



Désirée Salcher, BSc

## **Hochwasser im urbanen Bereich**

### **Hochwasserschutz am Beispiel Graz**

#### **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Masterstudium Bauingenieurwissenschaften – Geotechnik und Wasserbau

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Dipl.-Ing. Dr.techn. Alfred Hammer

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Zenz

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

---

Datum

---

Unterschrift

## Persönliche Dankesworte

Zu allererst möchte ich mich bei meiner Familie und meinem Freund bedanken. Mama, Papa, Nicole und Marcel, ihr wart während des gesamten Studiums an meiner Seite, habt Höhen und Tiefen miterlebt und mich immer unterstützt und gefördert. Danke für alles.

Ein großes Dankeschön ergeht an das gesamte Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, allen voran meinem Betreuer Dipl.-Ing. Dr.techn. Alfred Hammer. Danke für die fortwährende und tatkräftige Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Herzlichst bedanken möchte ich mich bei Herrn DI Rudolf Hornich der Abteilung A14 Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit, Land Steiermark. Besonderer Dank gebührt Frau Dr. Evelyn Krall vom Institut für Siedlungswasserbau, sowie Herrn Dr. Sackl und Herrn Dr. Gamerith (Hydroconsult GmbH). Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn DI Egger-Schinnerl und Herrn Brauchart der Abteilung für Grünraum und Gewässer der Stadt Graz. Durch fachliche Gespräche und die zur Verfügung Stellung von Unterlagen konnte ich einen tiefen Einblick in die Thematik bekommen und die Masterarbeit mit neuen Erkenntnissen formulieren. Danke auch an meine fleißigen Korrekturleserinnen.

Last but not least, meine lieben Studienkollegen. Durch euch wurden die letzten Jahre unvergesslich für mich!



## **Kurzfassung**

Hochwässer und Naturgefahren im Allgemeinen bringen großes Zerstörungspotenzial mit sich. Die vorliegende Arbeit geht auf die Problematik der Hochwässer im urbanen Bereich, speziell in der Stadt Graz, ein.

Untersucht wird, wie es zu einem Hochwasser kommt und durch welche Faktoren und Prozesse die Bildung unterstützt wird. Behandelt wird die Klimasituation in der Stadt Graz. Hierzu wurden Temperatur- und Niederschlagsaufzeichnungen analysiert und mit dem allgemeinen Trend der Klimaveränderung verglichen. Durch stetig steigende Ansprüche an Wohn- und Arbeitsraum, aber auch an Infrastruktur werden zunehmend Flächen versiegelt. Die teilweise über 100 Jahre alte, städtische Kanalisation stößt bei hohem Niederschlagsaufkommen an ihre Grenzen.

Ein weiterer Themenschwerpunkt beschäftigt sich damit, wie Auswirkungen solcher Ereignisse vermindert werden können. In der Stadt Graz wird ein großflächiger HQ100 Hochwasserschutz angestrebt. Seit 2006 wird unter dem Titel „Sachprogramm Grazer Bäche“ an der Umsetzung dieses Zieles gearbeitet. Mittels einer Ist-Stand-Analyse wird versucht, den Stand der Maßnahmen zu erheben und diese zu evaluieren.

## **Abstract**

Flood events and other natural hazards have a high damage potential. They can cause high economic losses, or in the worst case human losses, especially in areas with high population density. This thesis is discussing floods in urban areas, focusing on the city of Graz.

In this thesis, different studies about this topic were considered to explain the processes that lead to flood events. Furthermore, the climatic conditions in the area of the city of Graz were investigated. Temperature and precipitation records were analysed and compared to the global trend of climate change. Increasing demand on residential property and industry as well as infrastructure lead to sealing of soil. Due to that, precipitation cannot infiltrate into the subsurface and surface runoff is generated. Hence, in case of heavy rainfall the sewer system of the city reaches its limits. This can lead to pluvial inundations.

Another focus of this paper lies on the effects of flood events in the city of Graz and a strategy to prevent damage. A region wide flood protection system that is designed for a one-hundred-year-flood (HQ100) is strived for Graz. The implementation of this counter measures are under preparation since 2006 and partly taken into action. This program is named "Sachprogramm Grazer Bäche". This thesis analyses and evaluates the state of the measures in place.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung – Zielsetzung .....	1
2	Hochwasser .....	2
2.1	Definition des Begriffes Hochwasser .....	2
2.2	Unterscheidung .....	3
2.3	Auslöser .....	5
2.4	Bildung .....	6
2.5	Begünstigende Faktoren .....	9
2.5.1	Indirekte anthropogene Gründe .....	9
2.5.2	Direkte anthropogene Gründe .....	13
2.6	Auftrittswahrscheinlichkeit .....	15
2.7	Ausprägung .....	16
2.8	Auswirkung und Schäden .....	16
2.9	Hochwassermanagement .....	17
2.9.1	Lokale Ebene .....	19
2.9.2	Nationale Ebene .....	23
2.9.3	EU – Hochwasserrichtlinie .....	30
2.9.4	Hochwasserrisikomanagementpläne (HWRMP oder RMP) .....	45
2.9.5	HORST – Hochwasserrisikomanagement in der Steiermark .....	47
3	Grazer Stadtgeschichte .....	48
3.1	Stadtbezirke Graz .....	48
3.2	Gewässer .....	50
3.3	Kanalisation .....	60
3.4	Demografie – Bevölkerungswissenschaft .....	61
3.4.1	Bevölkerungsdichte .....	64
3.4.2	Auswirkung auf die Bebauungsdichte .....	66
3.4.3	Straßen .....	68
3.5	Versiegelte Flächen .....	68
3.6	Klimatische Bedingungen .....	70
3.6.1	Temperatur .....	71
3.6.2	Niederschlag .....	74
3.7	Hochwasserereignisse in Graz .....	79
3.7.1	1807 und 1843 .....	80

---

3.7.2	1913 und 1916 .....	80
3.7.3	Ende der 1940er-Jahre .....	81
3.7.4	1975.....	82
3.7.5	1989 – 1999 .....	82
3.7.6	2005.....	82
3.7.7	2009.....	85
3.7.8	2013.....	85
4	Sachprogramm Grazer Bäche .....	87
4.1	Ist-Standerhebung Grazer Bäche und der Mur.....	91
4.1.1	ABU 1997.....	91
4.1.2	ABU IV .....	92
4.1.3	Durchführung der Abflussuntersuchung .....	93
4.1.4	Betrachtete Parameter .....	95
4.2	Maßnahmenprogramm und Zielsetzungen.....	95
4.2.1	Hochwasserschutz .....	96
4.2.2	Ökologie.....	102
4.2.3	Siedlungswasserwirtschaft .....	103
4.2.4	Raumplanung – Stadtentwicklung – Freiraumplanung.....	104
4.2.5	Begleitende Maßnahmen – Öffentlichkeitsarbeit .....	105
4.3	Stand der strukturellen Hochwasserschutzmaßnahmen 2017.....	107
4.3.1	Andritzbach .....	109
4.3.2	Gabriachbach.....	113
4.3.3	Schöckelbach.....	118
4.3.4	Petersbach.....	122
4.4	Stand der nichtstrukturellen Hochwasserschutzmaßnahmen .....	124
5	Fazit – Ausblick.....	125
	Verzeichnisse.....	127
	Literaturverzeichnis .....	127
	Abbildungsverzeichnis.....	135
	Tabellenverzeichnis.....	138
	Abkürzungsverzeichnis.....	138
	Appendix .....	140

---

# 1 Einleitung – Zielsetzung

Wasser bedeutet Leben.

Wasser ist die Basis für alles Lebende auf der Erde. Es ist ein vielseitig einsetzbares Medium. Es kann zum Transport genutzt werden, ist wichtiger Begleiter in Produktionsprozessen und im täglichen Leben jedes Menschen. Wasser kann aber auch zu großen Problemen führen und Leben zerstören. Dürreperioden und Hochwasserszenarien führen zu Existenzzerstörung und Raub des Lebensraums. Das Ziel dieser Arbeit ist es zu erörtern, welche Gründe für das Phänomen „Hochwasser“ in Betracht gezogen werden können.

In den vergangenen Jahren wurden in Graz vermehrt schwere Hochwässer verzeichnet. Um der Frage nach dem „warum“ auf den Grund zu gehen, werden die Veränderungen der letzten Jahre beleuchtet. Anthropogene Maßnahmen verändern zusehends das Klima, der hydrologische Kreislauf und somit das Niederschlagsverhalten sind beeinträchtigt. Durch die zunehmende Bebauung stieg der Anteil versiegelter Flächen speziell im Zeitraum der letzten 50 Jahre enorm. Ein erhöhtes Schadensausmaß nach Hochwasserereignissen ist die Folge.

Das Thema an sich ist nicht neu, die Größenordnung der Auswirkungen jedoch lassen den dringenden Handlungsbedarf erkennen. Durch ein strukturiertes Hochwasserschutzmanagementsystem, das Maßnahmen zum Hochwasserschutz aufzeigt und vorschreibt, werden erste Schritte gesetzt. Die Problematik wurde auch in der Stadt Graz aufgegriffen. Seit 2006 liegt ein Handlungsschwerpunkt der „Abteilung A 10/5 - Abteilung für Grünraum und Gewässer“ basierend auf dem „Sachprogramm Grazer Bäche“. Im Zuge dieses Programmes werden Hochwasserschutzmaßnahmen erarbeitet und ausgeführt. Ziel ist es, einen großflächigen HQ100-Schutz für die Landeshauptstadt der Steiermark zu erreichen. Diese Maßnahmen werden im Zuge der Arbeit evaluiert, der aktuelle Stand erfasst und Vergleiche zum Ausgangszustand angestellt.

## 2 Hochwasser

Auf den nächsten Seiten wird der Begriff „Hochwasser“ erklärt und definiert. Es werden Unterscheidungsmöglichkeiten aufgezeigt, und der Vorgang der Entstehung von Hochwässern wird beschrieben. Hochwasserbegünstigende Faktoren werden genannt und erläutert. Der Einfluss auf die Ausprägung einer Überflutung wird dargestellt. Die möglichen hochwasserbedingten Auswirkungen und Schäden werden ebenso beschrieben. Am Ende dieses Kapitels findet sich ein Einblick in das Hochwassermanagement. Dabei wird auf die verschiedenen Maßnahmen auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene eingegangen. Die Entwicklung der Hochwassermanagementsysteme wird ebenfalls beschrieben.

### 2.1 Definition des Begriffes Hochwasser

Der Begriff Hochwasser wird laienhaft oft in falschem Kontext verwendet. Landläufig wird die Bedeutung anders ausgelegt als in der Technik. Um Unklarheiten aus dem Weg zu räumen, wird die gesetzliche Begriffserklärung herangezogen. Ist in dieser Arbeit die Rede von einem Hochwasser, entspricht dies der Definition nach dem Österreichischen Wasserrechtsgesetz (kurz WRG).

#### Begriffsdefinition Österreich

Aus dem WRG 1959 (*Wasserrechtsgesetz 1959, 2014*):

§ 55 Abs. (1) Z 2a.: *„Hochwasser ist eine zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist, insbesondere durch Ströme, Flüsse, Bäche und Seen. Davon ausgenommen sind Überflutungen aus Abwassersystemen.“*

Laut ÖNORM B 2400 (Austrian Standards, 2016):

*„Wasserstand oder Abfluss, der eine zu bestimmende Grenze – im Allgemeinen das niederste (kleinste) Jahreshochwasser – überschreitet. Dieser Grenzwert wird aus den Wasserstands- bzw. Durchflusswerten oder den örtlichen topographischen Gegebenheiten bestimmt. In der hydrographischen Statistik auch Bezeichnung für den Scheitelwert einer Hochwasserganglinie.“*

## **Begriffsdefinition Deutschland**

Aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG, 2013):

§ 72: „Hochwasser ist eine zeitlich beschränkte Überschwemmung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, insbesondere durch oberirdische Gewässer oder durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser. Davon ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwasseranlagen.“

## **2.2 Unterscheidung**

Hochwässer werden durch verschiedene Ereignisse ausgelöst und können hinsichtlich dieser unterschieden werden. Die in dieser Arbeit verwendete Unterscheidung erfolgt nach dem Vorbild des „Nationalen Hochwasserrisikomanagementplans“. Unterteilt werden die Hochwässer ausgehend von:

- Niederschlag und Gewässer - Fluviale Hochwässer
- Niederschlag und Sturzfluten - Pluviale Hochwässer
- Seehochständen
- Grundwasser und Grundwasserhochständen
- Speichern bzw. vom Menschen geschaffenen Hochwasserabwehrinfrastrukturen

Die in Österreich signifikanten Hochwässer sind pluvialer oder fluvialer Natur oder Hochwässer auf Grund von Seehochständen. Im Hochwasserrisikomanagementplan 2015 der steirischen Landeshauptstadt werden fluviale Hochwasserereignisse als signifikant eingestuft. (BMLFUW, 2015).

Die Definition von Hochwasser lt. WRG 1959 nimmt „Überflutungen<sup>1</sup> aus Abwassersystemen“ aus. Das bedeutet jedoch nicht, dass pluviale Überflutungen, die durch Kanalüberlastung entstehen, kein Problem darstellen. In Graz kommt es häufig zu Überflutungen die aus einer Mischform fluvialer und pluvialer Ereignisse entstehen. Diese fallen nicht unter die Begriffsdefinition für Hochwasser laut WRG 1959.

Fluviale Hochwässer sind von oberirdischen Gewässern ausgehende Überflutungen. Auf Grund von Starkregenereignissen kommt es zu Ausuferungen der Gewässer. Fluviale Überschwemmungen sind häufig großräumig, speziell wenn das Regenereignis in der Zeit der Schneeschmelze auftritt.

Unter pluvialen Hochwässern versteht man lokale Überschwemmungen, ausgelöst durch Unwetterereignisse mit hohem Niederschlagsaufkommen in kurzer Zeit. Diese treten beispielsweise in Form von Sturzfluten oder Rückstauungen auf. Zu einer Sturzflut kommt es, wenn kleinere Gewässer auf Grund von Starkregenereignissen innerhalb kurzer Zeit große Mengen an Wasser aufnehmen und dementsprechend wieder abführen müssen. Es kommt zu einer erhöhten Wasserführung. (Steininger et al., 2005) Experteneinschätzungen zu Folge wird die Auftrittshäufigkeit pluvialer Ereignisse in Zukunft zunehmen. Weil pluviale Hochwässer in Österreich oft kleinräumig auftreten und es Unsicherheiten in der Bewertung gibt, wurden für Österreich keine Gebiete mit „rein pluvialem Hochwasserrisiko“ definiert. (BMLFUW, 2015)

Hochwässer können auch durch Bruch eines Absperrbauwerks begründet sein: Große Niederschlagsmengen und daraus resultierende Erdrutsche in Speicherseen in Kombination mit Grundbrüchen oder Konstruktionsfehlern führen zum Bruch des Absperrbauwerks und zu dementsprechend großen Überflutungen.

---

<sup>1</sup> Überflutung laut ÖNORM EN 752 (DIN EN 752, 2008)

Zustand, bei dem Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können und entweder auf der Oberfläche verbleiben oder in Gebäude eindringen.

Ein weiteres Problem in (Speicher-)Teichen stellt die mögliche Verklauung mit Treibholz und/oder Eisschollen dar. Verursacht durch große Niederschlagsmengen wird sperriges Material antransportiert. Dieses behindert den vorgesehenen Abfluss und führt u. U. zu erhöhten resultierenden Lasten, auf die das Absperrbauwerk (zumeist) nicht ausgelegt ist. (Steininger et al., 2005)

Der Hochwassertyp wird im jeweiligen Hochwasserrisikomanagementplan deklariert und ist eine Schlussfolgerung aus den Risikokarten. Auf die nähere Beschreibung der Begrifflichkeiten des Hochwasserrisikomanagements wird in Kapitel 2.9, S. 17 eingegangen. (BMLFUW, 2015)

### **2.3 Auslöser**

Hochwässer, die abseits der Ozeane im Landesinneren auftreten, werden in der Regel von Niederschlägen ausgelöst. Je nach Art und Dauer des Niederschlags sind groß- oder kleinräumige Überschwemmungen die Folge. Dabei sind Tiefdruckgebiete für großräumige Hochwässer verantwortlich, während kurze, intensive Starkniederschläge kleinräumige Überschwemmungen nach sich ziehen.

#### **Tiefdruckgebiete**

Die Bildung eines Tiefdruckgebietes wird durch einen Kaltluftvorstoß ausgelöst. Ein in diesem Kontext relevantes Tiefdruckgebiet bildet sich über der nördlichen Adria, bewegt sich über Slowenien und Ungarn um die Alpen und zieht dann in Richtung Polen ab. Es ist vor allem im Sommer sehr niederschlagsintensiv und beregnet ganz Österreich innerhalb von zwei bis drei Tagen, beginnend im Südosten. Prominentes Beispiel für ein so ausgelöstes Hochwasser war das Jahrhunderthochwasser im Jahr 2002 (siehe Kapitel 3.6.2.3., S. 77). (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

#### **Starkniederschläge**

Kleinräumige Hochwässer werden tendenziell von kurzen, intensiven Starkniederschlägen mit Gewittern ausgelöst. In Österreich tritt die häufigste Gewitterwahrscheinlichkeit im Alpenvorland auf. Steirisches Beispiel eines Gebietes mit hoher Gewitterwahrscheinlichkeit ist das „Steirische Randgebirge“. Dabei dienen

die Berghänge als „Heizfläche“. Die Luft in unmittelbarer Umgebung wird erwärmt und steigt auf, Wärmegewitter sind die Folge. Im Zuge eines solchen Ereignisses werden Flächen von 10 – 100 km<sup>2</sup> beregnet. (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

### Niederschlagsunabhängige Auslöser

In Küstengebieten handelt es sich häufig um Hochwässer, die durch Erdbeben in den Ozeanen oder durch Stürme, verbunden mit großen Tidenhuben, ausgelöst werden. (Blöschl et al., 2015) Diese werden als Tsunamis bezeichnet und auf Grund der Irrelevanz für Österreich in dieser Arbeit nicht näher behandelt.

## 2.4 Bildung

Niederschlagsbedingte Hochwässer entstehen aus einer Abfolge von Prozessen und sind Teil des natürlichen Wasserkreislaufs. Grundvoraussetzung ist, dass Niederschlag fällt. Wie in Abb. 1 und 2 (S. 6 und 7) ersichtlich, verändert sich das Niederschlagsereignis und die damit verbundene Regenspende über die Zeit. Grundsätzlich kann sich die Niederschlagsganglinie unterschiedlich abzeichnen. Das erste Bild in Abb. 1 zeigt ein Blockregenereignis. Charakterisierend hierfür ist die annähernd konstante Regenintensität über die gesamte Niederschlagsdauer. Bild b (Abb. 1) und d (Abb. 2, S. 7) zeigen Ganglinien mit Niederschlagspitzen am Anfang bzw. am Ende des Ereignisses. Bild c (Abb. 2, S. 7) spiegelt die Spitze der Niederschlagsspende ungefähr in der Mitte des Ereignisses wider.

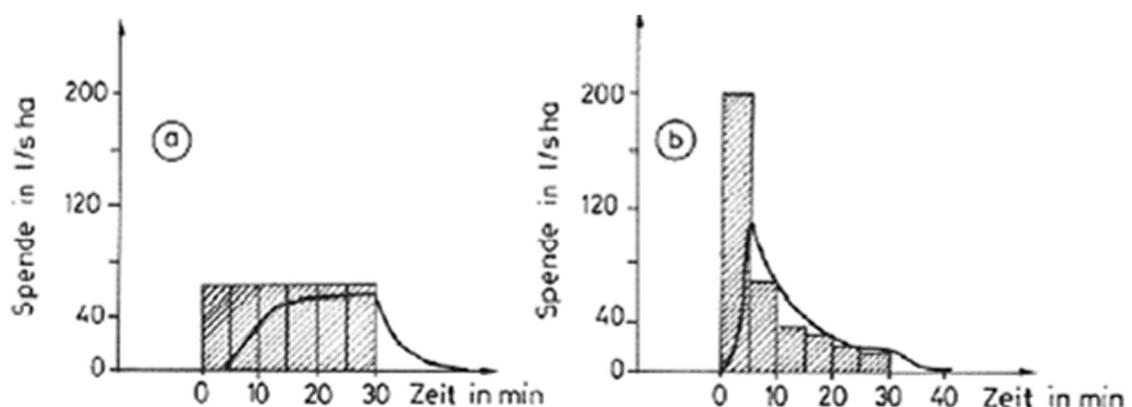


Abb. 1: Niederschlagsganglinien Teil 1 (Maniak, 2010)

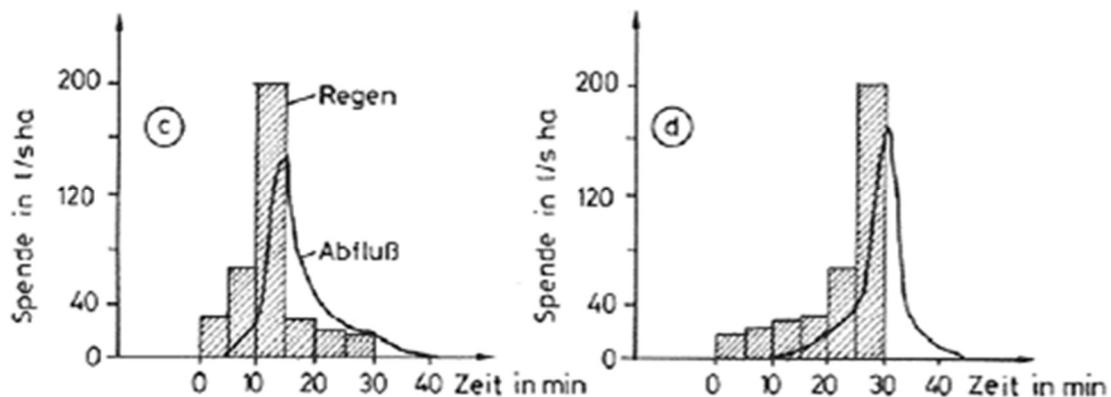


Abb. 2: Niederschlagsganglinien Teil 2 (Maniak, 2010)

Die nächsten Prozesse in der Bildung eines Hochwassers sind die Abflussbildung und die Abflusskonzentration. Ein Teil des gefallenen Niederschlags verdunstet oder versickert. Was übrig bleibt, wird als effektiver Niederschlag bezeichnet. Kann dieses Wasser weder zentral noch dezentral<sup>2</sup> abgeleitet werden, sammelt es sich an der Oberfläche. Es kommt zur Abflussbildung. Unter dem darauffolgenden Prozess der Abflusskonzentration versteht man Fließvorgänge des effektiven Niederschlags zum nächstgelegenen Vorfluter. Die Ganglinie des Abflusses ist im Vergleich zur Ganglinie des Niederschlags gedämpfter, zeitverzögert und erstreckt sich über einen längeren Zeitraum. Im vollen Ausmaß sichtbar ist die Hochwasserwelle erst während dem Ablauf im Fließgewässer. (Patt und Jüpner, 2013)

<sup>2</sup> Im Regenwassermanagement gibt es zentrale und dezentrale Maßnahmen zum Abführen und zur Speicherung des anfallenden Niederschlags. Zentrale Maßnahmen sind beispielsweise Speicherkanäle und Regenwasserbecken, unter dezentralen Maßnahmen werden Gebäudebegrünung, Regenwassernutzung, Flächenentsiegelung, die Möglichkeit der Versickerung usw. verstanden. Die Maßnahme der Dachbegrünung ist besonders hervorzuheben. Die Abflussspitze wird dadurch äußerst wirksam beeinflusst. Nur wenn beide Methoden zusammenwirken, kann die Regenwasserhaltung und somit eine nachhaltige Maßnahme für den Hochwasserschutz langfristig erfolgreich sein. (Matzinger, 2017)

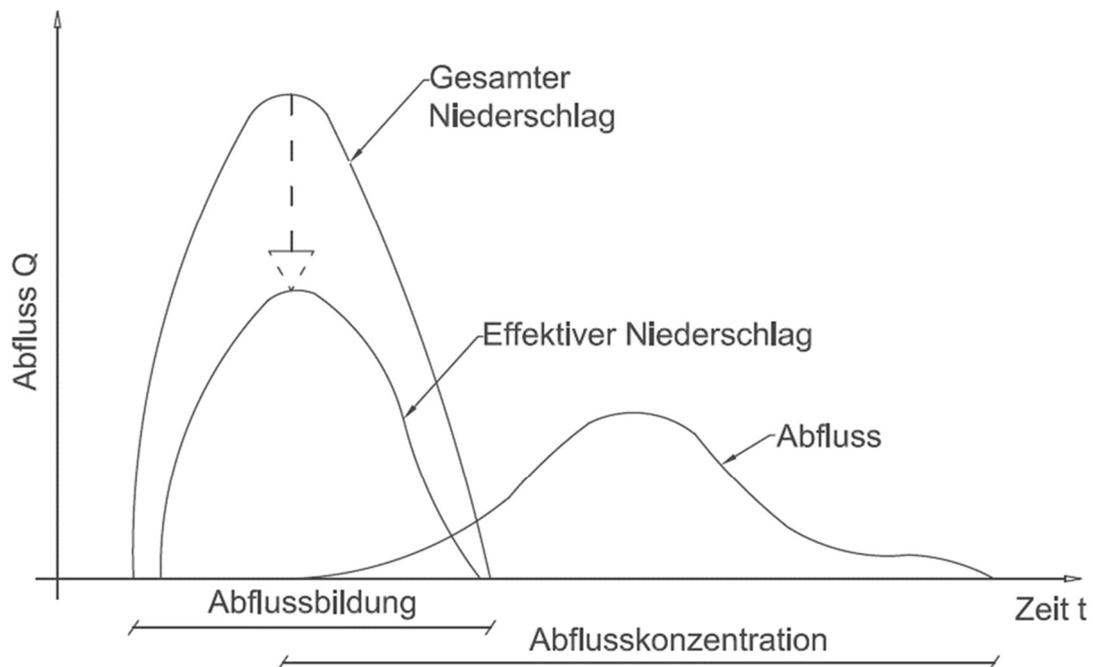


Abb. 3: Vom Niederschlag zum Abfluss (Krebs, 2005), eigene Darstellung

Eine schematische Darstellung des gesamten Hochwasserablaufes findet sich nachfolgend in Abb. 4 (S. 9). Die Gesamtdauer des Hochwassers erstreckt sich über die Anstiegs- und Abfallzeit. Im Regelfall ist die Phase des Hochwasseranstieges kürzer und die sich ausbildende Kurve steiler als die in der nachfolgenden Phase, in der das Hochwasser abnimmt (Phase länger, Kurve flacher). Als Hochwasserscheitelpunkt wird der Schnittpunkt von Anstiegskurve und abfallendem Ast bezeichnet. In diesem Fall ist vom maximalen Flüssigkeitsaufkommen auszugehen. Des Weiteren muss die Unterscheidung des Abflusses in Basisabfluss und Direktabfluss erfolgen. Basisabfluss ist der Abfluss der auch vor und nach dem Hochwasser im Gewässer herrscht. Dieser ist folglich vom Hochwasser unbeeinflusst und immer annähernd gleich hoch. In der ereignisfreien Zeit bezeichnet man den Basisabfluss als Trockenwetterabfluss. Der Direktabfluss unterscheidet sich weiter in den Oberflächenabfluss und den Zwischenabfluss, geht folglich oberflächlich oder in oberflächennahen Bodenschichten vorstatten und findet so den Weg zum nächstgelegenen Vorfluter. (Maniak, 2010)

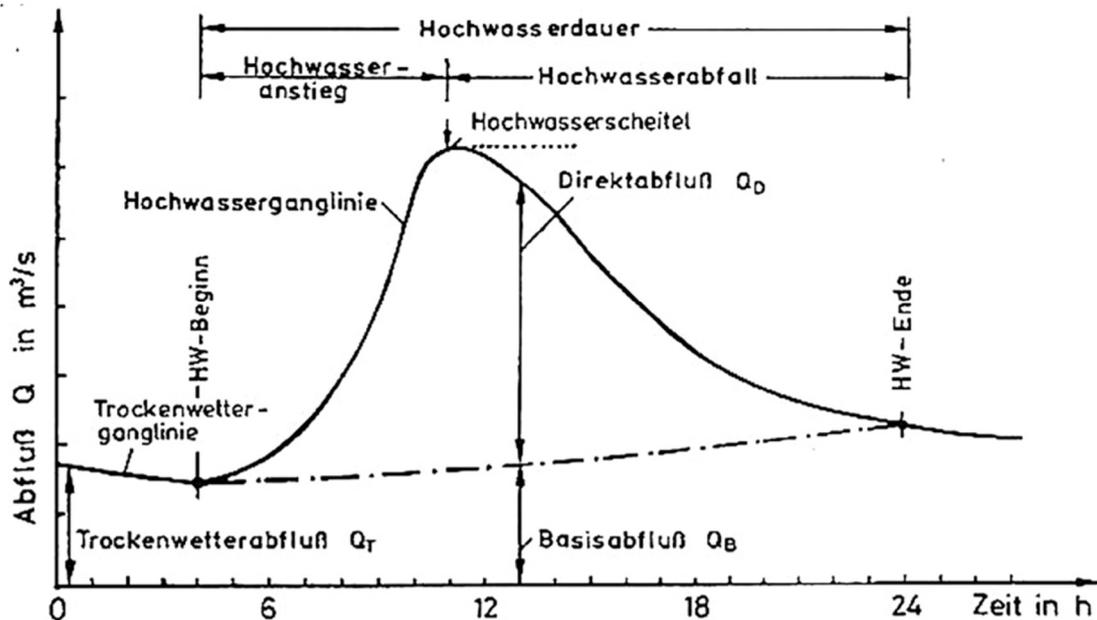


Abb. 4: Hochwasserereignis – schematische Darstellung (Maniak, 1997)

## 2.5 Begünstigende Faktoren

Begünstigt werden Hochwässer durch menschliche Eingriffe in die Natur. Diese Eingriffe spiegeln sich indirekt im Klimawandel wider. In direkter Beziehung stehen Hochwässer mit der Besiedelung, der damit einhergehenden Versiegelung von Versickerungsflächen und dem Verlust von Retentionsflächen.

### 2.5.1 Indirekte anthropogene Gründe

Unter diesem Titel wird hauptsächlich die Klimaveränderung verstanden. Der Klimawandel ist in vielen Bereichen des persönlichen Lebens zu spüren. Nicht nur eigene Erfahrungen, auch mediale Berichterstattungen deuten auf einen Wandel hin. Wissenschaftlich ist die eindeutige Beschreibung des Klimawandels schwierig. Viele Studien und Forschungsreihen liefern verschiedene Prognosen. Die Eingangsparameter sind Annahmen. Verschiedene Klimamodelle werden herangezogen und unterschiedliche Szenarien werden berücksichtigt. Die Ergebnisse driften dementsprechend oft weit auseinander und liefern keine eindeutige, aussagekräftige Tendenz. Um den Einfluss der Klimaveränderung auf das Extremereignis Hochwasser zu erläutern, müssen mehrere vom Klimawandel betroffene

Themengebiete betrachtet werden. Neben dem sich direkt auswirkenden Niederschlag sind indirekte Faktoren wie die Lufttemperatur im Zusammenhang mit dem Auftreten von Hochwasserereignissen zu berücksichtigen. Durch die Erderwärmung wird der hydrologische Kreislauf angekurbelt und damit das Niederschlagsverhalten verändert. Großes Augenmerk muss auch auf die Vegetation gelegt werden. Sie verändert sich mit Temperatur und Niederschlag und hat einen direkten Einfluss auf das Abflussverhalten des Wassers.

### **Temperatur**

Dem bereits spürbaren Trend der Temperaturerwärmung folgend und vorausgesetzt, dass es keine gravierenden Änderungen menschlicher Gewohnheiten und industrieller Arbeitsweisen gibt, wird die Jahresdurchschnittstemperatur mit hoher Wahrscheinlichkeit weiter ansteigen. Modelle, die auf gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Entwicklungen Rücksicht nehmen, prognostizieren bis Ende des Jahrhunderts eine globale Temperaturerhöhung um bis zu 4°C. In Österreich wird sogar davon ausgegangen, dass sich die Temperaturen im Süden und Südwesten in den Wintermonaten um bis zu 4,5°C erhöhen. In den Sommermonaten werden Temperaturanstiege von bis zu 7°C erwartet. (Böhm et al., 2007)

### **Niederschlag**

Über die Änderungen im Niederschlagsverhalten eine Prognose abzugeben, ist weitaus schwieriger. Durch die derzeit grobmaschige geografische Auflösung (Rastergröße mehrere tausend Quadratmeter) globaler Klimamodelle können ausschlaggebende Prozesse, wie beispielsweise die Wolkenbildung, nicht detailliert modelliert werden. Sie müssen parametrisiert, das heißt indirekt aus bekannten Größen abgeleitet werden. Dadurch ergeben sich weitere Unsicherheiten im Resultat. Abgesehen von der eindeutigen wissenschaftlichen Belegbarkeit durch Versuchsreihen und Modelle, ist ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Temperaturanstieg und einem veränderten Niederschlagsverhalten physikalisch einfach nachvollziehbar. Durch den Temperaturanstieg kommt es zu einer höheren Verdunstungsrate. Der hydrologische Zyklus wird beschleunigt und Änderungen in der Art, der Intensität und der Zeit, in der Niederschläge auftreten, sind die

Folge. Eine weitere Folge des Temperaturanstiegs ist die Verlagerung der Schneefallgrenze. Mit jedem Grad Celsius steigt diese um rund 150 m. Der Niederschlag trifft nicht als Schnee, sondern in Form von Regen auf den Untergrund. Es kommt zu veränderten Abflussverhältnissen und zum Anstieg der Hochwassergefahr. (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

Die vagen, europaweiten Prognosen gehen bis Ende des 21. Jahrhunderts von einem Jahresniederschlagsanstieg um bis zu 25 % in Skandinavien und Sibirien aus. In Südeuropa und rund um das Mittelmeer zeichnet sich jedoch eine beinahe äquivalente Abnahme (~20 %) des Niederschlags ab. Auf Europa kommt somit eine Niederschlagsdipolstruktur zu. Laut diesen Prognosen ist der Alpenraum ein Übergangsgebiet und demnach von keinem massiven Anstieg oder Abfallen der Jahresniederschlagsbilanz betroffen. Der Niederschlag wird sich jedoch jahreszeitlich verschieben. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass es zu einem vermehrten Auftreten von Starkniederschlagsereignissen kommen wird. (Böhm et al., 2007; Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

### **Vegetation**

Die vorab beschriebenen Bereiche Temperatur und Niederschlag haben einen entscheidenden Einfluss auf die Vegetation. Durch Temperaturerhöhung und Änderung von Niederschlagsmenge, -art und/oder zeitlicher Verschiebung des Niederschlags aus der Vegetationsperiode in die Wintermonate kommt es zu Veränderungen in der Vegetation. Besonders Wälder leiden unter Anpassungsschwierigkeiten und haben mit den neuen Bedingungen zu kämpfen. Die Vegetation stabilisiert Hänge, fungiert als Erosionsschutz bei Wind und Niederschlag und vermindert die Wahrscheinlichkeit von Murenabgängen. Gibt es keine lebendigen Wälder, kann der Niederschlag leichter zum Boden gelangen. Es kommt zu einem höheren und früheren Abfluss. Dadurch steigt die Hochwassergefahr. Ohne intakter Vegetation muss im Hochwasserfall mit einem vermehrten Geschiebeanteil gerechnet werden. (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

## **Auswirkungen des Klimawandels**

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwassersituation sind, wie bereits beschrieben, auf Grund vieler Unsicherheiten in den Modellen schwer eindeutig darlegbar. Sicher ist, dass die Erde sich erwärmt. Die für den Themenbereich Hochwasser relevanten Folgen sind die Beschleunigung des hydrologischen Kreislaufes, Gletscherschmelze, Veränderung der Vegetation und mehr.

Großen Einfluss hat der Klimawandel in Österreich auf die hochwasserauslösenden Tiefdruckgebiete und die Starkregenereignisse mit Gewittern. Prognosen lassen erkennen, dass sich in Zukunft weniger Tiefdruckgebiete entwickeln werden und es damit zur Niederschlagsabnahme kommt. Gegenläufig hingegen ist die Tendenz zu Starkregenereignissen. Auf Grund der bereits beschriebenen Grobmaschigkeit der Klimamodelle sind wichtige Einflussfaktoren, wie beispielsweise die Alpen, nur schematisch modellierbar. Die derzeitigen Prognosen sollten deshalb nicht überbewertet werden. Durch den Anstieg der Schneefallgrenze muss von einem gesteigerten Winterabfluss und höheren Abflussspitzen während der Schneeschmelze ausgegangen werden. Das Hochwasserrisiko im Winter und Frühjahr wird empfindlich erhöht. Das Gebiet um Graz ist von den Auswirkungen zwar nicht direkt betroffen, die Mur jedoch schon. (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

Alle diese Faktoren werden Einfluss auf die zukünftig auftretenden Hochwässer haben. In welcher Form und in welchem Ausmaß sie sich auswirken werden, kann momentan nicht mit Zahlen belegt werden. Qualitative Aussagen sind jedoch möglich.

Die Grafik zum Klimawandel in Österreich (Abb. 5, S. 13) gibt Auskunft über zukünftig mögliche Hochwasserszenarien, die durch die drei Prozesse Ansteigen der Schneefallgrenze, Auftreten von Tiefdruckgebieten und kurze, intensive Starkniederschläge mit Gewitter bestimmt werden. Gebiete, die von allen drei Prozessen betroffen sind, wurden rot markiert. Gebiete, die von zwei Prozessen betroffen sind, tragen die Farbe Orange und Gebiete, die nur durch einen der drei Prozesse gefährdet sind, sind gelb gefärbt. Detaillierte Abbildungen, wo in Österreich welche Prozesse zu erwarten sind, finden sich im Appendix.



## Szenarien regionaler Auswirkungen des Klimawandels auf zukünftige Hochwasserereignisse in Österreich

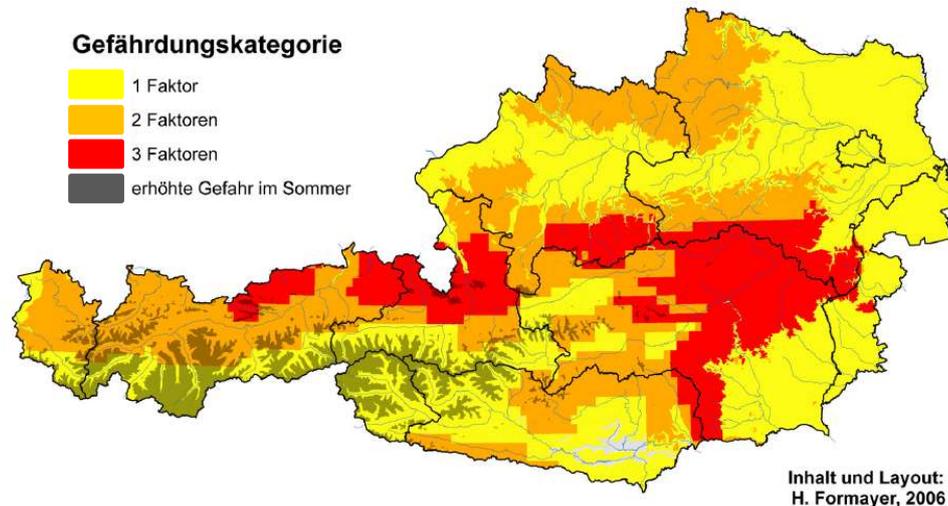


Abb. 5: Klimawandel in Österreich (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

### Auswertung der Auswirkungen auf zukünftige Hochwasserereignisse

Die Gebiete, in denen alle drei Prozesse auftreten und sich überlagern (rot), haben die größten Auswirkungen zu tragen. Große Teile der Steiermark sowie Teile Salzburgs und Tirols sind davon betroffen. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Prozesse überlagern, ist zwar höher, die zu erwartenden Auswirkungen sind jedoch geringer. Orange Bereiche finden sich beinahe in allen Bundesländern. Der Norden Österreichs ist davon am stärksten betroffen. Von einer „Restgefährdung“ und zumindest einem eintreffenden Faktor ist im übrigen Land auszugehen. Die dunklen Stellen speziell im Süden Tirols und im Nordwesten Kärntens zeigen auf, dass in diesen Bereichen speziell im Sommer von einer erhöhten Gefahr durch Hochwasser auszugehen ist. (Formayer und Kromp-Kolb, 2009)

#### 2.5.2 Direkte anthropogene Gründe

Unter direkte anthropogene Gründe werden in dieser Arbeit speziell bauliche Maßnahmen verstanden, die sich nachteilig auf die Bildung und Abfuhr von Hochwasser auswirken. Hier ist zwischen Maßnahmen zu unterscheiden, die direkt im

und am Gewässer getätigt werden, und solche, die ebenfalls Einfluss auf die Hochwasserthematik haben, aber auf den ersten Blick nicht als solche wahrgenommen werden.

Jahrzehntelang gab es einen starken Trend zum Begradigen von Flüssen, was zu einer verminderten Fließstrecke führt. Ein verändertes Abflussverhalten und höhere Fließgeschwindigkeiten sind die Folge. Höhere Geschwindigkeiten führen zu größerer Erosion und einer damit einhergehenden erhöhten Sedimentfracht. Die Lösung für die neu entstandene Problematik des veränderten Sedimenthaushaltes stellt vermeintlich die Befestigung der Ufer und teilweise auch der Sohle dar. Dies wiederum führt zur weiteren Beschleunigung des Gewässers, da die Energiedissipation durch Erosion nicht mehr möglich und die Rauigkeit der Oberfläche herabgesetzt ist. Weitere Gründe für bauliche Veränderungen an Gewässern waren der Schifffahrtsverkehr und die Energiegewinnung. Flüsse wurden erweitert, ausgebaut und teilweise wurden Wasserkraftwerke errichtet. Diese Bautätigkeit hat u. U. Auswirkungen auf die Verdunstung und das Grundwasser und dadurch auf den gesamten Wasserkreislauf. Wasser wird aus verschiedenen Gründen entnommen, genutzt, abgeleitet und rückgeführt. Dies verändert mehr oder weniger den Wasserhaushalt.

Besiedelung, Industrialisierung und Bergbau beeinflussen den Wasserhaushalt ebenso wie touristische oder land- und forstwirtschaftliche Nutzung. Durch die Besiedelung werden, gerade im urbanen Bereich, natürliche Versickerungsflächen immer seltener. Der anfallende Niederschlag wird oberflächlich abgeführt und muss großteils in das Kanalisationssystem eingeleitet werden (siehe Kapitel 3.3, S. 60). Die Ableitung in natürliche Gewässer wird ebenfalls forciert, führt jedoch zu einer Erhöhung des Wasserstands. Natürliche Retentionsräume werden bebaut und damit versiegelt. Dadurch wird die Grundwasserneubildung zum Teil massiv beeinflusst. Die Konsequenzen stellen sich häufig nicht sofort ein, sind aber oft erheblich. Die Abholzung von Wäldern, um daraus landwirtschaftlich oder touristisch nutzbare Flächen zu schaffen, zieht ähnliche Auswirkungen nach sich. Felder werden mit Hilfe von Drainagen trockengelegt, eine beschleunigte Einsickerungszeit ist die Folge.

Diesem Trend entgegenzuwirken, stellt weltweit eine schwierige Aufgabe dar. Zumindest wurde erkannt, dass es nötig ist, Flächen unbebaut zu belassen und den Gewässern Platz zurückzugeben. Diese Belange sollten in der Regel mit Hilfe des Flächenwidmungsplans (siehe Kapitel 2.9.1.1, S. 19) umgesetzt werden. (Patt und Jüpner, 2013; Landscape GmbH, 2000)

## 2.6 Auftrittswahrscheinlichkeit

Die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Hochwassers wird mit Hilfe der Jährlichkeit ( $HQ(T_n)$ ) ausgedrückt und laut ÖNORM B 2400 folgend definiert:

*„In einer unendlich langen gedachten Reihe von Beobachtungsjahren wird das  $T_n$ -jährliche Hochwasser im Durchschnitt alle  $T_n$  Jahre erreicht oder überschritten. Aus dieser Angabe ist der Zeitpunkt, wann dieses Ereignis eintritt, nicht bestimmbar.“*

Beispiele: HQ1, HQ30, HQ100 ...

Die Auftrittswahrscheinlichkeit von Hochwässern unterliegt saisonalen Schwankungen. In den Regionen Tirol und Vorarlberg, also im Westen Österreichs, treten Hochwässer beispielsweise vermehrt im Hochsommer auf. Dies ist gerade in höheren Lagen auf die jahreszeitliche Verteilung flüssiger Niederschläge in Kombination mit der Schneeschmelze zurückzuführen. Im Süden Kärntens und der Weststeiermark treten Hochwässer oft im Frühsommer auf. Auch in diesem Fall spielt die auftretende Schneeschmelze eine übergeordnete Rolle. Für die sich in ganz Österreich häufenden Herbsthochwässer ist der folgende Prozess verantwortlich: Eine aus dem Süden kommende feuchte Warmluftfront kühlt ab und kann die Feuchtigkeit nicht mehr speichern. Niederschläge sind die Folge. (Hydrologischer Atlas Österreichs, 2003)

Nicht nur saisonale Schwankungen, auch Schwankungen im Mehrjahresrhythmus bzw. gar im Jahrhunderttakt sind bekannt. Nahezu rund um die Welt werden Hoch- und Niederwasserdekaden verzeichnet. Je nachdem, in welcher Dekade sich die Erde gerade befindet, werden Hoch- oder Niederwasser vermehrt

auftreten. Diese Dekaden sind historisch belegbar und auf die natürliche Variabilität zurückzuführen. Laut dem Hochwasserexperten Günter Blöschl (TU Wien) lässt sich beispielsweise Mitte des 16. Jahrhunderts eine hochwasserreiche Phase nachweisen. (Hydrologischer Atlas Österreichs, 2003) (Die Presse, 2013)

## **2.7 Ausprägung**

In welchem Ausmaß sich das Hochwasser ausbreitet, hängt von vielen Faktoren ab. Die Art und Weise des Niederschlags sowie die Menge pro Zeit sind wichtige Indikatoren. Beispielsweise wirkt sich ein kurzer, heftiger Niederschlag anders aus als ein lang andauernder „Landregen“ – trotz gleicher Abgabemenge. Auch die Schneeschmelze, im Speziellen in Kombination mit Niederschlagsereignissen, hat große Auswirkung auf die Ausprägung des Hochwassers. Die Art des Untergrundes spielt eine ebenso große Rolle wie die Beschaffenheit. Handelt es sich z. B. um Felsuntergrund, kann dieser eine glatte, ebene Oberfläche haben oder stark zerklüftet sein. Das Wasser muss je nach Beschaffenheit oberflächlich abgeführt werden oder kann in das Gestein eindringen. Auch bei der Betrachtung „weicherer“ Untergründe, dazu zählen bewaldete Untergründe und Wiesen, darf nicht zwangsläufig von einer 100%igen Versickerung ausgegangen werden. Die Einsickerung des Niederschlags hängt stark von der Infiltrationskapazität und damit von der Bodenverdichtung und dem Wassersättigungsgrad des Untergrundes ab.

Keinesfalls zu vernachlässigen, sind die Eingriffe in die Natur – Stichwort bauliche Maßnahmen (siehe Kapitel 2.5.2, S.13.). Wie stark sich ein Hochwasser ausprägt, hängt letztendlich auch davon ab, wie stark verbaut das betrachtete Gebiet ist. (Steininger et al., 2005)

## **2.8 Auswirkung und Schäden**

Neben Schäden an Infrastruktur, Siedlungseinrichtungen und anderen Gebäuden und Bauwerken haben Hochwässer auch erhebliche Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. Darunter sind nicht nur Ertragseinbußen zu verstehen. Bodenerosion und Kontamination des Grund- und Oberflächenwassers durch

Eintrag verschiedener, unüblicher Substanzen sind ernstzunehmende Folgen. Die eben erwähnten Substanzen können beispielsweise Flüssigkeiten wie Heizöl oder Treibstoff sein, aber auch Fäkalien aus Kläranlagen, deren Behältnis im Zuge des Hochwassers zerstört wurde. Von Bedeutung sind auch ökologische Folgeerscheinungen. Durch vom Hochwasser geänderte Rahmenbedingungen findet ein Eingriff in Flora und Fauna statt. Dies kann eine Veränderung des Fischbestandes oder das Verschwinden typischer Pflanzenarten zur Folge haben.

Die oben genannten Schäden haben selbstverständlich auch Auswirkungen auf die Volkswirtschaft. Finanzielle Schäden in Millionen- oder gar in Milliardenhöhe (€) entstehen. Betroffene haben einerseits mit plötzlich auftretenden finanziellen Problemen, die bis zum Existenzverlust führen können, zu kämpfen. Der soziale Verlust kann meist nicht mehr ausgeglichen werden. (Habersack und Moser, 2003)

Um dem Umstand des immer größeren Schadensausmaßes in Folge von Hochwasserereignissen Herr zu werden und Gegenmaßnahmen zeitgerecht und geordnet setzen zu können, muss ein funktionierendes Hochwassermanagementsystem implementiert werden. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Aspekte davon findet sich im nachfolgenden Kapitel.

## **2.9 Hochwassermanagement**

Um dem Begriff des Hochwassermanagements gerecht zu werden, muss eine Vielzahl von Prozessen ineinandergreifen. Zeitgerechte Maßnahmenplanung und das Setzen selbiger, bevor ein Hochwasser (erneut) auftritt, sind Schlüsselfaktoren für ein funktionierendes System. Nur wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, kann im Ereignisfall ein geordneter Ablauf stattfinden.

Ein erster Schritt in diese Richtung wurde in Österreich bereits in den 1960er-Jahren mit der Erarbeitung und Veröffentlichung der Gefahrenzonenpläne gemacht. Ab 2002 wurden lokale Maßnahmen in Graz gestartet.

Im Zuge des Flächenwidmungsplans 3.0 wurden die hochwasserbedrohten Flächen ausgewiesen. Das staatenübergreifende Hochwasser von 2002 gab Anlass, weitere Maßnahmen im Bereich des Hochwasserrisikomanagements zu setzen. Die Projekte FloodRisk I und FloodRisk II entwickelten sich daraus. Mit der Hochwasserrichtlinie 2007/60/EG der Europäischen Union (EU) wurden 2007 auf europäischer Ebene neue Maßstäbe in diesem Bereich gesetzt.

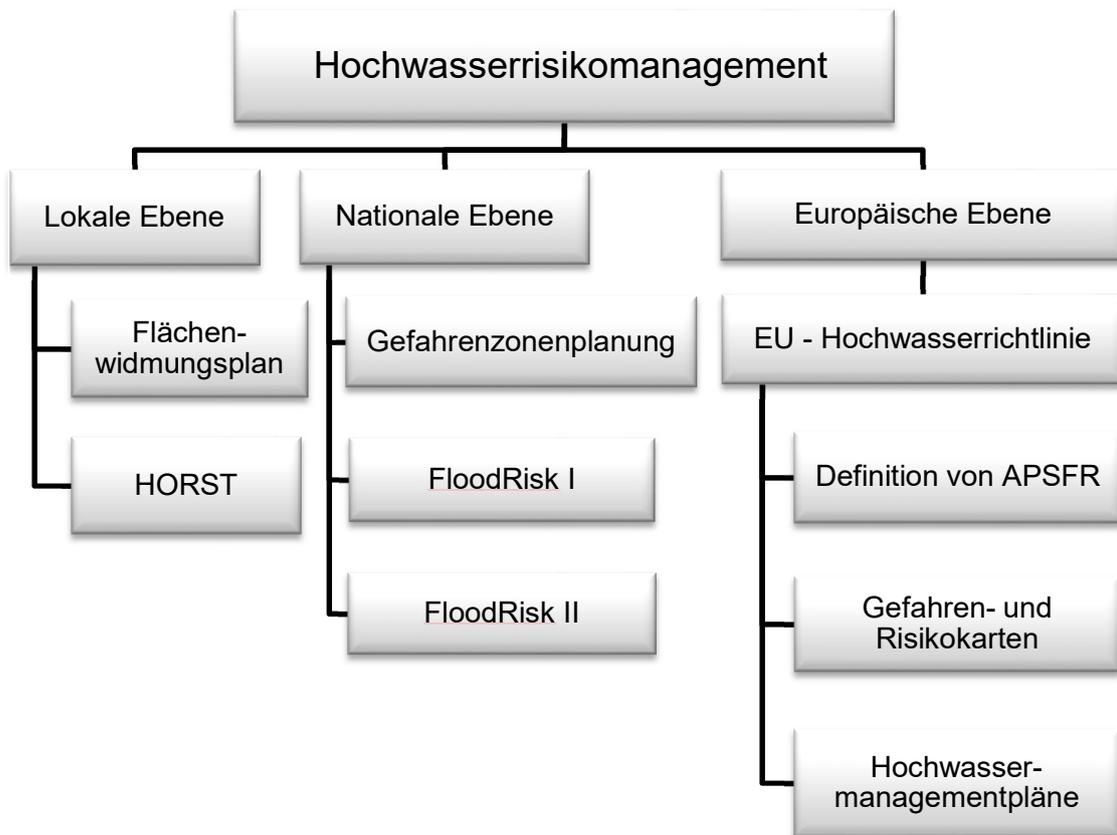


Abb. 6: Hochwasserrisikomanagementsystem (eigene Darstellung)

## 2.9.1 Lokale Ebene

### 2.9.1.1 Flächenwidmungsplan

Der momentan für Graz gültige „3.0 Flächenwidmungsplan 2002“ ist seit Anfang 2003 rechtskräftig. Der Plan setzt sich aus den Bestandteilen Verordnungswortlaut, grafische Darstellung mit Planerklärung und 3 Deckplänen sowie dem Erläuterungsbericht mit 4 Kartendarstellungen zusammen. Für die in dieser Arbeit behandelte Thematik sind vor allem die grafische Darstellung des Flächenwidmungsplans (kurz Fläwi) und der Deckplan 3 von Bedeutung. Die Überarbeitung des Fläwi 3.0 ist aktuell im Gange. Anfang 2018 soll der überarbeitete „4.0 Flächenwidmungsplan“ rechtskräftig gültig werden.

In der grafischen Darstellung sind verschiedene Nutzungsgebiete ausgewiesen. Gelbe Flächen weisen beispielsweise Gebiete aus, die als „Reines Wohngebiet“ definiert sind. Orange Flächen sind als „Allgemeines Wohngebiet“ definiert. Rote Flächen beschreiben das „Kerngebiet“. Violett sind Flächen, deren Nutzung der Industrie zugeschrieben ist. Grüne Flächen sind landwirtschaftlich genutzte Flächen oder Wald. Der Unterschied zwischen „Reinem Wohngebiet“ und „Allgemeinem Wohngebiet“ erklärt sich wie folgt: Im „Reinen Wohngebiet“ ist die Gebäudenutzung als Wohnraum und zur Deckung der täglichen Bedürfnisse der Bewohner gestattet. Im „Allgemeinen Wohnraum“ steht der Wohncharakter im Vordergrund, die Nutzung zu anderen Zwecken (z. B. für Betriebe und öffentliche Einrichtungen) ist aber gestattet. Im „Kerngebiet“ finden sich viele private und öffentliche Dienstleistungseinrichtungen. (Wirtschaftskammer Steiermark, 2002)

Ebenso sind Bebauungsdichten festgelegt. Die Bebauungsdichte ist eine Verhältniszahl der Gesamtfläche der Geschosse bezogen auf die zugehörige Bauplatzfläche. (Baudichteverordnung § 1 Begriffsbestimmungen Abs. (1), 1993) Die Zahl macht unter anderem einen Rückschluss auf den Anteil unbebauter Fläche möglich. Die festgelegte Bebauungsdichte ist dadurch motiviert, die zur Verfügung stehende und bereits verbaute Fläche bestmöglich auszunutzen und freie Flächen als solche zur Versickerung zu erhalten. (Stadt Graz, 2017a)

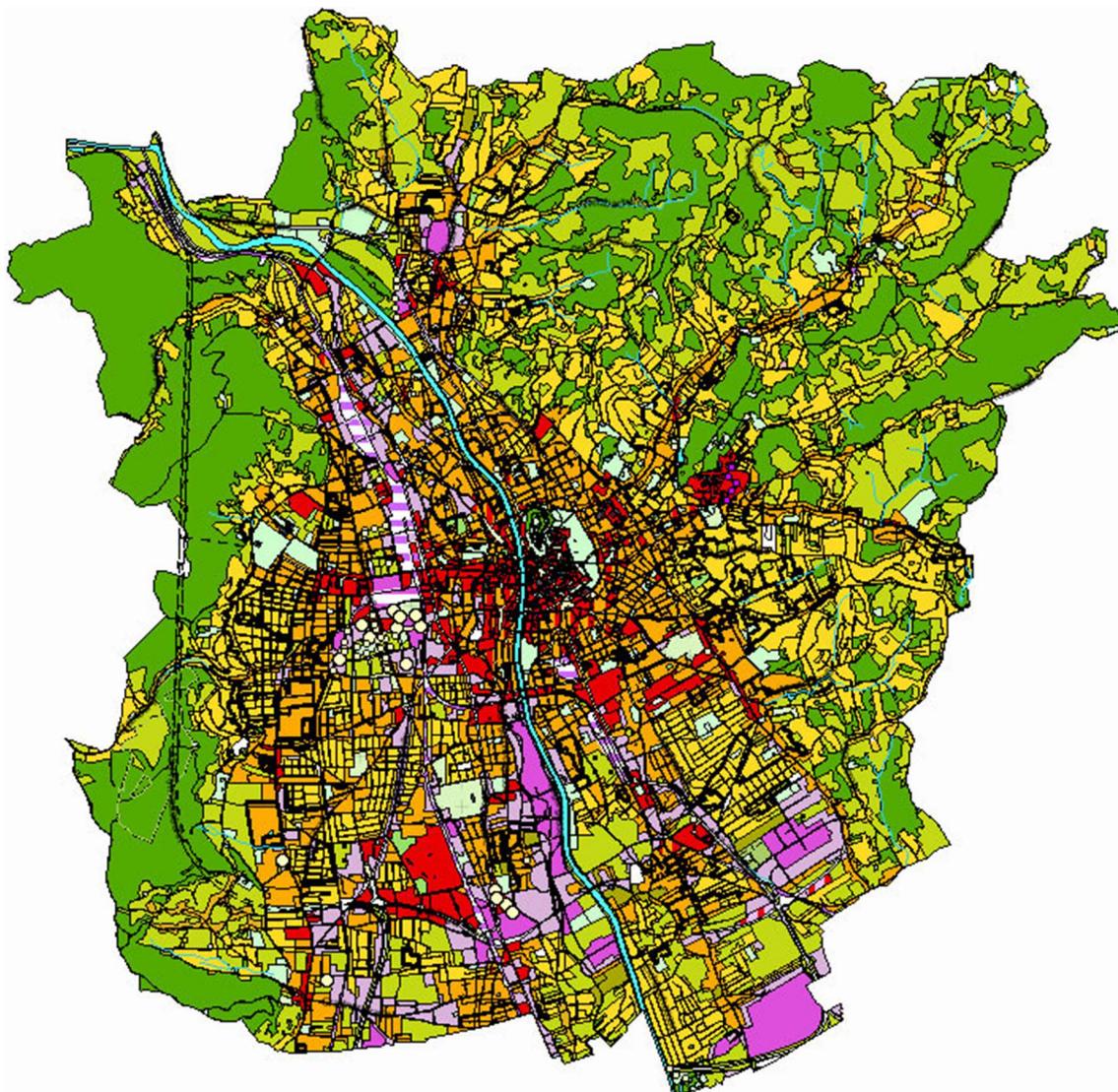


Abb. 7: Fläwi 3.0 (Magistrat Graz - Stadtvermessungsamt, 2002)

Farbcode	Bezeichnung	Min. Dichte	Max. Dichte
Yellow	Reines Wohngebiet	0,2	0,3 - 0,6
Orange	Allgemeines Wohngebiet	0,2	0,8 - 1,4
Red	Kerngebiet	0,5	2,5
Purple	Gewerbegebiet	0,2	1,5
Pink	Industrie- und Gewerbegebiet	0,2	2,5
Light Green	Landwirtschaftlich genutzte Fläche	-	-
Green	Wald	-	-

Tab. 1: Legende zum Fläwi (Magistrat Graz - Stadtvermessungsamt, 2002)

### **Deckplan 3 – Hochwasserabfluss Mur und Grazer Bäche**

Der Deckplan 3 basiert auf der Abflussuntersuchung von 1997 und den Gefahrenzonenplänen der Wildbach- und Lawinenverbauung (kurz WLW). Im Jahr 2005 wurde der Plan als Bestandteil des Flächenwidmungsplanes eingeführt und wird seither laufend überarbeitet und adaptiert. Die enthaltenen Informationen beziehen sich auf Überflutungsflächen aus einem HQ30- bzw. HQ100-Ereignis, weisen wasserwirtschaftliche Vorrangflächen für die Hochwasserabfuhr und Vorbehaltsflächen für Schutzmaßnahmen aus.

Die Einführung dieses Deckplanes zog weitreichende Konsequenzen nach sich. Nachdem von Hochwasser bedrohte Flächen ausgewiesen wurden, mussten Maßnahmen zum Schutz erfolgen. Der erste und vermeintlich einfachste Schritt wurde gesetzt, indem die Ausweisung von Bauland in überflutungsgefährdetem Gebiet unterbunden wurde. Als Bauland deklarierte Flächen wurden zumindest in „Aufschließungsgebiet“ umgewandelt, in manchen Fällen sogar als „Freiland“ deklariert. Die Überarbeitung greift auch in die Widmung bereits bebauter Flächen ein. Diese können aus gegebenem Anlass nachträglich als „Sanierungsgebiet“ definiert werden.

Eine eingehende Untersuchung betroffener Gebiete wurden angewiesen und sollte im Zuge des Projektes „Sachprogramm Hochwasserschutz“ durchgeführt werden. (Stadt Graz, 2017a)

Nachfolgend ist der Deckplan 3 abgebildet (Abb. 8, S. 22). Die Darstellung ist lediglich schematisch. Eine größere Abbildung des Deckplans findet sich im Appendix.

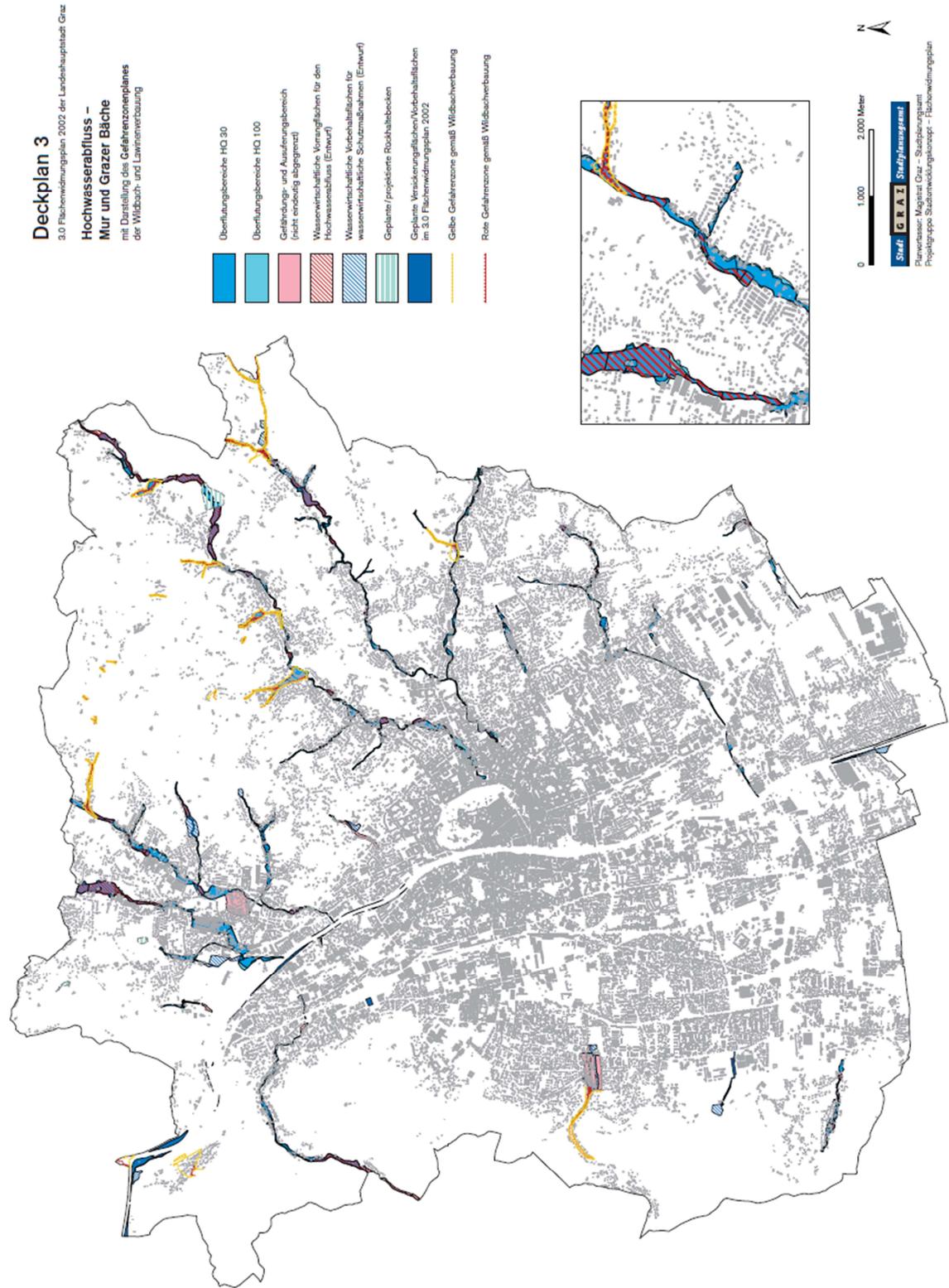


Abb. 8: Deckplan 3 (Magistrat Graz - Stadtplanungsamt, 2002)

## 2.9.2 *Nationale Ebene*

### 2.9.2.1 *Gefahrenzonenplanung*

Die Gefahrenzonenplanung gilt als eines der ersten Werkzeuge im Fachbereich Hochwasserrisikomanagement. Unter diesem Terminus ist ein flächenhaftes Gutachten zu verstehen, dessen Notwendigkeit spätestens seit dem Hochwasser von 1965/66 mit verheerenden Auswirkungen in Kärnten und Osttirol klar untermauert ist. Dieses Ereignis war der Auslöser für die heute übliche, flächendeckende, auf einem HQ150–Ereignis beruhende Gefahrenzonenplanung für alle österreichischen Gemeinden mit Wildbächen. Seit 2001 ist die Zonierung auch für Graz ausgewiesen. Erst lange nach Einführung der Gefahrenzonenpläne (GZP) wurden Gefahren- und Risikokarten, teilweise auf Basis der GZP und im Zuge der EU – Hochwasserrichtlinie 2007/60/EG, eingeführt und erarbeitet. Die Pläne sind speziell im alpinen Bereich auch heute noch von großer Bedeutung. Thema der enthaltenen Informationen ist das Gefährdungspotenzial, das von Wildbächen, Lawinen und anderen Erosionen im betrachteten Bereich ausgeht. Die Karten geben einen Überblick über die vorherrschende Gesamtsituation und sind Basis für die örtliche und zeitliche Planung zum Bau von Schutzmaßnahmen (Stichwort Dringlichkeit) und anderen Bauvorhaben. Gefahrenzonenpläne bilden die Grundlage einer sachdienlichen Raumordnung mit zugehörigem Flächenwidmungsplan. (WLV, 2015; Baumann, 2007)

Seit über 30 Jahren werden die Pläne vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft gemäß den gesetzlichen Bestimmungen für ganz Österreich bereitgestellt. Erarbeitet werden die parzellenscharfen Pläne von fachkundigen Mitarbeitern der Wildbach- und Lawinenverbauung. (WLV, 2015; BMLFUW, 2014)

### **Rechtliche Grundlage**

Rechtlich unterliegt die Gefahrenzonenplanung dem Wasserrechtsgesetz, die auf das Forstgesetz verweist (§ 42 a Abs. (2) WRG 1959, mit Verweis auf § 11 Forstgesetz 1975). Vor der WRG-Novelle 2010 fiel die GZP ausschließlich in den

Zuständigkeitsbereich der WLW. Seit dieser Novelle teilen sich WLW und BWV die Zuständigkeit (WRG-Novelle, 2010; Hornich, 2017).

### **Zusammensetzung und Einflussbereich**

Die Gefahrenzonenplanung setzt sich aus Fachgutachten zusammen, denen keine unmittelbare, rechtliche Verbindlichkeit zukommt. Die Bedeutung im Bereich der Planung, speziell im Hochwasserschutz, ist dennoch groß.

Im Sinne des Hochwasserrisikomanagements übt die Gefahrenzonenplanung eine Doppelfunktion aus. Sie ist einerseits als eigenständige Maßnahme zur Verringerung hochwasserbedingter, nachteiliger Folgen zu verstehen, andererseits liefert sie die Grundlage für weiterführende, darauf aufbauende Maßnahmen. (Erläuterungen zur WRG-Novelle, 2011)

### **Vorgangsweise**

Die Erarbeitung eines Gefahrenzonenplans besteht aus vielen Einzelschritten, beginnend mit der empirischen Informationsakquise. Hierzu werden alte Chroniken und Aufzeichnungen eingesehen. Daraus generierte Daten beziehen sich beispielsweise auf Ort, Häufigkeit oder Ausmaß vergangener Hochwässer und liefern einen Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen. Im nächsten Schritt werden Experten mit einem Lokalaugenschein betraut, welcher unter anderem die Befragung von ortsansässigen und/oder geschädigten Personen beinhaltet. (WLW, 2015) Nach den empirischen Erhebungen und dem Lokalaugenschein werden im relevanten Gebiet Abflussuntersuchungen durchgeführt und die jeweiligen hochwasserrelevanten Abflüsse bestimmt. Gefahrenzonenpläne geben Auskunft über Auswirkungen eines HQ150-Ereignisses. Eine Darstellung von Überflutungsflächen mit zugehörigen Hochwasseranschlagslinien sowie der Wassertiefen und gegebenenfalls der Fließgeschwindigkeit erfolgt kontinuierlich.

Aus diesen Untersuchungen können eine voraussichtliche Gefährdung und die Schadensauswirkung im betrachteten Gebiet abgeleitet werden. Rückschlüsse für Maßnahmen im Hochwasserrisikomanagement sind die Folge. (Erläuterungen zur WRG-Novelle, 2011)

## **Ausfertigung**

Die Gefahrenzonenplanung besteht aus drei Teilen, einem kartografischen, einem textlichen und einem Datenteil. Die Karten werden in einem Maßstab von 1:5.000 (oder genauer) ausgefertigt und stellen den Kern der Darstellung dar. In der Steiermark sind die Karten im „Digitalen Atlas Steiermark“ der GIS – Steiermark unter dem Reiter „Gewässer & Wasserinformation, Naturgefahren“ hinterlegt und frei verfügbar. Ebenfalls liegen sie in der Landesregierung, der Bezirksverwaltungsbehörde, in den Gemeinden und in der Gebietsbauleitung der Wildbach- und Lawinenverbauung auf. (WLV, 2015)

## **Enthaltene Informationen**

In den Karten sind rote (gefährdet durch ein HQ30) und gelbe (gefährdet durch ein HQ100) Gefahrenzonen ausgewiesen. Diese stellen den Grad der Gefährdung für die menschliche Gesundheit, bzw. das Schadensausmaß für Gebäude dar. Rote Flächen dürfen nicht bebaut werden. Der Aufwand für die Sicherung vor Hochwässern wäre in diesen Bereichen unverhältnismäßig hoch. In gelben Zonen ist von einer beeinträchtigten Wohnbarkeit die Rede. Die Bebauung ist nur unter Auflagen gestattet. Rot oder gelb schraffierte Flächen spiegeln Gebiete mit einem Gefährdungspotenzial, aber niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit wider. Die rote Schraffur wird auch zur Darstellung des Restrisikos im Wirkungsbereich von Hochwasserschutzanlagen verwendet. Von einem Restrisiko ist dann die Rede, wenn das Ereignis das Bemessungsereignis (meist HQ100) überschreitet. Für diesen Fall wird ein HQ300 Ereignis angesetzt. Flächen die rot-gelb schraffiert oder blau gekennzeichnet sind, werden zur Hochwasserabfuhr oder als Hochwasserrückhalteraum genutzt. (Erläuterungen zur WRG-Novelle, 2011) Braune Zonen geben Auskunft darüber, dass diese Bereiche von Naturgefahren, hervorgerufen durch Lawinen oder Wildbäche, betroffen sein können. Bei diesen Naturgefahren handelt es sich beispielsweise um Steinschlag oder Rutschungen. Mit violetter Farbe werden notwendige Überflutungsräume gekennzeichnet, die nicht verbaut werden dürfen.

Bei Änderungen der lokalen Verhältnisse im Einzugsgebiet (z. B. Verbauung und dgl.) müssen eine neuerliche Bewertung und eine eventuelle Überarbeitung der Pläne stattfinden. (BMLFUW, 2014)

### **Ziel**

Ziel der Veröffentlichung der Gefahrenzonenplanung ist es, das Bewusstsein der Bevölkerung über die Gefahr und das Ausmaß eines Hochwassers zu stärken. Mit Hilfe dieser Karten können sich Privatpersonen über die Sicherheit des persönlichen Lebensbereichs informieren und gegebenenfalls private Hochwasserschutzmaßnahmen ergreifen. (Erläuterungen zur WRG-Novelle, 2011)

Nachfolgend ist das Beispiel eines Gefahrenzonenplanes abgebildet. Es zeigt einen Ausschnitt der Stadt Graz rund um den Mariatrosterbach. Zu erkennen sind gelb und rot umrandete sowie schraffierte Bereiche. Wie bereits beschrieben, ist eine Besiedelung in diesen Bereichen nicht zu empfehlen bzw. verboten. Dennoch sind am Bild Häuser in den markierten Zonen erkennbar. Die Darstellung zeigt, dass die Empfehlungen nicht immer wahrgenommen bzw. befolgt werden. Ein weiterer Grund für die Bebauung in diesem Bereich kann darauf zurückzuführen sein, dass es zum Zeitpunkt des Baues noch keine Gefahrenzonenplanung gab, die Objekte somit nicht vorsätzlich in „nicht zu bebauenden Gebieten“ errichtet wurden. Im Fall eines Neubauvorhabens ist jedenfalls auf die örtlichen Gegebenheiten Rücksicht zu nehmen. Der Bau in roten Zonen darf seitens der Behörde nicht genehmigt werden, das Bauen in der gelben Zone sollte in jedem Fall an Auflagen geknüpft sein. Im Ereignisfall muss ansonsten mit weitreichenden Folgen für Leib und Leben gerechnet werden, versicherungstechnische Probleme können zusätzlich auftreten.

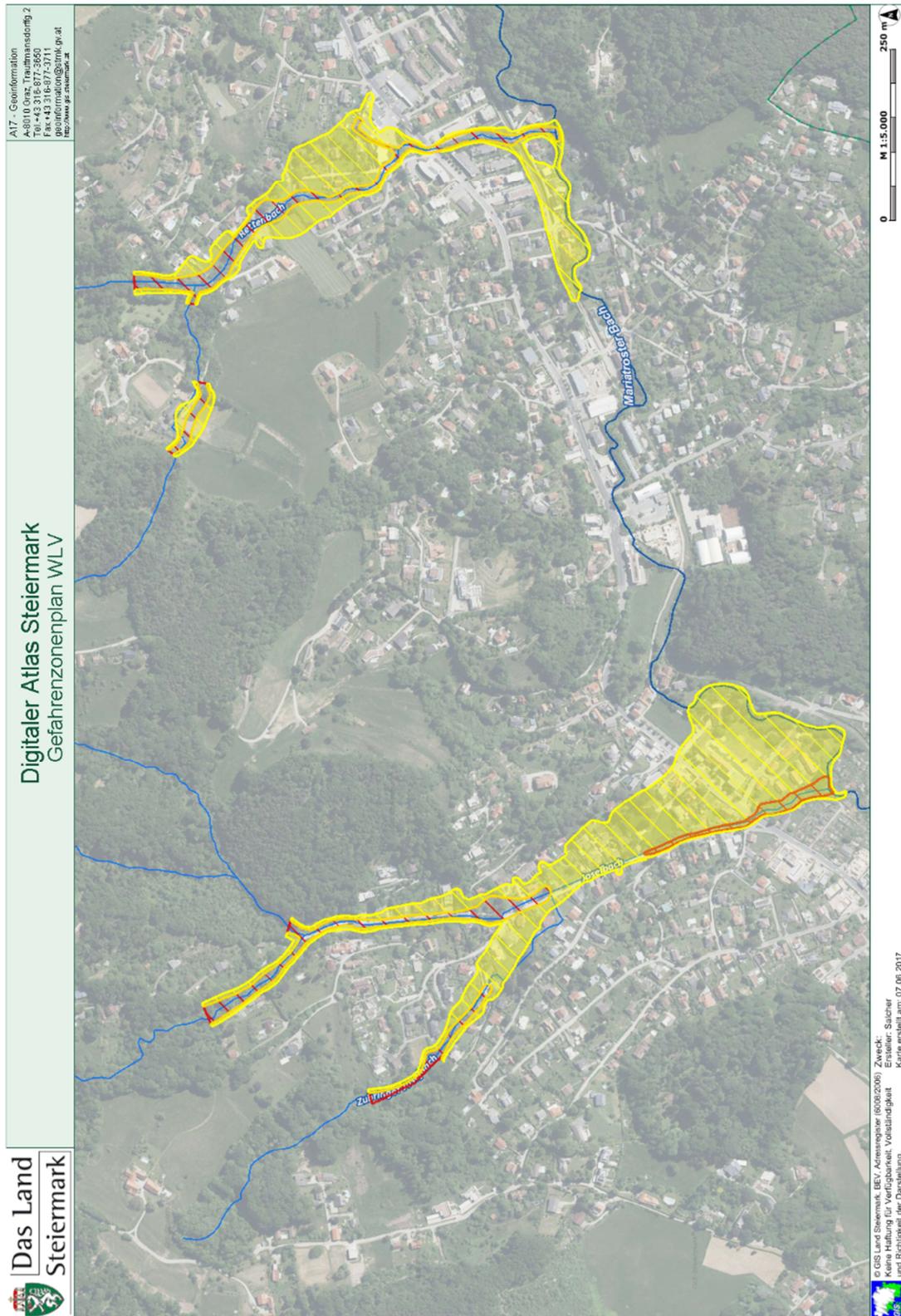


Abb. 9: GZP für den Bereich um den Mariatrosterbach (Das Land Steiermark, 2017a)

### 2.9.2.2 *FloodRisk I (2004)*

Die Ereignisse des Hochwassers von 2002 zeigten in großen Landesteilen Defizite im bestehenden Hochwasserschutz auf. Trotz des stetigen Ausbaus groß- und kleinräumiger, stationärer und mobiler Hochwasserschutzanlagen wurde großer Handlungsbedarf ersichtlich. Zu den weitreichenden Folgen in großen Teilen von Österreich kam es auf Grund der Überlastung der Hochwasserschutzanlagen.

Um einen Überblick über die vorherrschende Gesamtsituation zu schaffen, wurde, basierend auf der Ereignisdokumentation des Hochwassers von 2002 (Habersack und Moser, 2003), die Studie „FloodRisk I“ ins Leben gerufen. Erstmals wurden für ganz Österreich Informationen zu den Themen Meteorologie, Hydrologie, Geomorphologie, Naturgefahren, Schadensbilanzierung, Recht, Raumordnung und Katastrophenschutz gesammelt, wissenschaftlich aufbereitet und im Zuge des Syntheseberichtes der Öffentlichkeit präsentiert. Ziele des Projektes waren:

- Darstellung der Ereignisse im Jahr 2002
- Analyse der Ursache – Wirkungsbeziehungen
- Aufdecken von Defiziten – Diskussion darüber anregen
- Handlungsmöglichkeiten aufzeigen
- Maßnahmen und Empfehlungen aussprechen

Auf Basis dieser Studie war/wird es möglich, strategisch zu agieren und einen integrierten Hochwasserschutz zu forcieren. Hochwasserereignisse sind nicht zu verhindern und werden immer wieder auftreten. Durch Vorbereitungen und themenbereichsübergreifende Maßnahmen kann das Schadensausmaß drastisch verringert werden. (Habersack et al., 2004)

### 2.9.2.3 *FloodRisk II (2009)*

Das Projekt „FloodRisk II“ wurde als Folgestudie zu FloodRisk I geführt. Hauptaufgabe der nachfolgenden Studie war es, die Lücken des FloodRisk I zu schließen, Strategien weiterzuentwickeln und den integrierten Hochwasserschutz noch stärker zu bewerben und umzusetzen. Zusätzlich sollte ein Flusssraummanagement etabliert werden. Fachlich werden wie in FloodRisk I die Themen Meteorologie, Hydrologie, Geomorphologie, Raumordnung und Katastrophenmanagement, aber auch Hochwassermanagement und Ökonomie behandelt. Aus den Hochwasserereignissen von 2005 wurde ersichtlich, dass viele Maßnahmen aus FloodRisk I (noch) nicht den gewünschten Erfolg brachten oder nicht ordnungsgemäß umgesetzt wurden. Zusätzlich ergaben sich Problemfelder, die die Bereiche Ökologie, Recht und Klimawandel betrafen. Aus gegebenem Anlass wurden diese Themen in FloodRisk II verstärkt behandelt.

Bereits vor FloodRisk I, im Jahr 2003, wurde seitens der EU die „EU – Wasserrahmenrichtlinie“ veröffentlicht. Zwischen den beiden Studien wurde 2007 die „EU – Hochwasserrichtlinie“ herausgegeben. Neu gewonnene Erkenntnisse und Erfahrungen aus diesen Richtlinien wurden in FloodRisk II aufgenommen und eingearbeitet.

FloodRisk II stellt als Hauptergebnis eine gesamtheitliche, konkrete Umsetzungsstrategie zum integrierten Hochwasserschutz vor. Speziell das Zusammenspiel mit der Raumordnung steht im Fokus. Es werden erneut Empfehlungen (beispielsweise zur Erhaltung und Verbesserung der Überflutungsflächen) ausgesprochen. Die Studie beschäftigte sich auch mit der 2007 verabschiedeten EU – Hochwasserrichtlinie und erarbeitete konkrete Verbesserungsvorschläge für die Novelle des Wasserrechtsgesetzes.

Durch die Umsetzung der Ziele aus FloodRisk I und II sollen das Schutzempfinden der Menschen erhöht und die Lebensgrundlage geschützt werden. Ebenso wie der Gewässerschutz ist die Verminderung wirtschaftlicher Schadensfälle ein erklärtes Ziel. Darunter fallen beispielsweise die Minderung der Sachschadenshöhe und die Sicherung des Wiederaufbaus. Die in den Studien erläuterten Maßnahmen und Strategien sollen nachhaltig und wirkungsvoll durchgeführt werden.

Die Erarbeitung der Studien FloodRisk I und II erfolgte durch die Universität für Bodenkultur, Zenar, das Umweltbundesamt, das Bundesamt für Wasser und Geologie BWG und die Technische Universität Wien. (Habersack et al., 2009)

### 2.9.3 EU – Hochwasserrichtlinie

Die steigende Anzahl von Hochwässern und die immer höher werdenden Auswirkungen und Schäden machten es nötig, das bestehende Hochwasserschutzsystem zu ergänzen und neue, europaweit gültige Standards zu erarbeiten. Ein funktionierendes Hochwassermanagement muss mit Kartenmaterial, Richtlinien und Empfehlungen sowie Maßnahmen ausgestattet sein. Speziell das Jahrhunderthochwasser im Jahr 2002 machte den großen Handlungsbedarf in diesem Themenbereich klar. Um den Schutzbedürfnissen von Menschen, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftlicher Tätigkeit gerecht zu werden, wurde die EU – Hochwasserrichtlinie 2007/60/EG im Jahr 2007 verabschiedet. Ende 2009 wurde die Richtlinie in Österreich in nationales Recht umgesetzt.

Das Ziel selbiger ist es, einen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiko zu schaffen. Um dieses Ziel zu erreichen, mussten die EU Mitgliedsstaaten drei Phasen zu einem langfristig erfolgreichen Hochwasserschutzprogramm durchlaufen.

Das Ergebnis der ersten Phase sollte die vorläufige Bewertung von „Gebieten mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko“ oder „areas of potential significant flood risk“, kurz APSFR, enthalten. Alle APSFR sollten bis 22.12.2011 vorliegen. Laut § 55 j Abs. (2) WRG 1959 liegen signifikante Risikogebiete vor, wenn:

#### *„1. im betreffenden Gebiet*

- a. Nutzungen für Siedlungs- und Wirtschaftszwecke und sonstige höherwertige Nutzungen,*
- b. infrastrukturelle Einrichtungen von überregionaler, nationaler oder internationaler Bedeutung,*

- c. Anlagen, die in Anhang I der Richtlinie 2010/75/EU genannte industrielle Tätigkeiten durchführen,*
  - d. Schutzgebiete gemäß § 59b Z 1, Z 3 und Z 5 oder*
  - e. Kulturerbegüter von nationaler oder internationaler Bedeutung bestehen oder in Zukunft aufgrund konkreter Widmungen oder für die wasserwirtschaftliche Ordnung bedeutender konkreter Planungen anderer Planungsträger (§ 55a Abs. 2) entstehen könnten und*
- 2. in diesem Gebiet aufgrund*
- a. der Häufigkeit oder der Intensität der Gefährdung durch Hochwasser und*
  - b. der besonderen Siedlungs- oder Nutzungsdichte oder der besonderen Bedeutung der Nutzung signifikante nachteilige Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten zu erwarten sind.“*

Für alle Mitgliedsstaaten gilt, dass alle als signifikant einzustufenden Arten von Hochwasser berücksichtigt werden müssen. Wie bereits erwähnt, sind in Österreich fluviale und pluviale Hochwässer als auch Hochwässer ausgehend von Seehochständen als signifikant definiert. Hochwässer anderer Natur sind daher in diesem Gebiet irrelevant. Um die benötigten Informationen zu erhalten, wurden im ersten Schritt Fließgewässer und Seen in ganz Österreich im Ausmaß von 37 360 km untersucht. 1,5 % aller Gewässerabschnitte wurden daraufhin mit „sehr hohem“ und 4 % mit „hohem“ Gesamtrisiko bewertet. In der Steiermark fielen 3 % der untersuchten Gewässer in diese Kategorien. Österreichweit wurden 39,5 % aller Gewässer als „mäßig“ oder „gering“ risikoreich eingestuft. Die verbleibenden 55 % der Flüsse wiesen kein (signifikantes) Hochwasserrisiko auf.

Basierend auf den Gewässeruntersuchungen konnten aus der Risikokategorie „hoch“ und „sehr hoch“ die APSFR abgeleitet werden. In Österreich wurden 391 APSFR ausgewiesen, 55 davon befinden sich in der Steiermark. Wo sich diese Bereiche befinden, ist in Abb. 10, S. 32 in Rot dargestellt. (BMLFUW, 2016)

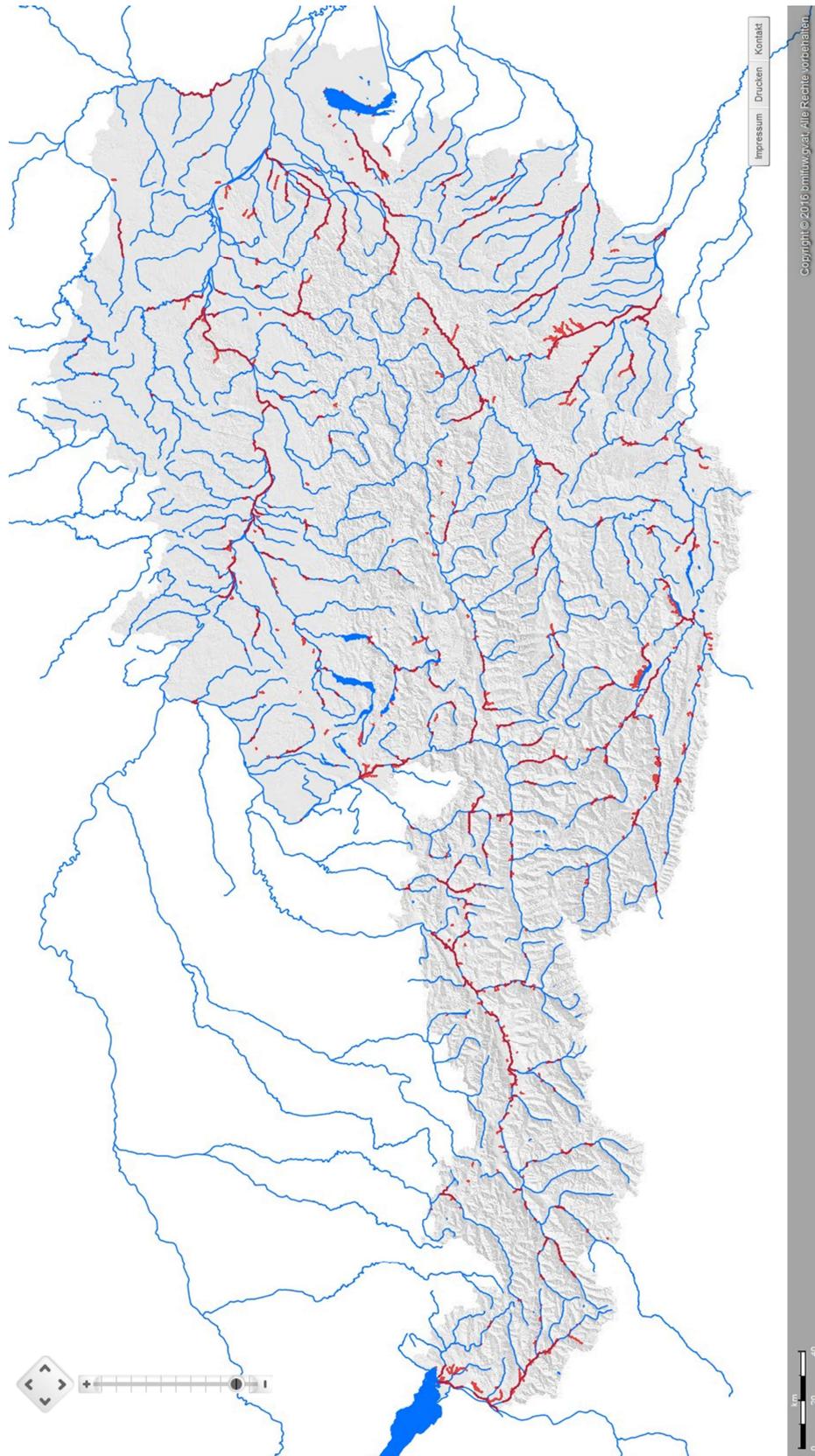


Abb. 10: APSFR (BMLFUW, 2015)

Den nächsten Schritt (Phase 2) stellte die Erarbeitung der Gefahren- und Risikokarten für diese Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko dar, Stichtag 22. Dezember 2013. Bis 2015 sollten in der dritten Phase auf Grundlage der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten die Hochwasserrisikomanagementpläne (HWRMP oder RMP) erarbeitet werden. Fortan ist die Situation im sechs-Jahres-Zyklus zu überprüfen, Karten und Pläne sind gegebenenfalls zu adaptieren.

Um die Karten online einzusehen sowie Daten und Informationen über die österreichische Wasserwirtschaft für jeden verfügbar zu machen, wurde vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion IV Wasserwirtschaft, kurz BMLFUW, die Plattform WISA, Wasserinformationssystem Austria, eingerichtet. Die Gefahren- und Risikokarten sowie weitere Informationen das Thema Wasser betreffend, sind der Öffentlichkeit unter dem Link <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wisa/karten.html> zugänglich (BMLFUW, 2017a). Eine weitere Möglichkeit, Informationen über die Themenbereiche Naturgefahren zu bekommen, ist die Plattform HORA – Natural Hazard Overview & Risk assessment Austria.

Diese wurde ebenfalls vom BMLFUW ins Leben gerufen und stellt Kartenmaterial bezugnehmend auf Hochwasser, Erdbeben und Rutschungen, Sturm, Blitzortung, Hagel und Schnee zur Verfügung. Auch Wetterwarnungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) können über diese Seite abgerufen werden. Beide Plattformen sind für Privatpersonen (teilweise begrenzt) zugänglich. Ziel ist es, die Menschen zu sensibilisieren und einen Anreiz zu schaffen, sich über die persönliche Wohnsituation und die dort herrschenden Verhältnisse klar zu werden. Durch die eigenständige Vorsorge könnten viele Unwetter Schäden vermieden oder zumindest verringert werden. (BMLFUW, 2017b)

### *2.9.3.1 Hochwassergefahrenkarten*

Hochwassergefahrenkarten dienen dazu, das Hochwasserrisiko im jeweiligen Gebiet von Interesse anschaulich darzustellen und so die drohende Gefährdung zu kommunizieren. Hochwasserszenarien werden für jedermann begreifbar. In

den Karten werden Überflutungsflächen gekennzeichnet, sie geben Auskunft über die zu erwartende Wassertiefe und gegebenenfalls über die Fließgeschwindigkeiten, mit denen im Ereignisfall zu rechnen ist. Bei der Erstellung ist den gesetzlichen Bestimmungen aus § 55 k WRG 1959 Folge zu leisten. Abrufbar sind die Karten über die Plattform WISA.

## **Darstellung**

Es gibt eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen der Darstellung von Gebieten innerhalb und Gebieten außerhalb des potenziell signifikanten Hochwasserrisikobereichs. (BMLFUW, 2014a) Gemäß § 55 k WRG 1959 waren Hochwassergefahrenkarten für den Bereich innerhalb von ASPFR bis Ende Dezember 2013 zu erstellen. Die Ausarbeitung von Hochwassergefahrenkarten außerhalb dieser signifikanten Bereiche stellt keine Verpflichtung dar. In den Karten sind die Hochwässer mit den Wiederkehrdauern HQ30, HQ100 und HQ300 darzustellen.

Aus dem WRG 1959 (*Wasserrechtsgesetz 1959, 2014*)

§ 55 k Abs. (2): *„Die Hochwassergefahrenkarten haben jene Gebiete zu erfassen, die nach folgenden Szenarien unter Berücksichtigung der für die Charakteristik des jeweiligen Einzugsgebietes typischen Feststoffprozesse wie Geschiebe- und Wildholzföhrung sowie der gewässermorphologischen Prozesse überflutet werden könnten*

*1: Hochwasser niedriger Wahrscheinlichkeit mit einem voraussichtlichen Wiederkehrintervall von 300 Jahren oder Szenarien für Extremereignisse;*

*2: Hochwasser mittlerer Wahrscheinlichkeit mit einem voraussichtlichen Wiederkehrintervall von zumindest 100 Jahren;*

*3: Hochwasser hoher Wahrscheinlichkeit mit einem voraussichtlichen Wiederkehrintervall von 30 Jahren.“*

Die Art der Darstellung ist davon abhängig, in welcher Genauigkeit die einzuarbeitenden Daten vorhanden sind. Grundsätzlich geht es darum, möglichst flächendeckendes und großmaßstäbliches Kartenmaterial zu erarbeiten, das einen Überblick über die Situation ermöglicht. Datengrundlagen hierfür bilden:

- Daten aus Abflussuntersuchungen (ABU)
- Gefahrenzonenausweisung gemäß der geltenden Richtlinien der Bundeswasserbauverwaltung (kurz BWV)
- Gefahrenzonenpläne gemäß § 11 Forstgesetz 1975
- Hochwasserrisiko zonierung Austria (HORA)

Entsprechend der Genauigkeiten der zur Verfügung stehenden Daten wird in zwei Kategorien unterteilt:

- „Harte“ Daten aus Detailuntersuchungen
- „Weiche“ Daten aus anderen Untersuchungen

### **Abbildung der Hochwassergefahrenkarte**

Die Abbildung erfolgt üblicherweise in einem Maßstab von 1:25.000. Zur groben Orientierung ist das Implementieren einer topografischen Hintergrundkarte von Bedeutung. Damit es zu keiner Fehlinformation auf Grund farblicher Gleichheit in der topografischen Karte und den auszuweisenden Gefahren kommt, wird eine Grauversion der ÖK50 (Österreichische Karte im Maßstab 1:50.000) im Hintergrund angezeigt. In dieser Karte werden Situation, Wald und Gewässer dargestellt. Auch Gemeindegrenzen und das Gewässernetz sind abgebildet. Auf Straßenaufdruck und Höhenschichtlinien wird zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet. (BMLFUW, 2014a)

### **Enthaltene Informationen**

Überflutungsfläche, Datengüte und Informationen zu Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten sind Kenngrößen, die aus den Gefahrenkarten abzulesen sind. Darüber hinaus können die Überflutungsflächen den gewässerbetreuenden Stellen (BWV, WLW oder Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (kurz BMVIT)) zugeordnet werden.

Zukünftig wird ein 100%iger Deckungsgrad von Detailuntersuchungen als Datengrundlage angestrebt. Momentan sind 85 % der Überflutungsflächen ausreichend untersucht und liefern eine verlässliche Datengrundlage. (BMLFUW, 2016)

Nachfolgend sind drei Gefahrenkarten abgebildet (Abb. 11, Abb. 12 und Abb. 13, S. 37 - 39), die den Raum Graz zeigen. In der ersten Karte sind die Überflutungsflächen für die Ereignisse eines HQ30, HQ100 und HQ300 gekennzeichnet. Die zweite Karte gibt die zugehörigen Wassertiefen für ein HQ30 wieder, und in der dritten Karte finden sich Informationen zu den Fließgeschwindigkeiten (ebenfalls in Folge eines HQ30). Alle Informationen in einer Karte wiederzugeben, würde zu Unübersichtlichkeit führen. Wie bereits beschrieben, ist jeweils eine topografische Karte in Graustufe hinterlegt, in der Gemeindegrenzen und Fließgewässer zur Orientierung eingezeichnet sind. Die Zuordnung der Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko erfolgt mittels laufender Nummer (rot).

Um die Karten richtig interpretieren zu können, muss die Legende betrachtet werden. Die Überflutungsflächen (zu sehen in Abb. 11, S. 37) sind in blauer Farbe gekennzeichnet. Die dunkelblau markierten Flächen werden den Simulationen und Untersuchungen zufolge bereits ab einem HQ30 überschwemmt. Mittelblau sind die Flächen, die ab einem HQ100 von Wasser bedeckt sind, und hellblaue Flächen sind erst ab einem HQ300 gefährdet. Die Wassertiefen (siehe Abb. 12, S. 38) werden in violetten Farbtönen voneinander unterschieden, die verschiedenen Fließgeschwindigkeiten (siehe Abb. 13, S. 39) in Türkistönen.

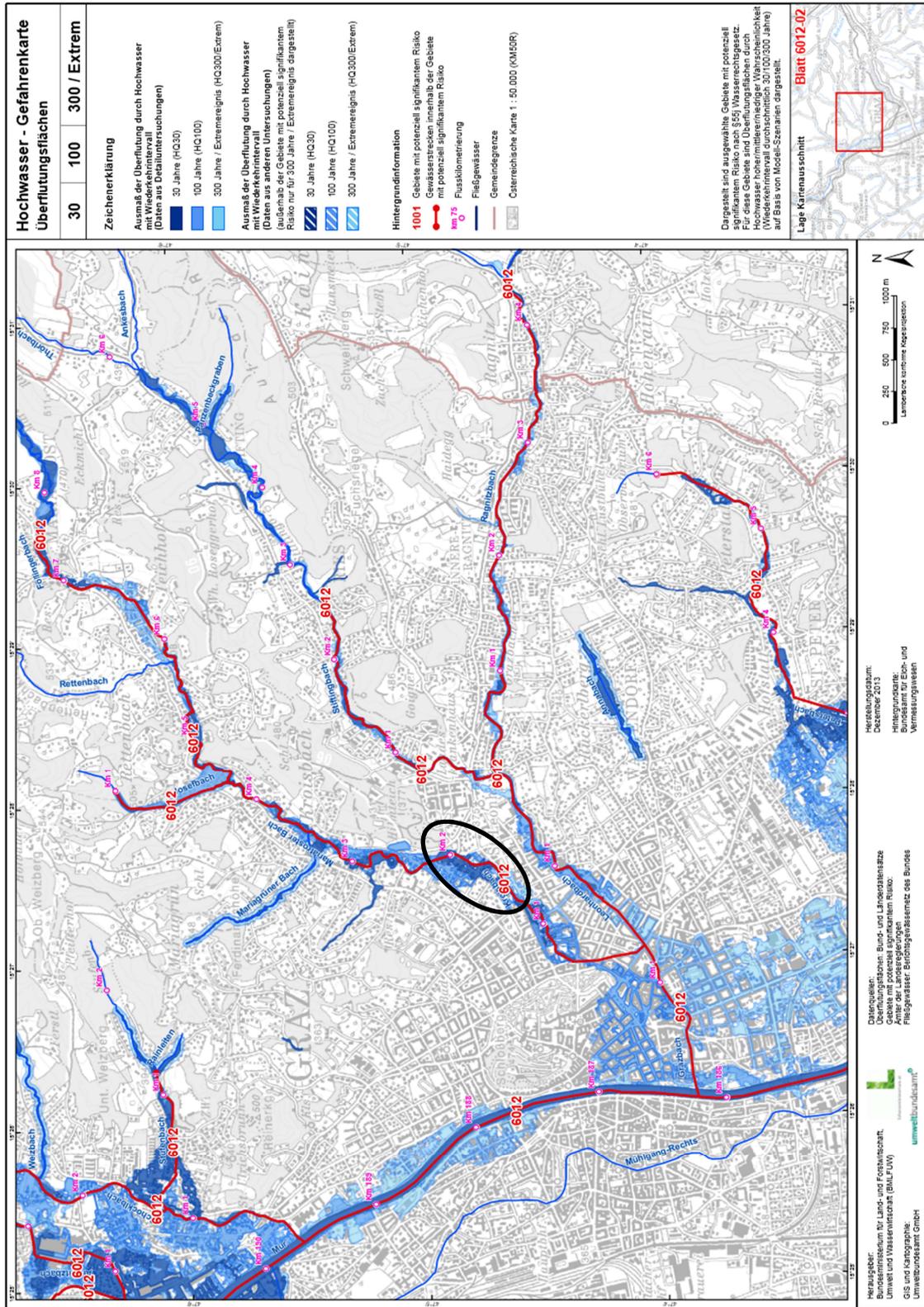


Abb. 11: HW - Gefahrenkarte Graz (BMLFUW, 2015)

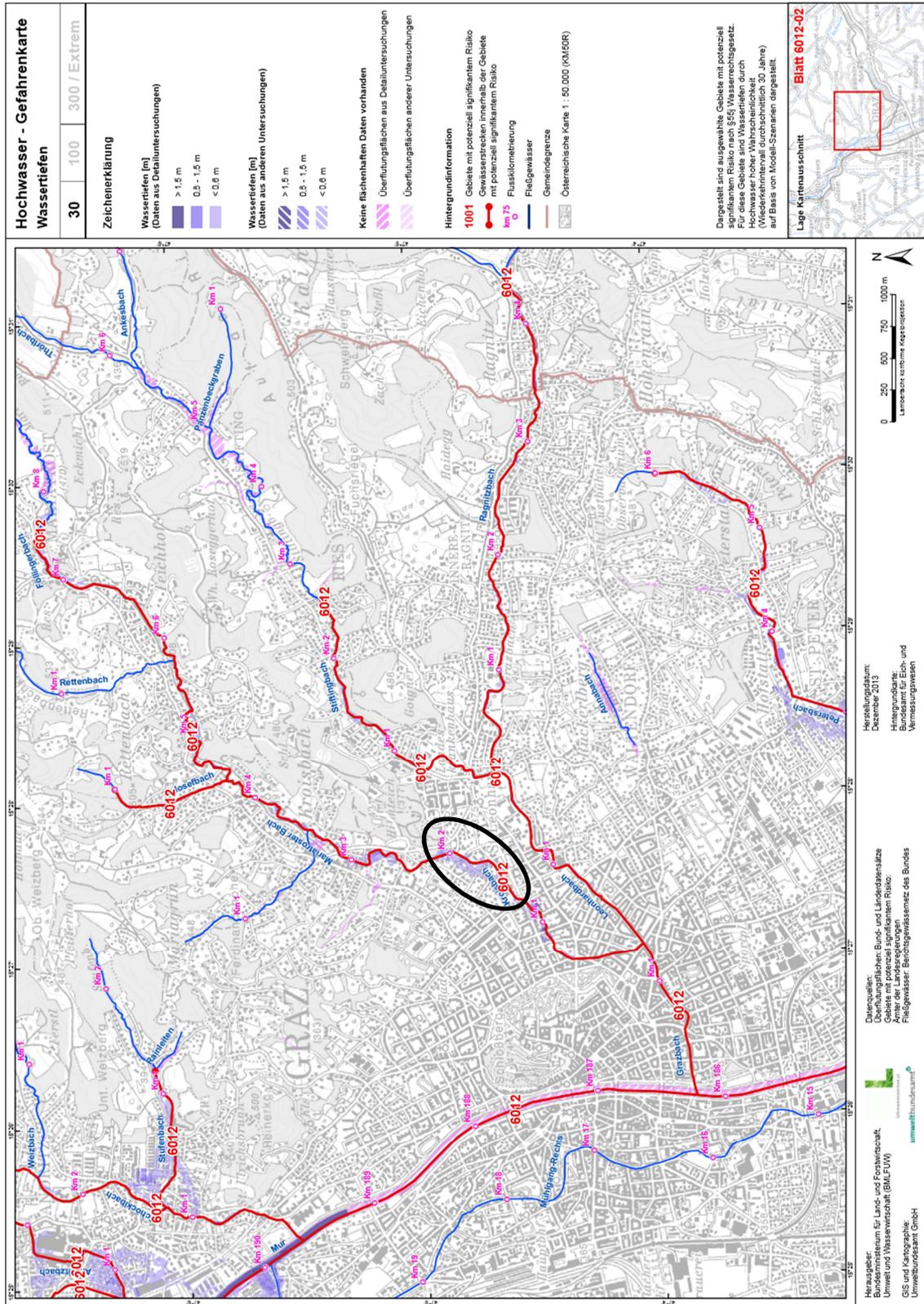


Abb. 12: HW - Gefahrenkarte - Wassertiefe HQ30 (BMLFUW, 2015)

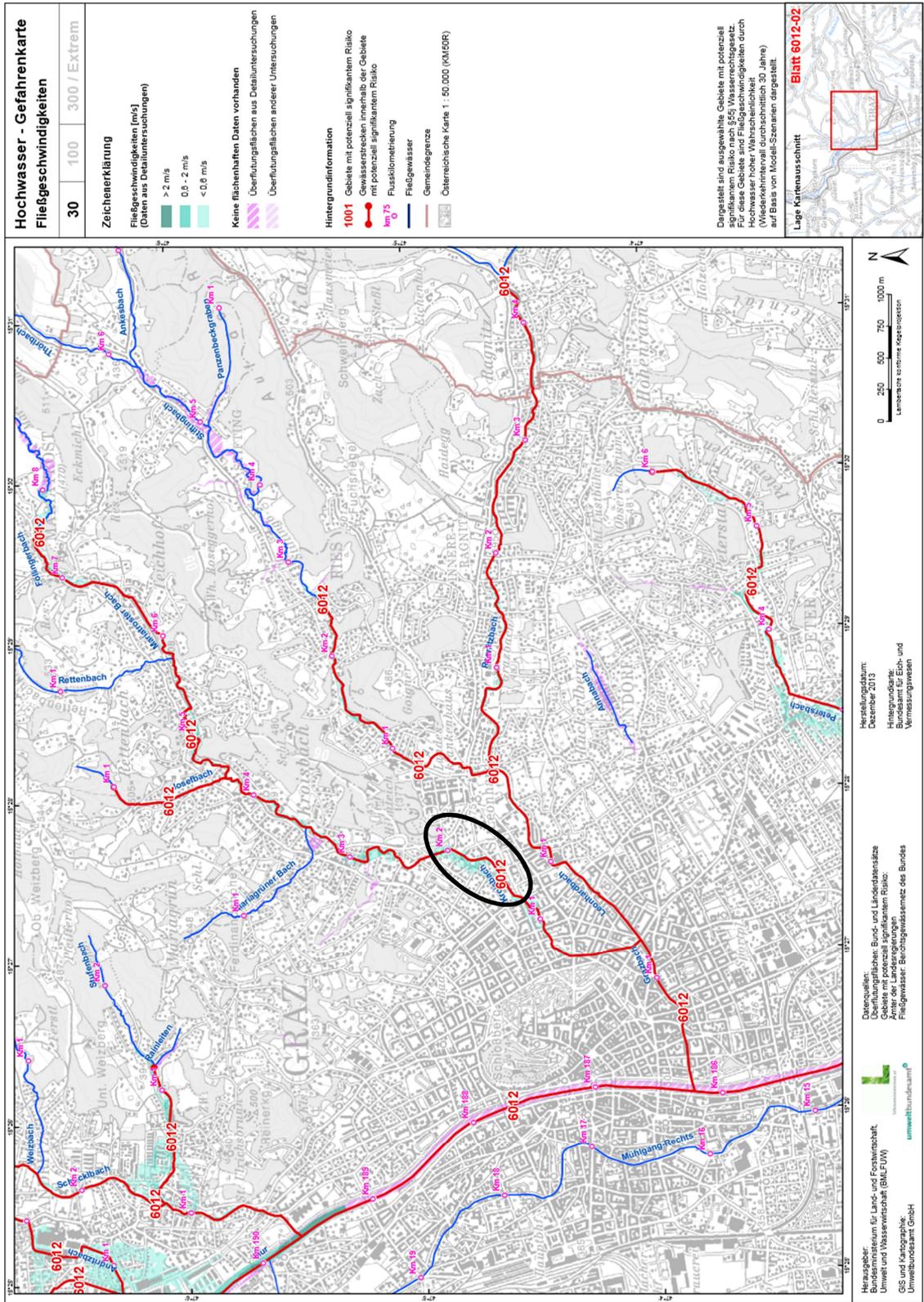


Abb. 13: HW - Gefahrenkarte - Fließgeschwindigkeit HQ30 (BMLFUW, 2015)

Um eine aussagekräftige Interpretation über ein Gebiet abgeben zu können, ist es nötig, die Informationen aus allen drei Karten zu entnehmen. Beispielhaft soll eine Bewertung für den schwarz umrandeten Bereich um den Mariatrosterbach gemacht werden. Aus der Karte der Überflutungsflächen ist zu erkennen, dass große Teile dieses Bereichs bereits bei einem 30-jährlichen Hochwasser (HQ30) von Wasser bedeckt sind. Im Ereignisfall ist in diesem Bereich von Wassertiefen kleiner als 0,60 m auszugehen und Fließgeschwindigkeiten von 0 – 2 m/s sind zu erwarten.

Laut den Hochwassergefahrenkarten (hergestellt im Dezember 2013) ist das schwarz umrandete Gebiet stark hochwassergefährdet. Von einer Bebauung sollte daher abgesehen werden.

Eine Auswertung der Hochwassergefahrenkarten findet sich im jeweiligen Hochwasserrisikomanagementplan (siehe Kapitel 2.9.4, S. 45) wieder. Für das Risikogebiet Graz – Stadt, 6012 (RMP 2015) sind die Schlussfolgerung und Konsequenzen aus den Gefahrenkarten die Folgenden: (BMLFUW, 2015)

1. Durch die Vielzahl der Gewässer im Grazer Stadtgebiet kommt es zu Überlagerungen der Überflutungsflächen.
2. Große Unterschiede zwischen den Auswirkungen der häufigeren Hochwässer (HQ30 und HQ100) zu einem HQ300 sind zu erkennen.
3. Bei einem HQ300 tritt die Mur über die Ufer, große Teile der Stadt werden überschwemmt.
4. Ein HQ30 hätte die größten Folgen für die Bezirke Andritz und St. Peter

Alle Karten sind im Appendix in A3 Format enthalten.

### 2.9.3.2 Hochwasserrisikokarten

Durch das Überlagern von Hochwassergefahrenkarten mit örtlichen Informationen wie Bevölkerung, Infrastruktur, Landnutzung und weiteren Schutzgütern wird

eine Aussage über das Risiko von hochwasserbedingten Schäden an selbigen möglich. (BMLFUW, 2015)

Anzugeben sind laut WRG 1959 (*Wasserrechtsgesetz 1959*, 2014)

§ 55 k Abs. (4):

- „1. *Ungefähre Anzahl der potenziell betroffenen Einwohner;*
2. *Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potenziell betroffenen Gebiet;*
3. *Anlagen, die in Anhang I der Richtlinie 2010/75/EU genannte industrielle Tätigkeiten durchführen, und potenziell betroffene Schutzgebiete gemäß § 59b Z1,3 und 5;*
4. *Gebiete, in denen Hochwasser mit hohem Feststoffgehalt oder murartige Hochwasserereignisse auftreten können;*
5. *Informationen über andere als in Z3 genannte bedeutende Verschmutzungsquellen.“*

### **Abbildung der Hochwasserrisikokarte**

Für die Abbildung der Hochwasserrisikokarten wird ein Maßstab von 1:25.000 empfohlen (das Gesetz schreibt lediglich einen angemessenen Maßstab vor). Auch Hochwasserrisikokarten werden mit topografischen Hintergrundkarten erstellt. Diese Karten wurden in Kapitel 2.9.3.1, S. 33 näher beschrieben. Die Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko werden, wie in den Hochwassergefahrenkarten, mit einer roten Nummer gekennzeichnet.

Risikokarten dienen in erster Linie der allgemeinen Öffentlichkeit. Um die Übersichtlichkeit für den betrachtenden Laien zu wahren, werden nur bestimmte Daten wiedergegeben. (BMLFUW, 2014b)

## Enthaltene Informationen

Hochwasserrisikokarten müssen Angaben zur „Anzahl potenziell betroffener Einwohner“ enthalten. Hierfür werden Daten der Statistik Austria herangezogen und eingearbeitet. Eine Einteilung in Größenklassen erfolgt, dargestellt durch Personensymbole. Die jeweilige Anzahl der Symbole repräsentiert eine Klasse: Eine Person steht beispielsweise für 50 Einwohner, zwei Personen für 50 – 500. Weitere Werte finden sich in der Legende der Hochwasserrisikokarte (Abb. 14, S. 43).

Um die „Art der wirtschaftlichen Tätigkeit in dem potenziell betroffenen Gebiet“ zu beschreiben, werden Landnutzung, Infrastruktur und Kulturgüter dargestellt und bewertet. Die Unterscheidung der Landnutzung erfolgt mit Hilfe eines Farbcodes und wird unter dem Punkt „Überflutungsflächen und Nutzung“ geführt. Rosarote Flächen repräsentieren beispielsweise Flächen, deren Nutzen dem „vorwiegenden Wohnen“ gewidmet ist, während violette Flächen als „Industrie- und Gewerbeflächen“ deklariert sind. Unter dem Begriff „Kulturgüter“ werden lediglich solche geführt, die als „UNESCO Weltkulturerbe“ deklariert sind. Auf andere Kulturgüter wie Kirchen, Theater und Museen wird auf Grund der bundesweit unterschiedlichen Datenqualität verzichtet. Die Darstellung erfolgt mittels Schraffur und findet sich in der Legende unter „Überflutungsflächen und Nutzung“ wieder. Unter den Punkt Infrastruktur fallen beispielsweise Krankenhäuser, Schulen und Flughäfen sowie jegliche Art von Straßen. Diese werden mit Symbolen versehen und in den Karten abgedruckt. Weitere Informationen dazu werden ebenfalls in der Legende der Hochwasserrisikokarte (Abb. 14, S. 43) erläutert.

„Verschmutzungsquellen und potenziell betroffene Schutzgebiete“ werden unter dem Legendenpunkt „Besondere Gefährdungen“ behandelt. Hierzu zählen Gefährdungen aus Industrieanlagen, Abfall- und Abwasserentsorgern sowie bedeutende Altlasten.

Gebiete, in denen „Hochwasser mit hohem Feststoffgehalt oder murartige Hochwasserereignisse“ auftreten können, sind, wie die bereits genannten Punkte, wichtiger Bestandteil der Hochwasserrisikokarten. Erkennbar sind diese Bereiche in der Karte auf Grund einer Linienschraffur und zugehöriger Beschriftung.



Die Abb. 14 (S. 43) zeigt denselben Abschnitt von Graz wie die in Kapitel 2.9.3.1 (S. 33) betrachteten Hochwassergefahrenkarten. Auch in diesem Fall wird das Ausmaß eines HQ30 betrachtet. Die abzuleitende Information ist jedoch eine andere und sehr viel detailreicher. Wieder wird der schwarz umrandete Bereich später genauer betrachtet. Abzulesen ist, dass die in Kapitel 2.9.3.1 (S. 33) festgestellte Überflutungsfläche vorwiegend als Wohnraum genutzt wird. Krankenhäuser und/oder Seniorenheime befinden sich in unmittelbarer Umgebung, ebenso wie Schulen und/oder Kindergärten. In Graz leben 500 bis 5.000 Einwohner im Überflutungsgebiet. Im schwarz umrandeten Bereich befinden sich keine Quellen mit besonderem Gefährdungspotenzial. (BMLFUW, 2015)

Im Hochwasserrisikomanagementplan 2015 (siehe Kapitel 2.9.4, S. 45), Risikogebiet Graz – Stadt, 6012, sind die Ergebnisse aus den Risikokarten zusammengefasst dargestellt. Ebenfalls wird der vorherrschende Hochwassertyp als fluvial beschrieben. Ein Auszug davon findet sich in der nachfolgenden Tabelle:

	HQ30	HQ100	HQ300
Betroffene Flächen	280,86 ha	440,26 ha	956,28 ha
Betroffene Personenzahl	1342	2052	6607
Bahnhof	0	0	1
Kindergärten	9	13	27
Schulen	1	8	22
Seniorenheime	1	2	3
Straßen	1	1	2
Wasserschongebiet	145,99 ha	218,22 ha	406,05 ha
UNESCO-Weltkulturerbe	Graz Altstadt	Graz Altstadt	Graz Altstadt

Tab. 2: Auszug der Auswirkungen für die Ereignisse HQ30, HQ100, HQ300 (BMLFUW, 2015)

Die Risikokarte ist im Appendix in A3 Format abgebildet.

#### 2.9.4 Hochwasserrisikomanagementpläne (HWRMP oder RMP)

Hochwasserrisikomanagementpläne basieren auf Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten und führen alle hochwasserrelevanten Informationen zusammen. In diesen Plänen werden sowohl Ziele zur Reduktion des Risikos definiert, als auch entsprechende Maßnahmen und zeitliche Vorgaben zu deren Erreichung festgelegt. In Österreich wurde ein erster Entwurf des Hochwasserrisikomanagementplans am 22.12.2014 veröffentlicht. Nach Ablauf der Frist für Stellungnahmen (22.12.2014 – 22.06.2015) wurde unter Berücksichtigung selbiger der Nationale Hochwasserrisikomanagementplan RMP 2015 vorgestellt.

Zuständige Behörde ist das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Diese stellt die RMP für alle APSFR zur Verfügung. Sie sind unter dem Link <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wisa/fachinformation/hochwasserrisiko/hochwasserrisikoplan/managementplan.html> frei zugänglich und für jeden abrufbar.

Der Hochwasserrisikomanagementplan bezieht sich jeweils auf ein bestimmtes Gebiet und enthält unter anderem eine Beschreibung des Risikogebietes, die Abstimmung der Maßnahmenplanung, das Ergebnis der Maßnahmenplanung sowie Detailinformationen zu den vorgesehenen Maßnahmen im Risikogebiet. Letztgenannte gehen speziell auf die Handlungsfelder Vorsorge, Schutz, Bewusstsein, Vorbereitung und Nachsorge ein.

Aus dem Hochwasserrisikomanagementplan 2015, Risikogebiet Graz – Stadt geht beispielsweise aus der Beschreibung des Risikogebiets unter der vorläufigen Risikobewertung hervor, dass in diesem Bereich alle schützenswerten Güter (menschliche Gesundheit, Kulturerbe, Umwelt, wirtschaftliche Tätigkeit) von der Hochwassergefahr betroffen sind und das Gesamtrisiko als sehr hoch einzustufen ist. Die Ergebnisse aus Gefahren- und Risikokarten sind bereits in den entsprechenden Kapiteln (siehe 2.9.3.1, S. 33 und 2.9.3.2, S. 40) erläutert. Eine Gebietscharakterisierung wird ebenfalls durchgeführt. Dabei wird beispielsweise festgestellt, dass es im Gebiet Graz – Stadt zwölf Gewässer, elf Bäche und einen Fluss – die Mur – gibt. Große Teile der Gewässer sind stark verbaut oder werden

unterirdisch geführt. Hydrologische und hydraulische Eckdaten zu den Gewässern sind ebenfalls Teil des RMP. In dieser Arbeit werden die angesprochenen Daten für ausgewählte Gewässer im Kapitel 3.2, S.50 wiedergegeben.

Informationen zur Maßnahmenplanung sind ebenfalls Teil des RMP, werden in dieser Arbeit aber nicht näher beleuchtet. Informationen dazu können direkt aus dem RMP entnommen werden. Ein Download ist unter dem Link <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wisa/fachinformation/hochwasserrisiko/hochwasserrisikoplan/managementplan.html> möglich. Hier finden sind die RMP für ganz Österreich. (BMLFUW, 2015)

The screenshot shows the WISA website interface. On the left is a navigation menu with categories like 'Wasser in Österreich', 'Wasserqualität und Gewässerschutz', and 'Hochwasserrisikomanagementplan'. The main content area features the WISA logo and a headline: 'Veröffentlichung des Nationalen Hochwasserrisikomanagementplans RMP 2015'. Below this, there is a detailed text block explaining the plan's purpose and a table listing specific Action Plans (APSFR) with their corresponding RMP links.

APSFR Name	RMP link
Angerbach	<a href="#">AT1001</a>
Hofergraben	<a href="#">AT1002</a>
Zubringer Sankt Geogener Graben	<a href="#">AT1003</a>

Abb. 15: Webseite zum Hochwasserrisikomanagementplan 2015 (BMLFUW 2015)

### 2.9.5 HORST – Hochwasserrisikomanagement in der Steiermark

Um eine bestmögliche Umsetzung der EU – Hochwasserrichtlinie zu ermöglichen, wurde in der Steiermark die Studie HORST ins Leben gerufen. Unter der Zusammenarbeit des Amtes der Steirischen Landesregierung und des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TU Graz wurde der „Ist-Stand“ im Umgang mit Hochwasser erhoben (2013) und „Strategien“ und „Maßnahmen“ zur Verbesserung dieses Zustandes erarbeitet. Ziel dieser Arbeitsgemeinschaft war es auch, einen Risikokreislauf zu erarbeiten. Zu diesem Kreislauf wurde ein Strategiekonzept entwickelt. Dieses enthält vier Strategien, die die Bereiche „Optimierung von Prognosen“, „Flächenmanagement“, „Ausbau des technischen Hochwasserschutzes“ und „Bewusstseinsbildung“ abdeckt. Untermuert werden diese Strategien mit zehn Maßnahmen. Die Ergebnisse wurden im August 2014 der Öffentlichkeit vorgestellt (Hornich et al., 2014). Detaillierte Informationen dazu finden sich unter [http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10046052\\_1356921/382924ae/WasserlandStmk\\_02-14-WEB.pdf](http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/10046052_1356921/382924ae/WasserlandStmk_02-14-WEB.pdf)

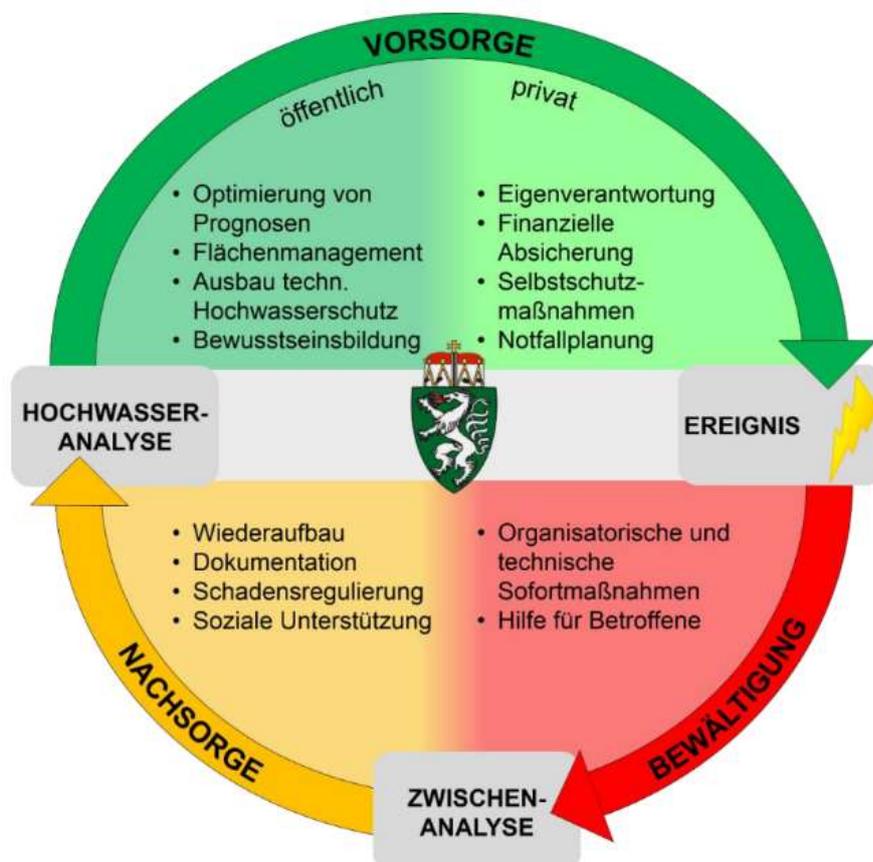


Abb. 16: Steirischer Risikokreislauf (Hornich et al., 2014)

### 3 Grazer Stadtgeschichte

Die erste urkundliche Nennung von Graz (damals Gracz) ist im Jahr 1128 zu finden. Ausgrabungen lassen darauf schließen, dass es lange vor dieser Beurkundung schon eine Siedlung am Fuße des Schlossbergs gab. Ab dem 13. Jahrhundert wurde Graz von den Habsburgern regiert. Der bauliche Aufschwung der Stadt wurde Mitte des 15. Jahrhunderts von Herzog Friedrich V., ab 1452 Kaiser Friedrich III., eingeleitet. Erzherzog Karl II. von Innerösterreich hatte in der Zeit von 1564 bis 1619 ebenfalls signifikanten Einfluss auf die weitere Entwicklung des Grazer Stadtbildes. Unter seiner Herrschaft wurden viele Neu- und Umbauten ausgeführt. Auf Kaiser Friedrich folgte Kaiser Ferdinand. Dieser veranlasste 1619 die Umsiedelung des bis dahin in Graz gelegenen kaiserlichen Hofes nach Wien. Für Graz bedeutete dieser Umzug Veränderungen. Es kam zum erneuten Aufschwung der von italienischen Handwerkern und Künstlern geprägten Baukultur. (Strahalm, 2008) Der 2. Weltkrieg hinterließ in Graz verheerende Spuren. 57 Bombenangriffe und 2.000 Todesopfer machten die Stadt zum traurigen Spitzenreiter der meist bombardierten Städte Österreichs. (Engele, 2016) Ein großer Teil der bis dahin geführten klimatischen und städtebaulichen Erhebungen fiel diesen Angriffen zum Opfer. Aus diesem Grund gibt es viele Annahmen und Unsicherheiten, die die städtische Entwicklung und die Demografie vor dem 2. Weltkrieg betreffen.

#### 3.1 Stadtbezirke Graz

Die steirische Landeshauptstadt Graz mit einer Gesamtfläche von 127,6 km<sup>2</sup> wird seit 1988 in 17 Stadtbezirke unterteilt.

Eine erste Nennung der heute bekannten Stadtbezirksbezeichnungen geht auf das Jahr 1869 zurück. Die Stadt wurde damals in die fünf Bezirke Stadt, Jakomini, Geidorf, Lend und Gries unterteilt. 1938 wurden die Bezirke Liebenau, St. Peter, Waltendorf, Ries, Mariatrost, Andritz, Gösting, Eggenberg, Wetzelsdorf und Straßgang eingemeindet. Der Bezirk St. Leonhard wurde 1900 vom Bezirk Jakomini getrennt, Mariatrost spaltete sich von Geidorf ab. Im Jahr 1988 wurde schlussendlich Puntigam zu einem eigenständigen Bezirk. (Stadt Graz, 2016)

	<b>BEZEICHNUNG</b>	<b>FLÄCHE [km<sup>2</sup>]</b>	<b>EINWOHNER</b>
<b>I</b>	Innere Stadt	1,16	4.696
<b>II</b>	St. Leonhard	1,83	18.942
<b>III</b>	Geidorf	5,50	30.258
<b>IV</b>	Lend	3,70	34.459
<b>V</b>	Gries	5,05	32.136
<b>VI</b>	Jakomini	4,06	38.319
<b>VII</b>	Liebenau	7,99	15.652
<b>VIII</b>	St. Peter	8,86	16.548
<b>IX</b>	Waltendorf	4,48	13.301
<b>X</b>	Ries	10,16	6.834
<b>XI</b>	Mariatrost	13,99	11.050
<b>XII</b>	Andritz	18,47	20.717
<b>XIII</b>	Gösting	10,83	11.858
<b>XIV</b>	Eggenberg	7,79	22.523
<b>XV</b>	Wetzelsdorf	5,77	16.643
<b>XVI</b>	Straßgang	11,75	17.248
<b>XVII</b>	Puntigam	6,18	9.403
	Summe	127,57	320.587

Tab. 3: Stadtbezirke Stand 2016 (Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017)

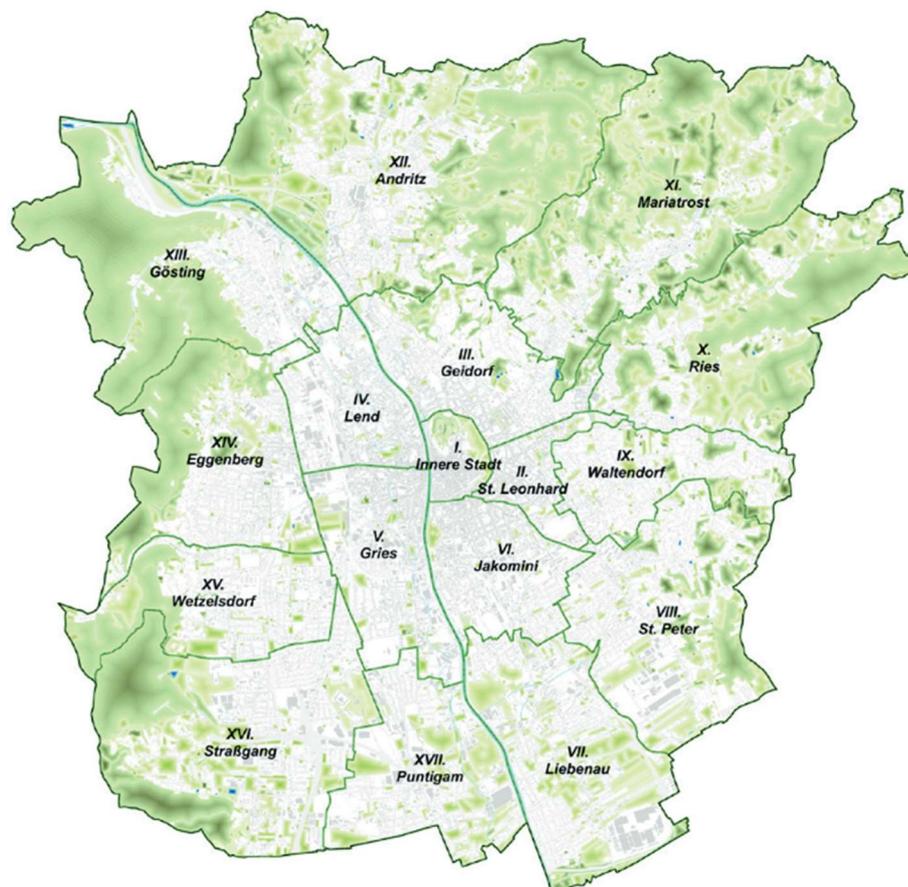


Abb. 17: Karte der 17 Grazer Stadtbezirke (Stadt Graz, 2017)

### 3.2 Gewässer

Das Grazer Stadtgebiet zählt insgesamt 52 benannte Bäche sowie viele kleinere Gerinne, die oft nicht das ganze Jahr über Wasser führen. Die gesamte Fließstrecke aller Bäche beträgt rund 270 km, 125 km davon werden als freie Fließstrecke geführt. Zehn der 52 benannten Gerinne sind als Wildbäche<sup>3</sup> definiert. Gemeinsam haben sie eine Fließlänge von 6 km im Grazer Stadtgebiet (Wildbachverzeichnis, 2009). Entsprechend der Kategorisierung fallen die Gerinne in verschiedene Verantwortungsbereiche. 90 % aller Fließgewässer werden von der Bundeswasserbauverwaltung (BWV) betreut. 10 % der Gerinne unterliegen dem Verantwortungsbereich des Forstwirtschaftlichen Dienstes der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV). (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2006)

Acht der 52 Bäche werden als sogenannte „Hauptbäche“ bezeichnet:

- Andritzbach (inkl. Gabriachbach)
- Schöckelbach
- Mariatrosterbach bzw. Kroisbach
- Stiftingbach
- Ragnitzbach
- Leonhardbach
- Petersbach
- Thalerbach

---

<sup>3</sup> Definition Wildbach laut § 99 Abs. (1) ForstG: Ein Wildbach im Sinne dieses Bundesgesetzes ist ein dauernd oder zeitweise fließendes Gewässer, das durch rasch eintretende und nur kurze Zeit dauernde Anschwellungen Feststoffe aus seinem Einzugsgebiet oder aus seinem Bachbett in gefahrdrohendem Ausmaße entnimmt, diese mit sich führt und innerhalb oder außerhalb seines Bettes ablagert oder einem anderen Gewässer zuführt.

In der nachfolgenden Karte (Abb. 18) ist die Lage der zuvor angeführten Bäche ersichtlich. Ergänzend ist der Grazbach abgebildet.

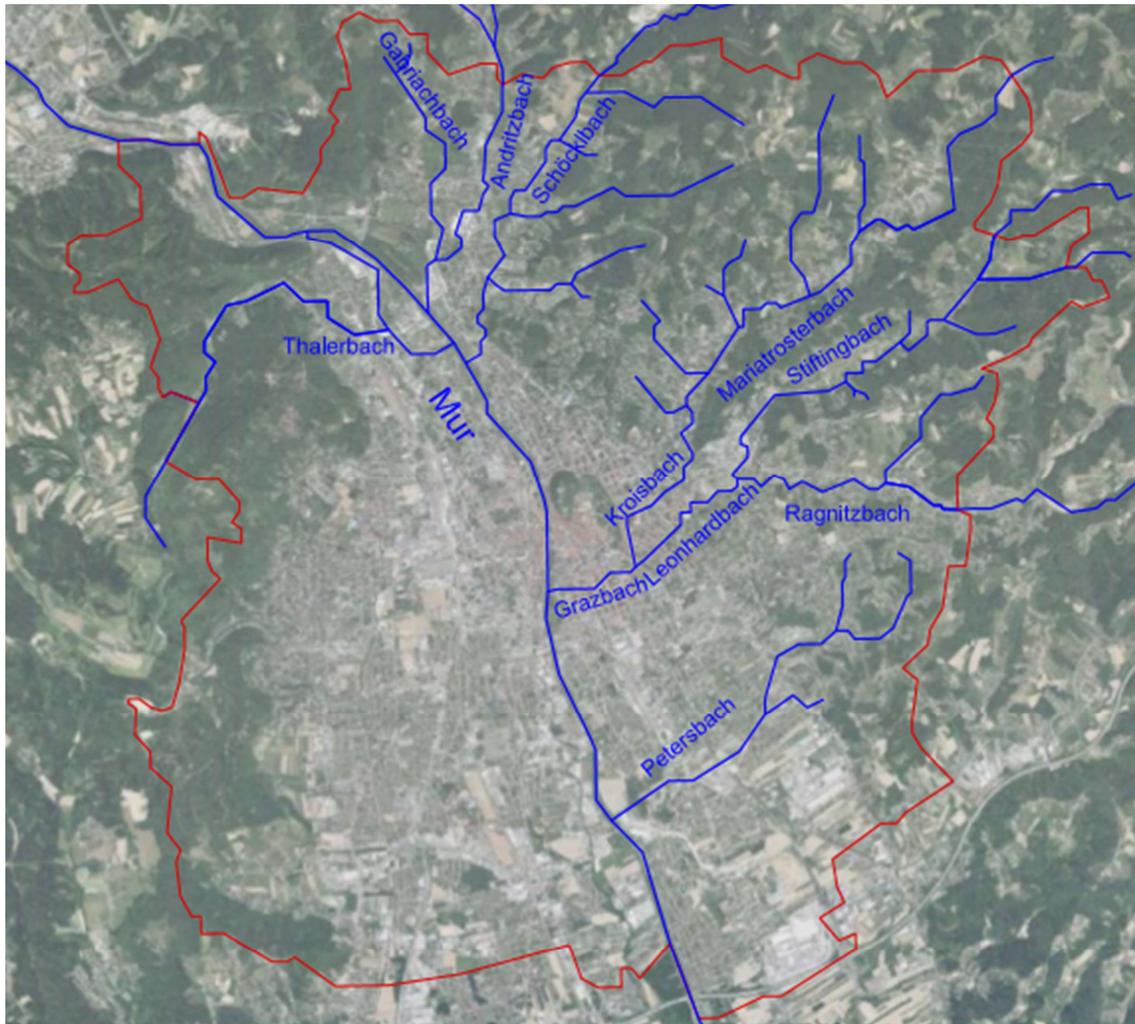


Abb. 18: Bäche in Graz (Das Land Steiermark, 2017a), eigene Darstellung

Sie alle sind direkte oder indirekte Zubringer zum einzigen Fluss in Graz, der Mur, und werden nachfolgend näher beschrieben. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

In dieser Arbeit wird nur auf die „Hauptbäche“ eingegangen. Auf das Einzeichnen der kleineren Gerinne in oben angeführter Karte wurde aus diesem Grund und aus Gründen der Übersichtlichkeit, verzichtet.

Eine Tabelle der verschiedenen Bäche mit Verweis, in welchen Zuständigkeitsbereich sie fallen, findet sich im Appendix.

## Andritzbach

Flussgebiet:	Mur
Stadtbezirk:	Andritz
Gesamtlänge:	8,81 km
Länge im Stadtgebiet:	3,90 km
Einzugsgebiet:	18,51 km <sup>2</sup>
MQ:	0,16 - 0,21 m <sup>3</sup> /s
Ursprung:	Stattegg
Mündung in die Mur:	im Bereich des Wasserwerks Nord
Größter Zubringer:	Gabriachbach



### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei der Mündung): 41,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei der Mündung): 26,00 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

0,6 m<sup>3</sup>/s bis zur Brücke Weinitzenstraße

7,0 m<sup>3</sup>/s bis zur Maschinenfabrik Andritz

5,2 m<sup>3</sup>/s im Bereich der Maschinenfabrik

4,2 m<sup>3</sup>/s bis Mündung des Gabriachbaches

15,6 m<sup>3</sup>/s bis zur Mündung in die Mur

Gefährdungs- und Schadenspotenzial: sehr hoch

Oberandritz: 28 Objekte gefährdet

Maschinenfabrik Andritz bis zur Mündung in die Mur: 33 Objekte gefährdet

## Schöckelbach

Flussgebiet:	Mur
Stadtbezirk:	Andritz/ Geidorf
Gesamtlänge:	8,38 km
Länge im Stadtgebiet:	4,70 km
Einzugsgebiet:	34,84 km <sup>2</sup>
MQ:	0,05 - 0,41 m <sup>3</sup> /s
Ursprung:	Schöckelmassiv
Mündung in die Mur:	Markatgasse
Größte Zubringer:	Dürschöckelbach, Pfangbach, Weizbach, Stufenbach



### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei der Mündung): 62,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei der Mündung): 40,00 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

1,9 m<sup>3</sup>/s bis Brücke Weinitzenstraße

1,9 m<sup>3</sup>/s bis Brücke Rotmoosweg

2,8 m<sup>3</sup>/s bis Brücke Andritzer Reichsstraße

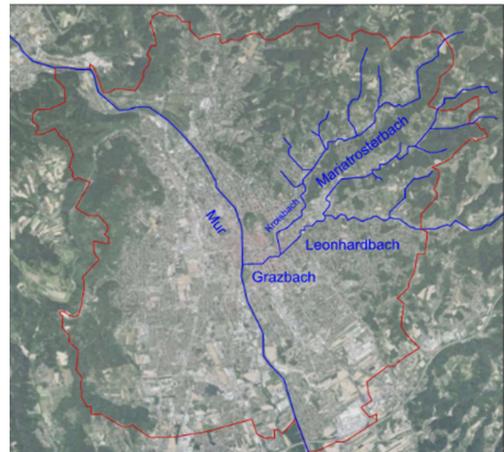
2,3 m<sup>3</sup>/s bis zur Mündung in die Mur

Gefährdungs- und Schadenspotenzial: sehr hoch

Ca. 120 Objekte gefährdet

## Mariatrosterbach bzw. Kroisbach

Flussgebiet:	Grazbach/Mur
Stadtbezirk:	Mariastrost/Gei- dorf/St. Leonhard
Gesamtlänge:	9,30 km
Länge im Stadtgebiet:	8,70 km
Einzugsgebiet:	16,85 km <sup>2</sup>
MQ:	0,05 - 0,17 m <sup>3</sup> /s
Ursprung:	Fölling
Mündung:	in den Grazbach



Größte Zubringer: Zubringer bei Schafmandl, Gerinne beim Franz-Herzog-Weg, Tullbach, Tannhofgerinne, Rettenbach, Josefbach, Mariagrüner Bach, Faulbach

Der Mariatrosterbach wird nach Einmündung des Mariagrüner Baches zum Kroisbach. Ab der Mündung Kroisbach – Leonhardbach trägt das Gerinne den Namen Grazbach.

### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei Beginn der Überdeckung): 48,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei Beginn der Überdeckung): 31,50 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

2,2 m<sup>3</sup>/s bis zum Kurzeggerweg

9,1 m<sup>3</sup>/s bis zum Einlauf in die Kanalstrecke

Gefährdungs- und Schadenspotenzial: sehr hoch

Ca. 130 Objekte gefährdet

## Stiftingbach

Flussgebiet: Leonhardbach/

Grazbach/Mur

Stadtbezirk:

Ries

Gesamtlänge:

5,73 km

Länge im Stadtgebiet:

5,73 km

Einzugsgebiet:

11,38 km<sup>2</sup>

MQ:

0,066 - 0,11 m<sup>3</sup>/s

Ursprung:

Schaftal

Mündung:

in den Leonhardbach

Größte Zubringer:

Ankenbach, Gerinne Panzanbeckgasse, linker Zubringer Otto-Möbes-Schule, Gerinne Edelweißweg, Gerinne vom Fuchsriegel, Gerinne Posthofweg



### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei der Mündung): 40,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei der Mündung): 26,50 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

3,3 m<sup>3</sup>/s bis zum Zubringer Panzenbeckgasse

2,5 m<sup>3</sup>/s bis zur Brücke Otto-Möbes-Schule

5,4 m<sup>3</sup>/s bis zur Brücke Rieshang

7,6 m<sup>3</sup>/s bis zur Mündung in den Leonhardbach

Gefährdungs- und Schadenspotenzial:

Ca. 33 Objekte gefährdet

## Ragnitzbach

Flussgebiet:	Leonhardbach/ Grazbach/Mur
Stadtbezirk:	Ries/Waltendorf
Gesamtlänge:	8,03 km
Länge im Stadtgebiet:	3,40 km
Einzugsgebiet:	15,73 km <sup>2</sup>
MQ:	0,11 - 0,15 m <sup>3</sup> /s
Ursprung:	südlich von Kainbach
Mündung:	in den Leonhardbach
Wichtigster Nebenbach:	Schweinbergbach



### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei der Mündung): 45,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei der Mündung): 30,00 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

6,2 m<sup>3</sup>/s bis zum Berlinerring

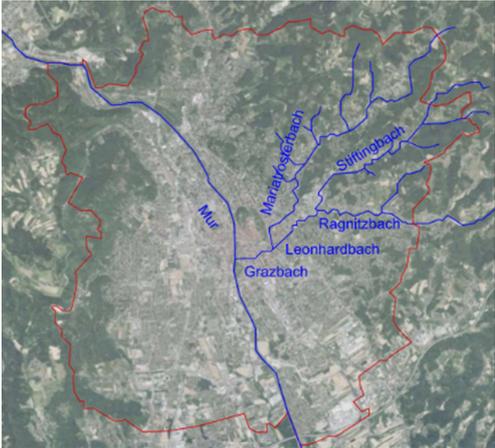
6,5 m<sup>3</sup>/s bis zum Peballweg

9,3 m<sup>3</sup>/s bis zur Vereinigung mit dem Stiftingbach

Gefährdungs- und Schadenspotenzial:

Ca. 16 Objekte gefährdet

## Leonhardbach

Flussgebiet:	Grazbach/Mur	
Stadtbezirk:	Waltendorf/ St. Leonhard	
Gesamtlänge:	1,40 km	
Länge im Stadtgebiet:	1,40 km	
Einzugsgebiet:	28,03 km <sup>2</sup>	
MQ:	ca. 0,26 m <sup>3</sup> /s	
Ursprung:	Vereinigung von Stiftingbach und Ragnitzbach	
Mündung:	in den Grazbach	
Größte Zubringer:	keine	

### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei Beginn der Kanalstrecke): 65,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei Beginn der Kanalstrecke): 42,00 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

32,0 m<sup>3</sup>/s bis zum Reiterweg

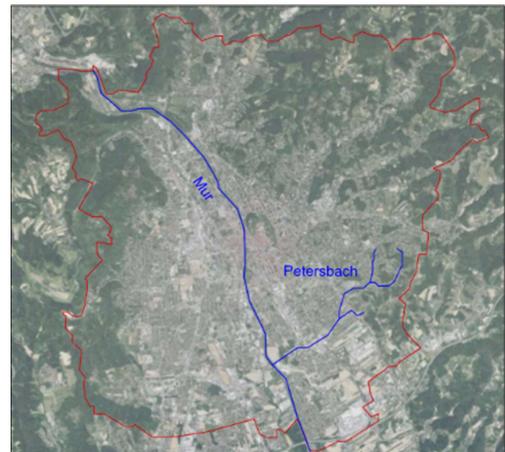
23,9 m<sup>3</sup>/s bis zum Beginn der Überdeckungsstrecke

Gefährdungs- und Schadenspotenzial:

Ca. 19 Objekte gefährdet

## Petersbach

Flussgebiet:	Mur
Stadtbezirk:	St. Peter/ Liebenau
Gesamtlänge:	6,55 km
Länge im Stadtgebiet:	6,55 km
Einzugsgebiet:	4,30 km <sup>2</sup>



MQ:	0,017 - 0,042 m <sup>3</sup> /s
Ursprung:	Lustbühel
Mündung in die Mur:	nördlich der Puntigamer Brücke
Größte Zubringer:	rechter Zubringer Peierlhang, Erhardgerinne

### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei der Mündung): 16,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei der Mündung): 11,00 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem Durchfluss ab ca.:

0,3 m<sup>3</sup>/s bis zur Brücke Hohenrainstraße

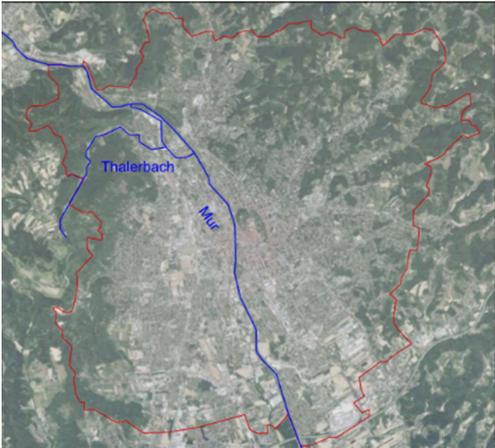
1,2 m<sup>3</sup>/s bis zum Einlauf in den Durchlass bei St. Peter

6 m<sup>3</sup>/s bis Auslauf Durchlass beim Banngabenweg

Gefährdungs- und Schadenspotenzial: sehr hoch

Ca. 150 Objekte gefährdet

## Thalerbach

Flussgebiet:	Mur	
Stadtbezirk:	Gösting	
Gesamtlänge:	6,23 km	
Länge im Stadtgebiet:	5,10 km	
Einzugsgebiet:	22,60 km <sup>2</sup>	
MQ:	0,24 - 0,26 m <sup>3</sup> /s	
Ursprung:	Thal und Thalersee	
Mündung in die Mur:	über den Mühlgang und den Schleifenbach bzw. den Aubach	
Größte Zubringer:	Winkelbach, Labgraben	

### Situation im Hochwasserfall:

HQ100 Abfluss (bei der Mündung): 40,00 m<sup>3</sup>/s

HQ30 Abfluss (bei der Mündung): 27,00 m<sup>3</sup>/s

Ausuferung bei einem HQ ab ca.:

HQ5 – HQ10 im Siedlungsrandgebiet

HQ10 – HQ25 im dicht besiedelten Gebiet

Gefährdungs- und Schadenspotenzial: hoch

Ca. 60 Objekte gefährdet

### 3.3 Kanalisation

Kanal und Hochwasserschutz stehen seit jeher in engem Zusammenhang miteinander. Lange Zeit war es im Hochwasserfall erste Priorität, das Wasser schnellstmöglich über das unterirdische System abzuleiten. Die zunehmende Besiedelung und die damit einhergehende Flächenversiegelung sowie die bereits beschriebene klimabedingte Niederschlagszunahme (siehe Kapitel 2.5.1, S. 9), führte und führt nach wie vor zu einer immer wiederkehrenden Überlastung der Kanalisation. Neben der Ausspülung ungeklärten Wassers über Mischwasserüberläufe werden Themen wie der Rückstau im System zu immer größeren Problemen. Um dem entgegenzuwirken, wird der Gedanke laut, freie Kapazitäten im Kanalnetz durchdächer zu nutzen (beispielsweise durch entsprechende örtliche Einleitung). Unterirdische Speicherkanäle werden ebenfalls zur Problemlösung angedacht bzw. bereits eingesetzt. (Lehmann, 2017)

Das Kanalisationssystem in Graz wird seit über 100 Jahren stetig ausgebaut und bildet mittlerweile mit einer Gesamtlänge von 846 km ein großflächiges Labyrinth unter der Stadt. Davon werden 70 % (592 km) als Mischwasserkanäle geführt, die restlichen 30 % sind in Form von Trennsystemen gestaltet. Trennsysteme bestehen aus reinen Schmutzwasserkanälen (220 km) und Regenwasserkanälen (44 km). Beide Arten der Ausbildung einer Kanalisation bringen Vor- und Nachteile mit sich. Der Errichtungs- und Wartungsaufwand ist bei Trennsystemen kostenaufwendiger und arbeitsintensiver. Die Gefahr der Verschmutzung oberflächlicher Gewässer durch Fäkalien bei einem Hochwasser ist bei Trennsystemen nicht gegeben. Bei Mischwasserkanälen ist diese Problematik jedoch unbedingt zu berücksichtigen. Trotz des starken Verdünnungsverhältnisses werden Grenzwerte immer wieder überschritten. Um dieser Thematik entgegenzuwirken, ist der Bau eines zehn Kilometer langen Kanals zur Mischwasserspeicherung ab Sommer 2017 geplant. Die Fertigstellung soll bis 2021/22 erfolgen. (Holding Graz Services Wasserwirtschaft, 2012)

### Begriffsdefinition lt. ÖNORM EN 1085:2007: (DIN EN 752, 2008)

Die Definitionen für Misch- und Trennsysteme lauten wie folgt:

„Mischsystem: Entwässerungssystem zur gemeinsamen Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser im gleichen Leitungs-/Kanalsystem“.

„Trennsystem: Entwässerungssystem, üblicherweise bestehend aus zwei Leitungs-/Kanalsystemen für die getrennte Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswasser.“

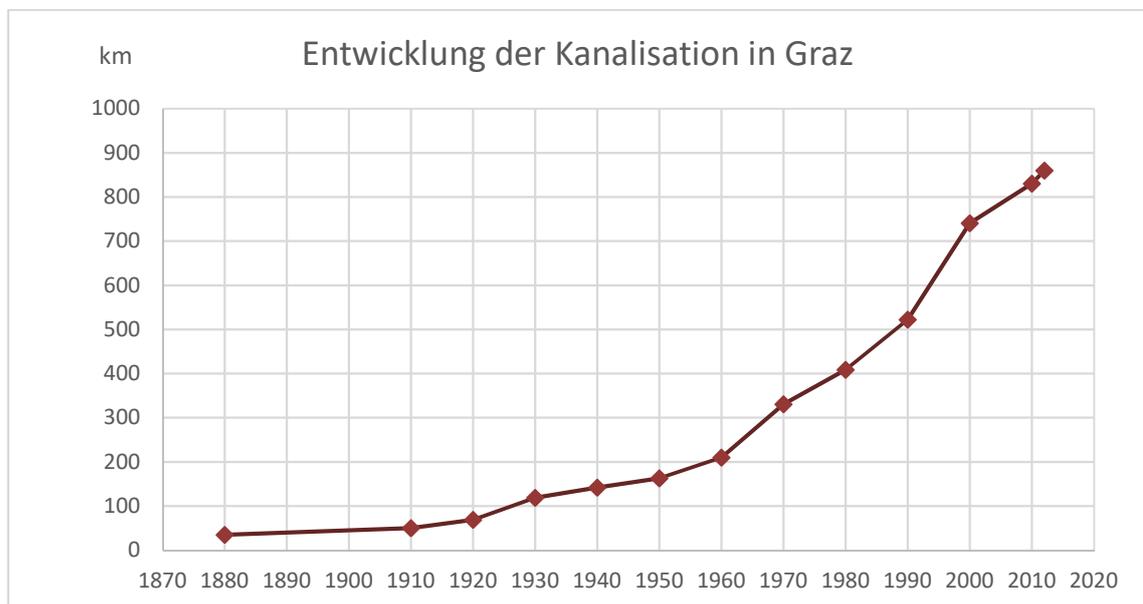


Abb. 19: Kanalisationsentwicklung Graz (Holding Graz), eigene Darstellung

### 3.4 Demografie – Bevölkerungswissenschaft

Um über die gesellschaftliche Entwicklung einer Stadt sprechen zu können, muss zuallererst definiert werden, wie gezählt und wer unter welcher Begrifflichkeit in die Zählung aufgenommen wird. In der Bevölkerungsstatistik der Stadt Graz wird zwischen der „Anwesenden Bevölkerung“ und der „Wohnbevölkerung“ unterschieden.

Unter dem Begriff der anwesenden Bevölkerung versteht man alle Personen, die am jeweiligen Stichtag mit einem Wohnsitz in Graz gemeldet sind. Berücksichtigt werden nicht nur mit Hauptwohnsitz gemeldete Personen, sondern auch Neben-

und Zweitwohnsitze sowie Personen, die keinen gemeldeten Wohnsitz haben. Hierzu gehören obdachlose und staatenlose Personen.

Am 31.12.2016 umfasst die anwesende Bevölkerung in Graz 320.587 Personen. Davon sind 286.686 Personen mit Hauptwohnsitz und 33.473 Personen mit Nebenwohnsitz gemeldet. Zusätzlich gibt es in Graz an diesem Stichtag 428 Personen, die keinen gemeldeten Wohnsitz haben.

Nur jener Teil der anwesenden Bevölkerung, der mit Hauptwohnsitz in Graz gemeldet ist, zählt zur Wohnbevölkerung.

Am 31.12.2016 umfasst die Wohnbevölkerung in Graz 286.686 Personen, davon 140.847 Personen männlichen Geschlechts und 145.839 weiblichen Geschlechts. Die Zahlen beruhen auf einer Fortschreibung der 2001 durchgeführten Volkszählung. (Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017)

Die nachfolgende Grafik (Abb. 20, S. 63) gibt Auskunft über das Bevölkerungswachstum in Graz, beginnend mit Ende des 14. Jahrhunderts und bis in die heutige Zeit fortgeführt. Um Ungenauigkeiten und Unsicherheiten einzugrenzen, wird für diese Darstellung die Anzahl der ansässigen Wohnbevölkerung herangezogen. Zwischen 1300 und 1700 beruhen die angegebenen Bevölkerungszahlen auf Schätzungen. Die erste Volkszählung in Österreich fand 1754 unter Maria Theresia statt. (Haustein, 2001) Ab 1770 sind statistische Informationen über die anwesende Bevölkerung in Graz vorhanden.

Die Kurve zeigt, dass die Bevölkerung in Graz seit den ersten Schätzungen von 1300 stetig zugenommen hat. Der höchste Anstieg wurde ab Ende des 19. bis ins 20. Jahrhundert verzeichnet. Zwischen 1870 und 1970 stieg die Wohnbevölkerung in Graz um 170.000 Personen. Im nächsten Diagramm (Abb. 21, S. 63) wird die Zeitspanne von Ende des 19. Jahrhunderts bis ins 21. Jahrhundert detailliert dargestellt.

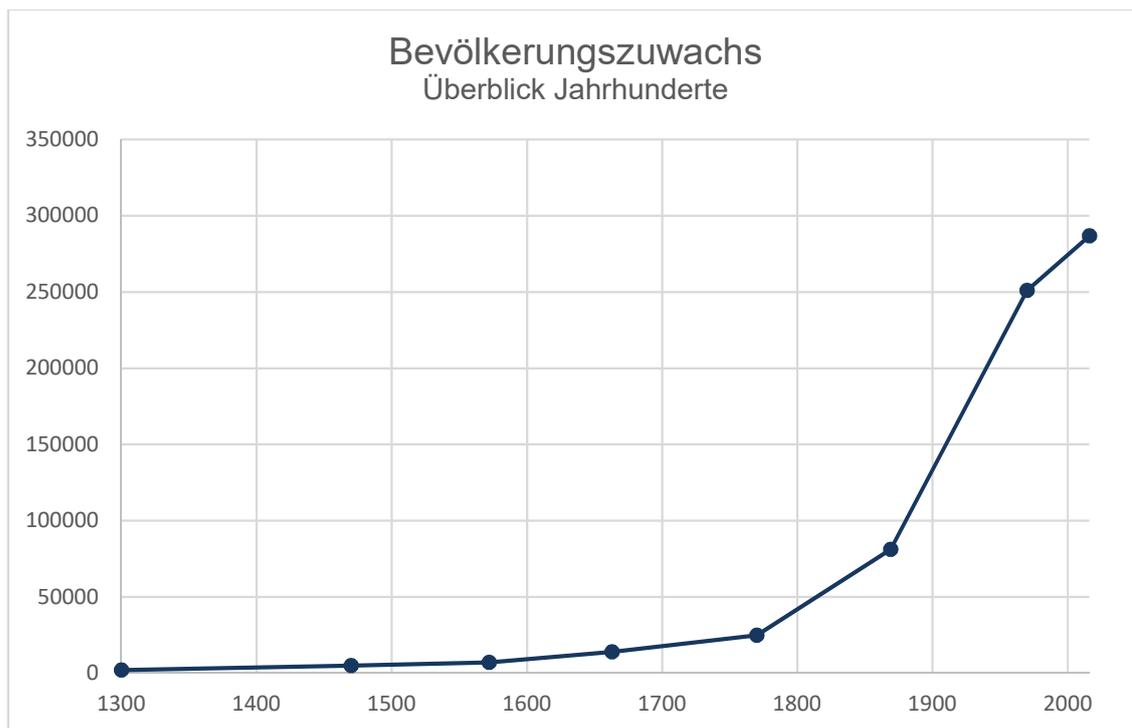


Abb. 20: Bevölkerungszuwachs – Überblick 1300 – 2016  
(Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017), eigene Darstellung

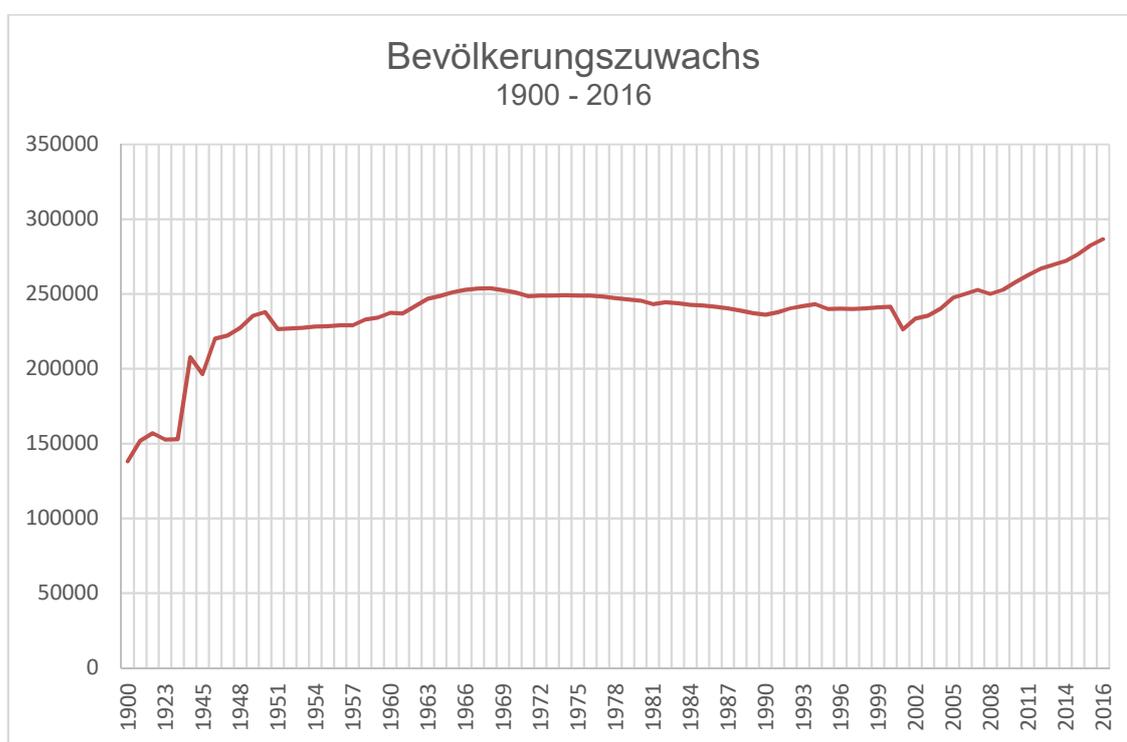


Abb. 21: Bevölkerungsentwicklung 1900 – 2016, (Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017),  
eigene Darstellung

Die in Abb. 21 (S. 63) wiedergegebenen Bevölkerungszahlen aus den Jahren zwischen 1900 und 2016 sind folgend zu interpretieren:

Die Kriegsjahre zwischen 1939 und 1945 spiegeln sich in der Bevölkerungsstatistik klar wider. Innerhalb dieser sechs Jahre wurde eine Bevölkerungsabnahme von über 10.000 Personen verzeichnet. Das Ende des 2. Weltkrieges kann anhand dieser Darstellung ebenfalls ausgemacht werden. Schon 1946 registrierte man in Graz einen Zuwachs um fast 24.000 Personen.

Des Weiteren ist gut zu erkennen, dass sich der Grazer Bevölkerungsstand seit 1950 relativ konstant hält. Seit 2001 zeichnet sich wieder ein Anwachsen der Bevölkerung ab. Die vermeintlich plötzlichen Rückgänge im Bevölkerungswachstum sind häufig damit zu erklären, dass die prognostizierten Zahlen aus den Fortschreibungen höhere Bevölkerungszahlen versprachen, als die Volkszählung tatsächlich ergab. Es sind daher keine realen Verluste.

Graz wächst nach wie vor jedes Jahr um rd. 2 %. Von 2003 bis 2013 wuchs die Bevölkerung um 12,3 %. Bis 2030 werden in der Landeshauptstadt Prognosen zufolge weitere 22.000 Menschen zuziehen. (Zoidl, 2014) Alle diese Personen brauchen Wohnraum. Im Kontext treten Themen wie Bevölkerungsdichte, Bebauungsdichte und Flächenversiegelung auf. Diese werden in den nächsten Kapiteln erörtert.

#### 3.4.1 *Bevölkerungsdichte*

Das Wachstum der Bevölkerung zieht den Anstieg der Bevölkerungsdichte unmittelbar nach sich. Diese ist ein Maß dafür, wie viele Einwohner auf einem Quadratkilometer Land leben. Die Bevölkerungsdichte bezogen auf die gesamte Einwohnerzahl und die gesamte Fläche der Stadt Graz beträgt 2.513 EW/km<sup>2</sup>. Ein Vergleich mit der Stadt Wien (4.437 EW/km<sup>2</sup>) zeigt, dass in Wien fast doppelt so viele Einwohner/km<sup>2</sup> gemeldet sind als in Graz. (Stadt Graz, 2017b)

In Abb. 22 (S. 65) findet eine genauere Betrachtung bezogen auf die Bevölkerungsdichten in den einzelnen Bezirken in Graz statt. Die Darstellung über die

sich ändernde Bevölkerungsdichte zeigt, dass es gerade in den Innenstadtbezirken ab 1950 eine starke Abnahme der Bevölkerungsdichte gab, während die Dichte in den Randbezirken gleich blieb oder sogar anstieg. Der bis 1990 andauernde Trend der Absiedelung aus den Innenstadtbezirken ist momentan rückläufig, der Siedlungsraum in den Randbezirken jedoch sehr begehrt.

Die aktuelle Situation (ebenfalls in Abb. 22, S. 65 ersichtlich) spiegelt den Trend wider, dass das Leben in den Innenstadtbezirken an Attraktivität gewonnen hat. Die Bezirke II St. Leonhard, VI Jakomini und IV Lend verzeichnen momentan die größten Bevölkerungsdichten mit 10.351 EW/km<sup>2</sup>, 9.438 EW/km<sup>2</sup> und 9.313 EW/km<sup>2</sup>. In den Randbezirken ist die Dichte nach wie vor erwartungsgemäß sehr viel niedriger, jedoch über die Aufzeichnungen seit 1950 relativ konstant mit ansteigender Tendenz.

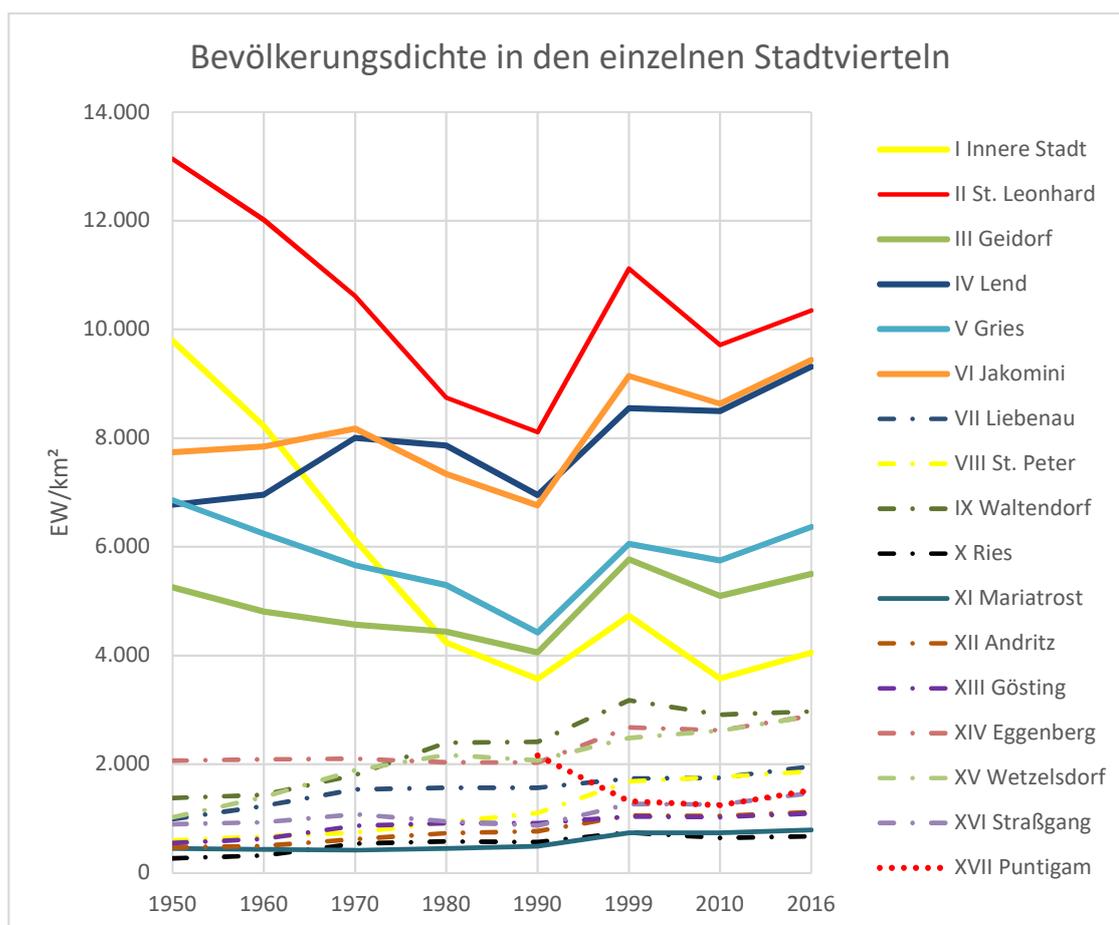


Abb. 22: Bevölkerungsdichte 1950 – 2016, (Stadt Graz, 1950 - 2016) eigene Darstellung

In der Grafik (Abb. 22, S. 65) sind die durchschnittlichen Bevölkerungsdichten aller Stadtbezirke über die Zeit abgebildet. Verschiedene Strichtypen kategorisieren die Stadtbezirke zusätzlich. An diesen ist abzulesen, seit wann die einzelnen Bezirke Teil der Stadt sind. Die durchgezogenen, dicken Striche wurden für die Bezirke eingesetzt, die 1869 aus 15 Vierteln zu fünf Bezirken zusammengefasst und umbenannt wurden. Strichpunktierte Linien spiegeln die Bezirke wieder, die 1938 eingemeindet wurden. Dünne durchgezogen Striche stehen für Bezirke, die sind von einem anderen Bezirk abgespalten haben. Der 1988 eingemeindete Stadtbezirk Puntigam wurde punktiert eingezeichnet.

Die Grafik beweist, dass sich immer wieder verschiedene Trends einstellen. Somit ist von einer Verlagerung der Bevölkerung und folglich von einem dynamischen Wachstum der Stadtteile auszugehen.

Um die flächenmäßige Ausdehnung der Stadt Graz zu unterbinden, wurde seitens des Grazer Stadtplanungsamtes eine Strategie zur Nachverdichtung ausgearbeitet. Die Idee dahinter ist, sehr dünn besiedelte Bereiche und stillgelegte Industriegebiete im Grüngürtel rund um Graz zu be- und verbauen. Das erklärte Ziel ist es, freie Flächen in Graz zu füllen. Eine Nachverdichtung in den Innenstadtbezirken könnte laut Bernhard Inninger, Abteilungsvorstand des Grazer Stadtplanungsamtes, durch Aufstockung von Häusern und der Nutzung von Innenhöfen bewerkstelligt werden. (Zoidl, 2014)

#### 3.4.2 *Auswirkung auf die Bebauungsdichte*

Für die hohe Bevölkerungsdichte um 1950 musste Wohnraum geschaffen werden. Dies führt dazu, dass in den Bezirken Innere Stadt und St. Leonhard schon sehr bald 90 % und mehr der zur Verfügung stehenden Grundstücke bebaut waren. Zu diesem Zeitpunkt (1950) gab es in den Randbezirken noch rund 20 – 25 % an unbebauten Grundstücken. Bis heute gibt es einen starken Trend zur Abwanderung von innerstädtischen Bezirken in die Randbezirke. Dadurch werden zusätzliche Flächen versiegelt, die Möglichkeit der Versickerung von anfallendem Niederschlag vermindert und damit die Gefahr der Hochwässer erhöht.

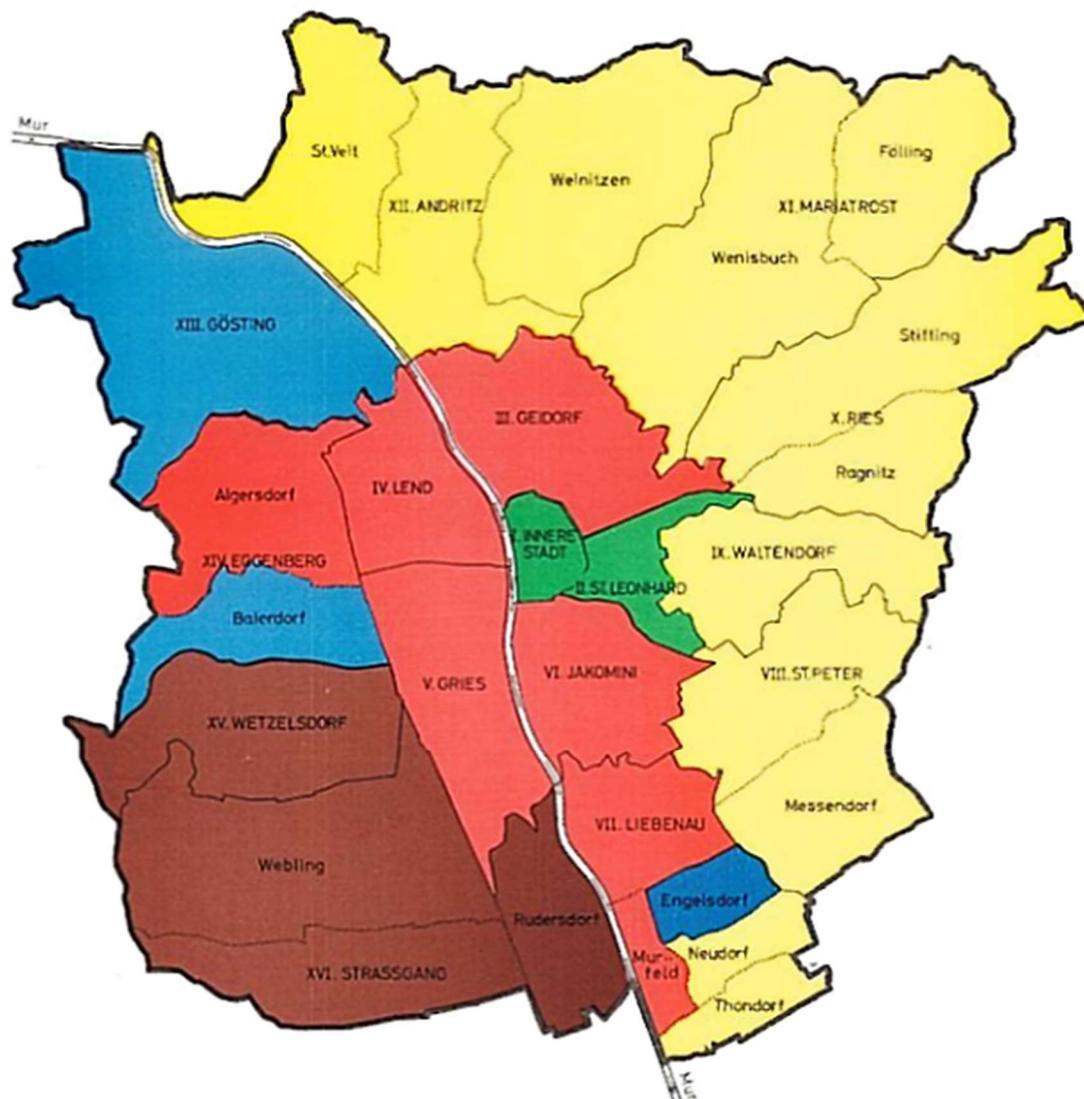


Abb. 23: Unbebaute Grundstücke 1970 (Stadt Graz, 1972)

	Unbebaute Grundstücke
	0 – 10 %
	10 – 15 %
	15 – 20 %
	20 – 25 %
	25 % und mehr

Die Landeshauptstadt selbst verfügt über rund 51 km<sup>2</sup> (= rd. 40 % der Gesamtfläche) an nicht bebaubaren Grünflächen. Der positive Nebeneffekt des Hauptnutzens als Erholungs- und Freizeitflächen ist die Versickerung im Niederschlagsfall. (Steurer, 2009)

### 3.4.3 Straßen

Einen wesentlichen Einfluss auf die Flächenversiegelung haben die mittlerweile fast 1.000 Straßenkilometer samt Gehwegen und Fahrradstreifen. Ein Blick in die Vergangenheit zeigt, dass es in Graz bereits im Jahr 1948 rund 740 Straßenkilometer gab. Davon waren lediglich 4 % gepflastert, 96 % bestanden aus wasserdurchlässigem Material. Über 50 Jahre später, im Jahr 1999, sind 877 Straßenkilometer vermerkt. Davon sind knapp 9 % gepflastert, fast 81 % bituminös verbaut und nur mehr rund 10 % nach makadam'scher Bauweise errichtet.

Aus dieser Entwicklung kann schlussgefolgert werden, dass nicht die Anzahl der Straßenkilometer hinsichtlich des Verhaltens im Hochwasserfall als problematisch eingestuft werden muss, sondern ihre Bauart.

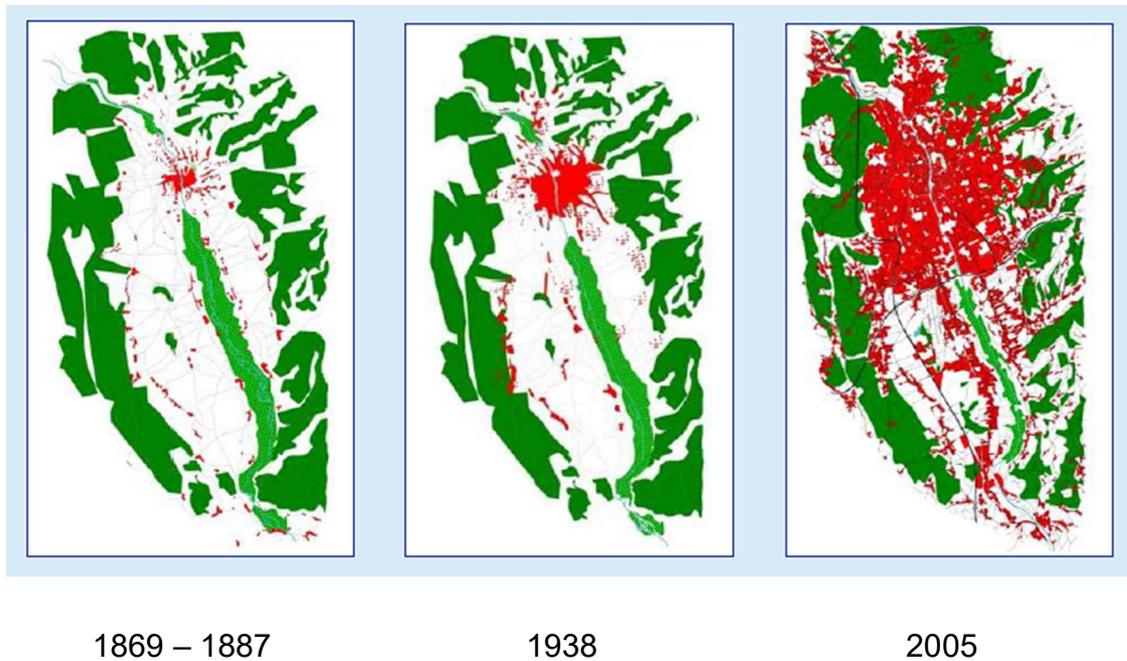
## 3.5 Versiegelte Flächen

Durch das Anwachsen der Bevölkerung und die sich ändernden Ansprüche muss neuer Wohnraum, verbunden mit infrastrukturellen Maßnahmen, geschaffen werden. Als Folge daraus wird der Untergrund immer weiter versiegelt. Die Hochwassersituation spitzt sich zu.

Die nachfolgende Abb. 24 (S. 69) gibt Auskunft über die Versiegelung der Flächen in Graz; beginnend mit einer angenommenen, rekonstruierten Besiedelung um das Jahr 1880, gefolgt von der Situation vor dem 2. Weltkrieg, im Jahr 1938. Die 3. Grafik bezieht sich auf das Jahr 2005. Vergleicht man die Entwicklung zwischen den ersten beiden Grafiken (dazwischen liegen rd. 60 Jahre) und den beiden letzten Grafiken (dazwischen liegen 67 Jahre) fällt auf, dass sich die Verbauung zwischen 1938 – 2005 exponentiell gesteigert hat. Mit der Entwicklung der in Graz gemeldeten Bevölkerung ist der Trend nicht zu erklären. Zwischen 1880 und 1938 verzeichnet Graz ein Plus von rd. 54.000 Personen. In den Jahren

zwischen 1938 und 2005 registrierte man jedoch lediglich einen Zuwachs um rd. 17.000 Personen (siehe Abb. 21, S. 63).

Die zunehmende Versiegelung ist dementsprechend nicht zwangsläufig auf die Bevölkerungszunahme zurückzuführen. Sozialökonomische Gesichtspunkte wie die finanzielle Lage und geänderte Ansprüche sind naheliegende Gründe für die vorherrschende Versiegelungssituation in Graz.



*Abb. 24: Siedlungsentwicklung 1869 – 2005 (Wiener und Hornich, 2007)*

Gibt es weiterhin kein Umdenken in Bauart und -form, könnten Graz und Umgebung im Jahr 2050 folgendermaßen aussehen:



*Abb. 25: Prognose für 2050 (Wiener und Hornich, 2007)*

Nur ein sehr geringer Anteil der gesamten Fläche scheint in dieser Prognose als unverbaut auf. Dem Siedlungsdruck gerecht zu werden und gleichzeitig auf den Hochwasserschutz zu achten, stellt eine große Herausforderung dar.

Eine Entschärfung der prekären Hochwassersituation ist dringend notwendig. Dazu müssen die verschiedenen Themenbereiche gesondert betrachtet werden. Im Bereich Hochbau könnte die Lage beispielsweise verbessert werden, in dem Nachverdichtung dem Neubau vorgezogen wird. Die Versiegelung durch Straßenbauten ist unumgänglich. Entsprechende Entwässerungssysteme im Zusammenspiel mit dem verfügbaren Volumen im Kanalisationssystem sind notwendig. Eine weitere Möglichkeit zur Entschärfung der Situation wird durch die Verpflichtung zur Errichtung von Niederschlagsversickerungsanlagen auf privaten Grundstücken umgesetzt. In Graz gibt es diese Verpflichtung bereits. (Stadt Graz, 2015) Die Einführung von Kanalgebühren, abhängig von der versiegelten Fläche, würde einen Anreiz schaffen, Versickerungsflächen, auch ohne gesetzlicher Verpflichtung, zu errichten und erhalten. (Muschalla, 2016)

### 3.6 Klimatische Bedingungen

In der vorliegenden Arbeit werden unter diesem Punkt lediglich die Bereiche Temperatur und Niederschlag behandelt. Soweit nachvollziehbar, wurden die Werte der Messstation an der Karl-Franzens-Universität (bestehend seit 1836, Seehöhe 367 m. ü. A.) herangezogen. Diese Werte finden sich in den statistischen Jahrbüchern der Stadt Graz wieder, vervollständigt durch Informationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, kurz ZAMG. (Stadt Graz, 1947 – 2016; ZAMG, 1999 – 2016) Dieser Messpunkt wurde gewählt, weil es der einzige, offizielle, zentrumsnahe situierte Messpunkt ist. Insgesamt verfügt Graz über drei Messstationen. Die beiden übrig gebliebenen befinden sich am Flughafen und in Straßgang.



Abb. 26: Meteorologische Station Universität Graz (IGAM, 2017)

Nicht außer Acht gelassen werden darf, dass sich schon bei geringen geographischen Änderungen des Messpunktes große Änderungen in den Messwerten ergeben können. Die Begründung dafür liegt in der oft kleinräumigen, lokalen Wetersituation. So kann zur selben Zeit ein Starkregenereignis in Andritz stattfinden, während es in der Innenstadt nieselt oder kein Niederschlag zu verzeichnen ist. Diese Tatsache macht klar, wieso es von Bedeutung ist, sich immer auf denselben Messpunkt zu beziehen.

Aufzeichnungen der gemessenen Tagesdaten gibt es in der Regel erst ab Ende des 2. Weltkrieges. Das Archiv, in dem fast alle Tagesdaten österreichischer Wetterstationen aufbewahrt wurden, fiel einem Angriff zum Opfer, die gesammelten Daten wurden zerstört. (Steininger et al., 2005)

### 3.6.1 *Temperatur*

Um die allgemeinen Aussagen, die zunehmende Temperatur betreffend, zu überprüfen, wurden Daten aus oben genannten Quellen herangezogen und ausgewertet. Erfassung und Auswertung unterliegen einem genormten Prozedere, welches es einzuhalten gilt. Nähere Informationen dazu finden sich ab S. 72. Die Ergebnisse können erst richtig interpretiert werden, wenn der Begriff und die Einheit der Temperatur bestimmt ist bzw. die Art und Weise sowie der Ort der Messung definiert sind.

#### 3.6.1.1 *Messgröße und Messung*

Die Temperatur ist eine physikalische Größe und beschreibt in diesem Kontext ausschließlich die Lufttemperatur. In Österreich wird zur Beschreibung der Temperatur die Einheit Grad Celsius (°C) verwendet. Die Messung erfolgt mit Hilfe von Thermometern (Quecksilber-, Widerstands- oder Extremwertthermometer) oder eines Temperaturschreibers.

Dadurch, dass der Temperatúraustausch zwischen Umgebungsluft und Thermometer sehr träge ist, ist der Einfluss von Störfaktoren auf die Messung ein reales Problem und darf nicht vernachlässigt werden. Um möglichst wahrheitsgetreue und vergleichbare Messwerte zu generieren, muss die Einwirkung dieser bestmöglich minimiert werden. Beeinflussende Faktoren sind beispielsweise Wasserdampf, Wind, Strahlung und Feuchte. Parallel zur Temperaturmessung werden auch die Störfaktoren gemessen und dem Messergebnis als ergänzende Information beigefügt. Um störende Einflüsse auf die Messung so gering wie möglich zu halten, behilft man sich mit physikalischen Methoden, die einer internationalen Norm entsprechen. Sie sind der Grund dafür, dass das Thermometer von einer Thermometerhütte umgeben ist. Diese Einhausung ist weiß gestrichen und belüftet, damit es zu keiner selbstständigen, zusätzlichen Erwärmung kommt. Um das Messgerät kommt es zu keiner Wind- oder Strahlungsbeeinflussung. Das Thermometer muss auf einer Höhe von 2 m über dem Boden installiert sein und darf nicht zusätzlich durch Gebäude oder Vegetation beschattet werden. Der Standort soll umgebungstypische Messwerte erlauben. Expo- nierte Stellen oder beispielsweise Senken sind daher für die Messung nicht zu empfehlen. Werte sollten mit Ergebnissen aus anderen repräsentativen Standor- ten verifiziert werden. Die Ablesung erfolgt dreimal täglich (7h, 14h, 21h MEZ). Das in dieser Arbeit herangezogene Jahresmittel wird aus der Summe dieser Werte errechnet. (Prettenthaler et al., 2010)



Abb. 27: Ther-  
mometer  
(HBLFA Raumb-  
erg-Gumpen-  
stein, 2016)

### 3.6.1.2 Datenauswertung

Das nachfolgend angeführte Diagramm (Abb. 28, S. 73) zeigt die mittlere Jahrestemperatur sowie die Maximal- und Minimaltemperaturen über die Jahre 1947 – 2016. Die gemessenen Werte untermauern den Trend zur allgemeinen Temperaturzunahme.

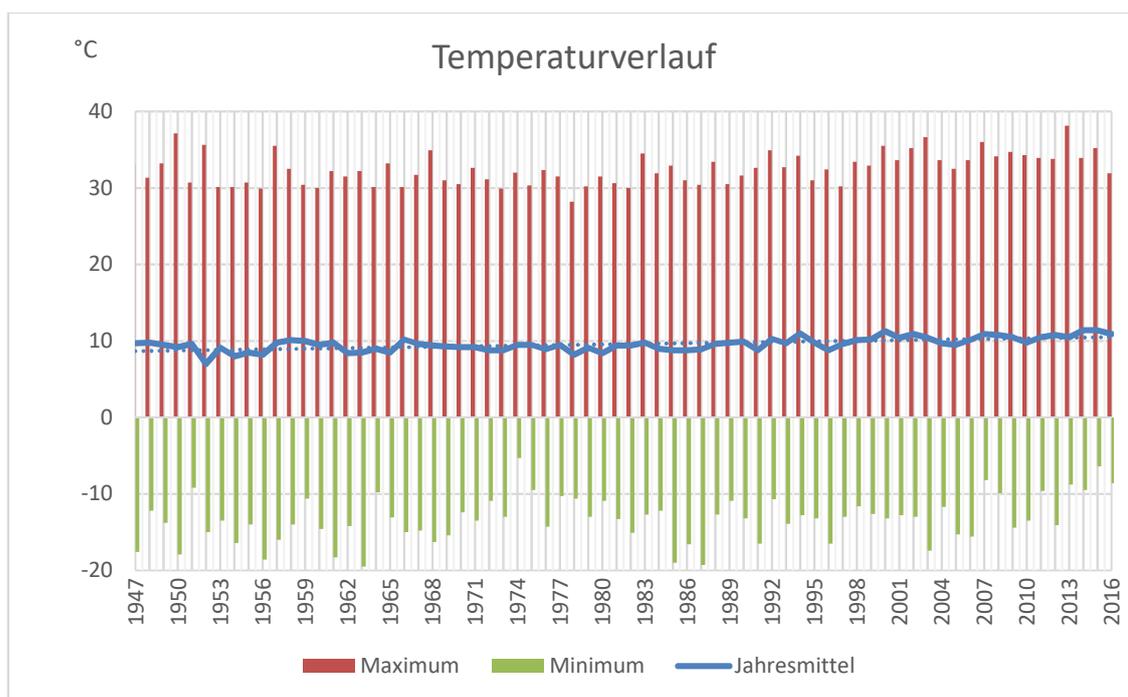


Abb. 28: Temperaturverlauf 1947 – 2016 (Stadt Graz, 1947 - 2016), eigene Darstellung

In den letzten 70 Jahren ist ein durchschnittlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur um rund 1,7 °C zu beobachten. Maximaltemperaturen steigen ebenso wie die Minimaltemperaturen. Die wichtigsten Zahlen seit 1947 sind nachfolgend dargestellt.

Jahresmitteltemperatur <sub>1947 – 2016</sub> :	9,6	°C	
Höchste Jahresmitteltemperatur:	11,4	°C	(2014, 2015)
Niedrigste Jahresmitteltemperatur:	7,0	°C	(1952)
Höchste aufgezeichnete Tagestemperatur:	38,1	°C	(2013)
Tiefste aufgezeichnete Tagestemperatur:	-19,5	°C	(1963)
Mittlere Jahrestemperatur 2016:	10,9	°C	
Höchste Tagestemperatur 2016:	31,9	°C	
Tiefste Tagestemperatur 2016	-8,6	°C	

Die Tendenz zur allgemeinen Temperaturzunahme wird außerdem von der Anzahl der Tage, an denen „extreme“ Temperaturen erreicht werden, untermauert. In den statistischen Aufzeichnungen werden diese Tage kategorisiert. Seit 1947 gibt es die Unterscheidungen zwischen Eis-, Frost- und Sommertagen. Seit 1995 gibt es die weitere Kategorie der Tropentage. Die verschiedenen Kategorisierungen werden wie folgt definiert:

Bezeichnung	Definition	Durchschnittliche Tagesanzahl pro Jahr
Eistag	Die Tagesmaximaltemperatur liegt unter 0°C.	22
Frosttag	Die Tagesminimaltemperatur liegt unter 0°C.	96
Sommertag	Die Tageshöchsttemperatur erreicht oder überschreitet die 25°C-Marke.	55
Tropentag	Die Tageshöchsttemperatur erreicht oder überschreitet 30°C.	18

Tab. 4: Kategorisierung nach Temperatur (Stadt Graz, 1947 - 2016)

Die zwischen 1947 und 2016 in Graz erhobenen Werte liefern folgendes Ergebnis: Über die letzten fast 70 Jahre gab es im Durchschnitt rund 22 Eistage pro Jahr. 2016 wurden nur zwölf Tage vermerkt, die in diese Kategorisierung fallen. Durchschnittlich gibt es rund 95 Frosttage im Jahr, 2016 wurden 74 Tage gezählt. Die jeweilige durchschnittliche Anzahl wurde zuletzt 2010 bzw. 2011 erreicht. Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass es in Graz weniger kalte Tage gibt. Die Anzahl der Tage mit höheren Temperaturen steigt hingegen. Die durchschnittliche Anzahl der Sommertage pro Jahr beträgt 56 Tage. Das letzte Jahr, in dem diese Zahl nicht erreicht wurde, war 2014 (51 Tage). Seither steigt die Anzahl der Sommertage nahezu kontinuierlich. 2015 und 2016 gab es in Graz 85 Sommertage. 2003 wurde der bisherige Rekord (seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1947) mit 107 Sommertagen gebrochen. 2003 erreichten 41 Tage des Jahres Tageshöchsttemperaturen von 30°C und mehr. Alleine die Tatsache der neuen Kategorie „Tropentage“ untermauert die Theorie der Klimaerwärmung ungemein. (Stadt Graz, 1947 - 2016)

### 3.6.2 Niederschlag

Die Daten für die Auswertungen des Niederschlags stammen aus denselben Quellen wie jene, die die Temperatur betreffen. Um die richtige Interpretation der Daten möglich zu machen, soll auch hier eine kurze Beschreibung des Begriffes Niederschlag und der zugehörigen Messmethode erfolgen.

### 3.6.2.1 Messgröße und Messung

Niederschlag ist jener Teil des atmosphärischen Wasserdampfes, der im Zuge des Wasserkreislaufes in fester (Schnee, Hagel, Graupel) oder flüssiger (Regen) Form (aber auch in Mischform) auf den Untergrund gelangt. Der Untergrund kann ebenso von flüssiger oder fester Beschaffenheit sein.

Die Messung des Niederschlags wird in der Theorie sehr einfach beschrieben, kann in der praktischen Durchführung aber problematisch sein. Gängige Messeinrichtungen sind das Ombrometer, der Totalisator und der Ombrograph oder Niederschlagschreiber. In Österreich wird die Niederschlagsmessung mit dem österreichischen Gebirgsregmesser durchgeführt. Dieser unterscheidet sich vom klassischen Ombrometer durch die Größe der oberen Querschnittsfläche. Ein Ombrometer hat einen oberen Querschnitt von 200 cm<sup>2</sup> (= ca. 16 cm Durchmesser), während der österreichische Gebirgsregmesser 500 cm<sup>2</sup> (= ca. 25 cm Durchmesser) aufweist. Durch die größere Auffangfläche können höhere Messgenauigkeiten erzielt werden. Der weitere Aufbau ist bei beiden Gefäßen gleich. Der obere Durchmesser verringert sich zum zylindrischen Auffanggefäß hin trichterförmig. Das Auffanggefäß ist mit einer Messskala ausgestattet, welche das Ablesen der Niederschlagshöhe in mm erlaubt. Die höchste erzielbare Ablesegenauigkeit ist 1/10 mm. Das Ablesen erfolgt jeweils um 07:00 Uhr. Der gemessene Niederschlag wird dem Vortag zugeschrieben. Um möglichst realitätsgetreue Werte zu erhalten, wird das Messgerät auf einer weitgehend freien Fläche aufgestellt. Die Auffangfläche soll sich dabei in einer Höhe von 1 m über dem Untergrund befinden. Ist Schneefall zu erwarten, muss das Gefäß modifiziert werden.



Abb. 29: Ombrometer

Die Messung des Niederschlags birgt, wie eingangs schon erwähnt, einige Fehlerquellen in sich. Diese sind beispielsweise das falsche Aufstellen des Messgefäßes oder herausspringende Hagelkörner. Bei schwachem Niederschlag wird der abgelesene Wert oft durch die Benetzung der Gefäßoberfläche verfälscht. (Prettenthaler et al., 2010)

### 3.6.2.2 Datenauswertung

Ähnlich der vorab beschriebenen Temperaturzunahme verhält sich auch der Niederschlag. Die Tendenz zu einer steigenden Jahresniederschlagsmenge ist in Abb. 30 (S. 76) ersichtlich. Die Trendlinie zeigt, dass sich der Gesamtniederschlag seit 1947 um etwa 70 mm erhöht hat. Die seit Beginn der Aufzeichnungen immer wieder auftretenden Jahresniederschlagsspitzen, sowohl Maxima als auch Minima, sind ebenfalls in der Grafik identifizierbar. Das absolute Maximum wurde 2009 aufgezeichnet. In diesem Jahr wurden 1.205 mm an Niederschlag verzeichnet. Der zweithöchste Wert mit 1.169,4 mm wurde 1965 verzeichnet. Starke Unwetter prägten die Steiermark und das Nachbarbundesland Kärnten in diesem Jahr. Auch das gegenteilige Phänomen stellt sich alle paar Jahre ein. Spitzenreiter der niederschlagsarmen Jahre war das Jahr 2001 mit 560 mm gemessenem Niederschlag. Knapp dahinter blieben die Jahre 1953 mit 571,2 mm und 1971 mit 582,1 mm Jahresniederschlag.

Über die letzten 70 Jahre ergibt sich ein durchschnittlicher Jahresniederschlag von 835,1 mm pro Jahr. 2016 lag der gemessene Niederschlag im durchschnittlichen Bereich. 818 mm Niederschlag wurden gemessen.

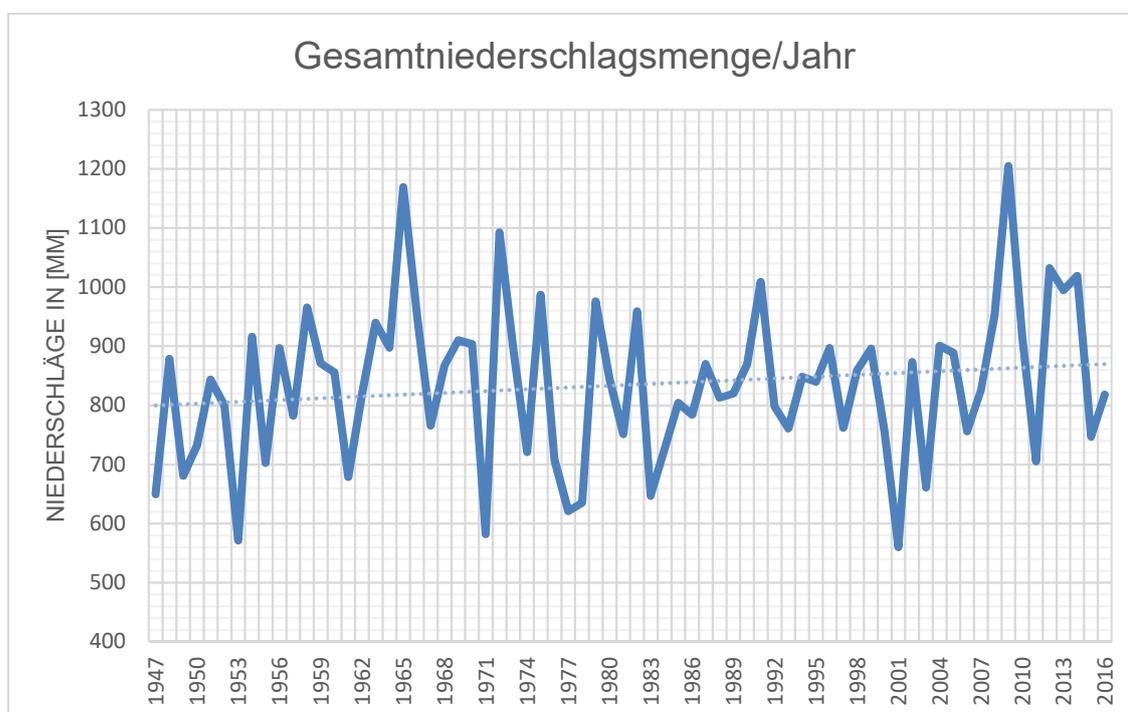


Abb. 30: Gesamtniederschlagsmenge pro Jahr 1947 – 2016 (Stadt Graz, 1947 - 2016)

Dass der gesamte Jahresniederschlag nicht in direktem Zusammenhang mit den maximalen Tagesniederschlägen steht, ist in der nächsten Abbildung (Abb. 31) erkennbar. Jahre mit sehr hohen Gesamtniederschlägen haben oft nur sehr geringe Tagesmaxima oder umgekehrt. Der höchste Tagesniederschlagswert seit 1947 wurde im Jahr 2013 mit einer Niederschlagsmenge von 86 mm innerhalb von 24 h gemessen. Ein Vergleich mit dem durchschnittlich erreichten Tagesniederschlagsmaximalwert von 48 mm in 24 h zeigt, dass die 2013 gemessene Menge beinahe doppelt so hoch ist. Zwischen 1964 – 1975 wurde eine Periode mit häufig hohen Tagesmaximalwerten verzeichnet. Der gegenläufige Trend zeichnete sich zwischen 1977 – 1983 ab. Die Tendenz zu einem steigenden Tagesniederschlagsmaximum ist auch in diesem Fall zu erkennen.

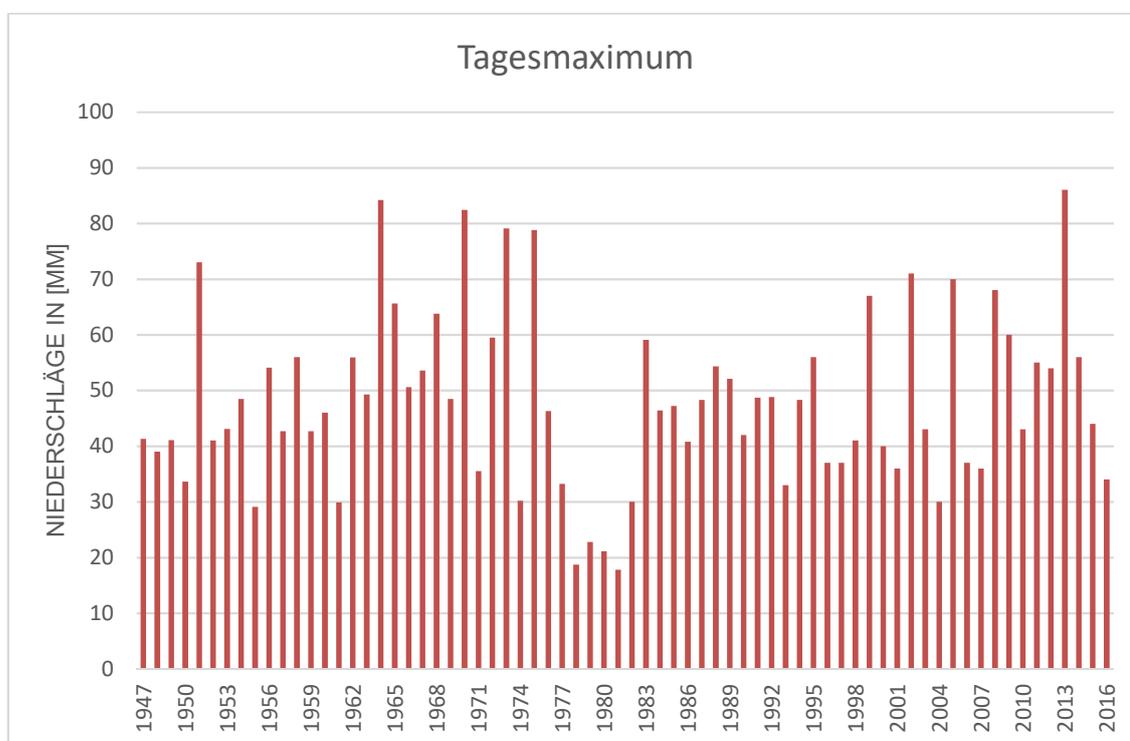


Abb. 31: Maximale Niederschläge an einem Tag für die Jahre 1947 – 2016  
(Stadt Graz, 1947 - 2016)

### 3.6.2.3 Zusammenhang mit Hochwasserereignissen

Der Jahresniederschlag ist kein direkter Indikator für hochwasserreiche Jahre. Naheliegender ist die Korrelation mit den maximalen Niederschlägen innerhalb von 24 h. Wie die nachfolgenden Beispiele zeigen, kann auch dieser Wert nicht

als garantierter Anzeiger für ein Hochwasser herangezogen werden. Grund dafür ist, dass das Ablesen immer zur gleichen Uhrzeit stattfindet.

Folgendes Beispiel erklärt diesen Sachverhalt: Dauer des Niederschlagsereignisses zehn Stunden, 02:00 – 12:00, Ablesezeit 07:00, fünf Stunden des Niederschlags werden dem ersten Tag zugeschrieben, fünf Stunden dem zweiten. Die Auswertung liefert keine Information über den gesamt gefallenen Niederschlag im Zuge des Ereignisses. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, muss eine Zuordnung der abgelesenen Werte zu einem Ereignis erfolgen.

Die Tatsache der geringen Aussagekraft des Jahresniederschlags bezogen auf Hochwässer ist einfacher zu begründen: Ist der Niederschlag ausgewogen über das Jahr verteilt, kann das Wasser in den Boden einsickern, in tiefere Schichten absinken und den Boden wieder aufnahmebereit machen. Bei großen Niederschlagsmengen in kurzer Zeit kann dieser Vorgang nicht vollständig ausgeführt werden. Oberflächliche Wasserabfuhr ist die Folge. Beeinflussend für die Bildung von Hochwässern ist auch der Zustand, in dem der Niederschlag auf den Untergrund auftrifft. Weitere allgemeine Informationen über Entstehung und Ausprägung von Hochwasser sind im Kapitel 2, S. 2 erläutert.

Hochwässer müssen sich nicht zwangsläufig über große Gebiete ausbreiten. Am Beispiel Schöckelbach – Andritzbach ist dieses Phänomen gut erkennbar. Trotz der geografischen Nähe beider Gerinne kommt es vor, dass einer der beiden Bäche hochwasserführend ist, der andere nicht. (Jöbstl et al., 2011)

### **Exkurs zum Jahrhunderthochwasser von 2002**

Als anschauliches, überregionales Beispiel für die lokale Verteilung kann das Jahrhunderthochwasser 2002 herangezogen werden. Es erstreckte sich über weite Teile Mitteleuropas und zog Schäden in Höhe von rund € 18,5 Milliarden (€ 3 Milliarden in Österreich) nach sich. 37 Menschen verloren auf Grund dieses Extremereignisses ihr Leben. Am stärksten betroffen waren Deutschland, Österreich und Tschechien. (Müller, 2010)

Über ganz Österreich wurden großflächige 50- bis 100-jährliche Hochwässer verzeichnet. Bisherige Höchstwerte wurden erreicht und überschritten. In der ersten

Niederschlagsphase waren das Mühl- und Waldviertel und das Salzkammergut am stärksten betroffen. Die zweite Niederschlagsphase konzentrierte sich vorerst auf den Westen Österreichs und führte zu Überschwemmungen in Vorarlberg. Auch in dieser Phase blieben das Mühl- und Waldviertel nicht verschont. Schäden in der oberösterreichisch-niederösterreichisch-steirischen Grenzregion wurden beobachtet.

In der Steiermark waren die Hauptvorfluter der Enns und der Traun und teilweise auch die der Mur hochwasserführend. Die Enns beispielsweise erreichte in Schladming ein HQ100 und übertrumpfte somit den bis dahin höchsten Durchfluss (gemessen im Jahr 1951). In Schladming und Umgebung wurden Infrastruktureinrichtungen und Gebäude überflutet, einzelne Ortschaften waren von der Außenwelt abgeschnitten. Mehrere Zuflüsse der Enns traten im Großraum Liezen über die Ufer.

In die steirischen Geschichtsbücher wird die Jahrhundertflut von 2002 lediglich als kleinräumiges Hochwasser eingehen. Vom großen Ausmaß der Flut blieben das Bundesland und auch seine Hauptstadt verschont. (Habersack und Moser, 2003) Für große Teile Österreichs hat dieses Unwetter jedoch schwere Folgen nach sich gezogen.

Ein Vergleich der maximalen Tagesniederschlagssumme von 2002 und 2009 zeigt, dass es im Jahr 2002 (trotz 71 mm max. Tagesniederschlagssumme) zu keinem nennenswerten Hochwasserereignis in Graz kam. 2009 (lediglich 60 mm max. Tagesniederschlagssumme) hingegen gab es in der Landeshauptstadt einige hochwasserbedingte Schäden zu beklagen (Messstation Karl-Franzens-Universität).

### **3.7 Hochwasserereignisse in Graz**

In diesem Kapitel werden die maßgeblichen Hochwässer in Graz beschrieben. Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### 3.7.1 1807 und 1843

Erste Hochwässer sind bereits aus den Jahren 1807, 1827 und 1843 überliefert. Die Ereignisse zogen auf Grund der damals niedrigen Bebauungsdichte verhältnismäßig geringe Folgen nach sich. Ein vergleichbares Ereignis würde heute weitaus größere Schäden verursachen.



*Abb. 32: Hochwasser 1827, Graz (Hornich, 2007)*

### 3.7.2 1913 und 1916

Eines der stärksten je aufgezeichneten Hochwässer in Graz fand am 16. Juli 1913 in Stiftingtal bei Graz statt. 600 mm Niederschlag innerhalb von drei Stunden und ein Gesamttagesniederschlag von 650 l/m<sup>2</sup> führten zu großen Überschwemmungen. (Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013; SKYWARN AUSTRIA, 2017)



Abb. 33: Hochwasser 1913, Leonhardbach, beim Bachwirt (Buschek, 2002)

Der Leonhardbach trat über die Ufer. Straßen und Keller, vor allem in Bereich der Schillerstraße und der Naglergasse, wurden überflutet. Brücken vielen den Fluten zum Opfer und zwei Menschen ertranken. Dieses Ereignis veranlasste zu einem ersten Ausbau der Grazer Bäche. (Buschek, 2002)

Nur drei Jahre später, im Jahr 1916 wurden wieder schwere Überschwemmungen in Graz gemeldet. Erneut war der Bereich um den Stiftingbach schwer betroffen. (Wiener und Hornich, 2007)

### 3.7.3 Ende der 1940er-Jahre

Der Schöckelbach tritt über die Ufer, massive Überschwemmungen im Stadtteil Andritz sind die Folge. (Sackl, 2006)

### 3.7.4 1975

Bei dem Hochwasser am 28. Juni 1975 waren der Schöckelbach und der Mariatrosterbach die Hauptbetroffenen. Die Wetterstation der ZAMG bei der Karl-Franzens-Universität verzeichnete zu diesem Zeitpunkt 79 mm Niederschlag innerhalb von 24 h. (Wiener und Hornich, 2007) Der nachgerechnete Spitzenabfluss im Zuge dieses Ereignisses wurde mit 15 – 16 m<sup>3</sup>/s am Schöckelbach beziffert. Bei Betrachtung der nachfolgenden Bilder wird klar, welche Folgen ein Durchfluss dieser Größenordnung am Schöckelbach hat. (Sackl, 2006)



*Abb. 34: Mariatrosterbach 1975 (Wiener und Hornich, 2007)*



*Abb. 35: Schöckelbach 1975 (Wiener und Hornich, 2007)*

### 3.7.5 1989 – 1999

Schwere Sommergewitter führten immer wieder zu lokalen Überschwemmungen. Am Mariatrosterbach wurden solche im August 1989, im August 1996 und am 30. Juni 1998 registriert. Im Jahr 1999 war der Thörlbach im Schaftal betroffen. (Baumann, 2007)

### 3.7.6 2005

Das Hochwasser vom 21.08.2005 zieht in den Bezirken Andritz und Mariatrost derart große Folgen nach sich, dass es in diesen Bereichen als das vorläufig schwerste seit 1975 betitelt wird. Der Katastrophenalarm wurde ausgelöst. Nahezu alle Grazer Bäche traten über die Ufer. Die größten Überschwemmungen

verursachten die Bäche im Norden und Nordosten von Graz (Schöckelbach, Andritzbach, Gabriachbach im Bereich Andritz und ein Zubringer des Mariatrosterbaches). Zum großen Schadensausmaß kam es auf Grund des Zusammenwirkens der oberflächlichen Überschwemmungen, gepaart mit einer Überlastung des Kanalnetzes und dem sich dadurch bildenden Rückstau. Besonders die Bezirke Andritz und Mariatrost waren schwer betroffen. Die größten Schäden an einem Gerinne wurden am Schöckelbach angerichtet. Laut der Abflussuntersuchung von 1997 gibt es an diesem Gewässer auch das höchste Schadenspotenzial.

Die Gesamtdauer betrug 24 h (Nachmittag 20.08. – Nachmittag 21.08.2005). In dieser Zeit wurden im Bereich des Schöckelbaches 86 mm an Niederschlag gemessen, 37 mm davon fielen innerhalb von 2 h. Die Messstation an der Karl-Franzens-Universität verzeichnete sogar 125 mm Gesamtniederschlag. Der Niederschlag entsprach einer Jährlichkeit von 10 – 20 Jahren. Auf Grund der Vorbefeuchtung des Bodens war in den Gerinnen von einem HQ20 – HQ30 Abfluss auszugehen. Eine ähnlich hohe Niederschlagssumme wurde im gesamten Vormonat gemessen. (Sackl, 2005; 2006)

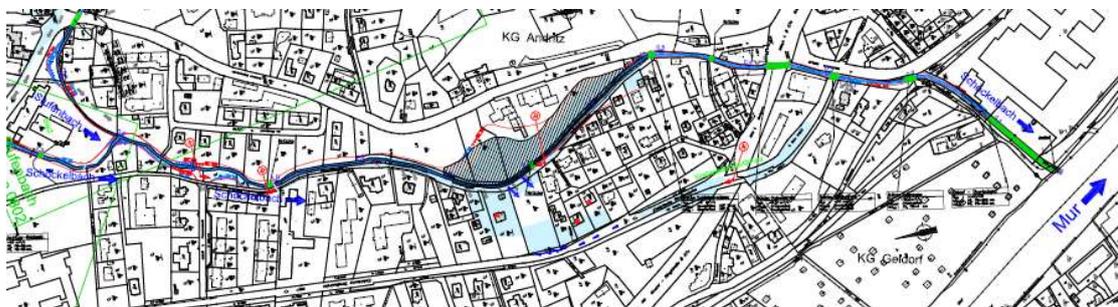


Abb. 36: Überflutungsflächen Schöckelbach, 21.08.2005 (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005)

Die Karte in Abb. 36 zeigt die im Zuge des Ereignisses am 21.08.2005 überfluteten Flächen entlang des Schöckelbaches. Die Hellblauen Bereiche waren überflutet.



Abb. 37: Radegunderstraße Nr. 92 (Sackl, 2005)



Abb. 38: Andritzer Reichsstraße/Gottlieb-Remschmidt-Gasse (Sackl, 2005)

### 3.7.7 2009

Wie in Abb. 30 (S. 76) erkennbar, wurden im Jahr 2009 überdurchschnittlich hohe Niederschlagsmengen gemessen. Stunden-, Tages- und Monatsniederschlagsrekorde wurden gebrochen. Die gemessenen Niederschläge lagen rd. 47 % über dem vieljährigen Durchschnitt. Der überwiegende Teil (rd.  $\frac{3}{4}$ ) fiel in den Monaten Mai bis September. Dies führte zu einer Anhäufung lokaler Überschwemmungen, zu überfluteten Kellern und Straßen und prägte den Sommer 2009. Graz wurde seitens der Stadtverwaltung auch in diesem Jahr zeitweise zum Katastrophengebiet erklärt. Am schwersten traf es erneut die bereits in Mitleidenschaft gezogenen Bezirke Andritz, Mariatrost und St. Peter. (ZAMG, 2009; Wallner und Höfler, 2009)



Abb. 39: Hochwasser in Graz 2009 (Stadt Graz 2009)

### 3.7.8 2013

In diesem Jahr wurde der höchste gemessene Niederschlag innerhalb von 24 h seit Beginn der Aufzeichnungen verzeichnet (siehe Abb. 31, S. 77). Intensive Niederschläge ergießen sich in der Nacht zum 7. Mai über Graz. Innerhalb von zwölf Stunden werden über  $82 \text{ l/m}^2$  gemessen. Wiederum sind die Bezirke St.

Peter und Andritz betroffen. Teile des Bezirkes Gösting sind ebenfalls überschwemmt. Insgesamt werden in dieser Nacht 550 Gebäude beschädigt und viele Straßen überflutet. Auf Grund des hohen Wasserstandes in der Mur mussten Stege, Radwege und Unterführungen gesperrt werden. (ZAMG, 2013)



*Abb. 40: Hochwasser 2013, Andritzbach  
(Stadt Graz, 2013)*



*Abb. 41: Veranschaulichung der Kraft des  
Wassers (Stadt Graz, 2013)*



*Abb. 42: Auswirkungen des HW 2013, Gabriachbach (Stadt Graz, 2013)*

## 4 Sachprogramm Grazer Bäche

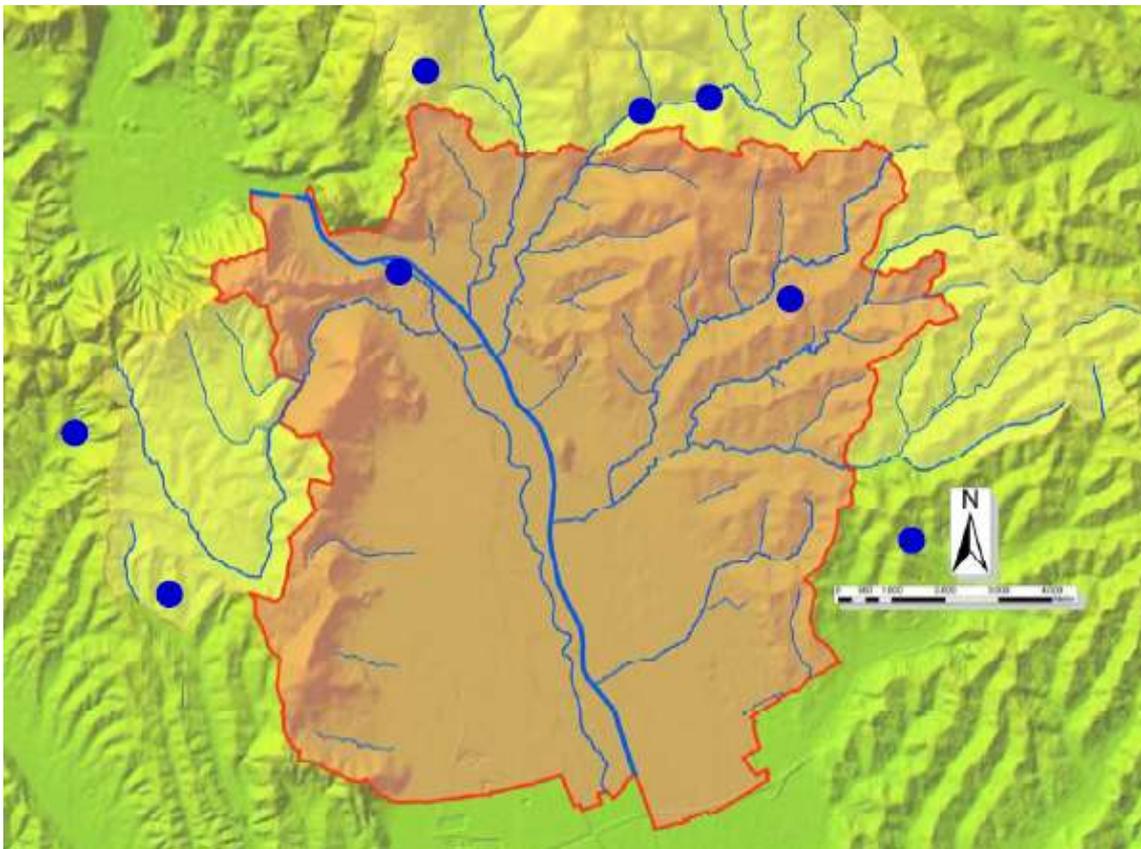
Die bereits beschriebene Hochwassersituation (siehe Kapitel 3.7, S. 79) mit den immer wiederkehrenden Ereignissen in Graz (bzw. Teilen von Graz) zeigte die Handlungsnotwendigkeit im Hochwasserschutz fortwährend auf. Diese gab schlussendlich auch den Anstoß zur Entwicklung des Sachprogrammes Grazer Bäche (SAPRO). Das SAPRO ist ein auf zehn Jahre angelegtes Projekt. Es wurde 2006 zur Umsetzung eines integrierten Hochwasserschutzes in der Stadt Graz implementiert. Erste Bestandsaufnahmen zeigten große Defizite an den Grazer Bächen auf. Was vergangene Hochwässer eindrücklich bewiesen haben, wurde nun auch schriftlich dokumentiert. Die Querschnitte der Bäche waren viel zu klein für ein schadloses Abführen der Wassermassen im Hochwasserfall. Die ökologische Funktionsfähigkeit war auf langen Strecken zu beklagen. Viele Bäche wurden über die Jahre immer mehr in den Untergrund verdrängt. Verrohrte naturferne Gerinne ersetzen natürliche Flussläufe. Einige Grazer Bäche mündeten in die Kanalisation. Die fehlenden Naherholungsgebiete stellen die Beteiligten ebenfalls vor Herausforderungen.

Um die genannten Problemfelder zeitnahe zu verbessern, wurden Ziele formuliert. Wichtigstes und somit primäres Ziel war es, einen nachhaltigen Hochwasserschutz für die ganze Stadt zu errichten. Ein möglichst großflächiger HQ100 – Hochwasserschutz wird angestrebt. Als sekundäre Ziele wurden vor allem die ökologische Aufwertung und die Renaturierung genannt. Durch diese Maßnahmen sollte der Lebensraum an Fließgewässern wieder attraktiver gemacht werden. Naherholungsgebiete sollen geschaffen bzw. verbessert werden. Ein weiteres erklärtes Ziel war es, Hindernisse für Fische und Kleinstlebewesen aufzuheben und so der natürlichen Artenvielfalt Lebensraum zurückzugeben.

Grundsätze zur Umsetzung wurden festgehalten. Die Maßnahmen sollten möglichst naturnahe implementiert werden. Anzustreben sind passive Hochwasserschutzmaßnahmen. Weiters sollten die Maßnahmen nicht direkt an den Gerinnen gesetzt, sondern bedarfsorientiert auf das Einzugsgebiet verteilt werden. Aus diesem Grund sind beispielsweise Retentionsmaßnahmen den Linearausbauten vorzuziehen. (Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013)

## Vorgeschichte

Erste Retentionsuntersuchungen an einigen Grazer Bächen wurden bereits im Jahr 1981 durchgeführt. Schon vor über 35 Jahren wurde festgestellt, dass der Bau von Hochwasserrückhaltebecken in und um Graz sinnvoll und nötig ist. Infolge der Untersuchung wurden acht Standorte, davon sechs außerhalb der Stadtgrenze, vorgeschlagen. Die beiden Empfehlungen für Graz waren für die Standorte Rechter Mühlgang an der Mur und in der Nähe des Mariatrosterbaches angedacht.



*Abb. 43: Standortempfehlung für Hochwasserrückhaltebecken 1981 (Wiener und Hornich, 2007)*

Eine umfangreichere Abflussuntersuchung wurde zwischen 1992 und 1997 durchgeführt. 41 Bäche mit einer Gesamtlänge von rund 62 km (~ 25 % des gesamten Gewässernetzes) wurden dabei näher betrachtet. Man musste sich eingestehen, dass die prekäre Hochwassersituation in Graz zu großen Teilen „hausgemacht“ ist. Gewässer wurden verbaut und eingeeengt, natürlich mäandrierende

Bachbetten begradigt oder verrohrt und in den Untergrund verdrängt. Untersucht und veröffentlicht wurden die Abflüsse bei einem 30-jährlichen und einem 100-jährlichen Ereignis. Nach der Betrachtung der aus diesen Abflüssen entstehenden Überflutungsflächen wurde klar, dass rd. 1.000 Gebäude in Graz hochwassergefährdet sind. (Wiener und Hornich, 2007) Detaillierte Informationen zu den Abflussuntersuchungen sind im gleichnamigen Kapitel (4.1.2, S. 92) zu finden.

### **Der Projektablauf**

Das Projekt wurde von der Stadt Graz und dem Land Steiermark initiiert. Vertreter der Stadt, des Landes, des Forsttechnischen Dienstes der Wildbach- und Lawinerverbauung und des Lebensministeriums verständigten sich in weiterer Folge auf die Erarbeitung des Strategiepapiers zum Sachprogramm Grazer Bäche. Finanziert wird das gemeinschaftliche Projekt von Stadt, Land und Bund.

Der Grundsatzbeschluss zum Sachprogramm Grazer Bäche wurde Ende 2004 gefällt. Im darauffolgenden Frühjahr folgten das Arbeitsprogramm und der benötigte Gemeinderatsbeschluss.

Basierend auf der Ist-Stand Erhebung (siehe Kapitel 4.1.1, S. 91) wurde ein Maßnahmenprogramm für 41 Grazer Bäche erarbeitet. Die Planungsarbeiten wurden im August 2006 abgeschlossen und ein Maßnahmenkatalog (siehe Kapitel 4.2, S. 95) wurde erstellt. Innerhalb von zehn Jahren sollte dieser zur Ausführung kommen.

Zur Umsetzung dieser Maßnahmen wurden die Grazer Bäche in 7 Haupteinzugsgebiete eingeteilt. Sieben Ingenieurbüros wurde ein Auftrag zur Planung der Maßnahmen erteilt. (Hornich, 2007)

## Projektstruktur und Verantwortlichkeiten

Projektleitung: Land Steiermark, Fachabteilung 19B, Rudolf Hornich  
Stadt Graz, A 10/5, Robert Wiener

Auftraggeber: Stadt Graz

Geschäftsführung: Land Steiermark, Fachabteilung 19B

Technische Projektsteuerung/Koordination: Ingenos ZT GmbH, Jürgen Kiessner

Zur Erarbeitung des SAPRO bzw. dem zugehörigen Maßnahmenkatalog wurden einzelne Fachbereiche gebildet, die sich mit den Themenbereichen Raumordnung, Ökologie, Siedlungswasserwirtschaft und Katastrophenschutz beschäftigten. (Wiener und Hornich, 2007).

Maßnahmenerarbeitung: 3 Projektgruppen

### Fachbereich Hochwasserschutz und Siedlungswasserwirtschaft

- Ingenieurgemeinschaft DI Anton Bilek & DI Gunter Krischner ZT GmbH (IGBK)
- DI Reinhard Burkelz
- DI Dr. techn. Thomas Haberl
- Hydroconsult GmbH
- DI Karl Klančnik
- DI Dr. techn. Kurz Kratzer
- DI Rolf Rakusch

### Fachbereich Raumplanung Stadtentwicklung

- Arch. DI Günter Reissner

### Fachbereich Gewässer und Freiraumplanung

- Freiland Umweltconsulting ZT

(Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

## 4.1 Ist-Standerhebung Grazer Bäche und der Mur

Um eine Basis für das Projekt zu schaffen, musste zuerst der Ist-Stand erhoben werden. Dazu wurde die Abflussuntersuchung von 1997 (ABU 1997) mit den bereits ausgewiesenen Hochwasseranschlagslinien (HQ30 und HQ100) herangezogen. Der Gefahrenzonenplan der WLV lieferte ebenfalls Informationen. Die Dokumentationen und Analysen des Hochwassers im August 2005 (siehe Kapitel 3.7.6, S. 82) lieferten weitere wichtige Ansatzpunkte. Um ein Gesamtbild der tatsächlich vorherrschenden Situation wiedergeben zu können, wurden ergänzende Vermessungen, Bachbegehungen und Abflussuntersuchungen durchgeführt. Die Abflussuntersuchungen für die Grazer Bäche wurden größtenteils von der Firma Hydroconsult GmbH durchgeführt.

### 4.1.1 ABU 1997

Lange vor dem SAPRO Grazer Bäche 2006 wurden erste Abflussuntersuchungen durchgeführt. Bereits im Jahr 1990 gab es den Vorschlag zu einer vollständigen Abflussuntersuchung aller Grazer Bäche. 1992 erteilte das Amt der Steiermärkischen Landesregierung den Auftrag zu einer eindimensionalen (1D) Abflussuntersuchung (Beschreibung der 1D-Abflussuntersuchung siehe S. 94). Bis auf wenige Gerinne sollten alle Grazer Bäche untersucht werden.

Zu diesem Zweck wurden hydrografische Gutachten eingeholt. Die Hydrologie wurde auf Basis eines Regionalisierungsmodells betrachtet. Mit Hilfe des Regionalisierungsmodells können flächendeckende Abflusskennwerte vorgelegt werden, auch wenn keine langjährigen Abflussaufzeichnungen vorhanden sind. Im Regionalisierungsverfahren werden Einzugsgebiete, Gewässernetzdichte und mittlere Neigungen der Oberflächen betrachtet und einbezogen. Die Kennwerte werden gemeinsam mit den ermittelten Abflusswerten im Regionalisierungsmodell wiedergegeben. Nach der Plausibilitätsprüfung des Modells fungierte es als

Basispunkt für nachfolgende Untersuchungen. Zusätzlich wurden Niederschlag – Abfluss Modelle (N-A Modelle)<sup>4</sup> für ausgewählte Grazer Bäche berechnet.

Die Projektdauer erstreckte sich über fünf Jahre (1992 bis 1997). Im Ergebnis wurden Lagepläne mit Wasseranschlagslinien erstmals auf Luftbildern präsentiert. Die Untersuchung wurde auch als Grundlage für den Flächenwidmungsplan herangezogen.

Zur Ergänzung der ABU 1997 wurden im Jahr 2002 erste zweidimensionale (2D) Untersuchungen durchgeführt (Beschreibung zur 2D-Abflussuntersuchung siehe S. 94). Erstmals wurde die Technologie des Laserscannens zur Erfassung und Vermessung des Geländes eingesetzt. Die 2D-Abflussuntersuchungen wurden punktuell durchgeführt, wo das 1D-Modell an seine Grenzen stieß.

Basierend auf der ABU 1997 und der ergänzenden Untersuchung im Jahr 2002 konnte die Planung zum Maßnahmenprogramm des SAPRO Grazer Bäche beginnen. Weitere N-A Modelle zur hydraulischen Optimierung geplanter Hochwasserschutzmaßnahmen wurden im Jahr 2006 durchgeführt. (Sackl und Gamerith, 2017)

#### 4.1.2 ABU IV

Eine weitere Abflussuntersuchung wurde im Jahr 2012 von der Steiermärkischen Landesregierung in Auftrag gegeben. Diese inkludierte die vollständige, zweidimensionale Berechnung von elf Bächen in Graz. Zusätzlich zur Abflussuntersuchung wurden N-A Modellierungen berechnet. Die Planung für mögliche Hoch-

---

<sup>4</sup> Niederschlag – Abfluss Modelle sind Systemuntersuchungen. Der meteorologische Niederschlag (Input) auf ein Einzugsgebiet wird in eine Abflussganglinie an einem Gewässerpunkt umgewandelt. Um diese Modelle anwenden zu können, müssen die Ereignisse durch eine physikalische Ursache – Wirkungsbeziehung zusammenhängen. Abflussmodelle sollten auf mindestens 3 – 5 Hochwasserereignissen, deren Ganglinien bereits bekannt sind, basieren. (Maniak, 2010)

wasserschutzkonzepte erfolgte darauf aufbauend. Mit der darauffolgenden Abflussuntersuchung „ABU V“ wurden die Auswirkungen der geplanten Schutzmaßnahmen erhoben. (Sackl und Gamerith, 2017)

#### 4.1.3 Durchführung der Abflussuntersuchung

##### 4.1.3.1 Modellbildung - Preprocessing

Die Basisinformationen für die Abbildung eines Bachlaufes und somit für die Bildung eines Modells werden aus der Begehung, dem Luftbild, aus der Vermessung und den Wasserständen bezogen. Die Begehung erfolgt durch qualifiziertes Personal. Um einen Eindruck der vorherrschenden Situation zu bekommen, ist die Aufnahme in situ von großer Bedeutung. Der Vermessungsumfang wird vom beauftragten Büro festgelegt. Ein flächendeckender Laserscan ist Stand der Technik. Dieser liefert zwei verschiedene Bilder. Einerseits wird ein Modell der Oberfläche angefertigt. Darunter ist die gesamte Erdoberfläche mitsamt darauf befindlicher Objekte wie Vegetation und Bebauung zu verstehen. Im Fachjargon wird es als DSM (digital surface model) oder DOM (digitales Oberflächenmodell) bezeichnet. Andererseits wird eine Abbildung der natürlichen Erdoberfläche geliefert. Die Fachbezeichnung hierfür ist DTM (digital terrain model) oder DGM (digitales Geländemodell). Informationen zu den Wasserständen liefern Abflussuntersuchungen oder N-A Modelle.

Die Informationen werden in das Berechnungsprogramm eingelesen. Der Bachlauf ist profilweise definiert. Um ein entsprechend genaues Modell zu generieren, werden Kunstbauten wie Brücken und Durchlässe, aber auch Uferborde händisch eingegeben. Das Vorland und die Sohle werden gesondert eingelesen. Das Modell wird vermascht. Eine Rauigkeit muss zugewiesen werden. (Sackl und Gamerith, 2017)

#### 4.1.3.2 Processing

##### **1D-Abflussuntersuchung**

Die 1D-Abflussuntersuchung wird mit einer Software zur Wasserspiegellinienberechnung, genannt WASPI, durchgeführt. Die Software basiert auf Programmen des US Army Corps of Engineers/Hydrologic Engineering Centre und wurde für die Bedürfnisse im deutschsprachigen Raum weiterentwickelt. Mit WASPI werden stationäre Abflussuntersuchungen durchgeführt und Wasserspiegellinien ausgegeben. (Sackl und Gamerith, 2017; Hydroconsult GmbH, 2016)

##### **2D-Abflussuntersuchung**

2D-Abflussuntersuchungen werden mit Hydro\_AS-2D simuliert. Bei Hydro\_AS-2D handelt es sich um ein hydrodynamisch – numerisches Programm, bereitgestellt von der Firma Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH. Es ist speziell für den Einsatz in den Bereichen Hochwasserschutz und Gewässerentwicklung sowie Vorsorge gegen Starkregen und urbane Sturzfluten ausgelegt. Simuliert werden können Überschwemmungsgrenzen, Überflutungsdauern und Strömungsgeschwindigkeiten, aber auch Wassertiefen, Retentionswirkung und mehr. Die grafische Darstellung ist mit dieser Software ebenfalls möglich. (Sackl und Gamerith, 2017; Hydrotec, 2017)

#### 4.1.3.3 Pre- und Postprocessing

Das Pre- und Postprocessing wird unterstützt durch die Software SMS – Surface-water Modeling System, bereitgestellt von Aquaveo LLC, durchgeführt. Die Modellbildung wird bestmöglich unterstützt. Die Ausarbeitung qualitativ hochwertiger Modelle ist das Ziel. Die Visualisierung im zwei- und dreidimensionalen Bereich ist möglich. (Sackl und Gamerith, 2017; Aquaveo, 2017)

#### 4.1.4 *Betrachtete Parameter*

##### 4.1.4.1 *Regendauer*

In der N-A Modellierung werden Regenereignisse verschiedener Dauerstufen betrachtet. In einem iterativen Prozess wird der Spitzenabfluss ermittelt. (Sackl und Gamerith, 2017)

##### 4.1.4.2 *Wasserführungen*

Betrachtet werden die Wasserführungen bei HQ5, HQ30, HQ100 und HQ300. Die Berechnung des HQ30 und des HQ100 sind im WRG 1959 verankert. Im Regelfall werden auch nur diese Werte veröffentlicht. Das HQ30 ist im Kontext mit der Bewilligungspflicht von Bedeutung. Ist eine HQ30 – Gefährdung ausgewiesen, muss eine wasserrechtliche Bewilligung für geplante Bauwerke eingeholt werden. Die Notwendigkeit der Ausweisung des HQ100 hängt unter anderem mit der Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen zusammen. Nur in Ausnahmefällen werden Anlagen gefördert, die einen geringeren Schutzgrad als den Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser bewirken. Zusätzlich zu den gesetzlich verordneten Jährlichkeiten wird das HQ5 berechnet. Dies wird zur Überprüfung und Plausibilisierung von HQ30 und HQ100 betrachtet. Um eine Abschätzung des Restrisikos, verglichen mit einem HQ100 geben zu können, wird das HQ300 berechnet. (Sackl und Gamerith, 2017)

## 4.2 **Maßnahmenprogramm und Zielsetzungen**

Das Maßnahmenprogramm der Studie von 2006 wurde wie bereits erwähnt in die Fachbereiche Hochwasserschutz, Ökologie, Siedlungswasserwirtschaft und Raumplanung aufgeteilt und von einzelnen Fachgruppen bearbeitet.

An den Hochwasserschutz werden vielfältige Nutzungsansprüche gestellt. Der Schutz steht natürlich im Vordergrund und wird als wichtigster Nutzen angesehen. Trotzdem sollen die Flächen in Trockenzeiten auch anderweitigen Bedeu-

tungen einnehmen. Durch Einrichtung von Naherholungsgebieten wird dies beispielsweise erzielt. Der Natur- und Landschaftsschutz ist ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt. Die Wiederbegrünung nach Abschluss der Baumaßnahmen hat eine ähnlich große Bedeutung wie die Errichtung der Maßnahme selbst. In diesem Kontext spielt die Kommunikation eine übergeordnete Rolle. Ohne diese werden beteiligte Parteien nicht informiert oder in das Projekt miteinbezogen. Nur wenn alle Beteiligten eingebunden und Vorteile kommuniziert werden, können die Maßnahmen bestmöglich realisiert werden.

#### 4.2.1 *Hochwasserschutz*

Ziel der Maßnahmen ist es, einen großflächigen HQ100 Schutz für die ganze Stadt zu erreichen. Problemstellung dabei war, dass es in einer „gewachsenen Stadt“ wie Graz Einschränkungen gibt. Nicht überall ist es möglich, den Gewässern Retentionsraum zu geben, einen natürlichen Flusslauf wiederherzustellen oder die Bäche derart zu verbauen, dass die umliegenden Bereiche vor einem 100-jährlichen Hochwasser geschützt sind. Besonderheiten im Hochwasserschutz sind die notwendigen Kunstbauten wie Brücken, Fußgängerübergänge und Ufermauern. Damit wird sichergestellt, dass die bestehende Infrastruktur erhalten bleibt. Die Schaffung zusätzlicher Möglichkeiten zur Flussüberquerung und damit die Erweiterung infrastruktureller Maßnahmen machen das Projekt zusätzlich attraktiver.

Die Ziele des Fachbereiches Hochwasser lassen sich wie folgt formulieren:

- Ein großräumiger Schutz vor einem 100-jährlichen Hochwasser wird angestrebt.
- Retentionsraum soll erhalten bzw. rückgewonnen werden.
- Örtliche Gegebenheiten werden in der Planung berücksichtigt. Nichtstrukturelle Maßnahmen werden zur Unterstützung struktureller Maßnahmen eingesetzt. Beispiele folgen auf der nächsten Seite.

### Strukturelle Maßnahmen:

- Rückhaltebecken:

Im Rückhaltebecken können große Wassermassen gesammelt und zeitverzögert mit einem vorgegebenen Durchfluss an den Unterlauf abgegeben werden. Beispiele hierfür finden sich im Kapitel 4.3, S. 107 ff.

- Linearmaßnahmen:

Darunter werden Maßnahmen verstanden, die direkt am Gewässer gesetzt werden. Unter anderem ist darunter die Auflösung von Verrohrungen oder der Rückbau von voll verbauten Ufersicherungen zu verstehen. Ziel dieser Maßnahme ist es, dem Gerinne Platz zurückzugeben. Die Rückführung in einen naturnahen Zustand ist das Ziel.



*Abb. 44: Linearmaßnahmen Andritzbach (unterhalb des RHB) (Hoyer, 2017)*

- Versickerungsanlagen:

Bei dieser Bauart wird das Wasser nicht wie bei Rückhaltebecken zeitverzögert und gedrosselt an den Unterlauf abgegeben. Ziel dieser Methodik ist es, unter der Voraussetzung eines geeigneten Bodenaufbaues und Grundwasserhorizontes, das Wasser versickern zu lassen. Hierfür muss

eine wasserdurchlässige Oberfläche geschaffen werden. Die Versickerung erfolgt auch über unbefestigte Seitenhänge. Versickerungsanlagen können in Trockenzeiten als Parkanlagen genutzt werden. Häufig werden Kombinationsbauten aus Rückhaltebecken und Versickerungsanlagen errichtet. (AQUA-Bautechnik, Ingenieurbüro für Wasser und Infrastruktur, 2007) Ein solches Bauwerk ist nachfolgend abgebildet.



*Abb. 45: Rückhaltebecken und Versickerungsanlage Schererpark*

- Wildholzrechen – Geschiebesperre:

Zum Schutz der baulichen Anlagen und dem flussabwärts liegenden Gebiet, werden Maßnahmen zum Abhalten von Wildholz und Geschiebe gesetzt. Im nachfolgenden Bild (Abb. 46, S. 99) ist ein Wildholzrechen am Zulauf zum Rückhaltebecken „Untere Schirmleiten“ abgebildet. In dem abgebildeten Beispiel ist der Rechen aus Holz. Diese Bauart ist naturnahe und fügt sich in die Umgebung ein. Die Rechen können auch aus Eisenwerkstoffen errichtet werden.

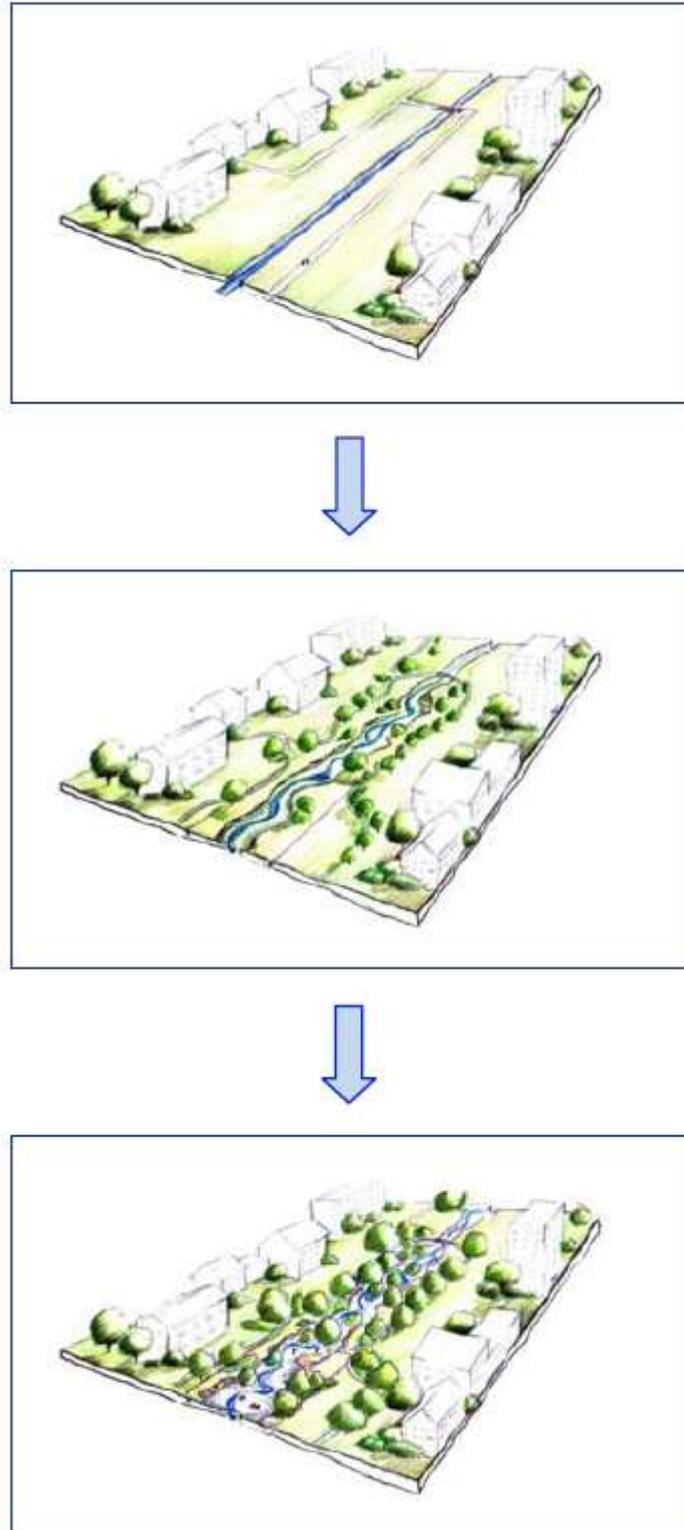


Abb. 46: Wildholzrechen am RHB Untere Schirmleiten

#### Nichtstrukturelle Maßnahmen:

- Hangwasserkataster
- Hochwasserprognosemodelle
- Risikoanalysen
- Alarm- und Einsatzpläne

Die Maßnahmen sind unter den Vorsätzen zu planen und durchzuführen, dass sie möglichst naturnahe sind und sich in die Landschaft einfügen. Um den natürlichen Charakter der Fließgewässer zu wahren bzw. den Zustand nicht zu verschlechtern, wird versucht, die Maßnahmen direkt im Einzugsgebiet zu setzen und nicht am Hauptgerinne. Der passive Hochwasserschutz wird forciert. Unter diesen Begriff fallen alle Maßnahmen, die zur Vermeidung intensiver Abflüsse beitragen. Themen wie die Anpassung der Bewirtschaftung gewässernaher Zonen, Nutzungsverlegung und Grundablösen stehen zur Diskussion. (Land Steiermark, 2017)



*Abb. 47: Implementierung eines passiven Hochwasserschutzes (Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013)*

## Konkrete Maßnahmen

Im SAPRO Grazer Bäche 2006 sind 29 neue Rückhaltebecken geplant (siehe Tab. 5, S. 101). Die Standorte für die geplanten Becken sind aus Abb. 48, (S. 102) ersichtlich. Vor Beginn des SAPRO gab es bereits fünf Rückhaltebecken im Bereich Graz (zwei RHB am Thalerbach, ein RHB am Einödbach, zwei RHB am Gabriachbach). Insgesamt sollten mit Ablauf des SAPRO 34 (35) RHB für den Hochwasserschutz von Graz und teilweise auch Graz Umgebung errichtet sein. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

Gewässer/Bachname	RBH in der Stadt	RHB außerhalb der Stadt
Andritzbach		2 (ursprünglich 1 großes)
Schöckelbach		2
Stufenbach	2	
Mariatrosterbach/Kroisbach	1	
Rettenbach	1	
Josefbach	2	
Re. Ast des Josefbachs	1	
Stiftingbach	1	
Thörlbach	1	
Ankesbach	1	
Li. Zubringer Stiftingbach	1	
Ragnitzbach		1
Annabach	2	
Petersbach	2	
Erhardgerinne	1	
Messendorferbach	1	
Tiefentalgerinne	1	
Erlenbach		2
Winkelbach		1
Bründlbach	2	
Katzelbach	2	

Tab. 5: Geplante Rückhaltebecken (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

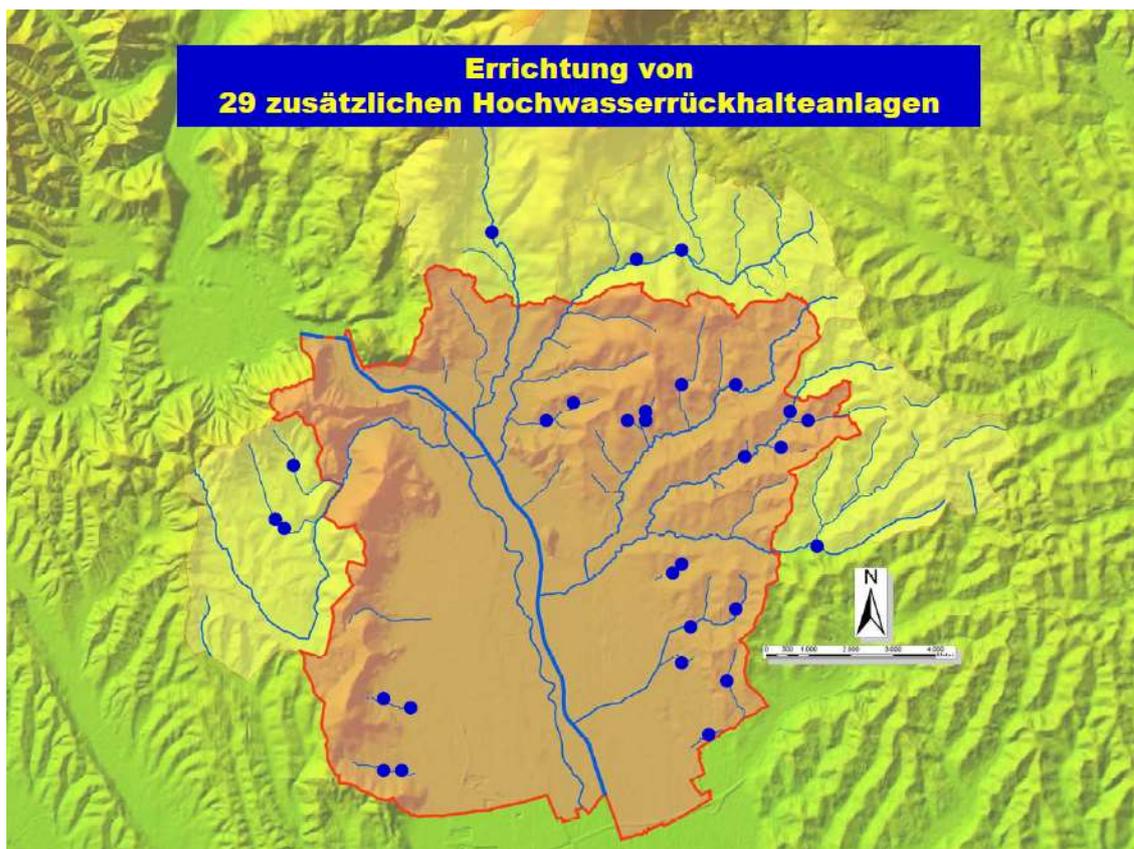


Abb. 48: Standorte für die Errichtung von Hochwasserrückhaltebecken (Wiener und Hornich, 2007)

Zur Steigerung der Abflusskapazität wurden zusätzlich Linearmaßnahmen in Form von Bachaufweitungen, Uferbordanhebungen, Räumung und Pflege des Uferbewuchses und Beseitigung von Engstellen an nahezu allen Grazer Bächen projektiert.

Mit den beschriebenen Maßnahmen kann ein großräumiger, wenngleich nicht flächendeckender HQ100 Schutz für Graz erzielt werden. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

#### 4.2.2 Ökologie

Ein Handlungsschwerpunkt des SAPRO wurde auf den Erhalt und die Verbesserung der Gewässerökologie gesetzt. Die seit vielen Jahren vernachlässigte Flora und Fauna wird in den Fokus gebracht. Mittels Begehung und Kartierung wurde

der Ist-Stand erhoben. Aus der vorherrschenden Situation wurden Maßnahmen erarbeitet:

- Gewässerabschnitte mit einer natürlichen oder naturnahen Gewässerökologie sollten erhalten und geschützt werden.
- Dort, wo es raumtechnisch möglich ist und es in der Vergangenheit keine zu großen Beeinträchtigungen des natürlichen Zustands gab, soll durch gezielte Verbesserungsmaßnahmen eine Entwicklung der Gewässerabschnitte forciert werden.
- Abschnitte mit einer gewässerstrukturellen Beeinträchtigung sollten umgestaltet und damit in einen naturnahen Zustand rückgeführt werden.
- Bei Bachabschnitten, deren Zustand nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbessert werden könnte, werden keine Maßnahmen gesetzt. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

### **Konkrete Maßnahmen**

Die konkreten Maßnahmen beziehen sich im Speziellen auf die Durchwanderbarkeit und die Lebensraumverbesserung in ausgewählten Grazer Bächen. Besonders der Andritzbach, der Schöckelbach und der Petersbach, sowie der Aubach und Teile des Grazbaches werden im Zuge dieser Maßnahmen verbessert. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

#### *4.2.3 Siedlungswasserwirtschaft*

Das hauptsächliche Problem dieses Fachbereichs ist das Kanalisationssystem der Stadt. Wie in Kapitel 3.3, S. 60 beschrieben, ist in Graz hauptsächlich ein Mischsystem in Verwendung. Durch die Mündung einiger Bäche in das Abwassersystem kommt es im Fall von starken Niederschlägen häufig zu Überlastungen. Die Gewässerqualität der Bäche und vor allem der Mur wird durch Wasserabgabe über die Mischwasserüberläufe in die Vorfluter beeinträchtigt. Bei Wasserhochständen im Bach kann sich ein Rückstau in das Kanalnetz einstellen. Dies führt dazu, dass die Kanalentswässerung über die Mischwasserüberläufe

nicht mehr möglich ist und die Kanalentwässerung an Orten vonstatten geht, die nicht dafür vorgesehen sind. Ein weiteres diesem Fachbereich zuordenbares Problem stellt die immer wiederkehrende und unterschätzte Hangwasserthematik dar. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

### **Konkrete Maßnahmen**

- Die Trennung von Bächen und der Kanalisation ist anzustreben.
- Verbesserung der Vorflutersituation durch Maßnahmen aus dem Fachbereich Hochwasserschutz (Wasserrückhalt und Abflusserüchtigung).
- Erstellung von „Risikokarten Hangwasser“. Gefährdete Bereiche und Objekte sollten lokalisiert und in den Karten ausgewiesen werden. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

#### *4.2.4 Raumplanung – Stadtentwicklung – Freiraumplanung*

Dieser Fachbereich beschäftigt sich mit der Problemstellung der Überflutungsflächen (erhoben im Zuge der ABU 1997). Ziel ist es, einen vernünftigen Umgang mit diesen Flächen herbei zu führen. Um dieses Ziel zu erreichen, verständigte man sich auf nachfolgende Maßnahmen. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

### **Konkrete Maßnahmen**

Im Sinne der Raumplanung und Stadtentwicklung wurden im Zuge des SAPRO nachfolgende Maßnahmen festgehalten: (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

- Überarbeitung des Deckplanes 3. Dieser beinhaltet die Ausweisung von projektierten Hochwasserrückhaltebecken und Retentionsflächen als Vorrangflächen für wasserwirtschaftliche Schutzmaßnahmen. Freiraumflächen im Bereich der HQ100 Überflutungsfläche sollten dauerhaft freigehalten und als Vorrangfläche für den Hochwasserabfluss definiert werden (siehe auch Kapitel 2.9.1, S. 19).
- Änderungen im Flächenwidmungsplan werden angestrebt. Für Baulandbereiche, Aufschließungsgebiete und Freiland soll bis zur Ausführung der

Schutzmaßnahmen der erreichbare Schutzgrad im Flächenwidmungsplan hinterlegt werden.

- Aus dem Bereich der Freiraumplanung werden Entwicklungs- und Gestaltungskonzepte für Freizeit- und Erholungsnutzung mit zugehörigem Freizeitangebot geplant. Geh- und Radwege sowie die Schaffung der Zugänglichkeit zum Gewässer entlang revitalisierter Abschnitte werden angestrebt. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

#### 4.2.5 *Begleitende Maßnahmen – Öffentlichkeitsarbeit*

Verbesserungen im Hochwasserschutz werden durch den Bau von strukturellen Maßnahmen, unterstützt durch nichtstrukturelle Maßnahmen, herbeigeführt. Begleitende Maßnahmen, allen voran die Öffentlichkeitsarbeit, sind nicht zu unterschätzende Faktoren.

Werden Fakten nicht richtig kommuniziert oder nicht adäquat aufbereitet, kann es zu Missverständnissen und Informationsverlust kommen. Alle am Projekt beteiligten Parteien müssen angesprochen und ihren Kompetenzen entsprechend eingebunden werden. Die Kommunikation ist nicht nur zwischen Projektpartnern und der Behörde zu forcieren. Die Stimmung der Anrainer kann den Projekterfolg erheblich beeinflussen.

Vor allem in der Interaktion mit Anrainern muss sorgfältige, aber intensive Öffentlichkeitsarbeit geleistet werden. Die vom Wasser ausgehende Gefahr muss anschaulich dargelegt werden. Die Betroffenen vergessen oftmals rasch, welche Folgen ein Hochwasser nach sich gezogen hat. Das Erwecken der Erinnerungen an vergangene Ereignisse und deren Folgen ist oft unabdinglich. Es gilt zu kommunizieren, dass auf Hochwasserschutzmaßnahmen kein Rechtsanspruch herrscht. Im gemeinsamen Gespräch können Unklarheiten aus dem Weg geschafft werden. Es muss klargestellt werden, dass eine einzelne Maßnahme meist nicht für einen großräumigen Hochwasserschutz sorgen kann. Unterschätzt wird häufig, dass auch nach der Errichtung von Maßnahmen ein Restriktio erhalten bleibt.

Neben den Anrainern als Gemeinschaft muss die Eigenverantwortung jedes Einzelnen angesprochen werden. Der Hochwasserschutz wird oftmals in den öffentlichen Verantwortungsbereich abgeschoben. Auf die Eigenverantwortlichkeit wird dabei gerne vergessen. An diese zu appellieren, ist von größter Bedeutung. Es müssen Maßnahmen und Methoden zur Eigenvorsorge aufgezeigt werden. Nur wenn Betroffene bereit sind, ihre eigenen Lebensumstände zu verändern und sich aktiv an Maßnahmen gegen Hochwässer zu beteiligen, kann es ein funktionierendes Hochwasserschutzsystem geben. (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007)

### **Arten der Öffentlichkeitsarbeit**

Die Art der Kommunikation muss an die Bedürfnisse der anzusprechenden Zielgruppe angepasst sein. Die Öffentlichkeitsarbeit muss den aktuellen und zeitgemäßen Anforderungen entsprechen. Sorgfältige Auswahl der Art und Weise der Veröffentlichungen sowie des Mediums, über welchen Informationen an die Öffentlichkeit herangetragen werden, sind Grundvoraussetzungen für einen erfolgversprechenden Informationsfluss. Öffentlichkeitsarbeit kann verschiedene Zweckmäßigkeiten haben. Im Sinne des SAPRO Grazer Bäche soll den betroffenen Bürgern sachdienliche Information vermittelt werden. (Steinke, 2015; Meffert et al., 2008)

Dafür können verschiedene Medien herangezogen werden. Die Onlinepräsenz ist ein wichtiger Indikator für den Informationsfluss. Das Internet wird im privaten, aber auch öffentlichen Bereich häufig für Recherchezwecke verwendet. Gut aufbereitete, sachdienliche Informationen zur Verfügung zu stellen, ist daher besonders in diesem Bereich von großer Bedeutung.

Broschüren und Zeitungsartikel haben in der heutigen Zeit einen anderen Stellenwert als noch vor 20 Jahren. Nichtsdestotrotz haben diese Medien ihre Berechtigung. Auch Menschen, die sich nicht aktiv mit dem Thema beschäftigen, werden angesprochen und eingeladen, sich der Thematik anzunehmen.

In der Steiermark wurde beispielsweise vom „Arbeitskreis Hochwasser Graz“ die Broschüre „HOCHWASSER – ICH SORGE VOR!“ erarbeitet. Damit wird auf die Gefahr des Hochwassers aufmerksam gemacht. Es werden u. A. Maßnahmen aufgezeigt, die jede Privatperson vorsorglich treffen kann, worauf im Hochwasserfall geachtet werden muss und wie man sich in der Ereignissituation richtig verhält. Werden die Anregungen und Tipps dieser Broschüre ernst genommen, können Hochwasserschäden an privaten Habseligkeiten vermindert werden. Das eigene Leben wird nicht in Gefahr gebracht.



Abb. 49: Broschüre HOCHWASSER – ICH SORGE VOR! (Arbeitskreis Hochwasser Graz, 2015)

Nach wie vor haben Bürgerinformationsveranstaltungen den höchsten Stellenwert in der Öffentlichkeitsarbeit. In persönlichen Gesprächen können Unklarheiten beseitigt werden. Ziel dieser Veranstaltungen sollte es sein, den beteiligten Parteien wichtige Informationen zu vermitteln, die Sorgen und Ängste anzuhören und diese im Idealfall zu vermindern.

Nur durch Präsenz und Kommunikation kann die Bewusstseinsbildung erfolgen.

### 4.3 Stand der strukturellen Hochwasserschutzmaßnahmen 2017

Nachfolgend wird der Ist-Stand der Maßnahmen evaluiert. Die Tabelle (Tab. 6, S. 108) gibt u. A. die Bäche wieder, an denen laut dem Maßnahmenprogramm von 2006 Rückhaltebecken errichtet werden sollten. Um einen Gesamtüberblick zu schaffen sind auch die RHB enthalten, die vor dem SAPRO gebaut wurden (hellgrün unterlegt). Ausgewiesen wird der aktuelle Stand dieser RHB in und um Graz. Die Projektphasen sind in die Kategorien „fertig“, „im Bau“ und „Vorbereitung“ unterteilt. Die beiden ersten Begriffe sind selbsterklärend. Die Kategorie „Vorbereitung“ beinhaltet Projekte, deren Planung erst begonnen wird, die bereits

in Detailplanung sind, aber auch jene, die aktuell im behördlichen Genehmigungsverfahren sind. In der letzten Kategorie finden sich geplante Anlagen, zu denen der aktuelle Planungsstand nicht erfasst wurde.

Gewässer/Bachname	Rückhaltebecken			
	FERTIG	IM BAU	VOR- BEREITUNG	NICHT ERFASST
Andritzbach	1	1		
Gabriachbach	2			
Schöckelbach	1		1	
Stufenbach		2		
Mariatrosterbach/ Kroisbach	1			
Rettenbach				1
Josefbach			2	
Re. Ast des Josefbachs			1	
Stiftingbach			1	
Thörlbach			1	
Ankesbach				1
Li. Zubringer Stiftingbach				1
Ragnitzbach			1	
Annabach				2
Petersbach			2	
Erhardgerinne				1
Messendorferbach			1	
Tiefentalgerinne			1	
Thalerbach	2			
Erlenbach		1		1
Winkelbach				1
Einödbach	1			
Bründlbach	2			
Katzelbach				2

Tab. 6: Stand RHB 19.07.2017 (Stadt Graz, 2017c)

Weitere strukturelle Maßnahmen wurden in Form von Linearausbauten und Geschiebesperren geplant. Linearausbauten sollten an nahezu allen Grazer Bächen durchgeführt werden. Eine Tabelle zu allen Maßnahmen aus dem Fachbereich Hochwasserschutz findet sich im Appendix.

Beispielhaft werden die Maßnahmen an den Gerinnen Andritzbach, Gabriachbach, Schöckelbach und Petersbach beschrieben und fotodokumentiert. Die Kennwerte zu den Gerinnen finden sich im Kapitel 3.2 (S. 50).

#### 4.3.1 *Andritzbach*

Der Bereich um den Andritzbach war immer wieder schwer von Hochwässern betroffen. Das Schadenspotenzial war als sehr hoch einzustufen, rd. 61 Objekte waren hochwassergefährdet. Maßnahmen mussten gesetzt werden. Aus der Maßnahmenplanung von 2006 ging hervor, dass zwei RHB errichtet werden sollten. Zusätzlich wurden Linearmaßnahmen an 1,20 km des Bachlaufs geplant.

Das RHB Höllbach ist bereits errichtet und seit Sommer 2016 funktionsfähig. Das RHB Andritzbach befindet sich in der Bauphase. Ein Teil der Linearmaßnahmen ist ebenfalls fertiggestellt. Beide Rückhaltebecken befinden sich außerhalb von Graz. Die Anordnung erfolgte im Hauptschluss. Die Absperrbauwerke wurden in Form von Homogendämmen mit Kalk-Zement-Stabilisierung ausgeführt.

Das RHB Höllbach verfügt über einen Speicherinhalt von 116.000 m<sup>3</sup>. Der Grundablass ist ungesteuert. Das RHB ist auf ein 100-jährliches Ereignis ausgelegt. Im Fall des HQ100 werden anstatt 9,20 m<sup>3</sup>/s (im Ausgangszustand) nur mehr 0,40 m<sup>3</sup>/s in den Unterlauf abgegeben. Es fällt in den Zuständigkeitsbereich der WLV.

Das RHB Andritzbach hat einen gesamten Speicherinhalt von 150.000 m<sup>3</sup>. Ausgelegt ist das RHB auf ein 100-jährliches Ereignis. Durch das Rückhaltebecken wird der Abfluss von 26 m<sup>3</sup>/s auf 10,50 m<sup>3</sup>/s reduziert. Das Becken fällt in den Zuständigkeitsbereich der WLV. Das Projekt ist aktuell in der Bauphase.

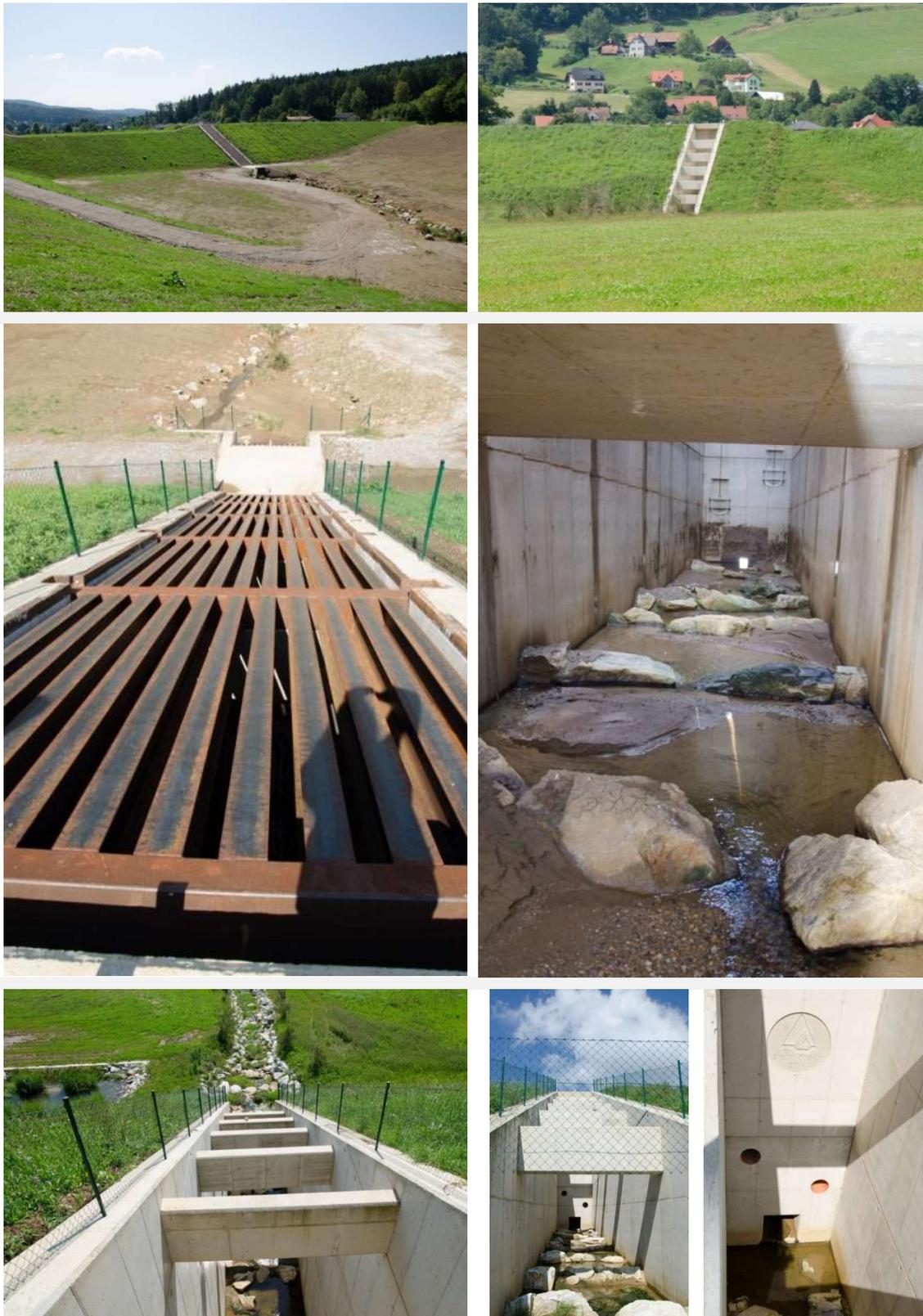


Abb. 50: Rückhaltebecken Höllbach



*Abb. 51: Bauzustand RHB Andritzbach August 2016*



*Abb. 52: Bauzustand RHB Andritzbach Juli 2017 (Hoyer, 2017)*

Nachfolgend sind Bilder des Andritzbaches zu sehen. Abb. 53 zeigt das hart verbaute Ufer vor den Linearmaßnahmen. In Abb. 54 ist der aufgelöste und naturnahe Verbau des Andritzbaches abgebildet. Im Hochwasserfall hat das Gerinne Fläche, um auszufern und kann in die Mur entlasten. Die seitliche Erosion ist ebenfalls wieder möglich.



*Abb. 53: Hart verbauter Andritzbach (Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013)*



*Abb. 54: Aufgelöste Verbauung des Andritzbaches*

### 4.3.2 Gabriachbach

Lange Zeit ging vom Gabriachbach großes Gefahrenpotenzial aus, rd. 40 Häuser waren in diesem Bereich hochwassergefährdet. Zur Verminderung des Schadensausmaßes im Ereignisfall wurde der Bau von zwei Rückhaltebecken und Linearmaßnahmen im Ausmaß von 1,65 km beschlossen. Die beiden RHB wurden 2008 fertiggestellt. Die ersten zwei Bauabschnitte der Linearmaßnahmen sind ebenfalls abgeschlossen, der dritte Bauabschnitt der Linearmaßnahmen ist in Planung. Die Rückhaltebecken fallen in den Zuständigkeitsbereich der BWV.

Das Rückhaltebecken „Untere Schirmleiten“ (Abb. 55, S. 114) befindet sich im Hauptschluss des Gabriachbaches. Das Absperrbauwerk ist als Mauer ausgeführt. Der gesamte Speicherinhalt beträgt 15.600 m<sup>3</sup>. Der Grundablass ist geregelt als HydroSlide<sup>5</sup> ausgeführt. Der erzielte Schutzgrad liegt unter einem HQ100 Schutz. Im Ereignisfall werden 1,90 m<sup>3</sup>/s in den Unterlauf abgegeben.

Das weiter flussabwärts gelegene Rückhaltebecken „Am Eichengrund“ (Abb. 56, S. 115) wurde ebenfalls im Hauptschluss errichtet. Der Speicherinhalt dieses Beckens misst 26.200 m<sup>3</sup>. Der Grundablass wird ebenfalls mit Hilfe eines HydroSlides gesteuert. Mit diesem RHB wird ein HQ100 Schutzgrad erzielt. Im Hochwasserfall werden durch den Grundablass 2,50 m<sup>3</sup>/s abgegeben.

In Abb. 59 und Abb. 60, S. 117 ist der Bachlauf des Gabriachbaches abgebildet.

---

<sup>5</sup> HydroSlide: Darunter ist die Schwimmersteuerung bei Grundablässen zu verstehen. Mit steigendem Wasserspiegel im Becken wird der Schwimmer angehoben und der Durchlassquerschnitt verkleinert. Mit dieser Steuerung wird bezweckt, dass ein konstanter Abfluss in den Unterlauf abgegeben wird. Vorteile dieses Systems sind, dass die Störungsanfälligkeit und Wartungsintensität gering sind, keine Fremdenergie zugeführt werden muss und die Mechanik einfach ist. Als nachteilig zu werten ist, dass eine mechanische Öffnung im Ereignisfall nicht möglich ist und dass für die Schwimmersteuerung eine massive Einhausung nötig ist. Durch Schwemmholz kann der Mechanismus blockiert werden. HydroSlides sind bis zu einem Durchfluss von 10 m<sup>3</sup>/s einsetzbar. (Egger-Schinnerl, 2016; Steinhardt Wassertechnik GmbH, 2015)



*Abb. 55: RHB Untere Schirmleiten*



*Abb. 56: RHB Am Eichengrund*



*Abb. 57: RHB Am Eichengrund, HW 2013 (Stadt Graz)*



*Abb. 58: RHB Am Eichengrund, HW 2013 (Stadt Graz)*



*Abb. 59: Gabriachbach HW 2013 (Stadt Graz, 2013)*



*Abb. 60: Gabriachbach 2017*

### 4.3.3 *Schöckelbach*

Die vergangenen Hochwässer haben gezeigt, dass der Schöckelbach innerhalb kürzester Zeit stark anschwellen kann und über die Ufer tritt. Von den Auswirkungen sind rd. 120 Objekte bedroht. Im Zuge des Maßnahmenprogrammes wurden daher zwei Rückhaltebecken und Linearmaßnahmen beschlossen. Zusätzliche Retentionsflächen sollten die Situation im Hochwasserfall verbessern.

Ein Rückhaltebecken wurde im Jahr 2012 fertiggestellt. Das zweite RHB ist noch in der Planungsphase. 2,20 km des Bachlaufs wurden bereits ausgebaut. An weiteren 2,50 km sind Linearmaßnahmen geplant. Bis es zum Bau kommen kann, müssen Grundeinlöseverhandlungen und das Bewilligungsverfahren abgeschlossen sein.

Das RHB Weinitzen (siehe Abb. 61, S. 119) ist mit einem möglichen Speicherinhalt von 215.000 m<sup>3</sup> Wasser das größte der Grazer Rückhaltebecken. Trotz der Größe wird mit diesem Becken lediglich ein HQ15 – HQ20 Schutz erzielt. Die Anlage befindet sich im Hauptschluss des Schöckelbaches. Das Absperrbauwerk ist als homogener Erdschüttdamm ausgeführt. Der Grundablass wird mit Hilfe eines HydroSlides geregelt. Im Hochwasserfall werden maximal 3,5 m<sup>3</sup>/s an den Unterlauf abgegeben. Das Rückhaltebecken fällt in den Zuständigkeitsbereich der BWV.

Die Abbildungen (Abb. 62 und Abb. 63, S. 120) zeigen das Rückhaltebecken in einer Hochwassersituation im Jahr 2013. Die Notwendigkeit des RHB ist mit diesen Bildern eindrücklich bewiesen.

Die Abb. 64 (S. 121) zeigt die Situation am Schöckelbach beim Hochwasser 2013. In der nachfolgenden Abb. 65 (S.121) ist der Bach bei Trockenwetter abgebildet.



Abb. 61: RHB Weinitzen



Abb. 62: Rückhaltebecken Weinitzen, HW 2013 (Stadt Graz, 2013)



Abb. 63: Rückhaltebecken Weinitzen, HW 2013 (Stadt Graz, 2013)



*Abb. 64: Schöckelbach HW 2013 (Stadt Graz, 2013)*



*Abb. 65: Schöckelbach 2017*

#### 4.3.4 *Petersbach*

Wie die zuvor beschriebenen Gewässer ist auch der Petersbach stark hochwassergefährdet. Tritt das Gewässer über die Ufer, sind bis zu 150 Objekte von den Auswirkungen betroffen. Um die Situation zu verbessern, wurden zahlreiche Maßnahmen geplant. Kurze Verrohrungsstrecken, die Sanierung von Durchlässen, des Unterlaufes und des Entlastungsgerinnes sowie zahlreiche Kleinsanierungen wurden bereits durchgeführt. Weitere Linearmaßnahmen sind in Planung. Des Weiteren sind zwei Rückhaltebecken (Petersbach 1 – St. Peter (West), Petersbach 2 – Petriau (Ost)) in der Planungsphase. Die Detail- und ökologische Begleitplanung für eines der beiden RHB ist abgeschlossen, Grundablöse- und Behördenverfahren laufen. Das zweite RHB befindet sich in der Planungsphase.

Das Gerinne fällt in den Zuständigkeitsbereich der BWV.



*Abb. 66: Petersbach nach Hochwasser (Land Steiermark, 2015)*



*Abb. 67: Petersbach heute*



*Abb. 68: Petersbach heute*

## **4.4 Stand der nichtstrukturellen Hochwasserschutzmaßnahmen**

### **Hangwasserkataster**

Überflutungen in Folge von Starkregenereignissen abseits von Gewässern mehrten sich. Die Hangstabilität kann durch die Wasserdurchströmung erheblich herabgesetzt werden. Das große Gefährdungspotenzial ist vor allem auch deshalb gegeben, weil Betroffene, die nicht in der Umgebung von Gewässern leben, die Gefahr einer Überflutung nicht bedenken. Die Grazer Firma Hydroconsult GmbH ist mit der Erstellung und Berechnung von N-A Modellen für die Hangwasserthematik betraut. Des Weiteren gibt es bereits eine Auswertung der Fließpfade für die Stadt. Diese basiert auf dem digitalen Geländemodell von 2010. Niederschlag, Bodeneigenschaften und Wechselwirkung mit der Kanalisation werden in die Analyse nicht einbezogen. Diese Karte liefert nur eine qualitative Aussage über die Wege des Wassers. (Stadt Graz, 2017d; Sackl und Gamerith, 2017)

Detaillierte Hangwasserkarten sollen im Zuge des Projekts Rainman (Programm Central Europe) erarbeitet werden. Das Projekt startete im Juli 2017.

### **Hochwasserprognosemodelle**

Für die Mur gibt es seit 2006 ein Hochwasserprognosemodell. Für die Grazer Bäche ist ein solches nicht bekannt. (Das Land Steiermark, 2017b)

### **Risikoanalysen**

Risikoanalysen wurden im Zuge der HW-Richtlinie durchgeführt.

### **Alarm- und Einsatzpläne**

Die Alarm- und Einsatzpläne liegen bei der Berufsfeuerwehr Graz auf.

### **Flächenwidmungsplan**

Der Flächenwidmungsplan 3.0 ist in Überarbeitung. Auf Basis des 2013 beschlossenen Stadtentwicklungskonzeptes wird ein Entwurf zum Flächenwidmungsplan 4.0 erarbeitet. Ab Anfang 2018 ist mit dem rechtskräftigen Inkrafttreten des neuen Flächenwidmungsplanes zu rechnen. (Stadt Graz, 2017)

## 5 Fazit – Ausblick

Speziell in den vergangenen zehn Jahren wurden im Raum Graz vermehrt auftretende Hochwässer verzeichnet. Hochwässer und Naturkatastrophen im Allgemeinen werden trotz weitreichender Maßnahmen und guter öffentlicher und privater Vorsorge auch in Zukunft nicht verhindert werden können. Lediglich das Schadensausmaß kann durch bedachte raumplanerische Maßnahmen minimiert werden.

In dieser Arbeit wurden zwei verschiedene Themenschwerpunkte gesetzt:

Der erste Schwerpunkt behandelt Hochwasser im „Allgemeinen“ - Definitionen, Bildung und Ausprägung. Ebenso wurde das Hochwassermanagement auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene beleuchtet. Der speziell für die Steiermark erarbeitete Risikokreislauf spielt auf lokaler Ebene eine bedeutende Rolle im Umgang mit Hochwasser. Im Detail wurden auch hochwasserbegünstigende Faktoren anthropogener Natur untersucht. Resultierend daraus wird festgestellt, dass die Hochwassersituation durch das menschliche Zutun verschärft wird. Durch die zunehmende Versiegelung von Versickerungsflächen kann Niederschlag nicht in den Boden eindringen und muss oberflächlich abgeführt werden. Rodungen und anderweitige Veränderung der Vegetation tragen ebenfalls zur Problematik bei. Durch den Klimawandel verändert sich die Temperatur, sowie Art und Dauerstufe des Niederschlags. Seit Beginn der Aufzeichnungen in den 1940er-Jahren ist ein Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur um rd. 2°C zu verzeichnen. Die an der Messstation „Karl-Franzens-Universität“ durchschnittlich gemessenen Jahresniederschläge von 835 mm haben sich seit 1947 um rd. 70 mm im Jahr erhöht. Die jahreszeitliche Verschiebung des Niederschlags aus der Vegetationsperiode ist ein weiterer Indikator für die Veränderung des Klimas. Die allgemeine These zum Klimawandel, den Temperaturanstieg und die vermehrte Niederschlagsabgabe in kürzerem Zeitraum betreffend, bestätigt sich somit auch in Graz.

Der zweite Schwerpunkt wurde auf Hochwasserschutzmaßnahmen in jüngerer Zeit und deren Umsetzung gelegt. Seit 2006 wird mit Hilfe des Sachprogrammes Grazer Bäche der Hochwasserschutz in Graz verbessert. Ziel der Vielzahl an

Maßnahmen ist es, einen großräumigen HQ100-Schutz für die Stadt zu erreichen. Auf Basis der Abflussuntersuchung von 1997 wurden Maßnahmen zur Verbesserung erarbeitet. Gegliedert wurden die Maßnahmen in die Fachbereiche Hochwasserschutz, Ökologie, Siedlungswasserwirtschaft und Raumplanung. Der Ist-Stand der strukturellen und nichtstrukturellen Hochwasserschutzmaßnahmen wurde im Zuge dieser Arbeit erhoben. Ursprünglich wurden 29 neue Standorte für Rückhaltebecken projektiert und veröffentlicht. Mit den bereits bestehenden RHB sollten insgesamt 35 Rückhaltebecken für einen großflächigen Hochwasserschutz sorgen. Bis dato sind zehn Rückhaltebecken fertiggestellt und in Betrieb, vier befinden sich momentan in der Bauphase und elf sind in Bauvorbereitung. Der aktuelle Projektstand der verbleibenden RHB wurde in dieser Arbeit nicht erfasst. An beinahe allen Grazer Bächen wurden Linearmaßnahmen geplant. Viele Bäche wurden bereits aus- bzw. rückgebaut. An der Umsetzung noch nicht realisierter Maßnahmen wird gearbeitet.

Einer der wichtigsten Aspekte des Themenbereiches Hochwasserschutz ist der Informationsfluss und die Einbeziehung der betroffenen Bevölkerung. Die Eigeninitiative und das persönliche Verantwortungsbewusstsein soll und muss angeregt werden.

Die Hochwassersituation in Teilen der Stadt, vor allem in den am stärksten betroffenen Bezirken (z.B. Andritz und St. Peter), wurde bereits erheblich verbessert. In Bereichen in denen auf Grund raumplanerischer Entscheidungen in der Vergangenheit kein baulicher Hochwasserschutz möglich ist, müssen Prognosemodelle und dementsprechende Reaktionen im bzw. im Vorfeld des Ereignisfalles Abhilfe schaffen (Objektschutz, mobiler Hochwasserschutz etc.).

Nur das Zusammenwirken aller strukturellen und nichtstrukturellen Maßnahmen kann ein funktionierendes Gesamtpaket bewirken und für einen großflächigen Hochwasserschutz sorgen.

## Verzeichnisse

### Literaturverzeichnis

- [1] Arbeitskreis Hochwasser Graz, 2015. HOCHWASSER – ICH SORGE VOR! [WWW Dokument]. URL [http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/12476486\\_4660198/5b77fb85/Hochwasser\\_2015\\_Brschuere-2014\\_Hochwasser\\_Graz\\_3006low.pdf](http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/12476486_4660198/5b77fb85/Hochwasser_2015_Brschuere-2014_Hochwasser_Graz_3006low.pdf) (abgerufen am 18.08.17)
- [2] AQUA-Bautechnik, Ingenieurbüro für Wasser und Infrastruktur, 2007. Versickerungs-Handbuch. Ratgeber für Planung, Bau und Genehmigung von Anlagen zur Versickerung von Regenwasser. Köln.
- [3] Aquaveo, 2017. SMS 12.2 - The Complete Surface-water Solution | Aquaveo.com [WWW Dokument]. URL <http://www.aquaveo.com/software/sms-surface-water-modeling-system-introduction> (abgerufen am 18.07.17).
- [4] Austrian Standards, 2016. ÖNORM B 2400 - Hydrologie - Hydrographische Begriffe und Zeichen - Ergänzende Bestimmungen zur ÖNORM EN ISO 772.
- [5] Baudichteverordnung §1 Begriffsbestimmungen Abs. 1, 1993, LGBl. Nr. 38/1993.
- [6] Baumann, G., 2007. 4. Grazer Bäche-Enquete - Die Wildbäche in Graz. Wasserzeitschrift Steiermark.
- [7] Blöschl, G., Gaál, L., Hall, J., Kiss, A., Komma, J., Nester, T., Parajka, J., Perdigão, R.A.P., Plavcová, L., Rogger, M., Salinas, J.L., Viglione, A., 2015. Increasing river floods: fiction or reality?: Increasing river floods. Wiley Interdiscip. Rev. Water 2, 329–344. doi:10.1002/wat2.1079
- [8] BMLFUW, 2017a. Wasser und Daten (WISA), BMLFUW [WWW Dokument]. URL <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wisa.html> (abgerufen am 22.03.17).

- 
- [9] BMLFUW, 2017b. eHORA - Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria [WWW Dokument]. URL <http://www.hora.gv.at/> (abgerufen am 30.03.17).
- [10] BMLFUW, 2016. Nationaler Hochwasserrisikomanagementplan RMP 2015.
- [11] BMLFUW, 2015. Hochwasserrisikomanagementplan 2015, Risikogebiet: Graz-Stadt 6012.
- [12] BMLFUW, 2014. Gefahrenzonenplan [WWW Dokument]. Gefahrenzonenplan. URL <https://www.bmlfuw.gv.at/forst/oesterreich-wald/raumplanung/gefahrenzonenplan/Gefahrenzonenplan.html> (abgerufen am 27.03.17).
- [13] BMLFUW, Schimon, W., 2014a. Hochwassergefahrenkarten Fachlicher Leitfaden.
- [14] BMLFUW, Schimon, W., 2014b. Hochwasserrisikokarten Fachlicher Leitfaden.
- [15] BMLFUW, 2003: Hydrologischer Atlas Österreichs.
- [16] Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.-P., Pirker, O., 2007. Mögliche Klimafolgen für die Wasserwirtschaft in Österreich. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1012 Wien Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Marc-Aurel-Straße 5, 1010 Wien, pp. 7–26.
- [17] Buschek, I., 2002. Graz in alten Ansichten. Zaltbommel.
- [18] Das Land Steiermark, 2017a. GIS Steiermark [WWW Dokument]. URL [http://gis2.stmk.gv.at/alas/\(S\(pq2ao4acgle0x5j5swkskc1b\)\)/init.aspx?karte=gew&ks=das&cms=da&massstab=800000](http://gis2.stmk.gv.at/alas/(S(pq2ao4acgle0x5j5swkskc1b))/init.aspx?karte=gew&ks=das&cms=da&massstab=800000) (abgerufen am 20.04.17)
- [19] Das Land Steiermark, 2017b. Internationales Hochwasserprognosemodell Mur.

- [20] Das Land Steiermark, 2017c. Passiver Hochwasserschutz - Wasserwirtschaft [WWW Dokument]. URL <http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/-ziel/4664282/de/> (abgerufen am 07.05.17).
- [21] Das Land Steiermark, 2015. Hochwasserschutz in Graz weiter verbessert [WWW Dokument] URL <http://www.lebensressort.steiermark.at/cms/beitrag/12272667/4113153/?CMSSID=> (abgerufen am 08.08.2017)
- [22] Die Presse, 2013. Experte: Gehäufte Hochwasser nicht ungewöhnlich [WWW Dokument]. Presse. URL [http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/1414384/Experte\\_Gehaeufte-Hochwasser-nicht-ungewoehnlich](http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/1414384/Experte_Gehaeufte-Hochwasser-nicht-ungewoehnlich) (abgerufen am 07.04.17).
- [23] DIN EN 752, 2008. Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- [24] Egger-Schinnerl, B., 2016. Hochwasserrückhaltebecken in Graz.
- [25] Engele, R., 2016. Das Kriegsende in der Steiermark [WWW Dokument]. Austria-Forum. URL [https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Damals\\_in\\_-\\_der\\_Steiermark/Das\\_Kriegsende\\_in\\_der\\_Steiermark](https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Damals_in_-_der_Steiermark/Das_Kriegsende_in_der_Steiermark) (abgerufen am 25.04.17).
- [26] Erläuterungen zur WRG-Novelle, 2011, BGBl. I Nr. 14/2011.
- [27] Formayer, H., Kromp-Kolb, H. (2009): Hochwasser und Klimawandel. Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasserereignisse in Österreich (Endbericht WWF 2006). BOKU-Met Report 7, ISSN 1994-4179 (Print), ISSN 1994-4187 (Online). [WWW Dokument]. [http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU-Met\\_Report\\_07\\_online.pdf](http://www.boku.ac.at/met/report/BOKU-Met_Report_07_online.pdf) (abgerufen am 02.03.17)
- [28] Habersack, H., Bürgel, J., Kanonier, A., BMLFUW, 2009. FloodRisk II. Vertiefung und Vernetzung zukunftsweisender Umsetzungsstrategien zum integrierten Hochwassermanagement. Systembericht. Wien.

- 
- [29] Habersack, H., Bürgel, J., Petraschek, A., BMLFUW, 2004. Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 - FloodRisk. Wien.
- [30] Habersack, H., Moser, A., BMFLUW, 2003. Ereignisdokumentation Hochwasser August 2002, ZENAR/Plattform Hochwasser, Universität für Bodenkultur. Wien.
- [31] Haustein, H.-D., 2001. Weltchronik des Messens: Universalgeschichte von Maß und Zahl, Geld und Gewicht. Walter de Gruyter.
- [32] HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 2016. HBLFA Raumberg-Gumpenstein | LTER Austria. [WWW Dokument]. URL <http://www.lter-austria.at/hblfa-raumberg-gumpenstein/> (abgerufen am 07.06.17)
- [33] Holding Graz Services Wasserwirtschaft, 2012. Wasserwirtschaft.
- [34] Hornich, R., 2007. 4. Grazer Bäche-Enquete - Sachprogramm Grazer Bäche - Hochwasserschutz. Wasserzeitschrift Steiermark.
- [35] Hydroconsult GmbH, 2016. WASPI / SMS Tools. Hydroconsult GmbH. [WWW Dokument] URL <http://www.hydroconsult.net/software/waspi-sms-tools-1/> (abgerufen am 17.07.17)
- [36] Hydrotec, 2017. HYDRO\_AS-2D. Hydrotec. [WWW Dokument]. URL <https://www.hydrotec.de/software/hydro-as-2d/> (abgerufen am 17.07.17)
- [37] IGAM, 2017. Meteorologische Station - IGAM [WWW Dokument]. URL <https://physik.uni-graz.at/de/igam/forschen/mess-stationen/meteorologische-station/> (abgerufen am 05.05.17).
- [38] Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007. Sachprogramm Grazer Bäche. Maßnahmenprogramm 2006, Zusammenfassender Bericht. Gleisdorf
- [39] Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2006. Sachprogramm Grazer Bäche. Studie 2006. Gleisdorf.

- [40] Jöbstl, C., Ortner, S., Knoblauch, H., Zenz, G., 2011. Hochwasserereignisse in kleinen, urbanen Einzugsgebieten - Vorhersage und Vorwarnung am Beispiel Graz. Österr. Wasser- Abfallwirtschaft. 63, 146–152. Springer Verlag.
- [41] Krebs, P., 2005. Siedlungsentwässerung.
- [42] Landscape GmbH, 2000. Anthropogene Beeinflussung des Wasserkreislaufes - Lexikon der Geowissenschaften [WWW Dokument]. URL <http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/anthropogene-beeinflussung-des-wasserkreislaufes/774> (abgerufen am 07.04.17).
- [43] Lehmann, T., 2017. Überflutungsschutz für Wien - zentrale und dezentrale Maßnahmen zum Umgang mit Regenwasser. Aqua Urbanica 2017.
- [44] Hoyer, E., 2017. Bilder von Rückhaltebecken
- [45] Magistrat Graz - Stadtplanungsamt, 2002. Deckplan 3. [WWW Dokument]. URL <http://www.graz.at/cms/dokumente/10023910/a4ea0e6f/deckplan3.pdf> (abgerufen am 01.07.17)
- [46] Magistrat Graz - Stadtvermessungsamt, 2002. Flächenwidmungsplan Graz [WWW Dokument]. URL [https://geodaten.graz.at/WebOffice/synserver?project=flaewi\\_3&client=core](https://geodaten.graz.at/WebOffice/synserver?project=flaewi_3&client=core) (abgerufen am 26.04.17).
- [47] Maniak, U., 2010. Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure. 6. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Braunschweig.
- [48] Maniak, U., 1997. Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure. 4. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Braunschweig.
- [49] Matzinger, A., 2017. Gewässerschutz durch kombinierte dezentrale und zentrale Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Modellstudie am Beispiel Berlins. Aqua Urbanica 2017.
- [50] Meffert, H., Burmann, C., Kirchgeorg, M., 2015. Marketing. Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele. 12. Aufl., Springer Gabler, Wiesbaden.

- 
- [51] Müller, U., 2010. Hochwasserrisikomanagement. Theorie und Praxis. 1. Aufl. ed. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2010.
- [52] Muschalla, D., 2016. Vorlesung Hydrologie.
- [53] Patt, H., Jüpner, R. (Hrsg.), 2013. Hochwasser-Handbuch. Auswirkungen und Schutz. 2. Aufl. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-28191-4
- [54] Prettenthaler, F., Podesser, A., Pilger, H., 2010. Klimaatlas Steiermark, Studie zum Klimawandel in Österreich. Version 2.0, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaft OAW.
- [55] Sackl, B., 2006. NA-Modelle Hydroconsult.
- [56] Sackl, B., 2005. Dokumentation des Hochwassers am 21.08.2005.
- [57] Sackl, B., Gamerith, V., 2017. Abflussberechnungen im Zuge des SAPRO Grazer Bäche.
- [58] SKYWARN AUSTRIA, 2017. Unwetter in Österreich - SKYWARN AUSTRIA | Unwetterwarnungen & Meldungen, gemeinnütziger Verein und Wetterplattform [WWW Dokument]. URL [http://www.skywarn.at/index.php/Unwetter\\_in\\_Oesterreich.html](http://www.skywarn.at/index.php/Unwetter_in_Oesterreich.html) (abgerufen am 21.06.17).
- [59] Stadt Graz, 2017a. 3.0 Flächenwidmungsplan 2002 [WWW Dokument]. URL <http://www.graz.at/cms/ziel/3810656/DE/> (abgerufen am 11.07.17).
- [60] Stadt Graz, 2017b. Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien 2016.
- [61] Stadt Graz, 2017c. Andritzer Bäche: Falkenbach + Gabriachbach + Andritzbach + Schöcklbach + Stufenbach - Stadtportal der Landeshauptstadt Graz [WWW Dokument]. URL <http://www.graz.at/cms/beitrag/10278073/427296> (abgerufen am 19.07.17).
- [62] Stadt Graz, 2017d. Geoportal Stadt Graz [WWW Dokument]. URL <http://www.geoportal.graz.at/> (abgerufen am 20.07.17).

- 
- [63] Stadt Graz, 2016. Die 17 Bezirke - Stadtportal der Landeshauptstadt Graz [WWW Dokument]. URL <http://www.graz.at/cms/beitrag/10034856/411015/> (abgerufen am 25.04.17).
- [64] Stadt Graz, 2015. Erläuterungsbericht. URL [http://www.graz.at/cms/dokumente/10250299\\_4200710/2e95de6c/05\\_25\\_0\\_ERL\\_BESCHL\\_sig-niert.pdf](http://www.graz.at/cms/dokumente/10250299_4200710/2e95de6c/05_25_0_ERL_BESCHL_sig-niert.pdf) (abgerufen am 08.08.2017)
- [65] Stadt Graz, 1972. Statistisches Jahrbuch 1969/1970. Magistrat Graz, Statistisches Amt.
- [66] Stadt Graz, 1945-1999. Statistische Jahrbücher seit 1945. Stadt Graz.
- [67] Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013. Das Sachprogramm Grazer Bäche Hochwasserschutz für die Stadt Graz - ein integraler Ansatz.
- [68] Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017. Bevölkerungsstatistik der Landeshauptstadt Graz. Magistrat Graz - Präsidualabteilung Referat für Statistik.
- [69] Steinhardt Wassertechnik GmbH, 2015. Das Original: der Steinhardt HydroSlide Abflussregler | Steinhardt GmbH Wassertechnik [WWW Dokument]. URL <http://steinhardt.de/steuern-regeln-begrenzen/hydroslide-abflussregler/> (abgerufen am 20.07.17).
- [70] Steininger, K.W., Steinreiber, C., Ritz, C. (Hrsg.), 2005. Extreme Wetterereignisse und ihre wirtschaftlichen Folgen. Anpassung, Auswege und politische Forderungen betroffener Wirtschaftsbranchen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Graz und Bern.
- [71] Steinke, L. (Hrsg.), 2015. Die neue Öffentlichkeitsarbeit. Wie gute Kommunikation heute funktioniert: Strategien - Instrumente - Fallbeispiele. Springer Gabler, Wiesbaden.
- [72] Steurer, B., 2009. Gehweg-, Radweg- und Straßenerhaltung in Graz-Ge-strata, Gestrata Journal.

- 
- [73] Strahalm, W., 2008. Graz - eine kleine Stadtgeschichte [WWW Dokument]. URL <http://www.graz.at/cms/ziel/6531828/DE/> (abgerufen am 24.04.17).
- [74] Wallner, A.-M., Höfler, K., 2009. Unwetter in Graz: Wenn Wiesen zu Seen werden [WWW Dokument]. Presse. URL [http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/496127/Unwetter-in-Graz\\_Wenn-Wiesen-zu-Seen-werden](http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/496127/Unwetter-in-Graz_Wenn-Wiesen-zu-Seen-werden) (abgerufen am 27.06.17).
- [75] Wasserhaushaltsgesetz - WHG, 2013., BGBl. I S. 95.
- [76] Wasserrechtsgesetz 1959, 2014., BGBl. Nr. 215/1959, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 98/2013.
- [77] Wiener, R., Hornich, R., 2007. 4. Grazer Bäche-Enquete.
- [78] Wirtschaftskammer Steiermark, 2002. Raumordnung [WWW Dokument]. URL [http://www2.wkstmk.at/wko.at/wup/wp/wp\\_raumordnung/raumordnungfaq.html#Anchor-Wa-6029](http://www2.wkstmk.at/wko.at/wup/wp/wp_raumordnung/raumordnungfaq.html#Anchor-Wa-6029) (abgerufen am 21.07.17).
- [79] WLIV, 2015. Der Gefahrenzonenplan.
- [80] WLIV, 2009. Wildbachverzeichnis
- [81] ZAMG, 1999-2016. Jahresrückblick - ZAMG [WWW Dokument]. URL <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresrueckblick/wetterueckblick/?jahr=2016&monat=GJ> (abgerufen am 05.03.17).
- [82] Zoidl, F., 2014. Wohin Graz wächst. [derStandard.at](http://derStandard.at).

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Niederschlagsganglinien Teil 1 (Maniak, 2010) .....	6
Abb. 2: Niederschlagsganglinien Teil 2 (Maniak, 2010) .....	7
Abb. 3: Vom Niederschlag zum Abfluss (Krebs, 2005), eigene Darstellung.....	8
Abb. 4: Hochwasserereignis – schematische Darstellung (Maniak, 1997).....	9
Abb. 5: Klimawandel in Österreich (Formayer und Kromp-Kolb, 2009).....	13
Abb. 6: Hochwasserrisikomanagementsystem (eigene Darstellung) .....	18
Abb. 7: Fläwi 3.0 (Magistrat Graz - Stadtvermessungsamt, 2002).....	20
Abb. 8: Deckplan 3 (Magistrat Graz - Stadtplanungsamt, 2002) .....	22
Abb. 9: GZP für den Bereich um den Mariatrosterbach (Das Land Steiermark, 2017a) .....	27
Abb. 10: APSFR (BMLFUW, 2015).....	32
Abb. 11: HW - Gefahrenkarte Graz (BMLFUW, 2015) .....	37
Abb. 12: HW - Gefahrenkarte - Wassertiefe HQ30 (BMLFUW, 2015).....	38
Abb. 13: HW - Gefahrenkarte - Fließgeschwindigkeit HQ30 (BMLFUW, 2015)	39
Abb. 14: Hochwasserrisikokarten Graz HQ30 (BMLFUW, 2015).....	43
Abb. 15: Webseite zum Hochwasserrisikomanagementplan 2015 (BMLFUW 2015).....	46
Abb. 16: Steirischer Risikokreislauf (Hornich et al., 2014) .....	47
Abb. 17: Karte der 17 Grazer Stadtbezirke (Stadt Graz, 2017).....	49
Abb. 18: Bäche in Graz (Das Land Steiermark, 2017a), eigene Darstellung ....	51
Abb. 19: Kanalisationsentwicklung Graz (Holding Graz), eigene Darstellung ...	61
Abb. 20: Bevölkerungszuwachs – Überblick 1300 – 2016 (Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017), eigene Darstellung.....	63
Abb. 21: Bevölkerungsentwicklung 1900 – 2016, (Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017), eigene Darstellung .....	63

---

Abb. 22: Bevölkerungsdichte 1950 – 2016, (Stadt Graz, 1950 - 2016) eigene Darstellung.....	65
Abb. 23: Unbebaute Grundstücke 1970 (Stadt Graz, 1972).....	67
Abb. 24: Siedlungsentwicklung 1869 – 2005 (Wiener und Hornich, 2007).....	69
Abb. 25: Prognose für 2050 (Wiener und Hornich, 2007) .....	69
Abb. 26: Meteorologische Station Universität Graz (IGAM, 2017) .....	70
Abb. 27: Thermometer (HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 2016) .....	72
Abb. 28: Temperaturverlauf 1947 – 2016 (Stadt Graz, 1947 - 2016), eigene Darstellung.....	73
Abb. 29: Ombrometer.....	75
Abb. 30: Gesamtniederschlagsmenge pro Jahr 1947 – 2016 (Stadt Graz, 1947 - 2016).....	76
Abb. 31: Maximale Niederschläge an einem Tag für die Jahre 1947 – 2016 (Stadt Graz, 1947 - 2016) .....	77
Abb. 32: Hochwasser 1827, Graz (Hornich, 2007).....	80
Abb. 33: Hochwasser 1913, Leonhardbach, beim Bachwirt (Buschek, 2002)...	81
Abb. 34: Mariatrosterbach 1975 (Wiener und Hornich, 2007) .....	82
Abb. 35: Schöckelbach 1975 (Wiener und Hornich, 2007).....	82
Abb. 36: Überflutungsflächen Schöckelbach, 21.08.2005 (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2005).....	83
Abb. 37: Radegunderstraße Nr. 92 (Sackl, 2005) .....	84
Abb. 38: Andritzer Reichsstraße/Gottlieb-Remschmidt-Gasse (Sackl, 2005) ...	84
Abb. 39: Hochwasser in Graz 2009 (Stadt Graz 2009) .....	85
Abb. 40: Hochwasser 2013, Andritzbach (Stadt Graz, 2013).....	86
Abb. 41: Veranschaulichung der Kraft des Wassers (Stadt Graz, 2013).....	86
Abb. 42: Auswirkungen des HW 2013, Gabriachbach (Stadt Graz, 2013).....	86

---

Abb. 43: Standortempfehlung für Hochwasserrückhaltebecken 1981 (Wiener und Hornich, 2007) .....	88
Abb. 44: Linearmaßnahmen Andritzbach (unterhalb des RHB) (Hoyer, 2017) .	97
Abb. 45: Rückhaltebecken und Versickerungsanlage Schererpark.....	98
Abb. 46: Wildholzrechen am RHB Untere Schirmleiten .....	99
Abb. 47: Implementierung eines passiven Hochwasserschutzes (Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013).....	100
Abb. 48: Standorte für die Errichtung von Hochwasserrückhaltebecken (Wiener und Hornich, 2007).....	102
Abb. 49: Broschüre HOCHWASSER – ICH SORGE VOR! (Arbeitskreis Hochwasser Graz, 2015) .....	107
Abb. 50: Rückhaltebecken Höllbach .....	110
Abb. 51: Bauzustand RHB Andritzbach August 2016 .....	111
Abb. 52: Bauzustand RHB Andritzbach Juli 2017 (Hoyer, 2017) .....	111
Abb. 53: Hart verbauter Andritzbach (Stadt Graz - Grünraum und Gewässer, 2013).....	112
Abb. 54: Aufgelöste Verbauung des Andritzbaches.....	112
Abb. 55: RHB Untere Schirmleiten.....	114
Abb. 56: RHB Am Eichengrund.....	115
Abb. 57: RHB Am Eichengrund, HW 2013 (Stadt Graz) .....	116
Abb. 58: RHB Am Eichengrund, HW 2013 (Stadt Graz) .....	116
Abb. 59: Gabriachbach HW 2013 (Stadt Graz, 2013) .....	117
Abb. 60: Gabriachbach 2017.....	117
Abb. 61: RHB Weinitzen .....	119
Abb. 62: Rückhaltebecken Weinitzen, HW 2013 (Stadt Graz, 2013) .....	120
Abb. 63: Rückhaltebecken Weinitzen, HW 2013 (Stadt Graz, 2013) .....	120
Abb. 64: Schöckelbach HW 2013 (Stadt Graz, 2013) .....	121

Abb. 65: Schöckelbach 2017.....	121
Abb. 66: Petersbach nach Hochwasser (Land Steiermark, 2015).....	122
Abb. 67: Petersbach heute.....	123
Abb. 68: Petersbach heute.....	123

### Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Legende zum Fläwi (Magistrat Graz - Stadtvermessungsamt, 2002) ...	20
Tab. 2: Auszug der Auswirkungen für die Ereignisse HQ30, HQ100, HQ300 (BMLFUW, 2015).....	44
Tab. 3: Stadtbezirke Stand 2016 (Stadt Graz - Referat für Statistik, 2017).....	49
Tab. 4: Kategorisierung nach Temperatur (Stadt Graz, 1947 - 2016) .....	74
Tab. 5: Geplante Rückhaltebecken (Ingenos Ziviltechniker GmbH, 2007).....	101
Tab. 6: Stand RHB 19.07.2017 (Stadt Graz, 2017c).....	108

### Abkürzungsverzeichnis

1D	eindimensional
2D	zweidimensional
Abb.	Abbildung
ABU	Daten aus <b>Abfluss</b> untersuchungen
APSF	<b>areas of potential significant flood risk</b> Gebiete mit signifikantem Hochwasserrisiko
BMLFUW	<b>B</b> undesminister für <b>L</b> and- und <b>F</b> orstwirtschaft, <b>U</b> mwelt und <b>W</b> asserwirtschaft
BWV	<b>B</b> undes <b>w</b> asserbauverwaltung
BMVIT	<b>B</b> undes <b>m</b> inisterium für <b>V</b> erkehr, <b>I</b> nnovation und <b>T</b> echnologie

---

DSM	<b>digital surface model</b> (Oberflächenmodell)
DTM	<b>digital terrain model</b> (Geländemodell)
EU	<b>Europäische Union</b>
Fläwi	<b>Flächenwidmungsplan</b>
GZP	<b>Gefahrenzonenplan</b>
h	Stunde
HORA	<b>Natural Hazard Overview &amp; Risk assessment Austria</b> Hochwasserrisikozonierung Austria
HORST	<b>Hochwasserrisikomanagement in der Steiermark</b>
HQ(T <sub>n</sub> )	Hochwasserabfluss mit Wiederkehrintervall von T <sub>n</sub> Jahren
HW	<b>Hochwasser</b>
N-A	<b>Niederschlag-Abfluss</b>
RMP	Hochwasserrisikomanagementplan
SAPRO	<b>Sachprogramm</b>
Tab.	Tabelle
u. U.	unter Umständen
WLV	<b>Wildbach- und Lawinenverbauung</b>
WRG	<b>Wasserrechtsgesetz</b>
WHG	<b>Wasserhaushaltsgesetz</b>
ZAMG	<b>Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik</b>

---

## Appendix

Österreichkarte – Regionen mit Anstieg der Schneefallgrenze .....	A1
Österreichkarte – Regionen von Tiefdruckgebieten betroffen .....	A2
Österreichkarte – Gewitterträchtige Regionen .....	A3
Flächenwidmungsplan 3.0 .....	A4
Deckplan 3 .....	A5
Hochwassergefahrenkarte mit Überflutungsflächen.....	A6
Hochwassergefahrenkarte mit Fließgeschwindigkeiten .....	A7
Hochwassergefahrenkarte mit Wassertiefen.....	A8
Hochwasserrisikokarte .....	A9
Zuständigkeiten.....	A10
Entwicklung der Wohnbevölkerung in Graz .....	A12
Größe, Einwohnerzahl und Einwohnerdichte der einzelnen Stadtbezirke .....	A15
Lufttemperaturen.....	A16
Kategorisierung nach Temperatur.....	A18
Niederschlag .....	A20
Ist-Stand der Maßnahmen .....	A22

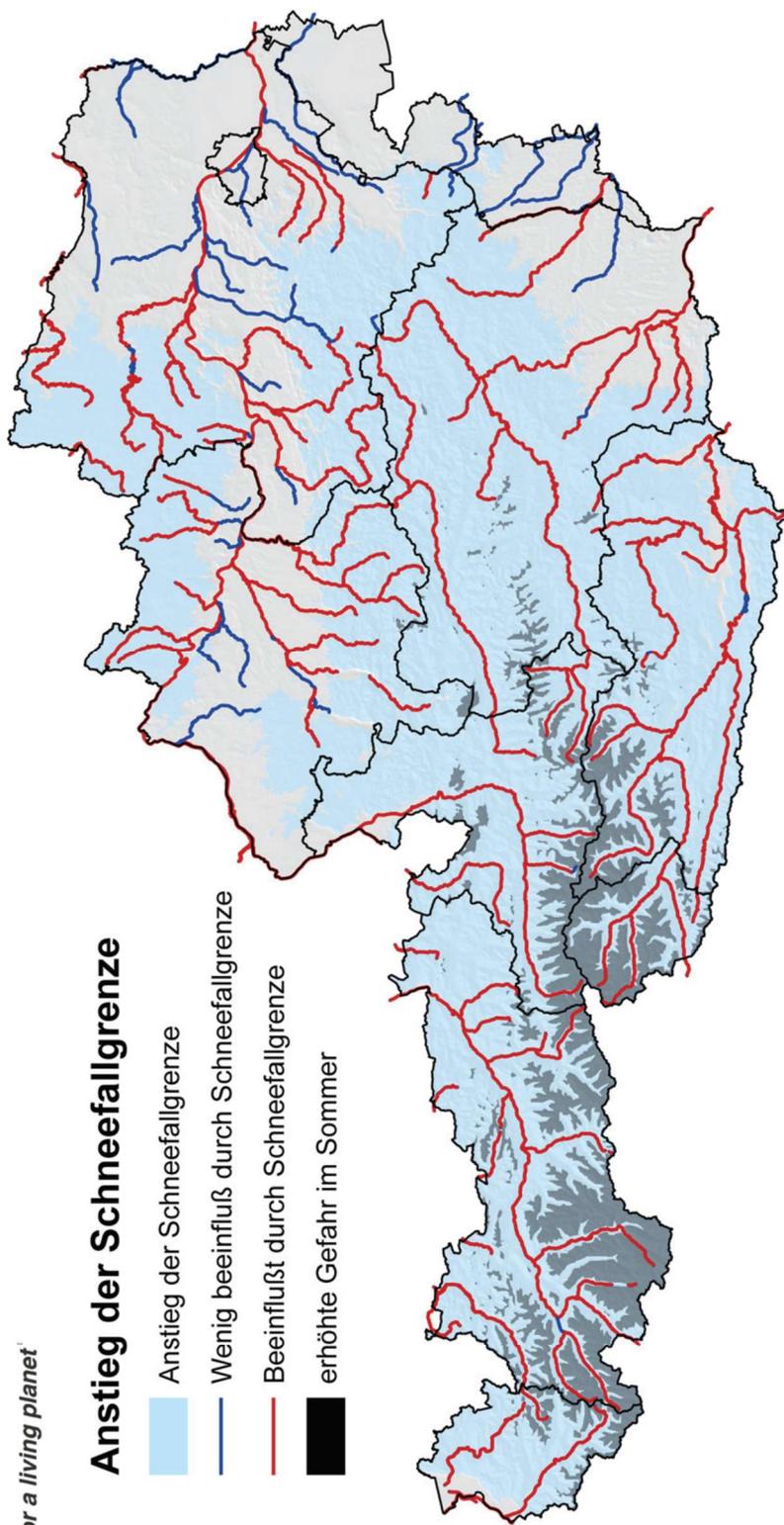


for a living planet

# Regionen in Österreich, in denen der Anstieg der Schneefallgrenze relevant ist

## Anstieg der Schneefallgrenze

-  Anstieg der Schneefallgrenze
-  Wenig beeinflusst durch Schneefallgrenze
-  Beeinflusst durch Schneefallgrenze
-  erhöhte Gefahr im Sommer



Inhalt und Layout:  
H. Formayer, 2006



BOKU-Met

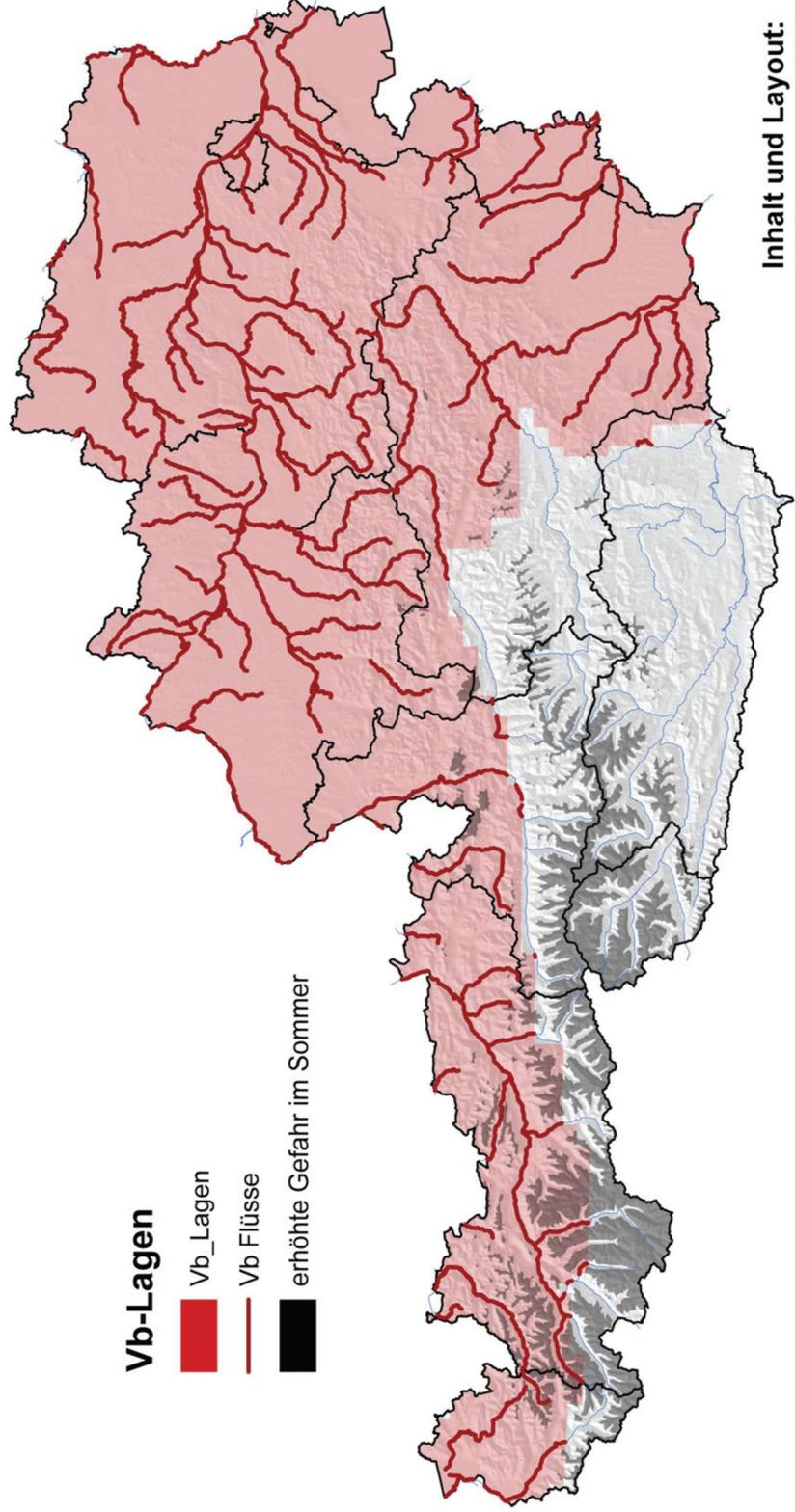


for a living planet®

## Regionen die durch Vb - ähnliche Lagen besonders betroffen sind

### Vb-Lagen

- Vb\_Lagen
- Vb Flüsse
- erhöhte Gefahr im Sommer



Inhalt und Layout:  
H. Formayer, 2006



BOKU-Met



for a living planet®

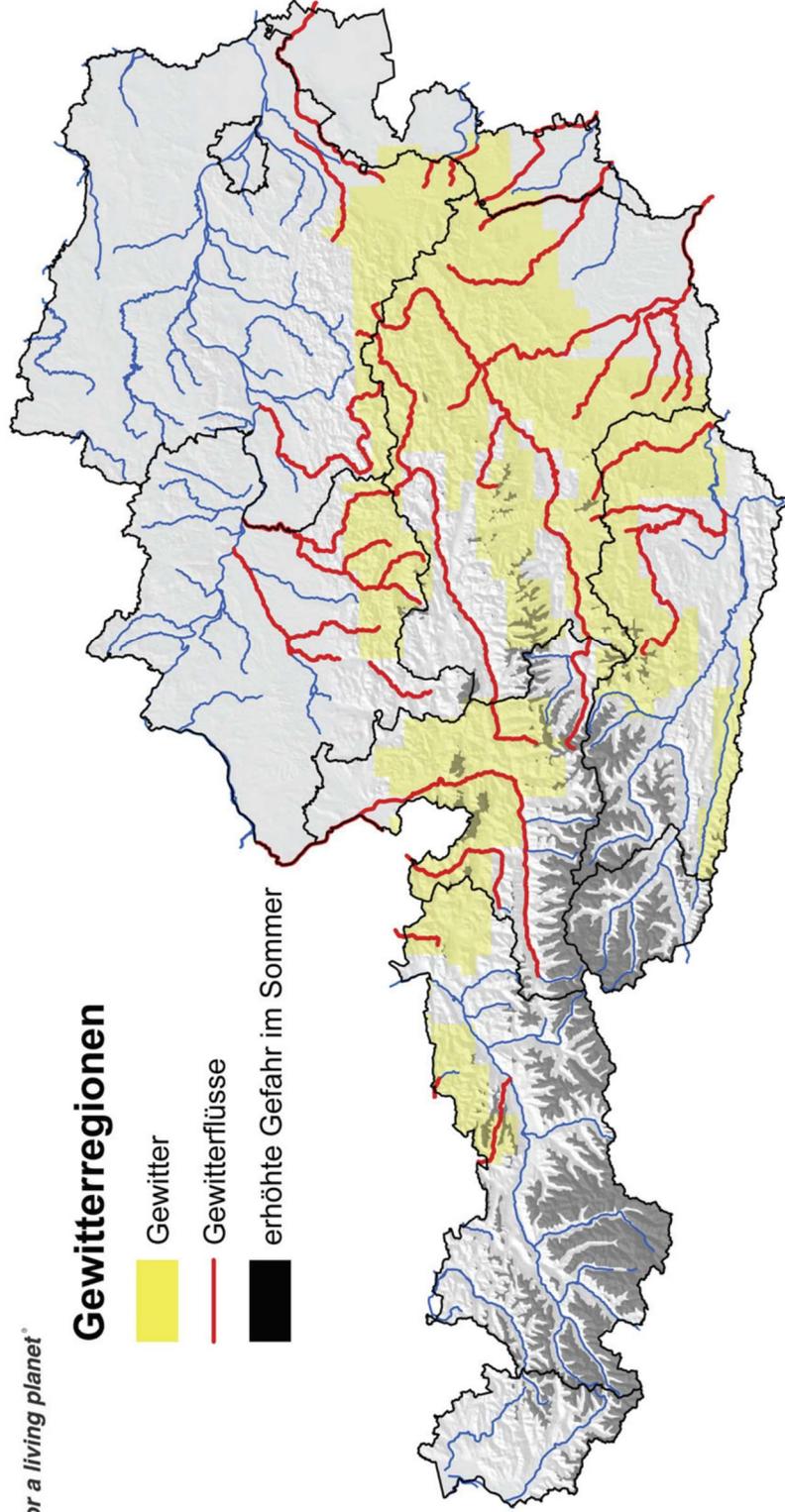
# Besonders gewitterträchtige Regionen in Österreich

## Gewitterregionen

 Gewitter

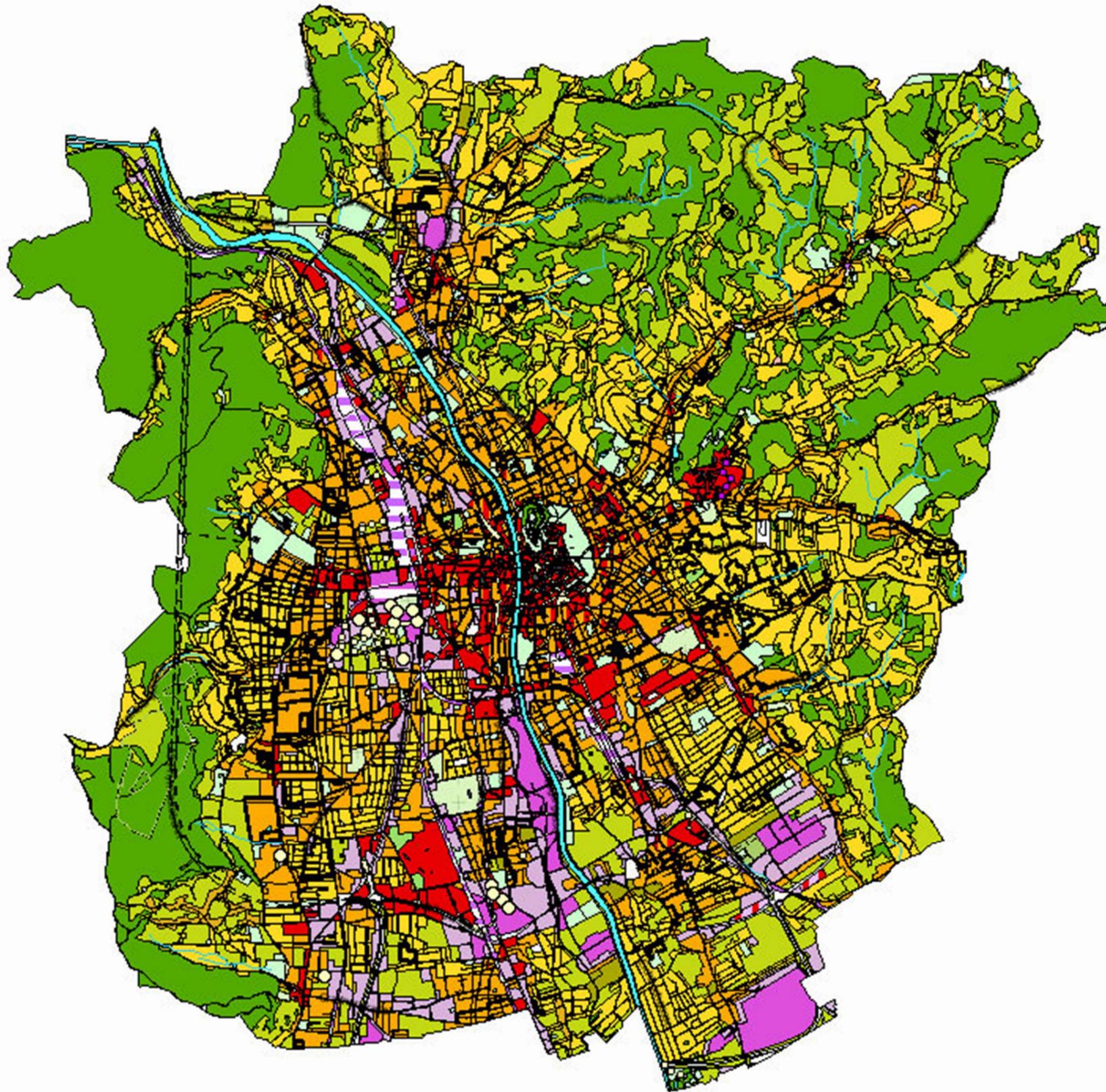
 Gewitterflüsse

 erhöhte Gefahr im Sommer



Inhalt und Layout:  
H. Formayer, 2006

# Flächenwidmungsplan der Stadt Graz



## A. BAULAND

WR	Reines Wohngebiet
WA	Allgemeines Wohngebiet
KB	Kern-, Büro- und Geschäftsgebiet
GG	Gewerbegebiet
V1	Industrie- und Gewerbegebiet I
V2	Industrie- und Gewerbegebiet II
EBZ-IF	Einkaufszentrum II mit Industrie und Gewerbegebiet
DO	Dorfgebiet
E	Erholungsgebiet
EBZ	Einkaufszentrum I, II
KBZ	Kern-, Büro- und Geschäftsgebiet mit Einkaufszentren I - Ausschluss
KBZ-WA	Kern-, Büro- und Geschäftsgebiet mit allgemeinem Wohngebiet (Nutzungsüberlagerung), ausgenommen Einkaufszentren
WR-APB	Auffüllungsgebiet - "A1" (gem. Artikel II der RD - Novelle 1994)
L(WR)	Aufschießungsgebiet mit künftiger Baugebietsnutzung
EBZ-IF	Aufschießungsgebiet - Nutzungsüberlagerung (z.B. "Einkaufszentrum II" mit "Industrie- und Gewerbegebiet I")
SG	Sanierungsgebiet - fehlende Abwasserreinigung
SGF	Sanierungsgebiet - Fluglärm
W	Bauland mit ersichtlich gemachten Wald ("Bauland - Wald")
ASZ (1-5)	Altstadtschutzzone (1-5)
Q,2-1,5	Bebauungsdichte

## B. VERKEHRSFLÄCHEN

A-9	Bundesautobahn
B-67a	Bundesstraße
L-329	Landesstraße
Verk	Bestehende bzw. geplante Gemeindestraße und öffentl. Interessantenweg (Festlegung des Verlaufes, ohne exakte Abgrenzung)
P	Abstellfläche (Parkplatz, P&R)
	Übergänge
○ ○ ○ ○	Gemeindestraße und öffentl. Interessantenweg (ungefähre Lage)
○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	Geh- bzw. Radweg (ungefähre Lage)
● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	Straßenbahn - Erweiterungsprojekt

## C. FREILAND

	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
	Wald
Sondernutzungen	
Eg	Erwerbsgärtner
KG	Kleingärten
oPa	Öffentliche Parkanlage o.ä. (Buchstabengr. wie ersichtlich gemachte öff. Einrichtungen) Spo...Sportplatz Ca...Campingplatz Spi...Spielplatz Fb...Freibad
Spo-Th	Anlage für Sportzwecke, mit der Möglichkeit der Errichtung eines Hallenbaues
F	Friedhof
pPa	Private Parkanlage
	Auffüllungsgebiet gem §25 Abs.2 (2) RD Novelle 1994 Punkterfüllung = aufzufüllende Fläche

## D. VORBEHALTSFLÄCHEN

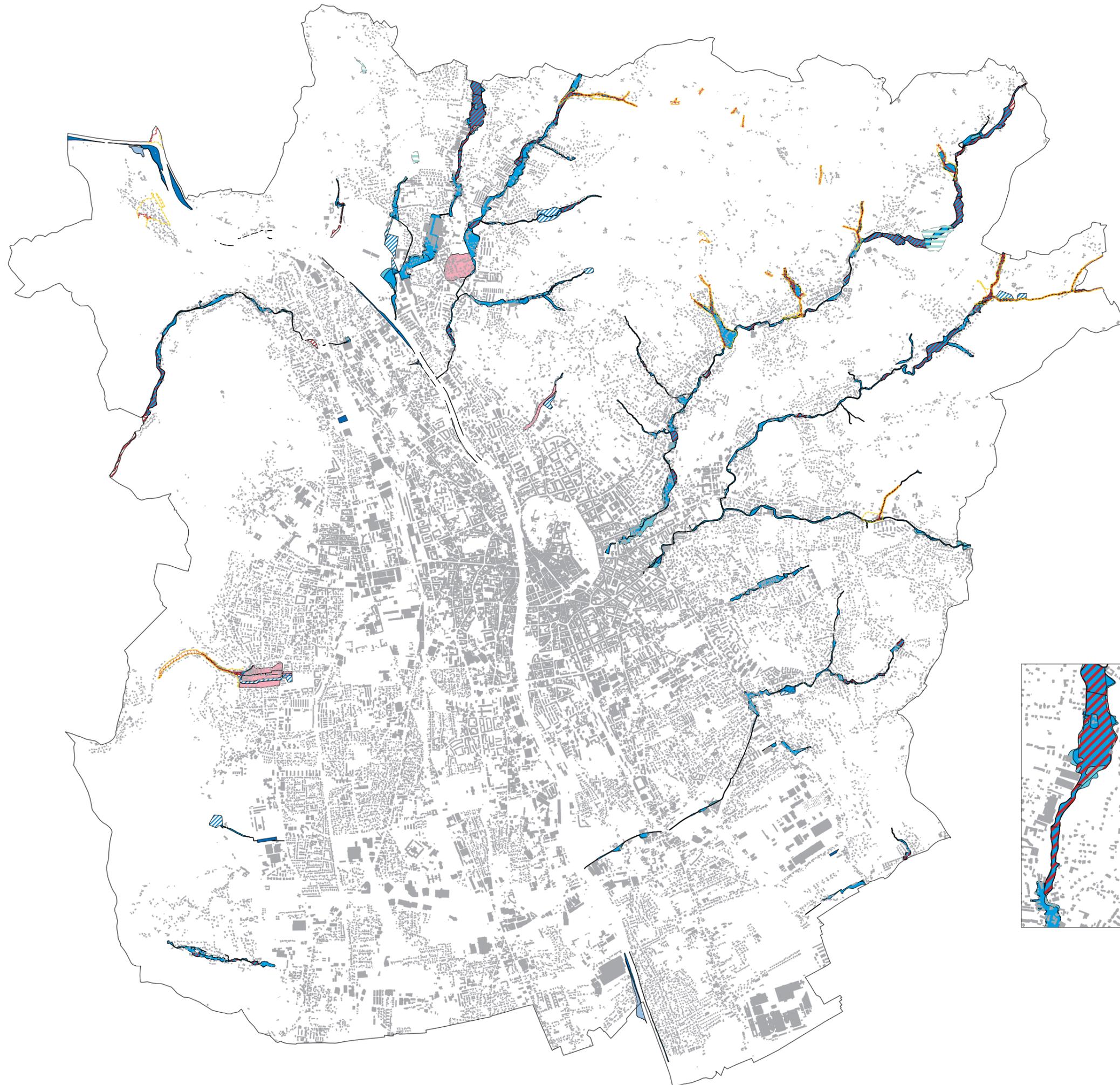
CPA(WR)	Vorbehaltsfläche, Buchstabengr. wie öff. Einrichtungen (Nachfolgenutzung in Klammer, Nr. laut Wortlaut)
---------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

# Deckplan 3

3.0 Flächenwidmungsplan 2002 der Landeshauptstadt Graz

## Hochwasserabfluss – Mur und Grazer Bäche

mit Darstellung des Gefahrenzonenplanes  
der Wildbach- und Lawinerverbauung



-  Überflutungsbereiche HQ 30
-  Überflutungsbereiche HQ 100
-  Gefährdungs- und Ausuferungsbereich (nicht eindeutig abgegrenzt)
-  Wasserwirtschaftliche Vorrangflächen für den Hochwasserabfluss (Entwurf)
-  Wasserwirtschaftliche Vorbehaltsflächen für wasserwirtschaftliche Schutzmaßnahmen (Entwurf)
-  Geplante /projektierte Rückhaltebecken
-  Geplante Versickerungsflächen/Vorbehaltsflächen im 3.0 Flächenwidmungsplan 2002
-  Gelbe Gefahrenzone gemäß Wildbachverbauung
-  Rote Gefahrenzone gemäß Wildbachverbauung

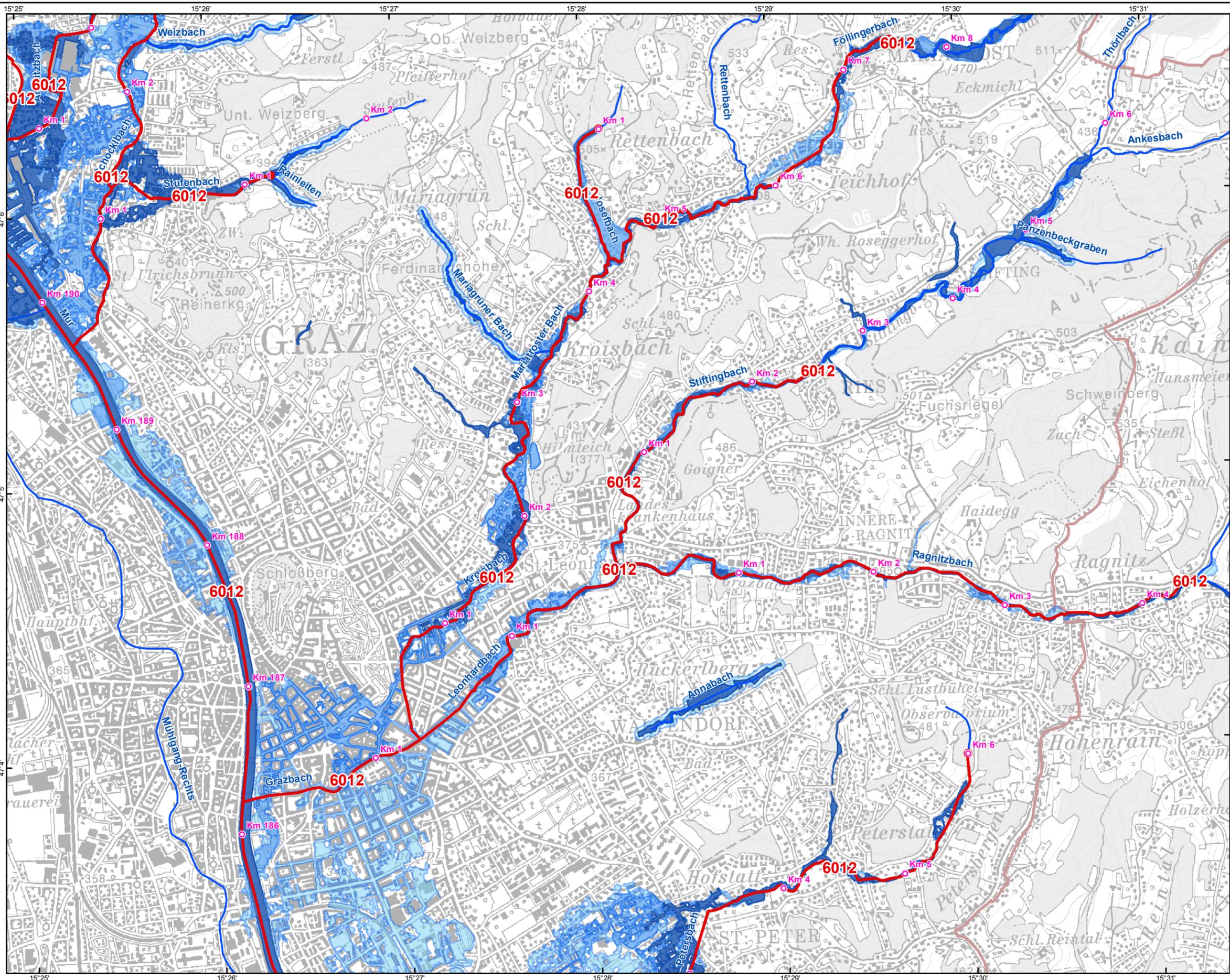


0 1.000 2.000 Meter

Stadt **GRAZ** Stadtplanungsamt

Planverfasser: Magistrat Graz – Stadtplanungsamt  
Projektgruppe Stadtentwicklungskonzept – Flächenwidmungsplan





# Hochwasser - Gefahrenkarte Überflutungsflächen

30	100	300 / Extrem
----	-----	--------------

## Zeichenerklärung

**Ausmaß der Überflutung durch Hochwasser mit Wiederkehrintervall (Daten aus Detailuntersuchungen)**

- 30 Jahre (HQ30)
- 100 Jahre (HQ100)
- 300 Jahre / Extremereignis (HQ300/Extrem)

**Ausmaß der Überflutung durch Hochwasser mit Wiederkehrintervall (Daten aus anderen Untersuchungen)**  
(außerhalb der Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko nur für 300 Jahre / Extremereignis dargestellt)

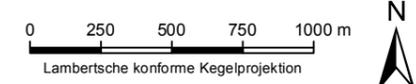
- 30 Jahre (HQ30)
- 100 Jahre (HQ100)
- 300 Jahre / Extremereignis (HQ300/Extrem)

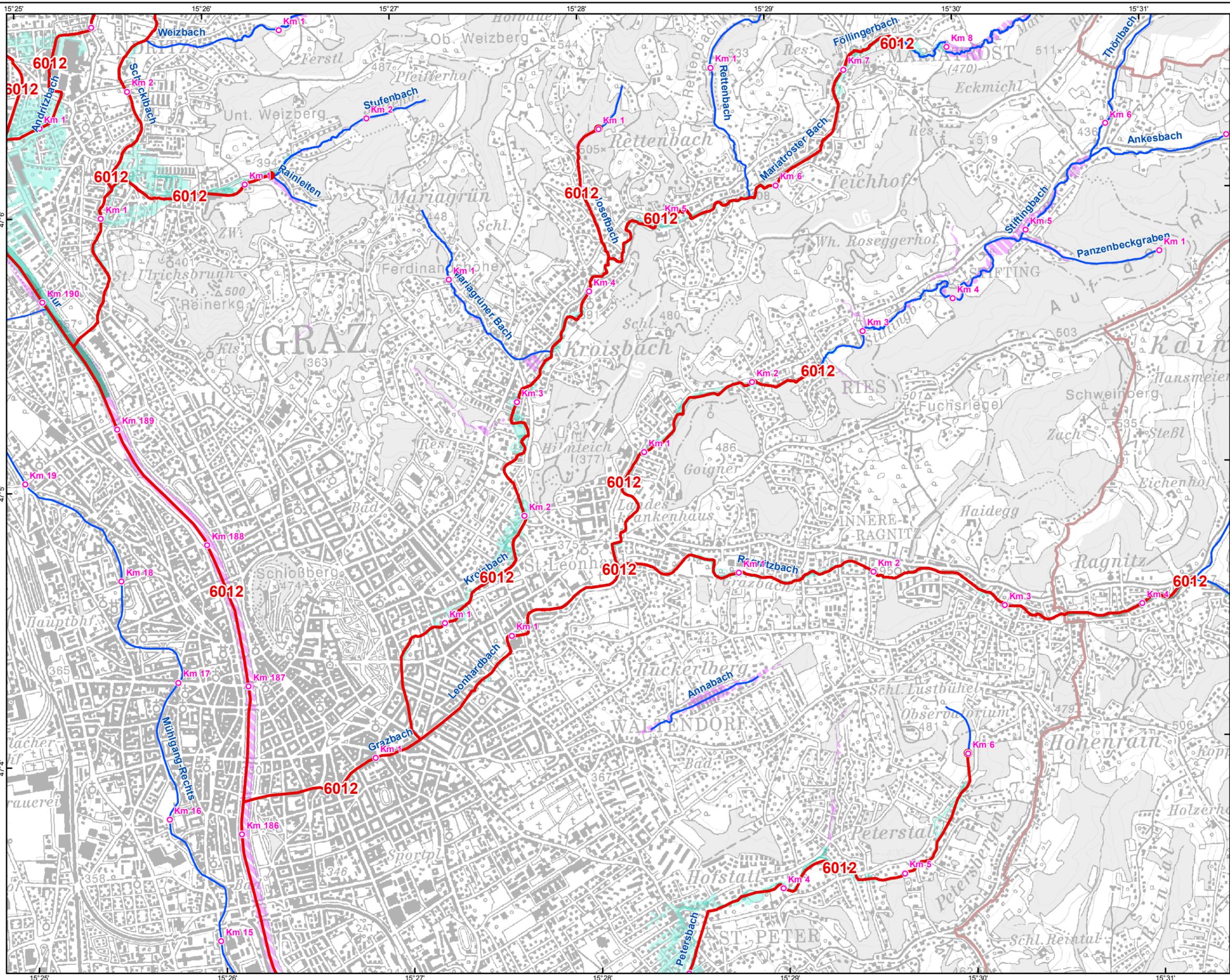
## Hintergrundinformation

- 1001 Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko
- Gewässerstrecken innerhalb der Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko
- km 75 Flusskilometrierung
- Fließgewässer
- Gemeindegrenze
- Österreichische Karte 1 : 50.000 (KM50R)

Dargestellt sind ausgewählte Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko nach §55j Wasserrechtsgesetz. Für diese Gebiete sind Überflutungsflächen durch Hochwasser hoher/mittlerer/niedriger Wahrscheinlichkeit (Wiederkehrintervall durchschnittlich 30/100/300 Jahre) auf Basis von Modell-Szenarien dargestellt.

## Lage Kartenausschnitt Blatt 6012-02





# Hochwasser - Gefahrenkarte

## Fließgeschwindigkeiten

30	100	300 / Extrem
----	-----	--------------

### Zeichenerklärung

Fließgeschwindigkeiten [m/s]  
(Daten aus Detailuntersuchungen)

- > 2 m/s
- 0,6 - 2 m/s
- < 0,6 m/s

### Keine flächenhaften Daten vorhanden

- Überflutungsflächen aus Detailuntersuchungen
- Überflutungsflächen anderer Untersuchungen

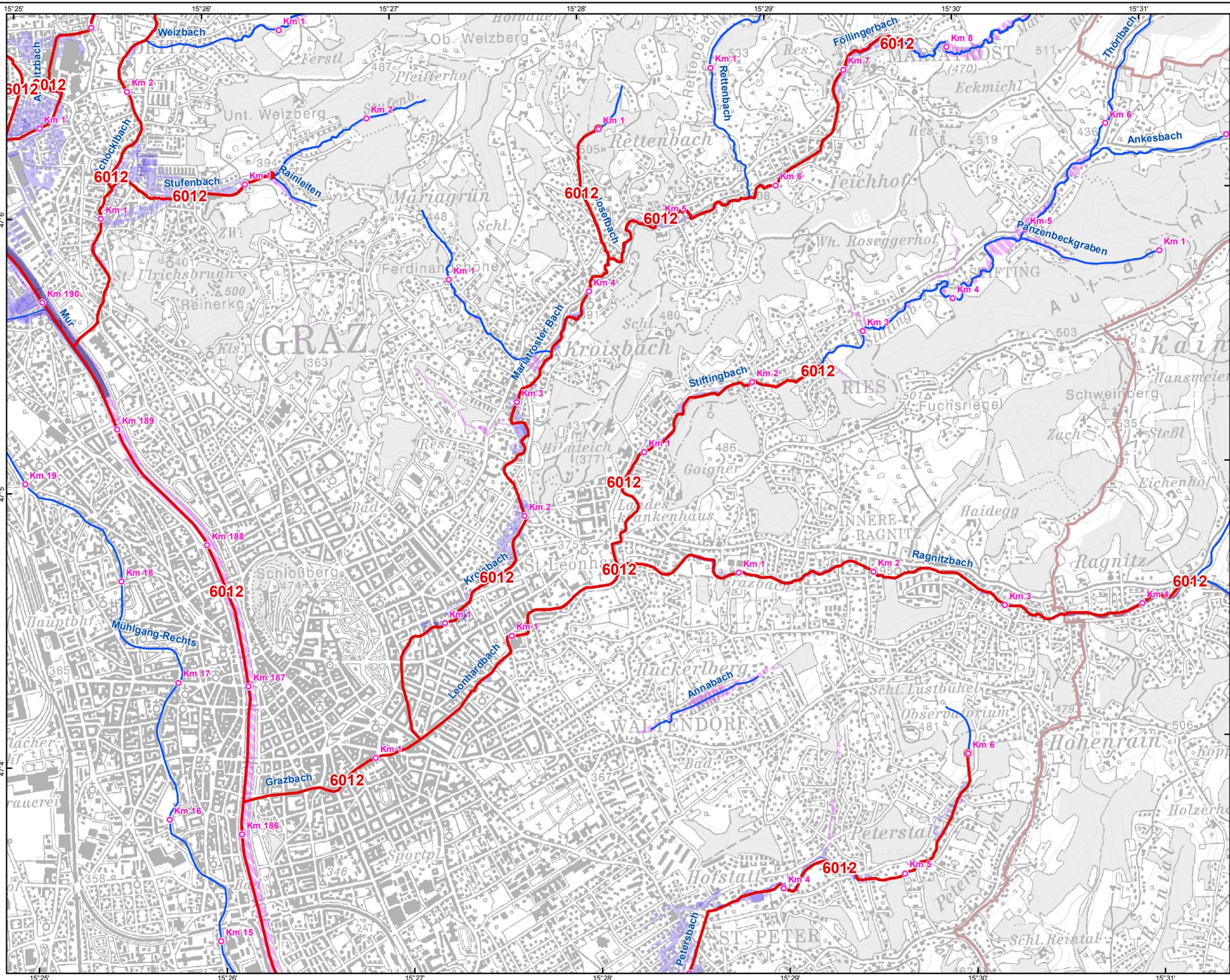
### Hintergrundinformation

- 1001 Gebiete mit potenziell significantem Risiko
- Gewässerstrecken innerhalb der Gebiete mit potenziell significantem Risiko
- Flusskilometrierung
- Fließgewässer
- Gemeindegrenze
- Österreichische Karte 1 : 50.000 (KM50R)

Dargestellt sind ausgewählte Gebiete mit potenziell significantem Risiko nach §55j Wasserrechtsgesetz. Für diese Gebiete sind Fließgeschwindigkeiten durch Hochwasser hoher Wahrscheinlichkeit (Wiederkehrintervall durchschnittlich 30 Jahre) auf Basis von Modell-Szenarien dargestellt.

### Lage Kartenausschnitt





# Hochwasser - Gefahrenkarte

## Wassertiefen

<b>30</b>	100	300 / Extrem
-----------	-----	--------------

### Zeichenerklärung

#### Wassertiefen [m] (Daten aus Detailuntersuchungen)

- > 1,5 m
- 0,6 - 1,5 m
- < 0,6 m

#### Wassertiefen [m] (Daten aus anderen Untersuchungen)

- > 1,5 m
- 0,6 - 1,5 m
- < 0,6 m

#### Keine flächenhaften Daten vorhanden

- Überflutungsflächen aus Detailuntersuchungen
- Überflutungsflächen anderer Untersuchungen

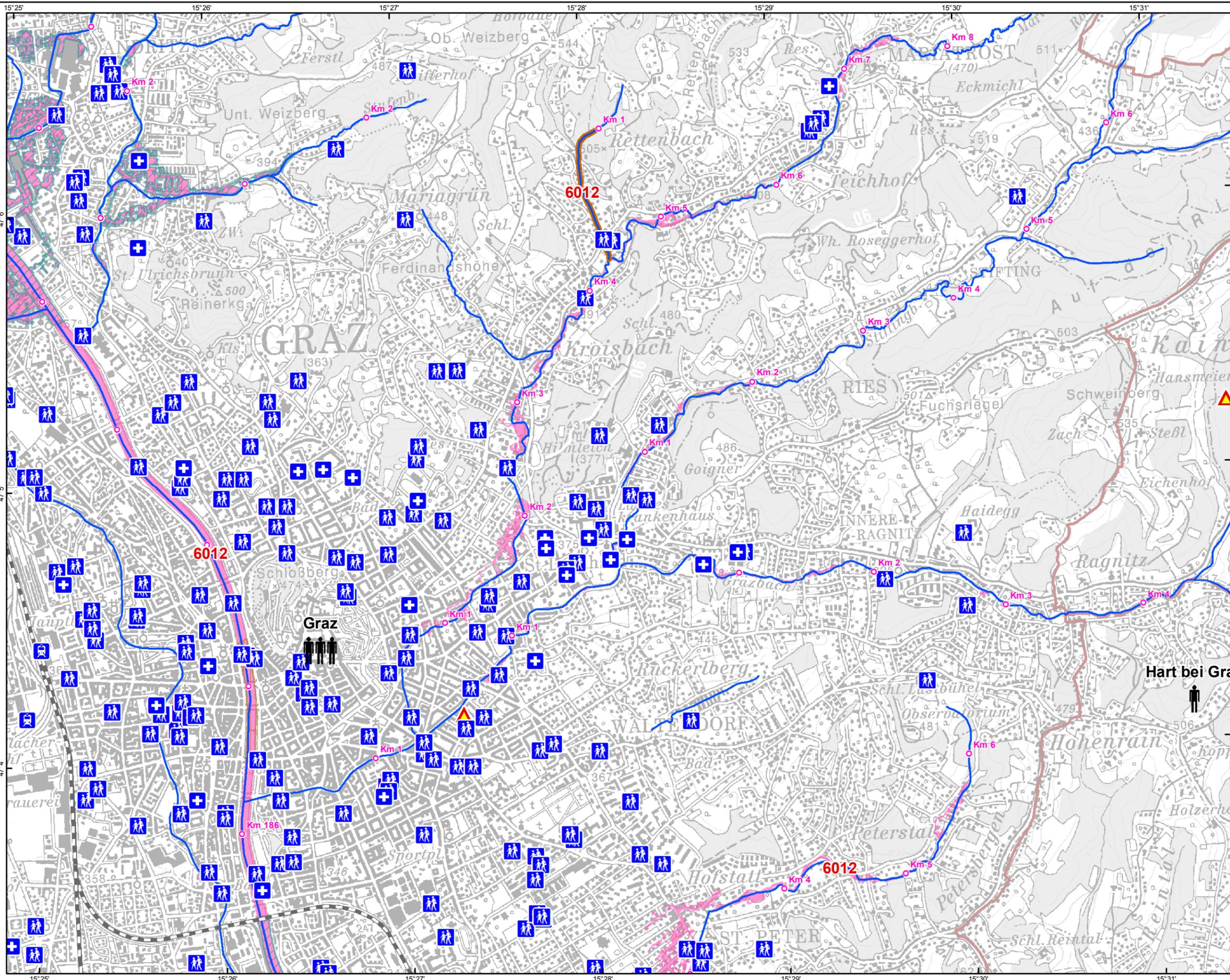
#### Hintergrundinformation

- 1001** Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko
- Gewässerstrecken innerhalb der Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko
- Flusskilometrierung
- Fließgewässer
- Gemeindegrenze
- Österreichische Karte 1 : 50.000 (KM50R)

Dargestellt sind ausgewählte Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko nach §55j Wasserrechtsgesetz. Für diese Gebiete sind Wassertiefen durch Hochwasser hoher Wahrscheinlichkeit (Wiederkehrintervall durchschnittlich 30 Jahre) auf Basis von Modell-Szenarien dargestellt.

#### Lage Kartenausschnitt





# Hochwasser - Risikokarte

30	100	300 / Extrem
----	-----	--------------

## Zeichenerklärung

- ### Überflutungsflächen und Nutzung
- vorwiegend Wohnen
  - Industrie und Gewerbe
  - siedlungsbezogene Nutzungen
  - Land- und Forstwirtschaft, sonstiges Grünland
  - Wasserflächen
  - Natura 2000 / Nationalpark
  - Wasserschongebiet
  - UNESCO Weltkulturerbe

### Einwohner im Überflutungsgebiet pro Gemeinde

- über 5000
- über 500 bis 5000
- über 50 bis 500
- bis 50
- Gemeindegrenze

### Besondere Gefährdungen

- Industrieanlagen, Abfall- und Abwasserentsorger
- Bedeutende Altlast
- Hoher Feststoffgehalt oder murartiges Ereignis

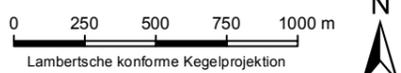
### Infrastruktur

- Krankenhaus / Seniorenheim
- Schule / Kindergarten
- Flughafen
- Bahnhof
- Hafenanlage
- Badegewässer
- Eisenbahnstrecke (Kernnetz ÖBB)
- Autobahn
- Schnellstraße

### Hintergrundinformation

- 1001 Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko
  - km 75 Flusskilometrierung
  - Fließgewässer
  - Österreichische Karte 1:50.000 (KM50R)
- Dargestellt sind ausgewählte Gebiete mit potenziell signifikantem Risiko nach §55j Wasserrechtsgesetz. In diesen Gebieten ist das Risiko für überflutete Flächen bei einem Hochwasser hoher Wahrscheinlichkeit (Wiederkehrintervall durchschnittlich 30 Jahre) auf Basis von Modell-Szenarien dargestellt.

### Lage Kartenausschnitt



Zuständigkeiten			
Lf. Nr.	Gewässer	Länge [km]	Zuständigkeit
1	Falkenbach	0,68	BWV
2	Andritzbach	3,86	BWV
4	Schöckelbach	4,81	BWV
5	Dürschöckelbach	0,7	WLV
6	Pfangbach	0,56	BWV
7	Weizbach	1,7	BWV
8a	Rainleitenbach	0,38	BWV
9	Zusertalgerinne	0,19	BWV
10	Mariatrosterbach	0,5	WLV
10	Mariatrosterbach	5,96	BWV
10	Kroisbach	2,84	BWV
11	Re. Zubringer Mariatrosterbach (Schafmandl)	1,36	BWV
12	Re. Zurbinger Mariatrosterbach (Franz Herzog Weg)	0,65	BWV
12a	Föllingerbach	1,66	BWV
13	Tullbach	0,5	WLV
15	Rettenbach	0,65	WLV
16	Josefbach	0,74	WLV
16a	Re. Ast des Josefbachs	0,38	WLV
17	Mariagrünerbach	1,59	BWV
18	Faulbach	0,88	BWV
19	Stiftingbach	5,74	BWV
19a	Thörlbach	0,75	WLV
20	Ankesbach	0,64	WLV
21	Li. Zubringer zum Stiftingbach (Panzenbeckgasse)	0,39	BWV
23	Re. Zubringer zum Stiftingbach (Edelweißweg)	0,52	BWV
24	Li. Zubringer zum Stiftingbach (Fuchsriegel)	0,4	BWV
24a	Li. Ast des Fuchsriegelzubringers	0,14	BWV
25	Re. Zubringer zum Stiftingbach (Posthof)	0,27	BWV
26	Ragnitzbach	3,57	BWV
27	Schweinbergbach	0,5	WLV
28	Li. Zubringer zum Ragnitzbach (Berlinerring)	0,09	BWV
29	Leonhardbach	1,48	BWV

Zuständigkeiten			
Lf. Nr.	Gewässer	Länge [km]	Zuständigkeit
29a	Grazbach	1,33	BWV
30	Annabach	1,13	BWV
31	Petersbach	6,01	BWV
32	Re. Zubringer zum Petersbach (Peierlhang)	1,08	BWV
33	Erhardgerinne	0,75	BWV
34	Messendorferbach	0,52	BWV
35	Tiefentalgerinne	0,93	BWV
36	Thalerbach	5,67	BWV
36a	Aubach	0,73	BWV
36b	Rechter Mühlgang	0,3	BWV
36c	Schleifbach	1,2	BWV
37	Winkelbach	0,18	BWV
38	Li. Zubringer zum Thalerbach (Labgraben)	0,08	BWV
40	Bründlbach	0,91	BWV
41	Katzelbach	1,53	BWV
42	Re. Zurbinger zum Katzelbach	0,46	BWV
43	Raachleitengraben	0,47	WLV

Entwicklung der Wohnbevölkerung in Graz				
Jahr	männlich	weiblich	gesamt	Art der Erhebung
Ende des 13. Jh.			2000	Schätzung
~1470			5000	Schätzung
~1572			7000	Schätzung
~1582			8000	Schätzung
~1620			10000	Schätzung
~1663			14000	Schätzung
~1700			16000	Schätzung
~1770			24914	Anwesende Bevölkerung
~1783			29251	Anwesende Bevölkerung
~1810			31844	Anwesende Bevölkerung
~1813			34635	Anwesende Bevölkerung
~1816			34237	Anwesende Bevölkerung
~1819			35038	Anwesende Bevölkerung
~1820			36012	Anwesende Bevölkerung
~1822			37465	Anwesende Bevölkerung
~1825			39367	Anwesende Bevölkerung
~1826			40229	Anwesende Bevölkerung
~1830			38178	Anwesende Bevölkerung
~1840			46873	Anwesende Bevölkerung
~1843			48491	Anwesende Bevölkerung
~1846			51349	Anwesende Bevölkerung
~1850			55421	Anwesende Bevölkerung
~1857			63176	Anwesende Bevölkerung
~1866			74129	Anwesende Bevölkerung
1869	38302	42817	81119	Anwesende Bevölkerung
1880	47118	50673	97791	Anwesende Bevölkerung
1890	56785	57281	114066	Volkszählung
1900	66642	71438	138080	Volkszählung
1910	71861	79920	151781	Volkszählung
1920	72126	84905	157031	Volkszählung
1923	71395	81336	152731	Anwesende Bevölkerung
1934	70707	82134	152841	Volkszählung
1939	96242	111505	207747	Anwesende Bevölkerung
1945	87061	109365	196426	Bevölkerungsaufnahme
1946	100146	119954	220100	Bevölkerungsaufnahme

Entwicklung der Wohnbevölkerung in Graz				
Jahr	männlich	weiblich	gesamt	Art der Erhebung
1947	101727	120589	222316	Bevölkerungsaufnahme
1948	104143	123217	227360	Fortschreibung
1949	106924	128319	235243	Fortschreibung
1950	104864	125955	230819	Fortschreibung
1950	108269	129486	237755	Fortschreibung
1951	101679	124774	226453	Volkszählung
1952	101873	125165	227038	Fortschreibung
1953	101810	125637	227447	Fortschreibung
1954	102669	125577	228246	Fortschreibung
1955	102831	125575	228406	Fortschreibung
1956	103107	126058	229165	Fortschreibung
1957	103060	126075	229135	Fortschreibung
1958	105049	127996	233045	Fortschreibung
1959	105533	128783	234316	Fortschreibung
1960	106833	130573	237406	Fortschreibung
1961	107303	129777	237080	Volkszählung
1962	109710	132272	241982	Fortschreibung
1963	111724	135046	246770	Fortschreibung
1964	112825	135927	248752	Fortschreibung
1965	114033	136992	251025	Fortschreibung
1966	115597	137282	252879	Fortschreibung
1967	116155	137560	253715	Fortschreibung
1968	116545	137328	253873	Fortschreibung
1969	115557	136947	252504	Fortschreibung
1970	114301	136759	251060	Fortschreibung
1971	113069	135431	248500	Volkszählung
1972	112559	136325	248884	Fortschreibung
1973	112357	136681	249038	Fortschreibung
1974	112006	137141	249147	Fortschreibung
1975	111696	137339	249035	Fortschreibung
1976	111643	137404	249047	Fortschreibung
1977	111307	136984	248291	Fortschreibung
1978	110709	136441	247150	Fortschreibung
1979	110250	136093	246343	Fortschreibung
1980	109934	135712	245646	Fortschreibung
1981	109676	133490	243166	Volkszählung

Entwicklung der Wohnbevölkerung in Graz				
Jahr	männlich	weiblich	gesamt	Art der Erhebung
1982	109396	135058	244454	Fortschreibung
1983	109086	134677	243763	Fortschreibung
1984	108746	134080	242826	Fortschreibung
1985	108754	133512	242266	Fortschreibung
1986	108372	133065	241437	Fortschreibung
1987	107843	132622	240465	Fortschreibung
1988	107149	131843	238992	Fortschreibung
1989	106234	130946	237180	Fortschreibung
1990	105979	130182	236161	Fortschreibung
1991	110568	127242	237810	Volkszählung
1992	109246	131124	240370	Fortschreibung
1993	110342	131657	241999	Fortschreibung
1994	111100	132057	243157	Fortschreibung
1995	112995	127071	240066	Fortschreibung
1996	113378	126801	240179	Fortschreibung
1997	113503	126487	239990	Fortschreibung
1998	114037	126476	240513	Fortschreibung
1999	114461	126506	240967	Fortschreibung
2000	114083	127447	241530	Fortschreibung
2001	106228	120016	226244	Volkszählung
2002	110751	122832	233583	Fortschreibung
2003	111874	123603	235477	Fortschreibung
2004	114665	125613	240278	Fortschreibung
2005	118607	128841	247448	Fortschreibung
2006	119887	130212	250099	Fortschreibung
2007	121337	131515	252852	Fortschreibung
2008	119887	130212	250099	Fortschreibung
2009	121337	131515	252852	Fortschreibung
2010	123999	133899	257898	Fortschreibung
2011	126500	136066	262566	Fortschreibung
2012	129041	137924	266965	Fortschreibung
2013	130510	138855	269365	Fortschreibung
2014	132140	139844	271984	Fortschreibung
2015	134714	141812	276526	Fortschreibung
2016	138155	144324	282479	Fortschreibung
2016	140847	145839	286686	Fortschreibung

Größe, Einwohnerzahl und Einwohnerdichte der einzelnen Stadtbezirke																		
Bezeichnung	Größe [km <sup>2</sup> ]		1950		1960		1970		1980		1990		1999		2010		2016	
	bis 1988	ab 1988	Einwohner	EW/km <sup>2</sup>														
I Innere Stadt	1,16	1,16	11359	9.788	9.540	8221	7111	6.128	4917	4.237	4142	3.571	5.488	4.731	4147	3.575	4.696	4.048
II Leonhard	1,83	1,83	24043	13.126	22.013	12018	19441	10.614	16022	8.747	14856	8.118	20.351	11.121	17777	9.714	18.942	10.351
III Geidorf	5,54	5,50	28889	5.217	26.616	4806	25144	4.540	24426	4.411	22323	4.059	31.723	5.768	28044	5.099	30.258	5.501
IV Lend	3,70	3,70	25060	6.769	25.769	6960	29628	8.002	29118	7.865	25735	6.955	31.634	8.550	31433	8.495	34.459	9.313
V Gries	5,55	5,05	34632	6.236	34.678	6244	31441	5.661	29403	5.294	24561	4.864	30.566	6.053	29041	5.751	32.136	6.364
VI Jakomini	4,07	4,06	31419	7.727	31.910	7848	33217	8.169	29806	7.331	27471	6.766	37.116	9.142	35039	8.630	38.319	9.438
VII Liebenau	7,99	7,99	7904	989	9.852	1233	12294	1.539	12511	1.566	12501	1.565	13.859	1.735	13959	1.747	15.652	1.959
VIII St. Peter	8,85	8,86	5298	599	5.876	664	6576	743	8242	931	9771	1.103	14.921	1.684	15646	1.766	16.548	1.868
IX Waltendorf	4,47	4,48	6164	1.379	6.423	1437	8070	1.805	10712	2.396	10788	2.408	14.224	3.175	13030	2.908	13.301	2.969
X Ries	10,16	10,16	2718	268	3.272	322	5443	536	5904	581	5776	569	7.557	744	6519	642	6.834	673
XI Mariatrost	13,95	13,99	6247	448	6.040	433	5806	416	6253	448	6822	488	10.286	735	10337	739	11.050	790
XII Andritz	18,41	18,47	8651	470	9.113	495	11425	621	13478	732	14207	769	19.436	1.052	19396	1.050	20.717	1.122
XIII Gösting	10,83	10,83	5935	548	6.801	628	9410	869	9863	911	9926	917	11.256	1.039	11088	1.024	11.858	1.095
XIV Eggenberg	7,79	7,79	16086	2.065	16.258	2087	16372	2.102	15869	2.037	15814	2.030	20.832	2.674	20449	2.625	22.523	2.891
XV Wetzelsdorf	5,77	5,77	5897	1.022	8.049	1395	10907	1.890	12520	2.170	11969	2.074	14.317	2.481	15109	2.619	16.643	2.884
XVI Straßgang	17,43	11,75	10517	603	16.261	933	18775	1.077	16560	950	12268	1.044	14.904	1.268	14827	1.262	17.248	1.468
XVII Puntigam	-	6,18									7231	1.170	8.155	1.320	7697	1.245	9.403	1.522
	127,50	127,57	230819		238.472		251060		245604		236161		306.625		293538		320.587	

Die Größe der Viertel verändert sich geringfügig über die Jahre, eine genauere Angabe der Größe ist für diese Untersuchung nicht zielführend.

Lufttemperatur			
Jahr	Jahresmittel	Maximum	Minimum
1947	9,7	33,1	-17,6
1948	9,8	31,3	-12,2
1949	9,5	33,2	-13,8
1950	9,2	37,1	-17,9
1951	9,6	30,7	-9,2
1952	7	35,6	-15
1953	9,1	30,1	-13,5
1954	8	30,1	-16,4
1955	8,5	30,7	-14
1956	8,2	29,9	-18,6
1957	9,8	35,5	-16
1958	10,1	32,5	-14
1959	10	30,4	-10,6
1960	9,5	30	-14,6
1961	9,8	32,2	-18,3
1962	8,4	31,5	-14,2
1963	8,5	32,2	-19,5
1964	9	30,1	-9,8
1965	8,5	33,2	-13,1
1966	10,2	30,1	-15
1967	9,6	31,7	-14,8
1968	9,4	34,9	-16,3
1969	9,3	31	-15,4
1970	9,2	30,5	-12,4
1971	9,2	32,6	-13,5
1972	8,8	31,1	-10,9
1973	8,8	29,9	-13
1974	9,5	32	-5,3
1975	9,5	30,3	-9,5
1976	8,9	32,3	-14,3
1977	9,5	31,5	-10,3
1978	8,2	28,2	-10,6
1979	9,1	30,2	-13
1980	8,4	31,5	-10,9

Lufttemperatur			
Jahr	Jahresmittel	Maximum	Minimum
1981	9,4	30,6	-13,3
1982	9,4	30	-15,1
1983	9,8	34,5	-12,7
1984	9	31,9	-12,2
1985	8,8	32,9	-19
1986	8,8	31	-16,6
1987	8,9	30,4	-19,3
1988	9,6	33,4	-12,7
1989	9,8	30,5	-10,9
1990	9,9	31,6	-13,2
1991	8,8	32,6	-16,5
1992	10,3	34,9	-10,7
1993	9,7	32,7	-13,9
1994	11	34,2	-12,8
1995	9,8	31	-13,2
1996	8,8	32,4	-16,5
1997	9,6	30,2	-13
1998	10,1	33,4	-11,6
1999	10,2	32,9	-12,6
2000	11,3	35,5	-13,2
2001	10,4	33,6	-12,8
2002	10,9	35,2	-13
2003	10,4	36,6	-17,4
2004	9,7	33,6	-11,7
2005	9,5	32,5	-15,3
2006	10,1	33,6	-15,6
2007	10,9	36	-8,2
2008	10,8	34,1	-9,9
2009	10,5	34,7	-14,4
2010	9,8	34,3	-13,5
2011	10,5	33,9	-9,6
2012	10,8	33,8	-14,1
2013	10,5	38,1	-8,8
2014	11,4	33,9	-9,5
2015	11,4	35,2	-6,4
2016	10,9	31,9	-8,6

Kategorisierung nach Temperatur				
Jahr	Frosttage	Eistage	Sommertage	Tropentage
1947	106	44	62	
1948	87	27	30	
1949	117	9	56	
1950	104	26	80	
1951	94	8	62	
1952	125	13	67	
1953	115	23	58	
1954	100	41	50	
1955	117	29	40	
1956	109	48	44	
1957	71	21	41	
1958	79	16	52	
1959	69	15	32	
1960	67	25	37	
1961	75	33	52	
1962	114	38	42	
1963	107	64	51	
1964	95	43	52	
1965	113	16	38	
1966	93	24	34	
1967	97	17	54	
1968	114	36	32	
1969	108	44	49	
1970	114	32	43	
1971	107	24	48	
1972	94	43	40	
1973	131	23	46	
1974	84	2	32	
1975	93	5	46	
1976	109	25	34	
1977	85	19	41	
1978	114	30	26	
1979	84	21	41	
1980	109	25	28	

Kategorisierung nach Temperatur				
Jahr	Frosttage	Eistage	Sommertage	Tropentage
1981	105	19	60	
1982	91	28	46	
1983	97	16	63	
1984	95	17	31	
1985	100	37	53	
1986	119	37	56	
1987	97	31	47	
1988	112	8	51	
1989	92	9	49	
1990	85	17	59	
1991	94	17	48	
1992	97	12	77	
1993	112	22	69	
1994	70	6	83	
1995	92	19	68	12
1996	107	35	54	6
1997	95	19	72	1
1998	92	14	62	15
1999	95	18	65	5
2000	73	9	77	20
2001	83	11	76	22
2002	68	19	74	13
2003	102	13	107	41
2004	91	14	51	7
2005	114	20	62	8
2006	91	17	62	22
2007	63	14	71	16
2008	66	8	74	12
2009	76	21	69	11
2010	100	33	62	18
2011	105	15	87	18
2012	89	18	83	28
2013	78	14	73	25
2014	41	14	58	8

Niederschlag		
Jahr	Gesamtniederschlag [mm]	Tagesmaximum [mm]
1947	650	41
1948	878	39
1949	681	41
1950	732	34
1951	844	73
1952	800	41
1953	571	43
1954	916	49
1955	703	29
1956	897	54
1957	782	43
1958	966	56
1959	871	43
1960	856	46
1961	679	30
1962	819	56
1963	940	49
1964	898	84
1965	1169	66
1966	952	51
1967	766	54
1968	867	64
1969	910	49
1970	904	82
1971	582	36
1972	1093	60
1973	895	79
1974	721	30
1975	987	79
1976	708	46
1977	621	33
1978	635	19
1979	976	23
1980	845	21

Niederschlag		
Jahr	Gesamtniederschlag [mm]	Tagesmaximum [mm]
1981	751	18
1982	959	30
1983	647	59
1984	725	46
1985	804	47
1986	784	41
1987	870	48
1988	813	54
1989	820	52
1990	870	42
1991	1009	49
1992	798	49
1993	761	33
1994	848	48
1995	840	56
1996	897	37
1997	762	37
1998	860	41
1999	896	67
2000	755	40
2001	560	36
2002	873	71
2003	661	43
2004	901	30
2005	889	70
2006	756	37
2007	826	36
2008	952	68
2009	1205	60
2010	916	43
2011	705	55
2012	1032	54
2013	995	86
2014	1019	56
2015	747	44
2016	818	34

Ist-Stand der Maßnahmen				
Lf. Nr.	Gewässer	Linearmaßnahmen	Rückhaltebecken	Sonstige Maßnahmen
1	Falkenbach			
2	Andritzbach	1. BA Unterlauf Max-Kraft-Gasse 1. BA Unterlauf-Mündung Mur bis Weinzöttlstraße (1. BA gesamt 1,20 km)	3. BA RBH Stattegg 3. BA RHB Stattegg/ Andritzbach	
3	Gabriachbach	1. BA 0,25 km 2. BA 0,60 km 3. BA 0,80 km	1. BA RHB am Eichengrund 1. BA RHB Obere Schirmleiten	
4	Schöckelbach	1. BA 1,30 km 2. BA 0,90 km 3. BA 0,50 km 4. BA 2,00 km	RHB 1 Annagraben RHB 2 Weinitzen	Retentionsflächen A, B
5	Dürschöckelbach			Geschiebe- bzw. Wildholzrückhalt im Oberlauf
6	Pfangbach			
7	Weizbach			
8	Stufenbach	1. BA 2. BA (1.+2. BA 1,00 km)	RHB A RHB B	Retentionsfläche
9	Zusertalgerinne			Retentionsfläche
10	Mariatrosterbach + Kroisbach	Kleinsanierung 0,40 km	1. BA RHB Mariatrosterbach - Fölling	
13	Tullbach			
15	Rettenbach	1. BA Brückensanierung + Linearausbau Oberlauf	RHB Rettenach	
16 und 16a	Josefbach und Re. Ast des Josefbachs		RHB Josefbach 1 (Nord) RHB Josefbach 2 (Ost) RHB Zubringer Josefbach	
17	Mariagrünerbach	1. BA 0,40 km		
19 und 19a	Stiftingbach Thörlbach		RHB Stiftingbach (RHB 2) RHB Thörlbach	
20	Ankesbach		RHB Ankersbach (RHB 5)	
21	Li. Zubringer zum Stiftingbach (Panzenbeckgasse)		RHB Panzenbeckgasse (RBH 3)	
23	Re. Zubringer zum Stiftingbach (Edelweißweg)			
25	Re. Zubringer zum Stiftingbach (Posthof)			
26	Ragnitzbach		RHB Ragnitzbach (RHB 3)	
29	Leonhardbach	Kleinsanierung 0,20 km 1. BA 2. BA (1.+2. BA 1,60 km)		
30	Annabach		RHB Annabach 1 - Reisgrund (West) RHB Annabach 2 (Ost)	

Ist-Stand der Maßnahmen				
Lf. Nr.	Gewässer	Linearmaßnahmen	Rückhaltebecken	Sonstige Maßnahmen
31 und 32	Petersbach und Re. Zubringer zum Petersbach (Peierlhang)	1. BA Durchlasssanierung 0,45 km	4. BA RHB Petersbach 1 - St. Peter (West)	
		2. BA Verrohrungsstrecke 0,10 km	5. BA RHB Petersbach 2 - Petriau (Ost)	
		3. BA 3,10		
		5. BA		
		Sanierung Entlastungsgerinne		
		Sanierung Unterlauf 0,50 km		
		Kleinsanierung 0,20 km		
		Notfallsanierung Bereich Hohenrainerstraße		
33	Erhardgerinne		RHB Erhardgerinne	
34	Messendorferbach	1,00 km	RHB Messendorferbach	
35	Tiefentalgerinne		RHB Tiefentalgerinne	
36	Thalerbach und Erlenbach	Linearmaßnahmen, Entlastungsgerinne	RHB Erlenbach 1 (Ost) Gem. Thal	
			RHB Erlenbach 2 (West) Gem. Thal	
			RHB Schlosswiese (Adaptierung)	
			RHB Thalersee (Adaptierung)	
36a	Aubach			
36b	Rechter Mühlgang			
37	Winkelbach		RHB Winkelbach (Gem. Thal)	
38	Li. Zubringer zum Thalerbach (Labgraben)			
39	Einödbach	2. BA 0,50 km	1. BA RHB und VSA	Geschiebesperre
		3. BA 0,70 km		
40	Bründlbach	1. BA 0,85 km	1. BA RHB 1 Krottendorferstraße	
			2. BA RHB 2 Gablenzkaserne (RHB und VSA)	
41	Katzelbach		RHB Katzelbach 1 (Ost)	
42	Re. Zubringer zum Katzelbach		RHB Katzelbach 2 (West)	

Legende:
Fertiggestellt
in Bau
in Planung
Maßnahmen angedacht, Stand nicht erfasst