

# DIPLOMARBEIT

Master Thesis

## **Hochwassersicheres Bauen an der Neuen Donau**

ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades  
einer Diplomingenieurin

unter der Leitung von

**Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch**

E206 Institut für Hochbau und Technologie

Forschungsbereich für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung

und der Mitbetreuung von

**Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Krouzecky**

E222 Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie

Forschungsbereich für Wasserbau

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Hannah Ulbing, BSc**

0825517

Mariahilferstraße 178, 1150 Wien

Wien, im Juni 2017

.....



Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **DIPLOMARBEIT**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Wien, im Juni 2017

.....

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Diplomarbeit die Sprachform des generischen Femininums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der weiblichen Form geschlechtsunabhängig zu verstehen ist.

# Danksagung

Eine Diplomarbeit steht nicht nur symbolisch für den Abschluss eines Studiums – sie ist wissenschaftliche Arbeit, aber auch persönlicher Meilenstein.

Daher möchte ich all jenen, die mich auf dem Weg bis zu diesem Schlusspunkt und in der Zeit während des Verfassens der Arbeit selbst unterstützt und motiviert haben, danken.

Selbstverständlich gilt mein Dank den beiden Betreuern der Arbeit, Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Kolbitsch und Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Norbert Krouzecky, welche die Ausarbeitung des Themas insbesondere mit kritischem Feedback und ihrem Fachwissen bereicherten.

Großer Dank gilt auch meinen Freundinnen und Freunden für den immerwährenden Rückhalt und die nie nachlassende Aufmunterung.

Auch meine Chefin und mein Chef seien dankend erwähnt; sie ermöglichten mir mit ihrer Flexibilität das berufsbegleitende Studieren und Verfassen der Arbeit.

Ganz besonderer Dank gilt schließlich meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben und mich all die Jahre nicht nur finanziell, sondern auch emotional unterstützten und auch in der Phase des Verfassens der Diplomarbeit immer ein offenes Ohr für mich hatten.

## Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit beschäftigt sich mit den konstruktiven Aspekten möglicher Bauten zur Schaffung von Flächenangeboten für gewerbliche und individuelle Nutzungen an den Ufern der Neuen Donau.

Allgemeine Begriffsbestimmungen sind den eigentlichen inhaltlichen Ausführungen vorangestellt. Termini wie Hochwasser und Überschwemmung, sowie deren Entstehung und Klassifizierung sind vorab zu erläutern, um anschließend inhaltlich in die Tiefe gehen zu können. Hinzu tritt das Konzept des Hochwasserschutzes, das im Kontext erklärungsbedürftig erscheint.

Kurz ist auf die Entstehung und Errichtung der Neuen Donau als Hochwasserabflussgerinne einzugehen, da dieser Tatsache maßgebliche Bedeutung für alle Überlegungen, ufernah zu bauen, zukommt.

Die Rechtsgrundlagen, die wegen der sehr zersplitterten Materie äußerst komplex sind, werden in einem eigenen Kapitel abgehandelt. Allgemeines Verwaltungsrecht, Wasserrecht, Baurecht und Raumordnungsgesetze sind zu beachten. Die Kenntnis dieser Rechtsmaterien ist für Bauvorhaben unabdinglich. Nicht zu vernachlässigen sind konkret die Baubewilligung in Wien sowie die wasserrechtliche Bewilligung.

Für konkrete Bauvorhaben gilt es, um die natürlichen Begebenheiten Bescheid zu wissen: Grundlagen der Gerinnehydraulik sind ebenso relevant wie die Anschlaglinien der Neuen Donau.

Baulich schließlich sind die Tragwerksbemessung bei Einwirkung durch Hochwässer und die Tragfähigkeitsnachweise nach ÖNORM EN 1997-1 besonders ausführungsbedürftig. Die Planungsgrundsätze der Bauvorsorge und die baukonstruktiven Empfehlungen runden die Ausführungen des ingenieurwissenschaftlichen Teils ab.

Abschließend wird in einer Conclusio darauf eingegangen, welches die beim Bauen an der Neuen Donau größten Gefahren und wichtigsten Überlegungen sind. Vorstellungen, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Risiken sind gegeneinander abzuwägen.

## **Abstract**

This Master Thesis focuses on the constructive aspects of potential structures creating spaces for commercial and individual use at the banks of the Neue Donau (New Danube).

General definitions precede the actual substantial deliberations. Terms such as High Water and Flood, their genesis, and classifications need to be explained before going into detail. The concept of flood protection also seems in need of explanation in the context of this thesis.

Origin and construction of the Neue Donau as flood discharge channel need to be addressed since this fact is of decisive importance for all plans of inshore building.

The legal basis, which is complex due to the matter being regulated in various Acts, will be elaborated upon in a separate chapter. General administrative law, water law, building law, and regional planning laws all have to be considered. Knowledge of these norms is mandatory for building projects. Furthermore, the building permit and the permit related to water law must not be disregarded for building projects in Vienna.

For specific building projects, given conditions must be known: Principles of channel hydraulics are relevant as well as the level of the Neue Donau.

Regarding construction structural design for cases of exposure to high waters and the determination of load-bearing capacity according to ÖNORM EN 1997-1 are particularly in need of explanation. Planning principles following guidelines for precautionary planning and recommendations on construction-planning complete the engineering scientific picture.

A conclusion will be used for referring to the greatest dangers and most relevant considerations for building on the banks of the Neue Donau. Concepts, economic considerations, and risks need to be balanced.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Begriffsdefinitionen .....</b>	<b>3</b>
2.1	Naturereignis Hochwasser .....	3
2.1.1	Entstehung von Flussüberschwemmungen .....	3
2.1.2	Klassifizierung von Hochwasser .....	6
2.2	Donau-Hochwasserschutz in Wien .....	6
2.2.1	Errichtung der Neuen Donau als Schutzmaßnahme.....	6
2.2.2	Konzept des Hochwasserrisikomanagements .....	9
2.2.2.1	Hochwasserrisikomanagementzyklus.....	9
2.2.2.2	Aktiver und passiver Hochwasserschutz .....	10
2.2.2.2.1	Passiver Hochwasserschutz.....	10
2.2.2.2.2	Aktiver Hochwasserschutz.....	11
2.2.2.3	Restrisiko trotz Hochwasserschutz .....	11
2.2.2.3.1	Organisations- und Verhaltensvorsorge .....	12
2.2.2.3.2	Alarmierungspläne und Katastrophenschutz .....	12
2.3	Rechtsgrundlagen zur Errichtung von Bauwerken am Wasser in Österreich .....	13
2.3.1	Kartografische Gefahrendarstellung nach Raumordnungsrecht.....	14
2.3.1.1	Exkurs: Europäische Hochwasserrichtlinie (HW-RL).....	16
2.3.1.1.1	Hochwasserrisikozonierung Austria (HORA).....	16
2.3.1.1.2	Wasserinformationssystem Austria (WISA).....	17
2.3.1.2	Gefahrenzonenpläne .....	18
2.3.1.2.1	Gefahrenzonenpläne gemäß § 11 Forstgesetz .....	19
2.3.1.2.2	Gefahrenzonenpläne der Bundeswasserbauverwaltung.....	19
2.3.2	Wasserrechtliche Bewilligung .....	20
2.3.3	Baubewilligungen in Wien .....	21
2.3.3.1	Bauplatzrelevante Verfahren .....	21
2.3.3.2	Bau- und Anzeigeverfahren .....	22
2.3.4	Beurteilung der gesetzlichen Rahmenbedingungen .....	23
<b>3</b>	<b>Gerinnehydraulik .....</b>	<b>24</b>
3.1	Allgemeines.....	24
3.1.1	Geschwindigkeitsverteilung.....	24

3.1.2	Gerinnequerschnitt.....	25
3.2	Klassifizierung der Gerinneströmungen .....	25
3.2.1	Räumliche Variation .....	25
3.2.2	Zeitliche Variation.....	26
3.2.3	Interner Fließzustand .....	27
3.2.4	Randwirkungen .....	27
3.3	Fließformeln .....	28
3.3.1	Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler (Strickler-Formel) .....	28
3.3.2	Fließformel nach Darcy-Weisbach .....	29
3.4	Schubspannung und Sohlbewegung.....	30
3.4.1	Definition der Schubspannung .....	30
3.4.2	Kritische Schubspannung und Geschiebetransport .....	31
3.5	Lokale Energieverluste.....	32
3.6	Abflusskurven.....	33
3.7	Instationäre Wasserspiegellagenberechnung .....	33
<b>4</b>	<b>Anschlagslinien der Neuen Donau.....</b>	<b>35</b>
4.1	Wasserspiegellagen in der hochwasserfreien Zeit.....	35
4.2	Wasserspiegellagen im Hochwasserfall.....	36
4.2.1	Betriebsführung im „normalen Hochwasserfall“ gemäß Wehrbetriebsordnung 36	
4.2.2	Betriebsführung „unter unvorhersehbaren und nicht projekts-gemäßen Umständen“ gemäß Wehrbetriebsordnung .....	39
<b>5</b>	<b>Tragwerksbemessung bei Einwirkungen durch Hochwasser .....</b>	<b>40</b>
5.1	Allgemeine Hinweise zur Bemessung .....	40
5.2	Spezifikum der Tragwerksbemessung bei Einwirkungen durch Hochwasser .....	41
5.3	Hochwasser-Einwirkungsmodelle / Lastannahmen.....	42
5.3.1	Hydrostatische Einwirkung.....	43
5.3.2	Hydrodynamische Einwirkung.....	44
5.3.3	Sonstige mögliche Einwirkungen .....	44
5.4	Tragfähigkeitsnachweise nach ÖNORM EN 1997-1 .....	45
5.4.1	Allgemein .....	45
5.4.2	Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL).....	46
5.4.3	Nachweise des Grenzzustandes HYD .....	47



5.4.3.1	Hydraulischer Grundbruch .....	47
5.4.3.2	Innere Erosion und Piping.....	48
5.5	Fazit: Herausragende Bedeutung der Tragwerksbemessung .....	48
<b>6</b>	<b>Planungsgrundsätze der Bauvorsorge.....</b>	<b>49</b>
6.1	Hochwasserschutzstrategien der Bauvorsorge.....	49
6.1.1	Ausweichen.....	50
6.1.2	Widerstehen .....	51
6.1.3	Nachgeben.....	51
6.2	Anforderungen an den Entwurf .....	51
6.2.1	Gestaltausbildung des Baukörpers .....	52
6.2.2	Gefahrenangepasste Nutzungskonzepte.....	52
<b>7</b>	<b>Baukonstruktive Empfehlungen zum hochwasserangepassten Bauen.....</b>	<b>54</b>
7.1	Wege des Wassereintritts in das Gebäude .....	54
7.2	Permanente konstruktive Schutzmaßnahmen .....	55
7.2.1	Maßnahmen gegen die Standsicherheitsgefährdung des Gebäudes .....	55
7.2.1.1	Maßnahmen gegen die Beschädigung von Außenwand- und Deckenkonstruktionen .....	56
7.2.1.2	Maßnahmen zur Sicherstellung der Auftriebssicherheit .....	56
7.2.1.3	Maßnahmen zum Erosionsschutz an Fundamenten .....	57
7.2.2	Maßnahmen gegen den Wassereintritt in das Gebäude (wasserdichte Bauweise).....	57
7.2.2.1	Wasserdichte Gebäudehülle.....	58
7.2.2.2	Wasserdichte Öffnungen .....	59
7.2.2.3	Haustechnik- und Installationsführungen.....	60
7.2.3	Schutzmaßnahmen bei planmäßigem Wassereintritt ins Gebäude .....	60
7.3	Temporäre Schutzmaßnahmen.....	61
7.3.1	Mobile Schutzmaßnahmen .....	61
7.3.2	Behelfsmäßige Sofortmaßnahmen .....	62
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerung .....</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>72</b>

<b>11 Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>74</b>
------------------------------------	-----------

## Abkürzungsverzeichnis

Abs	Absatz
Art	Artikel
BauO	Bauordnung
BauTV	Bautechnikverordnung
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
B-VG	Bundesverfassungsgesetz
EC	Eurocode
Flwp	Flächenwidmungsplan
ForstG	Forstgesetz
HORA	Hochwasserrisiko zonierung Austria
HQ <sub>100</sub>	Hochwasserabfluss mit einer 100-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit
HW-RL	Hochwasserrichtlinie
LGBL	Landesgesetzblatt
MA 45	Magistratsabteilung 45
m ü.A.	Meter über Adria
NAD	Nationales Anwendungsdokument
N-A-Modell	Niederschlags-Abfluss-Modell
ND-km	Neue Donau-Kilometer
OSH	Obere Stauhaltung
OW	Oberwasser
PHQ	Projekthochwasserabfluss
Q <sub>ND</sub>	Abfluss Neue Donau
Re-Zahl	Reynoldszahl
ROG	Raumordnungsgesetz

Slg	Sammlung der Erkenntnisse des Verwaltungsgerichtshofs respektive Verwaltungsgerichtshof
Strom-km	Strom-Kilometer
USH	Untere Stauhaltung
UW	Unterwasser
VVO	Verband der Versicherungsunternehmen Österreichs
VwGH	Verwaltungsgerichtshof
WISA	Wasserinformationssystem Austria
WBO	Wehrbetriebsordnung
Wr BauO	Wiener Bauordnung
WRG	Wasserrechtsgesetz
Z	Zahl, Ziffer

# 1 Einleitung

Die Stadt Wien ist ein dynamisches System in permanenter Entwicklung – und mit Habitatsverdichtung und steigender Einwohnerzahl geht ein erhöhter Bedarf nach Erholungsgebieten im urbanen Lebensraum einher. Denn die städtische Welt ist nur lebenswert, solange auch genügend Natur als Projektionsfläche zur partizipativ akkordierten Nutzung, aber auch als Freiraumkontinuum, verfügbar bleibt. [1]

Als eines der letzten noch nicht gestalteten Gebiete innerhalb der Stadt Wien bietet sich nach Meinung der zuständigen Behörden, Stadtplanerinnen und Architektinnen die Neue Donau als Ausgangspunkt für die Entwicklung eines sozialen Begegnungsraums für Entspannung und Auszeit vom Leben in der Großstadt an. Als modernes Naherholungsgebiet muss jedes Konzept jedoch mehr inkludieren als grüne Wiese, Caffé Latte und Blick aufs Wasser. Kreativität ist Leitbild moderner Stadtplanung. Flächenangebote für gewerbliche und individuelle Bauten, zusammengeführt auf einem Areal, welches idyllischen Landschaftsraum und inhomogenen öffentlichen Straßenraum verflechtet, sind gefordert. [2] Bisläng wurde das Gebiet, in dem mit Sicherheit im Hochwasserfall eine Überschwemmung eintritt, bewusst dem Primat des Provisoriums überlassen. [3]

Die Prinzipien, welche die Nutzung definieren, wurden entsprechend in der Auslobung für die Neugestaltung der Copa Cagrana angeführt: Das dem Wettbewerb zugrunde liegende Ziel ist die Entwicklung eines Konzepts, welches eine ganztägige und ganzjährige Nutzung erlaubt und dem Bereich mit hochwertiger urbaner Gestaltung von Bauwerken und Freiraum eine neue Identität verleiht. Der Fokus der Nutzung liegt auf qualitativvoller Gastronomie, einem vielfältigen, aufeinander abgestimmten Angebot von Freizeit- und kulturellen Aktivitäten sowie der Erholungsmöglichkeiten für die Bevölkerung des angrenzenden Quartiers. [2]

Das Masterplankonzept für die Neugestaltung der Copa Cagrana des Architekturbüros LAAC, das die Ausschreibung für die CopaNEU gewonnen hat, nimmt daran anschließend nicht von ungefähr Bedacht auf die *„Definition spezifischer Flächen durch unterschiedliche Widmungen für permanente und temporäre Nutzungen, die eine strukturierte Oberfläche [bildet], auf der sich Objekte oder Gebäude mit unterschiedlichen Anforderungen verorten können.“* [4]

Denn die Neue Donau wurde als Hochwasserentlastungsgerinne für die Donau geschaffen und ist daher nur in der hochwasserfreien Zeit uneingeschränkt für Naherholungszwecke nutzbar. Die Stadt Wien hat wohl auch deshalb erst einen Ideenwettbewerb für einen kleinen Teil des Projekts, ein auf Dauer ausgelegter Bau mit viel Glas und Terrasse, der sich über mehrere Stockwerke erstreckt, ausgeschrieben – ein Testlauf für die Hochwassersicherheit und Machbarkeit, wie es seitens der Stadt heißt. [5]

Die zukünftige Herausforderung für die Akteurinnen liegt also darin, nicht nur einen Plan vorzulegen, der den Anforderungen der stetig wachsenden, modernen Großstadt mitteleuropäischer Ausrichtung gerecht wird, sondern auf die faktisch vorhandenen, natürlichen wie menschengeschaffenen, Gegebenheiten Rücksicht nimmt.

Neben den architektonischen Schwierigkeiten stellen sich Bauingenieurinnen daher in ganz besonderem Ausmaß der Herausforderung, die konstruktiven Rahmenbedingungen zu schaffen, um eine Umstrukturierung der Ufer und der angrenzenden Flächen der Neuen Donau zu ermöglichen. Aus der Sicht von Bauingenieurinnen gilt es, die einzuhaltenden Gesetze, Verordnungen und anderen maßgeblichen Richtlinien zu berücksichtigen, die technischen Planungsgrundsätze hochwassersicheren Bauens zu sichten und zu überprüfen, wie konkrete Bauvorhaben im vorgesehenen Gebiet auszuführen wären. Das Unterfangen ist insgesamt einer kritischen Würdigung zu unterziehen.

Die Bearbeitung spezieller Themengebiete wurde mit der MA 45 – „Wiener Gewässer“ abgestimmt.

## 2 Grundlagen und Begriffsdefinitionen

### 2.1 Naturereignis Hochwasser

Hochwasser sind als Teil des natürlichen Wasserkreislaufes generell nicht zu vermeiden. Allerdings wird ein Hochwasser erst als Katastrophenhochwasser und nicht mehr als extremes Naturereignis angesehen, wenn durch den Menschen geschaffene Sachwerte betroffen sind. Je höher dabei die Sachwerte im Überschwemmungsgebiet sind, desto größer sind folglich die Katastrophe und der entstandene Schaden. [6]

Durch die gebirgige Topografie Österreichs und die vorherrschenden klimatischen Bedingungen sind große Teile des Landes nicht als Dauersiedlungsraum geeignet. Die Bevölkerung konzentriert sich deshalb in den Gebirgstälern und entlang der Flussläufe (Bevölkerungsdichte von 243 Einwohnern pro km<sup>2</sup>), womit der Schutz- und Sicherheitsbedarf dieserorts gegenüber Naturgefahren wie z.B. Hochwasser, Muren, Lawinen etc. steigt. [7]

Hochwasser können dabei nicht nur als Flussüberschwemmungen auftreten. Durch die gebirgige Lage Österreichs und die damit verbundenen steilen Einzugsgebiete kann es infolge lokaler Starkregenereignisse zur Bildung energiereicher Sturzfluten kommen. [8]

Weiters ist für entsprechende Hochwasserschutzmaßnahmen nicht außer Acht zu lassen, dass durch den hohen Wasserstand im Fließgewässer auch der umliegende Grundwasserspiegel verzögert ansteigt. Dadurch kann es auch in größerer Entfernung zum Fließgewässer zu Überschwemmungen bzw. zu kritischen hydraulischen Belastungen kommen. [8]

#### 2.1.1 Entstehung von Flussüberschwemmungen

Während sich durch Wildbäche verursachte Sturzfluten schlagartig ereignen, treten die für diese Diplomarbeit relevanten Flussüberschwemmungen vorwiegend allmählich auf. Die Flussüberschwemmungen resultieren aus lang andauernden Niederschlagsereignissen auf ein großflächiges Einzugsgebiet mit einer einhergehenden niedrigen Versickerungsrate durch wassergesättigte oder gefrorene Böden. Diese besonders intensiven und großflächigen Niederschläge werden in Österreich vorwiegend durch die sogenannte Vb-Großwetterlage<sup>1</sup> hervorgerufen. Dabei handelt es sich um ein im Golf von Genua

---

<sup>1</sup> gesprochen: „Fünf-B-Wetterlage“

entstehendes Tiefdruckgebiet, das im Ostalpenraum zu besonders großen Schäden führt. [7]

Bei der Entstehung einer Hochwasserwelle durch ein entsprechendes Niederschlagsereignis spielt die Abflussbildung eine wesentliche Rolle. Der für den Hochwasserabfluss relevante Niederschlagsanteil wird als Direktabfluss bezeichnet und ergibt sich aus dem gefallenem Niederschlagsvolumen abzüglich des Gebietsrückhalts. Der Niederschlagsanteil des Gebietsrückhalts wiederum verdunstet einerseits, andererseits wird er in Form des Grundwasserabflusses bzw. Basisabflusses zu einem sehr viel späteren Zeitpunkt in das Fließgewässer eingespeist. Durch die lange Zeitspanne, die verstreicht, bis der Grundwasserabfluss das Gewässer erreicht, ist auch in der niederschlagsfreien Zeit ein Gewässerabfluss gewährleistet. Die für die jeweilige Dauer, in welcher der Grundwasserabfluss das Gewässer erreicht, verantwortliche Infiltrationsrate ist von der zeitlichen sowie räumlichen Verteilung des Niederschlags, dem Bewuchs, der Geländeneigung, der Art und Feuchtigkeit des Bodens abhängig. [8]

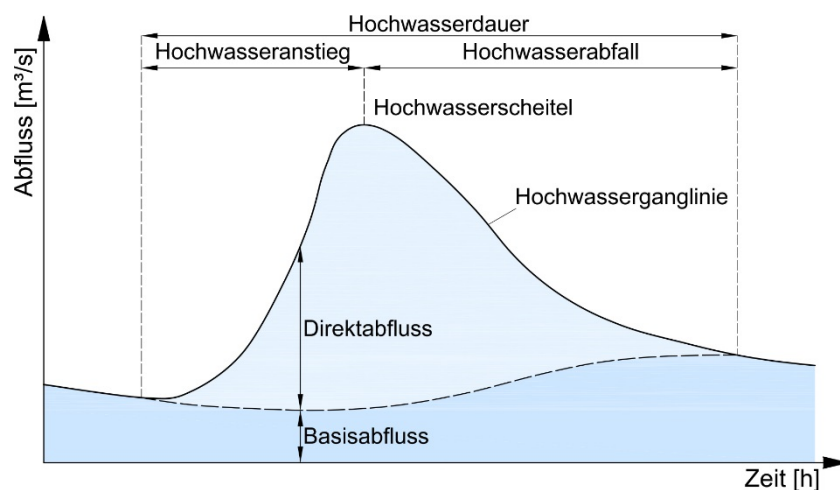


Abbildung 1: Darstellung einer Hochwasserganglinie<sup>2</sup>

Der Ablauf einer Hochwasserwelle in einem Gerinne kann über die Zeitachse in Form einer Hochwasserganglinie dargestellt werden. Die Gestalt des Hydrographen wird dabei durch den Hochwasserscheitel, die Fülle (Wasservolumen der Hochwasserwelle) und die Dauer charakterisiert. Der Hochwasserscheitel spiegelt dabei den Maximalabfluss (HQ) wider und ist von der Niederschlagsdauer und -menge, der maximalen Fließzeit sowie der Größe des Einzugsgebiets abhängig. Ebenfalls spielt die Struktur des Gewässernetzes mit möglichen Zubringern eine entscheidende Rolle. [8]

<sup>2</sup> Vereinfachte Darstellung der Abbildung „Abflussganglinie mit Basis- und Direktabfluss“ [8]



Die Abflussspitze und somit auch der zu erwartende Schaden ist bei kleineren und mittleren Hochwasserereignissen umso geringer, je größer das Wasserrückhaltevermögen im Einzugsgebiet ist. Bei extremen Hochwasserereignissen kann es hingegen sein, dass selbst relativ große Retentionsräume zu klein sind und somit nur wenig zur Reduktion des Hochwasserscheitels beitragen. [8]

Aktuelle Warnungen im Hochwasserfall sind über die vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) betriebene Onlineplattform eHYD abrufbar. Es werden dabei alle Daten der jeweiligen hydrografischen Organisationseinheiten in den Bundesländern vereint. Es können so nicht nur laufend aktualisierte Daten zur Niederschlags-, Abfluss- und Grundwasserstandssituation abgerufen werden, sondern es kann auch in das hydrografische Archiv eingesehen werden. [9]

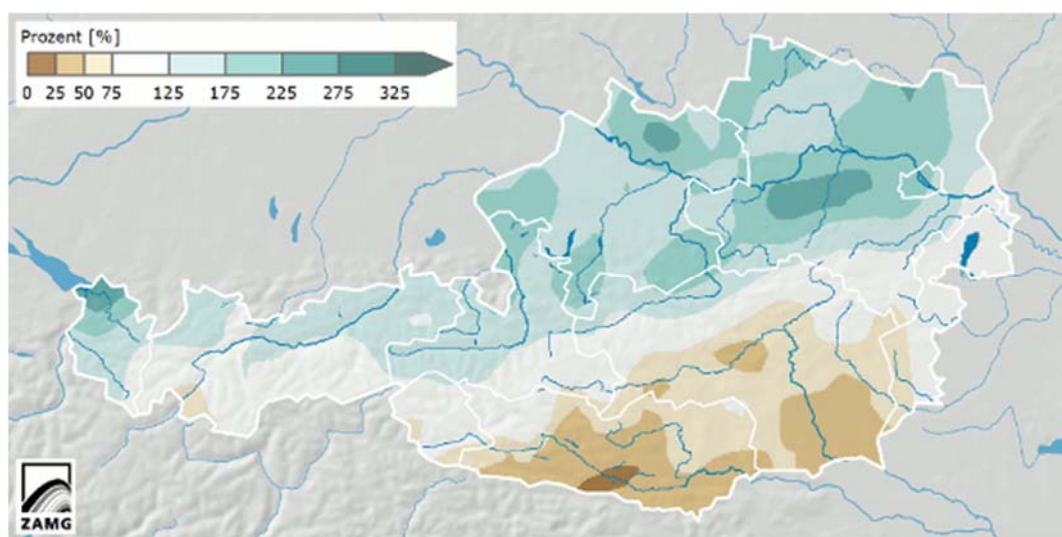


Abbildung 2: Prozent des Niederschlagsnormalwertes für Juni 2013 [10]

Die in Abbildung 2 dargestellte Monatsniederschlagsbilanz vom Juni 2013 bezieht sich in Prozent auf ein vieljähriges Mittel der Referenzperiode 1981-2010 und spiegelt eine vorherrschende Vb-Wetterlage wieder. Dabei wurden an einigen Orten Niederschlagsrekorde gemessen, die zu Hochwasser entlang der Donau und ihrer südlichen Zubringer führten. [10]

Generell ist in den vergangenen Jahren eine Zunahme lokaler Starkniederschläge bzw. hydrologischer Extreme, zu denen die massiven Hochwasser in den Jahren 2002, 2005 und 2013 zählen, zu beobachten. Inwieweit Klimaveränderungen dabei eine Rolle spielen ist noch nicht eindeutig beantwortet, allerdings sind die Unsicherheiten diesbezüglich groß. [11]

### 2.1.2 Klassifizierung von Hochwasser

Generell kann ein Hochwasserereignis durch Eintrittshäufigkeit und Intensität bestimmt werden. [7] Für die schutzwasserwirtschaftliche Planung und Projektierung wird, in Abhängigkeit vom jeweiligen Schutzbedürfnis, eine entsprechende Überschreitungswahrscheinlichkeit eines Abflusses (Jährlichkeit) festgelegt. Im Allgemeinen liegt dieser anzustrebende Schutz für Siedlungen und bedeutende Wirtschafts- und Verkehrsanlagen in Österreich bei einem Hochwasserabfluss mit einer 100-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit ( $HQ_{100}$ ). Für hohe Lebens-, Kultur- und Wirtschaftswerte wird ein dementsprechend höheres Sicherheitsniveau bzw. Bemessungshochwasser (vgl. Wiener Hochwasserschutz Kapitel 2.2.1) zugrunde gelegt. Die unterschiedlichen Gewichtungen ergeben sich daraus, dass immer auf eine Optimierung zwischen Kosten für den Hochwasserschutz und den vermiedenen Schaden abzielen ist. [12]

Die für die Dimensionierung des Hochwasserschutzes notwendigen Bemessungsereignisse lassen sich durch Abflussstatistiken bzw. Niederschlags-Abfluss-Modelle (N-A-Modell) quantifizieren und prognostizieren. Während Abflussstatistiken aufgrund langjähriger Pegelmessreihen erstellt werden, liegt bei N-A-Modellen lediglich eine kurze Messreihe vor, über die weitere Hochwasserabflüsse künstlich generiert werden. Zur Dateninformationserweiterung wird die Größe eines Extremereignisses (Wert mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit bzw. sehr großem statistischen Wiederkehrintervall) mittels Extrapolation aus angepassten Verteilungsfunktionen bestimmt. [8]

Durch Kombination der hydrologischen Modelle mit hydraulischen Hochwasserabflussmodellierungen (siehe Kapitel 3.7) können schlussendlich Berechnungen der Wasserspiegellagen erfolgen. [8]

## 2.2 Donau-Hochwasserschutz in Wien

### 2.2.1 Errichtung der Neuen Donau als Schutzmaßnahme

Da auch Wien in der Vergangenheit regelmäßig von Hochwasser heimgesucht wurde, starteten 1870 die Baumaßnahmen für die erste Donauregulierung. Dabei wurde der ursprüngliche mäandrierende Flusslauf mit zahlreichen Armen mittels eines einheitlichen Flussbetts von 280 m Breite durchstoßen. Die Ausdehnung des zuvor durchflossenen Augürtels betrug hingegen bis zu 5 km. [13]

Während am rechten Donauufer eine natürliche Hochkante Schutz vor Hochwasser Richtung Stadt bot, schloss an das linke Donauufer ein 450 m breites Überschwemmungsgebiet mit angrenzendem Hochwasserschutzdamm an. Die Bemessungswassermenge von 11.700 m<sup>3</sup>/s, die dank der Vorkehrungen schadlos an der Stadt Wien vorbeigeführt werden konnte, wurde aber bereits wenige Jahre später angezweifelt und als zu gering eingestuft. Um eine Verbesserung des Hochwasserschutzes zu erzielen, wurde daher im Jahr 1972 im ehemaligen Überschwemmungsgebiet mit der Errichtung der Neuen Donau und der Donauinsel begonnen. Dabei wurde die Donauinsel durch Aufschüttung des angefallenen Aushubmaterials modelliert. [13]



Abbildung 3: Übersichtskarte Neue Donau<sup>3</sup>

Die Neue Donau fungiert als Hochwasserentlastungsgerinne. Sie beginnt mit dem Einlaufbauwerk in Langenzersdorf, ist weiter flussabwärts durch ein Wehr (Wehr 1) in eine obere und eine untere Stauhaltung gegliedert und mündet mit dem Auslaufbauwerk (Wehr 2) beim Ölhafen Lobau schließlich wieder in die Donau. Die Kilometrierung der Neuen Donau hat ihren Nullpunkt bei der Mündung in die Donau, unterhalb von Wehr 2 (ND-km 1,915), erfolgt stromaufwärts und endet beim Einlaufbauwerk in Langenzersdorf

---

<sup>3</sup> Grafik von der Verfasserin, als Grundlage dienen Daten von [63]

(ND-km 21,461). Dabei ist die Neue Donau auf ihrer gesamten Länge durch die 21,2 km lange und durchschnittlich 200 m breite Donauinsel vom Donaustrom abgetrennt. [14]

Die Wehre 1 und 2 regeln bei Mittel- und Niederwasser in der Donau den Wasserspiegel in der Neuen Donau, die im Mittel am Beginn jeder Stauhaltung 2 m und am Ende 6 m beträgt. Die maximale Wassertiefe bei Hochwasser beträgt im Vergleich 11,5 m (genaue Höhenkotenangaben zu den verschiedenen Wasserständen sind Kapitel 4 zu entnehmen). Außerdem verhindert Wehr 2 einen Rückstau von Donauwasser mit minderer Wassergüte in die Neue Donau. [14]



*Abbildung 4: Neue Donau, Donauinsel und Donau während des Bauzustands (Blick stromabwärts) [15]*

Kennzeichnend für die Neue Donau ist, dass in der hochwasserfreien Zeit der Zufluss durch das Einlaufbauwerk unterbunden wird und dann die Wasserspeisung vorwiegend über das Sickerwasser aus der Donau durch die Donauinsel erfolgt. Die Neue Donau ist daher in der hochwasserfreien Zeit als stehendes Gewässer zu betrachten. Im Hochwasserfall hingegen regelt das Einlaufbauwerk die Wassermengenaufteilung zwischen Neuer Donau und Donau. Eine Bemessungswassermenge von  $14.000 \text{ m}^3/\text{s}$  kann somit ohne Schäden an der Stadt Wien vorbeigeführt werden. Statistisch gesehen tritt ein solches Extremhochwasser alle 10.000 Jahre auf. In diesem Fall würden  $8.800 \text{ m}^3/\text{s}$  im Hauptstrom und  $5.200 \text{ m}^3/\text{s}$  in der Neuen Donau abgeführt. [14]

Die Abfuhr der Projekthochwassermenge (PHQ) von  $14.000 \text{ m}^3/\text{s}$  ist im größten Teil des Wiener Donauabschnitts ohne Ausuferung sichergestellt, Ausnahmen bilden hier lediglich der Bereich Kuchelau (stromaufwärts von Nussdorf), der Bereich Albern (infolge des noch nicht fertiggestellten Hafentores) und der Bereich Untere Lobau (der über den Schönauer Schlitz an die Donau angebunden ist). [16]

### **2.2.2 Konzept des Hochwasserrisikomanagements**

Im Laufe der vergangenen Jahrzehnte hat sich im Hinblick auf den Hochwasserschutz ein Paradigmenwechsel weg von der Einzelbetrachtung von Schutzbauwerken hin zu einem umfassenden Hochwasserrisikomanagement vollzogen. Ein modernes Hochwasserrisikomanagement zeichnet sich durch einen holistischen Ansatz aus, bei dem Vorsorge, Schutz, Bewusstseinsbildung, Vorbereitung und Nachsorge eng miteinander verknüpft sind. Das generelle Ziel liegt dabei einerseits in der Steigerung der Bewusstseinsbildung der Bevölkerung gegen die mögliche Hochwassergefahr, und andererseits in der Reduktion der Risiken für Mensch und Güter. Um dieses Ziel zu erreichen und ein entsprechendes integratives Hochwassermanagement zu garantieren, müssen zahlreiche Akteurinnen mit unterschiedlichen Mitteln in verschiedenen Phasen zusammenarbeiten. Gemäß dem holistischen Ansatz sind die Staaten gefordert, nicht nur nationale Vorkehrungen zu treffen, sondern auch international zusammen zu arbeiten. Zur Sicherstellung einer grenzüberschreitenden Hochwasserschutzstrategie zwischen Nachbarstaaten, und damit eines möglichst hohen Sicherheitsniveaus auf überregionaler und grenzüberschreitender Ebene, wurde die Hochwasserrichtlinie auf europäischer Ebene (siehe Kapitel 2.3.1.1) erlassen. [8]

#### **2.2.2.1 Hochwasserrisikomanagementzyklus**

Das integrative Hochwasserrisikomanagement kann als Zyklus von Bewältigung, Regeneration und Vorbeugung (siehe Abbildung 5) beschrieben werden, der gemäß des holistischen Credos Daten und Ansätze aus den unterschiedlichen beteiligten Bereichen inkludiert. [17]

Für die effektive Umsetzung der Bestrebungen ist auf eine möglichst akkurate und umfassende Datenlage Bedacht zu nehmen. Meteorologische und hydrologische Daten des betreffenden Flusssystemes, im konkreten Fall also der Donau und ihrer Zubringer, und auch Daten zur vorherrschenden Landnutzung müssen gesammelt und verarbeitet werden, damit ein schadloser Abfluss eines Bemessungshochwassers und ein effizientes Warnsystem gewährleistet werden können. [6]



Abbildung 5: Kreislauf Hochwasserrisikomanagement<sup>4</sup>

### 2.2.2.2 Aktiver und passiver Hochwasserschutz

Unter der Vielzahl an Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements zum Schutz der Bevölkerung und ihrer Sachwerte vor Hochwasserereignissen können insbesondere aktive und passive Hochwasserschutzmaßnahmen unterschieden werden. [11]

#### 2.2.2.2.1 Passiver Hochwasserschutz

Der passive Hochwasserschutz ist dem aktiven Hochwasserschutz vorzuziehen, da er durch nicht-bauliche Maßnahmen direkt die Entstehung der Hochwasserwelle beeinflusst, sodass das Hochwasserereignis schadlos abgeführt werden kann. Dies wird durch die Anpassung der Flächennutzung und die Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts in hochwassergefährdeten Bereichen erreicht. [11]

Durch die Flächenvorsorge wird dem Gewässer der nötige Raum für einen Hochwasserwellenablauf gegeben. Dabei wird entweder durch entsprechende Widmung und Ausweisung von Gefahrenzonen (siehe Kapitel 2.3.1) sichergestellt, dass Neubauten durch Bauverbote verhindert werden, oder durch Absiedlung erreicht, dass bestehende gefährdete Nutzungen in weniger gefährdete Gebiete situiert werden. Die Maßnahmen zur Steigerung des natürlichen Wasserrückhalts in Auegebieten und unbebauten Talräumen können beispielsweise durch Gewässerrenaturierungen und Anpassung der land- und

<sup>4</sup> Adaptierte Darstellung der Abbildung „Risikomanagementzyklus“ [17]

forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung erfolgen. Dadurch kann einerseits eine Verminderung der Abflussspitze (siehe Abbildung 1) erzielt werden und somit die Wasserstände für die Unterlieger reduziert werden, und andererseits kann generell das Abflussgeschehen zwischen Maximal- und Minimalabflüssen ausgeglichen werden. In urbanen Räumen ist hingegen eine Verbesserung des Wasserrückhalts, durch Maßnahmen zur Schaffung von nicht versiegelten Flächen durch Entsiedlung oder Erhöhung der Infiltrationsleistung, nur bedingt möglich. [8]

### 2.2.2.2.2 Aktiver Hochwasserschutz

Im Gegensatz zum passiven Hochwasserschutz wird mittels aktivem Hochwasserschutz (technischer Hochwasserschutz) nicht die Entstehung der Hochwasserwelle selbst beeinflusst, sondern es wird der Hochwasserwelle durch entsprechende Baumaßnahmen entgegengewirkt. Dies kann entweder akut oder präventiv erfolgen. [11]

Größere Priorität hat dabei der vorsorgende Hochwasserschutz. [11] Die Handlungsbereiche erstrecken sich dabei über die Errichtung von Dämmen, Hochwasserschutzmauern, -rückhaltebecken und auch mobilen Hochwasserschutzmaßnahmen bis hin zur Vergrößerung des Hochwasserabflussprofils. Im privaten Bereich zählen ebenfalls Objektschutzmaßnahmen zum technischen Hochwasserschutz, wohingegen die Bauvorsorge auf die angepasste Nutzung von einzelnen Objekten abzielt. [8] Auf konkrete Objektschutzmaßnahmen sowie auf die Möglichkeiten die Bauvorsorge betreffend wird in Kapitel 6 und Kapitel 7 eingegangen.

### 2.2.2.3 Restrisiko trotz Hochwasserschutz

Generell sollte aber immer im Auge behalten werden, dass es keine absolute Hochwassersicherheit gibt, da Schutzanlagen versagen oder zugrunde gelegte Bemessungsereignisse überschritten werden können. [8]

Dieses sogenannte Restrisiko ist das Produkt des Schadens eines Einzelereignisses und dessen Auftretswahrscheinlichkeit. Als Folge des steigenden Schutzniveaus kommt es zu einer erhöhten Konzentration von Sachwerten in den überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Dadurch steigen allerdings die Schäden bei extremen Hochwasserabflüssen, zum Teil wesentlich. Von immanenter Bedeutung ist es daher, dass die im Gebiet möglicher Hochwasser angesiedelten Personen über das Gefährdungspotential umfassend informiert sind. Nur, wenn die Gefahr bekannt ist, können Vorsorgemaßnahmen getroffen werden und Sachwerte im Falle des Falles rechtzeitig geschützt oder verbracht werden. Effektiver Hochwasserschutz bedeutet somit immer auch Information und Bewusstseinsbildung. [8]

### 2.2.2.3.1 Organisations- und Verhaltensvorsorge

Nachdem bestehende Siedlungen nicht aus Gebieten verbannt bzw. Gebiete nur selten gänzlich abgesiedelt werden können, ist im Sinne eines umfassenden Hochwasserschutzmanagements neben einem technischen Hochwasserschutz auch immer auf die Organisations- sowie Verhaltensvorsorge Bedacht zu nehmen. Unter der Organisationsvorsorge werden Maßnahmen zur Sicherstellung sowie Bereithaltung einer gut funktionierenden öffentlichen Organisationsstruktur mit entsprechenden Einsatzkräften verstanden. Bei der Verhaltensvorsorge hingegen handelt es sich um private Vorbereitungen der Gewässeranlieger, unter die beispielsweise die Ausstattung mit entsprechender Ausrüstung zu subsumieren ist. [8]

Um die Zeit zwischen der anlaufenden Hochwasserwelle und dem Erreichen eines kritischen Hochwasserpegels durch entsprechende, vorab festgelegte Verhaltensabläufe effektiv nutzen zu können, ist eine gut funktionierende Hochwasserprognose wesentlich. Die exaktesten – aber dafür kurzfristigsten – Vorhersagen können mittels Wellenablaufmodellen erfolgen. Die Vorhersagefrist entspricht dabei der Wellenlaufzeit im Gerinne, die auf Grund vorherrschender Wasserpegel flussaufwärts berechnet wird. Die Prognosefrist kann durch etwaige Niederschlagsprognosen ausgedehnt werden, allerdings gehen diese mit einer entsprechend größeren Prognoseunsicherheit einher. [18]

### 2.2.2.3.2 Alarmierungspläne und Katastrophenschutz

Um auf eine anlaufende Hochwasserwelle rechtzeitig und angemessen reagieren zu können, ist eine frühzeitige Warnung der Bevölkerung sowie die Mobilisierung von Einsatzkräften substantiell. Für die Einleitung entsprechender Maßnahmen werden vom Hochwasserdienst Hochwasservorhersagemodelle betrieben. [18] Der Hochwasserdienst der Stadt Wien wird von der Magistratsabteilung 45 wahrgenommen und weist im Vergleich zu Niederösterreich einen wesentlich geringeren Umfang auf. Dies ist dem hohen Wiener Donau-Hochwasserschutzziel (ein mehrtausendjährliches Ereignis) geschuldet. Die Stadt Wien betreibt daher kein eigenes Prognosemodell, sondern stützt sich auf das des Landes Niederösterreich, mit dem eine 48-stündige Vorhersage von Wasserständen und Durchflüssen an der Donau gewährleistet wird. [19]

Zur Koordinierung aller Hochwasserschutzmaßnahmen und damit verbundener Handlungsabläufe kommen Hochwasseralarmpläne und Katastrophenpläne zur Anwendung. Während sich Alarmpläne an den jeweiligen Bemessungshochwasserstand und somit am planbaren Hochwasserschutz orientieren, kommen Katastrophenpläne bei unkontrollierten Abflussgeschehen infolge von Überschreitungen des



Bemessungshochwassers bzw. beim Versagen einzelner Schutzbauwerke zum Einsatz. Alarm- sowie Katastrophenpläne regeln klar abgestimmte Zuständigkeiten einzelner Behörden und Einsatzorganisationen. [8] Der für Wien maßgebliche Referenzpegel, der eine entsprechende Alarmierungskette auslöst, ist der Pegel Korneuburg. Die Alarmierungsschwelle und somit untere Schwelle des Wasserstands liegt bei 480 cm am Pegel Korneuburg. Die nachfolgende Vorgehensweise im Hochwasserfall regelt die Dienstanweisung „Hochwasserdienst in der Zentrale MA 45“. [19]

Die Maßnahmen und Vorkehrungen sollen gewährleisten, dass auch das Restrisiko für die Wiener Bevölkerung und deren Sachwerte möglichst gering ist.

### 2.3 Rechtsgrundlagen zur Errichtung von Bauwerken am Wasser in Österreich

Da der allgemeine Schutz vor Hochwasser und der konkrete Gebäudeschutz vor allem das Raumordnungsrecht und das Baurecht betreffen, wird einleitend auf die speziellen Regelungen dieser Verwaltungsbereiche in Österreich eingegangen.

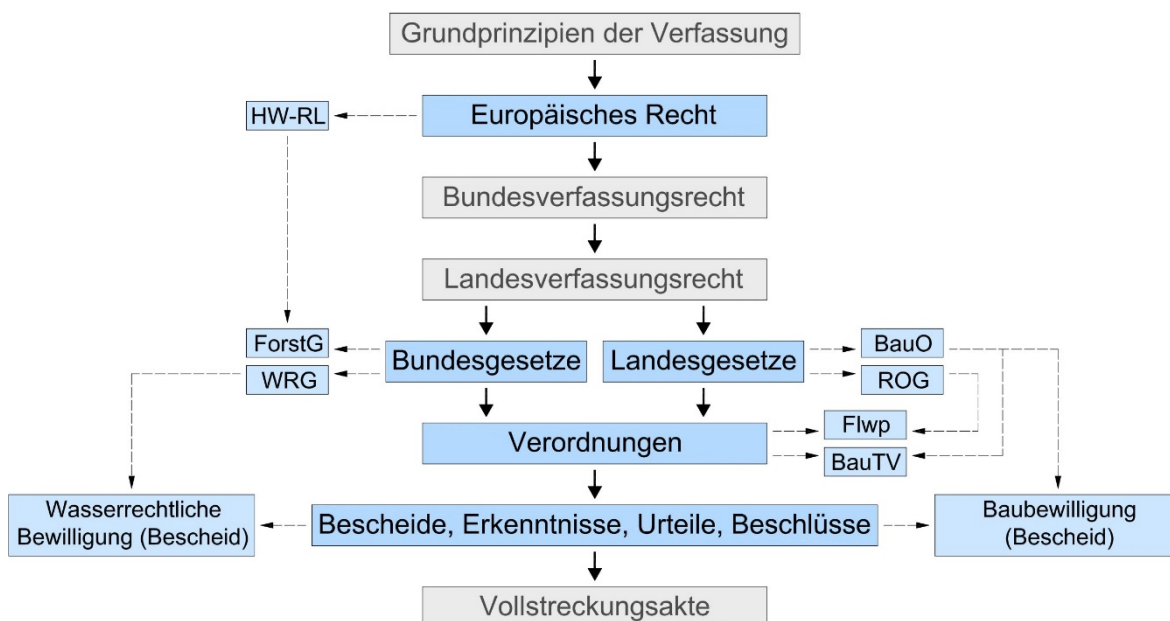


Abbildung 6: Hierarchie der maßgebenden Gesetze<sup>5</sup>

Die rechtlichen Grundlagen, die für die Verwaltung notwendig sind, werden als allgemeines Verwaltungsrecht bezeichnet. Der instanzmäßige Aufbau sowie das föderalistische

<sup>5</sup> Grafik von der Verfasserin, als Ausgangspunkt dienten die Grafik „Stufenbau der Rechtsordnung“ [20] und Abbildung „Planungsinstrumente für den Hochwasserschutz auf den Planungsebenen der Raumordnung“ [7]

Prinzip der österreichischen Verwaltung sind dabei historisch, durch die Vorgänge in der Monarchie, begründet. Die Organisationshoheit der Bundesländer ist gesetzlich durch die Bundesverfassung in Form der Generalkompetenz (Art 15 Abs 1 B-VG) gedeckt. Diese besagt, dass, wenn bestimmte Angelegenheiten nicht ausdrücklich in der Bundesverfassung dem Kompetenzbereich des Bundes zugeordnet sind, sie dem selbständigen Wirkungsbereich der Länder obliegen. Bei dieser Kompetenzverteilung, gemäß derer Bundes- und Landesgesetze grundsätzlich gleichwertig sind, handelt es sich um einen Kompromiss zwischen einer föderalistischen und einer zentralistischen Verwaltungsorganisation. [20]

Außerdem wird beim Verwaltungsrecht generell zwischen materiellem, formellem und organisatorischem Recht unterschieden. Dabei werden einzelnen Materien (z.B.: Bauordnung), das Vorgehen der Verwaltungsbehörde (z.B.: Verwaltungsstrafgesetz) und die Tätigkeiten bzw. Zuständigkeiten von Organen geregelt. [20]

In weiterer Folge wird lediglich auf die für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand relevanten Bestimmungen im materiellen Verwaltungsrecht näher eingegangen. In Abbildung 6 ist dies durch den Stufenbau der Rechtsordnung mit den wesentlichen Gesetzen skizziert. In den dabei grau hinterlegten Ebenen finden sich hingegen keine relevanten Vorschriften für den vorliegenden Fall. Es wird dabei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben und dezidiert darauf hingewiesen, dass für ein konkretes Bauvorhaben weitere Materien des Verwaltungsrechts (wie beispielsweise die Gewerbeordnung) nicht außer Acht zu lassen sind.

### **2.3.1 Kartografische Gefahrendarstellung nach Raumordnungsrecht**

Das wesentliche Ziel der Raumentwicklung ist es, die Baulandentwicklung weg von drohenden Gefahren hin zu risikoärmeren Flächen zu lenken. Zur Erreichung dieses Ziels ist es nötig, Naturgefahren in Raumordnungsgesetzen zu berücksichtigen. Eine rechtsverbindliche kartographische Darstellung ist anzustreben. Gesetzgebung und Vollziehung der Raumordnung liegen dabei im Kompetenzbereich der Länder. Allerdings sind in bestimmten Bereichen der Raumplanung häufig Bundesgesetze (z.B. das Wasserrechtsgesetz) mit zu beachten, wodurch eine sektorale Raumordnungszuständigkeit des Bundes gegeben ist. [7]

Für ein konkretes Bauvorhaben ist außerdem in den meisten Bundesländern die Gefährdung des Standortes ein fundamentales Prüfkriterium im Bauplatz- bzw.

Baugenehmigungsverfahren (siehe Kapitel 2.3.3). Daher muss in erster Linie das betreffende Grundstück im Flächenwidmungsplan als Bauland ausgewiesen sein. [7]

Bei den Flächenwidmungsplänen handelt es sich um Verordnungen der Gemeinden, die aus einem textlichen Teil und einem Plandokument bestehen. Die Grundstücke einer Gemeinde werden dabei in unterschiedliche Nutzungsarten eingeteilt, wobei die Grobuntergliederung in Bauland, Verkehrsflächen und Freiland erfolgt. Aufbauend auf der Widmung der Flächenwidmungspläne werden von der Gemeinde Bebauungspläne erstellt, die beispielsweise die konkrete Bauweise, Mindest- und Höchstabmessungen sowie Baufluchtlinien enthalten. [21]

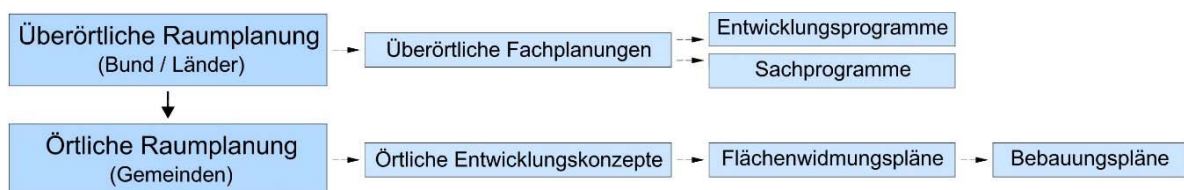


Abbildung 7: Hierarchie der Raumplanung in Österreich<sup>6</sup>

Die jeweiligen Flächenwidmungspläne sind dabei Teil des örtlichen Raumordnungskonzeptes der Gemeinden, die den überörtlichen Konzepten (wie beispielsweise Landesentwicklungsprogrammen) unterliegen. Diese hierarchische Struktur (siehe Abbildung 7) der planungsrechtlichen Grundlagen ist in den Raumordnungs- bzw. Raumplanungsgesetzen der Länder, zur Umsetzung von Raumordnungszielen, geregelt. [7]

Um das präventive Ziel der Gefahrenabwehr durch die Raumplanung zu erreichen, erfolgt die kartografische Darstellung von Naturgefahren mittels Gefahrenhinweiskarten, Gefahrenzonenplänen und Risikokarten. [7]



Abbildung 8: Hochwasserrelevante präventive Fachplanungen in Österreich<sup>7</sup>

Dabei dienen die grobmaßstäblichen Gefahren- und Risikokarten vorwiegend als Erstinformation und zur Sensibilisierung der Bevölkerung gegenüber

<sup>6</sup> Grafik von der Verfasserin, als Ausgangspunkt diente die tabellarische Darstellung „Hierarchie der Raum- und Bauplanung in Österreich“ [7]

<sup>7</sup> Grafik von der Verfasserin, als Ausgangspunkt diente die Abbildung „Klassifikation der naturgefahrenbezogenen Planungen entsprechend der Hierarchie der Gebietskörperschaften“ [7]

Hochwassergefahren. [22] Gefahrenzonenpläne hingegen sind wesentlich genauer und führen zu direkten rechtsverbindlichen Aussagen für den Gebäudeschutz. [7]

### **2.3.1.1 Exkurs: Europäische Hochwasserrichtlinie (HW-RL)**

Generell stellt europäisches Recht eine eigenständige Rechtsordnung dar, wird aber vorwiegend nicht durch Unionsorgane, sondern durch Behörden der Mitgliedsstaaten vollzogen und setzt somit den nationalen Vollzugsorganen Grenzen. Hierarchisch ist das Unionsrecht über dem österreichischen Recht angesiedelt (siehe Abbildung 6); in der Praxis zeigt sich das dadurch, dass innerstaatliche Regelungen EU-rechtskonform erlassen werden müssen. Bestimmte Rechtsakte der Union entfalten auch ohne nationale Umsetzung Geltung. Bei einer Gesamtschau der relevanten Rechtsnormen darf das EU-Recht daher nicht außer Acht gelassen werden. [20]

Auf europäischer Ebene dient die Hochwasserrichtlinie (2007/60/EG) der Reduzierung von Hochwasserschäden in Europa. Maßgebender Anstoß zum Erlass der Richtlinie war das Hochwasserereignis im Jahr 2002. Die europäischen Mitgliedsstaaten wurden daher bis Ende 2013 verpflichtet, für Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten zu erstellen. Diese Risiko- bzw. Gefahrenkarten sollen in weiterer Folge als Grundlage zur Koordinierung auf internationaler Flussgebietsebene in Form von Hochwasserrisikomanagementplänen dienen. [22]

Die Umsetzung der HW-RL im nationalen Recht erfolgte in Österreich mit der Novelle 2011 des Wasserrechtsgesetzes 1959, die eine Vielzahl von Gesetzesänderungen im Kompetenzbereich des Bundes (z.B. Wasserrecht) bzw. der Länder (z.B. Raumordnung) bewirkte. [23]

#### *2.3.1.1.1 Hochwasserrisikozonierung Austria (HORA)*

Das Lebensministerium hat in Zusammenarbeit mit dem Verband der Versicherungsunternehmen Österreichs (VVO) bereits nach den verheerenden Hochwassern im Jahr 2002 das Projekt „Hochwasserrisikozonierung Austria“ (HORA) ins Leben gerufen und somit Teile der umzusetzenden HW-RL vorweggenommen. Mit HORA ist die mögliche Gefährdung durch Naturkatastrophen mit Schwerpunkt Hochwasser online über eine digitale Gefahrenlandkarte abrufbar, für die das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) allerdings keine Haftung übernimmt. Bei der zugrunde gelegten Berechnungsmethode mit einem grobmaßstäblichen numerischen Abflussmodell ist außerdem die Wirkung vorhandener Hochwasserschutzanlagen nicht erfasst, wodurch im Gegensatz zu den



enthalten die Hochwassergefahrenkarten Angaben zu den sich einstellenden Wassertiefen und gegebenenfalls zu den Fließgeschwindigkeiten. [24]

Hochwasserrisikokarten sind ebenfalls in WISA abrufbar und bauen auf den Hochwassergefahrenkarten auf. Durch sie kann ersichtlich gemacht werden, wie viele Einwohner in etwa von einem 30-, 100-, bzw. 300-jährlichen Hochwasserereignis betroffen wären. [22]

### 2.3.1.2 Gefahrenzonenpläne

In Österreich existieren Gefahrenzonenpläne für Hochwasser, Lawinen und Muren. Sie werden je nach Zuständigkeit entweder von der Wildbach- und Lawinenverbauung oder der Bundeswasserbauverwaltung erstellt. Gefahrenzonenpläne für Hochwasser sind wesentlich detaillierter als die vorher erwähnten Gefahrenhinweiskarten und dienen daher der Risikobeurteilung einzelner Liegenschaften. [7]



Abbildung 10: Beispiel Ausschnitt Gefahrenzonenplan Bad Ischl [25]

Gefahrenzonenpläne sind als flächenhafte Gutachten anzusehen, die ihre rechtsverbindliche Wirkung durch die Berücksichtigung in den Raumordnungs- und Baugesetzen entfalten. Die bestehenden Pläne werden einer regelmäßigen Neubewertung unterzogen, da gefahrenrelevante Veränderungen, die im Einzugsgebiet vorgenommen werden, wie etwa die Errichtung eines Hochwasserschutzdammes, die Gefahr verringern können. Auch die gegenteilige Entwicklung wäre selbstverständlich denkbar. [7]

Gefahrenzonenpläne sind jedoch erst rechtsverbindlich, wenn sie in den jeweiligen Raumordnungs- und Baugesetzen Berücksichtigung finden. Alle Raumordnungsgesetze mit Ausnahme des Wiener Raumordnungsgesetzes schreiben den Gemeinden daher vor, dass Gefahrenbereiche in den Flächenwidmungsplänen und somit in der örtlichen Raumplanung kenntlich zu machen sind. Allerdings ersetzt solch eine Kenntlichmachung

den eigentlichen Widmungsakt nicht, auch wenn nach Ansicht des Verwaltungsgerichtshofes eine Baubewilligung trotz Baulandwidmung in hochwassergefährdeten Gebieten untersagt werden kann. Insbesondere für die Widmungskategorie „Bauland“ sehen die jeweiligen Raumordnungsgesetze Beschränkungen und Verbote für die Widmung vor. Dabei ist zu beachten, dass bei bereits bebautem Bauland lediglich ein temporäres Bauverbot als raumplanerische Einschränkung bewirkt werden kann, bei unbebautem Bauland aber eine Rückwidmung von Bau- in Grünland und somit eine Reduzierung des Schadenpotentials erzielt werden kann. [7]

### *2.3.1.2.1 Gefahrenzonenpläne gemäß § 11 Forstgesetz*

Die Gefahrenzonenpläne der Wildbach- und Lawinerverbauung wurden aufgrund der Hochwasser in den Jahren 1965/66 in Kärnten und Osttirol entwickelt und werden auf Basis des Forstgesetzes von 1975 erstellt. [26] Konkret werden sie auf Grundlage des Grenzkatasters im Maßstab 1:2.000 bis 1:5.000 für Bemessungsereignisse mit einer Wiederkehrwahrscheinlichkeit von ca. 150 Jahren erstellt. Die Gefährdungsintensität von betroffenen Flächen wird in Form Roter und Gelber Gefahrenzonen dargestellt. [7]

### *2.3.1.2.2 Gefahrenzonenpläne der Bundeswasserbauverwaltung*

Gefahrenzonenpläne der Bundeswasserbauverwaltung werden gemäß Wasserrechtsgesetz-Novelle 2011 für Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko, die nicht Einzugsgebiet von Wildbächen oder Lawinen sind, konzipiert. Für deren Erstellung ist das BMLFUW in Zusammenarbeit mit den Bundesländern zuständig. Um eine öffentliche Einsichtnahme zu gewährleisten, sind die Gefahrenzonen im Wasserbuch einzutragen. Das BMLFUW hat außerdem im Juni 2014 die WRG-Gefahrenzonenplanungsverordnung erlassen, um eine einheitliche Darstellung sicherzustellen. [27]

Im Vergleich zu den Gefahrenzonenplänen der Wildbach- und Lawinerverbauung ist das Ausmaß der Gefährdung eines Hochwassers mit einer 100-jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit nicht nur in Rote und Gelbe Gefahrenzonen, sondern auch in Rot-Gelbe und Blaue Zonen unterteilt. [7]

Gemäß Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30. Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne, StF: BGBl. Nr. 436/1976, Stand: 10.06.2017 gelten folgende Definitionen der unterschiedlichen Zonen:

*Die Rote Gefahrenzone umfaßt jene Flächen, die durch Wildbäche oder Lawinen derart gefährdet sind, daß ihre ständige Benützung für Siedlungs- und Verkehrszwecke wegen der voraussichtlichen Schadenswirkungen des Bemessungsereignisses oder der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich ist;*

*Die Gelbe Gefahrenzone umfaßt alle übrigen durch Wildbäche oder Lawinen gefährdeten Flächen, deren ständige Benützung für Siedlungs- oder Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt ist;*

*Die Blauen Vorbehaltsbereiche sind Bereiche, die*

*1. für die Durchführung von technischen oder forstlich-biologischen Maßnahmen der Dienststellen sowie für die Aufrechterhaltung der Funktionen dieser Maßnahmen benötigt werden oder*

*2. zur Sicherung einer Schutzfunktion oder eines Verbauungserfolges einer besonderen Art der Bewirtschaftung bedürfen. [28]*

Vor allem in Hinblick auf den Wiener Donaauraum ist hervorzuheben, dass Gefahrenzonenplanungen nicht für Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko zu erstellen sind, die einen ausreichenden Hochwasserschutz aufweisen. [29]

### **2.3.2 Wasserrechtliche Bewilligung**

Gesetzgebung und Vollziehung des Wasserrechts liegen gemäß B-VG im Kompetenzbereich des Bundes (Art 10 Abs 1 Z 10 B-VG), [30] wobei in der Praxis wasserrechtliche Belange üblicherweise in mittelbarer Bundesverwaltung vollzogen werden. [31] Für Wien ist die Magistratsabteilung 58 zuständig. [32]

Alle Bauten und Anlagen, die im Hochwasserabflussgebiet eines 30-jährlichen Hochwassers liegen, sind wasserrechtlich zu bewilligen (§ 38 Wasserrechtsgesetz (WRG)). Unter Bauten werden in diesem Zusammenhang Bauwerke, Bauanlagen und Baulichkeiten, und somit alle Anlagen, „zu deren Herstellung ein wesentliches Maß bautechnischer Kenntnisse erforderlich“ sind und die „mit dem Boden in eine gewisse Verbindung gebracht“ sind, verstanden. Als Anlagen wird alles angesehen, was „durch die Hand des Menschen angelegt, also errichtet“ wird (VwGH 13.12.1928, Slg 15.448; 23.2.2006, 2004/07/0091). Alle üblichen Bauwerke sind darunter subsumierbar und bedürfen daher der wasserrechtlichen Bewilligung. [33]



Die wasserrechtliche Bewilligung zielt darauf ab, Schäden, die durch das Objekt im Falle eines Hochwassers zusätzlich entstehen können, wie beispielsweise Änderungen von Strömungen oder das Abschwemmen von wassergefährdenden Stoffen, hintanzuhalten. [33]

Gebäude im Hochwasserabflussbereich entlang der Neuen Donau unterliegen daher nicht nur der Wiener Bauordnung, sondern es bedarf jedenfalls einer gesonderten Bewilligung nach dem Wasserrechtsgesetz.<sup>8</sup>

### **2.3.3 Baubewilligungen in Wien**

Das Baurecht ist eine sehr zergliederte Materie. Es beinhaltet für den öffentlichen Sektor alle Regelungen, die nötig sind, um zu gewährleisten, dass Bauten sicher und einwandfrei beschaffen sind. Dies umfasst hygienische, technische und sanitäre Maßnahmen. Dabei werden drei Normengruppen unterschieden: Allgemeine Bebauungsregelungen, baupolizeiliche Normen und bautechnische Normen. Die Bundesländer, die für die Erlassung der konkreten Bauordnungen kompetent sind, haben diese Bereiche zum Teil als jeweils eigenständige Gesetze erlassen, oder aber alle Teilbereiche in einem Gesetz vereint. [31]

In Wien wurden die Wiener Bauordnung (LGBL Nr. 11/1930) und die Wiener Bautechnikverordnung (LGBL Nr. 31/2008) erlassen. [7] Auf die Wiener Bauordnung und ihre maßgebenden Verfahren zur baurechtlichen Beurteilung von Bauplätzen bzw. konkreten Bauvorhaben wird im Folgenden näher eingegangen.

Aus inhaltlicher Sicht sind das bauplatzrelevante Verfahren (Prüfung der Eignung des Bauplatzes) und das Bau- bzw. Anzeigeverfahren (Prüfung des konkreten Bauvorhabens) zu unterscheiden. [7]

#### **2.3.3.1 Bauplatzrelevante Verfahren**

Durch bauplatzrelevante Verfahren ist eine gewisse Rechtssicherheit für den Bauwerber gegeben. Allerdings sind diese nicht in allen Bauordnungen bzw. Bundesländern vorgeschrieben, und es wird zwischen der Bekanntgabe von Bebauungsbestimmungen und einer Bauplatzerklärung differenziert. [7]

---

<sup>8</sup> Der genaue Verfahrensablauf einer wasserrechtlichen Bewilligung ist in der Diplomarbeit „Bauen am Wasser“ von Herrn DI Andreas Loy im Kapitel 7.2 dargestellt. [62]

In Niederösterreich beispielsweise wird durch die Bauplatzerklärung die grundsätzliche Eignung einer Liegenschaft als Bauplatz, durch entsprechende Lage, Form, Mindestgröße und Erschließbarkeit, eingeräumt. Diese Feststellung erfolgt mittels zeitlich befristeten Bescheids, der bewirkt, dass die Baubehörde im Baubewilligungsverfahren an ihn gebunden ist, sofern das Projekt nicht grundlegend geändert wird. Die dabei genehmigten Bauplätze dürfen zwar nicht durch Naturgefahren gefährdet sein, allerdings ist es möglich, durch entsprechende wirtschaftlich vertretbare Schutzmaßnahmen etwaige derartige Bedrohungen zu beseitigen bzw. zu vermindern. [7]

In Wien hingegen kann vor dem eigentlichen Baubewilligungsverfahren ein Antrag zur Bekanntgabe von Bebauungsbestimmungen bei der Magistratsabteilung 64 gestellt werden. Mittels Bescheid werden diesfalls von der Behörde die Beschlussdaten des geltenden Flächenwidmungs- und Bebauungsplans bekannt gegeben. [34]

Bei der Bekanntgabe der Bebauungsbestimmungen gilt jedoch eine mögliche Bedrohung der Liegenschaft durch eine Naturgefahr nicht als Versagenstatbestand für den auszustellenden Bescheid. Wien ist außerdem das einzige Bundesland, in dem weder in einem speziellem Verfahren, noch im eigentlichen Baubewilligungsverfahren naturgefahrenrelevante Bestimmungen im Zusammenhang mit Bauplätzen vorgeschrieben sind. [7]

### **2.3.3.2 Bau- und Anzeigeverfahren**

Die Zuordnung, ob ein Bauvorhaben anzeigepflichtig oder bewilligungspflichtig ist, bzw. ob es sich um eine freie Bauführung handelt, ist aufgrund der verschiedenen Bauordnungen länderabhängig. Teilweise gibt es auch Mischverfahren von anzeige- und bewilligungspflichtigen Verfahren, die bei größeren Bauverfahren eine vereinfachte und beschleunigte Abwicklung ermöglichen. [7] In Wien besteht laut § 70 a Wr BauO die Möglichkeit eines vereinfachten Bewilligungsverfahrens. [21]

Eine Baubewilligung ist zu erteilen, wenn bau- und raumplanerische Vorschriften eingehalten wurden und öffentliche Interessen wie Sicherheit und Gesundheit nicht entgegenstehen. Allerdings darf nach Ansicht des Verwaltungsgerichtshofes die Baubewilligung nicht verwehrt werden, wenn durch entsprechende Auflagen die fehlenden baurechtlichen Voraussetzungen hergestellt werden können. Solche Auflagen bzw. Bedingungen, die nach den meisten Bauordnungen erteilt werden können, erzielen eine aufschiebende Wirkung des Bescheides und können sich auf das Bauvorhaben selbst, den Bauplatz oder die Ausführung beziehen. Durch die Bauordnungen bleibt den Behörden ein

beträchtlicher Ermessensspielraum, ob ein Bauvorhaben trotz Auflagen bewilligungsfähig ist oder nicht. [7]

Im Hinblick auf Naturgefahren hat die Situierung des Bauvorhabens in Gefahrenbereichen keinen Einfluss auf das anzuwendende Verfahren und auch ergeben sich aus den Inhalten von Gefahrenzonenplänen keine subjektiven öffentlichen Nachbarrechte, die die Erteilung einer Baubewilligung untersagen würden. Die Vorschreibungen von Auflagen in Gefahrenbereichen in Form von Handlungsanweisungen (z.B. Festlegung von Mindestmauerstärken) oder Unterlassungsweisung (z.B. Verbot von Aufenthaltsräumen in Gefahrenbereichen) erfolgen zur Minimierung des Gefährdungspotentials. [7]

### **2.3.4 Beurteilung der gesetzlichen Rahmenbedingungen**

Hinsichtlich der rechtlichen Bestimmungen ist abschließend festzuhalten, dass bei der Errichtung von Bauwerken eine Vielzahl zum Teil sehr zersplitterter Rechtsmaterien, die unterschiedlichen Kompetenzen unterliegen, zu beachten ist. Für das im Zusammenhang relevante Bauen am Wasser ist evident, dass der Schutz der Bauwerke vor Naturkatastrophen dem gesetzlichen Telos nach große Bedeutung hat. Das Bestreben, möglichst sicher zu bauen, wird nicht nur in den unzähligen Vorschriften, sondern auch, und nicht zuletzt, durch die verschiedenen kartographischen Pläne ersichtlich, für deren realistische Gliederung regelmäßig aktuellere Daten erhoben und eingespeist werden. Auf den ersten Blick mag die Regelungsdichte mitunter unverhältnismäßig – und vor allem: unübersichtlich – wirken; im Sinne der Sicherheit ist jedoch ein Übermaß wohl erstrebenswerter als ein Weniger.

## 3 Gerinnehydraulik

### 3.1 Allgemeines

Unter Gerinneströmungen versteht man Strömungen mit einem freien Wasserspiegel, beispielsweise in offenen Gerinnen bei Kanälen oder Flüssen. Die Höhe des Wasserspiegels hängt bei gegebenem Abfluss vom Sohlgefälle, vom Verhältnis des Querschnitts zum benetzten Umfang (sogenannter hydraulischer Radius) und der Reibung zwischen Wasser und benetzter Wand ab. [35]

#### 3.1.1 Geschwindigkeitsverteilung

Bei Gerinneströmungen ist das Geschwindigkeitsprofil ungleichmäßig. So wird die Strömungsgeschwindigkeit zur Gerinneberandung hin Null, und die Maximalgeschwindigkeit  $v_{\max}$ , befindet sich überschlägig auf der 80% igen Höhe der Wassertiefe. [36]

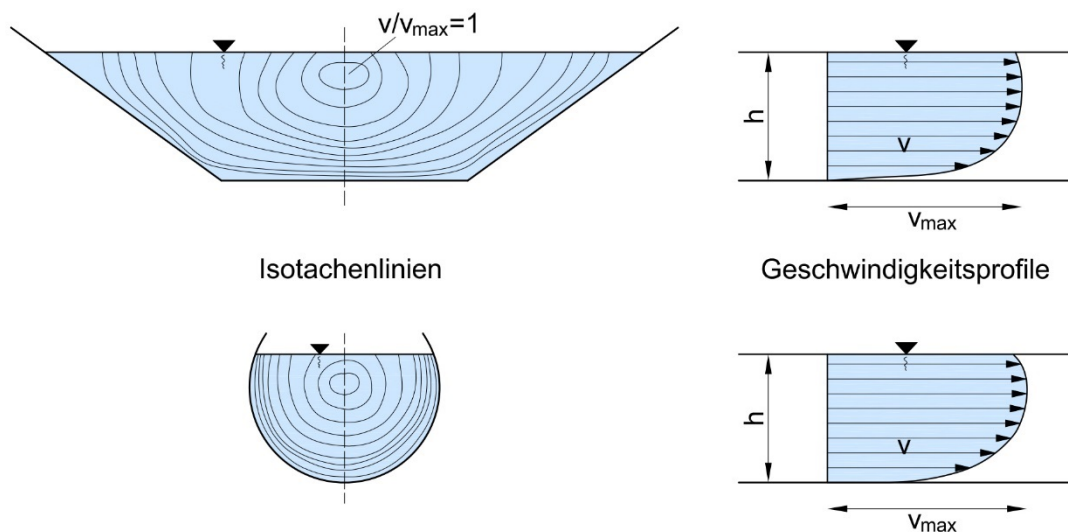


Abbildung 11: Trapez- und Kreisgerinne mit charakteristischen Isotachenlinien (links) und Geschwindigkeitsprofil in der Gerinnemitte (rechts) [35]

Die Form der Geschwindigkeitsverteilung ist nicht nur vom Gerinneprofil, sondern auch von der Rauheit der Gerinneberandung, dem hydraulischen Radius und der Strömungsgeschwindigkeit selbst abhängig. In Abbildung 11 sind die charakteristischen Isotachenlinien als Linien gleicher lokaler Geschwindigkeit und die Geschwindigkeitsprofile in der Gerinnemitte für Trapez- und Kreisgerinne dargestellt. [35]

Vereinfacht kann die Strömungsgeschwindigkeit gemäß Stromfadentheorie als mittlere Geschwindigkeit  $v$ - der Quotient aus Durchfluss  $Q$  und Querschnitt  $A$ - an jeder Stelle des gesamten Querschnitts angenommen werden. [36]

$$v = \frac{Q}{A} \quad [36] \quad (3.1)$$

#### 3.1.2 Gerinnequerschnitt

Das Gerinneprofil stellt eine wichtige Randbedingung bei der Gerinneströmung dar, da der Impulsaustausch in Form von Schubspannungen zwischen Strömung und Gerinneberandung am benetzten Umfang stattfindet. [37]

Als hydraulisch günstige Profile werden Querschnitte mit möglichst großem hydraulischen Radius  $r_{hy}$  angesehen. Da dieser der Quotient aus Querschnitt  $A$  und benetztem Umfang  $U$  ist, stellt die optimale Form ein Halbkreisprofil dar bzw. muss bei davon abweichenden Querschnitten ein Halbkreis möglichst gut eingeschrieben werden können. [36]

$$r_{hy} = \frac{A}{U} \quad [36] \quad (3.2)$$

Im Gegensatz zu natürlichen Gerinneprofilen, die unregelmäßig geformt sind, kommen bei künstlichen Gerinneprofilen meist Rechteckprofile, Trapezprofile oder teilgefüllte Kreisprofile bzw. bei regulierten Flüssen gegliederte Profile (mit Haupt- und Nebengerinne) zum Einsatz. Ein sehr breites Rechteckgerinne ( $\frac{h}{B} \rightarrow 0$ ) stellt überdies einen Grenzfall, nämlich die „zweidimensionale Gerinneströmung“, dar. [37]

### 3.2 Klassifizierung der Gerinneströmungen

Gerinneströmungen können nach der räumlichen oder zeitlichen Variation, dem internen Fließzustand oder der Reaktion auf Randeinwirkungen unterschieden werden. [37]

#### 3.2.1 Räumliche Variation

Bei der räumlichen Variation kann zwischen einer gleichförmigen und ungleichförmigen Strömung unterschieden werden. Ein gleichförmiger Abfluss stellt sich bei genügend langen Gerinnen mit konstanter Breite ein und wird auch als Normalabfluss mit der sogenannten Normalabflusstiefe  $h_n$  bezeichnet. Der gleichförmige Abfluss ist durch das idente Gefälle von Sohle, Wasserspiegel und Energielinie gekennzeichnet; die Wassertiefe sowie die Geschwindigkeit sind entlang der Strömungsrichtung konstant. [37]

Eine ungleichförmige Strömung hingegen ist durch Abflussbeschleunigungen oder -verzögerungen gekennzeichnet, die durch Änderungen des Gerinneprofiles, der Sohle oder der Rauigkeit hervorgerufen werden. Von stark ungleichförmigen Strömungen spricht man, wenn die Änderung der Wasserspiegellage aufgrund von Bauwerken wie Wehren, Überfällen oder Schützen, oder von starken Querschnittsänderungen wie Einengungen und Abstürzen, auf einen lokalen Bereich begrenzt ist. Bei leicht ungleichförmigen Strömungen erfolgt die Änderung der Wasserspiegellage über lange Distanzen aufgrund von Änderungen des Gefälles oder Rauigkeit des Gerinnes. [37]

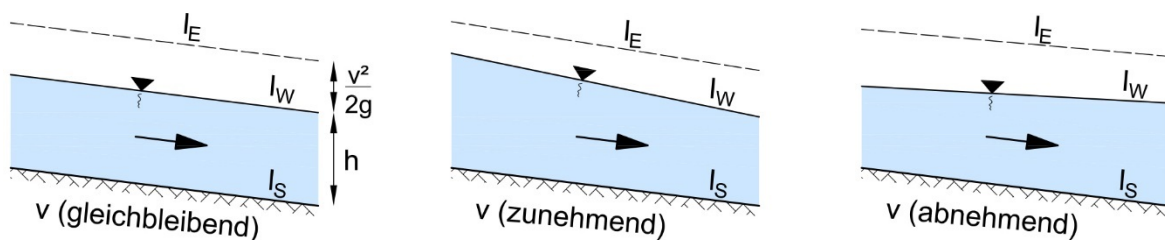


Abbildung 12: Stationäre Gerinneströmungen mit gleichförmigem, beschleunigtem und verzögertem Abfluss (v.l.n.r.) [35]

Für die in Abbildung 12 dargestellte ungleichförmige beschleunigte bzw. verzögerte Strömung gelten folgende Zusammenhänge zwischen Gefälle der Energielinie  $I_E$ , dem Wasserspiegelgefälle  $I_W$  und dem Sohlgefälle  $I_S$ .

- Beschleunigter Abfluss:  $I_W > I_E > I_S$
- Verzögerter Abfluss:  $I_W < I_E < I_S$

#### 3.2.2 Zeitliche Variation

Nach der zeitlichen Variation kann zwischen stationärer und instationärer Strömung unterschieden werden. Das Strömungsfeld bei instationären Strömungen ist im Gegensatz zu stationären Strömungen zeitlich variabel. Instationäre Strömungsabläufe treten in Flüssen beispielsweise durch künstlich erzeugte Schwall- oder Sunkwellen, beim Öffnen oder Schließen von Wehren oder als Folge von Hochwasserwellen auf. [37]

Diese sogenannten Stoßwellen treten aufgrund von raschen Durchflussänderungen auf und können zu Überflutungen über den Gewässerrand oder zu plötzlichen Wasserspiegelabsenkungen führen. [35]

### 3.2.3 Interner Fließzustand

Gerinneströmungen sind aufgrund des internen Fließzustands entweder laminar oder turbulent und können mit Hilfe der Reynoldszahl, einer dimensionslosen Zahl, dahingehend charakterisiert werden.

$$Re = \frac{v \cdot 4 \cdot r_{hy}}{\nu} \quad [36] \quad (3.3)$$

Dabei ist  $v$  die mittlere Geschwindigkeit,  $r_{hy}$  der hydraulische Radius und  $\nu$  die kinematische Zähigkeit. Der hydraulische Radius errechnet sich aus dem Quotienten der durchflossenen Fläche  $A$  und des benetzten Umfangs  $U$ .

$$r_{hy} = \frac{A}{U} \quad [36] \quad (3.4)$$

Die Grenze zwischen einem laminaren und turbulenten Fließbereich kennzeichnet die kritische Reynoldszahl. Allerdings kann auf eine genaue Trennung aufgrund der Tatsache, dass man es in der Praxis vorwiegend mit turbulenten Gerinneströmungsvorgängen zu tun hat, verzichtet werden. Ausnahmen bilden lediglich dünn-schichtige flächige Abflüsse, die beispielsweise bei Straßenentwässerungen auftreten. Bei turbulenten Gerinneströmungen stellt sich eine logarithmische Geschwindigkeitsverteilung ein, während bei einer laminaren Strömung eine parabolische Verteilung vorliegt. [37]

### 3.2.4 Randeinwirkungen

Die Ausbreitung von Störeffekten bzw. Randeinwirkungen in einem offenen Gerinne ist abhängig vom Fließverhalten. [37]

Die Unterscheidung nach strömendem oder schießendem Abfluss erfolgt mit Hilfe der Froude-Zahl  $Fr$ , der kritischen Wassertiefe  $h_{gr}$  und der kritischen Geschwindigkeit  $v_{gr}$ , wobei die einfachste Bewertung des Fließzustandes der Vergleich der vorhandenen Wasserstände mit der kritischen Wassertiefe liefert. Die dimensionslose Froude-Zahl  $Fr$  errechnet sich aus dem Verhältnis der Fließgeschwindigkeit  $v$  zur Wellenausbreitungsgeschwindigkeit  $c$ , wobei sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit wiederum aus der Wassertiefe  $h$  und Gravitationskonstante  $g$  berechnet. [35]

$$Fr = \frac{v}{c} = \frac{v}{\sqrt{gh}} \quad [35] \quad (3.5)$$

- $Fr < 1$ : Bei einem strömenden bzw. unterkritischen Abfluss wirken sich Störungen in alle Richtungen aus.

- $Fr > 1$ : Bei einem schießenden bzw. überkritischen Abfluss wirken sich Störungen nur in Strömungsrichtung aus.
- $Fr = 1$ : Es liegt der Grenzzustand zwischen schießendem und strömendem Abfluss vor. Beim kritischen Abfluss entspricht die Wassertiefe der kritischen Wassertiefe ( $h = h_{gr}$ ) und die Geschwindigkeit der kritischen Geschwindigkeit ( $v = v_{gr}$ ). [35]

Während der Übergang vom strömenden zum schießenden Fließzustand kontinuierlich, und meist aufgrund eines Gefällewechsels, erfolgt, stellt sich der Übergang vom schießenden zum strömenden Abfluss sprunghaft, als sogenannter Wechselsprung, ein. [38]

### 3.3 Fließformeln

Der Fließwiderstand am benetzten Gerinneumfang wird mit Fließformeln beschrieben. Zusätzliche Fließwiderstände, wie beispielsweise Gerinneeinbauten, werden durch örtliche Energieverluste berücksichtigt. [37]

#### 3.3.1 Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler (Strickler-Formel)

Die meistverwendete Fließformel ist die empirische Gleichung von Gauckler, Manning, Strickler (auch Strickler-Formel genannt) und wird als Überschlagsformel bei Querschnitten mit einfachen Geometrien (Rechteck, Trapez, Teilkreis) sowie breiten natürlichen Gerinnen angewandt. Bei der Strickler-Formel errechnet sich die mittlere Geschwindigkeit  $v$  (mit der Dimension [m/s]) über den Strickler-Beiwert  $k_{st}$  (mit der Dimension [ $m^{1/3}/s$ ]), den hydraulischen Radius  $r_{hy}$  (mit der Dimension [m]) und das Energiegefälle  $I_E$ . [35]

$$v = k_{st} * r_{hy}^{2/3} * I_E^{1/2} \quad [36] \quad (3.6)$$

Typische Strickler-Beiwerte  $k_{st}$  können für unterschiedlichste Materialien aus entsprechenden Tabellen entnommen werden, im Folgenden werden daher lediglich Richtwerte angegeben:

- Glatte Gerinne (z.B. sehr glatter Beton):  $k_{st} \approx 100$  [ $m^{1/3}/s$ ]
- Erdgerinne, Flussbetten:  $k_{st} \approx 30$  bis  $40$  [ $m^{1/3}/s$ ]
- Sehr raue Gerinne (z.B. Wildbäche):  $k_{st} \approx 20$  [ $m^{1/3}/s$ ] [37]

Angesichts der unterschiedlichen Rauheit, die in einem Gerinnequerschnitt, bei Sohle, Böschung und Ufer, meist vorliegt, kann mit einem gemittelten Strickler-Beiwert gerechnet



werden. Jedoch ist es bei natürlichen Gerinnen oft schwer, einen einzig gültigen  $k_{st}$ -Wert zu finden, da mit der Durchflussänderung auch eine Änderung des Wasserstandes einhergeht. Mit dieser Änderung kommt es anfänglich zu einem stärkeren Einfluss der rauhen Sohle bei kleinen Abflüssen und es ist daher vorerst ein kleinerer gemittelter Strickler-Beiwert zu wählen als bei Durchflusssteigerung. Hochwasserabflussprofile, bei denen es sich um einen gegliederten Querschnitt, bestehend aus Hauptgerinne und überfluteten Vorländern, handelt, werden deshalb abschnittsweise berechnet. Hauptgerinne und Vorländer weisen außerdem stark unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten auf, infolge derer es zu Interaktionen und somit zum Austausch von Turbulenzballen kommt. Die Verlängerung des hydraulischen Radius im Hauptgerinne (siehe Abbildung 13) berücksichtigt die Bremswirkung, die aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten zwischen Hauptgerinne und Vorländer auftritt. [35]

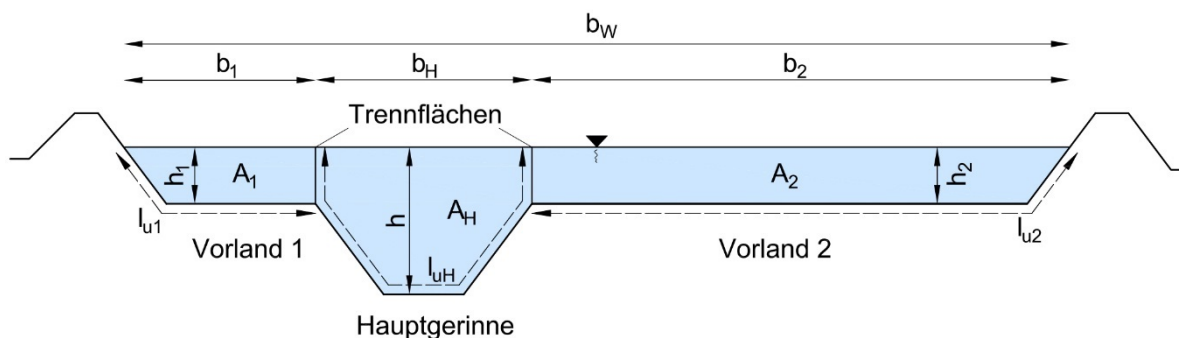


Abbildung 13: Gegliedertes Flussprofil mit Vorländern [35]

### 3.3.2 Fließformel nach Darcy-Weisbach

Über die Fließformel von Darcy-Weisbach für Freispiegelströmungen lässt sich die Abhängigkeit des Strömungswiderstandes von der Geometrie bzw. vom hydraulischen Radius besser berücksichtigen; sie kommt daher insbesondere für Gerinne mit Bewuchs zur Anwendung. Die mittlere Geschwindigkeit  $v$  (mit der Dimension [m/s]) errechnet sich nach Darcy-Weisbach über den Reibungsbeiwert  $\lambda$ , den hydraulischen Radius  $r_{hy}$ , das Energiegefälle  $I_E$  und die Gravitationskonstante  $g$ . Folgende Gleichung wird auch als universelles Fließgesetz bezeichnet: [35]

$$v = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} * \sqrt{8 * g * r_{hy} * I_E} \quad [35] \quad (3.7)$$

Der Reibungsbeiwert  $\lambda$  ist von der Reynoldszahl, die die Zähigkeit der Strömung berücksichtigt, und der Rauheit  $k$  der Wandung abhängig. [35]

$$\lambda = \left( R_E = \frac{v * 4 * r_{hy}}{\nu}, \frac{k}{4 * r_{hy}} \right) \quad [36] \quad (3.8)$$

Unter Berücksichtigung der allgemeinen Formbeiwerte  $f_g$  (glatt) und  $f_r$  (rauh) - laut Leske zur Berücksichtigung der Gerinneform - und Einsetzen der Reynoldszahl ergibt sich folgende Fließformel für offenen Gerinne:

$$v = -4 * \lg \left( \frac{1,01 * 10^{-6} * 2,90}{8 * 0,15 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,15 * 0,01}} \right) * \sqrt{2 * 9,81 * 0,15 * 0,01} \quad [39] \quad (3.9)$$

Zwischen dem Strickler-Beiwert  $k_{st}$  und dem  $k$ -Wert im hydraulisch rauhen Bereich besteht näherungsweise nachstehender Zusammenhang:

$$k_{st} = \frac{8,3 * \sqrt{g}}{k^{1/6}} = \frac{26}{k^{1/6}} \quad [35] \quad (3.10)$$

### 3.4 Schubspannung und Sohlbewegung

#### 3.4.1 Definition der Schubspannung

Bei Freispiegelabflüssen stellt sich ein Kräftegleichgewicht zwischen der in Fließrichtung wirkenden Strömungskraft und der entgegengesetzten Reibungskraft ein. [35]

Die Gewichtskraft in Strömungsrichtung  $F_G * \sin(\varepsilon)$  und die Reibungskraft  $F_w$  der Wandschubspannung  $\tau_0$  setzen sich wie folgt zusammen:

$$F_G * \sin(\varepsilon) = \rho * g * A * L * \sin(\varepsilon) \quad [36] \quad (3.11)$$

$$F_w = \tau_0 * U * L \quad [36] \quad (3.12)$$

Durch das Kräftegleichgewicht sowie durch die in Gerinnen sehr geringe Sohlneigung kann  $I_s \approx \sin(\varepsilon)$  angesetzt werden, und die Wandschubspannung ergibt sich zu:

$$\tau_0 = \rho * g * r_{hy} * I \quad [36] \quad (3.13)$$

In Abbildung 14 sind die angreifenden Kräfte für eine gleichförmige Gerinneströmung mit konstantem Querschnitt und Gefälle dargestellt. Die Wassertiefe  $h$  wird dabei wie dargestellt in vertikaler Richtung und nicht lotrecht zum Wasserspiegel gemessen, da der so entstandene Fehler, aufgrund des geringen Gefälles, vernachlässigbar klein ist. [36]

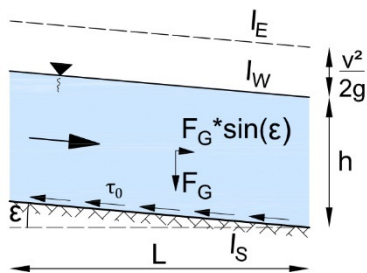


Abbildung 14: Kräftegleichgewicht gleichförmige Gerinneströmung [36]

Bei turbulenten Strömungen, wie sie in der Praxis üblicherweise auftreten, kann die mittlere Wandschubspannung  $\tau_0$ , über den Widerstandsbeiwert  $\lambda$  und die mittlere Geschwindigkeit  $v$  mit der nachfolgenden empirischen Gleichung ermittelt werden. [35]

$$\tau_0 = \frac{\lambda}{8} \rho * v^2 \quad [35] \quad (3.14)$$

In der Realität ist die Wandschubspannung allerdings nicht konstant, sondern von der Rauheit der Wand, der Gerinneform und damit vom Wasserstand abhängig. Weiters ist sie zeitabhängig und verändert sich in einer turbulenten Strömung gemäß den wechselnden Geschwindigkeiten. [35]

Bei einem trapezförmigen Gerinnequerschnitt stellt sich eine ungleichmäßige Schubspannungsverteilung nach Abbildung 15 ein. In Zusammenarbeit mit einer turbulenten Gerinneströmung kommt es zu schwachen Sekundärströmungen, die sohl- bzw. wandnahes Wasser mit niedriger Geschwindigkeit in die Strömungsmitte und Wasseroberfläche leiten. Infolge dessen wird die Maximalgeschwindigkeit etwas in die Tiefe getragen. Daher werden solch komplexe Strömungsverhältnisse üblicherweise mit numerischen Modellen und Turbulenzansätzen analysiert. [37]

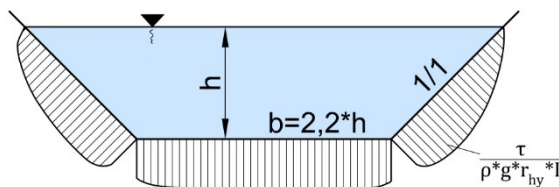


Abbildung 15: Schubspannungsverteilung in einem trapezförmigen Gerinne [35]

### 3.4.2 Kritische Schubspannung und Geschiebetransport

Als kritische Schubspannung, auch Schleppschubspannung genannt, wird jene Spannung angesehen, bei der es zum Bewegungsbeginn von Feststoffen kommt. In zahlreichen Modellversuchen wurde eine Wechselwirkung zwischen Schleppschubspannung und der

kritischen Geschwindigkeit erwiesen. Letztere ist ferner von innerer Reibung, Turbulenz, Korngröße und Kohäsion abhängig. [35]

Der steigende Sohlabrieb geht mit wachsender Schleppschubspannung einher, da allmählich auch größere Korndurchmesser bewegt werden und die Bewegung selbst von anfänglichem Rollen zu Springen und schließlich mit steigender Geschwindigkeit und Turbulenz in einen Schwebzustand übergeht. Die bewegte Feststoffmasse pro Zeit durch einen Abflussquerschnitt wird als Feststofftransport  $G$  [kg/s] definiert, und deren Integration über einen Zeitabschnitt als Geschiebefracht. Der gesamte Stofftransport setzt sich aus Geschiebetrieb und transportierten Schwebstoffen zusammen. Diese sind vor allem bei Hochwasserereignissen stark. [35]

### 3.5 Lokale Energieverluste

Neben den kontinuierlichen Energieverlusten als Folge von Reibungsverlusten, die durch die Schubspannungen an den Wänden hervorgerufen werden, kommt es in offenen Gerinnen auch zu lokalen Verlusten. Diese lokalen Verluste können durch Querschnittsänderungen, Krümmungen, Einbauten (z.B.: Pfähle oder Pfeiler) sowie durch Einleitungen oder Entnahmen verursacht werden. Sich dadurch einstellender Aufstau und Beschleunigung werden nach der Störung auf einer gewissen Strecke mit geringen Turbulenzen durch Druckaufbau oder hochturbulent mit einem großen Energieverlust abgebaut. Der örtliche Verlust wird rechnerisch mit dem Energiehöhenverlust  $h_v$ , durch einen Verlustbeiwert  $\zeta$ , der mit der Geschwindigkeitshöhe multipliziert wird, berücksichtigt. [35]

$$h_v = \zeta * \frac{v^2}{2 * g} \quad [35] \quad (3.15)$$

Die Berechnung des Verlustbeiwerts ist abhängig von der Art der zur Modifikation bedingten Strömungsänderung. Beispielsweise sind die Verluste an Einläufen der Übergangsausbildung unterworfen, wobei ein trompetenförmiger ausgerundeter Übergang den hydraulisch günstigsten Fall darstellt. [35]

Bei Querschnittsänderungen, die vor allem bei natürlichen Gerinnen laufend auftreten, gilt es festzuhalten, dass eine Vergrößerung über die Tiefe oder Breite des Querschnitts, aufgrund von Wirbelbildungen und Mischvorgängen, mit größeren Verlusthöhen einhergeht als eine Verringerung. [36]

### 3.6 Abflusskurven

Die Abfluss- bzw. Schlüsselkurven beschreiben den Zusammenhang zwischen Abfluss  $Q$  und der Wassertiefe  $h$ . Wobei die genaue mathematische Erfassung von der jeweils zugrunde gelegten Fließformel abhängig ist. Im Allgemeinen ist die Abflusskurve eine parabelähnliche und nach oben hin immer flacher werdende Kurve. Da es bei natürlichen Gerinnen zu stetigen Sohl- und Querschnittsänderungen, vor allem bei Hochwasserereignissen, kommt, ist eine Darstellung einer Schlüsselkurve mit einer hohen Komplexität verbunden. Daher werden diese bei natürlichen Gerinnen über Durchflussmessungen bestimmt. [35]

### 3.7 Instationäre Wasserspiegellagenberechnung

Üblicherweise werden instationäre Strömungen in Flüssen mit Hilfe der Saint-Venant-Gleichungen beschrieben. Die Gleichungssysteme setzen sich aus der vereinfachten eindimensionalen dynamischen Abflussgleichung und der Kontinuitätsgleichung zusammen. [35]

Die Kontinuitätsgleichung lautet wie folgt:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad [35] \quad (3.16)$$

Und die Bewegungsgleichung in Fließrichtung:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} * \left( \frac{Q^2}{A} \right) + g * A * \frac{\partial h}{\partial x} + g * A * (I_E - I_S) = 0 \quad [35] \quad (3.17)$$

Das dabei zugrunde gelegte Kontrollvolumen ist Abbildung 16 zu entnehmen.

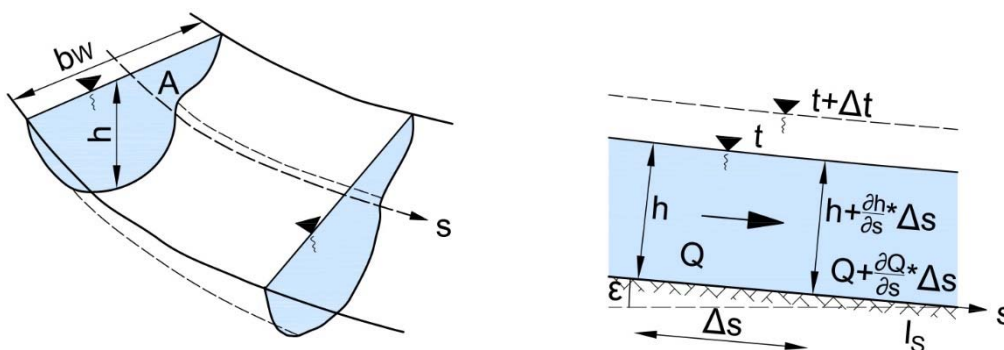


Abbildung 16: Gerinneabschnitt axonometrische Darstellung und im Längsschnitt [35]

Um das Abflussverhalten über Raum und Zeit vorherzusagen, werden in der Praxis numerische Näherungsmethoden zur Integration der Saint-Venant-Gleichungen angewandt. [37]

## 4 Anschlaglinien der Neuen Donau

Während in Kapitel 2.2.1 die Errichtung der Neuen Donau beschrieben wird, soll in diesem Kapitel auf die sich einstellenden Wasserspiegellagen in der hochwasserfreien Zeit bzw. im Speziellen während Hochwasserereignissen bestimmter Jährlichkeit eingegangen werden. Die geodätischen Höhen sind vor allem für die im Kapitel 5 dargelegte Bemessung relevant.

### 4.1 Wasserspiegellagen in der hochwasserfreien Zeit

Wie schon eingangs erwähnt handelt es sich bei der Neuen Donau in der hochwasserfreien Zeit, durch das geschlossen gehaltene Einlaufbauwerk in Langenzersdorf, um ein stehendes Gewässer. Der Wasserspiegel der Neuen Donau weist dabei infolge des Aufstaus beim Kraftwerk Freudenau eine deutliche Differenz zu jenen der Donau auf. [40]

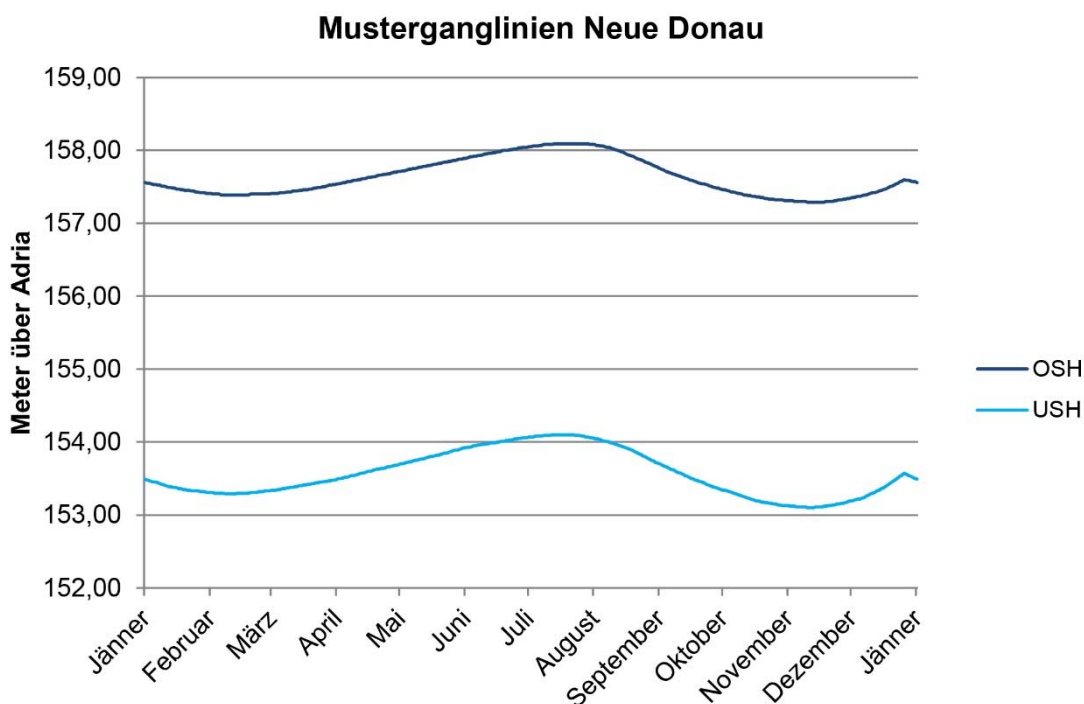


Abbildung 17: Musterganglinie Neue Donau - obere und untere Stauhaltung für das Jahr 2008 [41]<sup>9</sup>

Die durchschnittliche Wasserspiegeldifferenz beträgt zwischen oberer Stauhaltung und Donau ca. 3,8 m und zwischen Donau und unterer Stauhaltung ca. 7,8 m. Durch das vorherrschende hydraulische Gefälle (ca. 7 ‰ bei der oberen Stauhaltung bzw. zwischen 2,5 ‰ und 6,5 ‰ bei der unteren Stauhaltung) stellt sich ein Zufluss von Sickerwässern

<sup>9</sup> Es wurden leider zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Arbeit keine aktuelleren Daten von der MA 45 zur Verfügung gestellt.

durch die Donauinsel ein. Seit Fertigstellung des Kraftwerks Freudenau hat sich die Durchströmung der Donauinsel durch Kolmationseffekte verringert. [40]

Um diese überschüssigen Sickerwässer abzuführen, werden die Öffnungsweiten der zwei Wehre (Wehr 1 und Wehr 2) mittels einer strengen Betriebsordnung (Bewirtschaftung Neue Donau) geregelt. Diese Betriebsordnung beruht in der hochwasserfreien Zeit auf definierten Musterganglinien, die einen Sollwert für die Wasserspiegellage der oberen bzw. unteren Stauhaltung gemäß Wasserwirtschaftsplan darstellen. [40]

### **4.2 Wasserspiegellagen im Hochwasserfall**

Während eines Hochwasserabflusses dient die Neue Donau als Entlastungserinne der Donau und die Steuerung der Wehranlagen der Neuen Donau erfolgt gemäß der Wehrbetriebsordnung 1997 – Überarbeitung 2005. Statistisch gesehen (Betrachtungszeitraum waren die Jahre 1998 bis 2009) treten an 9,3 Tagen pro Jahr Hochwasserabflüsse entlang der Neuen Donau auf. [40]

Die Überarbeitung erfolgte 2005 anlässlich der zwei Donauhochwasser im Jahre 2002 und der damit einhergehenden Beobachtung, dass sich die Durchflussaufteilung zwischen Donau und Neuer Donau anders verhielt als die zur Berechnung für die damals gültige Wehrbetriebsordnung (WBO 1997 – Ergänzung 2000) zugrunde gelegte Verteilung. Beispielsweise wurde die Neue Donau beim Augusthochwasser 2002 anstatt wie vorgesehen mit 2.000 m<sup>3</sup>/s faktisch mit 3.000 m<sup>3</sup>/s, bei einem Gesamtabfluss von 10.000 m<sup>3</sup>/s, beaufschlagt. Daraufhin wurde der, am Institut für Konstruktiven Wasserbau der Technischen Universität Wien generierte, Rechenalgorithmus in wesentlichen hydraulischen Ansätzen weiterentwickelt und eine Modellkalibrierung für die Berechnung der Wasserspiegellagen der Donau zwischen dem Donaukraftwerk Greifenstein und Strom-km 1.910 im Raum Wien durchgeführt. [42] Die sich durch die angepasste Modellierung rechnerisch ergebende Wassermengenaufteilung zwischen Donau (Wien-gesamt) und Neuer Donau ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

#### **4.2.1 Betriebsführung im „normalen Hochwasserfall“ gemäß Wehrbetriebsordnung**

Die aktuelle Wehrbetriebsordnung (1997 – Überarbeitung 2005) regelt die Wehrsteuerung am Einlaufbauwerk, bei Wehr 1 und bei Wehr 2 im Hochwasserfall. Dieser ist ab dem Überströmungszeitpunkt des Einlaufbauwerks, bei einem Gesamtabfluss (Strom und Donaukanal) von etwa 4.954 m<sup>3</sup>/s, gegeben. Der Oberwasser-Stand beträgt zu Beginn der Dotation der Neuen Donau 163,90 m ü. A. Während anfänglich die Beaufschlagung der



Neuen Donau ausschließlich durch den Wehrüberfall erfolgt, werden bei weiter steigenden Donauabflüssen die Verschlüsse des Einlaufbauwerks ab einem Oberwasser-Pegelstand (am Einlaufbauwerk) von 164,70 m ü. A. kontinuierlich geöffnet. Bei der Öffnung der Segmente wird der Oberwasser-Pegelstand (164,70 m ü. A.) mit einer Toleranz von  $\pm 20$  cm konstant gehalten, bis die Wehrverschlüsse vollständig geöffnet sind und somit die Neue Donau maximal beaufschlagt wird. [42]

Die sich bei speziellen Hochwasserabflüssen einstellende Wassermengenaufteilung zwischen Donau (Wien-gesamt) und Neuer Donau, sowie die damit verbundene Betriebsführung in der Neuen Donau sind der Tabelle 1 zu entnehmen. [42]

Untersucher Zustand	$Q_{\text{Wien-gesamt}}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{\text{ND}}$ [m <sup>3</sup> /s]	Anmerkung
HQ <sub>5</sub>	6.650	676	Betriebsführung mit konstantem Oberwasser-Stand von 164,70 m ü. A.
HQ <sub>10</sub>	7.300	1.326	
HQ <sub>30</sub>	9.350	2.124	Betriebsführung mit konstanter Spaltenweite von 3,0 m
HQ <sub>50</sub>	9.800	2.182	
HQ <sub>100</sub>	10.400	2.738	Betriebsführung mit konstantem Oberwasser-Stand von 166,10 m ü. A.
HQ <sub>500</sub>	11.500	3.838	
HQ <sub>1.000</sub>	11.900	4.238	
HQ <sub>5.000</sub>	12.800	4.586	Segmente am Einlaufbauwerk sind vollständig geöffnet (freier Durchfluss)
PHQ	14.000	5.000	

Tabelle 1: Durchflussaufteilung Donau (gesamt) – Neue Donau für die Normalbetriebsführung [42]

Zu beachten ist, dass sich bei einem HQ<sub>5</sub> Abfluss besonders komplizierte hydraulische Verhältnisse am Einlaufbauwerk einstellen, da die Segmente über- wie auch unterströmt werden. Der Wasserspiegel in der Neuen Donau wird überdies durch die Steuerung des Wehrs 1 beeinflusst, die zu diesem Zeitpunkt einen konstanten Oberwasser-Stand von ca. 157,40 m ü. A. vorsieht. [42]

Die sich durch die verschiedenen Hochwasserereignisse einstellenden Anschlaglinien entlang der Neuen Donau sind Tabelle 2 zu entnehmen. Die Darstellung der Höhenkoten dient der Übersichtlichkeit für die Berechnungen in den Folgekapiteln.

ND-km	Höhenkoten Meter über Adria													Anmerkung
	Sohle	Treppelweg rechtes Ufer	Treppelweg linkes Ufer	Damm- krone	PHW	HQ <sub>5.000</sub>	HQ <sub>1.000</sub>	HQ <sub>500</sub>	HQ <sub>100</sub>	HQ <sub>50</sub>	HQ <sub>30</sub>	HQ <sub>10</sub>	HQ <sub>5</sub>	
21,500	155,63				166,93	166,46	166,10	166,10	166,10	166,08	165,81		159,69	Einlauf Neue Donau
21,461	157,00			167,98	166,79	166,32	165,93	165,73	165,14	164,79	164,58		159,67	Einlaufbauwerk OW
	156,01													Einlaufbauwerk UW
21,000	155,90	160,65	159,15	167,83	166,57	166,08	165,64	165,12	163,57	162,67	162,56	161,01	159,53	
20,000	155,61	160,20	158,65	167,50	166,29	165,79	165,34	164,82	163,26	162,35	162,24	160,66	159,21	
19,000	154,77	159,75	158,65	167,18	165,93	165,43	164,99	164,48	162,94	162,05	161,93	160,34	158,93	
18,000	154,42	159,25	158,65	166,85	165,65	165,15	164,70	164,19	162,65	161,74	161,62	159,99	158,63	
17,624	154,31	159,10	158,65	166,73	165,43	164,94	164,49	163,99	162,46	161,57	161,45	159,82	158,52	Sekundärbrücke
17,000	154,32	158,80	158,65	166,53	165,21	164,72	164,28	163,77	162,25	161,37	161,24	159,60	158,36	
16,083	153,65	158,65	158,65	166,23	164,97	164,47	163,98	163,53	161,96	161,12	160,95	159,29	158,19	Nordbrücke
16,000	153,63	158,65	158,65	166,20	164,92	164,42	163,97	163,47	161,94	161,06	160,93	159,27	158,15	
15,979	153,21	158,65	158,65	166,19	164,91	164,41	163,96	163,45	161,93	161,05	160,92	159,26	158,14	Nordsteg
15,197	153,47	158,65	158,65	165,89	164,56	164,06	163,62	163,12	161,62	160,76	160,63	158,98	158,00	Floridsdorferbrücke
15,000	153,35	158,65	158,65	165,81	164,48	163,99	163,55	163,05	161,57	160,71	160,58	158,92	157,97	
14,703	153,14	158,65	158,65	165,70	164,34	163,86	163,41	162,93	161,45	160,60	160,47	158,81	157,92	S-Bahnbrücke
14,668	152,86	158,65	158,65	165,69	164,24	163,71	163,27	162,82	161,35	160,50	160,37	158,73	157,89	U6-Brücke
14,000	153,03	158,65	158,65	165,43	163,98	163,50	163,06	162,58	161,13	160,29	160,15	158,51	157,79	
13,929	152,99	158,65	158,65	165,40	163,96	163,48	163,04	162,56	161,07	160,28	160,13	158,49	157,78	Brigittenerbrücke
13,000	152,71	158,65	158,65	165,04	163,78	163,29	162,84	162,35	160,89	160,06	159,91	158,23	157,67	
12,400	152,08	158,65	158,65	164,81	163,39	162,92	162,49	162,02	160,62	159,82	159,67	158,02	157,60	Reichsbrücke
12,000	152,15	158,65	158,65	164,66	163,25	162,78	162,34	161,88	160,49	159,70	159,55	157,89	157,56	
11,432	151,35	158,65	158,65	164,44	163,01	162,54	162,11	161,66	160,29	159,52	159,35	157,72	157,51	Sekundärbrücke
11,000	151,78	158,65	158,65	164,28	162,89	162,41	161,98	161,53	160,18	159,42	159,25	157,61	157,48	
10,000	151,35	158,65	158,65	163,89	162,52	162,05	161,63	161,19	159,89	159,16	158,99	157,36	157,41	
9,683	152,65	158,65	158,65	163,77	162,14	161,71	161,35	160,91	159,68	159,01	158,83	157,24	156,66	Wehr 1 OW
	150,00	154,60	154,60	163,42										Wehr 1 UW
9,516	150,97	154,60	154,60	163,36	161,96	161,54	161,15	160,73	159,59	158,94	158,75	157,19	156,13	Donaustadtbrücke
9,312	150,90	154,60	154,60	163,28	161,86	161,44	161,05	160,67	159,47	158,88	158,69	157,14	156,10	Praterbrücke
9,000	150,84	154,60	154,60	163,16	161,73	161,31	160,93	160,55	159,43	158,80	158,61	157,06	156,07	
8,523	150,63	154,60	154,60	162,98	161,53	161,12	160,74	160,37	159,30	158,69	158,50	156,96	156,02	Ostbahnbrücke
8,000	150,33	154,60	154,60	162,78	161,39	160,98	160,60	160,23	159,17	158,59	158,39	156,86	155,97	
7,000	149,27	154,60	154,60	162,39	160,95	160,56	160,20	159,87	158,92	158,39	158,19	156,70	155,91	
6,808	149,96	154,60	154,60	162,32	160,88	160,50	160,14	159,82	158,88	158,36	158,15	156,68	155,90	Steinspombbrücke
6,000	149,51	154,60	154,60	162,06	160,58	160,21	159,86	159,56	158,70	158,22	158,01	156,56	155,85	
5,000	149,17	154,60	154,60	161,77	160,22	159,87	159,54	159,27	158,50	158,07	157,85	156,44	155,81	
4,315	148,68	154,60	154,60	161,56	160,12	159,78	159,45	159,19	158,45	158,04	157,82	156,41	155,80	KW Freudenaus
4,000	148,49	154,60	154,60	161,47	160,07	159,74	159,41	159,16	158,43	158,01	157,79	156,40	155,79	
3,000	148,19	154,60	154,60	161,17	159,93	159,60	159,28	159,04	158,35	157,96	157,73	156,36	155,78	
2,000	147,74	154,60	154,60	160,88	159,74	159,43	159,12	158,90	158,26	157,90	157,67	156,31	155,76	
1,915	151,50	154,60	154,60	160,85	159,65	159,35	159,04	158,84	158,23	157,87	157,64	156,29	155,76	Wehr 2 OW
	147,50	155,05	155,05	160,60										Wehr 2 UW
1,000	147,22	155,05	155,05	160,31	159,29	159,03	158,76	158,59	158,09	157,78	157,55	156,24	155,74	
0,342	146,52	155,05	155,05	160,10	159,11	158,87	158,61	158,47	158,02	157,73	157,50	156,21	155,73	Mündung

Tabelle 2: Anschlaglinien Neue Donau

### **4.2.2 Betriebsführung „unter unvorhersehbaren und nicht projekts-gemäßen Umständen“ gemäß Wehrbetriebsordnung**

In der Wehrbetriebsordnung wird nicht nur die Betriebsführung im „normalen Hochwasserfall“, sondern auch die Betriebsführung „unter unvorhersehbaren und nicht projekts-gemäßen Umständen“, die zur Abwendung besonderer Gefahren und Schäden dient, geregelt. Die letztgenannte Betriebsführung ist von Bedeutung, wenn beispielsweise außergewöhnliche Störfälle am Kraftwerk Freudenu oder an den Wehren der Neuen Donau, oder Schäden an den Hochwasserschutzdämmen auftreten. [42]

Bei außergewöhnlichen und schwerwiegenden Problemen (z.B. Kraftwerk Freudenu) im Strom soll der Durchfluss im erforderlichen und technisch möglichen Ausmaß abgeführt werden. Dabei kann es zu einer Überflutung der A 22 kommen, da diese nicht durchgehend bis zur Höhe des maximalen Wasserpegels der Neuen Donau abgedichtet ist. Diese mögliche Überflutung ist im Sinne einer Gesamtschadensminimierung in Betracht zu ziehen. [42]

Im umgekehrten Fall, also bei außergewöhnlichen und schwerwiegenden Problemen in der Neuen Donau (z.B. bei Wehr 1), ist der Wasserspiegel der Neuen Donau durch Reduktion der Spaltweite beim Einlaufbauwerk entsprechend abzusenken. [42]

## 5 Tragwerksbemessung bei Einwirkungen durch Hochwasser

### 5.1 Allgemeine Hinweise zur Bemessung

Als Grundlage der bautechnischen Bemessung von Gebäuden und der Schutzmaßnahmen für diese dienen seit mehreren Jahren die Eurocode-Bemessungsnormen (EC). Die Eurocodes bestehen aus europaweit vereinheitlichten Basisdokumenten und deren nationalen Anwendungsdokumenten (NAD). Das gesamte Normenwerk der Eurocodes zur bautechnischen Bemessung von Tragwerken umfasst zehn Normenreihen (EN 1990 bis EN 1999), die vorwiegend aus mehreren Teilen bestehen, und die neben den Grundlagen der Tragwerksplanung auch die Einwirkungen auf Tragwerke sowie die Bemessung unterschiedlicher Bauarten beinhalten. [7]

<b>EN 1990 Eurocode 0</b>	Grundlagen der Tragwerksplanung
<b>EN 1991 Eurocode 1</b>	Einwirkungen auf Tragwerke
<b>EN 1992 Eurocode 2</b>	Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerke
<b>EN 1993 Eurocode 3</b>	Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
<b>EN 1994 Eurocode 4</b>	Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton
<b>EN 1995 Eurocode 5</b>	Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
<b>EN 1996 Eurocode 6</b>	Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
<b>EN 1997 Eurocode 7</b>	Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
<b>EN 1998 Eurocode 8</b>	Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
<b>EN 1999 Eurocode 9</b>	Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken

Abbildung 18: Gliederung der Eurocodes [43]

Gemäß Eurocodes werden Nachweise der Sicherheit gegen Grenzzustände der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit unterschieden. Dabei werden verschiedene Bemessungssituationen – ständige, vorübergehende und außergewöhnliche – differenziert, die den jeweiligen Zustand des Gebäudes im Laufe der Errichtung und Nutzungsdauer (Bauzustände bzw. fertiggestelltes Bauwerk) und die vorherrschenden Einwirkungen berücksichtigen. [7]

Der für die eigentliche Bemessung notwendige Bemessungswert  $E_d$  einer Einwirkung errechnet sich aus dessen charakteristischem Wert  $E_k$ , dem zugehörigen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_E$  und einem Kombinationsbeiwert  $\psi_j$ . Der charakteristische Wert wiederum wird aus Statistiken ermittelt oder liegt als Nennwert vor. [7]

$$E_d = \gamma_E * \psi_i * E_k \quad [7] \quad (5.1)$$

Die Einwirkungskombinationen sind in der EN 1990 geregelt und legen fest, wie die einzelnen Einwirkungen (ständig, veränderlich, außergewöhnlich) je nach Nachweis, Grenzzustand und Bemessungssituation zu kombinieren sind. Pro Bemessungssituation sind dabei mehrere Einwirkungskombinationen zu untersuchen, um jene Kombination zu ermitteln, die die höchste Tragwerksbeanspruchung verursacht. [7]

Der Bemessungswert des Widerstandes ergibt sich aus dessen charakteristischem Wert und dem jeweiligen Teilsicherheitsbeiwert, der in den einzelnen Bauartennormen (EN 1992 bis EN 1998) festgelegt ist. Die Bezeichnung eines Bauteil- bzw. Werkstoffwiderstandes erfolgt dabei mit  $R_d$  bzw. eine geotechnische Kenngröße mit  $X_d$ . [7]

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} \quad \text{bzw.} \quad X_d = \frac{X_k}{\gamma_M} \quad [7] \quad (5.2)$$

### 5.2 Spezifikum der Tragwerksbemessung bei Einwirkungen durch Hochwasser

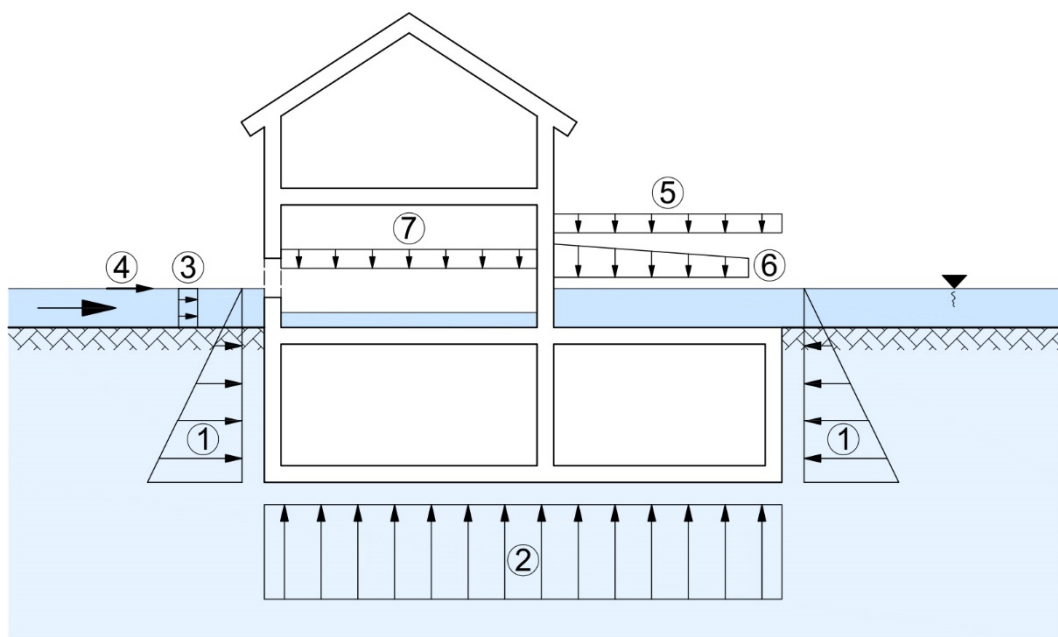
Hochwassereinwirkungen sind, im Gegensatz zu anderen Naturgefahren (z.B. Erdbeben), nicht in den Normen der EN 1991 Reihe geregelt, sondern sind projektspezifisch zu erheben und festzulegen. Durch Expertinnen erfolgt dabei nicht nur die Festlegung der Einwirkungsgrößen und Lastverteilungen, sondern auch die Bestimmung des Sicherheitsniveaus der Tragwerkskonstruktion durch entsprechende Einschätzung, ob einzelne Einwirkungen als ständig, veränderlich oder außergewöhnlich anzusetzen sind. [7]

Im Sinne einer ganzheitlichen Einwirkungsbetrachtung auf das Tragwerk sind schlussendlich die Einwirkungen auf Grund von Hochwasser mit sonstigen ständigen Einwirkungen (Konstruktionseigengewichten und ständige Auflasten) und veränderlichen Einwirkungen (z.B. Nutz-, Schnee-, Windlasten) gemäß EN 1990-Reihe zu kombinieren. [7]

Weiters ist nicht nur die innere Gebäudestandsicherheit durch hydrostatische, hydrodynamische und Anprall-Kräfte gefährdet, sondern es ist auch die äußere Standsicherheit gegen Auftriebs- und Erosionsbruch zu prüfen. [7] Im Folgenden wird daher einerseits auf die grundsätzlichen Überlegungen zur Festlegung der Einwirkungsgrößen durch Hochwasser eingegangen und andererseits auf die durch die Hochwassereinwirkung besonders zu berücksichtigenden Tragfähigkeitsnachweise nach EC 7 Bezug genommen. Auf die bei der Detailausbildung zu beachtenden konstruktiven Vorschriften von Tragwerken wird in Kapitel 7 eingegangen.

### 5.3 Hochwasser-Einwirkungsmodelle / Lastannahmen

Die aus einem Hochwasserereignis resultierende Tragwerksbeanspruchung wird mittels Einwirkungsmodell, das einerseits die Einwirkung quantifiziert und andererseits die Lastverteilung auf das Tragwerk widerspiegelt, dargestellt. [7] Dabei wird prinzipiell zwischen einer statischen Überschwemmung (Fließgeschwindigkeiten unter 1,0 m/s) und einer dynamischen Überschwemmung (Fließgeschwindigkeiten über 1,0 m/s) unterschieden. [44]



- |                           |   |
|---------------------------|---|
| ① Statischer Wasserdruck  | ⑤ Wasserauflast                         |
| ② Auftrieb                | ⑥ Ablagerungen                          |
| ③ Dynamischer Wasserdruck | ⑦ Wasserauflast (undichte Gebäudehülle) |
| ④ Anprallkräfte           |   |

Abbildung 19: Mögliche Lasteinwirkungen zufolge Hochwasser<sup>10</sup>

Da diese Diplomarbeit auf die generelle Bebauung im Hochwasserabflussbereich der Neuen Donau abzielt, wird in weiterer Folge auf beide Einwirkungsmodelle eingegangen. Es sind daher alle möglichen Bauabschnitte zu berücksichtigen, bei denen die Geschwindigkeiten, je nach Lage, durchwegs variieren können. Im Randbereich des Gewässerquerschnitts können durchwegs Geschwindigkeiten unter 1 m/s auftreten, weswegen keine hydrodynamische Bauwerksbelastung vorliegt, während manche Bauwerke im Falle einer Überflutung von Geschwindigkeiten über 1 m/s betroffen sein

<sup>10</sup> Vereinfachte Darstellung der Abbildung „dynamische Überflutung (mit lokaler Erosion) und Ablagerung von Feststoffen“ [7]

können (siehe detaillierter Kapitel 3). Des Weiteren kann es infolge von mitgeführten Objekten und Ablagerungen zu einer zusätzlichen Lasteinwirkung auf das Tragwerk kommen. Mögliche Einwirkungen sind Abbildung 19 zu entnehmen.

Des Weiteren wird auch auf die Höhenkoten der Anschlaglinien (siehe Kapitel 4) verwiesen, da für den anzusetzenden Wasserdruck die geodätische Höhe bekannt sein muss. Bei jedem Bauwerk muss vorab das Bemessungshochwasser festgelegt sein – für Wien ist das Schutzziel, wie in Kapitel 2.2 ausgeführt, ein 10.000-jährliches Extremhochwasser. Die dargestellten Höhenkoten für die Neue Donau sind in Tabelle 2 angeführt.

### 5.3.1 Hydrostatische Einwirkung

Durch die geringe Fließgeschwindigkeit von unter 1 m/s beschränken sich die Einwirkungen statischer Überschwemmungen auf die benetzte Gebäudeoberfläche ausschließlich auf den hydrostatischen Druck. [44] Der statische Wasserdruck  $p_w$  wirkt dabei normal auf die eingetauchten Oberflächen und nimmt linear mit der Tiefe  $h$  zu. Die Dichte  $\rho_w$  des Wasser-Feststoffgemischs bei Hochwasser kann überschlägig mit  $1.000 \text{ kg/m}^3$  angenommen werden, lediglich bei Wildbächen kann, bedingt durch den hohen Feststoffanteil, eine Dichte von bis zu  $1.300 \text{ kg/m}^3$  (fluviatiler Feststofftransport) vorliegen. [7]

$$p_w = \rho_w * g * h \quad [7] \quad (5.3)$$

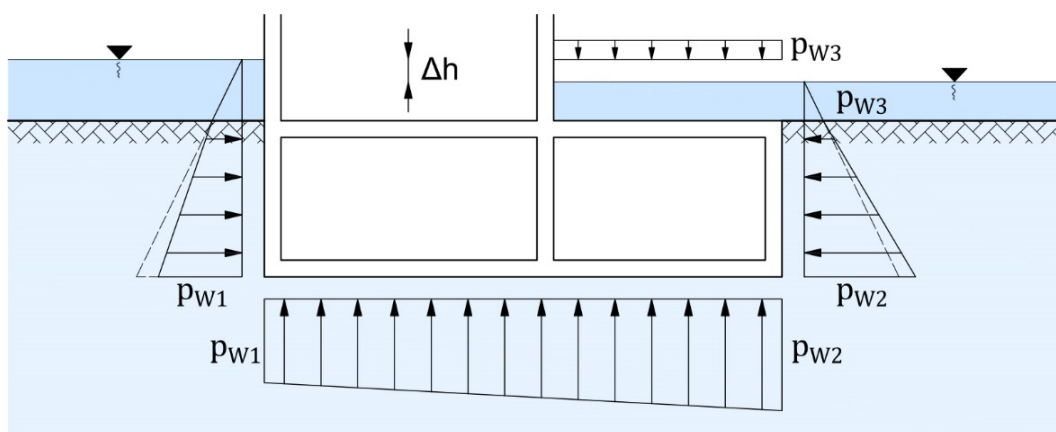


Abbildung 20: Einwirkungen aus vorwiegend ruhenden Wasserkörpern<sup>11</sup>

In Abbildung 20 sind die durch einen vorwiegend ruhenden Wasserkörper resultierenden Einwirkungen, wie etwa der Wasserdruck auf Wände, der Sohlwasserdruck auf

<sup>11</sup> Vereinfachte Darstellung der Abbildung „Einwirkungen aus vorwiegend ruhenden Wasserkörpern“ [7]

Fundamente, die Auflasten auf überstaute Geschoßdecken und der Strömungsdruck bei Potentialgefälle im Boden, dargestellt. Bei wasserdurchlässigen Baukonstruktionen bzw. Undichtheiten der Gebäudehülle kann es zu zusätzlichen Deckenauflasten durch das eindringende Wasser kommen. Der ebenfalls abgebildete Strömungsdruck, der zu einer Größenänderung des Wasser- sowie des Erddrucks führt, stellt sich bei Vorliegen unterschiedlicher Wasserdruckhöhen an der Ober- bzw. Unterwasserseite ein. Der Strömungsdruck  $f_S$  errechnet sich näherungsweise über den hydraulischen Gradienten  $i$ , der wiederum vom Potentialgefälle  $\Delta h$  und der durchströmten Länge  $\Delta l$  abhängt. [7]

$$f_S = i * \rho_W * g = \frac{\Delta h}{\Delta l} * \rho_W * g \quad [7] \quad (5.4)$$

### 5.3.2 Hydrodynamische Einwirkung

Bei mittleren und hohen Fließgeschwindigkeiten ( $v > 1$  m/s) ist die Beanspruchung der Gebäude aufgrund der dynamischen Komponente des Abflusses deutlich höher als bei einer statischen Überflutung. Die Angriffshöhe von dynamischen Wasserdrücken ist von der vorherrschenden Fließhöhe des Wassers abhängig. [7] Entlang der Neuen Donau kann bei einem HQ<sub>100</sub> Abfluss von Strömungsgeschwindigkeiten um die 5,5 m/s ausgegangen werden. [41]

Die zusätzliche dynamische Komponente wird mittels konstant über die Fließhöhe verteilten Geschwindigkeitsdrucks auf den direkt angeströmten Gebäudebereich angesetzt. Der Druck auf die Gebäudeoberfläche  $p_{FI}$  errechnet sich über die Wasserdichte  $\rho_W$ , die Fließgeschwindigkeit  $v$  und den Kraftbeiwert  $C_f$ , der von der Form des umspülten Objekts abhängig ist. [7]

$$p_{FI} = \frac{1}{2} * \rho_W * v^2 * C_f \quad [7] \quad (5.5)$$

### 5.3.3 Sonstige mögliche Einwirkungen

Infolge von mitgerissenen Feststoffkomponenten, wie z.B. Baumstämmen, Eisblöcken, schwimmenden Anlagen etc., sind entsprechende Anprallkräfte durch Punktlasten auf direkt angeströmte Gebäudeteile auf Höhe des Wasserspiegels anzusetzen. [44]

Zusätzliche Flächenauflasten auf Geschoßdecken können sich durch Ablagerungen des im Hochwasser mitgeführten Feststoffanteils ergeben. [7]



## 5.4 Tragfähigkeitsnachweise nach ÖNORM EN 1997-1

Die geotechnische Berechnung und Bemessung von Bauwerken soll eine ausreichende Tragfähigkeit sowie Gebrauchstauglichkeit, die eine entsprechende Nutzbarkeit über die Nutzungsdauer gewährleistet, sicherstellen. Nachfolgend wird insbesondere auf die zu führenden hydraulischen Nachweise nach EC 7-1 eingegangen, die notwendig sind, um die geforderte geotechnische Stand- und Erosionssicherheit zu garantieren. Bei Bauvorhaben übliche Nachweise der Gebrauchstauglichkeit sind selbstverständlich ebenfalls zu führen (Setzungs- und Schiefstellungsermittlung), werden jedoch, da sie keinen Einfluss auf die Hochwassersicherheit haben, nicht näher ausgeführt.

### 5.4.1 Allgemein

Gemäß EN 1990 ist der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit gegeben, wenn der Bemessungswert der Einwirkung kleiner als der Bemessungswert des Widerstandes ist. Eine Überschreitung führt folglich zu einem unmittelbaren rechnerischen Versagen des Bauwerks. [45]

$$E_d \leq R_d \quad [45] \tag{5.6}$$

Laut EN 1997-1 können folgende Nachweise des Grenzzustandes der Tragfähigkeit erforderlich sein:

- EQU (equilibrium): Verlust der Lagesicherheit des Bauwerks oder des Baugrunds
- STR (structural): Versagen oder übermäßige Verformung des Bauwerks oder eines seiner Teile (inkl. Fundamente, Kellerwände, Pfähle etc.)
- GEO (geotechnical): Versagen oder übermäßige Verformung des Baugrunds
- UPL (uplift): Verlust der Lagesicherheit des Bauwerks oder des Baugrunds infolge Aufschwimmens (Auftrieb durch Wasserdruck)
- HYD (hydraulic): Hydraulischer Grundbruch, innere Erosion und Piping im Boden, verursacht durch Strömungsgradienten [46]

Bei der Bemessung von Gebäuden müssen die innere sowie die äußere Standsicherheit sichergestellt werden. Aufgrund des Regelungsinhaltes des EC 7 sind für erdberührte Bauteile die Schnittgrößen, die bereits aufgrund sonstiger Einwirkungen ermittelt wurden und daher aus der Tragwerksstatik vorliegen, entsprechend geotechnischer Einwirkungen (Erddruck, Wasserdruck bzw. Widerstände des Bodens) anzupassen, um die innere Gebäudestandsicherheit zu wahren. Der EC 7 legt dabei mit einzelnen Nachweisverfahren fest, in welcher Kombination Teilsicherheitsbeiwerte auf die Einwirkungen und Widerstände

anzusetzen sind. Für Österreich sind gemäß nationalem Anwendungsdokument ÖNORM B 1977-1-1 für Flächen- und Pfahlgründungen, Verankerungen und Stützbauwerke das Nachweisverfahren 2 und für den Nachweis der Gesamtstandsicherheit das Nachweisverfahren 3 festgelegt.

Wie der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit gegen das innere Versagen des Tragwerksystems bzw. einzelner Bauteile (STR) zu erbringen ist, ist in den Eurocodes EC 2, EC 3, EC 4, EC 5, EC 6, EC 8 und EC 9 geregelt. Festlegungen betreffend den Nachweis gegen den Verlust der äußeren Standsicherheit, d.h. Versagenseintritt innerhalb des Baugrunds, finden sich wiederum im EC 7. [47]

Je nach Versagensform können beim Nachweis der äußeren Standsicherheit der Nachweis der Gleitsicherheit, der Kippsicherheit, der Grundbruchsicherheit und jener gegen Aufschwimmen unterschieden werden. Ebenfalls ist bei Böschungen, Hängen oder Geländesprüngen die Gesamtstandsicherheit (globaler Versagensmechanismus) nachzuweisen. [48]

Insgesamt bleibt daher festzuhalten, dass bei Bauvorhaben am Wasser die Tragwerksbemessung wie bei allen anderen Bauvorhaben nach Eurocodes erfolgt, jedoch geotechnische Nachweise gegen Aufschwimmen und Erosion besonderer Beachtung bedürfen.

### 5.4.2 Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL)

Wie schon eingangs erwähnt, stellt der Nachweis gegen das Aufschwimmen einen besonderen Grenzzustand der Tragfähigkeit dar und ist speziell bei hochwassergefährdeten Gebäuden (fertiggestelltes Bauwerk und relevante Bauzustände) zu berücksichtigen. Der Grenzzustand UPL wird im EC 7-1 definiert als

*„Verlust der Lagesicherheit des Bauwerks oder Baugrunds infolge Aufschwimmens (Auftrieb) oder anderer vertikaler Einwirkungen“. [49]*

Beim Nachweis gegen Aufschwimmen ist sicherzustellen, dass der Bemessungswert der Kombination von destabilisierenden ständigen  $G_{dst;d}$  und veränderlichen  $Q_{dst;d}$  Vertikalkräften (aufwärts gerichtete Wasserdrücke und sonstige Einwirkungen) nicht größer als die Kombination der stabilisierenden ständigen Vertikalkräfte (z.B. Tragwerkseigengewicht)  $G_{dst;d}$  und einer eventuellen zusätzlichen Widerstandskraft  $R_d$  (z.B. Ankerkräfte) ist. Es kommt daher zum Aufschwimmen, wenn der mittlere Auflastdruck durch das Bauwerk und/oder der darüber liegenden Bodenschicht kleiner als der vorherrschende

Porenwasserdruck unter einem Bauwerk oder einer wenig durchlässigen Bodenschicht ist. [48]

$$G_{dst;d} + Q_{ast;d} = V_{dst;d} \leq G_{stb;d} + R_d \quad [49] \quad (5.7)$$

Auf die möglichen sicherheitserhöhenden Maßnahmen (während Bauzustand bzw. Fertigstellungszustand) gegen Aufschwimmen, wie die Vergrößerung des Tragwerkseigengewichts, durch beispielweise Verstärkung der Bodenplatte oder Verankerungsmaßnahmen, wird in Kapitel 7.2.1.2 näher eingegangen.

### 5.4.3 Nachweise des Grenzzustandes HYD

Neben dem Aufschwimmen des Bauwerks bzw. einzelner Bodenschichten sind weitere Vorkehrungen gegen hydraulisch verursachte Versagen, wie etwa den hydraulischen Grundbruch, die innere Erosion und den Erosionsbruch (Piping), sicherzustellen. Im Gegensatz zum Verlust der Lagesicherheit durch Aufschwimmen betreffen hydraulisch verursachte Versagen lediglich den Baugrund und nicht das Bauwerk. Es wird dabei der Transport und Austrag von Bodenteilchen durch strömendes Wasser betrachtet. [46]

#### 5.4.3.1 Hydraulischer Grundbruch

Zum hydraulischen Grundbruch (Auftrieb des Einzelkorns) kommt es, wenn durch ein entsprechendes hydraulisches Gefälle aufwärts gerichtete Strömungskräfte so gegen das Bodeneigengewicht wirken, dass es zu einer vertikalen Anhebung einzelner Bodenteilchen kommt. Die vertikal wirksamen Spannungen gehen dabei gegen Null. Die entsprechende Nachweisführung ist im EC 7-1 geregelt. [48]

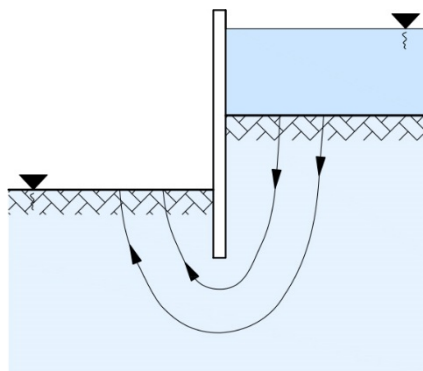


Abbildung 21: Beispiel für eine Situation, in der hydraulischer Grundbruch zu prüfen ist [49]

Bei Umströmung dichter Bauteile kann Versagen durch hydraulischen Grundbruch eintreten. Die Relevanz beschränkt sich im vorliegenden Fall lediglich auf das im

Bauzustand befindliche Bauwerk und kann durch Flutung der gesamten Baugrube verhindert werden. [48]

### **5.4.3.2 Innere Erosion und Piping**

Das Versagen durch innere Erosion und Piping ist vor allem bei Dammbauwerken relevant und wird nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da es gemäß EC 7 ebenfalls zu hydraulisch verursachten Versagen zählt.

Bei der inneren Erosion handelt es sich um den Transport von Bodenteilchen innerhalb von Bodenschichten, an Schichtgrenzen oder an der Kontaktfläche zwischen Bauwerk und anstehendem Boden. Piping ist eine Versagenssonderform von innerer Erosion, die an der Oberfläche beginnt und rückschreitend wirkt. Vornehmlich ist Piping bei Staubecken zu beobachten. Im Gegensatz zum hydraulischen Grundbruch ist für innere Erosion und Piping keine nachzuweisende Grenzzustandsgleichung durch den EC 7-1 vorgegeben. Um eine entsprechende Standsicherheit zu gewährleisten bzw. den möglichen gefährdenden Materialtransport durch innere Erosion sowie Piping auszuschließen, sind Filterkriterien einzuhalten. [50]

## **5.5 Fazit: Herausragende Bedeutung der Tragwerksbemessung**

Die Gefahren, die durch Hochwasser und Überschwemmungen auf Gebäude einwirken können, sind sehr groß und müssen bei der Tragwerksbemessung deswegen unbedingt die notwendige Beachtung finden. Es wird daher nochmals explizit auf die anzusetzenden Einwirkungen durch Hochwasser auf das Tragwerk und die speziell zu führenden hydraulischen Tragfähigkeitsnachweise gemäß EC 7 hingewiesen.

## 6 Planungsgrundsätze der Bauvorsorge

Die Bauvorsorge umfasst die an die Hochwassergefahr angepasste Errichtung und Nutzung einzelner Objekte und somit die individuelle Vorsorge von Gebäude- und Grundstücksbesitzern. Eine hochwasserangepasste Bauweise wird durch entsprechende Planung sowie Ausführung gewährleistet. Die erforderlichen Gebäudeschutzmaßnahmen, um die Hochwassergefährdung auf ein zumutbares Ausmaß zu senken, sollten in einem technisch und wirtschaftlich vertretbaren Rahmen liegen. Entscheidend für die grundsätzliche Abschätzung der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit eines Bauprojekts in einem hochwassergefährdeten Gebiet sind die vorzeitige Beachtung einer hochwasserangepassten Bauweise und eines schadensminimierenden Nutzungskonzepts in der Entwurfsphase. Eine verspätete Berücksichtigung innerhalb des Planungsprozesses oder gar erst in der Ausführungsphase führt zu erheblichen Mehrkosten; überdies sind bestehende Konzepte nur noch bedingt adaptierbar. [7]

### 6.1 Hochwasserschutzstrategien der Bauvorsorge

Generell können nachteilige Hochwasserauswirkungen auf ein Gebäude mittels Umsetzung einzelner Hochwasserschutzstrategien (siehe Abbildung 22: Hauptstrategien der Bauvorsorge) erreicht werden. Ziel ist es, die Robustheit von Gebäuden gegenüber Hochwassereinwirkungen zu erhöhen und somit die Schadensanfälligkeit zu reduzieren. Größte Priorität hat dabei die Sicherheit für sich im Gebäude befindliche Personen. [8] Sonstige Sachschäden an einem Gebäude setzen sich aus Einzelschäden an Bauwerk, Inventar, Infrastruktur und weiteren Baulichkeiten auf der Liegenschaft zusammen. [7]

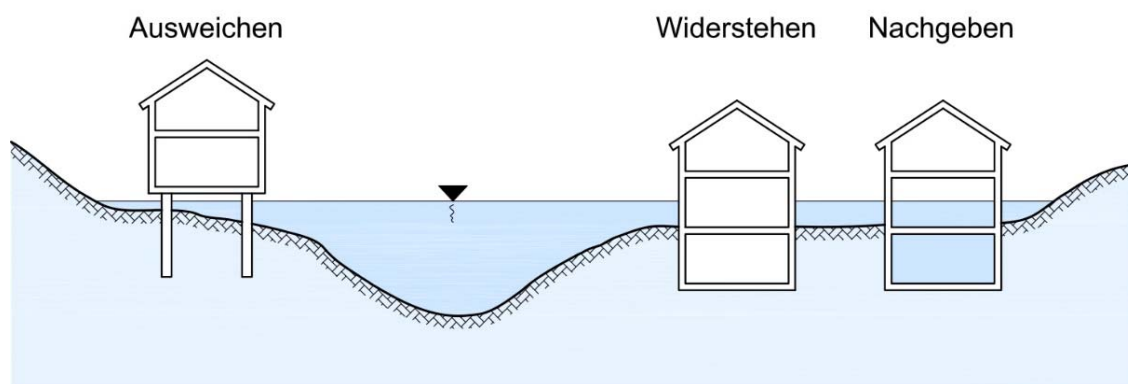


Abbildung 22: Hauptstrategien der Bauvorsorge [8]

Alle Hochwasserschutzstrategien der Bauvorsorge verfolgen als primäres Ziel eine möglichst schadlose Ab- und Vorbeileitung eines Hochwasserereignisses am Gebäude, ohne nachteilige Folgen für die Gewässerunterlieger zu generieren. [7]

Erst durch die Kombination von mehreren gebäudebezogenen Hochwasserschutzmaßnahmen wird die Schadensempfindlichkeit des Objekts am wirkungsvollsten gesenkt und die Widerstandskraft gestärkt. [51]

### 6.1.1 Ausweichen

Die nachhaltigste Möglichkeit, um Hochwasserschäden aufgrund Wassereintritts ins Gebäude zu vermeiden, ist das Ausweichen aus dem Überschwemmungsbereich. Dabei ist die allgemein einfachste Lösung, das Gebäude außerhalb von hochwassergefährdeten Gebieten zu planen. Dieser Ansatz wird ebenfalls durch entsprechende raumplanerische Maßnahmen (siehe Kapitel 2.3.1) gefördert. [8]

Ist jedoch die Wahl eines anderen - hochwassersicheren – Standortes nicht möglich, kann als Maßnahme in der Bauvorsorge eine höhenmäßige Lageverschiebung des Gebäudes erfolgen. Diese erhöhte Bauweise kann entweder durch eine Geländeanschüttung, eine aufgeständerte Gebäudekonstruktion oder durch eine Sockelbauweise verwirklicht werden. Bei der Sockelbauweise wird auf Kellergeschoße verzichtet und die Fußbodenoberkante des Erdgeschoßes über der Hochwassermarke des zugrunde gelegten Bemessungsereignisses ausgeführt. [7] Die Errichtung auf Stützen ist einer Geländemodellierung vorzuziehen, weil dadurch nur eine unwesentliche Beeinflussung des Abflussquerschnitts erfolgt bzw. keine Einengung stattfindet. [8]



Abbildung 23: Erhöhte Bauweise<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Adaptierte Darstellung der Abbildung „Konzepte zur Vermeidung von Wassereintritt“ [7]

Bei der aufgeständerten Bauweise kann das Wasser im Hochwasserfall ungehindert unter dem Bauwerk durchfließen und in der hochwasserfreien Zeit kann der überbaute Raum, bei Sicherstellung von entsprechenden Vorwarnzeiten, untergeordneten Nutzungen zugeführt werden (z.B. Parkraumnutzung). Weiters sind für den jeweiligen Bauplatz die einzuhaltenden Bebauungsbestimmungen für die Umsetzbarkeit (z.B. Beschränkung der Gebäudehöhe) wesentlich. Ebenfalls ist auf die Gebäudezugänglichkeit durch Stege Bedacht zu nehmen, [52] die gemäß OIB-Richtlinie 4 [53] barrierefrei sein müssen.

### **6.1.2 Widerstehen**

Die Strategie „Widerstehen“ zielt auf eine dichte Gebäudehülle ab, um Wassereintritte zu verhindern und so ein Hochwasserereignis ohne Gebäudeschäden zu überstehen. Voraussetzung für die Strategie des „Widerstehens“ ist, dass die Sicherheit gegen Aufschwimmen gegeben ist und die Gebäudeteile auf den erhöhten Wasserdruck bemessen sind (siehe Kapitel 5.3). Außerdem sind die notwendigen Baukonstruktionen, um eine wasserdichte Gebäudehülle (siehe Kapitel 7.2.2.1) zu gewährleisten, mit hohen Kosten verbunden, was im Hinblick auf eine Kosten-Nutzen-Analyse zu einer begrenzten Umsetzbarkeit führt. [54]

### **6.1.3 Nachgeben**

Im Gegensatz zur Strategie „Widerstehen“ wird bei der Maßnahme „Nachgeben“ der Wasserzutritt in das Gebäude bewusst in Kauf genommen, jedoch durch eine angepasste Bauweise im Innenraum das Schadenspotential geringgehalten. Außerdem wird auf eine umgehende Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit nach dem Ablauf der Hochwasserwelle Bedacht genommen. [8] Dies kann beispielsweise durch die Ausbildung von Pumpensümpfen bewerkstelligt werden. [44]

Bei Überflutungshöhen von über zwei Metern sollte laut Gamerith und Höfler aus Wirtschaftlichkeitsüberlegungen die Strategie des „Nachgebens“ verfolgt werden. [44]

## **6.2 Anforderungen an den Entwurf**

Um die Schadensempfindlichkeit (Vulnerabilität), die den Erwartungswert eines Schadens als Folge eines Ereignisses widerspiegelt, eines Objekts zu minimieren, ist es zielführend, entsprechende Überlegungen im Hinblick auf die Nutzung und die Bauwerksgestalt in den Entwurf einfließen zu lassen. Erst bei kumulierter Betrachtung und Umsetzung eines gefahrenangepassten Nutzungskonzepts und entsprechender technischer

Gebäudeschutzmaßnahmen kann ein effizientes Schutzkonzept der Bauvorsorge verwirklicht werden. [7]

### 6.2.1 Gestaltausbildung des Baukörpers

Der zu schaffende Baukörper soll weitgehend die direkte Anströmung von Gebäudeteilen durch eine strömungstechnisch günstige Bauform vermeiden und einen ungehinderten Hochwasserabfluss ohne Rückstau gewährleisten. Die Planung von verwinkelten Vorsprüngen und Erkern ist daher zu unterlassen. Zusätzlich kann durch die Anordnung von Nebengebäuden bzw. untergeordneten Bauwerksteilen an der strömungszugewandten Seite eine Art Pufferwirkung geschaffen werden. Zum Schutz des Objekts können auch vorgesezte Ablenkmauern bzw. -dämme vorgesehen werden, die allerdings nicht quer zur Strömungsrichtung errichtet werden sollten. [55]

Im Sinne einer wirtschaftlichen Flächennutzung sind gerade bei Bauten in Hochwasserrisikogebieten mehrgeschoßige Gebäude gegenüber mehreren ebenerdigen Gebäuden vorzuziehen. [44]

Bei Gebäudeöffnungen (z.B. Türbereiche, Kelleröffnungen) ist insbesondere darauf zu achten, dass diese vorwiegend auf der strömungsabgewandten Seite situiert sind, und dass das anstehende Gelände von Gebäudeöffnungen weg abfallend modelliert wird. [7]

### 6.2.2 Gefahrenangepasste Nutzungskonzepte

Die Berücksichtigung von gefahrenangepassten Nutzungskonzepten für den Innenraum in der Entwurfsphase wird als sinnvolle Ergänzung zum technischen Gebäudeschutz gesehen. Die Anordnung der Innenräume erfolgt in Abhängigkeit von ihrer Exposition gegenüber der Hochwassergefahr und von ihrer Nutzung. Besonders Räume mit einer höheren Aufenthaltswahrscheinlichkeit bzw. -dauer von Personen sollten in größerer Distanz von den überflutungsgefährdeten Bereichen, also über der Hochwassermarke, geplant werden. So wird das Schadenspotential im jeweiligen Raum bzw. im Gesamtgebäude geringgehalten. [7]

Wenn der Hochwasser- sowie Feststoffeintritt in das Gebäude nicht ausgeschlossen werden kann, sind in den überflutungsgefährdeten Gebäudeteilen (meist Kellergeschoße) vorwiegend untergeordnete Nutzungen anzuordnen. Installationen von Heizungsanlagen bzw. die Planung von Räumen mit hochwertiger Einrichtung sollten über dem Hochwasserniveau erfolgen. Ebenso ist im Sinne des Schutzes der Umwelt und der Unterlieger eine Lagerung wassergefährdender Stoffe über dem Hochwasserniveau



vorzunehmen bzw. eine entsprechende Vorwarnzeit sicherzustellen, um diese zu verräumen. Um eine rasche Räumung von überflutungsgefährdeten Räumen zu ermöglichen, sind die betroffenen Gänge und Türöffnungsweiten ausreichend zu dimensionieren. [7]

Neben den räumlichen Nutzungsbeschränkungen können bei einem gefahrenangepassten Nutzungskonzept auch zeitliche Nutzungsbeschränkungen für Innenräume festgelegt werden. Vor allem ist dafür jener Zeitpunkt maßgebend, ab dem eine erhöhte Gefahrenstufe gilt, eine Nutzung nur noch beschränkt oder gar nicht mehr möglich ist und entsprechende Notfallmaßnahmen, die im Vorhinein festgesetzt wurden, zu treffen sind. [7]

## **7 Baukonstruktive Empfehlungen zum hochwasserangepassten Bauen**

Häufig ist die völlige Vermeidung von Hochwasserzutritt ins Gebäude nicht möglich. Für diese Fälle sollte Vorsorge in Form von Schutzmaßnahmen, die die Einwirkungen auf den Baukörper und die Folgen möglichst gering halten, getroffen werden. [7]

Die Ausführungen in diesem Kapitel beziehen sich auf Grund des Fokus der Arbeit primär auf Neubauten. Für bereits bestehende Bauten sind Nachrüstungen vorzunehmen, die der Vollständigkeit halber Erwähnung finden. Für detaillierte Informationen wird die einschlägige Fachliteratur empfohlen.<sup>13</sup>

Die konkreten Maßnahmen, die für den Gebäudeschutz ergriffen werden können, stehen in Abhängigkeit zu Art und Weise und Örtlichkeit des Wassereintritts. Daher wird im Folgendem zunächst auf die Wege des Wassereintritts eingegangen, ehe die permanenten und temporären Maßnahmen zum Schutz vor den damit verbundenen Schäden erörtert werden.

### **7.1 Wege des Wassereintritts in das Gebäude**

Durch das Eindringen von Wasser ins Gebäude kommt es zu Schäden an Inventar und Bausubstanz. Mitgeführte Feststoffe verstärken dabei die Schädigung am Gebäude. [17]

Der Wassereintritt kann auf verschiedenste Wege erfolgen (schematische Darstellung der Wassereintrittsmöglichkeiten siehe Abbildung 24). Das Wasser kann als Grundwasser durch die Kellerwände und -sohle, durch Umläufigkeiten bei Hausanschlüssen und undichte Fugen oder als Rückstauwasser durch die Kanalisation eintreten. Oberflächenwasser kann durch Lichtschächte und Kellerfenster, infolge der Durchsickerung von Außenwänden oder gar durch Tür- und Fensteröffnungen eintreten.

Gegen all diese Gefahren gilt es, entsprechende Schutzmaßnahmen zu planen und zu ergreifen.

---

<sup>13</sup> Siehe etwa [7] [44] [55].

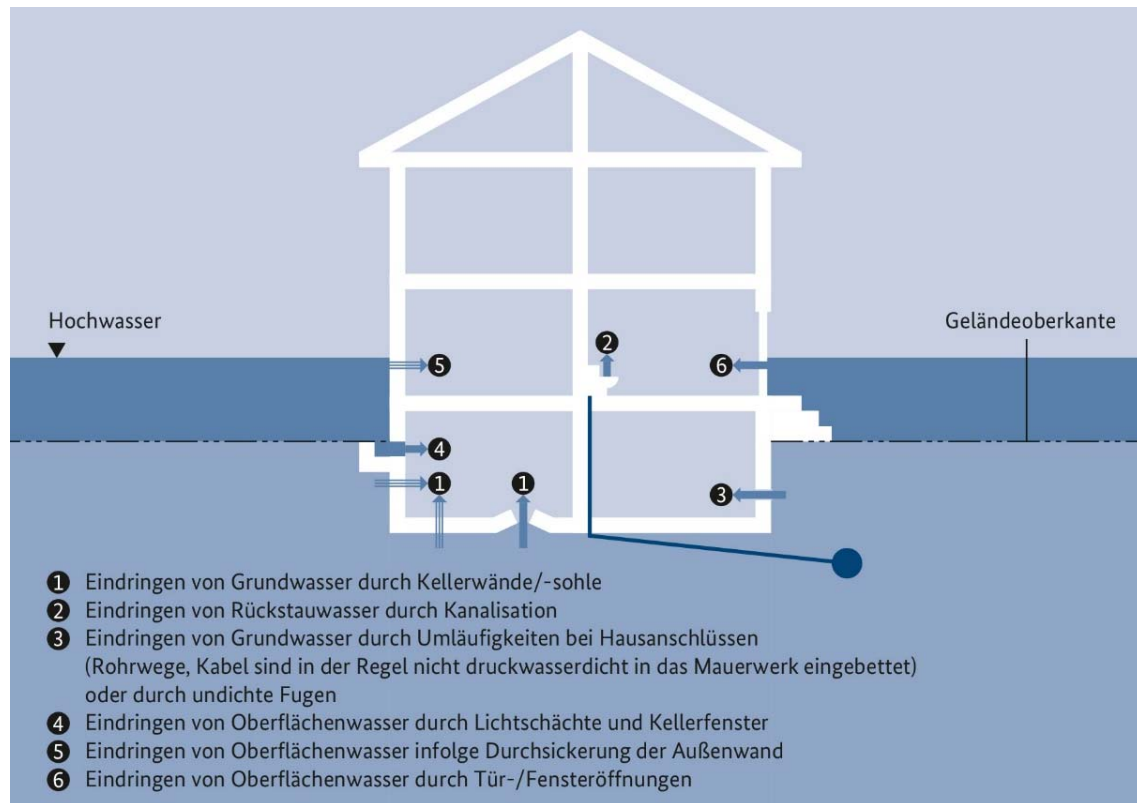


Abbildung 24: Wassereintrittsmöglichkeiten bei Gebäuden [17]

## 7.2 Permanente konstruktive Schutzmaßnahmen

Manche Schutzmaßnahmen werden auf Dauer errichtet, insbesondere wenn, wie an der Neuen Donau, in einem Hochwassergebiet gebaut wird. Die Standsicherheit darf durch mögliche Hochwasser keinesfalls gefährdet sein. Zweitwichtigstes Ziel ist die Vermeidung des Hochwassereintritts. Ist dies nicht realistisch, müssen die Schäden an Inventar, Installationen und Bausubstanz möglichst verhindert und im Schadenfall geringgehalten werden. Größter Bedacht muss beispielsweise auf die entsprechende Verankerung von zur Heizung gehörenden Tanks genommen werden, um ein Aufschwimmen dieser hintanzuhalten. Diese enthalten nicht nur umweltgefährdende Stoffe, sondern können auch gegen die Decke drücken und so die Schäden am Bauwerk verstärken. Außenanlagen, wie etwa Garagen, müssen ebenfalls entsprechend hochwassersicher geplant und ausgeführt werden.

### 7.2.1 Maßnahmen gegen die Standsicherheitsgefährdung des Gebäudes

Die in Kapitel 5 näher erläuterten und für die Tragwerksbemessung besonders zu beachtenden Einwirkungen durch den Hochwasserabfluss geben vor, dass das Tragwerk so zu bemessen ist, dass es den Anprallkräften aus mitgerissenen Feststoffkomponenten, Feststoffablagerungen, hydrostatischen und nicht zuletzt hydrodynamischen

Wasserdruckkräften standhält und dass keine Gefahr des Aufschwimmens besteht. Zusätzlich zur Dimensionierung der einzelnen Tragwerksteile ist die Konstruktion so zu konzipieren, dass der Gesamtschaden durch eine Hochwassereinwirkung möglichst gering ist. Die möglichen konstruktiven Maßnahmen, um die Gebäudestandsicherheit zu gewährleisten, richten sich gegen die Beschädigung von Außenwand- und Deckenkonstruktionen, Auftriebsgefahr, Erosionsschäden und Wassereintritt in Gebäuden.

### **7.2.1.1 Maßnahmen gegen die Beschädigung von Außenwand- und Deckenkonstruktionen**

Um dem Anprall von Feststoffkomponenten und Treibgut, sowie den hydrodynamischen Wasserdruckkräften standzuhalten, sollten Außenmauern, die frontal angeströmt werden, sowie freistehende Säulen von Dachkonstruktion bzw. Balkonen in Stahlbeton ausgeführt werden. Bei bestehenden Gebäuden kann eine Verstärkung durch eine Vorsatzschale aus Stahlbeton erzielt werden. [55]

Eine Überlastung der Deckensysteme (Geschoßdecken bzw. Dächer) infolge von Feststoffablagerungen kann durch die Verringerung der Spannweiten und der Ausführung in Stahlbetonbauweise verhindert werden. Die Stützweitenreduktion der Deckenelemente kann mittels Unterzügen oder der Realisierung als Flachdecke, die punktförmig durch Stützen und etwaige Wände gelagert ist, erfolgen. [55]

### **7.2.1.2 Maßnahmen zur Sicherstellung der Auftriebssicherheit**

Wenn bei der Bauvorsorge die Strategie des „Widerstehens“ (siehe Kapitel 6.1) verfolgt und somit eine wasserdichte Gebäudehülle ausgeführt wird, muss entweder die sich im Bauzustand befindliche Bodenplatte in den Untergrund verankert werden oder das gesamte Bauwerk muss ein ausreichend hohes Eigengewicht aufweisen, um eine Auftriebssicherheit zu gewährleisten. [7]

Als Gegenmaßnahme zur Verhinderung des Aufbrechens der Bodenplatte bzw. des Aufschwimmens des gesamten Bauwerks bietet sich die Flutung einzelner Gebäudeteile (Strategie des „Nachgebens“) an, um einen Gegendruck zu erzeugen. In jenem Fall ist vor allem bei Leerpumparbeiten nach einem Hochwasserereignis besonders auf die sich einstellende Druckdifferenz (Grundwasserspiegelhöhe minus der Wasserspiegelhöhe am Pumpenaufstellungsort) Bedacht zuzunehmen. [8]

### 7.2.1.3 Maßnahmen zum Erosionsschutz an Fundamenten

Neben der in Kapitel 5.4.3.2 beschriebenen, rechnerisch nachzuweisenden inneren Erosion, bei der es zum Transport von Bodenteilchen innerhalb einer Bodenschicht kommt, kann durch eine Strömungsbeanspruchung an der freien Bodenoberfläche zusätzlich äußere Erosion auftreten. Diese Oberflächenerosion, die zu einer Destabilisierung des Gesamtbauwerks führen kann, ist durch entsprechende konstruktive Maßnahmen auszuschließen bzw. bei der Standsicherheitsberechnung zu berücksichtigen. [50]

Speziell bei dynamischen Überflutungen ( $v > 1$  m/s) kann es in kritischen Bereichen (z.B. Gebäudeecken oder umströmten Stützen) zu Wirbelbildungen des fließenden Wassers und damit einhergehend zu lokal erhöhter Erosionsbeanspruchung kommen. Dabei werden Gebäudeteile unterspült bzw. freigelegt, wodurch das Bauwerksfundament destabilisiert wird. Zusätzlich kann die Gebäudestandsicherheit indirekt durch Ufererosion, die destabilisierend auf Böschungen wirkt, gefährdet sein. [7]

Damit Teilunterspülungen nicht unmittelbar zu Setzungsschäden führen, sind Platten- oder Trägerrostfundamente Streifen- oder Punktfundamenten vorzuziehen. Weiters erhöhen Grobsteinschichtungen und Geotextilien den Erosionswiderstand. Im Uferbereich sollten Fundierungen mindestens 1,0 m unter dem Niveau der maßgebenden Erosionsbasis ausgeführt werden. Die Uferböschung sollte mittels Grobsteinschichtung oder Ufermauern gesichert werden.

Die Erosionsintensität ist von der Fließgeschwindigkeit und Schleppschubspannung (siehe Kapitel 3.4.2) abhängig. Ein wichtiges Kriterium ist außerdem die Kenntnis der Erosionstiefe, die durch Expertinnen abzuschätzen ist, da sich ingenieurmäßige Modelle zur Berechnung noch nicht in der Praxis etabliert haben. [7]

### 7.2.2 Maßnahmen gegen den Wassereintritt in das Gebäude (wasserdichte Bauweise)

Mittels wasserdichter Bauweise wird der Wasserzutritt ins Gebäude bis zum Bemessungshochwasser verhindert, somit werden die Schäden im Gebäudeinneren geringgehalten. Um dies zu gewährleisten, sind alle Bauteile, durch die es zu einem Wassereintritt kommen kann, jedenfalls bis über die Hochwassermarke zuzüglich eines Freibordes von mindestens 0,5 m, entsprechend auszubilden. [7]

Generell ist festzuhalten, dass die Ausführung von Gebäuden in Massivholz- und Holzleichtbauweisen in überflutungsgefährdeten Gebieten zu vermeiden ist bzw. erst über

dem Bemessungshochwasserstand angewandt werden sollte. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass eine vollständige Austrocknung bei Ausführungen in Holzbauweise nur durch die Demontage der gesamten Beplankung und Wärmedämmung möglich ist. [7]

### 7.2.2.1 Wasserdichte Gebäudehülle

Im Hochwasserfall kommt es bei flussnahen Gebieten zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels. Vereinfacht kann der Hochwasserstand als Grundwasserstand angesehen werden. [17] Für erdberührte Außenbauteile können Abdichtungskonzepte nach Art der Ausführung als Schwarze Wanne, Weiße Wanne und Braune Wanne unterschieden werden (siehe Abbildung 25).

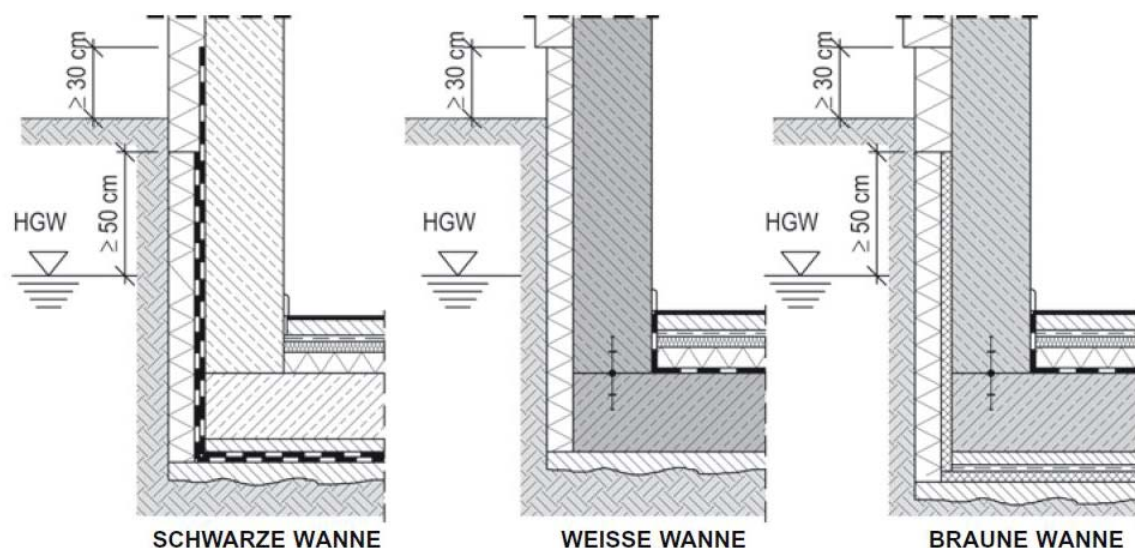


Abbildung 25: Ausführungsarten eines wasserdichten Kellers

Die wasserdruckhaltende Abdichtung wird dabei entweder durch eine zusätzliche außenliegende Abdichtungshaut (Schwarze Wanne), durch wasserundurchlässigen Beton (Weiße Wanne) oder durch eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten (Braune Wanne) gewährleistet. [56]

Bei der Schwarzen Wanne wird wasserseitig eine zweilagige Abdichtungshaut aus Bitumen- oder Kunststoff-Abdichtungsbahnen, die vollflächig verklebt oder lose verlegt sind, aufgebracht. Die zweilagige Abdichtung ist dabei bis mindestens 50 cm über den Bemessungshochwasserstand zu ziehen bzw. bis mindestens 30 cm über die Geländeoberkante einlagig herzustellen. Ein besonderes Augenmerk ist vor allem auf die Anschlussausbildung zwischen Sohlen- und Wandabdichtung zu legen. [7] Die technischen Hinweise zur Bemessung und Ausführung der Abdichtungsmaßnahmen von erdberührten Bauteilen sind in ÖNORM B 3692 festgelegt. [57]

Bei der Weißen Wanne übernimmt die Rohbaukonstruktion aus wasserundurchlässigem Stahlbeton zusätzlich zur Tragfunktion auch die Abdichtungsfunktion; es ist somit keine gesonderte Abdichtung auf der Gebäudeaußenfläche notwendig. Die Ausführung und Herstellung der Weißen Wanne ist in der Richtlinie „Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wanne“, die vom Arbeitskreis der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik herausgegeben wird, geregelt. So werden durch besondere Anforderungen an die Betonzusammensetzung und die spezielle Ausbildung der Bauwerksfugen (wasserdichter Anschluss der Fundamentplatte zum aufgehenden Mauerwerk mittels geeigneter Fugenbänder) schädliche Risse und somit ein Wassereintritt vermieden. [7]

Die Braune Wanne wird aus wasserundurchlässigem Stahlbeton und geotextilen Dichtmatten mit Bentonitfüllung hergestellt. Der wesentliche Vorteil der Braunen Wanne gegenüber der Schwarzen Wanne liegt im Selbstheilungseffekt der Abdichtung. Die abdichtende Wirkung ist durch die hohe Quellfähigkeit des Bentonits gegeben. Diese kann jedoch durch eine hohe Salzkonzentration im Grundwasser vermindert sein, was entsprechende Voruntersuchungen des Grundwassers notwendig macht. [7]

### 7.2.2.2 Wasserdichte Öffnungen

Um Wassereintritt durch Lichtschächte, die zur natürlichen Belichtung und Belüftung von Kellerräumen dienen, zu vermeiden, kann zwischen drei konstruktiven Detailausbildungen gewählt werden. Die Lichtschächte können etwa als 0,5 m über das Hochwasserniveau hochgezogener Schacht gebaut werden. Diesfalls ist der Lichtschacht in Stahlbeton ausgeführt und druckwasserdicht mit der Außenwand verbunden. Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Schächte mit beweglichen Stahlabdeckungen, die im Hochwasserfall geschlossen werden können, mit Gummiabdichtungen auszustatten. Der Lichtschacht selbst sollte dabei jedoch aus Beton und nicht aus Kunststoff bestehen, da dieser eine höhere Widerstandsfähigkeit aufweist. Schließlich kann, als dritte Möglichkeit, der Lichtschacht dauerhaft mit Glasbausteinen verschlossen werden, wenn Kellerräume ohne natürliche Belüftung auskommen können. [7]

Wasser- und druckdichte Fenster- und Türenkonstruktionen werden geschaffen, indem diese von außen angeschlagen werden, wodurch der Anpressdruck das Fenster- bzw. Türblatt auf die Dichtung und somit auf den Rahmen drückt. Außerdem sollte ein stabiler Stahlrahmen in das Mauerwerk integriert werden, eine Fixierung mittels Montageschaum vermieden und verstärkte Dichtungen, um ein Eindringen durch Fugen zu verzögern, angewendet werden. Da es keine normativen Regelungen für hochwassersichere Fenster

und Türen gibt, können Detailausbildungen lediglich in Anlehnung an Schiffsbaunormen, die ebenfalls auf die Dichtheit des Rahmens und entsprechender Belastbarkeit der Beschläge abzielen, entworfen werden. [7]

Zusätzlich zur Verwendung von entsprechenden hochwassersicheren Fenstern und Türen sollten bei dynamischem Hochwasser Dammbalkensysteme und robuste Fensterläden angewendet werden. [7]

Mit wasserdichten Fensterläden und Hochwasserschutztoeren können hingegen handelsübliche nichtwasserdichte Fenster und Türen nachgerüstet werden. Dabei wird der Fensterladen in einen kraftschlüssigen, mit der Wand verbundenen und wasserdichten Stahlrahmen mittels Scharnieren befestigt. Beim Schließen der Fensterläden werden diese in die umlaufende Dichtung im Stahlrahmen gepresst. [7]

### **7.2.2.3 Haustechnik- und Installationsführungen**

Auch bei der Haustechnik ist beim Bauen im Hochwassergebiet besondere Vorsorge zu treffen. Beispielhaft für einen Einblick in diese durchaus komplexe Materie wird im Detail der Kanalanschluss ausgeführt: Abwasseranschlüsse, die unterhalb der Rückstauenebene des Kanals liegen, sind mit einer Rückstausicherung, die zwischen dem öffentlichen Kanal und den Entwässerungsgegenständen situiert ist, auszustatten. Es ist dabei zwischen passiv wirkenden Rückstauverschlüssen und aktiv pumpenden Hebeanlagen zu unterscheiden. Passiv wirkende Rückstauverschlüsse bergen ein gewisses Risiko, da Entwässerungsobjekte oberhalb der Rückstauenebene nur nach dem Rückstauverschluss angeschlossen werden dürfen, um die Überflutung durch hauseigene Abwässer unterhalb der Rückstauenebene zu verhindern. Außerdem wird nach Aktivierung des Rückstauverschlusses die Gebäudeentwässerung über den Hauskanal unterhalb der Rückstauenebene unterbunden, wodurch Abwasser aus dem Entwässerungsobjekt nicht mehr in den Kanal eingeleitet werden kann. Daher dürfen nur untergeordnete Räume unterhalb der Rückstauenebene situiert werden. [7]

Die technisch aufwendigeren Abwasserhebeanlagen leiten auch im Rückstaufall Abwässer in den öffentlichen Straßenkanal. Dadurch ist eine Gebäudeentwässerung auch im Hochwasserfall gegeben. [7]

### **7.2.3 Schutzmaßnahmen bei planmäßigem Wassereintritt ins Gebäude**

Da der Wassereintritt nicht immer verhindert werden kann, sollten Maßnahmen für diesen Fall jedenfalls vorgesehen sein. Unbedingt zu vermeiden sind wasserlösliche und



quellfähige Materialien, etwa Trockenestrich oder wasserlösliche Kleber, beim Innenausbau. Hervorzuheben ist als ungeeignete Bodenkonstruktion der ansonsten übliche schwimmende Estrich, da bei dieser Bauweise die Gefahr des Aufschwimmens in überfluteten Räumen zu groß wäre. Überhaupt sollten sämtliche verwendeten Materialien wasserbeständig sein, empfehlenswert sind etwa Hartschaumstoff als Dämmmaterial und Fliesen. [55]

Besonders anfällig für Schäden durch Wassereintritt sind naturgemäß Elektroinstallationen. Auch konkret für diese sind Schutzmaßnahmen zu ergreifen. So sollten Hausanschlüsse und elektrische Verteilerkästen über Hochwasserniveau situiert und überflutungssicher ausgeführt werden, wenn dies nicht möglich ist. Ebenfalls kann ein eigener Stromkreis unterhalb des Hochwasserniveaus, der bei Hochwasser stromfreifrei geschaltet werden kann, installiert werden. [7]

### **7.3 Temporäre Schutzmaßnahmen**

Die oben näher beschriebenen permanenten konstruktiven Maßnahmen werden im Sinne eines ganzheitlichen Hochwasserschutzes mit temporären konstruktiven Schutzmaßnahmen kombiniert. Dabei wird zwischen mobil vorgefertigten Systemen und behelfsmäßigen Sofortmaßnahmen unterschieden. Ebenfalls notwendig ist, wie bereits oben ausgeführt, die Erstellung von Vorwarnsystemen und Alarmplänen. Hauptsächlich Verwendung finden diese Systeme auf Grund von Wirtschaftlichkeitsüberlegungen in der Nachrüstung.

#### **7.3.1 Mobile Schutzmaßnahmen**

Bei den mobilen Systemen werden derzeit fünf verschiedene Ausfertigungen unterschieden. Dammbalkensysteme, die sowohl direkt an Gebäuden als auch freistehend, etwa entlang von Straßenzügen, montiert werden können, sollen den Wassereintritt verhindern. Hochwassertore und vorgesetzte Dichtfenster oder Fensterschotten dienen speziell dem Schutz von Türen und Fenstern und können üblicherweise rasch montiert werden, weswegen sie für den akuten Notfall geeignet sind. Behältersysteme, bei denen die Behältnisse mit Wasser gefüllt werden, um die Standsicherheit zu erhöhen, werden vorrangig für den Schutz von Wänden und Mauern eingesetzt. Sie können so ausgefertigt werden, dass sie auch vor mitgeführten Feststoffen schützen. Die Teleskoprahmen schließlich wurden für den Schutz vor Wassereintritt von Öffnungen entworfen. [7]

### 7.3.2 Behelfsmäßige Sofortmaßnahmen

Vorzusorgen ist auch für die Fälle, in denen keine Schutzsysteme verfügbar sind. Sollte dieser Fall eintreten, kann und soll auf üblicherweise gut verfügbare Materialien zurückgegriffen werden, um die Schäden dennoch möglichst gering zu halten. Die Auswahl an Möglichkeiten, ohne technische Detailkenntnisse auch durch Einzelpersonen Hochwasserschutz zu bewirken, ist verhältnismäßig groß. Zu denken ist dabei an die „Klassiker“ der Hochwasserschutzmaßnahmen wie Sandsäcke zur Errichtung von Dämmen und Verschließen von Öffnungen oder die Errichtung temporärer Mauerwerke. Zum Abdichten kleinerer Öffnungen kann Dichtungsmasse verwendet werden, auch Lappen, Decken und dergleichen können in diesen Fällen Anwendung finden. [7]

Diese behelfsmäßigen Sicherungen sollten allerdings wirklich nur im äußersten Notfall als Hochwasserschutz verwendet werden. Sie bilden die ultima ratio und sind keinesfalls die Norm.

## 8 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Dass entlang der Neuen Donau im Bereich der ehemaligen Copa Cagrana, nun: CopaNEU, ein Stadtentwicklungsprozess initiiert wird, ist beschlossen. Eine Mischung aus Gastronomie, Sport und Erholung soll ganzjährig vermehrt Menschen an die Ufer locken. Die Umsetzung des Projektes samt Naherholungsgebiet befindet sich allerdings noch in der Planungsphase. [58]

Bauen im Hochwassergebiet ist überdies für einen großen Bereich entlang der Neuen Donau interessant – die Stadtentwicklung wird dieses wohl auch in Zukunft inkludieren. Lediglich ein kleiner Teil befindet sich bisher als Testlauf in Planung. [5]

Aus Sicht der Bauingenieurinnen ist für alle Bauten an den Ufern der Neuen Donau und daran angrenzenden Flächen die Hochwassergefahr der Faktor, dem bei den Planungen die größte Bedeutung beigemessen werden sollte. Da die Neue Donau als Hochwasserabflussgerinne konstruiert und ausgeführt wurde, sind Hochwasser und Überschwemmungen in diesem Gebiet geradezu selbstverständlich. Bei sämtlichen Bauvorhaben, die im genannten Bereich geplant werden, muss daher mit Überschwemmungen und Schäden gerechnet werden. [3]

Die Vorgaben, die an das Bauen im Hochwasserüberschwemmungsgebiet gestellt werden, sind rechtlich wie technisch umfassend und komplex. Zunächst muss es gelingen, die wasserrechtliche Bewilligung zu erlangen, was üblicherweise eine große Herausforderung darstellt (siehe Kapitel 2.3.2). Werden alle Genehmigungen erteilt, gilt es, die Hochwassersituation planerisch und ausführend zu bedenken. Alle Maßnahmen müssen an das Nutzungskonzept angepasst sein; das Nutzungskonzept wiederum kann nicht losgelöst von den faktischen Gegebenheiten geplant werden. Die Standsicherheit des gesamten Bauwerks, sowohl die innere als auch die äußere, ist zu gewährleisten, wobei die Tragwerksbemessung, wie in Kapitel 5 detailliert ausgeführt, eine besondere Rolle spielt. Die Planungsgrundsätze der Bauvorsorge müssen jedenfalls beachtet werden, um einerseits Sicherheit zu gewährleisten, andererseits aber auch unnötige Kosten zu verhindern (siehe Kapitel 6). Gebäudeschutzmaßnahmen, um die Hochwassergefährdung auf ein wirtschaftlich vertretbares Maß zu senken, sind verpflichtend vorzunehmen. Allerdings muss dabei immer der wirtschaftliche wie technische Rahmen beachtet werden (siehe etwa Kapitel 2.1.2).

Konkrete Schutzmaßnahmen, um diese Vorgaben und Ziele zu erreichen, inkludieren permanente wie temporäre Konstruktionen. Diese müssen von der Ausbildung einer Weißen Wanne über Vorkehrungen für Dammbalkensysteme, der Gestaltung von überschwemmungssicheren Fenstern, Türen und Lichtschächten, bis hin zu durchdachten Abwasserabflusskonzepten und Abdichtungen der Elektrik reichen. Für absolute Notfälle muss auch für mobile Schutzvorkehrungen gesorgt sein; die Sandsäcke zum Dammbau sind ein hinlänglich bekannter Begriff (siehe Kapitel 7). Dabei sollte immer berücksichtigt werden, dass durch jegliche Schutzmaßnahme der Abflussquerschnitt der Neuen Donau reduziert wird und somit der Wasserspiegel steigt.

In Anbetracht der Vielzahl an Vorkehrungen, die für den mit Sicherheit eintretenden Hochwasser- und Überschwemmungsfall zu treffen sind, stellt sich schnell die Frage, wie wirtschaftlich sinnvoll das permanente Bauen an der Neuen Donau ist. Die Bebauung im Hochwasserabflussbereich ist generell kritisch zu sehen; nicht von ungefähr kommen die Baueinschränkungen und Bauverbote in bestimmten Hochwassergebieten (siehe etwa [59]) oder die erschwerte bis unmögliche Zugänglichkeit, Versicherungen für Bauten in diesen Gebieten abzuschließen (siehe etwa [60], [61]). Auch bei kritischer Einstellung zu Vorgaben auf EU-Ebene ist doch deutlich, dass die EU und viele ihrer Mitgliedsstaaten aus Schutzüberlegungen Menschen und deren Sachgütern gegenüber eine logisch und evidenzbasiert argumentierbare Linie weg vom Bauen in gefährdeten Gebieten verfolgt. Selbst wenn Bauten bis zu einem gewissen Ausmaß technisch machbar sind, heißt dies nicht, dass sie auch wirtschaftlich vertretbar sind. Ab einem gewissen Schutzniveau stehen Kosten und Nutzen nicht mehr in Relation. Als Beispiel mögen größer dimensionierte Fundamente aus Stahlbeton bzw. eine mit hohem Eigengewicht versehene Gesamtbauwerkskonstruktion (um Auftriebssicherheit zu gewährleisten), wasserdichte Fenster, Gründungskonstruktionen und besondere Abflusssysteme dienen. Hinzu tritt, dass es unwahrscheinlich scheint, für Bauten an der Neuen Donau Versicherungsschutz erlangen zu können.

Die Beweggründe für die Bauvorhaben und Pläne an der Neuen Donau sind nachvollziehbar und per se positiv zu werten. Für die konkrete Umsetzung ergibt sich gerade aus bauwirtschaftlicher Sicht jedoch der Einwand, zu hinterfragen, ob feste Bauten der einzig gangbare Weg sind, oder ob nicht auch mobile Einrichtungen, etwa Foodtrucks, ebenfalls Lösungen sind, die zur Zielerreichung zweckdienlich sein könnten. Es bleibt zu hoffen, dass die verantwortlichen Akteurinnen auch diesen Aspekten hinreichend Aufmerksamkeit widmen, damit geplante und zukünftige Projekte auch tatsächlich ein Erfolg werden können.

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Stadt Wien, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/strategien/step/step2025/visionen.html>. [Zugriff am 30. April 2017].
  
- [2] next-pm ZT GmbH, [Online]. Available: <http://auslobungen.next-pm.at/copacagrananeu/>. [Zugriff am 30. April 2017].
  
- [3] nextroom – Verein zur Förderung der kulturellen Auseinandersetzung mit Architektur, [Online]. Available: <https://www.nextroom.at/building.php?id=37128>. [Zugriff am 30. April 2017].
  
- [4] LAAC zt-gmbh, [Online]. Available: <http://www.laac.eu/de/projects/copa-cagrana-neu>. [Zugriff am 30. April 2017].
  
- [5] Falter Verlagsgesellschaft m.b.H., [Online]. Available: [https://www.falter.at/archiv/FALTER\\_20150225CF1BB7A549/ein-einfacher-plan](https://www.falter.at/archiv/FALTER_20150225CF1BB7A549/ein-einfacher-plan). [Zugriff am 30. April 2017].
  
- [6] E. Bayer, D. Bosold und O. Hersel, Hochwasserschutz und zementgebundene Baustoffe, Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2009.
  
- [7] J. Suda und F. Rudolf-Miklau, Bauen und Naturgefahren, Wien: Springer-Verlag, 2012.
  
- [8] H. Patt und J. Robert, Hochwasser Handbuch, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
  
- [9] „Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,“ [Online]. Available: <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserkreislauf/2014ehydallginfo.html>. [Zugriff am 6. Februar 2017].

- [10] „Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik,“ [Online]. Available: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/monatsrueckblick>. [Zugriff am 6. Februar 2017].
- [11] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, „Hochwasserschutz in Österreich,“ Wien, 2006.
- [12] Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, „ÖWAV Arbeitsbehelf 42 - Mobiler Hochwasserschutz,“ Wien, 2013.
- [13] Magistratsabteilung 45 - Wiener Gewässer, „Donauhochwasserschutz Wien,“ Bohmann Druck und Verlag Ges.m.b.H. & Co. KG, Wien, 2012.
- [14] R. Berger und F. Ehrendorfer, Ökosystem Wien - Die Naturgeschichte einer Stadt, Wien: Böhlau Verlag, 2011.
- [15] Stadt Wien, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/hochwasserschutz/donau/entlastungsgerinne.html>. [Zugriff am 13. Februar 2017].
- [16] DonauConsult Ingenieurbüro GmbH, „Technischer Bericht - Gefahrenzonenplan Donau - Anschlaglinien bei HQ30, HQ100, HQ300 und PHQ,“ 2011.
- [17] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, „Hochwasserschutzfibel - Objektschutz und bauliche Vorsorge,“ Bonifatius, Paderborn, 2016.
- [18] G. Böschl, Z. Horvath, A. Kiss, J. Komma, T. Nester, R. Perdigao, A. Viglione und J. Waser, „Neu Methoden für das Hochwasserrisikomanagement,“ *Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift*, pp. 15-27, Dezember 2015.
- [19] Rechnungshof, [Online]. Available: [http://www.rechnungshof.gv.at/fileadmin/downloads/\\_jahre/2016/berichte/teilberichte/wien/Wien\\_2016\\_03/Wien\\_2016\\_03\\_1.pdf](http://www.rechnungshof.gv.at/fileadmin/downloads/_jahre/2016/berichte/teilberichte/wien/Wien_2016_03/Wien_2016_03_1.pdf). [Zugriff am 7. März 2017].

- [20] A. Kahl und K. Weber, Allgemeines Verwaltungsrecht, Wien: Facultas Universitätsverlag, 2015.
- [21] C. Vitek und T. Vitek, Baurecht, Wien: Manz, 2009.
- [22] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, „Nationaler Hochwasserrisiko-Managementplan RMP 2015,“ Wien, 2016.
- [23] „Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,“ [Online]. Available: [http://www.hora.gv.at/assets/eHORA/pdf/HORA\\_Hochwasser\\_Weiterfuehrende-Informationen\\_v4.pdf](http://www.hora.gv.at/assets/eHORA/pdf/HORA_Hochwasser_Weiterfuehrende-Informationen_v4.pdf). [Zugriff am 21. Dezember 2016].
- [24] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, „Hochwassergefahrenkarten fachlicher Leitfaden,“ Wien, 2014.
- [25] „Land Oberösterreich,“ [Online]. Available: <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/153914.htm>. [Zugriff am 28. Januar 2017].
- [26] „Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft,“ [Online]. Available: <https://www.bmlfuw.gv.at/forst/oesterreich-wald/raumplanung/ gefahrenzonenplan/Gefahrenzonenplan.html>. [Zugriff am 28. Januar 2017].
- [27] „Land Salzburg,“ [Online]. Available: <https://www.salzburg.gv.at/themen/wasser/ fluesse-seen/ gefahrenzonen>. [Zugriff am 29. Januar 2017].
- [28] *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 30. Juli 1976 über die Gefahrenzonenpläne, StF: BGBl. Nr. 436/1976, Stand: 10.06.2017.*
- [29] „Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem,“ [Online]. Available: [https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Begut/BEGUT\\_COO\\_2026\\_100\\_2\\_831651/COO\\_2026\\_100\\_2\\_831663.pdf](https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Begut/BEGUT_COO_2026_100_2_831651/COO_2026_100_2_831663.pdf). [Zugriff am 28. Januar 2017].

- [30] „Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Bundes-Verfassungsgesetz,“ [Online]. Available: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10000138>. [Zugriff am 15. Januar 2017].
- [31] S. Bachmann, G. Baumgartner, R. Feik, C. Fuchs, K. Giese, D. Jahnel und G. Lienbacher, *Besonderes Verwaltungsrecht*, Wien: Verlag Österreich, 2016.
- [32] Stadt Wien, [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/umwelt/wasserrecht/bewilligungen.html>. [Zugriff am 17. Januar 2017].
- [33] F. Oberleitner und W. Berger, *Kommentar zum Wasserrechtsgesetz 1959*, Wien: Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, 2011.
- [34] „Magistrat der Stadt Wien,“ [Online]. Available: <https://www.wien.gv.at/amtshelfer/bauen-wohnen/baurecht/grund/bebauungsbestimmungen.html>. [Zugriff am 10. Januar 2017].
- [35] D. Aigner und G. Bollrich, *Handbuch der Hydraulik für Wasserbau und Wasserwirtschaft*, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2015.
- [36] R. Freimann, *Hydraulik für Bauingenieure - Grundlagen und Anwendungen*, München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2012.
- [37] G. H. Jirka und C. Lang, *Einführung in die Gerinnehydraulik*, Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe, 2009.
- [38] E. Heinemann und R. Feldhaus, *Hydraulik für Bauingenieure*, Köln: B. G. Teubner Verlag, 2003.
- [39] G. Bollrich, *Technische Hydromechanik - Band 1*, Berlin: Verlag für Bauwesen GmbH, 1996.
- [40] Pöry Energy GmbH, „Technischer Bericht - Errichtung Kleinwasserkraftwerk Wehr 1 an der Neuen Donau,“ 2014.



- [41] Magistratsabteilung 45 - Wiener Gewässer, *lt. Auskunft April*, 2016.
- [42] Magistratsabteilung 45 - Wiener Gewässer, „Neue Donau Wehrbetriebsordnung Hochwasser,“ 1997 - Überarbeitung 2005.
- [43] T. Krapfenbauer, „Bau Tabellen,“ Verlag Jugend & Volk, Wien, 2013.
- [44] H. Gamerith und K. Höfler, „Forschungsprojekt F-1482 - Präventiver Hochwasserschutz - Planungsgrundsätze,“ Graz, 2006.
- [45] Österreichisches Normungsinstitut, „ÖNORM EN 1990: Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung,“ Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2013.
- [46] H.-H. Schmidt, R. Buchmaier und C. Vogt-Breyer, Grundlagen der Geotechnik - Geotechnik nach Eurocode, 2014: Springer Vieweg, Wiesbaden.
- [47] S. Bernd, Kommentar zum Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung: Allgemeine Regeln, Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2012.
- [48] D. Adam, „Grundbau und Bodenmechanik - Studienunterlagen zur Vorlesung,“ 2016.
- [49] Österreichisches Normungsinstitut, „ÖNORM EN 1997-1: Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln,“ Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2014.
- [50] C. Boley, Handbuch Geotechnik, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2012.
- [51] Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten, Rheinland-Pfalz, [Online]. Available: <http://www.hochwassermanagement.rlp.de/servlet/is/177064/>. [Zugriff am 23. März 2017].
- [52] Österreichischer Zivilschutzverband, „SAFETY - Ratgeber - Hochwasser,“ Wien, o.J..

- [53] Österreichisches Institut für Bautechnik, „OIB-Richtlinie 4,“ Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien, 2015.
- [54] „Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten, Rheinland-Pfalz,“ [Online]. Available: <http://www.hochwassermanagement.rlp.de/servlet/is/177064/>. [Zugriff am 17. März 2017].
- [55] Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, „ÖWAV Leitfaden - Wassergefahren für Gebäude und Schutzmaßnahmen,“ Wien, 2013.
- [56] A. Pech und A. Kolbitsch, Baukonstruktionen - Band 6 - Keller, Wien: Springer-Verlag, 2006.
- [57] Österreichisches Normungsinstitut, „ÖNORM B 3692: Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen,“ Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2014.
- [58] „Vienna.at - Vienna Online,“ [Online]. Available: <http://www.vienna.at/umgestaltung-fix-aus-der-copa-cagrana-wird-copaneu/4657424>. [Zugriff am 30. April 2017].
- [59] Amt der NÖ Landesregierung, [Online]. Available: [http://www.noel.gv.at/noe/Wasser/Hochwasser\\_Hochwasseranschlagslinien\\_Niederoesterreich.html](http://www.noel.gv.at/noe/Wasser/Hochwasser_Hochwasseranschlagslinien_Niederoesterreich.html). [Zugriff am 30. April 2017].
- [60] wohnnet Medien GmbH, [Online]. Available: <https://www.wohnnat.at/finanzieren/versicherung/hochwasser-versicherung-19401>. [Zugriff am 30. April 2017].
- [61] Zeit online GmbH, [Online]. Available: <http://www.zeit.de/wirtschaft/2016-06/hochwasser-versicherung-hausbesitzer>. [Zugriff am 30. April 2017].
- [62] A. Loy, „Diplomarbeit: Bauen am Wasser - Grundlagen für die wasser- und schifffahrtsrechtliche Einreichung von schwimmenden Anlagen und Bauten am Wasser im Bundesland Wien,“ Königstetten, 2015.

- [63] OpenStreetMap Foundation, [Online]. Available:  
<https://www.openstreetmap.org/#map=12/48.2232/16.3734&layers=H>. [Zugriff am 30.  
April 2017].

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung einer Hochwasserganglinie .....	4
Abbildung 2: Prozent des Niederschlagsnormalwertes für Juni 2013 [10] .....	5
Abbildung 3: Übersichtskarte Neue Donau.....	7
Abbildung 4: Neue Donau, Donauinsel und Donau während des Bauzustands (Blick stromabwärts) [15] .....	8
Abbildung 5: Kreislauf Hochwasserrisikomanagement.....	10
Abbildung 6: Hierarchie der maßgebenden Gesetze.....	13
Abbildung 7: Hierarchie der Raumplanung in Österreich .....	15
Abbildung 8: Hochwasserrelevante präventive Fachplanungen in Österreich .....	15
Abbildung 9: Beispiel Ausschnitt Hochwassergefahrenkarte gemäß HORA .....	17
Abbildung 10: Beispiel Ausschnitt Gefahrenzonenplan Bad Ischl [25] .....	18
Abbildung 11: Trapez- und Kreisgerinne mit charakteristischen Isotachenlinien (links) und Geschwindigkeitsprofil in der Gerinnemitte (rechts) [35].....	24
Abbildung 12: Stationäre Gerinneströmungen mit gleichförmigem, beschleunigtem und verzögertem Abfluss (v.l.n.r.) [35].....	26
Abbildung 13: Gegliedertes Flussprofil mit Vorländern [35].....	29
Abbildung 14: Kräftegleichgewicht gleichförmige Gerinneströmung [36] .....	31
Abbildung 15: Schubspannungsverteilung in einem trapezförmigen Gerinne [35].....	31
Abbildung 16: Gerinneabschnitt axonometrische Darstellung und im Längsschnitt [35].....	33
Abbildung 17: Musterganglinie Neue Donau - obere und untere Stauhaltung für das Jahr 2008 [41] .....	35

Abbildung 18: Gliederung der Eurocodes [43].....	40
Abbildung 19: Mögliche Lasteinwirkungen zufolge Hochwasser .....	42
Abbildung 20: Einwirkungen aus vorwiegend ruhenden Wasserkörpern .....	43
Abbildung 21: Beispiel für eine Situation, in der hydraulischer Grundbruch zu prüfen ist [49].....	47
Abbildung 22: Hauptstrategien der Bauvorsorge [8].....	49
Abbildung 23: Erhöhte Bauweise.....	50
Abbildung 24: Wassereintrittsmöglichkeiten bei Gebäuden [17] .....	55
Abbildung 25: Ausführungsarten eines wasserdichten Kellers.....	58

## 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchflussaufteilung Donau (gesamt) – Neue Donau für die Normalbetriebsführung [42] .....	37
Tabelle 2: Anschlaglinien Neue Donau.....	38