

# Hochwasserschutz in Bayern

## Technische Hochwasserschutzsysteme



## **Deichbruch an der Donau bei Neustadt a. d. Donau**

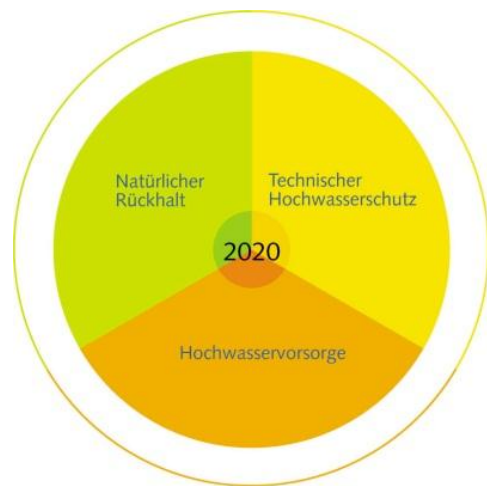






## Der Ortsteil Schwaigfeld nach dem Deichbruch

# Bayerische Hochwasserschutzstrategie



**Aktionsprogramm 2020**



**Aktionsprogramm 2020plus**

**1999:**  
Pfingsthochwasser

**2010:** AP2020-„Halbzeit“  
Umsetzung EG-HWRM-RL  
in nationales Recht

**2013:**  
Junihochwasser



# Bayerische Hochwasserschutzstrategie

Beschluss Staatsregierung Mai 2001

Investitionen: 2,3 Mrd. € (115 Mio €/a)

Beschluss Staatsregierung Juni 2013

Investitionen: 3,4 Mrd. € (150 Mio €/a)

+ 150 neue Stellen (befristet)

+ inhaltliche Anpassungen



Bilanz bis 2013

Investitionen: 1,8 Mrd. €

- 450.000 geschützte Einwohner
- 300 km sanierte HWS Anlagen
- 25 Mio m<sup>3</sup> nat. Retentionsräume reaktiviert
- Ü-Gebiete an 9000 km Gewässerstrecke gesichert



Aktionsprogramm 2020

Aktionsprogramm 2020 plus

1999:

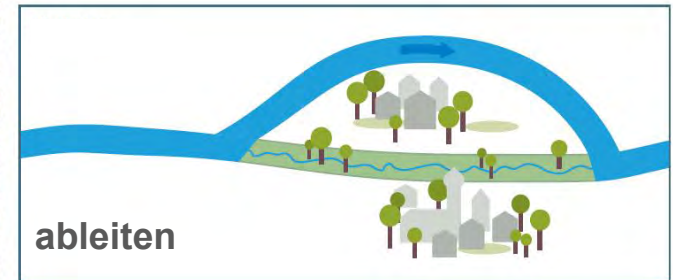
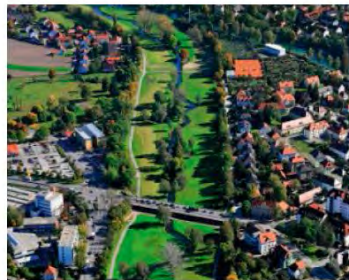
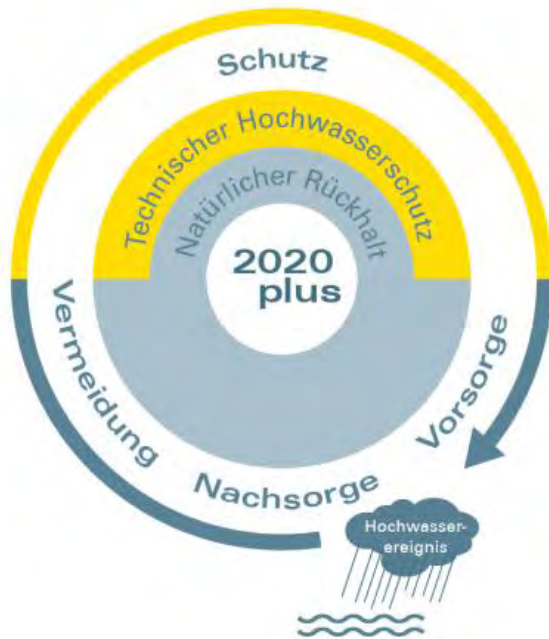
Pfingsthochwasser

2010: AP2020-„Halbzeit“  
Umsetzung EG-HWRM-RL  
in nationales Recht

2013:

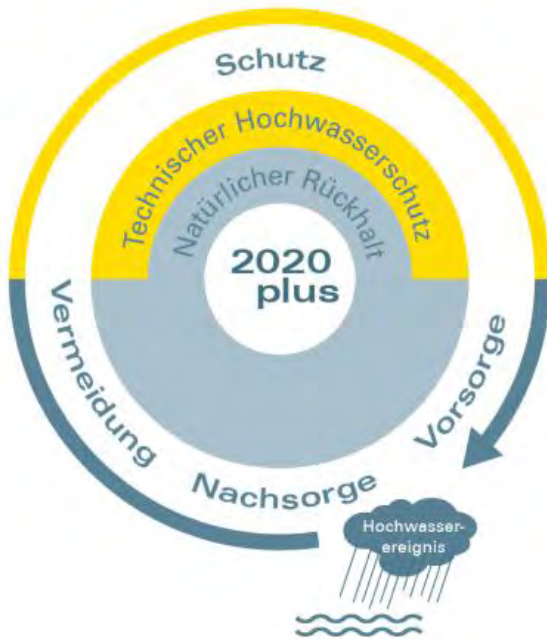
Junihochwasser

# Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes

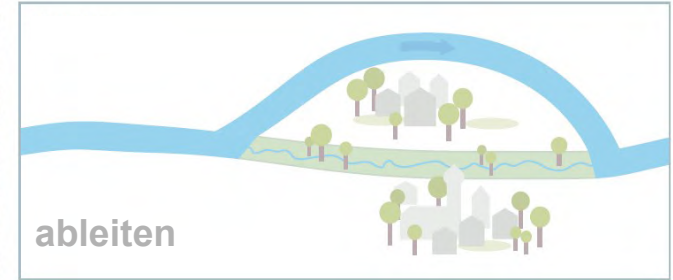




# Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes



HWS-Linienbauwerke



# HWS-Linienbauwerke



Deiche



HWS-Wände



mobile HWS-Systeme



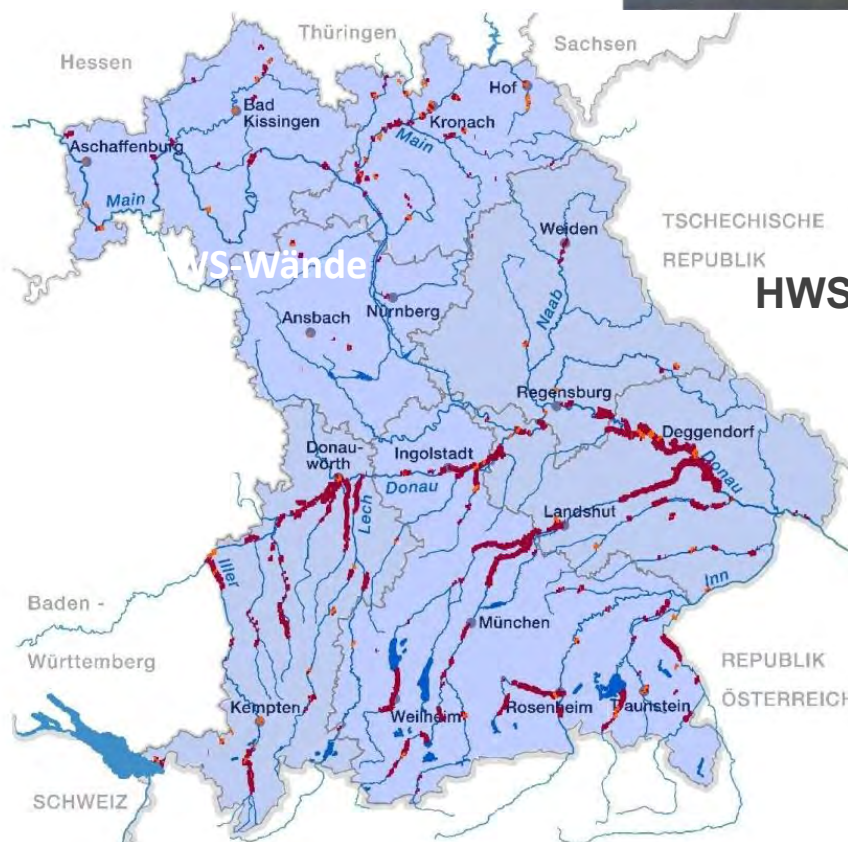
keine planmäßige HWS-Anlage!  
Notfallsysteme

## HWS-Linienbauwerke





# HWS-Linienbauwerke in Bayern



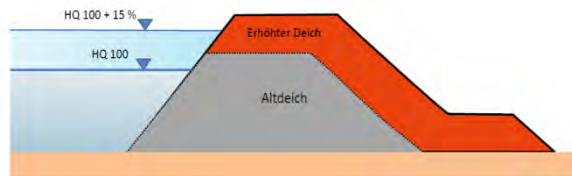
# Hydrologische Bemessung

## ■ Schutzgrad

Landesentwicklungs-  
programm Bayern

Objektkategorie	Schadens- potential	$BHQ_T$ $T [a]$
Sonderobjekte mit außergewöhnlichen Risiken	hoch	Einzelfall- Entscheid
geschlossene Siedlungen	hoch	etwa 100
Industrieanlagen	hoch	etwa 100
überregionale Infrastrukturen	hoch	etwa 50-100
Einzelgebäude, nicht dauerhaft bewohnte Siedlungen	mittel	etwa 25
regionale Infrastrukturen	mittel	etwa 25
landwirtschaftliche Nutzflächen	gering	etwa 5
Naturlandschaften	gering	-

## ■ Klimaänderungsfaktor



$$f = 1,150 \text{ für } BHQ < HQ_{100}$$

$$f = 1,075 \text{ für } BHQ < HQ_{200}$$

$$f = 1,000 \text{ für } BHQ > HQ_{500}$$



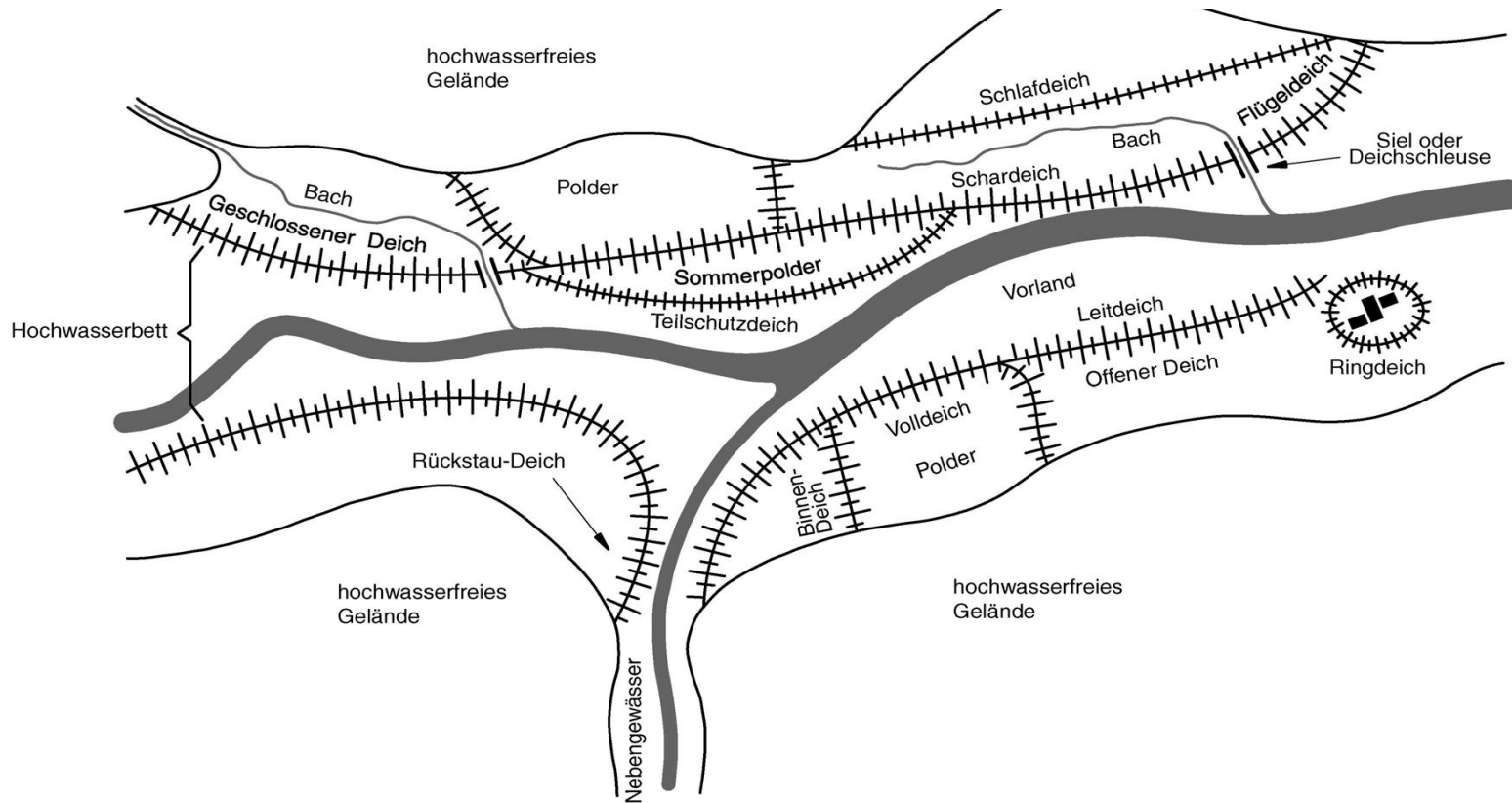
# Hydrodynamische Bemessung



## Freibord: Windstau und Wellenauflauf

- Nachweis der Tragfähigkeit bei BHQ
- Nachweis der Tragfähigkeit bei „Kronenstau“
- Nachweis der Gebrauchstauglichkeit
- kein schlagartiges Versagen bei Abflüssen über BHQ
- planmäßige Flutungen (z.B. Überlaufstrecken)
- Restsicherheiten (z.B. erosionsstabile Querschnitte)

# Deichsysteme





# Hochwasserschutzanlagen bei Neustadt

Rechter Donaudeich

Linker Donaudeich

Sittlinger Polderdeich

Schöpfwerk

Neustädter Polderdeich

Überschwemmungsgebiet

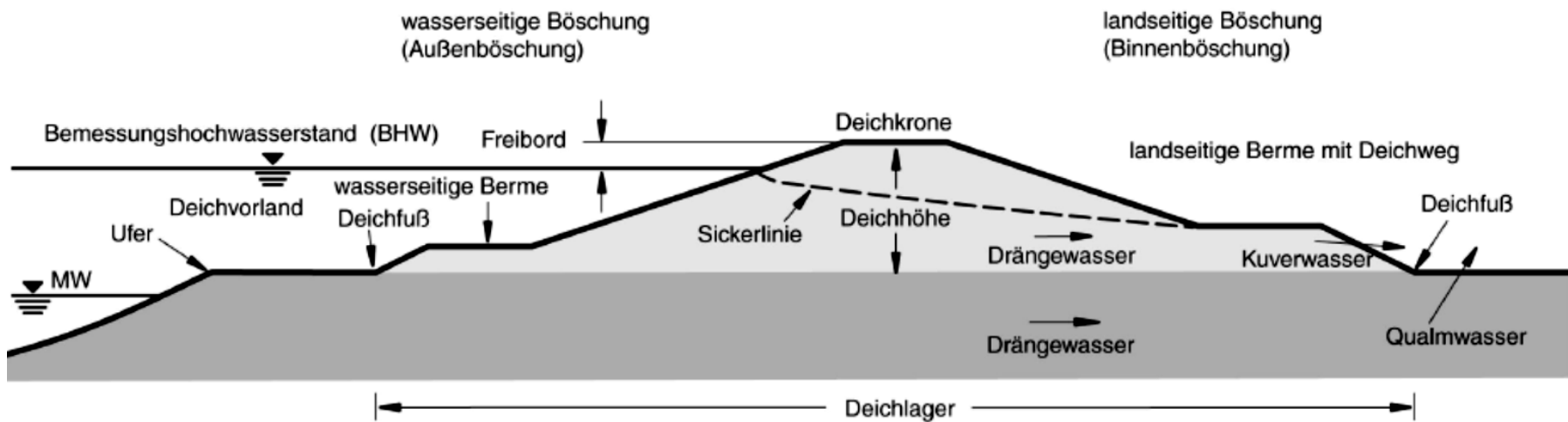
Rückstaubereich



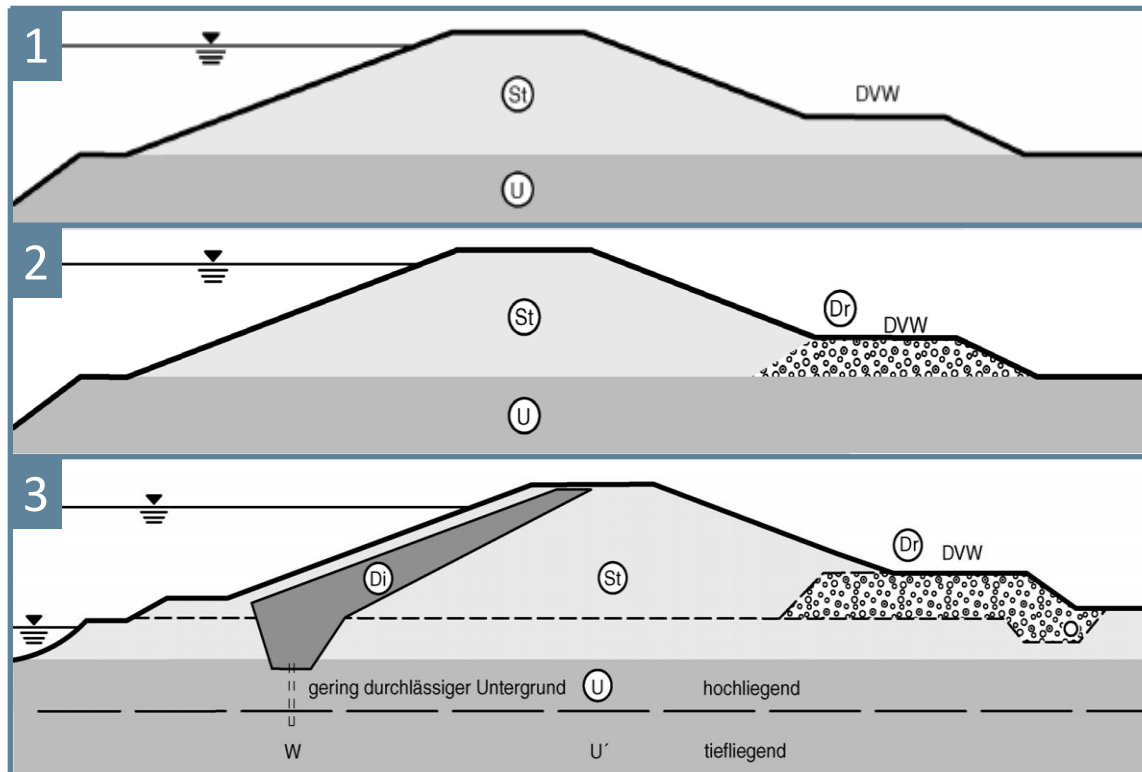




# Deichprofile (Querschnittselemente)



# Deichprofile (Querschnittselemente)



## Regelprofile (vereinfacht)

1. **homogenes Profil**
2. **zweizoniges Profil**  
Drän
3. **mehrzoniges Profil**  
Oberflächendichtung  
und Drän

# Deichbau im Alpenraum um 1911





# Aufbau historischer Korrektionsdeiche



**Flussdeich an der Donau bei Vohburg  
(Lkr. Pfaffenhofen a.d.Ilm )  
Baujahr um 1890, verstärkt und erhöht 1956**



**Flussdeich an der Mangfall bei Bad Aibling  
(Lkr. Rosenheim)  
Baujahr 1928, erhöht 1958)**

# Konventionelle Sanierung mit mineralischer Dichtung



Flussdeich an der Isar in Freising-Seilerbrückl (Lkr. Freising, Isar2020 VHWS BA13, 2001)





# Konventionelle Sanierung mit mineralischer Dichtung



Flussdeich an der Isar in Freising-Seilerbrückl (Lkr. Freising, Isar2020 VHWS BA13, 2001)



# Konventionelle Sanierung mit mineralischer Dichtung



Flussdeich an der Isar in Freising-Seilerbrückl (Lkr. Freising, Isar2020 VHWS BA13, 2001)



# Sanierung mit geotechnischen Tondichtungsbahnen (GTD)



Flussdeich an der Donau in Neuburg-Schlösslwiese und Neuburg-Bittenbrunn (Lkr. Neuburg/Donau, 2002)

# Sanierung mit geotechnischen Tondichtungsbahnen (GTD)



Flussdeich an der Donau in Neuburg-Schlösslwiese und Neuburg-Bittenbrunn (Lkr. Neuburg/Donau, 2002)



# Sanierung mit geotechnischen Tondichtungsbahnen (GTD)



Flussdeich an der Donau in Neuburg-Schlösslwiese und Neuburg-Bittenbrunn (Lkr. Neuburg/Donau, 2002)

# Sanierung mit Stahlpundwänden



Flussdeich an der Donau bei Vohburg (Lkr. Kelheim, 1999)



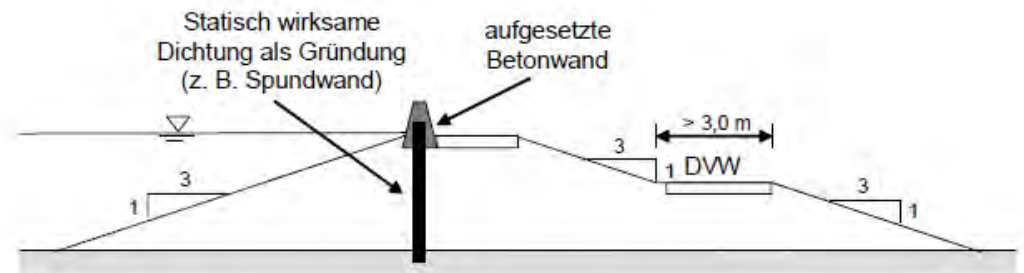
# Sanierung mit Stahlspundwänden



Flussdeich an der Iller bei Illerrieden (Lkr. Neu-Ulm, 1999)



# Sanierung mit Stahlspundwänden und aufgesetzter HWS-Wand



## Sanierung mit Stahlspundwänden und aufgesetzter HWS-Wand





## Sanierung mit Stahlspundwänden und aufgesetzter HWS-Wand



# Sanierung mit Stahlspundwänden und aufgesetzter HWS-Wand





# Tiefreichende Bodenvermörtelungen (DSM)



# Tiefreichende Bodenvermörtelungen (FMI)





## Tiefreichende Bodenvermörtelungen (MIP)





# Tiefreichende Bodenvermörtelungen (MIP)





## Bewehrte tiefreichende Bodenvermörtelungen (MIP)





## Tiefreichende Bodenvermörtelungen (MIP)





## Tiefreichende Bodenvermörtelungen (MIP)





# HWS-Wände





# HWS-Wände





# HWS-Wände





# HWS-Wände



# Überlaufstrecken





# Überlaufstrecken



# Mobile HWS-Elemente – Isometrie





# Mobile HWS-Elemente – Montage



# Mobile HWS-Elemente – Montage





# Mobile HWS-Systeme

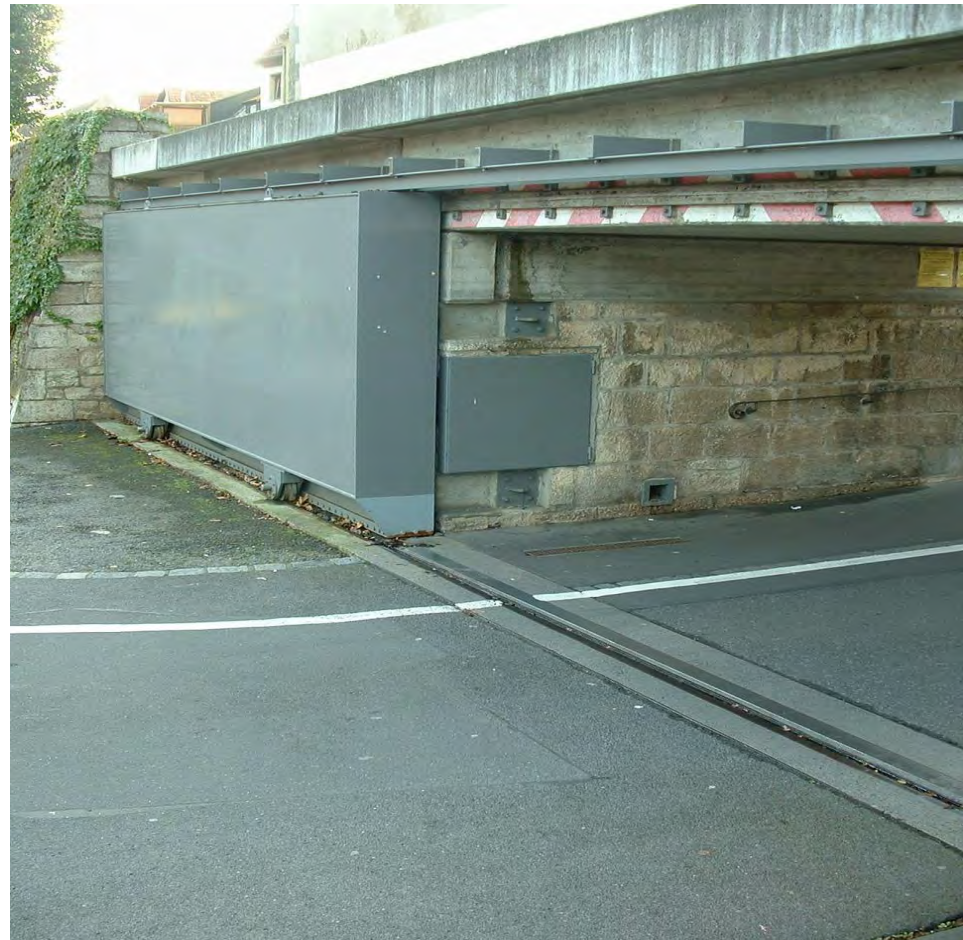


# Mobile HWS-Verschlüsse (Dammbalkensysteme)

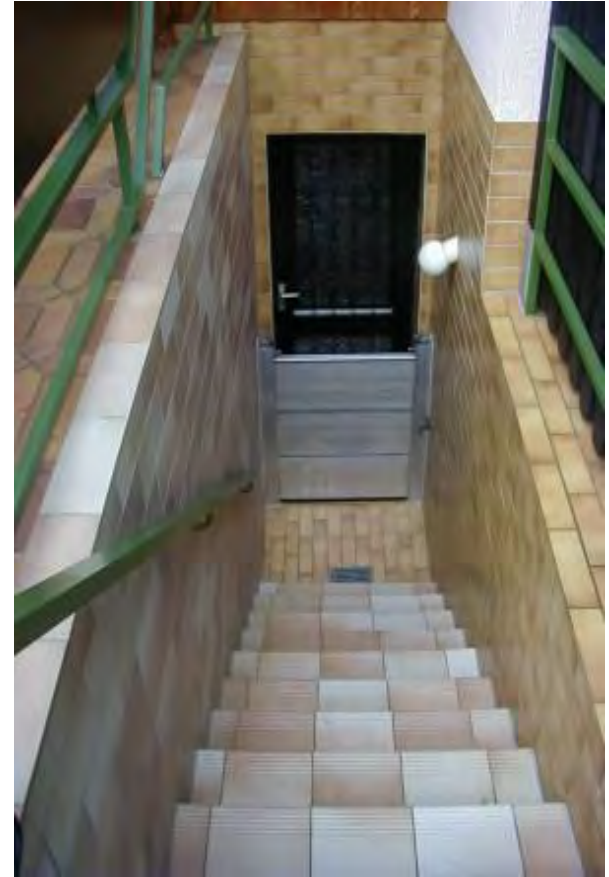




# Mobile HWS-Verschlüsse (Torsysteme)



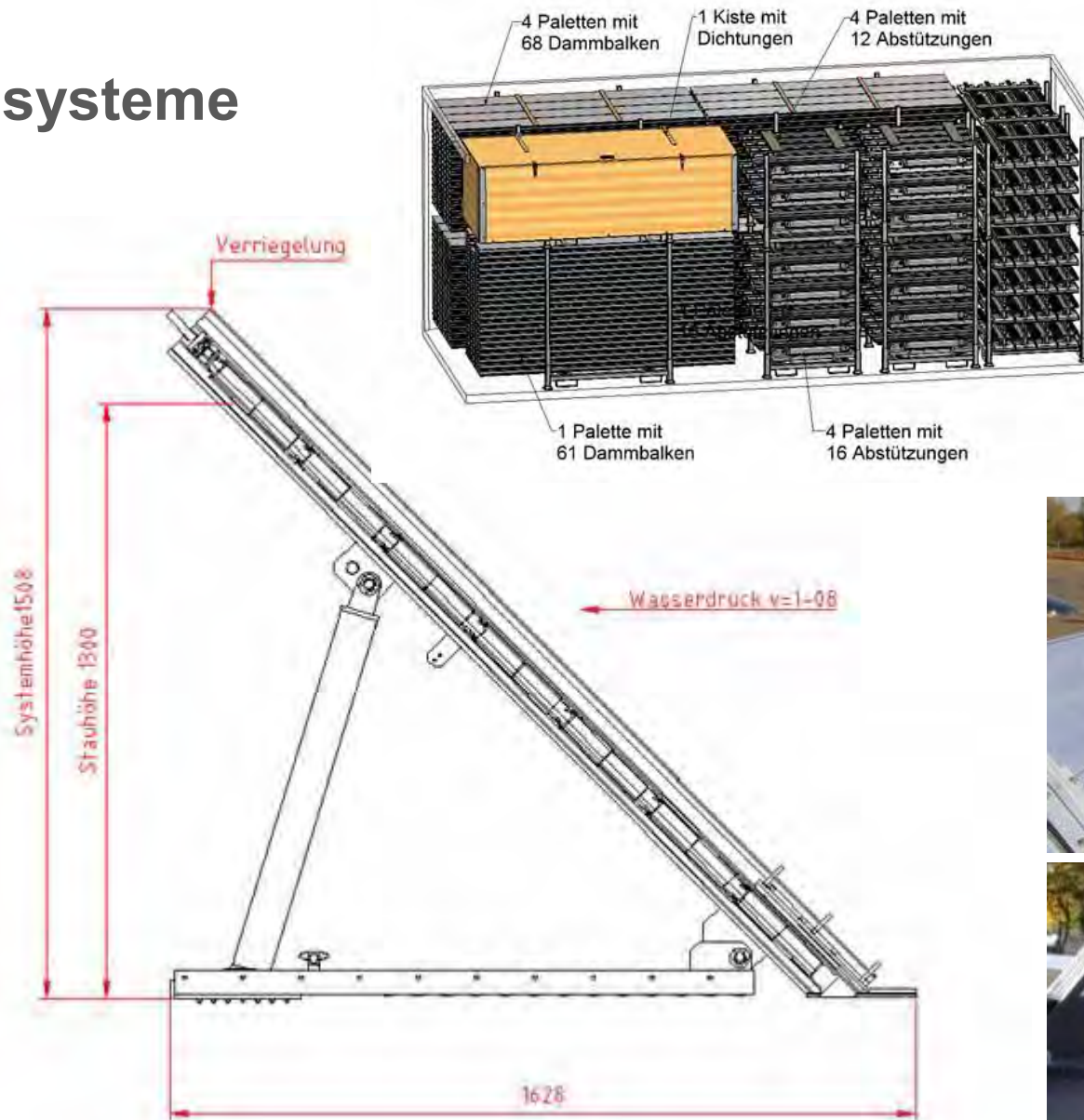
# Objektschutz



Objektschutz



# Notfallsysteme



# Notfallsysteme



Bocksystem (Regensburg)



# Notfallsysteme





# Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung



## **Deichbruch an der Donau bei Neustadt a. d. Donau**







## Der Ortsteil Schwaigfeld nach dem Deichbruch



# Grundlagen

---

**LfU-Leitfaden:  
Hinweise zur Deichverteidigung  
und Deichsicherung  
2. Auflage 2009**

**kostenloser download:**

**<http://www.bestellen.bayern.de>**

**Fachliche und rechtliche  
Grundlagen**



# Organisation Deichverteidigung - Rechtliche Grundlagen

## ■ Wassergesetze (BayWG /WHG)

**Gemeinden**, die erfahrungsgemäß von Überschwemmungen oder Muren bedroht sind, haben dafür zu sorgen, dass ein **Wach-und Hilfsdienst für Wassergefahr** (Wasserwehr, Dammwehr, Murenabwehr) eingerichtet wird; sie haben die hierfür erforderlichen Hilfsmittel bereitzuhalten

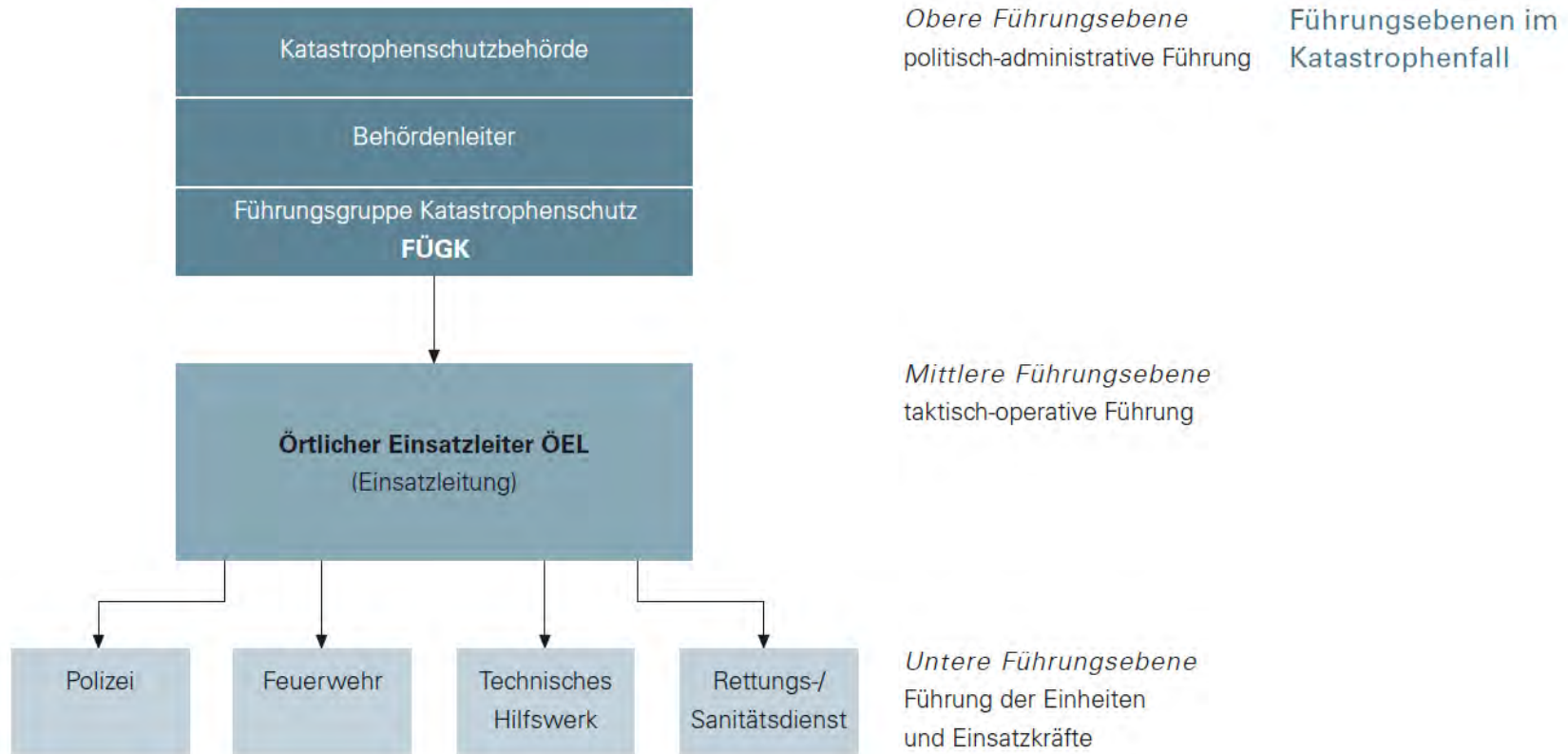
## ■ Feuerwehrgesetz (BayFwG)

**Gemeinden** haben als Pflichtaufgabe im eigenen Wirkungskreis dafür zu sorgen, dass [...] ausreichende **technische Hilfe bei sonstigen Unglücksfällen oder Notständen** im öffentlichen Interesse geleistet wird (technischer Hilfsdienst).

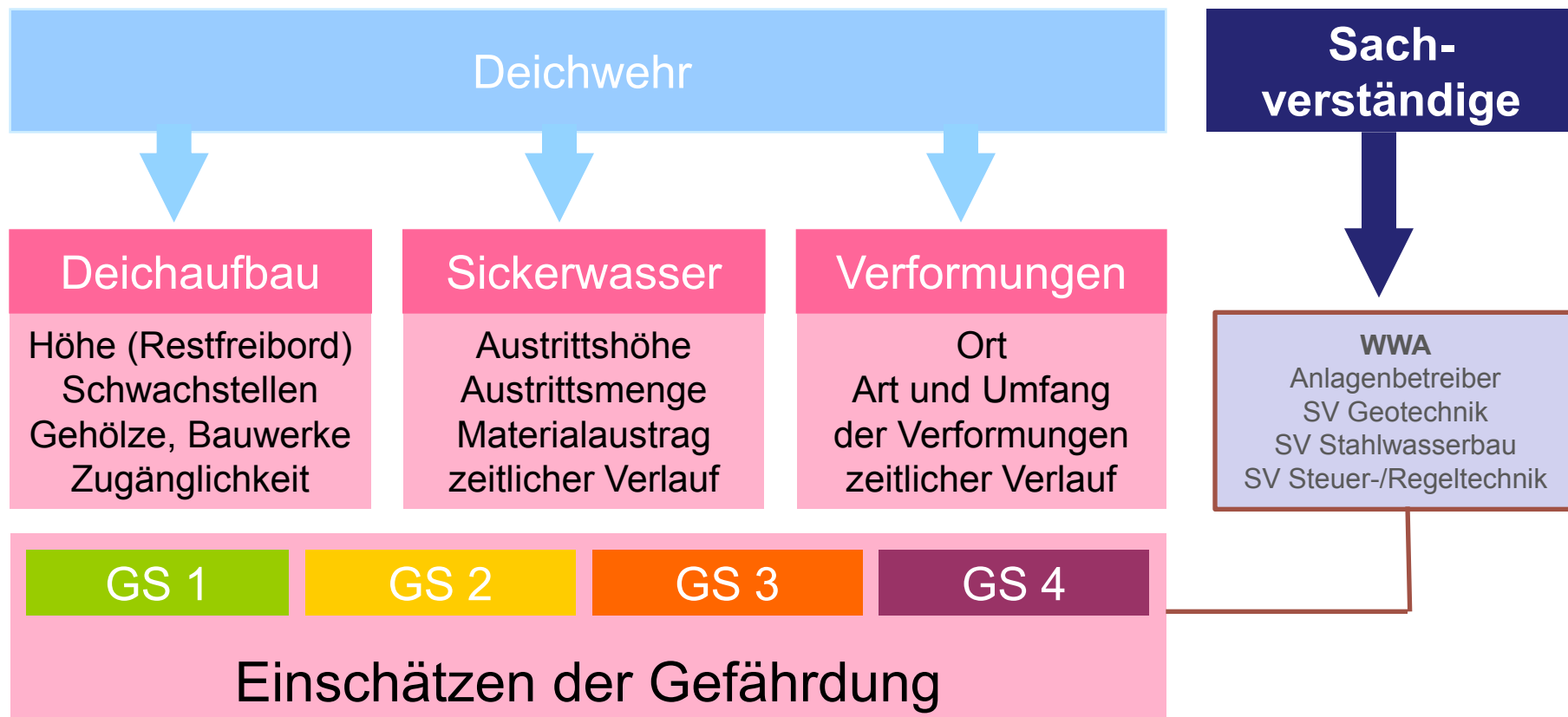
## ■ Einzelregelungen im Planfeststellungsbescheid



# Organisation des Katastrophenschutzes in Bayern



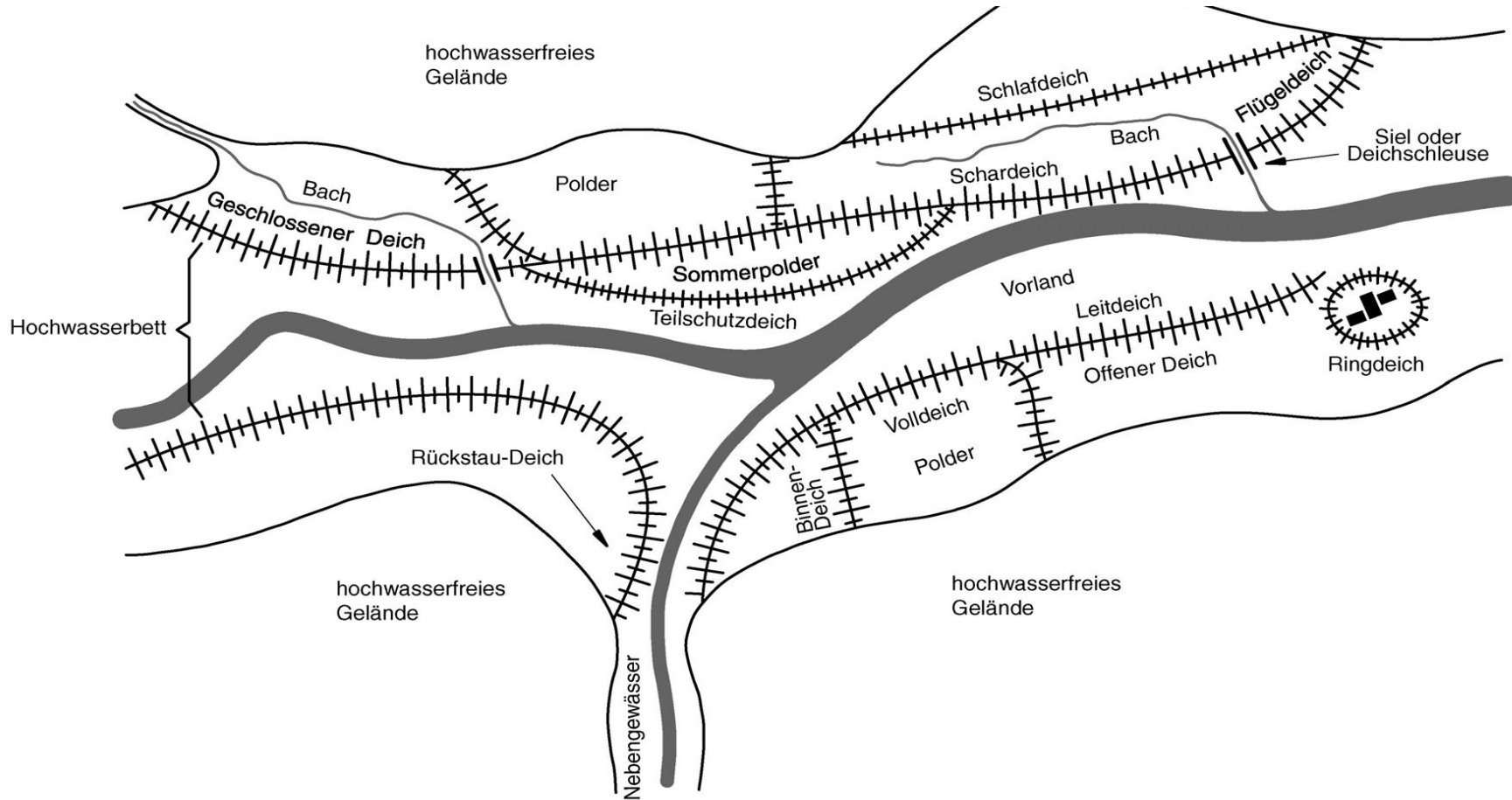
# Beobachtungs- und Entscheidungskriterien





# Flussdeiche

## Deichsysteme







# Gefährdungsstufen

## Gefährdungsstufen (GS)

### Definition

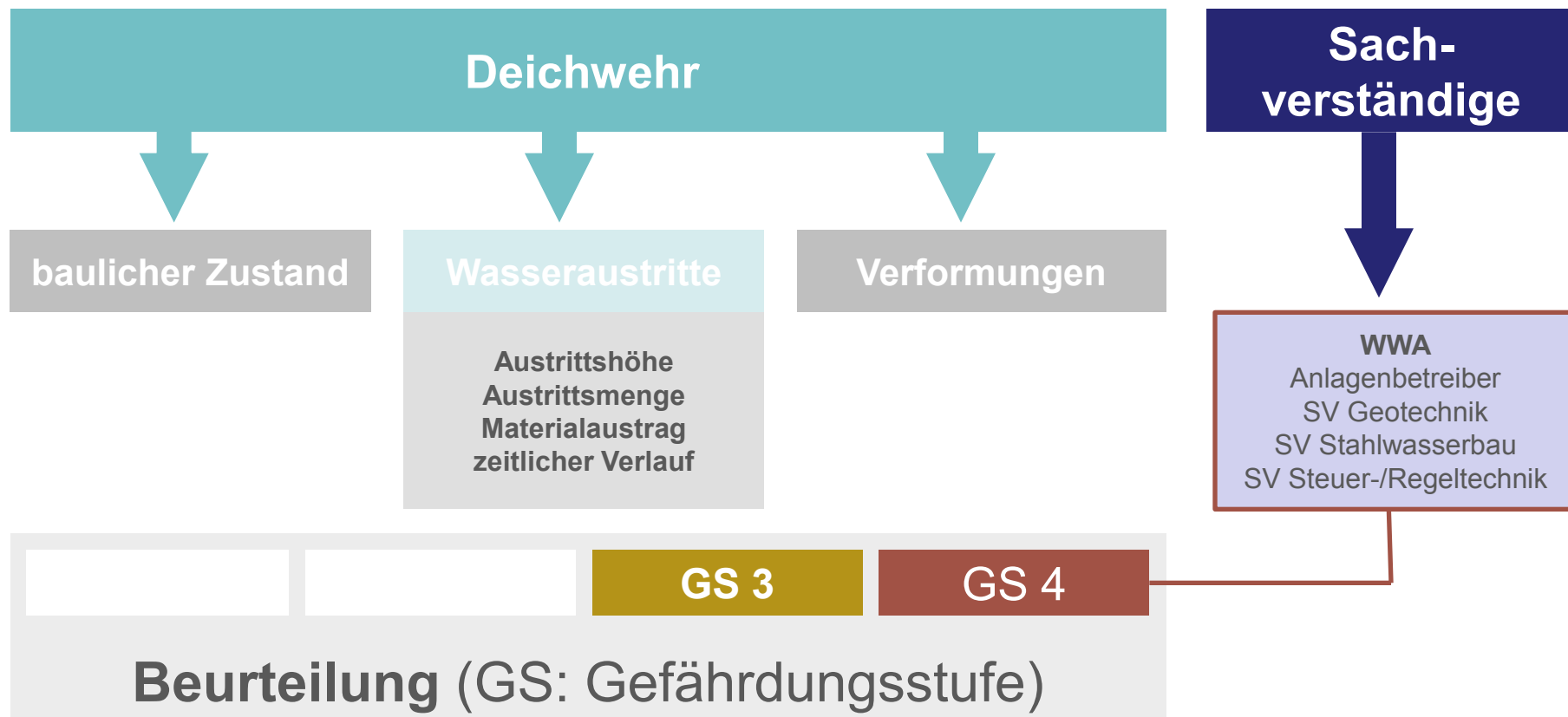
GS 1	ungefährlich	Beobachtung in der Regel ausreichend
GS 2	problematisch	Verhaltensmaßregeln erforderlich
GS 3	gefährlich	Deichverteidigung erforderlich Evakuierung betroffener Gebiete prüfen Schutz der Einsatzkräfte (Rettungsgeräte)
GS 4	sehr gefährlich	sofortige massive Deichverteidigung erforderlich Evakuierung betroffener Gebiete Abzug nicht benötigter Einsatzkräfte

# Beobachtungen und Gefährdungsstufen

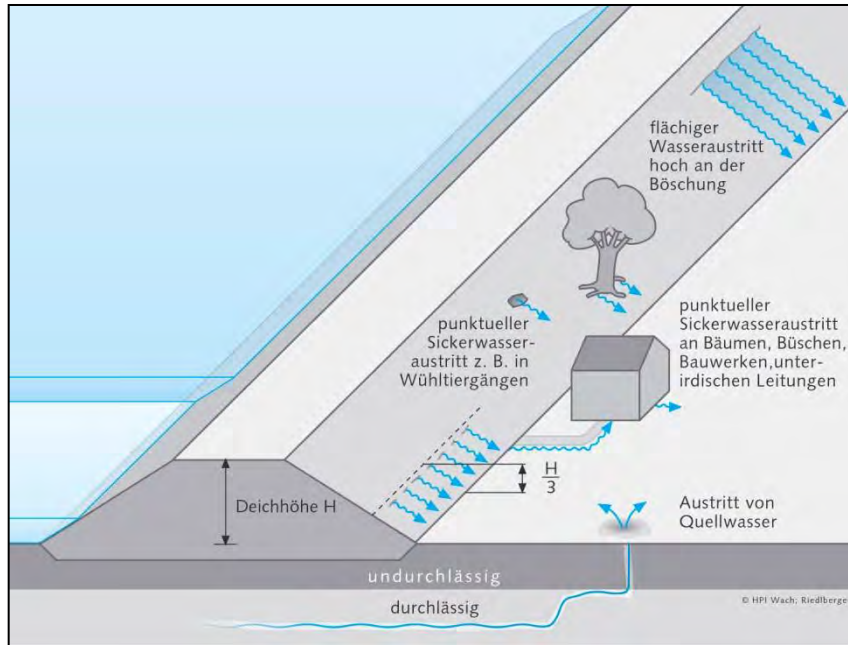
	GS1	GS2	GS3	GS4	
	Sickerwasseraustritte			Verformungen	
Ort	klar	trüb	stark	Oberfläche	Deichkörper
Binnenböschung					
unter Verteidigungsweg	GS 1	GS 3	GS 3-4	GS 2-3	GS 4
über Verteidigungsweg	GS 2	GS 4			
unteres Böschungsdrittel	GS 1-2	GS 3			
obere Böschungsdrittel	GS 2-3	GS 4			
Fremdkörper, Bauwerke		GS 3-4	GS 4	GS 3-4	
Deichhinterland	GS 2-3	GS 3	GS 3-4		
Deichkrone	GS 3-4	GS 4	GS 4	GS 4	GS 4
wasserseitige Böschung				GS 2-3	GS 3-4



# Drängewasseraustritte



# Definitionen



**Sickerwasser:** das der Schwerkraft unterliegende Wasser im ungesättigten Boden oberhalb der Sickerlinie

**Sickerlinie:** obere Grenze des gesättigten Bodens („Null-Potentiallinie“)

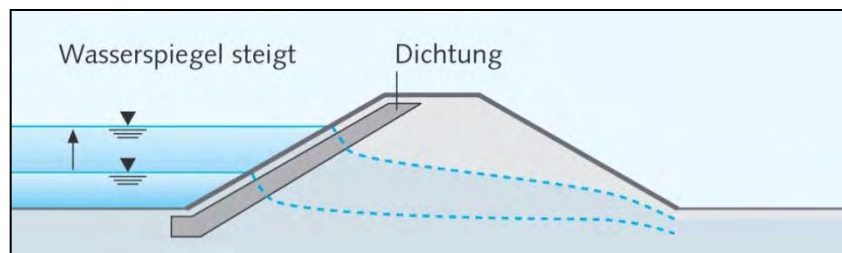
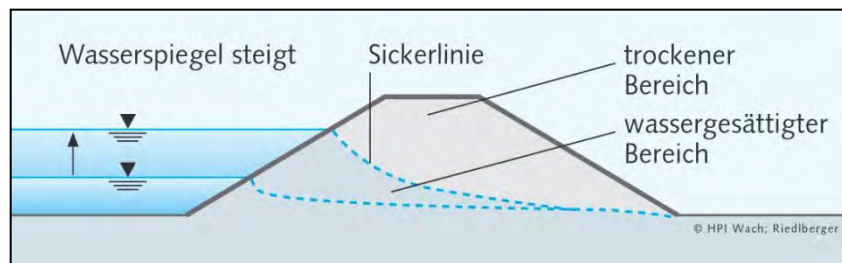
**Drängewasser:** das Deich und Untergrund durchströmende Wasser im gesättigten Boden unterhalb der Sickerlinie („Potentialströmung“)

**Kuerverwasser:** das auf der Deichböschung austretende Drängewasser

**Quell-/Qualmwasser:** das im Binnenbereich aus dem Untergrund austretende Drängewasser. Qualmwasser unterscheidet sich von Quellwasser durch den Materialtransport (Trübung)



# Drängewasseraustritte



**Durchströmung ist auch bei Deichen mit technischen Dichtungen ein natürlicher Vorgang und nicht unbedingt problematisch!**

**Wasseraustritte auf der Binnenböschung ermöglichen eine Beurteilung der Lage der Sickerlinie und somit der Standsicherheit. Bei der Deichkontrolle sind Ort, Menge und Art des Wasseraustrittes zu beobachten.**

**unkritisch: flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen**

**kritisch: Wasseraustritte in den oberen Dritteln der Böschungen, punktuell stark zunehmende sowie getrübte Wassermengen**



**HW 2005 Isar (Gaden)**

Foto: WWA München

## Materialaustrag auf der Sickerfläche

- flächig auftretendes trübes Sickerwasser am binnenseitigen Deichfuß













**HW 2005 Isar (Gaden)**

Foto: WWA München

## Materialaustrag auf der Sickerfläche

- hochliegende Erosionsröhren auf der binnenseitigen Deichböschung

# Besondere Gefährdungen

## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

- **Gehölze: Windwurf, Kontakt-/Oberflächenerosion**
- **Wühltiere: Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)**
- **Bauwerk/Leitungen: Kontaktersionen**



# Drängewasseraustritte

## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

- **Gehölze:** Windwurf, Kontakt-/Oberflächenerosion
- **Wühltiere:** Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)
- **Bauwerk/Leitungen:** Kontakterosionen



# Drängewasseraustritte

## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

- **Gehölze:** Windwurf, Kontakt-/Oberflächenerosion
- **Wühltiere:** Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)
- **Bauwerk/Leitungen:** Kontaktersosionen





# Drängewasseraustritte

## Besondere Gefährdungen der Deichsicherheit:

- **Gehölze: Windwurf, Kontakt-/Oberflächenerosion**
- **Wühltiere: Erosionsröhren, Einbrüche („Biberkaverne“)**
- **Bauwerk/Leitungen: Kontaktersosionen**





**HW 2006 Amper (Zolling)**

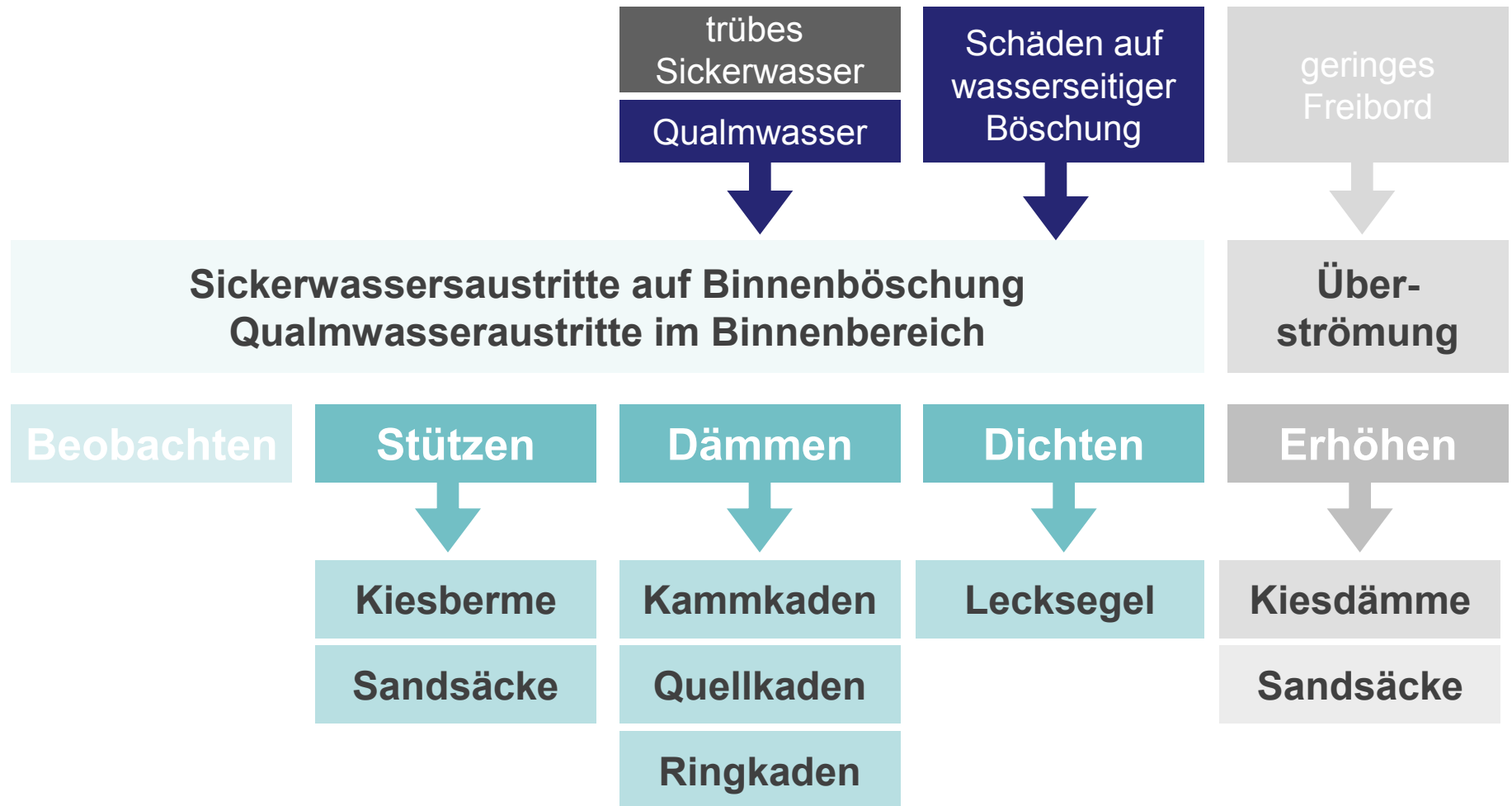
Foto: WWA München

## Kontakterosion

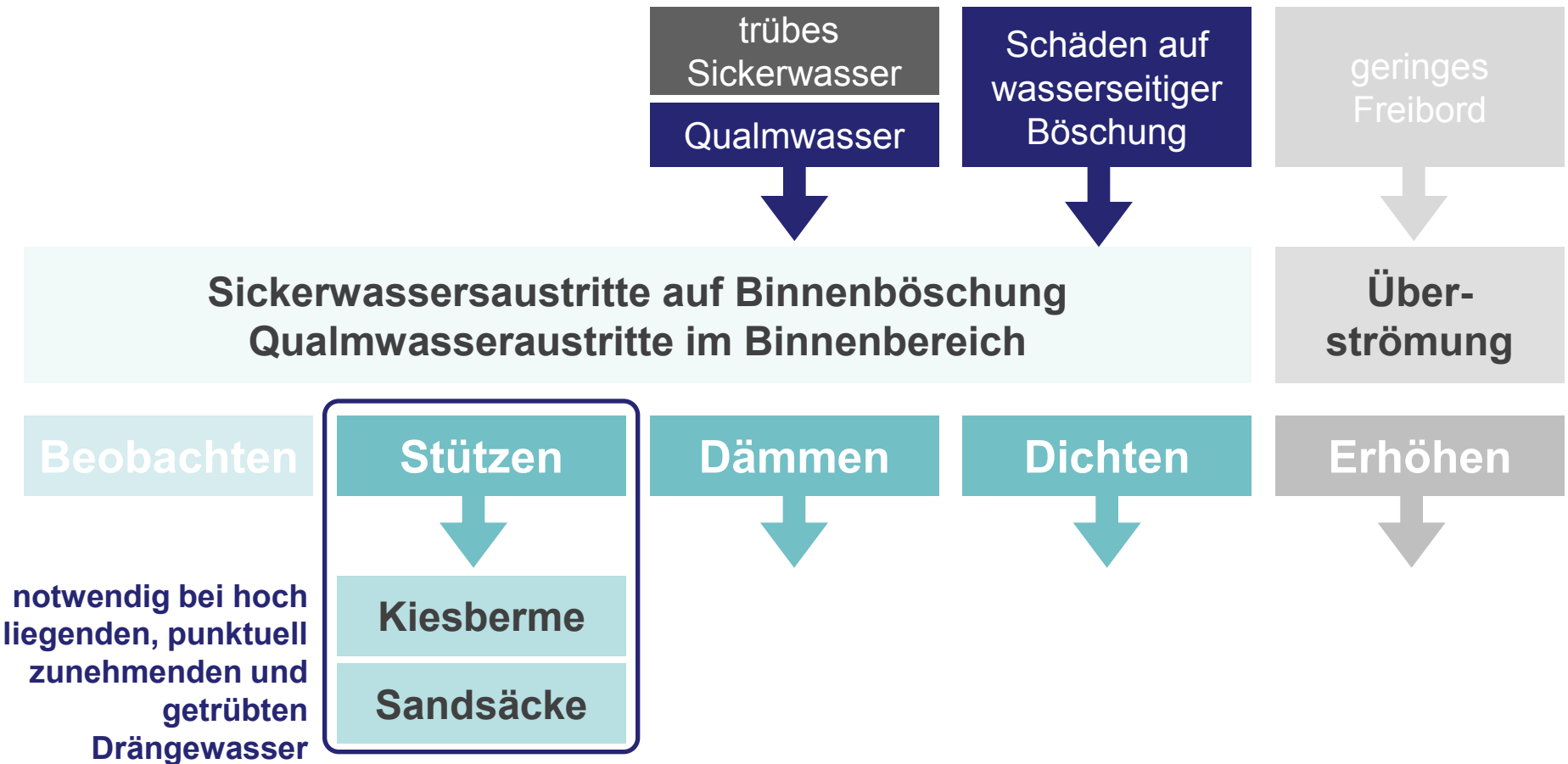
- Deichbruch nach Ausspülung eines Siel durchlasses (initiiert durch Kontakterosion)



# Maßnahmen bei Wasseraustritten

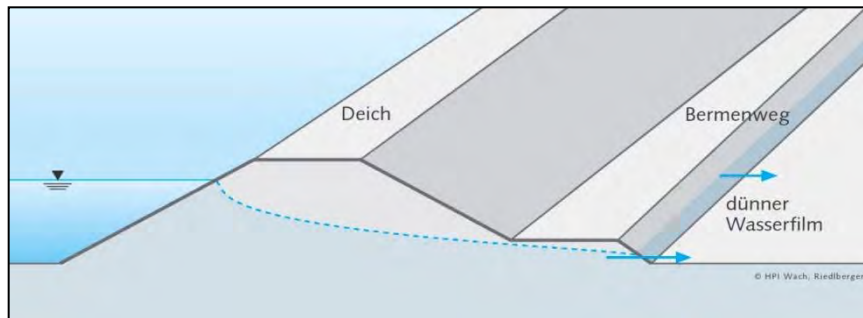
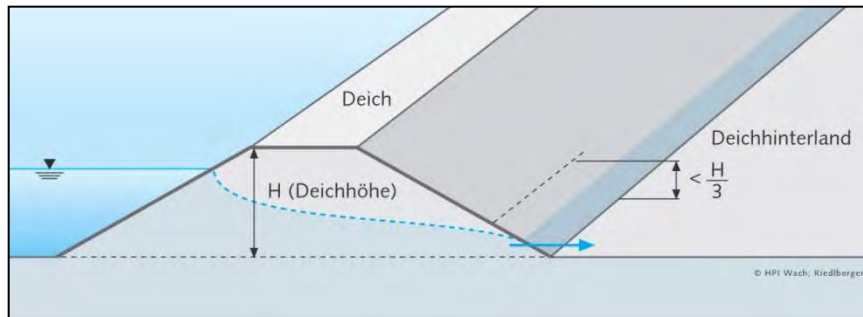


# Maßnahmen bei Wasseraustritten





# Beobachten



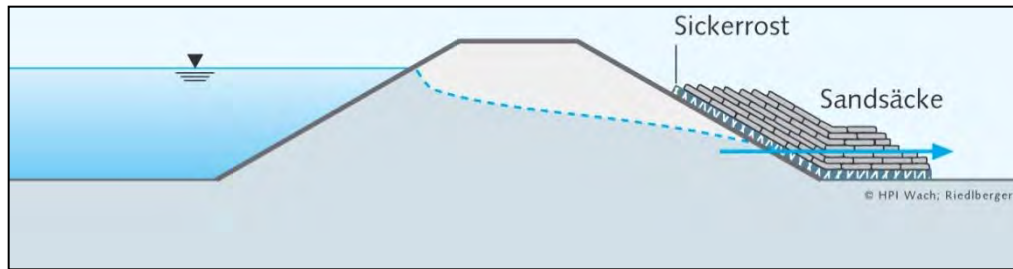
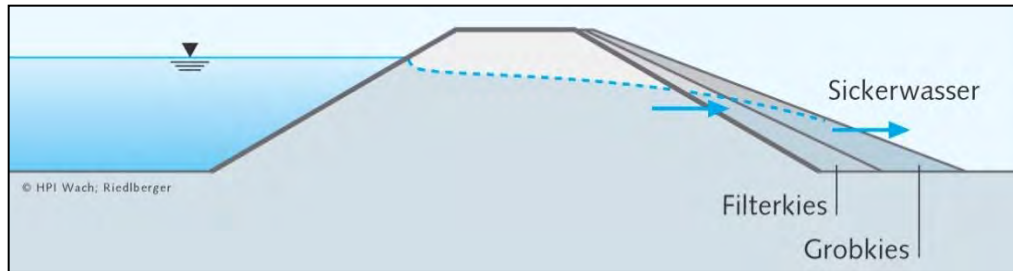
**Flächige Austritte von klarem Wasser im unteren Drittel der Böschungen und im Bereich von Dränbermen sind überwiegend unkritisch.**

**Beobachtung ist ausreichend!**

**Merke:**

**Nicht jede Durchströmung ist kritisch. Verbau unkritischer Drängewasseraustritte kann die Entwässerung des Deiches beeinträchtigen und die Sickerlinie ansteigen lassen. Damit kann die Standsicherheit des Deiches unter Umständen nachteilig beeinflusst werden.**

# Stützen



## Technik

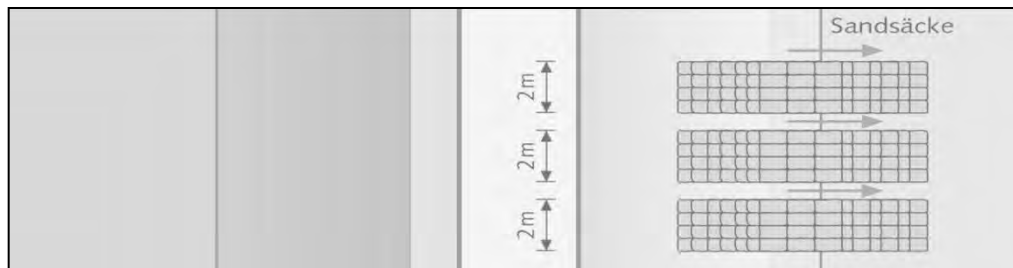
**Bermen- oder Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

Der Abfluss des  
Drängewassers muss  
**uneingeschränkt**  
**gewährleistet werden.**



# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen- oder Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)

Stützstreben (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)

# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
Stützstreben (Sandsäcke)

## Probleme

### Materialverfügbarkeit

**Materialeignung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)

**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein

Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)



# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
Stützstreben (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)

**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein

Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
Stützstreben (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialleistung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)



# Stützen: Bermen- und Keilschüttung



## Technik

**Bermen-** oder **Keilschüttung**  
bis Deichkrone (Kies)  
Stützstreben (Sandsäcke)

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**  
**Materialleistung** (Filter-  
stabilität, Umwelt-  
verträglichkeit)  
**Schwerlastverkehr** muss  
gewährleistet sein  
Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

# Stützen: Stützstreben



## Technik

Bermen- oder Keilschüttung  
bis Deichkrone (Kies)

**Stützstreben** (Sandsäcke)

## Probleme

extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig



# Stützen: Stützstreben



**Vorteil: flexible, einfache Lösung  
für lokale Schäden an  
eingeschränkt zugängliche  
Deichabschnitte!**

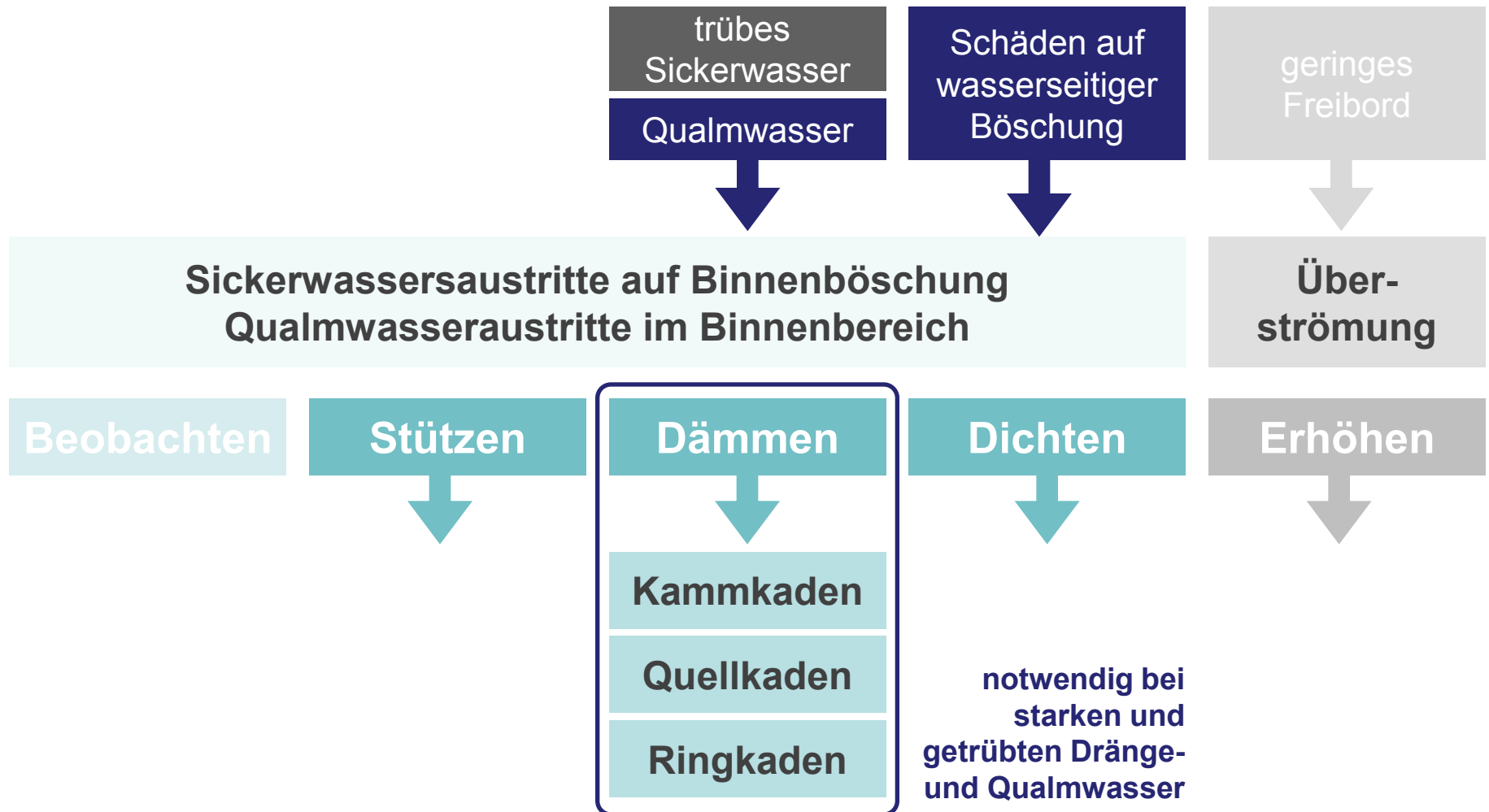
## Technik

Bermen- oder Keilschüttung  
bis Deichkrone (Kies)  
**Stützstreben** (Sandsäcke)

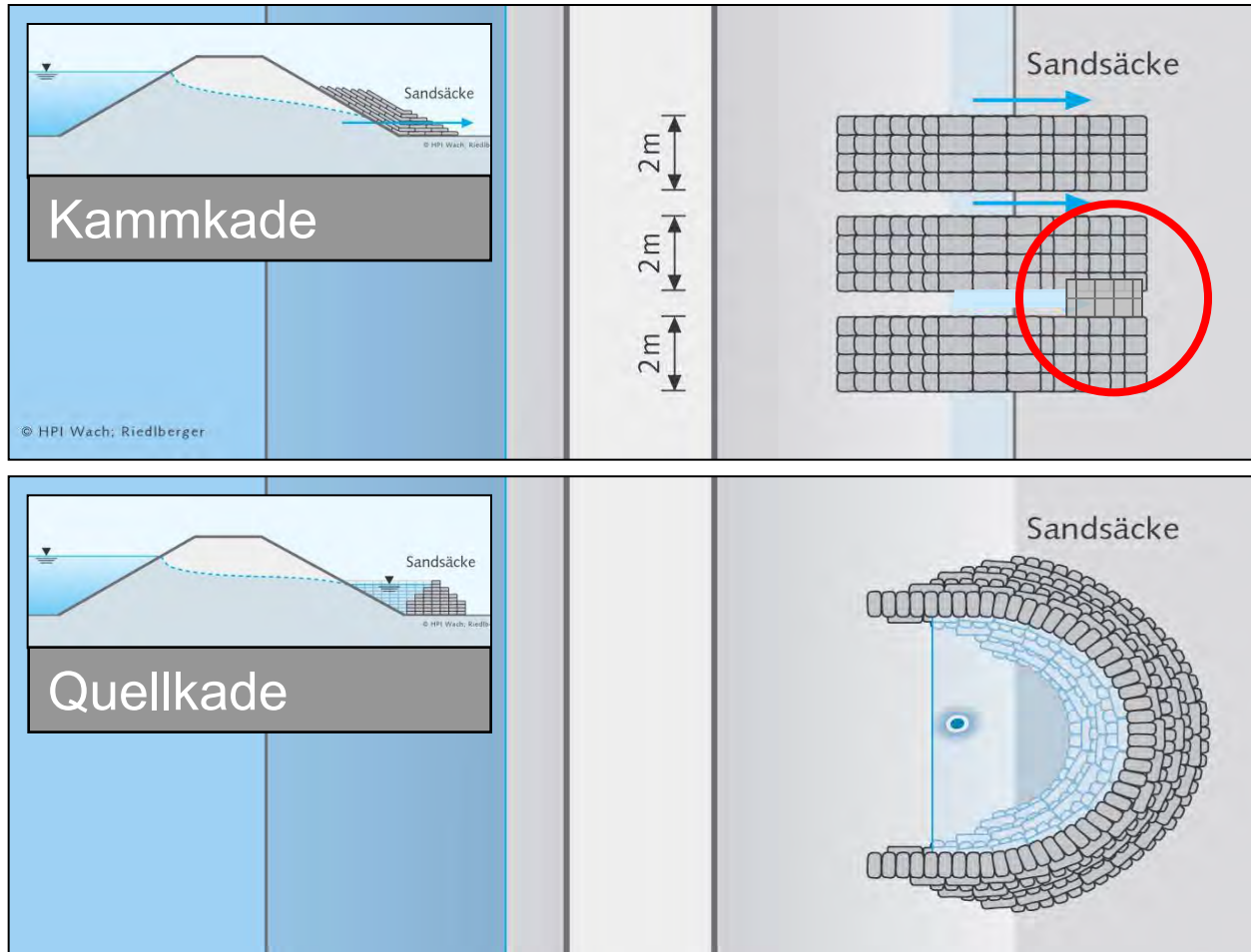
## Probleme

**extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig**

# Maßnahmen bei Wasseraustritten







## Materialaustrag auf der Sickerfläche

### Verteidigung

- Schüttung von Auflastdräns (eventuell mit geotextilen Filtern) → **Stützen**
- Kammkaden durch Abschluss der Kammern von Sandsackstreben (bei flächigen Austritten)
- Quellkaden (bei lokalen Austritten)

# Quellkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: **Wühltierbauten**

lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient („Kaskaden-  
verbau“)



# Quellkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: **Wühltierbauten**

lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient („Kaskaden-  
verbau“)

# Quellkaden



**Vorteil:**  
flexible, einfache Lösung für lokale Schäden an eingeschränkt zugängliche Deichabschnitte!

## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als Auslöser rückschreitender Erosion: Wühltierbauten  
lokal hoher hydraulischer Koeffizient („Kaskadenverbau“)



# Quellkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: Wühltierbauten

**lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient** („Kaskaden-  
verbau“)

# Quellkaden



**Vorteil: flexible, einfache Lösung  
für lokale Schäden an  
eingeschränkt zugängliche Deichabschnitte!**

## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

**lokale Schwachstellen als  
Auslöser rückschreitender  
Erosion: Wühltierbauten**

**lokal hoher hydraulischer  
Koeffizient** („Kaskaden-  
verbau“)

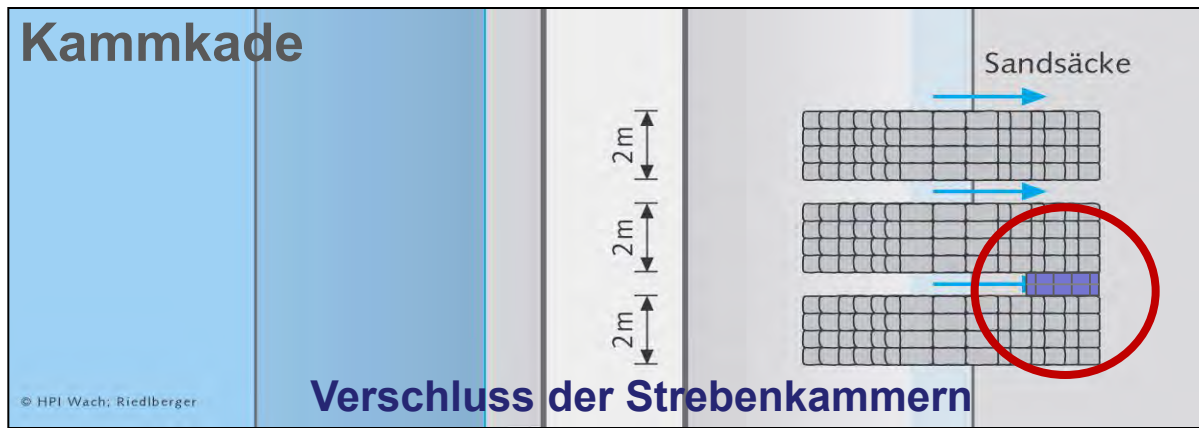


# Kammkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)  
**Kammkaden** (flächig) durch  
 Ausbau der Stützstreben



## Probleme

extrem material- und  
 personalintensiv  
 Rückbau bei  
 Kunststoffgeweben  
 notwendig

## Dämmen



### Materialaustrag auf der Sickerfläche

#### Kammkade

- Kammkaden zur Stabilisierung der Binnenböschung durch Gegendruck auf die Sickerfläche

#### Anmerkung

- Foliendichtung ist bei Kamm- und Quellkaden nicht erforderlich



# Kammkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

**extrem material- und  
personalintensiv**

**Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig**

# Kammkaden



## Technik

**Quellkaden** (punktuell)

**Kammkaden** (flächig) durch  
Ausbau der Stützstreben

## Probleme

**extrem material- und  
personalintensiv**

**Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig**

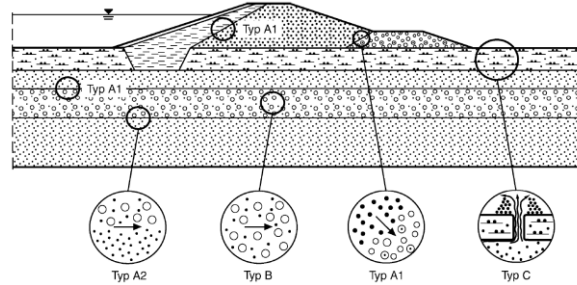
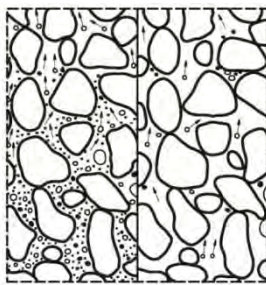
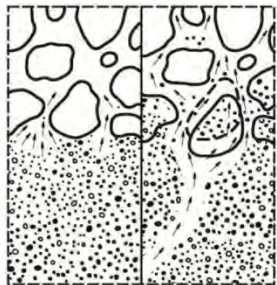
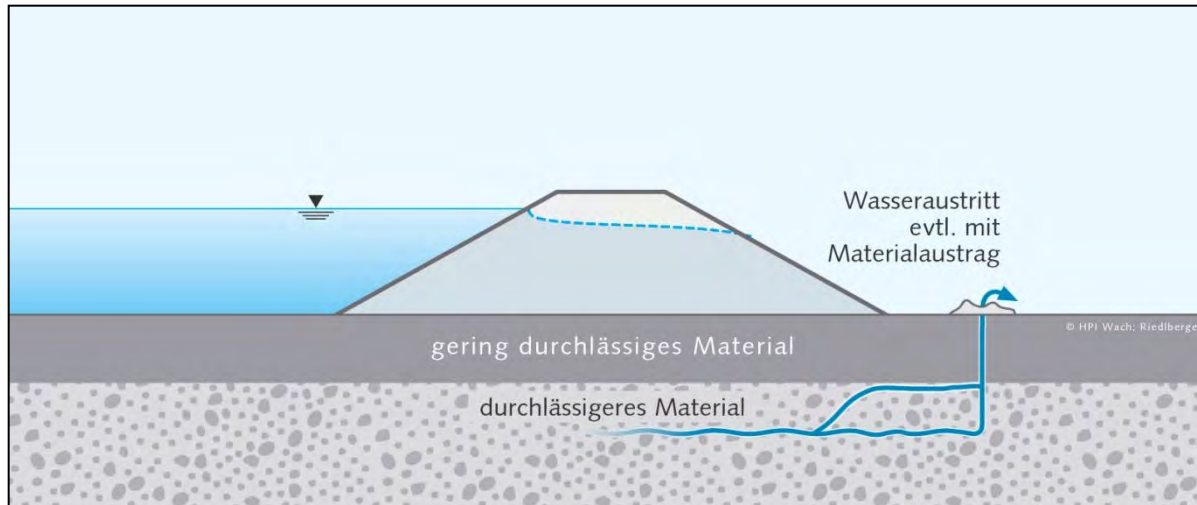




**HW 2005 Isar (Gaden)**  
Foto: Kreisbrandrat Vogl, Erding

Kammkade

# Qualmwasseraustritte



## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

## Probleme

**kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich**

**kritischer Bereich hinter  
den Deichen häufig  
schlecht einsehbar**

## Suffosion Erosion



# Qualmwasseraustritte



## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

## Probleme

**kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich**

**kritischer Bereich hinter  
den Deichen häufig  
schlecht einsehbar**

# Qualmwasseraustritte



.. kein signifikanter Materialtransport

## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

## Probleme

**kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich**

**kritischer Bereich hinter  
den Deichen häufig  
schlecht einsehbar**

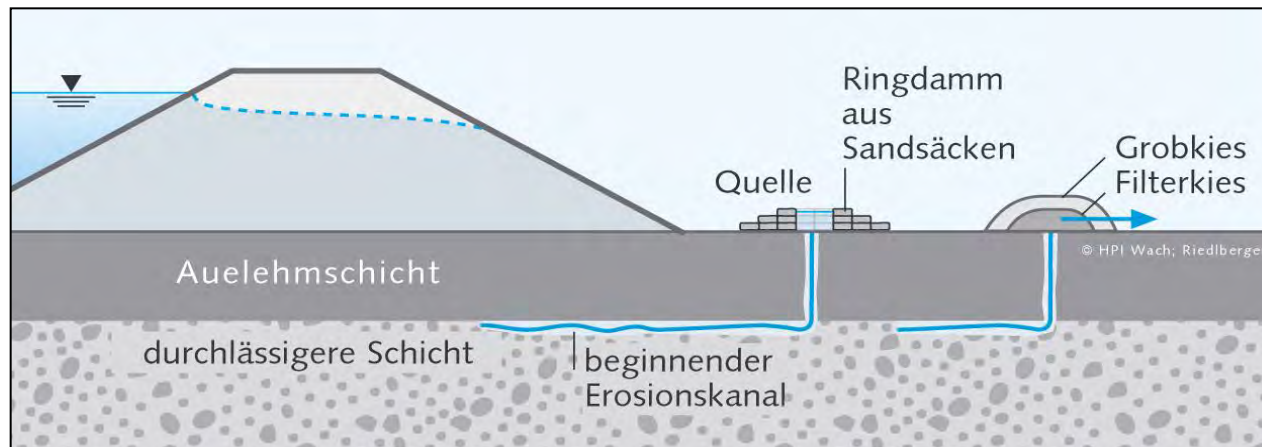


## Dämmen



## Qualmwasser

- Erzeugung eines Gegendruckes durch Ringkaden
- Reduzierung des Materialaustrag durch filterstabile Auflastschüttung (bei Feinteilen eventuell zusätzlich geotextile Filter verwenden)





**HW 1999 Isar (Freising)**

Foto: WWA München

## Qualmwasser

### Ringkade

- Aufbau bis Versiegen der Austritte
- Sandsackkade (Öffnung zum Quelltrichter)
- Alternativ: Schachtringe

### Problem

- Neubildung durch hoher hydraulischer Gradienten möglich



## Dämmen



**HW 1999 Donau (Deggendorf)**  
Foto: WWA Deggendorf

### Qualmwasser

#### Auflastfilter

- Aufwölbungen geotextiler Filtervliese mit Grobkies-überschüttung
- Kiesauflast möglichst großflächig schütten

### Problem

- Beeinträchtigung der Binnenentwässerung möglich

# Qualmwasseraustritte



## Technik

**Quell-/Ringkaden**

**Auflastschüttungen (Kies)**  
bei flächigen Austritten

## Probleme

**kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich**

**kritischer Bereich hinter  
den Deichen **häufig  
schlecht einsehbar****



## Durchgehende Erosionsröhre zur Wasserseite



# Alternative zum Sandsackverbau: Aufsatzrohre



## Technik

### Quell-/Ringkaden

**Auflastschüttungen** (Kies)  
bei flächigen Austritten

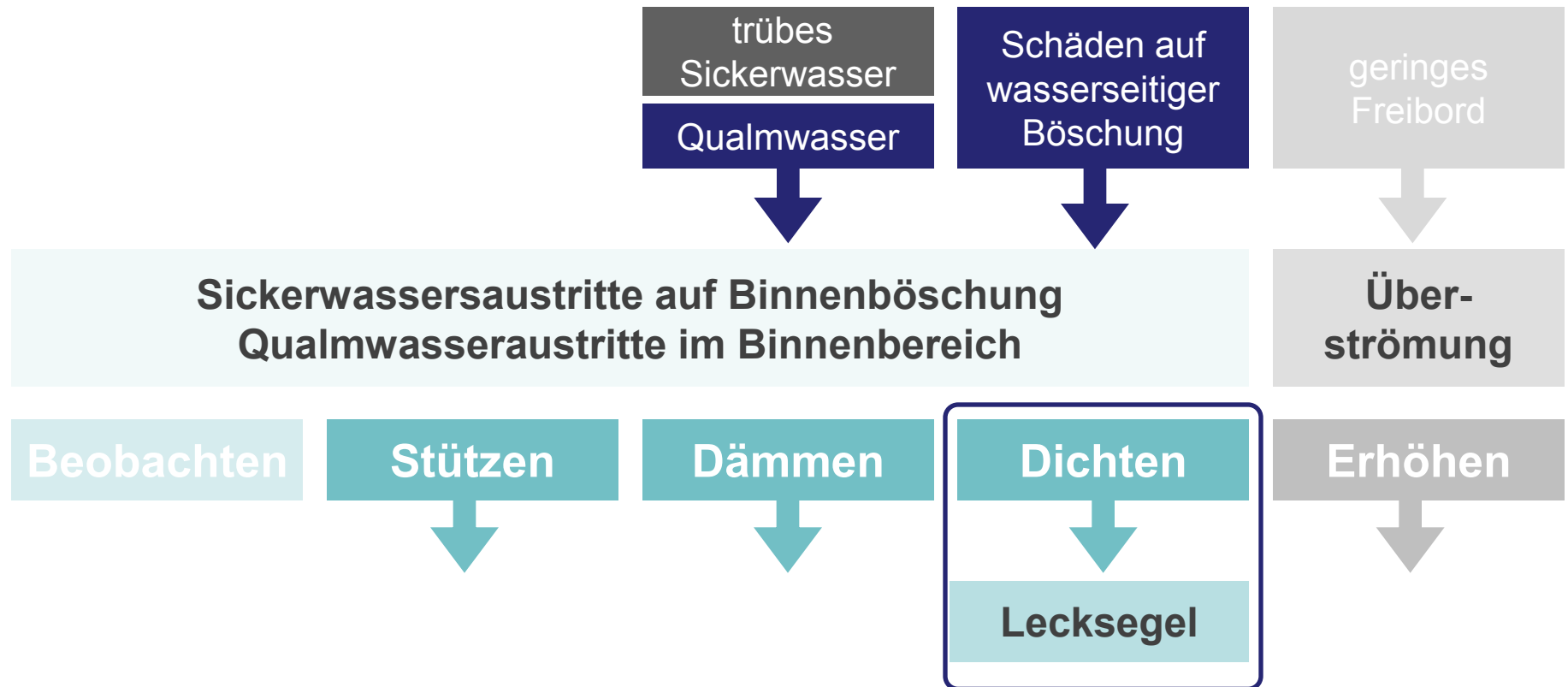
## Probleme

kumulativer Prozess mit  
schlagartigem Versagen  
möglich

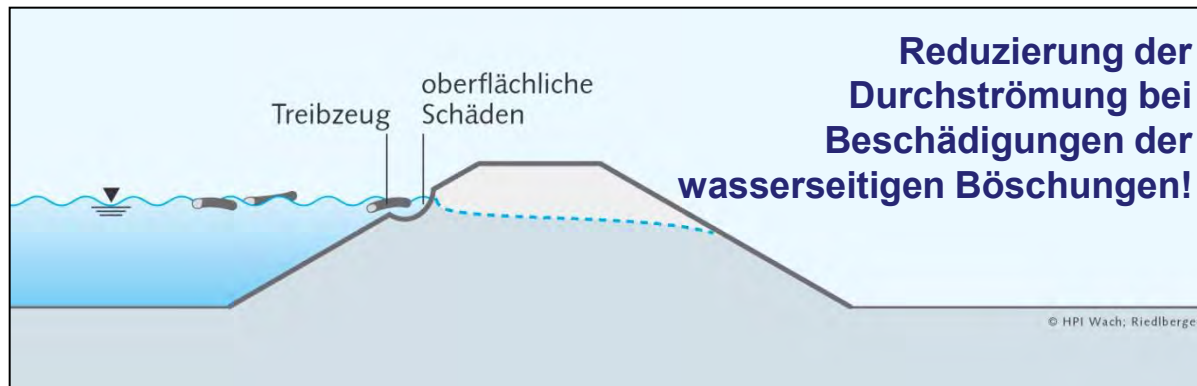
kritischer Bereich hinter  
den Deichen **häufig**  
**schlecht einsehbar**



# Maßnahmen bei Wasseraustritten



# Dichten



## Technik

**Leckagesegel (lokal)**

**KDB-Dichtung (flächig)**

## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)**

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**



# Treibzeug



## Technik

**Leckagesegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

## Probleme

**Feststoffe:** **Treibzeug**, Eis

Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich

# Eisversatz



## Technik

**Leckagesegel (lokal)**

**KDB-Dichtung (flächig)**

## Probleme

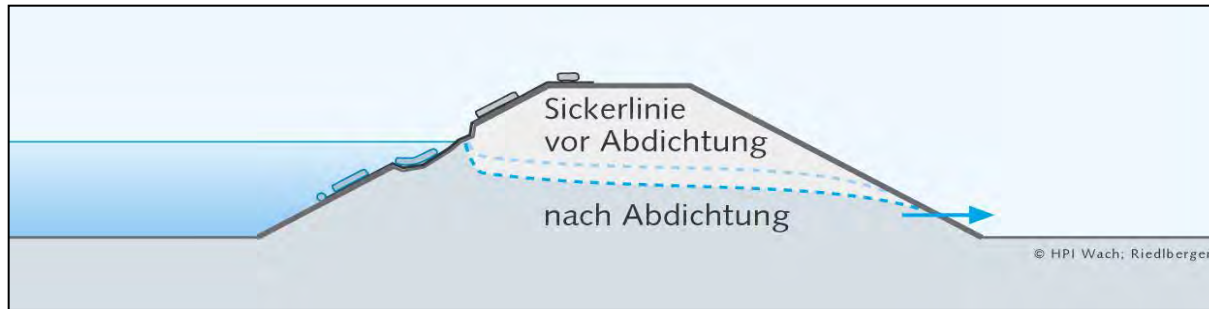
**Feststoffe: Treibzeug, **Eis****

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)**

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**



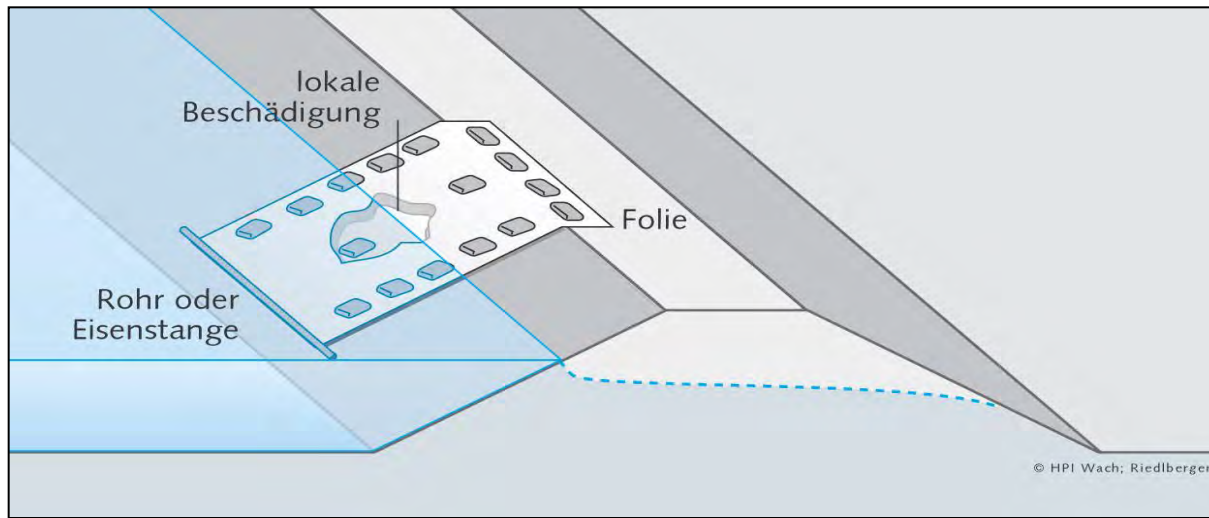
# Leckagesegel



## Technik

**Leckagesegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)



## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)**

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**

# Leckagesiegel



## Technik

**Leckagesiegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich**  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**



# KDB-Dichtungen



## Technik

**Leckagesegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich**  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

bei flächigen Lösungen  
erhebliche **Vorlaufzeit**  
erforderlich

# KDB-Dichtungen



## Technik

**Leckagesegel** (lokal)

**KDB-Dichtung** (flächig)

## Probleme

**Feststoffe: Treibzeug, Eis**

**Einbau unter Wasser,  
Dichtungswirkung fraglich**  
(Schutz gegen weitere  
Erosion vorrangig)

**bei flächigen Lösungen  
erhebliche Vorlaufzeit  
erforderlich**



## Dichten



**HW 1994 Donau (Deggendorf)**

Foto: WWA Deggendorf

### Wasserseitige Böschungsschäden

#### Lecksegel

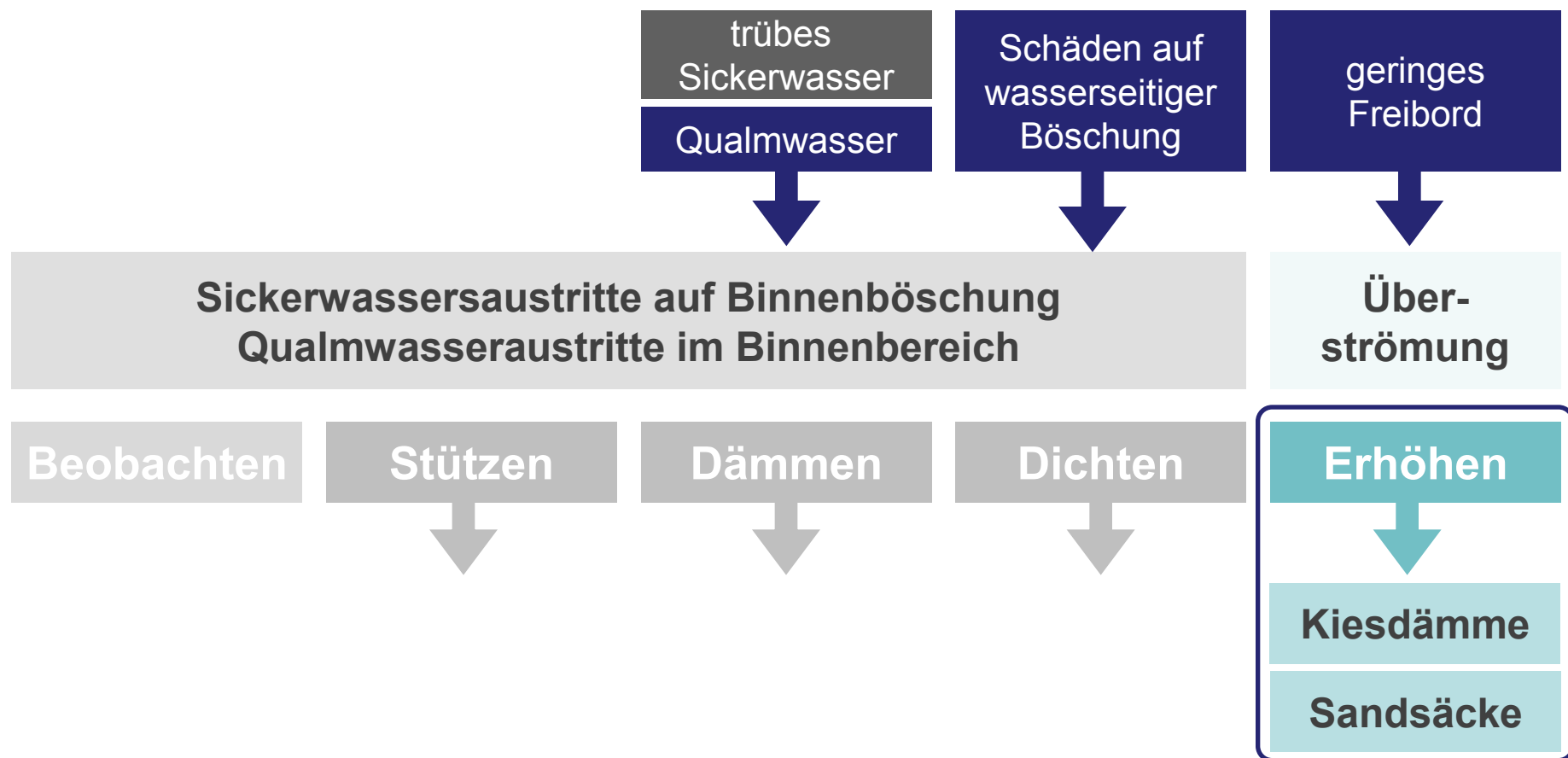
- Dichtung einer wasserseitigen Schadstelle mit einer beschwerten, durch Sandsäcke fixierten Dichtungsfolie (Ursache Wühltierbau)







# Maßnahmen bei Überströmung



# Maßnahmen bei Überströmung



## Technik

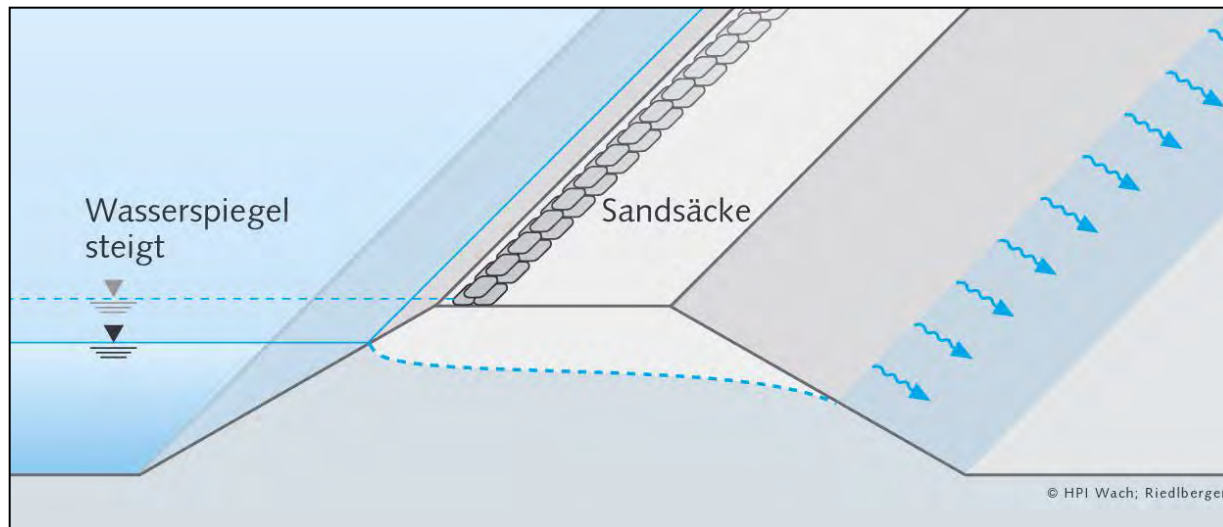
**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme



# Aufkantung



## Technik

**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme

**Achtung:**  
**Aufkantung erhöhen die  
Einwirkungen auf Deiche  
und können schlagartiges  
geotechnisches Versagen  
provozieren!**

# Versagen durch Kappenbruch



Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen. Bei der Deichkontrolle sind Ort, Umfang und Art der Verformungen zu beobachten.

Eher unkritisch sind auf den Oberboden begrenzte Böschungsschäden („lokale Böschungssicherheit“)

Kritisch sind tiefreichende Böschungsrutschungen („allgemeine Böschungssicherheit“) und binnenseitige Hebungen („hydraulischer Grundbruch“). Sie schwächen den Deichquerschnitt und leiten das Deichversagen ein.



# Versagen durch Böschungsfußkolk



Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen. Bei der Deichkontrolle sind Ort, Umfang und Art der Verformungen zu beobachten.

Eher unkritisch sind auf den Oberboden begrenzte Böschungsschäden („lokale Böschungssicherheit“)

Kritisch sind tiefreichende Böschungsrutschungen („allgemeine Böschungssicherheit“) und binnenseitige Hebungen („hydraulischer Grundbruch“). Sie schwächen den Deichquerschnitt und leiten das Deichversagen ein.



## Überströmen

- Erhöhung mit vorgefertigten Betonelementen
- Foliendichtung wasserseitig
- Schutz gegen Auskolkung (bei Überlaufen) und Abdichtung gegen Qualmwasser durch Sandsäcke



# Aufkadung



## Technik

**Aufkadung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme

**Achtung:**  
**Aufkadtungen erhöhen die  
Einwirkungen auf Deiche  
und können schlagartiges  
geotechnisches Versagen  
provozieren!**



**HW 2002 Elbe (Bälow/Lenzen)**

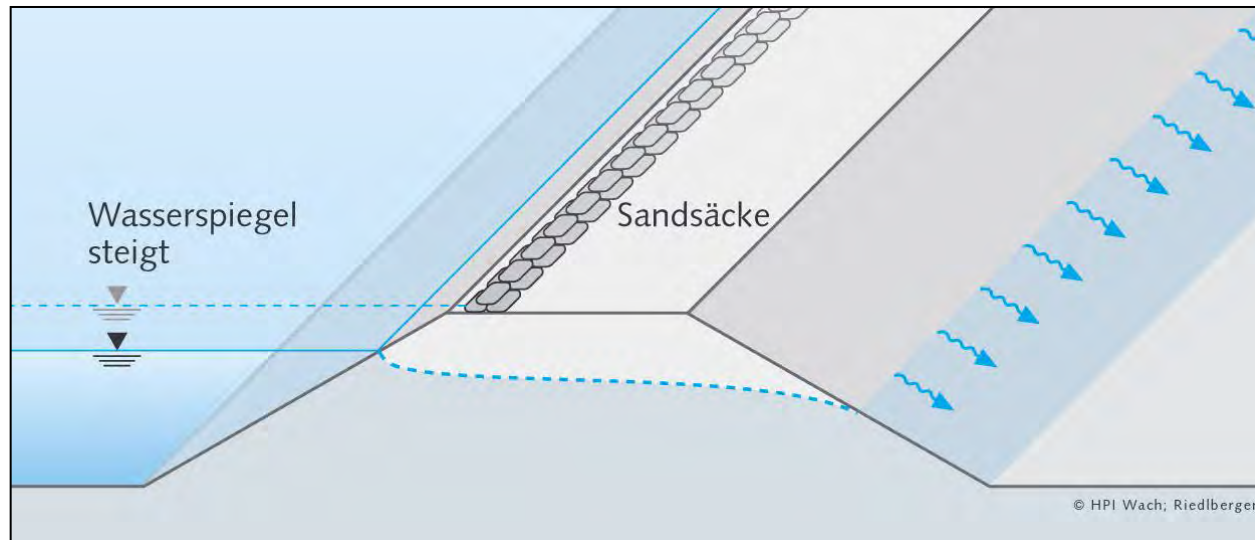
Foto: LUA Brandenburg

## Überströmen

- massive Aufkantung mit Sandsäcken (rund 1,2 m)



## Erhöhen



## Überströmen

### Materialien

- Sandsäcke
- foliengedichtete Kiesschüttung (mit Sandsäcken fixiert)
- vorgefertigte Elemente (Ausnahme)

Grundsätzlich verschlechtert jede Deicherhöhung die Standsicherheit

Prüfen

## Alternative

- Erosionsstabile Sicherungen geeigneter Überlaufstrecken

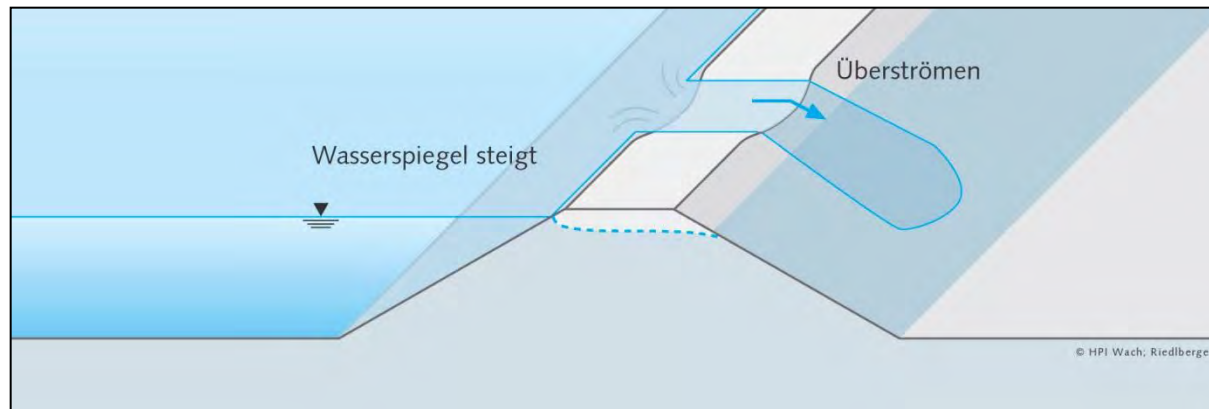
hydraulische  
Belastung

**höhere Einstau**

statische  
Belastung

**Material, Einsatz**

# Ausgleich von Schwachstellen



## Technik

**Aufkudung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

## Probleme



# Ausgleich von Schwachstellen



## Technik

**Aufkantung**  
(Sandsackverbau, Kies)

**Ausgleich lokaler  
Schwachstellen**

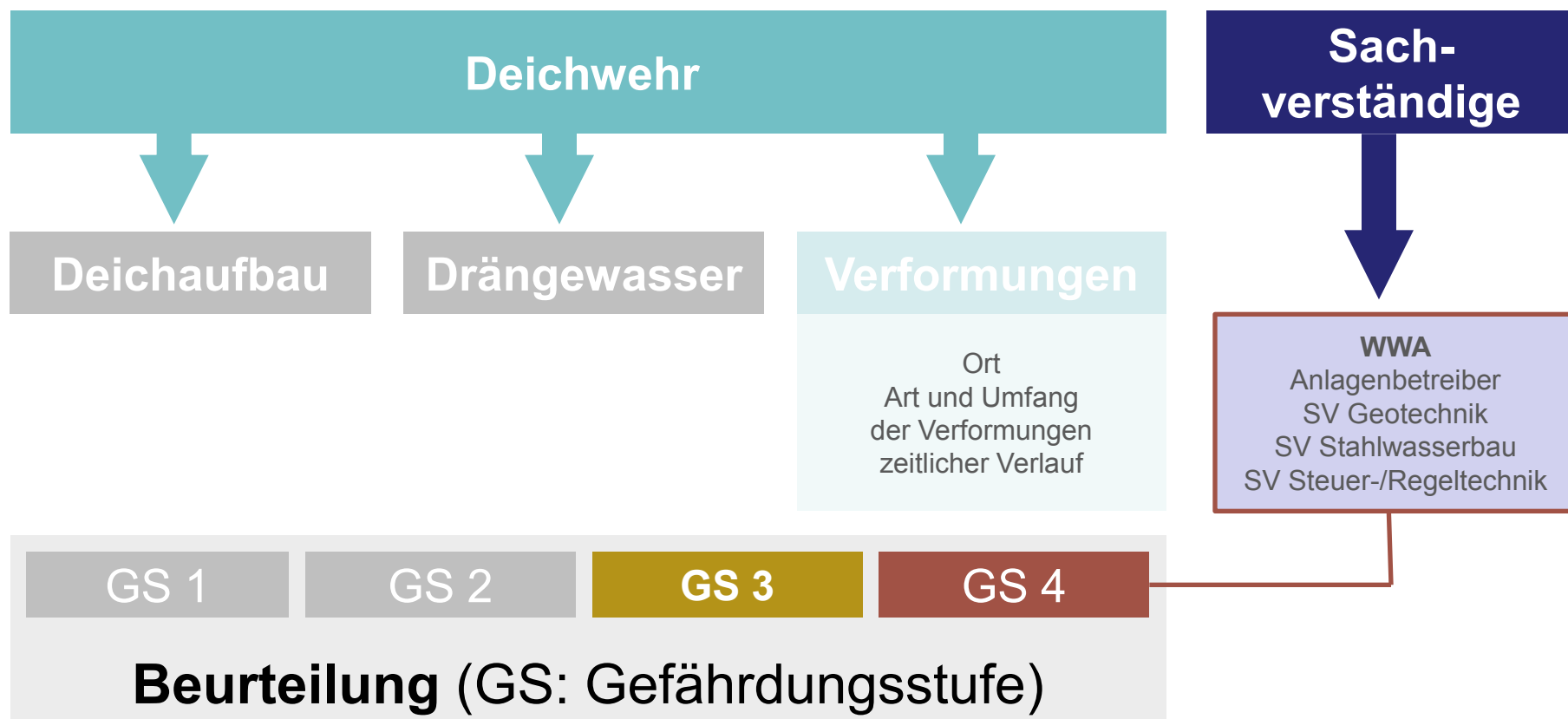
## Probleme

# Resiliente Bauweisen

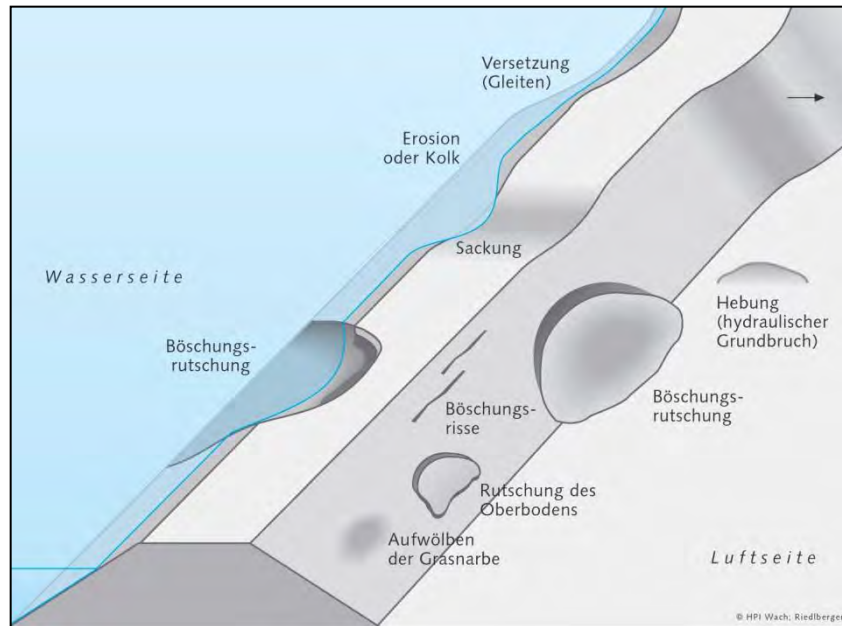




# Verformungen



# Verformungen



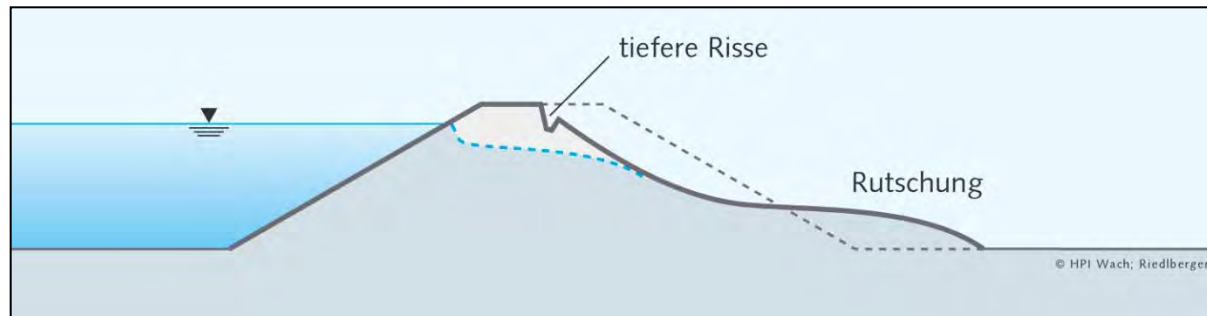
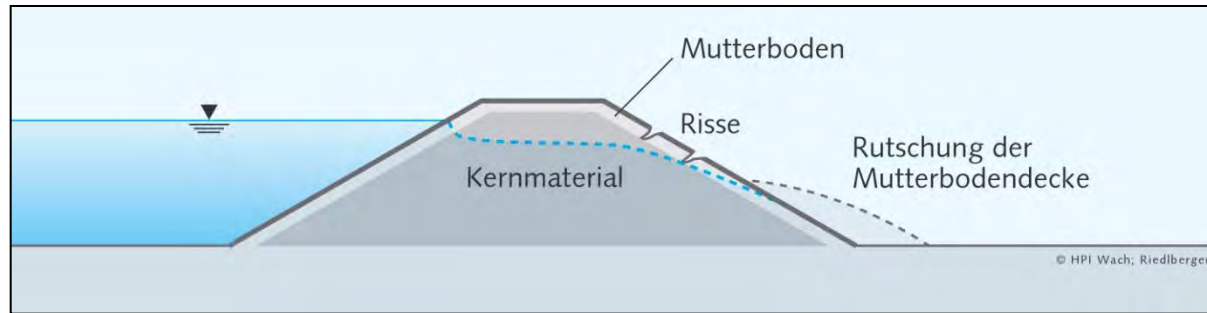
Durchströmung verändert die Bodenparameter und beeinflusst die Standsicherheit von Deichen. Bei der Deichkontrolle sind Ort, Umfang und Art der Verformungen zu beobachten.

Eher unkritisch sind auf den Oberboden begrenzte Böschungsschäden („lokale Böschungssicherheit“)

Kritisch sind tiefreichende Böschungsrutschungen („allgemeine Böschungssicherheit“) und binnenseitige Hebungen („hydraulischer Grundbruch“). Sie schwächen den Deichquerschnitt und leiten das Deichversagen ein.



# Böschungsbruchformen



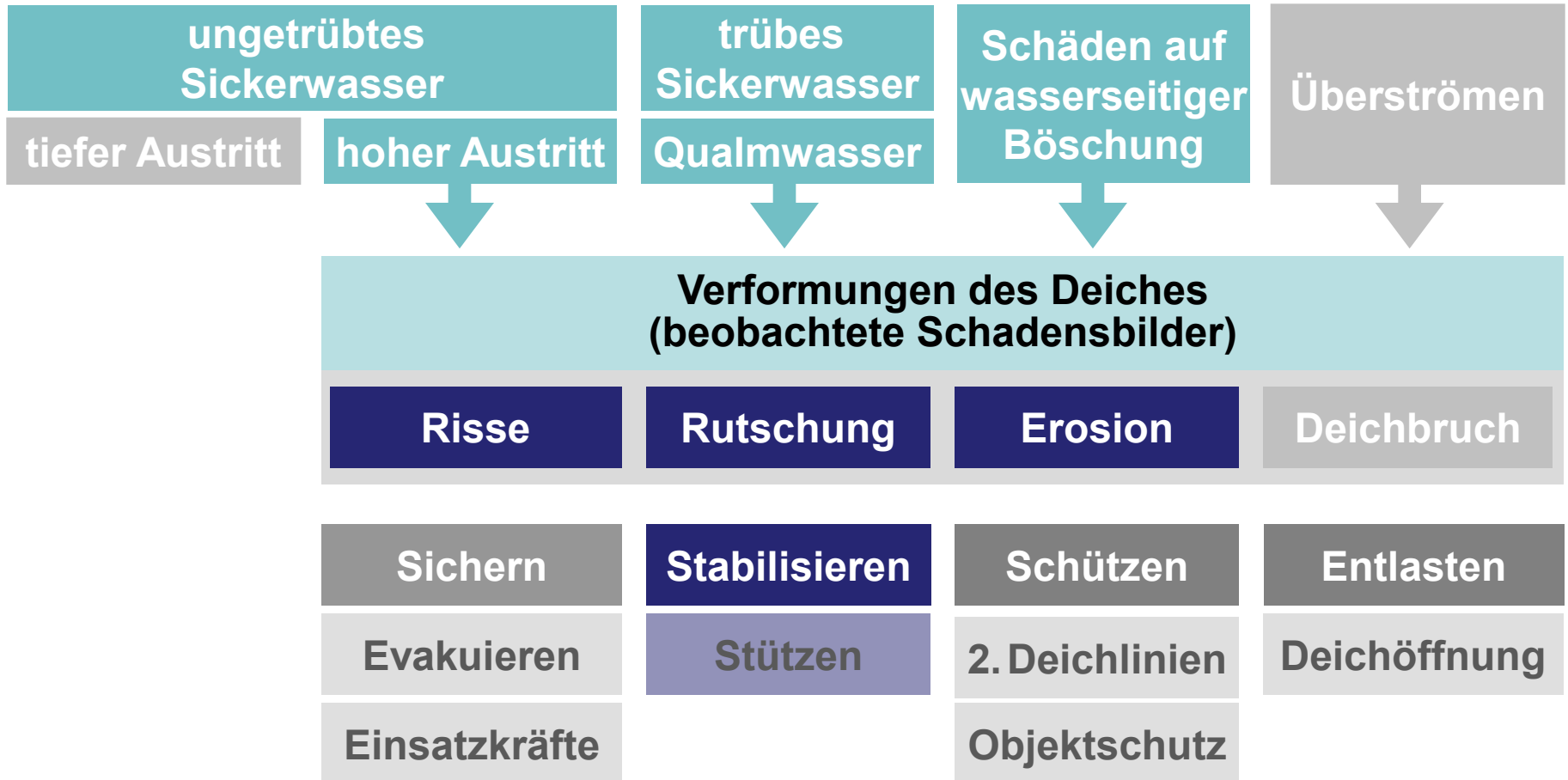
## Technik

Initialrisse

**Böschungsbruch: lokal**

**Böschungsbruch: global**

# Maßnahmen bei Verformungen





# Böschungsbruchformen



## Technik

### Initialrisse

**Böschungsbruch: lokal**

**Böschungsbruch: global**

# Böschungsbruchformen



## Technik

Initialrisse

Böschungsbruch: **lokal**

Böschungsbruch: global





**Riss (Oberboden) auf Deichkrone**

Foto: Regierungspräsidium Karlsruhe



**Riss (tief) auf Binnenberme**

Foto: Regierungspräsidium Karlsruhe

## binnenseitiges Böschungsversagen

### Rissbildung

- Verformungen der Binnenböschung kündigen sich durch Rissbildungen an
- die Gefährdung steigt mit Höhe und Tiefe der Risse

# Böschungsbruchformen



## Technik

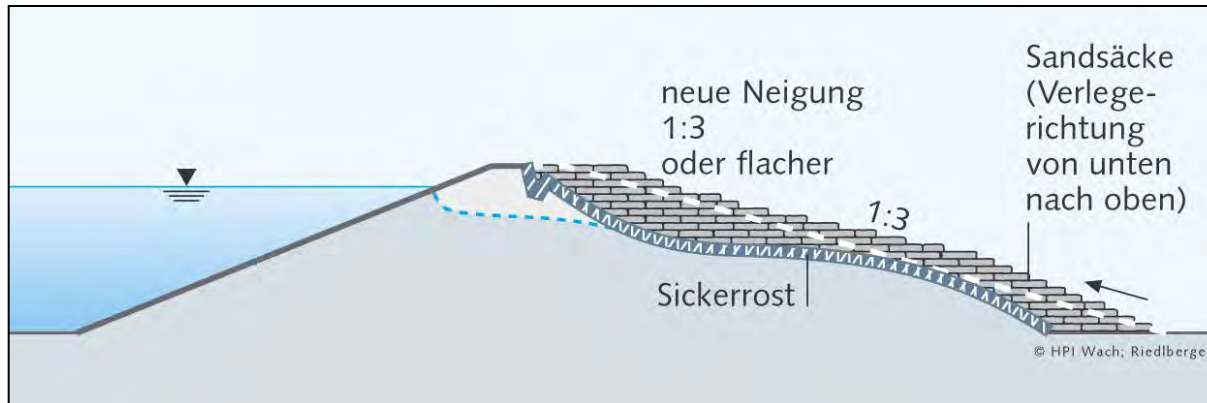
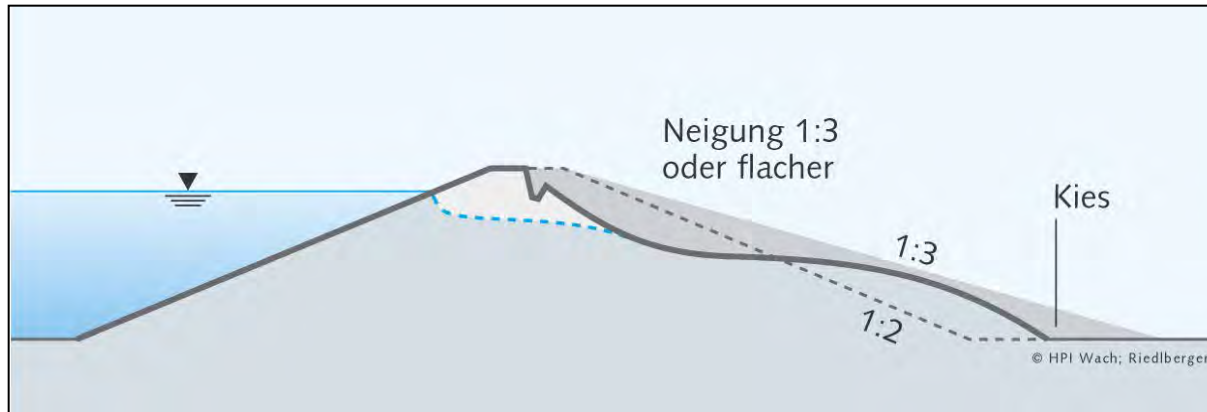
Initialrisse

Böschungsbruch: lokal

Böschungsbruch: **global**



# Verbau von Binnenböschungen



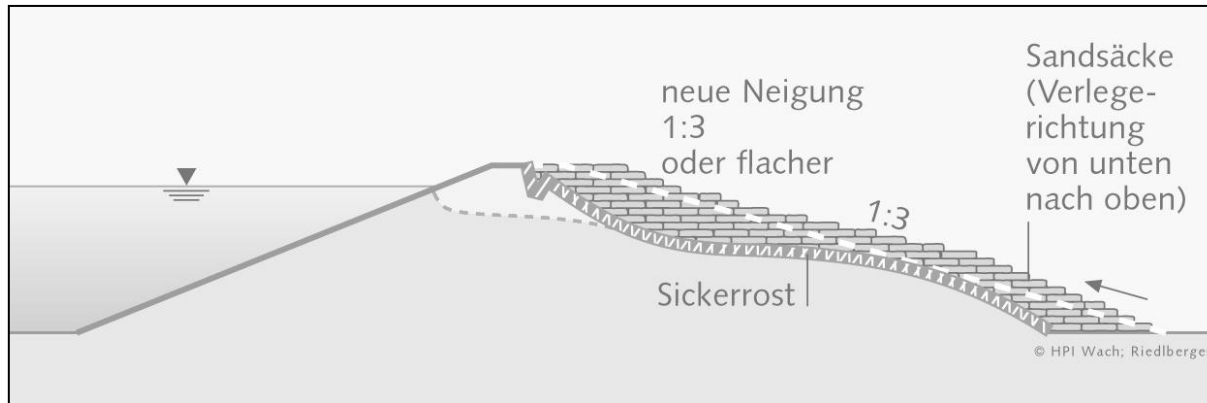
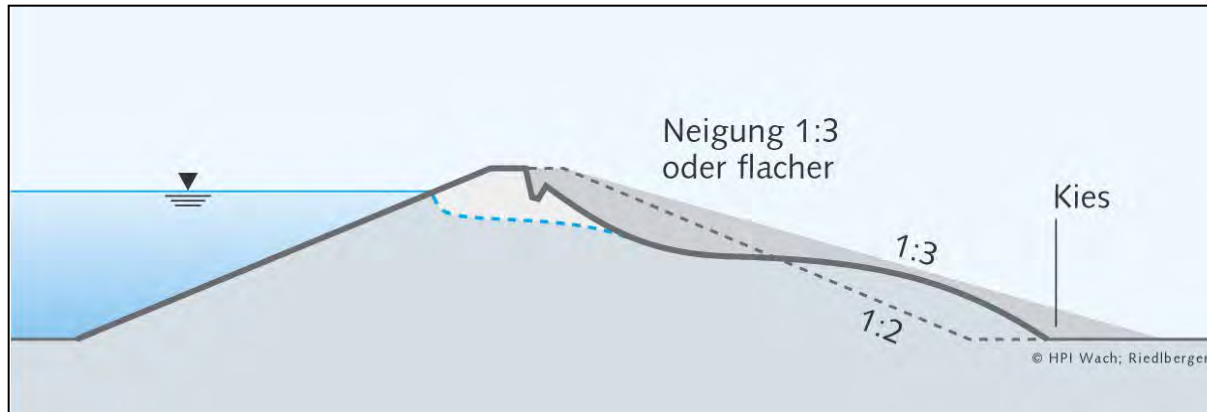
## Technik

**Stützverbau : Kies**

**Stützverbau: Sandsäcke**

## Probleme

# Verbau von Binnenböschungen



## Technik

**Stützverbau: Kies**

**Stützverbau: Sandsäcke**

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)



# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung eventuell beeinträchtigt (Gräben)

# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)



# Auflastschüttung



## Technik

Stützverbau: **Kies**

Stützverbau: Sandsäcke

## Probleme

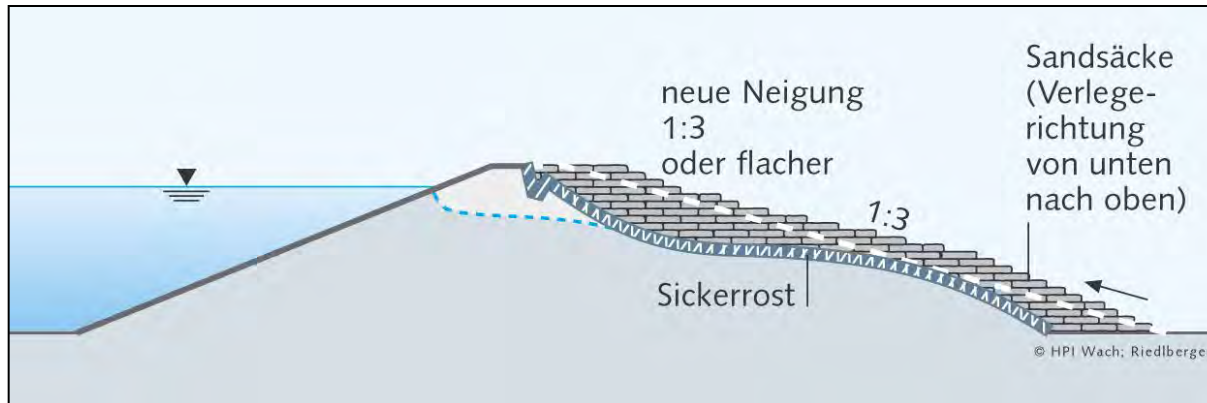
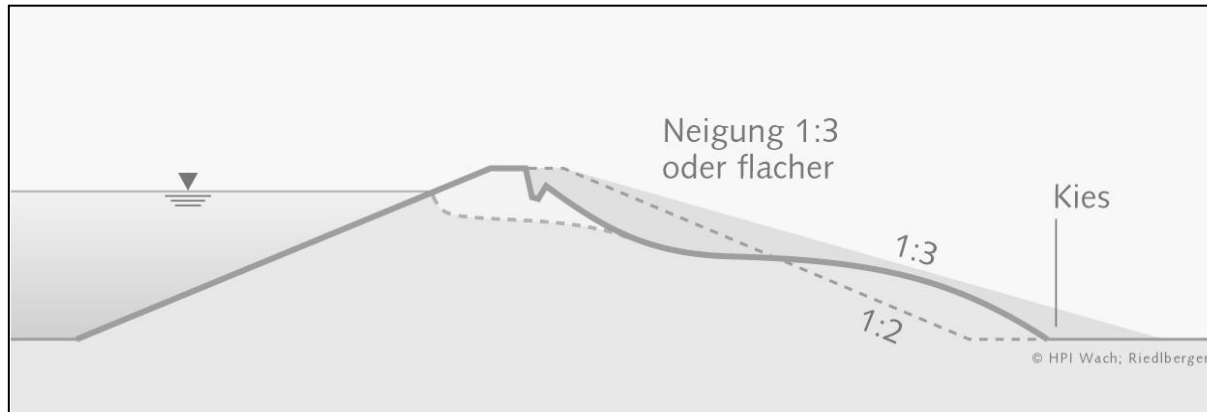
**Materialverfügbarkeit**

**Materialeignung (Filterstabilität, Umweltverträglichkeit)**

**Schwerlastverkehr** muss gewährleistet sein

Binnenentwässerung  
eventuell beeinträchtigt  
(Gräben)

# Sandsackverbau



## Technik

**Stützverbau: Kies**

**Stützverbau: Sandsäcke**

## Probleme

**extrem material- und  
personalintensiv  
Rückbau bei  
Kunststoffgeweben  
notwendig**



# Sandsackverbau



## Technik

Stützverbau: Kies

Stützverbau: **Sandsäcke**

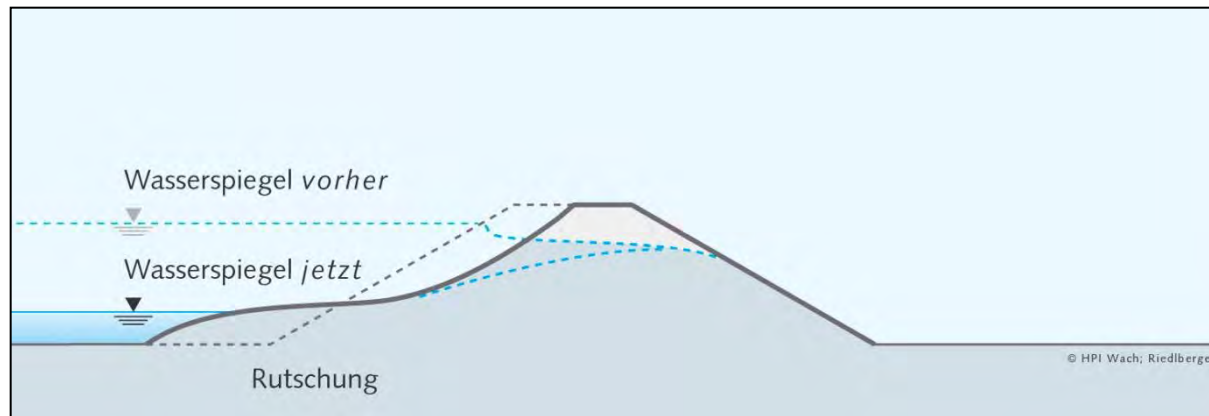
## Probleme

# Sandsackverbau: Aufbau eines Dränfilters





# wasserseitiger Böschungsbruch



## Technik

**Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen**

## Probleme

**Kritisch bei mehrschichtigen Hochwasserwellen oder prognostizierten Folgeereignissen**

# wasserseitiger Böschungsbruch



## Technik

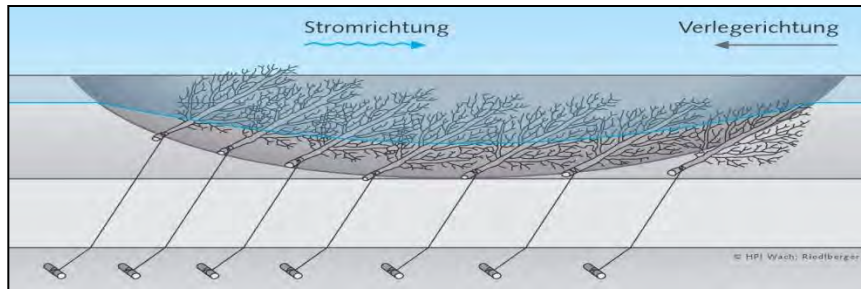
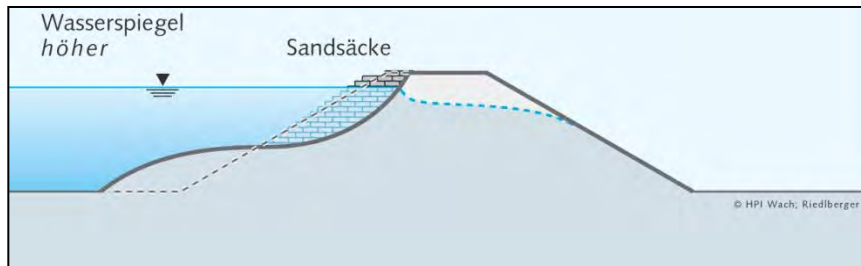
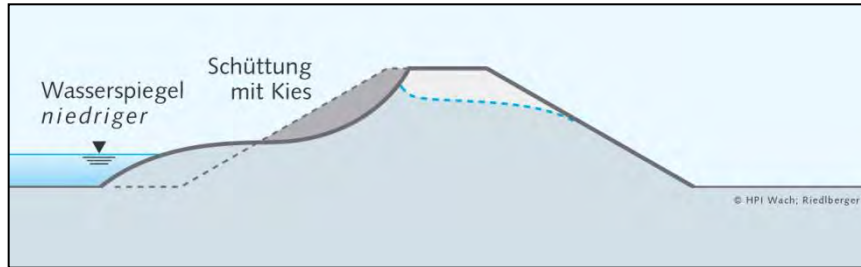
Versagen wasserseitiger Böschungen bei fallender Welle oder infolge schneller Wasserspiegelsenkungen

## Probleme

Kritisch bei  
**mehrscheiteligen  
Hochwasserwellen** oder  
prognostizierten  
**Folgeereignissen**



# wasserseitiger Böschungsbruch



## Technik

**Einwurf von Kies und/oder Sandsäcken**

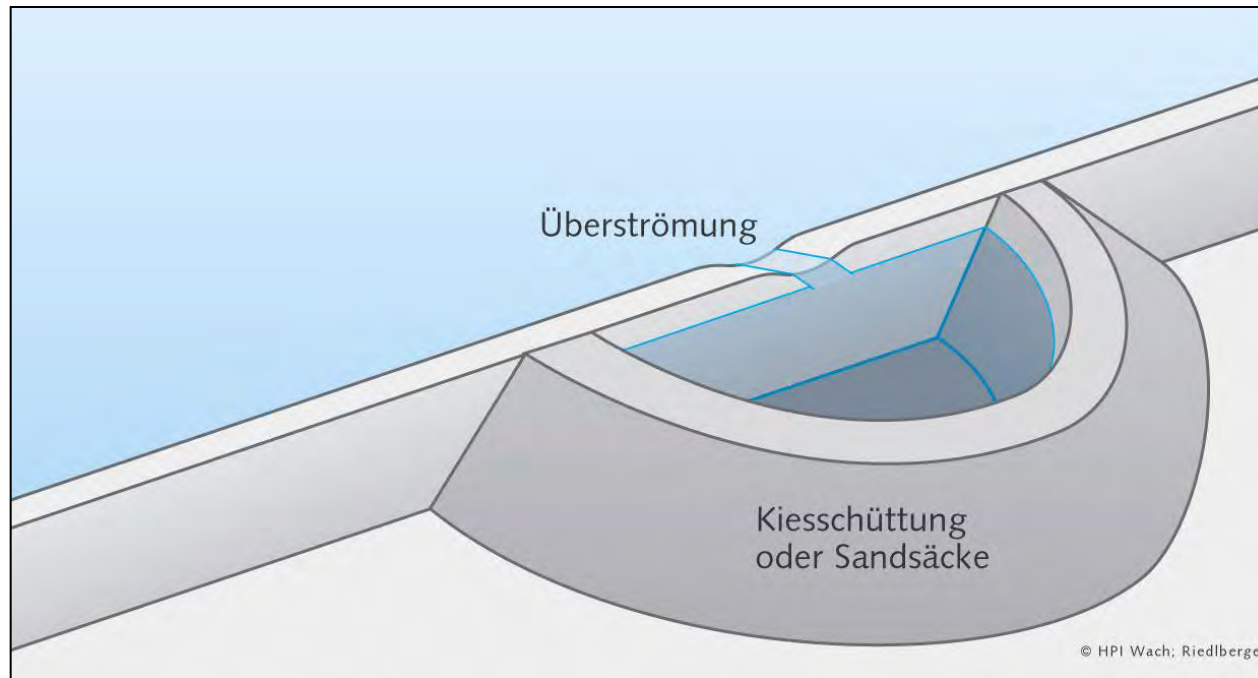
**Einsatz von Raubäumen**

## Probleme

**Einwurf von Kies und/oder Sandsäcken**

**Einsatz von Raubäumen**

## Schützen



## Zweite Deichlinie

### Beispiele

- Schlossdeiche
- Qualm- und Sickerwasserdeiche
- Notdeiche
- Rückstaudeiche

### Probleme

- Zugänglichkeit der Flächen
- Reaktionszeit



## Schützen



**HW 2005 Isar (Moosburg)**

Fotos: LfU, Wasserwirtschaftsamt München

### Zweite Deichlinie

Qualm- und Sickerwasserableitung

- Zweite Deichlinie zur Rückleitung des Qualm- und Sickerwassers

### Probleme

- Baubetrieb (Zufahrt, Materialverfügbarkeit)
- große Baulängen erforderlich

## Schützen



### Zweite Deichlinie

#### Notdeich

- Notdeich zum Schutz bebauter Ortslagen
- mit Geotextil gesicherte Kiesel-  
schüttung

#### Probleme

- Untergrund
- Baubetrieb  
(Zufahrt, Material-  
verfügbarkeit)
- große Baulängen  
erforderlich













# Betriebseinrichtungen: Verschlüsse





## Entlasten



**HW 2002 Elbe (Havelberg)**  
Foto: LUA Brandenburg

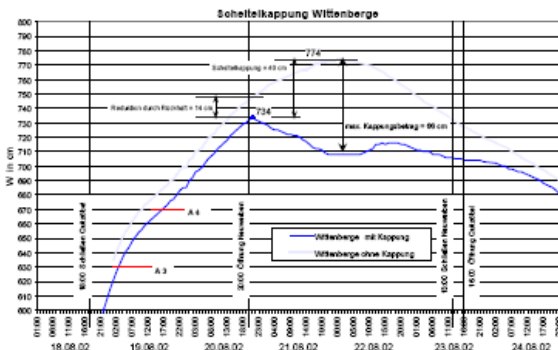
### gezielte Flutung

#### Beispiel

- Sprengung eines Hauptdeiches zur Flutung eines landwirtschaftlich genutzten Polder

#### Grundsatz

- nicht jeder Deichbruch ist eine Katastrophe
- Flutung extensiv genutzter Flächen kann bebaute Bereiche schützen



Sprengung des Havel-Polderdeich 2002 senkt Scheitelwasserstand am Pegel Wittenberge um rund 70 cm

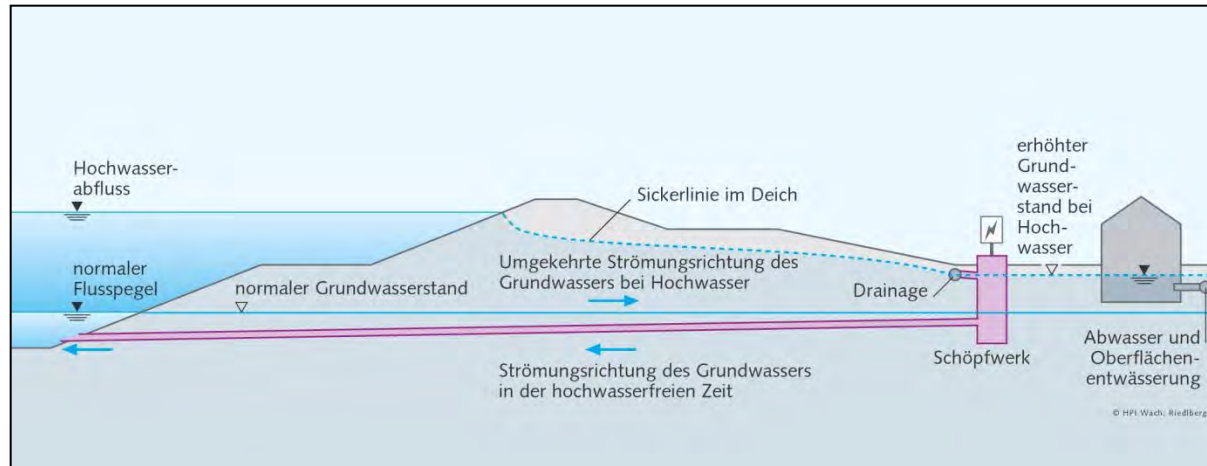
# Überflutung eines „Sommerdeiches“



**Planmäßige Flutung eines Sommerpolders bei Parkstetten (Donau, HW 1988-08-23)**



# Binnenentwässerung



## Einsatzbereich

- Unterschieden werden Freispiegelentwässerung (Gräben) und Zwangs-entwässerung (Schöpfwerke)
- Der Einsatz mobiler Pumpen im Deichbereich ist nur nach Zustimmung eines Sachverständigen zulässig

## Achtung

Der Einsatz von Pumpen senkt den Wasserspiegel (Grund- oder Oberflächenwasser) am binnenseitigen Deichfuß, erhöht den hydraulischen Gradienten, reduziert die Standsicherheit der Böschung sowie die Suffosionsstabilität des Deichmaterials.

# Betriebseinrichtungen: Binnenentwässerungsanlagen





# Binnenentwässerung



## Einsatz mobiler Pumpen

- Keine übermäßige Absenkung des Wasserspiegels binnenseitiger Gräben oder Mulden
- Sicherung der wasserseitigen Böschung gegen Erosion
- Pumpen nicht unbeaufsichtigt betreiben

# Binnenentwässerung



## Schadlose Ableitung

- Ableitung von Qualm- und Sickerwasser auf befestigten Strassen durch die Ortschaft Rosenau

## Probleme

- Kanalisation
- geeignete Gräben oder Geländestrukturen müssen vorhanden sein



# Binnenentwässerung



## Schadlose Ableitung

- Ableitung von Oberflächenwasser nach Deichversagen in Eschenlohe



Danke  
für Ihre Aufmerksamkeit!