



## Hochwasserangepasstes Bauen Aspekte der Tragwerksplanung

Bemessung von Anlagen und Bauteilen des Hochwasserschutzes

**Thomas Müller**

Dipl.-Ing.

## Lebenslauf

1983-1986 Studium an der Universität Braunschweig

1986-1990 Studium an der Universität Karlsruhe

1987-1990 stud. Mitarbeiter Ingenieurbüro Dr. Ing. Berner Karlsruhe

seit 1991 Mitarbeiter bei Weber • Poll / WP Ingenieure, Hamburg

## Tätigkeitsschwerpunkte im Hochwasserschutz

Planung und Bemessung von privaten Hochwasserschutzanlagen  
und hochwasserangepassten Bauten...

- außerhalb der hamburgischen Landeshauptdeichlinie (Sturmflutschutz).
- im Bereich von Überschwemmungsgebieten infolge Binnenhochwasser.

Schutz von Gebäuden vor Überflutungen durch Starkregen.

Beratung zur Erlangung von Plangenehmigung / Planänderung und zugehörigen wasserrechtlichen Genehmigungen beim Bauen im Überschwemmungsgebiet der Tideelbe.

## Referenzen

Überflutungsschutz am denkmalgeschützten Messberghof in Hamburg

HWS-Konzept Strandkai und Ermittlung von Belastungsdaten für Bauteile des HWS

Planung HWS und Verteidigungsplan für die Umnutzung des Kaispeichers D

Plangenehmigungsverfahren Sichelgelände Neumühlen

# Gliederung

1. Allgemeines
2. Projektanalyse
3. Bestimmen der hydraulischen Belastungen
4. Bemessungssituation und Sicherheiten
5. Zusammenfassung
6. Literatur

# 1. Allgemeines



## Allgemeines

Für den Objektschutz am Gebäude gibt es noch keine normativen Regelungen. Daher müssen Regelungen für vergleichbare Bauwerke bzw. Bemessungssituationen übertragen werden.

### Ausnahme:

In der HafenCity Hamburg reihen sich Gebäude mit Objektschutz direkt aneinander. Dieser ist an der Uferseite so auszubilden, dass nach Fertigstellung aller Gebäude eine durchgängige Hochwasserschutzlinie für die dahinterliegenden Bereiche entsteht.

Hier gilt der „Leitfaden Sollhöhen und Lastannahmen für den Stadtteil HafenCity“.

### Beispiel:

Für die Außenwände von Gebäuden werden die Bemessungslasten für eine Hochwasserschutzwand ohne Wellenüberlauf angesetzt.

## 2. Projektanalyse

### Sollhöhe



**Sollhöhe = Bemessungswasserstand + Freibord**

### Freibord

- Mindestfreibord = 20 cm
- Der Freibord begrenzt den Wellenüberlauf, bzw.
- Stellt die Höhe dar, die das Gebäude über den BW hinaus wasserdicht sein muss, damit die Erhöhung des Wasserspiegels durch Anströmung und Wellen nicht zum Eindringen von Wasser führen.

Kristall Tower Holzhafen

© WP-Ingenieure

## 2. Projektanalyse

### Sollhöhe



### Festlegen der Sollhöhe

In Bereichen mit ausschließlich gewerblicher Hafennutzung sind die Sollhöhen durch die planenden Ingenieurbüros zu ermitteln.

Hierfür werden Wasserstands und Wellendaten (Wellenhöhen, Wellenangriffsrichtung) durch HPA bereitgestellt.

- Im Bereich der HafenCity Hamburg wird die Sollhöhe in der Regel von der HCH (Hafen City Hamburg GmbH) vorgegeben.

## 2. Projektanalyse

### Bemessungshochwasserstand

**Tabelle 2 — Objektkategorien und mögliche Zuordnung von Schadenspotenzialen sowie Anhaltswerte für das Wiederkehrintervall**

Objektkategorie	Schadenspotenzial	Anhaltswerte für das maßgebende mittlere statistische Wiederkehrintervall $T_n^a$ a
Sonderobjekte mit außergewöhnlichen Konsequenzen im Hochwasserfall	Hoch	Im Einzelfall zu bestimmen. <sup>b</sup>
Geschlossene Siedlungen	Hoch	etwa 100 <sup>b</sup>
Industrieanlagen	Hoch	etwa 100 <sup>b</sup>
Überregionale Infrastrukturanlagen	Hoch	etwa 50 bis 100
Einzelgebäude, nicht dauerhaft bewohnte Siedlungen	Mittel	etwa 25
Regionale Infrastrukturanlagen	Mittel	etwa 25
Landwirtschaftlich genutzte Flächen <sup>c</sup>	Gering	bis 5
Naturlandschaften	Gering	—

<sup>a</sup> Die jährliche Eintrittswahrscheinlichkeit entspricht dem reziproken Wert des Wiederkehrintervalls.  
<sup>b</sup> In der Praxis sind auch Wiederkehrintervalle bis zu 500 a begründbar und bereits umgesetzt worden.  
<sup>c</sup> In der Regel wird eine der Situation angepasste Landwirtschaft betrieben.

### Ermittlung des Bemessungshochwasserstandes

Der Bemessungshochwasserstand wird üblicherweise durch die Bauaufsicht vorgegeben.

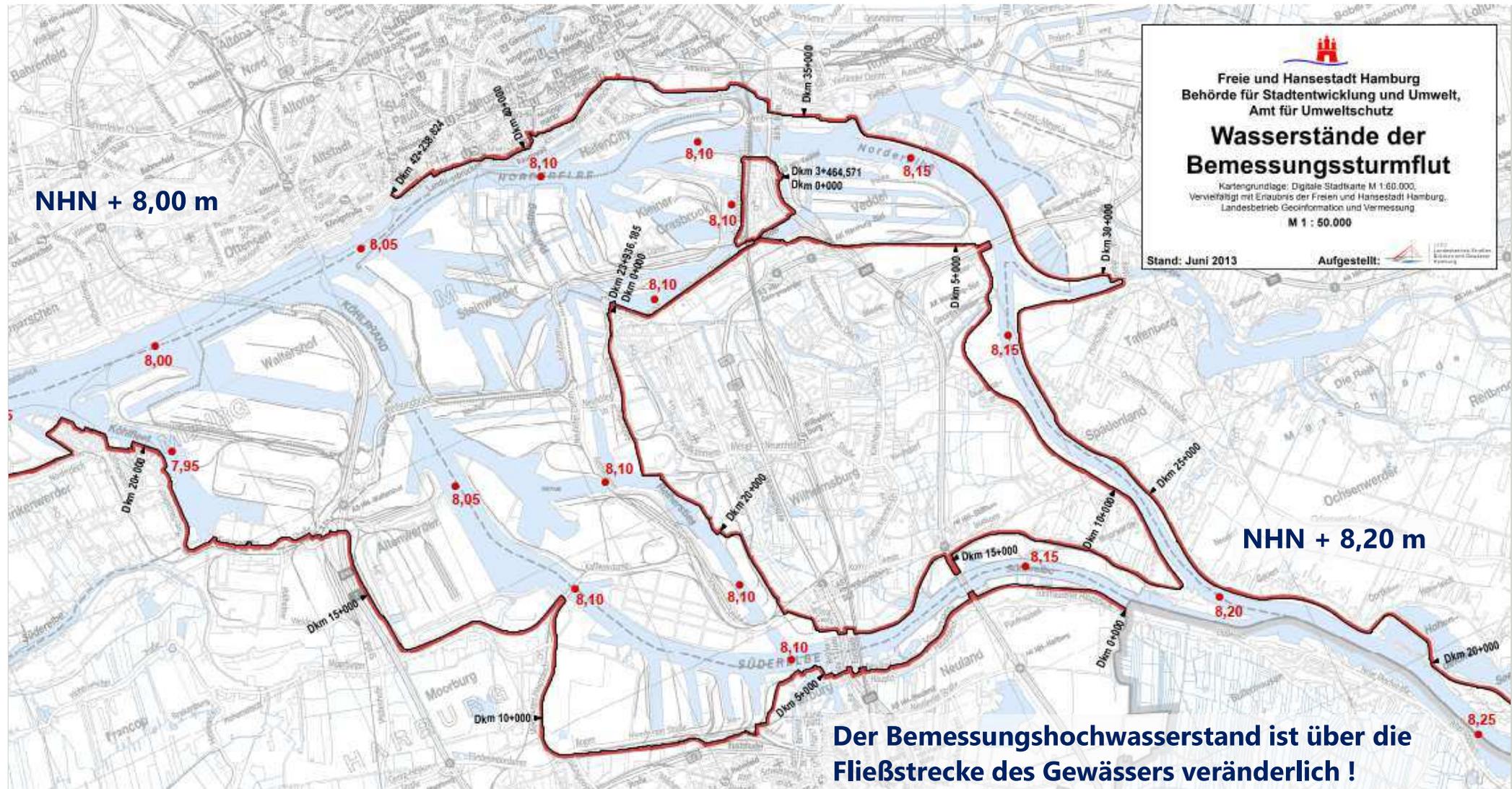
Bei Flusshochwässern (Überschwemmungsgebiete) wird der Wasserstand zugrunde gelegt, der sich bei einem HQ 100 ergibt (100-jährlicher Abfluss).

Bei Sturmfluten in Hamburg und bei der Bemessung von Warftbauten auf den Halligen der Nordsee das 100-jährliche Hochwasser (HW 100).

Auszug aus DIN 19712:2013-01

## 2. Projektanalyse

### Bemessungshochwasserstand



### 3. Bestimmen der hydraulischen Belastungen

#### Ursachen



#### Pluviale Überflutung

Überflutung auch weitab von Gewässern durch Starkregen

- kurzfristig auftretende, große Oberflächenabflüsse innerhalb eines Siedlungsgebiets aufgrund lokal auftretender Starkregen.
- Stärke der Strömung abhängig von lokalen Höhenunterschieden im Gelände. (Hohlwege, Täler etc.)
- Sehr geringe bis keine Vorwarnzeit.

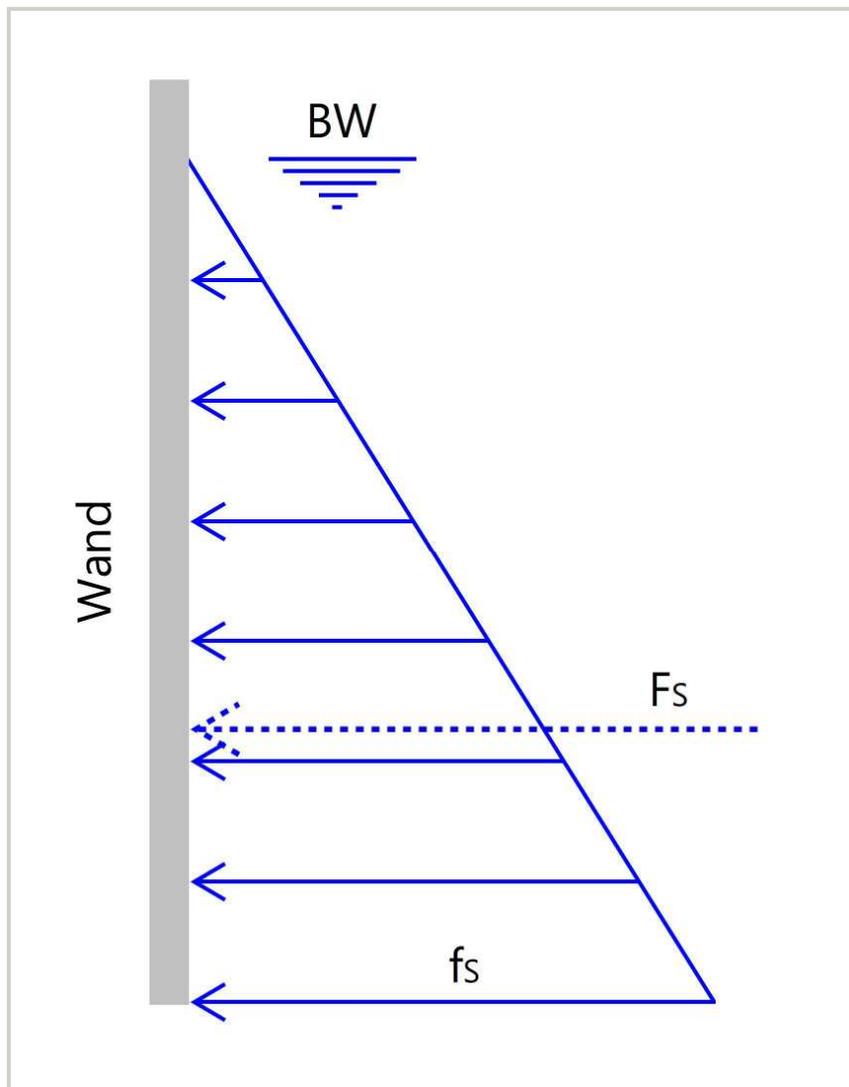
#### Fluviale Überflutung

Überflutung aus dem Gewässer durch Regen oder Tauwasser

- Teils länger anhaltend hohe Wasserstände, dadurch Aufsättigung des Bodens mit Wasser.
- Moderate Vorwarnzeiten durch Abflauen einer Hochwasserwelle entlang der Fließstrecke des Gewässers.
- In Abhängigkeit des Geländeprofiles Strömungsdruck auf das Bauwerk.
- Erosion / hydraulischer Grundbruch

### 3. Bestimmen der hydraulischen Belastungen

hydrostatischer Wasserdruck



#### hydrostatischer Wasserdruck

- $f_{s,k} = \rho \cdot g \cdot h$
- $F_{s,k} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 \cdot b$

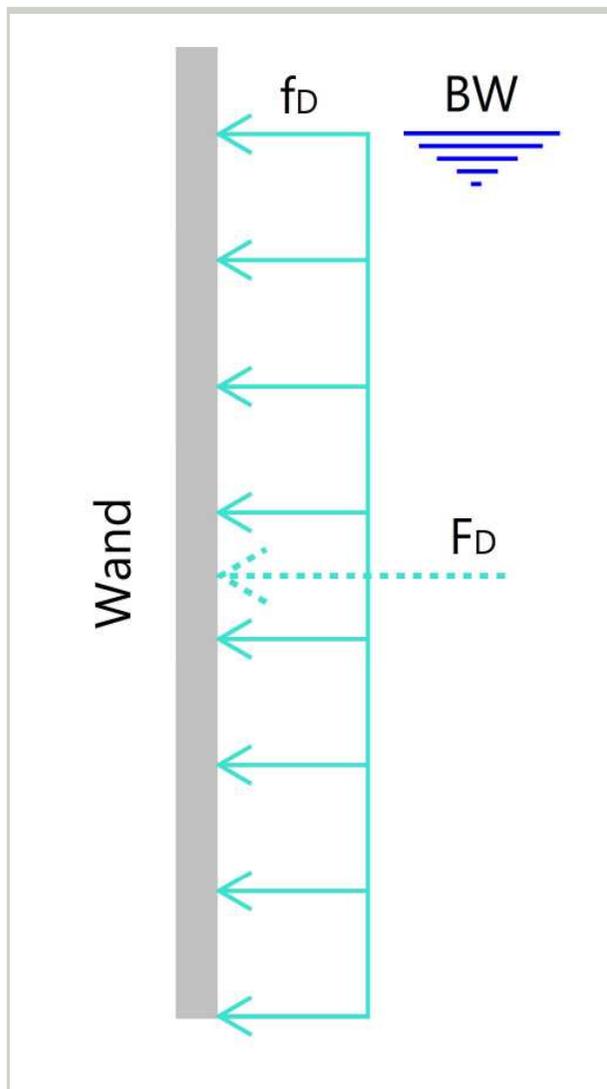
#### Beispiel

1 m Wassertiefe, 1 lfm Wand

- $f_{s,k} = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 1 \text{ m} = 10 \text{ kN/m}^2$
- $F_{s,k} = \frac{1}{2} \cdot 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 1^2 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 5 \text{ kN}$

### 3. Bestimmen der hydraulischen Belastungen

hydrodynamischer Wasserdruck



#### Eingangswerte

Zur Ermittlung des Strömungsdrucks werden die Fließgeschwindigkeit des Wassers und der Anströmwinkel auf das betroffene Bauteil benötigt.

Diese werden mit einem hydrodynamischen numerisches Modell ermittelt.

Verläuft die Strömung parallel zur Wand, z.B. in einem Gerinne

→ kein Strömungsdruck

Verläuft die Strömung auf die Wand zu

→ voller Strömungsdruck

#### Stömungsdruck

$$- f_{D,k} = \rho \cdot b \cdot v^2$$

$$- F_{D,k} = \rho \cdot b \cdot h \cdot v^2 = \rho \cdot A \cdot v^2$$

#### Einwirkungen

Fließgeschwindigkeit der Ahr: 0,5 m/s bei Niedrigwasser

$$1,6 \text{ m/s bei Hochwasser} \rightarrow f_D = 2,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Bei 1 m Wassertiefe und direkter Anströmung ist } F_D = f_D = 2,56 \text{ kN/m}^2$$

### 3. Bestimmen der hydraulischen Belastungen

#### Wellendruck und Sturzbrecher



Perlenkette Neumühlen Westkai  
Raue Schräge als Wellenbrecher

© Th.Müller

#### Wellendruck

Der Wellendruck ist abhängig von ...

- der Höhe der Tiefwasserwelle
- der Vorlandgeometrie
- dem Wellenangriffswinkel an der Wand

Zur Berechnung des Wellendrucks werden in Hamburg die erforderlichen Daten durch HPA zur Verfügung gestellt.

#### Sturzbrecher

... sind Wellen die sich aufgrund der Vorlandgeometrie so ungünstig brechen, dass sie eine Stoßkraft auf die HWS-Wand bewirken.

**Wellen und Sturzbrecher** können nur entstehen, wenn ausreichend große Flächen überflutet sind und von starkem Wind bestrichen werden!

### 3. Bestimmen der hydraulischen Belastungen

#### Treibgutstoß

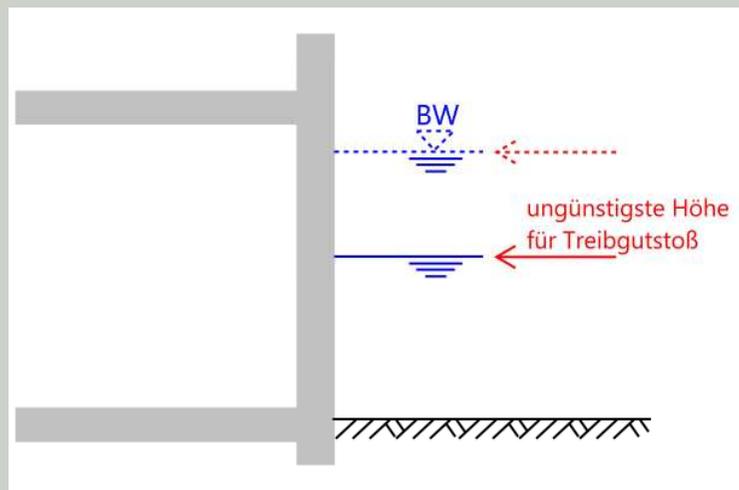
#### Anwendung bei Hochbauten

Der Treibgutstoß ist nur für Hochwasserschutzwände definiert (siehe BHFU).

Für Gebäude wird er in der Regel mit 30 kN auf Stahlbauteile (Verschlüsse) und mit 100 kN auf starre Bauteile (Massivwände) angesetzt.

#### Hinweis:

Der Treibgutstoß ist in der für das zu bemessende Bauteil ungünstigsten Höhe, jedoch nicht höher als mit Schwerlinie in Höhe Bemessungswasserstandes anzusetzen.



## 4. Bemessungssituation und Sicherheiten

### Hochwasser

Zeile	Wände auf der LUV-Seite	Wände auf der LEE-Seite	Bemessungssituation
1	AW + halber Wellendruck gemäß Tab. 6, Zeile 1	AW + halber Wellendruck gemäß Tab. 6, Zeile 1	Bemessungssituation - T
2	AW + Wellendruck (stehende bzw. gebrochene Welle)	./.	Bemessungssituation - A
3	AW + Wellendruck (stehende bzw. gebrochene Welle) + Treibgutstoß	./.	Extremfall <sup>1)</sup>
4	AW + Wellendruck (Sturzbrecher)	./.	Extremfall <sup>1)</sup>

#### Bemessen der wasserberührten Bauteile

Das Hochwasser stellt eine zusätzliche Bemessungssituation vergleichbar der Schneelast dar. Daraus entstehen zusätzliche Lastfälle und Kombinationen für die betroffenen Bauteile.

#### Empfehlung:

Kombination mit hydrostatischem Wasserdruck in der Bemessungssituation P mit den Sicherheiten nach EAU

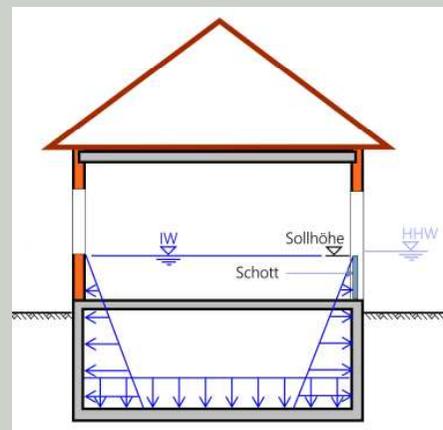
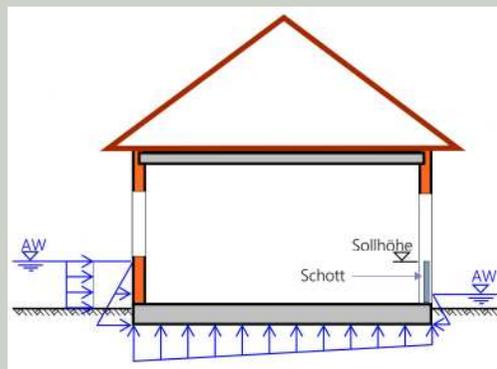
#### Hinweis:

Der Strömungsdruck wird nach BHFU nicht angesetzt. Es wird davon ausgegangen, dass dieser durch die bestehenden Lastansätze (gem. Zeile 1) abgedeckt ist.

## 4. Bemessungssituation und Sicherheiten

### Niedrigwasser

Zeile	HWS- Wände und Uferbauwerke auf der LUV- und LEE-Seite	Bemessungssituation
1	Sunk 1: Normaltide	Bemessungssituation - P
2	Sunk 2: Extremes Niedrigwasser	Bemessungssituation - A
3	Sunk 3: Ablaufendes Hochwasser	Bemessungssituation - A



### ablaufendes Hochwasser

- Es stellt sich ein stark unterschiedlicher (Grund)-wasserspiegel vor und hinter dem Bauwerk ein.

### Einseitiger Wasserdruck

- Hangwasserdruck
- Strömungsdruck auch im Hochwasserfall

### inverser Wasserdruck

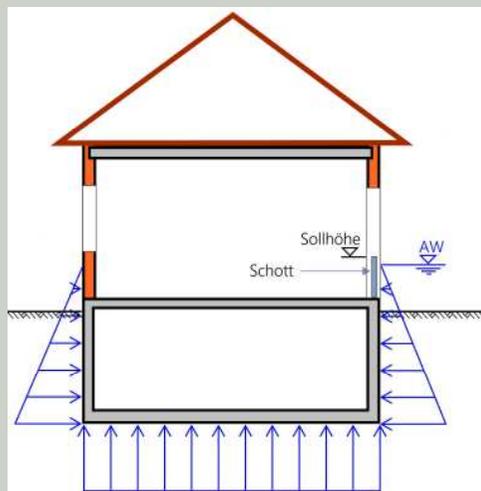
Überschreitet der Wasserstand die Schutzhöhe im Hochwasserfall wird im Gebäude Wasser eingestaut.

Beim Abfließen des Hochwassers entsteht...

- ... Wasserdruck **von innen** auf die Wände
- und ggf. auf Sohle und Kellerdecke.

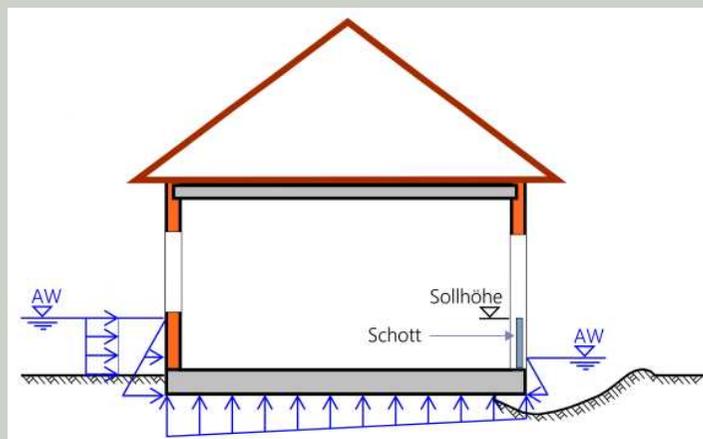
## 4. Bemessungssituation und Sicherheiten

### Verlust der Gesamtstabilität



#### Auftrieb

- Aufschwimmen des Baukörpers
- Sohlaufbruch



#### Versagen des Baugrunds

- Erosion
- Hydraulischer Grundbruch
- Stromröhren bei durchlässigem Baugrund und Wasserdruckgefälle

## 5. Zusammenfassung

### Die Herausforderung

- Klären der Randbedingungen und des Schutzziels,
- Entwurf einfacher, wartungsarmer Schutzeinrichtungen,
- Feststellen der hydraulischen Bemessungslasten,
- Erkennen und kommunizieren der Grenzen des Schutzes.

### Der Weg

- binden Sie bereits in der Vorplanung einen im Hochwasserschutz erfahrenen Tragwerkplaner ein.
- Dadurch können **konstruktive** (Ausweichen, Nachgeben) , **statische** (Resilienz) und **organisatorische Maßnahmen** zu einem Gesamtkonzept optimiert werden.

### Das Ziel

- Ein hinsichtlich Betrieb, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit ausgewogenes Bauwerk.
- Eine robuste, d.h. nachhaltige, langlebige und einfach zu betreibende Anlage.

# 5. Literatur Regelwerke



## Regelwerke

- DIN 19712:2013 - 01 Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern
- EAU 2020 - 12 Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen
- BHFU 2013 - 04 Berechnungsgrundsätze für Hochwasserschutzwände, Flutschutzanlagen und Uferbauwerke im Bereich der Tideelbe der Freien und Hansestadt Hamburg.
- TR HWS-Bau 2008 Technische Rahmenbedingungen für die Planung und Bauausführung zum Förderprogramm „Privater Hochwasserschutz“ für Bau- und Anpassungsmaßnahmen des privaten Hochwasserschutzes im hamburgischen Tidegebiet.
- LF Hafencity Leitfaden Sollhöhen und Lastannahmen für den Stadtteil Hafencity (ist in Teilen technisch überholt durch die neuere BHFU s.o.)
- WasG SH Wassergesetz des Landes Schleswig-Holstein

## 5. Literatur

### Regelwerke / Hintergrundliteratur



#### Literatur

DWA - M 553

Merkblatt „Hochwasserangepasstes Planen und Bauen“

Halligen 2050

Bericht der Arbeitsgruppe: Möglichkeiten zur langfristigen Erhaltung der Halligen im Klimawandel April 2014

#### Hintergrundliteratur

DWA - M 552

Merkblatt „Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten“

DWA - A 531

Merkblatt „Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehr und Dauer“

DVWK Merkblatt 246 Freibordbemessung an Stauanlagen (1997)

DWA - A 531

Hochwasserschutzfibel,

Objektschutz und bauliche Vorsorge

Ausgabe 2013, Fortschreibung Stand: Dezember 2018



<https://www.wp-ingenieure.de>



**If you want a job done well, hire a professional!**

**Léon - Der Profi**