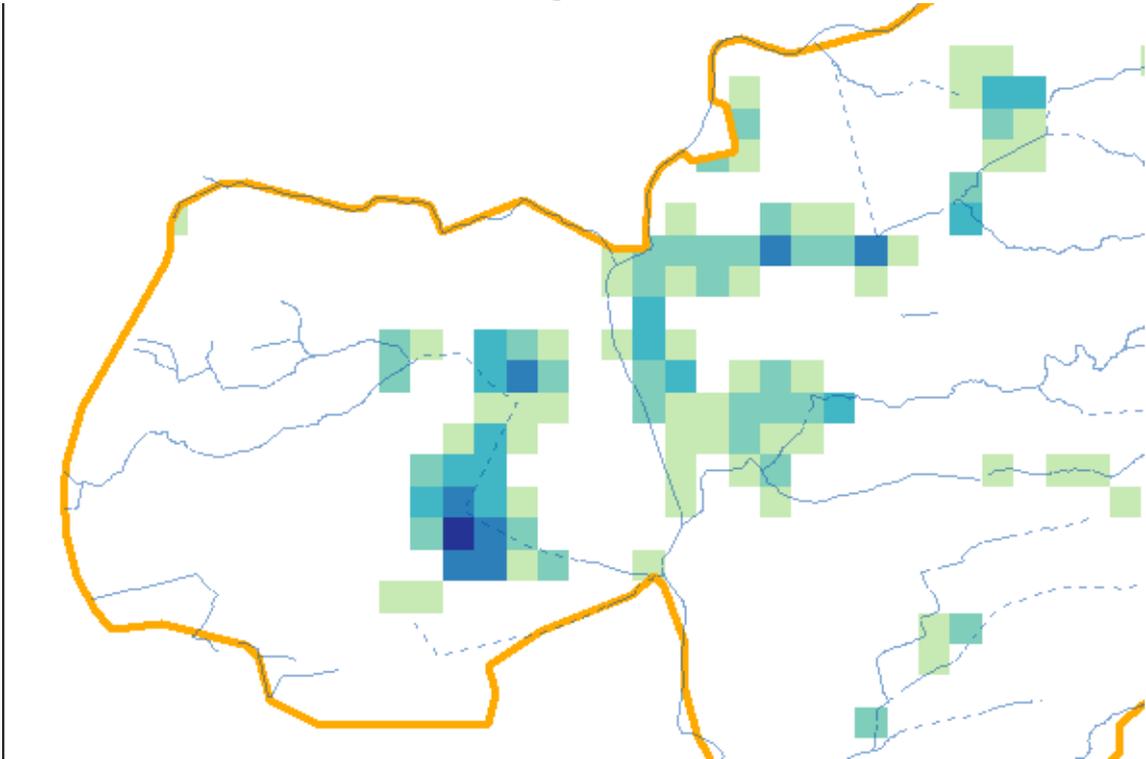
Intensitätskartenanpassungen

Wie bereits in Kapitel 3.2.2 dargelegt, entsteht eine Risikozunahme um ca. 15 Prozent zwischen der optimistischen und der pessimistischen Risikoberechnung. Der optimistischen Berechnung liegt eine 2m Bufferfunktion in den Intensitätskarten zu Grunde. Die Konsequenzanalyse bei der pessimistischen Bestimmung des Risikos erfolgt mit einem 6m Buffer (siehe Kapitel 3.2.2).

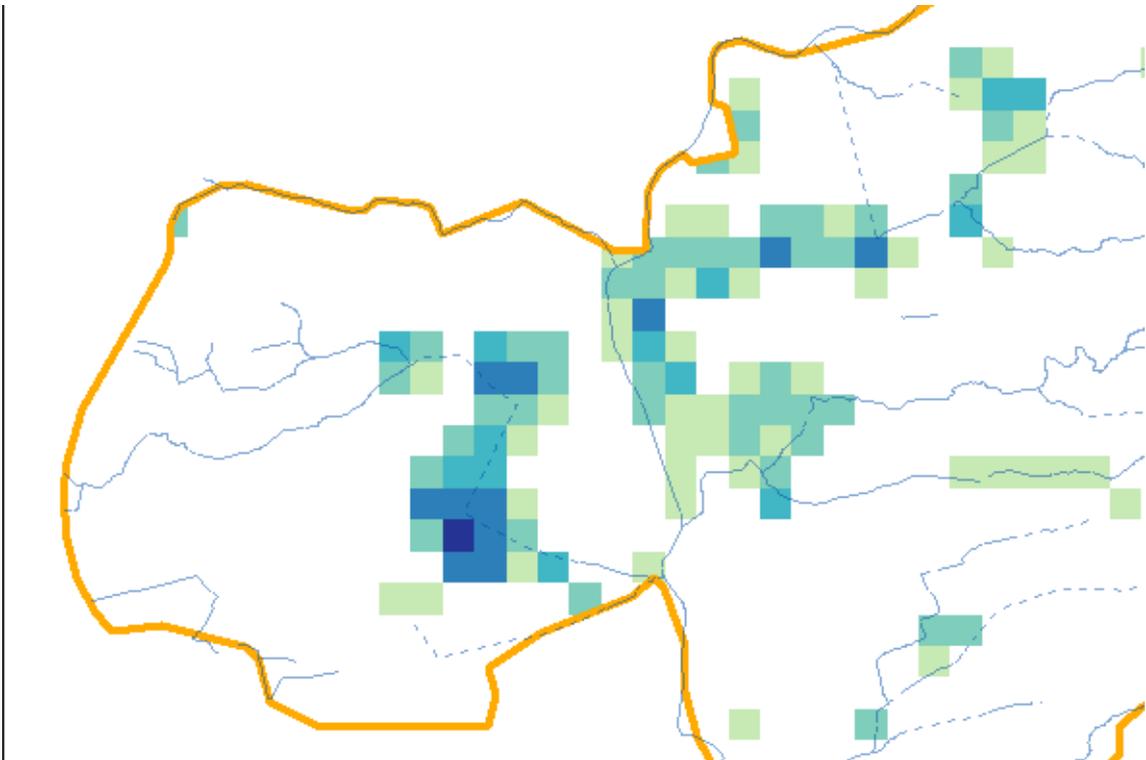
Nachfolgend die grafische Darstellung der Klasseneinteilung. Die Grösse des Risikos ist in Schweizer Franken (CHF) angegeben. Die Differenz ist das Resultat aus dem Gesamttrisiko_6mBuffer minus Gesamttrisiko_2mBuffer.



Gesamtrisiko mit 2m Buffer Berechnung



Gesamtrisiko mit 6m Buffer



Differenz Gesamtrisiko aus 6m minus Gesamtrisiko aus 2m Buffer

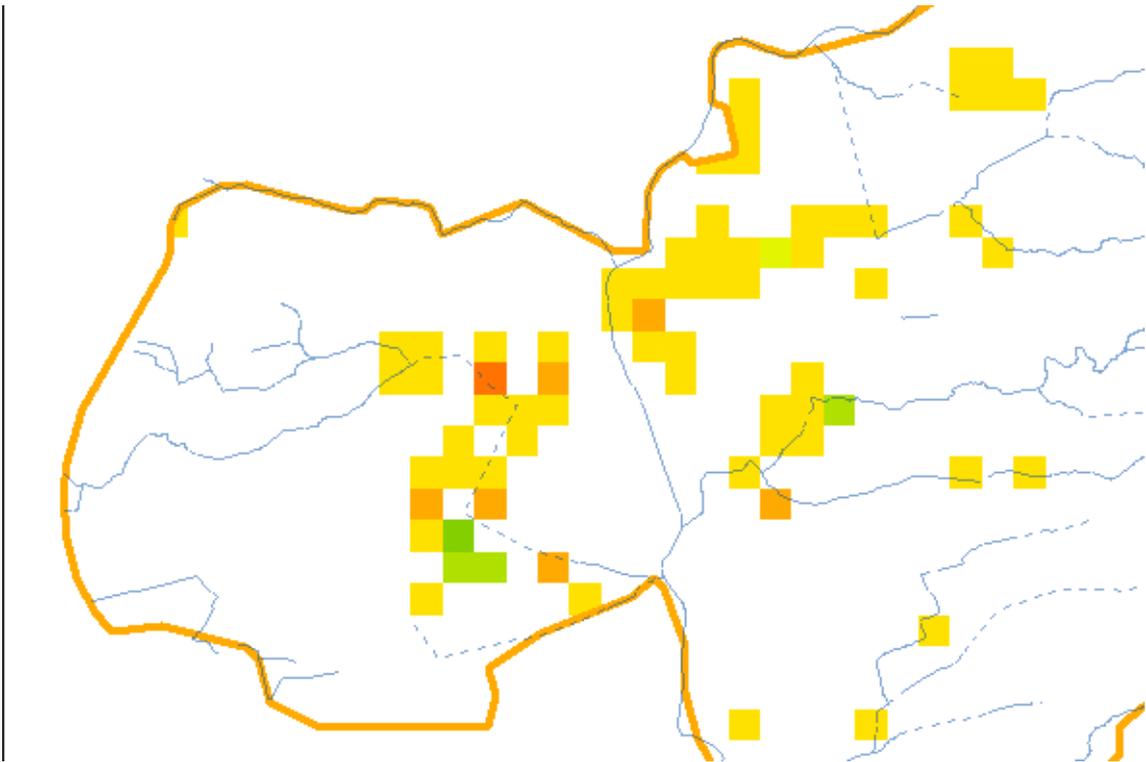
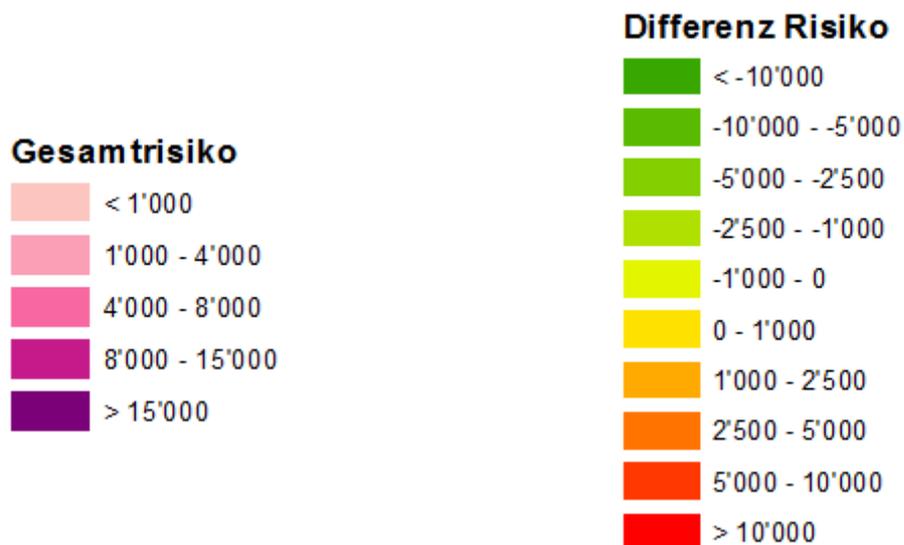


Abbildung 25: Risikovergleich zw 2m und 6m Buffer

4.2 Gegenüberstellung der Resultate

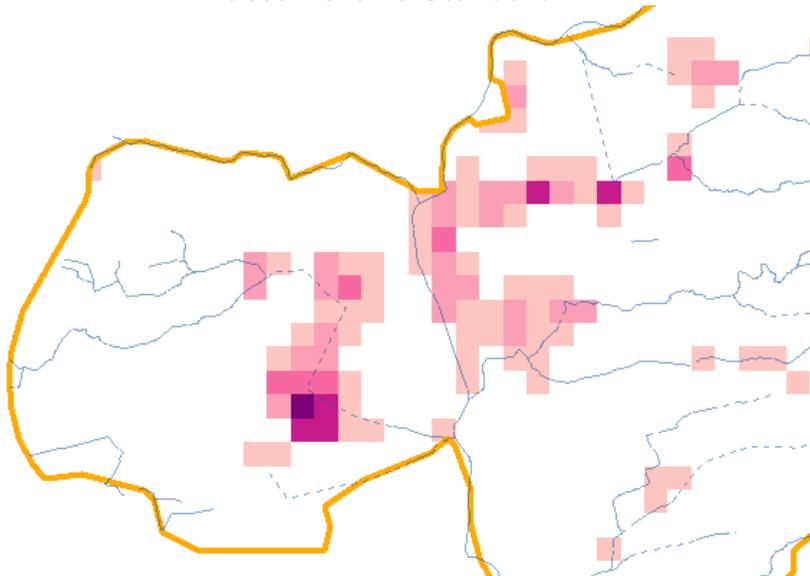
In diesem Kapitel werden die Resultate der Risikoberechnung mit den verschiedenen veränderbaren Parametern in der Testgemeinde Rüti anhand der IK_GK_2mBuffer gegenübergestellt und Erkenntnisse daraus gezogen.

Zuerst wird das Gesamtrisiko pro veränderbare Berechnungsgrösse grafisch präsentiert sowie als Differenzdarstellung gegenüber dem Standardgesamtrisiko. Dabei sind folgende Darstellungseigenschaften gewählt worden:

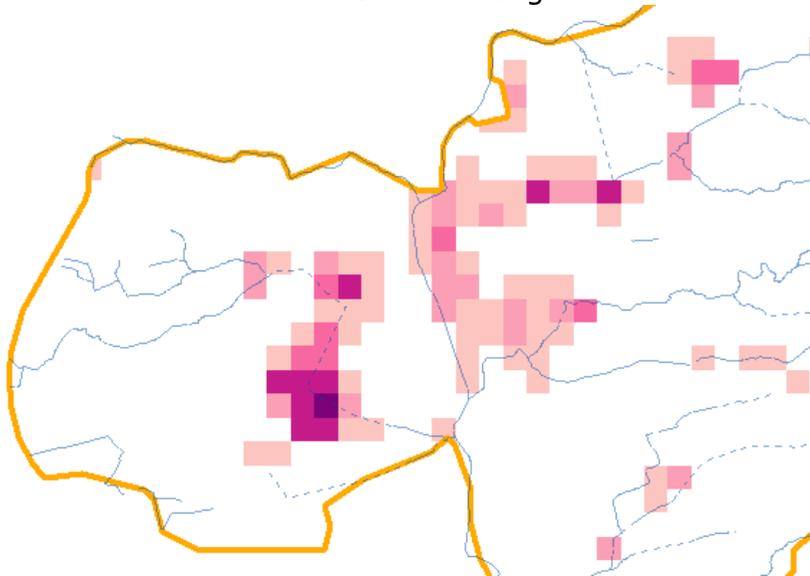


Das Gesamtrisiko ist in CHF gehalten. Die Differenzen sind immer zwischen dem Gesamtrisiko Standard und der jeweiligen veränderbaren Berechnungsgrösse abgebildet.

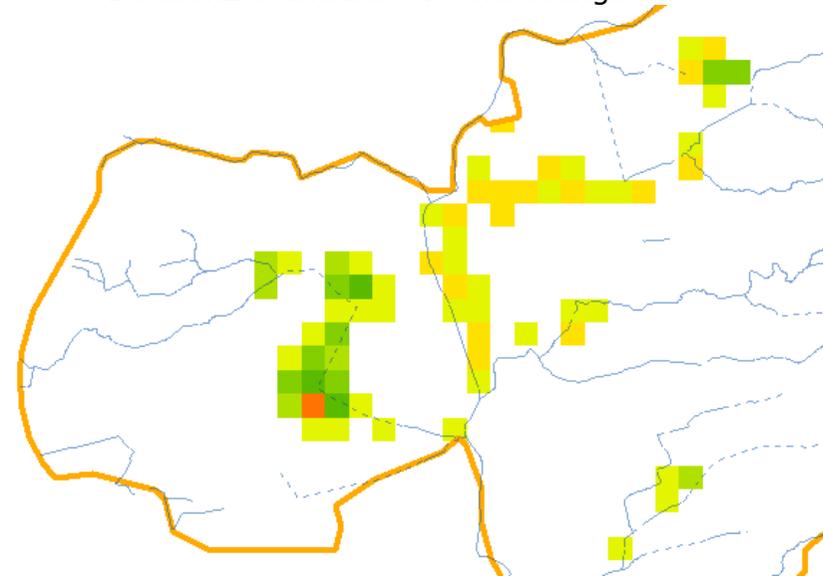
Gesamtrisiko Standard



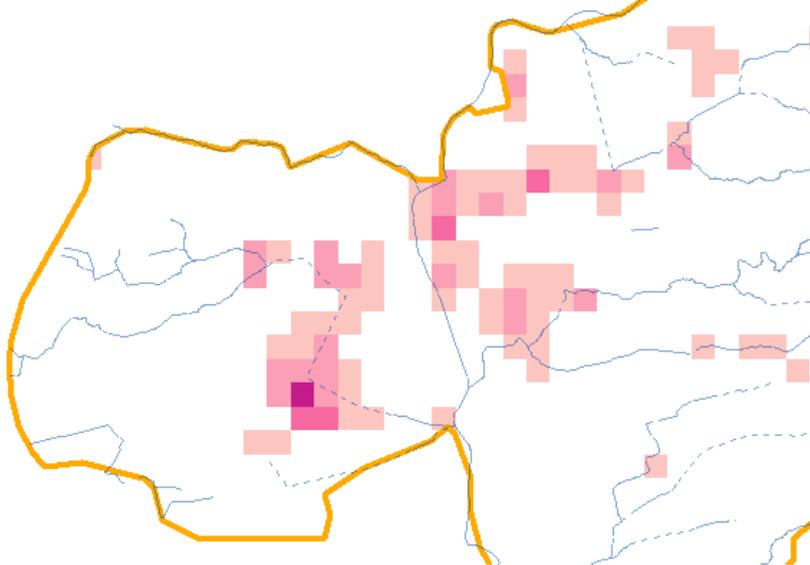
Gesamtrisiko Versicherungswert



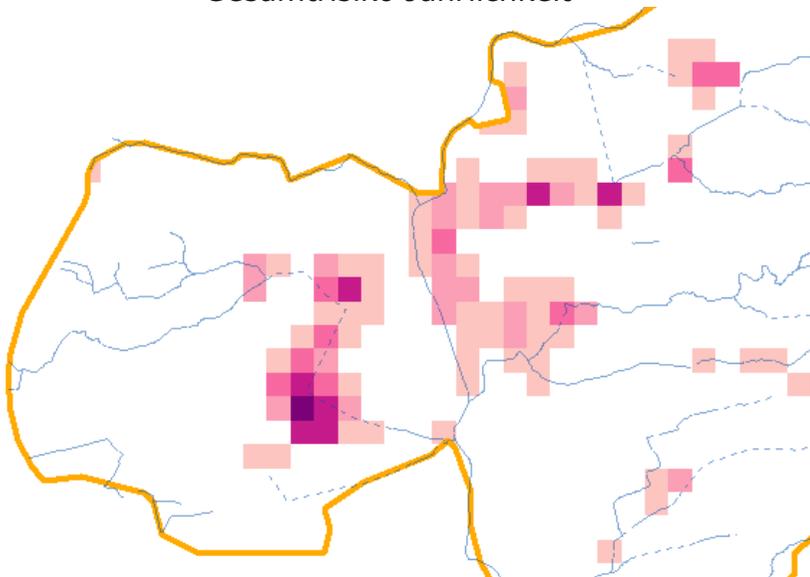
Differenz Standard - Versicherungswert



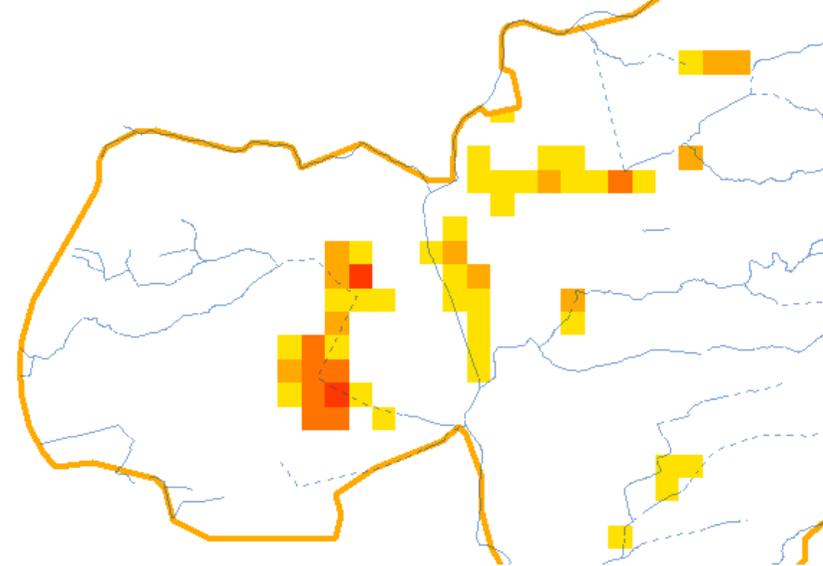
Gesamtrisiko Schadenempfindlichkeit



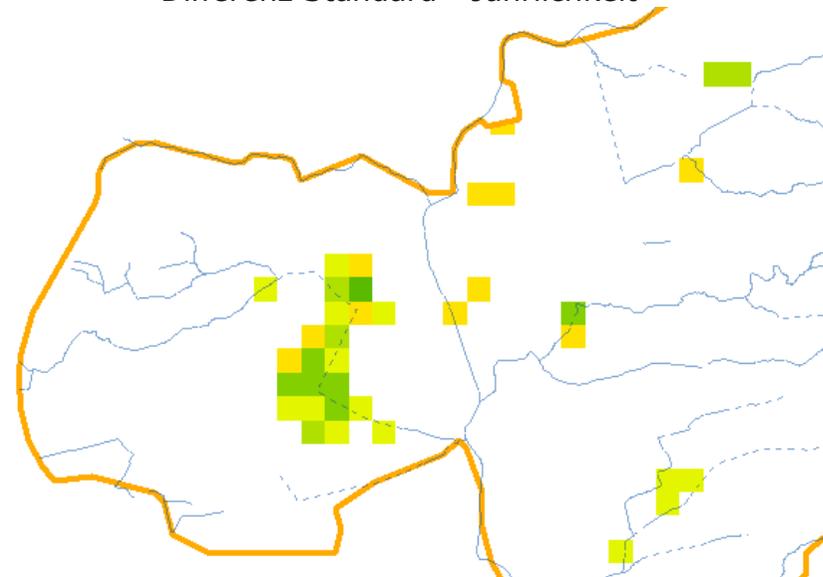
Gesamtrisiko Jährlichkeit



Differenz Standard - Verwundbarkeit



Differenz Standard - Jährlichkeit



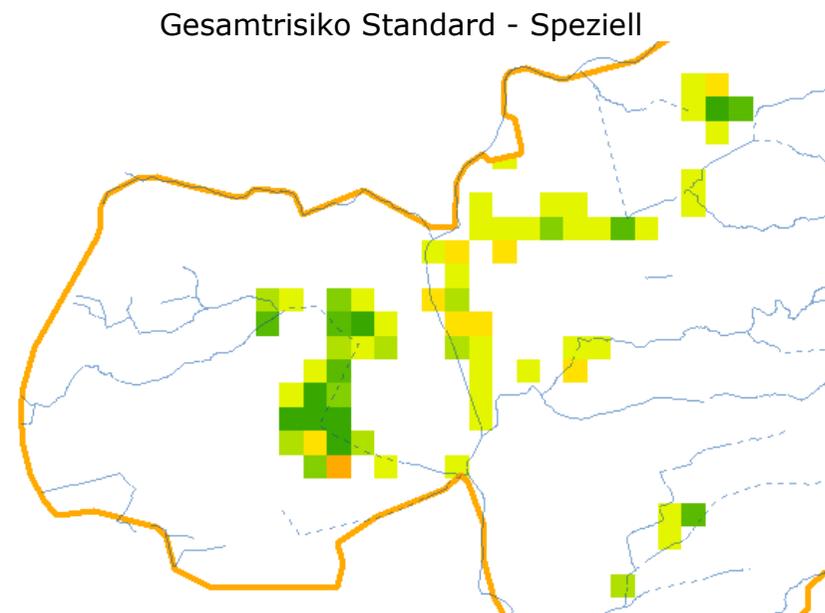
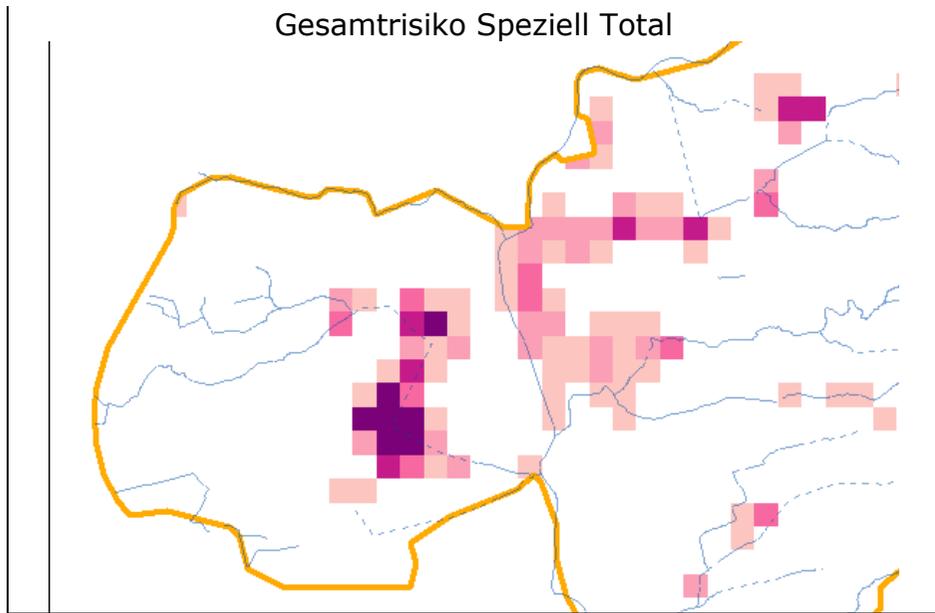


Abbildung 26: Resultate

Die Resultate werden nun in der nachstehenden Tabelle veranschaulicht. Dabei wurde das Gesamtrisiko (Rhw) pro Jährlichkeitsklasse (T_30, T_100, T_300 und T_Ehw) als Ergebnis aus den einzelnen veränderbaren Parametern (vw_spez = Versicherungssumme, se_spez = Schadenempfindlichkeit, t_spez = T-Schwelle und tot_spez = alle veränderbaren Parametern zusammen) zueinander und insgesamt gegenüber der Standardberechnung (Rhw), ausgedrückt in Prozentpunkten (dunkelorange Zeilen) auf die gesamte Gemeinde Rüti aufsummiert.

	T_30	T_100	T_300	T_Ehw
Rhw	32'092	115'753	160'476	171'646
Rhw vw_spez	62'381	171'896	219'347	231'063
Δ %Pkt zu Rhw	+94	+49	+37	+35
Rhw se_spez	46'909	58'572	86'115	93'460
Δ %Pkt zu Rhw	-54	-49	-46	-46
Δ Rhw t_spez	68'111	151'560	196'283	207'454
Δ %Pkt zu Rhw	+112	+131	+22	+21
Rhw tot_spez	152'254	288'999	349'725	363'701
Δ %Pkt zu Rhw	+374	+150	+118	+112

Tabelle 5: Risiko pro Jährlichkeit

Erkenntnisse:

- Jede genauere Angabe beeinflusst das Gesamtrisiko
- Die Auswirkungen der genaueren Angaben auf das Gesamtrisiko nehmen mit zunehmender Jährlichkeit ab
- Die detaillierte T-Schwelle hat am meisten Einfluss auf das Gesamtrisiko. Dies lässt sich durch die grösste Prozentzunahme in der Spalte T_30 und T_100 ablesen, da diese Parameterveränderung auf diese zwei Jährlichkeiten Einfluss nimmt.

Nachstehende Tabelle veranschaulicht die zu erwartenden Gesamtschäden pro Jährlichkeitsklasse als Ergebnis aus den einzelnen veränderbaren Parametern zueinander und insgesamt gegenüber der Standardparameterberechnung, ausgedrückt in Prozentpunkten (dunkelorange Zeilen).

	T_30	T_100	T_300	T_Ehw
Shw	1'925'507	5'245'429	8'171'457	8'584'596
Shw vw_spez	3'742'839	5'644'176	8'591'271	8'982'110
Δ %Pkt zu Rhw	+94	+8	+5	+5
Shw se_spez	2'814'557	2'872'144	5'391'023	5'625'748
Δ %Pkt zu Rhw	+46	-45	-34	-34
Shw t_spez	1'890'836	5'245'429	8'171'457	8'584'596
Δ %Pkt zu Rhw	-2	0	0	0
Shw tot_spez	3'588'012	7'853'179	10'364'591	10'599'317
Δ %Pkt Rhw	+86	+50	+27	+23

Tabelle 6: Schaden pro Jährlichkeit

Erkenntnisse:

- hier haben wie erwartet natürlich nur Detailinformationen zur Versicherungssumme und Schadenempfindlichkeit einen Einfluss auf den Schaden und mit zunehmender Jährlichkeit geringeren Einfluss

5 Fazit

Die Standardrisikoberechnung mittels erstellten Workbenches liefern die gleichen Ergebnisse wie die bisherigen Berechnungen der GVZ Gebäudeversicherung Kanton Zürich. Damit ist die Qualitätskontrolle bestanden.

Die neu erstellte, automatisierte Methode der Risikoberechnungen mit den angepassten / speziellen Parametern zeigen deutlich auf, wie stark jede genauere Grösse das Resultat beeinflusst. Der einflussreichste Faktor für das Risiko ist die „Null-Schadengrenze“. Sie bezeichnet jene Eintretenswahrscheinlichkeit bei der gerade noch keine Schäden eintreten. Durch die Einteilung der Wiederkehrperioden entstehen grosse Sprünge und kommen dem Umstand nicht entgegen, dass bei tiefen Jährlichkeiten die grössten Schäden entstehen. Deshalb ergeben sich die grössten Veränderungen am Gesamtrisiko durch die Berücksichtigung des detaillierten Wissens zur Eintretensgrenze (T-Schwelle).

Generell kann das Resultat nur so gut sein wie die Grundlagen. Auf die Erhebung und den Einbezug dieser Parameter ist in Zukunft das Hauptaugenmerk zu setzen. Eine möglichst homogene NGK wäre sicherlich der erste Schritt. Diese Verbesserung wird allerdings erst durch die generelle periodische Anpassung der NGK in ca. 10 Jahren zur Tragen kommen. Eine weitere Verbesserung ist durch die Ebene „Adresse“ der amtlichen Vermessung ab 2018 zu erwarten. Dadurch werden die georeferenzierten Gebäudepunkte exakt bei den Hauseingängen zu liegen kommen, was gegebenenfalls eine Überprüfung der jetzigen eingesetzten Bufferfunktion nach sich ziehen würde. Somit wäre auch diese Datengrundlage homogenisiert. Bei den Schadenempfindlichkeitswerten sollten die wissenschaftlichen Arbeiten im Auge behalten und bei geeigneten Untersuchungen zur standardisierten Erhebung weitere Abklärungen zur Integration verfolgt werden. Eine Berücksichtigung der Auftretens- / Präsenzwahrscheinlichkeit liegt meines Erachtens noch in weiter Ferne.

6 Ausblick

Die Resultate und Erkenntnisse dieser Arbeit sind im Alltag der GVZ einzubeziehen und zu etablieren. Nach dieser Bewährungsphase wäre eine Integration in die normalen Arbeitsabläufe durch ein Pluginentwicklung im QGIS, der eingesetzten Arbeitssoftware bei der GVZ, anzuvisieren. Für weitgreifende Analysen müssten die Gefahrenquellen, also von welchem Bach welche Gefährdung ausgeht, in die Risikoberechnung miteinbezogen werden.

7 Literatur

- Alexander D. (1993): Natural disasters. UCL Press Ltd., University College, London.
- AGS (2000): Landslide risk management concepts and guidelines, Australian Geomechanics Society (AGS), Sub-committee on landslide risk management. <http://www.australiangeomechanics.org/LRM.pdf> (Zugriff: 204-05-21)
- BAFU (2008): EconoMe–Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren. <http://www.econome.admin.ch>. (Zugriff: 2014-05-15)
- Birkmann J. (2005): Danger need not spell disaster – But how vulnerable are we? Research Brief of the United Nations University, United Nations University. No. 1/2005.
- Birkmann J. (2006:1): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies, Conceptual frameworks and definitions. Measuring vulnerability to natural hazards, towards disaster resilient societies. J. Birkmann. Tokyo, United Nations University Press: 9-54.
- Birkmann, J. (2006:2): Measuring Vulnerability to Natural Hazards Towards Disaster Resilient Societies. The United Nations University - Institute for Environment and Human Security <http://www.ehs.unu.edu/article:279> (Zugriff: 2014-05-17)
- Blaikie P., Cannon T., et al. (1994): At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. London etc., Routledge.
- Bogardi J., and Birkmann J. (2004). Vulnerability Assessment: the first step towards sustainable risk reduction. Disasters and Society - From hazard assessment to risk reduction. D. Malzahn and T. Plapp. Berlin, Logos Verlag: 75-82.
- BUWAL (2005): Pragmatisches Risikomanagement – Im Dialog zu mehr Sicherheit. Bern Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.
- Douglas J. (2007): Physical vulnerability modelling in natural hazard riskassessment. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 7 (2007), 4, Nr. 2, S. 283–288.
- Fell R. (1994): Landslide risk assessment and acceptable risk. Canadian Geotechnical Journal, 31: 261-272.
- Evans A.W. (2003). "Transport fatal accidents and FN-curves: 1967-2001". Research Report. HSE, Health and Society Executive, Sudbury.
- FEMA (2001): Understanding Your Risks, identifying hazards and estimating losses. U.S. Federal Emergency Management Agency. FEMA 386-2.
- Fuchs S, Brundl M, Stotter J (2004): Development of avalanche risk between 1950 and 2000 in the Municipality of Davos, Switzerland. Natural Hazard and Earth System Science 4: 263–275
- Green, C. H. and Parker D. J. (1994): Report on the transferability of flood loss estimation data between countries. Flood hazard research centre. Report No. 7016. Middlesex University.
- Hess, J. Th. (2008): Schutzziele im Umgang mit Naturrisiken in der Schweiz. Eidgenössische technische Hochschule Zürich. Dissertation ETH Nr. 17956.
- Hollenstein K.; Bieri O., Stückelberger J. (2002): Modellierung der Vulnerability von Schadenobjekten gegenüber Naturgefahrenprozessen. ETHZ, Forstliches Ingenieurwesen. Zürich.

- Hollenstein K. (2005): Reconsidering the risk assessment concept: Standardizing the impact description as a building block for vulnerability assessment. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5 (2005), S. 301–307
- Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC 2001): Synthesis report, A contribution of Working Groups I, II, and III to the third assessment report. R.T Watson, et al eds, Cambridge/New York Cambridge University Press. S.165.
- Interkantonaler Rückversicherungsverband (2008): Veränderung des Klimas und der Gebäudeverletzlichkeit in der Schweiz bis 2050. Erwartete Auswirkungen auf Naturgefahren und Gebäudeschäden. Bern.
- Ko Ko C., Flentje P. and Chowdhury R. (2004). Landslides qualitative hazard and risk assessment method and its reliability. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 63(2): 149-165.
- Merz, B et al. (2002): Einführung. Begriffsbestimmungen: Hochwasser, Risiko, Hochwasserrisiko Management von Hochwasserrisiken S.1 - 13.
- Merz B. (2006): Hochwasserrisiken - Möglichkeiten und Grenzen der Risikoabschätzung. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT (2008). Strategie Naturgefahren Schweiz Umsetzung des Aktionsplanes PLANAT 2005-2008. Projekt B 5. Verletzlichkeit bei gravitativen Naturgefahren - eine Situationsanalyse Schlussbericht Oktober 2008. Bern: Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT c/o Abteilung Gefahrenprävention Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT (2009). Strategie Naturgefahren Schweiz Umsetzung des Aktionsplanes PLANAT 2005-2008. Projekt A 1. Risikokonzept für Naturgefahren - Leitfaden Schlussbericht 2. Phase Testversion Februar 2009. Bern: Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT c/o Abteilung Gefahrenprävention Bundesamt für Umwelt BAFU.
- NAHRIS 2006. Dealing with Natural Hazards and Risks. Swiss Virtual Campus Project. <http://www.nahris.ch/> (Zugriff: 2014-05-30)
- O'Keefe P., Westgate K. and Wisner B. (1976): Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature* 260, S. 566-567.
- Pelling M. (2003): *The Vulnerability of Cities. Natural disasters and Social Resilience*. Earthscan Publications, London.
- Pelling, M. (2007): Making disaster risk reduction work. the 2007 ProVention Forum. <http://www.preventionweb.net/english/professional/publications/v.php?id=11114> (Zugriff: 2014-05-19)
- Plattner Th. M. (2006): Risikoaversion als relevanter Faktor der Risikobewertung von Naturgefahren. Eidgenössische technische Hochschule Zürich. Dissertation ETH Nr. 16931.
- Reisenauer W. (2012): Bewertung des Hochwasserrisikos im städtischen Bereich am Fallbeispiel Schöckelbach und Bad Radkersburg. Masterarbeit, Technische Universität Graz, Dekanat für Bauingenieurwissenschaften, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft.
- The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2014): Terminology. <http://www.unisdr.org/we/inform/terminology> (Zugriff: 2014-05-10)
- Thywissen K. (2006): Core terminology of disaster reduction. A comparative glossary. In: Birkmann J. (Ed.): *Measuring Vulnerability to Natural Hazards*, United Nations University Press, 2006, S. 448–496

- UNDRO (1991): Mitigation natural Disasters Phenomena, Effects and Options. A manual for planner.
- UNDP (2004): Reducing Disaster Risk a challenge for development, A Global Report. . United Nations Development Programme Bureau for Crisis Prevention and Recovery.
- Van Westen C.J., Alkema D., Damen M.C.J., Kerle N. & Kingma N.C. (2011): Multi-hazard risk assessment. Version 2011. Twente: United Nations University – ITC School on Disaster Geoinformation Management (UNU-ITC DGIM)
- V. Everfeldt ET AL. (2008): Naturwissenschaftliche Gefahren – und Risikoanalyse. In: Felgentreff, C. und T. Glade (Hrsg.) Naturrisiken und Sozialkatastrophen. Berlin, Heidelberg. Spektrum Akademischer Verlag. S. 31-46.
- Wikipedia (2010): Hazard. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hazard> (Zugriff: 2014-05-08)
- Young E. (1998): Dealing with hazards and disasters: risk perception and community participation in management. Australian Journal of Emergency Management. National Centre for Development Studies, Australian National University.